



A digitális kép spektrális bizonytalanságának hatása a kép funkcionáljaira

Hegedűs G., Horváth¹ Z.

Pannon Egyetem, Georgikon Kar, 8360 Keszthely, Deák Ferenc út 16.

¹Pécsi Tudományegyetem, TTK, Matematika és Informatikai tanszék, 7624 Pécs, Ifjúság útja 6.

ÖSSZEFOGLALÁS

Objektumok – mezőgazdaságban többnyire növények – digitális képeikhez különböző definíciókkal rendelhetők számértékek. Egyes vizsgálatok törekvése arra irányul, hogy megfelelő definíciók kiválasztásával mód nyíljon az alany beazonosítására, illetve tulajdonságának jellemzésére. A dolgozatban a következő funkcionálokat elemezzük: Spektrális Fraktáldimenzió (SFD), Spektrális Színkocka Tehetlenség (STN), Redukált Spektrális Kovex Burok Mérték (RSKBM), majd ezeket összevetjük egy vektorértékű függvény jellemzővel, amely eltéréseit kettes norma szerint vizsgáljuk (ST2). Megvizsgáljuk, hogy a felvételezés (képkészítés) körülményei, hogyan befolyásolják az egyes funkcionál értékeket, az eredmény milyen eloszlást mutat, milyen hibával rendelkezik a mérésnek nevezett eljárás. Továbbá kimutatjuk, hogy az egyes eljárások milyen számolásiigénnyel járnak effektíve és az etalonnak választott vektorértéket szolgáltató hisztogramhoz meghatározásához képest. Bemutatjuk (véletlenszerűen kiválasztott két fajta példáján), hogy a mérési eredmények mennyire lehetnek alkalmasak növényfajták elkülönítésére. Megvizsgáljuk azt a kérdést, hogy érdemes-e skalárig lecsupaszítani a képi információt sokszor a gyakorlati használhatóságot megkérdőjelező számításigénnyel, mintsem hatékonyan kinyerhető komplex struktúrákkal jellemezni a vizsgálat tárgyát. (Kulcsszavak: SFD, STN, RSKBM, ST², fraktál dimenzió, értékelések, Burgonya)

ABSTRACT

The uncertainty of the effect of digital imaging spectral functionals of the image

G. Hegedűs, Z. Horváth¹

Pannon University, Faculty of Georgikon, H-8360, Keszthely, Deák Ferenc út 16.

¹University of Pécs, TTK, Department of Mathematics and Informatics, H-7624 Pécs, Ifjúság útja 6.

Objects - these are in the agriculture mostly plants - are numbers being available to their digital images with different definitions. Some examinations are converging to identification subjects with selection appropriate definitions, or characterization of its properties. In this text we analyze the following functionals: Spectral fractal dimension (SFD), Spectral moment of inertia (STN), Spectral convex hull Reduced Rate (RSKBM), and then compares these vector value a service function, the two-spectral-norm distance (ST2). We will inspect that how are influencing the conditions of image acquisition the values of certain functions, the results are showing what kind of distribution, and the measurement disposes what kind of error. Furthermore it will be manifested numeracy needs of some processes. I will be demonstrated (with random two examples) the extent of the measurement results can be used to separate plants. We examine the question of

whether it is worth to strip the visual information to a scalar if often its numeracy needs are questionable their practical usability, rather than it is available results including complex more informations with much less counting.

(Keywords: SFD, STN, RSKBM, ST2, fractal dimension, ratings, potato)

BEVEZETÉS

Berke *et al.* (2005) meghatározta a spektrális fraktáldimenzió fogalmát, majd mérési módszerekre és alkalmazhatóságra tett javaslatot (Berke *et al.*, 2006, 2007). Hegedűs *et al.* (2007) vizsgálja a fogalom matematikai tulajdonságait, és a médium geometriai transzformációja szerinti invarianciáját, Csák *et al.* (2008) kísérletet tesz a burgonyafajta-minősítésben való felhasználásra. Jelen cikk további funkcionálok vizsgálatával megkérdőjelezi a fajtaelkülönítésre szánt képfunkcionálok létjogosultságát a komplexebb, de könnyebben számítható képjellemzőkkel szemben. A méréssel nyert, anyagjellemzőnek szánt funkcionálok használhatósága veszteséges tömörítésű és tömörítetlen képformátumok alkalmazása esetén is értékelésre kerül.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Az alkalmazott Spektrális Fraktáldimenzió (SFD) fogalma

A fogalmat Berke (2005, 2006, 2007) munkái alapján tekintjük ebben cikkben.

