



Univerzitet u Novom Sadu
Fakultet tehničkih nauka
Grafičko inženjerstvo i dizajn



Ivana Jurič

Model za kontrolu površinske uniformnosti digitalnih otisaka

- doktorska disertacija -

Novi Sad, 2018.

*Istraživanja realizovana u okviru disertacije su
potpomognuta sredstvima Ministarstva prosvete i nauke
Republike Srbije u okviru Projekta tehnološkog razvoja (broj
35027) „Razvoj softverskog modela za unapređenje znanja i
proizvodnje u grafičkoj industriji“.*

IZJAVA

Ja, Ivana Jurič, izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da ova doktorska disertacija predstavlja isključivo rezultate mog rada u saradnji sa mentorom, da se temelji na mojim naučno-stručnim saznanjima i istraživanjima i da se oslanjana na popisanu i navedenu literaturu.

Izjavljujem da nijedan deo ove doktorske disertacije nije napisan na nedozvoljen i neetičan način, preuzimanjem ili prepisivanjem iz bilo kojeg necitiranog rada, tuđih dela ili rezultata, koji bi bio u suprotnosti sa akademskom moralnošću.

Autorska prava svih rezultata i elemenata koji su dobijeni u doktorskoj disertaciji pripadaju Departmanu za grafičko inženjerstvo i dizajn, odnosno Fakultetu tehničkih nauka kao pravnom licu.

Izjavljujem da su istovetne štampana i elektronska verzija doktorske disertacije.

Izjavljujem da sam saglasna da se doktorska disertacija može staviti na trajan uvid u elektronskom obliku.

Potpis kandidata



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ • ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
21000 НОВИ САД, Трг Доситеја Обрадовића 6

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број, РБР :	
Идентификациони број, ИБР :	
Тип документације, ТД :	Монографска публикација
Тип записа, ТЗ :	Текстуални штампани материјал
Врста рада, ВР :	Докторска дисертација
Аутор, АУ :	МСц Ивана Јурич
Ментор, МН :	Проф. др Драгољуб Новаковић
Наслов рада, НР :	Модел за контролу површинске униформности дигиталних отисака
Језик публикације, ЈП :	Српски
Језик извода, ЈИ :	Српски
Земља публиковања, ЗП :	Република Србија
Уже географско подручје, УГП :	А.П. Војводина
Година, ГО :	2018
Издавач, ИЗ :	Ауторски репринт
Место и адреса, МА :	Нови Сад, Трг Доситеја Обрадовића 6
Физички опис рада, ФО : (поглавља/страница/цитата/табела/слика/графика/прилога)	12/202/118/29/52/95/7
Научна област, НО :	Графичко инжењерство и дизајн
Научна дисциплина, НД :	Графичко инжењерство и дизајн
Предметна одредница/Кључне речи, ПО :	површинска униформност, дигитална штампа, дигитализација узорака, визуелна процена (не)униформности
УДК	
Чува се, ЧУ :	У библиотеци Факултета техничких наука у Новом Саду
Важна напомена, ВН :	
Извод, ИЗ :	Површинска униформност је један од кључних параметара за анализу квалитета отисака. Основни циљ истраживања је дефинисање модела за квантификацију површинске униформности дигитално штампаних отисака. У низу спроведених експеримената процењен је утицај улазног уређаја за дигитализацију отисака и утицај варијабилних подешавања приликом дигитализације. У дисертацији су испитане четири методе за мерење површинске униформности које су најчешће коришћене у досадашњој литератури – GLCM, ISO 13660, Интегрална и M-Score метода. На основу добијених резултата и закључака истраживања могуће је предложити развој индустријски применљивог решења за мерење површинске униформности дигитално штампаних отисака.
Датум прихватања теме, ДП :	
Датум одбране, ДО :	
Чланови комисије, КО :	Председник: Др Немања Кашиковић, вандредни професор
	Члан: Др Сандра Дедијер, вандредни професор
	Члан: Др Младен Станчић, доцент
	Члан, ментор: Др Сунчица Здравковић, редовни професор
	Члан, ментор: Др Драгољуб Новаковић, редовни професор

Потпис ментора



KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number, ANO :	
Identification number, INO :	
Document type, DT :	Monographic Publication
Type of record, TR :	Textual material, printed
Contents code, CC :	Ph.D. thesis
Author, AU :	MSc Ivana Jurič
Mentor, MN :	Prof. Ph.D. Dragoljub Novaković
Title, TI :	Print uniformity model for digital prints
Language of text, LT :	Serbian
Language of abstract, LA :	Serbian
Country of publication, CP :	Republic of Serbia
Locality of publication, LP :	A.P. Vojvodina
Publication year, PY :	2018
Publisher, PB :	Author's reprint
Publication place, PP :	Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6
Physical description, PD : (chapters/pages/ref./tables/pictures/graphs/appendixes)	12/202/118/29/52/95/7
Scientific field, SF :	Graphic engineering and design
Scientific discipline, SD :	Graphic engineering and design
Subject/Key words, S/KW :	print uniformity, digital printing, digitalization, visual perception of (non)uniformity
UC	
Holding data, HD :	The Library of the Faculty of Technical Sciences in Novi Sad
Note, N :	
Abstract, AB :	<p>Print uniformity is one of the key parameters for the analysis of print quality. The basic aim of the research is to define a model for the quantification of print uniformity of digitally printed samples. In the series of carried out experiments, the influence of the input device for digitalisation of prints and the influence of variable settings during digitization was evaluated. The dissertation examined four methods for measuring the surface uniformity most commonly used in the previous literature - GLCM, ISO 13660, Integral and M-Score method. On the basis of the obtained results and conclusions of the research, it is possible to propose the development of an industrially applicable solution for measuring the surface uniformity of digitally printed prints.</p>
Accepted by the Scientific Board on, ASB :	
Defended on, DE :	
Defended Board, DB :	President: Nemanja Kašiković, Ph.D., associate professor
	Member: Sandra Dedijer, Ph.D., associate professor
	Member: Mladen Stančić, assistant professor
	Member, Mentor: Sunčica Zdravković, Ph.D., full professor
	Member, Mentor: Dragoljub Novaković, Ph.D., full professor

Veliku zahvalnost dugujem svom mentoru, profesoru dr Dragoljubu Novakoviću, na nesebičnoj podršci, savetima i poverenju kako u toku izrade doktorske disertacije, tako i u svakodnevnom radu, počev od prvog dana mog školovanja na departmanu za Grafičko inženjerstvo i dizajn.

Takođe, želim da se zahvalim i mentoru, profesorici dr Sunčici Zdravković, na svim konstruktivnim komentarima, strpljenju i odgovorima na sva moja pitanja.

Hvala dragim kolegama sa departmana za Grafičko inženjerstvo i dizajn na prijateljstvu, pomoći, kao i na razumevanju mojih obaveza i vremena koje je posvećeno disertaciji.

Hvala porodici, kumovima i prijateljima koji su uvek i bezuslovno prisutni.

Moja inspiracija, motivacija i izvor snage je moja porodica, suprug Damir i moja mala Iris. Želim da se zahvalim svom suprugu na neizmernoj ljubavi, podršci i veri u mene.

Mojoj Iris

Predgovor

*„Just as the constant increase of entropy is the basic law of the universe,
so it is the basic law of life to be
ever more highly structured and to struggle against entropy.“*

Vaclav Havel

Površinska uniformnost je jedan od ključnih atributa koji se koristi za analizu i procenu kvaliteta digitalno štampanih otisaka. Za uniformnost se vezuje pojam neuniformnost što je merljiva veličina koja ukazuje na odustapnje kojom se karakteriše kvalitet otiska, stoga se kroz istraživanje pretežno spominje pojam neuniformnost otiska. Greška koja se javlja na otisku u vidu neuniformnosti je često neizbežna, stoga je potrebno kontrolisati i smanjiti je što je više moguće. Najveći problem ovog atributa je što metodologija i procedura merenja još uvek nisu u potpunosti standardizovane. Takođe, ne postoje referentne vrednosti na osnovu kojih može da se definiše nivo kvaliteta (da li je kvalitet otiska dobrog, zadovoljavajućeg ili neprihvatljivog kvaliteta).

Danas postoje razne metode koje se koriste za kvantifikaciju površinske neuniformnosti (odstupanja od uniformnog otiska). Neke od njih prate funkcije i sposobnosti ljudskog vizuelnog sistema, dok druge u potpunosti isključuju. Motivacija ovog istraživanja leži u činjenici da svaka izmerena vrednost pomoću uređaja za kontrolu otisaka treba da odgovara onome što krajnji korisnik vidi i procenjuje. Objektivna i subjektivna analiza treba da upotpunjuju jedna drugu i da zajedno grade model za kontrolu kvaliteta otisaka u štampi.

Ono što se javlja kao osnovni problem u vizuelnoj evaluaciji površinske (ne)uniformnosti je nemogućnost kontrole spoljašnjih varijabli, kao što je na primer varijacija boje. Prilikom vizuelne procene potrebno je isključiti sve ostale faktore i uključiti samo varijaciju u optičkoj gustini, tj. intenzitetu refleksije, što dovodi do neuniformnog ili mrljavog otiska.

U dosadašnjoj literaturi predložene se brojne metode za merenje površinske (ne)uniformnosti koje imaju svojih prednosti i mana i koje se mogu podeliti na dve grupe: metode bazirane na analizi slike i metode bazirane na spektrofotometrijskom merenju. Uprkos sličnosti u nekim segmentima, metode se međusobno razlikuju u osnovnim principima i njihovoj složenosti. Pored toga, postoji nesaglasnost među istraživačima oko metode koja bi bila najpogodnija za korišćenje na standardizovan način za objektivnu procenu neuniformnosti u štampi.

Metode bazirane na analizi slike koriste digitalnu sliku (tj. digitalizovan otisak) u prostornom ili frekventnom domenu za preračunavanje atributa kvaliteta kao što je površinska neuniformnost. Varijacije u optičkoj gustini kod ovih metoda su analogne varijaciji u vrednostima intenziteta piksela. Najveća prednost ovih metoda je što su brze i jednostavne za upotrebu. Osnovni nedostatak je raznolikost uređaja koji mogu da se koriste za digitalizaciju, što direktno utiče na izmerenu vrednost površinske neuniformnosti otisaka.

Metode bazirane na spektrofotometrijskom merenju koriste $L^*a^*b^*$ koordinate izmerene pomoću spektrofotometra na osnovu kojih se izračunava vrednost površinske (ne)uniformnosti. M-Sore metoda pripada ovoj grupi koja je razvijena od strane Fogre i koja je korišćena u dosadašnjoj literaturi za merenje površinske (ne)uniformnosti.

Poslednji korak koji je ujedno i najbitniji u procesu štampe je procena kvaliteta odštampanog otiska. Do sada, otisak je analiziran samo pomoću jednog atributa – kvaliteta reprodukovane boje, što se pokazalo da nije dovoljno. Pored boje (CIE L*a*b* koordinata ili optičke gustine) potrebno je analizirati i mnoge druge atribute na osnovu kojih može da se donese konačan zaključak o kvalitetu otiska i kvalitetu rada štamparskog sistema. U ovom istraživanju izdvojen je samo jedan atribut kvaliteta – površinska uniformnost, sa merom odstupanja koja se naziva površinska neuniformnost.

Površinska neuniformnost predstavlja varijaciju optičke gustine na otisku i može da se pojavi u nekoliko različitih oblika koji mogu da se svrstaju u dve osnovne grupe: nasumične i sistematične varijacije. U radu su ispitana dva oblika iz svake grupe varijacija koji se najčešće pojavljuju u digitalnim štamparskim sistemima: mrlje (*engl. blotches*) i pruge/linije (*engl. streaks*), na kojima je varirana amplituda ili veličina.

Površinska neuniformnost je neizbežna greška koja se pojavljuje na digitalno štampanim otiscima zbog samog procesa i tehnike štampe, stoga je neophodno kontrolisati je i smanjiti. Mogućnost merenja varijacije refleksije na otisku može na mnogo načina da omogući napredak i razvoj digitalnih sistema.

Osnovni cilj istraživanja je definisanje modela za kvantifikaciju površinske uniformnosti digitalno štampanih otisaka. Svrha modela je pronalaženje metode za merenje neuniformnosti, kao mere odstupanja, koja je u korelaciji sa vizuelnom procenom i definisanje procedure merenja.

U nizu sprovedenih eksperimenata procenjen je uticaj ulaznog uređaja za digitalizaciju otisaka i uticaj varijabilnih podešavanja prilikom digitalizacije. Pokazalo se da promena rezolucije skeniranja, izvor svetla i format snimanja imaju uticaj na izmerenu vrednost površinske neuniformnosti, na osnovu čega može da se predloži i izabere uređaj, kao i potrebna podešavanja uređaja prilikom digitalizacije.

U disertaciji su ispitane četiri metode za merenje površinske (ne)uniformnosti koje su najčešće korišćene u dosadašnjoj literaturi – **GLCM**, **ISO 13660**, **Integralna** i **M-Score** metoda. Rezultati dobijeni merenjem pomoću različitih metoda i parametara u okviru svake metode su upoređeni sa vizuelnom procenom ispitnika kako bi se pronašla veza između objektivne i subjektivne analize i kako bi se definisao i odredio metod/parametar za merenje površinske (ne)uniformnosti.

Dobijeni rezultati ukazuju na mogućnost odabira parametra za merenje, ali da izbor parametra zavisi od tipa neuniformnosti. Neki parametri mogu da se koriste za sve oblike greške, dok drugi odgovaraju samo određenom tipu.

Na osnovu dobijenih rezultata i zaključaka istraživanja moguće je predložiti razvoj industrijski primenljivog rešenja za merenje površinske uniformnosti digitalno štampanih otisaka.

Ključne reči: *površinska uniformnost, površinska neuniformnost, digitalna štampa, digitalizacija uzoraka, vizuelna procena (ne)uniformnosti*

Abstract

The last step, which is also the most important in the printing process, is the assessment of the print quality. So far, the print was analyzed only with one quality attribute - the quality of the reproduced color, which proved to be insufficient. In addition to color (CIE L* a* b* coordinate or density), it is also necessary to analyze many other attributes, on the basis of which a conclusion about the quality of the print and the quality of the printing system can be made. In this research, only one quality attribute is analyzed – print uniformity, with a measure of deviation called print nonuniformity.

Print nonuniformity is the variation of optical density (reflection) on the print and can occur in several different types that can be classified into two basic groups: random and systematic variations. This dissertation examines two types from each group of variations that are most commonly found in digital printing systems: blotches and streaks, where amplitude and size were varied.

Print nonuniformity is an inevitable error that appears on digitally printed samples due to the process itself and the printing technique. Therefore it is necessary to control it and reduce it. The ability to measure the variation of the reflection on the print can in many ways enable the progress and development of digital print systems.

The basic aim of the research is to define a model for the quantification of print uniformity of digital prints. The purpose of the model is to find a method for measuring the uniformity which is in the correlation with the visual assessment.

Four most commonly used methods for measuring the print (non)uniformity were used - **GLCM**, **ISO 13660**, **Integral** and **M-Score** method. The results obtained by measuring were compared with a visual assessment to find the link between objective and subjective analysis and to define and determine the method/parameter for the measurement of print (non)uniformity.

The obtained results indicate the possibility of selecting the measurement parameter, but that the choice of the parameter depends on the type of nonuniformity. Some parameters can be used for all types of error, while others only apply to a particular type. On the basis of the obtained results and conclusions of the research, it is possible to propose the development of an industrially applicable solution for measuring print (non)uniformity of digitally printed samples.

Keywords: *print uniformity, print nonuniformity, digital printing, digitalization of samples, visual estimation of (non)uniformity*

Spisak slika:

Slika 1.1. Primeri neuniformnog otisaka na različitim podlogama (nepremaznim i premaznim papirima)	2
Slika 2.1. Uređaji koji se baziraju na merenju otisaka na osnovu metode analize slike: a) PIAS II (QEA, 2007) i b) Kheops (Techpap, 2014)	6
Slika 2.2. Šematski prikaz Metode analize slike (MAS)	8
Slika 2.3. Delovi RaspberryPI potrebni za sastavljanje uređaja za kontrolu kvaliteta otisaka pomoću metode analize slike	8
Slika 2.4. Osnovni delovi ravnog skenera (za CCD senzorom)	11
Slika 2.5. Vrste senzora kod ravnog skenera: a) CCD senzor i b) CIS senzor (Tavco, 2017)	12
Slika 2.6. Klase digitalnih fotoaparata	12
Slika 2.7. Poprečni presek digitalnih fotoaparata (Yunoinfo, 2017)	13
Slika 2.8. Prikaz Bajerovog mozaika za razdvajanje svetlosnog zraka na RGB komponente	13
Slika 2.9. Izgled kamere koja se koristi u mobilnim telefonima. Primer za Samsung Galaxy S5 (Techspot, 2017a)	15
Slika 2.10. CMOS senzor za mobilne telefone (Techspot, 2017b)	15
Slika 2.11. Različiti oblici površinske neuniformnosti	16
Slika 2.12. a) Primer površinske neuniformnosti na ink džet otisku i b) uniforman otisak nakon provere mlaznica na štampaču	17
Slika 2.13. Primeri površinske neuniformnosti na različitim otiscima: a) HP Indigo Press mašina / Phoenix Motion Xenon 170 g/m ² papir, b) Xerox DocuColor 252 mašina / Bindakote White 250 g/m ² papir i c) Xerox DocuColor 252 mašina / Colortech 280 g/m ² papir	18
Slika 2.14. Podela površinske neuniformnosti prema Johansson-u: a) nehomogenost usled različite apsorpcije/refleksije svetlosti, b) gloss mottle i c) shading mottle	20
Slika 2.15. Primeri Furijeove transformacije. Gornje slike prikazuju sliku u prostornom domenu, a slike ispod pokazuju odgovarajuću sliku u frekventnom domenu. Slike ilustruju nasumične varijacije: a) zrnčavost, b) motling i sistematične varijacije: c) trake i d) teksturu žice (Christoffersson, 2004)	23
Slika 2.16. Primer 1-dimenzionalnog energetskeg spektra (frekventni domen): a) spektar snage slike sa nasumičnim varijacijama i b) spektar snage slike sa sistematičnim varijacijama	23
Slika 2.17. Primer identifikacije klastera na primeru nasumične varijacije površinske neuniformnosti	24
Slika 2.18. Osetljivost ljudskog vizuelnog sistema na Lab kanale. Odnos je približno 8:2:1 (Christoffersson, 2004)	27

Slika 5.1. Šematski prikaz odvijanja istraživanja	33
Slika 5.2. Epson Stylus Pro 7800 štamparska mašina sa testom za kontrolu mlaznica	35
Slika 5.3. Skeneri korišćeni u istraživanju: a) CanoScan LIDE 210, b) Epson V370Perfection i c) HP ScanJet G4010	36
Slika 5.4. Digitalna kamera Canon EOS 550D i kit objektiv EF-S 18-55mm f/3.5-5.6 IS (Canon, 2015)	37
Slika 5.5. Izgled Nikon D3200 fotoaparata sa objektivom AF-S DX NIKKOR 18-55mm f/3.5-5.6 G VR	38
Slika 5.6. Izgled kompaktnog fotoaparata Nikon Coolpix S2600 (Nikon, 2017b)	39
Slika 5.7. Prikaz mobilnih telefona korišćenih u istraživanju: Samsung Galaxy 5, Nokia Lumia 630 i Apple iPhone 5 (Phonearena, 2017)	41
Slika 5.8. Razlika između FI i BSI CMOS senzora	41
Slika 5.9. Izgled spektrofotometra a) Eye One Pro i b) Eye One Pro 2	42
Slika 5.10. Površinska neuniformnost: a) linije i b) mrlje	44
Slika 5.11. Rezultati pilot eksperimenta: a) prvi set uzoraka (amplituda linija), b) drugi set uzoraka (amplituda mrlja) i c) treći set uzoraka (veličina mrlje)	45
Slika 5.12. Uzorci na kojima je variran intenzitet linija – PRVI SET	49
Slika 5.13. Uzorci na kojima je variran intenzitet mrlja – DRUGI SET	49
Slika 5.14. Uzorci na kojima je varirana veličina mrlja – TREĆI SET	50
Slika 5.15. Stalak: a) šematski prikaz i b) njegov izgled (Tomić, 2016)	51
Slika 5.16. Relativne spektralne snage izvora svetla simulatora standardnog osvetljenja D65 zajedno sa raspodelama snage pripadajućih iluminanata (Tomić, 2016)	52
Slika 5.17. Postavka za digitalizaciju uzoraka fotoaparatom i mobilnim telefonom	53
Slika 5.18. Provera uniformnosti osvetljavanja uzorka prilikom digitalizacije. Prikaz pozicije kontrolnih tačaka u softveru Adobe Photoshop (alat Eyedropper)	53
Slika 5.19. Pozicija isecanja uzoraka nakon digitalizacije	55
Slika 5.20. Delovi psihofizičkog eksperimenta	57
Slika 5.21. Postavka za eksperiment 2. Sto za procenu probnih otisaka Mega Normlicht 98 sa standardnim osvetljenjem D50	57
Slika 5.22. Kontrola lampe prema standardu ISO 3664:2009, P1 uslov	58
Slika 5.23. Pozicija uzoraka prilikom vizuelne evaluacije površinske neuniformnosti	59
Slika 5.24. Generisanje GLCM matrice. Originalna slika sa vrednostima piksela (levo) i GLCM matrica koja sadrži broj ponavljanja kombinacije dva susedna piksela (desno).	60
Slika 5.25. Prostorni odnosi piksela, gde d predstavlja rastojanje od referentnog piksela	61

Slika 5.26. Jednostavan primer sa 4x4 piksela i njihov odgovarajući nivo sive	62
Slika 5.27. Površina za računanje zrnčavosti i motlinga prema standardu ISO13660 (ISO, 2001)	65
Slika 5.28. Primer računanja GLCM parametara za jedan uzorak. Test polje je podeljeno na 100 delova unutar kojih se izračunava vrednost GLCM parametara za sva četiri pravca.	67
Slika 6.1. Izgled uzoraka: a) V3, b) V9 i c) V19 trećeg seta sa histogramima. Uzorci digitalizovani digitalnim fotoaparatom Canon EOS D550, izvor svetla D50.	84
Slika 6.2. Treći set uzoraka podeljen po grupama na osnovu MDS analize	111
Slika 7.1. MDS analiza trećeg seta uzoraka. Izdvojene dve grupe uzoraka: motling (levo) i zrnčavost (desno)	117
Slika 9.1. Rešenje sistema za široku primenu u procesima štampe za digitalizaciju uzoraka pomoću mobilnog telefona	129
Slika 9.2. Prenosiva kutija za merenje površinske (ne)uniformnosti pomoću mobilnog telefona	129

Spisak grafika:

Grafik 5.1. Grafički prikaz promene amplitude (A) linija za prvi set uzoraka	47
Grafik 5.2. Grafički prikaz promene amplitude (A) mrlja za drugi set uzoraka	47
Grafik 5.3. Grafički prikaz promene veličine (p_{min}) mrlja za treći set uzoraka	48
Grafik 6.1. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: CanoScan Lide 210	71
Grafik 6.2. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Epson V370 Perfection	71
Grafik 6.3. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: HP ScanJet G4010	72
Grafik 6.4. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Canon EOS D550	72
Grafik 6.5. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Nikon D3200	73
Grafik 6.6. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Nikon Coolpix S2600	73
Grafik 6.7. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Samsung Galaxy J5	74
Grafik 6.8. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Nokia Lumia 630	74

Grafik 6.9. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: iPhone 5	75
Grafik 6.10. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: CanoScan Lide 210	75
Grafik 6.11. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Epson V370 Perfection	76
Grafik 6.12. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: HP ScanJet G4010	76
Grafik 6.13. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Canon EOS D550	77
Grafik 6.14. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Nikon D3200	77
Grafik 6.15. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Nikon Coolpix S2600	78
Grafik 6.16. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Samsung Galaxy J5	78
Grafik 6.17. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Nokia Lumia 630	79
Grafik 6.18. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: iPhone 5	79
Grafik 6.19. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: CanoScan Lide 210	80
Grafik 6.20. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Epson V370 Perfection	80
Grafik 6.21. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: HP ScanJet G4010	81
Grafik 6.22. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Canon EOS D550	81
Grafik 6.23. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Nikon D3200	82
Grafik 6.24. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Nikon Coolpix S2600	82
Grafik 6.25. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Samsung Galaxy J5	83
Grafik 6.26. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Nokia Lumia 630	83

Grafik 6.27. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: iPhone 5	84
Grafik 6.28. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: CanoScan Lide 210	85
Grafik 6.29. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Epson V370 Perfection	85
Grafik 6.30. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: HP ScanJet G4010	86
Grafik 6.31. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Canon EOS D550	86
Grafik 6.32. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Nikon D3200	87
Grafik 6.33. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Nikon Coolpix S2600	87
Grafik 6.34. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Samsung Galaxy J5	87
Grafik 6.35. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Nokia Lumia 630	88
Grafik 6.36. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: iPhone 5	88
Grafik 6.37. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: CanoScan Lide 210	89
Grafik 6.38. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Epson V 370 Perfection	89
Grafik 6.39. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: HP ScanJet G4010	89
Grafik 6.40. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Canon EOS D550	90
Grafik 6.41. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Nikon D3200	90
Grafik 6.42. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Nikon Coolpix S2600	90
Grafik 6.43. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Samsung Galaxy J5	91
Grafik 6.44. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Nokia Lumia 630	91

Grafik 6.45. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: iPhone 5	91
Grafik 6.46. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: CanoScan Lide 210	92
Grafik 6.47. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Epson V370 Perfection	92
Grafik 6.48. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: HP ScanJet G4010	93
Grafik 6.49. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Canon EOS D550	93
Grafik 6.50. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Nikon D3200	93
Grafik 6.51. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Nikon Coolpix S2600	94
Grafik 6.52. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Samsung Galaxy J5	94
Grafik 6.53. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Nokia Lumia 630	94
Grafik 6.54. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: iPhone 5	95
Grafik 6.55. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem Integralne metode: a) Osnovni metod i b) Napredni metod. Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: CanoScan Lide 210	96
Grafik 6.56. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem Integralne metode: a) Osnovni metod i b) Napredni metod. Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Epson V370 Perfection	96
Grafik 6.57. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem Integralne metode: a) Osnovni metod i b) Napredni metod. Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: HP ScanJet G4010	96
Grafik 6.58. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem Integralne metode: a) Osnovni metod i b) Napredni metod. Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Nikon D3200	97
Grafik 6.59. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem Integralne metode: a) Osnovni metod i b) Napredni metod. Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Nikon Coolpix S2600	97
Grafik 6.60. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem Integralne metode: a) Osnovni metod i b) Napredni metod. Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: CanoScan Lide 210	97

Grafik 6.61. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem Integralne metode: a) Osnovni metod i b) Napredni metod. Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Epson V370 Perfection	98
Grafik 6.62. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem Integralne metode: a) Osnovni metod i b) Napredni metod. Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: HP ScanJet G4010	98
Grafik 6.63. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem Integralne metode: a) Osnovni metod i b) Napredni metod. Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Nikon D3200	98
Grafik 6.64. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem Integralne metode: a) Osnovni metod i b) Napredni metod. Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Nikon Coolpix S2600	99
Grafik 6.65. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem Integralne metode: a) Osnovni metod i b) Napredni metod. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: CanoScan Lide 210	99
Grafik 6.66. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem Integralne metode: a) Osnovni metod i b) Napredni metod. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Epson V370 Perfection	99
Grafik 6.67. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem Integralne metode: a) Osnovni metod i b) Napredni metod. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: HP ScanJet G4010	100
Grafik 6.68. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem Integralne metode: a) Osnovni metod i b) Napredni metod. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Nikon D3200	100
Grafik 6.69. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem Integralne metode: a) Osnovni metod i b) Napredni metod. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Nikon Coolpix S2600	100
Grafik 6.70. Rezultati površinske neuniformnosti izmerene pomoću M-Score metode za prvi set uzoraka, 0 – loš otisak, 100 – dobar otisak	104
Grafik 6.71. Rezultati površinske neuniformnosti izmerene pomoću M-Score metode za drugi set uzoraka, 0 – loš otisak, 100 – dobar otisak	105
Grafik 6.72. Rezultati površinske neuniformnosti izmerene pomoću M-Score metode za treći set uzoraka, 0 – loš otisak, 100 – dobar otisak	105
Grafik 6.73. Distribucija uzoraka u prostoru MDS-a sa dve zadate dimenzije za prvi set uzoraka	107
Grafik 6.74. Uzorci prvog seta pozicionirani po jednoj dimenziji (Dimenzija 1 neuniformnost)	107
Grafik 6.75. Distribucija uzoraka u prostoru MDS-a sa dve zadate dimenzije za drugi set uzoraka	108
Grafik 6.76. Uzorci drugog seta pozicionirani po jednoj dimenziji (Dimenzija 1 neuniformnost)	108
Grafik 6.77. Distribucija uzoraka u prostoru MDS-a sa dve zadate dimenzije za treći set uzoraka	109

Grafik 6.78. Uzorci trećeg seta pozicionirani po jednoj dimenziji (Dimenzija 1 – neuniformnost)	109
Grafik 6.79. Distribucija uzoraka u prostoru MDS-a sa dve zadate dimenzije. Izdvojena prva grupa (V0 - V8) u trećem setu uzoraka.	110
Grafik 6.80. Uzorci prve grupe (V0 – V8) trećeg seta pozicionirani po jednoj dimenziji (Dimenzija 1 – neuniformnost)	110
Grafik 6.81. Distribucija uzoraka u prostoru MDS-a sa dve zadate dimenzije. Izdvojena druga grupa (V9 – V21) u trećem setu uzoraka.	110
Grafik 6.82. Uzorci druge grupe (V9 – V21) trećeg seta pozicionirani po jednoj dimenziji (Dimenzija 1 – neuniformnost)	111
Grafik 6.83. Odnos parova sa različitim korakom razlike između njih i srednje vrednosti ocena tih parova za PRVI SET uzoraka. Ocene ispitanika: 1 – najmanja uočena razlika, 5 – najveća uočena razlika	112
Grafik 6.84. Odnos parova sa različitim korakom razlike između njih i srednje vrednosti ocena tih parova za DRUGI SET uzoraka. Ocene ispitanika: 1 – najmanja uočena razlika, 5 – najveća uočena razlika	113
Grafik 6.85. Odnos parova sa različitim korakom razlike između njih i srednje vrednosti ocena tih parova za TREĆI SET uzoraka. Ocene ispitanika: 1 – najmanja uočena razlika, 5 – najveća uočena razlika	113
Grafik 6.86. Odnos parova sa različitim korakom razlike između njih i srednje vrednosti ocena tih parova za TREĆI SET uzoraka – PRVA GRUPA, uzorci V0 – V8. Ocene ispitanika: 1 – najmanja uočena razlika, 5 – najveća uočena razlika	114
Grafik 6.87. Odnos parova sa različitim korakom razlike između njih i srednje vrednosti ocena tih parova za TREĆI SET uzoraka – DRUGA GRUPA, uzorci V9 – V21. Ocene ispitanika: 1 – najmanja uočena razlika, 5 – najveća uočena razlika	114
Grafik 7.1. Uzorci prvog seta pozicionirani po jednoj dimenziji (neuniformnost) na osnovu MDS analize	116
Grafik 7.2. Uzorci drugog seta pozicionirani po jednoj dimenziji (neuniformnost) na osnovu MDS analize	117
Grafik 7.3. Odnos parova sa različitim korakom razlike između njih i srednje vrednosti ocena tih parova za prvu grupu uzoraka iz trećeg seta (uzorci V0 – V4). Ocene ispitanika: 1 – najmanja uočena razlika, 5 – najveća uočena razlika	121
Grafik 7.4. Odnos parova sa različitim korakom razlike između njih i srednje vrednosti ocena tih parova za drugu grupu uzoraka iz trećeg seta (uzorci V5 – V20). Ocene ispitanika: 1 – najmanja uočena razlika, 5 – najveća uočena razlika	121
Grafik 7.5. Srednja vrednost GLCM Entropije za parove uzorka od V0 do V4	122
Grafik 7.6. Srednja vrednost M-Score za parove uzorka od V0 do V4	122

Spisak tabela:

Tabela 2.1. Atributi kvaliteta prema standardima ISO 13660 i 24790 (ISO, 2001)	7
Tabela 2.2. Prednosti i mane scanner-based i camera-based sistema za kontrolu kvaliteta pomoću metode analize slike	9
Tabela 2.3. Uporedni prikaz dva tipa senzora koji se nalaze u digitalnim fotoaparatom	14
Tabela 2.4. Pregled veličine polja za analizu površinske neuniformnosti	25
Tabela 5.1. Karakteristike mašine za štampu: Epson Stylus Pro 7800 (Epson, 2003)	35
Tabela 5.2. Karakteristike skenera korišćenih u istraživanju: CanoScan LIDE 210 (Cnet, 2017a), Epson V370 Perfection (Cnet, 2017b) i HP ScanJet G4010 (HP, 2015)	36
Tabela 5.3. Karakteristike digitalne kamere Canon EOS 550D (Canon, 2015)	37
Tabela 5.4. Karakteristike digitalne kamere Nikon D3200 (Nikon, 2017a)	38
Tabela 5.5. Karakteristike digitalne kamere Nikon D3200 (Nikon, 2017b)	39
Tabela 5.6. Karakteristike mobilnih telefona: Samsung Galaxy J5, Nokia Lumia 630 i Apple iPhone 5 (Phonearena, 2017)	40
Tabela 5.7. Tehničke karakteristike spektrofotometra Eye One Pro (X-Rite, 2007) i Eye One Pro 2 (X-Rite, 2017)	42
Tabela 5.8. Osobine papire date od proizvođača – Europapier (Europapier, 2017)	43
Tabela 5.9. Pregled funkcija i parametara korišćenih za generisanje uzoraka pomoću dodatka za MATLAB Macro Uniformity Toolbox	47
Tabela 5.10. Vrednosti otvora i brzine zatvaranja blende i ISO vrednost za uređaje korišćene u eksperimentu	55
Tabela 5.11. Veličina polja nakon digitalizacije u zavisnosti od ulaznog uređaja	56
Tabela 5.12. Preporučene vrednosti za uslov P1 prema standardu ISO 3664:2009 (ISO, 2009)	58
Tabela 5.13. Kombinacija nivoa sive i njihova pozicija u okvirnoj matrici	62
Tabela 5.14. Horizontalna okvirna matrica za $d = 1$, $\Theta = 0^\circ$	62
Tabela 5.15. Operacija potrebna za postizanje simetrične matrice – sabiranje originalne i transponovane matrice	62
Tabela 5.16. Referentne M-Score vrednosti (Kraushaar, 2011)	68
Tabela 6.1. Rezultati statističke procene uticaja formata snimanja na vrednost površinske neuniformnosti. Pearson-ov koeficijent korelacije između različitih formata snimanja uzorka za sve metode merenja površinske neuniformnosti (PRVI SET uzoraka, digitalni fotoaparat: Canon EOS D550)	102

Tabela 7.1. Koeficijent determinacije R2 za prvi set uzoraka između ocena ispitanika i svih parametara merenja površinske neuniformnosti	119
Tabela 7.2. Koeficijent determinacije R2 za prvi set uzoraka između ocena ispitanika i M-Score vrednosti za obe formule razlike boja (ΔE_{76} i ΔE_{00})	119
Tabela 7.3. Koeficijent determinacije R2 za drugi set uzoraka, između ocena ispitanika i svih parametara merenja površinske neuniformnosti	120
Tabela 7.4. Koeficijent determinacije R2 za drugi set uzoraka, između ocena ispitanika i M-Score vrednosti za obe formule razlike boja (ΔE_{76} i ΔE_{00})	120
Tabela 7.5. Koeficijent determinacije R2 za treći set uzoraka (V0 – V4), između ocena ispitanika i svih parametara merenja površinske neuniformnosti	122
Tabela 7.6. Koeficijent determinacije R2 za treći set uzoraka (V0 – V4), između ocena ispitanika i M-Score vrednosti za obe formule razlike boja (ΔE_{76} i ΔE_{00})	123
Tabela 7.7. Koeficijent determinacije R2 za treći set uzoraka (V5 – V20), između ocena ispitanika i svih parametara merenja površinske neuniformnosti	123
Tabela 7.8. Koeficijent determinacije R2 za treći set uzoraka (V5 – V20), između ocena ispitanika i M-Score vrednosti za obe formule razlike boja (ΔE_{76} i ΔE_{00})	123

Spisak priloga:

Prilog P1 - Matlab kod za merenje površinske neuniformnosti koristeći tri metode: GLCM, ISO i Integralni metod	139
Prilog P2	
Integralni metod – funkcija intModel.m preuzeta iz rada (Weingerl, 2014)	142
Napredni Integralni metod – funkcija newIntModel.m preuzeta iz rada (Weingerl, 2014)	143
Funkcije osetljivosti kontrasta CSF - funkcija wCSF.m preuzeta iz rada (Weingerl, 2014)	145
Prilog P3 - Rezultati merenja površinske neuniformnosti	146
Tabela P3.1. PRVI SET uzoraka – GLCM metoda	146
Tabela P3.2. PRVI SET uzoraka – ISO metoda	148
Tabela P3.3. PRVI SET uzoraka – Integralna metoda	151
Tabela P3.4. DRUGI SET uzoraka – GLCM metoda	152
Tabela P3.5. DRUGI SET uzoraka – ISO metoda	155
Tabela P3.6. DRUGI SET uzoraka – Integralna metoda	158
Tabela P3.7. TREĆI SET uzoraka – GLCM metoda	160
Tabela P3.8. TREĆI SET uzoraka – ISO metoda	165

Tabela P3.9. TREĆI SET uzoraka – Integralna metoda	170
PRILOG P4 - Rezultati statističke procene uticajnih parametara na vrednost površinske neuniformnosti	173
Tabela P4.1. Rezultati statističke procene uticaja rezolucije na vrednost površinske neuniformnosti. Pearson-ov koeficijent korelacije između različitih rezolucija skeniranja (300, 600 i 1200 spi) za sve metode merenja površinske neuniformnosti (PRVI SET uzoraka, skener: CanoScan LIDE 210)	173
Tabela P4.2. Rezultati statističke procene uticaja rezolucije na vrednost površinske neuniformnosti. Pearson-ov koeficijent korelacije između različitih rezolucija skeniranja (300, 600 i 1200 spi) za sve metode merenja površinske neuniformnosti (DRUGI SET uzoraka, skener: CanoScan LIDE 210)	173
Tabela P4.3. Rezultati statističke procene uticaja rezolucije na vrednost površinske neuniformnosti. Pearson-ov koeficijent korelacije između različitih rezolucija skeniranja (300, 600 i 1200 spi) za sve metode merenja površinske neuniformnosti (TREĆI SET uzoraka, skener: CanoScan LIDE 210)	173
Tabela P4.4. Rezultati statističke procene uticaja rezolucije na vrednost površinske neuniformnosti. Pearson-ov koeficijent korelacije između različitih rezolucija skeniranja (300, 600 i 1200 spi) za sve metode merenja površinske neuniformnosti (PRVI SET uzoraka, skener: Epson V370 Perfection)	175
Tabela P4.5. Rezultati statističke procene uticaja rezolucije na vrednost površinske neuniformnosti. Pearson-ov koeficijent korelacije između različitih rezolucija skeniranja (300, 600 i 1200 spi) za sve metode merenja površinske neuniformnosti (DRUGI SET uzoraka, skener: Epson V370 Perfection)	175
Tabela P4.6. Rezultati statističke procene uticaja rezolucije na vrednost površinske neuniformnosti. Pearson-ov koeficijent korelacije između različitih rezolucija skeniranja (300, 600 i 1200 spi) za sve metode merenja površinske neuniformnosti (TREĆI SET uzoraka, skener: Epson V370 Perfection)	175
Tabela P4.7. Rezultati statističke procene uticaja rezolucije na vrednost površinske neuniformnosti. Pearson-ov koeficijent korelacije između različitih rezolucija skeniranja (300, 600 i 1200 spi) za sve metode merenja površinske neuniformnosti (PRVI SET uzoraka, skener: HP ScanJet G4010)	175
Tabela P4.8. Rezultati statističke procene uticaja rezolucije na vrednost površinske neuniformnosti. Pearson-ov koeficijent korelacije između različitih rezolucija skeniranja (300, 600 i 1200 spi) za sve metode merenja površinske neuniformnosti (DRUGI SET uzoraka, skener: HP ScanJet G4010)	175
Tabela P4.9. Rezultati statističke procene uticaja rezolucije na vrednost površinske neuniformnosti. Pearson-ov koeficijent korelacije između različitih rezolucija skeniranja (300, 600 i 1200 spi) za sve metode merenja površinske neuniformnosti (TREĆI SET uzoraka, skener: HP ScanJet G4010)	176

Tabela P4.10. Rezultati statističke procene uticaja različitog skenera na vrednost površinske neuniformnosti. Pearson-ov koeficijent korelacije između različitih skenera za digitalizaciju uzoraka za sve metode merenja površinske neuniformnosti	176
Tabela P4.11. Pearson koeficijent korelacije između različitih osvetljenja prilikom uzorkovanja za sve metode merenja površinske neuniformnosti (PRVI SET uzoraka, digitalni fotoaparati: Canon EOS D550)	178
Tabela P4.12. Pearson koeficijent korelacije između različitih osvetljenja prilikom uzorkovanja za sve metode merenja površinske neuniformnosti (DRUGI SET uzoraka, digitalni fotoaparati: Canon EOS D550)	178
Tabela P4.13. Pearson koeficijent korelacije između različitih osvetljenja prilikom uzorkovanja za sve metode merenja površinske neuniformnosti (TREĆI SET uzoraka, digitalni fotoaparati: Canon EOS D550)	178
Tabela P4.14. Pearson koeficijent korelacije između različitih osvetljenja prilikom uzorkovanja za sve metode merenja površinske neuniformnosti (PRVI SET uzoraka, digitalni fotoaparati: Nikon D3200)	178
Tabela P4.15. Pearson koeficijent korelacije između različitih osvetljenja prilikom uzorkovanja za sve metode merenja površinske neuniformnosti (DRUGI SET uzoraka, digitalni fotoaparati: Nikon D3200)	178
Tabela P4.16. Pearson koeficijent korelacije između različitih osvetljenja prilikom uzorkovanja za sve metode merenja površinske neuniformnosti (TREĆI SET uzoraka, digitalni fotoaparati: Nikon D3200)	179
Tabela P4.17. Pearson koeficijent korelacije između različitih osvetljenja prilikom uzorkovanja za sve metode merenja površinske neuniformnosti (PRVI SET uzoraka, digitalni fotoaparati: Nikon Coolpix S2600)	179
Tabela P4.18. Pearson koeficijent korelacije između različitih osvetljenja prilikom uzorkovanja za sve metode merenja površinske neuniformnosti (DRUGI SET uzoraka, digitalni fotoaparati: Nikon Coolpix S2600)	179
Tabela P4.19. Pearson koeficijent korelacije između različitih osvetljenja prilikom uzorkovanja za sve metode merenja površinske neuniformnosti (TREĆI SET uzoraka, digitalni fotoaparati: Nikon Coolpix S2600)	179
Tabela P4.20. Pearson koeficijent korelacije između različitih digitalnih fotoaparata za digitalizaciju uzoraka za sve metode merenja površinske neuniformnosti	179
Tabela P4.21. Pearson koeficijent korelacije između različitih osvetljenja prilikom uzorkovanja za sve metode merenja površinske neuniformnosti (PRVI SET uzoraka, mobilni telefon: Samsung Galaxy J5)	181
Tabela P4.22. Pearson koeficijent korelacije između različitih osvetljenja prilikom uzorkovanja za sve metode merenja površinske neuniformnosti (DRUGI SET uzoraka, digitalni fotoaparati: Samsung Galaxy J5)	181

Tabela P4.23. Pearson koeficijent korelacije između različitih osvetljenja prilikom uzorkovanja za sve metode merenja površinske neuniformnosti (TREĆI SET uzoraka, digitalni fotoaparati: Samsung Galaxy J5)	181
Tabela P4.24. Pearson koeficijent korelacije između različitih osvetljenja prilikom uzorkovanja za sve metode merenja površinske neuniformnosti (PRVI SET uzoraka, mobilni telefon: Nokia Lumia 630)	181
Tabela P4.25. Pearson koeficijent korelacije između različitih osvetljenja prilikom uzorkovanja za sve metode merenja površinske neuniformnosti (DRUGI SET uzoraka, digitalni fotoaparati: Nokia Lumia 630)	181
Tabela P4.26. Pearson koeficijent korelacije između različitih osvetljenja prilikom uzorkovanja za sve metode merenja površinske neuniformnosti (TREĆI SET uzoraka, digitalni fotoaparati: Nokia Lumia 630)	182
Tabela P4.27. Pearson koeficijent korelacije između različitih osvetljenja prilikom uzorkovanja za sve metode merenja površinske neuniformnosti (PRVI SET uzoraka, mobilni telefon: iPhone 5)	182
Tabela P4.28. Pearson koeficijent korelacije između različitih osvetljenja prilikom uzorkovanja za sve metode merenja površinske neuniformnosti (DRUGI SET uzoraka, digitalni fotoaparati: iPhone 5)	182
Tabela P4.29. Pearson koeficijent korelacije između različitih osvetljenja prilikom uzorkovanja za sve metode merenja površinske neuniformnosti (TREĆI SET uzoraka, digitalni fotoaparati: iPhone 5)	182
Tabela P4.30. Pearson koeficijent korelacije između različitih mobilnih telefona za digitalizaciju uzoraka za sve metode merenja površinske neuniformnosti	182
PRILOG P5 - Matrice distanci za MDS analizu rezultata vizuelnog testa	184
Prilog P6 - Rezultati vizuelnog testa	186
Prilog P7 - Programske aplikacije za izračunavanje površinske neuniformnosti pomoću M-Score metode	197

Spisak skraćenica:

CCD - Charge Coupled Device

CIS - Contact Image Sensor

CMOS - Complementary Metal Oxide Semiconductor

FT - Fourier transformation - Furijerova transformacija

FWA - Fluorescent whitening agents - Fluorescentna sredstva za izbeljivanje

GLCM - Gray Level Co-occurrence Matrix

HDR - High Dynamic Range – Veliki dinamički opseg

ISO - International Standards Organization

IOA - Image Quality Analysis

LED - Light Emitting Diode – Diode koje emituju svetlo

MAS - Metoda analize slike

MDS - Multidimenzionalno skaliranje

NIP - Non Impact Printing Technology - Štampa bez ili sa malim pritiskom

OBA - Optical brightening agent

OCR - Optical character recognition

PSNR - Peak Signal to Noise Ratio

RGB - Red, Green, Blue

RN - Random noise

RS - Random Streaking

TCF - Totally chlorine-free

UCA - Uncovered area - Nepokrivena površina

WT - Wavelet transform - Transformacije talasa

Sadržaj:

Predgovor	i
Rezime	iii
Abstract	v
Spisak slika	vi
Spisak grafika	viii
Spisak tabela	xiv
Spisak priloga.....	xv
Spisak skraćenica	xix
1. Uvod	1
1.1. Obrazloženje teme i okvira istraživanja	2
1.2. Pregled sadržaja disertacije	3
2. Aktuelno stanje u oblasti istraživanja	4
2.1. Kvalitet digitalno štampanih otisaka.....	4
2.2. Objektivna analiza kvaliteta štampanih otisaka.....	5
2.2.1. Standardi za analizu digitalno štampanih otisaka.....	6
2.2.2. Metoda analize slike.....	7
2.2.3. Uređaji za digitalizaciju.....	10
2.2.3.1. Skeneri.....	10
2.2.3.2. Digitalni fotoaparati	12
2.2.3.3. Mobilni telefoni.....	14
2.3. Površinska (ne)uniformnost	15
2.3.1. Uzroci površinske neuniformnosti u štampi	18
2.3.1.1. Uticaj podloge na pojavu površinske neuniformnosti na digitalnom otisku.....	18
2.3.1.2. Uticaj boje na pojavu površinske neuniformnosti na digitalnom otisku.....	19
2.3.1.3. Uticaj štamparske mašine na pojavu površinske neuniformnosti na digitalnom otisku.....	19
2.3.1.4. Uticaj izvora svetla na percepciju površinske neuniformnosti na digitalnom otisku.....	20
2.3.1.5. Uticajni parametri na pojavu površinske neuniformnosti u ofset tehnici štampe.....	20
2.3.2. Metode za kvantifikaciju i analizu površinske (ne)uniformnosti.....	21

2.3.3. Veličina polja za analizu površinske (ne)uniformnosti	25
2.4. Subjektivna analiza površinske (ne)uniformnosti štampanih otisaka	27
2.4.1. Psihofizički eksperimenti	28
3. Problem, predmet i cilj istraživanja	30
4. Hipoteze istraživanja.....	31
5. Metodologija istraživanja	32
5.1. Plan i faze istraživanja	32
5.2. Definisane nepromenljivih i varijabilnih parametara istraživanja.....	34
5.3. Priprema istraživanja	35
5.3.1. Objektivna analiza / Eksperiment 1.....	35
5.3.1.1. Uređaji, materijali i programski alati korišćeni u istraživanju	35
5.3.1.2. Generisanje uzoraka	44
5.3.1.3. Procedura digitalizacije uzoraka	50
5.3.2. Subjektivna analiza – vizuelna evaluacija uzoraka / Eksperiment 2	56
5.4. Metode analize površinske (ne)uniformnosti.....	60
5.4.1. GLCM metoda	60
5.4.1.1. GLCM parametri za analizu površinske (ne)uniformnosti.....	63
5.4.2. ISO 13660 metoda	64
5.4.3. Integralni metod	65
5.4.4. Primena metoda na bazi analize slike za računanje površinske (ne)uniformnosti	67
5.4.5. M-Score metoda.....	68
5.4.6. Primena M-Score metode u ovom istraživanju	69
6. Rezultati istraživanja	70
6.1. Rezultati objektivne analize.....	70
6.1.1. Rezultati GLCM metode za merenje površinske neuniformnosti	70
6.1.2. Rezultati ISO metode za merenje površinske neuniformnosti.....	84
6.1.3. Rezultati Integralne metode za merenje površinske neuniformnosti.....	95
6.1.4. Rezultati procene uticajnih parametara na merenje površinske neuniformnosti	100
6.1.5. Rezultati M-Score metode.....	104
6.2. Rezultati vizuelne procene površinske neuniformnosti otisaka.....	106
6.2.1. Rezultati MDS analize	106
6.2.1.1. Rezultati MDS analize za prvi set uzoraka	106
6.2.1.2. Rezultati MDS analize za drugi set uzoraka	107
6.2.1.3. Rezultati MDS analize za treći set uzoraka	108
6.2.2. Rezultati vizuelnog testa	112

7. Diskusija rezultata.....	115
7.1. Diskusija rezultata Eksperimenta 1.....	115
7.2. Diskusija rezultata Eksperimenta 2.....	116
7.3. Diskusija rezultata površinske neuniformnosti.....	118
8. Zaključak.....	124
9. Naučni doprinos istraživanja i mogućnost primene u praksi	128
10. Literatura	130
11. Prilozi	139
12. Biografija sa bibliografijom.....	198

1. Uvod

„Mottle is a tricky thing to measure.“

Dan Rene Rasmussen

U grafičkoj industriji, štampani otisak je do sada analiziran na nekoliko načina. Prvo je analiziran denzitometrijski, gde se na osnovu optičke gustine proveravao nanos boje i time je karakterisan kvalitet. Nakon toga uvedena je kolorimetrijska analiza u kojoj se na osnovu tristimulusnih vrednosti (najčešće $L^*a^*b^*$) donosio zaključak o kvalitetu reprodukovane boje. Kasnije je kontrola proširena na spektrofotometriju, gde je na osnovu spektralnih podataka analiziran otisak. Danas je ovo područje grafičke industrije prošireno jer je zaključeno da nije dovoljno samo na osnovu analize boje zaključiti da li je otisak dobro ili loše odštampan. Pored boje, potrebno je analizirati i ostale elemente na otisku kao što su linije, tačke ili veća polja, što nije moguće učiniti spomenutim metodama. Razvijena je nova metoda (analize slike) koja se koristi za evaluaciju otisaka i koja omogućava da se, pored boje, izmere i ostali atributi kvaliteta.

Bez sumnje postoje određeni atributi koji utiču na percepciju kvaliteta štampanih otisaka. Kvalitet štampe ima različito značenje za različite ljude. Hunt (Hunt, 1987, str. 23) i Klamann (Klamann, 2002, str. 25) su potvrdili da sledeći parametri u velikoj meri utiču na percepciju kvaliteta digitalnih otisaka:

- **površinska (ne)uniformnost,**
- opseg boja,
- pomeraj boje (*engl. color shift*) i
- oštrina.

Engström i Rigadhl su u svom radu (1992) zaključili da je površinska neuniformnost jedna od grešaka koja najviše ometa kvalitet štampe i stoga je u ovoj tezi detaljno ispitan samo ovaj atribut. Engström i Rigadhl su dalje obrazložili koliko je bitno da se površinska neuniformnost smanji ili potpuno ukloni.

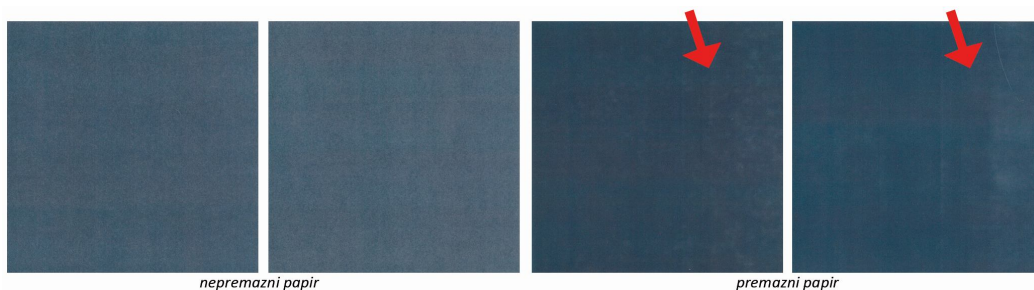
U dosadašnjim istraživanjima date su različite definicije površinske neuniformnosti, a za nas su bitne sledeće:

- Površinska neuniformnost je varijacija optičke gustine koja se manifestuje kao umrljana (*engl. blotched*) površina (Engström i Rigadhl, 1992).

- Površinska neuniformnost je flekav (*engl. spotty*) i zamućen (*engl. cloudy*) izgled boje na podlozi. Neujednačena apsorpcija boje na papiru dovodi do neujednačenog izgleda otiska (Kiphann, 2001).
- Samo ime, površinska neuniformnost, ukazuje da su to "mrlje" (*engl. blotches*) ili neželjeni oblici na otisku gde se očekuje homogena površina (Christoffersson, 2004).
- Površinska neuniformnost je isto što i lateralna neujednačenost optičke gustine (Petersson 2005).
- Fahlcrantz (2005) je definisao površinsku neuniformnost kao percipiranu nehomogenost u štampi usled varijacija u svetlini na štampanom otisku kada se on posmatra pod homogenim osvetljenjem.

Iz svih nabrojanih definicija dolazi se do zaključka da se površinska neuniformnost može definisati kao *neželjena varijacija optičke gustine (reflektovane svetlosti) na otisku, na mestu gde se očekuje homogena površina*. U suštini, neuniformnost odražava odstupanje kojem se ne teži na otisku jer je cilj dobijanje uniformnog otiska. Neuniformnost izražava meru odstupanja od uniformnog otiska.

Na slici 1.1 je dat primer površina koje nisu uniformne (ujednačene, homogene). Ovi otisci su štampani digitalnom tehnikom (elektrofotografijom) i na njima se može primetiti razlika koja se javila usled korišćenja različite podloge za štampu. Prva dva uzorka imaju neuniformnost u vidu šuma (nasumična, periodična varijacija) po celoj površini, dok druga dva uzorka takođe nemaju uniformnu površinu, ali kod njih se „mrlje“ javljaju mestimično po površini (obeleženo crvenom strelicom).



Slika 1.1. Primeri neuniformnog otiska na različitim podlogama (nepremaznim i premaznim papirima)

1.1. Obrazloženje teme i okvira disertacije

Pregled i analiza prethodnih istraživanja koja definišu metode za kontrolu površinske (ne)uniformnosti ukazuju na aktuelnost odabrane teme i potrebu za unapređenjem metoda i njihovom implementacijom. Od svih razvijenih metoda, samo jedna ima definisane kategorije kvaliteta za parametar *M-Score* koji se koristi za kvantifikaciju (ne)uniformnosti. Ostali parametri koji se dobijaju u okviru drugih metoda nemaju definisane granične vrednosti na osnovu kojih može da se odredi nivo kvaliteta. Koristeći te metode, izmerena vrednost ne može da ukaže na to da li je otisak zadovoljavajućeg, lošeg ili neprihvatljivog kvaliteta.

Prikazana i analizirana lista radova u delu *Literatura* predstavlja potvrdu podobnosti odabrane teme. Standardizacija reprodukovane boje na otisku (ISO standardi) postoji već dugi niz godina i

dalje se usavršava. Pored boje, mnogi drugi atributi kvaliteta kao što je površinska (ne)uniformnost, odnedavno su u fokusu proširenja standardizacije kontrole kvaliteta otiska, naročito u segmentu digitalne štampe.

1.2. Pregled sadržaja disertacije

U ovom delu dat je pregled sadržaja disertacije. Disertacija se može podeliti na dva osnovna dela, gde je u prvom delu data **teorijska osnova** problematike istraživanja i prikazano je aktuelno stanje izabrane oblasti istraživanja. Drugi deo fokusiran je na samo **istraživanje** koje je definisano kroz problematiku istraživanja, predmet rada i okvirom istraživanja. U drugom delu je opisana metodologija istraživanja i prikazani rezultati istraživanja uz diskusiju i zaključke.

Osnovna problematika istraživanja, kao i predmet rada i okvir istraživanja su predstavljeni u **uvodnom** delu.

Deo Aktuelno stanje u oblasti istraživanja (poglavlje 2) podeljen je u četiri oblasti, pri čemu se u svakoj od njih razmatraju teorijski prilazi ispitivane problematike, sa osvrtom na aktuelne publikacije i trenutna shvatanja u oblasti istraživanja. Prva oblast posvećena je kontroli kvaliteta digitalno štampanih otisaka, gde se u drugoj oblasti detaljnije opisuje objektivna analiza. U trećem delu opisan je atribut kvaliteta koji je u fokusu ovog istraživanja, površinska (ne)uniformnost. Poslednja oblast opisuje vezu između objektivne i subjektivne metode i način na koji se one mogu povezati.

Nakon teorijskih razmatranja i pregleda dosadašnje literature, definisani su **predmet i cilj rada** i postavljene su **hipoteze istraživanja** koje su u nastavku rada eksperimentalno testirane.

Za sprovođenje istraživanje potrebno je dati detaljan opis **Metodologije istraživanja** (poglavlje 5). U poglavlju 5 je predstavljen plan rada i objašnjene su faze istraživanja, definisani su varijabilni i nepromenljivi parametri svakog eksperimenta, opisani korišćeni uređaji i materijali, kao i metode korišćene za merenje površinske (ne)uniformnosti. Srž eksperimentalnog dela su **Rezultati**, koji su predstavljeni u poglavlju 6, dok je njihova **Analiza i diskusija** data u poglavlju 7. Nakon prikaza i diskusije rezultata izvedeni su značajni **Zaključci** (poglavlje 8).

Na samom kraju rada dat je prikaz **naučnog doprinosa istraživanja**, kao i mogućnost **primene predloženog pristupa u praksi** (poglavlje 9).

Zbog svog obima, rezultati istraživanja i relevantni podaci dobijeni u eksperimentalnom delu, koji nisu mogli biti prikazani u radu, dati su u delu **Prilozi** na samom kraju rada ili u elektronskoj formi.

2. Aktuelno stanje u oblasti istraživanja

„Research is to see what everybody else has seen, and to think what nobody else has thought.“

Albert Szent-Gyorgyi

2.1. Kvalitet digitalno štampanih otisaka

U poslednjih nekoliko godina, digitalna štampa je tehnika štampe koja se najbrže razvija i unapređuje. Konstantno se otkrivaju nove mogućnosti ove tehnike, najviše u raznolikosti upotrebe podloga i boja za štampu. Digitalna štampa ne samo da pruža alternativu konvencionalnim tehnikama, već omogućava i aplikacije koje do sada nisu bile moguće.

Digitalna tehnika pruža mogućnost štampe različitih otisaka jedan za drugim, omogućava brze promene, ekonomično štampanje malih kao i velikih tiraža visokog kvaliteta. U digitalnoj štampi otisak se direktno prenosi na podlogu bez ili sa malim pritiskom (*engl. Non Impact Printing Technology, NIP*). Postoji nekoliko različitih digitalnih tehnika za prenos boje na podlogu koje su dobile nazive prema fizičkim i hemijskim postupcima na kojima su zasnovane, a to su: elektrofotografija, jonografija, magnetografija, ink džet, termografija, elektrografija, fotografija i "X" - grafija.

Jedan od najvažnijih interesa za bilo koju tehniku štampe je konzistentan i kvalitetan otisak. Da bi se obezbedio dobar kvalitet ključni deo procesa štampe je kontrola kvaliteta, čime se osigurava zadovoljan korisnik (tj. kupac). Najveći problem digitalne štampe predstavlja kontrola kvaliteta odštampanih otisaka. Za konvencionalne tehnike štampe, kao što je na primer ofset, postoje utemeljeni standardi koji propisuju metode i referentne vrednosti na osnovu kojih možemo da procenimo kvalitet odštampanih otisaka (na primer standard ISO 12647-2:2013 - *Graphic technology - Process control for the production of half-tone colour separations, proof and production prints - Part 2: Offset lithographic processes*). Za digitalne tehnike koje su u konstantom razvoju još uvek nisu u potpunosti definisani standardi za procenu kvaliteta otisaka. Ključni problem je varijabilnost podloga i boja koja se koriste. U poglavlju 2.2 su opisani neki od standarda koji su danas u upotrebi, i predstavljene su njihove mane i nedostaci.

Postoje dva načina da sudimo i procenjujemo kvalitet otiska: objektivno i subjektivno. Objektivna analiza podrazumeva upotrebu mernih uređaja i dobijanja numeričkih vrednosti za opis kvaliteta. Procena kvaliteta otiska pomoću objektivne metode je ključni element za postavljanje i razvoj naprednih ciljeva i održavanje kvalitetnog procesa proizvodnje. Subjektivna evaluacija se sprovodi

od strane posmatrača, i stoga je diktirana karakteristikama ljudskog vizuelnog sistema (*engl. Human Visual System, HVS*).

Kombinacija subjektivne i objektivne analize je najbitnija jer se one međusobno dopunjuju. Odnosno da bi objektivna metoda bila optimalno razvijena i definisana potrebno je koristiti i subjektivnu metodu. Svaki uređaj koji se koristi u kontroli kvaliteta odštampanih otisaka treba da simulira i obradi informaciju isto kao što to radi i ljudski vizuelni sistem. Stoga su nam neophodne informacije dobijene od ljudskih posmatrača.

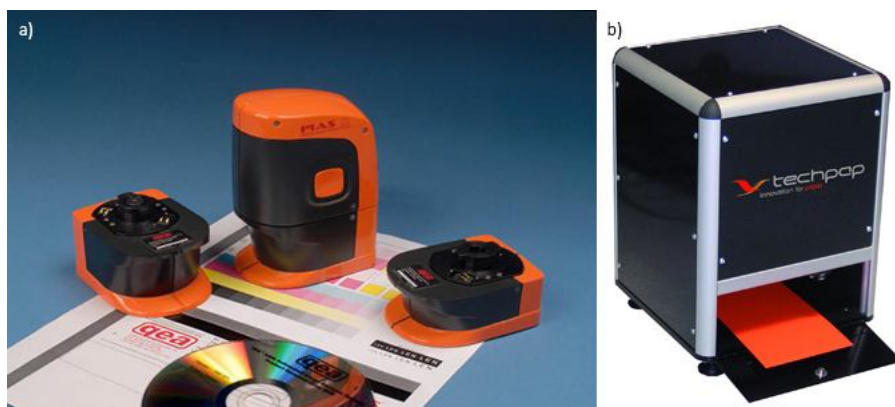
2.2. Objektivna analiza kvaliteta štampanih otisaka

Do sada, kvalitet otiska se procenjivao na osnovu jednog atributa, a to je kvalitet reprodukcije boje na otisku. Za dobijanje informacija o tonu i boji korišćene su sledeće objektivne metode: *denzitometrijska*, *kolorimetrijska* i *spektrofotometrijska* merenja. Merni instrument koji se koristi u klasičnim metodama (npr. kolorimetar) prima informaciju o boji na isti način kao ljudsko oko - prikupljanjem i filtriranjem talasnih dužina svetlosti koja je reflektovana sa objekta. Instrument detektuje reflektovanu svetlost određene talasne dužine kao numeričke vrednosti kojima može da se opiše boja. Međutim, pokazalo se da nije dovoljno samo izmeriti i dobiti informaciju o kvalitetu reprodukovane boje na osnovu koje može da se sudi o kvalitetu otiska. Postoje i drugi atributi kvaliteta (*engl. Quality Attributes*) koji moraju biti kontrolisani u toku procesa štampe (Tse i drugi, 1998; Johansson, 1999; Kaukonen, 2006; Rasmussen i drugi, 2006; Kleinmann, 2011; Jurič i drugi, 2013; Jurič i drugi, 2015).

Pored navedenih metoda, razvijena je još jedna objektivna metoda za analizu štampanih otisaka, a to je **metoda analize slike** (*engl. Image Quality Analysis*) koja je korišćena u dosadanjim istraživanjima i koja omogućava kontrolu drugih atributa kvaliteta pored boje (Tse i drugi, 1998; Briggs i Tse, 2006; Weingerl, 2014). Metoda analize slike je značajno napredovala u poslednjih nekoliko godina. Praktični instrumenti za kontrolu kvaliteta na osnovu analize slike se sada široko i uspešno koriste za digitalno štampane otiske (QEA, 2002). Za primenu metode analize slike otiska potrebni su uređaji za digitalizaciju (skener, kamera ili bilo koji uređaj sa ugrađenom kamerom) i programi, ili samo uređaji koji u sebi imaju integrisane algoritme za izračunavanje parametara preko kojih se procenjuje kvalitet otiska. Na tržištu je moguće pronaći nekoliko uređaja koji se koriste za kontrolu kvaliteta, a koji su bazirani na metodi analize slike, kao što su *PIAS II* (slika 2.1a) ili *Kheops* (slika 2.1b).

Pored navedenih uređaja razvijena su i mnoga softverska rešenja, koja zahtevaju i upotrebu uređaja za digitalizaciju otisaka. Najzastupljeniji softver koji se koristi za analizu otisaka je razvila kompanija *QEA – IASLab* (QEA, 2010).

Razvijeni su i dodaci (*engl. plug-in*) za softvere u kojima može da se vrši analiza i obrada slika (kao što su *MATLAB*, *Wolfram Mathematica* ili *ImageJ*, koji mogu da se koriste za procenu kvaliteta otiska koristeći metodu analize slike.



Slika 2.1. Uređaji koji se baziraju na merenju otisaka na osnovu metode analize slike:
 a) PIAS II (QEA, 2007) i b) Kheops (Techpap, 2014)

Upotrebom metode analize slike moguće je analizirati i druge elemente otiska osim boje, kao što su linija, tačka ili neko drugo određeno polje, što je nemoguće uraditi denzitometrijskim, kolorimetrijskim ili spektrofotometrijskim merenjem. To i jeste najveća prednost ove metode, jer pored merenja reprodukovane boje na otisku, moguće je analizirati i druge attribute koji itekako mogu da ukažu na dobar ili loš otisak.

Nedostatak metode analize slike za objektivnu kontrolu kvaliteta otisaka je nepostojanje referentnih vrednosti. Na osnovu izmerenih vrednosti je nemoguće potvrditi niti definisati kategoriju kvaliteta, da li je to zadovoljavajući, dobar ili loš kvalitet.

2.2.1. Standardi za analizu digitalno štampanih otisaka

Dva standarda koja opisuju attribute kvaliteta i proceduru merenja, od kojih su **motling** i **zrnčavost** od značaja za ovu tezu su: ISO 13660:2001¹ i ISO 19751. Standard ISO 19751 je bio pokušaj razvoja standarda u ISO WD timu koji nije zaživeo. Tim za makro-neuniformnost, ISO WD 19751, je radio na razvoju standarda za procenu kvalitet otisaka u boji. Tim se bavio specifičnim vrstama greške koje spadaju u kategoriju makro-uniformnosti, kao što su pruge, trake i motling (Rasmussen i drugi, 2006).

Prema istraživanju (Briggs i drugi, 1999) prvi međunarodni standard koji uključuje širok spektar atributa kvaliteta štampe je ISO 13660. Svrha standarda je definisanje procedura i algoritama za kvantifikaciju osnovnih atributa kvaliteta štampe. Atributi uključeni u ISO 13660 standardu se mogu podeliti u attribute kvaliteta karaktera i linije i atributi kvaliteta površine kao što je prikazano u tabeli 2.1. Pored definisanih grupa atributa, standard ISO 13660 određuje terminologiju i metodologiju analize kvaliteta otisaka. Definicije zrnčavosti i motlinga kao i metodologija izračunavanja ovih parametara su detaljno opisani u delu 5.4.2 ove teze.

Jedna velika prednost standarda ISO 13660 je jednostavna i nedvosmislena procedura merenja, koja se lako može automatizovati. Standard je takođe nezavisan od uređaja (*engl. device-independent*). Ipak, navedeni su neki nedostaci. Procedura merenja otisaka je namenjena za

¹ Za ISO 13660:2001 je urađena revizija u 2017. godini i sada je to standard ISO 24790:2017.

monohromatske otiske, ali se takođe može proširiti na otiske u boji. Osim toga, standard ne definiše nikakve kriterijume prihvatanja kvaliteta (Kaukonen, 2006).

Tabela 2.1. Atributi kvaliteta prema standardima ISO 13660 i 24790 (ISO, 2001)

Atributi površine	Atributi linije i znakova
zatamnjenost	zamagljenost
pozadinska maglovitost	krzavost
zrnčavost (<i>engl. graininess</i>)	širina linije
Motling (<i>engl. print mottle</i>)	zatamnjenost
ostaci oznaka	kontrast karaktera
pozadinska udubljenja	popunjenost
	ostaci oznaka (površina karaktera)
	pozadinska maglovitost (površina karaktera)

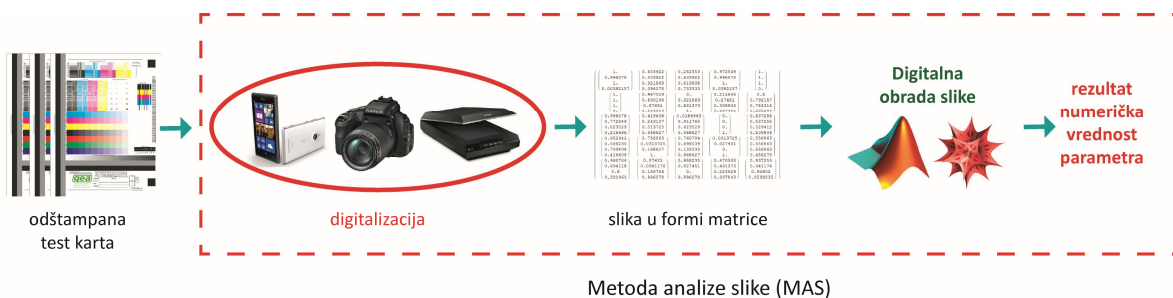
ISO 19751 (Rasmussen i drugi, 2006) definiše makro-uniformnost kao subjektivni doživljaj konzistencije boje, što može biti svetlina, ton ili zasićenje, i njihova kombinacija na velikoj površini jednog odštampnog otiska, uzimajući u obzir sve oblike prostorne nejednakosti. Što se tiče uslova posmatranja, ISO 19751 definiše samo razdaljinu koja mora biti približno 40 cm, a prilikom evaluacije uzoraka treba uzeti u obzir difuzno svetlo. Osnovni cilj razvoja ovog standarda je bio da omogući razvoj procedure merenja otisaka koji se bazira na metodi analize slike pomoću komercijalnih ravnih skenera. Ovaj standard dalje nije opisan niti korišćen u tezi, jer nije završen i tim koji se bavio njegovim razvojem više ne postoji.

2.2.2. Metoda analize slike

Razvojem tehnika štampe razvijaju se i metode koje se koriste za analizu kvaliteta otisaka. Dosadašnje metode su se bazirale na merenju reflektovane svetlosti sa odštampnog otiska i preračunavanju intenziteta reflektovane svetlosti (I_t) u optičku gustinu (D) ili tristimulusne vrednosti (kasnije najčešće L^*a^*b koordinate). Pokazalo se da nije dovoljno samo analizirati kvalitet reprodukovane boje, nego da je potrebno proširiti aspekt analize otisaka na elemente kao što su linije, tačke, veća test polja i tekst, što ne može da se postigne denzitometrijskim, kolorimetrijskim ili spektrofotometrijskim merenjem. Stoga se pojavila potreba za unapređenjem i razvojem nove metode.

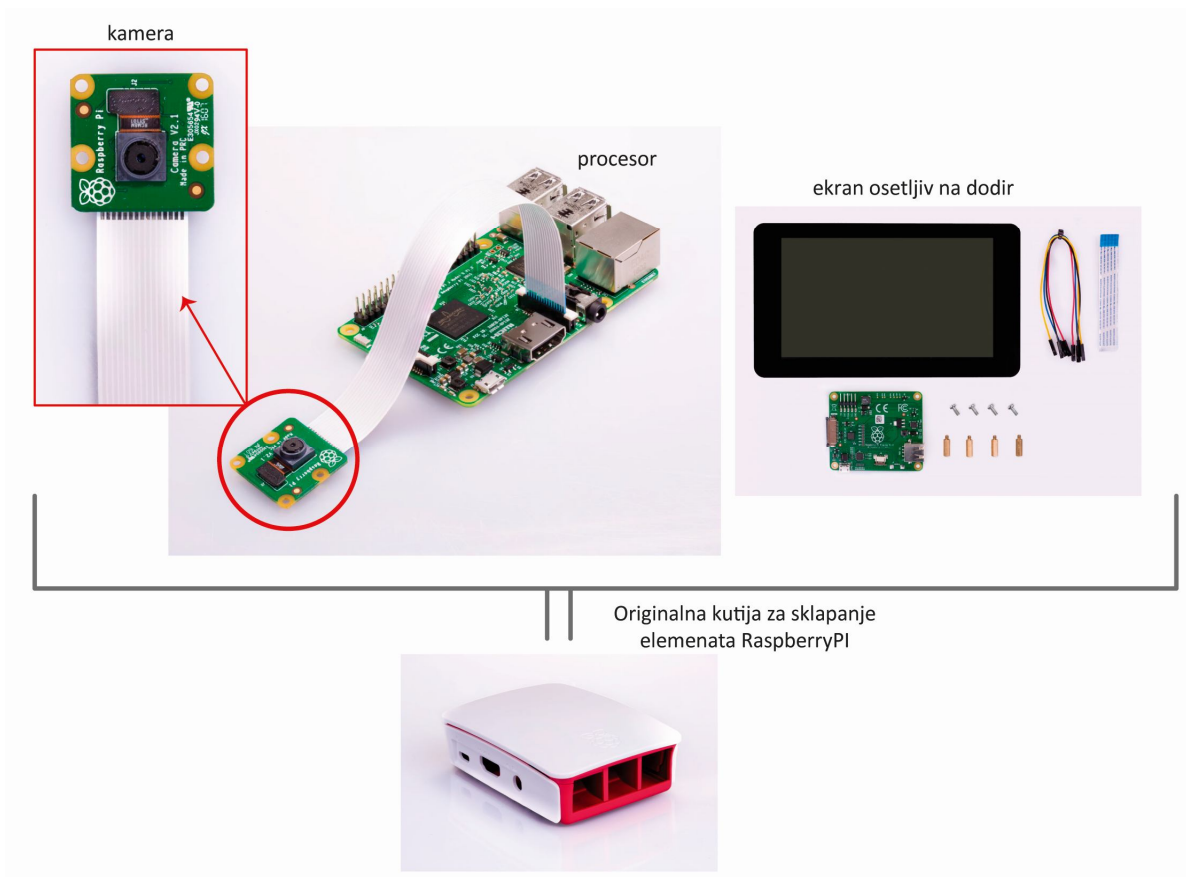
Autori rada (Briggs i Tse, 2006) su ovu metodu nazvali *Image Quality Analysis (IOA)*, jer se nova metoda bazira na digitalnoj slici koja se koristi za analizu kvaliteta štampanih otisaka. Digitalna slika predstavlja digitalizovan štampani otisak na osnovu kog se korišćenjem potrebnih algoritama za obradu slika dobijaju numeričke vrednosti izabranih atributa kvaliteta. U ovoj tezi je usvojen naziv **Metoda analize slike** (skraćenica **MAS**) jer je u samom nazivu dat i opis ove metode.

Šematski prikaz **Metode analize slike** je prezentovan na slici 2.2. Od otiska do numeričkih vrednosti za izabran atribut kvaliteta, potrebno je proći nekoliko koraka. Metoda se može inkorporirati u jednom uređaju ili koraci mogu biti izvedeni nezavisno koristeći nekoliko uređaja.



Slika 2.2. Šematski prikaz Metode analize slike (MAS)

U prvom slučaju je potrebno napraviti uređaj koji će sadržati **kameru** za digitalizaciju otisaka i **mikroračunar** za obradu podataka u kom su programirani algoritmi za izračunavanje numeričkih vrednosti atributa kvaliteta. Sve to mora biti smešteno u nekoj „kutiji“ sa **ekranom** za prikaz rezultata ili uređaj može imati **ulaz za povezivanje** sa računarom na kom je instaliran softver za njegovu upotrebu. Pored navedenih gotovih rešenja prikazanih na slici 2.1, danas je moguće napraviti ovakav uređaj koristeći pristupačne delove kao što su *Raspberry PI* (RaspberryPI, 2017). Na slici 2.3 su prikazani potrebni delovi za sastavljanje uređaja koji bi mogao da se koristi za analizu otisaka koristeći MAS metodu. Pored ovog proizvođača delova postoje i mnogi drugi kao što su *Arduino* ili *Sparkfun*.



Slika 2.3. Delovi RaspberryPI potrebni za sastavljanje uređaja za kontrolu kvaliteta otisaka pomoću metode analize slike

U drugom slučaju, kada se koraci MAS metode odvijaju zasebno, potrebno je obezbediti uređaje za digitalizaciju i algoritam za izračunavanje vrednosti izabranih atributa. Korisnik u ovom slučaju mora da poseduje mnogo više znanja, jer je potrebno koristiti više uređaja kao i softver za analizu i obradu podataka. Digitalna slika mora da se uveze u softver koji može na osnovu **intenziteta piksela** da izračuna i prikaže vrednosti izabranih atributa. Softveri koji mogu da se koriste su na primer *MATLAB* ili *Wolfram Mathematica*.

Kao uređaj za digitalizaciju otisaka, može biti bilo koji uređaj koji u sebi ima kameru ili senzor za generisanje digitalne slike, kao što su skeneri, digitalni fotoaparati ili mobilni telefoni. Stoga, MAS metoda može da se podeli na dva glavna sistema (Briggs i Tse, 2006):

1. *Scanner - based sistem* (sistem zasnovan na fotoaparatu) ili
2. *Camera - based sistem* (sistem zasnovan na ravnom skeneru).

Svaki sistem ima svoje prednosti i mane, koje su uporedno prikazane u tabeli 2.2.

Tabela 2.2. Prednosti i mane scanner-based i camera-based sistema za kontrolu kvaliteta pomoću metode analize slike

<i>Scanner-based sistem</i>	<i>Camera-based sistem</i>
Ugrađen izvor svetlosti	Zaseban izvor svetlosti koji je udaljen od uzorka
Niska cena	Visoka cena
Sporiji sistem sa višom rezolucijom skeniranja	Brz sistem sa manjom rezolucijom uzorkovanja
Nemogućnost ugradnje drugih uređaja	Mogućnost ugradnje drugih uređaja
Koriste se komercijalno dostupni uređaji	Pored dostupnih uređaja, moguće je napraviti nov uređaj koristeći jeftine, ali kvalitetne delove

Prednosti *scanner-based* sistema su niske cene i digitalizacija otiska na celokupnoj površini stranice, što može ubrzati izračunavanje nekih atributa kvaliteta (Briggs i Tse, 2006). Skener je zatvoren sistem u kom se nalazi senzor i osvetljenje, što mu je najveća prednost u odnosu na *camera-based* sistem. Prilikom skeniranja je moguće odrediti region od značaja, što smanjuje vreme kasnije obrade slike. Sa druge strane, ovaj sistem oduzima mnogo vremena na visokim rezolucijama skeniranja. *Scanner-based* sistem je kontaktna metoda, što dovodi do neprirodnosti skeniranog uzorka.

Camera-based sistem može da se instalira direktno na mašinu za štampanje i da se time omogući *in-line*² kontrola. Takođe nam omogućava nadogradnju sistema dodavanjem drugih uređaja kao što su denzitometri ili kolorimetri. Druga prednost ovog sistema je izvor svetlosti koji je udaljen od uzorka, čime se dobija realniji prikaz digitalizovanog uzorka. Izvor svetlosti nije ugrađen, stoga je ovaj sistem skuplji od *scanner-based* sistema. Pored toga što udaljen izvor svetlosti ima svoje prednosti, on ima i svoje mane. Odabir izvora svetlosti nije standardizovan, kao ni udaljenost postavljanja istog. Varijacije u intenzitetu osvetljenja mogu da odstupaju, što znatno može uticati na izmeren atribut kvaliteta.

² Kontrola tokom procesa štampe.

Uređaj baziran na *RaspberryPI* delovima spada u *camera-based* sistem, stoga je neophodno obezbediti stalak za držanje uređaja i stabilan izvor svetlosti. Digitalni fotoaparati i mobilni telefoni mogu da se koriste kao uređaji za digitalizaciju koji spadaju u *camera-based* sistem.

Johansson je u svom radu dao prednost skenerima za digitalizaciju otisaka i naveo pozitivne strane korišćenja skenera kao ulaznog uređaja za kontrolu kvaliteta otiska na osnovu metode analize slike. Generalno, što se tiče merenja površinske neuniformnosti, primetio je da se upotrebom komercijalnih ravnih skenera umesto CCD kamera dobija bolji odnos signal – šum.

Prednost skenerima na osnovu odnosa performansa/cena je delimično što skeneri koriste jednodimenzionalno mehaničko pomeranje osvetljenja koje je poređano linijski, dok je kod kamere potrebno koristiti dvodimenzionalni niz da bi se postiglo uniformno osvetljenje. Druge prednosti skeniranja otisaka su stalna konfiguracija sa osvetljenjem, što znači manji uticaj operatera (Johansson, 1999, str. 24).

2.2.3. Uređaji za digitalizaciju

Metod analize slike za kontrolu otisaka zahteva **ulazni uređaj** kojim se digitalizuje štampani uzorak i dalje obrađuje u softveru za analizu i obradu digitalnih slika. Ulazni uređaji mogu biti skeneri, digitalni fotoaparati, mobilni telefoni ili bilo koji uređaj koji ima kameru za snimanje štampanog otiska. U ovom istraživanju su korišćeni sledeći uređaji: skeneri, digitalni fotoaparati i mobilni telefoni. Osnovne definicije i karakteristike ovih vrsta uređaja su date u nastavku, dok su izabrani modeli prikazani u delu 5.3.1.1 gde su date njihove specifikacije i opisana podešavanja koja su korišćenja u eksperimentu.

2.2.3.1. Skeneri

Skener je optičko mehanički uređaj koji originalnu višebojnu sliku razlaže na osnovne boje i podatke o njihovom udelu u originalnoj slici prenosi na film ili digitalni zapis. Prema svojoj konstrukciji (nameni) skeneri se mogu podeliti na (Dediđer, 2018):

1. Skeneri sa bubnjem/cilindrom (*engl. Drum scanner*),
2. Ravni skeneri (*engl. Flatbed scanner*),
3. Kompaktni skeneri za dokumente i OCR (*engl. Optical character recognition*),
4. Skeneri za slajdove i transparentne originale i
5. Ručni skeneri.

U istraživanju su korišćeni samo ravni skeneri, tako da su samo oni opisani. **Ravni skeneri** su dobili ime po nosaču originala, najčešće su u upotrebi i najdostupnija su vrsta skenera. Uglavnom su A4 formata i vrše skeniranje refleksionih originala. Koriste se uz računar koji služi kao platforma za program i manipulaciju sa slikom. Prilikom skeniranja i odabira skenera potrebno je definisati četiri faktora koji utiču na kvalitet skeniranih uzoraka: optičku rezoluciju, uvećanje slike, dubinu boja i dinamički opseg.

Optička rezolucija je stvarna količina informacija u originalnoj slici koju je skener sposoban da razdvoji po jedinici dužine, koja zavisi od građe i komponenata skenera. Pored optičke rezolucije,

spominje se i interpolaciona rezolucija koja se odnosi na softversko izračunavanje piksela. Optička rezolucija se odnosi na broj uzoraka (piksela) koje skener snima po x smeru (po širini stranice) i ona zavisi od širine oblasti koja se skenira i broja elemenata na senzoru (Gann, 1999). Skener sa većim optičkim uzrokovanjem ne garantuje bolju rezoluciju od skenera sa manjim optičkim uzrokovanjem. Na primer, rezolucija skenera sa uzrokovanjem od 600 spi ali sa optičkim sistemom lošeg kvaliteta neće biti tako dobra kao rezolucija skenera sa uzrokovanjem od 400 spi i veoma kvalitetnim optičkim sistemom. Rezolucija skeniranja po y smeru se odnosi na mogućnost kretanja glave u malim koracima niz skeniranu stranu.

Uvećanje slike je u direktnoj vezi sa rezolucijom. Ako se original u reprodukciji poveća, ulazna rezolucija je proizvod minimalne rezolucije i faktora uvećanja. Kod visokokvalitetnih skenera ova funkcija se izvodi automatski.

Dubina boje označava broj boja ili nivoa sive skale koje skener može da očita po svakom pikselu skeniranog originala (Dedijer, 2018). Svaki piksel sadrži broj bit-a koji određuje boju ili nivo sive skale tog piksela. Skeneri sa dubinom boja od 8 bita su u stanju da reprodukuju 256 nijansi. Veća dubina boja povećava kvalitet skeniranog originala.

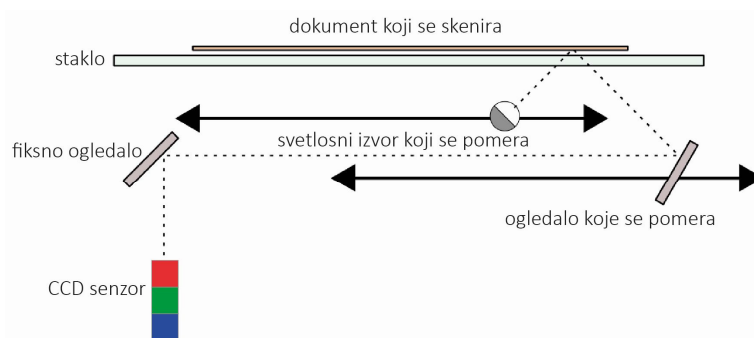
Dinamički opseg ukazuje na mogućnost skenera da reprodukuju fine detalje kod veoma tamnih originala. Maksimum optičke gustine kod skenera se izračunava po sledećoj formuli (Dedijer, 2018):

$$D_{\max} = \log(1/2^{\text{bit}}) \quad (2.1)$$

Tako na primer, **8-bitni** skener ima maksimalnu optičku gustinu od **2.0** ($D_{\max} = \log(1/256)$).

Građa ravnog skenera

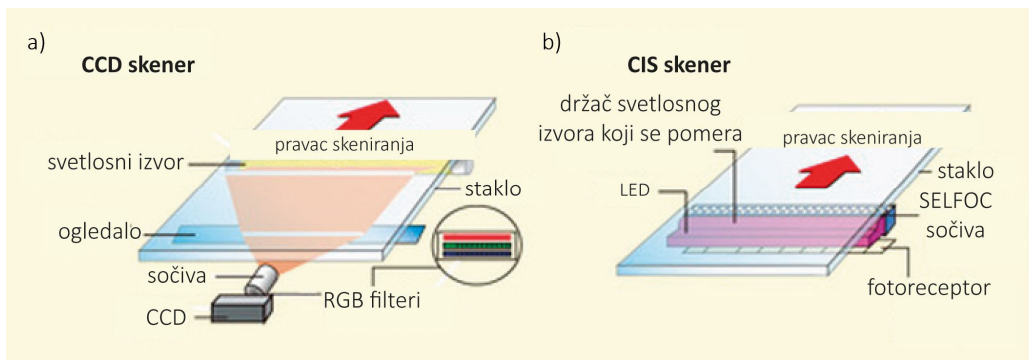
Osnovni delovi ravnog skenera su: senzor, ogledala, glava za skeniranje, staklena tabla, lampa, sočiva, poklopac, filteri, koračni motor, zupčasti remen, napajanje, priključni portovi i kontrolna elektronika (Dedijer, 2018). Na slici 2.4 su prikazani najbitniji delovi ravnog skenera.



Slika 2.4. Osnovni delovi ravnog skenera (za CCD senzorom)

Kod ravnih skenera svetlost se reflektuje sa originala na senzor na kom se nalaze filteri za razdvajanje svetlosnog zraka na RGB komponente. Maksimalna rezolucija skeniranja je određena brojem ćelija koje se nalaze na senzoru. Svetlosni zrak može da se razdvoji na RGB komponente na tri načina: propusnim filterima (RGB filteri), razdvajanje osvetljenjem (LED obojeni svetlosni izvor) i pomoću prizme.

Najbitniji deo ravnog skenera je senzor koji može da bude: CCD (*engl. Charge Coupled Device*) ili CIS (*engl. Contact Image Sensor*), koji su prikazani na slici 2.5. CCD elementi se sastoje od nekoliko hiljada fotosenzora koji registruju nejednaka električna pražnjenja usled svetla različitog intenziteta koja na njih padaju. CIS sistem je integrisani modul sa sistemom za osvetljavanje, optičkim sistemom i sistemom osetljivim na svetlo unutar jedne komponente. CIS ima senzore u širini površine skeniranja, tako da nema potrebe za projekcionim sočivima. Mnogo je lakši i manjih dimenzija u odnosu na CCD (Gann, 1999). CCD sistem koristi filtere, dok CIS sistem ima tri LED diode (RGB). Skener koji ima CIS senzor ima manji opseg i manju dubinu boja, ali je brži i stabilniji u odnosu na CCD.

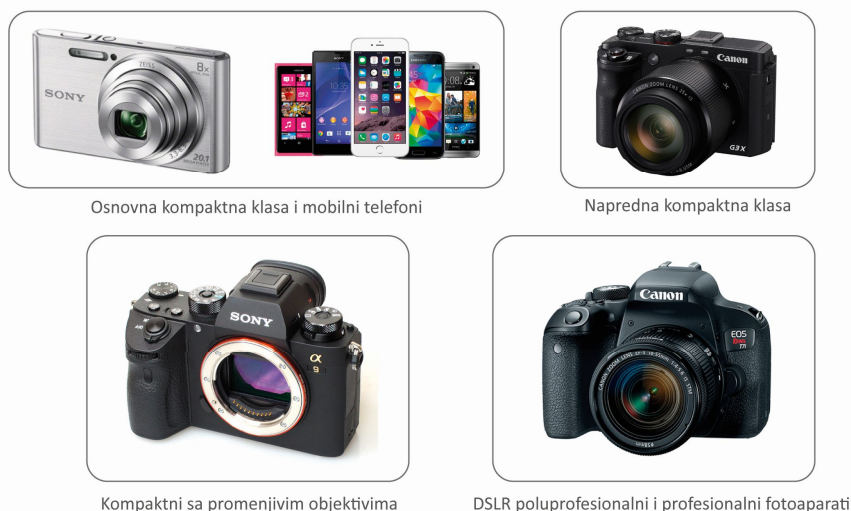


Slika 2.5. Vrste senzora kod ravnog skenera: a) CCD senzor i b) CIS senzor (Tavco, 2017)

Ravni skeneri mogu da imaju različite izvore svetla. Najčešće su u upotrebi: fluorescentne lampe sa toplom katodom, fluorescentne lampe sa hladnom katodom ili ksenonske cevi (Dediđer, 2018).

2.2.3.2. Digitalni fotoaparati

Digitalni fotoaparat je uređaj koji može da se koristi za digitalizaciju štampanih uzoraka, iako im to nije prvobitna namena. Postoji nekoliko klasa digitalnih kamera što se može videti i na slici 2.6. U radu su korišćene dve klase: jedan kompaktni i dva profesionalna DSLR fotoaparata.



Slika 2.6. Klase digitalnih fotoaparata

Građa fotoaparata i poprečni presek je prikazan na slici 2.7. Osnovni delovi digitalnog fotoaparata su: telo, objektiv (sočiva), blenda/okidač i senzor/film.

