

SLIKOVNA ANALIZA

SODOBNO ORODJE ZA OVREDNOTENJE KAKOVOSTI GRAFIČNIH MATERIALOV

Uvod

Računalniško podprto procesiranje in obdelava digitalnih slik se že vrsto let uspešno uporablja na različnih področjih naravoslovja in tehnike. Poleg medicine, biologije, astronomije, geografije najdemo vse več aplikacij tudi v papirništvu in grafični dejavnosti, zlasti pri nadzoru industrijskih procesov in izdelkov.

Med klasične primere uporabe sodijo določanje parametrov posameznih vlaken (dolžina, debelina, porazdelitev velikosti), ugotavljanje učinkovitosti odstranjevanja tiskarske barve iz papirja s postopkom flotacijskega deinkinga, ovrednotenje strukture papirja v z-smeri in kakovosti odtisa pri kapljičnem tisku (bleeding, wicking, slovensko [ra]zlihanje in nazobčanje).

V zadnjem času pa se je uveljavilo nekaj pristopov, ki omogočajo učinkovito reševanje problematike kakovosti strukture – zlasti površine – papirja in odtisa; nekatere predstavlja ta prispevek.

Slikovno procesiranje in analiza

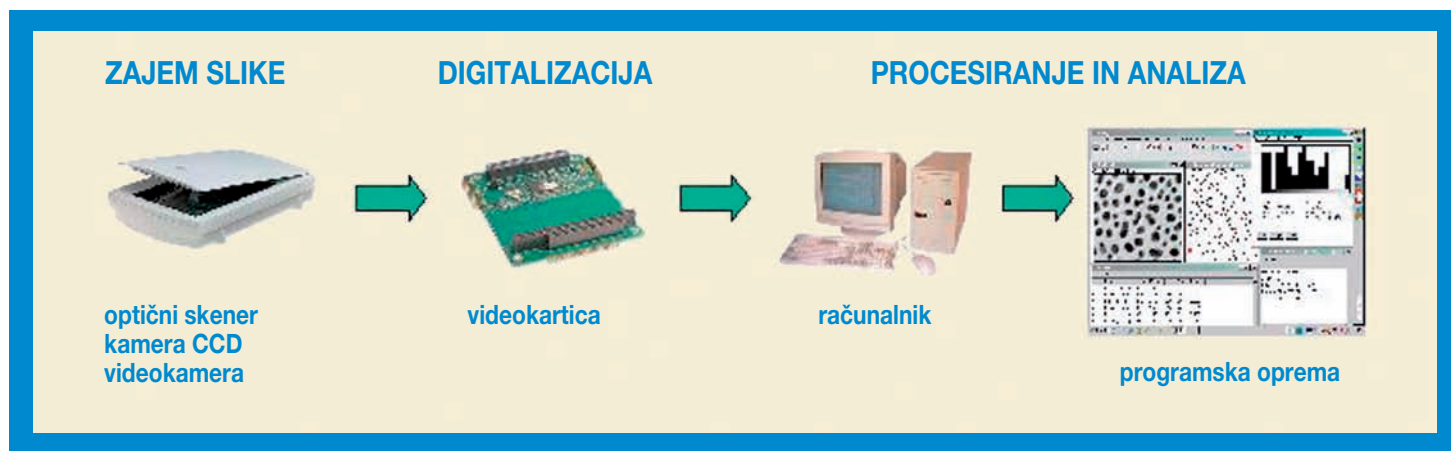
Sistem za snemanje (zajem) in obdelavo digitalne slike prikazuje slika 1. Motiv predmeta, ki ga želimo analizirati, posnamemo s pomočjo skenerja, CCD- ali videokamere, po potrebi v povezavi z dodatnimi optičnimi inštrumenti, kot sta mikroskop ali profilometer. Videokartica (frame grabber), ki je v računalniku, pretvori analogni električni signal iz naprave za zajemanje slike v digitalno sliko, ki je sestavljena iz dvodimenzionalne mreže slikovnih elementov – pikslov. Slika računalnik z ustrezno programsko opremo obdelata (slikovno procesiranje), čemur običajno sledi še izluščanje koristnih informacij (slikovna analiza) v obliki številčnih podatkov. Med postopke slikovnega procesiranja spadajo poleg aritmetičnih, geometričnih, točkovnih in morfoloških operacij na slikovnih elementih tudi digitalno filtriranje in Fourierova transformacija, ki

