

Sortiranje predmeta prema boji akvizicijom videa primenom virtuelne instrumentacije

Branko Stojković, Branko Koprivica, Alenka Milovanović i Tatijana Dlabač

Apstrakt—Cilj ovog rada je prikaz laboratorijske postavke za sortiranje predmeta prema boji, akvizicijom videa u programskom paketu LabVIEW. U radu su date osnovne informacije o programskim dodacima koji su potrebni za rad sa videom i slikom u programu LabVIEW i njihove mogućnosti primene, a ukratko je opisan i HSL sistem konverzije slike. Princip rada postavke za sortiranje predmeta prema boji, programska kalibracija USB kamere i postupak izvođenja laboratorijske vežbe su takođe opisani u radu. Na kraju rada su prikazani rezultati merenja mase sortiranih predmeta i data je odgovarajuća diskusija.

Ključne reči—Virtuelna instrumentacija; Akvizicija videa i slike; USB kamera; LabVIEW; Sortiranje.

I. UVOD

Kako bi se odgovorilo trenutnim zahtevima koji su postavljeni u toku razvoja industrije i tehnologije potrebno je osmisлити nove ili unaprediti postojeće metode i tehnike za automatizaciju procesa proizvodnje i poboljšanje proizvoda. U proizvodnji sveže hrane je često potrebno izdvojiti neispravan proizvod od ispravnog na osnovu razlike u boji [1]. Tako, sistem za sortiranje hrane sadrži i optički podsistem koji sadrži kamere za detektovanje neispravnog proizvoda. U mnogim drugim oblastima industrije se koristi robotska ruka kao sastavni deo automatizovanog sistema, a poboljšanje njenog rada može se postići dodavanjem optičkog sistema pomoću kojeg je moguće prepoznati boju ili oblik nekog proizvoda [2]. Ovakvi primeri upućuju na to da i obrazovni sistem u tehničkim disciplinama treba da se razvija u sličnom smeru, kroz realizaciju novih laboratorijskih postavki posvećenih novim metodama i tehnikama za industrijske procese. Zahvaljujući ubrzanom razvoju digitalne elektronike i mikrokontrolerskih platformi, to se može uraditi korišćenjem gotovih elektronskih komponenti i senzora [3]. U ovom radu je opisana jedna laboratorijska postavka za sortiranje predmeta prema boji bazirana na akviziciji slike pomoću USB kamere i personalnog računara.

Rad je baziran na akviziciji i obradi slike primenom programskog paketa LabVIEW [4, 5]. Realizovan je sistem

Branko Stojković – Fakultet tehničkih nauka u Čačku, Univerzitet u Kragujevcu, Svetog Save 65, 32000 Čačak, Srbija, (e-mail: stojkovicbranko@mts.rs) – student master studija.

Branko Koprivica – Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet tehničkih nauka u Čačku, Svetog Save 65, 32000 Čačak, Srbija, (e-mail: branko.koprivica@ftn.kg.ac.rs).

Alenka Milovanović – Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet tehničkih nauka u Čačku, Svetog Save 65, 32000 Čačak, Srbija, (e-mail: alenka.milovanovic@ftn.kg.ac.rs).

Tatijana Dlabač – Univerzitet Crne Gore, Pomorski fakultet, Dobrota 36, 85331 Kotor, Crna Gora, (e-mail: tanjav@ucg.ac.me).

koji vrši detekciju boje određenog predmeta pomoću kamere, i na osnovu detektovane boje vrši sortiranje i merenje mase sortiranih predmeta.

Na početku rada su date su osnovne informacije o upravljačkom programu NI Vision Acquisition Software, namenjenog za akviziciju slike sa određenih uređaja, i dodatnog programa NI Vision Development Module, namenjenog za obradu slike u programu LabVIEW. Takođe je objašnjen princip rada funkcije IMAQ ColorLearn koja je korišćena za određivanje boje predmeta.