Az RGB truecolor képek színterét a 3-dimenziós euklideszi tér első nyolcadának $256 \times 256 \times 256$ méretű kockája reprezentálja, ahol a kocka egész koordinátájú rácpontjai mint egységkocka-középpontok felelnek meg az intenzitásoknak, színeknek. A kocka $(0,0,0)$ pontját/egységkockáját rendeljük a fekete színhez, a $(255,255,255)$ pont/egységkocka pedig a fehérnek felel meg (1. ábra).

1. ábra

Egy képen előforduló színértékek ábrázolása a színtér kockájában

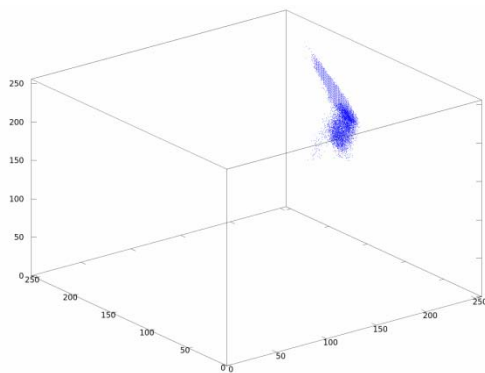


Figure 1: Occurring color values in an image representation of the color space in the cube

Az i -edik iterációs lépésnél ezt a kockát osszuk fel 2^{7-i} élhosszúságú diszjunkt részkockákra. Az m_i jelentse az i -edik iterációban jelentkező részkockák számát, n_i pedig ezek közül azok darabszámát, melyek tartalmaznak színt a vizsgált képből. Ekkor a

vizsgált digitális képhez rendelt spektrális fraktáldimenzió (SFD) értékét az (1) kifejezés határozza meg.

$$\frac{3}{8} \sum_{i=0}^7 \frac{\ln n_i}{\ln m_i} \quad (1)$$

Ez a funkcionál érzéketlen valamely szín többszöri előfordulására.

Az alkalmazott Spektrális Tehetetlenségi Nyomaték (STN) fogalom

Az STN jelen munkában bevezetett új fogalom.

Az SFD-nél leírt színekocka tengelye legyen a $(0,0,0)$ és a $(255,255,255)$ pontokra illeszkedő egyenes. Az RGB-kocka i -edik egységkocka-középpontjának a tengelytől vett euklideszi távolságát jelölje r_i , a hozzá tartozó színű képpontok száma a vizsgált képen pedig legyen m_i . Ekkor a vizsgált digitális képhez rendelt spektrális tehetetlenségi nyomaték értékét a (2) kifejezés határozza meg.

$$\sum_i r_i m_i^2 \quad (2)$$

Ettől a funkcionáltól azt várjuk, hogy világosítás-sötétítés invarianciát mutasson.

Az alkalmazott Redukált Spektrális Konvex Burok Mérték (RSKBM)

Az RSKBM jelen munkában bevezetett új fogalom.

A vizsgált kép képpontjainak halmazából elhagyom azokat, melyeknek multiplicitása kisebb, mint 4. Tehetjük ezt abból a feltevésből, hogy a későbbiekben vizsgált 2×2 cm-es képek minden cm^2 -én elő kell fordulni minden jellemző színnek. Ezt követően a maradék pontok feszítette konvex burok által határolt tér térfogatát számítjuk.

Ettől a funkcionáltól azt várjuk, hogy egyfajta szín-kiterjedés korlátot reprezentáljon.

A 2. ábra egy képpont halmaz konvex burkának éleit szemlélteti a színekockában.