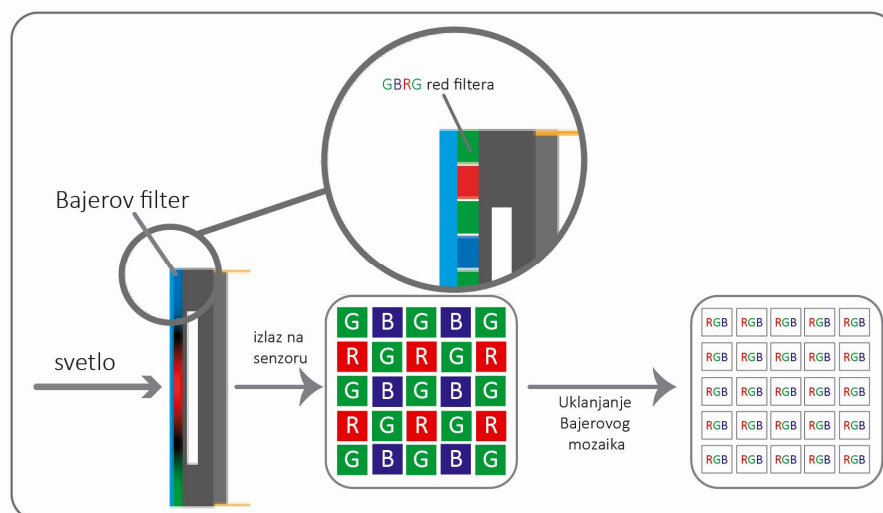
Objektiv unosi informaciju kroz sistem sočiva (izoštava i određuje žižnu daljinu, dubinu polja i ugao fotografisanja).

Blenda/Okidač je komplikovani mehanizam koji precizno kontroliše dužinu prolaska svetlosti kroz sočivo, na njenom putu do filma ili senzora na zadnjem delu kamere (Eismann, Duggan i Grey, 2005).



Slika 2.7. Poprečni presek digitalnih fotoaparata (Yunoinfo, 2017)

Kod klasične fotografije, svetlost izaziva fotohemijsku reakciju koja se manifestuje različitim zacrnjenjem na filmu. Kod digitalne fotografije svetlost proizvodi različite električne naboje koji se pretvaraju u digitalne podatke. Osnovu digitalnih fotoaparata čini *senzor* koji može biti CCD ili CMOS (*engl. Complementary Metal Oxide Semiconductor*). Senzori su smešteni u kućištu kamere na mestu gde se kod klasičnih fotoaparata nalazi film. Kod digitalnih kamera razdvajanje svetlosti se vrši pozicioniranjem filtera u boji ispred senzora, pri čemu su kod većine kamera filteri raspoređeni u formi tzv. *Bajerovog mozaika* (Tomić, 2016), prikazanog na slici 2.8.



Slika 2.8. Prikaz Bajerovog mozaika za razdvajanje svetlosnog zraka na RGB komponente

CCD senzor predstavlja pravougaonu matricu u vidu mozaika, koji je sastavljen od miliona fotosensitivnih silicijumskih ćelija kvadratnog ili pravougaonog oblika. Pretvaranje svetla u elektrone i pretvaranje elektrona u naboj se dešava na čipu, dok se naboj pretvara u digitalni signal na odvojenom mestu.

CMOS senzori su dobili naziv po procesu koji se koristi za kreiranje komponenti fotografije, koji podseća na proces kreiranja komponenti memorije računara. Kao i CCD senzori, CMOS senzori sadrže elemente koji pretvaraju svetlost u električne signale. Razlikuju se po tome što pikseli CMOS senzora sadrže dodatna strujna kola, u kojima se električni signali konvertuju u digitalne podatke. Podaci sa senzora kamere mogu da se paralelno prebacuju na druge elemente, pa je transfer podataka mnogo brži (Eismann, Duggan i Grey, 2005).

Sve donedavno su CCD senzori beležili kvalitetnije fotografije i imali veći dinamički opseg od CMOS senzora. Međutim, CMOS senzori su se toliko razvili da mogu da zabeleže fotografije odličnog kvaliteta. Ranije su bili manje osetljivi na svetlost što je direktno uticalo na kvalitet fotografije. Ovi nedostaci su otklonjeni, pa se CMOS senzori danas ugrađuju u profesionalne digitalne kamere. Dimenzije piksela su povećane, a time i osetljivost na svetlost, čime je smanjena nepreciznost snimanja. Osim toga, CCD senzori troše više energije od CMOS senzora, a i proizvodnja CMOS senzora je jeftinija. Kada se sve ovo uzme u obzir, može se očekivati da će se CMOS senzori i dalje usavršavati, pa će u bliskoj budućnosti postati standardni senzori za digitalne kamere (Eismann, Duggan i Grey, 2005). U tabeli 2.3 su upoređena ova dva tipa senzora.

Tabela 2.3. Uporedni prikaz dva tipa senzora koji se nalaze u digitalnim fotoaparata

CCD	CMOS
Visok dinamički opseg	Srednji dinamički opseg
Nizak šum i najbolji D_{max}	Više šuma, ali se konstantno poboljšava
Utemeljena tehnika	Nova tehnika
Viša potrošnja energije	Niska potrošnja energije
Komplikovanija proizvodnja	Jednostavnija proizvodnja
Manji pikseli	Veći pikseli
Visok faktor punjenja	Niži faktor punjenja
Na čipu analogni signal	Na čipu digitalni signal

2.2.3.3. Mobilni telefoni

Mobilni telefoni su postali neizostavni deo svakodnevnice, ali pored njihove osnovne namene, oni mogu da posluže i kao uređaj za digitalizaciju uzoraka u primeni kontrole kvaliteta štampanih otisaka pomoću metode analize slike. Stoga su oni i korišćeni u ovom radu, kako bi se videlo da li mogu da pariraju drugim uređajima kao što su skeneri i digitalni fotoaparati.

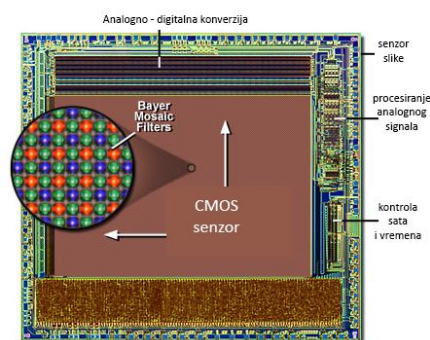
Jedna od najvažnijih elemenata mobilnih telefona za ovo istraživanje je **kamera**. Postoje dve glavne komponente koje formiraju kameru: senzor i objektiv (Schiesser, 2014). Uglavnom su obe komponente smeštene u jedinstvenu jedinicu koja se na glavnu ploču telefona spaja putem kabla (*engl. ribbon cable*), kao što je prikazano na slici 2.9.

Kao i kod digitalnih fotoaparata, i kod mobilnih telefona mogu da se koriste dva tipa senzora: CCD ili CMOS. CCD senzori su previše skupi i kompleksni za upotrebu u mobilnim telefonima, tako da su u upotrebi samo CMOS senzori. Na slici 2.10 prikazan je CMOS senzor na kom se vidi da se i kod

njih koristi *Bajerov* mozaik za razdvajanje svetlosnog zraka na RGB komponente. Količina megapiksela kamera se odnosi direktno na količinu fotoćelija u nizu senzora. Na primer, senzor od osam megapiksela znači da u nizu ima osam miliona fotoćelija.



Slika 2.9. Izgled kamere koja se koristi u mobilnim telefonima. Primer za Samsung Galaxy S5 (Techspot, 2017a)



Slika 2.10. CMOS senzor za mobilne telefone (Techspot, 2017b)

Objektiv fokusira svetlost na senzor tako da slika izgleda oštro i jasno. Iako je moguće koristiti kameru bez objektiv, tada zbog ulaska svetlosti iz svih uglova slika izgleda zamućenija. U suštini, potreban je objektiv radi fokusiranja svetlosnih zraka prema senzoru kamere. U kameri sa autofokusom, završni element objektiv (ili grupa nekoliko elemenata) se približava ili udaljava od senzora, čime se omogućava da različiti delovi slike budu u fokusu i jedan je od ključnih aspekata praktičnog sistema kamere (Schiesser, 2014).

2.3. Površinska (ne)uniformnost

Uobičajen način da se analizira kvalitet otiska je da se proceni boja, tako što se merenjem (pomoću kao što su denzitometar, kolorimetar ili spektrofotometar) dobijaju odgovarajuće vrednosti. Dok je u svetu digitalne štampe, kvalitetan otisak sinoniman sa preciznom reprodukcijom boje na otisku, to nikako nije jedini atribut koji utiče na percipirani kvalitet otiska. U seriji eksperimenata (Fedorovskaya i drugi, 1993; de Ridder, 1996; Fedorovskaya i drugi, 1997) je pokazano da kvalitet otiska nije monotona funkcija zasićenja i hromatičnosti. Postoji nekoliko atributa kao što su kontrast, oštrina, uniformnost elemenata slike, itd., koji nisu u direktnoj vezi sa bojom, ali bitno utiču na ukupan kvalitet. Ovi atributi su u direktnoj vezi sa kvalitetnom reprodukcijom linije i rasterske tačke koji su osnovni elementi svake slike, i nisu lako vidljivi samo vizuelnom procenom (Dophande, 2009).

Mnogi naučnici su istraživali i potvrdili važnost različitih atributa kvaliteta, ali do sada nije postignut opšti sporazum koji definiše koji atributi su najvažniji (Pedersen i drugi, 2009). U Lindberg-ovoj studiji (Lindberg, 2004) procenjen je ukupan kvalitet otiska na osnovu 12 različitih atributa: opseg boja, oštrina, kontrast, ton boje, detalji u najsvetlijim tonovima, detalji u najtamnijim tonovima, nivo sjaja, varijacije sjaja, promena boje, nejednakost, površinska neuniformnost i šum. Na osnovu evaluacije posmatrača tih 12 atributa zaključeno je da se kvalitet može definisati samo na osnovu dva, a to su: površinska neuniformnost i opseg boja. Pored toga nekoliko naučnika je istraživalo značaj atributa na ukupan kvalitet otiska kao su oštrina (Bouzit i MacDonald, 2000) i (Sawyer,

1980), kontrast (Bonnier i ostali, 2006), nepravilnosti - npr. šum (Sawyer, 1980) i (Bartleson, 1982) i prekid tonskog prelaza (Bang i ostali, 2003), prirodnost (Fedorovskaya i ostali, 1993) i boja (Dalal i ostali, 1998; Morovic i Sun, 2002; Bonnier i ostali 2006; Hardeberg, 2008).s

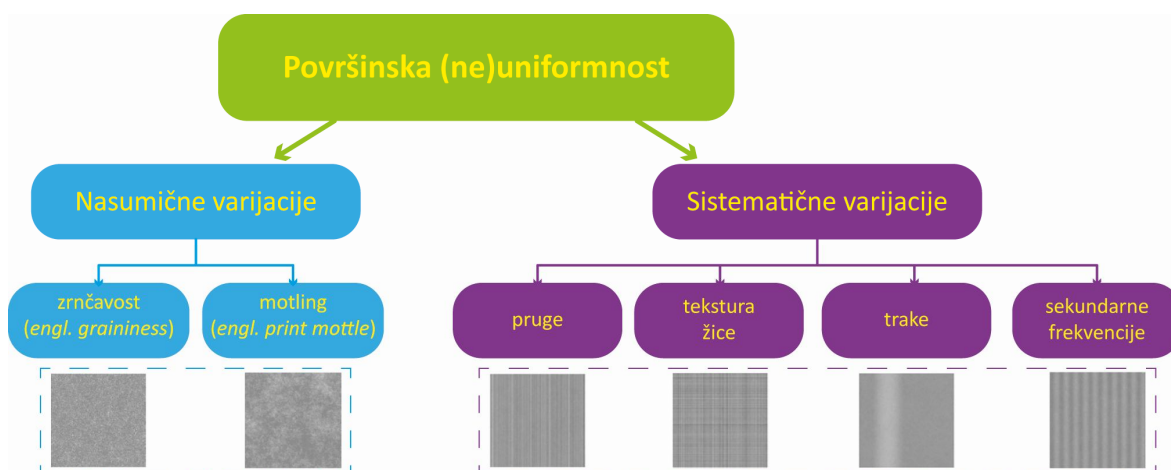
Većina autora (Dalal i drugi, 1998; Johansson, 1999; Wolin, 2002; Christoffersson, 2004; Lindberg, 2004; Fahlcrantz, 2005; Madstedt, 2008; Dophande, 2009; Weingerl, 2014) je u svojim istraživanjima koristila parametar koji je u fokusu i ove disertacije, a to je **površinska (ne)uniformnost**.

Kao jedan od novih atributa kvaliteta, površinska (ne)uniformnost, još uvek nije ni standardizovana niti u potpunosti objašnjena. U pregledanoj literaturi postoji nekoliko različitih definicija površinske (ne)uniformnosti (Christoffersson, 2004; Fahlcrantz, 2005; Petersson, 2005; Rasmussen i drugi, 2006; Sadovnikov i drugi, 2007; Madstedt, 2008; Weingerl, 2014). Pored oštine i korektno reprodukcije boja, površinska (ne)uniformnost je bitan parametar koji treba kontrolisati. Mogućnost merenja ovog parametra može na mnogo načina da olakša i omogući razvoj novih metoda za kontrolu štampe. Ali, da bi metode merenja bile u potpunosti tačne one bi trebale da prate funkcije i sposobnosti ljudskog vizuelnog sistema (Christoffersson, 2004).

Površinska neuniformnost se može pojaviti na otisku u mnogim formama i oblicima. Ali kako samo ime ovog parametra ukazuje, to su "mrlje" (*engl. blotches*) ili neželjeni oblici na otisku gde se očekuje homogena površina, odnosno uniformna površina. Opšta fizička definicija bi bila da je površinska neuniformnost neželjena varijacija optičke gustine (reflektovane svetlosti) na otisku. Prema Christoffersson-u (2004), površinsku neuniformnost možemo podeliti na dve vrste prema obliku greške:

1. nasumične i
2. sistematične varijacije.

Na slici 2.11 prikazana je podela površinske neuniformnosti sa primerima izgleda greške. Pored izgleda greške, data je terminologija koja se koristi u tezi u zavisnosti od oblika površinske neuniformnosti.



Slika 2.11. Različiti oblici površinske neuniformnosti

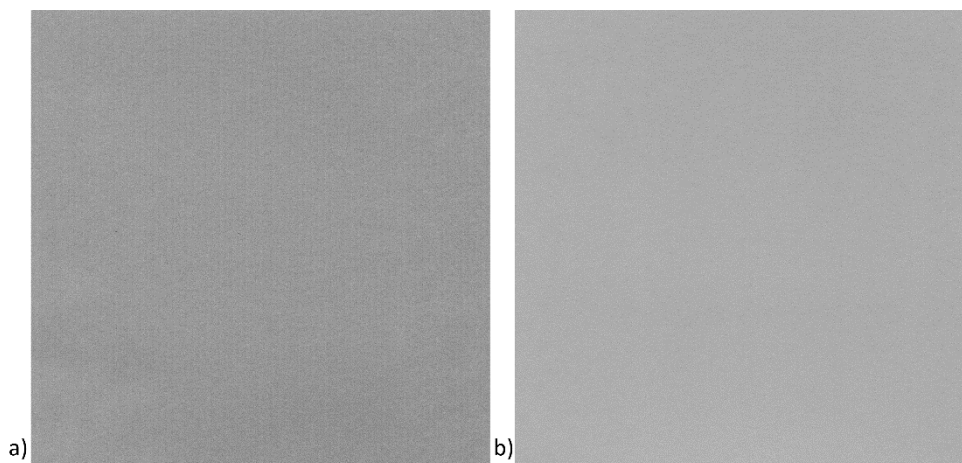
Nasumične varijacije su mrlje na otisku koje mogu biti sitnije i brojnije, što se može definisati kao **zrnčavost** (*engl. graininess*), ili te mrlje mogu biti krupnije kao što se vidi na slici 2.11. Krupnije mrlje

su definisane kao **motling** (*engl. print mottle*). Ove dve grupe uzoraka se mogu definisati i kao mikro (zrnčavost) i makro (motling) neuniformnost.

Posmatrači obično ocenjuju **sistematičnu** površinsku neuniformnost kao više ometajuću u odnosu na nasumične varijacije, iako je amplituda varijacija ista za obe vrste (Johansson, 1999; Petersson, 2005; Lindberg i Fahlcrantz, 2005; Weingerl, 2014). Sistematične varijacije mogu biti u obliku pruge (*engl. streaks*) ili neka druga šara - trake (*engl. bands*), tekstura u obliku žice sa horizontalnim i vertikalnim linijama ili u obliku sekundarne frkevencije (*engl. harmonics*).

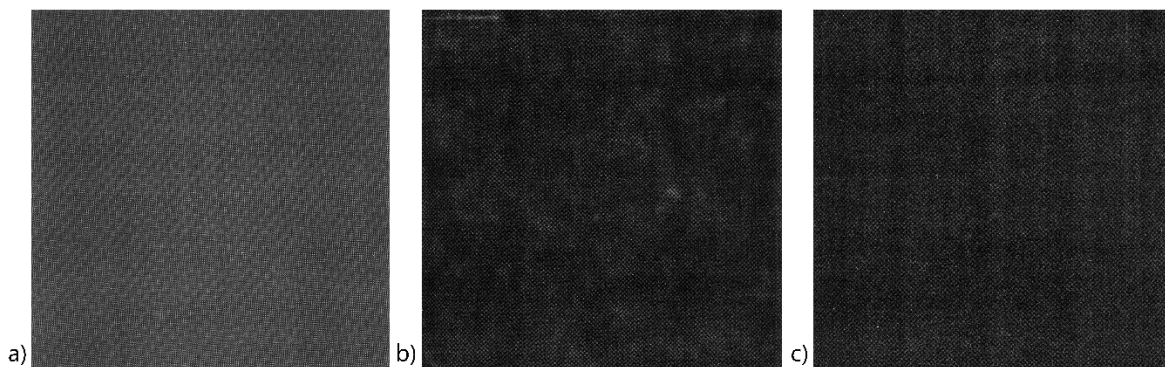
Usled sistema štampe koji se ponavlja u ciklusima, sistematične varijacije se javljaju češće u digitalnim nego u konvencionalnim tehnikama štampe (Petersson, 2005; Christoffersson, 2004). To znači da se problem povećao tokom poslednjih decenija, i stoga je sve veći interes da se odredi i definiše metod za merenje površinske (ne)uniformnosti.

Pruge se uglavnom pojavljuju u ink džet štampi i to je verovatno najčešći oblik neuniformnosti. On je posledica samog procesa u kom se ink džet glave pomeraju ili ostaju nekad zalušene. Na slici 2.12 je dat primer površinske neuniformnosti na ink džet otisku koji se javio zbog zalušene mlaznice. Greška je otklonjena nakon provere i čišćenja mlaznice na štampaču (*engl. nozzle check*) za cijan i svetlu cijan, što se može videti na slici 2.12 b.



Slika 2.12. a) Primer površinske neuniformnosti na ink džet otisku i
b) uniforman otisak nakon provere i čišćenja mlaznice na štampaču

Ostali oblici greške se javljaju kako u elektrofotografiji tako i u ink džet štampi, i usled loših karakteristika papira. Na slici 2.13 su prikazani otisci štampani na različitim mašinama gde se može videti koji oblici površinske neuniformnosti se pojavljuju. Prvi uzorak (slika 2.13 a) je štampan na mašini koja se bazira na elektrofotografiji sa tečnim tonerom, na kom su se pojavile horizontalne i vertikalne linije i nekoliko mrlja, što pokazuje da se često nasumične i sistematične varijacije mogu pojaviti na jednom istom otisku. Druga dva uzorka (slika 2.13 b i c) su otisci koji su štampani na mašini koja se takođe bazira na elektrofotografiji, ali koristi suve tonere. Ovde su izražajnije nasumične varijacije, mada su na uzroku (slika 2.13 c) primetne i trake (*engl. bands*).



Slika 2.13. Primeri površinske neuniformnosti na različitim otiscima: a) HP Indigo Press mašina / Phoenix Motion Xenon 170 g/m² papir, b) Xerox DocuColor 252 mašina / Bindakote White 250 g/m² papir i c) Xerox DocuColor 252 mašina / Colortech 280 g/m² papir

Kako je boja definisana preko tri parametra: ton, svetlina i zasićenje, Fahlcrantz (2005) je smatrao da je potrebno odvojiti varijacije u intenzitetu svetline i tona na otisku, pa je definisao da postoji površinska neuniformnost (crno-bela) i površinska neuniformnost u boji. Površinska neuniformnost u boji inkorporira varijacije u svetlini, tonu i zasićenosti. Za razliku od prethodnog autora, autori rada (Rasmussen i drugi, 2006) smatraju da se površinska neuniformnost odnosi na subjektivan doživljaj konstantnosti boje (svetline, tona, zasićenja i njihove kombinacije) preko velike površine koja treba da bude uniformna. Sve forme prostorne neuniformnosti se uzimaju u obzir i subjektivna procena treba da obuhvata ukupnu (ne)uniformnost.

2.3.1. Uzroci površinske neuniformnosti u štampi

Iako se ponekad tvrdi suprotno, površinska neuniformnost će fizički uvek biti prisutna u štampi. Nehomogenosti koje stvaraju površinsku neuniformnost na otisku prouzrokovane su neizbežnom činjenicom da se količina boje koja se prenese na podlogu tokom štampanja uvek razlikuje u određenoj meri. Takođe, varijacije refleksije nastaju iz mnogih razloga, što nužno dovodi do neujednačenog otiska na mestu gde se očekuje uniformno polje. Krajnji razlog zašto se procenjuje površinska neuniformnost je, naravno, da bi se uklonila ili smanjila koliko je to moguće. Ovo, međutim, zahteva razumevanje zašto se ovaj oblik greške javlja na otisku. U nastavku su navedeni najčešći uzroci površinske neuniformnosti, opisani u objavljenim istraživanjima. Pošto proces digitalne štampe uključuje tri glavne komponente – **podlogu, boju i štamparsku mašinu**, uzroci neuniformnosti mogu biti povezani sa osobinama podloge ili boje, stanja štamparske mašine ili njihovom interakcijom (Sadovnikov i drugi, 2005; Dubé i drugi, 2005; Fahlcrantz, 2005).

2.3.1.1. Uticaj **podloge** na pojavu površinske neuniformnosti na digitalnom otisku

Količina sjaja (premaznog sloja) na papiru se može razlikovati, što uzrokuje ometajuće promene u refleksiji umesto potrebnog izgleda koji se traži. Takođe, prisustvo vezivnog sredstva u premaznom sloju na površini papira može da utiče na pojavu površinske neuniformnosti (Engström i Rigahl, 1992). Neravnomerna raspodela vlakana u papiru takođe može uticati na pojavu neuniformnosti u štampi. Na takvom papiru će doći do nejednake apsorpcije boje, što će dovesti do neravnomerne refleksije sa podloge – neuniformnog otiska. Pored površinskih, na kvalitet

prenosa boje na podlogu utiču i električne i termalne osobine papira (površinska i strukturna otpornost i dielektrična konstanta (Weingerl, 2014). Pored navedenih karakteristika, od ključnog značaja su i optičke osobine papira, kao što su belina, svetlina, opacitet i sjaj (Jurić i drugi, 2013).

Dodatno, upotreba fluorescentnih sredstava za izbeljivanje (*engl. fluorescent whitening agents, FWA*) utiču na pojavu neuniformnosti na otisku. FWA se nejednako mogu proširiti u strukturu papira i tako mogu uticati na pojavu neuniformnog otiska koji se posmatra pod izvorom svetla koje sadrži UV zračenje (Johansson, 1999).

Prilikom digitalizacije uzoraka potrebno je koristiti naslagu od istog papira na kom se štampalo jer opacitet papira može dodatno pojačati neuniformnost na otisku (Johansson, 1999). Papiri manjeg opaciteta koji se posmatraju na tamnijoj pozadini mogu izgledati neujednačeno zbog nehomogene strukture papira. Ova neujednačenost pojačava površinsku neuniformnost štampe ako se otisak meri ili posmatra na crnoj pozadini.

2.3.1.2. Uticaj **boje** na pojavu površinske neuniformnosti na digitalnom otisku

Neodgovarajući sastav boje može dovesti do nedostatka apsorpcije boje na podlogu, što zauzvrat može biti izraženo kao neuniformna štampa. Na primer, u elektrofotografiji nejednaka struktura ili druge karakteristike dvokomponentnog tonera utiču na neuniformnost (Nahyoung i drugi, 2012). Razlike u brzini učvršćivanja sloja boja na papiru, takođe utiču na nejednaku apsorpciju boje. Ove razlike se javljaju zbog postojanja vezivnog ulja sa niskim viskozitetom u boji, što je detaljno opisano u radu (Engström, 1993).

Druga vrsta varijacija refleksije koje dovode do pojave površinske neuniformnosti su male bele tačke zvane UCA (*engl. UnCovered area*), tj. bojom nepokrivena površina. Međutim, ovaj fenomen se generalno smatra da je odvojen od parametra površinska neuniformnost kao zaseban parametar kvaliteta štampe. Razlika nije sasvim jasna, pošto velika količina UCA-a, pogotovo ako područja nisu potpuno otkrivena, vizuelno počinju da izgledaju kao površinska neuniformnost na mestu gde se očekuje homogen otisak.

2.3.1.3. Uticaj **štamarske mašine** na pojavu površinske neuniformnosti na digitalnom otisku

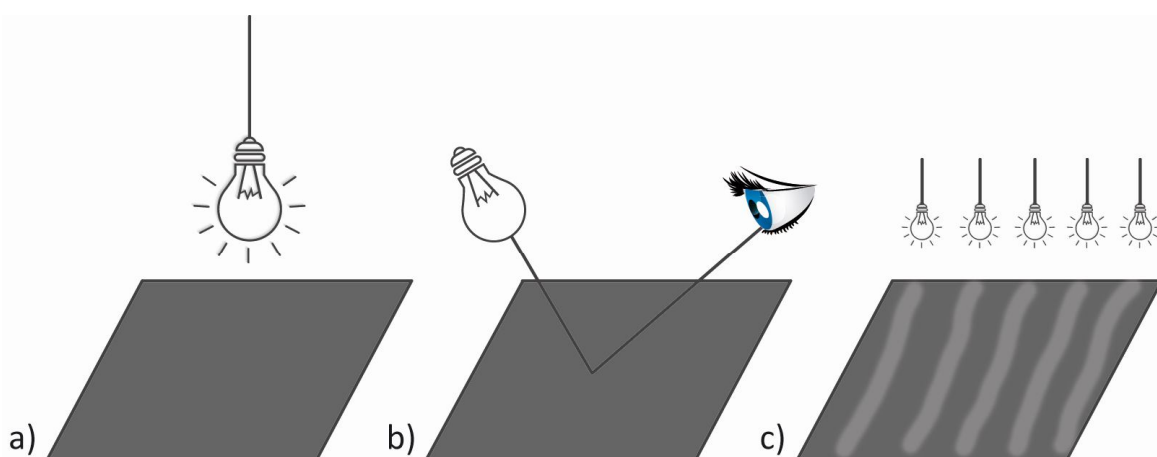
Štamarska mašina je sačinjena iz mnogo delova i svaki deo može da utiče na pojavu neuniformnosti u štampi. Faktori koji utiču na ovu grešku zavise od tehnike same štampe. U ink džet štampi najveći problem može da izazove netačna sinhronizacija ili pomeranje štamarske glave. Takođe, jedan od čestih problema jesu mlaznice koje mogu da se zapuše i na taj način na otisku će se pojaviti neuniformnost u vidu pruga.

U elektrofotografiji uzroci neuniformnosti su (Sipi, 2002):

- nejednako naelektrisanje fotoprovodnika,
- neprecizno osvetljavanje fotoprovodnika,
- nedovoljan prenos tonera i
- fiksiranje tonera.

2.3.1.4. Uticaj izvora svetla na percepciju površinske neuniformnosti na digitalnom otisku

Johanosson (1999) smatra da pored varijacije u optičkoj gustini postoje i druge varijacije koje mogu da utiču na percepciju površinske neuniformnosti, a to su varijacije u osvetljenju koje modifikuju percepciju površinske neuniformnosti. Na osnovu toga, Johansson predlaže još jednu podelu površinske neuniformnosti. Najočigledniji oblik optičke nehomogenosti proističe iz različite apsorpcije/refleksije svetlosti štampane površine (slika 2.14 a). To je ono što se vidi kao površinska neuniformnost u difuznoj ili usmerenoj, ne vidi se nužno i u spekularnoj refleksiji. Ako se, s druge strane, posmatra uzorak tako da je spekularna komponenta vidljiva, tada se govori u površinskoj neuniformnosti koja se naziva *gloss mottle* (slika 2.14 b). Ako se uzorak posmatra ispod osvetljenja koje je postavljeno redno (*engl. grazing illumination*) tada dolazi do površinske neuniformnosti koja se naziva *shading mottle* (slika 2.14 c). Sva ova tri slučaja mogu na različite načine dati manje ugodan utisak o posmatranom uzorku.



Slika 2.14. Podela površinske neuniformnosti prema Johansson-u: a) nehomogenost usled različite apsorpcije/refleksije svetlosti, b) *gloss mottle* i c) *shading mottle*

2.3.1.5. Uticajni parametri na pojavu površinske neuniformnosti u ofset tehnici štampe

U radovima (Plowman, 1994; Sadovnikov, 2005; Kaukonen, 2006) je definisana podela površinske neuniformnosti u zavisnosti od faktora koji uzrokuje neujednačenost: *back-trap mottle* (neujednačena apsorpcija boje u papiru), *water-interface mottle* (nedovoljna i neujednačena apsorpcija vode zbog neujednačene apsorpcije boje) i *ink-trap mottle* (mokro ili suvo; nepravilno preklapanje boja zbog sredstva za fiksiranje). Navedeni problemi se javljaju u ofset tehnici štampe, što nije slučaj u digitalnoj tehnici (Engström, 1994). U digitalnoj štampi, jedino pojam *back-trap mottle* može da se poveže sa površinskom neuniformnošću, što se i spominje u radu (Johanosson, 1999).

2.3.2. Metode za kvantifikaciju i analizu površinske (ne)uniformnosti

U dosadašnjoj literaturi su predložene brojne metode za merenje površinske neuniformnosti, od kojih je samo jedna standardizovana. Metode se generalno mogu podeliti u dve grupe:

1. metode zasnovane na metodi analize slike i
2. metode zasnovane na spektrofotometrijskom merenju.

Većina metoda spada u prvu grupu, dok je u drugoj grupi samo jedna, **M-Score metoda** predložena od strane Fogra (Kraushaar, 2011). M-Score metoda je korišćena u istraživanju i detaljno opisana u delu 5.4.1.

Metode bazirane na analizi slike koriste sliku (digitalizovan štampani otisak) na osnovu koje se izračunavaju razni parametri koji mogu da posluže za merenje površinske (ne)uniformnosti, iako im to nije prvenstva namena. Gebeješ je u svom radu (Gebeješ, 2013) dala pregled postojećih metoda koje mogu da se koriste za merenje teksture. Ove metode mogu da se primene i na merenje površinske (ne)uniformnosti, jer se i ova greška manifestuje kao oblik teksture. Ove metode se mogu podeliti u dve grupe:

1. metode bazirane na statističkoj obradi podataka (*engl. The Statistical Approach*) i
2. metode bazirane na spektralnom odzivu (*engl. The Spectral Approach*).

Statistički pristup. Metode iz ove grupe izračunavaju statistiku signala slike iz prostornog domena slike. Statističke metode analiziraju prostornu raspodelu vrednosti intenziteta piksela i mogu se klasifikovati kao prvi red, drugi ili čak viši red.

Statistike prvog reda koriste samo pojedinačne informacije o pikselima i izračunavaju jednostavne funkcije kao što su *Mean*, *Standard deviation* i *Higher-order moments* histograma. Statistike drugog reda koriste zavisnost dva piksela kako bi se uzeli u obzir odnosi referentnog i susednog piksela. Oni definišu matricu intenziteta nivoa piksela na osnovu koje se dalje preračunavaju parametri za analizu. **GLCM** (*engl. Gray Level Co-occurrence Matrix*) metod se bazira na ovom pristupu merenja teksture/površinske (ne)uniformnosti. Ovaj metod je korišćen u istraživanju i opisan u delu 5.4.1.

ISO 13660 metoda koja je korišćena u radu i detaljno opisana u delu 5.4.1. može da se svrsta u ovu grupu, jer se proračun površinske (ne)uniformnosti bazira na statističkoj obradi signala prvog reda. Ovaj metod je takođe korišćen i u mnogim dosadašnjim radovima (Wolin, 2002; Sadovnikov i drugi, 2005; Weingerl, 2014).

Spektralni pristup. Mnogi autori (Augustein i drugi, 1995; Unser, 1995; Lu i drugi, 1991; Buf i drugi, 1990; Livens i drugi, 1997; Feaugers, 1978; Julesz, 1975; Pollen i drugi, 1983; Daugman, 1990 citirani u Gebeješ, 2013) sugerišu da se analiza teksture/površinske (ne)uniformnosti radi u frekventnom domenu slike koristeći Furijeovu transformaciju (*engl. Fourier transform, FT*) ili Gabor funkcije (Augustein i drugi, 1995; Livens i drugi, 1997 citirani u Gebeješ, 2013) ili čak izvođenjem proračuna zasnovanih na dekompoziciji multi-rezolucije (*engl. multiresolution decomposition*) što podrazumeva korišćenje transformacije talasa (*engl. Wavelet transform, WT*) (Unser, 1995; Livens i drugi, 1997 citirani u Gebeješ, 2013).

U ovom istraživanju je korišćen **Integralni metod** koji se bazira na Furijeovoj transformaciji (Weingerl, 2014) i koji je opisan u delu 5.4.1.

Do sada navedene metode koje su korišćene u radu su otvorenog tipa i mogu se koristiti i po potrebi menjati jer su kodovi dostupni i upotrebljivi u softverima kao što je na primer MATLAB. Pored tih metoda, postoje i mnoge druge, ali su one nedostupne ili jedino mogu da se koriste kupovinom uređaja u kojima su ti algoritmi integrisani. Jedna od tih metoda je *STFI-Mottling Expert*³ koju je razvila firma *Innventia* (Christiansson, 2009). Međutim, ovaj metod ima nekoliko ograničenja jer se ne slaže u potpunosti sa funkcijama ljudskog vizuelnog sistema i meri varijacije samo u svetlini. Tako je razvijen novi metod koji bolje prati funkcije ljudskog vizuelnog sistema. Novi model ne uzima u obzir samo varijacije u svetlini (monohromatski), već i varijacije u boji (hromatični). Novi model takođe daje prednost sistematičnim varijacijama nego nasumičnim varijacijama, jer je ljudsko oko osetljivije na uređene strukture.

Rezultati evaluacije kako tradicionalnog, tako i novog modela upoređeni su sa rezultatima vizuelne evaluacije. Novi model je proizveo rezultat koji je znatno bolje korelirao sa vizuelnom procenom nego što je učinio tradicionalni model (Christoffersson, 2004). Obe spomenute metode se takođe baziraju na Furijeovoj transformaciji, isto kao i Integralni metod. STFI metod je korišćen i u radovima (Christiansson i Johansson, 2008; Madstedt, 2008).

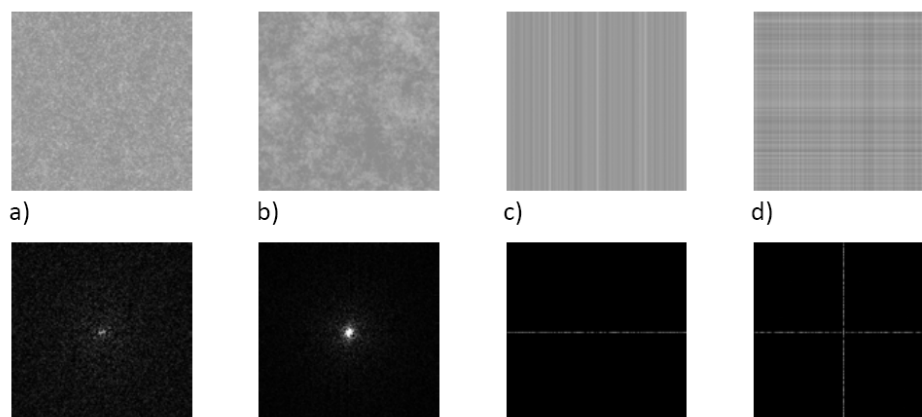
Metode opisane u radovima (Sebe i Lew, 2000) i (Rosenberger, 2001) takođe koriste Furijeovu transformaciju za merenje površinske neuniformnosti koje se baziraju na varijaciji kontrasta, dok veličinu oblika greške zanemaruju.

Furijeove transformacije

Mnoge pojave na svetu se mogu pogodno opisati pomoću talasa (npr. svetlost, okeanski talasi i sezonske promene). Važnost otkrića koju je napravio Furije (1822. godine) da se periodični talasni oblik bilo koje složenosti može analizirati pomoću sume harmonično povezanih sinusnih i kosinusnih talasa se ne sme zanemariti (Fahlcrantz, 2005). Metoda, sada poznata kao Furijeova analiza i proširena ne-periodična funkcija, imala je izuzetan uticaj na gotovo svako polje moderne nauke, kao i na naučne discipline koje proučavaju ljudske vizuelne fenomene. Danas, postoji puno dokaza koji ukazuju na to da HVS sam koristi procese koji su blisko povezani sa Furijeovom analizom (Fahlcrantz, 2005).

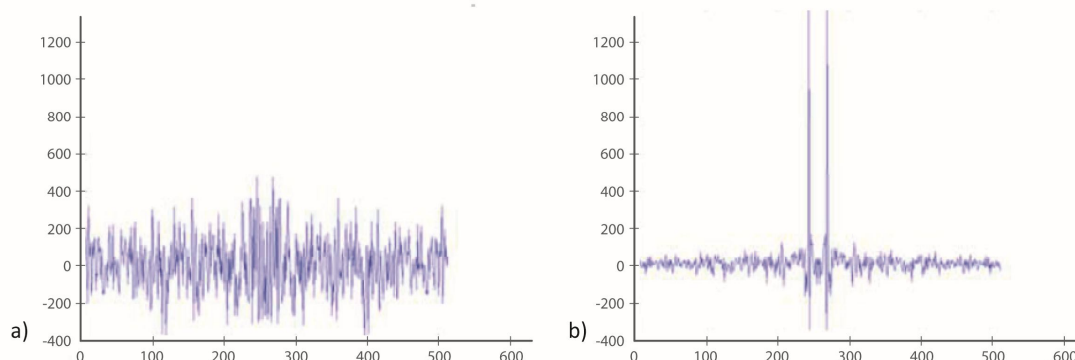
Ideja Furijeove analize je da razbije komplikovane signale u komponente na različitim frekvencijama. Uz pomoć Furijeove analize, slika se može transformisati iz prostornog domena, gde obično posmatramo sliku, u frekventni domen. U frekventnom domenu, svaka tačka predstavlja određenu frekvenciju sadržanu u slici prostornog domena. Poređenje slike u prostornom i frekventnom domenu je prikazano na slici 2.15.

³ Ovaj metod se koristi na Institutu Swedish Pulp and Paper Research Institute



Slika 2.15. Primeri Furijeove transformacije. Gornje slike prikazuju sliku u prostornom domenu, a slike ispod pokazuju odgovarajuću sliku u frekventnom domenu. Slike ilustruju nasumične varijacije: a) zrnčavost, b) motling i sistematične varijacije: c) trake i d) teksturu žice (Christoffersson, 2004)

Analizom frekvencija može se naći interval u kojem postoji sistematična greška, kao i veličina i orijentacija greške. Ako postoji sistematična varijacija površinske neuniformnosti, na grafikonu energetskeg spektra (*engl. Power Spectrum*) postoji nekoliko vrhova koji su приметni i viši od proseka. Ako je spektar ujednačen i nema takvih vrhova, tada se zna da je površinska neuniformnost u vidu nasumične varijacije. Na slici 2.16 su prikazana dva grafikona koja ilustruju primer nasumične i sistematične varijacije.



Slika 2.16. Primer 1-dimenzionalnog energetskeg spektra (frekventni domen): a) spektar snage slike sa nasumičnim varijacijama i b) spektar snage slike sa sistematičnim varijacijama

Cluster based metod

Još jednu metodu koja je zasnovana na klasterima (*engl. Cluster based*) je razvio Wolin (1999a i 1999b) u kojoj se neuniformnost štampe eksplicitno karakteriše u pogledu veličine i kontrasta. Pri tome se dopušta korišćenje dodatnih alata za analizu slike koje mogu pružiti dodatne informacije o morfologiji i lokacijama artifakata (*engl. mottle artifacts*) koji se mogu koristiti u identifikaciji izvora defekata. Ova metoda za analizu površinske neuniformnosti je korišćena u radovima (Wolin, 2002; Sadovnikov i drugi, 2005).

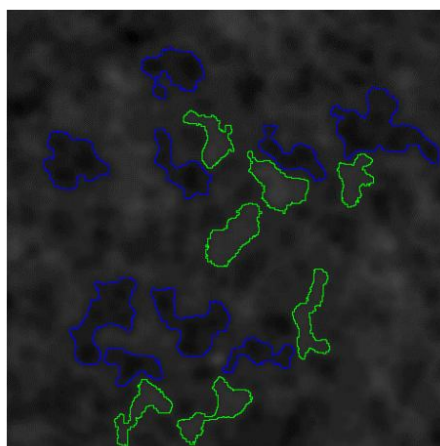
Klasteri su definisani kao kontinualni regioni piksela koji odgovaraju određenim unapred definisanim kriterijumima u smislu veličine i kontrasta (intenziteta piksela). Ovi klasteri različite veličine i kontrasta su konstruisani da bi se ispitali prostorni sadržaj i svetlina delova površinske neuniformnosti (Wolin 2002). Na slici 2.17 su je prikazana identifikacija klastera na otisku koji ima nasumičan oblik površinske neuniformnosti.

Sadovnikov i saradnici su u svom radu (Sadovnikov i drugi, 2005) detaljnije opisali ovu metodu i dali osnovne korake algoritma za izračunavanje *motling indeksa M*. Algoritam se sastoji iz sedam koraka:

- 1: Slika se zamuti korišćenjem *Gaussian low-pass* filtera. Ovaj korak praktično uklanja tačkastu šaru koja nastaje prilikom rastriranja i omekšava sve izolovane nedostatke u štampi (koje se ne smatraju motlingom).
- 2: Slika se dalje deli na opsege (pragove) iznad i ispod srednje vrednosti piksela slike koristeći *Weber fraction*. Ako se srednja vrednost intenziteta piksela značajno varira, treba razmotriti logaritamsku prirodu (*Fechner* ili neki drugi zakon) osetljivosti HVS-a.
- 3: U ovom koraku je potrebno ukloniti male klastere i razbiti konekcije između klastera.
- 4: U ovom koraku se uklanjaju delimično isečeni klasteri koji su blizu ivice slike.
- 5: Ovaj korak podrazumeva detektovanje geometrijskih atributa klastera.
- 6: Klasteri se dele u grupe na osnovu veličine i kontrasta. Grupe koje se formiraju na osnovu veličine su površine od 0-1 mm, 1-2 mm, ..., 9-10 mm. Klasteri veći od 10 mm se izbacuju iz proračuna. Grupe na osnovu kontrasta su 0-1 %, 1-2 %, ... , 9-10 %. Kontrast iznad 10% se izbacuje iz proračuna.
- 7: Na osnovu grupa klastera izračunava se motling indeks M , prema jednačini 2.2:

$$M = \sum_i W_a(a_i)W_c(c_i) \quad (2.2)$$

gde je i indeks za motling, a_i je površina svakog i -og polja, c_i je kontrast svakog i -og polja. $W_a(a_i)$ je veličina za svaku i -tu grupu veličine greške, a $W_c(c_i)$ je veličina za svaku i -tu grupu kontrasta.



Slika 2.17. Primer identifikacije klastera na primeru nasumične varijacije površinske neuniformnosti

Ostale metode za merenje površinske neuniformnosti

Nekoliko metoda je još spomenuto i korišćeno u dosadašnjim radovima za merenje površinske neuniformnosti. Sadovnikov i saradnici su u svom radu (Sadovnikov i drugi, 2005) koristili i *Bandpass* metodu koja uzima u obzir samo određeni raspon frekvencija.

U radovima (Bernié i drugi, 2004) i (Dubé i drugi, 2005) korišćena je *Wavelets* metoda za merenje površinske neuniformnosti, ali nisu dati detalji niti opis metode kako radi, stoga je u ovom istraživanju samo spomenuta.

2.3.3. Veličina polja za analizu površinske (ne)uniformnosti

Jedan od problema koji je primećen prilikom definisanja eksperimenta i metodologije istraživanja je veličina polja koja se uzima prilikom analize površinske neuniformnosti. U pregledanoj literaturi zapaženo je da su autori koristili različite veličine otisaka za analizu površinske neuniformnosti, prikazano u tabeli 2.4. Na primer, standardom ISO 13660 je određena jako mala površina od 12.7 x 12.7 mm, što se pokazalo kao nedovoljno za merenje površinske neuniformnosti otisaka. Najveći format je predložen u radu (Scheicher, 2011) i prema FOGRA standardu (Kraushaar, 2010).

Na osnovu analize svih predloženih veličina iz tabele 2.4, u ovom istraživanju je korišćena veličina polja od **160 x 160 mm** za objektivnu i za vizuelnu procenu površinske neuniformnosti.

Tabela 2.4. Pregled veličine polja za analizu površinske (ne)uniformnosti

Izvor:	Veličina polja	Opis test karte i dodatna podešavanja
(ISO, 2001)	12.7 x 12.7 mm	Test polje se deli na 100 jednakih delova na kojima se računa optička gustina.
(Rasmussen, Dalal i Hoffman, 2001)	215.9 x 279.4 mm	Korišćena su test polja od 20%CMY i 20% K.
(Christoffersson, 2004)	50 x 50 mm	15 crno-belih polja štampanih na konvencionalnim flekso i ofset mašinama. 4 digitalno simulirana uzorka. Varijacije su bile u boji i crno-bele, kao i nasumične i sistematične varijacije.
(Dubé i drugi, 2005)	76 x 102 mm	Uzorci su korišćeni iz instituta <i>Pulp and Paper Institute of Canada (Paprican)</i> . Ukupno je korišćeno 30 otisaka koji su uniformno štampani sa prednje i zadnje strane. koji su sadržali 30 otisaka. Polje je podeljeno na površine 42.5 mm ² koje je diskretizovano u slikama od 2048 x 2048 px (480 px / cm) sa Ng = 256 sivih nijansi.
(Lindberg i Fahlcrantz, 2005)	640 x 640 px	12 različitih monohromatskih digitalnih slika. Sve slike dobijene su sa istim srednjim nivoom refleksije (50%). Da bi ilustrovali značaj spektralne raspodele refleksionih varijacija u štampi, svim slikama je data ista varijacija refleksije, ali su se slike značajno razlikovale u nivou šuma.
(Sadovnikov i drugi, 2005)	45 x 45 mm	Uzorci su vizuelno procenjeni na 30 cm udaljenosti i za objektivnu analizu skenirani sa rezolucijom od 1200 spi.
(Rasmussen i drugi, 2006)	160 x 160 mm	Simulirane različite greške površinske neuniformnosti.

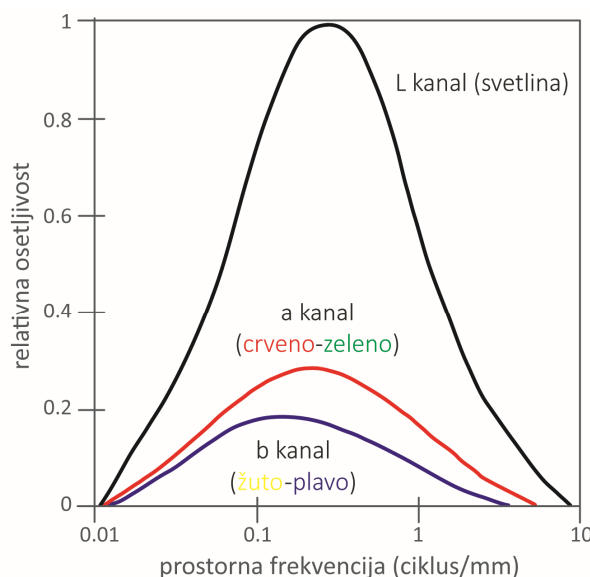
Izvor:	Veličina polja	Opis test karte i dodatna podešavanja
(Kaukonen, 2006)	1000 × 1000 px	Uzorci površinske neuniformnosti su napravljeni na programu <i>Discrim</i> koji je <i>Matlab-based</i> , koji korisnicima omogućava manipulaciju slikama i dodavanjem izobličenja, kao što su šare ili šum. Prilikom dodavanja šara na sliku, korisnik može odrediti vrednosti prostorne frekvencije (u ciklusima po stepenu, ciklusi po centimetru ili ciklusima po širini slike), orijentaciju (u stepenima), fazi (u stepenima, u odnosu na centar slike), tip (sinus, kvadratni ili trougao) i pik kontrasta (od nule do jedan).
(Bernié i drugi, 2007)	50 x 50 mm	Test polje je 100% K.
(Kawasaki i Ishisaki, 2009)	50 x 50 mm	Test polje sadrži pune tonove i tonsku vrednost od 50% za primarne boje (CMYK).
(Hladnik, Debeljak i Svetec, 2010)	25 x 25 mm	Test polje sadrži pune tonove za primarne boje (CMYK).
(Kraushaar, 2010)	297 x 420 mm	Koriste se tri test polja sa kombinacijom primarnih boja: C: 65, M: 50, Y: 50, K: 50 C: 40, M: 20, Y: 20, K: 20 C: 20, M: 15, Y: 15, K: 15 Polje se deli na 2714 delova, na polja od 6 x 6 mm na kojima se mere L^* , a^* i b^* koordinate.
(Rasmussen, 2010)	170 x 170 do 200 x 300 mm	Uzorci su skenirani rezolucijom od 600 spi.
(Scheicher 2011)	350 x 500 mm	Test polje sadrži pun ton cijana (100% C).
(Jurič i drugi, 2013)	100 x 100 mm.	Test karta sadrži polja sa punim tonom primarnih boja (CMYK).
(Weingerl, 2014)	162.1 x 162.1 mm	Skeniranje – 300 spi = 1914 x 1914 px 8 različitih simuliranih uzoraka. Za vizuelnu procenu je korišćeno polje od 70 x 70 mm, standardni posmatrač 10°, 40 cm udaljenost. Za M-Score metodu je korišćeno polje od 162.1 x 162.1 mm podeljeno na 24 redova i 24 kolona – 576 polja (6.75 x 6.75 mm).
(Jurič i drugi, 2014)	160 x 160 mm	Test karta sadrži polje od C: 65, M: 50, Y: 50 i K: 50%.

2.4. Subjektivna analiza površinske (ne)uniformnosti štampanih otisaka

Subjektivna analiza kvaliteta odštampanih otisaka podrazumeva procenu kvaliteta otiska od strane ljudskih ispitanika. Pomoću subjektivne analize moguće je proveriti da li je neki parametar kvaliteta uopšte vidljiv i/ili relevantan posmatračima. Subjektivna procena obuhvata psihofizičke eksperimente u kojima posmatrači ocenjuju set uzoraka na osnovu datih kriterijuma. Postoji nekoliko metoda za sprovođenje ovih eksperimenata (Pedersen 2011; Kingdom i Prins 2010), čiji izbor zavisi od toga šta želimo da postignemo sa vizuelnom procenom. Upotreba subjektivne metode je od velike koristi, jer je provera i procena objektivnih metoda jedino moguća na osnovu podataka vizuelne ocene. Validacija sa takvim podacima je jedini način da se provere objektivne metode koje se koriste za analizu otiska (u ovom slučaju površinske neuniformnosti).

Metode koje se koriste za evaluaciju otisaka bi trebalo što preciznije da prate funkcije ljudskog oka, tj. ljudskog vizuelnog sistema (HVS). Ljudski vizuelni sistem je vrlo dobar u detekciji šablona, jer instinktivno tragamo za redom u životu. Međutim, kada se radi o površinskoj (ne)uniformnosti u štampi, taj red (šablon) se pretvara u negativan termin (Christoffersson, 2004). Posmatrači uobičajeno ocenjuju sistematičnu varijaciju kao više ometajuću nego u slučaju nasumične varijacije kada je amplituda varijacije slična (Johansson i drugi, 1999; Fahlcrantz, 2002, str. 1; Fahlcrantz, 2005; Weingerl, 2014). Takođe, varijacije u svetlini su više ometajuće nego varijacije u tonu i zasićenju (Christoffersson, 2004).

Kada se slika razdvoji na kanale svetline (L-kanal) i kanale hromatičnosti (a i b kanal) dolazi se do zaključka da je ljudsko oko osetljivije na promene u L-kanalu, što podrazumeva varijacije sive. Takođe, osetljiviji smo na promene u a-kanalu nego u b-kanalu. Prema Bartenovoj funkciji osetljivosti kontrasta (*engl. Contrast Sensitivity Function, CSF*), odnos između kanala je približno 8:2:1 (Barten, 1999). To znači da bi promena u plavoj i žutoj skali morala biti oko osam puta veća od promene u crnoj i beloju skali za ljudsko oko da bismo ih smatrali jednako ometajućim (slika 2.18).



Slika 2.18. Osetljivost ljudskog vizuelnog sistema na Lab kanale. Odnos je približno 8:2:1 (Christoffersson, 2004)

Na osnovu psihofizičkih merenja pod različitim laboratorijskim uslovima predloženo je nekoliko modela CSF-a (Kim, Mantiuk i Lee, 2013; Rovamo, Kankaanpää i Kaukkonen, 1999; Westland i drugi, 2006, citirani u Weingerl, 2014) koji mogu da se koriste prilikom generisanja metoda za merenje, ako želimo da metode prate promene kontrasta, onako kako to ljudsko oko zapaža. U nastavku će biti navedena samo tri najčešće korišćena modela u oblasti objektivne ocene kvaliteta slike, uključujući i onaj koji je korišćen u eksperimentalnom delu za izračunavanje površinske (ne)uniformnosti pomoću Integralne metode.

Movshonov CSF model. *Movshon* i *Kiorpes* su predložili jednostavnu tri-parametarsku eksponencijalnu funkciju za opis kontrastne osetljivosti, gde f predstavlja prostornu frekvenciju u ciklusima/stepenima (jednačina 2.3):

$$csf(f) = a * f * e^{-b*f} \quad (2.3)$$

Sa izvršenim psihofizičkim merenjima kontrastne osetljivosti, oblik funkcije se može prilagoditi pomoću parametara a i b . Za opštu upotrebu predložene su vrednosti: $a = 75$ i $b = 0,2$. Model je relativno jednostavan i olakšava upotrebu bez dodatnih parametara (Weingerl, 2014). Međutim, to može biti i njegova slabost, jer ne dozvoljava da se funkcija prilagođava uslovima posmatranja koji snažno utiču na oblik funkcije (Movshon, 1998).

Bartenov CSF model. Barten je predložio složeni model koji se može prilagoditi uslovima posmatranja. Funkcija zavisi od izabranog stepena intenziteta, prečnika zenice i veličine posmatranog područja. Detaljan opis modela može se naći u (Barten, 1999).

Dalijev CSF model. U okviru objektivne metode za određivanje kvaliteta slike, nazvan *Visible Difference Predictor*, Dali je predstavio složenu funkciju nekoliko nezavisnih varijabli: prostorne frekvencije, orijentacija, stepen intenziteta, veličina slike, rastojanje posmatranja itd. Prednost modela ispred drugih je razmatranje orijentacije, jer je model osetljiviji na varijacije u horizontalnim i vertikalnim pravcima (Daly, 1993).

2.4.1. Psihofizički eksperimenti

Psihofizika je naučna studija odnosa između fizički merenih stimulansa i senzacija/percepata koje ti stimulusi izazivaju (Fairchild, 2013). Psihofizički eksperimenti se koriste za dobijanje kvantitativnih mera perceptualnih pojava koje se često smatraju subjektivnim. Važno je napomenuti da su rezultati ispravno dizajniranih psihofizičkih eksperimenata jednako objektivni i kvantitativni kao merenje dužine lenjirom (ili bilo koje drugo fizičko merenje). Jedina važna razlika je u tome što su varijanse povezane sa psihofizičkim merenjima znatno veće od onih kod većine fizičkih merenja. Međutim, rezultati su podjednako korisni i značajni dokle god se te nejasnoće uzimaju u obzir (kao što uvek treba biti i za fizička merenja). Psihofizički eksperimenti se koriste za proučavanje svih dimenzija ljudske percepcije.

Za određivanje psihofizičkih odnosa koriste se različite psihofizičke metode/eksperimenti, koje se razlikuju u njihovim mernim karakteristikama (objektivnost, osetljivost, pouzdanost i validnost). Njihov izbor zavisi od karakteristika stimulusa, koji će biti analiziran.

Vizuelni eksperimenti se mogu podeliti u dve osnovne grupe (Fairchild, 2013):

1. Eksperimenti određivanja praga (*engl. threshold*) i upoređivanja (*engl. matching*). Ovi eksperimenti se koriste za merenje vizuelne osetljivosti na male promene u stimulaciji.
2. Eksperimenti skaliranja (*engl. scaling*) koji su namenjeni utvrđivanju odnosa između fizičkih i perceptivnih veličina stimulusa.

Eksperimenti skaliranja imaju za cilj da definišu odnose između perceptualnih veličina i fizičkih mera intenziteta stimulusa. U zavisnosti od vrste i dimenzije potrebne skale, postoji nekoliko različitih metoda. Za potrebe istraživanja izabrano je **Multidimenzionalno skaliranje (MDS)**.

MDS je metoda slična jednodimenzionalnom skaliranju, ali ne zahteva pretpostavku da je atribut koji treba da bude skaliran jednodimenzionalan. Dimenzionalnost se dobija kao deo analize. U MDS-u, podaci su intervalna ili ordinarna skala sličnosti ili različitosti između svakog od stimulusa, a rezultat je multidimenzionalna mapa perceptualnih odnosa između stimulusa.

MDS je jedna od nekoliko multivarijantnih tehnika koja ima za cilj, da otkrije strukturu skupa podataka, određujući pozicije ajtema u malom broju dimenzija (najčešće u jednoj ili dve dimenzije). Ajtemi na grafiku bi trebalo da što bolje predstavljaju Euklidske distance posmatranih stimulusa (Bartholomew, 2008). MDS grafikon je vrlo jednostavan za tumačenje. MDS uređuje ajteme na grafikonu, tako da rastojanje između svakog para tačaka što je moguće više korelira sa razlikom između ta dva uzorka. Vrednosti na osama ne govore ništa o uzorcima, one služe samo za raspoređivanje ajtema po grafikonu na osnovu njihove sličnosti/različitosti.

Pored grafikona, još dva parametra su značajna u diskusiji dobijenih rezultata: *S-Stress* i koeficijent determinacije R^2 . Kruskal-ov *S-Stress* parametar ukazuje na dobru usaglašenost udaljenosti uzoraka na MDS mapi (grafiku) i ulaznih vrednosti iz matrice distanci. Vrednost *S-Stress* parametra treba da bude < 0.1 , dok su vrednosti > 0.15 neprihvatljive (Kruskal i Wish, 1978). Koeficijent determinacije R^2 treba da bude ≥ 0.6 (Meyer i drugi, 2005).

Podaci potrebni za MDS analizu se mogu dobiti korišćenjem uparenog poređenja (*engl. Paired comparison*) ili triadnim kombinovanim eksperimentom (*engl. triadic combination experiments*). U eksperimentu uparenog poređenja, upoređuju su svi uzorci u svim mogućim parovima i od posmatrača se traži da napravi procenu veličine uočene razlike između svakog para. Rezultirajuće procene za svaku kombinaciju uparivanja mogu biti podvrgnute MDS analizama. Upoređeni eksperiment je korišćen u ovom radu.

3. Predmet, problem i cilj istraživanja

„Set your goals high, and don't stop till you get there.“

Bo Jackson

Značajan broj metoda razvijenih za merenje površinske (ne)uniformnosti opisanih u pregledanoj literaturi ima izvesna ograničenja i nedostatke. Ograničenja se odnose na upotrebu, te su neke metode pogodne samo za nasumičnu ili samo za sistematičnu varijaciju neuniformnosti ili za merenje varijacije u svetlini ili u boji. S druge strane, osnovni nedostatak svih metoda je nepostojanje referentnih vrednosti, kao ni kategorije kvaliteta.

Predmet istraživanja. Kao predmet istraživanja postavljena je analiza postojećih metoda za merenje površinske (ne)uniformnosti i razvoj metodologije merenja ovog atributa kvaliteta za digitalno štampane otiske koja je u skladu sa vizuelnom procenom greške.

Površinska neuniformnost se definiše kao varijacija intenziteta reflektovane svetlosti (ili optičke gustine) na mestima gde se očekuje uniformna štampa ili uniformna površina. Oblik neuniformnosti se manifestuje u različitim oblicima i veličinama. Svaki ima svoj uzrok, tako da je neophodna nezavisna karakterizacija i identifikacija kako bi se obezbedila tačna detekcija i odgovarajuća korektivna mera (proces i kontrola štampe).

Problem istraživanja. Nepotpuno definisane metode koje se koriste za merenje površinske (ne)uniformnosti u pregledanoj i analiziranoj literaturi ukazuju na aktuelnost problema istraživanja i potrebu za njihovim unapređenjem. Osnovni nedostatak u metodama koje se baziraju na kvantifikaciji površinske neuniformnosti na osnovu analize slike je neodređen uređaj za digitalizaciju. Stoga su u ovom istraživanju izabrani različiti uređaji za digitalizaciju kako bi se ispitao njihov uticaj i međusobna zavisnost.

Cilj istraživanja. Osnovni cilj istraživanja je utvrđivanje veze između objektivnih metoda i subjektivne analize površinske neuniformnosti. Objektivne metode koje se koriste u uređajima za analizu kvaliteta su bitne, ali su nepotpune ako nisu potvrđene subjektivnom ocenom koja je dobijena u psihofizičkom eksperimentu u kojem je učestvovao veći broj posmatrača (ispitanika). Kao primenjeni cilj istraživanja može se definisati **implementacija metode** koja je u korelaciji sa vizuelnom ocenom kao industrijska primena kontrole kvaliteta otisaka.

4. Hipoteze istraživanja

*„If the results confirms the hypotheses, you've made a discovery.
If the result is contrary to the hypotheses, you've made a discovery.“*

Enrico Fermi

Pregledom prethodnih, eksperimentalno potvrđenih saznanja u oblasti kontrole kvaliteta štampe, postavljena je osnovna hipoteza istraživanja:

H: *„Postoji formalni parametar za merenje površinske neuniformnosti koji je u korelaciji sa opažajem ljudskih posmatrača i koji ne zavisi od karakteristika digitalizacije uzoraka - rezolucije skeniranja, izvora svetla ili formata snimanja.“*

Kako bi se osnovna hipoteza testirala, postavljene su pojedinačne hipoteze:

H1: *Rezolucija skeniranja neće imati uticaj na izmerene vrednosti površinske neuniformnosti, što se može proveriti upotrebom skenera kao uređaja za digitalizaciju.*

H2: *Izračunate vrednosti površinske neuniformnosti se neće razlikovati ako su slike snimljene kao RAW ili JPEG format, što se može proveriti upotrebom digitalnog fotoaparata kao ulaznog uređaja za digitalizaciju.*

H3: *Izvor svetla neće imati uticaj na izmerene vrednosti površinske neuniformnosti, što se može proveriti upotrebom digitalnog fotoaparata ili mobilnog telefona kao uređaja za digitalizaciju.*

Razvijena je metodologija istraživanja i urađeni su određeni eksperimenti kako bi se potvrdile pojedinačne hipoteze koje na kraju potvrđuju osnovnu hipotezu.

5. Metodologija istraživanja

5.1. Plan i faze istraživanja

Plan istraživanja obuhvata određene faze izvođenja eksperimenta. Faze izvođenja eksperimenta su šematski prikazane na slici 5.1 i definisane su da bi istraživanje moglo kvalitetno i efikasno da se sprovede. Glavne faze su obeležene brojevima i narandžastom bojom, dok su pojedini koraci obeleženi zelenom bojom.

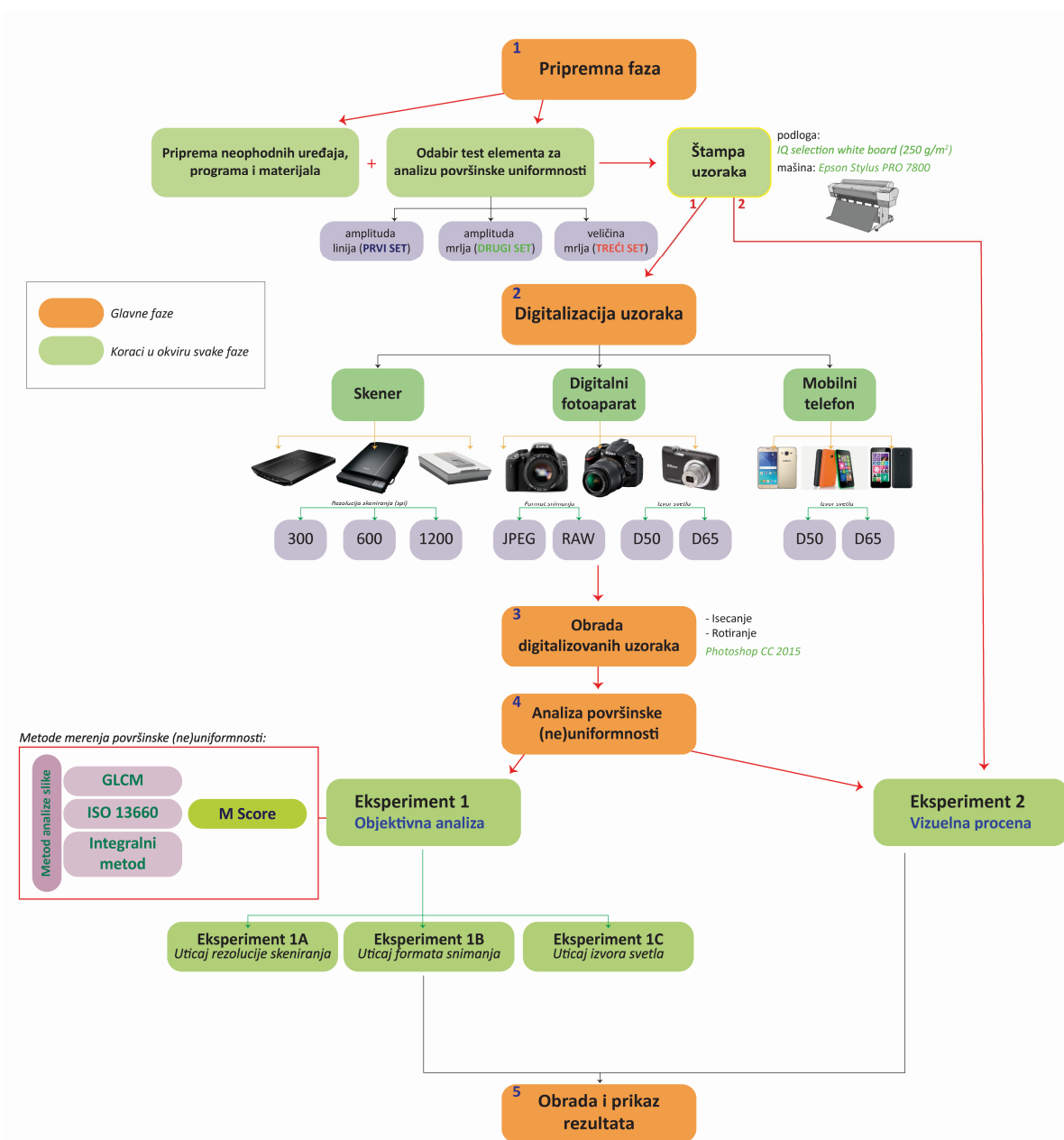
Pripremna faza je prva faza koja podrazumeva odabir svih potrebnih elemenata za sprovođenje istraživanja. U ovoj fazi su izabrani i precizirani svi uređaji, instrumenti, programi, materijali i pripremljeni su uzorci za istraživanje. Prvi korak podrazumeva odabir svih uređaja neophodnih za digitalizaciju odštampanih uzoraka, štamparsku mašinu za štampu uzoraka i merni uređaj za karakterizaciju izvora svetla. Opis programskih alata podrazumeva definisanje programa za obradu snimljenih slika, podataka dobijenih merenjima, analizu rezultata i tome sl. U drugom koraku su definisani uzorci korišćeni u istraživanju. Uzorci su štampani materijali, tako da je bilo potrebno izabrati materijal za štampu, štamparsku mašinu i naravno sadržaj uzoraka (definisanje različitog nivoa površinske neuniformnosti). Rezultat trećeg koraka prve faze su odštampani uzorci spremni za izvođenje eksperimenta.

Osnovni nedostatak kontrole kvaliteta otiska preko analize slike je nedefinisan uređaj za **digitalizaciju uzoraka**. Stoga su u okviru istraživanja izabrani različiti ulazni uređaji. Uređaji za digitalizaciju su podeljeni u tri osnovne grupe: skeneri, digitalni fotoaparati i mobilni telefoni. U svakoj grupi su korišćena tri uređaja koji se razlikuju prema osnovnim karakteristikama, specifikacijama i konstrukciji. Kod svakog skenera je varirana rezolucija skeniranja. Izabrane su tri rezolucije: 300, 600 i 1200 spi. Prilikom digitalizacije sa fotoaparatom i mobilnim telefonom, variran je izvor svetla: D50 i D65. Kod fotoaparata koji imaju mogućnost zapisa RAW formata, slike su sačuvane kao RAW i JPEG format kako bi se ispitalo da li postoji razlika između dobijenih vrednosti površinske uniformnosti kada se koristi kvalitetniji zapis. Druga faza kao rezultat daje digitalizovane uzorke za dalju obradu.

U trećoj fazi je izvršena **obrada digitalizovanih uzoraka**, gde se pod obradom podrazumevaju samo dve operacije: isecanje test elementa na potrebne dimenzije (koje se razlikuju u zavisnosti od rezolucije ulaznog uređaja) i eventualno rotiranje. Digitalizovani uzorci nisu podvrgnuti nijednoj operaciji retuširanja ili korekcije.

Srž istraživanja je četvrta faza u kojoj je urađena **analiza površinske neuniformnosti**. U okviru ove faze sprovedena su dva eksperimenta koji imaju za cilj pronalaženje odnosa između

izmerenih vrednosti površinske neuniformnosti koristeći različite metode i vizuelne procene istih uzoraka.



Slika 5.1. Šematski prikaz odvijanja istraživanja

Eksperiment 1 obuhvata objektivnu analizu u kom su najpre izabrane metode (algoritmi) za merenje površinske neuniformnosti. Da bi se kao rezultat ovog eksperimenta dobio predlog i optimizacija uređaja za dalju analizu, on je podeljen na tri dela. U *eksperimentu 1A* ispitan je uticaj rezolucije skeniranja. Zaključak ovog eksperimenta smanjuje broj digitalnih uzoraka i daje predlog vrednosti rezolucije skeniranja za dalju obradu rezultata. *Eksperiment 1B* daje odgovor na pitanje: Da li ima potrebe snimati uzorke kao RAW format? U ovom delu su upoređeni rezultati površinske neuniformnosti dobijeni na uzorcima čuvanim kao RAW i kao JPEG format. *Eksperiment 1C* se sprovodi s ciljem da se ispita uticaj izvora svetla pri snimanju (digitalizaciji)

uzoraka. Korišćena su dva izvora svetla koja simuliraju dnevno svetlo (D50 i D65) i za njih je urađena analiza. Na osnovu ova tri eksperimenta zaključeno je da li postoji razlika između uređaja koji su se koristili za digitalizaciju i da li postoji razlika u izvoru svetla koji se koristi prilikom snimanja uzoraka.

Eksperiment 2 se odnosi na subjektivnu analizu, tj. vizuelnu evaluaciju uzoraka. U ovom eksperimentu su ispitanici ocenjivali površinsku neuniformnost otisaka upoređujući dva uzorka istovremeno. Na osnovu rezultata dobijenih u eksperimentu 2 zaključeno je na koji način ljudski vizuelni sistem reaguje na različit nivo neuniformnosti štampe i dobijene su numeričke vrednosti (ocene) koje su u sledećoj fazi upoređene sa izmerenim vrednostima.

Poslednja faza predstavlja **obradu i analizu rezultata** dobijenih iz eksperimenta 1 i 2. Na osnovu zaključaka eksperimenta 1 i 2 definišu se:

1. uređaj za digitalizaciju i potrebna podešavanja,
2. metod za analizu površinske neuniformnosti štampe i
3. veza između izmerene i vizuelne procene.

Izlaz ove faze je optimizovan model za kontrolu površinske neuniformnosti digitalnih otisaka.

5.2. Definisanje nepromenljivih i varijabilnih parametara istraživanja

Pre početka istraživanja neophodno je utvrditi i definisati parametre, kako nepromenljive tako i varijabilne.

Nepromenljivi parametri u okviru istraživanja su štampani uzorci koji su korišćeni u **Eksperimentu 1** i **Eksperimentu 2**. Štampani uzorci podrazumevaju odabir test elementa, papira i štamparske mašine. Svi elementi su detaljno opisani u delovima 5.3.1.1 i 5.3.1.2.

U **eksperimentu 1** osnovni varijabilan parametar je **uređaj za digitalizaciju**. Zatim je za svaki uređaj kao dodatni varijabilan parametar izabrana različita rezolucija skeniranja (skener), format snimanja digitalizovanih uzoraka (digitalni fotoaparati) i izvor svetla korišćen za osvetljavanje uzoraka (digitalni fotoaparati i mobilni telefon). Princip selekcije navedenih varijabilnih parametara, odnosno kriterijum varijabilnosti definisan je u delu 5.3.1.3.

Eksperiment 2 podrazumeva vizuelnu evaluaciju uzoraka u okviru kog su uzorci varijabilan parametar, dok su postavka eksperimenta (udaljenost ispitanika) i uslovi posmatranja (ambijentalno osvetljenje) bili konstantni.

5.3. Priprema istraživanja

5.3.1. Objektivna analiza / Eksperiment 1

Eksperiment 1 podrazumeva objektivnu analizu površinske neuniformnosti digitalno štampanih otisaka, tako da je za potrebe ovog eksperimenta neophodno definisati sve uređaje, materijale i programske alate koji će se koristiti u istraživanju. Za izvođenje eksperimenta neophodni su i uzorci koji su u ovom slučaju digitalno štampani otisci. Uzorci moraju prevashodno biti pripremljeni i definisani digitalno, a zatim i odštampani na izabranoj mašini za štampu. Da bi eksperiment bio što efikasniji, pre početka rada je potrebno opisati proceduru i način izvođenja svih koraka u toku eksperimenta.

5.3.1.1. Uređaji, materijali i programski alati korišćeni u istraživanju

U ovom poglavlju su detaljno opisani svi potrebni uređaji za izvođene eksperimenta, kao i potrebni materijali (uzorci) i programski alati. Za svaki uređaj je prikazan njegov izgled kao i karakteristike bitne za ovo istraživanje.

Uređaji

Uređaji neophodni za istraživanje su podeljeni u tri grupe. U prvoj je opisana mašina za štampu uzoraka, u drugoj su opisani svi uređaji za digitalizaciju uzoraka i u trećoj su opisani svi merni instrumenti koji su potrebni za pripremu samog eksperimenta.

Mašina za štampu - Epson Stylus PRO 7800

Uzorci potrebni u okviru istraživanja štampani su na ink džet mašini – *Epson Stylus Pro 7800*. Ova digitalna mašina je bazirana na *Piezo inkjet* tehnici štampe i ima mogućnost štampe iz rolne i iz tabaka. Mašina poseduje 180 *Epson Micro Piezo™* mlaznica za svaku boju i posebno formulisane boje – *UltraChrome K3 (Photo Black ili Matte Black, Light Black, Light Light Black, Cyan, Magenta, Light Cyan, Light Magenta, Yellow)*. Pre upotrebe mašine za štampu urađen je test mlaznica, kako bi se proverilo da li su sve mlaznice prohodne (otpušene). Na slici 5.2 je prikazan izgled štamparske mašine i izgled test karte za kontrolu mlaznica (*engl. Nozzle check*). Osnovne karakteristike su date u tabeli 5.1.

Tabela 5.1. Karakteristike mašine za štampu: *Epson Stylus Pro 7800 (Epson, 2003)*

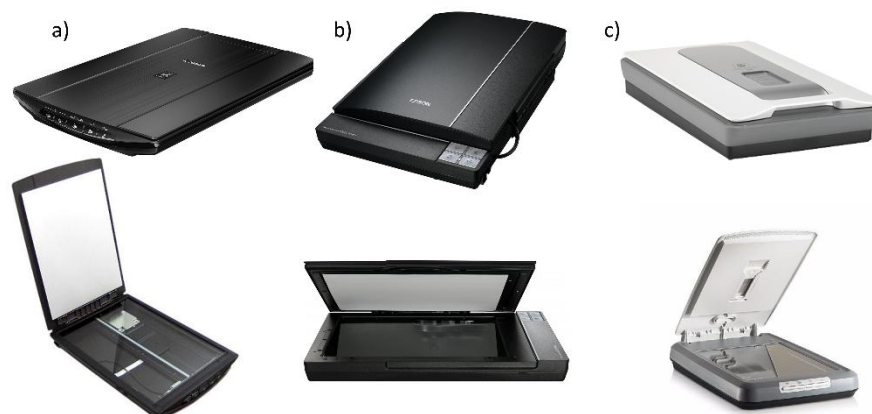
Tehnika štampe	On-demand ink jet / Piezo		
Mlaznice	Crna: 180 mlaznica x 3 (Photo Black or Matte Black, Light Black, Light Light Black) U boji: 180 mlaznica x 5 (Cyan, Magenta, Light Cyan, Light Magenta, Yellow)		
Rezolucija	Horizontalno	Širina štampe	Broj tačaka
	360 dpi	617.6 mm	8.753
	720 dpi	617.6 mm	17.506
	1440 dpi	617.6 mm	35.013
	2880 dpi	617.6 mm	70.027
Maksimalna rezolucija	2880 x 1440 dpi		
Pravac štampe	Dvosmerno		
Podloge za štampu	Rolna ili tabak		



Slika 5.2. Epson Stylus Pro 7800 štamparska mašina sa testom za kontrolu mlaznica

Skeneri

Prvu grupu uređaja za digitalizaciju čine tri ravna skenera: *CanoScan LIDE 210*, *Epson V370 Perfection* i *HP ScanJet G4010*, koji su prikazani na slici 5.3. Za ovaj tip sistema digitalizacije (*scanner-based*) jedino je potreban uređaj – skener, dok je lampa za osvetljavanje uzorka ugrađena u sam uređaj. Izabrani skeneri imaju različite lampe (RGB LED, bele LED diode i fluorescentna lampa) i različite senzore – CCD i CIS koji su detaljno opisani u poglavlju 2.2.3.1. Osnovne karakteristike skenera korišćenih u istraživanju su date u tabeli 5.2.



Slika 5.3. Skeneri korišćeni u istraživanju: a) *CanoScan LIDE 210*, b) *Epson V370Perfection* i c) *HP ScanJet G4010*

Tabela 5.2. Karakteristike skenera korišćenih u istraživanju: *CanoScan LIDE 210* (Cnet, 2017a), *Epson V370Perfection* (Cnet, 2017b) i *HP ScanJet G4010* (HP, 2015)

Skener	CanoScan LIDE 210	Epson V370Perfection	HP ScanJet G4010
Tehnika	CIS	CCD	CCD
Optička rezolucija	4800 spi	4800 x 9600 spi (sa Micro Step Drive™ tehnika)	4800 spi
Interpolirana rezolucija	19 200 spi	12 800 spi	-
Dubina boja (u boji)	48-bit	48-bit	96-bit
Lampa	RGB LED diode	Bele LED diode	Hladna katodna fluorescentna lampa
Površina skeniranja	21.59 x 29.72 cm	21.59 x 29.72 cm	21.59 x 29.72 cm

Digitalni fotoaparati

Za ovu grupu uređaja su izabrana **dva DSLR profesionalna fotoaparata** od dva različita proizvođača: Canon EOS D550 i Nikon D3200 i **jedan kompaktni fotoaparati** Nikon Coolpix S2600. Iako se jasno zna da je Coolpix S2600 mnogo lošiji uređaj od prethodna dva, ipak je uvršten u istraživanje radi provjere i ispitivanja da li i ova klasa fotoaparata može da posluži za analizu površinske neuniformnosti digitalno štampanih otisaka. Za razliku od DSLR aparata, kompaktni su mnogo manji i lakši, ali imaju fiksiran objektiv i blic i mnogo manju ISO osetljivost, što nužno dovodi do većeg šuma na slikama (Dedijer, 2018).

- **Canon EOS D550**

Canon EOS 550D spada u kategoriju DSLR kamera sa izmenljivim objektivima, pri čemu je opseg žižnih daljina kit objektiv koji je u radu korišćen 18-55 mm (sa otvorima blende f/3.5-5.6). Sama kamera omogućava snimanje rezolucije od 18 Mpi, dok CMOS senzor osigurava brz i stabilan rad. Karakteristike kamere date su u tabeli 5.3, dok slika 5.4 prikazuje kameru sa kit objektivom EF-S 18-55mm f/3.5-5.6 IS koji je korišćen u ovom radu.



Slika 5.4. Digitalna kamera Canon EOS 550D i kit objektiv EF-S 18-55mm f/3.5-5.6 IS (Canon, 2015)

Tabela 5.3. Karakteristike digitalne kamere Canon EOS 550D (Canon, 2015)

Senzor	Tip: CMOS , Veličina: 22.3 x 14.9mm Odnos strana: 3:2
Efektivan broj piksela	Oko 18 Mpi
Ukupan broj piksela	Oko 18.7 Mpi
Format snimaka	JPEG, RAW, RAW + JPEG (samo visoke rezolucije)
Veličina snimaka [px]	JPEG: 5184 x 3456, 3456 x 2304, 2592 x 1728. RAW: 5184 x 3456
Tip procesora	DIGIC 4
Fokus	TTL-CT-SIR AF – namenski sa CMOS senzorom, 9 AF tačka (f/5,6 krstasti tip u centru, velika osetljivost na f/2,8) od - 0,5 do 18 EV (pri 23°C i ISO100)
ISO osetljivost	AUTO: 100-6400 proširivo do cca. 12800 sa 1-stop koracima
Brzina zatvarača	30 – 1/4000 sek (koraci od 1/2 ili 1/3)
Prostori boja	sRGB i Adobe RGB
Filteri u boji	RGB
Pentaprizma	Pentaogledalo

- **Nikon D3200**

Nikon D3200 refleksni digitalni fotoaparata sa jednim objektivom spada takođe u klasu DSLR fotoaparata. Ima veću rezoluciju od Canon-a. Opremljen je sa 24,2 Mpi CMOS senzorom. Nikonov dodatak EXPEED 3 omogućava obradu slike što kao rezultata daje izvanredne fotografije i digitalne filmove u punoj visokoj definiciji. Glavna prednost ovog uređaja je sistem za izuzetno oštar autofokus sa 11 tačaka. Objektiv korišćen u radu je AF-S DX NIKKOR 18-55 mm f/3.5-5.6 G VR. Izgled fotoaparata sa objektivom je prikazan na slici 5.5, a osnovne tehničke karakteristike su prikazane u tabeli 5.4.



Slika 5.5. Izgled Nikon D3200 fotoaparata sa objektivom AF-S DX NIKKOR 18-55 mm f/3.5-5.6 G VR

Tabela 5.4. Karakteristike digitalne kamere Nikon D3200 (Nikon, 2017a)

Senzor	Tip: CMOS, Veličina: 23.2 x 15.4 mm
Efektivan broj piksela	Oko 24.2 Mpi
Ukupan broj piksela	Oko 24.7 Mpi
Format snimaka	NEF (RAW): 12 bita, kompresovani JPEG: JPEG-Baseline compliant sa fine (približno 1:4), normal (približno 1:8) ili basic (približno 1:16) kompresijom (RAW)+JPEG: jedna fotografija snimljena i u NEF (RAW) i u JPEG formatu
Veličina snimaka [px]	6016 x 4000 (<i>Large</i>) 4512 x 3000 (<i>Medium</i>) 3008 x 2000 (<i>Small</i>)
Fokus	Nikon Multi-CAM 1000 autofokusni senzor modul sa TTL faznom detekcijom, 11 tačaka fokusa od -1 do +19 EV (ISO 100, 20 °C/68 °F)
ISO osetljivost	ISO 100 – 6400 u koracima od 1 EV; takođe, može da se podesi na oko 1 EV iznad ISO 6400 (ekvivalentno sa ISO 12.800); dostupna je automatska kontrola ISO osetljivosti
Brzina zatvarača	30 – 1/4000 sec (koraci od 1/3) Time (potreban je opcioni bežični daljinski okidač ML-L3)
Prostori boja	sRGB i Adobe RGB
Filteri u boji	RGB
Pentaprizma	Pentaogledalo

- **Nikon Coolpix S2600**

Pored profesionalnih fotoaparata, izabran je i jedan kompaktni fotoaparat kompanije Nikon – *Coolpix S2600*. Ovaj fotoaparat nema mogućnost nadogradnje objektivu, svi elementi su već ugrađeni i ne mogu da se menjaju, poseduje CCD senzor sa 14 megapiksela. Jedini parametar koji može da bude konstantan prilikom snimanja kod ovog uređaja je ISO vrednost, dok otvor blende i brzina zatvaranja variraju u zavisnosti od osvetljenja i fokusa. Fokus je moguće podesiti da bude automatski ili manuelni. U ovom istraživanju je izabran manuelni jer na test karti ne postoji oštar element koji bi mogao da posluži za autofokus. Izgled fotoaparata sa objektivom je prikazan na slici 5.6, a osnovne tehničke karakteristike su prikazane u tabeli 5.5.



Slika 5.6. Izgled kompaktnog fotoaparata Nikon Coolpix S2600 (Nikon, 2017b)




Tabela 5.5. Karakteristike digitalne kamere Nikon D3200 (Nikon, 2017b)

Senzor	Tip: CCD
Efektivan broj piksela	14 Mpi
Ukupan broj piksela	Okolo 14.48 Mpi
Format snimaka	JPEG
Veličina snimaka [px]	14M [4320 x 3240] 8M [3264 x 2448] 4M [2272 x 1704] 2M [1600 x 1200]
Fokus	Autofokus Manuelni
ISO osetljivost	ISO 80-1600, ISO 3200 (samo za veličinu slike od 2M (1600 x 1200) ili snimak VGA (640 x 480))
Sočiva	5x zoom NIKKOR; 4.6-23.0 mm f/3.2-6.5;

Mobilni telefoni

Drugi tip uređaja za *camera-based* sistem kontrole kvaliteta otisaka izabrana su tri različita mobilna telefona. Osnovna razlika između njih je kvalitet kamere, što i jeste najbitnija karakteristika mobilnog telefona potrebna za ovo istraživanje. Svi mobilni telefoni imaju različit operativni sistem, tako da je izabran jedan kao predstavnik *Android* platforme, drugi za *Windows* i treći za *iOS*. Na slici 5.7 prikazan je izgled svih mobilnih telefona sa tačnim nazivima i dimenzijama uređaja. U tabeli 5.6 su predstavljene osnovne karakteristike svih telefona uporedno, radi lakšeg pregleda.

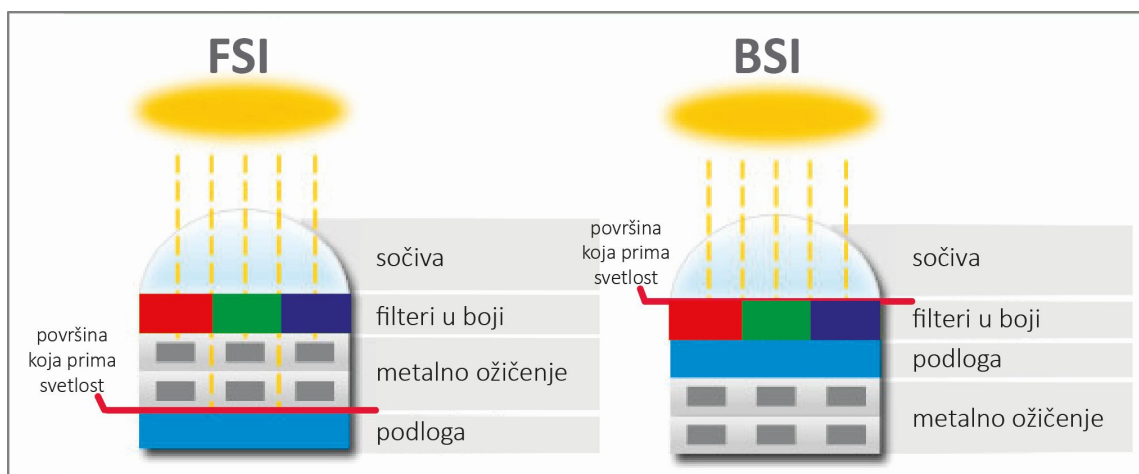
Tabela 5.6. Karakteristike mobilnih telefona: Samsung Galaxy J5, Nokia Lumia 630 i Apple iPhone 5 (Phonearena, 2017)

Mobilni telefon	Samsung Galaxy J5	Nokia Lumia 630	Apple iPhone 5
Tip uređaja	Smart phone	Smart phone	Smart phone
Operativni sistem	Android	Windows	iOS
Displej			
Veličina	5.0 in	4.5 in	4.0 in
Rezolucija	720 x 1280 pixels	480 x 854 pixels	640 x 1136 pixels
Gustina piksela	 294 ppi	 218 ppi	 326 ppi
Tehnika	Super AMOLED	IPS LCD	IPS LCD
Maksimum svetline	-	-	500 cd/m ²
Kamera			
Broj Mpi	13 Mpi	5 Mpi	8 Mpi
Blic	LED	-	LED
Otvor blende	f/1.9	f/2.4	f/2.4
Žižna daljina (ekvivalentno 35 mm)	<i>ne postoji informacija</i>	28 mm	33 mm
Veličina senzora kamere	<i>ne postoji informacija</i>	1/4"	1/3.2"
Veličina piksela	-	-	1.4 μm
Osobine kamere	Autofocus, CMOS senzor	Autofocus, senzor - <i>ne postoji informacija</i>	Autofocus, BSI senzor (Back-illuminated)
Moguće opcije	Kompenzacija ekspozicije Kontrola ISO vrednosti Kontrola belog balansa	Kontrola ISO vrednosti Kontrola belog balansa	Kompenzacija ekspozicije
Režimi snimanja	Burst mode, Panorama, Scenes, Effects	Panorama, Night mode, Scenes	High Dynamic Range mode (HDR), Panorama
Format snimanja	JPEG	JPEG	JPEG
Hardver			
Sistemski čip	Qualcomm Snapdragon 410 8916	Qualcomm Snapdragon 400	Apple A6
Procesor	Quad-core, 1200 MHz, ARM Cortex-A53, 64-bit	Quad-core, 1200 MHz, ARM Cortex-A7	Dual-core, 1300 MHz, Apple Swift, 32 nm
Grafička kartica	Adreno 306	Adreno 305	PowerVR SGX543MP3
Memorija	1.5 GB RAM	0.5 GB RAM	1 GB RAM
Memorija	8 GB	8 GB	64 GB
Mogućnost memorijskog proširenja	microSD, microSDHC, microSDXC do 128 GB	microSD, microSDHC, microSDXC do 128 GB	
Na tržištu od:			
	18. Jun 2015.	02. April 2014.	12. Septembar 2012.



Slika 5.7. Prikaz mobilnih telefona korišćenih u istraživanju: Samsung Galaxy 5, Nokia Lumia 630 i Apple iPhone 5 (Phonearena, 2017)

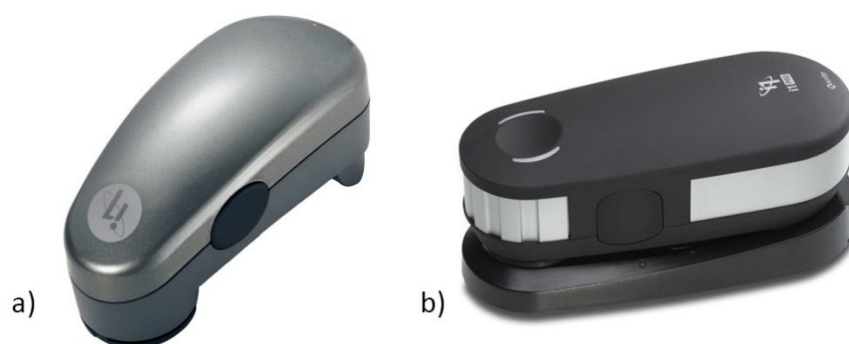
Na osnovu karakteristika kamera prikazanih u tabeli 5.6 jasno se vidi razlika između izabranih mobilnih telefona. Pored broja megapiksela, ključna razlika između uređaja je u senzoru kamere. Osnovna uloga senzora je da upadnu svetlost koja prođe kroz objektiv uz pomoć ćelija senzora pretvori u brojčane vrednosti, koje se zatim snimaju za dalju obradu u izabranom formatu. Osnovna razlika između CMOS i BSI (*engl. Back-Illuminated Sensor*) CMOS senzora se vidi na slici 5.8. Konstrukcija BSI senzora omogućava lakši prolaz svetlosti do senzora. Kod regularnog, osvetljenog sa prednje strane (*engl. Front-Illuminated, FI*) CMOS senzora, svetlost treba da 'putuje' kroz metalne žice i elemente kola pre nego što stigne do dioda. BSI senzor je zbog svoje građe osetljiviji na svetlost. Veća osetljivost na svetlost znači da je manje svetla potrebno da bi slika bila pravilno eksponirana, sa manje šuma.



