

## POVZETKI (vol. 40, no. 1)

doi: 10.5566/2540

**HANS JØRGEN GOTTLIEB GUNDERSEN,**  
2. maj, 1943 – 1. februar, 2021  
Jens Randel Nyengaard

Po kratkem boju z rakom smo izgubili enega največjih ustanoviteljev sodobne stereologije: Hansa Jørgena Gottlieba Gundersena. Leta 1970 je diplomiral kot zdravnik na univerzi Aarhus na Danskem in že kot študent sodeloval pri raziskavah poznih zapletov sladkorne bolezni v Aarhus Kommunehospital. Tu je začel svoje metodološko doktorsko delo, ki ga je zagovarjal leta 1981 na univerzi Aarhus in ga danes priznavamo kot preboj v sodobni stereologiji. Kot profesor v laboratoriju za stereološke raziskave na univerzi Aarhus je Hans Jørgen razvil številne revolucionarne metode za natančno določanje prostorskih in strukturnih značilnosti, kot so število, velikost in povezljivost na podlagi načel prostorskega vzorčenja in metod, ki jih je razvil: disektor, frakcionator, proporcionalator, nukleator, rotator, točkovno vzorčeni prestrezki, pravokotni prestrezki, navpični odseki, isektor in 2D nepristranski okvir za štetje. Celoten seznam prelomnih metod je še daljši in učinek večji. Hans Jørgen, kot pravi stereolog, ni nikoli štel vseh objektov v populaciji, temveč je ocenil strukturne količine v vzorcu celotnega organa ali strukture. Kot rezultat je prav tako močno prispeval k matematični teoriji variance napake (posebej za sistematično vzorčenje).

doi: 10.5566/2432

### ODSTRANJEVANJE ŠUMA V PROGRAMU FIJI Z METODO VALJČKOV, S PRIMEROM UPORABE V STRUKTURIRANI SUPERLOČLJIVOSTNI MIKROSKOPIJI

Martin Čapek, Michaela Blažiková, Ivan Novotný, Helena Chmelová, David Svoboda, Barbora Radochová, Jiří Janáček, Ondřej Horváth

Filtriranje super ločljivostnih mikroskopskih slik pogosto povzroča težave z odstranjevanjem neželenih delov slike, kot so npr. šum, nehomogeno ozadje in rekonstrukcije. Standardne tehnike filtracije, npr. metode, ki temeljijo na konvoluciji ali Fourierjevi transformaciji, niso vedno primerne, saj lahko znižajo ločljivost slike, ki so jo zajeli visokotehnološki in dragi mikroskopski sistemi. V tem članku predlagamo filtriranje takih slik z uporabo diskretne transformacije valjčkov (DWT). Novo razviti vtičnik Wavelet\_Denoise za brezplačni programski paket na FIJI omogoča možnosti uporabe DWT na slikah: razgradnja filtrirane slike z uporabo različnih filtrov ki temeljijo na valjčkih in različne ravni podrobnosti s prikazom razgrajenih slik in vizualizacijo učinkov na povratno transformirano sliko z izbrano stopnjo zaviranja šuma. Program FIJI omogoča uporabo množice različnih mikroskopskih formatov slik, uporabniki lahko vtičnik enostavno namestijo z menijskim ukazom, vtičnik podpira obdelavo 3D slik. Predstavljena je tudi uporaba vtičnika za odstranjevanje rekonstrukcijskih artefaktov in neželenega ozadja na slikah, pridobljenih s super ločljivostno strukturirano svetlobno mikroskopijo.

doi: 10.5566/2348

### GLAJENJE IN KLASTIRANJE VODENEGA DEKOLORIZACIJE SLIK

Fang Li, Yuanming Zhu

V prispevku predlagamo novo metodo razbarvanja slike, ki temelji na združevanju slik in optimizaciji teže. Najprej zgladimo barvne slike in jih združimo v več razredov in ugotovimo centre razredov. Vsak center lahko predstavlja barvo na sliki. Nato se razredi razvrstijo glede na njihovo svetlost, izmerjeno z evklidsko normo. Če predpostavimo, da je razbarvana slika v sivini linearna kombinacija treh kanalov barvne slike, predlagamo optimizacijski problem, tako da razvrščena središča razredov prisilno ustrezajo določenim vrednostim sivine v enakomerni porazdelitvi. Numerično rešimo problem s kvadratnim programiranjem. Poskusi na dveh priljubljenih naborih podatkov kažejo, da je predlagana metoda po uspehu podobna najšodobnejšim metodam razbarvanja.

