

SPAUSDINTUVO „RICOH“ SPALVŲ REPRODUKAVIMO TIKSLUMO TYRIMAS

Andrius Gedvila¹, Jonas Sidaravičius²

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: ¹andrius_mayday@yahoo.com; ²donatas.sidaravicius@vgtu.lt

Santrauka. Darbe tirtas spalvinio spausdintuvo „Ricoh Aficio 3006“ spalvų atgaminimo tikslumas. Tyrimas atliktas analizuojant keturių spalvų (CMYK) gradacines kreives – zoninių optinių tankių atitiktą etalonui ir gradacinių skalių spausdinimo stabilumą pagal zoninių optinių tankių verčių sklaidą. Spalvų iškrypimas tirtas spektrofotometriiniu metodu nustatant spalvų CIE $L^*a^*b^*$ koordinates ir spalvų skirtumus ΔE lyginant su etalonu. Tyrimai atlikti esant 8 spausdinimo režimams ir keičiant tų režimų nustatymus. Nustatyta, kad spausdintuvas „Ricoh“ spalvas atkuria netiksliai, tačiau spalvų atgaminimo kokybė patenkinama, esant spalvų reproduktivumo aukštos kokybės nereikalaujantiems darbams. Spalvų gradacijos gerokai skiriasi nuo teorinių, bet kai kurie režimai („Gamma“, „Brightness“, „CMYK Simulation“) leidžia atspaudų gradacijas priartinti prie teorinių. Nepaisant didelių gradacinių skirtumų visų spalvų skirtumas lyginant su teoriniu nėra didelis galimai dėl spausdintuvo programinio spalvų koregavimo.

Reikšminiai žodžiai: „Ricoh Aficio 3006“, spalvų gama, reproduktivumas, spalvų koordinatės, spektrometrija, spalvų skirtumas.

Įvadas

Spalva yra vienas iš galingiausių įrankių registruojant ir perteikiant informaciją. Tai ypač svarbu spausdinant informaciją popieriuje. Dar neseniai vertinant atvaizdų kokybę daugiausia dėmesio buvo skiriama sklandžiam tonų perėjimui formuojant atvaizdą (gradaciniams charakteristikoms) ir skiriamajai gebai, o spalvų reproduktivumo tikslumas aktualus tapo palyginti neseniai (Bonnier *et al.* 2006; Kipphan 2001; Xu *et al.* 2001; Sidaravičius, Montrimas 2005 ir kt.).

Apibrėžiant spausdinimo kokybės sampratą, būtina nustatyti jos kriterijus ir eksperimentiškai įvertinti naujų spaudos būdų spausdinimo kokybę. Deja, dažnai atsiskaidoma brangių ir kokybiškų spausdinimo technologijų ir kontrolės metodų, o atspaudų kokybė vertinama iš akies. Šiuolaikinis pirkėjas linkęs atvaizdo kokybę vertinti labiau nei kainą. Dėl to aukšta atvaizdo kokybė yra prioritetingas užduotis, kuri nėra iki galo išspręsta.

Darbe eksperimentiškai ištirtas lazerinio spausdintuvo „Ricoh“ spalvų atgaminimo galimybės ir tikslumas. Tirta, kokią įtaką atspaudų kokybei daro spausdinimo režimai. Tuo tikslu ištirta:

- atskirų spalvų gradacijų spausdinimo tikslumas esant skirtingiems spausdinimo režimams pagal zoninių optinių tankių kaitą ir spalvinių koordinatėlių kaitą;
- atskirų spausdinimo režimų nustatymų įtaka spalvų spausdinimo tikslumui;
- spausdinimo stabilumas pagal zoninių optinių tankių verčių sklaidą.

Tyrimo objektas, įranga ir metodika

Tirti naudotas spalvų atgaminimo daugiafunkcis spausdintuvas „Ricoh Aficio 3006“, turintis integruotą valdiklį „Fiery Ver.3.2.053B“. Tirta spausdinta etaloninė spalvų skalė „OCE Color Reference Chart v.1.3“ (Kozlova 2010) ant popierius DataCopy A3, 80 gsm². Spektriniai ir densitometriniai matavimai atlikti „Techkon-Spectrodens“ naudojant programinę įrangą „Spectrodens Connect“ ir „Techkon Exchange 2000“.