ju bomo spoznali v nadaljevanju. Slikovna analiza pa vključuje postopke, kot so določanje porazdelitve sivinskih vrednosti (histograma tonov) slike, povezovanje slikovnih elementov s podobnimi sivinskimi vrednostmi v večje delce, njihovo štetje ter določanje velikosti in oblike ipd.

Hrapavost papirja in kartona

V papirništvu že desetletja uveljavljene tehnike za določanje hrapavosti oziroma gladkosti – Bekk, Bendtsen, PPS – imajo številne pomanjkljivosti. Tako gre pri vseh za precej grobe, natančne metode, ki temeljijo na posrednem načinu merjenja volumna ali časa pretečenega zraka in ne omogočajo razlikovanja med posameznimi velikostnimi razredi oziroma območji hrapavosti (mikro- ali makrohrapavost). Zaradi kontaktnega principa merjenja tudi ne dobimo uporabnih informacij o resnični topografiji merjene površine vzorca.

V svetu se za merjenje površine vzorcev papirja in kartona tako pri nadzoru procesov v proizvodnji kot v raziskovalnih laboratorijih zadnja leta izredno hitro uveljavljajo nekontaktno profilometrične tehnike. V uporabi so različni načini karakterizacije površine: interferometrija, triangulacija in konfokalna ali autofokus profilometrija, topografska vrstična elektronska mikroskopija (SEM). Na finskem papirnem inštitutu KCL v Helsinkih uporabljajo konfokalni laserski profilometer Scan (slika 2) podjetja NanoFocus. Točkovni merilni senzor zazna spremembe površi-



Slika 1. Shematski prikaz sistema za snemanje in obdelavo digitalne slike. Desno zgoraj slika 2. Laserski profilometer NanoFocus Scan s konfokalnim senzorjem.

Kako si lahko popestrite življenje?

IQ – the ideal paper solution.

Če si želite popestriti življenje, potem so IQ večnamenski barvni papirji idealna rešitev. Saj so Vam naši IQ papirji različnega formata in gramature na voljo v 34 izbornih barvah. In ravno to je tisto, kar potrebujete, da bi Vaša pisarniška opravila bila privlačnejša! Z IQ barvami življenje res postane pestrejš.

Naš kontaktni naslov: mondibpscp@mondibp.com



Na voljo v 34 barvah!



 A member of the Anglo American plc group

ne z 1-mikronsko horizontalno in 0,1-mikronsko vertikalno ločljivostjo. Njegovo delovno območje v navpični smeri znaša 1 mm, zaradi česar se lahko uporablja tudi za ovrednotenje močno hrapavih površin.

S profilometrom je možno meriti tako enodimenzionalne – linijske – profile kot tudi izbrano dvodimenzionalno območje površine vzorca, pri čemer lahko z uporabo ustrezne look-up tabele (LUT) barvno simuliramo sto-