doi: 10.5566/2418

### O LASTNOSTIH NEKATERIH ADAPTIVNIH MORFOLOŠKIH FILTRIHI ZA ODSTRANJEVANJE ŠUMA SOL IN POPER

Marisol Mares-Javier, Carlos Guillén-Galván, Rafael Lemuz-López, Johan Debayle

Matematična morfologija (MM) je orodje, ki se lahko uporablja za številne naloge digitalne obdelave slik, ki vključujejo zmanjšanje impulzivnega šuma ali šuma soli in popra. Morfološki filtri so filtri, ki izhajajo iz dveh osnovnih operaterjev: erozije in dilatacije. Ko pa je stopnja obremenjenosti slike s šumom višja, ti filtri po navadi popačijo sliko. V tem delu predlagamo operaterje z lastnostmi, ki se bolje prilagodijo impulznemu šumu kot drugi klasični morfološki filtri. Poleg tega se izkaže, da predlagani par  $\wedge$ -filter in  $\vee$ -filter omogoča oblikovanje morfoloških odpiranj in zapiranj. Na koncu pristop primerjamo z drugimi najšodobnejšimi filtri, kot so: SMF, DBAIN, AMF in NAFSM. Naš pristop je boljši v razmerju med časom in kakovostjo, ko je raven šuma nad 50 %.

doi: 10.5566/1911

### ANALIZA IZOTROPIJE IN UNIFORMNOSTI PORAZDELITVE OJAČITVENE FAZE V KOMPOZITNIH MATERIALIH Cu/SiC Z UPORABO METOD $\mu$ CT

Katarzyna Pietrzak, Andrzej Gładki, Agata Strojny-Nędza, Tomasz Wejrzanowski, Kamil Kaszyca

Tomografija omogoča vdelavo enega prostora v drugega, zlasti  $\mathcal{R}^2 \rightarrow \mathcal{R}^3$ , in opazovanje narave volumetrične notranje kompozitne strukture. Zahteva se zahtevnejša interpretacija geometrije. Binarna segmentacija, ki se uporablja za numerično analizo struktur, zahteva podrobnejšo predstavitev. Ta članek prikazuje primer tehnik za analizo slike, ki se uporabljajo za preučevanje homogenosti dvofaznega materiala. Z uporabo tomografske analize so predstavljeni rezultati homogenosti delcev SiC z 10 vol. %, 20 vol. %, 30 vol. %, 40 vol. % volumetrične gostote kompozitov Cu/SiC. Določili smo porazdelitev mas delcev SiC in njihovi skupni vztrajnostni moment v dveh neodvisnih koordinatnih sistemih. Rezultati so potrdili, da se za dobro zmešane kompozitne praške pričakuje

homogenost ojačitvene faze v vzorcih s prostornino SiC blizu 30 vol.%. V tem primeru je ločevanje s premiki in sukanjem delcev SiC med postopkom sintranja omejeno.

## POVZETKI (vol. 40, no. 2)

doi: 10.5566/2596

### OSEBNE REFLEKSIJE NA ŽIVLJENJE HANSA JØRGENA GOTTLIEBA GUNDERSENA

John F. Bertram, Luis M. Cruz-Orive, Stephen M. Evans, Dallas M. Hyde, Terry Mayhew, Matthias Ochs, Yong Tang, Jens Randel Nyengaard

Profesor dr. Hans Jørgen G. Gundersen (1943–2021) je bil pionir stereologije, katerega delo je skoraj pol stoletja navdihovalo in vplivalo na raziskovalce po vsem svetu. Bil je zelo karizmatičen in eden od očetov sodobne stereologije, čigar prispevkov in dosežkov se radi spominjamo. V veselje nam je bilo biti v njegovi družbi in čeprav bo prihodnja generacija to priložnost zamudila, bo njegovo delo živelo naprej, ter navdihovalo in vplivalo na prihodnje generacije raziskovalcev.