Slika 5.8. Razlika između FI i BSI CMOS senzora

Merni instrument – Eye One Pro i Eye One Pro 2

Spektrofotometar je potreban za karakterizaciju izvora svetla korišćenog prilikom digitalizacije uzoraka i u toku vizuelne procene i za merenje $L^*a^*b^*$ koordinata u okviru M-Score metode za analizu površinske (ne)uniformnosti. Za potrebe eksperimenta izabrani su spektrofotometri usmerene geometrije firme Gretag Macbeth (sada X-Rite) – Eye One Pro (i1 skraćeno) i Eye One Pro 2. Uređaj ima mogućnost merenja refleksije, emisije zračenja kao i ambijentalnog osvetljenja (uz dodatak difuzera). Merni otvor uređaja je 4.5 mm, a merenje se vrši u rangu 380-730 nm, sa korakom od 10 nm. Kalibracija oba uređaja se vrši na beloj pločici koja se dobija uz sam uređaj. Izgled oba uređaja prikazan je na slici 5.9, dok se njihove tehničke karakteristike nalaze u tabeli 5.7.



Slika 5.9. Izgled spektrofotometra a) Eye One Pro i b) Eye One Pro 2

Tabela 5.7. Tehničke karakteristike spektrofotometra Eye One Pro (X-Rite, 2007) i Eye One Pro 2 (X-Rite, 2017)

	Eye One Pro	Eye One Pro 2
Merna geometrija	45°/0°	45°/0°
Izvor svetla	Sijalica punjena gasom, iluminant A	Sijalica punjena gasom, iluminant A i UV LED
Pozicija osvetljenja	Obodno osvetljenje, DIN 5033	Kružno osvetljenje, ISO 13655:2009
Razdvajanje svetla	Hologrfska difrakciona rešetka	-
Prečnik mernog otvora	4.5 mm	4.5 mm
Opseg merenja	380 - 730 nm	380 - 730 nm
Fizički interval uzorkovanja	3.5 nm	3.5 nm
Ponovljivost u kratkom vremenu	0.1 - ΔE^*_{94} (D50, 2°) - srednja CIELAB vrednost 10 merenja bele boje u intervalima od 3 sekunde x,y: +/- 0.002 tipično (CRT 5000°K, 80 cd/m ²)	0.1 - ΔE^*_{94} (D50, 2°) - srednja CIELAB vrednost 10 merenja bele boje u intervalima od 3 sekunde
Uslovi merenja	-	<ul style="list-style-type: none"> • UV uključeno - ISO 13655:2009, M0 uslov merenja • D50 - ISO 13655:2009, M1 uslov merenja • isključen UV filter - ISO 13655:2009, M2 uslov merenja

Papir

S obzirom da ne postoji standard koji definiše na kojoj podlozi je potrebno štampati uzorke za procenu površinske neuniformnosti, izabran je komercijalno dostupan nepremazni papir **IQ selection white board (250 g/m²)**. Papir je u potpunosti bez hlora (*engl. TCF - totally chlorine-free*) i bez dodatnih optičkih izbeljivača (*engl. OBA – optical brightening agent*). Osnovne osobine papira date od proizvođača su prikazane u tabeli 5.8.

Tabela 5.8. Osobine papire date od proizvođača – Europapier (Europapier, 2017)

Papir	Gramatura (ISO 536)	Specifična zapremina	Debljina (ISO 534)	ISO Brightness D65/10° (ISO 2470)	CIE-Whiteness (ISO 11475)
IQ Selection white board	250 g/m ²	1.42 cm ³ /g	355 µm	113.5 %	170 %

Programski alati korišćeni u istraživanju

U okviru eksperimenta, pored uređaja i instrumenata za analizu potrebni su i određeni softveri. Nakon digitalizacije štampanih uzoraka i pre dalje obrade podataka, neophodno je obraditi dobijene digitalne slike. Pod obradom se podrazumeva samo operacija isecanja i eventualno rotiranja. U ovoj fazi korišćen je softver **Adobe Photoshop CC 2015**. Uzorci koji su digitalizovani fotoaparatom i koji su čuvani kao RAW format su prebačeni u TIF korišćenjem dodatka **Camera RAW 8.0**. Slika je sačuvana kao **tif* format bez dodatnih korekcija. Sva izvorna podešavanja su bila sačuvana. Za kontrolu kvaliteta otisaka pomoću metode analize slike korišćen je softver **MATLAB®** (verzija R2011a). Za metod analize površinske neuniformnosti generisana je skripta radi lakše i brže obrade podataka. Skripta je data u **Prilogu P1**. Ovaj softver se koristio i za generisanje uzoraka koji sadrže različit nivo neuniformnosti. Statistička obrada podataka izvršena je u softveru **IBM SPSS Statistics 20**. U okviru pripreme vizuelne evaluacije otisaka urađena je provera lampe koja se koristila. Za potrebe ovog testa, uz spektrofotometar i₁ korišćen je softver **Babel Color CT&A**. Prilikom merenja $L^*a^*b^*$ koordinata uz spektrofotometar i₁ Pro 2 korišćen je softver **Measure Tool**. U nastavku su detaljnije opisani svi programski alati.

Adobe Photoshop je program za obradu slika, koji od poslednjih verzija omogućava i rad sa RAW formatima. U okviru ovog programa omogućeno je interpoliranje izvornih vrednosti boja, sprovođenje balansa bele, kao i niza dodatnih korekcija koje omogućavaju postizanje vizuelno prihvatljivijih rezultata (korekcija kontrasta, tonova, zasićenja i sl.).

MATLAB je programski paket koji omogućava analizu podataka, vizuelizaciju, programiranje i razvoj algoritama, kao i razvoj aplikacija pomoću interaktivnog okruženja koje nudi (MathWorks, 2015). Zahvaljujući velikom broju ugrađenih funkcija omogućava brzo rešavanje problema iz različitih oblasti, dok niz biblioteka algoritama osigurava da se i komplikovaniji zadaci mogu obaviti prilično efikasno. Set dodatnih algoritama, funkcija i aplikacija pod nazivom Image Processing Toolbox™ predstavlja nezamenljiv alat u obradi slike, jer omogućava analizu, segmentaciju i niz transformacija slike (González, Woods i Eddinns, 2009). Pored navedenog, u ovom istraživanju korišćen je i Macro Uniformity Toolbox™ (Weingerl, 2014; Rawashdeh, 2006).

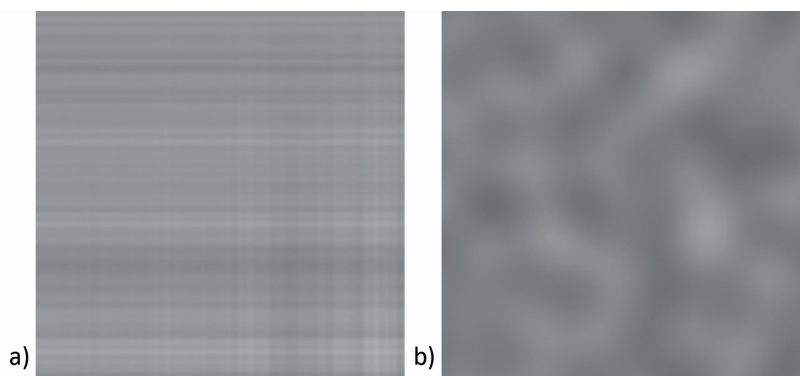
Statistička obrada rezultata vršena je u programu **IBM SPSS Statistics 20**. Ovaj program jedan je od najčešće korišćenih programski alata za sprovođenje statističkih analiza, te je kao takav izabran za ovo istraživanje.

S obzirom da spektrofotometar i1 Pro ne poseduje displej mora biti korišćen zajedno sa odgovarajućim programom u kom se potrebne veličine mogu očitati. U te svrhe u ovom istraživanju korišćen je program **Babel Color CT&A**. Ovaj program omogućava pouzdano očitavanje i izračunavanje čitavog niza veličina, kao što su: prikaz spektralnih kriva refleksije, emisije i ambijentalnog svetla, određivanje temperature boje, iluminanse, indeksa metamerizma (MI) i indeksa prikaza boje (CRI), definisanje koordinata boje i njihovo odstupanje od zadatah/referentnih vrednosti, određivanje indeksa beline i žutoće za podloge, preračunavanje vrednosti boja u prostorima boja, merenje optičke gustine, itd. (BabelColor, 2015). Ovaj program izabran je kao adekvatan za istraživanje zahvaljujući činjenici da poseduje ugrađene reference za određivanje sličnosti izvora svetla sa standardnim osvetljenjima D50 i D65 (pri određivanju CRI i MI). Izgled radnog okruženja za merenje emisije zračenja i ambijentalnog svetla prikazan je na slici 5.22.

Measure Tool je deo softvera *Profile Maker* firme X-Rite (prethodno Gretag Macbeth GmbH) koji se koristi za merenje test karti prilikom kalibracije i karakterizacije uređaja. Measure Tool ima mogućnost merenja nestandardnih test karti, što je veoma pogodno u ovom istraživanju.

5.3.1.2. Generisanje uzoraka

Na osnovu pregleda aktuelnog stanja u ovoj oblasti zaključeno je da se na štampanim otiscima mogu pojaviti različiti oblici neuniformnosti štampe u zavisnosti od tehnike štampe i podešavanja mašine (opisano u delu 2.3). U ovom radu su izdvojena i analizirana dva različita oblika – linije i mrlje (*engl. blotches*). Na slici 5.10 su prikazana ta dva oblika.



Slika 5.10. Površinska neuniformnost: a) linije i b) mrlje

Pilot eksperiment

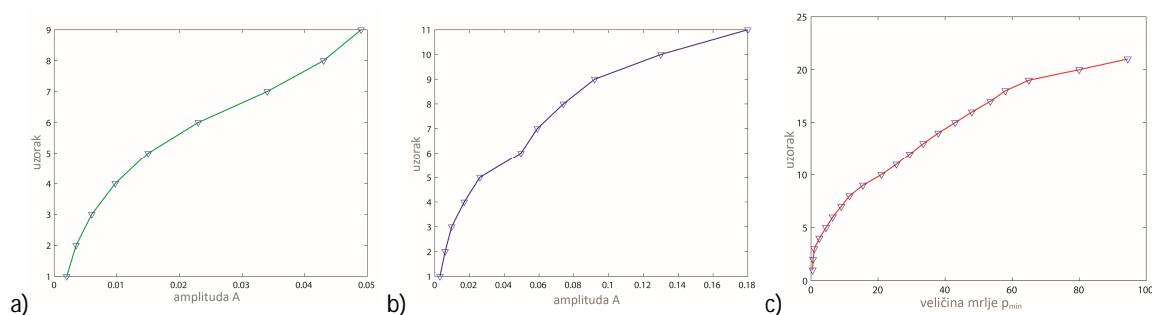
Na početku istraživanja je urađen pilot eksperiment kako bi se odredio broj uzoraka koji će se koristiti u oba eksperimenta. Uzorci su generisani pomoću dodatka za softver MATLAB - *Macro Uniformity Toolbox* (Rawashdeh, 2006) koji je predviđen za simuliranje površinske neuniformnosti u štampi i koji je korišćen u radu (Rasmussen, 2006). Funkcije korišćene za generisanje uzoraka su detaljno opisane u nastavku ovog poglavlja.

U spomenutom dodatku za generisanje uzoraka, moguće je varirati nekoliko parametara. Za potrebe istraživanja izabrano je da se variraju **amplituda (A) linija**, **amplituda (A) mrlja** i **minimalna veličina (p_{min}) mrlje**, tako da su dobijena **tri seta uzoraka**, za svaku variranu veličinu po jedan.

Prvi set korišćen u pilot eksperimentu je imao **31 uzorak**, u kome je vrednost **A** varirana od **0** do **0.01**, u koraku od **0.001** i od **0.01** do **0.05**, u koraku od **0.002**. U drugom setu je dobijen **61 uzorak** u kom je vrednost **A** varirana od **0** do **0.01**, u koraku od **0.001** i od **0.01** do **0.2**, u koraku od **0.002**. Za treći set je generisan **71 uzorak**, gde je vrednost p_{min} varirana od **0.3** do **1**, u koraku od **0.1**; od **1** do **60**, u koraku od **1** i od **60** do **100**, u koraku od **10**.

Urađena je vizuelna procena setova uzoraka, na osnovu koje je definisan konačan broj uzoraka za istraživanje. U pilot eksperimentu, uzorci su bili prikazani na monitoru (radi lakšeg i bržeg rada). Za učešće u pilot eksperimentu su izabrana četiri ispitanika (grafički inženjeri), ali su na kraju korišćeni rezultati samo osobe koja ima najduže iskustvo sa radom u ovoj oblasti. Njihov zadatak je bio da podele uzorke u **grupe** na osnovu njihove sličnosti, za svaki set uzoraka posebno.

Na osnovu rezultata, generisani su novi uzorci za svaki set. Vrednosti za amplitudu linija i mrlja (A) i veličinu mrlje (p_{min}) su određene na osnovu **srednje vrednosti A ili p_{min} uzoraka** koje je ispitanik odredio da budu jedna **grupa**. Za prvi set je dobijeno **9 uzoraka**, za drugi **11** i za treći set **21 uzorak**. U svakom setu je dodat po još jedan uzorak, uzorak bez greške – uniforman uzorak, što ukupno čini **44 uzorka** za ispitivanje. Na slici 5.11 je grafički prikazan rezultat pilot eksperimenta. X-osa na grafikonima predstavlja vrednost A ili p_{min} , dok je na y-osi redni broj uzorka.



Slika 5.11. Rezultati pilot eksperimenta: a) prvi set uzoraka (amplituda linija), b) drugi set uzoraka (amplituda mrlja) i c) treći set uzoraka (veličina mrlje)

U nastavku su opisane funkcije dodatka *Macro Uniformity Toolbox* koje su korišćene za generisanje uzoraka. Na svim uzorcima je pozadinska (osnovna) boja **neutralno siva (0.5)** (Fahlcrantz, 2005; Lindberg i Fahlcrantz, 2005), a veličina digitalnih uzoraka je **N = 2048 px**.

PRVI SET: Linije – varirana amplituda A

U prvom setu uzoraka variran je intenzitet linija orijentisanih horizontalno i vertikalno. Da bi se postigao ovaj efekat korišćena je funkcija **RS.m** (*RS – Random Streaking*) iz dodatka *Macro Uniformity Toolbox*:

```
uzorak = 0.5 + RS(ori, pmin, pmax, A, (25.4 * N/300), N, M(400));
N = 2048;
```

Boja uzoraka određena je veličinom **0.5** što predstavlja neutralno sivu. Promenljiva **ori** se odnosi na orijentaciju linija. U ovom istraživanju na jednom uzorku su istovremeno iskorišćene obe orijentacije: '**H**' – horizontalna i '**V**' – vertikalna. Period ponavljanja linija je definisan veličinama **p_{min}** i **p_{max}**. Veličina **p_{min}** predstavlja minimalan period izražen u mm, a **p_{max}** predstavlja maksimalan period ponavljanja linija. Ove dve veličine su bile nepromenjene i iznosile su: **p_{min}** = 2, a **p_{max}** = 50. Jedina veličina koja je varirana u ovom setu je **amplituda A**, kojom je postignut različit nivo greške. Na osnovu pilot eksperimenta izabrano je 10 vrednosti, pa je samim tim dobijeno **10 uzoraka**:

0, 0.002, 0.0035, 0.006, 0.00975, 0.015, 0.023, 0.034, 0.043, 0.049

Veličina uzorka određuje se na osnovu rezolucije (u ovom slučaju **300 dpi**) i broja piksela (**N = 2048 px**) po širini i visini. **M** predstavlja recipročnu funkciju osetljivosti kontrasta ($1 / \text{CSF}$) kako bi sve frekvencije bile jednako opažane od strane posmatrača. Na slici 5.12 su prikazani uzorci iz ovog seta.

DRUGI SET: Mrlje – varirana amplituda A

Drugi set uzoraka čine uzorci na kojima je variran intenzitet mrlja. I u ovom slučaju je promenljiva veličina bila amplituda A. Kao i u prethodnom slučaju, vrednost amplitude A je uzeta kao srednja vrednost svih uzoraka unutar jednog praga iz pilot eksperimenta. Za simuliranje ovog oblika greške, iskorišćena je funkcija **RN.m** (*RN – Random noise*):

```
uzorak = 0.5 + RN(pmin, pmax, A, (25.4 * N/300), N, M(400));
N = 2048;
```

Veličina mrlja (*engl. blob size*) definiše se preko veličina **p_{min}** i **p_{max}**, koje predstavljaju maksimalnu i minimalnu frekvenciju. Obe vrednosti su bile nepromenjene i iznosile su: **p_{min}** = 20, a **p_{max}** = 100. Različit nivo greške je postignut variranjem **amplitude A**:

0, 0.003, 0.006, 0.00975, 0.017, 0.026,
0.0496, 0.059, 0.074, 0.092, 0.13, 0.18

Ostale veličine su iste kao i kod prvog seta. Na slici 5.13 su prikazani svi uzorci iz ovog seta.

TREĆI SET: Mrlje – varirana veličina p_{min}

U trećem setu je varirana veličina mrlje, dok je amplituda u ovom slučaju bila konstantna i iznosila je **0.04**. Na slici 5.14 su prikazani svi uzorci iz ovog seta. Ovaj set sadrži 22 uzoraka. Funkcija **RN.m** je takođe i u ovom setu korišćena za generisanje uzoraka:

```
uzorak = 0.5 + RN(pmin, pmax, A, (25.4 * N/300), N, M(400));
N = 2048;
```

Da bi se dobila najsitnija mrlja koja se pretvara u sve krupniju, promenljiva je bila samo minimalna veličina – **p_{min}**, dok je maksimalna bila konstantna i iznosila je **p_{max}** = 100. Različite vrednosti za **p_{min}** su bile:

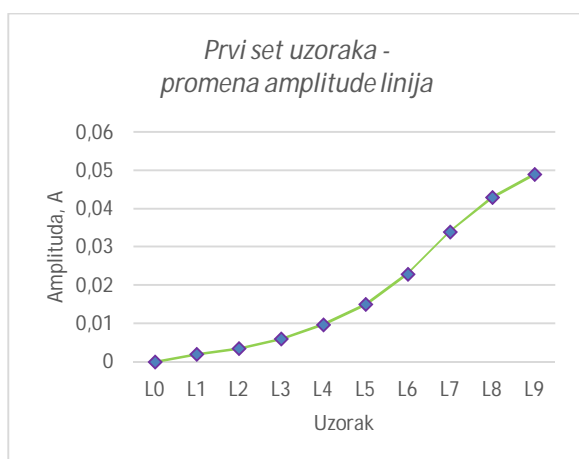
0, 0.4, 0.6, 0.95, 2.5, 4.5, 6.5, 9, 11.5, 15.5, 21,
25.5, 29.5, 33.5, 38, 43, 48, 53.5, 58, 65, 80, 94.5

U tabeli 5.9 su sumirane sve funkcije, promenljive i konstantni parametri radi lakše i bolje preglednosti.

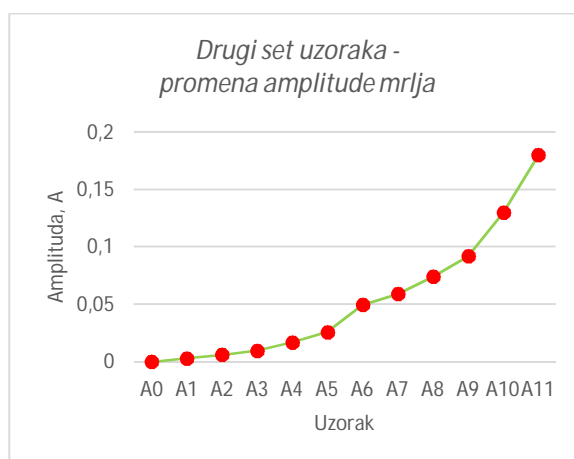
Tabela 5.9. Pregled funkcija i parametara korišćenih za generisanje uzoraka pomoću dodatka za MATLAB Macro Uniformity Toolbox

Oblik greške	Funkcija	Konstantni parametri	Promenljivi parametri
Intenzitet linija (prvi set)	RS (Random Streaking)	boja = 0.5 $p_{\min} = 2$, $p_{\max} = 50$ N = 2048 px Rezolucija = 300 dpi	A = 0, 0.002, 0.0035, 0.006, 0.00975, 0.015, 0.023, 0.034, 0.043, 0.049
Intenzitet mrlja (drugi set)	RN (Random Noise)	boja = 0.5 $p_{\min} = 20$, $p_{\max} = 100$ N = 2048 px Rezolucija = 300 dpi	A = 0, 0.003, 0.006, 0.00975, 0.017, 0.026, 0.0496, 0.059, 0.074, 0.092, 0.13, 0.18
Veličina mrlja (treći set)	RN (Random Noise)	boja = 0.5 $p_{\max} = 100$ A = 0.04 N = 2048 px Rezolucija = 300 dpi	$p_{\min} = 0, 0.4, 0.6, 0.95$, 2.5, 4.5, 6.5, 9, 11.5, 15.5, 21, 25.5, 29.5, 33.5, 38, 43, 48, 53.5, 58, 65, 80, 94.5

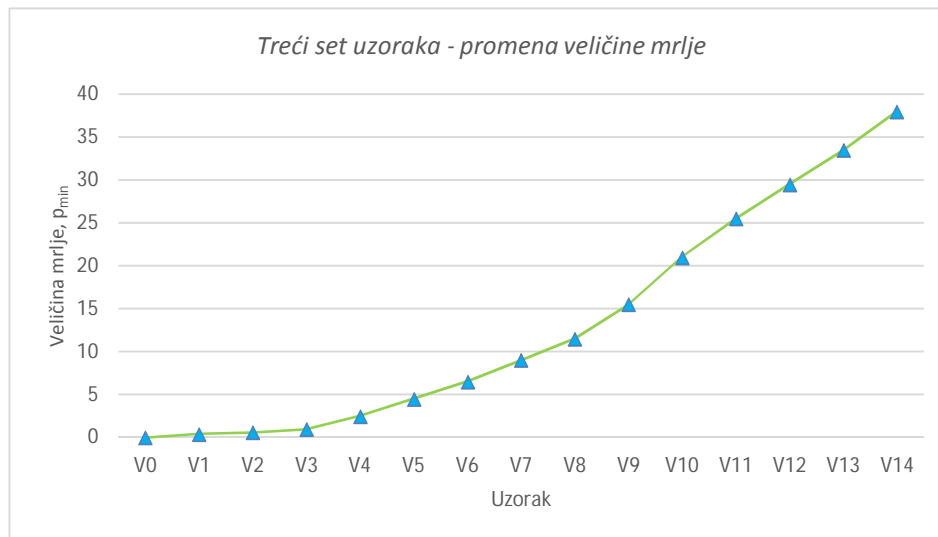
Na grafikonima 5.1, 5.2 i 5.3 su prikazane varirane veličine (amplituda linija i mrlja, i veličina mrlja) za sve uzorke koji su podeljeni u tri seta.



Grafik 5.1. Grafički prikaz promene amplitude (A) linija za prvi set uzoraka



Grafik 5.2. Grafički prikaz promene amplitude (A) mrlja za drugi set uzoraka



Grafik 5.3. Grafički prikaz promene veličine (p_{min}) mrlja za treći set uzoraka

Veličina i štampa uzoraka

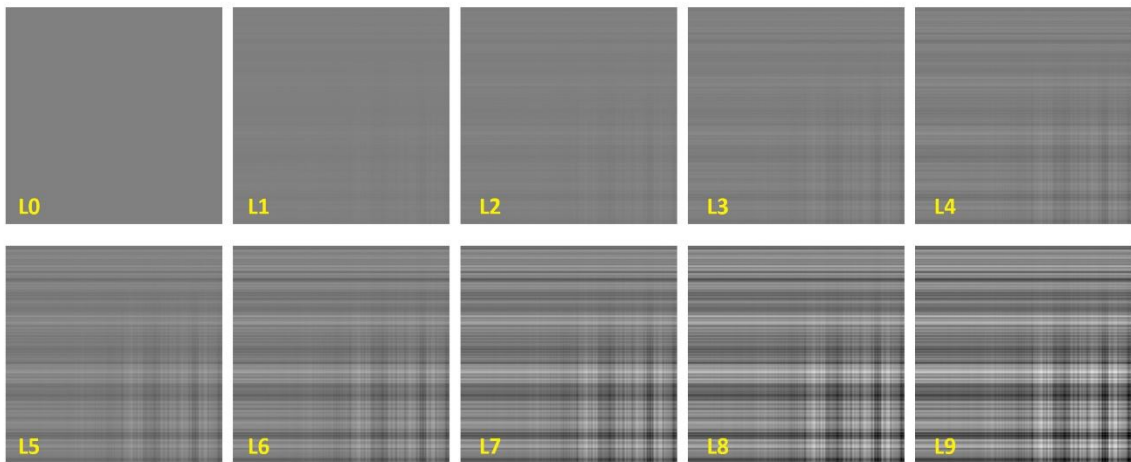
Po ugledu na prethodne radove koji su prikazani u delu 2.3.2. zaključeno je da je veličina test elementa od **160 x 160 mm** dovoljna za ispitivanje površinske uniformnosti.

Izabrana tehnika štampe za pripremu uzoraka na kojima je simulirana greška je ink džet, jer je na osnovu prethodnih istraživanja (Lindberg i Fahlcrantz, 2005) zaključeno da su otisci dobijeni ink džet štampom uniformniji u odnosu na otiske dobijene elektrofotografijom.

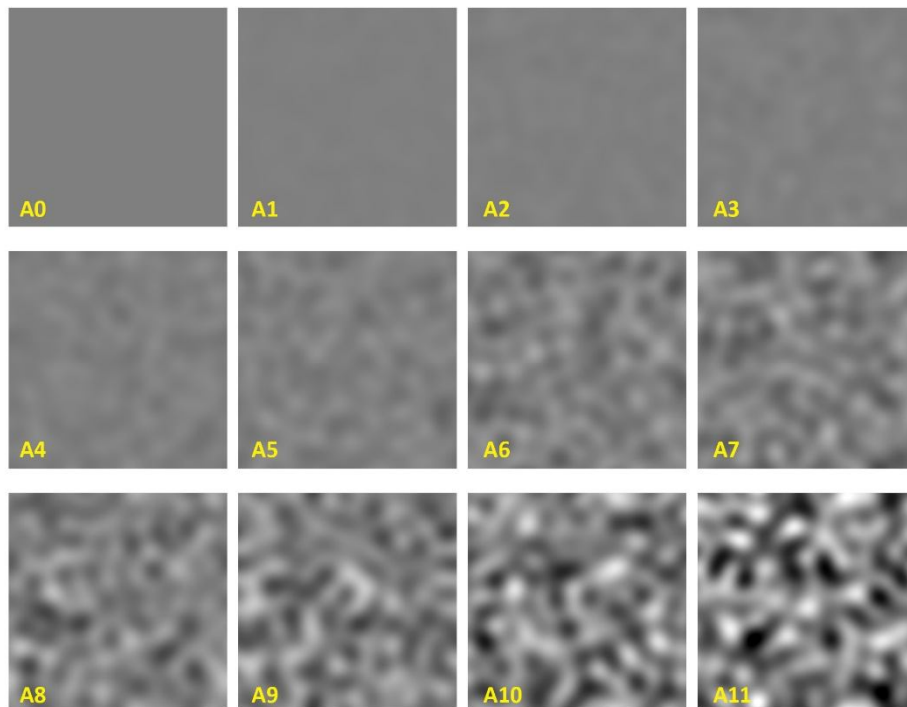
Uzorci su štampani na digitalnoj ink džet mašini **Epson Stylus PRO 7800**. Podešavanja mašine su bila sledeća:

- Papir - *Singleweighted Matte Paper*,
- Print mode – *Color i*
- Profil - *Epson Standard (sRGB)*.

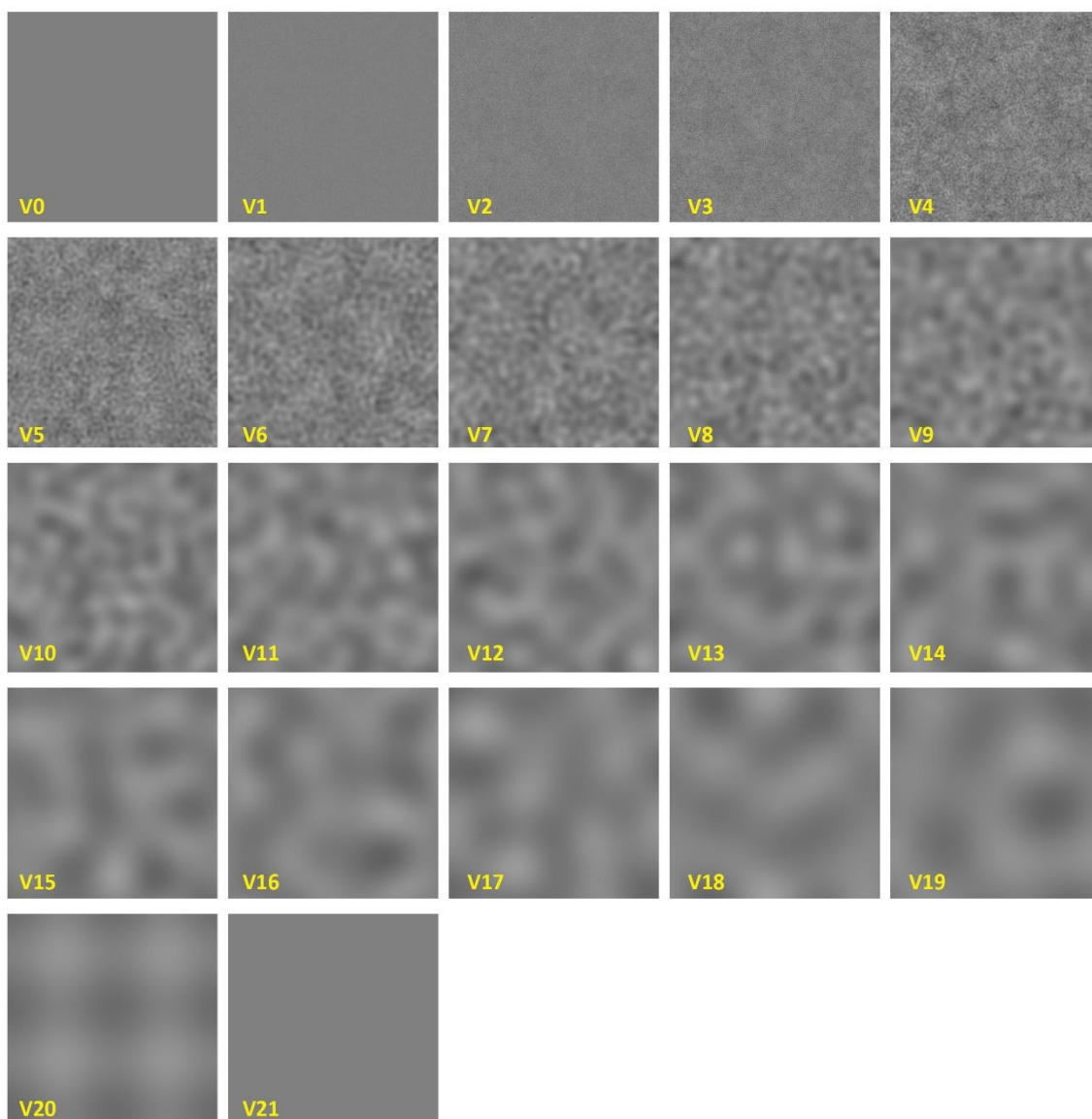
Svi uzorci su štampani na nepremaznom papiru *IQ selection white board* (250 g/m²), koji je opisan u delu 5.3.1.1.



Slika 5.12. Uzorci na kojima je variran intenzitet linija – PRVI SET



Slika 5.13. Uzorci na kojima je variran intenzitet mrlja – DRUGI SET



Slika 5.14. Uzorci na kojima je varirana veličina mrlja – TREĆI SET

5.3.1.3. Procedura digitalizacije uzoraka

Kontrola kvaliteta otisaka prema metodi analize slike zahteva digitalizovan uzorak, stoga su uzorci nakon štampe digitalizovani različitim uređajima. Izabrane su tri grupe uređaja: skeneri, digitalni fotoaparati i mobilni telefoni.

Digitalizacija skenerom

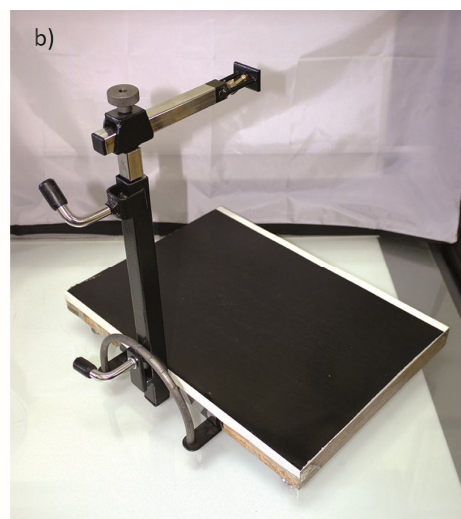
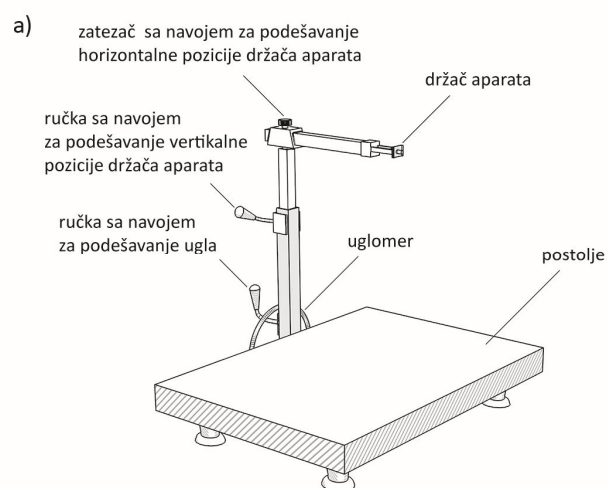
Prilikom skeniranja uzoraka sve automatske korekcije su bile isključene za sve uređaje. Skeniranje je vršeno u boji, 8 bita za svaki RGB kanal. Uzorci su čuvani isključivo kao TIF format, bez kompresije i bez dodatog profila. Jedini promenljiv parametar kod skeniranja je **rezolucija**. Prilikom odlučivanja o rezoluciji skeniranja, oslonili smo se na smernice standarda ISO/IEC 13660:2001 (ISO, 2001) koji može da se primeni za merenje atributa kvaliteta štampanih otisaka.

Standard i dosadašnja istraživanja koja primenjuju standard (Briggs, 1999; ISO, 2001; Tomić i drugi, 2016) preporučuju rezoluciju skeniranja od 600 spi. U standardu ISO 24790:2009 je definisano da rezolucija skeniranja bude veća u odnosu na dosadašnju, 1200 spi (ISO, 2009). Stoga je odlučeno da se izaberu tri rezolucije za istraživanje: **600 i 1200 spi** kao preporuka standarda i jedna dodatna – manja od optimalne – **300 spi**. S obzirom da su ovo optičke rezolucije datih skenera, izabrana podešavanja omogućavaju dobijanje istinskog prikaza otisaka, jer nije upotrebljena nikakva interpolacija.

Uzorci su skenirani pomoću softvera *Adobe Photoshop* i dodatka *ScanGear* za skenere *Epson Perfection V370* i *CanoScan LIDE 210*, dok je za skener *HP ScanJet 4010* korišćen izvorni softver proizvođača. Skeneri su pre upotrebe očišćeni alkoholom i papirom kako bi se izbegli svi neželjeni otisci sa površine skeniranja.

Digitalizacija fotoaparatom i mobilnim telefonom

Za razliku od skeniranja, prilikom snimanja uzoraka digitalnim fotoaparatom ili mobilnim telefonom potrebno je definisati uslove digitalizacije i parametre uređaja kako bi se izbegle varijacije tokom eksperimenta. Ovi uređaji se moraju pozicionirati i fiksirati tokom snimanja tako da je za potrebe eksperimenta neophodno iskoristiti i stalak prikazan na slici 5.15. Šematski prikaz stalka dat je na slici 5.15a, dok je njegov izgled prikazan na slici 5.15b. Stalac se sastoji od postolja (32 x 44 cm) na kom su postavljeni uzorci, uglomera i nosača sa držačem uređaja. U ovom eksperimentu uglomer je bio postavljen na **90°**, a udaljenost uređaja od uzorka na **30 cm**. Kako udaljenost uređaja za digitalizaciju nije propisana standardnom, ova je izabrana jer se u tom slučaju snima cela površina uzorka odjednom. Na taj način omogućeno je fiksiranje uređaja, kao i precizno podešavanje ugla snimanja i udaljenosti uređaja od objekta snimanja.



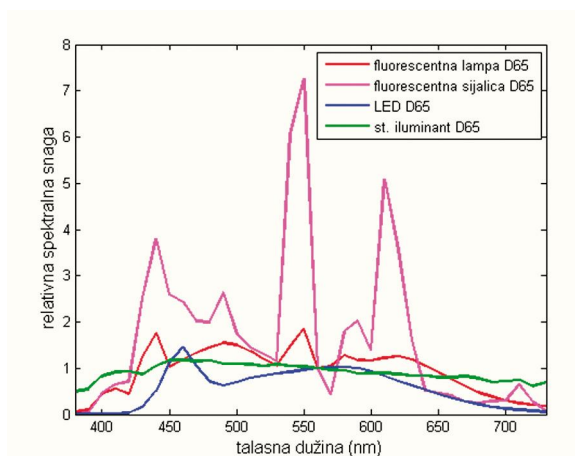
Slika 5.15. Stalac: a) šematski prikaz i b) njegov izgled (Tomić, 2016)

Izbor izvora svetla

Da bi se uzorak adekvatno uslikao neophodan je izvor svetla, te je shodno tome potrebno definisati ga. Najzastupljenija standardna osvetljenja u praktičnoj primeni u grafičkoj reprodukciji

su D50, D65 i A. S obzirom da ne postoji preporuka za tip standardnog osvetljenja (iluminanta) koji treba da se koristi prilikom snimanja i da se na stolu za vizuelnu procenu nalazi izvor svetla D50 koji simulira dnevno svetlo, u okviru ovog istraživanja izabrana su osvetljenja D50 i D65. U većini do sada publikovanih radova vezanih za merenje površinske neuniformnosti uzoraka korišćen je standardni iluminant D65 (Christoffersson, 2004; Lindberg i Fahlcrantz, 2005; Weingerl, 2014), jer predstavlja najneutralnije dnevno svetlo (u poređenju sa ostalim iluminantima serije D). Pored D50 izabran je još jedan izvor svetla kako bi se videlo da li postoji razlika u proceni površinske neuniformnosti kada se koriste različiti izvori svetla.

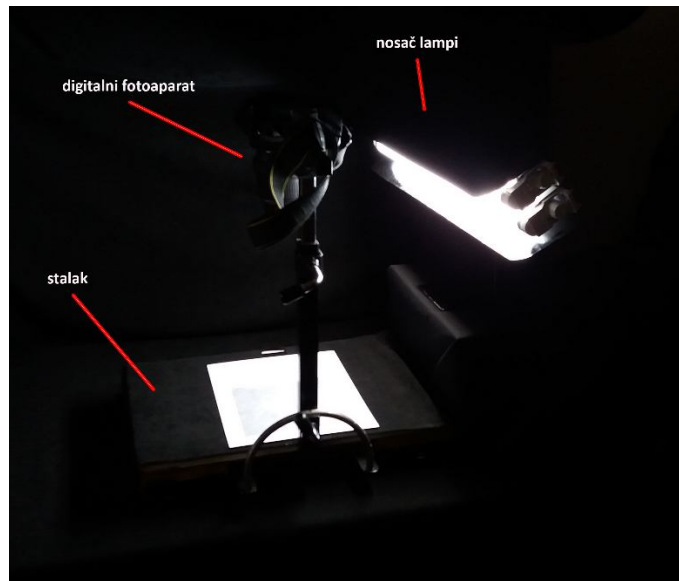
Temperaturu boje 5000 ili 6500 K moguće je postići sa tri tipa svetlosnih izvora zastupljenih u grafičkoj industriji - fluorescentnim lampama ili sijalicama, metal-halogenim lampama i LED sijalicama. Metal-halogene lampe se pokreću sistemima za paljenje visokog napona, poseduju varijacije u svetlosnoj energiji tokom rada i neophodno ih je snabdeti sistemom za hlađenje jer se u toku rada značajno zagrevaju (Pešterac, 2007), pa se retko kad i koriste za ovaj tip eksperimenta. U ovom istraživanju su iskorišćene **fluorescentne lampe** koje su preuzete iz kabine za posmatranje *Agile Radiant Controlled Light 5* (Ihara, 2017) i opremljene su sopstvenim napajanjem kako bi mogle biti iskorišćene u eksperimentu. Lampe su izabrane jer se pokazalo da im je spektralna raspodela približna raspodeli standardnih iluminanata, kao što je prikazano na slici 5.16 (Tomić, 2016). Crvena linija prikazuje spektralnu raspodelu fluorescentne lampe koja je približno ista kao zelena koja predstavlja raspodelu standardnog iluminanta.



Slika 5.16. Relativne spektralne snage izvora svetla simulatora standardnog osvetljenja D65 zajedno sa raspodelama snage pripadajućih iluminanata (Tomić, 2016)

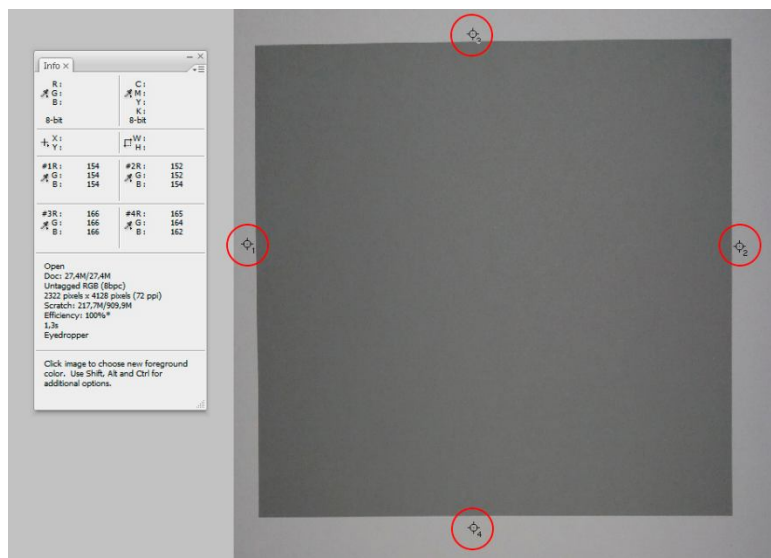
Pokazalo se da je intenzitet izabranih izvora svetla velik pa je zaključeno da se on mora smanjiti što je postignuto korišćenjem difuznog materijala sa *soft box*-a, koji se koristi primarno u studijskoj fotografiji. Ovaj materijal smanjuje intenzitet izvora svetla i povećava njegovu difuznost. Materijal je prilikom snimanja postavljen preko lampi, čime je zadržana njihova usmerenost u željenom pravcu i smanjen izuzetno jak intenzitet.

Nosač lampi zajedno sa stalkom na kom se nalazi digitalni fotoaparatusu prikazani na slici 5.17. Izvor svetla je bio postavljen pod uglom od 45°, a okolina je bila prekrivena crnom tkaninom kako bi se eliminisala refleksija svetla od drugih objekata, dok je prostorija bila potpuno zamračena bez ijednog drugog izvora svetla.



Slika 5.17. Postavka za digitalizaciju uzorka fotoaparatom i mobilnim telefonom

Uniformnost osvetljavanja uzorka je proverena u softveru Adobe Photoshop korišćenjem alatke *Eyedropper* (*Sample Size: 3 by 3 Average*). Na slici 5.18 se mogu videti pozicije uzorkivača i vrednosti u *Info* paleti. Sa minimalnim odstupanjem RGB vrednosti za ove četiri tačke se može smatrati da je osvetljavanje uzorka uniformno.



Slika 5.18. Provera uniformnosti osvetljavanja uzorka prilikom digitalizacije. Prikaz pozicije kontrolnih tačaka u softveru Adobe Photoshop (alat Eyedropper)

Podešavanja digitalnog fotoaparata i mobilnog telefona

Jednom definisana, podešavanja moraju ostati konstantna prilikom snimanja svih uzoraka kako njihove varijacije ne bi uticale na promenu vrednosti površinske neuniformnosti. Profesionalni fotoaparati imaju mogućnost odabira svih opcija tako da oni tokom uzastopnog snimanja ostaju nepromenjeni, dok kod običnih fotoaparata i mobilnih telefona to nije moguće.

Standard ISO 17321-1:2006 definiše podešavanja kamere u toku laboratorijskog snimanja (ISO, 2006). Standardom je opisano da moraju da se isključe blic, digitalni balans bele, kao i sve automatske kontrole kamere, dok analogni balans bele tokom snimanja mora biti podešen na konstantnu vrednost. Preporučuje se i izbegavanje kompresije i odabir RAW formata tokom snimanja. U eksperimentu su primenjene date preporuke, stoga je blic bio kod svih uređaja isključen, a **balans bele** je bio analogno podešen u odnosu na beo papir za svaki izvor svetla posebno. Snimanje je vršeno u manuelnom modu, bez uključenog blica. Kod uređaja (*Canon EOS D550* i *Nikon D3200*) koji imaju mogućnost snimanja bez kompresije, izabran je i RAW format.

Parametri od značaja za ovo istraživanje (**otvor i brzina blende, ISO faktor**) nisu precizirani standardom. Ova tri parametra izabrana su u odnosu na istraživanje (Tomić, 2016) u kom se pokazalo da je optimalno podešavanje za postizanje minimalne vrednosti šuma za iste laboratorijske uslove snimanja sledeće:

1. ISO faktor: **100**,
2. otvor blende: **f 5.6** i
3. brzina blende: **1/8 s**.

Ekspozicija zavisi od ove tri vrednosti, a pravilnom ekspozicijom se osigurava da tonovi slike budu adekvatno reprodukovani. Pravilna ekspozicija može da se odredi automatskim opcijama ili korišćenjem svetlomera. U ovom slučaju mala ISO vrednost izabrana je zbog male udaljenosti izvora svetla (30 cm kao i uređaji za digitalizaciju) od uzorka prilikom snimanja. U radu (Tomić, 2016) za dve izabrane ISO vrednosti (100 i 200) birani su otvori blende od 4.5, 5.6, 8 i 11 i za sve kombinacije ovih parametara svetlomerom (*Sekonic L-758D DigitalMaster*) je određivana brzina zatvarača. Za sve kombinacije ovih vrednosti izmeren je šum i zaključeno je da za datu osetljivost senzora (ISO 100) i otvor blende (f 5.6) optimalna brzina blende definisana svetlomerom iznosi 1/8 s. Za određivanje vrednosti šuma korišćen je vršni odnos signal-šum (skraćenica **PSNR** od engl. *Peak Signal to Noise Ratio*) u softveru CVIPTools za crevno, zeleno, plavo i sivo polje sa *Gretag Macbeth Color Checker SG* test karte. Detaljna procedura merenja šuma za ova podešavanja se može pročitati u disertaciji (Tomić, 2016).

Fokus je za svaki uređaj određen manuelno pre snimanja u odnosu na papir sa linijama jer uzorci na sebi nemaju ivice ni detalje u odnosu na koje bi moglo da se fokusira uređaj. Kod fotoaparata *Canon EOS D550* i *Nikon D3200* i svih mobilnih telefona je moguće fiksirati fokus jedino je kod fotoaparata *Nikon Coolpix S2600* fokus morao pre svakog uzorka da se podešava što je dovelo do lošijih rezultata na uzorcima digitalizovanim ovim uređajem.

Sva spomenuta podešavanja su mogla biti konstantna za digitalne fotoaparate *Canon EOS D550* i *Nikon D3200*. Kod ostalih uređaja zbog nedostatka profesionalnog načina rada uređaja i samog fokusa, neke veličine su bile nepromenjene dok su druge varirale. Fotoaparat *Nikon Coolpix S2600* ima mogućnost odabira samo ISO vrednosti kao konstante. U tabli 5.10. su prikazane sve vrednosti koji su pročitane u *Adobe Bridge*-u pregledom svih uzoraka pojedinačno.

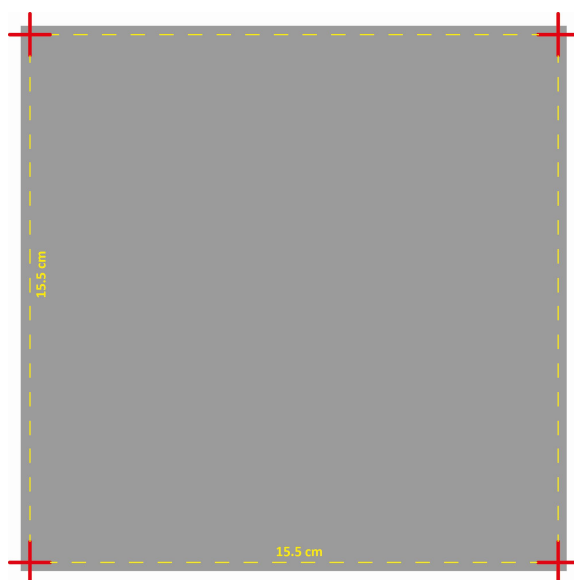
Tabela 5.10. Vrednosti otvora i brzine zatvaranja blende i ISO vrednost za uređaje korišćene u eksperimentu

Uređaj	Otvor blende f	Brzina blende [s]	ISO faktor
Canon EOS D550	5.6	1/8	100
Nikon D3200	5.6	1/8	100
Nikon Coolpix S2600	3.2	1/30 1/20 1/15	100
Samsung J5	1.9	1/50 1/100	80 125
Nokia Lumia 630	2.4	1/35	320 400 500
iPhone 5	2.4	1/35	65 50

Na osnovu vrednosti iz tabele 5.10. se može primetiti da je kod neprofesionalnih uređaja povećan otvor blende i samim tim kraće vreme snimanja. Kod mobilnog telefona *Nokia Lumia 630* je znatno povećana ISO vrednost što može uticati na izmerenu vrednost površinske neuniformnosti na otiscima.

Obrada digitalizovanih uzoraka

Nakon digitalizacije, uzorci su zahtevali osnovnu obradu pod kojom se podrazumevaju samo dve operacije: isecanje i rotiranje. U zavisnosti od rezolucije ulaznog uređaja za digitalizaciju, polja za kasniju obradu su različitih dimenzija u pikselima, a konstantnih dimenzija izraženih u cm. Radi izbegavanja nejasnih ivica i pojava vinjeta, uzorak od 16 x 16 cm je isecan na dimenzije **15.5 x 15.5 cm** (prikazano na slici 5.19). U tabeli 5.11 su prikazane vrednosti polja 15.5 x 15.5 cm izraženih u pikselima (px) za svaki korišćen uređaj i svaku rezoluciju skeniranja.



Slika 5.19. Pozicija isecanja uzoraka nakon digitalizacije

Tabela 5.11. Veličina polja nakon digitalizacije u zavisnosti od ulaznog uređaja

Uređaji		Veličina polja [px]				Rezolucija uređaja [ppi]
		Rezolucija skeniranja [spi]				
		300	600	1200		
Skener	CanoScan LIDE 210	1830	3661	7322		
	Epson Perfection V370					
	HP ScanJet 4010					
Fotoaparat	Canon EOS D550	1938			72	
	Nikon D3200	2261			300	
	Nikon Coolpix S2600	1621			300	
Mobilni telefon	Samsung J5	1700			72	
	Nokia Lumia 630	1100			72	
	iPhone 5	1500			72	

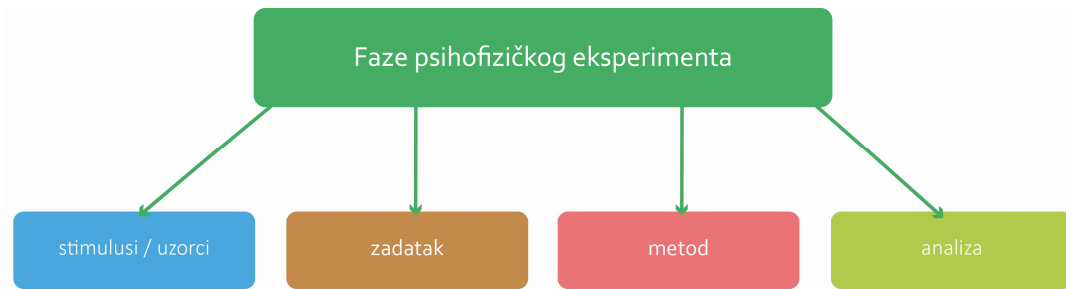
Pripremljeni (isečeni) uzorci su dalje korišćeni u **Eksperimentu 1** koji obuhvata objektivnu analizu površinske (ne)uniformnosti koristeći različite metode za merenje koje su objašnjene detaljno u delu 5.4. Različiti uređaji za digitalizaciju uzoraka su korišćeni kako bi se ispitaio uticaj ulaznog uređaja na izmerenu vrednost površinske (ne)uniformnosti. Prilikom digitalizacije, varirani su parametri od značaja, kao što su **rezolucija skeniranja**, **format snimanja** i **izvor svetla** korišćen prilikom snimanja uzoraka digitalnim fotoaparatom i mobilnim telefonom.

Izabrane su tri rezolucije skeniranja (300, 600 i 1200 spi) kako bi se na osnovu rezultata dao predlog rezolucije skeniranja za dalju upotrebu. Ispitan je uticaj formata snimanja, tj. ispitano je da li ima potrebe uzorke snimati kao RAW format. *Camera-based* sistem digitalizacije zahteva upotrebu izvora svetla, stoga je i on variran. Korišćena su dva standardna izvora svetla koji simuliraju dnevno svetlo, D50 i D65.

Na osnovu rezultata dobijenih u Eksperimentu 1 bi trebalo da se zaključi koji uređaj (i njegova podešavanja) je pogodan za upotrebu prilikom merenja površinske (ne)uniformnosti koristeći metod analize slike.

5.3.2. Subjektivna analiza – vizuelna evaluacija uzoraka / Eksperiment 2

Eksperiment 2 se odnosi na subjektivni (vizuelni) - psihofizički eksperiment u kom učestvuje određeni broj ispitanika i čiji je zadatak da procene kvalitet odštampanih uzoraka koji sadrže različit nivo greške (neuniformnosti). Psihofizički eksperiment se sastoji iz nekoliko delova (slika 5.20.) koji su detaljnije opisani u nastavku.



Slika 5.20. Delovi psihofizičkog eksperimenta

Uzorci

Korišćeni su identični uzorci kao i u eksperimentu 1, a koji su detaljno opisani u delu 5.3.1.2.

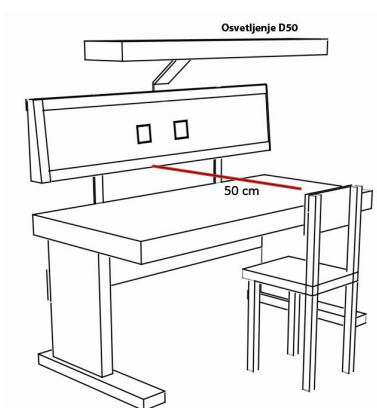
Zadatak ispitanika – procedura i metod eksperimenta

Ispitanici

U eksperimentu je učestvovalo ukupno 23 ispitanika, koji su studenti Grafičkog inženjerstva i dizajna sa pete godine studija. Svi ispitanici su imali normalan (ili korigovan do normalnog) vid. Teorijska pozadina eksperimenta nije bila predstavljena ispitanicima.

Laboratorijski uslovi

Da bi se postigli adekvatni i kontrolisani uslovi za eksperiment 2, prostorija je bila zamračena. Jedini izvor svetla je bila lampa koja simulira dnevno svetlo D50. Za eksperiment je korišćen sto za procenu probnih otisaka *Mega Normlicht 98* sa osvetljenjem kao što je prikazano na slici 5.21. Uzorci su bili postavljeni na tabli, kao što je prikazano na slici, a ispitanik je bio udaljen od njih 50 cm u fiksiranom položaju. Vizuelni ugao je bio 18.66° (uzorak 16×16 cm, udaljenost 50 cm).



Slika 5.21. Postavka za eksperiment 2. Sto za procenu probnih otisaka *Mega Normlicht 98* sa standardnim osvetljenjem D50

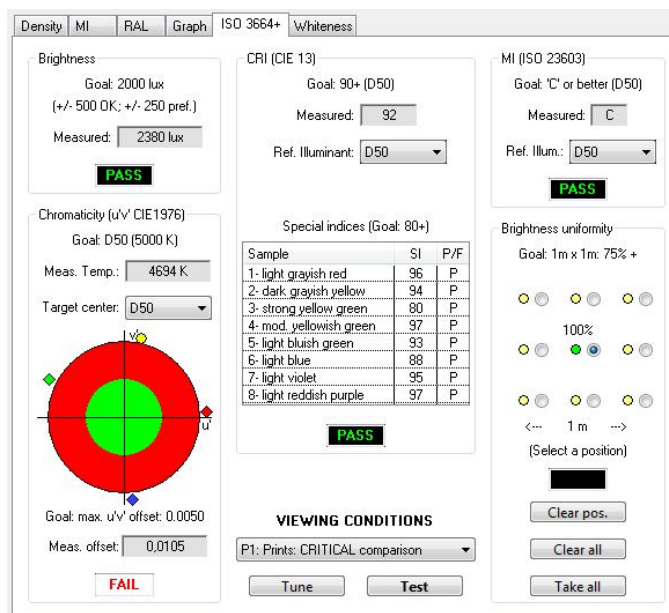
Kvalitet lampe je proveren u odnosu na standard ISO 3664:2009 (*Graphic technology and photography - Viewing conditions*). U standardu su definisana dva uslova posmatranja, P1 i P2. Za potrebe eksperimenta je korišćen uslov P1 koji je propisan za poređenje dva odštampana uzorka,

najčešće štampanog originala i njegove reprodukcije, bilo da se radi o fotografskim ili fotomehanički dobijenim uzorcima. Propisane vrednosti za uslov P1 su date u tabeli 5.12.

Na slici 5.22 se vidi rezultat provere lampe koja se koristila kao jedini izvor svetla tokom vizuelne procene. Za proveru je korišćen spektrofotometar *i1* sa difuzerom i softver *Babel Color CT&A*. Spektralna kriva lampe (crna) se delimično poklapa sa standardnom (zelenom).

Tabela 5.12. Preporučene vrednosti za uslov P1 prema standardu ISO 3664:2009 (ISO, 2009)

Uslov posmatranja	Referentni izvor svetla	Nivo osvetljenja referentnog izvora svetla pod kojim se otisak posmatra	Indeks prikaza boje CRI	Indeks metamerizma	Okolina	Odstupanje hromatičnosti
P1	Illuminant D50	2 000 lux ± 500 lux	90 ili više	C ili bolje (trebalo bi B ili bolje)	neutralne i mat površine < 60 % refleksije	0,005



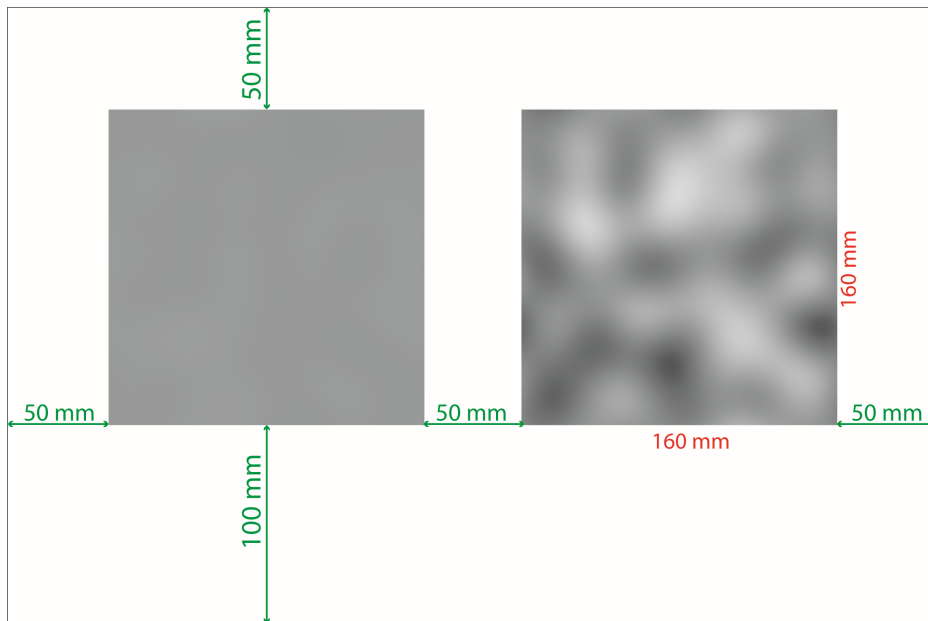
Slika 5.22. Kontrola lampe prema standardu ISO 3664:2009, P1 uslov

Na slici 5.23 je prikazan raspored parova za Eksperiment 2. Uzorci su upareni svaki sa svakim, a parovi su zadavani slučajnim redosledom. Razmak između uzoraka je bio 50 mm, dok je ispod uzoraka ostavljena veća površina (100 mm) kako se odštampano test polje ne bi oštetilo prilikom pomeranja.

Zadatak ispitnika

Svaki ispitnik je imao isti zadatak. Uputstvo je bilo dato na početku eksperimenta, dok se ispitnik prilagođavao uslovima posmatranja. Zadatak ispitnika je bio da proceni neuniformnost otiska između dva uzorka (*engl. Method of limits – Forced choice, Metoda granica*). Ispitanici su prvo trebali da procene da li se uopšte vidi razlika između uzoraka. Ako nisu uočavali razliku, par

bi dobijao ocenu **0**. Ako je razlika primetna, ispitanik je trebalo da proceni tu razliku na skali od **1** (mala razlika) do **5** (velika razlika). Kako bi ispitanici mogli da konstruišu svoju internu skalu, na početku im je pokazan primer ocene 5: par koji čini prvi i poslednji uzorak.



Slika 5.23. Pozicija uzoraka prilikom vizuelne evaluacije površinske neuniformnosti

Analiza dobijenih rezultata - "A picture is worth more than a thousand words"

Kao rezultat vizuelne procene dobijaju se ocene (vrednosti) za svaki par uzoraka, na osnovu kojih je najjednostavnije napraviti matricu (koja se često naziva matrica udaljenosti) i na matricu primeniti *Multidimenzionalno skaliranje (MDS)*. Cilj multidimenzionalnog skaliranja je pronalaženje značajnih osnovnih dimenzija koje omogućavaju objašnjenje posmatranih sličnosti (rastojanja) između ispitanih stimulusa.

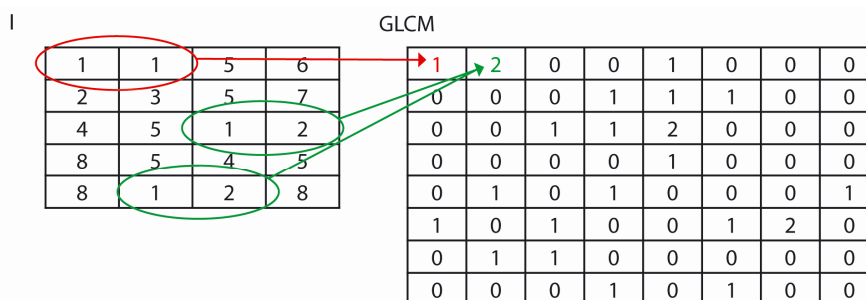
Za MDS analizu korišćen je softver za statističku obradu podataka **IBM SPSS Statistics (verzija 20)**.

5.4. Metode analize površinske (ne)uniformnosti

Za ovo istraživanje su izabrane četiri metode, **tri** koje se baziraju na **metodi analize slike (GLCM, ISO 13660 i Integralni metod)** i **jedna** koja se zasniva na **spektrofotometrijskom merenju (M-Score)**. GLCM metoda se prvenstveno koristila za analizu tekstura (Haralick i drugi, 1973; Albergsten, 2008; Gebeješ, 2013, Tomić i drugi, 2016), ali ona takođe može da se koristi i za analizu i merenje površinske neuniformnosti, kao što je korišćeno u radovima (Hladnik i drugi, 2010; Jurić i drugi, 2013; Jurić i drugi, 2014; Jurić i drugi, 2015). ISO metoda je standardizovana metoda koja je korišćena za merenje površinske neuniformnosti u radovima (Briggs, 2002; Sadovnikov i drugi, 2005; Dhopade, 2009; Rilovski i drugi, 2012; Weingerl, 2014). Integralni metod koji se bazira na Furijeovoj transformaciji je primenjen za merenje površinske neuniformnosti u radovima (Christoffersson, 2004; Fahlcrantz, 2005; Weingerl, 2014). M-Score metoda je deo Fogra standarda za sertifikaciju digitalnih štamparskih sistema koju je predstavio Kraushaar (2010).

5.4.1. GLCM metoda

GLCM je statistička metoda koja se primenjuje na **matricu intenziteta nivoa sive**. GLCM je skraćenica od *Gray Level Co-occurrence Matrix* (Beyer, 2008). GLCM sadrži informacije o tome koliko puta se kombinacija dva susedna piksela pojavljuje na slici (digitalizovanom uzorku), s tim da se verovatnoća pojavljivanja te kombinacije smatra postojanom. Ovo se može videti šematski na slici 5.24. GLCM metoda izračunava parametre „drugog reda“ (*engl. Second order calculations*). Radi poređenja, parametri „prvog reda“ su statistički izračunati na osnovu originalnih vrednosti slike kao što je *varijansa*, gde se ne uzima u obzir odnos piksela, dok mere drugog reda uzimaju u obzir odnos između dva (obično susedna) piksela u originalnoj slici. Pomoću GLCM metode moguće je izračunati 22 parametra (Haralick, Shanmugan i Dinstein, 1973). Za potrebe ovog istraživanja izabrano je **pet parametara** koji će u nastavku biti objašnjeni.



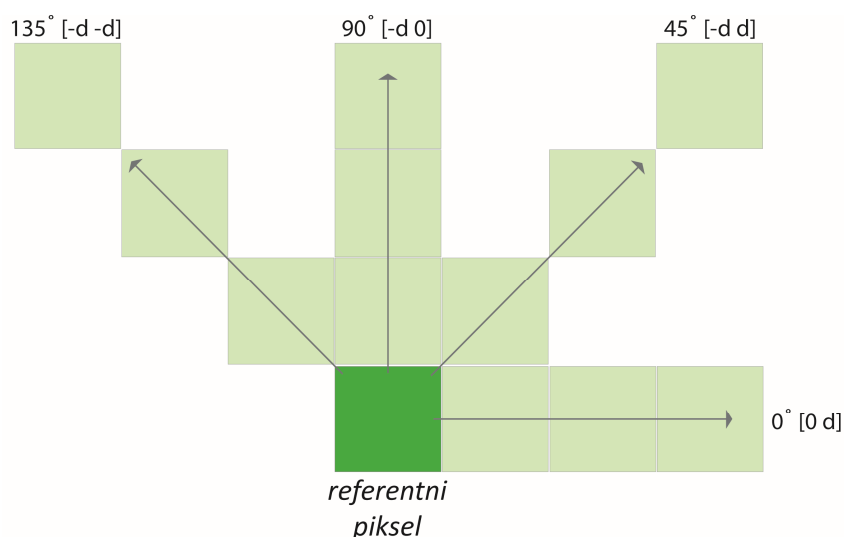
Slika 5.24. Generisanje GLCM matrice. Originalna slika sa vrednostima piksela (levo) i GLCM matrica koja sadrži broj ponavljanja kombinacije dva susedna piksela (desno).

GLCM uzima u obzir odnos između dva piksela, koji se nazivaju **referentni** i **susedni**. Prilikom prepoznavanja odnosa ovih piksela, kreće se iz gornjeg levog ugla i smatra se da je desno od njega susedni piksel, što se beleži kao *(1,0) odnos*: 1 piksel u x pravcu, 0 piksela u y pravcu. Pikseli duž desne ivice nemaju desnog suseda, tako da se ne koriste u brojanju (Beyer, 2008).

Prilikom generisanja GLCM parametara potrebno je odrediti:

1. broj nivoa sive – N_g ,
2. udaljenost piksela – d i
3. orijentaciju – Θ

U ovom istraživanju uzorci su tokom digitalizacije sačuvani kao RGB slike, pa su prebačene u 8-bitne slike što znači da je $N_g = 256$ nivoa. Nakon definisanja broja sive, potrebno je odrediti i udaljenost između referentnog i susednog piksela. Minimalna udaljenost je 1 piksel, što znači da su pikseli jedan do drugog. Do sada još uvek nije data preporučena udaljenost koju bi trebalo koristiti. U dosadašnjih radovima (Chen, Senguota i Welch, 1989; Dikshit, 1996) koji su koristili GLCM za karakterizaciju teksture se pokazalo da vrednost d treba izabrati na osnovu veličine elementa teksture. U radu (Tomić i drugi, 2016) je zaključeno da za izabrane GLCM parametre za definisanje teksture udaljenost nema značajan uticaj. Za ovo istraživanje vrednost d nije varirana i izabrano je da udaljenost bude **10px**. Poslednji faktor koji je potrebno definisati je orijentacija (Θ). Za svaki piksel mogu se odrediti četiri suseda, tj. četiri pravca (slika 5.25): horizontalno (0°), vertikalno (90°) i dve dijagonale (45° i 135°). U mnogim radovima je ispitan uticaj orijentacije na dobijene rezultate (Haralick, Shanmugan i Dinstein, 1973; Soh i Tsatsoulis, 1999) i opšta preporuka je da se koristi **prosek sva četiri pravca**, što je i izabrano u ovom radu.



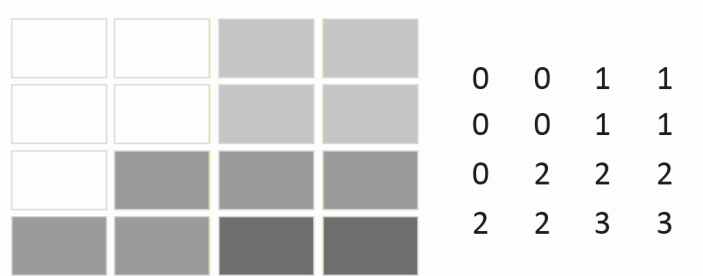
Slika 5.25. Prostorni odnosi piksela, gde d predstavlja rastojanje od referentnog piksela

Nakon definisanja ova osnovna tri faktora (N_g , d i Θ), izračunavanje GLCM parametara može da počne. Postoje tri osnovna koraka prilikom dobijanja ovih parametara:

1. okvirna matrica (*engl. Framework matrix*),
2. simetrična matrica (*engl. Symmetrical matrix*) i
3. normalizovana GLCM matrica

Okvirna matrica

U prvom koraku dobija se okvirna matrica koja prikazuje moguće kombinacije sivog nivoa za datu sliku. Dakle, ako se vidi jednostavan primer na slici 5.26, može se konstruisati okvirna matrica prikazana u tabeli 5.14.



Slika 5.26. Jednostavan primer sa 4x4 piksela i njihov odgovarajući nivo sive

Tabela 5.13. prikazuje kombinaciju nivoa sive za ovu test sliku i njihove pozicije u matrici. Na osnovu ove prve matrice dalje se konstruiše *okvirna matrica* za svaku orijentaciju i za svaku izabranu udaljenost. U tabeli 5.14 je prikazana horizontalna okvirna matrica za udaljenost $d = 1\text{px}$ i orijentaciju $\Theta = 0^\circ$. Značenje okvirne matrice je da je u datom primeru u na slici 5.26 dva puta referentni piksel 0, a njegov istočni sused takođe 0. Dvaput je referentni piksel 0, a njegov istočni sused je 1. Tri puta je referentni piksel 2 i njegov sused je takođe 2, itd.

Tabela 5.13. Kombinacija nivoa sive i njihova pozicija u okvirnoj matrici

Vrednost referentnog piksela	Vrednosti susednog piksela			
	0	1	2	3
0	0,0	0,1	0,2	0,3
1	1,0	1,1	1,2	1,3
2	2,0	2,1	2,2	2,3
3	3,0	3,1	3,2	3,3

Tabela 5.14. Horizontalna okvirna matrica za $d = 1, \Theta = 0^\circ$

2	2	1	0
0	2	0	0
0	0	3	1
0	0	0	1

Simetrična matrica

Dalji proračun GLCM-a zahteva simetričnu matricu. Sledeći korak je stoga da se okvirna matrica postavi u ovaj oblik. Simetrična matrica znači da se iste vrednosti javljaju u ćelijama na suprotnim stranama dijagonale. Prethodna matrica nije simetrična tako da je potrebno izvršiti dodatne operacije kako bi ona bila simetrična. Da bi se dobila simetrična matrica potrebno je okvirnu transponovati i sabrati je sa originalnom, kao što je prikazano u tabeli 5.15.

Tabela 5.15. Operacija potrebna za postizanje simetrične matrice – sabiranje originalne i transponovane matrice

2	2	1	0		2	0	0	0		4	2	1	0
0	2	0	0	+	2	2	0	0	=	2	4	0	0
0	0	3	1		1	0	3	0		1	0	6	1
0	0	0	1		0	0	1	1		0	0	1	2

Normalizovana matrica

Nakon dobijanja simetrične matrice ostaje još jedan korak da se uradi pre izračunavanja GLCM parametara. GLCM parametri zahtevaju da svaka ćelija GLCM matrice ne sadrži broj, već verovatnoću pojavljivanja tog para, što je definisano kao normalizacija matrice koja se postiže primenom jednačine 5.1.

$$P_{i,j} = \frac{V_{i,j}}{\sum_{i,j=0}^{N_g-1} V_{i,j}} \quad (5.1)$$

gde su i i j horizontalna i vertikalna koordinata okvirne matrice. Opseg sumiranja ($i, j = 0$) do $(N_g - 1)$ znači jednostavno da treba razmotriti svaku ćeliju u GLCM-u. Ovim se dobija matrica verovatnoće i to je normalizovana GLCM matrica na osnovu koje se izračunavaju svi parametri.

5.4.1.1. GLCM parametri za analizu površinske (ne)uniformnosti

Iako je GLCM metoda prvenstveno korišćena za analizu teksture, u prethodnim istraživanjima (Hladnik, Debeljak i Svetac, 2010; Jurič i drugi, 2014; Jurič i drugi 2015) se pokazalo da neki GLCM parametri (od ukupno 22) mogu da se koriste za analizu površinske (ne)uniformnosti.

Na osnovu pregleda dosadašnjih istraživanja i dobijenih rezultata izabrani su sledeći parametri: Kontrast, Entropija, Sum-Entropija, Energija i Homogenost. *Manje vrednosti Kontrasta, Entropije i Sum-Entropije i veće vrednosti Energije i Homogenosti, ukazuju na uniformniju površinu, tj. na bolji otisak* (Hladnik, Debeljak i Svetac, 2010; Hladnik, Jurič i drugi, 2015).

U nastavku su detaljno opisani svi parametri. U jednačinama $p_{(i,j)}$ je vrednost pojavljivanja nivoa sive i i j u normalizovanoj GLCM matrici. Vrednosti x i y su koordinate normalizovane matrice. Neki parametri imaju pravo, fizičko značenje, dok su neki samo matematički alat kojim može da se opiše tekstura (u ovom slučaju površinska (ne)uniformnost).

GLCM Kontrast

Kontrast je uopšteno mera lokalnih varijacija nivoa sive na slici. Može se smatrati kao linearna zavisnost sivih nivoa susednih piksela što znači da se kontrast na celoj slici izračunava između referentnog piksela i njegovog suseda. Ako su susedni pikseli veoma slični u njihovim sivim vrednostima, onda je kontrast na toj slici vrlo nizak. Parametar Kontrast se u GLCM metodi računa na osnovu jednačine (5.2):

$$\text{Kontrast} = \sum_{i,j} |i - j|^2 p(i, j) \quad (5.2)$$

Uniforman otisak će imati **minimalne** vrednosti Kontrasta, dok je kod lošijih otisaka, sa većim varijacijama u optičkoj gustini ova vrednost veća.

GLCM Entropija

Entropija je drugi u nizu GLCM parametar koji može da se koristi za analizu površinske (ne)uniformnosti štampe. Kao i kod Kontrasta, **manje** vrednosti Entropije ukazuju na bolji otisak (tj. na uniformniju površinu štampe). Entropija dolazi od termodinamike koja opisuje količinu energije koja se trajno gubi svaki put kada se javlja reakcija ili fizička transformacija (Perrot, 1998). U slučaju analize teksture ili uniformnosti u našem slučaju, entropija je mera prostornog poremećaja (ili „nereda“) na slici. Ako je poremećaj visok, entropija je takođe velika. Ovo će se dogoditi ako GLCM matrica ima mnogo elemenata sa malim vrednostima, što znači da nema ponavljanja iste vrste susedne kombinacije na slici. Nasumična raspodela teksture bi imala vrlo visoku entropiju jer u potpunom smislu predstavlja haos. Ovaj parametar može biti velik kako za hrapavije tako i za glatke teksture, dajući nam informaciju o tome koji tip teksture se može statistički smatrati kao više haotičan. GLCM Entropija se izračunava na osnovu jednačine 5.3:

$$\text{Entropija} = - \sum_{i,j} p(i, j) \log(p(i, j)) \quad (5.3)$$

GLCM Sum – Entropija

Ovaj parametar nije fizički definisan. Jedino je data jednačina (5.4) na osnovu koje se računa. Kao i kod Kontrasta i Entropije, kod ovog parametra **manje** vrednosti definišu bolji otisak, tj. uniformniju površinu.

$$\text{Sum – Entropija} = - \sum_{x+y=2}^{2N_g} p_{x+y(i)} \log\{p_{x+y(i)}\} \quad (5.4)$$

GLCM Energija

Na osnovu jednačine (5.5), parametar GLCM Energija može da se definiše kao suma kvadrata elemenata GLCM matrice. Energija je mera lokalne homogenosti i stoga predstavlja suprotno od Entropije. Na osnovu ovog parametara bi trebalo da se odredi koliko je neka površina homogena, tj. koliko je uniformna tekstura koja se analizira. Rang vrednosti Energije je od 0 do 1, gde Energija od **1** predstavlja konstantu sliku, uzorak bez ikakve teksture.

$$\text{Energija} = \sum_{i,j} p(i,j)^2 \quad (5.5)$$

GLCM Homogenost

Homogenost nam daje informaciju o tome koliko malo ili puno promena postoji na slici. Na osnovu jednačine (5.6) se vidi da je težinski koeficijent suprotan u odnosu na onaj korišćen u jednačini (5.2) za izračunavanje Kontrasta. Sa statističke tačke gledišta, homogena površina je ona površina kod koje delovi (regioni) imaju iste vrednosti. Stoga, homogene teksture sadrže prostorno ponovljive elemente. Ne-homogena površina se odnosi na sliku gde su izostavljeni ponavljanje i prostorna sličnost.

$$\text{Homogenost} = \sum_{i,j} \frac{1}{1-(i-j)^2} p(i,j) \quad (5.6)$$

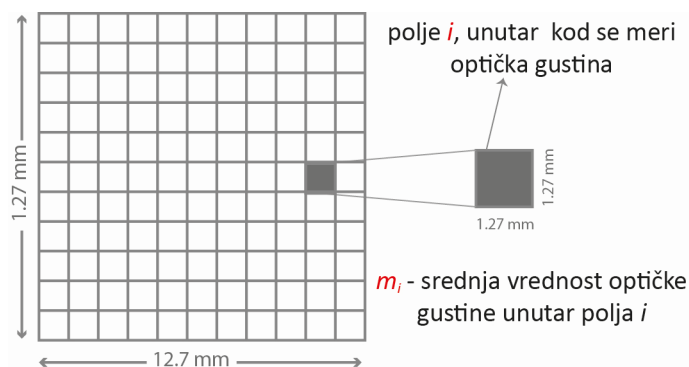
U slučaju GLCM Homogenosti meri se blizina distribucije elemenata do GLCM dijagonale. GLCM dijagonala sadrži parove piksela bez razlike u nivou sive. Udaljavanjem elemenata od dijagonale, povećava se i njihova razlika. Stoga je GLCM Homogenost bilo koje teksture velika, kada su elementi skoncentrisani duž dijagonale, što znači da ima puno piksela sa istim ili veoma sličnim nivoom sive. Što su veće promene u nijansama sive, manja je GLCM Homogenost što povećava vrednost GLCM Kontrasta. **Veće** vrednosti Homogenosti ukazuju na homogenu površinu, u ovom slučaju na uniformnu površinu u štampi.

5.4.2. ISO 13660 metoda

Standard ISO 13660:2001 (*Information technology - Office equipment - Measurement of image quality attributes for hardcopy output - Binary monochrome text and graphic images*) definiše metode i procedure merenja različitih sekundarnih atributa kvaliteta, pa tako i površinske (ne)uniformnosti monohromatskih (crno-belih) otisaka. U standardu je opisan samo jedan tip neuniformnosti – nasumične varijacije, koje u zavisnosti od frekvencije varijacije optičke gustine mogu biti visoke što se definiše kao **zrnčavost** ili niske što se definiše kao **motling** (videti sliku 2.11 u delu 2.3). Prema standardu, zrnčavost i motling se mere na polju minimalne površine od 161 mm² sa najmanjom dimenzijom od 12.7 mm. Polje se deli na 100 jednakih nepreklapajućih

polja i (*engl. tiles*) unutar kojih se meri optička gustina, kao što je prikazano na slici 5.27. Unutar svakog polja i, potrebno je izmeriti više puta optičku gustinu i za svako polje izračunati srednju vrednost merenja m_i . Na osnovu srednje vrednosti se dalje prema formulama računaju ova dva parametra.

U ovom istraživanju testiranje je vršeno na većem polju, ali je metodologija propisana standardom nepromenjena. Primena ISO i GLCM metode je detaljno objašnjena u delu 5.4.4.



Slika 5.27. Površina za računanje zrnčavosti i motlinga prema standardu ISO13660 (ISO, 2001)

Zrnčavost – mikro neuniformnost

Zrnčavost se definiše kao „aperiodična oscilacija optičke gustine na prostornoj frekvenciji **iznad** 0.4 ciklusa/mm u svim pravcima“ (ISO, 2001) i izračunava prema formuli:

$$ISO_G = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2}{n}} \quad (5.7)$$

gde je σ_i standardna devijacija optičke gustine unutar polja i , dok je n je ukupan broj polja.

Motling – makro neuniformnost

Motling predstavlja makro neuniformnost i definiše se kao „aperiodična varijacija optičke gustine u svim pravcima na frekvencijama **manjim** od 0.4 ciklusa/mm“ (ISO, 2001). Motling predstavlja standardnu devijaciju merenja optičke gustine m_i . U ovom istraživanju za primenu ove metode (kao i svih drugih) korišćen je softver MATLAB. Izračunavanje motlinga prema standardu u MATLAB-u se vrši na sledeći način:

$$ISO_M = std(M(:)) \quad (5.8)$$

gde je *std* ugrađena funkcija u MATLAB-u za računanje standardne devijacije skupa uzoraka, a M je matrica (10 x 10) u kojoj su zapisane sve m_i vrednosti.

5.4.3. Integralni metod

U radu (Weingerl, 2014) su opisane dve integralne metode: osnovni i napredni. Obe metode su izabrane za ispitivanje jer za razliku od ostalih su bazirani na analizi slike u *frekventnom domenu*. U nastavku su opisane obe metode i date funkcije za njihovo računanje. Kod obe metode je potrebno uneti udaljenost posmatranja uzorka i rezoluciju digitalizacije. Za sada moguće je

izračunati površinsku (ne)uniformnost za udaljenost od **400 mm** i za rezolucije **300** ili **600 ppi**. Zbog ovog ograničenja, ove dve metode nisu mogle da se primene na uzorke koji su digitalizovani skenerom od 1200 spi i digitalnim fotoaparatom ili mobilnim telefonima kod kojih je rezolucija 72 ppi.

Osnovni Integralni metod

Za izračunavanje površinske (ne)uniformnosti prema osnovnoj integralnoj metodi je prvo potrebno digitalizovan uzorak prebaciti u frekventni domen koristeći Furijerovu transformaciju (*engl. Fast Fourier Transform, FFT*), gde se izračunava dvodimenzionalni spektar snage. Spektar snage se zatim filtrira pomoću funkcije osetljivosti kontrasta CSF (*engl. Contrast Sensitivity Function*). Weingrel je koristio CSF funkciju koju su predložili Movshonov i Kiorpes (1988). Procena neuniformnosti je na kraju data kao zbir korigovanih vrednosti frekvencija u opsegu između 0.0625 i 4 ciklusa/mm. Matematički zapis ove metode je dat u jednačini 5.9.

$$IM = \frac{100}{\sqrt{R}} \sqrt{\sum_{0.0625}^4 |F(u, \varphi)|^2 CSF(u, \varphi)} \quad (5.9)$$

gde je $|F(u, \varphi)|^2$ snaga spektra, a $CSF(u, \varphi)$ funkcija osetljivosti za frekvenciju u i ugao φ .

Metod koristi normalizaciju na osnovu kvadratnog korena srednje vrednosti refleksije na slici. Ova metoda može da se primeni u softveru MATLAB, koristeći funkciju koju je razvio Weingerl (2014). MATLAB funkcija za izračunavanje (ne)uniformnosti otisaka pomoću Osnovne Integralne metode je data u prilogu P2. Naziv funkcije koja je korišćena za računanje (ne)uniformnosti otisaka je *intModel.m*. Ova funkcija je korišćena u okviru skripte date u **prilogu P1**.

Napredni integralni metod

Mana osnovne integralne metode je njena nemogućnost prepoznavanja sistematične površinske neuniformnosti. Zbog toga je generisana ova nova, napredna metoda koja uključuje i razlikuje površinske neuniformnosti kao što su pruge ili trake (Weingerl, 2014). Kao i kod osnovne integralne metode, dvodimenzionalni spektar snage se prvo pretvara u frekventni domen, koji se zatim filtrira filterom osetljivosti kontrasta, CSF funkcijom. Da bi se u obzir uzele sistematične varijacije potrebno je snagu spektra pomnožiti sa *funkcijom važnosti promerljive*, $T(u, \varphi)$ (*engl. The weighting function*), koju je objasnio Weingerl (2014, str.39). Neuniformnost se računa kao suma vrednosti na frekvencijama između 0.0625 i 4 ciklusa/mm. Matematički opisana metoda je objašnjen funkcijom:

$$M = \frac{100}{\sqrt{R \ln(2)}} \sqrt{\sum_{0.0625}^4 |F(u, \varphi)|^2 CSF(u, \varphi) T(u, \varphi)^\epsilon} \quad (5.10)$$

Vrednost eksponata ϵ je postavljena na 1. Model koristi normalizaciju na osnovu kvadratnog korena srednje vrednosti refleksije na slici.

MATLAB funkcija za izračunavanje (ne)uniformnosti otisaka pomoću Napredne integralne metode je data u prilogu P2. Naziv funkcije koja je korišćena za računanje (ne)uniformnosti otisaka je *newIntModel.m*. Ova funkcija je korišćena u okviru koda datog u **prilogu P1**.

5.4.4. Primena metoda na bazi analize slike za računanje površinske (ne)uniformnosti

Metode koje su do sada opisane se baziraju na izračunavanju površinske (ne)uniformnosti koristeći digitalizovan uzorak (metod analize slike). MATLAB kod napisan za potrebe ovog istraživanja je dat u **Prilogu P1** i uključuje sledeće korake:

1. korak: Prebacivanje digitalizovanog uzorka u crno-belu sliku. Konverzija iz *RGB* prostora u *Grayscale* je vršena upotrebom ugrađene funkcije u MATLAB-u `rgb2gray`:

$$\text{gray} = 0.2989 * R + 0.5870 * G + 0.1140 * B$$

2. korak: Definisane veličine polja i . Test polje je podeljeno na 100 jednakih polja, a veličina polja zavisi od rezolucije ulaznog uređaja. Veličina isečenog polja od 15.5 cm u zavisnosti od rezolucije ulaznog uređaja je data u **tabeli 5.11**. Na osnovu tih dimenzija birana je veličina polja i .
3. korak: Primena GLCM i ISO metode na izdvojena polja i računanje srednje vrednosti za svaki parametar za tih 100 polja.

NAPOMENA: Kod GLCM parametara za svako polje i su računane vrednosti za sva **četiri pravca** i uzeta je njihova srednja vrednost. Za ISO metodu optička gustina je izmerena kao **intenzitet nivoa svakog piksela** i izračunata je srednja vrednost za svako polje i .

Na slici 5.28 je dat primer računanja jednog parametra GLCM metode. E predstavlja matricu (10 x 10) u kojoj su sačuvane vrednosti GLCM Entropije za svih 100 polja, a vidi se da je u okviru svakog polja izračunata srednja vrednost Entropije za četiri različita pravca. Na kraju se za ceo uzorak računa srednja vrednost svih 100 polja.

4. korak: Primena Integralnog modela. Integralni metod se računa na celoj slici (uzorku) jer se cela slika prebacuje u frekventni domen. Za primenu ovog modela potrebne su funkcije `intModel.m` i `NewIntmodel.m` i za njih je potrebno definisati dve promenljive: udaljenost (**wd** od 400 mm) i rezoluciju digitalizacije (**res** od 300 ili 600).

E =

0,0927	0,0726	0,0834	0,0583	0,0754	0,0948	0,1143	0,1284	0,0927	0,0683
0,1423	0,0633	0,1150	0,0633	0,1011	0,0967	0,1537	0,1231	0,1157	0,0697
0,1219	0,0731	0,1209	0,0901	0,0835	0,1003	0,1753	0,1462	0,1120	0,0794
0,1545	0,1023	0,1142	0,1141	0,1169	0,1617	0,1430	0,1471	0,1355	0,1111
0,1772	0,0933	0,0916	0,1233	0,1171	0,1614	0,1669	0,1554	0,1559	0,1143
0,1757	0,1109	0,1290	0,1175	0,1333	0,2017	0,2247	0,2122	0,2196	0,1926
0,2004	0,1396	0,1422	0,1358	0,1114	0,1864	0,2520	0,2159	0,2308	0,1889
0,1621	0,1267	0,0944	0,1051	0,0938	0,1589	0,2129	0,1666	0,2089	0,1646
0,1442	0,1176	0,0963	0,1108	0,1038	0,1239	0,1781	0,1464	0,1676	0,1265
0,1112	0,1062	0,0858	0,0915	0,0944	0,1443	0,1839	0,1707	0,1388	0,1514

za polje $i=100$

$E_{i=100} = 0,1543; 0,1496; 0,1511; 0,1507$

$E(10,10) = \text{mean}(E_{i=100}) = 0,1514$

Entropija = mean (E) = 0.1329

Slika 5.28. Primer računanja GLCM parametara za jedan uzorak. Test polje je podeljeno na 100 delova unutar kojih se izračunava vrednost GLCM parametara za sva četiri pravca.

5.4.5. M-Score metoda

M-Score metoda se zasniva na spektrofotometrijskom merenju i analizi $L^*a^*b^*$ vrednosti polja i računanju ΔE razlika boja, na osnovu kojih se dobija jedna vrednost u rasponu od **100** (uniformno) do **0** (neuniformno) koja određuje uniformnost štampe. Ovu metodu je opisao Kraushaar u okviru *Fogra* standarda (Kraushaar, 2010). Prema *Fogra* standardu potrebno je odštampati tri test karte A3 formata koje sadrže polja sa određenim odnosom procesnih boja:

1. C: 20 M: 15 Y: 15 K: 15
2. C: 40 M: 30 Y: 30 K: 30
3. C: 65 M: 50 Y: 50 K: 50

Test kartu je potrebno podeliti na 46 kolona i 59 redova, gde se dobija polje veličine od 6 x 6 mm i za svako to polje se mere $L^*a^*b^*$ vrednosti. Nakon toga se za svaki red i za svaku kolonu izračuna srednja vrednost $L^*a^*b^*$ koordinata i nakon toga se računa razlika boja između redova i između kolona, koristeći ΔE_{00} ili ΔE_{76} formule. To znači da će se na test polju štampanom na A3 formatu, koji se sastoji iz $m = 59$ redova i $n = 46$ kolona izračunati 58 ΔE_m vrednosti po dužoj i 45 ΔE_n vrednosti po kraćoj strani, prema jednačinama:

$$\Delta E_n = 10 * \sum_{i=1}^{n-1} \Delta E_i(\text{Lab}_1, \text{Lab}_{i+1}) \quad (5.11)$$

$$\Delta E_m = 10 * \sum_{i=1}^{m-1} \Delta E_i(\text{Lab}_1, \text{Lab}_{i+1}) \quad (5.12)$$

gde je ΔE_i razlika boja svakog i -tog reda ili kolone i njihovih suseda ($i+1$); n je broj kolona i m broj redova.