Atspaudų kokybė tirta skaitmeniniu „Konig Electronics“ atspindžio mikroskopu CMP-USBMICRO20 (optiškai artina iki 35 kartų, skaitmeninis – iki 190 kartų) ir optiniu skaitmeniniu „Konig Electronics“ mikroskopu XSP91-05 (optiškai artina iki 600 kartų).

Spalvų reproduktivumas ištirtas esant šiems nustatymo režimams. Režimų pavadinimai, nurodyti anglų kalba, naudojami kitų gamintojų spausdintuvuose (Žuromskas 2010):

- RGB Source: EFIRGB, sRGB(PC), Apple Standard, other, off;
- Other (Gamma): 1.0, 1.2, 1.4, ..., 3.0;
- Brightness, %: 85, 90, 95, 100, 105, 110, 115;
- Spot Color Matching: on, off;
- Dithering: letter, photo;
- Smoothing: on, off;
- Rendering style: photographic, presentation, solid color;
- CMYK Simulation Method: Quick, Full.

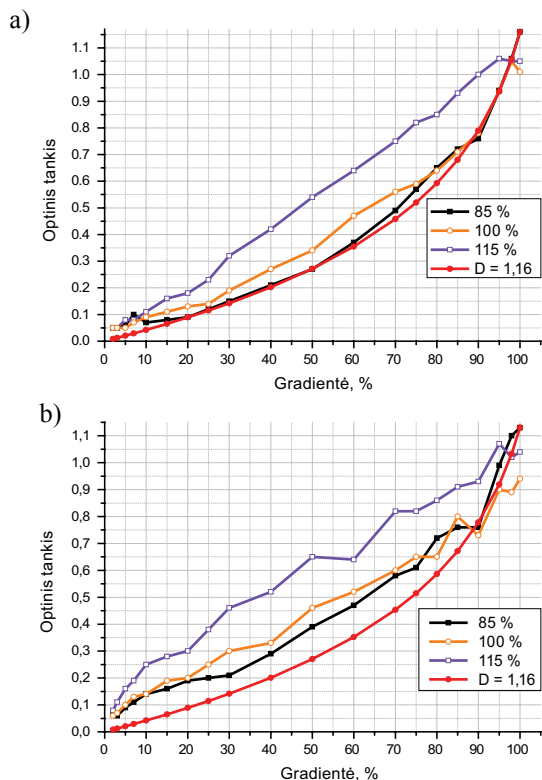
Skalėje „OCE Color Reference Chart v.1.3“ buvo matuoti septintos grupės laukeliai. Šią grupę sudaro keturių spalvų (žydros, purpurinės, geltonos ir juodos) gradacijos.

Spektriniu densitometru buvo matuojamas laukelių zoninis optinis tankis, CIE $L^*a^*b^*$ koordinatės ir apskaičiuojamas matuotų ir teorinių (skalės nominaliosios vertės) spalvinių koordinačių skirtumas ΔE :

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}. \quad (1)$$

Rezultatai ir jų aptarimas

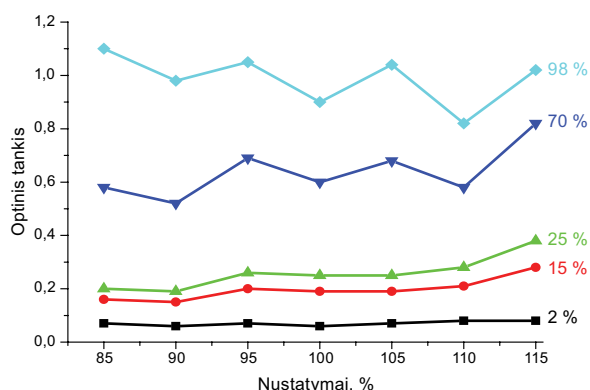
1 pav. pateiktos žydros ir kontūrinės spalvų gradacinės charakteristikos esant skirtingiems šviesumo („Brightness“ režimas) nustatymams kartu su teorinėmis charakteristikomis, skaičiuotomis pagal maksimalų tos spalvos zonių optinį tankį. Didinant šviesumą nuo 85 iki 115 % gradacinės kreivės kyla aukštyn. Tokia gradacinių kreivių deformacija reiškia didesnę kontrastą vidutinių zonių optinių tankių srityje, todėl mažas kontrastas (šviesus) bus išspausdintas geriau, nors ir neatitiks originalo. Tie pokyčiai parodyti 2 pav.: šviesiausiose gradientėse (2 %) zoninis optinis tankis nepriklauso nuo režimo nustatymo, tamsiose (98 %) – mažėja didinant „Brightness“ režimą, o vidutinėse – zonis optinis tankis didėja didėjant šviesumo nustatymui.