Ključne besede: Hans Jørgen Gottlieb Gundersen

doi: 10.5566/2581

### KVANTIFIKACIJA INTERVENTNIH PRISTOPOV V PTERIGOPALATINO KOTANJO Z UPORABO PROSTORSKEGA KOTA IN NAVIDEZNE RESNIČNOSTI

Anže Jerman, Jiří Janáček, Žiga Snoj, Nejc Umek

Navidezno resničnost v medicini vedno bolj uporabljamo v sklopu diagnostike, vizualizacije kompleksnih struktur in v predoperativnem načrtovanju kirurških posegov. V interventni radiologiji lahko minimalno invaziven pristop opišemo s ciljno točko, ki predstavlja zeleni položaj konice igle, in vrsto vseh možnih trajektorij, ki s površine kože vodijo do te točke. Struktura, ki jo ciljne točke in trajektorije orišejo spominja na nepravilen "stožec" ali "piramido". V tej pilotni raziskavi smo pri petih virtualno rekonstruiranih glavah načrtovali minimalno invaziven zadajšnji infrazigomatični in suprazigomatični pristop v pterigopalatino kotanjo z uporabo prostorskega kota kot mere velikosti pristopa. Minimalno invazivne pristope smo načrtovali z ročnim določanjem robov "piramid" v 3D prostoru s pomočjo navidezne resničnosti v programu Tracer. Pri vsaki glavi smo izmerili prečni premer in za vsak pristop izračunali velikost prostorskega kota, povprečno dolžino roba in površino na koži, s katere je bilo mogoče doseči ciljno točko. Ugotovili smo, da je prostorski kot zadajšnjega infrazigomatičnega pristopa bistveno večji od suprazigomatičnega pristopa ( $p < 0,001$ ). Poleg tega sta bila prečni premer glave in prostorski kot pri zadajšnjem infrazigomatičnem pristopu negativno povezana ( $\rho = -0,55$ ,  $p = 0,0002$ ), medtem ko sta bili prečni premer glave in površina na koži, s katere je bilo mogoče doseči ciljno točko pri suprazigomatičnem pristopu, pozitivno povezani ( $\rho = 0,37$ ,  $p = 0,0206$ ). Naši rezultati kažejo na možnost ocenjevanja in primerjave različnih minimalno invazivnih pristopov z uporabo navidezne resničnosti in potrjujejo veljavnost prostorskega kota kot merila velikosti pristopa.

Ključne besede: prostorski kot; navidezna resničnost; interventna radiologija; minimalno invaziven pristop; načrtovanje posegov

doi: 10.5566/2488

### SIMULACIJA SISTEMA VELIKIH AGREGATNIH DELCEV Z NOVIM MORFOLOŠKIM MODELOM

Giulia Ferri, Severine Humbert, Mathieu Digne, Jean-Marc Schweitzer, Maxime Moreaud