Zatim je dat prikaz realizovane laboratorijske postavke kojom se vrši sortiranje predmeta prema detektovanoj boji. Objasњen je postupak programske kalibracije USB kamere, prikazani su snimci ekrana računara u toku izvršavanja LabVIEW aplikacije u toku kalibracije i merenja, kao i prikaz rezultata merenja. Takođe, data je i odgovarajuća diskusija namene opisanog sistema i njegovog značaj u nastavi.

II. LABVIEW PROGRAMI ZA AKVIZICIJU VIDEA I SLIKE

Za akviziciju videa i slike u programu LabVIEW potrebno je instalirati upravljački program NI Vision Acquisition Software. Nakon instalacije programa u paleti funkcija se formira paleta Vision and Motion unutar koje se nalaze podpalette NI-IMAQ i NI-IMAQdx, sa funkcijama koje se koriste za akviziciju videa i slike sa uređaja priključenih na računar.

Podpaleta NI-IMAQ se koristi za rad sa sledećim uređajima:

- National Instruments Camera Link Frame Grabbers,
- National Instruments Parallel Digital Frame Grabbers,
- National Instruments Analog Frame Grabbers i
- National Instruments 17xx Smart Cameras.

Podpaleta NI-IMAQdx se koristi za rad sa sledećim uređajima:

- Gigabit Ethernet Cameras Supporting GigEVision,
- FireWire IEEE 1394 Cameras,
- USB 2.0 Cameras Supporting Microsoft DirectShow i
- USB 3.0 Cameras Supporting USB3 Vision.

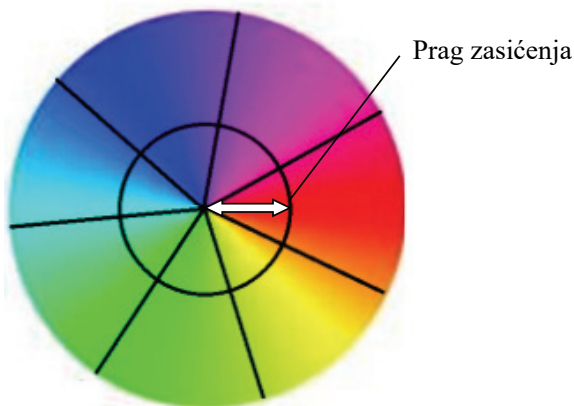
Za akviziciju i obradu videa i slike potrebno je instalirati i dodatni modul NI Vision Development Module. Nakon instalacije modula, u paleti funkcija Vision and Motion se formiraju sledeće podpalette:

- Vision Utilities – koja sadrži podpalette funkcija pomoću kojih se vrši kreiranje memorijskog prostora za sliku, podešavanje ili očitavanje atributa slike, kopiranje slike, definisanje oblasti slike koja se analizira i druge,
- Image Processing – koja sadrži podpalette funkcija

pomoću kojih se vrši obrada, filtriranje i analiza slike i
 – Machine Vision – koja sadrži podpalete funkcija pomoću kojih se vrši merenje rastojanje između detektovanih ivica, detekcija ivica (vertikalne, horizontalne ili kružne), merenje intenziteta piksela, detekcija objekta i druge.

III. ANALIZA BOJE SLIKE U LABVIEW PROGRAMU

Akvizicija videa i slike se najčešće vrši u RGB formatu, ali je za analizu slike pogodniji HSL format [6]. Funkcija IMAQ ColorLearn prvo vrši konverziju slike iz formata RGB u format HSL, a zatim generiše spektar boje (izlaz Color Spectrum) u vidu jednodimenzionalnog niza HSL modela boje od $n+2$ broja elementa. Poslednja dva elementa niza daju informaciju o beloj i crnoj boji. Broj elemenata u nizu zavisi od izbora nivoa osetljivosti (ulaz Color Sensitivity). Postoji mogućnost izbora tri nivoa osetljivosti nizak (Low), srednji (Medium) i visoki (High). Za nizak nivo osetljivosti, spektar boja HSL modela je podeljen na 7 jednakih sektora, kao što je prikazano na Sl. 1. Za srednji nivo osetljivosti HSL model je podeljen na 14 jednakih sektora, a za visoki nivo osetljivosti na 28 jednakih sektora [6].