Sve izračunate vrednosti razlika boja ΔE duž redova i kolona se sumiraju i vrši se normalizacija vrednosti prema jednačini 5.13:

$$\Delta E_{suma} = \frac{\Delta E_m}{m-1} + \frac{\Delta E_n}{n-1} \quad (5.13)$$

M-Score vrednost se na kraju računa na osnovu sume svih vrednosti razlika boje, prema jednačini 5.14.:

$$M - Score = 100 * \frac{1}{2^{\frac{2 * \Delta E_{suma}}{15}}} \quad (5.14)$$

Za ink džet otiske date su referentne vrednosti i kategorije kvaliteta za M-Score metodu koje su prikazane u tabeli 5.16 (Kraushaar, 2011).

Tabela 5.16. Referentne M-Score vrednosti (Kraushaar, 2011)

M-SCORE	KATEGORIJA
≥ 95	Odlično
≥ 80	Veoma dobro
≥ 70	Dobro
≥ 60	Zadovoljavajuće
≥ 50	Dovoljno
< 50	Slabo

Najveća mana ove metode je u tome što su test karte namenjene i prilagođene za korišćenje samo jednog spektrofotometra, i1 iSis. Moguće je koristiti i neki drugi uređaj, ali je tada vreme dobijanja M-Score vrednosti izuzetno dugo. Ručno merenje 2714 polja je veoma dug proces.

5.4.6. Primena M-Score metode u ovom istraživanju

U ovom istraživanju primenjena je M-Score metoda, ali na uzorcima koji su korišćeni kroz ceo eksperiment. Test polje u ovom slučaju je dimenzija 160 x 160 mm koje je podeljeno na **20 redova** i **20 kolona**. U tom slučaju merno polje je nešto malo većih dimenzija, **8 x 8 mm**. Test polja su izmerena pomoću spektrofotometra *Eye One Pro2* koji je opisan u delu 5.3.1.1. u softveru *Measure Tool*. Za primenu M-Score metode napravljena je programska aplikacija u Excel-u koja je data u **Prilogu P7**. Za računanje razlike boja korišćene su obe formule (ΔE_{00} i ΔE_{76}) kako bi se proverilo da li postoji razlika između njih. Dobijene vrednosti ne mogu da se porede sa referentnim vrednostima datim u tabeli 5.15 jer nisu korišćene iste test karte.

6. Rezultati istraživanja

6.1. Rezultati objektivne analize

Rezultati objektivne analize su dobijeni u Eksperimentu 1, u kom je vršeno merenje površinske neuniformnosti na digitalno štampanim otiscima pomoću 4 različite metode: GLCM, ISO, Integralna i M-Score metoda. U nastavku su predstavljeni rezultati koji su podeljeni prema metodama koje su korišćene za izračunavanje površinske neuniformnosti⁴.

6.1.1. Rezultati GLCM metode za merenje površinske neuniformnosti

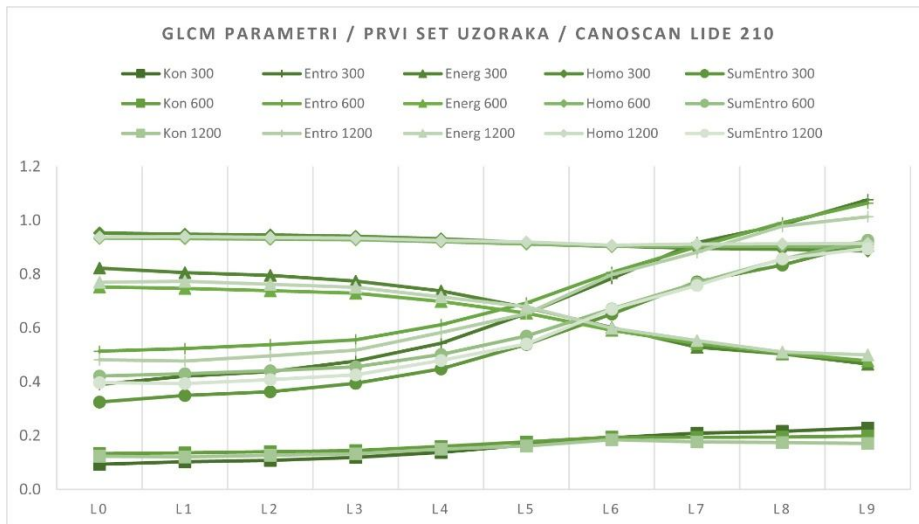
Rezultati merenja površinske neuniformnosti koristeći GLCM metodu su prikazani na grafikonima 6.1 - 6.9 za prvi set uzoraka, 6.10 - 6.18 za drugi set uzoraka i 6.19 – 6.27 za treći set uzoraka, a tabelarni prikaz rezultata je dat u **Prilogu P3, tabela P3.1**. Rezultati su podeljeni prema uređaju koji je korišćen prilikom digitalizacije uzoraka i variranim veličinama, kao što je rezolucija skeniranja ili izvor svetla.

U GLCM metodi je korišćeno ukupno pet parametara koji mogu da se koriste za analizu (ne)uniformnosti štampe: Kontrast, Entropija, Sum-Entropija, Energija i Homogenost. U prethodnim istraživanjima (Hladnik, Debeljak i Svetac, 2010; Jurič i drugi, 2015) se pokazalo da *manje* vrednosti Kontrasta, Entropije i Sum-Entropije i *veće* vrednosti Energije i Homogenosti, ukazuju na uniformniju površinu, tj. na bolji otisak. Na osnovu dobijenih rezultata se može videti da promena uslova digitalizacije, utiče na rezultate merenja. Najmanje oscilacije rezultata su primećene prilikom korišćenja skenera **CanoScan LIDE 210** i digitalnog fotoaparata **Canon EOS D550** za sva tri seta uzoraka.

Prvi set uzoraka

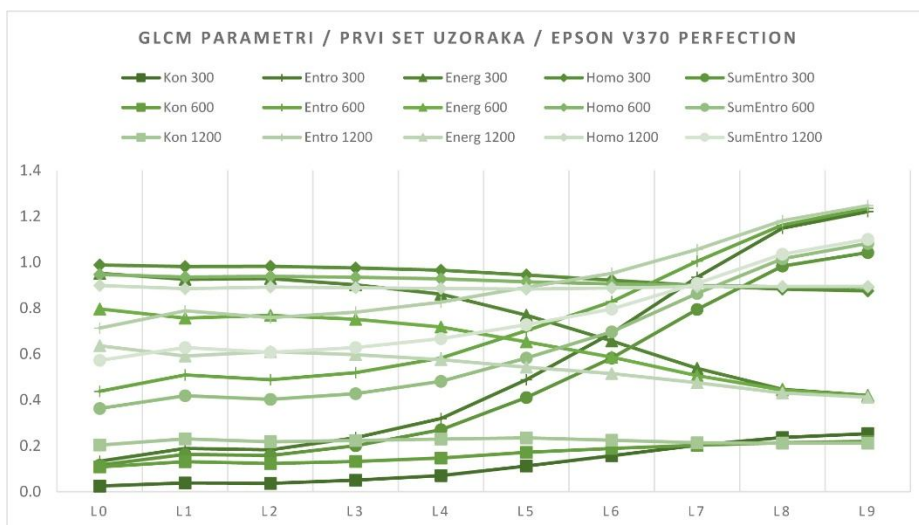
Upotreba različitih skenera prilikom digitalizacije dovela je do promena u rezultatima. Kod prvog skenera (**CanoScan LIDE 210**) rezultati su konstantni sa promenom rezolucije skeniranja i trend linija na grafikonu 6.1 prati trend simuliranih vrednosti za ovaj set. Kontrast, Entropija i Sum-Entropija rastu, dok Energija i Homogenost opadaju. Ovo znači da se povećavanjem amplitude linija na otisku (tj. povećavanjem neuniformnosti) povećava i vrednost Kontrasta, Entropije i Sum-Entropije, dok vrednosti Energije i Homogenosti opadaju. Manje promene dobijene su za Kontrast i Homogenost (nagib krivih je mnogo manji) u odnosu na rezultate Entropije, Sum-Entropije i Homogenosti.

⁴ Rezultati površinske neuniformnosti prilikom digitalizacije digitalnim fotoaparatima su prikazani samo za JPEG format, jer se pokazalo da nema razlike između JPEG i RAW formata (tabela 6.1 na strani 102).

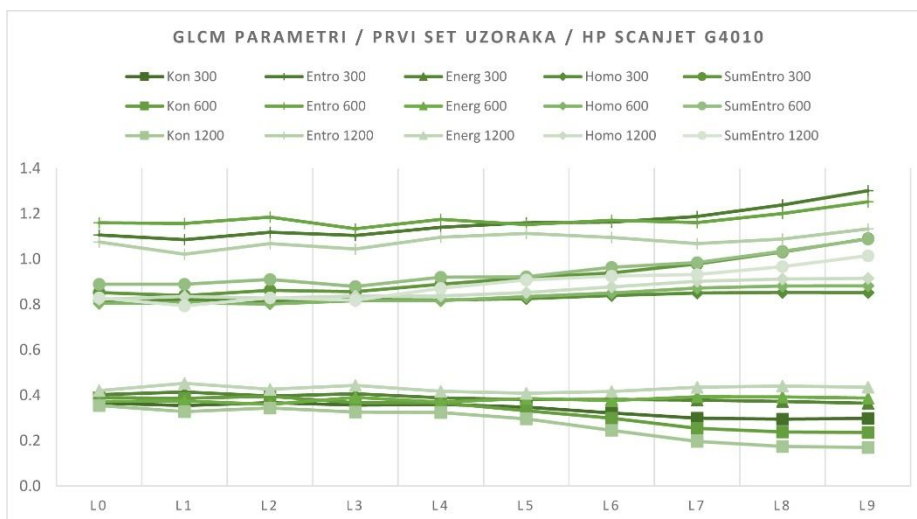


Grafik 6.1. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode.
Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **CanoScan Lide 210**

Rezolucija skeniranja ima mnogo veći uticaj na rezultate površinske neuniformnosti prilikom korišćenja druga dva skenera (Epson Perfection V370 i HP ScanJet G4010). Za razliku od prvog skenera, druga dva imaju CMOS tehniku skeniranja što je možda uticalo na promene u rezultatima. Na grafikonima 6.2 i 6.3 se može uočiti promena u rezultatima prilikom promene rezolucije skeniranja. Kod HP skenera, vrednosti GLCM parametara su dosta slične za sve uzorke, bez obzira na povećanje amplitude linija.

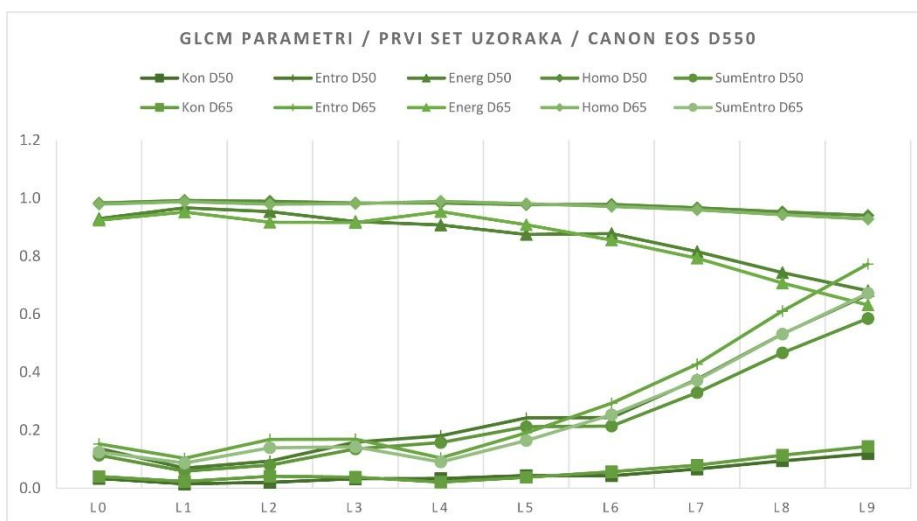


Grafik 6.2. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode.
Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Epson V370 Perfection**

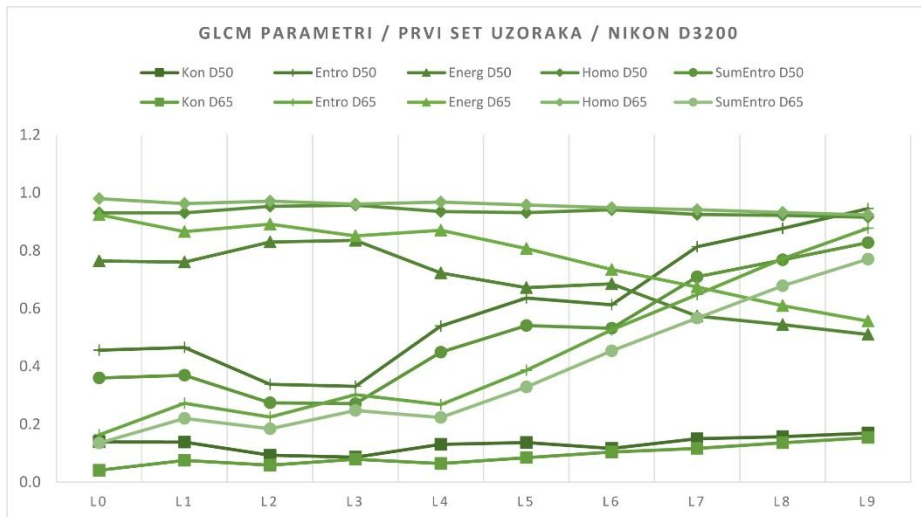


Grafik 6.3. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **HP ScanJet G4010**

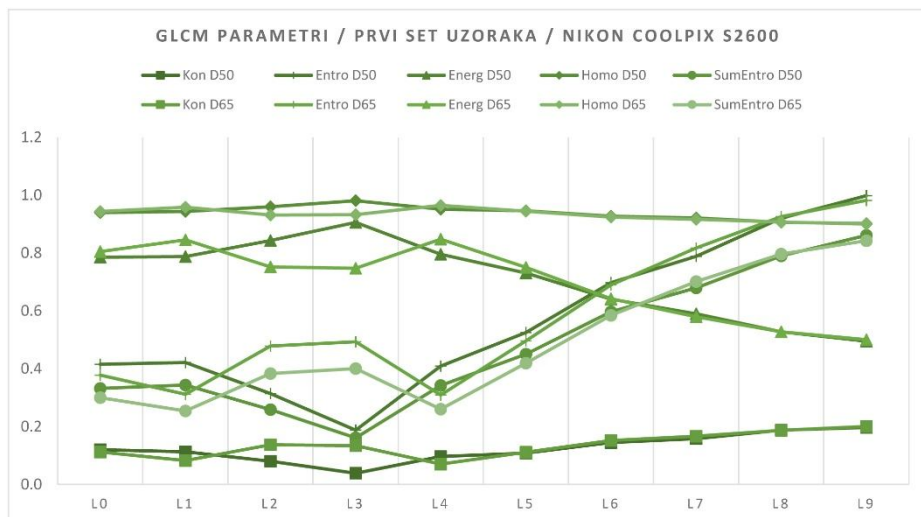
Izvor svetla (D50 i D65) je variran pri digitalizaciji uzoraka pomoću digitalnog fotoaparata ili mobilnim telefonom. I u ovom slučaju na rezultat površinske neuniformnosti utiče promena ulaznog uređaja kao i promena izvora svetla. Izvor svetla menja intenzitet nivoa piksela prilikom digitalizacije što direktno utiče na dobijenu vrednost površinske neuniformnosti kada se koristi GLCM metoda. Iako se očekuju različite vrednosti, odnos izmerenih vrednosti kada se koriste različiti izvori svetla bi trebao da bude isti. Najmanje oscilacije i promene su uočene kada se koristi digitalni fotoaparata Canon EOS D550 (grafik 6.4). Kod ostalih uređaja, promenom izvora svetla, dolazi do većih promena u dobijenim rezultatima.



Grafik 6.4. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Canon EOS D550**

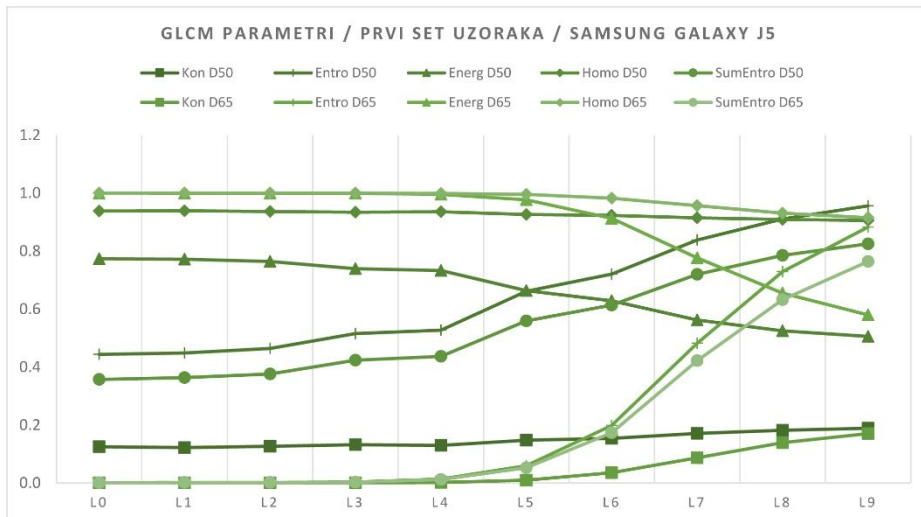


Grafik 6.5. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Nikon D3200**

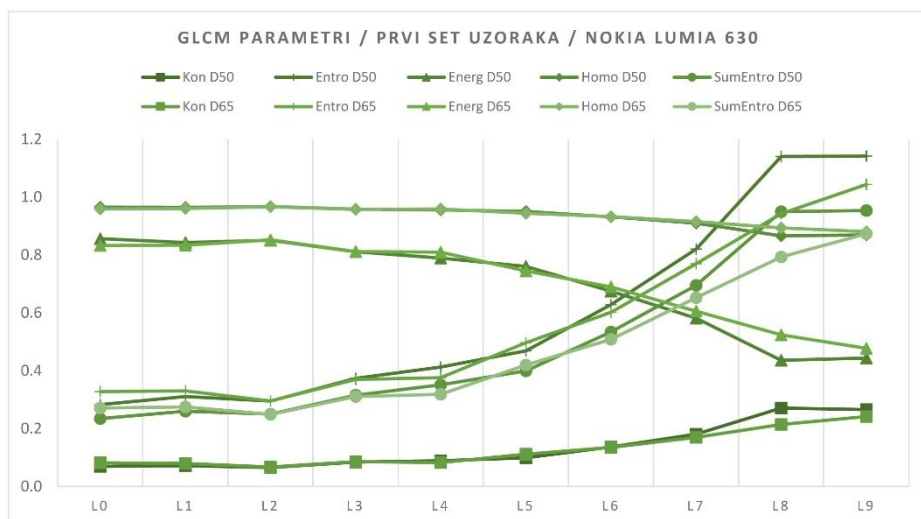


Grafik 6.6. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Nikon Coolpix S2600**

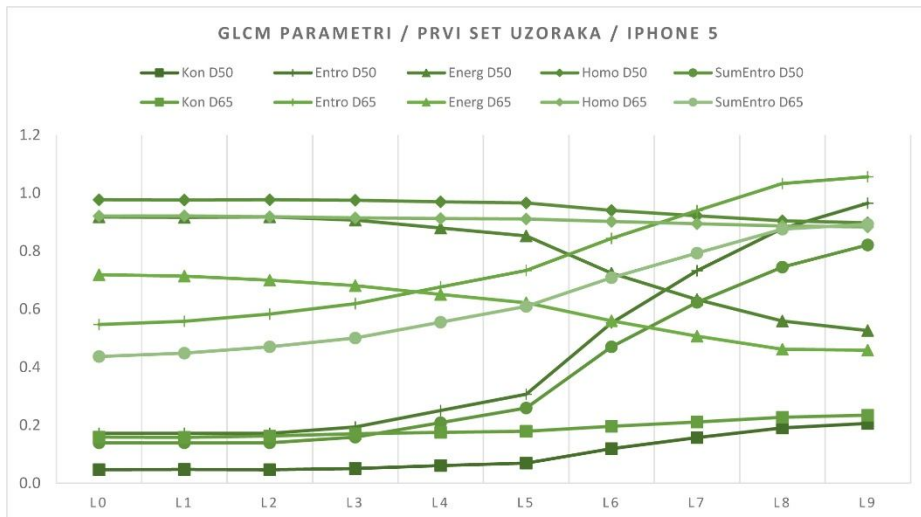
Kada se koriste mobilni telefoni za digitalizaciju uzoraka uočene su manje oscilacije pri promeni izvora svetla za dobijene vrednosti GLCM parametara. Primećeno je da su vrednosti GLCM parametara dosta slične do uzorka L₄ za sve mobilne telefone i oba izvora svetla, a tek od uzorka L₅ postepeno rastu ili opadaju (grafikoni 6.7, 6.8 i 6.9).



Grafik 6.7. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Samsung Galaxy J5**



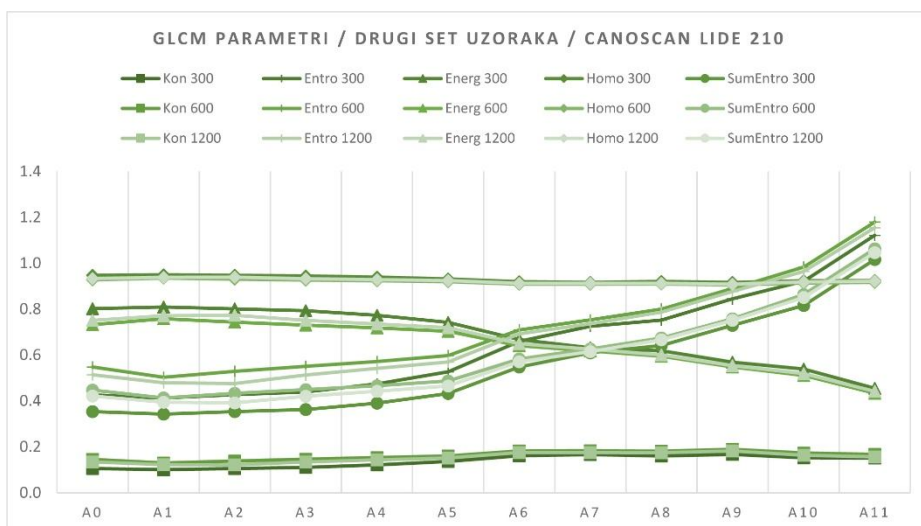
Grafik 6.8. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Nokia Lumia 630**



Grafik 6.9. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **IPhone 5**

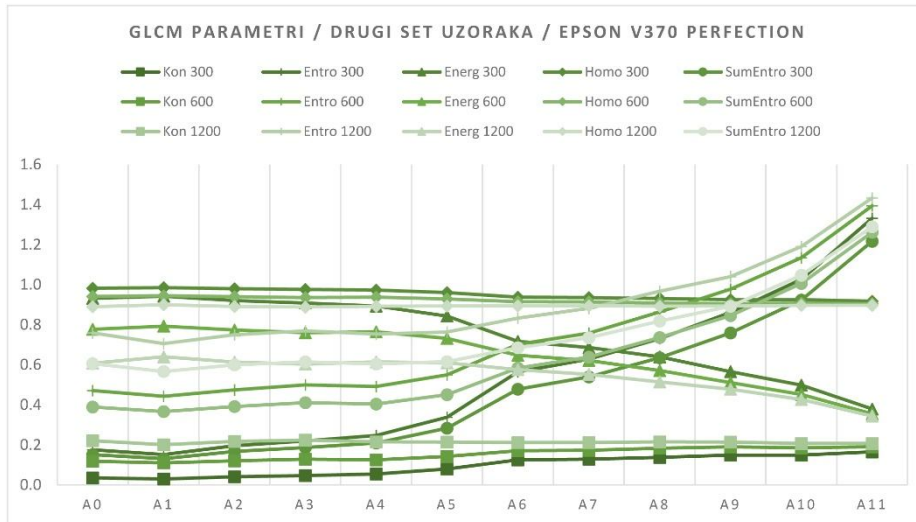
Drugi set uzoraka

U drugom setu uzoraka varirana je amplituda mrlja, dok je veličina mrlja bila konstantna. Amplituda mrlja direktno menja kontrast između tamnih i svetlih površina, stoga su dobijeni rezultati za GLCM Kontrast i GLCM Homogenost opravdani. Vrednosti za ova dva parametra su skoro nepromenjeni za sve uzorke, bez obzira na način i podešavanja prilikom digitalizacije. Ovi rezultati ukazuju da ta dva parametra nisu pogodna za merenje ovog tipa neuniformnosti (u slučaju nasumičnih varijacija). Entropija, Sum-Entropija i Energija se menjaju shodno promeni amplitude mrlje. Povećavanjem amplitude mrlja Entropija i Sum-Entropija rastu, dok vrednost za parametar Energija opada. Uticaj promene uređaja na dobijene rezultata je i u ovom slučaju prisutan.

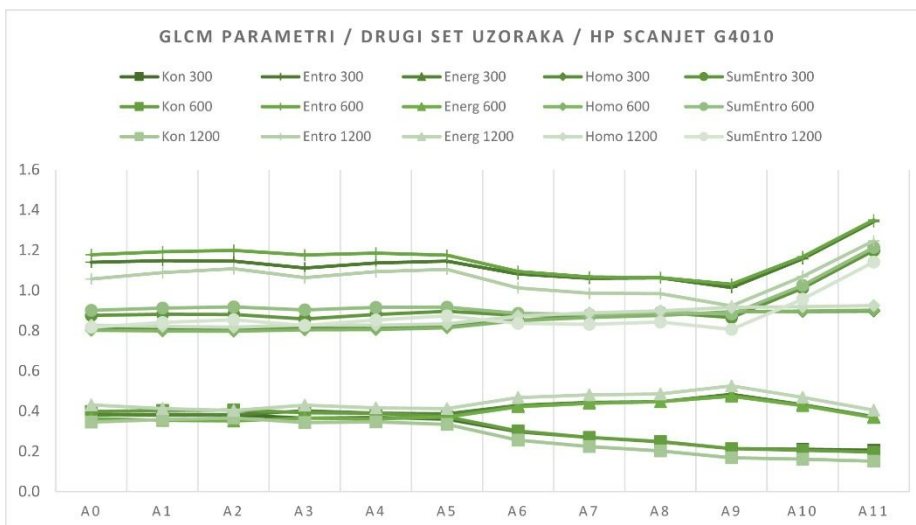


Grafik 6.10. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **CanoScan Lide 210**

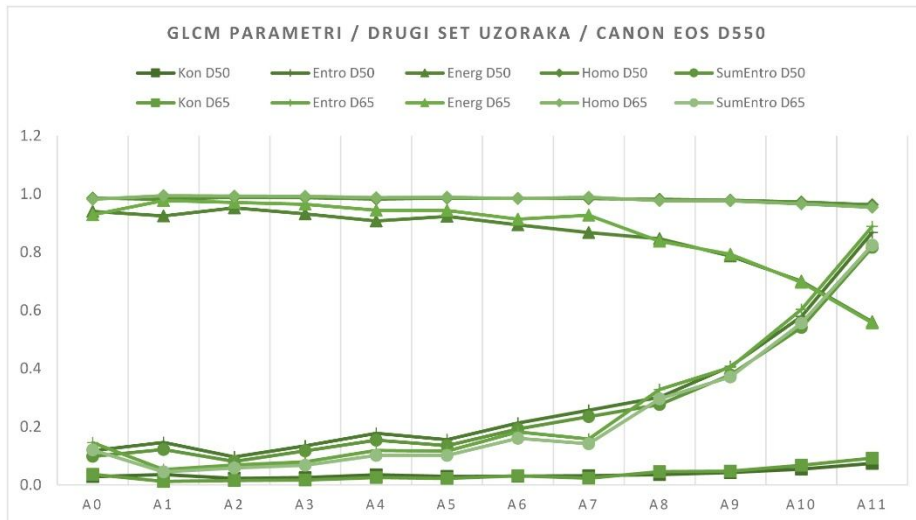
Od sva tri skenera, promena rezolucije skeniranja pri upotrebi skenera CanoScan LIDE 210, ima najmanji uticaj na dobijene rezultate (grafik 6.10). Minimalne promene su uočene još i prilikom upotrebe fotoaparata Canon EOS D550 (grafik 6.13), u slučaju variranja izvora svetla prilikom digitalizacije. Upotrebom ostalih uređaja su primetne mnogo veće razlike u dobijenim vrednostima površinske neuniformnosti.



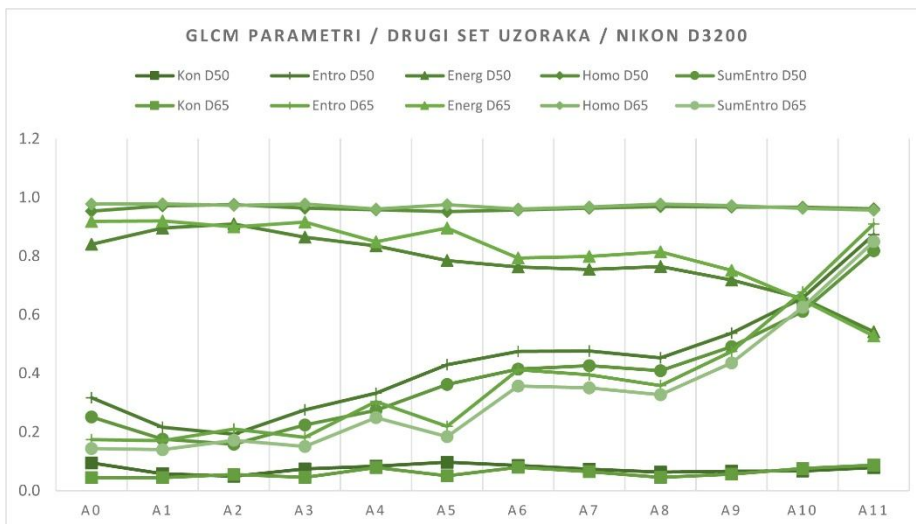
Grafik 6.11. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Epson V370 Perfection**



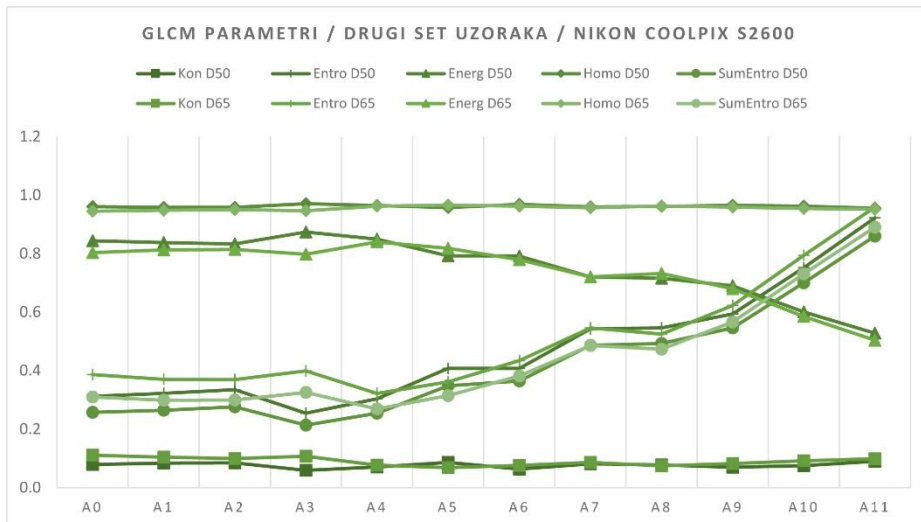
Grafik 6.12. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **HP ScanJet G4010**



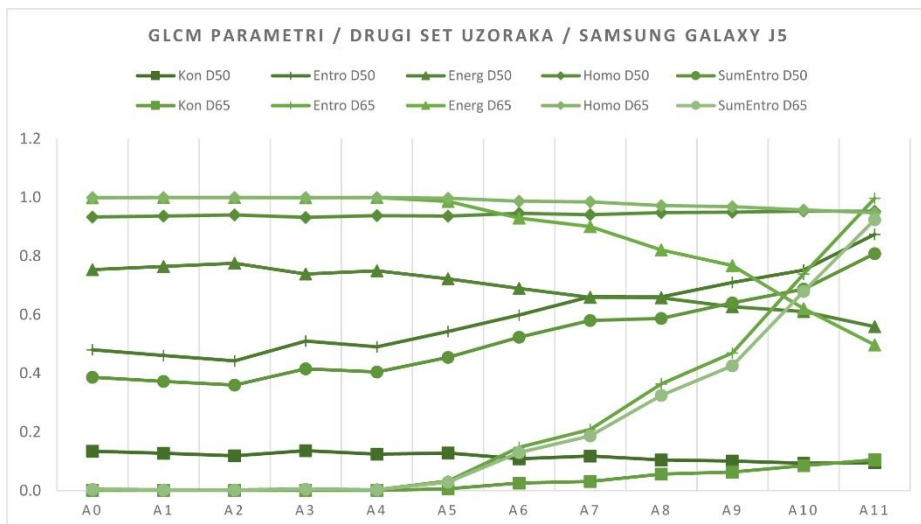
Grafik 6.13. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode.
Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Canon EOS D550



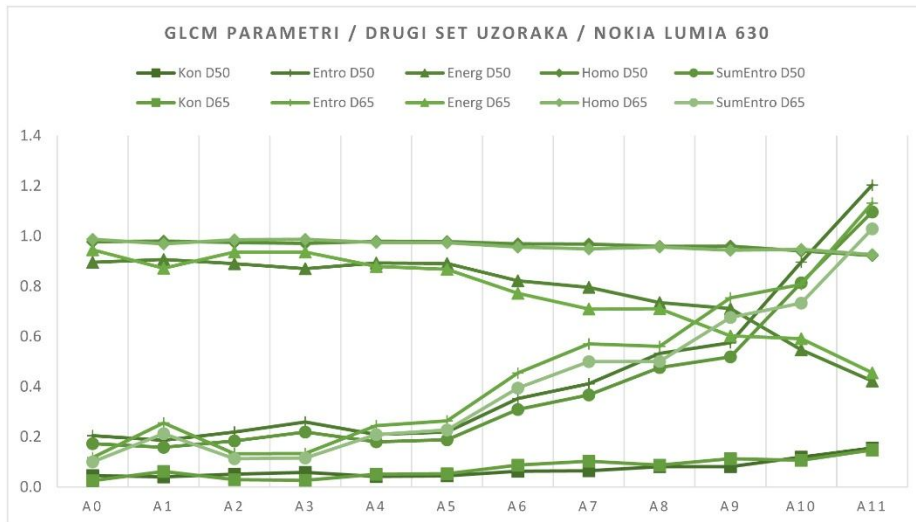
Grafik 6.14. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode.
Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Nikon D3200



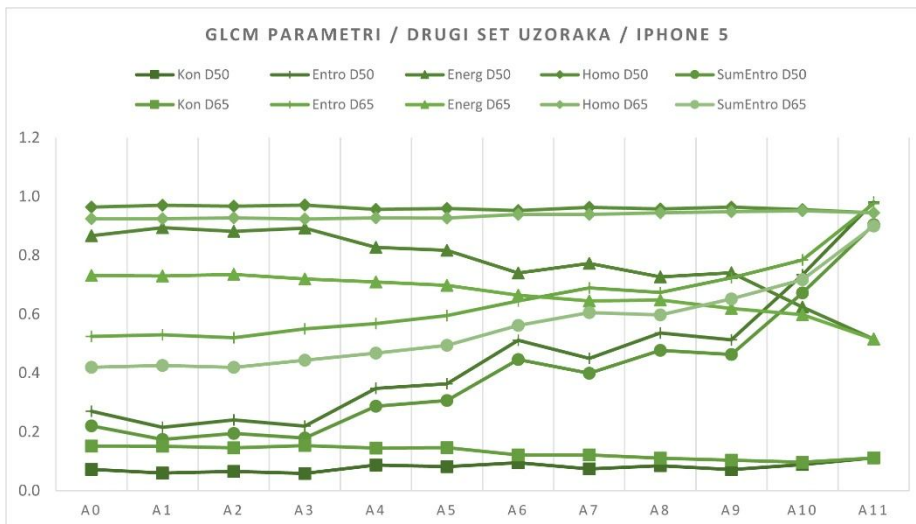
Grafik 6.15. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Nikon Coolpix S2600**



Grafik 6.16. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Samsung Galaxy J5**



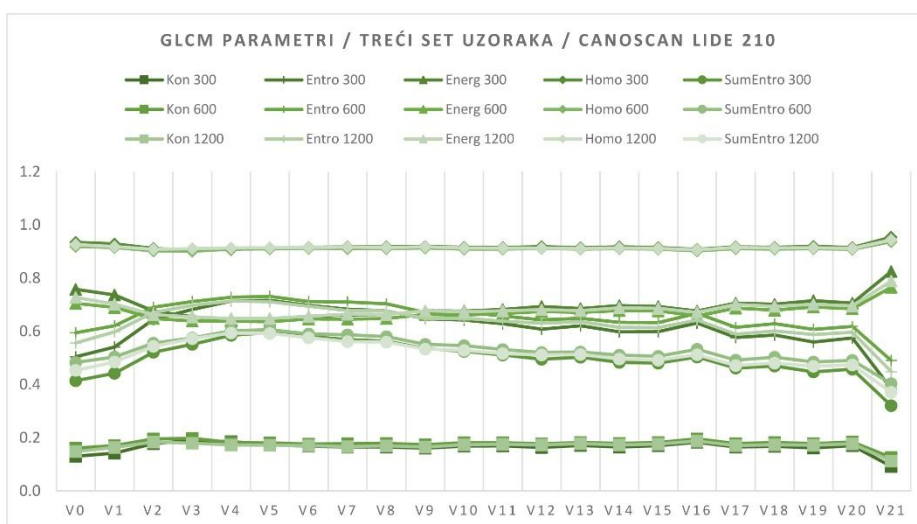
Grafik 6.17. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode.
Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: Nokia Lumia 630



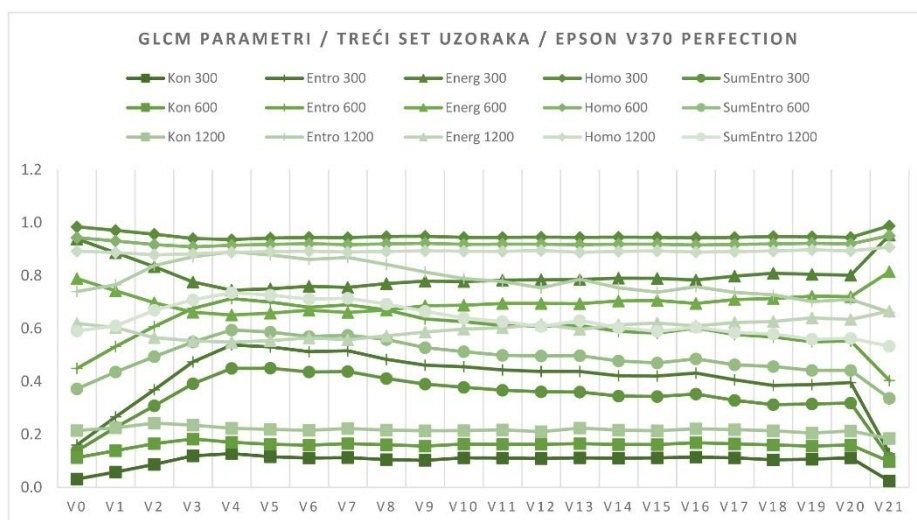
Grafik 6.18. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode.
Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: iPhone 5

Treći set uzoraka

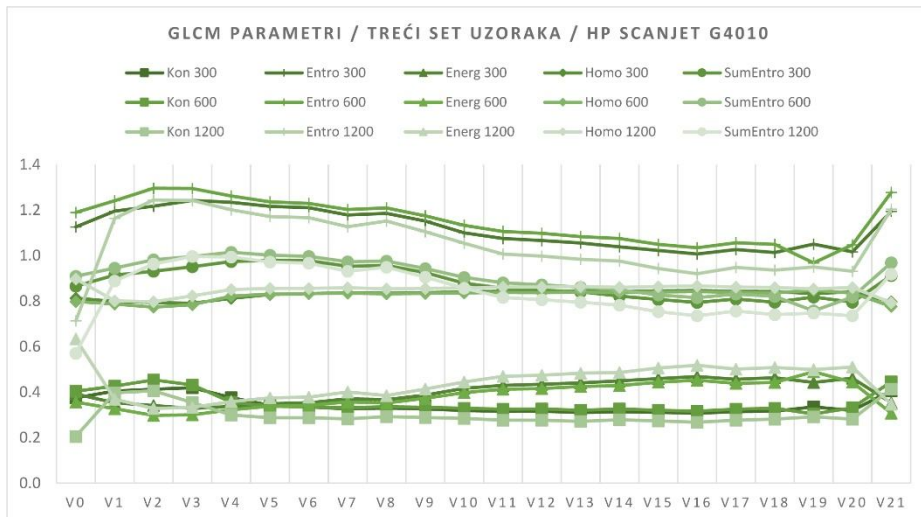
U trećem setu je varirana veličina mrlje na otisku, od najsitnije do najkrupnije kao što se može videti na slici 5.14. Prilikom promene veličine mrlje, zadržava se odnos svetlih i tamnih piksela, pa primena GLCM metode u ovom setu nije pogodna što se može zaključiti i na osnovu rezultata prikazanih na grafikonima 6.19 – 6.27. Svi parametri GLCM metode su gotovo jednaki i skoro nepromenjeni. Jedino se kod Entropije i Sum-Entropije može videti blagi porast vrednosti do uzorka V4. Stoga je u daljoj analizi i diskusiji moguće koristiti samo ta dva parametra.



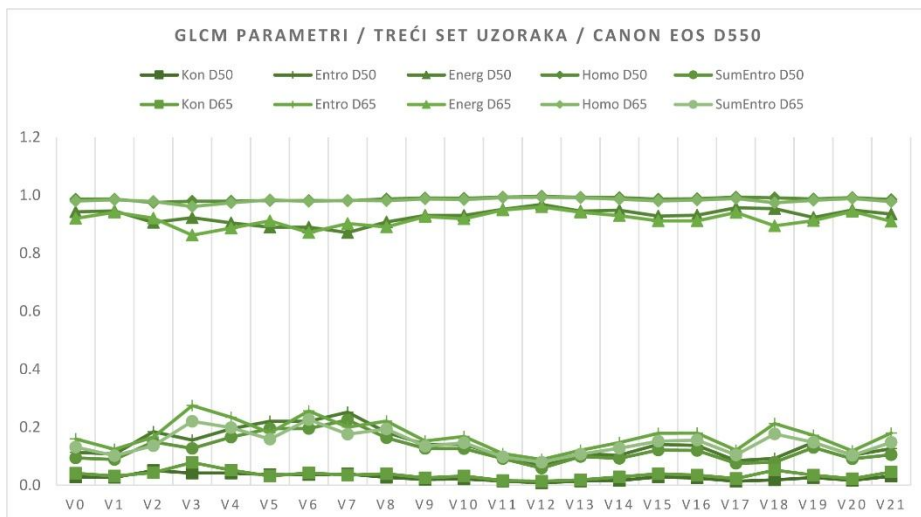
Grafik 6.19. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **CanoScan Lide 210**



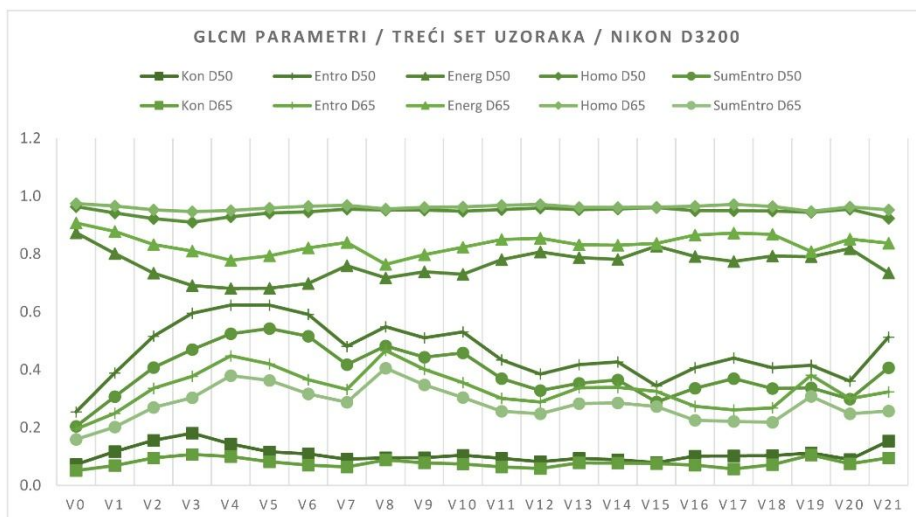
Grafik 6.20. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Epson V370 Perfection**



Grafik 6.21. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **HP ScanJet G4010**

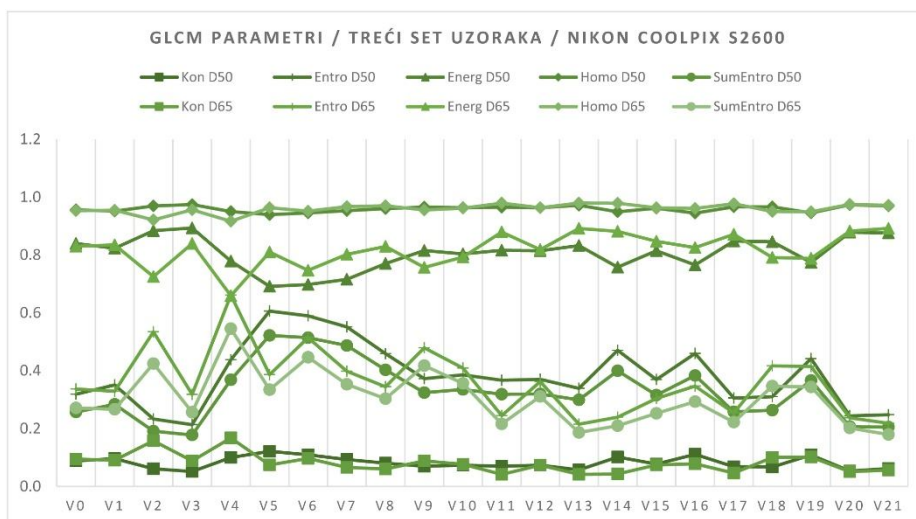


Grafik 6.22. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Canon EOS D550**

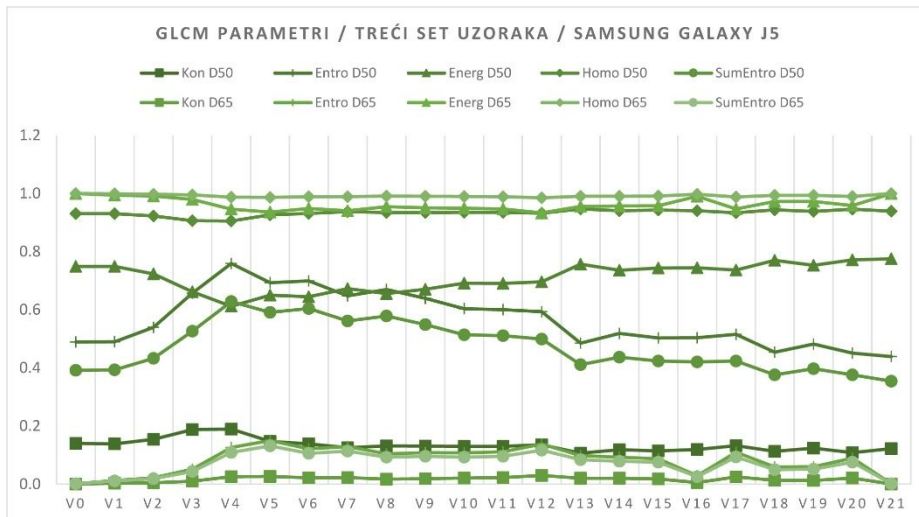


Grafik 6.23. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Nikon D3200**

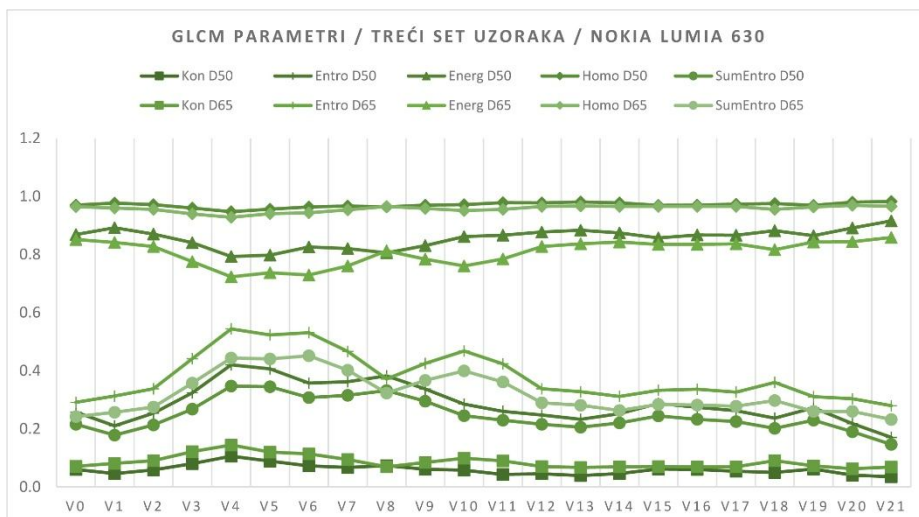
Najveće promene u rezultatima površinske neuniformnosti su primećene prilikom upotrebe digitalnog fotoaparata Nikon Coolpix S2600. Rezultati su prikazani na grafikonu 6.24 gde se mogu videti oscilacije u vrednostima bez obzira na izvor svetlosti korišćen prilikom digitalizacije. Nedostatak ovog aparata je sam fokus. Kod ovog uređaja je potrebno fokusirati uzorak svaki put kada se slika, ne postoji opcija zaključavanja fokusa, što nužno dovodi do prikazanih promena u rezultatima. Promena fokusa direktno utiče na promenu brzine blende koja je kod ovih uzoraka varirana (1/30, 1/20 i 1/15), što se vidi u tabeli 5.10. Sve ove promene utiču na intenzitet piksela na uzorcima, što nužno utiče na vrednosti površinske neuniformnosti koje se računaju pomoću GLCM metode.



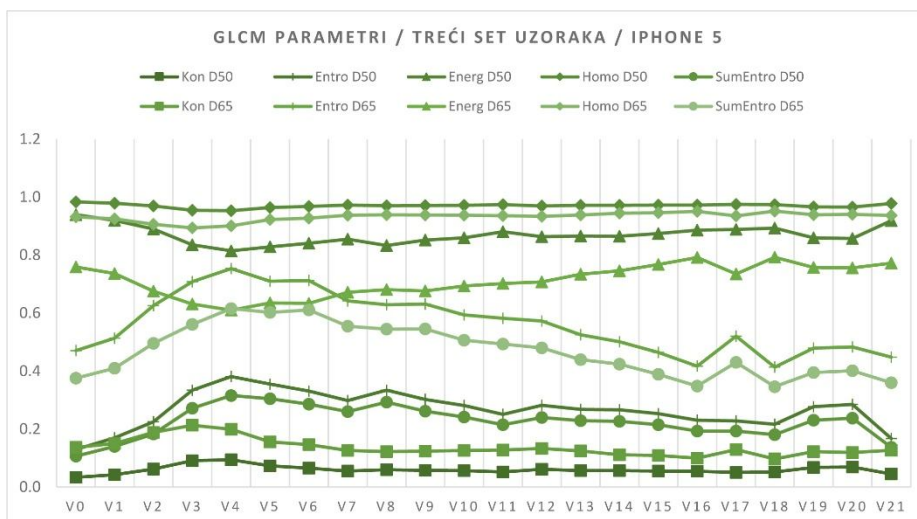
Grafik 6.24. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Nikon Coolpix S2600**



Grafik 6.25. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Samsung Galaxy J5**



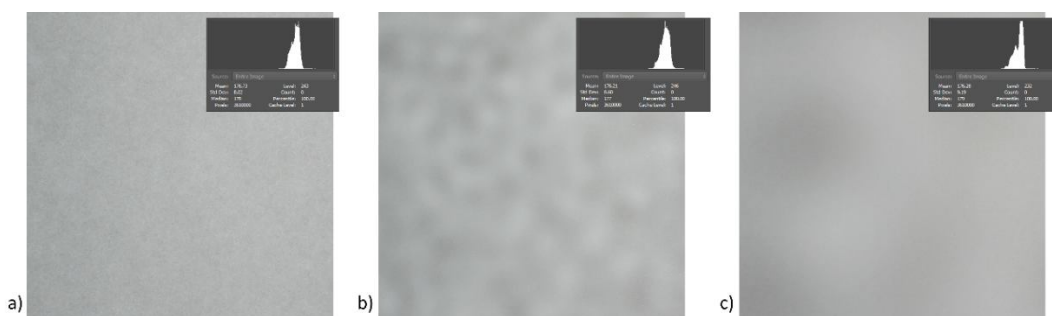
Grafik 6.26. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Nokia Lumia 630**



Grafik 6.27. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem GLCM metode. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **IPhone 5**

Vrednosti GLCM parametara koje su skoro konstante za sve uzorke i za sve korišćene uređaje se mogu objasniti analizom histograma uzoraka, prikazanom na slici 6.1. Kao primer uzeti su uzorci V3, V9 i V19 koji su digitalizovani fotoaparatom Canon EOS D550, za izvor svetla D50.

Uzorci V3, V9 i V19 se dosta vizuelno razlikuju, ali dobijeni rezultati površinske neuniformnosti pomoću GLCM metode su veoma slični. Na primer, GLCM Energija za ova tri uzorka je $V3 = 0.9225$, $V9 = 0.9304$ i $V19 = 0.9232$. Histogrami ovih uzoraka su dosta slični, a srednja vrednost piksela je ista za sve uzorke (*mean*: 176), što ujedno i objašnjava dobijene rezultate za treći set uzoraka i za GLCM metodu.



Slika 6.1. Izgled uzoraka a) V3, b) V9 i c) V19 trećeg seta sa histogramima. Uzorci digitalizovani digitalnim fotoaparatom Canon EOS D550, izvor svetla D50.

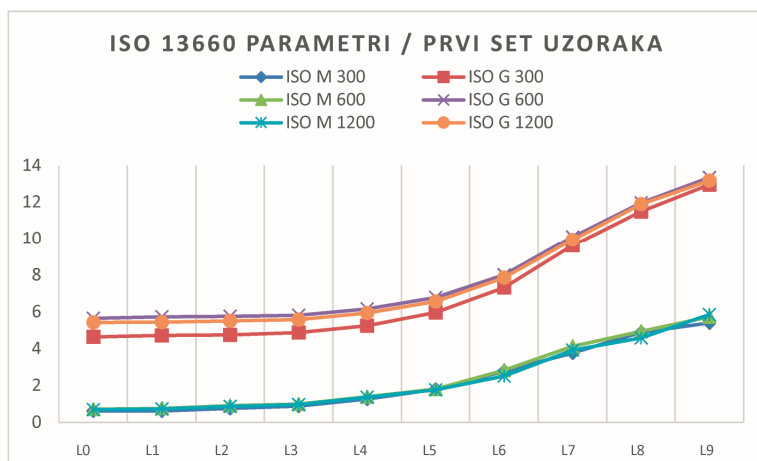
6.1.2. Rezultati ISO metode za merenje površinske neuniformnosti

ISO 13660:2001 opisuje površinsku neuniformnost kao nasumičnu varijaciju optičke gustine. U zavisnosti od frekvencije varijacije mogu se definisati dva parametra: zrnčavost (mikro) i motling (makro neuniformnost). Zrnčavost i motling su definisani kao nasumične varijacije, tako da ova metoda nije prilagođena merenju sistematične površinske neuniformnosti, ali je ona ipak primenjena i na prvi set uzoraka kako bi se procenilo da li i ona može da se koristi u tom slučaju. Rezultati merenja površinske neuniformnosti koristeći ISO metodu su prikazani na grafikonima 6.28 – 6.36 za prvi set uzoraka, 6.37 – 6.45 za drugi set uzoraka i 6.46 – 6.54 za treći set uzoraka, a

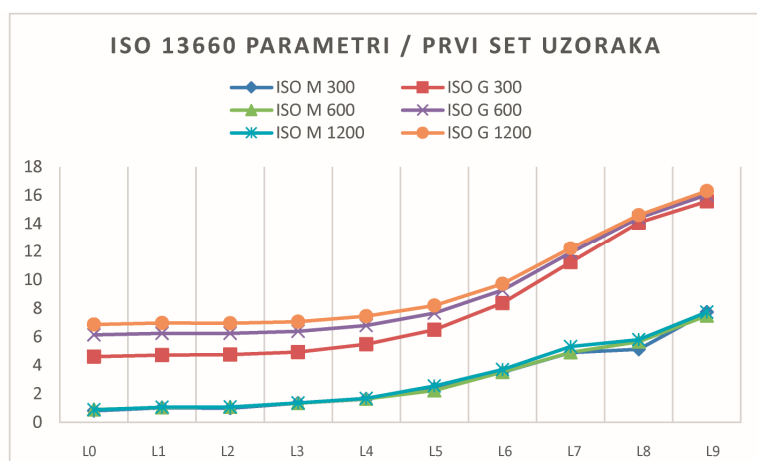
tabelarni prikaz rezultata je dat u **Prilogu P3, tabela P3.2**. Na grafikonima, ISO M se odnosi na motling, dok ISO G označava zrnčavost.

Prvi set uzoraka

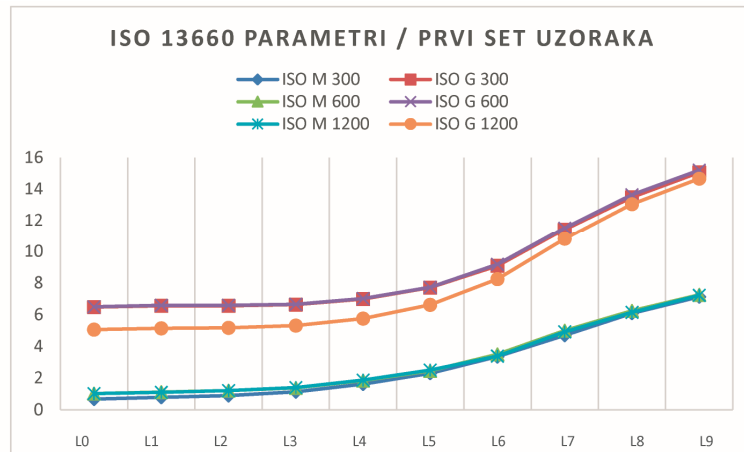
U slučaju promene amplitude linije oba ISO parametra (ISO M – motlin i ISO G – zrnčavost) rastu kako raste amplituda (grafikoni od 6.28 do 6.36). Vrednost zrnčavost se menja u slučaju promene rezolucije skeniranja, dok je vrednost motlinga konstantna. Promena rezolucije skeniranja nema uticaj na vrednost ISO M, jer se ona računa na osnovu standardne devijacije optičke gustine (intenziteta piksela) izmerenu na otisku.



Grafik 6.28. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode.
Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **CanoScan Lite 210**

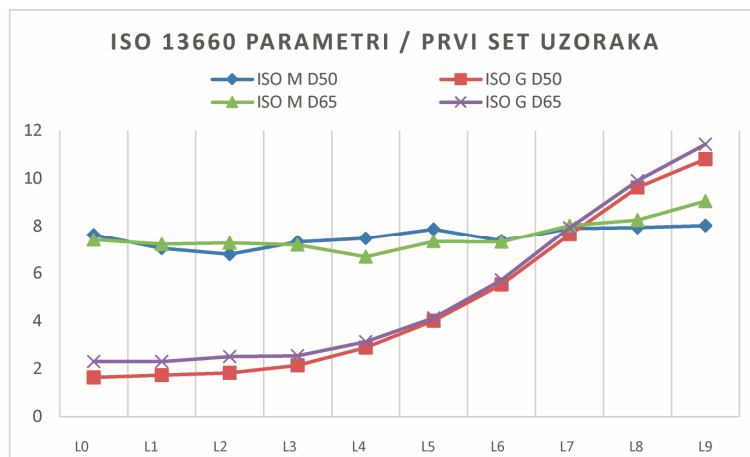


Grafik 6.29. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode.
Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Epson V370 Perfection**

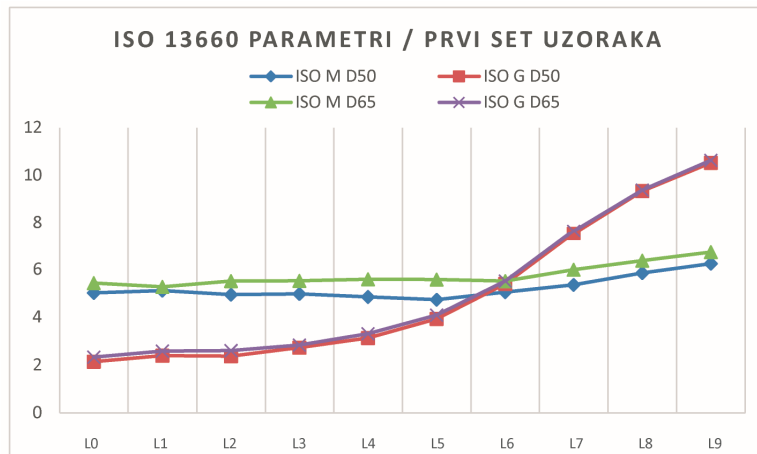


Grafik 6.30. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode.
Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **HP ScanJet G4010**

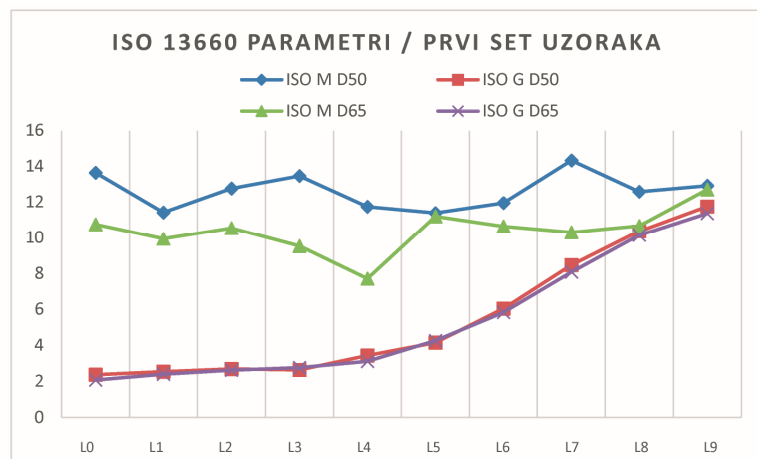
Promenom izvora svetla, dolazi do veće promene u izmerenoj ISO M vrednosti, jer se promenom izvora svetla menja intenzitet piksela. Izvor svetla ne utiče na vrednost zrnčavosti jer se promenom osvetljenja ne menja rezolucija snimanja. Najveće razlike u dobijenim rezultatima se javljaju prilikom korišćenja digitalnog fotoaparata Nikon Coolpix S2600.



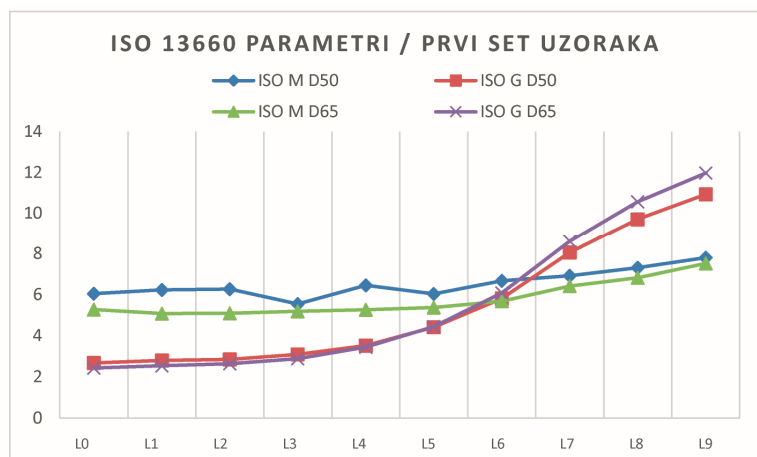
Grafik 6.31. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode.
Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Canon EOS D550**



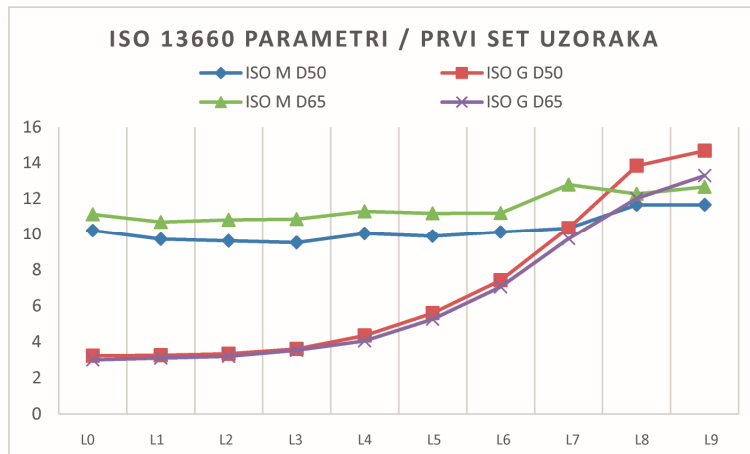
Grafik 6.32. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode.
Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Nikon D3200**



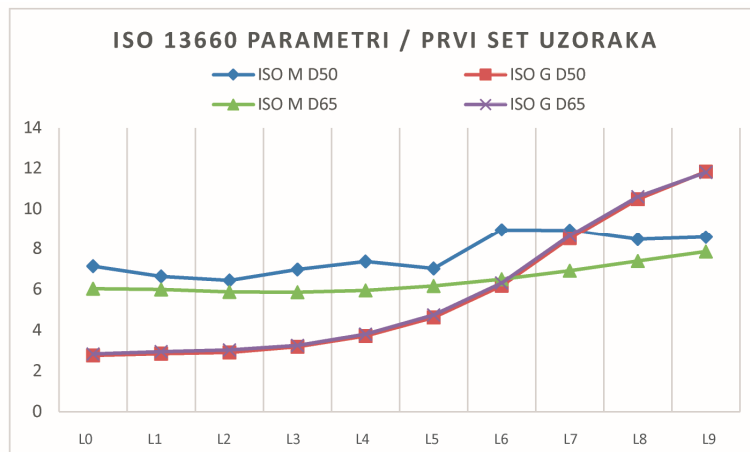
Grafik 6.33. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode.
Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Nikon Coolpix S2600**



Grafik 6.34. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode.
Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Samsung Galaxy J5**



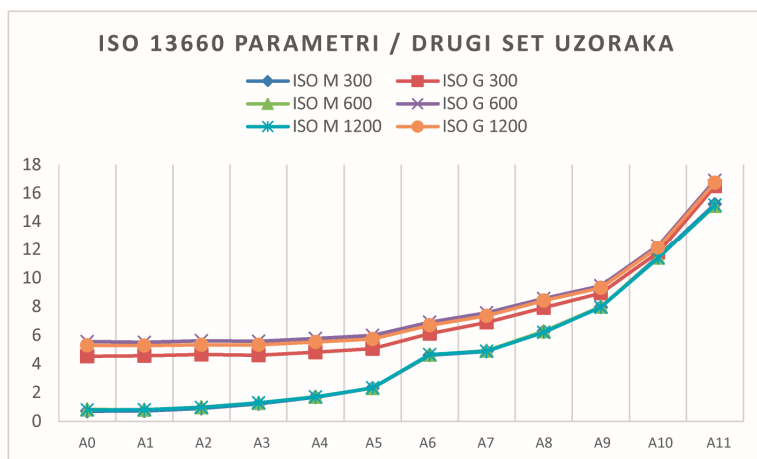
Grafik 6.35. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode.
Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Nokia Lumia 630**



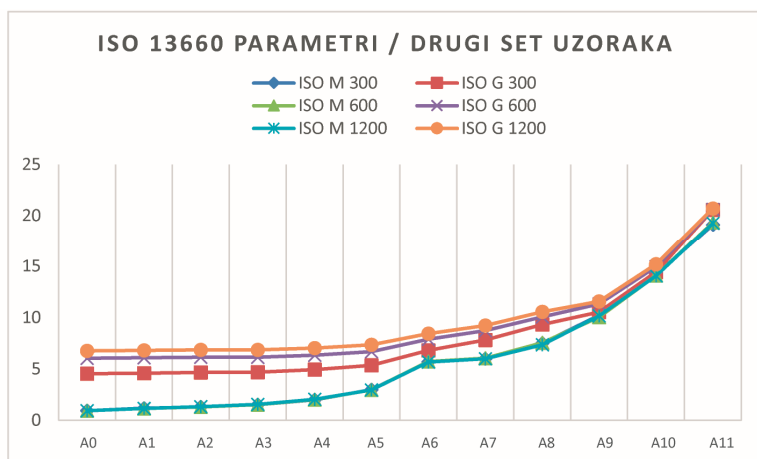
Grafik 6.36. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode.
Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **iPhone 5**

Drugi set uzoraka

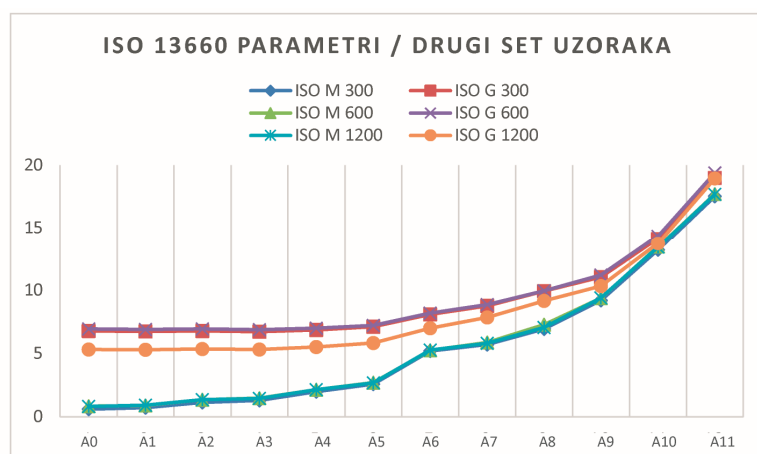
I u slučaju promene amplitude mrlja oba ISO parametra (ISO M – motlin i ISO G – zrnčavost) rastu kako raste amplituda (grafikoni od 6.37 do 6.45). Kao i kod prvog seta i kod drugog seta na vrednost zrnčavost (ISO G) utiče promena rezolucije skeniranja, dok se vrednost motlinga (ISO M) ne menja. Vrednost ISO G je skoro nepromenja kada se bira rezolucija skeniranja 600 ili 1200 spi za skenere CanoScan LIDE 210 i Epson V370 Perfection, dok se kod trećeg skenera (HP ScanJet G4010) zadržava ista vrednost promenom rezolucije sa 300 na 600 spi.



Grafik 6.37. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **CanoScan Lide 210**

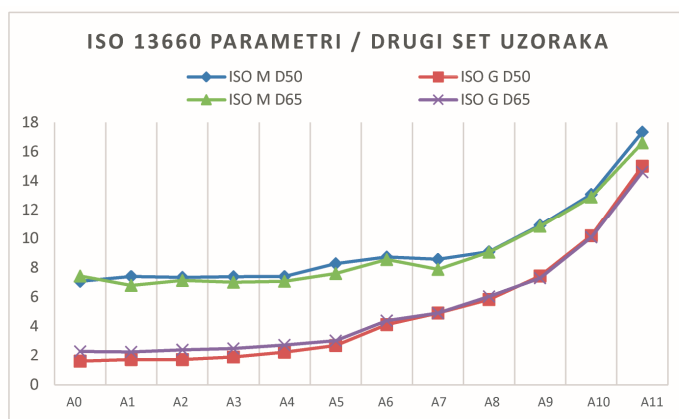


Grafik 6.38. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Epson V 370 Perfection**

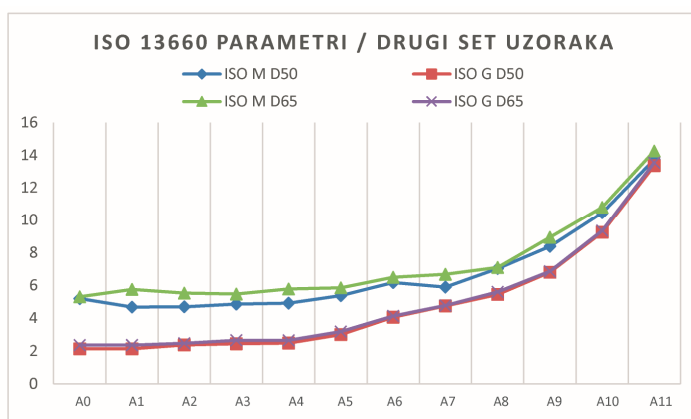


Grafik 6.39. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **HP ScanJet G4010**

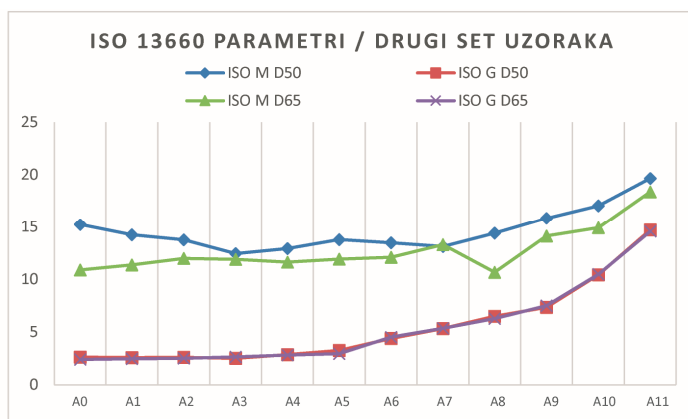
Promenom izvora svetla, menja se ISO M vrednosti, dok izvor svetla ne utiče na vrednost zrnčavost (ISO G). Najveće razlike u dobijenim rezultatima se javljaju prilikom korišćenja digitalnog fotoaparata Nikon Coolpix S2600 (grafik 6.42) i mobilnog telefona iPhone 5 (grafik 6.45).



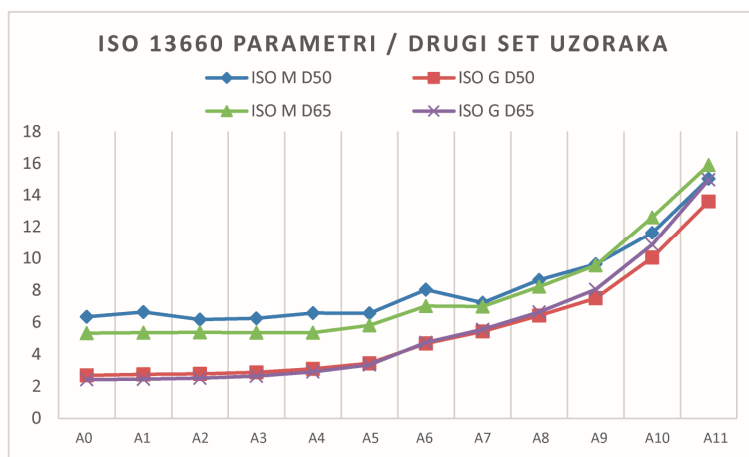
Grafik 6.40. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Canon EOS D550**



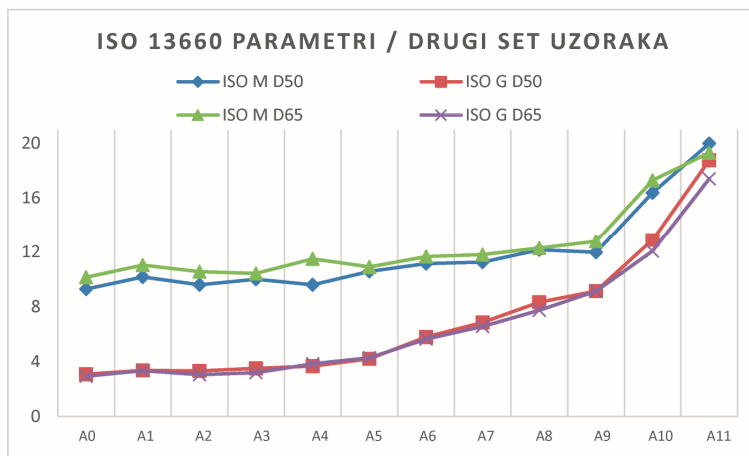
Grafik 6.41. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Nikon D3200**



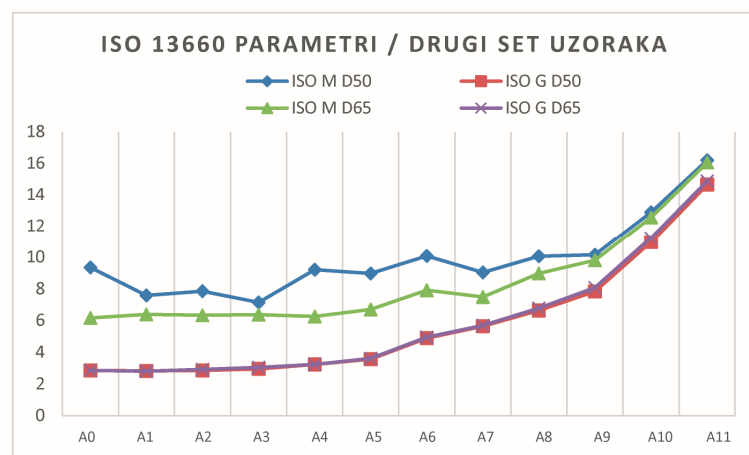
Grafik 6.42. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Nikon Coolpix S2600**



Grafik 6.43. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Samsung Galaxy J5**



Grafik 6.44. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Nokia Lumia 630**



Grafik 6.45. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Drugi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **iPhone 5**

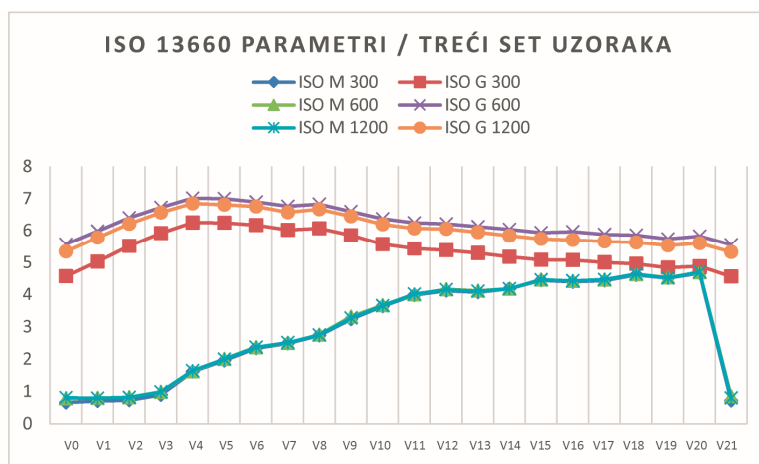
Treći set uzoraka

U trećem setu, se na osnovu dobijenih rezultata površinske neuniformnosti, koristeći ISO metodu, uzorci jasno mogu grupisati u dva seta: mikro i makro neuniformnost. Bez obzira što veličina mrlje raste, deo uzoraka može da se grupiše kao zrnčavost, a deo kao motling. Vrednost ISO G raste do uzorka V4 i onda blago opada, dok vrednost ISO M polako raste od prvog uzorka i nastavlja da raste i nakon uzorka V4. Veličina mrlje od $p_{min} = 0.95$ za ovaj uzorak potvrđuje definiciju standarda ISO 13660, da je kod motlinga **maksimalna frekvencija mrlje** manja od **0.4 cy/mm** (ISO, 2001) što odgovara veličini mrlje p_{min} od **2.5** koja je uzeta za uzorak V5.

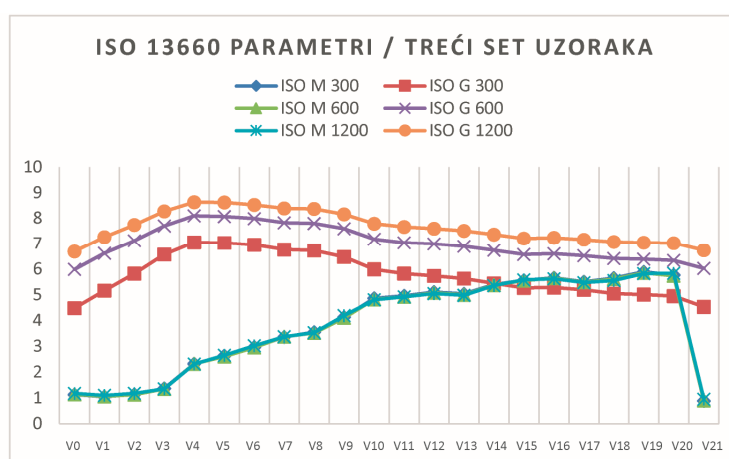
Maksimalna frekvencija za uzorak V4 je: $f_{max} = 1/p_{min} = 1.05 \text{ cy/mm}$

Stoga se može zaključiti da uzorci od V0 do V4 spadaju u grupu mikro neuniformnosti.

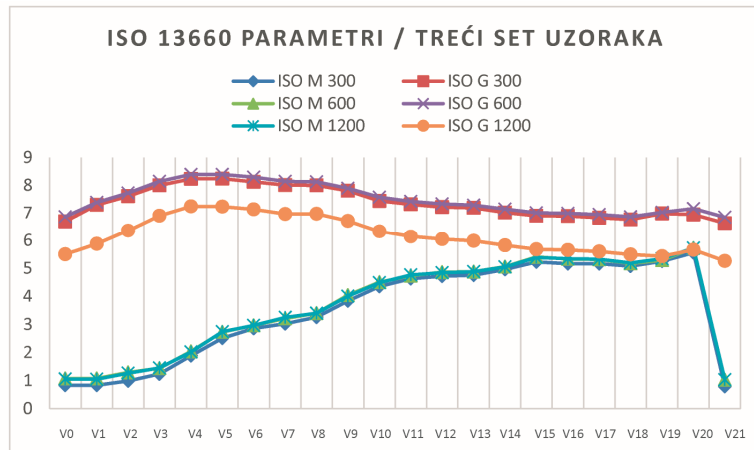
Pad krive kod uzorka V21, koji je najviše izražen kada se koristi skener, potvrđuje da je uzorak isti kao i uzorak V0, uniforman. Povećavanjem mrlje, dolazi se ponovo do uniformnog otiska.



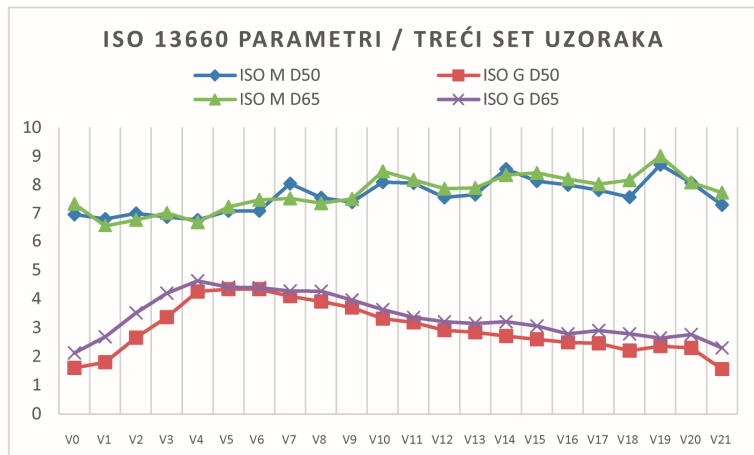
Grafik 6.46. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **CanoScan Lide 210**



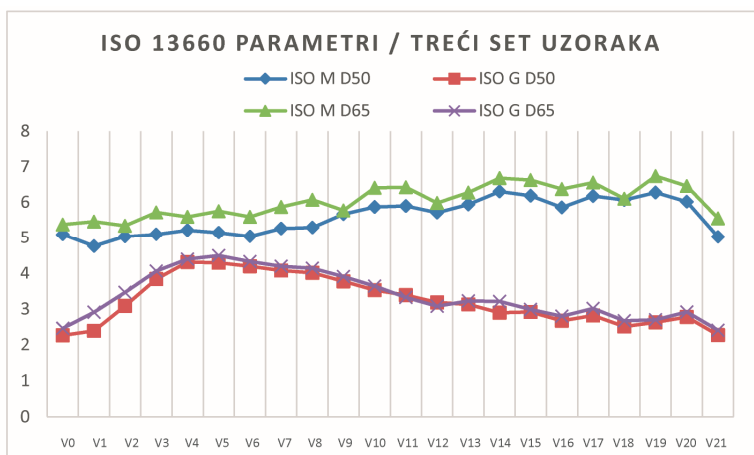
Grafik 6.47. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Epson V370 Perfection**



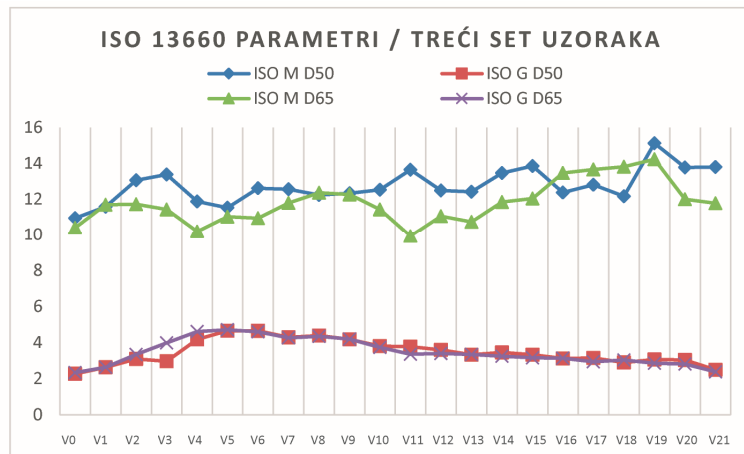
Grafik 6.48. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **HP ScanJet G4010**



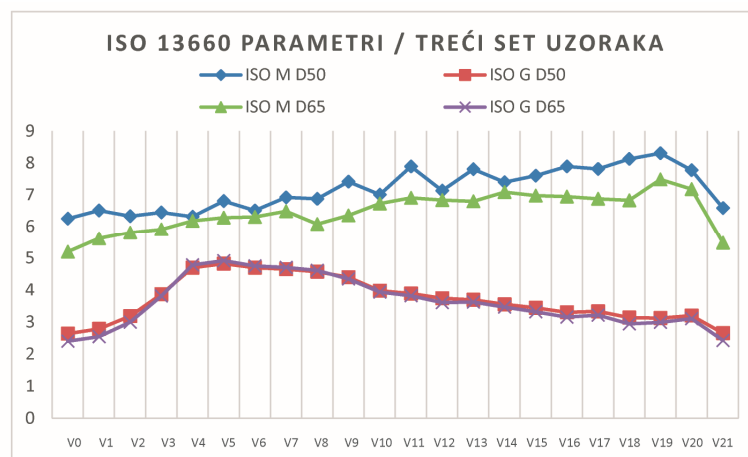
Grafik 6.49. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Canon EOS D550**



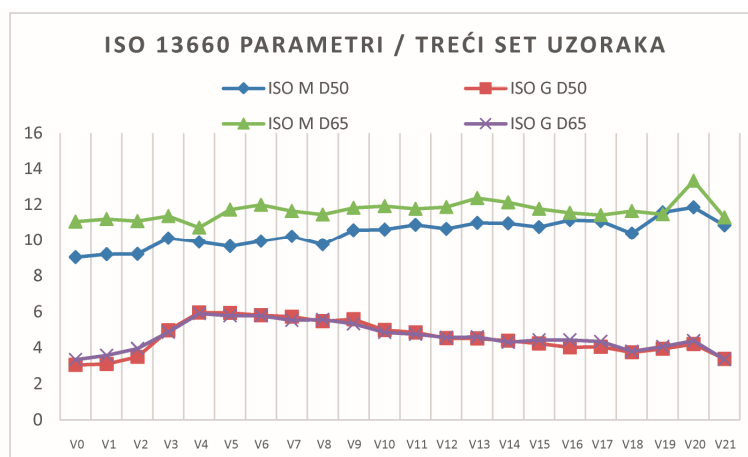
Grafik 6.50. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Nikon D3200**



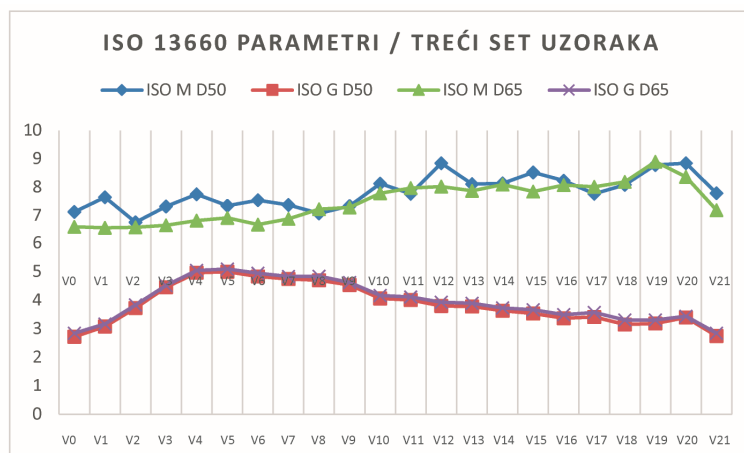
Grafik 6.51. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Nikon Coolpix S2600**



Grafik 6.52. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Samsung Galaxy J5**



Grafik 6.53. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Nokia Lumia 630**



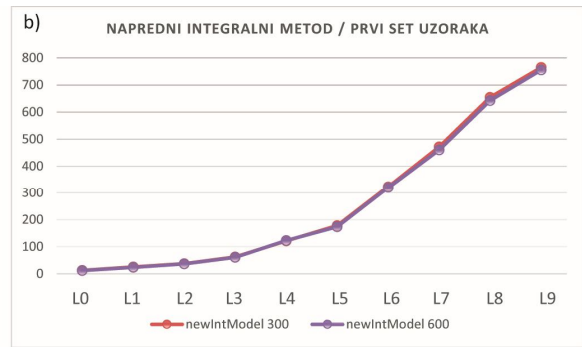
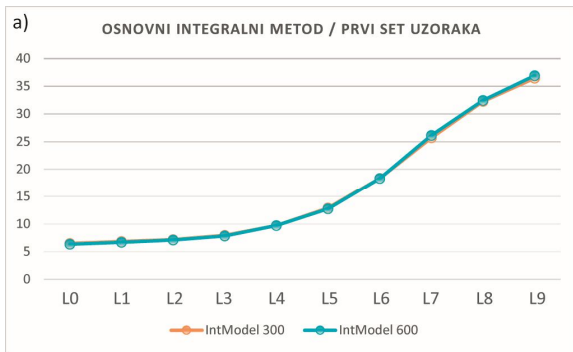
Grafik 6.54. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem ISO 13660 metode. Treći set uzoraka, digitalizacija uzoraka: iPhone 5

6.1.3. Rezultati Integralne metode za merenje površinske neuniformnosti

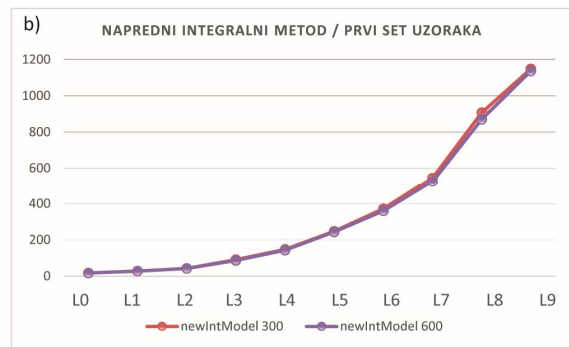
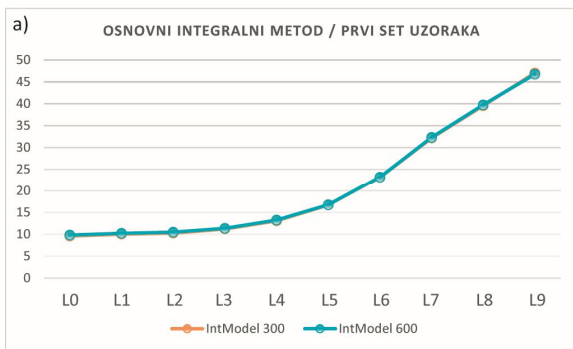
Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni upotrebom Integralnih metoda su prikazani na grafikonima 6.55 – 6.59 (prvi set), 6.60 – 6.64 (drugi set) i 6.65 – 6.6g (treći set), a tabelarni prikaz rezultata je dat u **Prilogu P3, tabela P3.3**. Integralne metode mogu da se primene na slikama koje su digitalizovane u rezoluciji od **300** ili **600** ppi, pa je zbog toga smanjen broj ulaznih uređaja za analizu. Uzorci digitalizovani skenerima i pomoću dva digitalna fotoaparata (Nikon D3200 i Nikon Coolpix S2600) mogu da se iskoriste u ovoj analizi. Kod skenera je varirana rezolucija skeniranja (300 i 600 spi), dok je kod digitalnih fotoaparata variran izvor svetla, a rezolucija je 300 ppi.