2. ábra

Egy képpont halmaz konvex burka

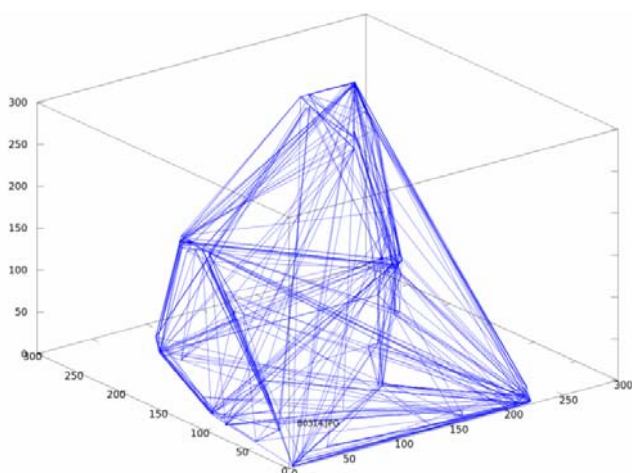


Figure 2: Convex hull of a set of pixels

Az alkalmazott Spektrális Távolság (ST2) fogalma

Az ST2 jelen munkában bevezetett új fogalom.

Tekintsünk két képet. A színek minden (i -edik) pontjához meghatározott az egyik, ill. a másik kép megfelelő színének a multiplicitása, nevezetesen, hogy hányszor szerepel a szín az illető képben. Legyenek ezek: n_i és m_i . Ekkor a két kép spektrális távolságát a kettes norma szerint a (3) összefüggés adja.

$$\sqrt{\sum_i (n_i - m_i)^2} \quad (3)$$

Valamely vizsgálandó (m_i értékekkel rendelkező) objektum esetén az ST2 szerinti mérést egy (n_i értékekkel rendelkező) referencia képhez viszonyítva végezzük.

Mérési körülmények

Eszközök

- Canon EOS 30 D digitális fényképezőgép,
- Canon EF-S 18-55 mm optikai lencse,
- Sigma EM-140 DG körvaku.

Paraméterek

- felbontás: MR: 2544×1696, 300×300 pixel.

Szoftverek

- MS Visual Studio.NET,
- MatLab.

Mintavételezés

- rögzített állványról történő fényképezés,
- 0,35m tárgytávolság,
- kivágott minták tárgymérete: 0,02m×0,02m,
- természetes fény kizárása.

Vizsgált burgonyafajták

- Katica (Kt),
- White Lady (WL).

A természetes megvilágítás melletti felvételezés digitális képei a fényerősség, valamint a napállástól, a légkör változó szóró és szűrő hatásából származó erős függést mutattak. Ennek kiküszöbölésére ajánlott Csák *et al.* (2010) természetes megvilágítású „standard” felvételezési környezetet, az ebben a vizsgálatban is alkalmazott „Mérési körülmények” pont szerint. Mint hogy a korábbi vizsgálatok a burgonyafajták SFD értékei szerinti elkülöníthetőségét célozták, ezért ebben a cikkben is a felvételezés tárgya burgonya, méghozzá szabad szemmel is könnyen megkülönböztethető a 3. és 4. ábra szerinti két fajta.

Csák *et al* (2010) kimutatta, hogy a minta felületének szögétől függ a digitális kép színösszetétele, ezért a fényképezés irányára közel merőleges rész kivágását alkalmaztuk, ezt érzékelteti az 5. és 6. ábra.

EREDMÉNYEK

Mérési bizonytalanság

Egy db Kt gumó 50-szer történő lefényképezésével nyert BMP és JPG képeinek SFD eloszlásait mutatja a 7. ábra.