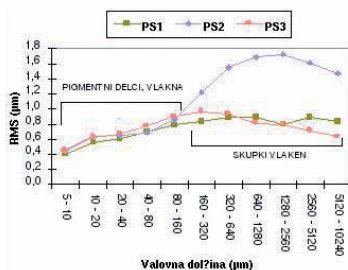
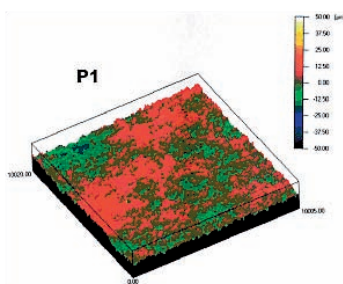
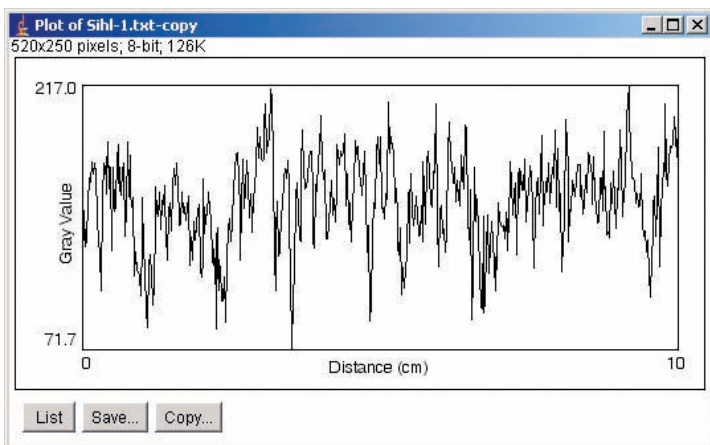
pnjo njegove hrapavosti (slika 3). Za ovrednotenje vzorca velikosti 10 × 10 mm je pri 5-mikronski ločljivosti v x-smeri in 20-mikronski v y-smeri potrebno vzorčenje milijona točk, kar traja pri hitrosti skeniranja 3 mm/s približno 40 minut. Računalniški program izračuna iz dobljenih podatkov različne parametre hrapavosti površine papirja oz. kartona skladno s standardom ISO 4287/2000: RMS hrapavost (Rq), Ra, Rsk, Rku, itn. Doblje-

no sliko lahko tudi digitalno filtriramo in celotni profil neenakomernosti površine tako ločimo v dve komponenti: na mikrohrapavost, ki je posledica vpliva posameznih vlaken in/ali pigmentnih delcev (krajše valovne dolžine), in na makrohrapavost oz. valovitost, ki jo povzročajo zlasti skupki vlaken (daljše valovne dolžine). Tako lahko preučujemo vpliv tehnoloških parametrov pri izdelavi papirja, premazovanju in glajenju na hrapavost površine v različnih velikostnih območjih (slika 4) ali pa razlikujemo med vzorci papirjev,

kjer običajne metode merjenja hrapavosti ne pokažejo razlik.

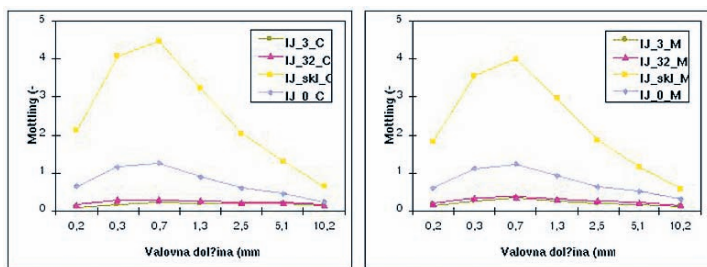
Neenakomernost odtisa – mottling

Podobno obliko slikovnega procesiranja lahko uporabimo tudi pri ovrednotenju stopnje neenakomernosti odtisa, neželenega pojava, do katerega prihaja tako pri klasičnih kot pri digitalnih tiskarskih tehnikah. Različne papirje za kapljični tisk smo potiskali z Eponovim pisarniškim tiskalnikom, 4 × 4 cm velika po-

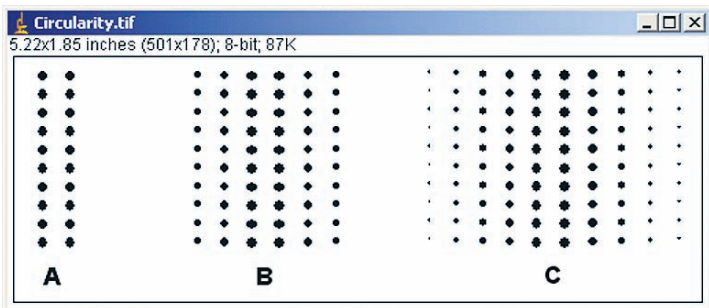


Slika 4. Primerjava hrapavosti treh papirjev za časopisni tisk: vzorec PS2 ima v primerjavi z drugima dvema večjo makrohrapavost.

