

## A KÉPFELDOLGOZÁSI MÓDSZEREK ALKALMAZHATÓSÁGA A MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSBAN

### APPLICABILITY OF IMAGE PROCESSING TECHNIQUES IN QUALITY ASSURENCE

Nagy Elemérné<sup>1</sup>, Nagy Elemér Károly<sup>2</sup>

<sup>1</sup>SZTE SZÉF MŰSZAKI ÉS INFORMATIKA TANSZÉK

<sup>2</sup>BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM

#### ÖSSZEFOGLALÁS

A számítógépes képfeldolgozás az elmúlt harminc évben folyamatosan fejlődött, de még ma is messze áll a tökéletességtől.

Publikációnkban a kivágott fák életkorának meghatározásával foglalkozunk, tekintettel arra, hogy a méret, a fajta és az egészségesség kérdése már jórészen megoldott.

Egy egyszerű személyi számítógép és egy ipari kamera segítségével, szabad szoftverek felhasználásával olyan prototípus-rendszert készítettünk, amely szinte tetszőleges faanyagról képes olyan minőségi térképet készíteni, amelyik négyzetcentiméter felbontásban mutatja ki az anyaghibákat, a betegségeket illetve az esztétikai minőséget (az elszíneződéseket vizsgálva). Ennek jelentősége abban rejlik, hogy az eddigi gyakorlattal szemben képesek vagyunk a számítógéppel támogatott termék-tervezés technológiáját kihasználni és a minőség-ellenőrzést automatizálni.

#### ABSTRACT

This publication presents some possible solutions of a classic problem (counting the tree rings on a bad quality image) and the possible improvements of the classic solutions to this problem. As a result, the quality assurance of wooden materials becomes possible due the detection of cracks and other material errors. This results a possible quality-map of all processed wooden objects, thus enables the Computer Aided Production Planning (CAPP) of furniture in large quantities. The first part of the publications deals with the problem and the technical deals, while the second part delas with its effect on possible CAPP/AQA.

#### 1. BEVEZETÉS

A számítógépes képfeldolgozás az elmúlt harminc évben folyamatosan fejlődött, de még ma is mesze áll a tökéletességtől. Jelenleg sok részterületére vannak jobb-rosszabb megoldások, azonban nincs általános, minden területen egyaránt alkalmazható módszer (Álló Géza és tsai, 1993), szoftver.

Publikációnkban a kivágott fák életkorának meghatározásával foglalkozunk, tekintettel arra, hogy a méret, a fajta és az egészségesség kérdése már jórészen megoldott.

Célul azt tűztük ki, hogy a fa keresztmetszetének középpontból indulva, megadott célpontig vizsgálva a képet, képesek legyünk automatikusan meghatározni az évgyűrűk számát,

maximum kettőt tévedve akkor is, ha az különböző torzításokon esik át. A fa estleges hibái (repedések, göcsök) is felismerhetők e módszerrel. A torzításokat a fűrészpor és az ipari kamera által behozott zajok szimulálják. Célunk az, hogy az algoritmusunkat a gazdasági életben, minőségbiztosításban használhatóvá tegyük.

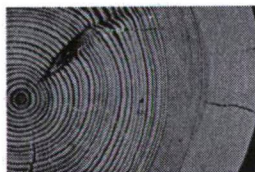
## 2. A FELMERÜLŐ PROBLÉMA JELLEGE

A feladat a képfeldolgozásban kis mennyiségű információ kiemelése nagy mennyiségű, zajjal erősen terhelt képekből (*LTRR, 2001* és *Jumoko-Nenrin, 1988-1993*). A képek természetes anyagról készülnek, így azok szerkezetéről minimális információ áll rendelkezésre, tulajdonképpen ellipszishez hasonló alakú, általában egy középpont körül koncentrikusan elhelyezkedő, sötét és világos színű körgyűrűket kell megszámlálni, kiküszöbölve a repedésekből, göcsökből, szennyeződésekből, ferde vagy tört vonalú vágásból következő hibákat. Bár az eredmény könnyen ellenőrizhető kézi módszerekkel, a számos hibalehetőség miatt (a fa típusától és az adott év időjárásától függő gyűrűvastagság, fa típusától és az adott fa betegségeitől függő színek, a fa típusától és a vizsgálat helyétől függő évgyűrű-alakok) a probléma igen komplex, ezért számítógépen csak jól átgondolt algoritmusokkal oldható meg. A probléma nehézségét növeli, hogy a praktikus alkalmazásokhoz olyan algoritmust kell találni, amely költség-hatékony ipari kamerákkal készült képeket is képes feldolgozni, amelyek felbontása és képminősége is alacsony. A problémára a kulcsrakész megoldást a valódi (erős) mesterséges intelligencia jelentené, ez azonban a tudomány mai állása alapján nem létezik (*Russel, 2000*).