Iako je *Napredni Integralni metod* napravljen za analizu sistematične greške, u prvom setu uzoraka se i *Osnovni Integralni metod* pokazao odgovarajući, mada se vidi da nema velikih promena u vrednostima do uzorka L4. Ni jedna Integralna metoda nije pogodna za analizu površinske neuniformnosti kada se menja amplituda mrlje (drugi set). Na osnovu dobijenih rezultata se vidi da nema velikih promena za vrednosti Integralnih metoda, iako amplituda mrlje raste. U trećem setu uzoraka, rezultati dobijeni upotrebom Osnovne Integralne metode su slični kao i rezultati dobijeni primenom ISO metode (ISO G, zrnčavost). Za razliku od ISO G vrednosti, vrednost Osnovne Integralne metode raste do uzorka V3, nakon toga opada i od uzorka V10 postaje gotovo konstantna. Ovo nije slučaj kada se koristi *Napredni Integralni metod*.

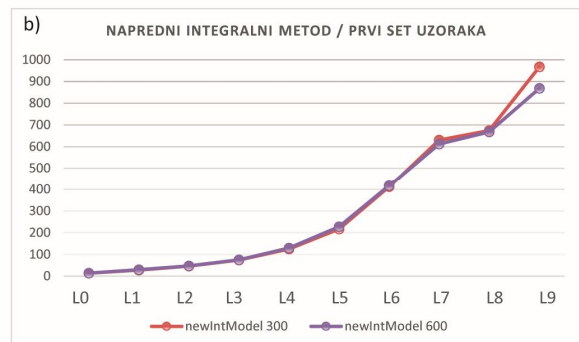
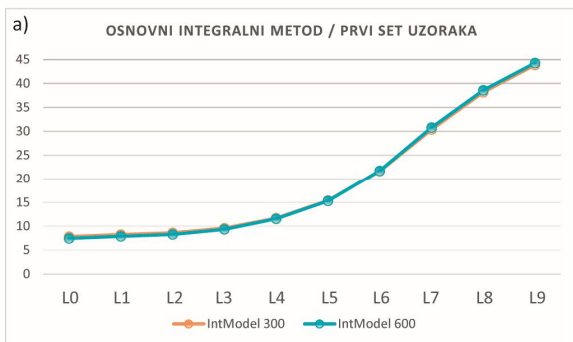
Na osnovu pregleda rezultata dobijenih ovim metodama može se dati predlog da se *Osnovni Integralni metod* koristi za analizu površinske neuniformnosti isto kao parametar ISO G, dok je *Napredni Integralni metod* pogodniji za analizu sistematične neuniformnosti. Kod uzoraka digitalizovanih pomoću digitalnog fotoaparata Nikon Coolpix S2600 ponovo su uočene najveće promene u dobijenim rezultatima. Promenom rezolucije skeniranja i promenom izvora svetla za Nikon D3200 fotoaparata, razlike u rezultatima površinske neuniformnosti su minimalne.



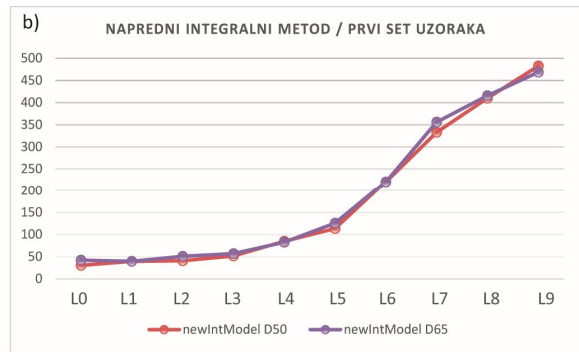
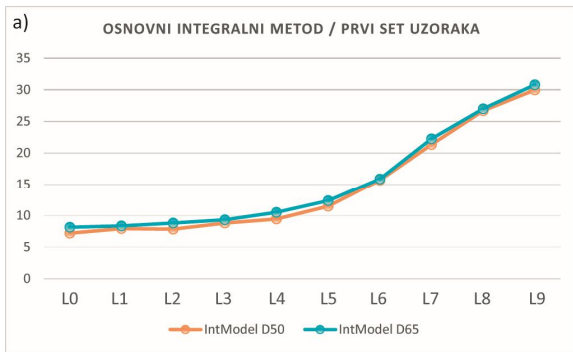
Grafik 6.55. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem Integralne metode: a) Osnovni metod i b) Napredni metod. Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **CanoScan Lite 210**



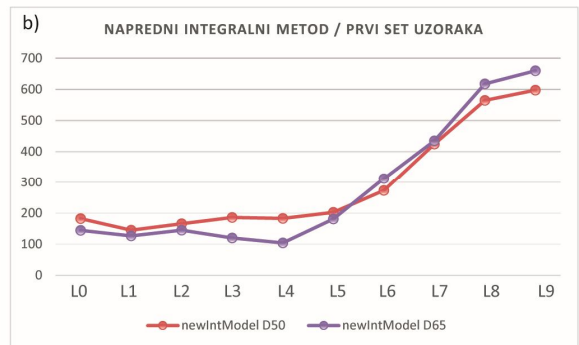
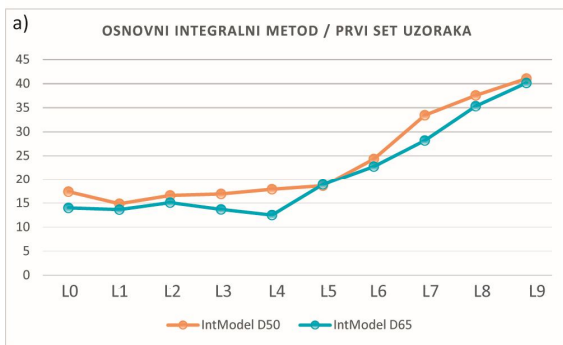
Grafik 6.56. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem Integralne metode: a) Osnovni metod i b) Napredni metod. Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Epson V370 Perfection**



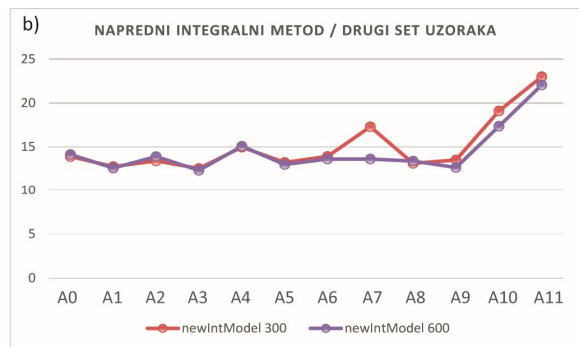
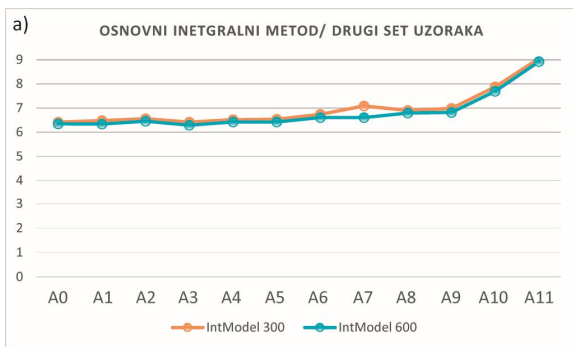
Grafik 6.57. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem Integralne metode: a) Osnovni metod i b) Napredni metod. Prvi set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **HP ScanJet G4010**



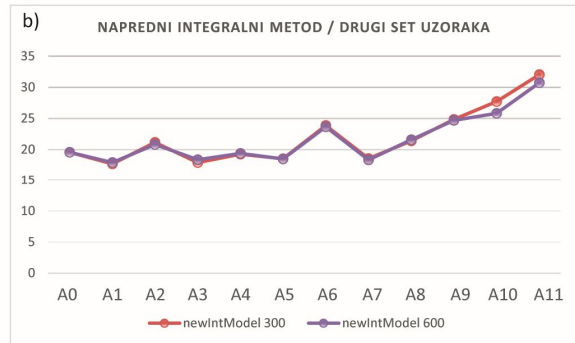
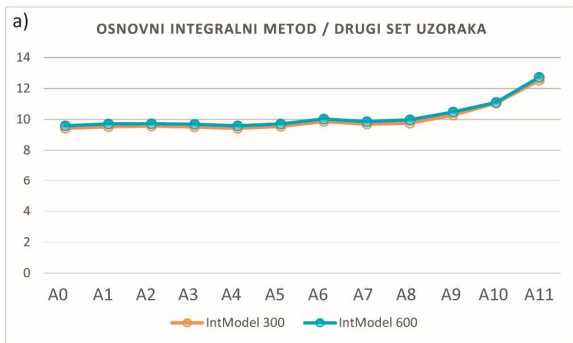
Grafik 6.58. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem Integralne metode: a) Osnovni metod i b) Napredni metod. **Prvi** set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Nikon D3200**



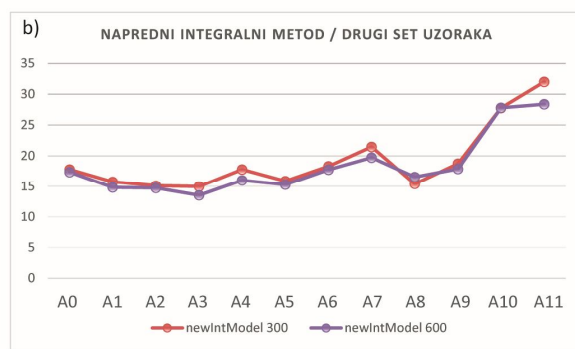
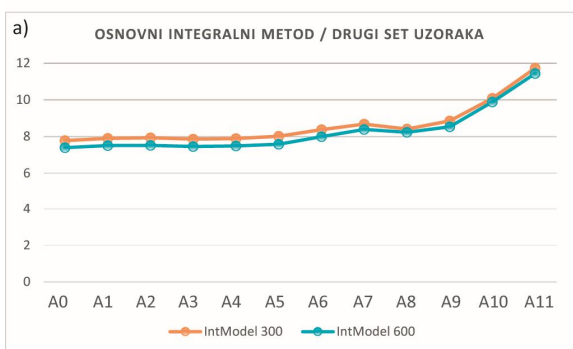
Grafik 6.59. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem Integralne metode: a) Osnovni metod i b) Napredni metod. **Prvi** set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Nikon Coolpix S2600**



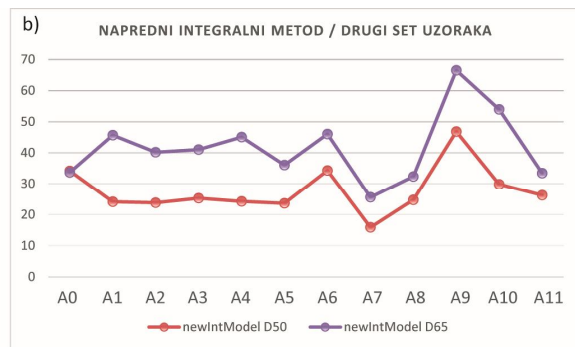
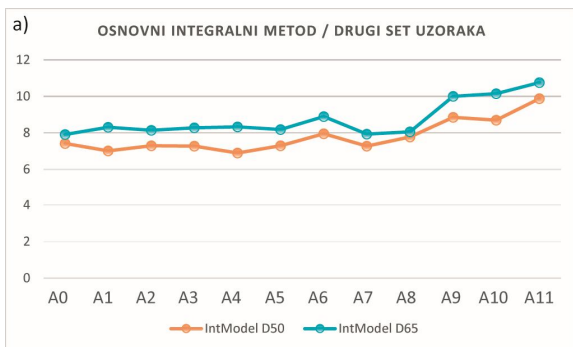
Grafik 6.60. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem Integralne metode: a) Osnovni metod i b) Napredni metod. **Drugi** set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **CanoScan Lide 210**



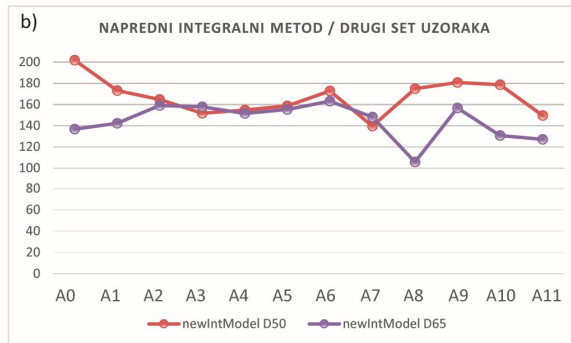
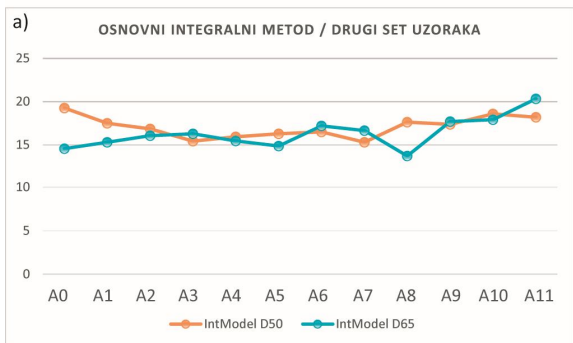
Grafik 6.61. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem Integralne metode: a) Osnovni metod i b) Napredni metod. **Drugi** set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Epson V370 Perfection**



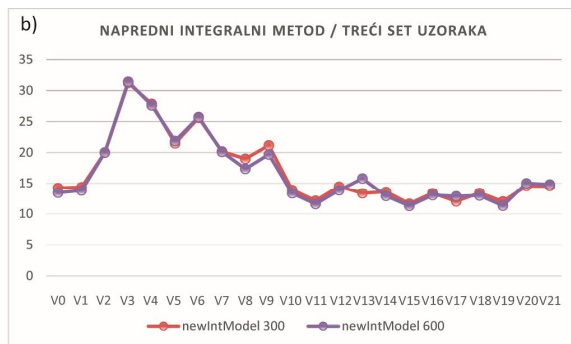
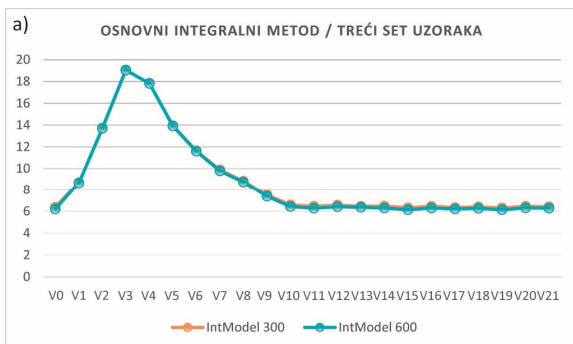
Grafik 6.62. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem Integralne metode: a) Osnovni metod i b) Napredni metod. **Drugi** set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **HP ScanJet G4010**



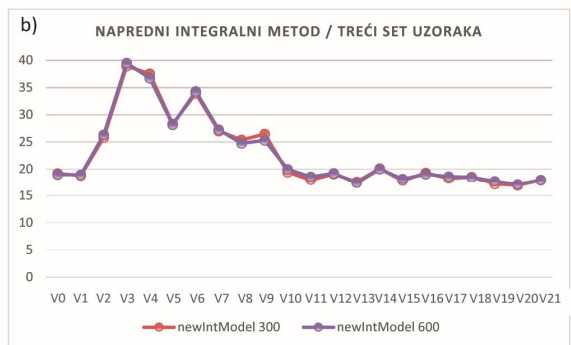
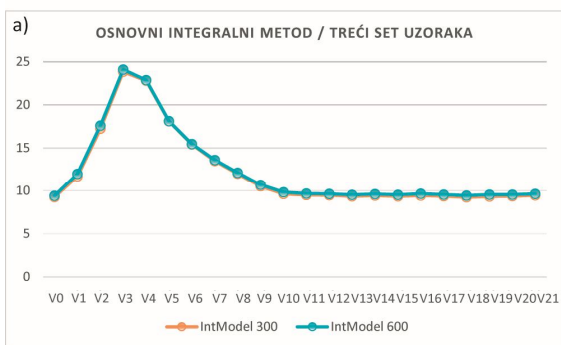
Grafik 6.63. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem Integralne metode: a) Osnovni metod i b) Napredni metod. **Drugi** set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Nikon D3200**



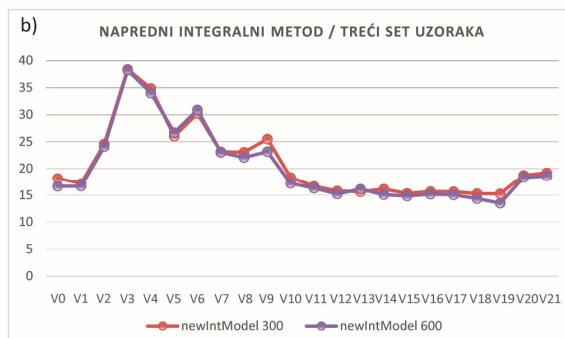
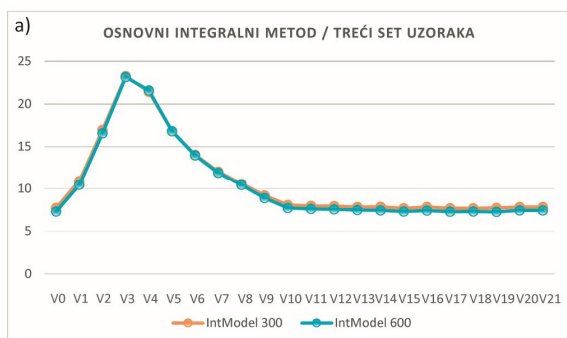
Grafik 6.64. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem Integralne metode: a) Osnovni metod i b) Napredni metod. **Drugi** set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Nikon Coolpix S2600**



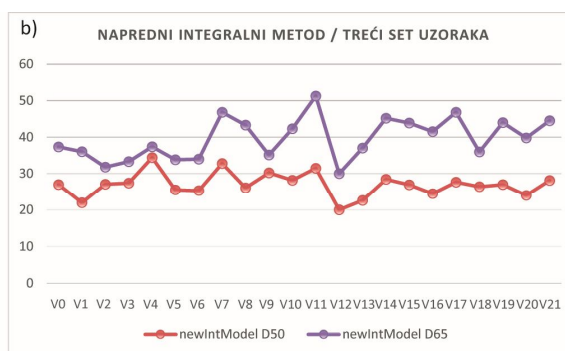
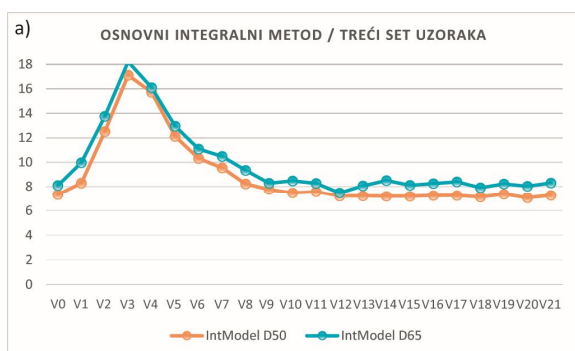
Grafik 6.65. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem Integralne metode: a) Osnovni metod i b) Napredni metod. **Treći** set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **CanoScan Lide 210**



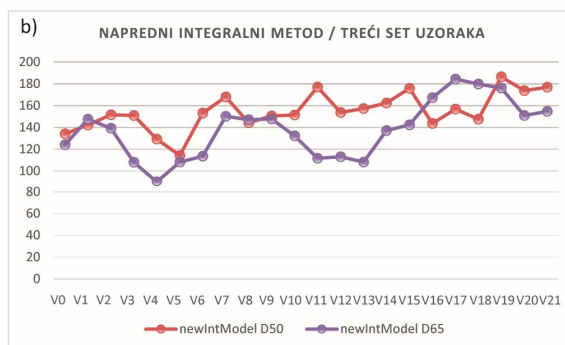
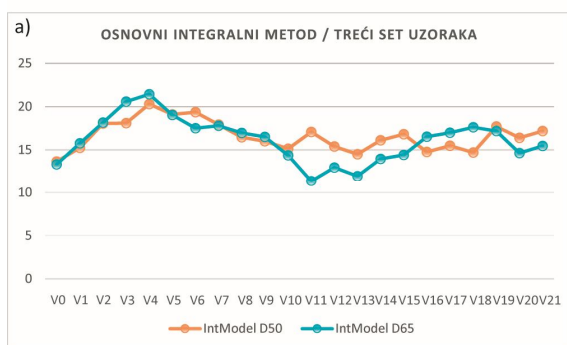
Grafik 6.66. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem Integralne metode: a) Osnovni metod i b) Napredni metod. **Treći** set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Epson V370 Perfection**



Grafik 6.67. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem Integralne metode: a) Osnovni metod i b) Napredni metod. **Treći** set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **HP ScanJet G4010**



Grafik 6.68. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem Integralne metode: a) Osnovni metod i b) Napredni metod. **Treći** set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Nikon D3200**



Grafik 6.69. Rezultati površinske neuniformnosti dobijeni korišćenjem Integralne metode: a) Osnovni metod i b) Napredni metod. **Treći** set uzoraka, digitalizacija uzoraka: **Nikon Coolpix S2600**

6.1.4. Rezultati procene uticajnih parametara na merenje površinske neuniformnosti

Uticajni parametri na merenje površinske neuniformnosti u ovom eksperimentu su: ulazni uređaji prilikom digitalizacije uzoraka, rezolucija skeniranja, format snimanja uzoraka i izvor svetla. Da bi se dobili odgovori na postavljena pitanja u Eksperimentu 1, pored rezultata prikazanih na grafikonima 6.1 – 6.69, rezultati su međusobno upoređeni i dobijen je Pearson-ov koeficijent korelacije (r). Rezultati su dati u **Prilogu P4, tabele P4.1 – P4.30**.

Eksperiment 1A – Da li rezolucija skeniranja utiče na merenje površinske neuniformnosti?

Na osnovu rezultata prikazanih u **tabelama P4.1 – P4.9**, u **prilogu P4** može se zaključiti da rezolucija skeniranja utiče kod nekih skenera i kod nekih parametara merenja površinske neuniformnosti, čime je oborena *hipoteza H1*. Za skener CanoScan LIDE 210, vrednost Pearson-ovog koeficijenta korelacije r je veća od 0.9 za sve metode merenja površinske neuniformnosti i za sve rezolucije skeniranja, dok je uticaj statistički značajan ($p < 0.05$). Stoga se može reći da se prilikom merenja površinske neuniformnosti kod ovog uređaja može uzeti bilo koja rezolucija skeniranja, ali da će vrednosti dobijene promenom rezolucije biti statistički značajne, dok njihov odnos ostaje konstantan.

Kod drugog skenera (**Epson V370 Perfection**) rezolucija skeniranja ima uticaj na dobijene rezultate površinske neuniformnosti kada se koristi GLCM metoda (za pojedine parametre). Za ostale metode, korelacija između različitih rezolucija skeniranja je jaka ($r > 0.9$). Za prvi i drugi set uzoraka, rezolucija skeniranja utiče na vrednosti GLCM Kontrast i GLCM Homogenost, kada se porede uzorci skenirani pomoću 300 i 1200 spi ili 600 i 1200 spi. Razlika nije uočena pri poređenju rezultata dobijenih skeniranjem sa 300 i 600 spi ($r > 0.9$).

Slabija korelacija ($r \sim 0.7$) je dobijena prilikom promene rezolucije kada se porede rezultati uzoraka skeniranih sa 300 i 1200 spi u trećem setu uzoraka, za parametre GLCM Entropija, GLCM Sum-Entropija, dok je još slabija korelacija uočena za parametre GLCM Kontrast, GLCM Energija i GLCM Homogenost. Vrednosti površinske neuniformnosti za uzorke koji su skenirani sa 600 i 1200 spi se takođe razlikuju. Slabija korelacija ($r = 0.8$) je dobijena za parametre GLCM Entropija, GLCM Energija, a još slabija korelacija ($r = 0.6$) za parametre GLCM Kontrast i GLCM Homogenost.

Rezolucija skeniranja u slučaju trećeg skenera (**HP ScanJet G4010**) ima uticaj samo na parametre GLCM Entropija ($r = 0.8, 0.7$ i 0.6) i GLCM Energija ($r = -0.5, 0.3$ i 0.3) u prvom setu uzoraka, dok je za ostale parametre korelacija jaka ($r > 0.9$). Za drugi set uzoraka, kada je varirana amplituda mrlje, rezolucija nema uticaj na dobijene rezultate ($r > 0.9$) ni za jedan parametar. U trećem setu uzoraka, dobijena je slabija korelacija prilikom poređenja uzoraka skeniranih sa 600 i 1200 spi za sve parametre GLCM metode, dok je kod ostalih parametara vrednost $r > 0.9$.

Kada se uporede rezultati dobijeni promenom korišćenja skenera za svaku rezoluciju posebno i za svaki set uzoraka posebno (**tabela P4.10 u prilogu P4**), vidi se da ta promena nema uticaj na parametre ISO i Integralne metode. Korelacija je jaka ($r > 0.9$) u skoro svim slučajevima, sem u drugom setu uzoraka gde je dobijena nešto manja vrednost koeficijenta korelacije za Napredni Integralni metod kada se porede skeneri 1 sa 2, 1 sa 3 i 2 sa 3. Takođe se vidi da za neke parametre nema razlike između skenera CanoScan LIDE 210 i Epson V370 Perfection.

Eksperiment 1B – Da li format snimanja utiče na merenje površinske neuniformnosti?

Profesionalnim digitalnim fotoaparatom, pored JPEG i TIFF formata, moguće je snimati sliku i u RAW formatu. RAW ne predstavlja samo jednu vrstu fajla, nego je uopšten naziv za razne formate koji beleže neobrađene, sirove podatke sa senzora digitalnih kamera. Svaki proizvođač je napravio svoj format za beleženje RAW podataka. Na primer, kamere Canon koriste CRW format, a kamere Nikon NEF format. Ovi formati beleže podatke upravo onako kako ih je zabeležio senzor kamere.

U ovom eksperimentu jedino dva digitalna fotoaparata poseduju ovu mogućnost: **Canon EOS D500** i **Nikon D3200**. Fotoaparat Nikon Coolpix S2600 i svi mobilni telefoni čuvaju slike isključivo u kompresovanom JPEG formatu. Da bi se dobio odgovor na postavljeno pitanje, upoređeni su rezultati samo za jedan set uzoraka i samo za jedan fotoaparat. Rezultati su prikazani u tabeli 6.1.

Tabela 6.1. Rezultati statističke procene uticaja formata snimanja na vrednost površinske neuniformnosti. Pearson-ov koeficijent korelacije između različitih formata snimanja uzorka za sve metode merenja površinske neuniformnosti (**PRVI SET** uzoraka, digitalni fotoaparat: **Canon EOS D550**)

	GLCM Kontrast	GLCM Entropija	GLCM Energija	GLCM Homogenost	GLCM Sum Entropija	ISO M	ISO G
RAW - JPEG	0,908	0,938	0,938	0,908	0,942	0,906	0,999
Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Rezultati prikazani u tabeli 6.1 obaraju *hipotezu H2* jer postoji razlika u dobijenim vrednostima površinske neuniformnosti kada se ona izračunava iz različitih formata ($p < 0.05$). Međutim, korelacija između vrednosti dobijenih za *raw* i za *jpeg* format je jaka ($r > 0.9$). Uzorci sačuvani u *raw* formatu su tamniji od onih sačuvanih u *jpeg* formatu, što direktno utiče na rezultate merenja površinske neuniformnosti sa metodama koje koriste intenzitet piksela za proračun ovog parametra.

Merenja površinske neuniformnosti su dalje rađena samo za uzorke sačuvane u **JPEG formatu** jer svi ostali uređaji imaju mogućnost čuvanja samo u tom formatu. Pored toga, ovaj format je jednostavniji za upotrebu, dok RAW format zahteva obradu i pripremu pre upotrebe tih uzoraka u softverima za digitalnu obradu slike.

Eksperiment 1C – Da li izvor svetla prilikom digitalizacije uzoraka digitalnim fotoaparatom ili mobilnim telefonom utiče na merenje površinske neuniformnosti?

Kada se koristi skener kao ulazni uređaj za digitalizaciju uzoraka, tada je izvor svetla ugrađen u sam uređaj, i ne može da se menja. Ako se digitalizacija vrši pomoću uređaja kao što je digitalni fotoaparat ili mobilni telefon, tada je potrebno odrediti i karakterizovati izvor svetla. U ovom eksperimentu su korišćena dva standardna izvora svetla koja simuliraju dnevno svetlo, D50 i D65. Izvori svetla i podešavanja prilikom digitalizacije su detaljno opisani u delu 5.3.1.3.

U tabelama **P4.11 – P4.30 u prilogu P4** su prikazane vrednosti koeficijenta korelacije između uzoraka digitalizovanih pomoću digitalnih fotoaparata i mobilnim telefonima kada se menja izvor svetla.

Kada se menja izvor svetla prilikom korišćenja digitalnog fotoaparata **Canon EOS D550** dobijaju se najmanje promene u rezultatima. U prvom setu uzoraka, dobijena je slabija korelacija ($r = 0.6$) samo za parametar ISO M (motling). U drugom setu, za sve metode merenja površinske neuniformnosti je dobijena jaka korelacija ($r > 0.9$). U slučaju promene veličine mrlje, promena izvora svetla utiče na parametre GLCM metode (r je od 0.6 do 0.7).

Iako je po svojim specifikacijama kvalitetniji fotoaparati, **Nikon D3200** proizveo je lošije rezultate. U prvom setu je dobijena slabija korelacija za GLCM Kontrast ($r = 0.6$) i GLCM Homogenost ($r = 0.6$). U drugom setu je pored ova dva parametra GLCM metode, dobijena i lošija korelacija za Napredni Integralni metod u slučaju promene izvora svetla ($r = 0.7$). U trećem setu, svi parametri GLCM metode ($r \sim 0.7$) i Napredni Integralni metodi ($r = 0.5$) slabije koreliraju u slučaju promene izvora svetla.

Za digitalni fotoaparati **Nikon Coolpix S2600**, koji je po svojim specifikacijama najbolji iz ove grupe uređaja, su dobijeni najbolji rezultati. Promena izvora svetla kod ovog fotoaparata jedino nije uticala na parametar ISO G (zrnčavost) za sva tri seta uzoraka. Koeficijent korelacije je veći od 0.9.

Ovi rezultati obaraju *hipotezu H3*, jer se promenom izvora svetlosti dobijaju različite vrednosti površinske neuniformnosti, što zavisi od izabranog uređaja i metode koja se koristi prilikom izračunavanja.

Na osnovu rezultata u tabeli **P4.20 u prilogu P4** primećeno je da postoji razlika u dobijenim rezultatima površinske neuniformnosti za određene parametre kada se menja digitalni fotoaparati. Za sva tri seta uzoraka, ova promena jedino ne utiče na vrednost površinske neuniformnosti kada se koristi ISO metoda, parametar zrnčavost (ISO G, $r > 0.9$). GLCM Entropija, Energija i Sum-Entropija su u dobroj korelaciji promenom uređaja u prvom i drugom setu uzoraka. Pored navedenih parametara, u dobroj korelaciji je i parametar ISO M u drugom setu uzoraka ($r > 0.9$). U prvom setu uzoraka, za oba izvora svetla, promena uređaja (drugi i treći fotoaparati) ne utiče na vrednosti površinske neuniformnosti dobijene upotrebom Integralne metode ($r > 0.9$).

Promena izvora svetla prilikom upotrebe mobilnih telefona (**Samsung Galaxy J5**, **Nokia Lumia 630** i **iPhone 5**) nema uticaj na parametre merenja površinske neuniformnosti u slučaju promene amplitude linija (prvi set uzoraka) ($r > 0.9$). U drugom setu uzoraka za sve mobilne telefone, promena izvora svetla utiče na vrednosti GLCM Kontrast i GLCM Homogenost. Za sve mobilne telefone svi parametri GLCM metode i parametar ISO M lošije koreliraju u slučaju promene izvora svetla u trećem setu uzoraka.

Primećena je razlika pri poređenju rezultata dobijenih merenjem površinske neuniformnosti prilikom promene ulaznog uređaja (mobilnog telefona). Rezultati su dati u tabeli **P4.30 u prilogu P4**. U prvom setu uzoraka, dobijena je slabija korelacija za ISO M parametar između svih mobilnih telefona u slučaju D50 izvora svetla i između mobilnih telefona 2 i 3 u slučaju izvora svetla D65. Ostali parametri površinske neuniformnosti su u dobroj korelaciji ($r > 0.9$). U drugom setu uzoraka, slabija ili negativna korelacija je dobijena za parametre GLCM Kontrast i GLCM Homogenost. Jedini parametar koji je u dobroj korelaciji za sva tri seta uzoraka je ISO G parametar.

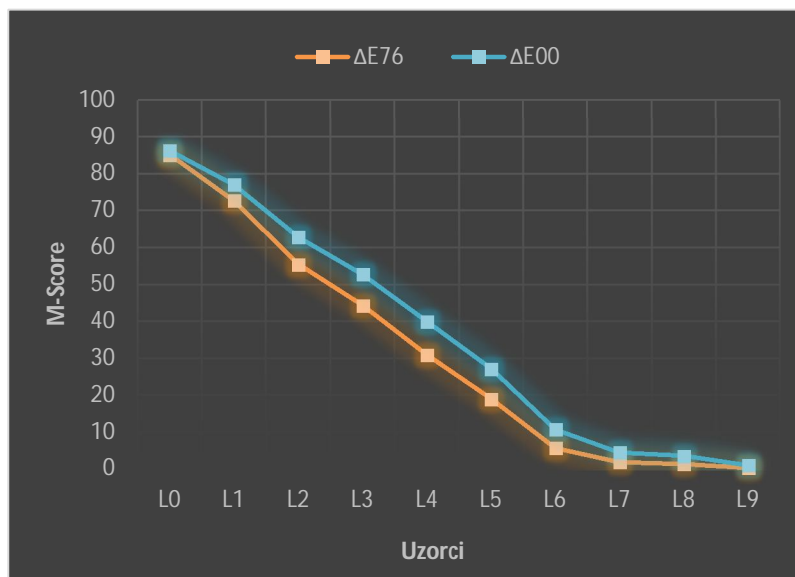
6.1.5. Rezultati M-Score metode

M-Score metoda se razlikuje u odnosu na prethodne metode jer za izračunavanje površinske neuniformnosti ne koristi sliku, nego $L^*a^*b^*$ koordinate. Iz tog razloga kod ove metode nema varijacija u vidu uređaja ili izvora svetla. Korišćen je samo jedan spektrofotometar i M-Score vrednost je izračunata u programskoj aplikaciji generisanoj za potrebe ovog istraživanja.

Rezultati ove metode su prikazani na grafikonima 6.70 za prvi set, 6.71 za drugi set i 6.72 za treći set uzoraka. $L^*a^*b^*$ koordinate svih uzoraka za svako izdvojeno polje kao i sam proračun M-Score vrednosti je dat u **Prilogu P7**, koji je u elektronskoj formi.

M-Score vrednost se kreće u rasponu od **0** do **100**, gde se 0 odnosi na loš/neuniforman otisak, dok vrednost 100 ukazuje na dobar/uniforman otisak. Dobijeni rezultati ne mogu da se uporede sa referentnim vrednostima za ovu metodu prikazanim u tabeli 5.15 (Kraushaar, 2011), jer nije korišćeno isto test polje propisano Fogra standardom. U proračunu su korišćene obe formule za računanje razlike boja, ΔE_{00} i ΔE_{76} .

Vrednosti M-Score su nešto veće kada se koristi ΔE_{00} , za sve uzorke. U slučaju povećanja amplitude linija (sistematične varijacije neuniformnosti), M-Score vrednost **opada** (grafik 6.70). Prvi uzorak L0, koji nema dodatne linije, ima najveću M-Score vrednost (85.12 za ΔE_{76} i 86.23 za ΔE_{00}). Uzorak sa najvećom amplitudom L9 ima najmanju vrednost (0.28 za ΔE_{76} i 1.04 za ΔE_{00}).

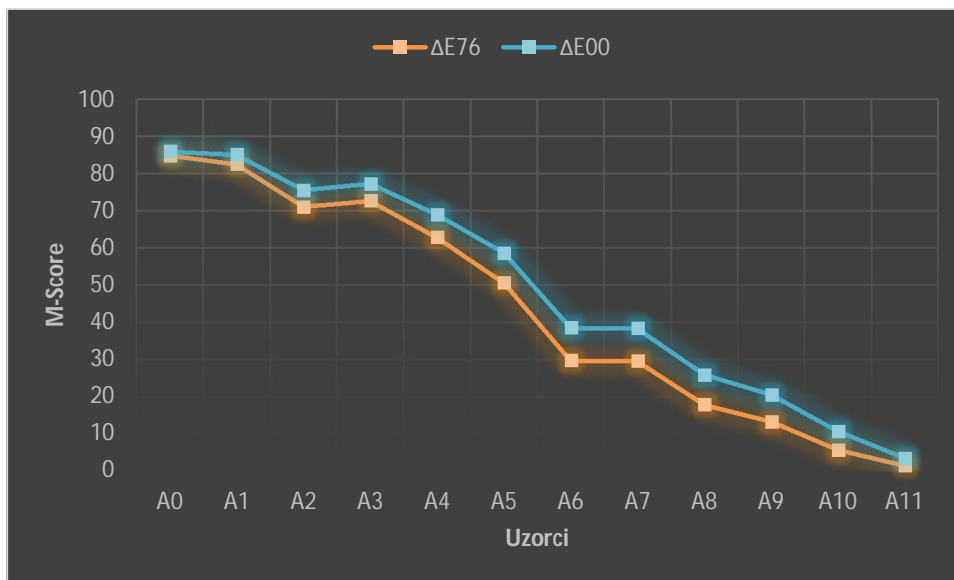


Grafik 6.70. Rezultati površinske neuniformnosti izmerene pomoću M-Score metode za prvi set uzoraka, 0 – loš otisak, 100 – dobar otisak

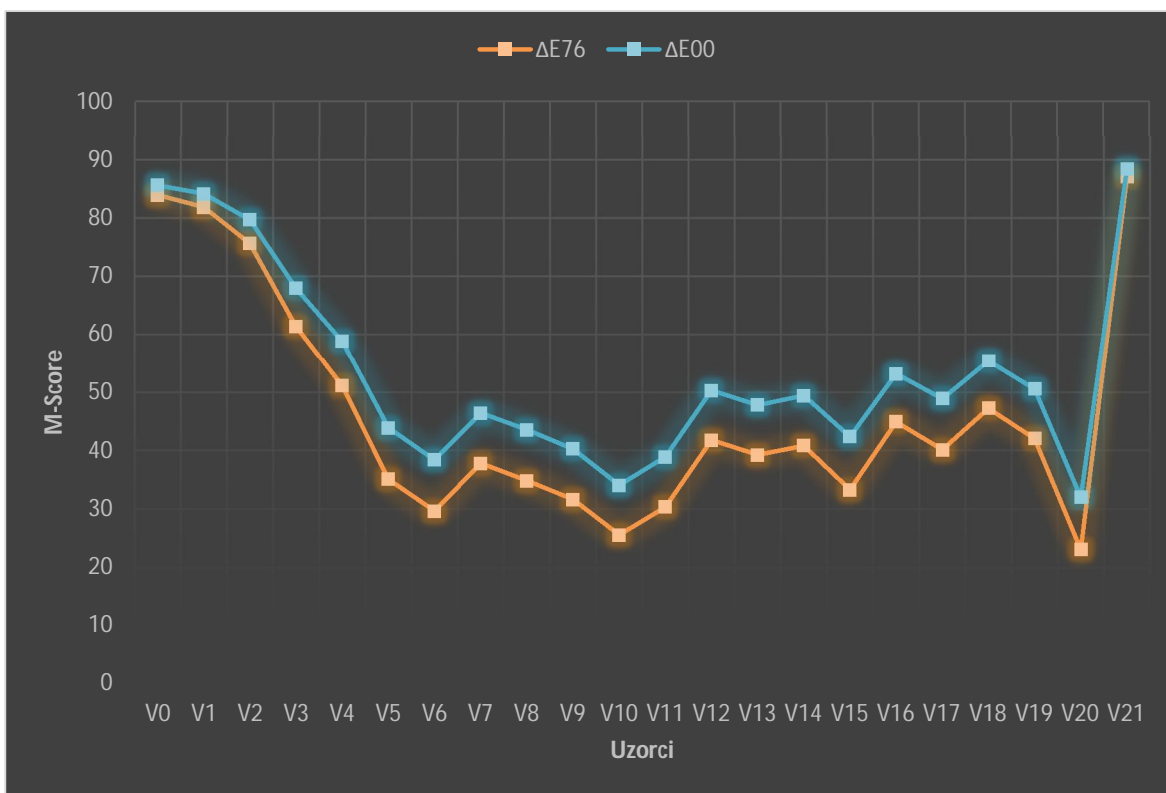
Promenom amplitude mrlja (drugi set uzoraka), menja se i M-Score vrednost. Povećavanjem amplitude mrlje, raste površinska neuniformnost i M-Score vrednost **opada** (grafik 6.71). Uzorak A0 koji je uniforman, kao i uzorak L0, ima najveću M-Score vrednost (84.81 za ΔE_{76} i 85.67 za ΔE_{00}). M-Score postepeno opada, s tim da su vrednosti za A2 i A3 vrlo slične, čak je vrednost za uzorak A3 i nešto veća ($\Delta E_{76} = 71.04$ i 72.67 , respektivno). Isto je primećeno i za uzorke A6 i A7 ($\Delta E_{76} = 29.64$ i 29.44 , respektivno).

U slučaju površinske neuniformnosti u obliku mrlja različite veličine, M-Score vrednost opada do uzorka V6 i nakon toga nema konstantan pad niti porast vrednosti (grafik 6.72). Kao i kod

prethodnih metoda, i pomoću ove se primećuje da treća grupa uzoraka može da se podeli na dva seta. Dok su mrlje sitnije i postepeno se povećavaju, M-Score vrednost opada, ali do uzorka V6. Nakon tog uzorka, vrednost M-Score se konstantno menja. Uzorak V21 se ponovo pokazao kao uniforman, čak je dobijena veća M-Score vrednost od uzorka V0.



Grafik 6.71. Rezultati površinske neuniformnosti izmerene pomoću M-Score metode za drugi set uzoraka, 0 – loš otisak, 100 – dobar otisak



Grafik 6.72. Rezultati površinske neuniformnosti izmerene pomoću M-Score metode za treći set uzoraka, 0 – loš otisak, 100 – dobar otisak

6.2. Rezultati vizuelne procene površinske neuniformnosti otisaka

6.2.1. Rezultati MDS analize

Zadatak ispitanika u vizuelnom testu je bio da procene da li postoji i kolika je razlika između uzoraka na skali od **1** (mala razlika) do **5** (velika razlika). Ako ispitanik nije uočio razliku, taj par je dobio ocenu **0**. Svaki uzorak je uparen sa svakim, a parovi su zadavani slučajnim redosledom. Za analizu rezultata ovog testa korišćeno je redno multidimenzionalno skaliranje (*engl. Multidimensional scaling, MDS*) putem ALSCAL⁵ procedure u softveru SPSS. Za model skaliranja je izabrano Euklidsko rastojanje koje predstavlja ravnomerno rastojanje između dve tačke u multivarijantnom prostoru. Ostala podešavanja su bila sledeća: dimenzije (min:1 i max:2), konvergencija – 0.001, minimalna veličina parametra *Stress* – 0.005 i maksimalan broj ponavljanja – 30. Za ulazne podatke izabrana je opcija: *Data are distances (Square symmetric)*.

Matrice udaljenosti za generisanje MDS grafikona za sva tri seta uzoraka su prikazane u **Prilogu P5**. Pošto se dimenzije na MDS grafikonima definišu na osnovu subjektivne procene i na osnovu poznavanja eksperimenta i uzoraka (Anastasova i Jaworska, 2008), x-osa (D1) je obeležena kao **neuniformnost**, dok je za y-osu (D2) ostavljena **Dimenzija 2** jer ona u ovom slučaju nije od značaja.

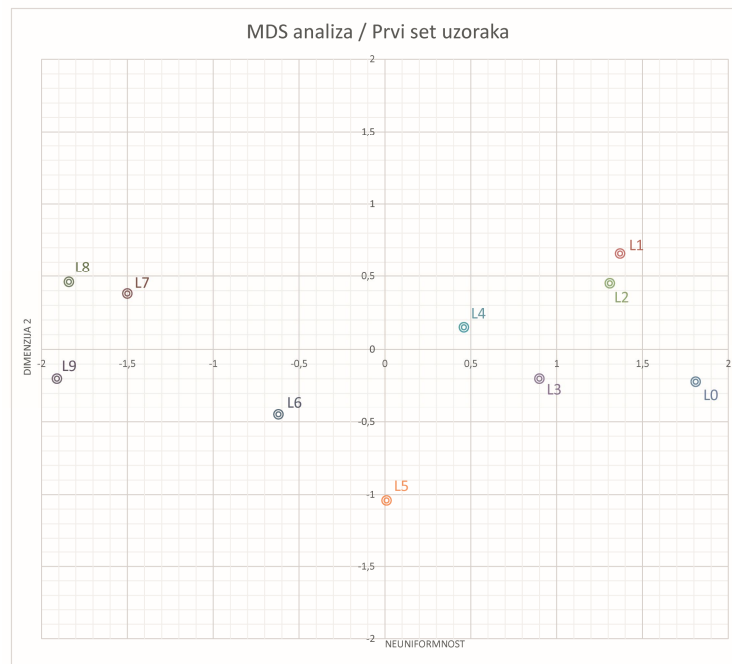
6.2.1.1. Rezultati MDS analize za prvi set uzoraka

Na grafikonu 6.73 je prikazan 2-D grafikon za prvi set uzoraka gde su uzorci po međusobnoj sličnosti pozicionirani u prostoru. Prostorna distanca u ovom prostoru odgovarala bi procenjenoj sličnosti uzoraka. Na osnovu grafikona se jasno vidi da su ispitanici uočili razliku između uzoraka. Razliku u amplitudi linija koje se pojavljuju horizontalno i vertikalno na otiscima su ispitanici mogli lako da percipiraju. Ako se pogledaju uzorci po y osi (D2 – nepoznata dimenzija), uzorci se protežu u opsegu od -1 do +1. Stoga se ovo može smatrati kao jednodimenzionalna skala, tj. uzorci se mogu analizirati samo po jednoj dimenziji, x-osi.

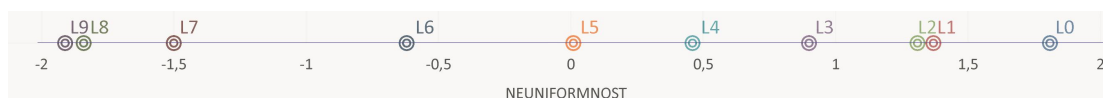
Pored MDS grafikona, vrednost Kruskal-ovog *S-Stress* parametra od **0.037** ukazuje na dobru usaglašenost udaljenosti uzoraka na MDS mapi (grafiku) i ulaznih vrednosti iz matrice distanci. Vrednost koeficijenta determinacije R^2 je iznad preporučene vrednosti (≤ 0.6) i iznosi **0.99**.

Uzorci su dalje analizirani samo po jednoj dimenziji, što se može videti na grafikonu 6.74. Kao što se i vidi sa slike razmaci između uzoraka nisu ekvidistantni. Veći razmak se pojavio između uzoraka L5 i L6; L6 i L7, što ukazuje na to da je moguće između njih dodati nove uzorke. Uzorci koji su bliže jedan drugom su više slični od onih koji su udaljeniji. Tako da uzorke L1 i L2 ili L8 i L9 možemo zameniti samo sa jednim uzorkom. Na taj način bi se dobila skala sa uzorcima koji su vizuelno ekvidistantni.

⁵ ALSCAL: A nonmetric multidimensional scaling program with several individual-differences options.



Grafik 6.73. Distribucija uzoraka u prostoru MDS-a sa dve zadate dimenzije za prvi set uzoraka

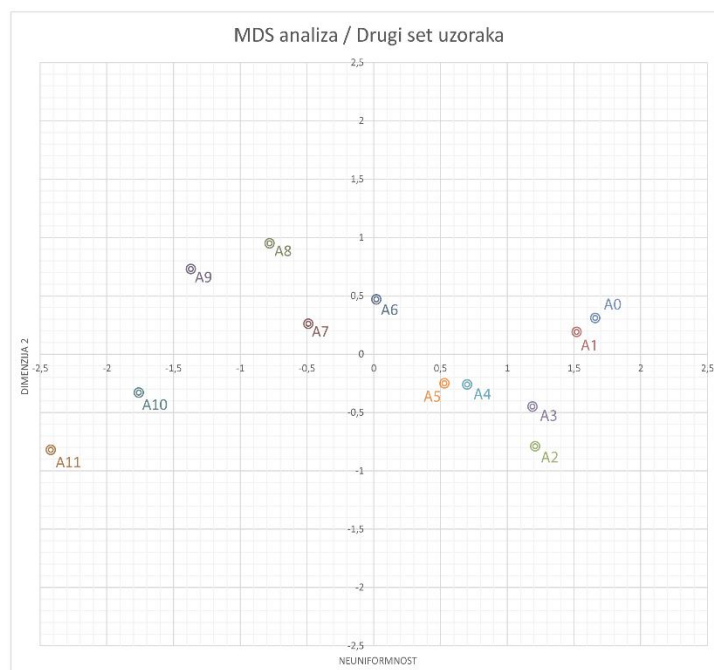


Grafik 6.74. Uzorci prvog seta pozicionirani po jednoj dimenziji (Dimenzija 1 – neuniformnost)

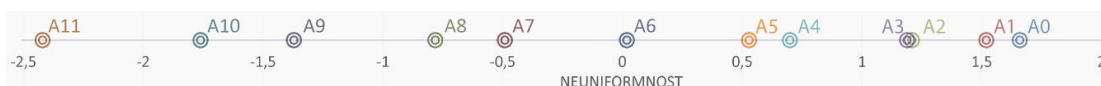
6.2.1.2. Rezultati MDS analize za drugi set uzoraka

Rezultati MDS analize za drugi set uzoraka su sledeći: $S\text{-Stress} = 0.085$ i koeficijent determinacije $R^2 = 0.97$. Oba parametra su u preporučenom opsegu vrednosti, što ukazuje na dobru primenu MDS analize. Na grafikonu 6.75 je prikazan dvodimenzionalni MDS grafikon na kom su raspoređeni uzorci drugog seta. Ispitanici su videli razliku između uzoraka na kojima je varirana amplituda mrlje, dok je veličina mrlja bila konstantna. Kao i kod prvog, i kod ovog seta uzorci se prostiru po y-osi (D2) u opsegu od -1 do $+1$. I u ovom slučaju se nisu izdvojile posebne grupe (klasteri), stoga se uzorci mogu analizirati dalje samo po jednoj dimenziji, x-osi (D1 – neuniformnost).

Kada se uzorci rasporede po x-osi, dobija se jednodimenzionalna skala na kojoj su uzorci na nejednakim rastojanjima između njih. Čak je došlo i do preklapanja dva uzorka (A2 i A3) koji se mogu zameniti samo sa jednim. Da bi se dobili uzorci sa ekvidistantnim razmacima moguće je izbaciti neke uzorke (npr. A1, A4, A7 i A10) ili ubaciti nove između uzoraka: A3 i A4; A5 i A6, A6 i A7, A8 i A9, A10 i A11.



Grafik 6.75. Distribucija uzoraka u prostoru MDS-a sa dve zadate dimenzije za drugi set uzoraka



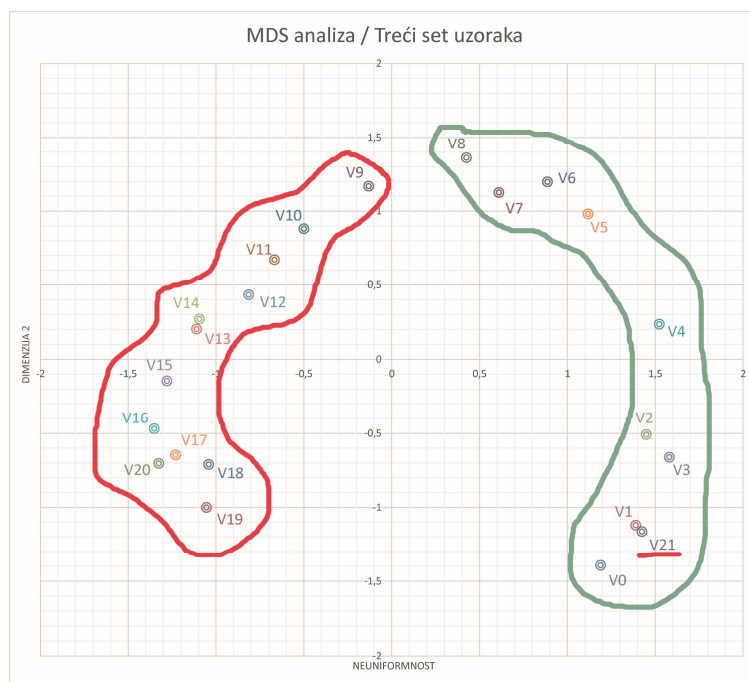
Grafik 6.76. Uzorci drugog seta pozicionirani po jednoj dimenziji (Dimenzija 1 – neuniformnost)

6.2.1.3. Rezultati MDS analize za treći set uzoraka

Za treći set uzoraka je dobijena nešto veća vrednost za *S-Stress* (**0.125**), ali je ona i dalje u granicama tolerancije (≤ 0.15). Koeficijent determinacije R^2 je i u ovom slučaju dobar i iznosi **0.92**. Međutim, prilikom variranja veličine mrlja na otiscima došlo je do izdvajanja dve grupe (klastera) uzoraka, kao što se vidi na grafikonu 6.77. Na osnovu distribucije uzoraka po svojoj sličnosti u 2D prostoru se vidi da sitnije mrlje do uzorka V8 spadaju u jednu grupu, dok uzorci od V9 do V20 pripadaju drugoj grupi. Uzorak V21 je blizu uzoraka V0 i V1 jer je on praktično isti kao i uzorak V0. Na ovim graničnim uzorcima (V0 i V21) mrlja ni nema, oni su uniformni što se može videti na slici 5.14. ili slici 6.2. Na grafikonu 6.78, gde su uzorci „spušteni“ na x-osu, se takođe vidi ova podela uzoraka u dve grupe i primećuju se preklapanja uzoraka.

Uzorci trećeg seta su dalje podeljeni u dve grupe koje su se izdvojile u prvobitnoj analizi:

1. **prva grupa** – uzorci od **V0** do **V8**
2. **druga grupa** – uzorci od **V9** do **V21**



Grafik 6.77. Distribucija uzoraka u prostoru MDS-a sa dve zadate dimenzije za treći set uzoraka



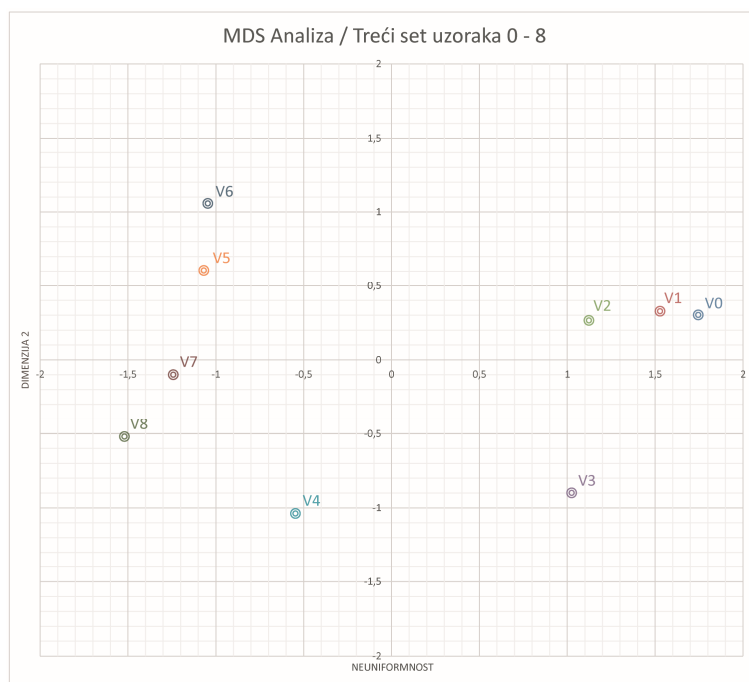
Grafik 6.78. Uzorci trećeg seta pozicionirani po jednoj dimenziji (Dimenzija 1 – neuniformnost)

Uzorci trećeg seta od V0 do V8 su prikazani na grafikonu 6.79. Na osnovu ovih rezultata se može zaključiti da su se ponovo izdvojile dve grupe uzoraka. Uzorci od V0 do V3 se dosta razlikuju od grupe uzoraka V4 do V8, s tim da je uzorak V4 van obe grupe. Ova podela potvrđuje pretpostavku da grupa uzoraka od V0 do V4 spada u **mikro neuniformnost (zrnčavost)** dok su ostali uzorci svrstani u grupu **makro neuniformnost (motling)**. Uzorak V4 je na granici između ove dve grupe, iako je na osnovu vizuelne procene ispitanika mnogo dalje od uzorka V3 i u 2D i 1D prostoru (grafikon 6.79 i 6.80). Na slici 6.2 su obeležene grupe uzoraka koje su izdvojene na osnovu MDS analize radi lakše analize i diskusije grupa. Uzorak V4 može da se uvrsti i u prvu i u drugu grupu, ali veličina mrlje od $p_{min} = 0.95$ za ovaj uzorak potvrđuje definiciju standarda ISO13660 da je kod motlinga **maksimalna frekvencija mrlje** manja **0.4 cy/mm** (ISO, 2001) što odgovara veličini mrlje p_{min} od **2.5** koja je određena za uzorak V5. Maksimalna frekvencija za uzorak V4 je:

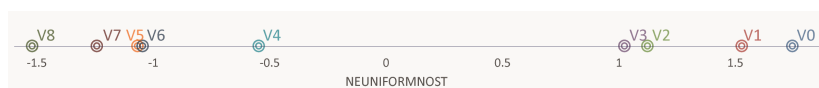
$$f_{max} = 1/p_{min} = 1.05 \text{ cy/mm}$$

Stoga se može zaključiti da uzorci od V0 do V4 spadaju u grupu mikro neuniformnosti.

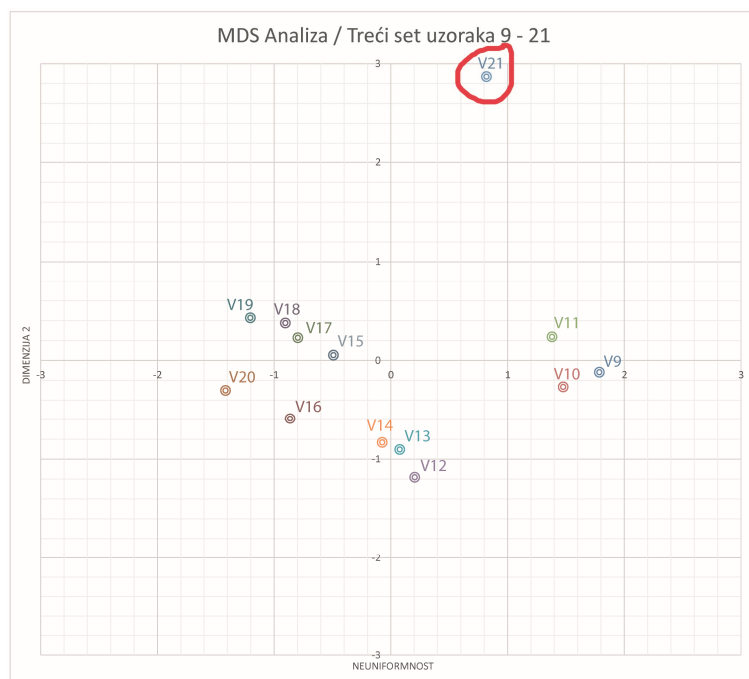
Ostali uzorci su takođe podeljeni po grupama po svojoj sličnosti (što se vidi na grafikonu 6.81 i 6.82), ali oni svi mogu da se grupišu kao greška zvana motling, tj. makro neuniformnost. Uzorak V21 može da se izbaci u daljoj analizi i poređenju sa rezultatima eksperimenta 1 jer se izdvaja u potpunosti iz svih grupa i poklapa sa uzorkom V0.



Grafik 6.79. Distribucija uzoraka u prostoru MDS-a sa dve zadate dimenzije. Izdvojena prva grupa (V0 - V8) u trećem setu uzoraka.



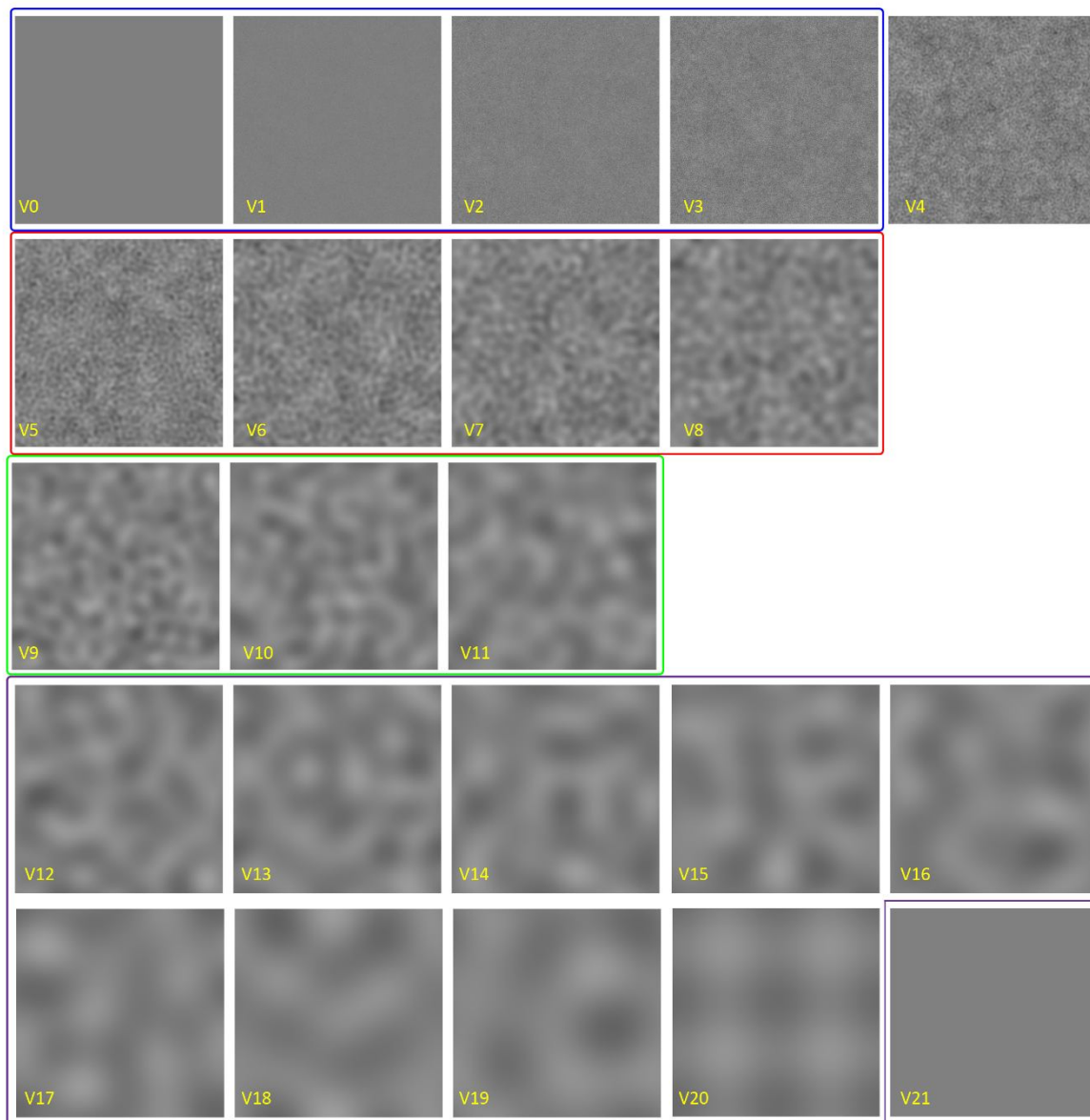
Grafik 6.80. Uzorci prve grupe (V0 – V8) trećeg seta pozicionirani po jednoj dimenziji (Dimenzija 1 – neuniformnost)



Grafik 6.81. Distribucija uzoraka u prostoru MDS-a sa dve zadate dimenzije. Izdvojena druga grupa (V9 – V21) u trećem setu uzoraka.



Grafik 6.82. Uzorci druge grupe (V9 – V21) trećeg seta pozicionirani po jednoj dimenziji (Dimenzija 1 – neuniformnost)

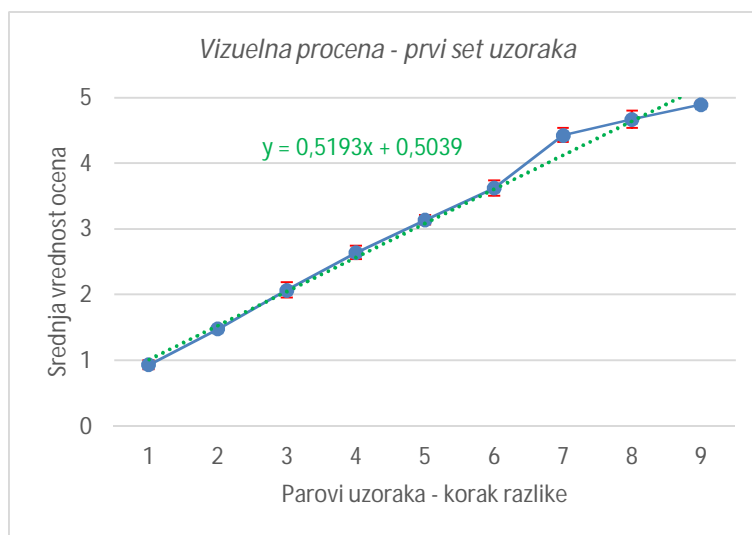


Slika 6.2. Treći set uzoraka podeljen po grupama na osnovu MDS analize

6.2.2. Rezultati vizuelnog testa

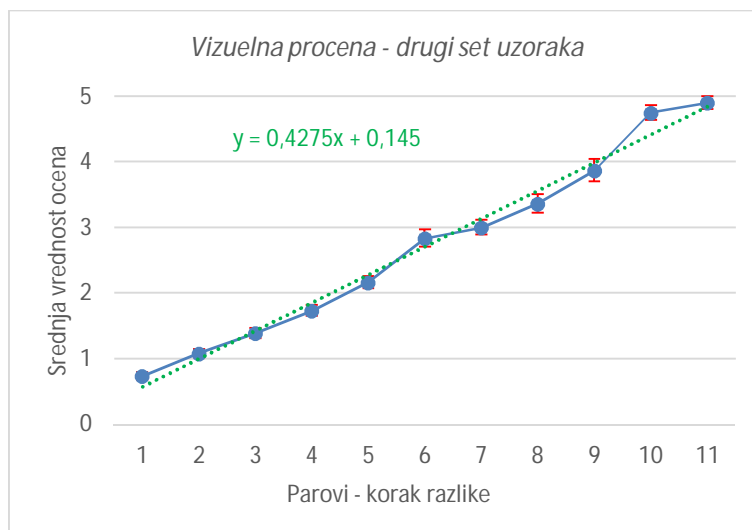
Pored MDS analize, urađena je još jedna analiza rezultata dobijenih u subjektivnoj evaluaciji uzoraka kako bi se poverilo da li se ocene ispitanika linearno povećavaju povećavanjem razlike između para koji se ocenjuje. Ocene svih ispitanika za sve parove uzoraka su date u **Prilogu P6**. Na grafikonima 6.83, 6.84 i 6.85 su, za svaki set uzoraka posebno, prikazani odnosi parova sa varijabilnim korakom razlike između njih i srednje vrednosti ocena tih parova. Na x-osi, 1 predstavlja prvu grupu parova koji imaju jedan korak razlike između, a to su parovi: 0-1; 1-2; 2-3; 3-4; 3-4; 4-5; itd. Broj dva se odnosi na parove sa 2 koraka razlike, parovi 0-2; 1-3; 2-4; 3-5; itd. Svaki set ima različit broj uzoraka, samim tim i različit broj koraka između njih.

Za prvi set, gde ima ukupno 10 uzoraka upoređeno je 45 parova sa maksimalno 9 koraka razlike. Rezultati prvog seta uzoraka su prikazani na grafiku 6.83. Na osnovu dobijenih rezultata se može jasno videti da se interpolacijom dobila približno linearna funkcija, tj. da se povećavanjem razlike između uzoraka (x-osa), povećava i ocena ispitanika (y-osa). Srednje vrednosti ocena su u rangu od 1 do 5. U slučaju kada se porede uzorci sa jednim korakom razlike, kao što su na primer parovi 0-1, 1-2 ili 7-8, 8-9, ispitanici ih ocenjuju sa minimalnom ocenom dok su razliku između parova 0-8 i 1-9 ocenili sa maksimalnom ocenom (*srednja vrednost za ova dva para je 4.68*).



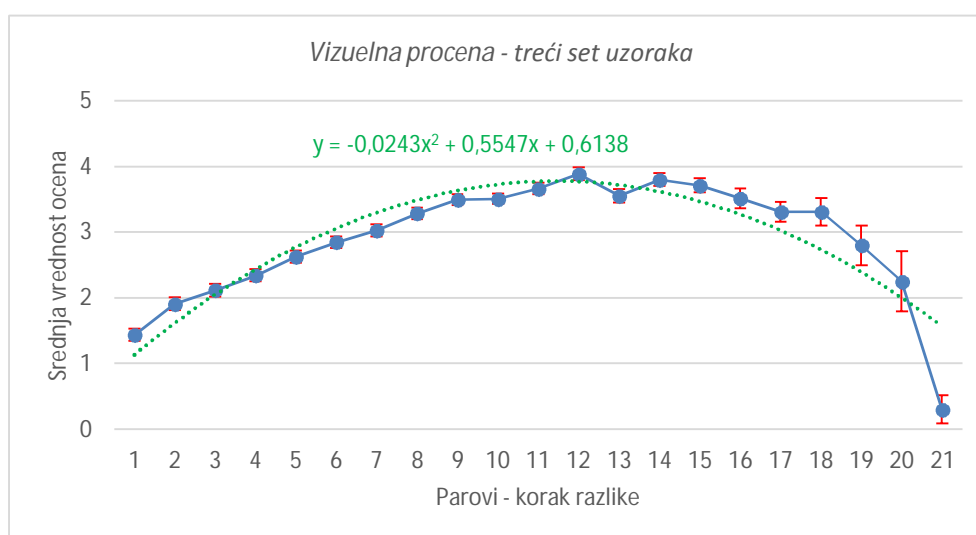
Grafik 6.83. Odnos parova sa različitim korakom razlike između njih i srednje vrednosti ocena tih parova za PRVI SET uzoraka. Ocene ispitanika: 1 – najmanja uočena razlika, 5 – najveća uočena razlika

Grafik 6.84 prikazuje prosečne ocene ispitanika za drugi set uzoraka. Kao i kod prvog seta, dobila se interpolirana približno linearna funkcija. I u ovom slučaju prilikom povećavanja razlike između parova uzoraka, povećava se i ocena, tj. uočena je veća razlika između njih. Drugi set ima 22 uzorka, gde je upoređeno ukupno 66 parova sa maksimalno 11 koraka razlike. Najveće varijacije u ocenama dobijene su kod parova sa 6, 8 i 9 koraka razlike.



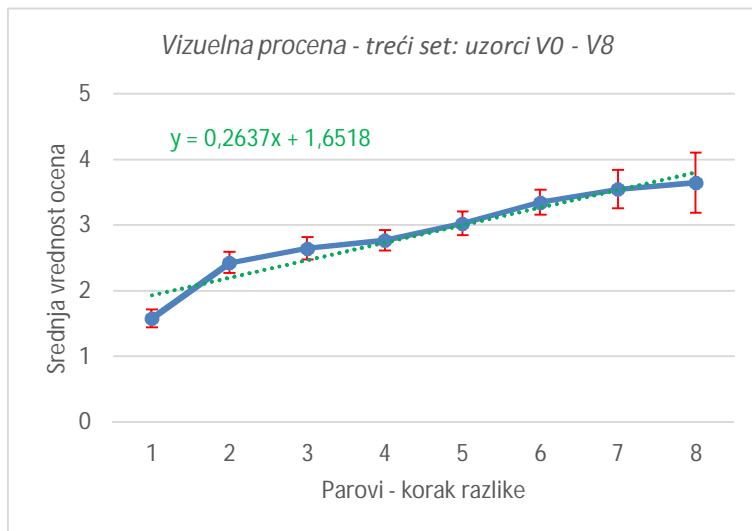
Grafik 6.84. Odnos parova sa različitim korakom razlike između njih i srednje vrednosti ocena tih parova za DRUGI SET uzoraka. Ocene ispitanika: 1 – najmanja uočena razlika, 5 – najveća uočena razlika

Međutim, kod trećeg seta se dobila funkcija višeg reda, kao što je prikazano na grafiku 6.85. Promena veličine mrlje na ovim uzorcima se mnogo teže uočava u odnosu na promenu amplitude linija i mrlja. Polinomna funkcija drugog stepena pokazuje da ocena za posmatrane parove povećava do jednog momenta (razlika uzoraka od 12 koraka), zatim ocena ispitanika opada. Za uzorke koji se razlikuju za 13 do 18 koraka srednja vrednost ocene je od 3.3 do 3.8. Razlika u proceni znatno opada za uzorke koji se razlikuju za 19, 20 i 21 korak. Uzorci sa malom (V_0 , V_1 i V_2) i velikom (V_{19} , V_{20} i V_{21}) mrljom su dosta slični pa je samim tim i mnogo teže uočiti razliku između njih. Kod ovih parova su se pojavile i najveće varijacije u ocenama ispitanika, što se vidi na osnovu standardne greške aritmetičke sredine. Kao i kod MDS analize, ovaj set je podeljen na dve grupe uzoraka koji su analizirani u nastavku.

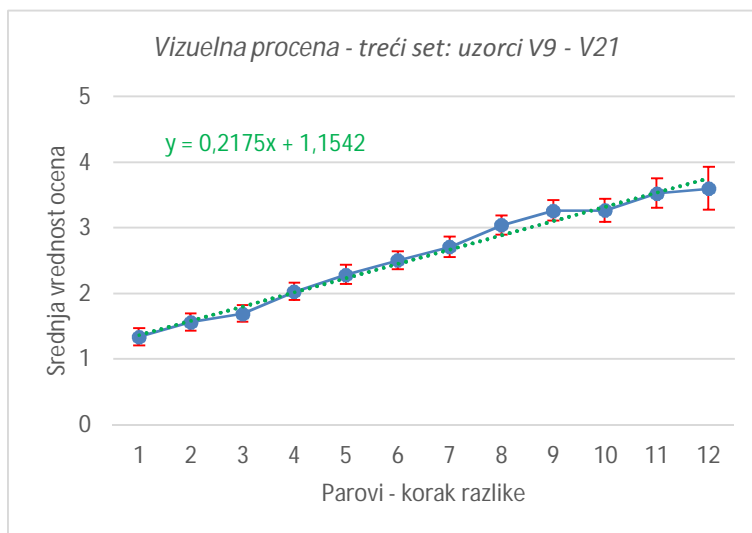


Grafik 6.85. Odnos parova sa različitim korakom razlike između njih i srednje vrednosti ocena tih parova za TREĆI SET uzoraka. Ocene ispitanika: 1 – najmanja uočena razlika, 5 – najveća uočena razlika

Kada se odvojeno analiziraju uzorci trećeg seta dobija se približno linearan odnos za obe grupe, prikazano na grafikonima 6.86 i 6.87. Očigledno se u ovom trećem setu pojavljuje još jedan kriterijum grupisanja uzoraka pored neuniformnosti, a to je podela na mikro i makro neuniformnost, kao što se zaključilo i na osnovu MDS analize. Kod obe grupe veće varijacije u ocenama ispitanika dobijaju se u slučaju poređanja uzoraka sa većim korakom razlike.



Grafik 6.86. Odnos parova sa različitim korakom razlike između njih i srednje vrednosti ocena tih parova za TREĆI SET uzoraka – PRVA GRUPA, uzorci V0 – V8.
Ocene ispitanika: 1 – najmanja uočena razlika, 5 – najveća uočena razlika



Grafik 6.87. Odnos parova sa različitim korakom razlike između njih i srednje vrednosti ocena tih parova za TREĆI SET uzoraka – DRUGA GRUPA, uzorci V9 – V21.
Ocene ispitanika: 1 – najmanja uočena razlika, 5 – najveća uočena razlika

7. Diskusija rezultata

„If we had more time for discussion we should probably have made a great many more mistakes.“

Leon Trotsky

7.1. Diskusija rezultata Eksperimenta 1

Na osnovu rezultata dobijenih u Eksperimentu 1, dolazi se do zaključka da se vrednosti površinske neuniformnosti za isti uzorak znatno razlikuju kada se koristi različit uređaj za digitalizaciju, koja je neophodna za metode koje se baziraju na izračunavanju ovog parametra preko analize slike.

U slučaju digitalizacije uzoraka pomoću skenera, varirana je rezolucija skeniranja i vrsta senzora (CIS i CMOS). Najmanje varijacije su dobijene za uređaj koji poseduje **CIS senzor** (CanoScan LIDE 210). Kod druga dva skenera koji imaju **CMOS senzor**, promenom rezolucije se dobijaju dosta različite vrednosti površinske neuniformnosti. Promena rezolucije skeniranja najviše utiče na parametre GLCM metode, dok na parametre ISO ili Integralne metode nema uticaj. GLCM metoda se bazira na prostornom odnosu intenziteta piksela pa je stoga ovaj rezultat i bio očekivan jer se promenom rezolucije skeniranja menja i broj piksela i njihove vrednosti. U radu (Tomić i drugi, 2016) u kom je GLCM metoda korišćena za karakterizaciju tekstone se takođe pokazalo da rezolucija skeniranja ima značajan uticaj.

ISO metoda, s druge strane izračunava površinsku neuniformnost na osnovu srednje vrednosti odziva piksela na celoj slici. Integralna metoda je bazirana na analizi slike u frekventnom domenu i u ovom slučaju promena rezolucije nema uticaj na izračunatu površinsku neuniformnost. Ovo znači da se dobijene vrednosti razlikuju, iako njihov odnos ostaje isti. Ako se rezolucija od 600 spi smatra optimalnim rešenjem za procenu kvaliteta prema ISO 13660 standardu (ISO13660 2001), onda dobijeni rezultati ukazuju da za karakterizaciju površinske neuniformnosti otisaka nema potrebe za digitalizacijom uzoraka u rezoluciji većoj od 300 spi za ISO i Integralnu metodu.

Pregledom rezultata dobijenih digitalizacijom uzoraka pomoću digitalnih fotoaparata se može zaključiti da Nikon Coolpix S2600 nije pogodan kao ulazni uređaj za merenje površinske neuniformnosti. Ključni problem kod ovog uređaja je fokus koji nije moguće fiksirati, zbog čega su se i dobile velike razlike u rezultatima.

U slučaju *camera-based* sistema (digitalni fotoaparati i mobilni telefoni) variran je izvor svetla (**D50** i **D65**) gde se promenom izvora svetla menjaju vrednosti intenziteta piksela, što najviše utiče na parametre GLCM metode. Promena izvora svetla utiče i na ISO M parametar, kao i na parametre Integralne metode. Parametar ISO G ostaje konstantan promenom osvetljenja.

Generalno, ako se porede *scanner-based* i *camera-based* sistemi, primećuje se da upotreba komercijalnih ravnih skenera umesto CCD kamera za digitalizaciju uzoraka daje bolji odnos signala i šuma po pristupačnoj ceni uređaja, što je zaključio i Johansson (1999, str. 24). U odnosu performansa/cena, prednost je data skenerima, delimično zbog toga što se kod skenera senzor kreće jednodimenzionalno, dok je kod kamera potrebno pomerati senzor (tj. samu kameru) u 2D prostoru kako bi se uzorkovala veća površina polja. Druga velika prednost skenera je u konstantnom osvetljenju koje je ugrađeno u samom uređaju. S druge strane, kod *camera-based* sistema izvor svetlosti je udaljen od uzorka, što bi trebalo da, za razliku od skenera, kao rezultat da prirodni digitalni uzorak.

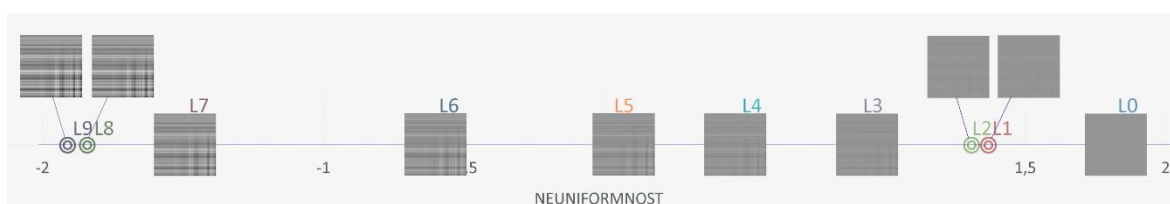
Kod M-Score metode je varirana formula za izračunavanje ovog parametra, gde se pokazalo da se vrednosti razlikuju ali da se njihov odnos zadržava. Koeficijent korelacije između vrednosti dobijene korišćenjem ΔE_{76} i ΔE_{00} formula je 0.99 za prvi i drugi set i 1.00 za treći set uzorka. Međutim, ΔE_{00} formula je poboljšana verzija starih formula, stoga se ona preporučuje za izračunavanje razlika u boji.

Na osnovu pregleda dobijenih rezultata, za *poređenje izmerenih vrednosti površinske neuniformnosti sa vizuelnom ocenom ispitanika predlog je da se u obzir uzme srednja vrednost u okviru svake grupe uređaja za svaku metodu (parametar)*. Jedini rezultati koji se isključuju u daljoj analizi su rezultati dobijeni upotrebom digitalnog fotoaparata Nikon Coolpix S2600.

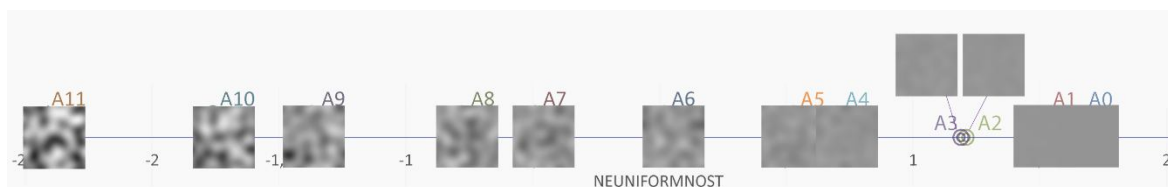
7.2. Diskusija rezultata Eksperimenta 2

Na osnovu MDS analize, uzorci prvog i drugog seta mogu da se analiziraju samo po jednoj Dimenziji, D1 – neuniformnost. D2 je znatno manja u odnosu na D1 za oba seta, stoga uzorci mogu da se pozicioniraju samo po jednoj dimenziji - D1 osi, koja se odnosi na neuniformnost, tj. intenzitet greške na otisku u obliku linije ili mrlje. Ni kod jednog seta se nisu izdvojile posebne grupe (klasteri). Na grafikonima 7.1 i 7.2 su prikazani uzorci prvog i drugog seta postavljeni na x - osi na osnovu MDS analize.

Kao što se i vidi sa grafika 7.1, razmaci između uzoraka nisu ekvidistantni. Između nekih uzoraka razmak je manji, a između nekih je mnogo veći. I u drugom setu je potrebno izvršiti izmene da bi se dobili uzorci sa jednakim razmacima, kao što se vidi na grafiku 7.2. Modifikacijom i ubacivanjem uzoraka mogao bi da se napravi „vizuelni alat“ u vidu lenjira koji bi mogao da se koristi za vizuelnu kontrolu površinske neuniformnosti digitalno štampanih otisaka. Za generisanje ovakve metode za kontrolu, potrebno je ponovo uraditi eksperiment sa novim uzorcima. Sličan lenjir za kontrolu površinske neuniformnosti je prikazan u radu (Rasmussen i drugi, 2006), s tim da su autori rada napravili lenjir (*engl. ruler*) koji sadrži većinu oblika površinske neuniformnosti i koji pokriva širok spektar prostornih frekvencija i orijentacija.

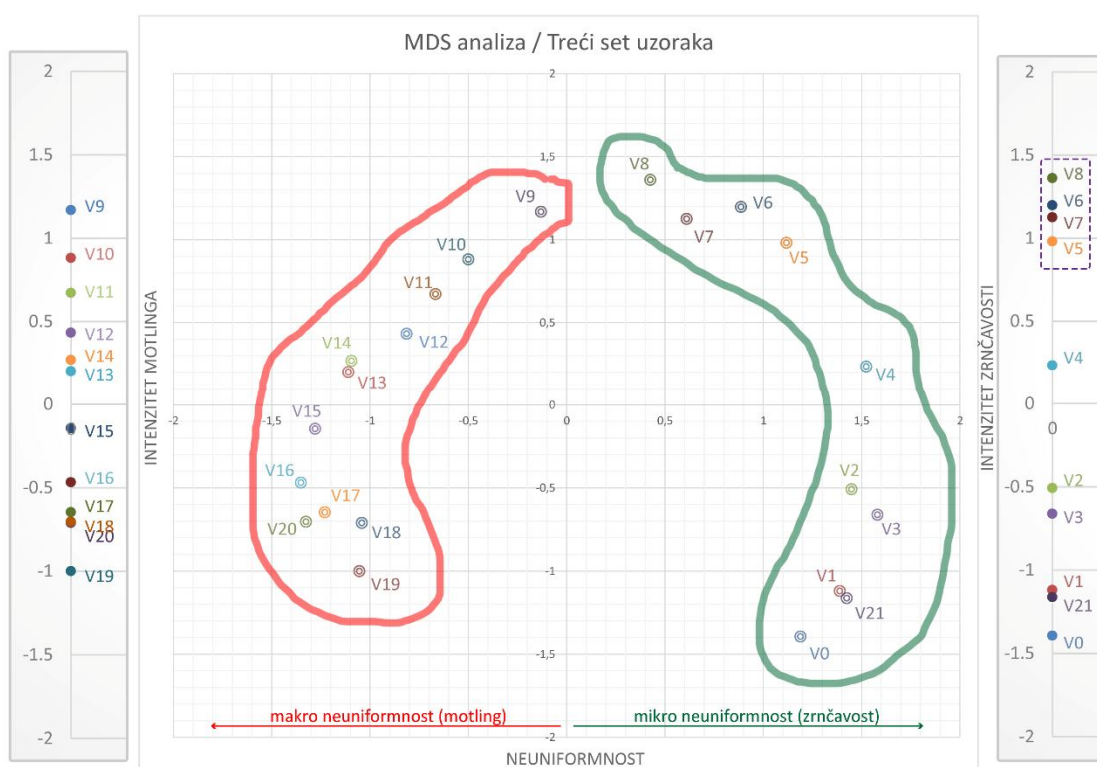


Grafik 7.1. Uzorci prvog seta pozicionirani po jednoj dimenziji (neuniformnost) na osnovu MDS analize



Grafik 7.2. Uzorci drugog seta pozicionirani po jednoj dimenziji (neuniformnost) na osnovu MDS analize

U trećem setu uzoraka je došlo do izdvajanja dve grupe, kao što se vidi na grafikonu 6.77. Ovde je primetna dvodimenzionalna struktura jer se uzorci prostiru i po dimenziji D1 od -1.5 do +1.5 i po dimenziji D2 od -1.5 do +1.5. U delu 6.2.1.3 je treći set analiziran samo prema jednoj dimenziji, na osnovu koje je izvršena podela. Međutim, jasno se vidi da je i D2 u ovom slučaju od značaja. Sad shvatamo da je D2 sa grafikona 6.77 intenzitet, ali pošto su se uzorci po x-osi podelili na dva dela – makro (levo od 0) i mikro (desno od 0), za generisanje lenjira koristićemo y-osu koja se razlikuje za te dve grupe, pa levi deo nazivamo **intenzitet motlinga**, dok desni deo nazivamo **intenzitet zrnčavosti** (prikazano na slici 7.1).



Slika 7.1. MDS analiza trećeg seta uzoraka. Izdvojene dve grupe uzoraka: motling (levo) i zrnčavost (desno)

Uzorci koji pripadaju grupi zrnčavost su ponovo podeljeni u dva klastera. Prvi klaster čine uzorci V0 – V4 i V21, dok su u drugom uzorci V5 – V8. Uzorak V21 se na osnovu dosadašnjih rezultata i diskusija može izbaciti iz ovog seta uzoraka, što se i ovde može potvrditi. Na osnovu definicije ISO 13660 standarda uzorci do veličine mrlje od $p_{min} = 0.095$ predstavljaju zrnčavost, što odgovara uzorku V4. Stoga se ponovo potvrđuje da uzorci od V5 – V8 predstavljaju makro neuniformnost (motling).

Kao i kod prva dva seta uzorka, i u ovom setu je potrebno izvršiti modifikacije uzoraka i ponoviti eksperiment kako bi se napravio „vizuelni alat“ za kontrolu površinske neuniformnosti digitalno štampanih otisaka.

7.3. Diskusija rezultata površinske neuniformnosti

Rezultati površinske neuniformnosti, koji su dobijeni merenjem pomoću različitih metoda u **Eksperimentu 1**, su poređeni sa vizuelnom ocenom ispitanika iz **Eksperimenta 2** kako bi se *pronašla metoda (parametar) koja je u najboljoj korelaciji sa vizuelnom percepcijom površinske neuniformnosti*. Ova analiza je urađena jer je veoma bitno proveriti da li metode koje se koriste za merenje odgovaraju onome što ljudsko oko vidi. Krajnji korisnik otisaka koji se štampaju jeste čovek, i stoga je bitno pronaći sistematičnu, matematičku vezu.

U Eksperimentu 1 su korišćeni različiti uređaji i uslovi za digitalizaciju uzoraka, tako da je za poređenje sa vizuelnom ocenom uzeta **srednja vrednost u okviru svake grupe uređaja**. Za prvu grupu uređaja (skenera) je uzeta srednja vrednost svih uređaja (**CanoScan LIDE 210**, **Epson V370 Perfection** i **HP ScanJet G4010**) i svih rezolucija skeniranja (**300**, **600** i **1200 spi**). Digitalni fotoaparati Nikon Coolpix S2600 je izostavljen u proračunu srednje vrednosti jer se u Eksperimentu 1 pokazao kao nepogodan za korišćenje zbog nemogućnosti *fiksiranja fokusa*, zbog čega su se pojavile velike varijacije u rezultatima. Za digitalne fotoaparate **Canon EOS D550** i **Nikon D3200** su uzete srednje vrednosti za oba izvora svetla (**D50** i **D65**). Rezultati dobijeni digitalizacijom mobilnim telefonima (**Samsung Galaxy J5**, **Nokia Lumia 630** i **iPhone 5**) su korišćeni za računanje srednje vrednosti u okviru te grupe uređaja.

Pored rezultata površinske neuniformnosti koji su dobijeni metodama koje za proračun koriste sliku, ocene ispitanika su poređene i sa rezultatima površinske neuniformnosti koji su dobijeni M-Score metodom koja se bazira na spektrofotometrijskom merenju.

Za svaki set uzoraka je urađeno poređenje i u nastavku su prikazani rezultati. U tabelama je dat koeficijent determinacije (R^2) između različitih parametara i vizuelne ocene površinske neuniformnosti.

Prvi set uzoraka – sistematična varijacija neuniformnosti

Rezultati za prvi set uzoraka su prikazani u tabelama 7.1 i 7.2. Na osnovu prikazanih rezultata se vidi da vrednosti površinske neuniformnosti dobijene pomoću GLCM metode za parametar Energija (digitalizacija skenerom) najbolje koreliraju sa vizuelnom ocenom ispitanika ($R^2 = 0.92$). Nešto slabija korelacija je dobijena za GLCM parametre Entropija i Sum Entropija kada se koriste skeneri i mobilni telefoni kao uređaji za digitalizaciju. GLCM parametri Kontrast i Homogenost su u najslabijoj korelaciji sa vizuelnom ocenom. ISO 13660 metoda nije predviđena za merenje sistematične neuniformnosti, što se na osnovu ovih rezultata još jednom može potvrditi. Koeficijent determinacije za oba ISO parametra su ispod 0.8. Rezultati dobijeni pomoću Integralnih metoda su u slabijoj korelaciji (R^2 je od 0.75 do 0.8).

