

Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei

**BIOLÓGIAI ÉS ANYAGTUDOMÁNYI KUTATÁSOK
TÁMOGATÁSA KÉPFELDOLGOZÁSI MÓDSZEREKKEL**

Szeghalmy Szilvia

Témavezető: Dr. Zichar Marianna



DEBRECENI EGYETEM
Informatikai Tudományok Doktori Iskola

Debrecen, 2016.

Tartalomjegyzék

1. Tézisek magyar nyelven	1
1.1. Karcolásos üvegvizsgálat számítógépes kiértékelése maradó feszültség jellemzéséhez	1
1.1.1. Felhasznált anyagok	1
1.1.2. Eredmények	2
1.2. Immunhisztokémiai festéssel kezelt csontvelőmetszetek elemzése	3
1.2.1. Felhasznált anyagok	3
1.2.2. Eredmények	4
1.3. Sávos szitakötőszárnyak morfológiai vizsgálatánál alkalmazott bélyegek automatikus meghatározása	5
1.3.1. Felhasznált anyagok	5
1.3.2. Eredmények	6
2. Saját hozzájárulás ismertetése	7
3. Theses in English	8
3.1 Evaluation of scratch test by image analysis for characterization of residual stresses in glass surfaces	8
3.1.1 Materials	8
3.1.2 Results	9
3.2 Digital analysis of immunohistochemical stained bone marrow biopsies	10
3.2.1 Materials	10
3.2.2 Results	11
3.3 Digital analysis of <i>Calopteryx splendens</i> wings	12
3.3.1 Materials	12
3.3.2 Results	12

1. Tézisek magyar nyelven

1.1. Karcolásos üvegvizsgálat számítógépes kiértékelése maradó feszültség jellemzéséhez

A üvegek felületei rétegeiben maradó feszültségek ismerete az üvegalkatrészek gyártása során igen fontos, ugyanis az üvegnek az üzemszerű használat okozta igénybevétel mellett az összeszerelés során fellépő erőhatásokat is ki kell bírnia.

A maradófeszültség meghatározására rutinszerűen használt optikai eljárások nem alkalmazhatóak nem-átlátszó (fekete) üvegekre és a „bonyolultabb” geometriával rendelkező üvegek vizsgálata is nehézkes.

A Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszék, és a Fémteni és Képlékenyalakítási Intézeti Tanszék munkatársaival együttműködve egy olyan módszer kialakításán dolgoztunk, mely a fekete üvegek esetén is képes jellemezni az üveg felületközeli rétegeiben maradó feszültséget. A vizsgálat kritériuma, hogy a minta felületén egy 6 mm hosszúságú karcvizsgálat elvégezhető legyen.

1.1.1. Felhasznált anyagok

A kutatás során két különböző típusba tartozó, villanykörte gyártásához használt, lágy üveg állt rendelkezésre. Az egyik csoportba a kis mennyiségű alkálit tartalmazó magnézia üvegcsövek, a másikba magas alkáli tartalmú, úgynevezett fekete síküvegek tartoztak. A cső alakú próbatestek átmérője 12 mm, hossza 80 mm, falvastagsága 1 mm volt.

A fekete üvegekből készült próbatestek 30×40 mm felületű, 4 mm vastagságúak voltak. A próbatestek közt volt feszültségmentes, ismeretlen feszültségi állapotú, maradó nyomó és maradó húzó feszültséggel terhelt üveg is.

A minták karcolása a Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszékén található egyedi fejlesztésű karcvizsgáló berendezés segítségével, állandó, 40 N-os terheléssel, 5 mm/min előtolási sebesség mellett történt. A karcok hossza 6 mm. A mérőberendezésben, egy 120°-os szabványos Rockwell gyémántkúp található.

A karcvizsgálat közben a maradó húzófeszültséggel terhelt üvegek elrepedtek, a többi karcról felvétel készült, egy Carl Zeiss Axio Imager

számítógéppel vezérelt léptető tárgyasztalos AxioCamICc1 digitális fényképezőgéppel felszerelt, $5\times$ objektívvel ellátott optikai mikroszkóppal. A teljes felvétel minden karcnyom esetében 4 kisebb képkockából állt össze. A felvételek egy része 8 BPP szűrkeskálás, más részük 24 BPP (RGB) színmélységű volt. A kutatás korai fázisában a képek mérete 10000×2000 pixel körül ingadozott, később kb. 4000×1038 -as felvételek készültek, ahol a pixeldimenzió $1,84 \mu m^2$ volt. A képek JPG formátumban kerültek rögzítésre (minőség ≥ 99 , tömörítési arány: $\sim 5:1$).

1.1.2. Eredmények

1. Tézis: *Kifejlesztettem egy olyan automatikus képfeldolgozó eljárást, mely képes az üvegfelületen végzett karcvizsgálat során keletkezett károsodás mértékének automatikus meghatározására.*

A károsodott terület detektálására egy iteratív küszöbölésre épülő módszert adtam, melyet gráfalapú szegmentálással egészítettem ki a körvonal pontosabb meghatározása érdekében.

Az eljárás megbízhatóságának méréséhez 50 képen ($\sim 4000\times 1038$) vetettük össze a kézzel jelölt karcnyomot a program által detektált karcnyommal. Az annotálást egy jelölő végezte, a kétes esetek megítélésénél szakértő döntött. A kiértékelés eredményét a 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat. A karcnyom detektáló algoritmus kiértékelése

	pontosság	precizitás	szenzitivitás	specifititás
átlag	98,68%	98,03%	95,74%	99,48%
szórás	0,64%	1,26%	3,00%	0,33%
minimum	96,26%	94,20%	83,42%	98,37%
maximum	99,29%	99,77%	98,23%	99,95%

A táblázatban szereplő mérőszámok a

$$\begin{aligned}
 \text{pontosság} &= \frac{tp+tn}{tp+tn+fp+fn}, & \text{precizitás} &= \frac{tp}{tp+fp} \\
 \text{szenzitivitás} &= \frac{tp}{tp+fn}, & \text{specifititás} &= \frac{tn}{tn+fp},
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

képletekkel definiáltak, ahol tp ill. fn azon karcnyompontok száma, melyet a program helyesen felismer ill. tévesen háttérként kezel, tn ill. fp azon háttérpontok száma, melyek a program helyesen felismer ill. tévesen karcnyompontnak vesz.