1. ábra Repedést tartalmazó egyenetlen megvilágítású kép

Az első ábrán a felbontás szempontjából egy viszonylag jó minőségű kép, azonban nem tartalmazza a fa egészét, és a számos repedésen kívül egyenetlen a megvilágítás is, illetve elképzelhető, hogy az eredeti fának is egyenetlen a színezete. Nemcsak a repedések hatásának vizsgálatára ad lehetőséget a kép, de – tekintettel a kis felületre – alkalmas arra is, hogy a részképek vizsgálatának minőségét megmutassa, azaz megtudhatjuk, hogy az adott algoritmus mennyire működik jól, ha csak a kép egy részletével tud dolgozni, és nem a kép egészével.



2. ábra Jó minőségű kép, kevés repedéssel

A második ábrán a viszonylag jó minőségű és kevés repedést tartalmaz, azonban az évgyűrűk folyamatosan vékonyodnak rajta, és bár a kép bal oldalán azok egyértelműen megszámlálhatóak, a jobb szélén egybefolynak. Mivel ez az átmenet viszonylag egyenletes, ezért rendkívül jól tesztelhető rajta az algoritmusok minimális érzékenysége, azaz hogy minimum hány képpont szélesnek kell lennie az adott évgyűrűnek ahhoz, hogy az algoritmus képes legyen azt felismerni.



3. ábra Rossz minőségű, zajjal erősen terhelt kép

A harmadik ábrán egy kis felbontású, rossz minőségű és „salt and pepper” jellegű zajjal erősen terhelt kép, amelyik lehetőséget ad nemcsak a fűrészporral, mint zajjal szembeni robusztusság vizsgálatára, de alkalmas arra is, hogy meghatározzuk, hogy az adott algoritmus erősen zajos környezetben minimum milyen hány képpont széles évgyűrűket képes felismerni. A képnek van még egy érdekes tulajdonsága, miszerint a fa évgyűrűinek középpontja nincs a képen, így nagyon jól tesztelhető vele, hogy az algoritmus mennyire képes apró képrészleteken is jó eredményt hozni. Bár ez az alapprobléma szempontjából lényegtelennek mondható, mint látni fogjuk, a minőségérték szempontjából ez is fontos tulajdonság.



4. ábra Gépi feldolgozásra alkalmatlan kép

A negyedik ábrán lévő képet emberi felhasználásra szánták, ezért erős dithering tapasztalható rajta (olyan minőségromlás, amely ember számára minőségjavulásnak tűnhet), ezáltal szinte teljesen alkalmatlan gépi feldolgozásra. Ennek azért van jelentősége, mert bizonyos képfeldolgozó hardverek ezt alkalmazzák, és ezért jó lenne, ha az algoritmusok erre is ellenállóak lennének, sajnos azonban erre gyakorlati megoldást nem találtunk.

A mérési és fejlesztési környezet egy személyi számítógépből és a célnak megfelelő szoftverekből állt. A célnak megfelelő szoftver kiválasztása is komoly feladat volt, hiszen ingyenesen vagy nagyon olcsón elérhetőnek kellett lennie, alkalmasnak kellett lennie különböző minőségű és formátumú képek fogadására, valamint jól dokumentált programozói felülettel kellett rendelkeznie annak érdekében, hogy az algoritmusok tesztelése és fejlesztése

kivitelezhető legyen. Végül a JImage programcsomag (*Rasband, 2003*) keretében találtuk meg a megoldást, amely GPL licenssel érhető el mindenki számára, Java nyelven beépülő modulokat (plugin) lehet hozzá készíteni, ráadásul platform-független is, így lehetőség van az algoritmusok gyakorlati felhasználására azok újrainplementálása nélkül. Természetesen ez nem zárja ki a célhardver lehetőségét sem.