Generalno se na osnovu rezultata u tabeli 7.1 može reći da se u slučaju sistematične površinske neuniformnosti mogu koristiti GLCM parametri Entropija, Energija i Sum Entropija za merenje površinske neuniformnosti, a za digitalizaciju mogu da se koriste skeneri ili mobilni telefoni, s tim

da je jača korelacija dobijena kada se koriste skeneri. Još jedna prednost korišćenja skenera je u tome što je zatvoren sistem u kom su smešteni i senzor i izvor svetla i što može da se primeni i Integralni metod zbog mogućnosti rezolucije skeniranja od 300 ili 600 spi, što nije moguće korišćenjem mobilnih telefona kod kojih je rezolucija 72 ppi.

Tabela 7.1. Koeficijent determinacije R^2 za prvi set uzoraka između ocena ispitanika i svih parametara merenja površinske neuniformnosti

	GLCM Kontrast	GLCM Entropija	GLCM Energija	GLCM Homogenost	GLCM Sum Entropija	ISO M	ISO G	Int Metod	NewInt Model
R^2 (Skeneri)	0.29	0.88	0.92	0.28	0.87	0.79	0.70	0.77	0.75
R^2 (Digitalni fotoaparati)	0.59	0.74	0.75	0.59	0.75	0.43	0.79	0.75	0.80
R^2 (Mobilni telefoni)	0.73	0.80	0.82	0.74	0.81	0.68	0.78	-	-

Korišćenjem M-Score metode je dobijena jača korelacija sa vizuelnom ocenom kada se koristi ΔE_{00} formula za računanje razlike boja ($R^2 = 0.75$) u odnosu na ΔE_{76} formulu ($R^2 = 0.61$). ΔE_{00} formula je poboljšana formula u odnosu na prethodne CIE formule za izračunavanje razlika boja, jer prethodne formule nisu adekvatno rešile pitanje percepcije uniformnosti boja (Sharma i drugi, 2005). Stoga i rezultati dobijeni korišćenjem ΔE_{00} formule bolje koreliraju sa vizuelnom ocenom.

Tabela 7.2. Koeficijent determinacije R^2 za prvi set uzoraka između ocena ispitanika i M-Score vrednosti za obe formule razlike boja (ΔE_{76} i ΔE_{00})

	M-Score ΔE_{76}	M-Score ΔE_{00}
R^2	0.61	0.75

Drugi set uzoraka – nasumična varijacija neuniformnosti

Rezultati za drugi set uzoraka, u kom je varirana amplituda (intenzitet) mrlja, su prikazani u tabelama 7.3 i 7.4. Kao i kod prvog seta, i u drugom setu uzoraka najslabija korelacija je dobijena za GLCM parametre Kontrast i Homogenost. Ovo se moglo i očekivati na osnovu rezultata objektivnog eksperimenta gde su dobijene veoma slične vrednosti površinske neuniformnosti za sve uzorke kada su se koristili ti parametri. I u ovom setu su rezultati dobijeni digitalizacijom uzoraka pomoću digitalnih fotoaparata u slabijoj korelaciji sa vizuelnom ocenom za sve parametre površinske neuniformnosti. Najjača korelacija je ponovo dobijena za parametar GLCM Energija (R^2 je 0.86 za skenera i 0.87 za mobilne telefone). GLCM parametri Entropija i Sum Entropija su takođe u dosta jakoj korelaciji sa vizuelnom procenom.

U drugom setu uzoraka, još jedan parametar bi mogao da se koristi za merenje neuniformnosti, a koji odgovara vizuelnoj percepciji neuniformnosti. ISO parametar koji se odnosi na merenje makro neuniformnosti (motlinga, ISO M) je u dosta jakoj korelaciji sa vizuelnom ocenom ($R^2 = 0.85$). Drugi set sadrži uzorke kod kojih je varirana amplituda mrlja, a veličina mrlje je bila konstanta $p_{min} = 20$, što prema ISO standardu spada u grupu motling. Ovaj slučaj je dobijen samo kada se za digitalizaciju koriste skeneri, kod ostalih uređaja je koeficijent determinacije dosta niži. ISO M parametar zavisi od varijacije optičke gustine na otisku (varijacije intenziteta piksela) pa je zbog

toga nepogodno koristiti uređaje kod kojih varira intenzitet svetla (kao što su digitalni fotoaparati i mobilni telefoni).

Obe Integralne metode su u slaboj ili nikakvoj korelaciji i za skenere i za digitalne fotoaparate. Iz tog razloga ove metode nisu prikladne za merenje površinske neuniformnosti kada se želi kvantifikovati nasumična varijacija na otisku.

Tabela 7.3. Koeficijent determinacije R^2 za **drugi** set uzoraka, između ocena ispitanika i svih parametara merenja površinske neuniformnosti

	GLCM Kontrast	GLCM Entropija	GLCM Energija	GLCM Homogenost	GLCM Sum Entropija	ISO M	ISO G	Int Metod	NewInt Model
R^2 (Skeneri)	0.59	0.80	0.86	0.59	0.81	0.85	0.72	0.60	0.50
R^2 (Digitalni fotoaparati)	0.39	0.76	0.77	0.39	0.77	0.68	0.77	0.54	0.00
R^2 (Mobilni telefoni)	0.75	0.85	0.87	0.75	0.85	0.67	0.79	-	-

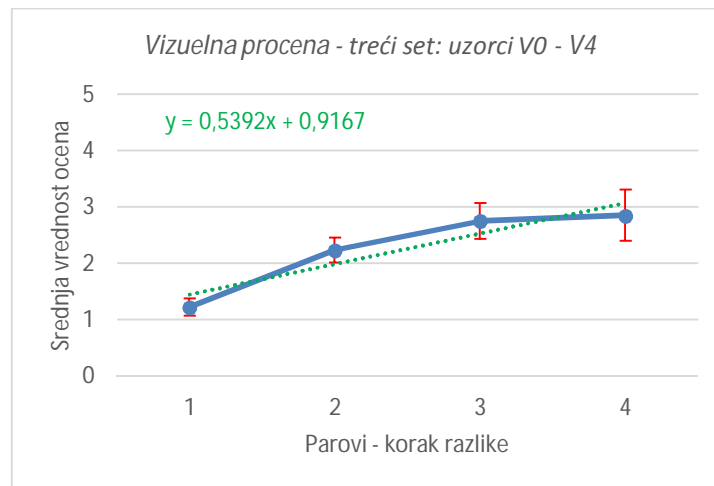
Rezultati površinske neuniformnosti prilikom korišćenja M-Score metode su u jakoj korelaciji sa vizuelnom ocenom kada se koristi formula ΔE_{00} za proračun ($R^2 = 0.84$). Slabija korelacija je dobijena prilikom korišćenja ΔE_{76} formule ($R^2 = 0.75$). I u ovom setu za izračunavanje M-Score vrednosti je bolje koristiti ΔE_{00} formulu.

Tabela 7.4. Koeficijent determinacije R^2 za **drugi** set uzoraka, između ocena ispitanika i M-Score vrednosti za obe formule razlike boja (ΔE_{76} i ΔE_{00})

	M-Score ΔE_{76}	M-Score ΔE_{00}
R^2	0.75	0.84

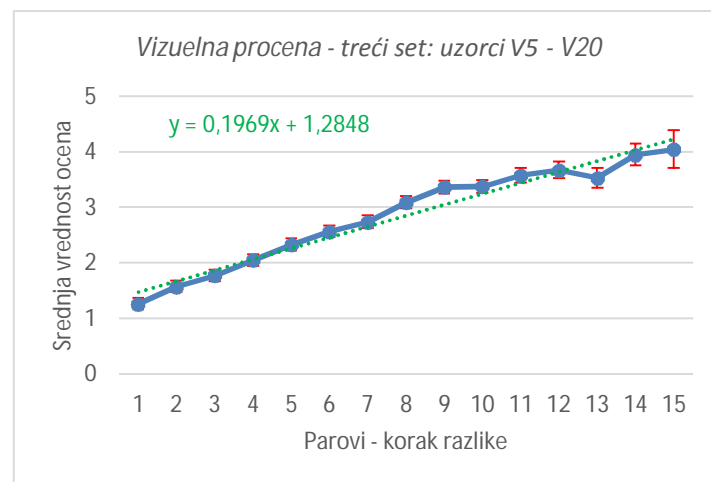
Treći set uzoraka – nasumična varijacija neuniformnosti

Na osnovu rezultata dobijenih kako iz objektivne tako i iz subjektivne analize, treći set uzoraka može da se podeli u dve grupe: mikro i makro neuniformnost. Mikro neuniformnost (zrnčavost) čine uzorci od V_0 do V_4 , a makro neuniformnost (motling) čine uzorci od V_5 do V_{20} . Uzorak V_{21} je izbačen iz dalje analize jer se pokazalo da je on isti kao i uzorak V_0 . Na grafikonima 7.3 i 7.4 je prikazan odnos parova sa različitim korakom razlike između njih i srednje vrednosti ocena tih parova, za podeljene grupe u okviru trećeg seta uzoraka.



Grafik 7.3. Odnos parova sa različitim korakom razlike između njih i srednje vrednosti ocena tih parova za prvu grupu uzoraka iz trećeg seta (uzorci V0 – V4).

Ocene ispitanika: 1 – najmanja uočena razlika, 5 – najveća uočena razlika



Grafik 7.4. Odnos parova sa različitim korakom razlike između njih i srednje vrednosti ocena tih parova za drugu grupu uzoraka iz trećeg seta (uzorci V5 – V20).

Ocene ispitanika: 1 – najmanja uočena razlika, 5 – najveća uočena razlika

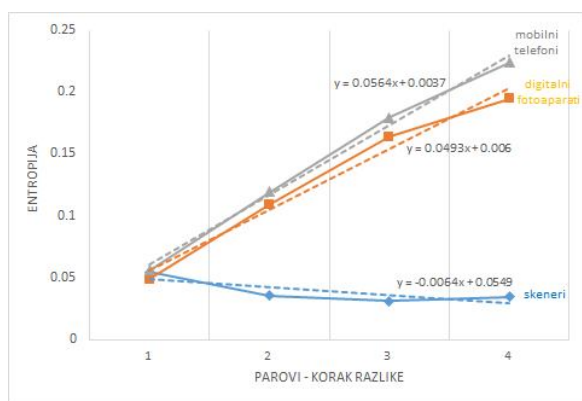
Na osnovu rezultata prikazanih na grafikonima 7.3 i 7.4 se vidi da se prilikom povećavanja koraka razlike između posmatranih parova uzoraka, povećava i ocena, tj. uočava se veća razlika. Jedino je srednja ocena kod parova koji se razlikuju 13 koraka nešto manja u odnosu na parove koji se razlikuju za 12 koraka (3.53 i 3.68, respektivno). U nastavku je analiza rezultata urađena posebno za ove dve grupe uzoraka u okviru trećeg seta.

U prvoj grupi uzoraka (V0 – V4) je dobijena slaba korelacija između vrednosti površinske neuniformnosti i vizuelne ocene kada se koriste skeneri ili digitalni fotoaparati kao ulazni uređaji, što se može videti na osnovu rezultata koji su prikazani u tabeli 7.5. Ovo se takođe vidi na grafikonima 6.19 – 6.24 (GLCM parametri) i 6.46 – 6.51 (ISO parametri). U slučaju kada se koriste skeneri i fotoaparati dobijaju se jako male promene između uzoraka u rezultatima površinske neuniformnosti. Ova razlika se jasno vidi i na primeru (grafikon 7.5) koji ilustruje promenu srednje vrednosti GLCM Entropije za parove uzorka od V0 do V4 u odnosu na

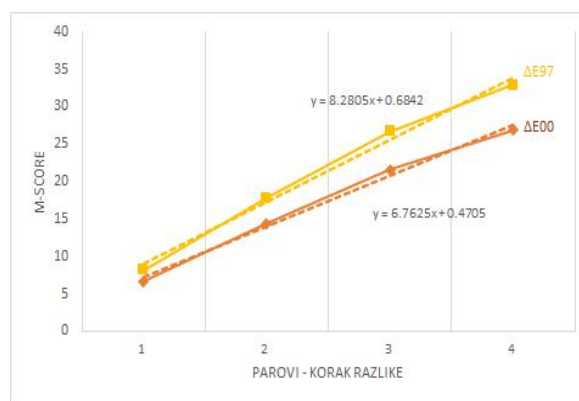
povećavanje razlike između njih. Kada se koriste skeneri, prilikom povećavanja razlike između uzoraka, dolazi do pada vrednosti GLCM Entropije. Povećavanjem razlike između uzoraka, vrednost GLCM Entropije raste kada se koriste digitalni fotoaparati i mobilni telefoni. S tim da je veći opseg vrednosti GLCM Entropije dobijen kada se koriste mobilni telefoni, što potvrđuje najjaču korelaciju sa vizuelnom ocenom.

Tabela 7.5. Koeficijent determinacije R^2 za treći set uzoraka (V0 – V4), između ocena ispitanika i svih parametara merenja površinske neuniformnosti

	GLCM Kontrast	GLCM Entropija	GLCM Energija	GLCM Homogenost	GLCM Sum Entropija	ISO M	ISO G	Int Metod	NewInt Model
R ² (Skeneri)	0.00	0.12	0.07	0.00	0.29	0.67	0.53	0.34	0.47
R ² (Digitalni fotoaparati)	0.04	0.43	0.39	0.04	0.57	0.23	0.71	0.31	0.34
R ² (Mobilni telefoni)	0.73	0.89	0.88	0.73	0.89	0.10	0.89	-	-



Grafik 7.5. Srednja vrednost GLCM Entropije za parove uzorka od V0 do V4



Grafik 7.6. Srednja vrednost M-Score za parove uzorka od V0 do V4

Pored parametra GLCM Entropija, Energija i Sum Entropija su u jakoj korelaciji sa vizuelnom procenom kada se koriste mobilni telefoni prilikom digitalizacije uzoraka ($R^2 = 0.88$ i 0.89). GLCM parametri Kontrast i Homogenost su u slabijoj ili nikakvoj korelaciji sa vizuelnom procenom. ISO parametar koji se odnosi na merenje zrnčavosti (ISO G) je takođe u jakoj korelaciji sa vizuelnom procenom, koeficijent determinacije je 0.89 . Ovim se potvrđuje da je ISO metoda odgovarajuća za merenje nasumične varijacije (zrnčavosti). Kao i u drugom setu, obe Integralne metode su u slaboj korelaciji za skeneri i za digitalne fotoaparate. Iz tog razloga ove metode nisu prikladne za merenje površinske neuniformnosti kada se želi kvantifikovati nasumična varijacija na otisku.

Koeficijent determinacije R^2 između vrednosti M-Score i vizuelne procene površinske neuniformnosti je dosta visok za obe formule (0.88 i 0.89). Ovo može i da se potvrdi pregledom grafikona 6.71, gde se vidi pad vrednosti od uzorka V0 do uzorka V4. Takođe se ovo jasno vidi i na grafikonu 7.6 na kom su prikazane srednje M-Score vrednosti za parove uzoraka različitih koraka razlike.

Tabela 7.6. Koeficijent determinacije R^2 za **treći** set uzoraka (V0 – V4), između ocena ispitanika i M-Score vrednosti za obe formule razlike boja (ΔE_{76} i ΔE_{00})

	M-Score ΔE_{76}	M-Score ΔE_{00}
R^2	0.88	0.89

Drugu grupu u trećem setu čine uzorci (V5 – V20) koji predstavljaju makro neuniformnost (motling). U ovom slučaju, pored mobilnih telefona i skeneri su adekvatni za digitalizaciju uzoraka. Kao i u prethodnim setovima i u ovom slučaju parametri GLCM Kontrast i Homogenost su u slabijoj korelaciji sa vizuelnom procenom. GLCM parametri Entropija, Energija i Sum Entropija su u jakoj korelaciji sa vizuelnom ocenom površinske neuniformnosti (R^2 je veći od 0.8).

Parametar ISO M je u ovom slučaju odgovarajući za merenje neuniformnosti ali samo kada se digitalizacija uzoraka vrši pomoću skenera. Zbog stabilnosti izvora svetla u skenerima nema varijacije u intenzitetu piksela, samim tim nema velike varijacije u vrednostima optičke gustine. Vrednosti ISO M za uzorke od V5 do V20 postepeno rastu, kako se povećava veličina mrlje (grafikoni 6.46 – 6.48), što nije slučaj kada se koriste fotoaparati ili mobilni telefoni (grafikoni 6.49 – 6.54). S druge strane, parametar ISO G koji se odnosi na merenje zrnčavosti, takođe može da se primeni i na merenje otisaka na kojima je veća mrlja. Vrednost ISO G raste kako raste zrnčavost, pa nakon toga opada kako se povećava motling. Vrednosti površinske neuniformnosti izmerene sa ISO G parametrom su u dobroj korelaciji sa vizuelnom procenom, bez obzira na korišćen uređaj za digitalizaciju (R^2 je veći od 0.83). Integralne metode su se ponovo pokazale kao neodgovarajuće za merenje površinske neuniformnosti jer se ne poklapaju sa ocenama ispitanika.

Tabela 7.7. Koeficijent determinacije R^2 za **treći** set uzoraka (V5 – V20), između ocena ispitanika i svih parametara merenja površinske neuniformnosti

	GLCM Kontrast	GLCM Entropija	GLCM Energija	GLCM Homogenost	GLCM Sum Entropija	ISO M	ISO G	Int Metod	NewInt Model
R^2 (Skeneri)	0.12	0.86	0.85	0.12	0.87	0.83	0.87	0.49	0.56
R^2 (Digitalni fotoaparati)	0.01	0.50	0.47	0.01	0.56	0.34	0.86	0.65	- 0.10
R^2 (Mobilni telefoni)	0.34	0.80	0.78	0.34	0.82	0.57	0.83	-	-

M-Score metoda za merenje površinske neuniformnosti kada se povećava veličina mrlje i kada uzorci spadaju u grupu motling, nije odgovarajuća jer uopšte ne postoji korelacija sa vizuelnom procenom otisaka. Rezultati koeficijenta determinacije između M-Score vrednosti i vizuelne ocene za ovu grupu uzoraka (V5 – V20) su prikazani u tabeli 7.8.

Tabela 7.8. Koeficijent determinacije R^2 za **treći** set uzoraka (V5 – V20), između ocena ispitanika i M-Score vrednosti za obe formule razlike boja (ΔE_{76} i ΔE_{00})

	M-Score ΔE_{76}	M-Score ΔE_{00}
R^2	0.01	0.01

8. Zaključak

„No one can be a great thinker who does not recognize that as a thinker it is his first duty to follow his intellect to whatever conclusions it may lead.“

John Stuart Mill

Konstantno razvijanje tehnika u grafičkoj industriji nameće i potrebu za razvijanjem procesa kontrole odštampanih otisaka. Trenutno je digitalna štampa tehnika koja je u intenzivnom i svakodnevnom porastu. Iz tog razloga, otisci koji su korišćeni u ovom istraživanju su štampani najzastupljenijom tehnikom digitalne štampe (ink džet). U nizu prethodnih istraživanja predložene su mnogobrojne metode za kontrolu otisaka, koje su i dan danas u fokusu. Razvojem metoda, došlo se do zaključka da boja nije jedini atribut na osnovu kog može da se kontroliše kvalitet otiska, odnosno kvalitet otisaka nije monotona funkcija reprodukovane boje (optičke gustine). Pored kontrole reprodukovane boje, veoma je bitno kontrolisati i **površinsku (ne)uniformnost** odštampanog otiska.

Pod pojmom površinska neuniformnost se može smatrati neželjena varijacija refleksije sa otiska koja utiče na percipiran kvalitet štampe, kada se otisak posmatra pod homogenim osvetljenjem. Površinska neuniformnost na otiscima je već duže vreme očigledno neizbežan problem štampe. Potrebno je kontrolisati i ne dozvoliti da pređe granicu koju krajnji korisnik može da uoči. Pored oštine štampe i dobro reprodukovane boje, površinska (ne)uniformnost je jedan od najvažnijih atributa kvaliteta štampe. Mogućnost merenje intenziteta površinske neuniformnosti (varijacije refleksije) može na mnogo načina da omogući razvoj tehnika štampe i kontrolu otisaka. Takav model za merenje bi trebao prvenstveno da prati funkcije i sposobnosti ljudskog vizuelnog sistema (*engl. Human Visual Sistem, HVS*).

Pošto se koncept kvaliteta štampe zasniva na vizuelnom iskustvu posmatrača, bilo koja instrumentalna mera mora biti potvrđena subjektivnom evaluacijom kvaliteta. Zbog toga je sprovedeno ovo istraživanje u kom se rešava problem merenja i predstavljanja nehomogenosti na otiscima koje je u skladu sa percipiranim kvalitetom, ali se takođe bavi poređenjem kvantifikovane neuniformnosti pomoću različitih metoda i parametara koji su do sada predstavljeni.

Na osnovu pregleda i analizom aktuelnog stanja u ovoj oblasti izabrane su četiri metode (*GLCM, ISO, Integralna i M-Score*) koje mogu da se koriste za merenje površinske (ne)uniformnosti u štampi. Svaka od metoda ima nekoliko različitih parametara koji mogu da se koriste, gde je ukupno izdvojeno deset parametara pomoću kojih može da se izmeri površinska (ne)uniformnost. Za analizu površinske neuniformnosti, simulirani su uzorci koji poseduju različit oblik i intenzitet

neuniformnosti. Analizom i diskusijom dobijenih rezultata dolazi se do relevantnih zaključaka ovih istraživanja koji su dati u nastavku.

Metod (parametar)

Odabir metode za merenje površinske neuniformnosti **zavisí od tipa neuniformnosti** (nasumične ili sistematične). Neke metode su odgovarajuće samo za jedan tip greške, dok su druge metode pogodne za merenje oba tipa površinske neuniformnosti.

Poređenjem izmerenih vrednosti površinske neuniformnosti i vizuelne ocene ispitanika dolazi se do zaključka da GLCM parametri Kontrast i Homogenost nisu pogodni za merenje površinske neuniformnosti digitalno štampanih otisaka, kako sistematične tako i nasumične varijacije. Promenom amplitude ili veličine mrlje, menja se kontrast ali se zadržava odnos svetlih i tamnih piksela zbog čega su vrednosti za GLCM Kontrast i Homogenost veoma slične za sve uzorke.

U slučaju GLCM metode, parametri Entropija, Energija i Sum Entropija su u jakoj vezi sa vizuelnom ocenom za sva tri seta uzoraka. Ovi parametri mogu da se koriste bez obzira na tip neuniformnosti. Istraživanje (Jurič i drugi, 2015) takođe potvrđuje da su Entropija, Energija i Sum Entropija u boljoj korelaciji sa vizuelnom procenom u odnosu na Kontrast i Homogenost.

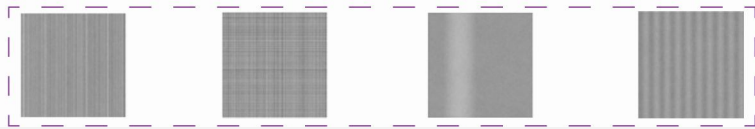

Parametri ISO metode ne mogu da se koriste za merenje sistematične površinske neuniformnosti što je i definisano u standardu (ISO, 2001), ali su pogodni za merenje nasumičnih varijacija. Parametar ISO G može da se koristi za merenje zrnčavosti i motlinga, dok je parametar ISO M pogodan samo za merenje motlinga. Prethodne studije (Fahlcrantz i Johansson, 2004) su takođe utvrdile nešto nižu vrednost korelacije za ISO M parametar sa vizuelnom ocenom kada su uključeni uzorci sa nasumičnim i sistematičnim oblikom, a višu vrednost kada se koriste uzorci samo sa nasumičnim oblikom neuniformnosti. Sadovnikov (2005) smatra da bi ova metoda trebala da se koristi samo kao polazna tačka, jer uopšte ne modelira HVS.

Rezultati istraživanja su pokazali da bi Integralne metode mogle samo da se koriste za merenje sistematične greške. Jedini problem ovih metoda je ograničenost rezolucije snimanja jer je potrebno digitalizovati uzorke sa 300 ili 600 ppi, što nije moguće uraditi sa mobilnim telefonima kod kojih je rezolucija snimanja 72 ppi. Weingerl (2014) je za svoje uzorke dobio dobru korelaciju vrednosti Napredne Integralne metode sa vizuelnom ocenom, dok je nešto slabija korelacija dobijena za Osnovni Integralni metod. Fahlcrantz je u svom istraživanju dobio prilično visoku korelaciju ($r = 0,9$; Fahlcrantz, 2005) za 12 uzoraka različitih oblika i nivoa neuniformnosti u štampi, dok je u radu (Fahlcrantz i Johansson, 2004) analizom 24 uzoraka dobijena nešto manja korelacija ($r = 0,85$).

M-Score metoda se pokazala kao odgovarajuća za korišćenje u slučaju promene amplitude mrlja (kada je veličina mrlje konstanta) ili za kvantifikovanje zrnčavosti (prilikom promene veličine mrlje, ali do veličine $p_{min} = 2.5$). Prethodna istraživanja u oblasti evaluacije objektivnih metoda ne obuhvataju M-Score metodu, pa je efikasnost ove metode još neistražena. Predlagači ove metode (Kraushaar 2010) su dobili visoku vrednost koeficijenta korelacije između vizuelne procene i M-Score vrednosti ($R^2 = 0.823$). Weingerl (2014) je takođe dobio jaku korelaciju M-Score vrednosti sa vizuelnom ocenom. U ovom istraživanju, M-Score je u dosta dobroj korelaciji sa vizuelnim ocenama, ali zbog metodologije primene ove metode bolje je koristiti metode koje se baziraju na

analizi slike jer su brže i jednostavnije za upotrebu. Koeficijent determinacije R^2 za M-Score za sva tri seta nije veći od parametara ostalih metoda.

Radi lakšeg pregleda, predlog metode/parametra za merenje površinske neuniformnosti u zavisnosti od tipa greške je dat u nastavku:

TIP NEUNIFORMNOSTI	PREDLOG PARAMETARA ZA MERENJE POVRŠINSKE NEUNIFORMNOSTI
<p>SISTEMATIČNA VARIJACIJA</p> 	<p>GLCM Entropija GLCM Energija GLCM Sum-Entropija</p> <p>Napredni Integralni metod</p>
<p>NASUMIČNA VARIJACIJA</p> 	<p>GLCM Entropija GLCM Energija GLCM Sum-Entropija</p> <p>ISO G (zrnčavost ili motling) ili ISO M (samo za motling)</p> <p>M-Score (samo za zrnčavost)</p>

Uređaj i uslovi digitalizacije uzoraka

Za merenje površinske neuniformnosti pomoću metoda koje se baziraju na metodi analize slike moguće je koristiti ulazne uređaje za digitalizaciju kao što su skeneri, digitalni fotoaparati ili mobilni telefoni. Na osnovu rezultata poređenja objektivne i subjektivne ocene se vidi da digitalan fotoaparat nije pogodan za digitalizaciju uzoraka prilikom merenja površinske neuniformnosti. Mobilni telefon se pokazao kao najbolji uređaj za digitalizaciju uzoraka za sva tri seta. Skener je takođe odgovarajući, jedino je u slučaju zrnčavosti bolje koristiti mobilni telefon.

Prednost skenera za digitalizaciju uzoraka je u tome što je on zatvoren sistem u kom se ugrađeni izvor svetla i senzor, jednostavniji je za korišćenje, mada vremenski zahtevniji u odnosu na digitalizaciju mobilnim telefonom. Skener takođe zahteva povezanost sa nekim softverom za dalju analizu slike i obradu podataka. Pri odabiru **skenera** za ulazni uređaj potrebno je podesiti sledeće opcije:

- isključiti sve automatske korekcije prilikom skeniranja,
- rezoluciju skeniranja podesiti na **300 spi** (na osnovu rezultata je zaključeno da promena rezolucije ne menja vrednosti ili se vrednosti menjaju, ali se zadržava odnos između njih, stoga nema potrebe za većom rezolucijom od predložene) i
- sačuvati fajl u **tiff* formatu bez dodavanja profila.

Digitalizacija **mobilnim telefon** zahteva komplikovaniju postavku i prilagođavanje prostorije i izvora svetla u kojoj se vrši snimanje uzoraka (kao što se vidi na slici 5.17). Ovaj problem bi mogao da se reši tako što će se napraviti zatvoren sistem u kom će izvor svetla i postavka mobilnog telefona biti konstanta. Taj sistem može biti izrađen od jednostavnih i jeftinih materijala kao što je karton. Prednost mobilnog telefona u odnosu na skener je mogućnost upotrebe predloženih metoda/parametara u vidu mobilne aplikacije. U tom slučaju, mobilni telefon će moći da se koristi kao merni instrument koji je svima dostupan.

Osnovna podešavanja kojih bi korisnik trebao da se pridržava prilikom digitalizacije uzoraka sa mobilnim telefonom su:

- isključiti sve automatske korekcije prilikom snimanja,
- zaključati fokus,
- prilikom postavke snimanja izabrati izvor svetla **D50** (Na osnovu rezultata se vidi da se dobijaju različite vrednosti površinske neuniformnosti promenom izvora svetla, ali je odnos vrednosti između uzoraka konstantan. Za vizuelnu procenu se prema standardu koristi D50 izvor svetla.) i
- postaviti udaljenost uređaja od uzroka na **30 cm**.

9. Naučni doprinos istraživanja i mogućnost primene u praksi

Primaran naučni doprinos istraživanja je *razvoj modela za kontrolu površinske neuniformnosti digitalno štampanih otisaka* u kom su predloženi parametri i uređaji za merenje ovog atributa. Definisan je i „vizuelni alat“ - *lenjir* koji može da se koristi za vizuelnu analizu površinske neuniformnosti u proizvodnim procesima štampe, odmah nakon štampanja bez upotrebe uređaja.

Važan naučni doprinos predstavljaju i sledeći elementi istraživanja:

- Pregled aktuelnog stanja u oblasti:
 - Predložena kategorizacija i karakterizacija metoda za merenje površinske (ne)uniformnosti,
 - Definisana terminologija pojmova u ovoj oblasti istraživanja.
- Podela metode/parametara za merenje površinske (ne)uniformnosti u zavisnosti od tipa greške (nasumične ili sistematične),
- Predložen uređaj za digitalizaciju uzoraka,
- Definisanje smernica i odabir odgovarajućih podešavanja uređaja za digitalizaciju uzoraka.

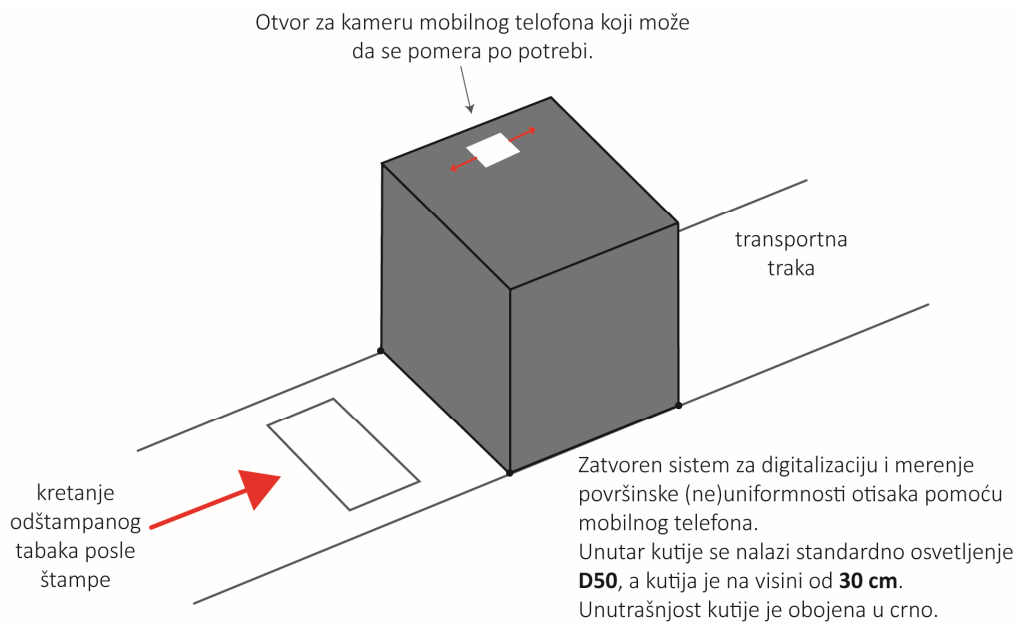
Rezultati istraživanja ukazuju da bi upotreba mobilnih telefona kao uređaja za digitalizaciju uzoraka mogla biti unapređena (uz adekvatnu metodu obrade snimljenih uzoraka i algoritam za izračunavanje površinske (ne)uniformnosti koji se bazira na predloženim parametrima korišćenim u istraživanju), te da bi se oni mogli koristiti i kao konvencionalni uređaji za merenje površinske (ne)uniformnosti.

Uz mobilni telefon je potrebno koristiti zatvoren sistem sa konstantnim osvetljenjem i udaljenošću uređaja od uzorka koji se digitalizuje. Moguće je predložiti dva rešenja:

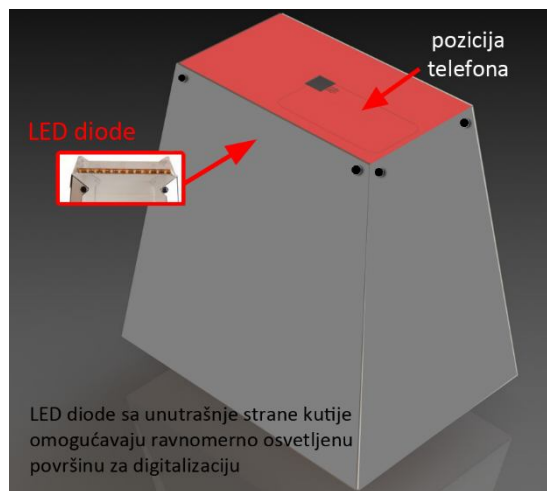
1. Rešenje sistema za široku primenu u procesima štampe (slika 9.1) i
2. Prenosiva kutija za merenje površinske (ne)uniformnosti (slika 9.2).

Prvo rešenje bi moglo da bude *in-line* rešenje, koje podrazumeva kontrolu otisaka (površinske uniformnosti) u toku štampe većeg tiraža. U ovom slučaju, otisak bi bio kontrolisan u toku procesa izrade, gde bi loše odštampani otisci mobilni odmah da se sklone sa transportne trake.

Drugo rešenje bi bilo prenosivo rešenje, isto kao i bilo koji drugi merni uređaj. Kutija za digitalizaciju može biti izrađena od jeftinijih materijala, kao što je na primer karton, i može biti rasklopiva, kako ne bi zauzimala puno prostora prilikom transporta.



Slika 9.1. Rešenje sistema za široku primenu u procesima štampe za digitalizaciju uzoraka pomoću mobilnog telefona



Slika 9.2. Prenosiva kutija za merenje površinske (ne)uniformnosti pomoću mobilnog telefona

10. Literatura

A.

Albergsten, F. (2008) Statistical Texture Measures Computed from Gray Level Cooccurrence Matrices. Lectures for Digital Image Analysis course, Department of Informatics, University of Oslo. [Online] Available at: <http://www.uio.no/studier/emner/matnat/ifi/INF4300/h08/undervisningsmateriale/glcm.pdf> [Accessed October 23, 2017].

Anastasova, A., Jaworska, N. (2008) Multidimensional Scaling (MDS). [Online] Available at: <http://slideplayer.com/slide/5661560/> [Accessed December 7, 2017].

B.

BabelColor (2015) BabelColor Color Translator & Analyzer (CT&A). [Online] Available at: <http://www.babelcolor.com/index.htm#CTandA> [Accessed November 8, 2015].

Bang, Y., Pizlo, Z., Allebach, J. P. (2003) Discrimination based banding assessment. In IS&T's NIP19: International Conference on Digital Printing Technologies, New Orleans, LA, pp. 745–750

Barten, P. G. J. (1999) Contrast Sensitivity of the Human Eye and Its Effects on Image Quality. Bellingham: SPIE, 1999, pp. 208

Bartholomew, D. J. (2008) Multidimensional Scaling 2nd ed., Ch 3 Boca Raton: Taylor & Francis Group. [Online] Available at: <http://www.bristol.ac.uk/media-library/sites/cmm/migrated/documents/chapter3.pdf> [Accessed January 11, 2017]

Bartleson, C. J. (1982) The combined influence of sharpness and graininess of the quality of color prints. *J. Photogr. Sci.*, Vol. 30, pp. 33–38

Bernié, J. P. et al. (2007) Human perception of print mottle: What does the eye see?, *Pulp and Paper Canada*, 108 (11), pp. 32–34

Bernié, J. P., Pande, H. and Gratton, R. (2004) A new wavelet-based instrumental method for measuring print mottle, *Pulp and Paper Canada*, 105, pp. 24–26

Beyer, M. H. (2008) The Grey Level Co-occurrence Matrix, GLCM (also called the Grey Tone Spatial Dependency Matrix) [Online] Available at: http://www.fp.ucalgary.ca/mhallbey/the_glcm.htm [Accessed October 23, 2016]

Bonnier, N., Schmitt, F., Brettel, H., Berche, S. (2006) Evaluation of spatial gamut mapping algorithms. In 14th Color Imaging Conference, IS&T/SID, Vol. 14, pp. 56–61

Bouzit, S., MacDonald, L. (2000) Colour difference metrics and image sharpness. In 8th Color Imaging Conference, Scottsdale, AZ, IS&T/SID. ISBN/ISSN:0-89208-231-3, pp. 262–267

Briggs, J. C., Klein, A. H., Tse, M.-K. (1999) Applications of ISO-13660, A New International Standard for Objective Print Quality Evaluation. Paper presented at Japan Hardcopy '99, Imaging Society of Japan, Tokyo, 1999. pp. 5

Briggs, J. C. and Tse, M. K. (2006) Objective Print Quality Analysis and The Portable Personal IAS Image Analysis System, 44 (6).

C.

Canon (2015) Canon EOS 550D [Online] Available at:

http://www.canon.rs/for_home/product_finder/cameras/digital_slr/eos_550d/ [Accessed September 16, 2015].

Cnet (2017a) Canon CanoScan LiDE 210 - flatbed scanner Series Specifications. [Online] Available at: <https://www.cnet.com/products/canon-canoscan-lide-210-flatbed-scanner-series/specs/> [Accessed September 16, 2015].

Cnet (2017b) Epson Perfection V370 Photo - flatbed scanner Series Specifications. [Online] Available at: <https://www.cnet.com/products/epson-perfection-v370-photo-flatbed-scanner-series/specs/> [Accessed September 16, 2015].

Chen D. W., Senguota S. K., Welch R. M. (1989) Cloud field classification based upon high spatial resolution textural features: 2. Simplified vector approach. *J. Geophys. Res*, 94 (D12), DOI: 10.1029/JD094iD12p14749, pp. 14749– 14765

Christiansson, H. and Johansson, P. A. (2008) STFI-Mottling – an accurate way of quantifying print density variations [Online] Available at: <http://www.innventia.com/Documents/Produktblad/Material%20processes/Tryckkvalite/STFI-Mottling%20-%20product%20sheet.pdf> [Accessed December 20, 2009]

Christiansson, H. (2009) STFI-Mottling Expert v1.2 – a new version of the successful analysis system. [Online] Available at: <http://www.innventia.com/Documents/Produktblad/Material%20processes/Tryckkvalite/STFI-Mottling%20Expert%20for%20sale%20-%20product%20sheet.pdf> [Accessed December 20, 2009]

Christoffersson, J. (2004) Evaluation of Systematic & Colour Print Mottle. Master Thesis, Department in Science and Technology, Linköpings Universitet, Sweden.

D.

Dalal, E. N. et al. (1998) Evaluating the overall image quality of hardcopy output. In *Image Processing, Image Quality, Image Capture, Systems Conference*, Portland, OR, IS&T. pp. 169–173

Daly, S. (1993) The Visible Differences Predictor: An algorithm for the assessment of image fidelity. *Digital Images and Human Vision*, pp. 179–206

Dedijer, S. (2018) Skeneri. [Online] Available at:

<http://www.grid.uns.ac.rs/storage/download.php?fajl=43b52842663fa6e4100c72751d08de6f> [Accessed Januar 5, 2018].

de Ridder, H. (1996). Naturalness and Image Quality: Saturation and lightness variation in color images. *Jour. Imag. Sci. & Tech.* Vol. 40, pp. 487

Dikshit, O. (1996) Textural classification for ecological research using ATM images. *International Journal of Remote Sensing*, 17 (5), pp. 887-915

Dhopade, A. (2009). Image quality assessment according to ISO 13660 and ISO19751. Test Targets 9.0. Published by RIT School of Print Media, Rochester, New York

Dubé, M. et al. (2005) Wavelet Analysis of Print Mottle. *IEEE Transactions on Image Processing*. Available at: <http://www.uqtr.ca/~dubma/double.pdf>

E.

Eismann, K., Duggan, S. and Grey, T. (2005) Čarobni svet digitalne fotografije. Kompjuter biblioteka, Beograd, ISBN 86-7310-285-5

Engström, G., Rigdahl, M. (1992) Binder migration - effect on printability and print quality. *Nordic Pulp and Paper Res. J.* 2, 56, DOI: 10.3183/NPPRJ-1992-07-02-p055-076, pp. 55-76

Engström, G. (1993) Forming and Consolidation of a Coating Layer and their Effect on Offset Print Mottle. Doctorate Thesis, KTH, Stockholm

Engström, G. (1994) Formation and consolidation of a coating layer and the effect on offset-print mottle. *Tappi Journal*, 77 (1994) 4, pp. 160-172

Epson (2003) Epson Stylus Pro 7800. [Online] Available at: https://files.support.epson.com/htmldocs/pro78_/pro78_rf/infor_1.htm [Accessed August 18, 2017]

Europapier (2017) IQ selection white board. [Online] Available at: https://www.europapier.com/uploads/tx_pimmy/docs/TDS_IQ_selection_white_board.pdf [Accessed August 25, 2017]

F.

Fedorovskaya, E. A., Blommaert, F. J. J., de Ridder, H. (1993) Perceptual quality of color images of natural scenes transformed into CIELUV color space. *IS&T & SID's Color Imaging Conference Proceedings*, pp. 37

Fedorovskaya, E. A., de Ridder, H., Blommaert, F. J. J. (1997) Chroma variations and perceived quality of color images of natural scenes. *Color Res. & Appl.* Vol. 22, pp. 96

Fahlcrantz, C. M. (2002) Evaluating system print mottle. S2P2 (Surface Science Printing Program and deals with Paper Surfaces for Digital Printing)

Fahlcrantz, C. M., Johansson, P. A. (2004) Comparison of different print mottle evaluation models. *Proceedings of the Technical Association of the Graphic Arts, TAGA, 2004*, str. 511-525

Fahlcrantz, C. M. (2005) On the evaluation of print mottle. PhD thesis. KTH School of Computer Science and Communication, Stockholm, ISSN 0348-2952

Fairchild, M. D. (2013) *Color Appearance Models*. 3rd Edition, Wiley, DOI: 10.1002/9781118653128, ISBN: 978-1-119-96703-3

G.

Gann, R. (1999) Stoni skeneri. Procena kvaliteta slike. CET Computer Equipment and Trade, Beograd, ISBN 86-7991-084-8

Gebeješ, A. (2013) Characterization of Texture and relation with Color Differences. Master Thesis Report. University of Granada, Color in Informatics and Media Technology.

González, R. C., Woods, R. E., Eddinns, S.L. (2009) Digital Image Processing Using MATLAB, Second Ed., Gatesmark Publishing. ISBN: 978-0982085400

H.

Haralick, R., Shanmugan, K. and Dinstein, I. (1973) Textural features for image classification. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 3, pp. 610–621, Available at: [http://dceanalysis.bigr.nl/Haralick73-Textural features for image classification.pdf](http://dceanalysis.bigr.nl/Haralick73-Textural%20features%20for%20image%20classification.pdf).

Hardeberg, J. Y., Bando, E., Pedersen, M. (2008) Evaluating colour image difference metrics for gamut-mapped images. Coloration Technology, pp. 243–253

Hladnik, A., Debeljak, M. and Svetec, D. G. (2010) Assessment of paper surface topography and print mottling by texture analysis. ImageJ User and Developer Conference. DOI: 10.13140/2.1.3068.6400.

Hunt, R. W. G. (1987) The reproduction of Color in Photography, Printing and Television. Tolsworth: Fontain.

HP (2015) HP Scanjet G4010 Photo Scanner. [Online] Available at: <http://www8.hp.com/h20195/v2/GetPDF.aspx/4AA0-4478EEE.pdf> [Accessed June 16, 2017].

I.

Ihara (2017) Agile Radiant - Colour Viewing Cabinets. [Online] Available at: <http://www.ihara-us.com/pdf/AgileRadiantLightbox.pdf> [Accessed May 16, 2017].

ISO: ISO 13660: 2001 Information Technology - Office Equipment - Measurement of image quality attributes - Binary Monochrome text and graphic images. Genevas, Switzerland: International Organization for Standardisation and International Electrotechnical Commission.

ISO: ISO 17321-1:2006 Graphic technology and photography - Colour characterisation of digital still cameras (DSCs) - Part 1: Stimuli, metrology and test procedures, Genevas [Online] Available at: http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?csnumber=35835 [Accessed April 12, 2015].

ISO: ISO 24790:2009 Information Technology - Office equipment - Measurement of image quality attributes for hardcopy output - Monochrome text and graphic images. Genevas, Switzerland: International Organization for Standardisation and International Electrotechnical Commission.

ISO: ISO 3664:2009 Graphic technology and photography - Viewing conditions. Genevas, Switzerland, [Online] Available at: <https://www.iso.org/standard/43234.html> [Accessed October 23, 2017].

J.

Johansson, P. Å. (1999) Optical homogeneity of prints. Royal Institute of Technology, Stockholm. [Online] Available at: <http://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:8640/FULLTEXT01> [Accessed Januar 23, 2017].

Johansson, P. Å., Lundby, H., Lindberg, S., and Nyström, S. (1999) Optical Homogeneity of Traditional and Digital Prints. In J. Anthony Bristow, *Advances in Paper and Board Performance. Proceedings of the 26th Research Conference of the International Association of Research Institutes for the Printing, Information and Communication Industries* Surrey, UK: Pira International Ltd., pp. 137-149

Jurič, I., Novaković, D., et al. (2013) Influence of Gloss and Surface Roughness of Coated Ink Jet Papers on Print Uniformity, *Acta Graphica*, 23 (3–4), pp. 85–92

Jurič, I., Karlović, I., et al. (2013) Optical paper properties and their influence on colour reproduction and perceived print quality, *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 28 (2), pp. 264–273

Jurič, I. et al. (2014) Influence of the surface roughness of coated and uncoated papers on the digital print mottle, *Journal of Graphic Engineering and Design*, 5 (1), pp. 17–23, Available at: <http://www.grid.uns.ac.rs/jged/download.php?fid=142>

Jurič, I. et al. (2015) Comparative study of different methods for the assessment of print mottle, *Color Research & Application*. DOI: 10.1002/col.21984

K.

Kaukonen, M. (2006) Visual thresholds and psychometric scaling of missing dots and mottling in print. helsinki university of technology. Available at: http://media.tkk.fi/visualmedia/publications/msc-theses/DI_M_Kaukonen_2006.pdf

Kawasaki, M. and Ishisaki, M. (2009) Investigation into the Cause of Print Mottle in Halftone Dots of Coated Paper: Effect of Optical Dot Gain Non-uniformity, *Japan Tappi Journal*, 63, pp. 1362–1373, DOI: 10.2524/jtappij.63.1362.

Kingdom, F. A. A. and Prins, N. (2010) *Psychophysics A Practical Introduction*. First. Elsevier.

Kiphann, H. (2001) *Handbook of Print Media, Technologies and Production Methods*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-540-29900-4, ISBN: 978-3-540-67326-2

Klaman, M. (2002) *Aspects on Colour Rendering, Colour Prediction and Colour Control in Printed Media*. Doctoral thesis, KTH School of Computer Science and Communication, Stockholm, ISBN 91-7283-275-4

Kleinmann, J. (2011) Review of graininess measurements. [Online] Available at: http://www.color.org/digitalprint/kleinmann_graininess.pdf [Accessed February 17, 2016].

Kraushaar, A. (2010) Evaluation of within sheet uniformity by means of M-Score. *Fogra*, pp. 1–2. [Online] Available at: <http://www.fogra.org/index.php?menuid=263&downloadid=138&reporeid=206> [Accessed February 17, 2016].

Kraushaar, A. (2011) Evaluating print image quality for small and large format digital printing processes. [Online] Available at: <https://www.fogra.org/index.php?menuid=239&downloadid=288&reporeid=184> [Accessed February 17, 2016].

Kruskal, J. B., and Wish, M. (1978) Multidimensional scaling. Newbury Park, CA: Sage.

L.

Lindberg, Siv, (2004) Perceptual Determinants of Print Quality. Doctoral thesis, US AB, Stockholm, Sweden. ISBN 91-7265-905-X.

Lindberg, S. and Fahlcrantz, C. M. (2005) Perceptual assessment of simulated print noise with random and periodic structure. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 16(3), pp. 271–287, DOI: 10.1016/j.jvcir.2004.11.002.

M.

Madstedt, S. (2008) The Impact of Coating Composition on Print Mottle and Print Gloss Variations in Sheet-Fed Offset. Master of Science Thesis.

MathWorks (2015) MATLAB – The language of technical computing [Online] Available at: <http://www.mathworks.com/products/matlab/> [Accessed June 26, 2015].

Meyer, J. M., Heath, A. C., Eaves, L. J., and Chakravarti, A. (2005) Using multidimensional scaling on data from pairs of relatives to explore the dimensionality of categorical multifactorial traits. *Genetic Epidemiology*. 9 (2), pp. 87-107

Morovic, J., Sun, P. (2002) Visual differences in colour reproduction and their colorimetric correlates. In 10th Color Imaging Conference, Scottsdale, AZ, IS&T/SID. pp. 292–297

Movshon, J. A. and Kiorpes, L. (1988) Analysis of the development of spatial contrast sensitivity in monkey and human infants. *J. Opt. Soc. AM.*, 5 (12), pp. 2166–2172, Available at: <http://www.opticsinfobase.org/abstract.cfm?id=3307>

N.

Nahyoung, A., Chanhyuk, P., Hyun, J., Ilsun, H., Kyung-Yol, Y. (2012) Investigation of the Effects of Additive-Blending Conditions on Toner Characteristics and Performances. *Journal of Imaging Science and Technology*, 2012, Vol. 56, No. 5, pp. 1–9

Nikon (2017a) Nikon D3200. [Online] Available at: http://www.nikon.rs/sr_RS/product/discontinued/digital-cameras/2016/d3200#tech_specs [Accessed July 8, 2017].

Nikon (2017b) Nikon Coolpix S2600. [Online] Available at: <http://imaging.nikon.com/lineup/coolpix/s/s2600/spec.htm> [Accessed July 8, 2017].

P.

Pedersen, M., Bonnier, N., Hardeberg, J. Y., Albregtsen, F. (2009) Attributes of a New Image Quality Model for Color Prints. 17th Color Imaging Conference Final Program and Proceedings

Pedersen, M. (2011) Image quality metrics for the evaluation of printing workflows. University of Oslo.

Petersson, J. (2005) A Review of Perceptual Image Quality. Linköpings Universitet. Available at: <http://liu.diva-portal.org/smash/get/diva2:20240/FULLTEXT01>.

Perrot, P. (1998). *A to Z of Thermodynamics*. Oxford University Press. ISBN 0-19-856552-6

Pešterac, Č. (2007) Reprodukciona tehnika, skripta. Grafičko inženjerstvo i dizajn, Fakultet tehničkih nauka.

Phonearena (2017) Samsung Galaxy J5 vs Nokia Lumia 630 vs Apple iPhone 5. [Online] Available at: <https://www.phonearena.com/phones/compare/Samsung-Galaxy-J5,Nokia-Lumia-630,Apple-iPhone-5/phones/9466,8503,7378> [Accessed August 15, 2017]

Plowman, S. N. (1994) Predicting print mottle: a method of differentiating between three types of mottle. *Tappi Journal*, 7(1994)

Q.

QEA (2002) Print Quality (PQ) measurement with the Personal IAS is Quick and Comprehensive. [Online] Available at: <http://www.qea.com/upload/files/products/QEA%20Personal%20IAS%20Slide%20Show.pdf> [Accessed August 23, 2017].

QEA (2007) Uređaj PIAS II. [Online] Available at: http://www.qea.com/upload/files/products/2007ICJ_PQ_Presentation0716072.pdf [Accessed June 1, 2016].

QEA (2010) Image Analysis System Laboratory. [Online] Available at: <http://www.qea.com/wp-content/uploads/2015/05/IASLab-Spec-Sheet1-8-5x11-160223.pdf> [Accessed August 25, 2017].

R.

Rasmussen, D. R. et al. (2006) ISO 19751 macro-uniformity. *Proc. SPIE* 6059, 6059, pp. 60590K–60590K–12, DOI: 10.1117/12.648086.

Rasmussen, D. R. (2010) Tent-pole spatial defect pooling for prediction of subjective quality assessment of streaks and bands in color printing, *Journal of Electronic Imaging*, 19 (1), pp. 11017, DOI: 10.1117/1.3280248.

Rasmussen, D. R., Dalal, E. N. and Hoffman, K. M. (2001) Measurement of Macro-uniformity: Streaks, Bands, Mottle and Chromatic Variations. IS&T's PICS Conference Proceedings. Montreal, Quebec, Canada: The Society for Imaging Science and Technology, pp. 90–95

RaspberryPi (2017) RaspberryPi products. [Online] Available at: <https://www.raspberrypi.org/products/> [Accessed December 25, 2017].

Rawashed, N. (2006) Macro Uniformity Toolbox (v2) [Online] Available at: <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/9882-macro-uniformity-toolbox--v2-?requestedDomain=true>. [Accessed Januar 4, 2016]

Rilovski, I., Karlović, I., Novaković, D., Tomić, I. (2012) Influence of paper surface properties and toner type on digital print mottle. *Celuloza si Hartie*, 61(2), pp. 4–9

Rosenberger, R. R. (2001) Stochastic Frequency Distribution Analysis as Applied to Ink Jet Print Mottle Measurement, NIP17: International Conference on Digital Printing Technologies, pp. 808

S.

Sadovnikov, A. et al. (2005) Mottling Assessment of Solid Printed Areas and Its Correlation to Perceived Uniformity. In Heikki Kalviainen, Jussi Parkkinen, A. K. (ed.) 14th Scandinavian Conference, SCIA 2005. Joensuu, Finland, pp. 409–418, DOI: 10.1007/11499145_42.

Sadovnikov, A., Lensu, L. and Kälviäinen, H. (2007) Automated Mottling Assessment of Colored Printed Areas. 15th Scandinavian Conference, SCIA 2007, 4522, pp. 621–630, Available at: <http://www.springerlink.com/index/3662830123n61242.pdf>.

Sawyer, J.F. (1980) Effect of graininess and sharpness on perceived print quality. In Photographic Image Quality Symposium, Royal Photographic Society, pp. 222–231

Scheicher, L. (2011) Neenakomernost površine odtisa. *Grafičar*, 4, pp. 28–32

Schiesser, T. (2014) Know Your Smartphone: A Guide to Camera Hardware. [Online] Available at: <https://www.techspot.com/guides/850-smartphone-camera-hardware/> [Accessed December 13, 2017].

Sebe, N., Lew, M.S. (2000) Wavelet Based Texture Classification. International Conference on Pattern Recognition, Vol. III, pp. 959

Soh L., Tsatsoulis C. (1999) Texture Analysis of SAR Sea Ice Imagery Using Gray Level Co-Occurrence Matrices", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 37(2), pp. 780-795

Sipi, K. (2002) Toner-paper interactions induced by the fixing process in electrophotographic printing. Licentiate's thesis, Helsinki University of Technology, Department of Automation and Systems Technology Laboratory of Media Technology. Available at: http://media.tkk.fi/visualmedia/publications/lic-theses/LI_Sipi-2002.pdf

T.

Tavco (2017) CCD i CIS scanner [Online] Available at: https://www.tavco.net/hs-fs/hubfs/Images_Context/CCD-vs-CIS-scanner-technology.jpg?t=1511971173165&width=640&name=CCD-vs-CIS-scanner-technology.jpg [Accessed July 8, 2017].

Techpap (2014) Mottling sensor [Online] Available at: http://www.techpap.com/data/fckeditor/file/kheops_Rev0006_E_M_scissored.pdf [Accessed June 1, 2016].

Techspot (2017a) Delovi mobilnog telefona – kamera [Online] Available at: <https://static.techspot.com/articles-info/850/images/Module-GS5-S.jpg> [Accessed September 16, 2017].

Techspot (2017b) Delovi mobilnog telefona – senzor kamere [Online] Available at: <https://static.techspot.com/articles-info/850/images/CMOS.jpg> [Accessed September 16, 2017].

Tomić, I. (2016) Karakterizacija kolorimetrijskih vrednosti otisaka štampanih goniohromatskim pigmentima. Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Departman za Grafičko inženjerstvo i dizajn. Available at:
http://www.grid.uns.ac.rs/data/biblioteka/disertacije/ivana_tomic_disertacija.pdf

Tomić, I., Dedijer, S., Jurič, I., Pál, M. (2016) The effect of scanning resolution and displacement value on the GLCM-based features for paper texture characterization. In Proceeding 8th International Symposium on Graphic Engineering and Design. Graphic Engineering and Design, Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, pp. 263–271, Available at:
<http://www.grid.uns.ac.rs/symposium/download/grid16.zip>

Tse, M. K. et al. (1998) Automated Print Quality Analysis for Digital Printing Technologies. Pacific Imaging Conference/Japan Hardcopy, (781), pp. 15–17, Available at:
http://www.qea.com/upload/files/products/Paper_1998_PPIC-JH_Automated_PQ_Analysis_for_Digital_Printing_Technologies.pdf

W.

Weingerl, P. (2014) Objective methods for print inhomogeneity evaluation and their correlation with visual perception. Master thesis. Univerza v Ljubljani.

Wolin, D. (1999a) Image Quality Requirements for Development and Production Quality Control. 8 Annual Ink Jet Printing Conference.

Wolin, D. (1999b) Objective Print Quality Analysis. 10th Annual Laser Printing Conference.

Wolin, D. (2002) Enhanced Mottle Measurement. IS&T's 2002 PICS Conference. Portland, Oregon: The Society for Imaging Science and Technology, pp. 148–151

X.

X-Rite, 2007: i1Basic [Online] Available at: <https://www.xrite.com/categories/calibration-profiling/i1basic> [Accessed June 10, 2007]

X-Rite, 2017: i1Basic Pro 2 [Online] Available at: <https://www.xrite.com/categories/calibration-profiling/i1basic-pro-2> [Accessed November 12, 2017]

Y.

Yunoinfo (2017) Građa Canon fotoaparata [Online] Available at: <http://yunoinfo.com/wp-content/uploads/2012/12/1279950815305.jpg> [Accessed September 16, 2017].

Prilog P1

Matlab kod za merenje površinske neuniformnosti koristeći tri metode: GLCM, ISO i Integralni metod

```
% MATLAB kod za računanje površinske neuniformnosti
% Doktorska disertacija // autor: Jurič Ivana, 2018.
% Departman za Grafičko inženjertvo i dizajn
% Fakultet Tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu
% web: http://www.grid.uns.ac.rs/disertacije.html
% e-mail: rilovska@uns.ac.rs

clc

% Uvoz slike u MATLAB

uzorak=imread('L0_300.tif');

% Konverzija slike iz RGB prostora boja u Grayscale (NTSC standard)
% Korišćena je ugrađena f-jka RGB2GRAY koja nivo sive svakog px računa na
sledeći način
% gray= 0.2989 * R + 0.5870 * G + 0.1140 * B

uzorak_gray=rgb2gray(uzorak);

% Informacija o veličini slike (izražena u px)

sampleSize=size(uzorak,1);

% Za izračunavanje neuniformnosti preko metoda IntModel i neIntModel,
% potrebna je informacija o udaljenosti (wd) i rezoluciji snimanja slike
% (res). Trenutno je moguće računati samo na wd=400mm i res=300 ili
600ppi

wd=400;
res=300;

% Veličina uzorka varira u zavistnosti od rezolucije digitalizacije. Sa
% tileSize se definiše veličina polja i

tilesSize=183;

% Provera da li je dobar broj polja. Trebalo bi da ih bude 10x10

numberOftiles=floor(sampleSize./tilesSize);
```


% Informacija o broju px slike po širini i visine, kako bi slika mogla da se izdela na 100 jednakih polja i unutar svakog polja izmeri neuniformnost

```
[height, width] = size(uzorak_gray);  
crop_width = round(width/10);  
crop_height = round(height/10);
```

% Prazne matrice za unos izmerenih vrednosti pojedinaèkih polja

```
Contrast=zeros(10);  
Entropy=zeros(10);  
Energy=zeros(10);  
Homogeneity=zeros(10);  
Sum_entropy=zeros(10);
```

```
M=zeros(10);  
G=zeros(10);
```

% Za GLCM metod potrebno je uneti udaljenost u px za raèunanje parametara. U ovom istraživanju, korišćena je udaljenost od $d = 10$ px i orijentacija za 4 pravca što je definisano promenljivom offsets u nastavku

```
offsets = [ 0 10;% horizontal  
          -10 10; % 45degrees  
          -10 0; % vertical  
          -10 -10;];% -45degrees
```

% Polje za merenje se deli na 100 delova, 10 redova i 10 kolona. Za svako polje i izmerena je površinska neuniformnost a kao rezultat se prikazuje samo jedna vrednost - srednja vrednost svih merenja

```
for width = 1:numberOfTiles  
    for height = 1:numberOfTiles  
        origin_x = (width - 1) * crop_width + 1;  
        origin_y = (height - 1) * crop_height + 1;  
        cropped_image= imcrop (uzorak_gray, [origin_x origin_y  
crop_width-1 crop_height-1]);
```

% #1 GLCM metod

```
GLCM = graycomatrix(cropped_image,'Offset',offsets,'Symmetric', true);  
M_stats = GLCM_Features1(GLCM,0);
```

% poziva se na funkciju GLCM_Features koja mora biti u istom folderu kao i ovaj kod

```
Contrast(width,height) = mean(M_stats.contr); % Parametar Kontrast  
Entropy(width,height) = mean(M_stats.entrop); % Parametar Entropija  
Energy(width,height) = mean(M_stats.energ); % Parametar Energija  
Homogeneity(width,height) = mean(M_stats.homom); % Parametar Homogenost  
Sum_entropy(width,height) = mean(M_stats.senth); % Parametar Srednja  
vrednost entropije
```

% #2 ISO metod - Mottle i Graniness

```
M(width,height) = mean2(cropped_image);  
G(width,height)=std2(cropped_image);
```

```
end  
end
```

```
% Ispis rezultata:
```

```
kontrast=sprintf('% .4f',mean2(Contrast));  
entropija=sprintf('% .4f',mean2(Entropy));  
energija=sprintf('% .4f',mean2(Energy));  
homogenost=sprintf('% .4f',mean2(Homogeneity));  
Suma_entropija=sprintf('% .4f',mean2(Sum_entropy));
```

```
% #3 IntModel i newIntModel
```

```
% Za ove dve metode se koristi celo polje i potrebne su funkcije  
IntModel.m i newIntModel.m koje su sačuvane u istom folderu
```

```
int=intModel(uzorak_gray,wd,res);  
newInt=newIntModel(uzorak_gray,wd,res);
```

```
% Radi lakšeg kasnijeg rada, rezultat je sačuvan u jednom redu, a u  
svakoj koloni je sačuvan rezultat merenja svakog parametra
```

```
rez=1:9;  
rez(1,1)=mean2(Contrast);  
rez(1,2)=mean2(Entropy);  
rez(1,3)=mean2(Energy);  
rez(1,4)=mean2(Homogeneity);  
rez(1,5)=mean2(Sum_entropy);
```

```
rez(1,6)=std(M(:));  
rez(1,7)=sqrt((sum(sum(G.^2))./100));
```

```
rez(1,8)=int;  
rez(1,9)=newInt;
```

Prilog P2

Integralni metod – funkcija intModel.m preuzeta iz rada (Weingerl, 2014)

```
function [output] = intModel(sample,wd,res)
N = size(sample,1);
L = 25.4*N/res;

llint = 0.4;
ulint = 28;

R = mean(sample(:));

fs = fft2(sample);
s = abs(fs);

ps = s.^2;
ps(1,1) = 0;

nps = (s./(N*N)).^2;

x = 0:(N - 1);

id = find(x > N/2);
x(id) = x(id) - N;

[X,Y] = meshgrid(x, x);

f_cpim = hypot(X, Y);
f_cpmm = f_cpim./L;

w = wCSF(wd);

csf_f = interp1(w(:,1),w(:,2),f_cpmm,'linear',0);
fs = nps.*(csf_f.^2);
fs = fftshift(fs);

period = floor(N/2) + 1;

wb = [0.25 16];

theta = [90 270];

fb = 1./wb;
fb = round(fb.*L);
fb = fb(end:-1:1);

t_range = theta(1):0.1:theta(2);
t_range = degtorad(t_range);

for r = fb(1):1:fb(2)
    [xc, yc] = pol2cart(t_range, r);
    cl = [round(xc)', round(yc)'];
    cl = unique(cl,'rows');

    xc = cl(:,1) + period;
    yc = cl(:,2) + period;

    if exist('index','var')
```

```

        index = [index sub2ind (size(fs), xc, yc)'];
    else
        index = sub2ind (size(fs), xc, yc)';
    end
end

index = unique(index);
part = fs(index);
int = sqrt(sum(part(:)));

output = 100*int./sqrt(R)
end

```

Napredni Integralni metod – funkcija newIntModel.m preuzeta iz rada (Weingerl, 2014)

```

function [index] = newIntModel(sample,wd,res)

N=size(sample,1);
L=25.4*N/res;

R=mean(sample(:));

rng(57);
stoch=rand(size(sample));

f=fft2(sample);
f_stoch=fft2(stoch);

fv=f;fv(1,1)=0;

s=abs(f);
s_stoch=abs(f_stoch);

ps=s.^2;
ps_stoch=s_stoch.^2;

nps=(s./(N*N)).^2;
nps_stoch=(s_stoch./(N*N)).^2;

vnps=log(1+nps);

x=0:(N-1);

id=find(x>N/2);
x(id)=x(id)-N;

[X,Y]=meshgrid(x,x);

f_cpim=hypot(X,Y);

f_cpmm=f_cpim./L;

w=wCSF(wd);

csf_f=interp1(w(:,1),w(:,2),f_cpmm,'linear',0);

csf_f(1,1)=1;

vs=f.*csf_f;

```

```

vs=ifft2(vs);

fs=nps.*(csf_f.^2);
fs_stoch=nps_stoch.*(csf_f.^2);

fs=fftshift(fs);
fs_stoch=fftshift(fs_stoch);

period=floor(N/2)+1;

wb=[0.25 0.5 1 2 4 8 16];

fb=1./wb;

fb=round(fb.*L);

fb=fb(end:-1:1);

theta=[90 270];

wexp=[0.125 0.25 0.50 0.50 0.50 0.625];
wexp=wexp(end:-1:1);

test=zeros(N,N);

for i=1:1:size(fb,2)-1

    t_range=theta(1):0.1:theta(2);
    t_range=degtorad(t_range);

    for r=fb(i):1:fb(i+1)-1
        [xc,yc]=pol2cart(t_range,r);

        cl=[round(xc)',round(yc)'];
        cl=unique(cl,'rows');

        xc=cl(:,1)+period;
        yc=cl(:,2)+period;

        if exist('index','var')
            index=[index sub2ind(size(fs),xc,yc)'];
        else
            index=sub2ind(size(fs),xc,yc)';
        end
    end

    index=unique(index);

    part=fs(index);
    part_stoch=fs_stoch(index);

    test(index)=i*0.5;

    clear index;

    p=part./sum(part(:));
    p_stoch=part_stoch./sum(part_stoch(:));

    M=max(size(p));

```

```

cs=M*sum((p-1/M).^2);

ics=M*sum((p_stoch-1/M).^2);

csn=cs/ics;

twf=max(1,csn^wexp(i));
twf=twf^2;
wpart=part.*twf;
if exist('collection','var')
    collection=[collection wpart];
else
    collection=[wpart];
end
end

int=sqrt(sum(collection(:)));

index=100*int./(sqrt(R)*reallog(2));

end

```

Funkcije osetljivosti kontrasta CSF - funkcija wCSF.m preuzeta iz rada (Weingerl, 2014)

```

function[output]=wCSF(D)

% D=40;
fmin=0;
fmax=90;

f_cpd=fmin:0.001:fmax;

cp_area=tan(degtorad(1)).*D;
cp_mm=1/cp_area;

f_cpm=f_cpd*cp_mm;
a=3.55;
b=1.4;
c=0.8;

CSF=(a*f_cpm.^c.*exp(-b*f_cpm));

CSF=CSF./max(CSF);

output=[f_cpm' CSF'];

end

```

Prilog P3

Rezultati merenja površinske neuniformnosti

Tabela P3.1. PPRVI SET uzoraka – GLCM metoda

Skener CanoScan LIDE 210															
	Kon 300	Entro 300	Energ 300	Homo 300	Sum Entro 300	Kon 600	Entro 600	Energ 600	Homo 600	Sum Entro 600	Kon 1200	Entro 1200	Energ 1200	Homo 1200	Sum Entro 1200
L0	0.0935	0.3898	0.8222	0.9532	0.3249	0.1331	0.5136	0.7522	0.9334	0.4213	0.1230	0.4821	0.7701	0.9385	0.3968
L1	0.1025	0.4205	0.8054	0.9487	0.3494	0.1359	0.5239	0.7467	0.9320	0.4297	0.1208	0.4770	0.7733	0.9396	0.3933
L2	0.1080	0.4380	0.7955	0.9460	0.3632	0.1407	0.5383	0.7383	0.9297	0.4408	0.1269	0.4960	0.7625	0.9366	0.4081
L3	0.1189	0.4765	0.7745	0.9405	0.3941	0.1448	0.5562	0.7291	0.9276	0.4558	0.1323	0.5179	0.7511	0.9339	0.4262
L4	0.1374	0.5428	0.7378	0.9313	0.4476	0.1599	0.6121	0.6985	0.9200	0.5012	0.1497	0.5830	0.7156	0.9251	0.4792
L5	0.1648	0.6531	0.6764	0.9176	0.5389	0.1767	0.6925	0.6552	0.9117	0.5700	0.1615	0.6525	0.6792	0.9193	0.5406
L6	0.1919	0.7844	0.6014	0.9040	0.6514	0.1948	0.8067	0.5915	0.9026	0.6717	0.1847	0.7976	0.5990	0.9076	0.6696
L7	0.2091	0.9168	0.5290	0.8955	0.7719	0.1935	0.9016	0.5422	0.9032	0.7675	0.1771	0.8811	0.5529	0.9114	0.7583
L8	0.2158	0.9839	0.5036	0.8922	0.8340	0.1946	0.9905	0.5067	0.9027	0.8556	0.1740	0.9782	0.5111	0.9130	0.8576
L9	0.2288	1.0763	0.4657	0.8859	0.9168	0.1987	1.0643	0.4779	0.9007	0.9264	0.1708	1.0134	0.5000	0.9146	0.8949
Skener Epson V370 Perfection															
	Kon 300	Entro 300	Energ 300	Homo 300	SumEntro 300	Kon 600	Entro 600	Energ 600	Homo 600	SumEntro 600	Kon 1200	Entro 1200	Energ 1200	Homo 1200	SumEntro 1200
L0	0.0247	0.1329	0.9513	0.9877	0.1158	0.1078	0.4374	0.7963	0.9461	0.3626	0.2030	0.7129	0.6357	0.8985	0.5721
L1	0.0382	0.1889	0.9251	0.9809	0.1624	0.1305	0.5086	0.7560	0.9348	0.4181	0.2305	0.7881	0.5916	0.8848	0.6282
L2	0.0365	0.1826	0.9282	0.9817	0.1573	0.1229	0.4873	0.7685	0.9386	0.4021	0.2173	0.7578	0.6104	0.8914	0.6071
L3	0.0500	0.2350	0.9018	0.9750	0.2004	0.1315	0.5185	0.7513	0.9343	0.4273	0.2229	0.7824	0.5976	0.8886	0.6277
L4	0.0698	0.3183	0.8603	0.9651	0.2699	0.1464	0.5824	0.7173	0.9268	0.4809	0.2289	0.8259	0.5757	0.8856	0.6671
L5	0.1115	0.4877	0.7692	0.9443	0.4104	0.1712	0.7013	0.6531	0.9144	0.5826	0.2345	0.8902	0.5422	0.8828	0.7275
L6	0.1570	0.6911	0.6569	0.9215	0.5823	0.1887	0.8275	0.5861	0.9057	0.6967	0.2246	0.9516	0.5141	0.8877	0.7957
L7	0.2025	0.9346	0.5378	0.8988	0.7939	0.2022	1.0042	0.5061	0.8989	0.8639	0.2134	1.0554	0.4745	0.8933	0.9073
L8	0.2359	1.1486	0.4463	0.8826	0.9833	0.2130	1.1624	0.4432	0.8936	1.0144	0.2112	1.1810	0.4296	0.8945	1.0343
L9	0.2528	1.2202	0.4194	0.8746	1.0420	0.2193	1.2342	0.4160	0.8905	1.0816	0.2110	1.2464	0.4116	0.8946	1.0997
Skener HP ScanJet G4010															
	Kon 300	Entro 300	Energ 300	Homo 300	SumEntro 300	Kon 600	Entro 600	Energ 600	Homo 600	SumEntro 600	Kon 1200	Entro 1200	Energ 1200	Homo 1200	SumEntro 1200
L0	0.3657	1.1059	0.4023	0.8172	0.8524	0.3901	1.1595	0.3725	0.8050	0.8891	0.3550	1.0753	0.4204	0.8225	0.8293
L1	0.3554	1.0856	0.4144	0.8223	0.8392	0.3866	1.1571	0.3744	0.8067	0.8891	0.3281	1.0216	0.4526	0.8360	0.7942
L2	0.3674	1.1177	0.3968	0.8163	0.8629	0.3954	1.1844	0.3599	0.8023	0.9102	0.3444	1.0686	0.4268	0.8278	0.8299
L3	0.3570	1.1041	0.4062	0.8215	0.8565	0.3666	1.1336	0.3904	0.8167	0.8794	0.3259	1.0450	0.4431	0.8371	0.8191
L4	0.3604	1.1396	0.3887	0.8198	0.8898	0.3673	1.1746	0.3698	0.8163	0.9199	0.3245	1.0965	0.4173	0.8377	0.8716
L5	0.3482	1.1595	0.3803	0.8260	0.9180	0.3315	1.1523	0.3857	0.8342	0.9224	0.2957	1.1136	0.4090	0.8521	0.9086
L6	0.3220	1.1629	0.3818	0.8390	0.9393	0.2992	1.1711	0.3765	0.8504	0.9636	0.2458	1.0952	0.4171	0.8771	0.9248
L7	0.2993	1.1876	0.3788	0.8506	0.9791	0.2546	1.1611	0.3935	0.8727	0.9843	0.1965	1.0686	0.4358	0.9018	0.9323
L8	0.2951	1.2390	0.3729	0.8532	1.0317	0.2382	1.2006	0.3926	0.8810	1.0350	0.1748	1.0878	0.4401	0.9126	0.9666
L9	0.2981	1.3012	0.3648	0.8524	1.0899	0.2361	1.2525	0.3875	0.8821	1.0881	0.1699	1.1330	0.4351	0.9150	1.0151

Digitalni fotoaparati Canon EOS D550										
	Kon D50	Entro D50	Energ D50	Homo D50	SumEntro D50	Kon D65	Entro D65	Energ D65	Homo D65	SumEntro D65
L0	0.0337	0.1368	0.9296	0.9832	0.1134	0.0402	0.1526	0.9238	0.9799	0.1247
L1	0.0151	0.0694	0.9669	0.9924	0.0589	0.0236	0.1032	0.9521	0.9882	0.0868
L2	0.0204	0.0934	0.9541	0.9898	0.0792	0.0416	0.1680	0.9171	0.9792	0.1391
L3	0.0329	0.1587	0.9195	0.9835	0.1358	0.0382	0.1692	0.9162	0.9809	0.1427
L4	0.0338	0.1809	0.9075	0.9831	0.1575	0.0211	0.1047	0.9537	0.9895	0.0901
L5	0.0437	0.2424	0.8754	0.9781	0.2120	0.0375	0.1906	0.9083	0.9813	0.1647
L6	0.0432	0.2440	0.8784	0.9784	0.2140	0.0570	0.2931	0.8559	0.9715	0.2536
L7	0.0660	0.3757	0.8161	0.9670	0.3299	0.0796	0.4275	0.7935	0.9602	0.3723
L8	0.0943	0.5320	0.7433	0.9529	0.4665	0.1136	0.6106	0.7074	0.9433	0.5317
L9	0.1188	0.6681	0.6810	0.9407	0.5854	0.1444	0.7729	0.6317	0.9281	0.6723
Digitalni fotoaparati Nikon D3200										
	Kon D50	Entro D50	Energ D50	Homo D50	SumEntro D50	Kon D65	Entro D65	Energ D65	Homo D65	SumEntro D65
L0	0.1390	0.4562	0.7645	0.9305	0.3599	0.0410	0.1633	0.9242	0.9795	0.1349
L1	0.1385	0.4651	0.7605	0.9308	0.3691	0.0753	0.2724	0.8659	0.9624	0.2202
L2	0.0932	0.3384	0.8296	0.9534	0.2738	0.0587	0.2249	0.8918	0.9707	0.1842
L3	0.0861	0.3310	0.8354	0.9569	0.2713	0.0789	0.3023	0.8506	0.9605	0.2476
L4	0.1304	0.5391	0.7227	0.9348	0.4487	0.0643	0.2680	0.8703	0.9679	0.2234
L5	0.1371	0.6364	0.6721	0.9315	0.5414	0.0843	0.3868	0.8070	0.9579	0.3284
L6	0.1168	0.6126	0.6856	0.9416	0.5316	0.1040	0.5260	0.7348	0.9480	0.4539
L7	0.1503	0.8137	0.5739	0.9249	0.7095	0.1166	0.6477	0.6740	0.9417	0.5669
L8	0.1571	0.8767	0.5442	0.9214	0.7678	0.1358	0.7723	0.6093	0.9321	0.6782
L9	0.1693	0.9451	0.5103	0.9154	0.8277	0.1536	0.8773	0.5565	0.9232	0.7707
Digitalni fotoaparati Nikon Coolpix S2600										
	Kon D50	Entro D50	Energ D50	Homo D50	SumEntro D50	Kon D65	Entro D65	Energ D65	Homo D65	SumEntro D65
L0	0.1198	0.4150	0.7857	0.9401	0.3320	0.1122	0.3776	0.8045	0.9439	0.2999
L1	0.1126	0.4213	0.7878	0.9437	0.3432	0.0826	0.3112	0.8456	0.9587	0.2540
L2	0.0798	0.3135	0.8430	0.9601	0.2582	0.1372	0.4785	0.7517	0.9314	0.3834
L3	0.0385	0.1875	0.9058	0.9808	0.1608	0.1341	0.4933	0.7472	0.9330	0.4004
L4	0.0966	0.4090	0.7959	0.9517	0.3421	0.0703	0.3090	0.8478	0.9649	0.2603
L5	0.1081	0.5249	0.7308	0.9460	0.4500	0.1111	0.4962	0.7507	0.9445	0.4192
L6	0.1448	0.6970	0.6408	0.9276	0.5966	0.1519	0.6899	0.6420	0.9241	0.5846
L7	0.1583	0.7888	0.5901	0.9209	0.6791	0.1670	0.8173	0.5796	0.9165	0.7015
L8	0.1879	0.9201	0.5274	0.9061	0.7898	0.1867	0.9259	0.5274	0.9067	0.7962
L9	0.1968	0.9981	0.4951	0.9018	0.8610	0.2002	0.9821	0.5004	0.9001	0.8426
Mobilni telefon Samsung Galaxy J5										
	Kon D50	Entro D50	Energ D50	Homo D50	SumEntro D50	Kon D65	Entro D65	Energ D65	Homo D65	SumEntro D65
L0	0.1250	0.4436	0.7734	0.9375	0.3569	0.0002	0.0017	0.9996	0.9999	0.0015
L1	0.1222	0.4485	0.7716	0.9389	0.3638	0.0002	0.0019	0.9995	0.9999	0.0017
L2	0.1268	0.4639	0.7640	0.9366	0.3760	0.0002	0.0020	0.9995	0.9999	0.0018
L3	0.1321	0.5154	0.7389	0.9340	0.4238	0.0004	0.0033	0.9991	0.9998	0.0030
L4	0.1295	0.5269	0.7328	0.9352	0.4371	0.0022	0.0138	0.9955	0.9989	0.0123
L5	0.1476	0.6611	0.6634	0.9262	0.5588	0.0099	0.0593	0.9769	0.9951	0.0525

L6	0.1539	0.7200	0.6288	0.9230	0.6133	0.0354	0.1982	0.9130	0.9823	0.1737
L7	0.1710	0.8380	0.5618	0.9145	0.7195	0.0867	0.4821	0.7762	0.9567	0.4220
L8	0.1820	0.9109	0.5245	0.9090	0.7847	0.1389	0.7286	0.6546	0.9306	0.6321
L9	0.1888	0.9559	0.5056	0.9056	0.8249	0.1704	0.8827	0.5798	0.9150	0.7639
Mobilni telefon Nokia Lumia 630										
	Kon D50	Entro D50	Energ D50	Homo D50	SumEntro D50	Kon D65	Entro D65	Energ D65	Homo D65	SumEntro D65
L0	0.0695	0.2827	0.8562	0.9652	0.2345	0.0817	0.3277	0.8328	0.9591	0.2710
L1	0.0721	0.3104	0.8432	0.9640	0.2604	0.0795	0.3297	0.8334	0.9603	0.2747
L2	0.0654	0.2949	0.8510	0.9673	0.2496	0.0672	0.2953	0.8523	0.9664	0.2488
L3	0.0843	0.3737	0.8110	0.9578	0.3152	0.0854	0.3699	0.8119	0.9573	0.3107
L4	0.0892	0.4127	0.7891	0.9554	0.3509	0.0825	0.3756	0.8095	0.9588	0.3185
L5	0.0993	0.4683	0.7605	0.9504	0.3995	0.1115	0.4967	0.7452	0.9443	0.4194
L6	0.1366	0.6284	0.6751	0.9317	0.5337	0.1349	0.6020	0.6895	0.9325	0.5085
L7	0.1806	0.8200	0.5813	0.9098	0.6947	0.1697	0.7698	0.6058	0.9152	0.6520
L8	0.2708	1.1402	0.4359	0.8660	0.9492	0.2140	0.9428	0.5238	0.8934	0.7933
L9	0.2653	1.1418	0.4435	0.8694	0.9535	0.2416	1.0435	0.4773	0.8804	0.8732
Mobilni telefon iPhone 5										
	Kon D50	Entro D50	Energ D50	Homo D50	SumEntro D50	Kon D65	Entro D65	Energ D65	Homo D65	SumEntro D65
L0	0.0467	0.1719	0.9173	0.9766	0.1395	0.1591	0.5468	0.7186	0.9205	0.4365
L1	0.0474	0.1719	0.9163	0.9763	0.1390	0.1578	0.5576	0.7134	0.9211	0.4483
L2	0.0465	0.1718	0.9172	0.9768	0.1396	0.1627	0.5828	0.7000	0.9187	0.4700
L3	0.0504	0.1939	0.9068	0.9748	0.1590	0.1707	0.6187	0.6809	0.9147	0.5003
L4	0.0609	0.2509	0.8793	0.9695	0.2086	0.1753	0.6762	0.6507	0.9124	0.5547
L5	0.0691	0.3068	0.8525	0.9655	0.2590	0.1788	0.7330	0.6216	0.9106	0.6090
L6	0.1193	0.5528	0.7238	0.9403	0.4701	0.1957	0.8438	0.5599	0.9021	0.7082
L7	0.1570	0.7323	0.6327	0.9215	0.6234	0.2110	0.9393	0.5066	0.8945	0.7930
L8	0.1909	0.8775	0.5588	0.9046	0.7448	0.2272	1.0330	0.4616	0.8865	0.8752
L9	0.2061	0.9650	0.5259	0.8973	0.8213	0.2345	1.0559	0.4582	0.8831	0.8926

Tabela P3.2. PRVI SET uzoraka – ISO metoda

Skener CanoScan LIDE 210						
	ISO M 300	ISO G 300	ISO M 600	ISO G 600	ISO M 1200	ISO G 1200
L0	0.6157	4.6398	0.7213	5.6392	0.6887	5.4193
L1	0.6255	4.7198	0.7557	5.7251	0.7368	5.4287
L2	0.7564	4.7498	0.9048	5.7469	0.8651	5.5108
L3	0.8827	4.8633	0.9860	5.8112	0.9642	5.5799
L4	1.2722	5.2379	1.3889	6.1527	1.3602	5.9384
L5	1.7872	5.9558	1.8079	6.7679	1.7687	6.5478
L6	2.7721	7.3133	2.8227	8.0074	2.5121	7.8447
L7	3.7653	9.6197	4.1200	10.0977	3.9149	9.9277
L8	4.8840	11.4889	4.9415	11.9569	4.5773	11.8983
L9	5.3981	12.9503	5.7203	13.3406	5.8518	13.1711
Skener Epson V370 Perfection						
	ISO M 300	ISO G 300	ISO M 600	ISO G 600	ISO M 1200	ISO G 1200

L0	0.8145	4.6076	0.8938	6.1295	0.8841	6.8575
L1	1.0259	4.7250	1.0468	6.2370	1.0651	6.9632
L2	0.9963	4.7568	1.0748	6.2418	1.0843	6.9570
L3	1.3513	4.9371	1.3455	6.3812	1.3656	7.0595
L4	1.6246	5.4815	1.6424	6.7947	1.6830	7.4416
L5	2.3578	6.4920	2.2358	7.6660	2.5506	8.1949
L6	3.5167	8.3626	3.5211	9.2717	3.7109	9.7271
L7	4.9028	11.2492	4.9075	11.9177	5.3202	12.2370
L8	5.1210	14.0599	5.6574	14.3956	5.8026	14.6048
L9	7.7353	15.5747	7.4853	16.0331	7.7378	16.2923

Skener HP ScanJet G4010

	ISO M 300	ISO G 300	ISO M 600	ISO G 600	ISO M 1200	ISO G 1200
L0	0.6898	6.4834	1.0250	6.5076	1.0313	5.0724
L1	0.7960	6.5630	1.1321	6.6000	1.1037	5.1444
L2	0.9018	6.5628	1.2189	6.5972	1.2154	5.1735
L3	1.1481	6.6525	1.3910	6.6590	1.4065	5.3167
L4	1.6349	6.9850	1.8469	7.0168	1.8820	5.7550
L5	2.3017	7.7142	2.4643	7.7360	2.5193	6.6266
L6	3.3595	9.0823	3.5153	9.1773	3.4025	8.2534
L7	4.7038	11.4171	5.0025	11.5106	4.9332	10.8106
L8	6.0896	13.4932	6.2525	13.6545	6.1615	13.0470
L9	7.1372	15.0730	7.2654	15.2071	7.2256	14.6644

Digitalni fotoaparati Canon EOS D550

	ISO M D50	ISO G D50	ISO M D65	ISO G D65
L0	7.6175	1.6375	7.4094	2.2940
L1	7.0428	1.7264	7.2235	2.2960
L2	6.7899	1.8284	7.2795	2.5126
L3	7.3163	2.1371	7.1863	2.5415
L4	7.4737	2.8841	6.6855	3.1287
L5	7.8625	4.0128	7.3353	4.1242
L6	7.3677	5.5177	7.3138	5.7146
L7	7.8955	7.6276	8.0215	7.9282
L8	7.9358	9.6162	8.2537	9.9017
L9	8.0232	10.7990	9.0473	11.4228

Digitalni fotoaparati Nikon D3200

	ISO M D50	ISO G D50	ISO M D65	ISO G D65
L0	5.0154	2.1330	5.4326	2.3256
L1	5.1103	2.3871	5.2678	2.5771
L2	4.9436	2.3730	5.5164	2.6048
L3	4.9784	2.7314	5.5215	2.8321
L4	4.8527	3.1318	5.5808	3.3087
L5	4.7277	3.9347	5.5777	4.0933
L6	5.0528	5.4007	5.5172	5.5072
L7	5.3511	7.5265	5.9884	7.6320

L8	5.8462	9.3288	6.3638	9.3757
L9	6.2438	10.5213	6.7222	10.6241
L9	7.796	10.9364	7.5133	11.9775
Digitalni fotoaparati Nikon Coolpix S2600				
	ISO M D50	ISO G D50	ISO M D65	ISO G D65
L0	13.6394	2.3761	10.7387	2.0737
L1	11.4201	2.5365	9.9379	2.4016
L2	12.7556	2.6910	10.5316	2.6244
L3	13.4608	2.6375	9.5288	2.7666
L4	11.7441	3.4338	7.7011	3.1165
L5	11.3917	4.1476	11.1853	4.2558
L6	11.9459	6.0456	10.6335	5.8367
L7	14.3328	8.4678	10.3003	8.0695
L8	12.5799	10.3492	10.6606	10.1349
L9	12.9175	11.7574	12.7030	11.3550
Mobilni telefon Nokia Lumia 630				
	ISO M D50	ISO G D50	ISO M D65	ISO G D65
L0	10.2083	3.2257	11.1200	2.9991
L1	9.7117	3.2630	10.6946	3.1031
L2	9.6100	3.3402	10.8183	3.1977
L3	9.5199	3.6098	10.8573	3.5316
L4	10.0323	4.3549	11.2902	4.0519
L5	9.8764	5.5963	11.1762	5.2660
L6	10.1181	7.4210	11.1956	7.0588
L7	10.3379	10.3614	12.7953	9.7408
L8	11.6530	13.8461	12.2695	12.0222
L9	11.6598	14.6772	12.6710	13.2910
Mobilni telefon iPhone 5				
	ISO M D50	ISO G D50	ISO M D65	ISO G D65
L0	7.1383	2.7647	6.0267	2.8376
L1	6.6366	2.8507	5.9884	2.9403
L2	6.4319	2.9036	5.8768	3.0285
L3	6.9694	3.1914	5.8574	3.2454
L4	7.3603	3.7119	5.9445	3.7966
L5	7.0247	4.6203	6.1597	4.7396
L6	8.9432	6.1779	6.4971	6.3160
L7	8.9257	8.5227	6.9182	8.6554
L8	8.4662	10.4727	7.3896	10.6027
L9	8.5754	11.8370	7.8621	11.8047

Tabela P3.3. PRVI SET uzoraka – **Integralna metoda**

Skener CanoScan LIDE 210				
	IntModel 300	newIntModel 300	IntModel 600	newIntModel 600
L0	6.46	12.63	6.32	12.18
L1	6.81	25.06	6.68	24.19
L2	7.17	37.54	7.09	36.40
L3	7.92	62.04	7.83	61.00
L4	9.72	121.07	9.71	122.58
L5	12.87	178.05	12.75	173.89
L6	18.35	323.29	18.33	319.54
L7	25.72	471.89	26.13	460.37
L8	32.27	654.81	32.44	642.36
L9	36.45	764.79	36.91	755.28
Skener Epson V370 Perfection				
	IntModel 300	newIntModel 300	IntModel 600	newIntModel 600
L0	9.61	17.22	9.82	17.68
L1	10.04	28.71	10.21	28.51
L2	10.26	42.98	10.47	42.78
L3	11.21	90.86	11.35	87.43
L4	13.08	147.51	13.24	144.00
L5	16.69	247.59	16.73	244.40
L6	23.17	371.72	23.20	360.24
L7	32.21	544.83	32.34	525.60
L8	39.57	906.36	39.75	869.79
L9	47.01	1148.07	46.77	1136.16
Skener HP ScanJet G4010				
	IntModel 300	newIntModel 300	IntModel 600	newIntModel 600
L0	7.82	14.38	7.43	14.24
L1	8.24	28.02	7.89	29.72
L2	8.59	46.28	8.28	47.61
L3	9.60	74.36	9.33	75.82
L4	11.68	125.38	11.54	129.64
L5	15.40	217.39	15.32	227.94
L6	21.62	412.25	21.73	417.54
L7	30.41	630.78	30.80	611.91
L8	38.21	674.26	38.59	668.50
L9	43.87	967.08	44.28	868.05
Digitalni fotoaparati Nikon D3200				
	IntModel D50	newIntModel D50	IntModel D65	newIntModel D65
L0	7.22	30.38	8.14	41.98
L1	7.94	39.31	8.37	39.41