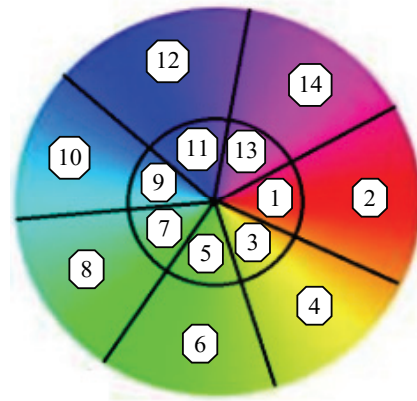


Sl. 1. Ilustracija HSL kruga boja podeljenog na sedam sektora, sa označenim pragom zasićenja.

Ulazom Learn Saturation Threshold funkcije IMAQ ColorLearn se definiše prag zasićenosti neke boje, odnosno granica između svetlije i tamnije nijanse te boje. Vrednost ovog parametra se može podesiti u granicama od 0 do 255 (100 %), gde vrednost 0 odgovara najmanje čistoj nijansi (rezultat je crna boja), a vrednost 255 najčistijoj nijansi (rezultat je detektovana boja). Na ovaj način se svaki sektor može podeliti na dva dela, kao što je to prikazano na Sl. 1. Podrazumevana vrednost je 80 i ona je korišćena za detektovanje boje u ovom radu.

Parametar prag zasićenja deli jedan sektor na dva dela. Tako, broj elemenata izlaznog niza koji opisuje spektar boja iznosi 14 za nizak nivo osetljivosti, kao što je prikazano na Sl. 2, odnosno 28 elemenata za srednji nivo osetljivosti i 56 za visok nivo osetljivosti. Vrednost svakog elementa niza se kreće u granicama od 0 do 1 i predstavlja procenat piksela slike koji se nalazi u nekom od sektora HSL modela boje.

Navedena funkcija ne daje podatak o osvetljenosti analizirane slike.



Sl. 2. Raspored spektra boja u izlaznom nizu za nizak nivo osetljivosti.

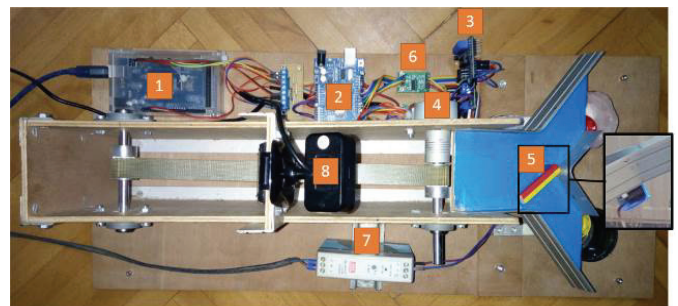
IV. KONSTRUKCIJA LABORATORIJSKE POSTAVKE ZA SORTIRANJE PREDMETA PREMA BOJI

Realizovana postavka za sortiranje predmeta prema boji i merenje mase sortiranih predmeta, prikazana na Sl. 3, se sastoji od:

1. Arduino MEGA 2560,
2. Arduino UNO,
3. četvorokanalnog drajvera za motore – Arduino L293D,
4. koračnog motora MOTS2 sa pokretnom trakom,
5. servo motora SG90 sa rampom,
6. dve merne ćelije za 1 kg sa pojačavačem HX711,
7. izvora jednosmernog napona MDR-20-12 i
8. USB kamere CNE-CWC1.