Kapcsolódó publikációk: [10, 18, 20].

1.2. Immunhisztokémiai festéssel kezelt csontvelőmetszetek elemzése

A primer myelofibrosisban, a csontvelő sejtjeinek helyét fokozatosan fibrotikus szövet foglalja el, melynek nyomán a csontvelő egyre kevésbé képes ellátni alapvető feladatát, a vérsejtek megfelelő ütemben történő termelését [1]. A jelenlegi gyakorlat szerint a csontvelő biopsziás mintákban a rostok vizuális kiemelése Gömöri-féle ezüst impregnációval történik. A láthatóvá vált rostok mennyisége és a rostok által alkotott struktúra utal a betegség stádiumára. A módszer a már elfogadott kiértékelésre vonatkozó ajánlás [22] ellenére is szubjektív elemekkel terhelt, és nem nyújt információt a betegség korai fázisáról, amikor a folyamat visszafordítására nagyobb esély mutatkozik, mint a későbbi stádiumokban.

A Debreceni Egyetem Pathologiai Intézetének munkatársaival folytatott kutatás során a vérlemezke eredetű növekedési faktor receptor (PDGFR) expresszió és a myelofibrosisos megbetegedések kapcsolatát, ugyanis számos rostsaporulattal járó kórképnél nyert már igazolást, hogy a rosttermelésért felelős sejtek működését, aktivitását ezen növekedési faktorok szabályozzák. A minták objektív elemzése érdekében a képfeldolgozási módszert fejlesztettem.

1.2.1. Felhasznált anyagok

A képfeldolgozó rész kialakítása és teszteléséhez 79 darab, a Debreceni Egyetem Belgyógyászati Klinika Hematológiai Osztályán kezelt betegektől származó crista biopsziás minta állt rendelkezésre. A minták közt 69 kóros és 10 kontroll eset szerepelt.

A minták formalin fixálással, dekalcinálással és paraffinba ágyazással lettek a metszetkészítésre előkészítve. A PDGFR- β expresszió kimutatása immunhisztokémiai festéssel történt. Az antigének lokalizációjához anti-PDGFR- β (ab-32570 vagy 3169) antitest került felhasználásra. Az antitest-antigén kötődés vizualizációja DAB (diaminobenzidin) oldattal, a sejtmagoké (és egyéb szöveteké) hematoxilin (H) „festéssel” történt (láthatóvá fémionok hatására válik, oxidációt követően).

A metszetek digitalizálása Stingray F146C IRF Medical digitális kamerát

tartalmazó 3D Histech Panoramic metszetszkennel történt, $20\times$ nagyítás és 1.0 gamma érték használata mellett, 24 BPP (RGB) színmélységgel. A metszetek mérete 175812×411940 pixel, ahol egy pixel kiterjedése $0.1644\ \mu\text{m} \times 0.1645\ \mu\text{m}$. A metszetek MIRAX (3DHISTECH MRXS) [8] formátumban voltak tárolva, melyen belül a részképek JPEG formátumban (minőség=75) kerültek mentésre.

1.2.2. Eredmények

2. Tézis: *Kifejlesztettem egy olyan automatikus képfeldolgozó eljárást, mely képes az immunhisztokémiai (H-DAB) festéssel kezelt csontvelő biopsziás mintákon a vérképzőállomány és az immunpozitív részek detektálására.*

A digitális metszetek feldolgozása egy előszűréssel indul, mely alacsony, 1:32-es kicsinyítés mellett meghatározza a metszet azon részeit, melyeken valószínűsíthető a vérképző állomány jelenléte. Az előszűrőn átjutott csempék 1:8-as felbontásban kerülnek elemzésre. A hematoxin és DAB festés felbontására Ruifrok és Johnston által leírt eljárást használtam [12]. A immunpozitív területek és a sejtmagokat tartalmazó részek meghatározása a teljes metszet alapján a meghatározott küszöbérték felhasználásával történt. A vérképző állomány rekonstruálása a pozitivitást mutató területek és a sejtmagokat tartalmazó részek kiterjesztésén alapul. A zsírsejteket és a háttért tartalmazó részek sejtplazmától való megkülönböztetéséhez döntési fát alkalmaztam. A csont- és izomszerű objektumok detektálásához Shi és társai eljárását [14] adaptáltam, melyet a szétesett csontgerenda darabkák egyesítése érdekében Watershed transzformációval [11] egészítettem ki.

Az eljárás teszteléséhez 400 olyan képet használtunk fel, melyen egy jelölő – szakértő irányítása mellett, – berajzolta a vérképzőállományhoz tartozó területeket. A minták közül 250 véletlenszerűen lett kiválasztva, további 150 úgy, hogy a ritkábban előforduló szövettípusok, és egyéb nem odaillő elemek is megjelenjenek. Minden kép mérete 756×756 pixel volt.

A megbízhatóság méréséhez az (1) képletet használtuk, tp , ill. fn alatt azon pontok számát értve, amit a program helyesen vérképzőállománynak tart, ill. helytelenül nem tart annak. A tn jelöli azon pontok számát, melyet a program helyesen nem tart a vérképzőállomány részének, és fp azon pontok száma, amit a program helytelenül a vérképzőállomány részének ismert fel.

Az összesített eredményeket a 2. táblázat tartalmazza. A első sor az összes

képre vonatkozó értékek szerepelnek. A második sor azon képekre vonatkozó eredményeket tartalmazza, melyeket a kialakított program a jellemzőszámításnál figyelembe venne, a harmadik sor pedig a további képeken mért eredményeket mutatja.

2. táblázat. A vérképzőállomány detektálásának értékelése

	specifitás	szenzitivitás	precizitás	pontosság
összes képre	95,59%	86,43%	92,31%	92,61%
felhasznált képekre	95,56%	87,58%	93,99%	91,93%
további képekre	97,77%	71,25%	70,57%	95,62%

Az értekezés alapját képező kapcsolódó publikáció: [19].
Egyéb kapcsolódó publikáció: [2].

