

Uroš Opaka, Andrej Javoršek, Marica Starešinič in Dejana Javoršek
Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo, Snežniška 5, 1000 Ljubljana

Analiza kakovosti barvnega profila za digitalno kamero Nikon D50

Analysis of Colour Profile Quality for Digital Camera Nikon D50

Izvirni znanstveni članek/*Original Scientific Paper*

Prispelo/*Received* 01-2013 • Sprejeto/*Accepted* 03-2013

Izveček

Pri reprodukciji umetniških del in drugih originalov, ki jih ne moremo zajeti s skenerjem, sta kalibracija in karakterizacija digitalne kamere smiselni in uporabni. Nenehne izboljšave na področju digitalne fotografije so omogočile uporabo digitalne kamere na področju barvne reprodukcije na zelo visoki ravni. Cilj raziskave je bil proučiti izdelavo barvnih opisov oziroma profilov za digitalno kamero Nikon D50. Pozornost je bila usmerjena v izdelavo barvnih profilov z uporabo odprtokodnega programa Argyll, pri čemer sta bili uporabljeni dve barvni tablici, in sicer ColorChecker DC in ColorChecker SG s predhodno izvedeno linearizacijo in brez nje. Zajete barvne tablice so bile pretvorjene iz surove datoteke (RAW format) v format .tiff z uporabo programov Adobe Photoshop in dcrw. Kakovost izdelanih barvnih profilov je bila ovrednotena z računanjem barvnih razlik. Rezultati so pokazali, da je pri barvni tablici ColorChecker SG v območju barvnih razlik do 6 boljša pretvorba s programom Adobe Photoshop in barvnim profilom, izdelanim z nelineariziranimi RGB-vrednostmi. Pri barvni tablici ColorChecker DC v območju barvnih razlik do 6 se je izkazalo, da je pri pretvorbi iz RAW v .tiff dala boljše rezultate uporaba programa Adobe Photoshop in barvnega profila, izdelanega na podlagi lineariziranih RGB-vrednosti.

Ključne besede: linearizacija, karakterizacija, digitalna kamera, barvne razlike, barvni profil

Abstract

When reproducing artworks and other originals which cannot be captured with a scanner, the calibration and characterisation of a digital camera is reasonable and useful. Constant improvements in digital photography have enabled its users to use digital cameras in the field of colour reproduction at an advanced level. The aim of the research was to study the creation of colour profiles using an open source program Argyll and two different colour charts, i.e. ColorChecker DC and ColorChecker SG, with and without a previously performed linearization of RGB values. The captured colour charts were converted from RAW to .tiff file using two programs, i.e. Adobe Photoshop and dcrw. The quality of created colour profiles was analysed using colour difference calculations. The results showed that better results were achieved when creating a colour profile based on the non-linearized RGB values of ColorChecker SG processed by Adobe Photoshop. In the case of ColorChecker DC, better results were achieved when the colour profile was based on linearized RGB values and RAW file was processed by Adobe Photoshop.

Keywords: linearization, characterisation, digital camera, colour differences, colour profile

1 Uvod

Za kolorimetrično natančno reprodukcijo barv je upoštevanje nadzorovanega procesa barvnega upravljanja nujno in zahtevano. S karakterizacijo oziroma

profiliranjem vsake naprave, ki je vključena v ta proces, lahko zagotovimo optimalne rezultate reprodukcije.

Nenehne izboljšave na področju digitalne fotografije omogočajo uporabo digitalne kamere na področju