L2	7.83	40.79	8.81	50.65
L3	8.81	51.87	9.32	56.86
L4	9.44	84.82	10.51	82.57
L5	11.50	113.32	12.37	125.49
L6	15.68	220.43	15.86	220.50
L7	21.33	332.72	22.27	355.91
L8	26.69	410.10	27.00	415.75
L9	29.97	482.87	30.80	468.92
Digitalni fotoaparat Nikon Coolpix S2600				
	IntModel D50	newIntModel D50	IntModel D65	newIntModel D65
L0	17.36	182.05	14.00	144.72
L1	14.87	145.34	13.63	127.07
L2	16.60	165.69	15.11	144.99
L3	16.89	186.29	13.70	120.03
L4	17.86	183.11	12.51	104.12
L5	18.60	202.71	18.90	181.16
L6	24.34	273.33	22.77	312.50
L7	33.45	424.48	28.17	434.61
L8	37.55	564.72	35.33	618.07
L9	41.05	597.50	40.13	660.17

Tabela P3.4. DRUGI SET uzoraka – GLCM metoda

Skener CanoScan LIDE 210															
	Kon 300	Entro 300	Energ 300	Homo 300	SumEntro 300	Kon 600	Entro 600	Energ 600	Homo 600	SumEntro 600	Kon 1200	Entro 1200	Energ 1200	Homo 1200	SumEntro 1200
A0	0.1053	0.4262	0.8015	0.9474	0.3532	0.1451	0.5480	0.7320	0.9275	0.4474	0.1340	0.5138	0.7515	0.9330	0.4209
A1	0.1008	0.4126	0.8093	0.9496	0.3427	0.1298	0.5031	0.7581	0.9351	0.4131	0.1223	0.4795	0.7715	0.9388	0.3947
A2	0.1057	0.4272	0.8008	0.9471	0.3539	0.1387	0.5294	0.7430	0.9307	0.4332	0.1215	0.4759	0.7733	0.9393	0.3917
A3	0.1104	0.4391	0.7929	0.9448	0.3626	0.1463	0.5508	0.7301	0.9268	0.4494	0.1341	0.5129	0.7515	0.9329	0.4199
A4	0.1212	0.4742	0.7730	0.9394	0.3902	0.1529	0.5723	0.7181	0.9236	0.4663	0.1433	0.5419	0.7351	0.9284	0.4426
A5	0.1366	0.5270	0.7423	0.9317	0.4323	0.1599	0.5979	0.7035	0.9200	0.4870	0.1511	0.5698	0.7189	0.9244	0.4651
A6	0.1609	0.6591	0.6671	0.9196	0.5476	0.1825	0.7091	0.6405	0.9088	0.5826	0.1758	0.6925	0.6497	0.9121	0.5707
A7	0.1662	0.7254	0.6312	0.9170	0.6102	0.1828	0.7533	0.6173	0.9087	0.6266	0.1753	0.7367	0.6261	0.9124	0.6151
A8	0.1599	0.7522	0.6182	0.9201	0.6414	0.1812	0.7998	0.5943	0.9094	0.6742	0.1742	0.7871	0.6009	0.9129	0.6664
A9	0.1672	0.8453	0.5691	0.9164	0.7293	0.1893	0.8895	0.5481	0.9053	0.7582	0.1820	0.8769	0.5541	0.9090	0.7507
A10	0.1528	0.9214	0.5386	0.9236	0.8155	0.1734	0.9836	0.5106	0.9133	0.8634	0.1636	0.9641	0.5190	0.9182	0.8507
A11	0.1518	1.1216	0.4552	0.9241	1.0163	0.1673	1.1793	0.4336	0.9164	1.0632	0.1562	1.1547	0.4419	0.9219	1.0463
Skener Epson V370 Perfection															
	Kon 300	Entro 300	Energ 300	Homo 300	SumEntro 300	Kon 600	Entro 600	Energ 600	Homo 600	SumEntro 600	Kon 1200	Entro 1200	Energ 1200	Homo 1200	SumEntro 1200
A0	0.0350	0.1755	0.9315	0.9825	0.1513	0.1190	0.4713	0.7768	0.9405	0.3888	0.2212	0.7592	0.6078	0.8894	0.6058
A1	0.0296	0.1517	0.9419	0.9852	0.1312	0.1101	0.4426	0.7927	0.9450	0.3663	0.2007	0.7057	0.6400	0.8997	0.5664
A2	0.0405	0.1956	0.9210	0.9798	0.1675	0.1205	0.4750	0.7743	0.9398	0.3914	0.2173	0.7504	0.6138	0.8914	0.5996

A3	0.0473	0.2199	0.9081	0.9764	0.1872	0.1290	0.5002	0.7596	0.9355	0.4107	0.2239	0.7693	0.6030	0.8880	0.6140
A4	0.0550	0.2471	0.8928	0.9725	0.2089	0.1257	0.4915	0.7645	0.9372	0.4044	0.2149	0.7535	0.6144	0.8926	0.6045
A5	0.0799	0.3385	0.8434	0.9601	0.2831	0.1424	0.5498	0.7313	0.9288	0.4510	0.2139	0.7637	0.6100	0.8931	0.6153
A6	0.1247	0.5649	0.7173	0.9376	0.4785	0.1705	0.7024	0.6479	0.9147	0.5842	0.2120	0.8327	0.5764	0.8940	0.6856
A7	0.1292	0.6284	0.6866	0.9354	0.5389	0.1728	0.7581	0.6215	0.9136	0.6383	0.2116	0.8823	0.5516	0.8942	0.7355
A8	0.1377	0.7308	0.6390	0.9311	0.6354	0.1833	0.8636	0.5715	0.9084	0.7365	0.2151	0.9676	0.5148	0.8925	0.8183
A9	0.1486	0.8618	0.5660	0.9257	0.7587	0.1896	0.9774	0.5112	0.9052	0.8459	0.2137	1.0402	0.4776	0.8932	0.8919
A10	0.1489	1.0263	0.4981	0.9256	0.9231	0.1854	1.1341	0.4523	0.9073	1.0055	0.2067	1.1907	0.4268	0.8967	1.0471
A11	0.1652	1.3314	0.3795	0.9174	1.2169	0.1904	1.3937	0.3551	0.9048	1.2615	0.2075	1.4330	0.3438	0.8963	1.2888

Skener HP ScanJet G4010

	Kon 300	Entro 300	Energ 300	Homo 300	SumEntro 300	Kon 600	Entro 600	Energ 600	Homo 600	SumEntro 600	Kon 1200	Entro 1200	Energ 1200	Homo 1200	SumEntro 1200
A0	0.3809	1.1396	0.3831	0.8096	0.8754	0.3975	1.1767	0.3625	0.8013	0.9010	0.3456	1.0564	0.4307	0.8272	0.8169
A1	0.3835	1.1475	0.3791	0.8083	0.8815	0.4034	1.1917	0.3545	0.7984	0.9120	0.3582	1.0886	0.4130	0.8209	0.8403
A2	0.3815	1.1451	0.3814	0.8093	0.8805	0.4057	1.1992	0.3514	0.7972	0.9178	0.3660	1.1081	0.4033	0.8170	0.8544
A3	0.3647	1.1109	0.4014	0.8177	0.8580	0.3927	1.1757	0.3650	0.8037	0.9034	0.3435	1.0638	0.4297	0.8282	0.8257
A4	0.3688	1.1358	0.3900	0.8156	0.8800	0.3892	1.1858	0.3618	0.8054	0.9159	0.3471	1.0934	0.4159	0.8265	0.8529
A5	0.3601	1.1458	0.3869	0.8200	0.8961	0.3717	1.1745	0.3705	0.8142	0.9167	0.3336	1.1046	0.4122	0.8332	0.8734
A6	0.2974	1.0820	0.4289	0.8513	0.8756	0.3007	1.0947	0.4217	0.8497	0.8860	0.2552	1.0126	0.4676	0.8724	0.8357
A7	0.2690	1.0595	0.4430	0.8656	0.8729	0.2697	1.0673	0.4384	0.8652	0.8801	0.2239	0.9866	0.4815	0.8881	0.8314
A8	0.2478	1.0622	0.4468	0.8762	0.8902	0.2483	1.0638	0.4470	0.8759	0.8914	0.2023	0.9835	0.4857	0.8989	0.8433
A9	0.2132	1.0141	0.4836	0.8935	0.8659	0.2139	1.0310	0.4739	0.8931	0.8825	0.1681	0.9228	0.5255	0.9159	0.8062
A10	0.2097	1.1567	0.4324	0.8953	1.0107	0.2059	1.1675	0.4273	0.8972	1.0244	0.1612	1.0686	0.4686	0.9194	0.9567
A11	0.2058	1.3418	0.3725	0.8973	1.1982	0.1967	1.3503	0.3681	0.9017	1.2134	0.1511	1.2459	0.4046	0.9245	1.1410

Digitalni fotoaparati Canon EOS D550

	Kon D50	Entro D50	Energ D50	Homo D50	SumEntro D50	Kon D65	Entro D65	Energ D65	Homo D65	SumEntro D65
A0	0.0282	0.1177	0.9402	0.9859	0.0981	0.0362	0.1453	0.9285	0.9819	0.1202
A1	0.0355	0.1461	0.9245	0.9822	0.1214	0.0118	0.0528	0.9776	0.9941	0.0446
A2	0.0224	0.0963	0.9524	0.9888	0.0808	0.0150	0.0685	0.9709	0.9925	0.0581
A3	0.0255	0.1342	0.9314	0.9873	0.1166	0.0164	0.0792	0.9647	0.9918	0.0678
A4	0.0344	0.1774	0.9077	0.9828	0.1536	0.0252	0.1186	0.9446	0.9874	0.1011
A5	0.0292	0.1556	0.9233	0.9854	0.1353	0.0224	0.1166	0.9436	0.9888	0.1010
A6	0.0298	0.2126	0.8944	0.9851	0.1920	0.0319	0.1822	0.9139	0.9841	0.1601
A7	0.0313	0.2566	0.8671	0.9844	0.2350	0.0229	0.1574	0.9267	0.9886	0.1416
A8	0.0355	0.3009	0.8465	0.9822	0.2763	0.0459	0.3276	0.8374	0.9770	0.2957
A9	0.0429	0.4075	0.7868	0.9786	0.3778	0.0475	0.4037	0.7930	0.9763	0.3708
A10	0.0545	0.5789	0.7002	0.9728	0.5411	0.0678	0.6028	0.6964	0.9661	0.5557
A11	0.0739	0.8677	0.5604	0.9631	0.8165	0.0920	0.8884	0.5570	0.9541	0.8242

Digitalni fotoaparati Nikon D3200

	Kon D50	Entro D50	Energ D50	Homo D50	SumEntro D50	Kon D65	Entro D65	Energ D65	Homo D65	SumEntro D65
A0	0.0941	0.3165	0.8397	0.9530	0.2513	0.0445	0.1742	0.9184	0.9778	0.1434
A1	0.0579	0.2158	0.8957	0.9711	0.1757	0.0440	0.1703	0.9198	0.9780	0.1397
A2	0.0490	0.1924	0.9092	0.9755	0.1584	0.0550	0.2101	0.8996	0.9725	0.1719

A3	0.0738	0.2752	0.8640	0.9631	0.2241	0.0453	0.1819	0.9154	0.9774	0.1505
A4	0.0837	0.3322	0.8348	0.9582	0.2741	0.0788	0.3036	0.8485	0.9606	0.2490
A5	0.0969	0.4295	0.7844	0.9515	0.3623	0.0505	0.2193	0.8955	0.9748	0.1843
A6	0.0857	0.4742	0.7628	0.9572	0.4148	0.0794	0.4120	0.7933	0.9603	0.3570
A7	0.0730	0.4764	0.7542	0.9635	0.4258	0.0646	0.3952	0.7987	0.9677	0.3504
A8	0.0630	0.4526	0.7643	0.9685	0.4089	0.0453	0.3582	0.8145	0.9774	0.3268
A9	0.0659	0.5368	0.7184	0.9671	0.4911	0.0562	0.4746	0.7508	0.9719	0.4356
A10	0.0673	0.6576	0.6558	0.9664	0.6110	0.0752	0.6775	0.6493	0.9624	0.6253
A11	0.0786	0.8730	0.5418	0.9607	0.8185	0.0869	0.9093	0.5273	0.9565	0.8490
Digitalni fotoaparati Nikon Coolpix S2600										
	Kon D50	Entro D50	Energ D50	Homo D50	SumEntro D50	Kon D65	Entro D65	Energ D65	Homo D65	SumEntro D65
A0	0.0786	0.3116	0.8439	0.9607	0.2572	0.1107	0.3865	0.8036	0.9446	0.3097
A1	0.0833	0.3224	0.8375	0.9583	0.2646	0.1037	0.3703	0.8129	0.9482	0.2984
A2	0.0843	0.3346	0.8330	0.9578	0.2762	0.0996	0.3688	0.8139	0.9502	0.2998
A3	0.0588	0.2543	0.8738	0.9706	0.2136	0.1068	0.3990	0.7975	0.9466	0.3250
A4	0.0706	0.3031	0.8497	0.9647	0.2542	0.0763	0.3218	0.8397	0.9618	0.2689
A5	0.0856	0.4076	0.7926	0.9572	0.3482	0.0679	0.3617	0.8182	0.9660	0.3146
A6	0.0629	0.4078	0.7911	0.9685	0.3642	0.0755	0.4339	0.7789	0.9622	0.3816
A7	0.0813	0.5429	0.7200	0.9594	0.4866	0.0862	0.5457	0.7200	0.9569	0.4860
A8	0.0770	0.5460	0.7156	0.9615	0.4926	0.0745	0.5247	0.7322	0.9627	0.4731
A9	0.0694	0.5936	0.6898	0.9653	0.5455	0.0818	0.6227	0.6799	0.9591	0.5660
A10	0.0754	0.7520	0.6008	0.9623	0.6998	0.0917	0.7939	0.5853	0.9542	0.7303
A11	0.0898	0.9222	0.5277	0.9551	0.8599	0.0985	0.9588	0.5040	0.9508	0.8904
Mobilni telefon Samsung Galaxy J5										
	Kon D50	Entro D50	Energ D50	Homo D50	SumEntro D50	Kon D65	Entro D65	Energ D65	Homo D65	SumEntro D65
A0	0.1345	0.4799	0.7537	0.9328	0.3867	0.0007	0.0043	0.9986	0.9997	0.0038
A1	0.1273	0.4603	0.7648	0.9364	0.3721	0.0004	0.0029	0.9992	0.9998	0.0027
A2	0.1189	0.4424	0.7753	0.9405	0.3599	0.0004	0.0028	0.9993	0.9998	0.0026
A3	0.1362	0.5099	0.7389	0.9319	0.4155	0.0008	0.0054	0.9984	0.9996	0.0048
A4	0.1240	0.4907	0.7499	0.9380	0.4047	0.0004	0.0033	0.9992	0.9998	0.0030
A5	0.1277	0.5427	0.7225	0.9362	0.4542	0.0064	0.0329	0.9862	0.9968	0.0285
A6	0.1085	0.5988	0.6895	0.9457	0.5235	0.0261	0.1478	0.9289	0.9870	0.1298
A7	0.1175	0.6617	0.6594	0.9413	0.5802	0.0310	0.2084	0.9006	0.9845	0.1869
A8	0.1049	0.6602	0.6571	0.9476	0.5875	0.0560	0.3640	0.8207	0.9720	0.3252
A9	0.1009	0.7099	0.6273	0.9496	0.6400	0.0630	0.4696	0.7672	0.9685	0.4259
A10	0.0934	0.7517	0.6106	0.9533	0.6869	0.0854	0.7388	0.6205	0.9573	0.6796
A11	0.0949	0.8739	0.5592	0.9525	0.8081	0.1050	0.9968	0.4969	0.9475	0.9240
Mobilni telefon Nokia Lumia 630										
	Kon D50	Entro D50	Energ D50	Homo D50	SumEntro D50	Kon D65	Entro D65	Energ D65	Homo D65	SumEntro D65
A0	0.0453	0.2041	0.8955	0.9773	0.1727	0.0252	0.1174	0.9450	0.9874	0.0999
A1	0.0403	0.1860	0.9066	0.9799	0.1581	0.0616	0.2550	0.8717	0.9692	0.2122
A2	0.0506	0.2189	0.8897	0.9747	0.1839	0.0288	0.1327	0.9361	0.9856	0.1128
A3	0.0581	0.2591	0.8702	0.9710	0.2188	0.0264	0.1338	0.9363	0.9868	0.1155

A4	0.0422	0.2089	0.8926	0.9789	0.1797	0.0510	0.2439	0.8794	0.9745	0.2085
A5	0.0442	0.2190	0.8910	0.9779	0.1884	0.0530	0.2634	0.8672	0.9735	0.2267
A6	0.0624	0.3523	0.8220	0.9688	0.3090	0.0869	0.4542	0.7714	0.9565	0.3940
A7	0.0647	0.4114	0.7958	0.9676	0.3665	0.1031	0.5705	0.7090	0.9485	0.4991
A8	0.0813	0.5321	0.7342	0.9593	0.4758	0.0869	0.5606	0.7102	0.9565	0.5004
A9	0.0813	0.5747	0.7110	0.9594	0.5184	0.1124	0.7539	0.6023	0.9438	0.6760
A10	0.1193	0.8962	0.5465	0.9404	0.8136	0.1066	0.8070	0.5907	0.9467	0.7331
A11	0.1552	1.2033	0.4222	0.9224	1.0958	0.1475	1.1311	0.4553	0.9262	1.0288
Mobilni telefon iPhone 5										
	Kon D50	Entro D50	Energ D50	Homo D50	SumEntro D50	Kon D65	Entro D65	Energ D65	Homo D65	SumEntro D65
A0	0.0721	0.2697	0.8672	0.9640	0.2197	0.1516	0.5244	0.7314	0.9242	0.4194
A1	0.0596	0.2152	0.8941	0.9702	0.1740	0.1505	0.5295	0.7295	0.9247	0.4252
A2	0.0655	0.2401	0.8814	0.9673	0.1947	0.1456	0.5199	0.7351	0.9272	0.4190
A3	0.0584	0.2193	0.8922	0.9708	0.1788	0.1530	0.5497	0.7196	0.9235	0.4436
A4	0.0868	0.3474	0.8272	0.9566	0.2872	0.1449	0.5677	0.7098	0.9275	0.4673
A5	0.0819	0.3634	0.8168	0.9591	0.3067	0.1459	0.5954	0.6980	0.9271	0.4942
A6	0.0945	0.5109	0.7398	0.9528	0.4454	0.1211	0.6453	0.6643	0.9395	0.5614
A7	0.0734	0.4500	0.7728	0.9633	0.3991	0.1212	0.6891	0.6453	0.9394	0.6050
A8	0.0848	0.5357	0.7270	0.9576	0.4769	0.1104	0.6738	0.6481	0.9448	0.5973
A9	0.0711	0.5124	0.7408	0.9645	0.4631	0.1033	0.7234	0.6195	0.9483	0.6518
A10	0.0888	0.7337	0.6237	0.9556	0.6722	0.0966	0.7845	0.5987	0.9517	0.7175
A11	0.1111	0.9813	0.5154	0.9444	0.9043	0.1109	0.9761	0.5151	0.9445	0.8992

Tabela P3.5. DRUGI SET uzoraka – ISO metoda

Skener CanoScan LIDE 210						
	ISO M 300	ISO G 300	ISO M 600	ISO G 600	ISO M 1200	ISO G 1200
A0	0.7156	4.5485	0.8336	5.5621	0.7984	5.3063
A1	0.7340	4.5779	0.8229	5.5084	0.8098	5.2938
A2	0.8981	4.6555	0.9986	5.6247	0.9727	5.3339
A3	1.2277	4.6029	1.2863	5.5851	1.2900	5.3301
A4	1.6775	4.8170	1.7170	5.7873	1.7098	5.5375
A5	2.3162	5.0730	2.3244	5.9889	2.3358	5.7411
A6	4.6191	6.1108	4.6472	6.9179	4.6570	6.7043
A7	4.8726	6.9011	4.9356	7.5670	4.8867	7.3638
A8	6.2801	7.9373	6.2821	8.5755	6.2164	8.4308
A9	7.9635	8.9344	8.0078	9.4467	7.9704	9.3184
A10	11.4970	11.7766	11.4203	12.2713	11.3816	12.1531
A11	15.2403	16.4896	15.1217	16.9037	15.1627	16.7492
Skener Epson V370 Perfection						
	ISO M 300	ISO G 300	ISO M 600	ISO G 600	ISO M 1200	ISO G 1200
A0	0.9342	4.5418	0.9383	6.0571	0.9541	6.7638
A1	1.1910	4.5839	1.1586	6.0932	1.1559	6.7966
A2	1.3066	4.6566	1.3092	6.1544	1.3444	6.8659
A3	1.5402	4.6827	1.5315	6.1536	1.5667	6.8548

A4	1.9983	4.9337	2.0343	6.3484	2.0580	7.0353
A5	2.9842	5.3489	2.9588	6.6863	2.9645	7.3400
A6	5.7087	6.8180	5.7128	7.8897	5.6860	8.4276
A7	5.9941	7.8256	6.0332	8.7219	5.9932	9.2225
A8	7.4956	9.3335	7.5504	10.0598	7.3477	10.5626
A9	10.2169	10.5364	10.0347	11.3200	10.1634	11.5698
A10	14.1734	14.4273	14.0758	14.9373	14.0470	15.1780
A11	19.1123	20.5809	19.3227	20.5984	19.2475	20.7123
Skener HP ScanJet G4010						
	ISO M 300	ISO G 300	ISO M 600	ISO G 600	ISO M 1200	ISO G 1200
A0	0.6082	6.7744	0.8366	6.9445	0.8137	5.3098
A1	0.7315	6.7375	0.9040	6.9008	0.9187	5.3009
A2	1.1469	6.7817	1.3526	6.9355	1.3553	5.3508
A3	1.3070	6.7293	1.4734	6.8737	1.4538	5.3272
A4	1.9973	6.8717	2.1503	7.0013	2.1519	5.5094
A5	2.5860	7.1239	2.7084	7.2224	2.6892	5.8262
A6	5.1932	8.0887	5.2570	8.1952	5.2873	7.0025
A7	5.7079	8.7706	5.8767	8.8688	5.8159	7.8514
A8	6.9469	9.9406	7.2822	9.9506	7.0656	9.1579
A9	9.1973	11.0326	9.3704	11.1911	9.3922	10.3386
A10	13.1970	14.1087	13.4534	14.3224	13.4247	13.7315
A11	17.5253	18.9802	17.7000	19.3889	17.6790	18.9467
Digitalni fotoaparati Canon EOS D550						
	ISO M D50	ISO G D50	ISO M D65	ISO G D65		
A0	7.0626	1.6068	7.4232	2.2754		
A1	7.4019	1.7175	6.7859	2.2392		
A2	7.3307	1.7245	7.1279	2.3767		
A3	7.3765	1.8937	7.0022	2.4769		
A4	7.4043	2.2284	7.0701	2.7062		
A5	8.2771	2.6861	7.6057	3.0140		
A6	8.7397	4.1192	8.5672	4.3833		
A7	8.5789	4.9034	7.8815	4.8931		
A8	9.0984	5.8230	9.0693	6.0317		
A9	10.9193	7.4256	10.8455	7.2893		
A10	13.0659	10.1957	12.8895	10.0792		
A11	17.3444	14.9974	16.6018	14.6075		
Digitalni fotoaparati Nikon D3200						
	ISO M D50	ISO G D50	ISO M D65	ISO G D65		
A0	5.1985	2.1422	5.3052	2.3603		
A1	4.6776	2.1358	5.7614	2.3602		
A2	4.6922	2.3726	5.5320	2.4768		
A3	4.8622	2.4562	5.4862	2.6632		
A4	4.9262	2.4855	5.7811	2.6606		

A5	5.3749	3.0047	5.8509	3.1925
A6	6.1719	4.0760	6.4980	4.1384
A7	5.8977	4.7515	6.6741	4.7829
A8	7.0267	5.4484	7.1038	5.5998
A9	8.3788	6.7991	8.9414	6.8651
A10	10.4546	9.2450	10.8024	9.3434
A11	13.7382	13.3620	14.2663	13.5561
Digitalni fotoaparat Nikon Coolpix S2600				
	ISO M D50	ISO G D50	ISO M D65	ISO G D65
A0	15.2269	2.6222	10.8873	2.3942
A1	14.2409	2.5742	11.3642	2.4723
A2	13.7437	2.5901	11.9859	2.5077
A3	12.4323	2.4951	11.8892	2.6270
A4	12.9271	2.8548	11.6385	2.8226
A5	13.7624	3.2530	11.9034	2.9417
A6	13.4634	4.3936	12.0976	4.5195
A7	13.1249	5.3369	13.2941	5.3431
A8	14.3864	6.4899	10.6712	6.2786
A9	15.8283	7.3349	14.1317	7.5010
A10	17.0305	10.4261	14.9027	10.4788
A11	19.6531	14.6884	18.3715	14.5671
Mobilni telefon Nokia Lumia 630				
	ISO M D50	ISO G D50	ISO M D65	ISO G D65
A0	6.3460	2.6934	5.3250	2.4253
A1	6.6452	2.7432	5.3536	2.4443
A2	6.1680	2.7780	5.3650	2.5177
A3	6.2432	2.8695	5.3539	2.6411
A4	6.5831	3.0906	5.3531	2.9010
A5	6.5557	3.4376	5.8103	3.3505
A6	8.0404	4.6736	7.0189	4.7484
A7	7.2258	5.4353	6.9851	5.5595
A8	8.6456	6.4209	8.2269	6.6405
A9	9.6318	7.5022	9.5616	8.0524
A10	11.6165	10.0431	12.6096	10.8714
A11	15.0397	13.6065	15.8949	14.9798
Mobilni telefon iPhone 5				
	ISO M D50	ISO G D50	ISO M D65	ISO G D65
A0	9.2901	3.0959	10.1518	2.9392
A1	10.1657	3.3652	11.0352	3.3515
A2	9.5962	3.3298	10.5548	3.0526
A3	9.9913	3.5139	10.4283	3.2006
A4	9.5883	3.6799	11.4857	3.8491
A5	10.5708	4.2173	10.9054	4.2758

A6	11.1302	5.7977	11.6602	5.6426
A7	11.2437	6.8490	11.7957	6.5547
A8	12.1444	8.3176	12.2772	7.7451
A9	11.9682	9.1342	12.7785	9.1352
A10	16.3731	12.8856	17.2990	12.0618
A11	19.9967	18.7630	19.3185	17.4134

Tabela P3.6. DRUGI SET uzoraka – *Integralna metoda*

Skener CanoScan LIDE 210				
	IntModel 300	newIntModel 300	IntModel 600	newIntModel 600
A0	6.42	13.90	6.35	14.13
A1	6.48	12.75	6.34	12.59
A2	6.56	13.40	6.45	13.89
A3	6.41	12.55	6.29	12.32
A4	6.52	14.96	6.42	15.09
A5	6.53	13.22	6.43	12.99
A6	6.74	13.91	6.61	13.62
A7	7.09	17.30	6.61	13.62
A8	6.90	13.13	6.79	13.37
A9	6.98	13.52	6.82	12.65
A10	7.88	19.09	7.70	17.37
A11	9.05	23.01	8.93	22.05
Skener Epson V370 Perfection				
	IntModel 300	newIntModel 300	IntModel 600	newIntModel 600
A0	9.43	19.57	9.58	19.58
A1	9.53	17.73	9.71	17.92
A2	9.57	21.17	9.73	20.83
A3	9.51	17.94	9.68	18.39
A4	9.43	19.28	9.59	19.38
A5	9.55	18.54	9.71	18.52
A6	9.87	23.87	10.02	23.65
A7	9.69	18.56	9.85	18.34
A8	9.75	21.40	9.98	21.60
A9	10.28	24.86	10.47	24.69
A10	11.05	27.70	11.10	25.83
A11	12.53	32.05	12.72	30.75
Skener HP ScanJet G4010				
	IntModel 300	newIntModel 300	IntModel 600	newIntModel 600
A0	7.78	17.78	7.40	17.35
A1	7.91	15.74	7.51	14.83
A2	7.93	15.10	7.52	14.75
A3	7.87	14.99	7.46	13.55

A4	7.90	17.79	7.49	16.00
A5	8.02	15.88	7.58	15.29
A6	8.38	18.30	7.99	17.74
A7	8.68	21.46	8.39	19.72
A8	8.41	15.41	8.23	16.55
A9	8.86	18.73	8.53	17.88
A10	10.09	27.78	9.88	27.81
A11	11.72	32.00	11.44	28.39

Digitalni fotoaparati Nikon D3200

	IntModel D50	newIntModel D50	IntModel D65	newIntModel D65
A0	7.42	34.15	7.91	33.69
A1	7.02	24.14	8.31	45.71
A2	7.29	23.82	8.14	40.21
A3	7.27	25.28	8.28	41.05
A4	6.90	24.21	8.32	45.06
A5	7.30	23.59	8.19	36.06
A6	7.95	34.29	8.89	46.06
A7	7.28	15.86	7.93	25.54
A8	7.78	24.71	8.06	32.34
A9	8.85	46.81	10.00	66.52
A10	8.69	29.86	10.15	53.99
A11	9.88	26.26	10.76	33.45

Digitalni fotoaparati Nikon Coolpix S2600

	IntModel D50	newIntModel D50	IntModel D65	newIntModel D65
A0	19.26	201.76	14.57	136.74
A1	17.50	173.09	15.31	142.37
A2	16.84	164.75	16.06	159.12
A3	15.42	151.70	16.28	157.80
A4	15.93	154.86	15.46	151.55
A5	16.27	158.72	14.86	155.36
A6	16.51	172.80	17.20	163.11
A7	15.31	139.58	16.66	148.29
A8	17.64	174.88	13.72	105.84
A9	17.36	180.90	17.69	156.83
A10	18.59	178.68	17.91	130.68
A11	18.20	149.57	20.33	127.17

Tabela P3.7. TREĆI SET uzoraka – GLCM metoda

Skener CanoScan LIDE 210															
	Kon 300	Entro 300	Energ 300	Homo 300	SumEntro 300	Kon 600	Entro 600	Energ 600	Homo 600	SumEntro 600	Kon 1200	Entro 1200	Energ 1200	Homo 1200	SumEntro 1200
V0	0.1301	0.5042	0.7575	0.9349	0.4140	0.1608	0.5942	0.7052	0.9196	0.4827	0.1482	0.5562	0.7270	0.9259	0.4534
V1	0.1421	0.5411	0.7365	0.9289	0.4426	0.1698	0.6210	0.6897	0.9151	0.5033	0.1635	0.5980	0.7021	0.9183	0.4847
V2	0.1775	0.6447	0.6762	0.9112	0.5217	0.1956	0.6908	0.6480	0.9022	0.5552	0.1834	0.6710	0.6626	0.9083	0.5438
V3	0.1896	0.6822	0.6549	0.9052	0.5507	0.1976	0.7120	0.6387	0.9012	0.5750	0.1792	0.6970	0.6539	0.9104	0.5728
V4	0.1853	0.7134	0.6432	0.9074	0.5850	0.1822	0.7282	0.6379	0.9089	0.6019	0.1730	0.7135	0.6479	0.9135	0.5936
V5	0.1740	0.7160	0.6446	0.9130	0.5954	0.1803	0.7311	0.6361	0.9099	0.6061	0.1718	0.7107	0.6485	0.9141	0.5917
V6	0.1683	0.6976	0.6546	0.9158	0.5809	0.1766	0.7122	0.6460	0.9117	0.5898	0.1699	0.6939	0.6567	0.9151	0.5762
V7	0.1647	0.6828	0.6613	0.9176	0.5686	0.1777	0.7098	0.6458	0.9111	0.5865	0.1670	0.6775	0.6644	0.9165	0.5617
V8	0.1652	0.6772	0.6632	0.9174	0.5627	0.1783	0.7037	0.6482	0.9108	0.5801	0.1698	0.6771	0.6635	0.9151	0.5594
V9	0.1610	0.6469	0.6770	0.9195	0.5352	0.1736	0.6714	0.6636	0.9132	0.5510	0.1653	0.6482	0.6767	0.9174	0.5337
V10	0.1685	0.6420	0.6764	0.9157	0.5252	0.1814	0.6720	0.6604	0.9093	0.5463	0.1737	0.6485	0.6735	0.9132	0.5281
V11	0.1697	0.6284	0.6819	0.9152	0.5108	0.1812	0.6575	0.6668	0.9094	0.5319	0.1750	0.6380	0.6773	0.9125	0.5166
V12	0.1633	0.6079	0.6928	0.9183	0.4946	0.1768	0.6427	0.6746	0.9116	0.5201	0.1725	0.6306	0.6810	0.9137	0.5110
V13	0.1711	0.6211	0.6856	0.9144	0.5025	0.1823	0.6490	0.6710	0.9088	0.5226	0.1779	0.6364	0.6780	0.9111	0.5131
V14	0.1652	0.5977	0.6968	0.9174	0.4832	0.1785	0.6337	0.6782	0.9107	0.5099	0.1725	0.6151	0.6882	0.9138	0.4956
V15	0.1705	0.5991	0.6931	0.9148	0.4809	0.1823	0.6327	0.6769	0.9089	0.5063	0.1765	0.6139	0.6867	0.9118	0.4916
V16	0.1831	0.6308	0.6761	0.9085	0.5039	0.1955	0.6680	0.6576	0.9022	0.5325	0.1874	0.6420	0.6713	0.9063	0.5120
V17	0.1655	0.5766	0.7063	0.9173	0.4619	0.1782	0.6149	0.6869	0.9109	0.4913	0.1702	0.5893	0.7006	0.9149	0.4713
V18	0.1678	0.5861	0.7014	0.9161	0.4698	0.1821	0.6287	0.6793	0.9089	0.5025	0.1734	0.6011	0.6941	0.9133	0.4809
V19	0.1618	0.5596	0.7155	0.9191	0.4475	0.1776	0.6076	0.6910	0.9112	0.4844	0.1716	0.5874	0.7017	0.9142	0.4685
V20	0.1698	0.5752	0.7063	0.9151	0.4575	0.1836	0.6183	0.6843	0.9082	0.4911	0.1770	0.5961	0.6960	0.9115	0.4735
V21	0.0924	0.3847	0.8245	0.9538	0.3206	0.1257	0.4904	0.7653	0.9371	0.4032	0.1125	0.4486	0.7888	0.9438	0.3706
Skener Epson V370 Perfection															
	Kon 300	Entro 300	Energ 300	Homo 300	SumEntro 300	Kon 600	Entro 600	Energ 600	Homo 600	SumEntro 600	Kon 1200	Entro 1200	Energ 1200	Homo 1200	SumEntro 1200
V0	0.0315	0.1599	0.9383	0.9843	0.1380	0.1126	0.4499	0.7884	0.9437	0.3718	0.2144	0.7399	0.6191	0.8928	0.5912
V1	0.0584	0.2668	0.8869	0.9708	0.2264	0.1386	0.5320	0.7423	0.9307	0.4358	0.2248	0.7655	0.6036	0.8876	0.6096
V2	0.0872	0.3687	0.8335	0.9564	0.3083	0.1652	0.6083	0.6979	0.9174	0.4937	0.2430	0.8377	0.5654	0.8785	0.6690
V3	0.1190	0.4742	0.7755	0.9405	0.3917	0.1828	0.6766	0.6620	0.9086	0.5497	0.2349	0.8713	0.5539	0.8826	0.7083
V4	0.1275	0.5379	0.7448	0.9362	0.4495	0.1705	0.7130	0.6511	0.9148	0.5948	0.2231	0.8902	0.5484	0.8885	0.7355
V5	0.1160	0.5306	0.7500	0.9420	0.4502	0.1631	0.6996	0.6582	0.9184	0.5865	0.2187	0.8783	0.5546	0.8907	0.7266
V6	0.1106	0.5131	0.7595	0.9447	0.4364	0.1590	0.6803	0.6692	0.9205	0.5701	0.2159	0.8606	0.5649	0.8921	0.7108
V7	0.1126	0.5159	0.7550	0.9437	0.4379	0.1655	0.6894	0.6608	0.9173	0.5747	0.2226	0.8689	0.5576	0.8887	0.7145
V8	0.1050	0.4841	0.7699	0.9475	0.4114	0.1611	0.6705	0.6701	0.9194	0.5587	0.2164	0.8422	0.5725	0.8918	0.6921
V9	0.1024	0.4614	0.7791	0.9488	0.3904	0.1562	0.6366	0.6868	0.9219	0.5283	0.2140	0.8137	0.5871	0.8930	0.6653
V10	0.1120	0.4557	0.7772	0.9440	0.3780	0.1632	0.6263	0.6877	0.9184	0.5131	0.2143	0.7887	0.5975	0.8929	0.6400
V11	0.1107	0.4435	0.7823	0.9446	0.3668	0.1624	0.6114	0.6950	0.9188	0.4988	0.2168	0.7776	0.6030	0.8916	0.6272
V12	0.1095	0.4374	0.7846	0.9452	0.3614	0.1627	0.6091	0.6951	0.9186	0.4963	0.2104	0.7538	0.6157	0.8948	0.6079
V13	0.1113	0.4374	0.7848	0.9443	0.3602	0.1656	0.6119	0.6937	0.9172	0.4970	0.2237	0.7857	0.5970	0.8882	0.6305

V14	0.1101	0.4214	0.7906	0.9450	0.3451	0.1616	0.5896	0.7042	0.9192	0.4775	0.2161	0.7537	0.6140	0.8920	0.6038
V15	0.1117	0.4207	0.7898	0.9442	0.3433	0.1622	0.5825	0.7056	0.9189	0.4701	0.2138	0.7376	0.6211	0.8931	0.5894
V16	0.1143	0.4320	0.7838	0.9428	0.3527	0.1685	0.6022	0.6948	0.9158	0.4854	0.2211	0.7582	0.6101	0.8895	0.6049
V17	0.1113	0.4059	0.7977	0.9443	0.3287	0.1646	0.5773	0.7092	0.9177	0.4632	0.2182	0.7368	0.6222	0.8909	0.5854
V18	0.1037	0.3849	0.8089	0.9481	0.3130	0.1602	0.5677	0.7140	0.9199	0.4566	0.2141	0.7273	0.6265	0.8930	0.5789
V19	0.1062	0.3888	0.8047	0.9469	0.3152	0.1561	0.5505	0.7222	0.9220	0.4423	0.2055	0.7021	0.6404	0.8973	0.5596
V20	0.1119	0.3959	0.8012	0.9440	0.3183	0.1603	0.5531	0.7206	0.9198	0.4419	0.2129	0.7105	0.6346	0.8936	0.5628
V21	0.0238	0.1282	0.9531	0.9881	0.1118	0.0976	0.4039	0.8147	0.9512	0.3362	0.1845	0.6614	0.6661	0.9078	0.5334

Skener HP ScanJet G4010

	Kon 300	Entro 300	Energ 300	Homo 300	SumEntro 300	Kon 600	Entro 600	Energ 600	Homo 600	SumEntro 600	Kon 1200	Entro 1200	Energ 1200	Homo 1200	SumEntro 1200
V0	0.3745	1.1255	0.3914	0.8128	0.8657	0.4038	1.1893	0.3558	0.7981	0.9093	0.2051	0.7132	0.6344	0.8975	0.5710
V1	0.4049	1.1949	0.3526	0.7976	0.9141	0.4263	1.2412	0.3273	0.7869	0.9455	0.3971	1.1637	0.3693	0.8014	0.8884
V2	0.4128	1.2172	0.3409	0.7936	0.9308	0.4535	1.2959	0.2977	0.7733	0.9814	0.4060	1.2443	0.3282	0.7970	0.9629
V3	0.4193	1.2422	0.3281	0.7904	0.9513	0.4317	1.2951	0.2999	0.7842	0.9956	0.3543	1.2419	0.3332	0.8229	0.9963
V4	0.3754	1.2339	0.3374	0.8124	0.9735	0.3563	1.2618	0.3222	0.8219	1.0147	0.2994	1.2013	0.3576	0.8503	0.9938
V5	0.3420	1.2165	0.3493	0.8290	0.9793	0.3382	1.2358	0.3379	0.8309	1.0012	0.2879	1.1719	0.3750	0.8561	0.9723
V6	0.3352	1.2103	0.3527	0.8324	0.9777	0.3354	1.2288	0.3416	0.8323	0.9962	0.2878	1.1667	0.3778	0.8561	0.9671
V7	0.3261	1.1789	0.3706	0.8370	0.9528	0.3312	1.2022	0.3568	0.8344	0.9726	0.2823	1.1271	0.4006	0.8589	0.9314
V8	0.3299	1.1858	0.3664	0.8351	0.9570	0.3359	1.2092	0.3524	0.8320	0.9762	0.2928	1.1521	0.3853	0.8536	0.9492
V9	0.3258	1.1512	0.3866	0.8372	0.9254	0.3336	1.1744	0.3731	0.8333	0.9432	0.2880	1.1052	0.4137	0.8560	0.9055
V10	0.3193	1.0998	0.4165	0.8404	0.8783	0.3292	1.1328	0.3973	0.8354	0.9046	0.2840	1.0539	0.4441	0.8580	0.8570
V11	0.3152	1.0755	0.4295	0.8424	0.8569	0.3254	1.1060	0.4121	0.8373	0.8803	0.2763	1.0070	0.4697	0.8618	0.8155
V12	0.3158	1.0666	0.4339	0.8421	0.8475	0.3260	1.0976	0.4157	0.8370	0.8716	0.2763	0.9979	0.4740	0.8619	0.8064
V13	0.3105	1.0556	0.4408	0.8448	0.8403	0.3202	1.0831	0.4249	0.8399	0.8610	0.2712	0.9833	0.4833	0.8644	0.7953
V14	0.3130	1.0388	0.4495	0.8435	0.8217	0.3260	1.0752	0.4286	0.8370	0.8492	0.2787	0.9755	0.4865	0.8606	0.7823
V15	0.3110	1.0224	0.4592	0.8445	0.8067	0.3205	1.0495	0.4436	0.8398	0.8273	0.2737	0.9426	0.5057	0.8631	0.7528
V16	0.3072	1.0070	0.4684	0.8465	0.7940	0.3157	1.0340	0.4527	0.8422	0.8151	0.2677	0.9207	0.5183	0.8662	0.7351
V17	0.3140	1.0265	0.4558	0.8430	0.8088	0.3249	1.0565	0.4382	0.8376	0.8312	0.2763	0.9482	0.5007	0.8619	0.7567
V18	0.3164	1.0140	0.4628	0.8418	0.7945	0.3293	1.0495	0.4422	0.8354	0.8212	0.2812	0.9358	0.5079	0.8594	0.7408
V19	0.3350	1.0507	0.4419	0.8325	0.8183	0.3039	0.9679	0.4894	0.8481	0.7571	0.2919	0.9499	0.4992	0.8541	0.7476
V20	0.3192	1.0169	0.4608	0.8404	0.7955	0.3308	1.0476	0.4433	0.8347	0.8182	0.2818	0.9311	0.5102	0.8591	0.7358
V21	0.4063	1.1939	0.3527	0.7969	0.9122	0.4449	1.2773	0.3075	0.7776	0.9688	0.4135	1.2046	0.3472	0.7932	0.9179

Digitalni fotoaparati Canon EOS D550

	Kon D50	Entro D50	Energ D50	Homo D50	SumEntro D50	Kon D65	Entro D65	Energ D65	Homo D65	SumEntro D65
V0	0.0274	0.1133	0.9426	0.9863	0.0943	0.0406	0.1594	0.9197	0.9797	0.1313
V1	0.0271	0.1073	0.9461	0.9865	0.0886	0.0317	0.1237	0.9407	0.9842	0.1018
V2	0.0504	0.1843	0.9057	0.9748	0.1494	0.0432	0.1659	0.9204	0.9784	0.1359
V3	0.0417	0.1554	0.9225	0.9791	0.1265	0.0783	0.2744	0.8620	0.9609	0.2201
V4	0.0418	0.1946	0.9042	0.9791	0.1656	0.0522	0.2343	0.8863	0.9739	0.1981
V5	0.0363	0.2200	0.8894	0.9818	0.1948	0.0317	0.1804	0.9116	0.9841	0.1584
V6	0.0363	0.2200	0.8894	0.9818	0.1948	0.0426	0.2562	0.8711	0.9787	0.2267
V7	0.0382	0.2516	0.8710	0.9809	0.2251	0.0345	0.1996	0.9018	0.9827	0.1757
V8	0.0265	0.1818	0.9072	0.9868	0.1635	0.0391	0.2207	0.8906	0.9804	0.1936

V9	0.0197	0.1403	0.9304	0.9902	0.1267	0.0253	0.1520	0.9262	0.9873	0.1345
V10	0.0216	0.1409	0.9304	0.9892	0.1259	0.0312	0.1676	0.9181	0.9844	0.1460
V11	0.0142	0.1012	0.9508	0.9929	0.0913	0.0161	0.1090	0.9488	0.9919	0.0978
V12	0.0079	0.0640	0.9680	0.9960	0.0585	0.0136	0.0885	0.9595	0.9932	0.0791
V13	0.0143	0.1081	0.9447	0.9928	0.0982	0.0184	0.1201	0.9410	0.9908	0.1073
V14	0.0162	0.1036	0.9484	0.9919	0.0924	0.0282	0.1467	0.9295	0.9859	0.1271
V15	0.0281	0.1410	0.9276	0.9860	0.1215	0.0393	0.1791	0.9117	0.9803	0.1518
V16	0.0248	0.1366	0.9309	0.9876	0.1194	0.0345	0.1793	0.9115	0.9828	0.1554
V17	0.0135	0.0844	0.9563	0.9932	0.0750	0.0229	0.1203	0.9403	0.9886	0.1044
V18	0.0187	0.0920	0.9535	0.9907	0.0791	0.0517	0.2121	0.8946	0.9741	0.1762
V19	0.0258	0.1480	0.9232	0.9871	0.1301	0.0348	0.1721	0.9119	0.9826	0.1480
V20	0.0170	0.1029	0.9489	0.9915	0.0911	0.0223	0.1180	0.9439	0.9889	0.1026
V21	0.0305	0.1256	0.9348	0.9848	0.1045	0.0453	0.1792	0.9100	0.9773	0.1478

Digitálni fotoaparát Nikon D3200

	Kon D50	Entro D50	Energ D50	Homo D50	SumEntro D50	Kon D65	Entro D65	Energ D65	Homo D65	SumEntro D65
V0	0.0725	0.2543	0.8736	0.9638	0.2041	0.0514	0.1947	0.9072	0.9743	0.1591
V1	0.1172	0.3885	0.8014	0.9414	0.3073	0.0687	0.2495	0.8781	0.9657	0.2019
V2	0.1562	0.5153	0.7334	0.9219	0.4071	0.0947	0.3356	0.8329	0.9526	0.2699
V3	0.1805	0.5952	0.6911	0.9097	0.4700	0.1071	0.3772	0.8104	0.9464	0.3030
V4	0.1431	0.6233	0.6808	0.9285	0.5241	0.0998	0.4482	0.7782	0.9501	0.3790
V5	0.1165	0.6229	0.6813	0.9418	0.5421	0.0817	0.4199	0.7936	0.9592	0.3632
V6	0.1088	0.5915	0.6981	0.9456	0.5160	0.0698	0.3651	0.8210	0.9651	0.3167
V7	0.0904	0.4804	0.7594	0.9548	0.4178	0.0643	0.3318	0.8394	0.9678	0.2872
V8	0.0960	0.5486	0.7174	0.9520	0.4820	0.0878	0.4663	0.7640	0.9561	0.4054
V9	0.0959	0.5098	0.7383	0.9520	0.4434	0.0780	0.4014	0.7978	0.9610	0.3474
V10	0.1043	0.5304	0.7299	0.9478	0.4581	0.0744	0.3556	0.8235	0.9628	0.3040
V11	0.0935	0.4338	0.7804	0.9532	0.3690	0.0641	0.3007	0.8497	0.9680	0.2563
V12	0.0819	0.3847	0.8070	0.9590	0.3280	0.0581	0.2884	0.8546	0.9709	0.2482
V13	0.0934	0.4178	0.7879	0.9533	0.3531	0.0780	0.3370	0.8316	0.9610	0.2830
V14	0.0892	0.4265	0.7812	0.9554	0.3647	0.0774	0.3388	0.8303	0.9613	0.2851
V15	0.0790	0.3432	0.8275	0.9605	0.2885	0.0759	0.3250	0.8367	0.9621	0.2724
V16	0.1016	0.4066	0.7918	0.9492	0.3361	0.0703	0.2738	0.8652	0.9649	0.2251
V17	0.1018	0.4399	0.7741	0.9491	0.3693	0.0570	0.2610	0.8720	0.9715	0.2215
V18	0.1030	0.4063	0.7930	0.9485	0.3349	0.0717	0.2678	0.8674	0.9642	0.2181
V19	0.1125	0.4153	0.7903	0.9438	0.3374	0.1056	0.3807	0.8087	0.9472	0.3075
V20	0.0896	0.3606	0.8187	0.9552	0.2985	0.0750	0.2997	0.8512	0.9625	0.2477
V21	0.1534	0.5128	0.7342	0.9233	0.4065	0.0951	0.3229	0.8372	0.9524	0.2570

Digitálni fotoaparát Nikon Coolpix S2600

	Kon D50	Entro D50	Energ D50	Homo D50	SumEntro D50	Kon D65	Entro D65	Energ D65	Homo D65	SumEntro D65
V0	0.0883	0.3185	0.8394	0.9559	0.2573	0.0945	0.3365	0.8299	0.9527	0.2709
V1	0.0964	0.3508	0.8230	0.9518	0.2840	0.0906	0.3291	0.8349	0.9547	0.2664
V2	0.0610	0.2332	0.8838	0.9695	0.1909	0.1577	0.5341	0.7251	0.9211	0.4248
V3	0.0516	0.2133	0.8932	0.9742	0.1776	0.0883	0.3175	0.8397	0.9559	0.2564
V4	0.1004	0.4377	0.7783	0.9498	0.3682	0.1673	0.6613	0.6591	0.9163	0.5454

V5	0.1213	0.6059	0.6912	0.9393	0.5218	0.0745	0.3862	0.8099	0.9627	0.3345
V6	0.1090	0.5899	0.6977	0.9455	0.5144	0.0970	0.5139	0.7468	0.9515	0.4467
V7	0.0933	0.5512	0.7157	0.9533	0.4865	0.0657	0.3982	0.8017	0.9671	0.3526
V8	0.0803	0.4586	0.7703	0.9599	0.4029	0.0599	0.3445	0.8293	0.9700	0.3029
V9	0.0694	0.3726	0.8149	0.9653	0.3245	0.0886	0.4788	0.7571	0.9557	0.4173
V10	0.0735	0.3859	0.8035	0.9633	0.3349	0.0764	0.4091	0.7923	0.9618	0.3562
V11	0.0699	0.3672	0.8163	0.9650	0.3188	0.0416	0.2445	0.8791	0.9792	0.2157
V12	0.0732	0.3702	0.8145	0.9634	0.3195	0.0736	0.3620	0.8183	0.9632	0.3110
V13	0.0573	0.3388	0.8326	0.9713	0.2991	0.0416	0.2152	0.8913	0.9792	0.1864
V14	0.1017	0.4703	0.7573	0.9491	0.3998	0.0428	0.2391	0.8813	0.9786	0.2094
V15	0.0774	0.3694	0.8141	0.9613	0.3157	0.0740	0.3037	0.8473	0.9630	0.2524
V16	0.1107	0.4599	0.7654	0.9447	0.3831	0.0784	0.3470	0.8257	0.9608	0.2927
V17	0.0681	0.3052	0.8479	0.9659	0.2580	0.0461	0.2544	0.8714	0.9770	0.2225
V18	0.0675	0.3103	0.8453	0.9662	0.2635	0.1004	0.4167	0.7909	0.9498	0.3471
V19	0.1089	0.4414	0.7742	0.9455	0.3659	0.1016	0.4141	0.7877	0.9492	0.3437
V20	0.0534	0.2440	0.8786	0.9733	0.2070	0.0508	0.2369	0.8826	0.9746	0.2018
V21	0.0617	0.2479	0.8763	0.9692	0.2052	0.0565	0.2185	0.8919	0.9718	0.1793
Mobilni telefon Samsung Galaxy J5										
	Kon D50	Entro D50	Energ D50	Homo D50	SumEntro D50	Kon D65	Entro D65	Energ D65	Homo D65	SumEntro D65
V0	0.1399	0.4886	0.7486	0.9301	0.3917	0.0002	0.0014	0.9996	0.9999	0.0012
V1	0.1387	0.4895	0.7488	0.9307	0.3933	0.0027	0.0126	0.9946	0.9986	0.0107
V2	0.1540	0.5397	0.7230	0.9230	0.4330	0.0045	0.0216	0.9911	0.9977	0.0185
V3	0.1878	0.6568	0.6615	0.9061	0.5266	0.0102	0.0509	0.9797	0.9949	0.0438
V4	0.1894	0.7591	0.6117	0.9053	0.6279	0.0252	0.1260	0.9463	0.9874	0.1086
V5	0.1467	0.6926	0.6500	0.9266	0.5909	0.0265	0.1499	0.9359	0.9867	0.1315
V6	0.1381	0.6995	0.6445	0.9310	0.6038	0.0219	0.1210	0.9480	0.9890	0.1058
V7	0.1252	0.6478	0.6727	0.9374	0.5610	0.0223	0.1288	0.9406	0.9888	0.1133
V8	0.1314	0.6692	0.6559	0.9343	0.5781	0.0170	0.1043	0.9546	0.9915	0.0925
V9	0.1307	0.6392	0.6705	0.9346	0.5486	0.0185	0.1083	0.9508	0.9907	0.0955
V10	0.1296	0.6036	0.6910	0.9352	0.5138	0.0210	0.1070	0.9492	0.9895	0.0925
V11	0.1297	0.6004	0.6906	0.9351	0.5104	0.0224	0.1109	0.9464	0.9888	0.0954
V12	0.1355	0.5932	0.6957	0.9322	0.4993	0.0298	0.1376	0.9331	0.9851	0.1169
V13	0.1065	0.4850	0.7566	0.9467	0.4112	0.0197	0.0976	0.9551	0.9902	0.0839
V14	0.1184	0.5185	0.7357	0.9408	0.4364	0.0201	0.0923	0.9570	0.9900	0.0784
V15	0.1144	0.5030	0.7433	0.9428	0.4237	0.0174	0.0874	0.9573	0.9913	0.0753
V16	0.1193	0.5034	0.7444	0.9403	0.4207	0.0050	0.0287	0.9900	0.9975	0.0252
V17	0.1321	0.5152	0.7367	0.9339	0.4236	0.0246	0.1099	0.9467	0.9877	0.0929
V18	0.1128	0.4539	0.7701	0.9436	0.3757	0.0133	0.0588	0.9725	0.9933	0.0496
V19	0.1233	0.4821	0.7527	0.9383	0.3966	0.0124	0.0597	0.9725	0.9938	0.0511
V20	0.1084	0.4509	0.7714	0.9458	0.3758	0.0208	0.0895	0.9581	0.9896	0.0751
V21	0.1221	0.4388	0.7752	0.9390	0.3542	0.0002	0.0017	0.9996	0.9999	0.0016
Mobilni telefon Nokia Lumia 630										
	Kon D50	Entro D50	Energ D50	Homo D50	SumEntro D50	Kon D65	Entro D65	Energ D65	Homo D65	SumEntro D65
V0	0.0603	0.2578	0.8688	0.9699	0.2160	0.0708	0.2912	0.8512	0.9646	0.2422

V1	0.0458	0.2099	0.8922	0.9771	0.1781	0.0811	0.3131	0.8412	0.9595	0.2569
V2	0.0582	0.2537	0.8701	0.9709	0.2133	0.0904	0.3378	0.8274	0.9548	0.2751
V3	0.0802	0.3235	0.8408	0.9599	0.2679	0.1214	0.4416	0.7752	0.9393	0.3575
V4	0.1058	0.4202	0.7928	0.9471	0.3469	0.1445	0.5438	0.7229	0.9278	0.4437
V5	0.0887	0.4066	0.7977	0.9557	0.3452	0.1197	0.5233	0.7368	0.9402	0.4404
V6	0.0725	0.3575	0.8254	0.9637	0.3072	0.1141	0.5305	0.7296	0.9430	0.4514
V7	0.0672	0.3621	0.8206	0.9664	0.3155	0.0940	0.4666	0.7607	0.9530	0.4015
V8	0.0734	0.3823	0.8053	0.9633	0.3314	0.0692	0.3713	0.8124	0.9654	0.3234
V9	0.0611	0.3374	0.8303	0.9694	0.2950	0.0844	0.4252	0.7835	0.9578	0.3667
V10	0.0575	0.2848	0.8614	0.9712	0.2449	0.0987	0.4679	0.7606	0.9507	0.3995
V11	0.0433	0.2600	0.8662	0.9784	0.2300	0.0898	0.4235	0.7843	0.9551	0.3612
V12	0.0453	0.2475	0.8769	0.9773	0.2160	0.0702	0.3380	0.8275	0.9649	0.2893
V13	0.0388	0.2325	0.8837	0.9806	0.2055	0.0671	0.3275	0.8368	0.9664	0.2809
V14	0.0457	0.2523	0.8740	0.9772	0.2207	0.0696	0.3115	0.8432	0.9652	0.2633
V15	0.0614	0.2873	0.8566	0.9693	0.2448	0.0698	0.3327	0.8340	0.9651	0.2843
V16	0.0598	0.2741	0.8668	0.9701	0.2326	0.0697	0.3360	0.8344	0.9652	0.2822
V17	0.0536	0.2620	0.8660	0.9732	0.2249	0.0696	0.3260	0.8366	0.9652	0.2777
V18	0.0500	0.2366	0.8816	0.9750	0.2019	0.0903	0.3596	0.8163	0.9549	0.2971
V19	0.0619	0.2724	0.8648	0.9691	0.2295	0.0728	0.3108	0.8432	0.9636	0.2603
V20	0.0403	0.2177	0.8915	0.9799	0.1898	0.0626	0.3036	0.8438	0.9687	0.2601
V21	0.0351	0.1705	0.9154	0.9825	0.1462	0.0686	0.2796	0.8586	0.9657	0.2321

Mobilni telefon iPhone 5

	Kon D50	Entro D50	Energ D50	Homo D50	SumEntro D50	Kon D65	Entro D65	Energ D65	Homo D65	SumEntro D65
V0	0.0333	0.1296	0.9393	0.9833	0.1065	0.1368	0.4701	0.7590	0.9316	0.3753
V1	0.0424	0.1698	0.9195	0.9788	0.1404	0.1502	0.5136	0.7361	0.9249	0.4095
V2	0.0618	0.2253	0.8898	0.9691	0.1825	0.1885	0.6259	0.6751	0.9058	0.4952
V3	0.0907	0.3344	0.8351	0.9546	0.2715	0.2130	0.7082	0.6307	0.8935	0.5606
V4	0.0941	0.3810	0.8145	0.9530	0.3157	0.1989	0.7534	0.6099	0.9005	0.6155
V5	0.0731	0.3553	0.8283	0.9635	0.3047	0.1556	0.7099	0.6350	0.9222	0.6020
V6	0.0650	0.3308	0.8404	0.9675	0.2858	0.1462	0.7124	0.6335	0.9269	0.6111
V7	0.0549	0.2982	0.8551	0.9725	0.2601	0.1261	0.6419	0.6715	0.9369	0.5545
V8	0.0597	0.3340	0.8331	0.9701	0.2926	0.1219	0.6290	0.6809	0.9390	0.5445
V9	0.0577	0.3018	0.8515	0.9711	0.2618	0.1237	0.6308	0.6762	0.9381	0.5450
V10	0.0569	0.2811	0.8594	0.9715	0.2417	0.1257	0.5936	0.6938	0.9372	0.5065
V11	0.0520	0.2506	0.8801	0.9740	0.2145	0.1278	0.5820	0.7023	0.9361	0.4934
V12	0.0616	0.2822	0.8631	0.9692	0.2395	0.1330	0.5724	0.7078	0.9335	0.4802
V13	0.0569	0.2682	0.8658	0.9715	0.2288	0.1243	0.5253	0.7342	0.9378	0.4391
V14	0.0566	0.2661	0.8645	0.9717	0.2268	0.1114	0.5006	0.7454	0.9443	0.4234
V15	0.0552	0.2528	0.8743	0.9724	0.2145	0.1087	0.4639	0.7675	0.9456	0.3885
V16	0.0546	0.2307	0.8855	0.9727	0.1928	0.0992	0.4169	0.7916	0.9504	0.3481
V17	0.0502	0.2281	0.8885	0.9749	0.1933	0.1294	0.5200	0.7349	0.9353	0.4303
V18	0.0518	0.2162	0.8931	0.9741	0.1803	0.0968	0.4133	0.7923	0.9516	0.3462
V19	0.0673	0.2769	0.8593	0.9664	0.2303	0.1221	0.4794	0.7575	0.9389	0.3947
V20	0.0692	0.2853	0.8573	0.9654	0.2373	0.1189	0.4832	0.7561	0.9406	0.4008

V21	0.0446	0.1676	0.9186	0.9777	0.1367	0.1267	0.4477	0.7721	0.9366	0.3599
-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Tabela P3.8. TREĆI SET uzoraka – ISO metoda

Skener CanoScan LIDE 210				
	ISO M 300	ISO G 300	ISO M 600	ISO G 600
V0	0.6629	4.5676	0.7834	5.5733
V1	0.7077	5.0288	0.7985	5.9831
V2	0.7320	5.5161	0.8233	6.3986
V3	0.8980	5.9212	0.9894	6.7259
V4	1.6151	6.2468	1.6233	7.0139
V5	1.9600	6.2380	2.0103	6.9999
V6	2.3373	6.1698	2.3744	6.8954
V7	2.4855	6.0195	2.5074	6.7598
V8	2.7293	6.0700	2.7582	6.8273
V9	3.2380	5.8531	3.3162	6.5970
V10	3.6418	5.5684	3.6719	6.3689
V11	3.9898	5.4398	4.0052	6.2441
V12	4.1194	5.3787	4.1703	6.2078
V13	4.0716	5.2977	4.1223	6.1205
V14	4.1848	5.1788	4.1821	6.0347
V15	4.4479	5.0800	4.4675	5.9374
V16	4.4006	5.0716	4.4240	5.9624
V17	4.4352	5.0003	4.4657	5.8781
V18	4.6071	4.9551	4.6347	5.8530
V19	4.5177	4.8420	4.5289	5.7377
V20	4.6630	4.8887	4.6898	5.8210
V21	0.7239	4.5651	0.8575	5.5598
Skener Epson V370 Perfection				
	ISO M 300	ISO G 300	ISO M 600	ISO G 600
V0	1.1298	4.4793	1.1388	5.9823
V1	1.0484	5.1627	1.0575	6.6178
V2	1.1418	5.8252	1.1297	7.1159
V3	1.3747	6.5652	1.3472	7.6983
V4	2.3211	7.0457	2.3198	8.0938
V5	2.6300	7.0259	2.6048	8.0626
V6	2.9661	6.9468	2.9539	7.9822
V7	3.3666	6.7633	3.3732	7.8193
V8	3.5516	6.7193	3.5139	7.7968
V9	4.1294	6.4720	4.0999	7.5923
V10	4.8591	5.9814	4.8225	7.1736
V11	4.9538	5.8236	4.9208	7.0367
V12	5.0979	5.7327	5.0729	6.9858
V13	5.0332	5.6308	4.9982	6.8925
V14	5.3916	5.4429	5.3701	6.7321

V15	5.5623	5.2683	5.5497	6.5729
V16	5.6553	5.2757	5.6428	6.5963
V17	5.4965	5.1852	5.4781	6.5216
V18	5.6455	5.0398	5.6022	6.4128
V19	5.8868	5.0029	5.8481	6.3793
V20	5.7670	4.9447	5.7308	6.3342
V21	0.8859	4.5288	0.9082	6.0227
Skener HP ScanJet G4010				
	ISO M 300	ISO G 300	ISO M 600	ISO G 600
V0	0.8369	6.6974	1.0799	6.8739
V1	0.8381	7.2973	1.0731	7.3833
V2	0.9832	7.6062	1.2898	7.7278
V3	1.2330	7.9997	1.4434	8.1407
V4	1.8886	8.2307	2.0378	8.3978
V5	2.5148	8.2445	2.7304	8.3940
V6	2.8558	8.1266	2.9674	8.2919
V7	3.0280	8.0092	3.2150	8.1420
V8	3.2608	8.0023	3.4074	8.1280
V9	3.8408	7.8097	4.0418	7.8990
V10	4.3568	7.4388	4.5091	7.5736
V11	4.6354	7.3124	4.7437	7.4230
V12	4.7261	7.2200	4.8672	7.3339
V13	4.7549	7.1875	4.8842	7.2852
V14	4.9658	7.0202	5.0648	7.1427
V15	5.2302	6.9077	5.4116	7.0160
V16	5.1720	6.8963	5.3410	6.9992
V17	5.1669	6.8382	5.3177	6.9460
V18	5.0770	6.7710	5.1788	6.8659
V19	5.2576	6.9822	5.2884	7.0323
V20	5.5619	6.9499	5.7263	7.1649
V21	0.7890	6.6422	1.0323	6.8482
Digitalni fotoaparat Canon EOS D550				
	ISO M D50	ISO G D50	ISO M D65	ISO G D65
V0	6.9689	1.6016	7.3309	2.1136
V1	6.8057	1.7898	6.5649	2.6743
V2	7.0048	2.6495	6.7709	3.5107
V3	6.8756	3.3635	7.0195	4.1897
V4	6.7713	4.2562	6.6983	4.6246
V5	7.0891	4.3303	7.2316	4.4047
V6	7.0891	4.3303	7.4713	4.3881
V7	8.0441	4.0861	7.5258	4.2673
V8	7.5553	3.9017	7.3575	4.2595
V9	7.3900	3.6952	7.5050	3.9522
V10	8.0914	3.3087	8.4715	3.6244

V11	8.0599	3.1746	8.1753	3.3557
V12	7.5579	2.9030	7.8638	3.2072
V13	7.6590	2.8366	7.8906	3.1446
V14	8.5514	2.7016	8.3437	3.2023
V15	8.1321	2.5917	8.4176	3.0562
V16	8.0024	2.4870	8.1961	2.7809
V17	7.8148	2.4534	8.0204	2.8943
V18	7.5707	2.1997	8.1659	2.7859
V19	8.6955	2.3575	9.0075	2.6298
V20	8.0733	2.2896	8.0869	2.7577
V21	7.2994	1.5611	7.7263	2.2887
Digitalni fotoaparati Nikon D3200				
	ISO M D50	ISO G D50	ISO M D65	ISO G D65
V0	5.0905	2.2700	5.3798	2.4611
V1	4.7624	2.3977	5.4599	2.9150
V2	5.0355	3.0897	5.3431	3.4651
V3	5.0974	3.8396	5.7180	4.0613
V4	5.2132	4.3157	5.5912	4.3944
V5	5.1456	4.2951	5.7523	4.4940
V6	5.0439	4.1958	5.5952	4.3240
V7	5.2646	4.0761	5.8761	4.1902
V8	5.2922	4.0084	6.0779	4.1351
V9	5.6726	3.7717	5.7788	3.9099
V10	5.8711	3.5319	6.4147	3.6414
V11	5.9012	3.3869	6.4274	3.3241
V12	5.7117	3.1856	5.9857	3.0835
V13	5.9423	3.1323	6.2805	3.2286
V14	6.3101	2.9016	6.6867	3.2143
V15	6.1875	2.9188	6.6277	2.9929
V16	5.8630	2.6774	6.3797	2.8016
V17	6.1826	2.8199	6.5604	3.0160
V18	6.0709	2.5106	6.1068	2.6724
V19	6.2827	2.6328	6.7442	2.7049
V20	6.0238	2.7762	6.4603	2.9167
V21	5.0267	2.2737	5.5489	2.4107
Digitalni fotoaparati Nikon Coolpix S2600				
	ISO M D50	ISO G D50	ISO M D65	ISO G D65
V0	10.9394	2.2697	10.3951	2.3445
V1	11.5887	2.6311	11.6979	2.6391
V2	13.0638	3.0907	11.7288	3.3396
V3	13.3771	2.9646	11.4289	3.9886
V4	11.8757	4.1752	10.1843	4.6050
V5	11.5217	4.6502	11.0299	4.7130
V6	12.6201	4.6514	10.9422	4.5947

V7	12.5561	4.2913	11.7974	4.2660
V8	12.2422	4.3885	12.3595	4.3405
V9	12.3374	4.1777	12.2700	4.1986
V10	12.5348	3.8090	11.4236	3.7341
V11	13.6456	3.7711	9.9179	3.3566
V12	12.4825	3.5898	11.0484	3.4030
V13	12.4226	3.3322	10.7307	3.3396
V14	13.4649	3.4572	11.8479	3.2451
V15	13.8596	3.3307	12.0399	3.1609
V16	12.3811	3.1229	13.4620	3.1311
V17	12.8129	3.1443	13.6642	2.9386
V18	12.1682	2.9016	13.8066	3.0304
V19	15.1229	3.0646	14.2269	2.8594
V20	13.7697	3.0327	12.0022	2.8104
V21	13.7981	2.4919	11.7723	2.3847
Mobilni telefon Samsung Galaxy J5				
	ISO M D50	ISO G D50	ISO M D65	ISO G D65
V0	6.2499	2.6347	5.1948	2.4008
V1	6.5105	2.7816	5.6124	2.5410
V2	6.3283	3.1848	5.8015	2.9934
V3	6.4432	3.8608	5.9026	3.8095
V4	6.3125	4.6920	6.1797	4.7766
V5	6.8035	4.8139	6.2777	4.9117
V6	6.5030	4.6900	6.3042	4.7485
V7	6.9197	4.6472	6.4836	4.7026
V8	6.8734	4.5644	6.0776	4.6026
V9	7.4125	4.3952	6.3507	4.3406
V10	7.0035	3.9690	6.7292	3.9335
V11	7.8927	3.8889	6.9056	3.8197
V12	7.1318	3.7372	6.8376	3.6078
V13	7.8082	3.6936	6.7931	3.6179
V14	7.3990	3.5466	7.0817	3.4610
V15	7.6017	3.4376	6.9784	3.3130
V16	7.8911	3.3009	6.9460	3.1536
V17	7.8131	3.3319	6.8726	3.2108
V18	8.1252	3.1343	6.8287	2.9372
V19	8.3019	3.1167	7.4832	2.9881
V20	7.7704	3.1996	7.1782	3.1020
V21	6.5869	2.6507	5.4726	2.4215
Mobilni telefon Nokia Lumia 630				
	ISO M D50	ISO G D50	ISO M D65	ISO G D65
V0	9.0238	3.0431	11.0502	3.3363
V1	9.2000	3.1098	11.1915	3.5828
V2	9.2054	3.4922	11.0822	3.9523

V3	10.1110	4.9661	11.3595	4.8610
V4	9.8983	5.9536	10.7198	5.9022
V5	9.6451	5.9287	11.7311	5.7766
V6	9.9411	5.8113	11.9916	5.7729
V7	10.1956	5.7209	11.6389	5.5306
V8	9.7406	5.4659	11.4427	5.5635
V9	10.5621	5.5802	11.8282	5.3303
V10	10.6143	4.9867	11.9254	4.8504
V11	10.8795	4.8588	11.7711	4.7530
V12	10.6512	4.5374	11.8677	4.5703
V13	10.9920	4.5215	12.3743	4.6084
V14	10.9601	4.3896	12.1300	4.3093
V15	10.7492	4.2358	11.7723	4.4368
V16	11.1471	4.0300	11.5445	4.4293
V17	11.0836	4.0573	11.4136	4.3515
V18	10.3881	3.7487	11.6457	3.8097
V19	11.5809	3.9477	11.4635	4.0637
V20	11.8603	4.2081	13.3350	4.3933
V21	10.8512	3.3854	11.2976	3.3570
Mobilni telefon iPhone 5				
	ISO M D50	ISO G D50	ISO M D65	ISO G D65
V0	7.127551	2.71788	6.6045	2.8356
V1	7.640062	3.075333	6.5694	3.1617
V2	6.757291	3.72393	6.5844	3.8279
V3	7.3141	4.4522	6.6552	4.5133
V4	7.7490	4.9516	6.8208	5.0384
V5	7.3449	4.9938	6.9118	5.0867
V6	7.5346	4.8201	6.6827	4.9401
V7	7.3691	4.7334	6.8804	4.8223
V8	7.0739	4.6964	7.2245	4.8287
V9	7.3393	4.5307	7.2793	4.6161
V10	8.1245	4.0506	7.7816	4.1624
V11	7.7653	3.9981	7.9655	4.1098
V12	8.8437	3.7940	8.0157	3.9206
V13	8.1028	3.7781	7.8694	3.8903
V14	8.1312	3.6258	8.0863	3.7197
V15	8.5138	3.5299	7.8442	3.6606
V16	8.2316	3.3592	8.0683	3.4860
V17	7.7631	3.4068	8.0134	3.5624
V18	8.0799	3.1402	8.1842	3.3009
V19	8.7823	3.1804	8.8968	3.2999
V20	8.8381	3.3895	8.3594	3.4321
V21	7.7844	2.7458	7.1867	2.8363

Tabela P3.9. TREĆI SET uzoraka – Integralna metoda

Skener CanoScan LIDE 210				
	IntModel 300	newIntModel 300	IntModel 600	newIntModel 600
V0	6.37	14.24	6.21	13.45
V1	8.71	14.38	8.67	13.80
V2	13.68	20.00	13.72	20.05
V3	19.01	31.27	19.06	31.47
V4	17.84	27.87	17.82	27.62
V5	13.95	21.50	13.92	21.87
V6	11.64	25.61	11.60	25.75
V7	9.87	20.20	9.79	20.15
V8	8.84	19.01	8.75	17.36
V9	7.51	21.18	7.40	19.70
V10	6.59	13.90	6.45	13.35
V11	6.46	12.13	6.30	11.61
V12	6.58	14.45	6.43	13.83
V13	6.47	13.35	6.38	15.82
V14	6.48	13.61	6.31	12.94
V15	6.32	11.62	6.14	11.28
V16	6.47	13.40	6.31	13.05
V17	6.34	12.03	6.22	12.86
V18	6.42	13.40	6.27	12.99
V19	6.31	12.01	6.15	11.34
V20	6.46	14.53	6.32	15.00
V21	6.41	14.55	6.29	14.82
Skener Epson V370 Perfection				
	IntModel 300	newIntModel 300	IntModel 600	newIntModel 600
V0	9.26	19.19	9.41	18.99
V1	11.70	18.81	12.00	18.96
V2	17.25	25.83	17.61	26.32
V3	23.86	38.95	24.09	39.49
V4	22.80	37.52	22.87	36.72
V5	18.10	28.32	18.13	28.17
V6	15.43	33.93	15.46	34.30
V7	13.50	27.03	13.60	27.25
V8	12.02	25.39	12.13	24.76
V9	10.53	26.45	10.70	25.31
V10	9.64	19.42	9.83	19.98
V11	9.51	17.97	9.69	18.57
V12	9.47	19.10	9.64	19.23
V13	9.36	17.63	9.53	17.41
V14	9.43	20.09	9.62	20.01

V15	9.35	17.83	9.53	18.13
V16	9.45	19.31	9.65	19.05
V17	9.38	18.26	9.54	18.59
V18	9.24	18.54	9.43	18.50
V19	9.33	17.17	9.54	17.72
V20	9.37	16.93	9.55	17.18
V21	9.46	17.86	9.64	17.97
Skener HP ScanJet G4010				
	IntModel 300	newIntModel 300	IntModel 600	newIntModel 600
V0	7.72	18.18	7.31	16.67
V1	10.92	17.20	10.46	16.69
V2	16.96	24.59	16.57	24.10
V3	23.27	38.39	23.15	38.24
V4	21.44	34.83	21.58	33.99
V5	16.81	26.04	16.82	26.68
V6	14.03	30.23	13.97	30.90
V7	12.06	23.12	11.91	23.02
V8	10.63	23.07	10.45	22.07
V9	9.19	25.49	8.90	23.15
V10	8.07	18.33	7.71	17.23
V11	7.96	16.67	7.60	16.30
V12	7.93	15.78	7.57	15.23
V13	7.84	15.63	7.47	16.12
V14	7.84	16.13	7.43	15.07
V15	7.68	15.33	7.30	14.84
V16	7.82	15.69	7.41	15.20
V17	7.67	15.65	7.29	15.06
V18	7.68	15.28	7.30	14.34
V19	7.72	15.27	7.26	13.53
V20	7.82	18.77	7.44	18.34
V21	7.82	19.21	7.44	18.62
Digitalni fotoaparati Nikon D3200				
	IntModel D50	newIntModel D50	IntModel D65	newIntModel D65
V0	7.32	26.99	8.10	37.34
V1	8.29	21.97	9.97	36.04
V2	12.51	27.10	13.76	31.79
V3	17.11	27.40	18.22	33.32
V4	15.72	34.42	16.09	37.41
V5	12.12	25.50	12.95	33.86
V6	10.32	25.32	11.08	34.01
V7	9.54	32.81	10.48	46.85
V8	8.22	26.07	9.33	43.33
V9	7.75	30.21	8.29	35.15

V10	7.47	28.19	8.47	42.34
V11	7.57	31.46	8.27	51.28
V12	7.20	20.02	7.47	30.02
V13	7.22	22.59	8.07	37.02
V14	7.18	28.42	8.50	45.23
V15	7.18	26.93	8.11	43.87
V16	7.25	24.45	8.26	41.53
V17	7.24	27.64	8.39	46.82
V18	7.13	26.42	7.91	35.97
V19	7.36	26.98	8.22	44.01
V20	7.06	23.97	8.03	39.81
V21	7.26	28.11	8.30	44.51
Digitalni fotoaparati Nikon Coolpix S2600				
	IntModel D50	newIntModel D50	IntModel D65	newIntModel D65
V0	13.65	134.21	13.33	124.10
V1	15.25	142.23	15.78	147.62
V2	18.07	151.53	18.16	139.25
V3	18.11	150.90	20.58	108.00
V4	20.29	129.29	21.43	90.11
V5	19.11	114.36	19.03	108.20
V6	19.36	153.19	17.50	113.64
V7	17.92	167.95	17.80	150.27
V8	16.46	144.26	16.96	147.07
V9	16.00	150.54	16.51	147.72
V10	15.13	151.43	14.37	132.19
V11	17.08	177.06	11.37	111.61
V12	15.40	153.73	12.96	113.13
V13	14.50	157.37	11.95	108.18
V14	16.12	162.48	13.96	137.10
V15	16.81	175.82	14.42	142.42
V16	14.76	143.58	16.54	167.29
V17	15.48	156.78	16.99	184.32
V18	14.71	147.66	17.62	179.75
V19	17.72	186.36	17.19	176.18
V20	16.40	173.67	14.64	150.95
V21	17.19	176.93	15.46	154.68

PRILOG P4

Rezultati statističke procene uticajnih parametara na vrednost površinske neuniformnosti

CANOSCAN LIDE 210

Tabela P4.1. Rezultati statističke procene uticaja rezolucije na vrednost površinske neuniformnosti. Pearson-ov koeficijent korelacije između različitih rezolucija skeniranja (300, 600 i 1200 spi) za sve metode merenja površinske neuniformnosti (**PRVI SET** uzoraka, skener: **CanoScan LIDE 210**)

	GLCM Kontrast	GLCM Entropija	GLCM Energija	GLCM Homogenost	GLCM Sum Entropija	ISO M	ISO G	Int Model	New IntModel
300 - 600	0.986	0.998	0.998	0.986	0.997	0.999	1.000	1.000	1.000
Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
300 - 1200	0.940	0.997	0.997	0.941	0.997	0.993	1.000	-	-
Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
600 - 1200	0.982	0.998	0.998	0.982	0.998	0.997	1.000	-	-
Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		

Tabela P4.2. Rezultati statističke procene uticaja rezolucije na vrednost površinske neuniformnosti. Pearson-ov koeficijent korelacije između različitih rezolucija skeniranja (300, 600 i 1200 spi) za sve metode merenja površinske neuniformnosti (**DRUGI SET** uzoraka, skener: **CanoScan LIDE 210**)

	GLCM Kontrast	GLCM Entropija	GLCM Energija	GLCM Homogenost	GLCM Sum Entropija	ISO M	ISO G	Int Model	New IntModel
300 - 600	0.981	0.995	0.995	0.981	0.996	1.000	1.000	0.990	0.934
Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
300 - 1200	0.978	0.997	0.997	0.978	0.998	1.000	1.000	-	-
Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
600 - 1200	0.994	0.999	0.999	0.994	0.999	1.000	1.000	-	-
Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		

Tabela P4.3. Rezultati statističke procene uticaja rezolucije na vrednost površinske neuniformnosti. Pearson-ov koeficijent korelacije između različitih rezolucija skeniranja (300, 600 i 1200 spi) za sve metode merenja površinske neuniformnosti (**TREĆI SET** uzoraka, skener: **CanoScan LIDE 210**)

	GLCM Kontrast	GLCM Entropija	GLCM Energija	GLCM Homogenost	GLCM Sum Entropija	ISO M	ISO G	Int Model	New IntModel
300 - 600	0.959	0.985	0.981	0.959	0.986	1.000	0.998	1.000	0.989
Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

300 - 1200	0.946	0.989	0.988	0.947	0.986	1.000	0.998	-	-
Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
600 - 1200	0.975	0.994	0.992	0.975	0.994	1.000	0.999	-	-
Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		

EPSON V370 PERFECTION

Tabela P4.4. Rezultati statističke procene uticaja rezolucije na vrednost površinske neuniformnosti. Pearson-ov koeficijent korelacije između različitih rezolucija skeniranja (300, 600 i 1200 spi) za sve metode merenja površinske neuniformnosti (**PRVI SET** uzoraka, skener: **Epson V370 Perfection**)

	GLCM Kontrast	GLCM Entropija	GLCM Energija	GLCM Homogenost	GLCM Sum Entropija	ISO M	ISO G	Int Model	New IntModel
300 - 600	0.985	0.999	0.999	0.986	0.999	0.996	1.000	1.000	1.000
Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
300 - 1200	-0.297	0.993	0.991	-0.298	0.994	0.997	0.999	-	-
Sig. (2-tailed)	0.405	0.000	0.000	0.403	0.000	0.000	0.000		
600 - 1200	-0.135	0.997	0.996	-0.137	0.998	0.999	1.000	-	-
Sig. (2-tailed)	0.710	0.000	0.000	0.706	0.000	0.000	0.000		

Tabela P4.5. Rezultati statističke procene uticaja rezolucije na vrednost površinske neuniformnosti. Pearson-ov koeficijent korelacije između različitih rezolucija skeniranja (300, 600 i 1200 spi) za sve metode merenja površinske neuniformnosti (**DRUGI SET** uzoraka, skener: **Epson V370 Perfection**)

	GLCM Kontrast	GLCM Entropija	GLCM Energija	GLCM Homogenost	GLCM Sum Entropija	ISO M	ISO G	Int Model	New IntModel
300 - 600	0.995	0.996	0.997	0.995	0.996	1.000	1.000	0.999	0.995
Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
300 - 1200	-0.267	0.970	0.967	-0.337	0.978	1.000	0.999	-	-
Sig. (2-tailed)	0.286	0.000	0.000	0.285	0.000	0.000	0.000		
600 - 1200	-0.266	0.987	0.983	-0.266	0.992	1.000	1.000	-	-
Sig. (2-tailed)	0.404	0.000	0.000	0.404	0.000	0.000	0.000		

Tabela P4.6. Rezultati statističke procene uticaja rezolucije na vrednost površinske neuniformnosti. Pearson-ov koeficijent korelacije između različitih rezolucija skeniranja (300, 600 i 1200 spi) za sve metode merenja površinske neuniformnosti (**TREĆI SET** uzoraka, skener: **Epson V370 Perfection**)

	GLCM Kontrast	GLCM Entropija	GLCM Energija	GLCM Homogenost	GLCM Sum Entropija	ISO M	ISO G	Int Model	New IntModel
300 - 600	0.947	0.958	0.951	0.947	0.955	1.000	0.999	1.000	0.998
Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
300 - 1200	0.398	0.706	0.599	0.396	0.749	1.000	0.999	-	-
Sig. (2-tailed)	0.067	0.000	0.003	0.068	0.000	0.000	0.000		
600 - 1200	0.643	0.875	0.807	0.641	0.908	1.000	1.000	-	-
Sig. (2-tailed)	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000		

HP SCANJET G4010

Tabela P4.7. Rezultati statističke procene uticaja rezolucije na vrednost površinske neuniformnosti. Pearson-ov koeficijent korelacije između različitih rezolucija skeniranja (300, 600 i 1200 spi) za sve metode merenja površinske neuniformnosti (**PRVI SET** uzoraka, skener: **HP ScanJet G4010**)

	GLCM Kontrast	GLCM Entropija	GLCM Energija	GLCM Homogenost	GLCM Sum Entropija	ISO M	ISO G	Int Model	New IntModel
300 - 600	0.986	0.837	-0.475	0.987	0.989	1.000	1.000	1.000	0.998
Sig. (2-tailed)	0.000	0.003	0.166	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
300 - 1200	0.994	0.741	0.295	0.995	0.974	1.000	1.000	-	-
Sig. (2-tailed)	0.000	0.014	0.408	0.000	0.000	0.000	0.000		
600 - 1200	0.993	0.637	0.318	0.993	0.949	1.000	1.000	-	-
Sig. (2-tailed)	0.000	0.048	0.371	0.000	0.000	0.000	0.000		

Tabela P4.8. Rezultati statističke procene uticaja rezolucije na vrednost površinske neuniformnosti. Pearson-ov koeficijent korelacije između različitih rezolucija skeniranja (300, 600 i 1200 spi) za sve metode merenja površinske neuniformnosti (**DRUGI SET** uzoraka, skener: **HP ScanJet G4010**)

	GLCM Kontrast	GLCM Entropija	GLCM Energija	GLCM Homogenost	GLCM Sum Entropija	ISO M	ISO G	Int Model	New IntModel
300 - 600	0.999	0.968	0.973	0.999	0.991	1.000	1.000	0.998	0.979
Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
300 - 1200	0.998	0.966	0.986	0.998	0.992	1.000	1.000	-	-
Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
600 - 1200	0.999	0.984	0.973	0.999	0.990	1.000	0.999	-	-
Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabela P4.9. Rezultati statističke procene uticaja rezolucije na vrednost površinske neuniformnosti. Pearson-ov koeficijent korelacije između različitih rezolucija skeniranja (300, 600 i 1200 spi) za sve metode merenja površinske neuniformnosti (TREĆI SET uzoraka, skener: HP ScanJet G4010)

	GLCM Kontrast	GLCM Entropija	GLCM Energija	GLCM Homogenost	GLCM Sum Entropija	ISO M	ISO G	Int Model	New IntModel
300 - 600	0.950	0.953	0.958	0.950	0.961	1.000	0.997	1.000	0.995
Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
300 - 1200	0.950	0.953	0.958	0.950	0.961	1.000	0.997	-	-
Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
600 - 1200	0.745	0.810	0.799	0.745	0.852	1.000	0.990	-	-
Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabela P4.10. Rezultati statističke procene uticaja različitog skenera na vrednost površinske neuniformnosti. Pearson-ov koeficijent korelacije između različitih skenera za digitalizaciju uzoraka za sve metode merenja površinske neuniformnosti

	Kont	Entro	Energ	Homog	Sum Entro	ISO_M	ISO_G	Int Model	newInt Model
Prvi set uzoraka									
1//2	0,99	1,00	1,00	0,99	0,99	0,98	1,00	1,00	0,99
Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1//3	-0,95	0,95	0,91	-0,95	0,98	1,00	1,00	1,00	0,99
Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2//3	-0,98	0,95	0,89	-0,98	0,98	0,99	1,00	1,00	0,98
Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
300 spi									
1//2	0,98	1,00	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99
Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1//3	-0,94	0,70	-0,66	-0,94	0,97	1,00	1,00	1,00	0,99
Sig. (2-tailed)	0,000	0,023	0,039	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2//3	-0,98	0,71	-0,67	-0,98	0,97	1,00	1,00	1,00	0,97
Sig. (2-tailed)	0,000	0,023	0,033	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
600 spi									
1//2	-0,04	0,98	0,98	-0,04	0,99	1,00	1,00	-	-
Sig. (2-tailed)	0,918	0,000	0,000	0,916	0,000	0,000	0,000		
1//3	-0,85	0,61	-0,06	-0,85	0,96	1,00	1,00	-	-
Sig. (2-tailed)	0,002	0,063	0,859	0,002	0,000	0,000	0,000		
2//3	0,32	0,58	-0,16	0,32	0,94	0,99	1,00	-	-
Sig. (2-tailed)	0,370	0,082	0,661	0,366	0,000	0,000	0,000		
1200 spi									
Drugi set uzoraka									
1//2	0,94	1,00	1,00	0,94	1,00	1,00	1,00	0,98	0,78
Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003
300 spi									

1//3	-0,87	0,30	-0,47	-0,87	0,78	1,00	1,00	1,00	0,98	
Sig. (2-tailed)	0,000	0,336	0,122	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	
2//3	-0,97	0,32	-0,46	-0,97	0,78	1,00	1,00	0,99	0,85	
Sig. (2-tailed)	0,000	0,317	0,133	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,001	
1//2	0,92	1,00	1,00	0,92	1,00	1,00	1,00	0,99	0,80	
Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	
1//3	-0,83	0,16	-0,57	-0,83	0,76	1,00	1,00	0,99	0,87	600 spi
Sig. (2-tailed)	0,001	0,616	0,054	0,001	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	
2//3	-0,98	0,17	-0,56	-0,98	0,76	1,00	1,00	0,98	0,82	
Sig. (2-tailed)	0,000	0,603	0,056	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,001	
1//2	-0,14	0,98	0,97	-0,14	0,99	1,00	1,00	-	-	
Sig. (2-tailed)	0,661	0,000	0,000	0,661	0,000	0,000	0,000			1 200 spi
1//3	-0,81	0,13	-0,46	-0,81	0,76	1,00	1,00	-	-	
Sig. (2-tailed)	0,001	0,688	0,135	0,001	0,004	0,000	0,000			
2//3	0,36	0,29	-0,31	0,36	0,83	1,00	1,00	-	-	
Sig. (2-tailed)	0,249	0,356	0,330	0,248	0,001	0,000	0,000			
Treći set uzoraka										
1//2	0,90	0,93	0,92	0,90	0,93	1,00	1,00	1,00	0,98	
Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
1//3	-0,31	0,30	0,13	-0,31	0,54	1,00	0,97	1,00	0,99	300 spi
Sig. (2-tailed)	0,156	0,177	0,556	0,157	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	
2//3	-0,55	0,08	-0,10	-0,55	0,34	1,00	0,97	1,00	0,97	
Sig. (2-tailed)	0,009	0,722	0,649	0,009	0,127	0,000	0,000	0,000	0,000	
1//2	0,91	0,95	0,95	0,91	0,96	1,00	1,00	1,00	0,97	
Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	600 spi
1//3	-0,30	0,30	0,16	-0,30	0,56	1,00	0,98	1,00	0,99	
Sig. (2-tailed)	0,173	0,175	0,479	0,172	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	
2//3	-0,46	0,20	0,05	-0,46	0,48	1,00	0,97	1,00	0,98	
Sig. (2-tailed)	0,032	0,369	0,823	0,032	0,023	0,000	0,000	0,000	0,000	
1//2	0,71	0,91	0,84	0,71	0,94	1,00	1,00	-	-	
Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			1 200 spi
1//3	-0,29	0,41	0,28	-0,29	0,62	1,00	0,99	-	-	
Sig. (2-tailed)	0,186	0,057	0,199	0,185	0,002	0,000	0,000			
2//3	0,10	0,61	0,57	0,10	0,75	1,00	0,99	-	-	
Sig. (2-tailed)	0,652	0,003	0,005	0,654	0,000	0,000	0,000			

CANON EOS D550

Tabela P4.11. Pearson koeficijent korelacije između različitih osvetljenja prilikom uzorkovanja za sve metode merenja površinske neuniformnosti (**PRVI SET** uzoraka, digitalni fotoaparati: **Canon EOS D550**)

	GLCM kontrast	GLCM entropija	GLCM energija	GLCM homoge nost	GLCM sum entropy	ISO M	ISO G
D50 – D65	0,968	0,977	0,969	0,967	0,978	0,653	0,998
Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,041	0,000

Tabela P4.12. Pearson koeficijent korelacije između različitih osvetljenja prilikom uzorkovanja za sve metode merenja površinske neuniformnosti (**DRUGI SET** uzoraka, digitalni fotoaparati: **Canon EOS D550**)

	GLCM kontrast	GLCM entropija	GLCM energija	GLCM homoge nost	GLCM sum entropy	ISO M	ISO G
D50 – D65	0,920	0,988	0,986	0,919	0,990	0,994	0,999
Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabela P4.13. Pearson koeficijent korelacije između različitih osvetljenja prilikom uzorkovanja za sve metode merenja površinske neuniformnosti (**TREĆI SET** uzoraka, digitalni fotoaparati: **Canon EOS D550**)