1.3. Sávós szitakötőszárnyak morfológiai vizsgálatánál alkalmazott bélyegek automatikus meghatározása

A Debreceni Egyetem Hidrobiológiai Tanszékén (ill. elődeiben) évtizedek óta zajlanak a szitakötők taxonómiai tagozódásával kapcsolatos kutatások.

A korábbi felmérések alapján hazánkban a *Calopteryx splendens splendens* alfaja van számontartva [6], azonban a különböző gyűjtéseknél befogott példányok változatos megjelenése miatt felmerült a revízió igénye.

Az alfajok megkülönböztetésére különböző külső jegyeket (bélyegeket) szokás használni, mint például a szárnyfolt vagy álszárnyjegy kiterjedése és pozíciója [4, 5], vagy a szárny jellegzetes pontjai közt felvett távolságok [13].

A célom egy olyan képfeldolgozási eljárás készítése volt, mellyel az időigényes, monoton munkát jelentő kézi mérések kiválthatóak.

1.3.1. Felhasznált anyagok

A szoftver kialakításához és teszteléséhez a Hidrobiológiai Tanszék 30 nőstény és 179 hím imágóról készült felvételt bocsájtott a rendelkezésünkre, melyek közül az ép elülső szárnyat tartalmazó felvételeket dolgoztuk fel (141 hím, 26 nőstény).

A fényképezés előkészítéséhez a jobb oldali szárnyak leválasztásra kerültek a szitakötő törzséről majd szárításon estek át, mely a szitakötők konzerválásához használt etil-alkohol okozta esetleges csillogást hivatott kiküszöbölni.

A szárítás után a szárnyak egy üveglapra lettek helyezve egy az egyedre utaló címke és egy referenciaként használt vonalzó közé. Az érhálózat kiemelését alulról történő megvilágítás segítette. A 4288×3216 -os felbontású CCD képek egy Fujifilm Finepix S2950-es fényképezőgéppel készültek. A képek JPG formátumban voltak rögzítve (minőség=100, tömörítési arány: 7 : 1 – 10 : 1).

1.3.2. Eredmények

3. Tézis: *Kifejlesztettem egy olyan automatikus képfeldolgozó eljárást, mely képes a Calopteryx splendens szitakötők szárnyáról készült felvételeken meghatározni a morfológiai elemzés során használt jellemzőket.*

Az elemzés a nőstények és a hím imágók esetén is a szárnyak körvonalának, a szegélyérnek a meghatározásával kezdődik. A szárnytő és szárnybütyök pontokat a szegélyér konkáv szakaszainak elemzésével detektáltam. A hím egyedek szárnyfoltját háromszintű küszöböléssel [9] és morfológiai operátorok használatával oldottam meg, melyek az érhálózat leválasztását szolgálták. Nőstény egyedeknél az erek detektálása során legkisebb költségű út keresésére szolgáló algoritmust [3] alkalmaztam, egy kézi jelölésű modellből származó ér mentén felépített „szakaszerdőre”. A szakaszok hibája a szegmentált érhálózat, a domináns élírány és a modellbeli ér irányának eltérése alapján kerül meghatározásra, melyhez a csatlakozó szakaszok bezárt szöge is hozzáadódik. A sok esetben alig látható álszárnyjegy direkt módon való detektálása helyett a sugáréren okozott deformitásának kiterjedését határoztam meg.

A szárnytő és szárnybütyök pontok detektálásának pontosságát 25-25 elülső szárnyú nőstény és hím szitakötőről készült képen mértük le (3. táblázat), mely alapján elmondható, hogy a program jól közelíti a kézi jelöléseket.

A nőstény szitakötőknél az erek detektálását 25-25 elülső ill. hátulsó szárnyon teszteltük. A 450 vizsgált ér közül összesen 7 hibás eset volt, melyből kettő az alfajra nem jellemző elváltozás (erek összenövése) miatt következett be.

Kapcsolódó publikációk: [15, 16, 17, 21].

3. táblázat. Szárnytő és szárnybütök detektálás pontossága. A vizsgált egyedek átlagos szárnyhossza a nőstény egyedeknél 2662,92, a hímeknél 2659,12 pixel volt.

	hím		nőstény	
	szárnytő	szárnybütök	szárnytő	szárnybütök
átlagos eltérés	3,34 px	6,9 px	4,55 px	7,13 px
szórás	1,48 px	4,9 px	2,53 px	4,77 px

2. Saját hozzájárulás ismertetése

A fejlesztett módszerekkel szembeni elvárások meghatározását minden esetben az adott szakterületen dolgozó szerzőtársaim tették meg. A minták biztosítása szintén a szerzőtársaim érdeme.

A megadott elvárásoknak megfelelő, az értekezésben bemutatott képfeldolgozó módszerek tervezése és implementálása a saját munkámat képezték.

A programok kimenetének értékelése és tesztelése közös munka volt.

3. Theses in English

3.1 Evaluation of scratch test by image analysis for characterization of residual stresses in glass surfaces

The residual stresses at the glass surface affect the quality of the products. The compressive stress usually leads to longer life span, because it prevents brittle fracture. Conversely, the tensile stress is undesirable.

The optical stress measure methods are not suitable for non-transparent glasses and hard to use, when the polarized light goes through a glass more than one time.

We have developed a new method for characterization of residual stresses in glass surfaces with colleagues of the Department of Mechanical Engineering and Department of Physical Metallurgy and Metal Forming, University of Miskolc. Our method is appropriate for transparent and non-transparent glasses as well.

3.1.1 Materials

We investigated two types of glasses used in the bulb production. One of them was a transparent magnesia glass tube containing low amount of alkalis. The other was a non-transparent (black), rectangular-shaped glass plate containing high amount of alkalis. The tube diameter, length and thickness were 12 mm, 80 mm and 1 mm, respectively. The dimensions of the plate specimens were 30×40 mm×4 mm.

Samples can be classified into 4 groups according to residual stress level: compressional, tensile, stress-free and unknown.

Scratch tests with constant loading force of 40 N have been performed on the glass surface, using 5 mm/min velocity of the moving fixture holding the specimen. Length of the scratch was 6 mm. The indenter was a standard Rockwell diamond cone with 120° tip radius.