1 pav. „Brightness“ režimo gradacinės charakteristikos esant 85 %, 100 %, 115 % šviesumo nustatymams ir visiško užpildymo laukelio maksimalaus apskaičiuoto optinio tankio būdingoji kreivė D: a) žydros; b) kontūrinės spalvų

Fig. 1. Gradation characteristics of the ‘brightness’ mode at the settings of 85%, 100% and 115% and under the maximum estimated density curve D of the completely filled box: a) blue; b) key colour

Gradacinių charakteristikų kaita (1 pav.) rodo, kad keičiant režimų nustatymus kinta ir spalvų atgaminimo tikslumas. Tai rodo visų keturių spalvų spalvos skirtumo ΔE priklausomybė nuo šviesio L^* (3 pav.). Pavyzdžiui, tamsiausioje vietoje juodos spalvos ΔE nepriklauso nuo „Brightness“ režimo nustatymo, o vidutinio šviesumo vietose keičiasi smarkiai. Reikia pažymėti, kad aukštesni šio režimo nustatymai lemia mažesnius spalvų nuokrypius, o tai lyg ir prieštarauja gradacinių charakteristikų pokyčiams. Galima manyti, kad aparato valdymo sistema šią problemą sprendžia programiškai. Kitų spalvų ΔE kaitos tendencija panaši.



2 pav. Juodos spalvos zoniniai optiniai tankiai skirtingo užpildymo laukeliuose, priklausomai nuo šviesumo („Brightness“) nustatymo

Fig. 2. Zonal optical densities painted black in differently filled boxes depending on the settings of brightness

Į akis krinta labai didelis (iki 28 vnt.) pokytis geltonos ir juodos spalvos laukeliuose (3 pav., c ir d), ypač tamsesnėse gradientėse. Be to, stebima didelė ΔE sklaida – kreivės taškai išsibarstę chaotiškai, nors keičiant nustatymus koreliacija ir pastebima.

Žydros ir purpurinės spalvų skirtumai (3 pav., a ir b) taip pat gana dideli, kryptingai mažėja laukelių šviesėjimo kryptimi, tačiau sklaida yra mažesnė (8–10 vnt. ribose).

Atskirai nagrinėtos atskirų spalvų koordinatės esant skirtingam šviesiui L^* (4 pav.). Žydra ir purpurinė spalva (4 pav., a ir b) yra pakankamai arti teorinių vidutinio užpildymo ir šviesesniuose laukeliuose. Geltonos spalvos a^* koordinatės (4 pav., c) pastebimai ir tendencingai kinta, keičiant „Brightness“ nustatymus. Tuo tarpu b^* koordinatės yra arti teorinių. Juodos spalvos (4 pav., d) a^* koordinačių sklaida nedidelė, o b^* koordinatės, keičiant nustatymus, kryptingai pasislenka mėlynos spalvos kryptimi.

Spausdintuvo spalvų atgaminimo ribas, kai spausdinant nėra galimybės rinktis spausdinimo režimų ir jų reguliuoti keičiant nustatymus, galima įvertinti statisti-

kai apdorojus visus spalvų skirtumų matavimo duomenis. Tų duomenų skirstinys yra artimas normaliajam. Šio skirstinio parametrai pateikti 1 lentelėje. Matyti, kad spausdin tuvas atkuria spalvas nepakankamai tiksliai – geltonos ir juodos spalvų vidutiniai skirtumai, lyginant su reikiama, viršija 11, nors žydros ir purpurinės spalvų jie yra mažesni (9,1–9,2). Įskaitant standartinio nuokrypio vertes šis spalvų reprodukovimo netikslumas yra dar didesnis.