Vodilna avtorica/*Corresponding author:*

doc. dr. Dejana Javoršek

Telefon: +386 1 200 32 65

E-pošta: dejana.javorsek@ntf.uni-lj.si

Tekstilec, 2013, letn. 56, št. 2, str. 123–128

barvne reprodukcije na zelo visoki ravni ne glede na področje. Profiliranje digitalne kamere je prisotno že nekaj časa, pri tem pa se uporabljajo različni komercialni programi za izdelovanje barvnih profilov. Uporaba teh programov daje zadovoljive rezultate, ki so uporabniku prijazni, vendar ima dokaj omejeno poseganje v posamezne parametre pri sami izdelavi barvnega profila, kar vpliva na njihovo kakovost. Izdelava ICC barvnega profila digitalne kamere po navadi prinaša dobre rezultate, vendar zahteva neko osnovno znanje s področja fotografiranja, barvnega upravljanja, kolorimetrije in dela v programu, kot je npr. Adobe Photoshop, in v nekaterih drugih programih za izdelavo profilov, kot tudi s področja programiranja. Na trgu obstaja več vrst programske opreme za izdelavo barvnih profilov digitalne kamere, večina teh pa je plačljiva in navadnemu uporabniku nedostopna zaradi visoke cene [1–3].

Dosedanje raziskave so pokazale, da lahko s pomočjo barvnega upravljanja oziroma karakterizacije in linearizacije digitalne kamere dosežemo dobre rezultate na več področjih uporabe. Digitalne kamere se lahko uspešno uporabijo tudi za zajem realnega sveta in barv, kar nakazuje tudi raznolikost dosedanjih raziskav [4–13].

Z razvojem digitalne fotografije in izboljšav na področju tehnologije in sistemov lahko digitalne kamere s pomočjo zajemanja fotografije v surovem formatu in ob poznejši linearizaciji in karakterizaciji postanejo zelo natančni sistemi za določitev sprememb v posamezni barvi. Primer je uporaba digitalno pridobljenih fotografij govejega mesa, na podlagi katerih so s pomočjo pretvorb in izračunov vrednosti CIELAB in izračunov barvnih razlik natančno določili začetek barvnih sprememb v mesu [5].

V literaturi se pogosto omenjata tudi problem optimalne linearizacije in karakterizacije ter uporaba različnih metod in postopkov, s katerimi dosežemo boljše rezultate kot z ustaljenimi metodami pri barvnih preslikavah in barvnem opisu različnih barvnih sistemov. Ena teh je metoda, pri kateri se izvede kolorimetrična karakterizacija naprave s popolno barvno minimizacijo razlik [6]. Ena od raziskanih metod je tudi odpravila probleme pri združevanju fotografij, ko želimo v namenskih programih izdelati panoramo iz več fotografij, pri katerih potem prihaja do barvnega neujemanja [7].

Uporaba digitalnih kamer in barvnega upravljanja je aktualna tudi na področju fenologije, pri čemer se določa smotrnost digitalne kamere kot naprave oz. orodja, ki bi omogočalo zajemanje digitalnih fotografij rastlin. Z merjenjem in odčitavanjem so s pomočjo digitalnih fotografij dobili pomembne ekološke informacije o rastlinah, omenja se tudi možnost ustanovitve omrežja digitalnih kamer, ki bi pomagala razumeti fenološke odzive v širokem spektru opazovanja [8–10].

Uporaba digitalne kamere se čedalje bolj širi na vseh področjih, eno od njih je tudi tehnika razpoznavanja vzorcev, ki so jo uporabili za zajem zgodnje moderne tapiserije festivala Kyoto Gion. Ker so tapiserije zelo stare, veliko pa jih je bilo tudi uničenih med državljansko vojno v 15. stoletju, so zaradi potreb po detajlih v samih rekonstrukcijah teh tapiserij razvili sistem, ki je sposoben zajeti tapiserije v zelo veliki ločljivosti [12]. Pri eni od raziskav so uporabili digitalno kamero za identifikacijo barv v urbanem okolju [13]. Znani primer s področja kulture je tudi digitaliziranje oz. digitalno arhiviranje za potrebe različnih kulturnih ustanov. Vsako leto nastane nešteto digitalnih fotografij v različnih formatih. Pogosto se barve originalov ne reproducirajo natančno, kar je sprejemljivo za določene potrebe, vendar je pri primerjavi med izvirnikom in reprodukcijo opaziti vidne razlike. V študiji so uporabili meritve barv direktno s površine širokega nabora kolekcije kongresne knjižnice od map, tiskovin, fotografij, redkih knjig ipd. Ugotovljeno je bilo, da izdelava ICC-barvnih profilov prinaša dobre rezultate in da so barve natančnejše, če se za izdelavo profila uporabijo barvna polja s podobnimi barvami dokumenta oz. izvirnika, na podlagi katerega se dela reprodukcija [14].