3. ábra

Katica fajta



Figure 3: Katica

4. ábra

White Lady fajta



Figure 4: White Lady

5. ábra

Teljes gumó



Figure 5: Full tuber

6. ábra

A gumóból kivágott minta



Figure 6: The tubers cut sample

7. ábra

Egy Kt gumó 50 mért SFD értékének eloszlása

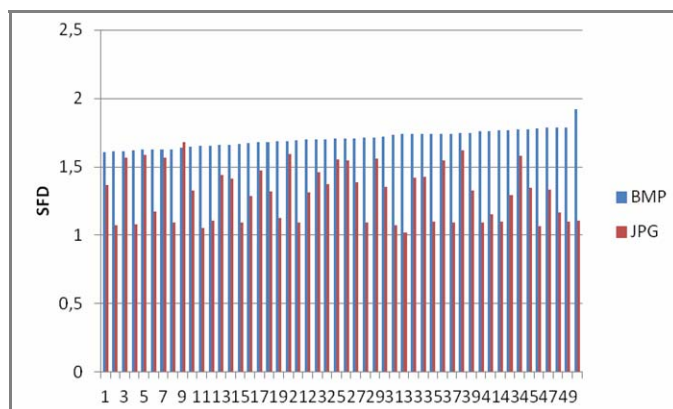


Figure 7: Measured at 50 K in a bulb SFD value distribution

Egy db Kt gumó 50-szer történő lefényképezésével nyert BMP és JPG képeinek STN eloszlásait mutatja a 8. ábra.

8. ábra

Egy Kt gumó 50 mért STN értékének eloszlása

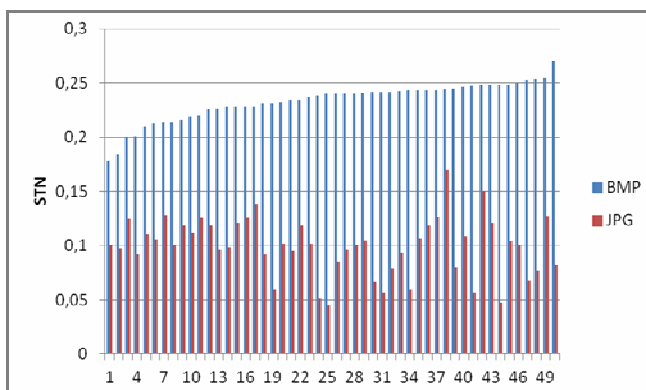


Figure 8: STN is a value measured at 50 K bulb distribution

A két grafikonból látható, hogy miközben a BMP képekhez rendelt funkcionálértékek viszonylag stabilak, eközben a rendre a velük párba állított JPG képek értékei hektikus viselkedést mutatnak, jóval nagyobb szórással.

Azonban egy tárgy ismételt felvételezésénél a BMP esetén is nagyobb pontosságot várnánk. Megvizsgálva a 7. ábra szerinti méréssorozat képeinek színszámát, az eredményt a 9. ábra szemlélteti.

9. ábra

Egy Kt gumó 50 mérésénél kapott színszámok eloszlása

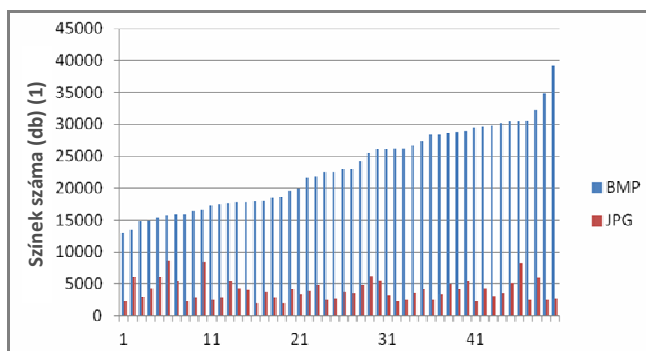


Figure 9: A tuber 50 K colors obtained when measuring the distribution of numbers

Number of Colors(1)

Vettük a 9. ábra szerinti méréssorozat BMP képei színszámának várható értékét, majd tekintettük az ehhez legközelebb álló két egymás melletti értéket produkáló két kép színeinek számát és viszonyát, ekkor a 10. ábra szerinti eredményt kaptuk.

10. ábra

Egyazon Kt gumó két BMP képek színszámai és viszonyuk



Figure 10: For a BMP image with two Kt tuber color numbers and their relationship

Only in the other image(1), Only in one of them(2), Common colors(3)

Az ugyanazon tárgyról készített két kép durva eltérése az jelenti, hogy mégsem jól standardizált a felvételezési környezet, szemben Csák *et al.* (2010) állításával. Feltételezhetően a legfőbb különbséget épp reprodukciót biztosítani hivatott körvaku okozza.