1 lentelė. Spalvų ΔE vertės esant visiems tirtiems režimams: vidutinės vertės, standartinis nuokrypis ir ekstremumai

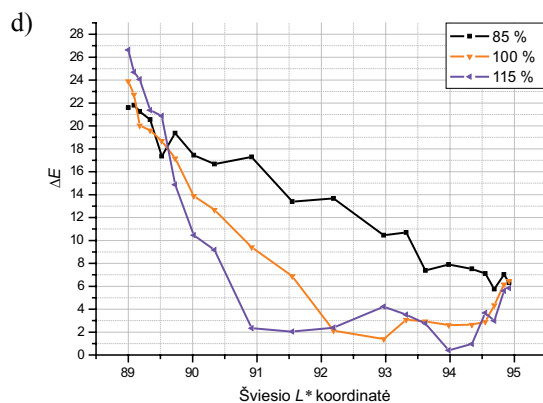
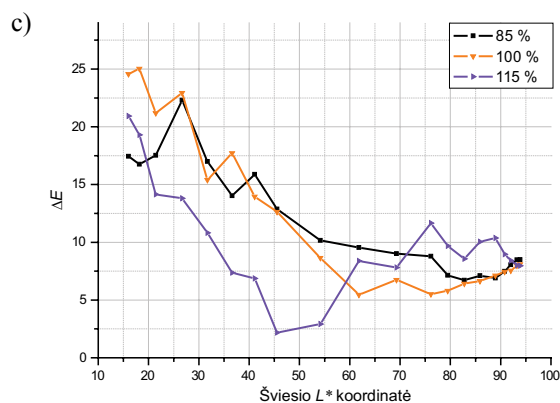
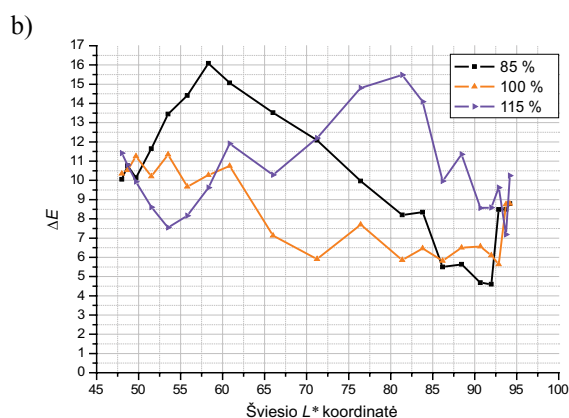
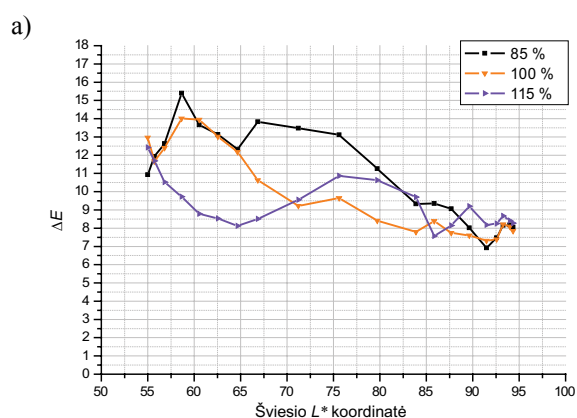
Table 1. ΔE values at all tested settings: mean value, tolerances and extremes

Spalvos	Vidurkis	Nuokrypis	Min	Max
Žydra	9,095	1,691	7,491	11,958
Purpurinė	9,241	2,003	6,733	13,767
Geltona	11,003	7,800	3,759	26,023
Juoda	11,857	4,731	6,572	20,655

Analizuojant spalvų skirtumus ir lyginant juos su etaloninėmis vertėmis ΔE stebimas visų spausdinimo funkcijų bendras ir tendencingas ΔE didėjimas spalvos gradientei tamsejant. Šiam kriterijui įvertinti skaičiuojamas ΔE vidurkis ir standartinis nuokrypis visose gradientėse (5 pav.). Tai reiškia, kad spalvos geriausiai atkuriamos vidutinio šviesio atvaizdo vietose. Atvaizdo kokybę vertinant psichologiniu požiūriu, tai yra geriausias variantas, nes stebėtojas ten randa daugiausia bendros informacijos.