Znanih je več primerov uporabe digitalne fotografije tudi na področju medicine. Eden teh je avtomatična kolorimetrična kalibracija fotografij človeških ran. Rezultati so pokazali, da je kalibracija fotografij osnova in nujnost za uspešno prepoznavanje različnih faz zdravljenja ran in da je uporaba digitalne kamere na tem področju lahko zelo uspešna [15].

V naši raziskavi smo se osredinili na načine pretvorbe fotografije iz surovega formata RAW v format .tiff in na samo izdelavo barvnih profilov v odprtokodnem programu Argyll CMS na podlagi lineariziranih in nelineariziranih RGB-podatkov pri uporabi dveh barvnih tablic – ColorChecker DC in ColorChecker SG.

2 Eksperimentalni del

2.1 Zajem barvnih tablic

Barvni tablici sta bili zajeti z digitalno kamero Nikon D50. Pogoji zajema za uporabljeni barvni tablici ColorChecker DC in ColorChecker SG so bili:

- kot osvetlitve: 45°
- oddaljenost osvetlitvenih luči: 170 cm
- nastavitev zaslonke: f/9
- ISO-vrednost: 200
- način merjenja svetlobe: Matrix
- zajem v načinu RAW

Za pretvorbo iz načina RAW v .tiff sta bila uporabljena dva programa, in sicer Adobe Photoshop CS 5 (Camera RAW) in odprtokodni program dcrw.

Camera RAW je pretvornik, ki je del programa Adobe Photoshopa in je zelo razširjen za pretvarjanje RAW-datoteke v poljubne želene formate. Program dcrw je odprtokodne narave in je na spletu na voljo brezplačno ter omogoča veliko nastavitev pred pretvorbo, tako da so med pretvorbo izgube podatkov čim manjše. Program dcrw deluje na principu ukazne vrstice v MS-DOSU, podobno kot Argyll CMS.

Pri pretvorbi iz načina RAW v .tiff nastavljam: ravnovesje beline (z odčitavanjem barvne temperature svetlobnega vira, v našem primeru 3150 K) in 16-bitno barvno globino.

V programu dcrw z ukazom `dcrw64 -4 -T ime_datoteke.tiff` sprožimo proces pretvorbe iz formata RAW v .tiff, pri tem parameter `-4` določi, da se ustvari 16-bitni linearni .tiff in parameter `-T` določi, da se datoteka RAW pretvori v .tiff.

2.2 Izvedba linearizacije

Podatki RGB, ki jih pridobimo iz datoteke RAW digitalne kamere, niso linearni, saj nelinearnost umetno ustvari že izdelovalec. Eden od pogojev, če želimo uspešno kalibrirati digitalno kamero, je, da vrednosti RGB iz datoteke .tiff lineariziramo. Za ta postopek smo uporabili programe Argyll, Octave in pa CMD (Windows OS). Za linearizacijo smo uporabili RGB-vrednosti sivih polj na barvni tablici in pripadajoče vrednosti CIE Y, ki pomenijo svetlost. Vrednosti RGB smo pridobili s pomočjo programa Argyll z ukazom »scanin«, pripadajoče vrednosti CIE Y sivih polj pa prek izračuna, ki je definiran po standardu ISO 14524 (Photography – Electronic still-picture cameras – Methods for measuring opto-electronic conversion functions (OECFs)) [16].

Za izvedbo linearizacije smo uporabili program Octave in za linearizacijo vrednosti RGB uporabili funkciji `getlincam.m` in `lincam.m` [17].