During the scratch test, samples with tensile stresses were cracked. The other samples were digitalized by Carl Zeiss Axio Imager microscope with 5× objective, AxioCamICc1 digital camera and scanning stage with stepper motor. All images were made of four sub-images. The colour depth of the

images was varied: 8 BPP grayscale or 24 BPP RGB. In the early stage of the research, the size of images were about 10000×2000 pixels. Later, images were taken at 4000×1038 resolution. The dimension of pixels was $1.84 \mu m^2$. The images were saved in JPG format (Quality factor ≥ 99 , compression ratio: $\sim 5:1$).

3.1.2 Results

Thesis 1: *I have developed an automatic image processing method, which is able to detect the damaged area of glass surface caused by scratch test.*

The damaged area is detected with an iterative threshold based method, which is extended by the graph-based segmentation [7] in order to achieve higher accuracy.

The performance of the method was evaluated on 50 manually marked images ($\sim 4000 \times 1038$). Each sample was annotated by the same person under the guidance of expert. The Table 4 shows the results, where the

$$\begin{aligned} accuracy &= \frac{tp+tn}{tp+tn+fp+fn}, & precision &= \frac{tp}{tp+fp} \\ sensitivity &= \frac{tp}{tp+fn}, & specificity &= \frac{tn}{tn+fp}. \end{aligned} \tag{2}$$

The tp denotes the number of scratch pixels, tn is the number of non-scratch correctly detected by the proposed algorithm. The fp denote the number of non-scratch pixels falsely detected as a scratch pixel. The fn is the number of the scratch pixels falsely detected as a background.

Table 4. Evaluation of the scratch detection

	accuracy	precision	sensitivity	specificity
mean	98.68%	98.03%	95.74%	99.48%
std. deviation	0.64%	1.26%	3.00%	0.33%
minimum	96.26%	94.20%	83.42%	98.37%
maximum	99.29%	99.77%	98.23%	99.95%

Releated publications: [10, 18, 20]

3.2 Digital analysis of immunohistochemical stained bone marrow biopsies

Myelofibrosis is a lingering disease which replaces normal cells to fibrotic tissue in bone marrow, thus the production of blood cells is reduced [1]. In daily routine, the fibrotic tissue is highlighted by reticulin silver staining (Gömöri's staining). The amount of fibres and the density of the fibres network refer to the stage of disease. Although there is a widely accepted scoring system [22], it is semi-quantitative, and it contains some subjective elements. Moreover, the Gömöri's staining gives no information about the pre-fibrotic phase.

A current research at Department of Pathology, University of Debrecen analyses the relationship between fibre accumulation and stromal cell activity using the platelet-derived growth factor receptor β (PDGFR- β). The highlighted PDGFR-*beta* immunopositivity can be evaluated in a similar way as the Gömöri' staining. However our goal was to prepare an automatic method for the sake of objectivity.

3.2.1 Materials

For research, 79 (69 with myelofibrosis and 10 control) bone marrow biopsy samples were available from the Institute of Internal Medicine, University of Debrecen Clinical Centre.

The samples were fixed with formaldehyde and embedded in paraffin. The expression of PDGFR- β was highlighted by immunohistochemical staining. The antigens were localized using the anti-PDGFR- β (ab-32570 or 3169) antibody. The diaminobenzidine was used for visualising the antibody-antigen bindings, and nuclei stained by hematoxylin.

The samples were obtained at 20 \times magnification using 3D Histech Panoramic slide scanner with Stingray F146C IRF Medical digital camera. The colour depth was 24BPP RGB. The whole slides resolution were 175812 \times 411940 pixel, and a pixel dimension was 0.1644 μm \times 0.1645 μm . The slides were stored in the 3DHISTECH MIRAX (multi-file JPEG) format [8] with 75 JPEG quality.

3.2.2 Results

Thesis 2: *I have developed an automatic image processing method that is able to detect the bone marrow parenchyma (ROI) and the immunopositive components.*

The first step of the algorithm is pre-filtering the digital slides at a zoom out 1:32. This localizes the regions of the slides that are probable covered by parenchyma. The detected regions are analysed with 1:8 magnification. We use Ruifrok-Johnston colour-deconvolution [12] in order to separate the DAB and the Hematoxylin stains. To detect nuclei and immunopositive area we compute a whole-slide based threshold value for both stains, and we also use the HSV colour space to detect brown and purple parts of the images. The ROI is reconstructed by the extension of the fibres and cell nuclei. A decision tree was applied to distinguish the slide background and nuclei from the non-visible cytoplasm. The bone- and muscle-like objects detection is based on the adaption of [14]. The bone fragments are merged by a Watershed transformation.

The performance of the method was measured on 400 manually marked images ($\sim 756 \times 756$) from which 250 samples were selected randomly, and 150 contained rare structures. Each sample was annotated by the same person under the guidance of an expert.

The reliability was measured by (2), where tp denotes the number of ROI, tn denotes number of non-ROI pixels correctly detected by the proposed algorithm. The number of non-ROI pixels and the number of ROI pixels falsely detected as a ROI, and as a non-ROI pixels is denoted by fp and fn , respectively.

The Table 5 shows the summarized results. The values in the first row based on all the samples. The second row refers to the images containing a sufficient number of ROI pixels for parameter computing. The third row is related to the remaining images.

Table 5. Evaluation of the bone marrow parenchyma detection

	specificity	sensitivity	precision	accuracy
for all images	95.59%	86.43%	92.31%	92.61%
for used images	95.56%	87.58%	93.99%	91.93%
for other images	97.77%	71.25%	70.57%	95.62%

Releated publications (basis of the thesis): [19].

Other related publications: [2].

3.3 Digital analysis of *Calopteryx splendens* wings

The Department of Hydrobiology (and its predecessor), University of Debrecen have been investigating the taxonomy of dragonflies for several decades. Based on earlier studies the *Calopteryx splendens subsp. splendens* are occurring in Hungary [6]. In recent years, this statement was questioned due to the highly varied appearance of imagoes collected across the country.

Using visible traits for classifying subspecies is a widely used method. Some authors recommend the examination of dimension or location of wing spot and pterostigma [4, 5], or some of special points of wings [13].