Rad koračnog motora koji pokreće traku na koju se postavljaju predmeti kontroliše Arduino UNO kartica (sa upisanim programskim kodom). Rad servo motora koji pomera rampu kontroliše Arduino MEGA kartica i pomoću nje se vrši merenje mase predmeta, pri čemu se podaci o masi predmeta preko serijskog interfejsa prosleđuju ka računaru i LabVIEW aplikaciji, a od računara ka Arduino kartici se prosleđuje podatak o boji predmeta, na osnovu kojeg se zadaje položaj rampe. Rad USB kamere kontroliše samo računar.

Pokretna traka se okreće stalnom brzinom, predmeti se na traku postavljaju ručno, a kamera vrši kontinualno snimanje. Nakon detektovanja boje predmeta, podešava se položaj rampe i vrši sortiranje predmeta koji pada u odgovarajuću posudu. Predviđeno je da se na traci mogu naći predmeti u dve boje, pa se oni i razvrstavaju u dve grupe, smeštanjem u dve posude. Ispod posuda se nalazi merna ćelija pomoću koje se kontinualno vrši merenje mase predmeta.



Sl. 3. Laboratorijska postavka za sortiranje predmeta prema boji i merenje njihove mase - pogled odozgo.

V. OPIS LABVIEW APLIKACIJE I POSTUPKA IZVOĐENJA LABORATORIJSKE VEŽBE

Za potrebe izvođenja laboratorijske vežbe „Sortiranje predmeta prema boji“ je napravljena LabVIEW aplikacija. Ona je podeljena na tri dela po karticama, i to:

1. Kalibracija detektora boje,
2. Sortiranje predmeta prema boji i
3. Rezultati.

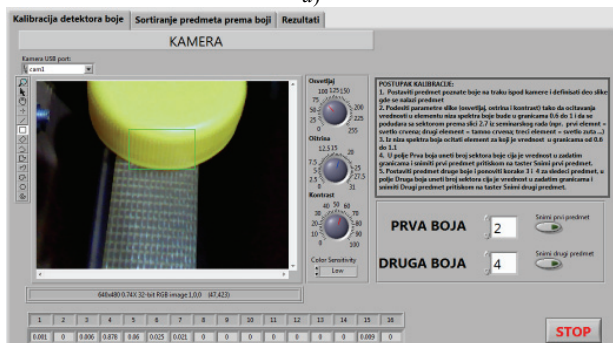
Na početku je potrebno izvršiti kalibraciju detektora boje postavljanjem predmeta poznate boje. Pri tome je najbolje koristiti predmete sa bojom koja je najpribližnija osnovnim bojama. U skladu sa tom preporukom, kalibracija i merenje se može sprovesti na niskom nivou osetljivosti. Predviđeno je da se vrši razvrstavanje dve grupe jednobojnih predmeta, pa je u postupku kalibracije potrebno izvršiti kalibraciju dve boje. Prvo se na traku koja miruje postavi predmet u prvoj boji i podesi se oblast od interesa koja će se koristiti za određivanje boje (zeleni pravougaonik na Sl. 4). Na osnovu vrednosti koje se pokazuju u izlaznom nizu spektra boja se definiše prva boja. Za plastični čep crvene boje je očitana vrednost 0,907 za drugi član niza, dok su svi ostali bili jednaki ili bliske nuli. Shodno tome, prva boja je podešena na vrednost 2, Sl. 4a. Postupak se ponavlja sa predmetom u drugoj boji i nakon očitavanja vrednosti u izlaznom nizu se podešava vrednost druge boje. Za žuti plastični čep je očitana vrednost 0,878 u četvrtom članu niza dok su sve ostale vrednosti bile jednake ili bliske nuli, Sl. 4b. Druga boja je podešena na vrednost 2.

Ovime se kalibracija detektora boje završava, nakon čega se prelazi na sledeću karticu Sortiranje predmeta prema boji.

Dobijeni rezultati odgovaraju rasporedu spektra boja prikazanom na Sl. 2.



a)



b)

Sl. 4. Izgled LabVIEW aplikacije - kartica Kalibracija detektora boja.