Funkcija `getlincam.m` omogoča izračun koeficientov, ki jih bomo uporabili za linearizacijo vseh RGB-vrednosti polj z barvnih tablic. Za izračun potrebujemo CIE Y- in RGB- vrednosti sivih polj na barvni tablici ColorChecker.

V naslednjem koraku uporabimo funkcijo `lincam.m`, ki izvede linearizacijo vseh RGB-vrednosti s pomočjo koeficientov, izračunanih s funkcijo `getlincam.m`.

2.3 Izdelava ICC barvnega profila

Za izdelavo barvnega profila uporabimo ukaz:

```
colprof.exe -v -D »ime_profila.icm« -qm ime_ti3_datoteke
```

Postopek:

- izpišemo ukaz in na koncu dodamo ime .ti3 datoteke, ki jo Argyll uporabi za izdelavo profila, pri tem je »colprof« ukaz za izdelavo profila, .ti3 datoteka vsebuje RGB-vrednosti in pripadajoče CIEXYZ-vrednosti,
- parameter `-v` vključi opcijo »verbose«, ki omogoči sprotno obveščanje napredka izdelave barvnega profila, parameter `-D` omogoči spreminjanje opisne oznake profila, parameter `-qm` določi kakovost izdelanega profila,
- Argyll izdelava profil in ga poimenuje po uporabljeno datoteki .ti3.

2.4 Pretvorba RGB-vrednosti v $L^*a^*b^*$ s pomočjo izdelanega barvnega profila

V programu Argyll s pomočjo izdelanega barvnega profila in ukaza »xicclu« izvedemo pretvorbo RGB-vrednosti v $L^*a^*b^*$.

Ukaz: `xicclu -v -ff -ir -s 255 ime_profila.icm < a`

Parameter `-v` vključi opcijo »verbose«, ki omogoči sprotno obveščanje napredka procesa, parameter `-ff` določi, katera tabela pretvorbe je bila uporabljena, parameter `-ir` določi upodobitveni način, ki je bil uporabljen za izdelavo profila, v našem primeru je to relativno kolorimetričen način, parameter `-s` omogoči, da vnesemo in prikažemo podatke v normalnem območju, parameter 255 pa določi območje uporabljenih RGB-vrednosti, v našem primeru od 0–255.

2.5 Računanje barvne razlike

Kakovost barvnih profilov smo želeli ovrednotiti objektivno, torej numerično, zato smo se osredinili na računanje barvne razlike z enačbo CIELAB, pri

kateri je barvna razlika definirana kot razdalja med dvema točkama v prostoru.

Barvno razliko smo računali na dveh točkah, in sicer:

- pri izdelavi barvnega profila v programu Argyll in pri pretvorbi RGB-vrednosti v vrednosti $L^*a^*b^*$,
- po linearizaciji, ko smo linearizirane RGB-vrednosti zamenjali z nelineariziranimi v datoteki .tiff ter na podlagi .tiff datoteke izdelali ICC profil, s pomočjo katerega smo izvedli pretvorbo iz lineariziranih RGB vrednosti v $L^*a^*b^*$.

Tako dobljene vrednosti $L^*a^*b^*$ smo primerjali z referenčnimi vrednostmi $L^*a^*b^*$ in na podlagi barvnih razlik določili kakovost izdelanih barvnih profilov.

3 Rezultati

3.1 Analiza barvnih razlik pri uporabi barvne tablice ColorChecker SG

Preglednica 1 prikazuje primerjavo med programoma Adobe Photoshop in dcrw pri zajemu z digitalno kamero Nikon D50 pri uporabi barvne tablice ColorChecker SG.

Preglednica 1: Primerjava med pretvorbama iz RAW v .tiff pri zajemu z Nikon D50 pri uporabi barvne tablice ColorChecker SG

| Pretvorba | Adobe Photoshop | | dcrw | |
|-------------------|-------------------------|----|------|----|
| | ne | da | ne | da |
| Linearizacija | delež barvnih polj* [%] | | | |
| ΔE^*_{ab} | | | | |
| 1 do 3 | 16 | 17 | 1 | 2 |
| 3 do 6 | 52 | 35 | 30 | 45 |
| >6 | 32 | 48 | 69 | 53 |

*Pomeni delež barvnih polj, ki pripada barvni razliki od 1 do 6.