Slika 3. Linijski profil in površina vzorca premazanega kartona (desno): različna obarvanost odraža topografsko heterogenost.



Slika 5. Neenakomernost cian (levo) in magenta (desno) odtisov na štirih papirjih za kapljični tisk.



Slika 6. Testna forma za preizkušanje okroglosti natisnjenih pik.

lja cian in magente odtisov poskenirali in digitalne podatke filtrirali z ustreznim Gaussovimi filtrom (slika 5). Pri odtisih, kjer gre za zelo fino neenakomernost v intenziteti – t. i. zrnastost ali grahavost –, doseže krivulja na sliki 5 maksimum pri nižjih valovnih dolžinah, medtem ko je krivulja z visokimi vrednostmi mottlinga v območju višjih valovnih dolžin značilna za odtis pri »pravem« mottlingu oziroma neenakomernosti večjih dimenzij. Diagrama kažeta, da se odtisi testiranih vzorcev razlikujejo večinoma le v zrnastosti: najbolj neenakomerna sta cian (levo) in magenta (desno) odtisa vzorca IJ_skl, pri katerih lahko že s prostim očesom zasledimo grahasto strukturo. Opazimo tudi, da je potek krivulj pri obeh barvah ze-

lo podoben, kar priča o uporabnosti metode.

Okroglost natisnjenih pik pri kapljičnem tisku

Poleg neenakomernosti odtisa (mottlinga), nazobčanja (wicking) in [ra]zliivanja (bleeding) tiskovnih elementov je eden glavnih pokazateljev kakovosti odtisa pri kapljičnem tisku geometrijska pravilnost natisnjenih okroglih elementov (slika 6). Z novjšimi tiskalniki je moč natisniti pike, pri katerih je volumen kapljice črnila vsega nekaj pikolitrov ($1 \text{ pikoliter} = 10^{-12} \text{ l}$), s čimer lahko ob uporabi primerne premazanega papirja dobimo zelo jasen, oster izpis fotografske kakovosti.

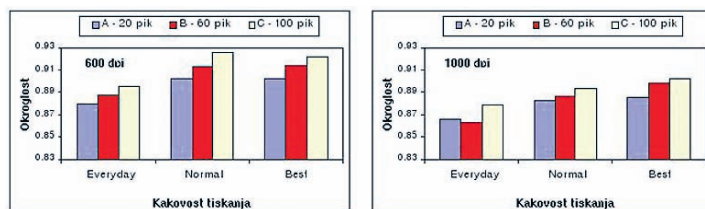


S slikovno analizo smo raziskali vpliv nastavitve tiskanja – *Everyday*, *Normal*, *Best* – na okroglost natisnjenih pik pri običajnem pisarniškem tiskalniku HP DeskJet 5550. Kot tiskovni material smo uporabili 80-gramski večnamenski grafični papir. Zanimali so nas črno potiskani vzorci krožcev različnih velikosti – vzorci A, B in C: 20, 60 in 100 pik –, motive smo skenirali pri dveh ločljivostih 600 in 1000 dpi