Kartica Sortiranje predmeta prema boji se sastoji od indikatora slike, indikatora boje, numeričkih indikatora za prikaz broja detektovanih predmeta određene boje, grafičkih indikatora za signalizaciju detekcije predmeta određene boje i numeričkih indikatora za ukupnu masu sortiranih predmeta, kao što je prikazano na Sl. 5. Pored indikatora, postavljena je i kontrola za izbor serijskog porta za ostvarivanje komunikacije između računara i Arduino kartica, kao i kontrole za početak očitavanja i snimanje očitanih podataka.

Aplikacija vrši kontinuirano snimanje predmeta koji se kreću po traci i na osnovu podešenih vrednosti boja iz prethodnog koraka vrši se određivanje boje predmeta. Nakon detektovanja boje se menja broj detektovanih predmeta, šalje se komanda motoru sa rampom, u slučaju da je nova boja različita od prethodne, a ujedno se meri i ukupna masa predmeta koji su smešteni u posudama. Omogućeno je ručno snimanje rezultata merenja prema potrebama korisnika.

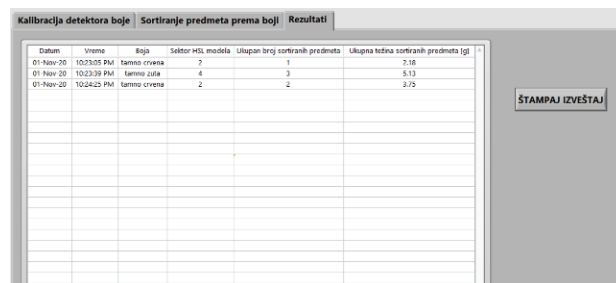
Na Sl. 5 je prikazan izgled ekrana računara u toku izvršavanja ovog dela laboratorijske vežbe u toku kojeg se vrši sortiranje predmeta i merenje njihove mase. Može se uočiti da su uspešno detektovana dva predmeta crvene i tri predmeta žute boje. Izmerene ukupne mase predmeta nakon razvrstavanja su: 2,26 g za crvene čepove i 5,23 g za žute čepove.



Sl. 5. Izgled LabVIEW aplikacije - kartica Sortiranje predmeta prema boji.

Nakon završenog razvrstavanja predmeta se na kartici Rezultati može izvršiti uvid u zabeležene rezultate.

Na Sl. 6 je dat prikaz ove kartice sa zabeleženim rezultatima. U tabeli su dati podaci o datumu i vremenu, detektovanoj boji, sektoru HSL modela za detektovane boje, ukupan broj detektovanih predmeta i njihova ukupna masa.



Sl. 6. Izgled LabVIEW aplikacije - kartica Rezultati.

Nakon uvida u rezultate je moguće izvršiti štampanje izveštaja u PDF formatu. Izveštaj sadrži podatke o kompletnoj proceduri, uključujući kalibraciju boja, detektovanje boja i same rezultate, uključujući i slike predmeta.

VI. ZAKLJUČAK

Ovaj rad prikazuje realizaciju laboratorijske postavke za sortiranje predmeta prema boji. Sortiranje je zasnovano na akviziciji videa sa USB kamere priključene na računar i obradi slike u programu LabVIEW.

Na osnovu snimljene slike se vrši određivanje spektra boja HSL modela, a na osnovu tog spektra se vrši kalibracija detektora boje i određivanje boje snimljenog predmeta. Prema detektovanoj boji se vrši sortiranje predmeta u dve grupe i vrši se merenje ukupne mase tako sortiranih predmeta.

Rad upotrebljenih komponenti (motora, mernih ćelija i kamere) kontroliše se pomoću Arduino kartica sa programskim kodom i računara sa LabVIEW aplikacijom. Između računara i Arduino kartica je ostvarena serijska komunikacija za razmenu podataka za kontrolu i rezultata merenja mase sortiranih predmeta.