Analiza izdelave barvnega profila s pretvorbo iz RAW v .tiff s programoma Adobe Photoshop in dcrw pokaže, da je območju ΔE^*_{ab} od 1 do 3 minimalna razlika v odstotkih barvnih polj med nelineariziranimi in lineariziranimi RGB-vrednostmi. V območju ΔE^*_{ab} od 3 do 6 pa je večji delež barvnih polj pri nelineariziranih vrednostih pri uporabi programa Adobe Photoshop, medtem ko je pri pretvorbi z uporabo programa dcrw večji del barvnih polj v območju ΔE^*_{ab} od 3 do 6 s predhodno izvedeno linearizacijo. Barvne razlike v območju več kot 6 kažejo, da je pri Adobe Photoshop bolj priporočena

uporaba nelineariziranih podatkov, saj v tem primeru dobimo manjše število barvnih polj, medtem ko se pri uporabi programa dcrw za boljši način izkaže predhodno izvedena linearizacija.

Iz rezultatov pri uporabi barvne tablice ColorChecker SG lahko povzamemo, da je pri pretvorbi iz načina RAW v .tiff boljša uporaba programa Adobe Photoshop, ki v območju barvnih razlik od 1 do 3 dosega veliko boljše rezultate, saj je v tem območju okrog 17 odstotkov barvnih polj, medtem ko je pri programu dcrw ta delež samo 2-odstoten. Prav tako se pretvorba v programu Adobe Photoshop v območju barvnih razlik od 3 do 6 obnese bolje, saj v tem območju dobimo več barvnih polj, brez linearizacije celo 52 odstotkov. Slabši rezultati z uporabo lineariziranih RGB-vrednosti so lahko posledica tega, da program Adobe Photoshop pri pretvorbi iz načina RAW v .tiff, surove podatke korigira z gamo.

3.2 Analiza barvnih razlik pri uporabi barvne tablice ColorChecker DC

Preglednica 2 prikazuje primerjavo med programoma Adobe Photoshop in dcrw pri uporabi digitalne kamere Nikon D50 pri uporabi barvne tablice ColorChecker DC.

Preglednica 2: Primerjava med pretvorbama iz RAW v .tiff pri zajemu z Nikon D50 pri uporabi barvne tablice ColorChecker DC

| Pretvorba | Adobe Photoshop | | dcrw | |
|-------------------|-------------------------|----|------|----|
| | ne | da | ne | da |
| Linearizacija | delež barvnih polj* [%] | | | |
| ΔE^*_{ab} | | | | |
| 1 do 3 | 3 | 10 | 9 | 6 |
| 3 do 6 | 22 | 27 | 22 | 22 |
| >6 | 75 | 63 | 69 | 72 |

*Pomeni delež barvnih polj, ki pripada barvni razliki od 1 do 6.

Pri uporabi barvne tablice ColorChecker DC smo pri izdelavi barvnega profila z uporabo lineariziranih vrednosti v območju barvnih razlik od 1 do 3 dobili boljše rezultate pri uporabi programa Adobe Photoshop, saj se v tem območju nahaja približno 10 odstotkov barvnih polj, medtem ko se pri dcrw nahaja večji delež barvnih polj pri nelineariziranih vrednostih. Prav tako se linearizacija bolje obnese pri Adobe Photoshopu, za območje barvnih razlik od 3 do 6, kjer je 27 odstotkov barvnih polj, pri

dcrw pa je delež barvnih polj z linearizacijo in brez nje enak, in sicer 22-odstoten.