The measurements are usually performed by hand. My goal was to develop an automatic method to detect significant traits.

3.3.1 Materials

The Department of Hydrobiology provided me with 209 images. We have analysed the images containing intact forewing, thus we have had 141 male and 26 female samples.

Before taking a photo about the right wing of a dragonfly, it was removed from the body and carefully dried to prevent its lustre caused by storing the specimens in ethanol.

After the preparation, the wings were placed on a glass stage. The stage was illuminated from below in order to enhance visibility of veins. The images were taken with Fujifilm Finepix S2950 digital camera, at 4288×3216 resolution, with 24 BPP RGB colour depth. The images were saved in JPG format (quality factor=100, compression ratio: 7 : 1 – 10 : 1).

3.3.2 Results

Thesis 3: *I have developed an automatic image processing method that is able to compute the morphometric features of *Calopteryx splendens* wing.*

The first step of the method is to detect the contour (the costal vein) of the wings. The wing node and the wing root are detected by the analysis of concav parts of the costal vein. We apply 3-level threshold [9] and binary morpholgy to extract wingspot of the males.

We use minimum cost path algorithm [3] for finding the veins in the set of straight line segments. The line segments are designated alongside of the examined vein of a predefined vein model. The cost of the line segments are computed based on the segmented vein network, the difference of the dominant edge orientation and the model edge orientation, and the angle between the connecting line segments.

We measured the accuracy of the wing root and wing node detection on 25-25 forewings of the male and female imagoes (Table 6). The test results have confirmed that the automatic method gives good approximation of the manually marking of wing note and wing root.

Table 6. Accuracy of the wing root and wing node detection. The average wing width was 2662.92 for the female, and 2659.12 for the male imagoes.

	male		female	
	wing root	wing node	wing root	wing node
mean difference	3.34 px	6.9 px	4.55 px	7.13 px
standard deviation	1.48 px	4.9 px	2.53 px	4.77 px

The vein detection of female imagoes was tested on 25-25 forewings and hindwings. The proposed algorithm recognised correctly 443 of 450 longitudinal veins.

Releated publications: [15, 16, 17, 21]

Irodalomjegyzék

- [1] D. E. Bauermeister: Quantitation of bone marrow reticulin—a normal range. *American Journal of Clinical Pathology*, 56. évf. (1971) 1. sz., 24–31. p.
- [2] J. Bedekovics, A. Kiss, L. Beke, K. Károlyi, G. Méhes: Platelet derived growth factor receptor-beta (pdgfr β) expression is limited to activated stromal cells in the bone marrow and shows a strong correlation with the grade of myelofibrosis. *Virchows Archiv*, 463. évf. (2013) 1. sz., 57–65. p.
- [3] Edsger W Dijkstra: A note on two problems in connexion with graphs. *Numerische mathematik*, 1. évf. (1959) 1. sz., 269–271. p.
- [4] K.-D. B. Dijkstra, R. Lewington: *Field Guide to the Dragonflies of Britain and Europe: Including western Turkey and north-western Africa*. 2006, British Wildlife Publishing Dorset.
- [5] H. Dumont, J. Mertens, W. De Coster: The calopteryx-splendens-cline in southwestern france, analysed by quantitative wingspot analysis (zygoptera: Calopterygidae). *Odonatologica*, 22. évf. (1993), 345–351. p. ISSN 0375-0183.
- [6] Gy. Dévai: A magyarországi szitakötő (odonata) fauna taxonómiai és nomenklatúrai revíziója. *A debreceni Déri Múzeum 1977. évi Évkönyve*, 1978., 81–96. p.
- [7] P. F. Felzenszwalb, D. P. Huttenlocher: Efficient graph-based image segmentation. *International Journal of Computer Vision*, 59. évf. (2004) 2. sz., 167–181. p.
- [8] A. Goode, B. Gilbert, J. Harkes, D. Jukic, M. Satyanarayanan et al.: Openslide: A vendor-neutral software foundation for digital pathology. *Journal of pathology informatics*, 4. évf. (2013) 1. sz., 27. p.
- [9] P.-S. Liao, T.-S. Chen, P.-C. Chung: A fast algorithm for multilevel thresholding. *J. Inf. Sci. Eng.*, 17. évf. (2001) 5. sz., 713–727. p.
- [10] M. B. Maros, A. Fazekas, P. Barkóczy, Sz. Szeghalmy, Zs. Koncsik: Qualifying glass surfaces by scratch test with integrated image processing. *Key Engineering Materials*, 409. évf. (2009), 267–274. p.
- [11] F. Meyer: Color image segmentation. In *International Conference on Image Processing and its Applications, 1992*. (konferenciaanyag). 1992, 303–306. p.