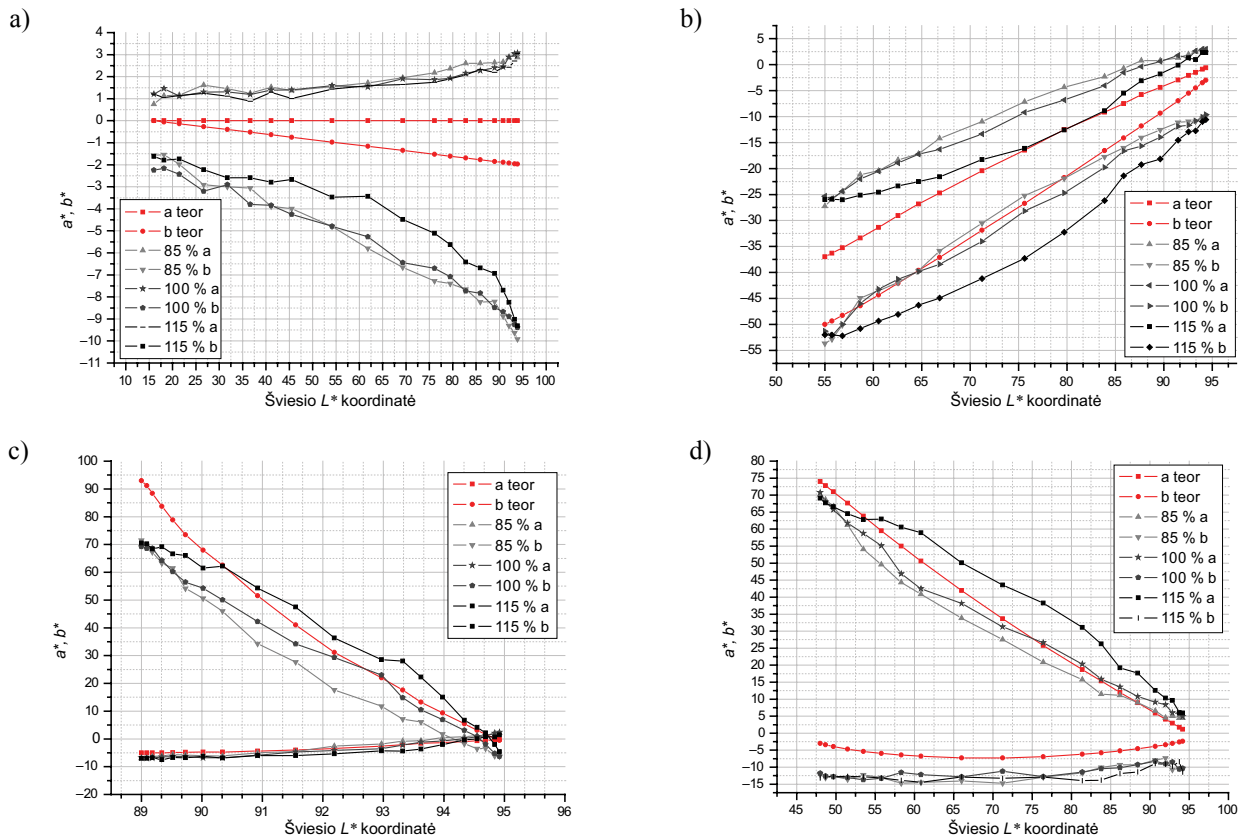
Žydra spalva, kaip matyti iš 5 pav., pakankamai stabiliai spausdinama visose gradientėse, kiek prasčiau – tamsesniuose laukeliuose.

Purpurinė spalva atgaminama panašiai kaip ir žydra, nors aritmetinis vidurkis visuose gradientės laukeliuose yra kiek mažiau stabilus ir didėja artėjant prie 100 % užpildymo laukelių. Geltonos spalvos atkūrimas yra neblogas šviesesnėse zonose. Maždaug iki 50 % užpildymo rezultatai patenkinami (iki 8 ΔE vnt.), o toliau smarkiai ir tolygiai kyla daugiau kaip 20 vnt.