Funkcionálértékek eloszlása

A továbbiakban azt vizsgáljuk, hogy ez a mérési bizonytalanság hogyan hat a különböző alanyokra meghatározott funkcionálokra.

Az elemzés folyamatából emeljük ki három észrevételt:

A JPG képekhez rendelt funkcionálértékek a vizsgált három funkcionálnál jóval kisebbek, mint ugyanazon mintahalmazhoz tartozó BMP képek értékei (11. ábra), következésképp csak egyező formátumú képállományok összevetése lehet értelmes.

A különböző fajták funkcionál-értékei eloszlásának jellege markánsan eltérő lehet, amely meghatározóbb fajtajellemzőként funkcionálhat, mint pl. a várható érték (12. ábra).

A pontosabbnak gondolt BMP tárolás, és a még oly eltérő képpont-felhővel rendelkező két fajta esetén sem bízhatunk föltétlen a funkcionál-érték megkülönböztető jegyében (13. ábra).

11. ábra

50 elemes minta SFD érték gyakorisága

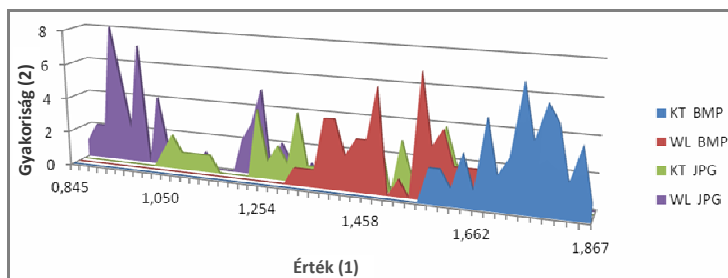


Figure 11: 50 SFD-element model is frequency

Value(1), Frequency(2)

12. ábra

50 elemes JPG minta RSKBM érték gyakorisága

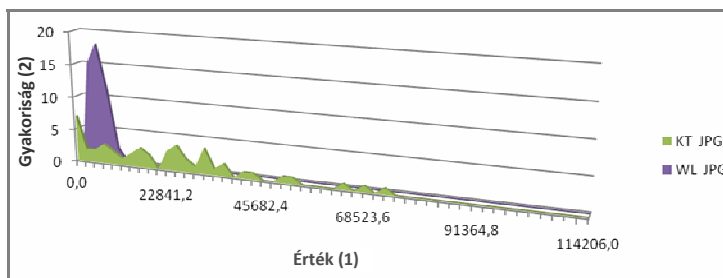


Figure 12: JPG 50-element sample frequency is RSKBM

Value(1), Frequency(2)

13. ábra

50 elemes BMP minta STN érték gyakorisága

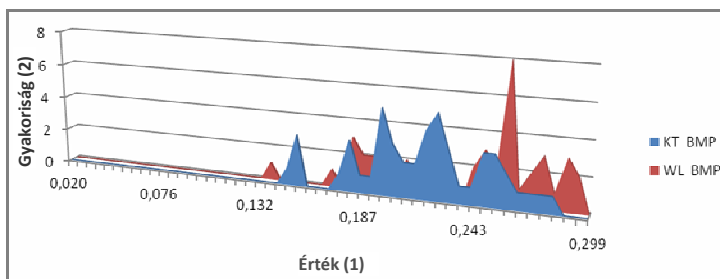


Figure 13: 50 BMP-element model is frequency STN

Value(1), Frequency(2)

Szeperáló érték keresése funkcionáloknál

Mint hogy - az előző pontban látott módon - az eloszlások átfedik egymást, nem lehet olyan értéket találni, melyhez viszonyítva egyértelműen eldönthető, hogy a mért minta melyik fajta-hoz tartozik. Azonban azt bármely értékhez meghatározhatjuk, hogy mekkora valószínűséggel határolja egyik oldalról az egyik fajta-t.