	GLCM kontrast	GLCM entropija	GLCM energija	GLCM homoge nost	GLCM sum entropy	ISO M	ISO G
D50 – D65	0,709	0,669	0,652	0,708	0,690	0,903	0,968
Sig. (2-tailed)	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000

NIKON D3200

Tabela P4.14. Pearson koeficijent korelacije između različitih osvetljenja prilikom uzorkovanja za sve metode merenja površinske neuniformnosti (**PRVI SET** uzoraka, digitalni fotoaparati: **Nikon D3200**)

	GLCM kontrast	GLCM entropija	GLCM energija	GLCM homoge nost	GLCM sum entropy	ISO M	ISO G	Int Model	New IntMode
D50 – D65	0,599	0,931	0,926	0,599	0,946	0,922	1,000	0,999	0,998
Sig. (2-tailed)	0,067	0,000	0,000	0,067	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabela P4.15. Pearson koeficijent korelacije između različitih osvetljenja prilikom uzorkovanja za sve metode merenja površinske neuniformnosti (**DRUGI SET** uzoraka, digitalni fotoaparati: **Nikon D3200**)

	GLCM kontrast	GLCM entropija	GLCM energija	GLCM homoge nost	GLCM sum entropy	ISO M	ISO G	Int Model	New IntMode
D50 – D65	0,189	0,956	0,975	0,186	0,968	0,994	1,000	0,932	0,757
Sig. (2-tailed)	0,557	0,000	0,000	0,563	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004

Tabela P4.16. Pearson koeficijent korelacije između različitih osvetljenja prilikom uzorkovanja za sve metode merenja površinske neuniformnosti (**TREĆI SET** uzoraka, digitalni fotoaparati: **Nikon D3200**)

	GLCM kontrast	GLCM entropija	GLCM energija	GLCM homoge nost	GLCM sum entropy	ISO M	ISO G	Int Model	New IntMode
D50 – D65	0,755	0,798	0,776	0,756	0,832	0,931	0,981	0,994	0,468
Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,028

NIKON Coolpix S2600

Tabela P4.17. Pearson koeficijent korelacije između različitih osvetljenja prilikom uzorkovanja za sve metode merenja površinske neuniformnosti (**PRVI SET** uzoraka, digitalni fotoaparati: **Nikon Coolpix S2600**)

	GLCM kontrast	GLCM entropija	GLCM energija	GLCM homoge nost	GLCM sum entropy	ISO M	ISO G	Int Model	New IntMode
D50 – D65	0,661	0,886	0,881	0,659	0,908	0,170	0,999	0,983	0,991
Sig. (2-tailed)	0,038	0,001	0,001	0,038	0,000	0,639	0,000	0,000	0,000

Tabela P4.18. Pearson koeficijent korelacije između različitih osvetljenja prilikom uzorkovanja za sve metode merenja površinske neuniformnosti (**DRUGI SET** uzoraka, digitalni fotoaparati: **Nikon Coolpix S2600**)

	GLCM kontrast	GLCM entropija	GLCM energija	GLCM homoge nost	GLCM sum entropy	ISO M	ISO G	Int Model	New IntMode
D50 – D65	0,090	0,972	0,971	0,089	0,984	0,823	0,999	0,113	-0,217
Sig. (2-tailed)	0,781	0,000	0,000	0,783	0,000	0,001	0,000	0,726	0,499

Tabela P4.19. Pearson koeficijent korelacije između različitih osvetljenja prilikom uzorkovanja za sve metode merenja površinske neuniformnosti (**TREĆI SET** uzoraka, digitalni fotoaparati: **Nikon Coolpix S2600**)

	GLCM kontrast	GLCM entropija	GLCM energija	GLCM homoge nost	GLCM sum entropy	ISO M	ISO G	Int Model	New IntMode
D50 – D65	0,195	0,315	0,287	0,194	0,380	0,343	0,918	0,646	0,374
Sig. (2-tailed)	0,386	0,153	0,196	0,386	0,081	0,118	0,000	0,001	0,086

Tabela P4.20. Pearson koeficijent korelacije između različitih digitalnih fotoaparata za digitalizaciju uzoraka za sve metode merenja površinske neuniformnosti

	Kont	Entro	Energ	Homog	SumEntro	ISO_M	ISO_G	IntModel	newIntModel
	Prvi set uzoraka								
1//2	0,714	0,930	0,928	0,714	0,939	0,557	0,999	-	-
Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,020	0,000	0,095	0,000		
1//3	0,824	0,911	0,905	0,823	0,920	0,244	0,998	-	-
Sig. (2-tailed)	0,003	0,000	0,000	0,003	0,000	0,497	0,000		

D50

2//3	0,871	0,971	0,970	0,871	0,976	0,286	0,999	0,992	0,984	
Sig. (2-tailed)	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,423	0,000	0,000	0,000	
1//2	0,899	0,959	0,957	0,899	0,964	0,916	1,000	-	-	
Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
1//3	0,914	0,956	0,955	0,914	0,959	0,787	0,999	-	-	D65
Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,000			
2//3	0,823	0,960	0,952	0,823	0,970	0,554	1,000	0,990	0,984	
Sig. (2-tailed)	0,003	0,000	0,000	0,003	0,000	0,097	0,000	0,000	0,000	
Drugi set uzoraka										
1//2	-0,020	0,942	0,945	-0,022	0,955	0,994	0,999	-	-	
Sig. (2-tailed)	0,950	0,000	0,000	0,947	0,000	0,000	0,000			
1//3	0,338	0,962	0,958	0,338	0,966	0,911	0,999	-	-	D50
Sig. (2-tailed)	0,283	0,000	0,000	0,282	0,000	0,000	0,000			
2//3	-0,101	0,947	0,949	-0,101	0,964	0,923	0,999	0,493	0,672	
Sig. (2-tailed)	0,756	0,000	0,000	0,756	0,000	0,000	0,000	0,103	0,017	
1//2	0,568	0,960	0,958	0,566	0,967	0,994	1,000	-	-	
Sig. (2-tailed)	0,054	0,000	0,000	0,055	0,000	0,000	0,000			
1//3	-0,004	0,969	0,967	-0,007	0,973	0,920	0,999	-	-	D65
Sig. (2-tailed)	0,989	0,000	0,000	0,983	0,000	0,000	0,000			
2//3	-0,265	0,965	0,956	-0,266	0,971	0,941	0,998	0,871	0,317	
Sig. (2-tailed)	0,404	0,000	0,000	0,403	0,000	0,000	0,000	0,000	0,315	
Treći set uzoraka										
1//2	0,671	0,663	0,630	0,671	0,688	0,846	0,988	-	-	
Sig. (2-tailed)	0,001	0,001	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000			
1//3	0,222	0,597	0,596	0,222	0,666	0,628	0,948	-	-	D50
Sig. (2-tailed)	0,321	0,003	0,003	0,321	0,001	0,002	0,000			
2//3	-0,174	0,329	0,303	-0,176	0,465	0,497	0,903	0,714	0,090	
Sig. (2-tailed)	0,438	0,135	0,171	0,433	0,029	0,018	0,000	0,000	0,692	
1//2	0,580	0,499	0,464	0,581	0,520	0,875	0,989	-	-	
Sig. (2-tailed)	0,005	0,018	0,030	0,005	0,013	0,000	0,000			
1//3	0,517	0,490	0,453	0,517	0,513	0,462	0,981	-	-	D65
Sig. (2-tailed)	0,014	0,021	0,034	0,014	0,015	0,030	0,000			
2//3	0,411	0,436	0,405	0,411	0,482	0,446	0,973	0,771	0,375	
Sig. (2-tailed)	0,057	0,043	0,062	0,057	0,023	0,038	0,000	0,000	0,085	

SAMSUNG GALAXY J

Tabela P4.21. Pearson koeficijent korelacije između različitih osvetljenja prilikom uzorkovanja za sve metode merenja površinske neuniformnosti (**PRVI SET** uzoraka, mobilni telefon: **Samsung Galaxy J5**)

	GLCM kontrast	GLCM entropija	GLCM energija	GLCM homoge nost	GLCM sum entropy	ISO M	ISO G
D50 – D65	0,955	0,942	0,939	0,955	0,941	0,922	1,000
Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabela P4.22. Pearson koeficijent korelacije između različitih osvetljenja prilikom uzorkovanja za sve metode merenja površinske neuniformnosti (**DRUGI SET** uzoraka, digitalni fotoaparati: **Samsung Galaxy J5**)

	GLCM kontrast	GLCM entropija	GLCM energija	GLCM homoge nost	GLCM sum entropy	ISO M	ISO G
D50 – D65	-0,921	0,956	0,944	-0,922	0,956	0,955	1,000
Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabela P4.23. Pearson koeficijent korelacije između različitih osvetljenja prilikom uzorkovanja za sve metode merenja površinske neuniformnosti (**TREĆI SET** uzoraka, digitalni fotoaparati: **Samsung Galaxy J5**)

	GLCM kontrast	GLCM entropija	GLCM energija	GLCM homoge nost	GLCM sum entropy	ISO M	ISO G
D50 – D65	-0,003	0,642	0,562	0,001	0,721	0,860	0,999
Sig. (2-tailed)	0,991	0,001	0,006	0,998	0,000	0,000	0,000

NOKIA LUMIA 630

Tabela P4.24. Pearson koeficijent korelacije između različitih osvetljenja prilikom uzorkovanja za sve metode merenja površinske neuniformnosti (**PRVI SET** uzoraka, mobilni telefon: **Nokia Lumia 630**)

	GLCM kontrast	GLCM entropija	GLCM energija	GLCM homoge nost	GLCM sum entropy	ISO M	ISO G
D50 – D65	0,987	0,993	0,992	0,987	0,994	0,805	0,999
Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabela P4.25. Pearson koeficijent korelacije između različitih osvetljenja prilikom uzorkovanja za sve metode merenja površinske neuniformnosti (**DRUGI SET** uzoraka, digitalni fotoaparati: **Nokia Lumia 630**)

	GLCM kontrast	GLCM entropija	GLCM energija	GLCM homoge nost	GLCM sum entropy	ISO M	ISO G
D50 – D65	0,820	0,948	0,936	0,821	0,955	0,986	0,999
Sig. (2-tailed)	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000

Tabela P4.26. Pearson koeficijent korelacije između različitih osvetljenja prilikom uzorkovanja za sve metode merenja površinske neuniformnosti (**TREĆI SET** uzoraka, digitalni fotoaparati: **Nokia Lumia 630**)

	GLCM kontrast	GLCM entropija	GLCM energija	GLCM homoge nost	GLCM sum entropy	ISO M	ISO G
D50 – D65	0,792	0,827	0,800	0,792	0,838	0,618	0,983
Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000	0,002	0,000

IPHONE 5

Tabela P4.27. Pearson koeficijent korelacije između različitih osvetljenja prilikom uzorkovanja za sve metode merenja površinske neuniformnosti (**PRVI SET** uzoraka, mobilni telefon: **iPhone 5**)

	GLCM kontrast	GLCM entropija	GLCM energija	GLCM homoge nost	GLCM sum entropy	ISO M	ISO G
D50 – D65	0,990	0,987	0,986	0,990	0,986	0,781	1,000
Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,000

Tabela P4.28. Pearson koeficijent korelacije između različitih osvetljenja prilikom uzorkovanja za sve metode merenja površinske neuniformnosti (**DRUGI SET** uzoraka, digitalni fotoaparati: **iPhone 5**)

	GLCM kontrast	GLCM entropija	GLCM energija	GLCM homoge nost	GLCM sum entropy	ISO M	ISO G
D50 – D65	-0,563	0,978	0,974	-0,564	0,983	0,956	1,000
Sig. (2-tailed)	0,057	0,000	0,000	0,056	0,000	0,000	0,000

Tabela P4.29. Pearson koeficijent korelacije između različitih osvetljenja prilikom uzorkovanja za sve metode merenja površinske neuniformnosti (**TREĆI SET** uzoraka, digitalni fotoaparati: **iPhone 5**)

	GLCM kontrast	GLCM entropija	GLCM energija	GLCM homoge nost	GLCM sum entropy	ISO M	ISO G
D50 – D65	0,632	0,768	0,712	0,633	0,812	0,825	0,999
Sig. (2-tailed)	0,002	0,000	0,006	0,002	0,000	0,002	0,000

Tabela P4.30. Pearson koeficijent korelacije između različitih mobilnih telefona za digitalizaciju uzoraka za sve metode merenja površinske neuniformnosti

	Kont	Entro	Energ	Homog	SumEntro	ISO_M	ISO_G
	Prvi set uzoraka						
1//2	0,968	0,973	0,980	0,969	0,975	0,897	0,998
Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1//3	0,982	0,982	0,983	0,982	0,982	0,747	1,000
Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,013	0,000
2//3	0,984	0,988	0,990	0,985	0,989	0,668	0,998

D50

<i>Sig.</i> (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,035	0,000	
1//2	0,986	0,983	0,977	0,985	0,982	0,920	1,000	
<i>Sig.</i> (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
1//3	0,962	0,944	0,932	0,961	0,941	0,993	1,000	D65
<i>Sig.</i> (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
2//3	0,981	0,982	0,981	0,981	0,982	0,894	1,000	
<i>Sig.</i> (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Drugi set uzoraka								
1//2	-0,830	0,947	0,938	-0,829	0,950	0,981	0,998	
<i>Sig.</i> (2-tailed)	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	
1//3	-0,664	0,954	0,947	-0,663	0,963	0,961	1,000	D50
<i>Sig.</i> (2-tailed)	0,019	0,000	0,000	0,019	0,000	0,000	0,000	
2//3	0,688	0,962	0,959	0,690	0,968	0,949	0,998	
<i>Sig.</i> (2-tailed)	0,013	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
1//2	0,905	0,963	0,950	0,906	0,966	0,978	0,999	
<i>Sig.</i> (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
1//3	-0,906	0,967	0,963	-0,905	0,970	0,998	1,000	D65
<i>Sig.</i> (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
2//3	-0,873	0,978	0,981	-0,879	0,988	0,978	0,998	
<i>Sig.</i> (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Treći set uzoraka								
1//2	0,731	0,902	0,981	0,731	0,918	0,802	0,985	
<i>Sig.</i> (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
1//3	0,638	0,804	0,756	0,640	0,838	0,657	0,978	D50
<i>Sig.</i> (2-tailed)	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	
2//3	0,677	0,803	0,760	0,677	0,830	0,784	0,958	
<i>Sig.</i> (2-tailed)	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	
1//2	0,266	0,630	0,563	0,269	0,694	0,586	0,987	
<i>Sig.</i> (2-tailed)	0,232	0,002	0,006	0,226	0,000	0,004	0,000	
1//3	-0,049	0,556	0,470	-0,047	0,664	0,883	0,980	D65
<i>Sig.</i> (2-tailed)	0,829	0,007	0,027	0,830	0,001	0,000	0,000	
2//3	0,716	0,847	0,847	0,717	0,978	0,513	0,969	
<i>Sig.</i> (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,015	0,000	

PRILOG P5

Matrice distanci za MDS analizu rezultata vizuelnog testa

Prvi set uzoraka

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0.00	1.20	0.90	0.95	1.80	2.20	3.20	4.70	4.75	4.90
1	1.20	0.00	0.60	1.10	1.55	2.75	2.70	3.60	4.40	4.60
2	0.90	0.60	0.00	0.60	1.25	2.15	2.95	3.70	3.85	4.20
3	0.95	1.10	0.60	0.00	0.80	1.40	1.95	3.10	3.85	3.85
4	1.80	1.55	1.25	0.80	0.00	1.45	2.00	2.60	2.70	3.25
5	2.20	2.75	2.15	1.40	1.45	0.00	1.05	2.35	3.15	2.55
6	3.20	2.70	2.95	1.95	2.00	1.05	0.00	1.25	1.75	2.15
7	4.70	3.60	3.70	3.10	2.60	2.35	1.25	0.00	0.85	1.10
8	4.75	4.40	3.85	3.85	2.70	3.15	1.75	0.85	0.00	0.60
9	4.90	4.60	4.20	3.85	3.25	2.55	2.15	1.10	0.60	0.00

Drugi set uzoraka

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	0.00	0.00	0.15	0.55	0.90	1.25	1.80	2.45	2.40	2.90	4.65	4.90
1	0.00	0.00	0.15	0.45	0.80	1.15	1.55	2.10	2.60	3.40	4.10	4.85
2	0.15	0.15	0.00	0.45	1.00	1.05	1.45	2.20	3.60	2.95	3.25	4.60
3	0.55	0.45	0.45	0.00	1.15	1.35	1.45	2.00	2.30	3.00	2.95	4.40
4	0.90	0.80	1.00	1.15	0.00	0.70	1.50	1.30	1.70	2.80	2.50	4.05
5	1.25	1.15	1.05	1.35	0.70	0.00	1.30	1.05	1.75	2.25	2.20	4.00
6	1.80	1.55	1.45	1.45	1.50	1.30	0.00	0.65	0.85	1.55	2.00	2.85
7	2.45	2.10	2.20	2.00	1.30	1.05	0.65	0.00	0.60	1.15	1.65	2.40
8	2.40	2.60	3.60	2.30	1.70	1.75	0.85	0.60	0.00	0.70	1.40	2.40
9	2.90	3.40	2.95	3.00	2.80	2.25	1.55	1.15	0.70	0.00	1.05	1.90
10	4.65	4.10	3.25	2.95	2.50	2.20	2.00	1.65	1.40	1.05	0.00	1.35
11	4.90	4.85	4.60	4.40	4.05	4.00	2.85	2.40	2.40	1.90	1.35	0.00

Treći set uzoraka

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
0	0.00	0.70	1.65	2.55	2.85	3.00	3.45	3.65	3.65	4.10	3.75	3.70	3.75	3.40	3.65	3.80	3.60	3.15	3.35	3.20	4.00	0.30
1	0.70	0.00	0.85	2.20	2.95	2.85	3.35	3.30	3.45	3.55	3.60	3.60	3.75	3.85	3.60	4.10	3.90	3.65	3.40	3.25	3.60	0.50
2	1.65	0.85	0.00	1.45	2.85	2.75	2.75	2.75	3.30	3.05	3.15	3.20	3.40	3.65	4.40	3.55	3.70	3.80	3.10	3.55	3.75	1.60
3	2.55	2.20	1.45	0.00	1.90	3.30	3.15	2.85	3.00	3.00	3.40	3.45	3.55	3.70	4.00	4.50	3.80	3.90	3.50	3.60	3.65	2.60
4	2.85	2.95	2.85	1.90	0.00	2.35	2.75	2.40	2.55	3.15	3.15	3.30	3.70	3.60	3.80	3.60	4.10	3.65	3.80	3.65	4.10	2.80
5	3.00	2.85	2.75	3.30	2.35	0.00	1.25	1.65	2.10	2.70	2.65	2.95	3.25	3.35	3.30	3.80	3.85	3.80	3.40	4.00	4.05	3.05
6	3.45	3.35	2.75	3.15	2.75	1.25	0.00	2.55	2.60	2.70	2.75	2.95	3.30	3.35	3.15	3.40	3.50	3.40	3.65	3.80	3.90	3.30
7	3.65	3.30	2.75	2.85	2.40	1.65	2.55	0.00	1.55	1.90	2.30	2.35	2.75	2.95	2.70	3.30	3.50	3.40	3.40	3.65	3.40	3.35
8	3.65	3.45	3.30	3.00	2.55	2.10	2.60	1.55	0.00	1.45	2.05	2.40	2.25	2.80	2.60	3.05	3.55	4.15	3.35	3.90	3.60	3.40
9	4.10	3.55	3.05	3.00	3.15	2.70	2.70	1.90	1.45	0.00	1.20	1.70	2.00	2.30	2.45	2.75	3.10	3.15	3.15	3.25	3.35	3.60
10	3.75	3.60	3.15	3.40	3.15	2.65	2.75	2.30	2.05	1.20	0.00	1.05	1.35	1.55	2.05	2.25	2.55	2.60	2.95	3.20	2.95	3.70
11	3.70	3.60	3.20	3.45	3.30	2.95	2.95	2.35	2.40	1.70	1.05	0.00	1.25	1.55	1.50	2.30	2.20	2.15	2.20	2.85	2.85	3.60
12	3.70	3.60	3.20	3.45	3.30	2.95	2.95	2.35	2.40	1.70	1.05	3.70	0.00	1.30	1.95	1.60	1.75	2.05	2.10	2.35	2.40	3.85
13	3.40	3.85	3.65	3.70	3.60	3.35	3.35	2.95	2.80	2.30	1.55	1.55	1.30	0.00	1.00	1.40	1.60	1.50	1.65	2.00	2.05	3.85
14	3.65	3.60	4.40	4.00	3.80	3.30	3.15	2.70	2.60	2.45	2.05	1.50	1.95	1.00	0.00	1.10	1.10	1.30	1.65	1.95	2.30	3.95
15	3.80	4.10	3.55	4.50	3.60	3.80	3.40	3.30	3.05	2.75	2.25	2.30	1.60	1.40	1.10	0.00	0.95	1.20	1.30	1.70	1.90	3.70
16	3.60	3.90	3.70	3.80	4.10	3.85	3.50	3.50	3.55	3.10	2.55	2.20	1.75	1.60	1.10	0.95	0.00	1.10	1.05	1.30	1.30	3.85
17	3.15	3.65	3.80	3.90	3.65	3.80	3.40	3.40	4.15	3.15	2.60	2.15	2.05	1.50	1.30	1.20	1.10	0.00	1.05	0.95	1.35	3.70
18	3.35	3.40	3.10	3.50	3.80	3.40	3.65	3.40	3.35	3.15	2.95	2.20	2.10	1.65	1.65	1.30	1.05	1.05	0.00	1.05	1.55	3.40
19	3.20	3.25	3.55	3.60	3.65	4.00	3.80	3.65	3.90	3.25	3.20	2.85	2.35	2.00	1.95	1.70	1.30	0.95	1.05	0.00	1.05	3.40
20	4.00	3.60	3.75	3.65	4.10	4.05	3.90	3.40	3.60	3.35	2.95	2.85	2.40	2.05	2.30	1.90	1.30	1.35	1.55	1.05	0.00	3.95
21	0.30	0.50	1.60	2.60	2.80	3.05	3.30	3.35	3.40	3.60	3.70	3.60	3.85	3.85	3.95	3.70	3.85	3.70	3.40	3.40	3.95	0.00

Prilog P6

Rezultati vizuelnog testa

Prvi set uzoraka

PARO VI	Korak razlike	Ocene svakog ispitanika										Sr.vrednost	Sr.vrednost za isti korak razlike	Error Of Mean
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
0 // 1	1	1	1	0,5	0,5	0,5	1	1	0,5	5	1	1,2		
1 // 2	1	1	0	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,6		
2 // 3	1	0	0,5	1	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1	0,6		
3 // 4	1	1	0,5	1	1	0,5	1	1	0,5	0,5	1	0,8		
4 // 5	1	2	1	2	1	1	2	1	0,5	2	2	1,45		
5 // 6	1	1	1	0,5	1,5	1,5	1	1,5	0,5	1	1	1,05		
6 // 7	1	1	1	1	2	2	1	1	0,5	1	2	1,25		
7 // 8	1	1	1	0,5	0,5	1	1	0,5	0,5	0,5	2	0,85		
8 // 9	1	1	0,5	0	0,5	1	1	0,5	0	0,5	1	0,6	0,93	0,07
0 // 2	2	1	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5	1	0,9		
1 // 3	2	1	1	1	1	1	1	1,5	1,5	1	1	1,1		
2 // 4	2	1	1	1,5	1,5	1,5	1	1,5	1	1,5	1	1,25		
3 // 5	2	2	1	1,5	1,5	1	2	2	1	1	1	1,4		
4 // 6	2	3	2	2	2	1,5	1,5	2	1,5	1,5	3	2		
5 // 7	2	3	2	2,5	3	2	2,5	2	2,5	2	2	2,35		
6 // 8	2	2	2	2	2	2	2	2	0,5	2	1	1,75		
7 // 9	2	2	1	1	1,5	0,5	1	1	0,5	0,5	2	1,1	1,48	0,03
0 // 3	3	1	1	1	1,5	0,5	1	1	1	0,5	1	0,95		
1 // 4	3	1	1	1	2,5	1,5	2	1,5	2	2	1	1,55		
2 // 5	3	2	2	1,5	3,5	1,5	2,5	2	1,5	3	2	2,15		
3 // 6	3	2	1	2,5	3	1	2	1,5	3	1,5	2	1,95		
4 // 7	3	2	2	2,5	3,5	2,5	2,5	1,5	1,5	4	4	2,6		
5 // 8	3	6	2	3	3,5	3	3,5	2,5	2	3	3	3,15		
6 // 9	3	3	1	2,5	2	2	2	2	2	1	4	2,15	2,07	0,12
0 // 4	4	2	1	2	1,5	1,5	2	2	2	2	2	1,8		
1 // 5	4	3	2	3	3	2	3,5	2	2	4	3	2,75		
2 // 6	4	2	2	3	4	3	3,5	2	3	3	4	2,95		
3 // 7	4	3	2	3	4	2	3,5	3	2,5	4	4	3,1		
4 // 8	4	3	2	2,5	4	2	3	2	3	3,5	2	2,7		
5 // 9	4	2	2	3,5	3,5	3	2,5	2,5	1,5	2	3	2,55	2,64	0,10
0 // 5	5	2	2	2	2,5	1	2,5	2	4	2	2	2,2		
1 // 6	5	2	2	3	3,5	2	3,5	2	3	3	3	2,7		
2 // 7	5	4	2	4	4	3	3,5	4	4	4,5	4	3,7		
3 // 8	5	4	4	3,5	4	4	3,5	4	3,5	4	4	3,85		
4 // 9	5	3	3	2,5	4	3	3	3,5	3	3,5	4	3,25	3,14	0,07
0 // 6	6	2	3	2,5	3,5	2	3	3	4,5	3,5	5	3,2		

1 // 7	6	3	2	4	4	3,5	3,5	3	4	4	5	3,6		
2 // 8	6	3	3	4	4,5	4	4	4	4	4	4	3,85		
3 // 9	6	4	3	4	4	3	4	3,5	4	4	5	3,85	3,62	0,12
0 // 7	7	5	4	5	5	5	4,5	4,5	4	5	5	4,7		
1 // 8	7	4	4	4,5	5	4,5	4	4	5	4	5	4,4		
2 // 9	7	4	4	4,5	5	4,5	3	3,5	4	4,5	5	4,2	4,43	0,11
0 // 8	8	5	4	5	5	5	5	4	4,5	5	5	4,75		
1 // 9	8	5	4	4,5	5	4,5	4	4,5	4,5	5	5	4,6	4,67	0,133
0 // 9	9	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4,9	4,9	0,04

Drugi set uzoraka

PAROVI	Korak razlike	Ocene svakog ispitanika										Sr.vrednost	Sr.vrednost za isti korak razlike	Error Of Mean	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
0 // 1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1 // 2	1	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0,15			
2 // 3	1	1	0	0	1	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,45			
3 // 4	1	1	1	0,5	1	2	1	2	2	0,5	0,5	1,15			
4 // 5	1	1	0,5	0	1	1	0,5	1	1	0,5	0,5	0,7			
5 // 6	1	1	1	1	1,5	1	2,5	1	2,5	0,5	1	1,3			
6 // 7	1	1	1	0	0	1	1	0,5	1	0,5	0,5	0,65			
7 // 8	1	1	1	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,6			
8 // 9	1	1	1	0,5	0	1	1	1	1	0,5	0	0,7			
9 // 10	1	2	1	2	1	1	0,5	1	1	0,5	0,5	1,05			
10 // 11	1	3	1	1	1,5	1,5	2	1	0,5	1	1	1,35	0,74	0,06	
0 // 2	2	0	0,5	0	0	0	0,5	0,5	0	0	0	0,15			
1 // 3	2	0	0,5	0	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,45			
2 // 4	2	1	0,5	0,5	1	1	1,5	1,5	1,5	0,5	1	1			
3 // 5	2	1	1	1,5	1,5	2	1,5	2	1	1	1	1,35			
4 // 6	2	1	1	1	2	1,5	2	2	1,5	1	2	1,5			
5 // 7	2	1	1	0,5	1,5	1,5	1,5	1	1	1	0,5	1,05			
6 // 8	2	1	1	1	0,5	1,5	1	0,5	1	0,5	0,5	0,85			
7 // 9	2	2	1	1	1,5	1	1,5	1	1,5	0,5	0,5	1,15			
8 // 10	2	2	1	2	1,5	1,5	1	1,5	1,5	1	1	1,4			
9 // 11	2	3	2	2	2,5	2,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1,9	1,08	0,06	
0 // 3	3	1	0,5	0	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,55			
1 // 4	3	1	0,5	0,5	1	1	0,5	1	1	0,5	1	0,8			
2 // 5	3	1	1	0,5	2	1	1	1,5	1	0,5	1	1,05			
3 // 6	3	1	1	0,5	2	2	1,5	1,5	2	1,5	1,5	1,45			
4 // 7	3	2	1	0,5	1	1,5	2	1	2	0,5	1,5	1,3			
5 // 8	3	1	1	3	2	1,5	3	1	3	1	1	1,75			
6 // 9	3	2	1	1,5	1,5	2	2	1	2	1	1,5	1,55			
7 // 10	3	2	1	3	2	2	1	1	2	1	1,5	1,65			
8 // 11	3	3	3	3	2,5	3	2,5	2	2	1,5	1,5	2,4	1,39	0,08	

0//4	4	1	0,5	0,5	1,5	1	0,5	1,5	1	0,5	1	0,9		
1//5	4	1	1	1	1,5	1,5	0,5	1,5	2	0,5	1	1,15		
2//6	4	1	1	2	2,5	1	2	1	1,5	1	1,5	1,45		
3//7	4	2	2	2	3,5	1,5	2	2	1,5	1,5	2	2		
4//8	4	2	1	1,5	2	2	1,5	2	2	1	2	1,7		
5//9	4	3	2	1,5	2,5	3	3	2	2,5	1,5	1,5	2,25		
6//10	4	2	2	2	2	2	4	1,5	1,5	1,5	1,5	2		
7//11	4	3	2	3	2	2,5	3	2,5	2	2	2	2,4	1,73	0,08
0//5	5	2	1	0,5	1,5	2	1	1,5	1,5	0,5	1	1,25		
1//6	5	1	1	1	1,5	2	2	1,5	2,5	1	2	1,55		
2//7	5	2	2	1,5	2	2	1,5	2,5	3,5	2	3	2,2		
3//8	5	2	2	2,5	2	2	3	2,5	2	2,5	2,5	2,3		
4//9	5	2	3	3	3	3	2	4	2	4	2	2,8		
5//10	5	3	2	1,5	2	2,5	3	2	2,5	1,5	2	2,2		
6//11	5	3	3	3	2,5	3	4	3	2	2	3	2,85	2,16	0,09
0//6	6	2	1	1,5	1,5	2	1	3	2,5	1	2,5	1,8		
1//7	6	2	2	1	2,5	2	1,5	3	2,5	1,5	3	2,1		
2//8	6	2	4	2,5	3,5	4	4	3,5	4,5	4,5	3,5	3,6		
3//9	6	3	4	3	3	3	2,5	2	3,5	2	4	3		
4//10	6	2	2	2,5	2	2,5	3	3	3	2	3	2,5		
5//11	6	3	4	4	3,5	5	4	5	3,5	4	4	4	2,83	0,13
0//7	7	2	2	2	2	2,5	2,5	2,5	3,5	2,5	3	2,45		
1//8	7	2	2	3	2,5	2,5	3	2	3,5	2	3,5	2,6		
2//9	7	2	2	3	2,5	3,5	3,5	3	4	2	4	2,95		
3//10	7	3	3	2	3	3	3	3	3,5	2	4	2,95		
4//11	7	4	4	4	4	3,5	4	4	4	4,5	4,5	4,05	3,00	0,11
0//8	8	2	2	3	2,5	2	2	2,5	3	2	3	2,4		
1//9	8	4	3	3	3,5	4	2,5	3,5	4,5	2	4	3,4		
2//10	8	3	3	3,5	4	3	3,5	3	3	3	3,5	3,25		
3//11	8	5	4,5	5	4,5	3	4	4,5	4,5	4,5	4,5	4,4	3,36	0,14
0//9	9	3	2	3	3,5	2	3	4	3	2	3,5	2,9		
1//10	9	3	4	4	5	4	4	4,5	4,5	4	4	4,1		
2//11	9	5	5	5	4,5	3	5	4	5	4,5	5	4,6	3,87	0,17
0//10	10	3	5	5	4,5	5	4	5	5	5	5	4,65		
1//11	10	5	5	5	5	5	5	4,5	4,5	4,5	5	4,85	4,75	0,11
0//11	11	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4,9	4,90	0,10

Treći set uzoraka

PAROVI	Korak razlike	Ocene svakog ispitanika										Sr.vrednost	Sr.vrednost za isti korak razlike	Error Of Mean
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
0//1	1	0	1	0,5	1	2	0,5	0	0	1	1	0,7		
1//2	1	0,5	0,5	1	0	1	0	0,5	1	1	3	0,85		
2//3	1	1	1	0,5	1	3	1	1	1	1	4	1,45		

3//4	1	1,5	1,5	1,5	1	2,5	2	1,5	1,5	2	4	1,9		
4//5	1	3	2	1	2	1	2,5	1	2	4	5	2,35		
5//6	1	1	0,5	0,5	0	2	0,5	0,5	1	2	4,5	1,25		
6//7	1	4	2	2	2	4	1,5	2	1	2	5	2,55		
7//8	1	3	1	0,5	1	2	0,5	0,5	1	1	5	1,55		
8//9	1	1	0,5	1	0	3	1	0,5	1	2	4,5	1,45		
9//10	1	1	1	1	1	2	0,5	1	0	0	4,5	1,2		
10//11	1	0,5	0,5	0,5	0	2	0,5	0,5	1	1	4	1,05		
11//12	1	3	0,5	0,5	1	2	0,5	0	0	1	4	1,25		
12//13	1	1	1,5	1	0	4	0	0,5	0	1	4	1,3		
13//14	1	0	1	1	0	1,5	1	0	0,5	1	4	1		
14//15	1	1	1	1	0	1,5	0,5	0,5	0,5	1	4	1,1		
15//16	1	0,5	1	1	0	1	0,5	0	0,5	1	4	0,95		
16//17	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5	0	1	4	1,1		
17//18	1	0,5	1	1	1	1	0,5	0,5	0,5	1	3,5	1,05		
18//19	1	2	1	1	0	1	0	0,5	1	0	4	1,05		
19//20	1	0,5	0,5	1	1	1	0,5	0,5	1	1,5	3	1,05		
20//21	1	4	5	5	5	0,5	1	4	5	5	5	3,95	1,43	0,09
0//2	2	1	2	1	1	4	1,5	1	1	2	2	1,65		
1//3	2	1,5	1,5	1	1	4	2	1	2	3	5	2,2		
2//4	2	2	2	2	2	4	3,5	2	3	3	5	2,85		
3//5	2	4	2	1,5	2	4	2,5	2,5	4,5	5	5	3,3		
4//6	2	3	2	1	1	4	1,5	3	3	4	5	2,75		
5//7	2	1	1	1	1	3	1	1	1	2	4,5	1,65		
6//8	2	4	2	1	2	4	2	1	2	3	5	2,6		
7//9	2	2	1	1	1	2,5	1,5	0,5	1,5	3	5	1,9		
8//10	2	1	2	2	1	2,5	2	1	1	3	5	2,05		
9//11	2	1	1	1	1	3	0,5	0,5	1	3	5	1,7		
10//12	2	0,5	1	1	0	2	0,5	1,5	0,5	2	4,5	1,35		
11//13	2	1	1	1	1	3	1,5	0,5	1	1	4,5	1,55		
12//14	2	2	1	1	0	3	0,5	2	1	4,5	4,5	1,95		
13//15	2	0,5	1,5	1	0	2	0,5	1	1	2	4,5	1,4		
14//16	2	0,5	0,5	0,5	0	2	0,5	0,5	1	1,5	4	1,1		
15//17	2	0,5	1	0,5	0	3	0,5	0	1	1	4,5	1,2		
16//18	2	2	0,5	1	0	1	0,5	0	0,5	1	4	1,05		
17//19	2	0,5	0,5	0,5	1	2	0	0,5	0,5	2	2	0,95		
18//20	2	2	1	1	1	2,5	1	1	1	1	4	1,55		
19//21	2	5	3	5	4	1	1,5	4	3,5	4	3	3,4	1,91	0,10
0//3	3	1	2	1	1	4,5	2,5	1,5	3	4	5	2,55		
1//4	3	2	2,5	2	1	5	3	1,5	3,5	4	5	2,95		
2//5	3	3	2	1	1	4	4	2	3,5	2	5	2,75		
3//6	3	3	1	2,5	3	4,5	3	2,5	4	3	5	3,15		
4//7	3	2	2	1	1	4	3	1,5	3,5	1	5	2,4		
5//8	3	1,5	2	1	2	3	1,5	1,5	2	2	4,5	2,1		

6//9	3	2	2	1	1	3,5	2,5	2	4	4	5	2,7		
7//10	3	2	1,5	2	1	3	1,5	2,5	2,5	2	5	2,3		
8//11	3	1,5	2	2	1	3	2,5	1,5	1,5	4	5	2,4		
9//12	3	2	1	2	1	3	1,5	1	1,5	2	5	2		
10//13	3	1	1	2	1	2	0,5	0,5	1	2	4,5	1,55		
11//14	3	1	1	1	1	2	1	0,5	1	2	4,5	1,5		
12//15	3	1	1	1	1	2	1	1	2	1	5	1,6		
13//16	3	0,5	1,5	1	1	2	1,5	1,5	1	2	4	1,6		
14//17	3	0,5	0,5	1	1	3	0,5	0,5	0,5	1,5	4	1,3		
15//18	3	2	1,5	1	0	1,5	0,5	0,5	1	1	4	1,3		
16//19	3	1	1	1	0	1	0,5	1	0,5	3	4	1,3		
17//20	3	1	1	2	1	2	0,5	1	1	1	3	1,35		
18//21	3	5	4	4	4	2	0,5	4,5	3	3	4	3,4	2,12	0,10
0//4	4	1,5	2	1,5	1	5	4	2,5	3	3	5	2,85		
1//5	4	2	2	2	1	4,5	3	3	3	3	5	2,85		
2//6	4	3	2	1	1	4	3	2	3,5	3	5	2,75		
3//7	4	2	2	3	2	4	3	2,5	3	2	5	2,85		
4//8	4	2	1,5	2	2	3,5	2,5	2	3	2	5	2,55		
5//9	4	2	2	2	2	3,5	3,5	2	2	3	5	2,7		
6//10	4	2	2	2	3	4	1,5	3	2	3	5	2,75		
7//11	4	2	1,5	1,5	2	2	3	2	1,5	3	5	2,35		
8//12	4	1,5	2	2	1	3	2	1,5	1,5	3	5	2,25		
9//13	4	2	1,5	2	2	3	1,5	1,5	1,5	3	5	2,3		
10//14	4	1,5	1	2	1	3	1,5	1,5	1,5	3	4,5	2,05		
11//15	4	1,5	2	3	1	3	2	2	2	2	4,5	2,3		
12//16	4	2	1	2	1	2	1	1,5	1,5	1,5	4	1,75		
13//17	4	0,5	1	1	1	1,5	0,5	1,5	1,5	2	4,5	1,5		
14//18	4	1	1	1	1	2	1	1,5	1	2,5	4,5	1,65		
15//19	4	2	0,5	1	1	2	1	1,5	1	3	4	1,7		
16//20	4	1	0,5	1	1	2	0,5	0,5	1,5	1	4	1,3		
17//21	4	4,5	3,5	4	5	2	1,5	3,5	5	4	4	3,7	2,34	0,09
0//5	5	2	2	3	2	4,5	3	2,5	4	2	5	3		
1//6	5	2,5	2	2	4	5	4	2	4	3	5	3,35		
2//7	5	2	2	2	2	4	3,5	2	3	2	5	2,75		
3//8	5	3	2	2	1	4,5	3,5	3	4	2	5	3		
4//9	5	3	2	3	3	3	4	3	3,5	2	5	3,15		
5//10	5	1,5	2	2	1	4	3	2	3	3	5	2,65		
6//11	5	2	2	2	3	4	3,5	3	2	3	5	2,95		
7//12	5	2	1,5	2	3	4	3	2,5	2,5	2	5	2,75		
8//13	5	2	2	2	3	3	3	3	2	3	5	2,8		
9//14	5	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	1,5	2	4	5	2,45		
10//15	5	1,5	1	2	3	2,5	1	2,5	2	2	5	2,25		
11//16	5	2	1,5	2	2	2,5	1	2,5	2	2	4,5	2,2		
12//17	5	1	1	2	2	2	0,5	2	1	4	5	2,05		

13//18	5	1	0,5	1	0	2	1	1,5	2	3	4,5	1,65		
14//19	5	1,5	1	2	1	2	1,5	2	1,5	3	4	1,95		
15//20	5	4	1	1	1	3	0,5	2	1	1,5	4	1,9		
16//21	5	4	4,5	4	5	3	1,5	4	4	4	4,5	3,85	2,63	0,09
0//6	6	3	3	2	2	5	3,5	3	4	4	5	3,45		
1//7	6	2,5	3	2	2	4	3	3	3,5	5	5	3,3		
2//8	6	2,5	3	2,5	2	4,5	3,5	2	4	4	5	3,3		
3//9	6	2	3,5	3	2	3	3	2,5	4	2	5	3		
4//10	6	2	2,5	2	3	4	4	2,5	2,5	4	5	3,15		
5//11	6	2,5	2	3	2	4	4	2	2	3	5	2,95		
6//12	6	3	2	3	3	4	4	2,5	2,5	4	5	3,3		
7//13	6	2,5	2	2	3	4	3,5	2,5	3	2	5	2,95		
8//14	6	2	1,5	2	3	4	1,5	2	3	2	5	2,6		
9//15	6	2	2	2,5	3	3	2,5	2,5	2	3	5	2,75		
10//16	6	2	1,5	2	2	3	1	2	3	4	5	2,55		
11//17	6	1,5	1	3	2	2	2	1,5	2	2,5	4	2,15		
12//18	6	2	1	1,5	2	2,5	1	1,5	1,5	3	5	2,1		
13//19	6	1	1	2	2	2	1	3	1,5	2,5	4	2		
14//20	6	1,5	1	3,5	1	2	1,5	2,5	2,5	3	4,5	2,3		
15//21	6	4,5	4	4	4	3	1	4	4	4	4,5	3,7	2,85	0,09
0//7	7	4	5	2	4	5	2	2,5	5	2	5	3,65		
1//8	7	2	4	2	2	5	4	2,5	3	5	5	3,45		
2//9	7	2,5	3	3	2	4	2,5	2,5	3	3	5	3,05		
3//10	7	2,5	3,5	3	3	5	3,5	2	2,5	4	5	3,4		
4//11	7	3	2	3	3	5	4,5	2	2,5	3	5	3,3		
5//12	7	3	2,5	3	3	4	4	2,5	3	2,5	5	3,25		
6//13	7	2,5	2	3	3	4	3,5	2,5	4	4	5	3,35		
7//14	7	2	2	2	2	4	3	2,5	2,5	2	5	2,7		
8//15	7	3	2	2	3	3	3	3,5	3	3	5	3,05		
9//16	7	2	3	3,5	3	3,5	2	2,5	2,5	4	5	3,1		
10//17	7	2	1,5	2	3	3	1,5	2	2	4	5	2,6		
11//18	7	1,5	1	1	2	3	1,5	2,5	1,5	3	5	2,2		
12//19	7	1,5	1,5	1,5	2	3	2	2	2	3	5	2,35		
13//20	7	1	1	1	2	2	1	2,5	3	2	5	2,05		
14//21	7	4	4	4	5	3	3	3,5	5	4	4	3,95	3,03	0,09
0//8	8	5	4	2	4	5	2,5	3	1	5	5	3,65		
1//9	8	2,5	2	3	2	5	4	2	5	5	5	3,55		
2//10	8	2,5	2	2	3	4	3,5	2,5	4	3	5	3,15		
3//11	8	2,5	3	3,5	2	4,5	4	3	3	4	5	3,45		
4//12	8	3	3	3	4	5	4	3	3	4	5	3,7		
5//13	8	3	2,5	2	3	5	4	2,5	2,5	4	5	3,35		
6//14	8	2,5	2	3	3	4	4	2	3	3	5	3,15		
7//15	8	2	2,5	3	3	4	4	2,5	3	4	5	3,3		
8//16	8	3	2	3	4	5	3	3,5	3	4	5	3,55		

9//17	8	2,5	2	3,5	3	4	3,5	2,5	2,5	3	5	3,15		
10//18	8	3	1,5	3	2	3,5	2	3	3,5	3	5	2,95		
11//19	8	2	1,5	3	3	3,5	2	3	3	3	4,5	2,85		
12//20	8	1,5	1,5	3	2	2,5	1	2	2,5	3	5	2,4		
13//21	8	4	4	3	4	4	2	3,5	4	5	5	3,85	3,29	0,09
0//9	9	5	3	2	5	5	4	2	5	5	5	4,1		
1//10	9	3,5	3,5	3	2	3	4	3	4	5	5	3,6		
2//11	9	3,5	2,5	3	3	3,5	2	2,5	4	3	5	3,2		
3//12	9	3,5	3	2	4	5	3,5	3	3,5	3	5	3,55		
4//13	9	3	2	3	4	5	4	3	3	4	5	3,6		
5//14	9	3	2	3	3	4	3	3	4,5	2,5	5	3,3		
6//15	9	3	3	3	3	4	4	3	3	3	5	3,4		
7//16	9	3	3	3	4	4	4	3	4	2	5	3,5		
8//17	9	5	2	3	4	5	4	3,5	5	5	5	4,15		
9//18	9	2,5	1,5	4	4	4	3	2,5	2	3	5	3,15		
10//19	9	2	2	3	3	3,5	3	2,5	4	4	5	3,2		
11//20	9	2,5	1,5	2	3	2,5	2	2,5	3,5	4	5	2,85		
12//21	9	3,5	3,5	4	3	4	3	3	4,5	5	5	3,85	3,50	0,09
0//10	10	4	3	2	5	4	3,5	3	4,5	3,5	5	3,75		
1//11	10	3,5	3	3	3	3	3,5	3	4	5	5	3,6		
2//12	10	4	2	3	4	3	3	3	4	3	5	3,4		
3//13	10	4	4	3	4	4	2	3,5	4,5	3	5	3,7		
4//14	10	3	3	3,5	4	5	4	3	3,5	4	5	3,8		
5//15	10	3	2	4	4	4	5	2	5	4	5	3,8		
6//16	10	3	3	4	3	4	3	3	3	4	5	3,5		
7//17	10	3	3	3	3	3	4	3	4	3	5	3,4		
8//18	10	3	2,5	3	3	4	4	3	3	3	5	3,35		
9//19	10	2,5	2	3	3	4	3	3	4	3	5	3,25		
10//20	10	2,5	1,5	4	3	3	2	2,5	3	3	5	2,95		
11//21	10	4	3,5	3	4	4	1,5	3	3	5	5	3,6	3,51	0,08
0//11	11	4	3,5	3	4	4	1,5	3	5	4	5	3,7		
1//12	11	3,5	3	3	4	4	3	3	5	4	5	3,75		
2//13	11	3,5	2,5	4	4	4	2	3,5	4	4	5	3,65		
3//14	11	4	2,5	4	5	5	4	2,5	4	4	5	4		
4//15	11	3	2	4	4	4	3	3,5	4,5	3	5	3,6		
5//16	11	3	2,5	3	4	5	4,5	3,5	5	3	5	3,85		
6//17	11	3	2	3	3	5	3	3	4	3	5	3,4		
7//18	11	3	2,5	4	3	4	3	2,5	3	4	5	3,4		
8//19	11	4	3	3	4	5	3,5	3,5	5	3	5	3,9		
9//20	11	2,5	1,5	4	4	3	2,5	3	4	4	5	3,35		
10//21	11	3,5	3,5	2,5	3	4	3	2,5	5	5	5	3,7	3,66	0,09
0//12	12	4	3	3	4	4	1,5	3,5	4,5	5	5	3,75		
1//13	12	4	4	4	4	4,5	1,5	3,5	4	4	5	3,85		
2//14	12	5	5	4,5	5	5	3,5	3	5	3	5	4,4		

3//15	12	4	3,5	4,5	5	5	3,5	4,5	5	5	5	4,5		
4//16	12	3	3	4	4	5	4,5	3,5	5	4	5	4,1		
5//17	12	3	2	3	4	5	5	3	5	3	5	3,8		
6//18	12	3	2,5	4	4	5	4	3	3	3	5	3,65		
7//19	12	3	3	4	3	4	5	3,5	3	3	5	3,65		
8//20	12	3	2	4	2	5	3	3,5	4,5	4	5	3,6		
9//21	12	3	3,5	3	2	4	3,5	2,5	4,5	5	5	3,6	3,89	0,09
0//13	13	4	3,5	3	4	4	1,5	3	2	4	5	3,4		
1//14	13	4	4	3	5	3	1,5	3	4,5	3	5	3,6		
2//15	13	4	2	4	4	4	2	3,5	4	4	4	3,55		
3//16	13	3	3	4	5	5	2	4	3	4	5	3,8		
4//17	13	3,5	3	3	4	5	4	3	3	3	5	3,65		
5//18	13	3	1,5	3	4	5	3	3	4,5	2	5	3,4		
6//19	13	3,5	3	3,5	3	5	4	3	4	4	5	3,8		
7//20	13	2,5	2,5	4	3	5	3,5	3	3	2,5	5	3,4		
8//21	13	3	3	2,5	2	5	4	3	3	4	4,5	3,4	3,56	0,10
0//14	14	4	4	3	4	3	2	3,5	4	4	5	3,65		
1//15	14	5	4	4	5	3	2	4	5	4	5	4,1		
2//16	14	4	4,5	3	4	4	2	3,5	3,5	4	4,5	3,7		
3//17	14	4	4	4	4	4	3	4	4	3	5	3,9		
4//18	14	3	2,5	4	4	5	4	3,5	3,5	3,5	5	3,8		
5//19	14	4	2	3,5	3	5	4	3,5	5	5	5	4		
6//20	14	3	3	3	4	5	4	3,5	4,5	4	5	3,9		
7//21	14	2,5	2	2,5	2	5	4	2,5	4	4	5	3,35	3,80	0,10
0//15	15	4,5	4	3	5	3	2	4	4	4	4,5	3,8		
1//16	15	5	5	4	4	3	2	4	4	3	5	3,9		
2//17	15	4	3,5	4	5	4	3	3	3,5	4	4	3,8		
3//18	15	4	4	4	3	3	2	4	3	3	5	3,5		
4//19	15	3,5	3	4	4	3	4	3,5	3,5	3	5	3,65		
5//20	15	4	2	3	4	5	4,5	3	5	5	5	4,05		
6//21	15	2,5	2	2	2	5	4,5	2	4	4	5	3,3	3,71	0,11
0//16	16	4,5	3	4	4	2	1,5	3,5	4,5	5	4	3,6		
1//17	16	4	4	4	4	3	1,5	4	5	2	5	3,65		
2//18	16	4	3,5	4	4	3	0,5	3	3	2	4	3,1		
3//19	16	4	2,5	4	5	3	2,5	4	3	3	5	3,6		
4//20	16	3	3	4	4	5	4	4	5	4	5	4,1		
5//21	16	3	2	1	2	5	4	2,5	5	1	5	3,05	3,52	0,15
0//17	17	4,5	3,5	1	5	1,5	1,5	4	3,5	4	3	3,15		
1//18	17	4	3	4	3	3	1	5	4	3	4	3,4		
2//19	17	4	3,5	4,5	4	4	1,5	3	4	3	4	3,55		
3//20	17	4	3	5	4	3	3	3,5	3,5	3	4,5	3,65		
4//21	17	2	2	1,5	1	4	3,5	2	4	3	5	2,8	3,31	0,15
0//18	18	4,5	4	3	5	2	0,5	3,5	4	4	3	3,35		
1//19	18	4	3,5	4	4	1	1	4	3	4	4	3,25		

2//20	18	4	4	5	5	3	1,5	4	4	3	4	3,75		
3//21	18	1	2	2	1	5	4	2	2	2	5	2,6	3,31	0,21
0//19	19	4,5	4	4	5	1	0,5	4	4	2	3	3,2		
1//20	19	5	3,5	5	5	0,5	0,5	4,5	4,5	4	3,5	3,6		
2//21	19	1	2	1	1	2,5	1	0,5	1	2	4	1,6	2,80	0,30
0//20	20	5	5	5	5	2	1,5	5	4	4	3,5	4		
1//21	20	0,5	1	0	0	2	0	0,5	0	0	1	0,5	2,25	0,46
0//21	21	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0,3	0,30	0,21

Treći set: Uzorci o – 8

PAROVI	Korak razlike	Ocene svakog ispitanika										Sr.vrednost	Sr.vrednost za isti korak razlike	Error Of Mean
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
0//1	1	0	1	0,5	1	2	0,5	0	0	1	1	0,7		
1//2	1	0,5	0,5	1	0	1	0	0,5	1	1	3	0,85		
2//3	1	1	1	0,5	1	3	1	1	1	1	4	1,45		
3//4	1	1,5	1,5	1,5	1	2,5	2	1,5	1,5	2	4	1,9		
4//5	1	3	2	1	2	1	2,5	1	2	4	5	2,35		
5//6	1	1	0,5	0,5	0	2	0,5	0,5	1	2	4,5	1,25		
6//7	1	4	2	2	2	4	1,5	2	1	2	5	2,55		
7//8	1	3	1	0,5	1	2	0,5	0,5	1	1	5	1,55	1,58	0,14
0//2	2	1	2	1	1	4	1,5	1	1	2	2	1,65		
1//3	2	1,5	1,5	1	1	4	2	1	2	3	5	2,2		
2//4	2	2	2	2	2	4	3,5	2	3	3	5	2,85		
3//5	2	4	2	1,5	2	4	2,5	2,5	4,5	5	5	3,3		
4//6	2	3	2	1	1	4	1,5	3	3	4	5	2,75		
5//7	2	1	1	1	1	3	1	1	1	2	4,5	1,65		
6//8	2	4	2	1	2	4	2	1	2	3	5	2,6	2,43	0,16
0//3	3	1	2	1	1	4,5	2,5	1,5	3	4	5	2,55		
1//4	3	2	2,5	2	1	5	3	1,5	3,5	4	5	2,95		
2//5	3	3	2	1	1	4	4	2	3,5	2	5	2,75		
3//6	3	3	1	2,5	3	4,5	3	2,5	4	3	5	3,15		
4//7	3	2	2	1	1	4	3	1,5	3,5	1	5	2,4		
5//8	3	1,5	2	1	2	3	1,5	1,5	2	2	4,5	2,1	2,65	0,17
0//4	4	1,5	2	1,5	1	5	4	2,5	3	3	5	2,85		
1//5	4	2	2	2	1	4,5	3	3	3	3	5	2,85		
2//6	4	3	2	1	1	4	3	2	3,5	3	5	2,75		
3//7	4	2	2	3	2	4	3	2,5	3	2	5	2,85		
4//8	4	2	1,5	2	2	3,5	2,5	2	3	2	5	2,55	2,77	0,16
0//5	5	2	2	3	2	4,5	3	2,5	4	2	5	3		
1//6	5	2,5	2	2	4	5	4	2	4	3	5	3,35		
2//7	5	2	2	2	2	4	3,5	2	3	2	5	2,75		
3//8	5	3	2	2	1	4,5	3,5	3	4	2	5	3	3,03	0,18
0//6	6	3	3	2	2	5	3,5	3	4	4	5	3,45		

1//7	6	2,5	3	2	2	4	3	3	3,5	5	5	3,3		
2//8	6	2,5	3	2,5	2	4,5	3,5	2	4	4	5	3,3	3,35	0,19
0//7	7	4	5	2	4	5	2	2,5	5	2	5	3,65		
1//8	7	2	4	2	2	5	4	2,5	3	5	5	3,45	3,55	0,29
0//8	8	5	4	2	4	5	2,5	3	1	5	5	3,65	3,65	0,46

Treći set: Uzorci 10 – 21

PAROVI	Korak razlike	Ocene svakog ispitanika										Sr.vrednost	Sr.vrednost za isti korak razlike	Error Of Mean
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
9//10	1	1	1	1	1	2	0,5	1	0	0	4,5	1,2		
10//11	1	0,5	0,5	0,5	0	2	0,5	0,5	1	1	4	1,05		
11//12	1	3	0,5	0,5	1	2	0,5	0	0	1	4	1,25		
12//13	1	1	1,5	1	0	4	0	0,5	0	1	4	1,3		
13//14	1	0	1	1	0	1,5	1	0	0,5	1	4	1		
14//15	1	1	1	1	0	1,5	0,5	0,5	0,5	1	4	1,1		
15//16	1	0,5	1	1	0	1	0,5	0	0,5	1	4	0,95		
16//17	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5	0	1	4	1,1		
17//18	1	0,5	1	1	1	1	0,5	0,5	0,5	1	3,5	1,05		
18//19	1	2	1	1	0	1	0	0,5	1	0	4	1,05		
19//20	1	0,5	0,5	1	1	1	0,5	0,5	1	1,5	3	1,05		
20//21	1	4	5	5	5	0,5	1	4	5	5	5	3,95	1,34	0,13
9//11	2	1	1	1	1	3	0,5	0,5	1	3	5	1,7		
10//12	2	0,5	1	1	0	2	0,5	1,5	0,5	2	4,5	1,35		
11//13	2	1	1	1	1	3	1,5	0,5	1	1	4,5	1,55		
12//14	2	2	1	1	0	3	0,5	2	1	4,5	4,5	1,95		
13//15	2	0,5	1,5	1	0	2	0,5	1	1	2	4,5	1,4		
14//16	2	0,5	0,5	0,5	0	2	0,5	0,5	1	1,5	4	1,1		
15//17	2	0,5	1	0,5	0	3	0,5	0	1	1	4,5	1,2		
16//18	2	2	0,5	1	0	1	0,5	0	0,5	1	4	1,05		
17//19	2	0,5	0,5	0,5	1	2	0	0,5	0,5	2	2	0,95		
18//20	2	2	1	1	1	2,5	1	1	1	1	4	1,55		
19//21	2	5	3	5	4	1	1,5	4	3,5	4	3	3,4	1,56	0,13
9//12	3	2	1	2	1	3	1,5	1	1,5	2	5	2		
10//13	3	1	1	2	1	2	0,5	0,5	1	2	4,5	1,55		
11//14	3	1	1	1	1	2	1	0,5	1	2	4,5	1,5		
12//15	3	1	1	1	1	2	1	1	2	1	5	1,6		
13//16	3	0,5	1,5	1	1	2	1,5	1,5	1	2	4	1,6		
14//17	3	0,5	0,5	1	1	3	0,5	0,5	0,5	1,5	4	1,3		
15//18	3	2	1,5	1	0	1,5	0,5	0,5	1	1	4	1,3		
16//19	3	1	1	1	0	1	0,5	1	0,5	3	4	1,3		
17//20	3	1	1	2	1	2	0,5	1	1	1	3	1,35		
18//21	3	5	4	4	4	2	0,5	4,5	3	3	4	3,4	1,69	0,13
9//13	4	2	1,5	2	2	3	1,5	1,5	1,5	3	5	2,3		

10//14	4	1,5	1	2	1	3	1,5	1,5	1,5	3	4,5	2,05		
11//15	4	1,5	2	3	1	3	2	2	2	2	4,5	2,3		
12//16	4	2	1	2	1	2	1	1,5	1,5	1,5	4	1,75		
13//17	4	0,5	1	1	1	1,5	0,5	1,5	1,5	2	4,5	1,5		
14//18	4	1	1	1	1	2	1	1,5	1	2,5	4,5	1,65		
15//19	4	2	0,5	1	1	2	1	1,5	1	3	4	1,7		
16//20	4	1	0,5	1	1	2	0,5	0,5	1,5	1	4	1,3		
17//21	4	4,5	3,5	4	5	2	1,5	3,5	5	4	4	3,7	2,03	0,13
9//14	5	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	1,5	2	4	5	2,45		
10//15	5	1,5	1	2	3	2,5	1	2,5	2	2	5	2,25		
11//16	5	2	1,5	2	2	2,5	1	2,5	2	2	4,5	2,2		
12//17	5	1	1	2	2	2	0,5	2	1	4	5	2,05		
13//18	5	1	0,5	1	0	2	1	1,5	2	3	4,5	1,65		
14//19	5	1,5	1	2	1	2	1,5	2	1,5	3	4	1,95		
15//20	5	4	1	1	1	3	0,5	2	1	1,5	4	1,9		
16//21	5	4	4,5	4	5	3	1,5	4	4	4	4,5	3,85	2,29	0,14
9//15	6	2	2	2,5	3	3	2,5	2,5	2	3	5	2,75		
10//16	6	2	1,5	2	2	3	1	2	3	4	5	2,55		
11//17	6	1,5	1	3	2	2	2	1,5	2	2,5	4	2,15		
12//18	6	2	1	1,5	2	2,5	1	1,5	1,5	3	5	2,1		
13//19	6	1	1	2	2	2	1	3	1,5	2,5	4	2		
14//20	6	1,5	1	3,5	1	2	1,5	2,5	2,5	3	4,5	2,3		
15//21	6	4,5	4	4	4	3	1	4	4	4	4,5	3,7	2,51	0,14
9//16	7	2	3	3,5	3	3,5	2	2,5	2,5	4	5	3,1		
10//17	7	2	1,5	2	3	3	1,5	2	2	4	5	2,6		
11//18	7	1,5	1	1	2	3	1,5	2,5	1,5	3	5	2,2		
12//19	7	1,5	1,5	1,5	2	3	2	2	2	3	5	2,35		
13//20	7	1	1	1	2	2	1	2,5	3	2	5	2,05		
14//21	7	4	4	4	5	3	3	3,5	5	4	4	3,95	2,71	0,16
9//17	8	2,5	2	3,5	3	4	3,5	2,5	2,5	3	5	3,15		
10//18	8	3	1,5	3	2	3,5	2	3	3,5	3	5	2,95		
11//19	8	2	1,5	3	3	3,5	2	3	3	3	4,5	2,85		
12//20	8	1,5	1,5	3	2	2,5	1	2	2,5	3	5	2,4		
13//21	8	4	4	3	4	4	2	3,5	4	5	5	3,85	3,04	0,15
9//18	9	2,5	1,5	4	4	4	3	2,5	2	3	5	3,15		
10//19	9	2	2	3	3	3,5	3	2,5	4	4	5	3,2		
11//20	9	2,5	1,5	2	3	2,5	2	2,5	3,5	4	5	2,85		
12//21	9	3,5	3,5	4	3	4	3	3	4,5	5	5	3,85	3,26	0,16
9//19	10	2,5	2	3	3	4	3	3	4	3	5	3,25		
10//20	10	2,5	1,5	4	3	3	2	2,5	3	3	5	2,95		
11//21	10	4	3,5	3	4	4	1,5	3	3	5	5	3,6	3,27	0,18
9//20	11	2,5	1,5	4	4	3	2,5	3	4	4	5	3,35		
10//21	11	3,5	3,5	2,5	3	4	3	2,5	5	5	5	3,7	3,53	0,23
9//21	12	3	3,5	3	2	4	3,5	2,5	4,5	5	5	3,6	3,60	0,32

Prilog P7

Zbog obimnosti materijala, Prilog P7 je u elektronskoj formi (na CD-u). Na CD-u se nalaze 3 fajla, za izračunavanje M-Score vrednosti:

P7.1 PRVI SET – Programska aplikacija za računanje površinske neuniformnosti pomoću M-Score metode, za polje podeljeno na 20 redova i 20 kolona

P7.2 DRUGI SET – Programska aplikacija za računanje površinske neuniformnosti pomoću M-Score metode, za polje podeljeno na 20 redova i 20 kolona

P7.3 TREĆI SET – Programska aplikacija za računanje površinske neuniformnosti pomoću M-Score metode, za polje podeljeno na 20 redova i 20 kolona

Deo programske aplikacije:

	CF	CG	CH	CI	CJ	CK	CL	CM	CN	CO	CP	CQ	CR	CS	CT	CU	CV	CW	CX	CY	CZ	DA	DB	DC
1	b	rows	L	a	b	rows	L	a	b	rows	L	a	b	rows	L	a	b	average	average	average	ΔE short_line			
2	m18					m19				m20								L	a	b				
3	-7.14	1	69.79	-0.07	-6.67	1	69.81	0	-6.75	1	69.99	0.08	-7.01	n1	69.819	0.1	-6.8315	ΔE 1	0.103347	0.081807				
4	-6.77	2	69.9	0.01	-6.95	2	69.99	0.04	-6.98	2	69.9	0.11	-6.98	n2	69.8915	0.0845	-6.9035	ΔE 2	0.100142	0.087915				
5	-6.83	3	69.9	-0.02	-6.75	3	70.04	0.26	-7.24	3	69.86	0.04	-6.91	n3	69.9455	0.12	-6.827	ΔE 3	0.085869	0.067564				
6	-7.02	4	70.07	0.1	-6.92	4	70.01	0.09	-7.01	4	69.96	0.18	-7.16	n4	69.964	0.135	-6.9095	ΔE 4	0.102629	0.07915				
7	-6.76	5	69.99	0.18	-7.04	5	69.68	0.08	-6.71	5	69.82	0.15	-6.95	n5	69.8835	0.1305	-6.846	ΔE 5	0.11654	0.109506				
8	-7.25	6	70.32	0.17	-6.85	6	69.75	0.23	-7.04	6	70.14	0.22	-6.87	n6	69.973	0.185	-6.897	ΔE 6	0.044232	0.056192				
9	-6.79	7	69.92	0.29	-7.18	7	69.85	-0.08	-6.65	7	69.73	0.16	-6.95	n7	69.9565	0.147	-6.9125	ΔE 7	0.064858	0.083926				
10	-6.8	8	69.88	0.18	-6.79	8	69.88	0.09	-6.86	8	69.88	0.36	-7.18	n8	69.929	0.2045	-6.9005	ΔE 8	0.066276	0.070223				
11	-6.4	9	69.89	0.15	-6.74	9	69.89	0.15	-6.74	9	69.95	0.24	-7.04	n9	69.923	0.162	-6.85	ΔE 9	0.051044	0.043832				
12	-6.6	10	69.96	0.27	-6.96	10	69.81	0.01	-6.65	10	69.73	0.3	-6.99	n10	69.8835	0.145	-6.8225	ΔE 10	0.029343	0.031316				
13	-6.6	11	69.96	0.27	-6.96	11	69.77	0.08	-6.79	11	69.77	0.08	-6.79	n11	69.8875	0.126	-6.8005	ΔE 11	0.037716	0.04358				
14	-6.78	12	69.84	0.06	-6.85	12	70.04	0.14	-6.69	12	69.83	0.18	-6.86	n12	69.8695	0.1535	-6.782	ΔE 12	0.057378	0.062374				
15	-7.07	13	69.62	0.16	-6.73	13	69.78	0.21	-6.9	13	69.78	0.05	-6.95	n13	69.8335	0.1155	-6.7585	ΔE 13	0.124439	0.1				
16	-6.82	14	69.73	0.17	-7.09	14	69.6	-0.05	-6.75	14	69.39	0.01	-6.66	n14	69.7235	0.1395	-6.8115	ΔE 14	0.126235	0.097412				
17	-6.7	15	69.84	0.29	-7.02	15	69.81	0.01	-6.65	15	69.47	0.18	-6.9	n15	69.7155	0.1285	-6.686	ΔE 15	0.036932	0.030108				
18	-6.75	16	69.8	0.12	-6.79	16	69.49	0.2	-6.83	16	69.27	0.21	-6.93	n16	69.7275	0.1205	-6.72	ΔE 16	0.119209	0.093564				
19	-6.62	17	69.64	0.19	-6.8	17	69.61	0.18	-6.55	17	69.34	0.04	-6.67	n17	69.611	0.132	-6.6975	ΔE 17	0.086496	0.084206				
20	-6.76	18	69.39	0.1	-6.72	18	69.36	0.28	-6.83	18	69.49	0.14	-6.82	n18	69.608	0.1775	-6.771	ΔE 18	0.164789	0.153296				
21	-6.83	19	69.16	0.16	-6.85	19	69.35	0.03	-6.72	19	69.36	0.08	-6.77	n19	69.495	0.103	-6.677	ΔE 19	0.11751	0.090792				
22	-6.61	20	69.44	0.04	-6.55	20	69.47	0.18	-6.78	20	69.27	0.02	-6.38	n20	69.4395	0.099	-6.5735	SUM ΔE	1.634982	1.466764				
23	-6.818	av M18	69.8015	0.138	-6.8795	av M19	69.76	0.1245	-6.8215	av M20	69.6965	0.1415	-6.8885											
24																					ΔE short_line	16.34982	14.66764	
25																						ΔE	$\Delta E00$	
26																								
27		ΔE 18	0.072584			ΔE 19	0.093863											ΔE long&short	1.7437229	1.602613				
28			0.057656				0.074606																	
29																								
30																								
31																								
32																								
33																								
34																								
35																								
36																								
37																								
38																								
39																								
40																								
41																								
42																								

U svakoj kartici su unete Lab koordinate za svaki uzorak posebno.

Izračunavanje M-Score vrednosti prema formulama datim u delu 5.4.5.

12. Biografija sa bibliografijom

Ime i prezime: *Ivana Jurič*

Datum rođenja: *08.07.1987.*

Obrazovanje:

2006 – 2011 *Osnovne akademske – **bečelor studije** i
diplomske akademske – **master studije**,
Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih
nauka, Departman za grafičko inženjerstvo i
dizajn*

2011 – 2018 ***Doktorske akademske studije**, Univerzitet u
Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka,
Departman za grafičko inženjerstvo i dizajn*

Kretanje u poslu:

2012 – 2013 *Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih
nauka, Departman za grafičko inženjerstvo i
dizajn, **saradnik u nastavi***

2013 – *Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih
nauka, Departman za grafičko inženjerstvo i
dizajn, **asistent-master***

Učešće na projektima:

2012 – 2018 *Istraživač u okviru Projekta tehnološkog razvoja
(broj 35027) „Razvoj softverskog modela za
unapređenje znanja i proizvodnje u grafičkoj
industriji“*

2014 – 2015 *Učešće na bilateralnom projektu Republike
Srbije i Republike Slovenije „Development of a
method for using commercial digital camera as
color measurement device“ (451-03-3095/2014-
09/40)*

Bibliografija

Spisak rezultata M13 - Monografska studija/poglavlje u knjizi M11 ili rad u tematskom zborniku vodećeg međunarodnog značaja (1)

Pavlović Ž., Dedijer S., Draganov S., Karlović I., Jurić (Rilovski) I.: Printing on Polymers, chapter Offset Printing, Amsterdam, Elsevier Inc, 2015, str. 217-238, ISBN 9780323374682

Spisak rezultata M21 - Rad u vrhunskom međunarodnom časopisu (2)

Jurić (Rilovski) I., Karlović I., Tomić I., Novaković D.: Optical paper properties and their influence on colour reproduction and perceived print quality, Nordic Pulp and Paper Research Journal, 2013, Vol. 28, No 2, pp. 264-273, ISSN 0283-2631

Pál (Apro) M., Novaković D., Dedijer S., Koltai L., Jurić (Rilovski) I., Vladić G., Kašiković N.: Image processing based quality control of coated paper folding, Measurement, 2017, Vol. 100, pp. 99-109, ISSN 0263-2241, UDK: <http://dx.doi.org/10.1016/j.measurement.2016.12.033>

Spisak rezultata M21a - Rad u međunarodnom časopisu izuzetnih vrednosti (1)

Jurić (Rilovski) I., Kašiković N., Stančić M., Novaković D., Vladić G., Majnarić I.: The influence of heat treatment on print mottle of screen printed textile knitted fabrics, Applied Thermal Engineering, 2015, ISSN 1359-4311

Spisak rezultata M23 - Rad u međunarodnom časopisu (3)

Jurić (Rilovski) I., Nedeljković U., Novaković D., Pinčjer I.: Visual experience of noise in digital images, Tehnicki vjesnik - Technical Gazette, 2016, Vol. 23, No 5, pp. 1463-1467, ISSN 1330-3651

Jurić (Rilovski) I., Karlović I., Novaković D., Tomić I.: Comparative study of different methods for the assessment of print mottle, Color Research and Application, 2016, Vol. 41, No 5, pp. 493-499, ISSN 0361-2317

Dedijer S., Tomić I., Spiridonov I., Boeva R., Jurić (Rilovski) I., Milić N., Đurđević S.: Ink - jet imprints in just noticeable color difference evaluation, Bulgarian Chemical Communications, 2017, Vol. 49, No L, pp. 140-147, ISSN 0324-1130

Spisak rezultata M33 - Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u celini (24)

Jurić (Rilovski) I.: The influence of surface roughness of digital prints on the spectral reflectance, 3. "Printig Future Days" international IARIGARI student conference on print and media technology, Chemnitz: Chemnitz University of Technology, 2-5 Novembar, 2009, pp. 35-40, ISBN 978-3-89700 108-4

Jurić (Rilovski) I.: Ink optimization for achieving the same quality using HP Latex Printing Technology, 5. International Symposium on Graphic Engineering and Design, GRID, Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka, 11-12 Novembar, 2010, pp. 99-105, ISBN 978-86-7892-294-7

Karlović I., Tomić I., Jurić (Rilovski) I.: Accelerated Ageing of Digitally Printed Foils With HP Latex Inks, 10. Seminar in Graphic Arts, Pardubice: University of Pardubice, 19-21 Septembar, 2011, ISBN 978-80-7395-420-8

Jurić (Rilovski) I., Karlović I., Tomić I.: Digital Print Mottle as a Quantitative Tool for Print Quality

Assessment, 10. Seminar in Graphic Arts, Pardubice: University of Pardubice, 19-21 September, 2011, pp.83-87, ISBN 978-80-7395-420-8

Jurič (Rilovski) I., Karlović I.: Digital Print Sharpness as quantitative tool for print quality assessment, 4. "Printig Future Days" international Scientific Conference on print and Media Technology for junior scientists and PhD students, Chemnitz: Chemnitz University of Technology, Verlag fur Wissenschaft und Bildung, 7-10 November, 2011, pp. 31-36, ISBN 978-3-86135623-3

Karlović I., Tomić I., Novaković D., Jurič (Rilovski) I.: Evaluation of distinctness of image enhanced printed samples, 43. conference of the International Circle of Educational Institutes for Graphic Arts Technology and Management, Norrköping: International Circle, 19-23 September, 2011, pp. 13-19

Jurič (Rilovski) I., Karlović I., Tomić I.: The possibility of using G7 method for calibration and characterization of Xerox Docucolor digital press, 6. International Symposium on Graphic Engineering and Design, GRID, Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka, 15-16 November, 2012, pp. 203-208, ISBN 978-86-7892-457-6

Stančić M., Karlović I., Jurič (Rilovski) I.: Influence of digitally printed self adhesive foils on print quality parameters, 6. International Symposium on Graphic Engineering and Design, GRID, Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka, 15-16 November, 2012, pp. 171-178, ISBN 978-86-7892-457-6

Jurič (Rilovski) I., Karlović I., Tomić I.: Influence of surface properties of ink jet papers on print sharpness, 11. Seminar in Graphic Arts, Pardubice: University of Pardubice, Department of Graphic Arts and Photophysics, 2013, 17-18 Jun, 2013, pp. 121-126, ISBN 978-80-7395-660-8

Tomić I., Karlović I., Jurič (Rilovski) I., Szentgyörgyvölgyi R.: An influence of accelerated ageing on distinctness of image for coated offset prints, 11. Seminar in Graphic Arts, Pardubice: University of Pardubice, Department of Graphic Arts and Photophysics, 2013, 17-18 Jun, 2013, pp. 68-73, ISBN 978-80-7395-660-8

Jurič (Rilovski) I., Karlović I., Novaković D., Tomić I.: Possibility of using concentric halftoning to improve print quality, 4. International Joint Conference on Environmental and Light Industry Technologies, Budimpešta: Faculty of light industry and environmental engineering, Obuda University, 20-22 November, 2013, pp. 386-391, ISBN 978-615-5018-93-0

Tomić I., Karlović I., Jurič (Rilovski) I.: Influence of lens aperture on lateral chromatic aberration in digital photography, 4. International Joint Conference on Environmental and Light Industry Technologies, Budimpešta: Faculty of light industry and environmental engineering, Obuda University, 20-22 November, 2013, pp. 345-351, ISBN 978-615-5018-93-0

Karlović I., Tomić I., Jurič (Rilovski) I.: The influence of halftone dot shapes on S-CIELab values, 4. International Joint Conference on Environmental and Light Industry Technologies, Budimpešta: Faculty of light industry and environmental engineering, Obuda University, 20-22 November, 2013, pp. 368-373, ISBN 978-615-5018-93-0

Jurič (Rilovski) I., Karlović I., Tomić I., Zdravković S.: Visual experience of Graininess, 7. International Symposium on Graphic Engineering and Design GRID, Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka, 13-14 November, 2014, pp. 267-271, ISBN 978-86-7892-645-7

Karlović I., Tomić I., Jurič (Rilovski) I., Rađelović D., Rađelović D.: Determination of substrate and halftone dot shape influence on image reproduction with image difference metric, 7. International Symposium on Graphic Engineering and Design GRID, Novi Sad: Faculty of technical sciences, Department of graphic engineering and design, 13-14 Novembar, 2014, pp. 261-266, ISBN 978-86-7892-645-7, UDK: 655 (082)

Tomić I., Huertas R., Jurič (Rilovski) I.: Colour to texture fusion in HSI colour space, 7. International Symposium on Graphic Engineering and Design GRID, Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka, 13-14 Novembar, 2014, pp. 309-316, ISBN 978-86-7892-645-7

Jurič (Rilovski) I., Karlović I., Majnarić I., Novaković D., Tomić I.: Different methods for quantification of micro-uniformity, 46. Annual International Conference on Graphic Arts and Media Technology, Management and Education, Atina: Hellenic Union of Graphic Arts and Media Technology Engineers, 25-29 Maj, 2014, pp. 205-210, ISBN 978-618-81734-0-8

Milošević R., Kašiković N., Novaković D., Jurič (Rilovski) I., Stančić M.: Print mottle assessment of screen printed textile material, 8. Sigt - 7th Symposium of Information and Graphic Arts Technology, Ljubljana: Faculty of Natural Sciences and Engineering, Department of Textiles, Chair of Information and Graphic Art Technology, 5-6 Jun, 2014, pp. 154-159, ISBN 978-961-6900-09-6

Karlović I., Tomić I., Jurič (Rilovski) I., Pinčjer I.: Finding the relation between AM and FM halftoning with scie lab metrics , 8. Sigt - 7th Symposium of Information and Graphic Arts Technology, Ljubljana: University of Ljubljana, Faculty of Natural Sciences, 5-6 Jun, 2014, pp. 50-55, ISBN 978-961-6900-09-6, UDK: 655.1

Tomić I., Dedijer S., Jurič (Rilovski) I., Pál (Apro) M.: The Effect of Scanning Resolution and Displacement Value on the GLCM-Based Features for Paper Texture Characterization, 8. International Symposium on Graphic Engineering and Design, GRID, Novi Sad: University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department of Graphic Engineering and Design, 3-4 Novembar, 2016, pp. 263-271, ISBN 978-86-78928-67-3

Dedijer S., Tomić I., Pál (Apro) M., Pavlović Ž., Jurič (Rilovski) I.: Color Reproduction Quality in Multi-Pass Ink Jet Printing, 8. International Symposium on Graphic Engineering and Design, GRID, Novi Sad: University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department of Graphic Engineering and Design, 3-4 Novembar, 2016, pp. 225-230, ISBN 978-86-78928-67-3

Pál (Apro) M., Dedijer S., Tomić I., Jurič (Rilovski) I., Zorić V.: Influence of sample-size variations on the inplane tensile strength of uncoated paper, 8. International Symposium on Graphic Engineering and Design, GRID, Novi Sad: University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department of Graphic Engineering and Design, 3-4 Novembar, 2016, pp. 109-114, ISBN 978-86-78928-67-3

Kašiković N., Vladić G., Milošević R., Đurđević S., Jurič (Rilovski) I., Novaković D., Pavlović Ž.: Rubbing fastness properties of digital printed samples, 2. 2nd International Printing Technologies Symposium – PrintIstanbul 2017, Istanbul: Marmara Üniversitesi, 11-12 Oktobar, 2017, pp. 295-393, ISBN 978-9944-0636-7-8

Tomić I., Dedijer S., Jurič (Rilovski) I., Pál (Apro) M., Pavlović Ž., Vladić G.: Influence of Resolution and Print Settings, on Colour Reproduction in Ink-Jet Printing, 2. 2nd International Printing Technologies Symposium – PrintIstanbul 2017, Istanbul: Marmara University, 11-12 Oktobar, 2017, pp. 273-282, ISBN 978-9944-0636-7-8

Spisak rezultata M34 - Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u izvodu (4)

Tomić I., Karlović I., Novaković D., Jurič (Rilovski) I.: Image analysis techniques for assessing print quality, 44. Annual Conference of the International Circle of Educational Institutes for Graphic Arts Technology and Management, Budimpešta: Obuda University, 19-22 Jun, 2012

Jurič (Rilovski) I., Karlović I., Novaković D., Tomić I.: Influence of marking engines and toner/ink types on the formed elements of the image in digital printing, 44. Annual Conference of the International Circle of Educational Institutes for Graphic Arts Technology and Management, Budimpešta: Obuda University, 19-22 Jun, 2012

Jurič (Rilovski) I.: Printing on recycled papers, 1. COST Training School 'Printing of bio-based materials in packaging', Budimpešta: Faculty of Light Industry and Environmental Engineering, Obuda University, 24-27 Septembar, 2013, ISBN 978-615-5018-87-9

Tomić I., Dedijer S., Szentgyörgyvölgyi R., Novaković D., Jurič (Rilovski) I.: Lightfastness of Goniochromatic Prints, 1. IJCELIT 2017 - International Joint Conference on Enviromental and Light Industry Technologies, Budimpešta: Rejtő Sándor Faculty of Light Industry and Environmental Protection Engineering, 23-24 Novembar, 2017, ISBN 978-963-449-061-6

Spisak rezultata M52 - Rad u časopisu nacionalnog značaja (1)

Jurič (Rilovski) I., Novaković D., Karlović I., Tomić I.: The possibility of using recycled paper in digital printing, *Advanced Technologies*, 2013, Vol. 2, No 1, pp. 26-32, ISSN 2406-2979, UDK: 676:655.3:628.477.6

Spisak rezultata M53 - Rad u naučnom časopisu (25)

Jurič (Rilovski) I., Karlović I., Tomić I.: Oštrina digitalnog otiska kao način procene kvaliteteta štampe, *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka*, 2011, Vol. 26, No 6, pp. 1473-1476, ISSN 0350-428X

Jurič (Rilovski) I., Karlović I., Novaković D., Tomić I.: Influence of paper surface properties and toner type on digital print mottle, *Celuloza si Hartie*, 2012, Vol. 61, No 2, pp. 4-9, ISSN 1220-9848

Đatkov N., Karlović I., Jurič (Rilovski) I.: Upoređivanje ICC profila generisanih programom otvorenog koda i komercijalnim programima, *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka*, 2012, Vol. 27, No 11, pp. 2191-2194, ISSN 0350-428X, UDK: 655.254.24

Tarbuk M., Karlović I., Jurič (Rilovski) I.: Analiza kvaliteta reprodukcije linijskih elemenata za digitalne sisteme za štampu, *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka*, 2012, Vol. 27, No 13, pp. 2661-2664, ISSN 0350-428X, UDK: 655.254.24

Karlović I., Tomić I., Jurič (Rilovski) I., Novaković D., Vučinić-Vasić M., Kozmidis-Luburić U.: The Influence of the Surface Roughness of Aqueous Coated Samples and the Particle Size of the Coatings on the Reflection and Colourimetric Values of Offset Printed Samples, *International*

Circular of Graphic Education and Research, 2012, Vol. 5, No 1, pp. 18-29, ISSN 2166-465X, UDK: 655

Gebeješ A., Tomić I., Karlović I., Jurič (Rilovski) I.: Evaluation of the algorithms for recovering reflectance from virtual digital camera response, *Journal of Graphic Engineering and Design*, 2012, Vol. 3, No 2, pp. 23-30, ISSN 2217-379X, UDK: 519.65 : 519.876.5 : 535.653.3

David M., Karlović I., Jurič (Rilovski) I.: Uticaj opaciteta papira na kolorimetrijske razlike reprodukcije boja, *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka*, 2012, Vol. 27, No 14/2012, pp. 3067-3070, ISSN 0350-428X, UDK: 655.254.24

Jurič (Rilovski) I., Novaković D., Karlović I., Tomić I.: Influence of gloss and surface roughness of coated ink jet papers on print uniformity, *Acta Graphica*, 2013, Vol. 24, No 3-4, pp. 85-92, ISSN 0353-4707

Karlović I., Tomić I., Jurič (Rilovski) I.: Influence of types tone value of types on character formation and accuracy of optical character recognition, *Scientific papers of the University of Pardubice, Faculty of Chemical Technology, Seria A*, 2013, Vol. 13, pp. 215-226, ISSN 1211-5541

Milošević R., Kašiković N., Novaković D., Jurič (Rilovski) I., Stančić M.: Print Mottle Assessment of Ink Jet Printed Billboard Materials, *Journal of Printing Science and Technology*, 2014, Vol. 51, No 5, pp. 339-346, ISSN 1882-4935

Repaši E., Kašiković N., Jurič (Rilovski) I.: Uticaj toplotnog dejstva na kvalitet otisaka odštampanih ink jet tehnikom štampe na tekstilne podloge, *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka*, 2014, Vol. 29, No 10, pp. 2214-2217, ISSN 0350-428X, UDK: 655.36

Beljkaš A., Karlović I., Jurič (Rilovski) I.: Poređenje različitih metoda za procjenu površinske neuniformnosti otisaka, *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka*, 2014, Vol. 29, No 12/2014, pp. 2593-2596, ISSN 0350-428X

Jurič (Rilovski) I., Randelović D., Karlović I., Tomić I.: Influence of the surface roughness of coated and uncoated papers on the digital print mottle, *Journal of Graphic Engineering and Design*, 2014, Vol. 5, No 1, pp. 17-23, ISSN 2217-379X, UDK: 620.179.118 655.062

Tomić I., Karlović I., Jurič (Rilovski) I.: Practical Assessment of Veiling Glare in Camera Lens System, *Journal of Graphic Engineering and Design*, 2014, Vol. 5, No 2, pp. 23-28, ISSN 2217-379X, UDK: 655.22778.18681.7.066

Tasić N., Kašiković N., Jurič (Rilovski) I.: Uticaj serijskog procesa pranja na kvalitet otisaka na tekstilnim materijalima štampanim ink jet tehnikom, *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka*, 2015, Vol. 30, No 5, pp. 919-922, ISSN 0350-428X, UDK: 655.3.022:004.9

Ždrnja M., Kašiković N., Jurič (Rilovski) I.: Uticaj serijskog procesa pranja tekstilnih materijala na opseg boje u digitalnoj štampi, *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka*, 2015, Vol. 30, No 5, pp. 937-940, ISSN 0350-428X, UDK: 655.3.022:004.9

Radulović S., Kašiković N., Jurič (Rilovski) I.: Karakterizacija otiska ink jet tehnike štampe na pločastim materijalima, *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka*, 2015, Vol. 30, No 12, pp. 2365-2368, ISSN 0350-428X, UDK: 655.3.022:004.9

Lijeskić M., Kašiković N., Jurič (Rilovski) I.: Primena postupka elektrofotografije u štampi minijaturnih knjiga, Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, 2015, Vol. 30, No 12, pp. 2385-2388, ISSN 0350-428X, UDK: 655.3.022:004.9

Tomić N., Kašiković N., Jurič (Rilovski) I.: Uticaj površinske mase papira i grafičkih sistema na porast tonskih vrednosti u elektrofotografiji, Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, 2016, Vol. 31, No 1, pp. 179-182, ISSN 0350-428X, UDK: 655.3

Tucović A., Kašiković N., Jurič (Rilovski) I.: Analiza postojanosti otisaka na trljanje u zavisnosti od sastava korišćene tekstilne podloge u digitalnoj štampi, Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, 2016, Vol. 31, No 4, pp. 625-628, ISSN 0350-428X, UDK: 655.3.022:004.9

Vlajkov H., Kašiković N., Jurič (Rilovski) I.: Merenje površinske uniformnosti elektrofotografskih otisaka metodom analize slike, Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, 2016, Vol. 31, No 5, pp. 998-1001, ISSN 0350-428X, UDK: 655.3

Pavlović Ž., Dedijer S., Pál (Apro) M., Tomić I., Jurič (Rilovski) I.: Readability of screen printed QR codes depending on their dimension, encoded content and type of printing substrate using screen printing technique, Glasnik hemičara, tehnologa i ekologa Republike Srpske, 2016, Vol. 12, No 1, pp. 37-45, ISSN 1840-054X, UDK: 54+66+502/504

Stanković B., Kašiković N., Jurič (Rilovski) I.: Uticaj tonera na kvalitet štampe u elektrofotografiji, Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, 2016, Vol. 31, No 17, pp. 3270-3273, ISSN 0350-428X, UDK: 655.3.022:004.9

Bezek I., Kašiković N., Jurič (Rilovski) I.: Postojanost otiska tehnike sito štampe na tekstilnim materijalima pri izlaganju serijskom procesu pranja, Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, 2017, Vol. 32, No 5, pp. 799-802, ISSN 0350-428X, UDK: 655.3

Ješić J., Kašiković N., Jurič (Rilovski) I.: Uticaj svojstava papira na kvalitet otiska u ink jet štampi, Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, 2017, Vol. 32, No 6, pp. 1164-1167, ISSN 0350-428X, UDK: 655.3

Spisak rezultata M63 - Saopštenje sa skupa nacionalnog značaja štampano u celini (4)

Karlović I., Tomić I., Jurič (Rilovski) I., Bašić D.: Influence of the Scanning Resolution on the Modulation Transfer Function, 18. Međunarodni simpozijum iz oblasti celuloze, papira, ambalaže i grafike, Zlatibor: Tehnološko Metalurški Fakultet, Univerzitet u Beogradu, 19-22 Jun, 2012, pp. 75-83, ISBN 978-86-7401-283-3, UDK: 676(082) 621.798.14(082) 655(082)

Jurič (Rilovski) I., Karlović I., Novaković D., Tomić I.: Comparative view of the quality of prints using iCtP and conventional plates, 10. Conference of Chemists, Technologists and Environmentalists of Republic of Srpska, Banja Luka: University in Banja Luka Faculty of Technology, 15-16 Novembar, 2013, pp. 477-482, ISBN 978-99938-54-50-0

Tomić I., Karlović I., Jurič (Rilovski) I., Vukojević J.: Testiranje kvaliteta objektiv digitalnog fotoaparata kroz procenu hromatske aberacije, 10. Conference of Chemists, Technologists and Environmentalists of Republic of Srpska, Banja Luka: University in Banja Luka Faculty of Technology, 15-16 Novembar, 2013, pp. 541-549, ISBN 978-99938-54-50-0

Vladić G., Kašiković N., Jurič (Rilovski) I., Stančić M., Milić N.: Primena tehnologije proširene realnosti u cilju unapređenja prezentacije tekstilnih proizvoda potrošačima, 5. DTM 2016, Beograd: Visoka tekstilna strukovna škola za dizajn, Tehnologiju i menadžment, 10 Jun, 2016, pp. 163-167

Spisak rezultata M64 - Saopštenje sa skupa nacionalnog znacaja štampano u izvodu (3)

Kašiković N., Vladić G., Stančić M., Jurič (Rilovski) I., Pál (Apro) M.: Colourfastness to serial washing process of screen prints on textile materials, 15. International Conference on Printing, Design and Graphic Communications - Blaž Baromić, Senj: Croatian Society of Graphic Artists, Croatia, 16-19 Septembar, 2015, pp. 23-23

Majnarić I., Andrić M., Kašiković N., Jurič (Rilovski) I.: Spectrophotometric analysis of digital prints printed with standrad and hightcrome toner, 15. International Conference on Printing, Design and Graphic Communications - Blaž Baromić, Senj: Croatian Society of Graphic Artists, Croatia, 16-19 Septembar, 2015, pp. 62-63

Jurič (Rilovski) I., Novaković D., Karlović I., Kašiković N., Milošević R.: Disadvantage of ISO Graininess Metric, 15. International Conference on Printing, Design and Graphic Communications - Blaž Baromić, Senj: Hrvatsko društvo grafičara, Hrvatska, 16-19 Septembar, 2015, pp. 21-21, ISBN 1848-6142

Spisak rezultata M85 - Prototip, nova metoda, softver, standardizovan ili atestiran instrument (1)

Novaković D., Pavlović Ž., Zeljković Ž., Nedeljković U., Dedijer S., Kašiković N., Vladić G., Pál (Apro) M., Avramović D., Pinčjer I., Milić N., Tomić I., Jurič (Rilovski) I., Đurđević S.: Softverski model za unapređenje znanja i proizvodnje u grafičkoj industriji, Tehničko rešenje, 2015