Nadzor teksture materiala je bistvenega pomena za razvoj novega poroznega materiala, kot je katalitski nosilec. Za bolj racionalno sintezo materiala, moramo bolje razumeti fizikalne pojave, ki vplivajo na tvorbo določene trdne strukture. To lahko dosežemo s preučevanjem procesa agregacije znotraj koloidne suspenzije, ki vodi do nastanka poroznosti: ta pojav lahko opišemo z Brownovim dinamičnim modelom, ki za kateri koli niz kemijskih parametrov vrne porazdelitve mase in fraktalno dimenzijo koloidnih agregatov. Slednjega modela ni mogoče uporabiti za simulacijo velikih koloidnih sistemov, saj potrebuje veliko računsko moč, kar omejuje primerjavo z analitičnimi metodami, ki preiskujejo celoten multiskalni sistem. To lahko rešimo z razvojem novega morfološkega modela agregacije, pri katerem fraktalno dimenzijo opišemo z dvema parametroma kompaktnosti. Za primer krogel smo predlagali učinkovit simulacijski algoritem, pri katerem fraktalna dimenzija tvorenih agregatov variira med 1, 2 in 3. Za parametriziranje tega povsem geometrijskega modela smo uporabili rezultate Brownove dinamike, s katero smo določili velikost in morfologijo ustvarjenih agregatov. Obsežnejši numerični model trdne snovi bolje opiše teksturne lastnosti prave trdne snovi in poda več informacij o porozni mreži. Model lahko uporabimo za simulacijo transporta z difuzijo sklopljenega s kemijsko reakcijo in za proučevanje vpliva geometrije poroznega sistema na katalitične lastnosti.

Ključne besede: struktura koloida, fraktalna dimenzija, morfološki model

doi: 10.5566/2499

### VEČDIMENZIONALNA KARAKTERIZACIJA ČASOVNO ODVISNIH SLIKOVNIH PODATKOV: RAZISKAVA PERIFERNEGA ŽIVČNEGA SISTEMA PRI MIŠIH RAZLIČNE STAROSTI

Matthias Weber, Thomas Wilhelm, Volker Schmidt

Segmentacija predmetov nepravilnih oblik iz slikovnih podatkov z ločljivostjo na skali  $\mu\text{m}$  predstavlja izziv za obstoječe algoritme segmentacije. To še posebej velja, če so v slikovnih podatkih prisotne pomanjkljivosti, kot so šum, neenakomerna osvetlitev ali artefakti zaradi priprave vzorca. Na podlagi elektronskih mikrografij femoralnega živca miši smo razvili metodo segmentacije posameznih aksonov, obdanih z mielinsko ovojnico, ki se lahko spopada z različnimi nepravilnostmi in artefakti. Za doseglo zanesljive segmentacije danih podatkov pristop uspešno združuje uveljavljeni metodi lokalne mejne vrednosti in postopek transformacije »watershed« na podlagi markerjev. Tako ustvarjeno segmentacijsko karto lahko uporabimo za kvantitativno določanje geometrijskih značilnosti aksonov in mielinskih ovojnic. To smo ponazorili z modeliranjem skupne verjetnostne porazdelitve površine aksona in sferičnosti mielinskih ovojnic z uporabo parametričnih kopul in z analizo evolucije parametrov modela za slikovne podatke perifernih živcev miši različnih starosti.

Ključne besede: avtomatizirana segmentacija; kopula; elektronska mikroskopija; parametrično modeliranje; femoralni živec; statistična analiza slike

doi: 10.5566/2554

## **PORAZDELITEV LOKALNIH MER ZA OCENO ELONGACIJSKEGA RAZMERJA TIPIČNEGA ZRNA V HOMOGENIH BOOLEANSKIH MODELIH**

Tatyana Eremina, Johan Debayle, Frédéric Gruy, Jean-Charles Pinoli

V tem prispevku uvajamo določeno lokalizacijo funkcionala Minowskega za karakterizacijo in diferenciacijo naključnih prostorskih struktur. Naš namen je predstaviti metodo za oceno tipične elongacije zrn v homogenem Booleanskem modelu. Uporabo metode smo prikazali na različnih Booleanskih modelih pravokotnikov s fiksnim in naključnim elongacijskim razmerjem. Razmerje elongacije smo določili z optimizacijskim algoritmom, ki maksimira verjetnostno gostoto, povezano z mero lokalnega obsega. Tako je mogoče ugotoviti elongacijsko razmerje tipičnega zrna.