- [12] A. C. Ruifrok, D. A. Johnston: Quantification of histochemical staining by color deconvolution. *Analytical and quantitative cytology and histology/the International Academy of Cytology [and] American Society of Cytology*, 23. évf. (2001) 4. sz., 291–299. p.
- [13] S. Sadeghi, D. Adriaens, H. J. Dumont: Geometric morphometric analysis of wing shape variation in ten european populations of calopteryx splendens (harris, 1782)(zygoptera: Odonata). *Odonatologica*, 38. évf. (2009) 4. sz., 343–360. p.
- [14] L. Shi, S. Liu, D. Wang, H.-L. Wong, W.-H. Huang, Y.-X. J. Wang, J. F. Griffith, P.-C. Leung, A. T. Ahuja: Computerized quantification of bone tissue and marrow in stained microscopic images. *Cytometry Part A*, 81. évf. (2012) 10. sz., 916–921. p.
- [15] P. É. Szalay, Sz. Szeghalmy, O. Kis, L. J. Szabó, M. Miskolczi, A. Fazekas, Gy. Dévai: A sávós szitakötő [calopteryx splendens (harris, 1782)] konyári-kállói imágópopulációjának morfometriai elemzése. *Studia odonotol. hung*, 17. évf. (2015), 23–44. p.
- [16] P. É. Szalay, Sz. Szeghalmy, O. Kis, Miskolczi M. Fazekas A. Dévai Gy. Szabó, L. J.: Alapadatok a sávós szitakötő [calopteryx splendens (harris, 1782)] konyári-kállói imágópopulációjának morfometriai elemzéséhez. *Studia odonotol. hung*, 15. évf. (2013), 9–26. p.
- [17] P. É. Szalay, Sz. Szeghalmy, L. J. Szabó, M. Miskolczi, A. Fazekas, Gy. Dévai: Comparative morphometric analysis of two hungarian calopteryx splendens population based on male wing traits. In *32. Jahrestagung der Gesellschaft deutschsprachiger Odonatologen (GdO e.V.)*. 2013, 70–71. p.
- [18] Sz. Szeghalmy, P. Barkóczy, M. B. Maros, A. Fazekas, Cs. Póliska: A new technique for characterization of residual stresses in glass surfaces: scratch test completed with image analysis. In *Materials Science Forum* (konferenciaanyag), 589. köt. 2008, Trans Tech Publ, 275–280. p.
- [19] Sz. Szeghalmy, J. Bedekovics, G. Méhes, A. Fazekas: Digital measurement of myelofibrosis associated platelet derived growth factor receptor β (PDGFR- β) expression in bone marrow biopsies. *Journal of Computing and Information Technology*, 21. évf. (2013) 1. sz., 49–58. p.
- [20] Sz. Szeghalmy, Zs. Koncsik, M. B. Maros, A. Fazekas, P. Barkóczy: Üvegfelületek elemzése képelemző módszerrel kiegészített karcvizsgálattal. In *KÉPAF 2009*. 2009, 144–153. p.

- [21] Sz. Szeghalmy, P. É. Szalay, Gy. Dévai, A. Fazekas, O. Kis, L.J. Szabó, Miskolczi M.: Szitakötőszárnyak elemzése. In *KÉPAF 2013*. 2013, 542–549. p.
- [22] J. Thiele, H. M. Kvasnicka, F. Facchetti, V. Franco, J. van der Walt, A. Orazi: European consensus on grading bone marrow fibrosis and assessment of cellularity. *haematologica*, 90. évf. (2005) 8. sz., 1128–1132. p.



Nyilvántartási szám: DEENK/91/2016.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Szeghalmy Szilvia
Neptun kód: TYRQJO
Doktori Iskola: Informatikai Tudományok Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10037370

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Magyar nyelvű tudományos közlemény(ek) hazai folyóiratban (2)

1. Szalay P.É., **Szeghalmy S.**, Kis O., Szabó L.J., Miskolczi M., Fazekas A., Dévai G.: A sávós szitakötő [*Calopteryx splendens* (Harris, 1782)] konyári-kállói imágópopulációjának morfolometriai elemzése.
Studia Odonatol. Hung. 17, 23-44, 2015. ISSN: 1217-453X.
2. Szalay P.É., **Szeghalmy S.**, Kis O., Szabó L.J., Miskolczi M., Fazekas A., Dévai G.: Alapadatok a sávós szitakötő [*Calopteryx splendens* (Harris, 1782)] konyári-kállói imágópopulációjának morfolometriai elemzéséhez.
Studia Odonatol. Hung. 15, 9-26, 2013. ISSN: 1217-453X.

Idégen nyelvű tudományos közlemény(ek) külföldi folyóiratban (3)

3. **Szeghalmy, S.**, Bedekovics, J., Méhes, G., Fazekas, A.: Digital Measurement of Myelofibrosis Associated Platelet Derived Growth Factor Receptor [Beta] (PDGFR [Beta]) Expression in Bone Marrow Biopsies.
J. Comput. Inform. Tech. 21 (1), 47-56, 2013. ISSN: 1330-1136.
4. Berkes Maros, M., Fazekas, A., Barkóczy, P., **Szeghalmy, S.**, Koncsik, Z.: Qualifying glass surfaces by scratch test with integrated image processing.
Key Eng. Mater. 409, 267-274, 2009. ISSN: 1662-9795.
5. **Szeghalmy, S.**, Barkóczy, P., Berkes Maros, M., Fazekas, A., Póliska, C.: A new technique for characterization of residual stresses in glass surfaces: Scratch test completed with image analysis.
Mater. Sci. Forum. 589, 275-280, 2008. ISSN: 0255-5476.



Magyar nyelvű konferencia közlemény(ek) (2)

6. **Szeghalmly S.**, Szalay P.É., Dévai G., Fazekas A., Kis O., Szabó L.J., Miskolczi M.:
Sztatikötőszárnyak elemzése.
In: Képfeldolgozók és Alakfelismerők 9. konferenciája. Szerk.: Czúni László, NJSZT-KÉPAF, Bakonybél, 542-549, 2013.
7. **Szeghalmly S.**, Koncsik Z., Marosné Berkes M., Fazekas A., Barkóczy P.: Üvegfelületek elemzése képelemző módszerrel kiegészített karcvizsgálattal.
In: Proceedings of the 7th Conference of the Hungarian Association for Image Processing and Pattern Recognition. January 28-30, 2009, Budapest, Hungary [elektronikus dokumentum]. MTA SZTAKI, Budapest, 144-153, 2009.

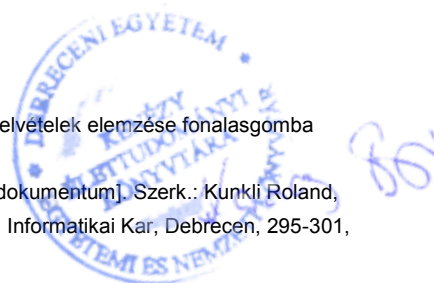
További Közlemények

Idegen nyelvű közlemény(ek) külföldi folyóiratban (1)

8. Bedekovics, J., **Szeghalmly S.**, Beke, L., Fazekas, A., Méhes, G.: Image analysis of platelet derived growth factor receptor-beta (PDGFR β) expression to determine the grade and dynamics of myelofibrosis in bone marrow biopsy samples.
Cytometry B Clin. Cytom. 86 (5), 319-328, 2014. ISSN: 1552-4949.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/cyto.b.21167>
IF:2.398

Magyar nyelvű konferencia közlemény(ek) (5)