### 3. A MEGOLDÁS KIVÁLASZTÁSA

A problémára kézenfekvő megoldása az, hogy a képből (bemenet), kiszűrjük az összes irreveláns zajt (előfeldolgozás), majd a kapott képen megszámloljuk az évgyűrűket (kimenet). Mint látni fogjuk, megfelelő algoritmusok alkalmazásakor mintegy melléktermékként a faanyagban található anyaghibák is felderítésre kerülnek (minőségtérkép), ezek alkotják a későbbi CAPP bementő adatait. Az feldolgozásra a következő megoldások a kézenfekvők:

- a) Gyenge mesterséges intelligencia (weak Artificial Intelligence) (*Russel, 2000*)
- b) Klasszikus képfeldolgozási algoritmusok (Digital Image Processing) (*Palágyi, 2001*)
- c) Egyszerűen robosztus algoritmus (Keep It Simple and Stupid)
- d) Frekvencia-térben történő számlálás (Discrete Fourier Transformation) (*Vajta, 2002*)
- e) A fentiek kombinációja (Layered Composite Algorithm)

Az algoritmusok értékelésére a kézenfekvő minőségi mutatók egyrészt a sebesség, másrészt az elkövetett hiba nagysága. A sebesség ebben a problémakörben nem okoz problémát egyrészt az olcsón elérhető nagy számítási kapacitások miatt, másrészt az anyagok mechanikus mozgatása miatt, így a célhardver nélkül is könnyen elérhető képenkénti egy másodperces feldolgozási idő is megfelel a követelményeknek.

Az elkövetett hibák nagysága tehát az egyetlen olyan paraméter, ami érdemben képes meghatározni egy-egy algoritmus jószágát.

Emellett fontos tényező, hogy az algoritmusok képesek legyenek automatikusan meghatározni az évgyűrű középpontját, amennyiben ez szükséges az eredményhez, azaz az algoritmus semmilyen kézi beállítású paramétert nem használhat fel az eredmény kiszámításához.

Fent felsorolt megoldások között az elsőt (wAI) nagyrészt alkalmatlannak találtuk, ugyanis az évgyűrűk megszámlolásához szükséges a zajok kiszűrése, ehhez azonban szükség van az évgyűrűk felismeréséhez.

A másodikkal (DIP) eleinte sikeres kísérleteink voltak, később azonban kénytelenek voltunk belátni, hogy az inhomogén bemenet miatt minden komponens (hisztogram-kiegyenlítés, medián-szűrés, gradiens vagy színvágás alapú élkeresés) olyan hibákkal terhelik az adatokat, amelyek nem különböztethetők ki az eredményből.

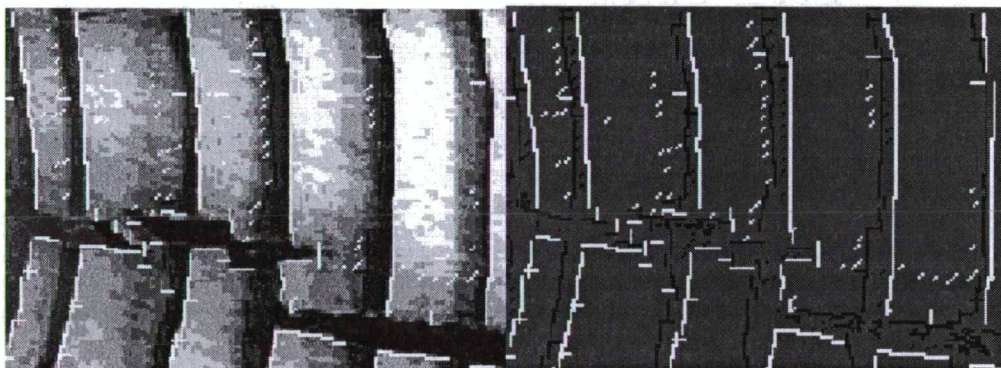
A negyedik megoldás (DFT) kezdetben igen kecsegtető eredményeket hozott, azonban kiderült, hogy bizonyos hibák (repedések, göcsök, illetve az elágazások melletti több-középpontú fák) teljesen meghamisítják az eredményeket, t.i. a hiba nagyságrendileg összemérhető az eredménnyel.