Ključne besede: Booleanski model, elongacijsko razmerje, lokalne mere, funkcional Minowskega

doi: 10.5566/2580

## **NOVI DESKRIPTOR TEKSTURE: LOKALNI BINARNI VZOREC NA OSNOVI ODSEKOV KROGA**

Ibtissam Al Saidi, Mohammed Rziza, Johan Debayle

Lokalni binarni vzorec velja za klasični deskriptor za analizo teksture. Večinoma se uporablja v aplikacijah za prepoznavanje vzorcev in za računalniški vid. Lokalni binarni vzorec uporablja informacije le iz omejenega števila sosedov, kar ni dovolj za opis informacij o teksturi. Drugi deskriptorji, ki uporabljajo veliko število sosedov, pa zaradi velike dimenzije porabijo veliko časa. Zato predlagamo nov deskriptor za klasifikacijo teksture, znan kot lokalni binarni vzorec na osnovi odsekov kroga, ki je zasnovan za izboljšanje lokalnih binarnih vzorcev, z razširitvijo področja sosedov od enega do regije lokalnih področji z uporabo polarnih koordinat. To omogoča zajemanje bolj diskriminirajočih odnosov med piksli v lokalni soseski, kar povečuje učinkovitost pri ekstrakciji lastnosti. Najprej krog razdelimo na območja s specifičnim polmerom in kotom. Po tem izračunamo povprečje vsakega dela. Na koncu zamenjamo središče kroga s povprečnim pragom lokalnega binarnega vzorca. Ustreznost predlaganega deskriptorja smo potrdili z uporabo zbirke podatkov Outex 10 in 12. Ocena preizkusa deskriptorja kaže visoko zmogljivost lokalnega binarnega vzorca na osnovi odsekov kroga, saj s klasifikacijo SVM doseže rezultat 99,95.

Ključne besede: ekstrakcija lastnosti, lokalni binarni vzorec, klasifikacija teksture

## POVZETKI (vol. 40, no. 3)

doi: 10.5566/2638

### OCENA PARAMETROV STOHAŠTIČNEGA GEOMETRIJSKEGA MODELA SLIK VEČFAZNEGA TOKA Z UPORABO LOKALNIH MER

Leo Theodon, Tatyana Eremina, Kassem Dia, Fabrice Lamadie, Jean-Charles Pinoli, Johan Debayle

V prispevku predstavljamo novo metodo za ocenjevanje parametrov stohastičnega geometrijskega modela za obdelavo slik večfaznega toka z uporabo lokalnih mer. Lokalne mere, za razliko od globalnih, temeljijo le na majhnem delu binarne slike in dajo drugačne informacije o določenih lastnostih, kot sta površina in obseg. Ker se je izkazalo, da so lokalne mere primerne za ocenjevanje elongacijskega razmerja tipičnih zrn v homogenem Boolovem modelu, je bil cilj raziskave uporaba lokalnih mer za statistično sklepanje o parametrih bolj kompleksnega ne-Boolovega modela na podlagi vzorca opazanj. Z optimizacijskim algoritmom smo minimizirali stroškovno funkcijo na podlagi verjetja verjetnostne gostote lokalnih meritev. Učinkovitost modela smo analizirali s primerjavo lastnosti določenih z numeričnimi eksperimenti in z dejanskimi opazovanji. Napaka ocene večine lastnosti je bila manjša od 2 %. Izračunali in primerjali smo tudi kovarianco in porazdelitev velikosti delcev.

Ključne besede: lokalne mere; stohastična geometrija; funkcional Minkowskega; največje verjetje; statistično sklepanje

doi: 10.5566/2600

### OCENJEVANJE PODOBNOSTI DVEH SLUČAJNIH MNOŽIC Z METODO V DVEH KORAKIH

Vesna Gotovac Đogaš, Kateřina Helisová, Bogdan Radović, Jakub Staněk, Markéta Zikmundová, Kateřina Brejchová

Raziskava predstavlja novo statistično metodo ocenjevanja razlik med dvema slučajnima množicama na podlagi ene realizacije obeh. Metoda se osredotoča na oblike komponent slučajnih množic, in sicer na ukrivljenost njihovih meja skupaj z razmerji med njihovimi obodi in površinami. V raziskavi smo sprva predstavili teoretične osnove, nato smo metodo opisali, jo preverili na simulaciji in uporabili na dejanskih podatkih iz dveh različnih vrst tkiv – iz tkiva raka dojke in tkiva mastopatije.