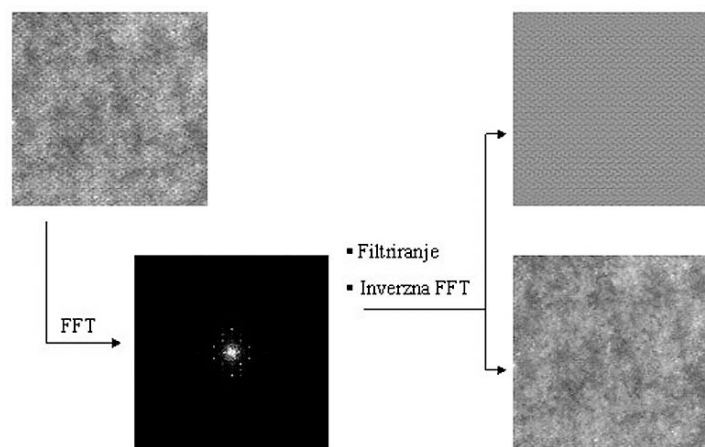
okroglosti pri tej ločljivosti v vseh primerih nižje od tistih pri 600 dpi, saj sta zaradi gostejše »mreže« nazobčanost pik in s tem odstopanje od idealne, pravilne okrogle oblike večja.

Formacija papirja in markiranje

»Oblačnost« oz. neenakomeren pregled je posledica neenakomerne porazdelitve mase (vla-



Slika 7. Povprečna okroglost natisnjenih pik pri nižji (levo) in višji (desno) ločljivosti skeniranja: optimalno razlikovanje med kakovostmi tiskanja omogoča vzorec C, poskeniran pri 1000 dpi.



Slika 8. Ovrednotenje formacije in markiranja s pomočjo Fourierove transformacije. Levo zgoraj: originalna slika; desno zgoraj: ohranjena le pravilna struktura (markiranje); desno spodaj: zgolj prisotnost naključnega vzorca kot posledica formacije.

ter na slikah določili povprečno okroglost elementov. Razpon okroglosti znaša od 0 do 1, višje vrednosti pomenijo boljši izpis.

Rezultati (slika 7) kažejo, da je za zadovoljivo razlikovanje med različnimi kakovostmi tiskanja (npr. med *Normal* in *Best*) priporočljivo uporabiti motiv C in višjo ločljivost skeniranja (1000 dpi), saj se šele tako pokažejo jasne razlike v povprečni okroglosti natisnjenih elementov. Opazimo lahko, da so vrednosti

kna, polnila itn.) v papirnem listu. Poleg tega so na površini papirja pogosto vidni odtisi sita in/ali klobučevin, s katerimi prihaja papir v stik med postopkom izdelave. S pomočjo transmisivnega optičnega skenerja in slikovne analize lahko oba pojava identificiramo, ločimo in kvantitativno ovrednotimo.

Posneto digitalno sliko, na kateri sta jasno vidna tako neenakomerna formacija kot vzorci markiranja (slika 8) in ki je v obi-

čajni, prostorski domeni, s posebnim matematičnim postopkom – hitro Fourierovo transformacijo (Fast Fourier Transform, FFT) – najprej pretvorimo v t. i. frekvenčno domeno. Informacija, ki jo vsebuje slika v takem zapisu, z uporabo ustreznega filtra namreč lažje ločimo v posamezne komponente. Če uporabimo primeren filter, ki prepušča zgolj nizke frekvence, ustrezajoče stohastičnim strukturam, tj. formaciji na originalni sliki, visoke (markiranja) pa zadrži, dobimo po ponovni transformaciji (inverzna FFT) v prostorsko domeno sliko, ki vsebuje le vzorec oblačnosti brez odtisov (desno spodaj). Če pa sliko filtriramo s takim filtrom, ki prepušča le visokofrekvenčne, pravilne strukture, nam po opisanem postopku ostane slika, na kateri so le periodični vzorci markiranj (desno zgoraj). Središčna bela lisa na sliki v frekvenčni domeni ustreza naključnim strukturam, posamezne bele točke, razporejene okrog nje, pa pravilnim značilnostim slike. S postopkom lahko med drugim ocenimo, kolikšen je delež markiranja pri enakomernosti pregleda papirja.