A harmadik megoldás (KISS) kifejezetten eredményesnek bizonyult, három szempontból is: egyrészt rendkívül robosztusnak bizonyult a hibákkal szemben, hiszen csak sötét-világos sávokat kereste hiszterézissel, másrészt alkalmas volt arra, hogy több, egymással párhuzamos egyenesen végigfuttatva az évgyűrű középpontját (középpontjait) meghatározza,

harmadrészt pedig több, különböző nézetből vizsgálva a képet alkalmas volt arra (mivel a rétegek közül a repedések nem mindegyikben jelentek meg), hogy a repedéseket kiküszöbölje az eredményekből és azokat detektálja.

Az ötödik megoldásra (LCA) tulajdonképpen nem volt szükség a probléma megoldásához, de a hibák kiküszöbölése után a minőségi térkép felállítására mindenképpen alkalmas, ha wAI módszerekkel dolgozzuk fel a KISS algoritmus kimenetét, hiszen ekkor az évgyűrűk középpontjai, az évgyűrűket felépítő évgyűrű-szakaszok és a repedések helyzete már ismert, az eredeti képből pedig képesek vagyunk kiszűrni azokat a szín-információkat, amelyek a fa betegségeire utalnak. Ez utóbbihoz természetesen szükséges a fa fajtáját külső paraméterként, „kézzel” beállítani.

#### 4. A MEGOLDÁSHOZ HASZNÁLT MÓDSZER



5. ábra Az 1. ábrán szereplő mintakép részei, különböző feldolgozásban

Mindkét képen az egyes mintakép egy részletét láthatjuk, a baloldalin erre rá vannak vetítve a KISS algoritmus által megtalált sötét, illetve világos évgyűrű-darabkák, a jobboldalin csak ezek az évgyűrűdarabkák láthatóak, a háttér a jobb láthatóság kedvéért el van távolítva.

Jól látható, hogy szinte az összes, ember által látható évgyűrűt megtalálta az algoritmus (kivéve a bal oldalon a kis kontrasztú, valószínűleg rosszul megvilágított rész), sőt, a repedéseket is kijelölte.

A szakaszok ezek után az DIP-ből ismert körvonal-szintetizáló algoritmussal előállíthatóak, főként, ha ezt testre szabjuk az adott célnak megfelelően, ugyanis mi azzal a háttér-információval is rendelkezünk, hogy a legtöbb megtalált darabka egy-egy koncentrikus évgyűrű része, amennyiben nem, akkor vagy a) ez egyszerű zaj, b) ez egy repedés vagy göcs körvonala. A két eset jól megkülönböztethető, hiszen az első esetben elszeparált, „magányos” darabkákról van szó, míg a második esetben egybefüggő, de nem a többivel koncentrikus „évgyűrű-darabról”, illetve szigetszerűen egybefüggő vonal-csoportról van szó. Ez tulajdonképpen elégséges is a minőségi térkép létrehozásához, hiszen ahol az évgyűrűben folytonossági hiány van, illetve ahol repedést vagy göcsöt találunk, ott anyaghiba van. Megfogalmazhatjuk, hogy a KISS és wAI algoritmusból épített LCA képes célhardver nélkül is minőségi térképet készíteni tetszőleges faanyagról, amennyiben arról kontrollált körülmények közötti (aktív fényes megvilágítás) felvétel készült.

## 5. A MEGOLDÁSHOZ HASZNÁLT ESZKÖZÖK ÉS ALKALMAZÁS

Mint láthatjuk, egy egyszerű személyi számítógép és egy ipari kamera segítségével, szabad szoftverek felhasználásával, kéthónapnyi kutatással és fejlesztéssel képesek voltunk olyan prototípus-rendszert készíteni, amely szinte tetszőleges faanyagról képes olyan minőségi térképet készíteni, amelyik négyzetcentiméter felbontásban mutatja ki az anyaghibákat, a betegségeket illetve az esztétikai minőséget. (az elszíneződéseket vizsgálva).

Ennek jelentősége abban rejlik, hogy az eddigi gyakorlattal szemben képesek vagyunk a számítógéppel támogatott termék-tervezés technológiáját kihasználni és a minőség-ellenőrzést automatizálni.