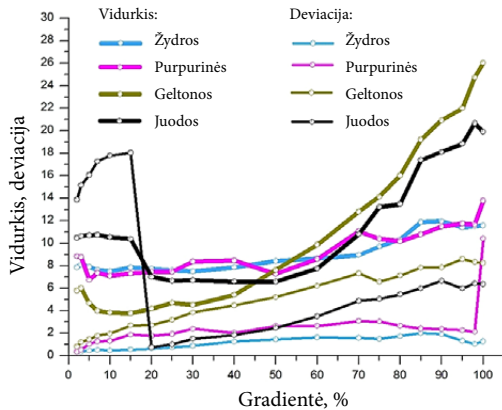
3 pav. Spalvos skirtumai, lyginant su originalu (etaloninėje skalėje), nustačius 85 %, 100 % ir 115 % šviesumą „Brightness“ režimu: a) žydros; b) purpurinės spalvų; c) geltonos; d) kontūrinės spalvų

Fig. 3. Differences in colour comparing with the original reference scale in the ‘brightness’ mode at the settings of 85%, 100% and 115%: a) blue; b) magenta; c) yellow; d) key color



4 pav. a^* ir b^* spalvos koordinatų priklausomybė nuo šviesio L^* , nustatius 85 %, 100 % ir 115 % šviesumą „Brightness“ režimu: a) žydros; b) purpurinės spalvų; c) geltonos; d) kontūrinės spalvų

Fig. 4. The dependence of coordinates coloured a^* and b^* on luminance L^* in the ‘brightness’ mode at the settings of 85%, 100% and 115%: a) blue; b) magenta; c) yellow; d) key



5 pav. Keturių pagrindinių spalvų duomenų sklaida, atsižvelgiant į gradientės dydį

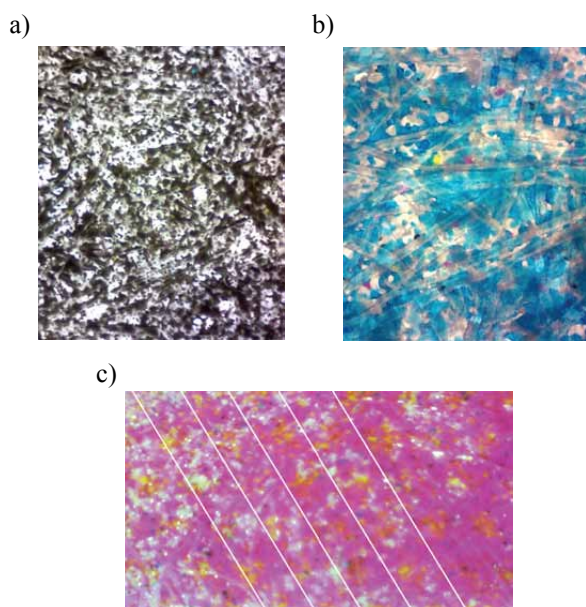
Fig. 5. Data dissemination of the four main colors depending on the value of gradation

Kitaip atgaminama juoda spalva šviesesniuose gradientės laukeliuose. Vidutinės iki 15 % užpildymo laukelių ΔE reikšmės smarkiai skiriasi nuo kitų duomenų. Pastebima didelė standartinė ΔE nuokrypa, kuri ties 20 % staiga krin-ta žemyn iki mažų verčių. Toliau tamsėjant gradientei iki

50 % spalva atkurama pakankamai stabiliai ir iš bendro fono iki 70 % neišsiskiria. Tačiau tamsesniuose laukeliuose kreivė tolygiai kyla panašiai kaip ir geltonos spalvos – iki 20 ΔE vnt. Analizuojant šį reiškinį pastebėta, kad juoda spalva turi mėlyną atspalvį ir tai iškreipia prietaiso rodme-nis – šis efektas yra aparatūrinės kilmės.

Buvo bandoma suprasti, kiek mikroskopinė popieriaus struktūra ir padengimo dažomųjų miltelių kokybė turi įtakos spalvos atkūrimo tikslumui. Mikroskopinis tyrimas parodė, kad padengimas dažomaisiais milteliais nevienalytis – yra daug plotelių, nepadengtų šiais milteliais. Ryškiausiai tai pastebima 100 % užpildymo laukeliuose (6 pav., a ir b) ir dėl to šviesio L^* koordinatės vertės yra iškraipomos. Be to, visų spalvų išspausdinti ploteliai užteršti svetimų spalvų, ypač geltonos ir purpurinės spalvos, dažomaisiais milteliais, o tai turėjo įtakos spalvos pokyčiams a^* ir b^* koordinatų plokštumoje.