Poleg opisanih primerov lahko s postopki slikovnega procesiranja in analize rešimo številne konkretne probleme, na katere naletimo pri proizvodnji papirja in pri analognem ali digitalnem tiskanju. Na spletu je na voljo vrsta računalniških programov, namenjenih uporabnikom različnih stopenj zahtevnosti in predznanja. Eden takih, ki se odlikuje z enostavnostjo uporabe in široko paleto algoritmov, je brezplačni program **ImageJ** avtorja **Wayna Rasbanda** z ameriškega državnega zdravstvenega inštituta (National Institute of Health, NIH).

Zahvala

Meritve s konfokalnim laserskim profilometrom ter analiza neenakomernosti odtisa so bile opravljene v okviru mednarodnega raziskovalnega projekta COST Action E32 Characterization of Paper Surfaces for Improved Printing Paper Grades med dvotedenskim obiskom na finskem papirnem inštitutu KCL v Espooju maja 2005 pod vodstvom *dr. Karija Juvonena*. Gozistelu in sodelavcem inštituta se zahvaljujem za pomoč pri izvedbi meritev in seznanitvi z omejenima metodama, odboru COST E32 pa za finančno podporo delovnega obiska.

Acknowledgements

Confocal laser profilometer measurements and print nonuniformity analysis were performed in the frame of COST Action E32 Characterization of Paper Surfaces for Improved Printing Paper Grades during my Short Term Scientific Mission (STSM) in May 2005 at KCL, Finland – host *dr. Kari Juvonen*. The author gratefully acknowledges both help and hospitality of KCL host and staff members as well as financial support of COST Action E32.

Aleš HLADNIK

Inštitut za celulozo in papir Ljubljana

LITERATURA – internetne povezave

NanoFocus Scan
<http://nanofocus.info/product/overview.php?productid=8>

Hewlett-Packard Supplies whitepapers –

Color advantage
<http://www.hp.com/sbso/product/supplies/coloradvantage.html>

ImageJ
<http://rsb.info.nih.gov/ij>

Številka 1 v svetu tiskarskih barv

SunChemical

Hartmann, d.o.o., na Brnčičevi ul. 31 v industrijski coni Ljubljana-Črnuče vam iz zaloge ponuja popoln program tiskarskih barv, lakov in pomožnih sredstev najvišjega kakovostnega razreda:

OFSETNI TISK NA POLE

- ECOLITH – visokopigmentirane procesne barve najnovejše generacije, izdelane izključno na bazi rastlinskih olj, primerne za vse podloge
- IROCCART – koncentrirani monopigmenti za mešanje in tisk (kartonaža, etikete ...)
- popolna paleta pomožnih tiskarskih sredstev in lakov za ofsetni tisk
- specialne tiskarske barve (za tisk na nevpojne materiale, plakate, fluorescenčne, kovinske ...)

BARVE ZA ROTACIJSKI OFSETNI TISK (Heatset, Coldset)

UV BARVE IN LAKI za vse tehnike tiska oziroma nanosa

VODNI LAKI vseh vrst (za lakirne enote, za barvnik, za neposredni kontakt ...)

FLEKSOTISKARSKE BARVE na bazi vode in topil

DODATNE SERVISNE STORITVE

tima tehnologov Hartmann, d.o.o.:

- hitra priprava vseh mešanih ofsetnih barv (PANTONE, HKS, RAL ... predloga) v lastni mešalnici s spektrofotometričnim nadzorom, preizkusnim odtisom
- tehnološki auditi z meritvami (vlažilna voda, temperatura ...) in svetovanjem našim kupcem
- svetovanje in inženiring računalniško vodenih sistemov za doziranje tekočih barv (flekso- in bakrotisk)
- organizacija strokovnih izobraževanj, seminarjev, praktičnega usposabljanja



HARTMANN

Sun Chemical, Hartmann, d.o.o.
Brnčičeva ulica 31, 1231 Ljubljana-Črnuče
tel. 01/563 37 02, -14, -15, faks -03
e-mail: igor.sun@siol.net