A múltban a faanyagok vizsgálatára emberi munkaerőt alkalmaztak, azok minden rossz tulajdonságával együtt (munkabér, fáradság, trehányás, szubjektivitás, lassúság), a jelen algoritmussal viszont képesek vagyunk a faanyagok automatikus minőség-vizsgálatára.

Emellett komoly gazdasági jelentősége van annak, hogy képesek vagyunk a minőségi mutatókat nemcsak deszka szintjén, de annál kisebb léptékben is meghatározni, így ugyanis lehetővé válik az, hogy egy első-másod osztályú vegyes deszkából egy első és egy másodosztályú bútor-alkatrészt gyártsunk, szemben az eddigi két másodosztályúval. Környezetvédelmi jelentősége is van a megoldásnak, ugyanis így jóval kevesebb első osztályú fát kell kivágni ugyanannyi első osztályú bútor előállításához. A CAPP segítségével ráadásul lehetőség nyílik arra is, hogy egy gépesített manufaktúrát hozzunk létre, azaz a bútor megtervezése után csupán a komponensek mechanikai és minőségi követelményeit kell a CAPP szoftverrel felvinni a mennyiségen kívül, ebből a CAPP rendszer képes közel optimálisan eldönteni, hogy pontosan melyik deszkák melyik részeiből készüljön egy-egy bútoralkatrész. Erre emberi munkaerővel nincs gazdaságos lehetőség, számítógép segítségével viszont van, sőt, a kevesebb felhasznált alapanyag össz mennyiség miatt kevesebb lesz a keletkezett hulladék össz mennyisége is.

Lehetőségünk van arra is, hogy az elkészült bútorok minőségét (főleg az első osztályú és exkluzív darabokét) gépi úton ellenőrizzük, hiszen az egymáshoz nem illő mintázat vagy színárnyalat nem engedhető meg az említett minőségi osztályokban, legalábbis nagyhírű bútorgyártók azt nem engedhetik meg maguknak.

Egy másik fontos alkalmazási terület az algoritmus továbbfejlesztését igényli, azaz képessé kell tennünk a rendszert arra, hogy a különböző fafajtákat egymástól megkülönböztesse. Így egy olyan műszer készítésére lenne lehetőség, amelyik képes "ránézésre" meghatározni egy fa típusát, életkorát és minőségét. Ennek a jelentősége nemcsak az erdészek oktatásában jelentkezik, de lehetőséget ad az orvfavágók és a facsempészek hatékonyabb megfigyelésére is, ugyanis a rendőrséget illetve a határőrséget felszerelve ilyen műszerekkel lehetségessé válna a gyanús rakományok szaktudás nélküli és azonnali vizsgálata a helyszínen. Így a jelenlegi hosszadalmas laborvizsgálatok és szakértői vélemények nélkül (amelyeket pont ezért ritkán alkalmaznak) képesek lennének a hatóságok minden faszállítmányt a helyszínen, másodpercek alatt ellenőrizni, így azonnal leleplezve a hamis menetlevéllel rendelkezőket.

Amennyiben a két fejlesztést kombináljuk, kész bútorok utólagos és azonnali minőségellenőrzésére is lehetőség nyílna, így nemcsak a bútorcsempészeket (akik harmadosztályúként hozzák be a határon a később első osztályúként értékesített bútorokat), de a hamisított, rossz minőségű bútorokat is azonnal le tudná leplezni a fogyasztóvédelem, mindezt európai módon.

## IRODALOMJEGYZÉK

1. Dr. Szirmay-Kalos László (1999): <http://www.iit.bme.hu/~szirmay/szamgraf.html>
2. Dr. Vajta László (2002): Gépi látás előadás-jegyzet (*BME/VIK/MI*)
3. Jumoko-Nenrin (1998-1993): <http://village.infoweb.ne.jp/~fwga0159/trind-e.htm>
4. LTRR (2001): <http://www.ltrr.arizona.edu/dendrochronology.html>
5. Palágyi Kálmán (2001): <http://human.kando.hu/~av/tetelek/KEP-Szures.doc>
6. Stuart J. Russel (2000): Panem kiadó – *Mesterséges Intelligencia (ISBN: 9635452411)*
7. Wayne Rasband (2003): ImageJ honlap <http://rsb.info.nih.gov/ij/>