Purpurinė spalva visuose atspauduose, nepriklausomai nuo rastro intensyvumo, turi atsitiktinių žydros spalvos taškelių ir gerai matomą geltonos spalvos rastrinį tinklą (6 pav., c).



6 pav. Būdingi 100 % rastrinio tankio laukelių defektai (padidinta a) 35 kartus, b) ir c) 100 kartų

Fig. 6. Typical defects of full density bitmap boxes under the magnification of a) 35 and b), c) 100 times

Išvados

Spalvų atgaminimo aparatu „Ricoh Afficio 3006“ spalvų atkūrimo tikslumas yra nepakankamas, tačiau patenkinamas naudojant biuruose, taip pat atliekant spalvų atkūrimo kokybės nereikalaujančius darbus.

Spalvų gradacijų optiniai tankiai gerokai skiriasi nuo teorinių, nors kai kurie spausdinimo režimai („Gamma“, „Brightness“, „CMYK Simulation“) leidžia šią charakteristiką priartinti prie teorinės.

Nepaisant didelių nuokrypių spausdinant gradacines skales vidutinis visų spalvų skirtumas nėra labai didelis galimai dėl naudojamos spalvų koregavimo programinės įrangos.

Ištisinių plotelių zoninio optinių tankių vaizdo verčių sklaida yra didelė dėl nepakankamos vaizdo kokybės – netolygaus popieriaus padengimo dažomaisiais milteliais ir užteršimo kitos spalvos miltelių dulkėmis.

Literatūra

- Bonnier, N.; Schmitt, F.; Brettelb, H.; Berche, S. 2006. Evaluation of spatial gamut mapping algorithms, in *Proc. of the 14th Color Imaging Conference*, Scottsdale Arizona.
- Color [interaktyvus]. 1998 [žiūrėta 2009-12-20]. Prieiga per internetą: <http://www.worqx.com/color/>.
- Kipphan, H. 2001. *Handbook of print media: technologies and production methods*. Berlin: Springer. ISBN 3-540-673261.

Kozlova, O. 2010. *Spalvų atgaminimas skaitmeninėmis „OCE CPS 900“ ir „Konica 8050“ mašinomis*. Vilnius.

Sidaravičius, J.; Montrimas, E. 2005. *Fizikiniai teoriniai informacijos registravimo ir spausdinimo procesų pagrindai*. Vilnius: Technika. 250 p. ISBN 9986-05-8686.

Xu, H.; Yaguchi, H.; Shioiri, S. 2001. Testing CIELAB-based color-difference formulae using large color differences, *Optical Review* 8(6): 487–494.

<http://dx.doi.org/10.1007/BF02931740>

Žuromskas, P. 2010. *Įrenginio „Xerox Docucolor 5000“ ir „Conica Minolta Bizhub Pro 6500“ palyginamasis technologinių galimybių tyrimas*. Vilnius.

INVESTIGATION INTO THE ACCURACY OF COLOURS REPRODUCED BY THE RICOH PRINTER

A. Gedvila, J. Sidaravičius

Abstract

The paper investigates the reproduction accuracy of *Ricoh Afficio colour 3006* printer. The study has been conducted analyzing four-color (CMYK) gradation curves – the compliance of zonal absorbance with standard references and printing stability of gradation scales. The obtained colours have been measured spectrophotometrically determining the coordinates of colours CIE $L^*a^*b^*$ and differences in colours ΔE . Eight printing regimes and their settings have been examined.

It has been found that the printer *Ricoh* has inaccurately colour grading. However, the quality of colour reproduction is sufficient for printing data not requiring high accuracy of colour reproduction. Colour grading significantly differs from the theoretical approaches, though some regimes (Gamma, Brightness, CMYK simulation) allows achieving theoretical values. Despite the high inaccuracy of gradation, differences in colour are not high enough due to corrections made by software.

Keywords: *Ricoh Afficio 3006*, colour gamut, reproduction, colour space