Analiza barvnih razlik pokaže, da smo pri uporabi pretvorbe dcrw in nelineariziranih RGB-vrednosti v območju barvnih razlik od 1 do 3 dobili večji delež barvnih polj, in sicer 9-odstotnega, medtem ko je pri pretvorbi v programu Adobe Photoshop ta delež 3-odstoten. V območju barvnih razlik od 3 do 6 se je bolje izkazal Adobe Photoshop s približno 25-odstotnim deležem, prav tako pa dobimo s to pretvorbo manjši delež polj v območju barvnih razlik, večjih od 6.

Na splošno lahko rečemo, da se je pri uporabi barvne tablice Color Checker SG in programa dcrw kot boljše metoda pokazala uporaba lineariziranih RGB-vrednosti, medtem ko za barvno tablico Color Checker SG velja ravno nasprotno, boljši barvni profil dobimo pri uporabi nelineariziranih RGB vrednosti.

Pri barvni tablici ColorChecker SG v območju barvnih razlik do 6 smo dobili boljše rezultate pri pretvorbi s programom Adobe Photoshop in barvnim profilom, izdelanim na podlagi nelineariziranih RGB-vrednosti. Pri barvni tablici ColorChecker DC v območju barvnih razlik do 6 se je izkazalo, da je pri pretvorbi iz načina RAW v .tiff dala boljše rezultate uporaba programa Adobe Photoshop in barvnega profila, izdelanega na podlagi lineariziranih RGB-vrednosti.

Na splošno smo veliko boljše rezultate oziroma manjše barvne razlike dobili pri uporabi barvne tablice ColorChecker SG, kjer se je kot boljše pokazala uporaba programa Adobe Photoshop in izdelava barvnega profila na podlagi nelineariziranih podatkov RGB. Boljši rezultati, doseženi z barvno tablico ColorChecker SG, so lahko posledica tega, da barvna tablica ColorChecker DC vsebuje barvna polja na sijajno premazanem papirju, ki jih je izjemno težko zajeti, prav tako pa vsebuje tudi zelo nasičena barvna polja z visokim dinamičnim območjem, ki otežuje nastavljanje parametrov za zajem z digitalno kamero.

4 Sklepi

Na podlagi analize rezultatov za digitalno kamero Nikon D50 je bilo ugotovljeno, da smo najmanjše barvne razlike dobili pri uporabi barvne tablice ColorChecker SG. Pri omenjeni barvni tablici je najboljše rezultate dala pretvorba iz načina RAW v .tiff

v programu Adobe Photoshop in uporaba nelineariziranih RGB-vrednosti za izdelavo barvnega profila. Pri barvni tablici ColorChecker DC pa sta boljše rezultate ravno tako dali pretvorba iz načina RAW v .tiff v programu Adobe Photoshop in uporaba lineariziranih RGB-vrednosti za izdelavo barvnega profila. Povzamemo lahko, da sta pri reprodukciji umetniških del, ki jih ne moremo zajeti s skenerjem, kalibracija in karakterizacija digitalne kamere smiselni in uporabni. Odločitev, katere RGB podatke – linearizirane ali nelinearizirane vrednosti – bomo uporabili za izdelavo barvnega profila, pa je odvisna od uporabljenih digitalnih kamer in programa, v katerem bomo izvedli pretvorbo iz načina RAW v .tiff.

Viri

1. *Digital color imaging handbook*. Edited by Gaurav Sharma. Boca Ranton: CRC Press, 2003, 797 str.
2. GRAEME, G. Argyll, *CMS documentation index, typical usage scenarios and examples* [dostopno na daljavo], obnovljeno 25. 10. 2010 [citirano 22. 06. 2011]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://www.argyllcms.com/doc/ArgyllDoc.html>>.
3. *ProfileMaker 5 Publish – X-rite* [dostopno na daljavo], 2011 [citirano 25. 6. 2011]. Dostopno na svetovnem spletu: <http://www.xrite.com/product_overview.aspx?ID=793®ion=94&lang=en>.
4. FRASER, B., MURPHY, C. in BUNTING, F. *Real world color management : industrial-strength production techniques*. Berkeley : Peachpit Press, 2005, 582 str.
5. LARRAÍN R. E., SCHAEFER D.M. in REED J. D. Use of digital images to estimate CIE color coordinates of beef. *Food Research International* [dostopno na daljavo], vol. 41, issue 4, 2008, str. 380–385 [citirano 23. 8. 2011]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6T6V-4RMW9PV-1/2/dbf8481adb68f8245553a26fdcc84831>>.
6. MOU, T., SHEN, H. Colorimetric characterization of imaging device by total color difference minimization. *Journal of Zhejiang University – Science A* [dostopno na daljavo], vol. 7, number 6, 2006, str. 1041–1045 [citirano 23. 8. 2011]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://www.springerlink.com/content/q02t32444680327q/>>.