Ključne besede: povezane komponente; ukrivljenost; podobnost;  $N$ -razdalja; slučajna množica

doi: 10.5566/2593

### RAZISKAVA STRUKTURNIH LASTNOSTI ANTIČNIH OPEK Z NEVTRONSKO RADIOGRAFIJO V BAEC TRIGA RAZISKOVALNEM REAKTORJU

Robin Barman, Sudipta Saha, Sayed Hossain, Anik Das, Kaosar Ahmmad Rabby, Abdullah Al Mahmud, Debasish Chowdhury

Nevtronska radiografija se uspešno uporablja za raziskave različnih gradbenih materialov, vzorcev kamnov, skulptur, kipov in spomenikov. V tem prispevku predstavljamo uporabo nevtronskega slikanja za ne invazivno raziskovanje predmetov kulturne dediščine na primeru antičnih opek, ki so bile najdene v Mahasthangarhu in Sonargaonu, dveh glavnih arheoloških

najdiščih v Bangladešu. BTRR raziskovalni reaktor v Bangladešu je edini center za nevtronsko slikanje v Bangladešu za raziskovalne namene. Izdelava gradbenih materialov je v državah v razvoju zelo dobičkonosna dejavnost. Med ne destruktivnimi tehnikami, omogoča nevtronska radiografija identifikacijo lahkih in organskih materialov, njihovo homogenost in prisotnost razpok ali drugih defektov v strukturah. S pomočjo programske opreme ImageJ smo analizirali radiografske slike suhih vzorcev. Z matriko sočasnega pojavljanja sivin v MATLAB-u smo z visoko natančnostjo ekstrahirali kvalitativne in kvantitativne informacije o značilnosti teksture antičnih opek. Rezultati kažejo, da so opeke iz Mahasthangarha v notranjosti bolj homogene.

Ključne besede: antična opeka; ekstrakcija lastnosti; nevtronska radiografija; ne destruktivno testiranje; raziskovalni reaktor.

doi: 10.5566/2577

### MORFOLOŠKA OCENA APEKSOV KORENIN STALNIH PRVIH IN DRUGIH SPODNJIH LIČNIKOV PRI TURŠKEM PREBIVALSTVU

Fidan Babayeva, Ekim Onur Orhan, Ozgur Irmak

V literaturi ni podatkov o morfologiji apeksov spodnjih prvih in drugih ličnikov pri turškem prebivalstvu. Cilja raziskave sta bila (I) oceniti morfološke značilnosti prvih in drugih spodnjih ličnikov mladih odraslih Turkov, ter (II) ugotoviti morebitno povezavo med velikostjo in položajem apikalnih foramnov. Od polnoletnih posameznikov, ki so bili pripravljene darovati izruvane zobe, smo pridobili 237 ohranjenih zob. Podatke o njihovih morfoloških značilnostih smo pridobili s stereomikroskopom. Izmerili smo velikost, obliko in opisali položaj apikalnih foramnov ter izmerili pogostost akcesornih foramnov. Podatke smo analizirali z Mann-Whitney U testom in Spearmanovim koeficientom korelacije ( $\alpha = 0,05$ ). Večina zob je imela en velik apikalni foramen, katerega pogostost je bila 1-3 pri obeh skupinah. Mediana velikost apikalnih foramnov spodnjih prvih ličnikov je bila 55,180  $\mu\text{m}^2$ , spodnjih drugih ličnikov pa 67,483  $\mu\text{m}^2$ . Apikalni formani spodnjih prvih ličnikov so imeli večinoma nepravilno obliko, apikalni formani spodnjih drugih ličnikov pa so bili pretežno ovalni. Položaj apikalnih foramnov spodnjih prvih ličnikov je bil 664  $\mu\text{m}$ , drugih spodnjih ličnikov pa 677  $\mu\text{m}$  stran od anatomskega apeksa korenin (mediana vrednost). Velikost in položaj apikalnih foramnov spodnjih prvih in drugih ličnikov se nista značilno razlikovala. Apikalni formani spodnjih prvih in drugih ličnikov pri mladih odraslih, bi se lahko pomembno razlikovali le v obliki. Značilne povezave med velikostjo in položajem apikalnih foramnov pri mladih odraslih nismo opazili.