Ennek érdekében legyenek f és g olyan függvények, melyek a két mintasor vizsgált funkcionáljának várható értékei közötti tartományon vannak értelmezve a következők szerint: $f(x)$ értéke jelentse a kisebb várható értékhez tartozó minta x -nél kisebb funkcionálérték előfordulási valószínűségét; $g(x)$ értéke pedig jelentse a nagyobb várható értékhez tartozó minta x -nél nagyobb funkcionál-érték előfordulási valószínűségét.

Az SFD, STN, RSKBM mérésnél kapott f és g függvények grafikonjait a 14., 15., 16., 17., 18. és a 19. ábrák szemléltetik.

14. ábra

50 elemes BMP minta SFD szerinti f és g függvényei



Figure 14: 50 SFD pattern as BMP-element functions f and g

Probability(1)

15. ábra

50 elemes JPG minta SFD szerinti f és g függvényei

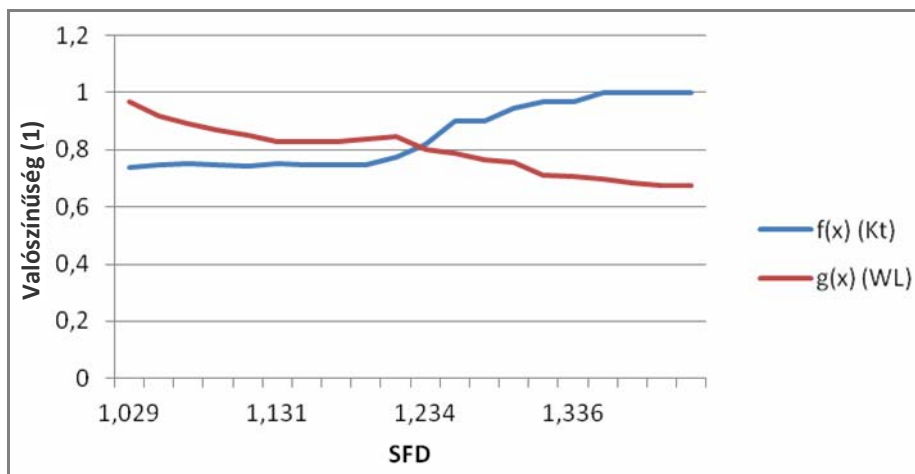


Figure 15: JPG 50-element model as SFD functions f and g

Probability(1)

16. ábra

50 elemes BMP minta STN szerinti f és g függvényei

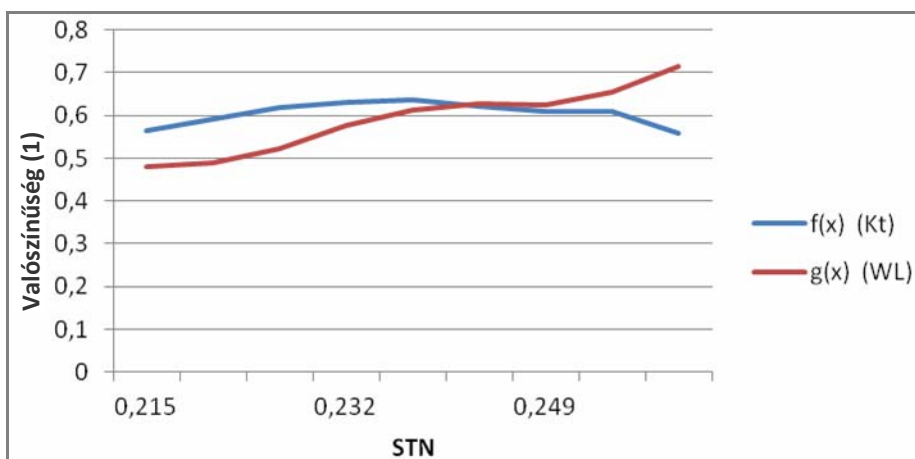


Figure 16: 50 BMP-element model according to STN functions f and g
 $Probability(1)$