7. HASLER, D. in SÜSSTRUNK, S. Mapping colour in image stitching applications. *Journal of Visual Communication and Image Representation* [dostopno na daljavo], vol. 15, issue 1, 2004, str. 65–90 [citirano 23. 8. 2011]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6WMK-49SWBPN-6/2/c9bbd1c0c591fa09934ec33d2a4cea9>>.
8. IDE, R., OGUMA, H. Use of digital cameras for phenological observations. *Ecological Informatics* [dostopno na daljavo], vol.5, issue 5, 2010, str. 339–347 [citirano 23. 8. 2011]. Dostopno na spletu: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B7W63-50HYGH4-1/2/32ce7bc82e4cb80c0ada98f790ee2798>>.
9. LI, Y., CHEN, D., WALKER, C. N., ANGUS, J. F. Estimating the nitrogen status of crops using digital camera. *Field Crops Research* [dostopno na daljavo], vol. 118, issue 3, 2010, str. 221–227 [citirano 23. 8. 2011]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6T6M-50C5X9Y-1/2/18900fd6f8f6ed739e2ada6d21eac947>>.
10. CLARK, N. A., WYNEE, R. H., SCHMOLDT, D. L. in WINN, M. An assessment of the utility of a non-metric digital camera for measuring standing trees. *Computer and Electronics in Agriculture* [dostopno na daljavo], vol. 28, issue 2, 2000, str. 151–169 [citirano 23. 8. 2011]. Dostopno na spletu: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6T5M-41185YW-6/2/8c01ce35904a3b137eae3b785d3efe2f>>.
11. HANKUN, Ye, 44–47, 370, A color error correction mode for digital camera. *Applied Mechanics and Materials* [dostopno na daljavo], 2010 [citirano 23. 8. 2011]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://www.scientific.net/AMM.44-47.3706>>.
12. TSUTIDA M., YANO K., HACHIMURA K., TANAKA S., FURUKAWA K., NISHIURA T., CHOI W., WAKITA W. in TANAKA H. T. *Development of a high-definition and multispectral image capturing system for digital archiving of early modern tapestries of Kyoto Gion Festival* [dostopno na daljavo], 2010 [citirano 23. 8. 2011]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1900183>>.
13. STAREŠINIČ, Marica, SIMONČIČ, Barbara, BRAČKO, Sabina. Using a digital camera to identify colors in urban environments. *J. imaging sci. technol.*, 2011, vol. 55, no. 6, str.
14. WHEELER, F. Barry in BENNETT, Michael J. *Accurate Color: a preliminary investigation into the color gamut of selected special collection library objects* [dostopno na daljavo], 2011 UConn Libraries Published Works. Paper 37. [citirano: 23. 8. 2011]. Dostopno na svetovnem spletu: <http://digitalcommons.uconn.edu/libr_pubs/37>.
15. VAN POUCKE, S., *Automatic colorimetric calibration of human wounds* [dostopno na daljavo], 18.4.2010 [citirano: 23. 8. 2011]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://www.biomedcentral.com/1471-2342/10/7>>.
16. Photography – Electronic still-picture cameras – Methods for measuring opto-electronic conversion functions (OECFs) SIST ISO 14524:2011, 23 str.
17. WESTLAND, S. RIPAMONTI, C. *Computational colours science: using MATLAB*. Chichester : John Wiley & Sons, 2004, 207 str.