9. Mátyás A., Szemán Nagy G., **Szeghalmly S.**: Time-lapse felvételek elemzése fonalagomba növekedésének vizsgálatához.
In: Informatika a felsőoktatásban 2014 [elektronikus dokumentum]. Szerk.: Kunkli Roland, Papp Ildikó, Rutkovszky Edéné, Debreceni Egyetem, Informatikai Kar, Debrecen, 295-301, 2014. ISBN: 9789634737124





10. **Szeghalmy S.**: Gráf-vágás alapú szegmentálás.
In: Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában IV. : Térinformatika Konferencia és Szakkiállítás. Szerk.: Lóki József, Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 429-436, 2013.
ISBN: 9789633183342
11. Fazekas A., **Szeghalmy S.**, Bertók K., Sajó L.: Multi-modális ember-gép kapcsolatok.
In: Képfeldolgozók és Alakfelismerők VIII. konferenciája. Szerk.: Kató Zoltán, Palágyi Kálmán, NJSZT-KÉPAF, Szeged, 387-392, 2011.
12. Zichar M., **Szeghalmy S.**: Térinformatika informatikus szemmel.
In: XVII. Térinformatika az oktatásban szimpózium kiadványa [Budapest, Corvinus Egyetem, 2008. október 29.]. Közread.: Corvinus Egyetem Tájépítészeti Kar, Corvinus Egyetem Tájépítészeti Kar, Budapest, [7], 2008.
13. **Szeghalmy S.**, Zichar M.: 3D topológia felépítésének és elemzésének lehetőségei.
In: Informatika a felsőoktatásban 2008 : konferencia kiadvány : Debrecen, 2008 augusztus 27-29. : Előadás-összefoglalók és teljes előadást tartalmazó CD-melléklet : [elektronikus dokumentum]. Szerk.: Pethő Attila, Herdon Miklós, Debreceni Egyetem TEK Informatikai Kar, Debrecen, [8 p.], 2008. ISBN: 9789634731290

Idegen nyelvű konferencia közlemény(ek) (5)

14. **Szeghalmy S.**, Zichar M., Fazekas A.: Gesture-based computer mouse using Kinect sensor.
In: IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications: CogInfoCom 2014 (5)(2014.11.05-2014.11.07)(Vietri, Olaszország)5th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications: CogInfoCom 2014. Ed.: Baranyi Péter, IEEE-Inst Electrical Electronics Engineers Inc, Piscataway, 419-424, 2014.
15. Buda R., Boldizsár G., Tóth Á., **Szeghalmy S.**, Tornai R., Kunkli R.: Extended capabilities for a WebGL based talking head system.
In: 5th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications, CogInfoCom 2014. Szerk.: Péter Baranyi, IEEE Hungary Section, Vietri sul Mare, 459, 2014. ISBN: 9781479972791
16. Katócs B., Tóth Á., Buda R.Z., Boldizsár G., Török T., **Szeghalmy S.**, Kunkli R., Fazekas A.:
New features for an MPEG-4 talking head.
In: Proceedings of IEEE 4th International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom 2013) : proceedings. Szerk.: Péter Baranyi, IEEE, Budapest, 935-936, 2013.
ISBN: 97814799115439



17. **Szeghalmy, S.**, Zichar, M., Fazekas, A.: Comfortable mouse control using 3D depth sensor.

In: Proceedings of IEEE 4th International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom 2013). Szerk.: Baranyi Péter, IEEE, Budapest, 212-222, 2013. ISBN:

9781479915439

DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/CogInfoCom.2013.6719299>

18. **Szeghalmy, S.**, Tomán, H., Hajdu, A.: Detecting Digital Intersections Using Line Approximation.

In: Proceedings of the 8th International Conference on Applied Informatics (ICAI2010) Vol. 1.

Ed.: by Attila Egri-Nagy, Emőd Kovács, Gergely Kovásznai, Gábor Kusper, Tibor Tómacs,

Eszterházy Károly Főiskola, Eger, 193-202, 2011. ISBN: 9789639894723

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 2,398

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre): 0

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudományometriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2016.04.12.





Registry number: DEENK/91/2016.PL
Subject: Ph.D. List of Publications

Candidate: Szilvia Szeghalmy
Neptun ID: TYRQJO
Doctoral School: Doctoral School of Informatics
MTMT ID: 10037370

List of publications related to the dissertation

Hungarian scientific article(s) in Hungarian journal(s) (2)

1. Szalay P.É., **Szeghalmy S.**, Kis O., Szabó L.J., Miskolczi M., Fazekas A., Dévai G.: A sávós szitakötő [*Calopteryx splendens* (Harris, 1782)] konyári-kállói imágópopulációjának morfológiai elemzése.
Studia Odonatol. Hung. 17, 23-44, 2015. ISSN: 1217-453X.
2. Szalay P.É., **Szeghalmy S.**, Kis O., Szabó L.J., Miskolczi M., Fazekas A., Dévai G.: Alapadatok a sávós szitakötő [*Calopteryx splendens* (Harris, 1782)] konyári-kállói imágópopulációjának morfológiai elemzéséhez.
Studia Odonatol. Hung. 15, 9-26, 2013. ISSN: 1217-453X.

Foreign language scientific article(s) in international journal(s) (3)

3. **Szeghalmy S.**, Bedekovics, J., Méhes, G., Fazekas, A.: Digital Measurement of Myelofibrosis Associated Platelet Derived Growth Factor Receptor [Beta] (PDGFR [Beta]) Expression in Bone Marrow Biopsies.
J. Comput. Inform. Tech. 21 (1), 47-56, 2013. ISSN: 1330-1136.
4. Berkes Maros, M., Fazekas, A., Barkóczy, P., **Szeghalmy S.**, Koncsik, Z.: Qualifying glass surfaces by scratch test with integrated image processing.
Key Eng. Mater. 409, 267-274, 2009. ISSN: 1662-9795.
5. **Szeghalmy S.**, Barkóczy, P., Berkes Maros, M., Fazekas, A., Póliska, C.: A new technique for characterization of residual stresses in glass surfaces: Scratch test completed with image analysis.
Mater. Sci. Forum. 589, 275-280, 2008. ISSN: 0255-5476.