U radu je opisana LabVIEW korisnička aplikacija za upravljanje radom realizovanog sistema i očitavanja rezultata merenja sa senzora. Ona se sastoji iz tri dela: prvi za kalibraciju detektora boje, drugi za razvrstavanje predmeta po boji i merenje njihove mase i treći za prikaz sačuvanih rezultata. Krajnji korak u izvođenju laboratorijske vežbe je kreiranje izveštaja koji sadrži sve relevantne podatke, uključujući i slike detektovanih predmeta.

Takođe, u radu je opisan i konkretan primer razvrstavanja plastičnih čepova crvene i žute boje, dati su rezultati dobijeni u toku kalibracije i u toku merenja i njihova diskusija.

Ovaj rad je nastao u sklopu studentskog istraživanja u okviru predmeta Virtuelna instrumentacija i Električna merenja neelektričnih veličina na master studijama Elektrotehničkog i računarskog inženjerstva na Fakultetu tehničkih nauka u Čačku. To istraživanje je sastavni deo obimnijeg istraživanja koje zajedno sprovode FTN Čačak i Pomorski fakultet Kotor sa ciljem unapređenja praktične nastave. Opisana laboratorijska postavka će biti korišćena u realizaciji praktičnog dela nastave sa budućim generacijama studenata. Na taj način će se studenti upoznati sa osnovnim pojmovima i metodama za akviziciju i obradu videa i slike. Takođe, biće u mogućnosti da istu unaprede kroz hardverska i programska poboljšanja, kao i da na sličnom principu osmisle nove postavke. Poboljšanja ili nova rešenja mogu biti posvećena drugim aspektima obrade slike, određivanja

kontura i dimenzija predmeta, poređenju slika po obliku i dimenzijama, prebrojavanju objekata na slici i drugo. Takođe, mogu se realizovati i sistemi sa većom brzinom rada i boljim kvalitetom slike, prema uzoru na neka industrijska rešenja.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je rezultat bilateralnog projekta koji finansiraju Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije i Ministarstvo prosvjete, nauke, sporta i kulture (prethodno Ministarstvo nauke) Crne Gore.

LITERATURA

- [1] J.M. Low, W.S. Maughan, S.C. Bee, M.J. Honeywood, "Sorting by colour in the food industry," in *Instrumentation and Sensors for the Food Industry*, ch. 5, pp. 117–136, Cambridge, England/UK: Woodhead Publishing, 2001.
- [2] E. Apriaskar, Fahmizal, M. R. Fauzi, "Robotic technology towards industry 4.0: Automatic object sorting robot arm using kinect sensor," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1444, p. 012030, Feb., 2020.
- [3] M. A. Alaya, Z. Tóth, A. Géczy, "Applied Color Sensor Based Solution for Sorting in Food Industry Processing," *Period. Polytech. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 63, no. 1, pp. 16-22, Feb., 2019.
- [4] A. Milovanović, M. Bjekić, B. Koprivica, *Virtuelna instrumentacija*, Čačak, Srbija: UKG-TF Čačak, 2010.
- [5] M. Janković, M. Barjaktarović, M. Novičić, P. Atanasijević, *Praktikum iz merno-akvizicionih sistema*, Beograd, Srbija: UB-ETF, 2019.
- [6] National Instruments Corporation, "IMAQ Vision Concepts Manual", Austin, Texas, USA, 2003.

ABSTRACT

The aim of this paper is to present a laboratory setup for sorting of objects according to colour by video acquisition in the LabVIEW software package. The paper gives basic information about the software add-ons required to work with video and images with LabVIEW software and their possibilities for application and briefly describes the HSL image conversion system. The construction of the model for sorting of objects by colour, software calibration of the USB camera and the procedure of the laboratory exercise are also described in the paper. At the end of the paper, the results of measurement of the mass of the sorted objects are presented as well as appropriate discussion.

Sorting of objects according to colour by video acquisition using virtual instrumentation

Branko Stojković, Branko Koprivica, Alenka Milovanović
and Tatijana Dlačić