Ključne besede: apikalni formani; morfologija apeksov; zobozdravstvo; spodnji ličniki; analiza medicinskih slik

doi: 10.5566/2641

### BAYESOV PRISTOP H KARAKTERIZACIJI MORFOLOŠKIH MODELOV

Bruno Figliuzzi, Antoine Montaux-Lambert, François Willot, Grégoire Naudin, Pierre Dupuis, Bernard Querleux, Etienne Huguet

Morfološke modele se pogosto uporablja za opis mikrostruktur v heterogenih materialih. Ti modeli temeljijo na nizu parametrov

Θ, ki so določeni tako, da odražajo eksperimentalna opažanja v mikrostrukturah. Na splošno parametre določimo tako, da poskušamo minimizirati kriterijsko funkcijo, ki je po navadi določena z diskrepanco med eksperimentalnimi meritvami in meritvami izračunanimi s simulacijami. V tej raziskavi predstavljamo Bayesov pristop določitve parametrov morfoloških modelov, ki temelji na definiciji aposteriorne porazdelitve parametrov. Z algoritmom Monte Carlo markovskih verig (MCMC) smo generirali vzorce iz aposteriorne porazdelitve in določili niz optimalnih parametrov. Na različnih vzorcih smo pokazali, da Bayesov pristop omogoča določitev optimalnih parametrov za posamezne morfološke modele. Poleg tega omogoča tudi določitev potencialnih korelacij med parametri modelov.

Ključne besede: morfološki modeli; Bayesovi modeli; algoritmi Monte Carlo markovskih verig

doi: 10.5566/2586

## **IZBOLJŠANA KONFIGURACIJA MODELA ZA PREPOZNAVNO ROČNO NAPISANIH ŠTEVILK PISAVE KANNADA**

Gopal D. Upadhye, Uday V. Kulkarni, Deepak T. Mane

Prepoznavanje ročno napisanih števil različnih pisav je pomemben problem na področju klasifikacije vzorcev. Še posebej težaven postane na področju nerimskih števil. Medtem

ko so konvolucijske nevronske mreže prva izbira pri modeliranju slikovnih podatkov, zasnova tehnik za doseganje hitrejše konvergence in natančnejših rezultatov še vedno predstavlja problem za raziskovalce. V raziskavi predstavljamo nove metode za inicializacijo in optimizacijo tradicionalne arhitekture konvolucijskih nevronske mreže za doseganje boljših rezultatov pri prepoznavi slik števil napisanih s pisavo kannada. Predlagamo dve različni metodi za izbiro idealne konfiguracije arhitekture konvolucijske nevronske mreže – (1) uporabo kodirnika/dekodirnika za nenadzorovano učenje in inicializacijo uteži, ter (2) strategijo optimizacije z roji delcev. Nenadzorovano začetno učenje omogoča hitrejšo konvergenco zaradi nalogi bolj prilagojenih uteži v primerjavi z naključno inicializacijo, medtem ko strategija optimizacije omogoča zmanjšanje časa za ročni iterativni pristop izbire arhitekture. Predlagana modela smo naučili na različnih ročno napisanih številkah s pisavo kannada. Pristopa smo ocenili na dveh različnih naborih podatkov, na standardnem naboru podatkov Dig-MNIST in na lastnem naboru podatkov. V primerjavi s tradicionalnim učenjem konvolucijskih nevronske mreže ima naš model boljše rezultate pri različnih parametrih, kar kaže na smiselnost uporabe takšnih metod za hitrejše in natančnejše strojno učenje in sklepanje o klasifikaciji števk, zlasti v odsotnosti globokega učenja z adaptacijo.

Ključne besede: prepoznavanje števil; optimizacija z roji delcev; konvolucijski samodejni dekodirnik; številke pisave kannada