Hungarian conference proceeding(s) (2)

6. **Szeghalmy S.**, Szalay P.É., Dévai G., Fazekas A., Kis O., Szabó L.J., Miskolczi M.:
Szitakötőszárnyak elemzése.
In: Képfeldolgozók és Alakfelismerők 9. konferenciája. Szerk.: Czúni László, NJSZT-KÉPAF, Bakonybél, 542-549, 2013.
7. **Szeghalmy S.**, Koncsik Z., Marosné Berkes M., Fazekas A., Barkóczy P.: Üvegfelületek elemzése képelemző módszerrel kiegészített karcvizsgálattal.
In: Proceedings of the 7th Conference of the Hungarian Association for Image Processing and Pattern Recognition. January 28-30, 2009, Budapest, Hungary [elektronikus dokumentum]. MTA SZTAKI, Budapest, 144-153, 2009.

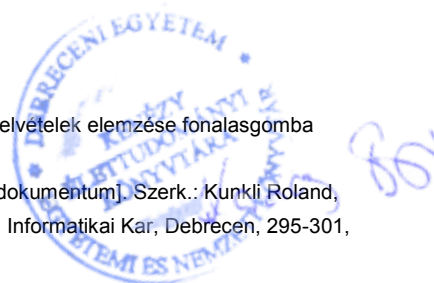
List of other publications

Foreign language scientific article(s) in international journal(s) (1)

8. Bedekovics, J., **Szeghalmy, S.**, Beke, L., Fazekas, A., Méhes, G.: Image analysis of platelet derived growth factor receptor-beta (PDGFR β) expression to determine the grade and dynamics of myelofibrosis in bone marrow biopsy samples.
Cytometry B Clin. Cytom. 86 (5), 319-328, 2014. ISSN: 1552-4949.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/cyto.b.21167>
IF:2.398

Hungarian conference proceeding(s) (5)

9. Mátyás A., Szemán Nagy G., **Szeghalmy S.**: Time-lapse felvételek elemzése fonalagombában növekedésének vizsgálatához.
In: Informatika a felsőoktatásban 2014 [elektronikus dokumentum]. Szerk.: Kunkli Roland, Papp Ildikó, Rutkovszky Edéné, Debreceni Egyetem, Informatikai Kar, Debrecen, 295-301, 2014. ISBN: 9789634737124





10. **Szeghalmy S.**: Gráf-vágás alapú szegmentálás.
In: Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában IV. : Térinformatika Konferencia és Szakkiállítás. Szerk.: Lóki József, Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 429-436, 2013.
ISBN: 9789633183342
11. Fazekas A., **Szeghalmy S.**, Bertók K., Sajó L.: Multi-modális ember-gép kapcsolatok.
In: Képfeldolgozók és Alakfelismerők VIII. konferenciája. Szerk.: Kató Zoltán, Palágyi Kálmán, NJSZT-KÉPAF, Szeged, 387-392, 2011.
12. Zichar M., **Szeghalmy S.**: Térinformatika informatikus szemmel.
In: XVII. Térinformatika az oktatásban szimpózium kiadványa [Budapest, Corvinus Egyetem, 2008. október 29.]. Közread.: Corvinus Egyetem Tájépítészeti Kar, Corvinus Egyetem Tájépítészeti Kar, Budapest, [7], 2008.
13. **Szeghalmy S.**, Zichar M.: 3D topológia felépítésének és elemzésének lehetőségei.
In: Informatika a felsőoktatásban 2008 : konferencia kiadvány : Debrecen, 2008 augusztus 27-29. : Előadás-összefoglalók és teljes előadást tartalmazó CD-melléklet : [elektronikus dokumentum]. Szerk.: Pethő Attila, Herdon Miklós, Debreceni Egyetem TEK Informatikai Kar, Debrecen, [8 p.], 2008. ISBN: 9789634731290

Foreign language conference proceeding(s) (5)

14. **Szeghalmy S.**, Zichar, M., Fazekas, A.: Gesture-based computer mouse using Kinect sensor.
In: IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications: CogInfoCom 2014 (5)(2014.11.05-2014.11.07)(Vietri, Olaszország)5th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications: CogInfoCom 2014. Ed.: Baranyi Péter, IEEE-Inst Electrical Electronics Engineers Inc, Piscataway, 419-424, 2014.
15. Buda, R., Boldizsár, G., Tóth, Á., **Szeghalmy S.**, Tornai, R., Kunkli, R.: Extended capabilities for a WebGL based talking head system.
In: 5th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications, CogInfoCom 2014. Szerk.: Péter Baranyi, IEEE Hungary Section, Vietri sul Mare, 459, 2014. ISBN: 9781479972791
16. Katócs, B., Tóth, Á., Buda, R.Z., Boldizsár, G., Török, T., **Szeghalmy S.**, Kunkli, R., Fazekas, A.:
New features for an MPEG-4 talking head.
In: Proceedings of IEEE 4th International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom 2013) : proceedings. Szerk.: Péter Baranyi, IEEE, Budapest, 935-936, 2013.
ISBN: 97814799115439



17. **Szeghalmy, S.**, Zichar, M., Fazekas, A.: Comfortable mouse control using 3D depth sensor.
In: Proceedings of IEEE 4th International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom 2013). Szerk.: Baranyi Péter, IEEE, Budapest, 212-222, 2013. ISBN: 9781479915439
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/CogInfoCom.2013.6719299>
18. **Szeghalmy, S.**, Tomán, H., Hajdu, A.: Detecting Digital Intersections Using Line Approximation.
In: Proceedings of the 8th International Conference on Applied Informatics (ICAI2010) Vol. 1.
Ed.: by Attila Egri-Nagy, Emőd Kovács, Gergely Kovásznai, Gábor Kusper, Tibor Tómacs, Eszterházy Károly Főiskola, Eger, 193-202, 2011. ISBN: 9789639894723

Total IF of journals (all publications): 2,398

Total IF of journals (publications related to the dissertation): 0

The Candidate's publication data submitted to the iDEa Tudóstér have been validated by DEENK on the basis of Web of Science, Scopus and Journal Citation Report (Impact Factor) databases.

12 April, 2016