17. ábra

50 elemes JPG minta STN szerinti f és g függvényei

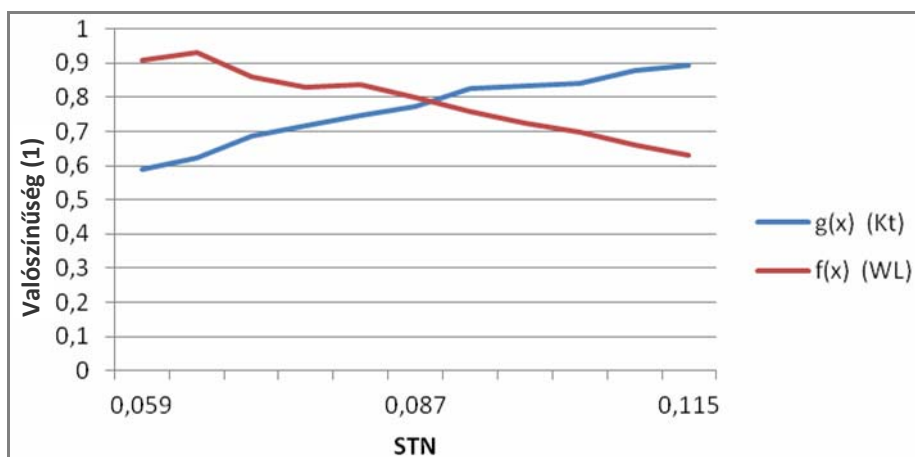
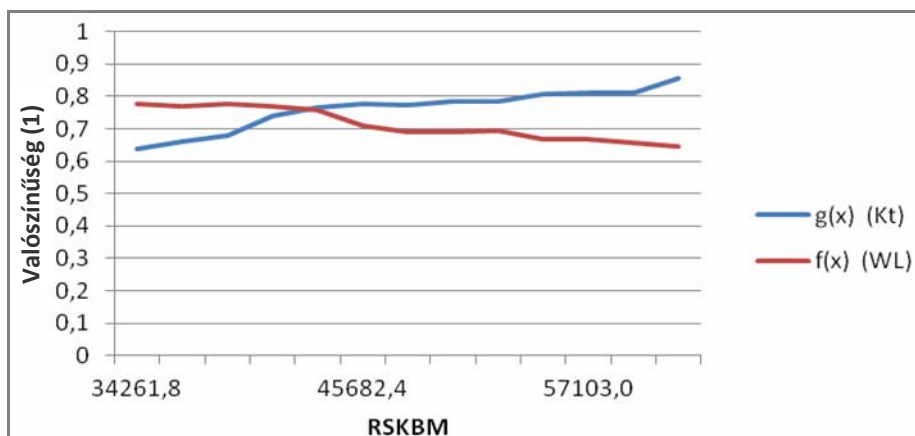


Figure 17: JPG 50-element model according to STN functions f and g
 $Probability(1)$

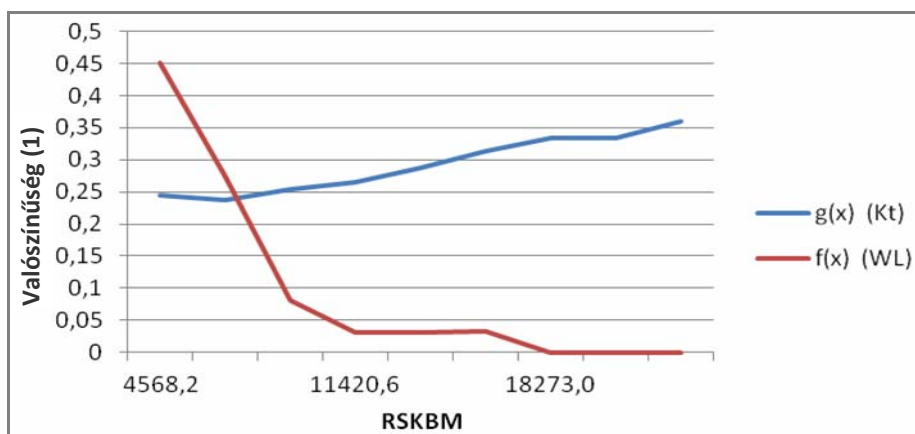
Meglepőnek tűnhet, hogy a JPG tároláshoz tartozó STN valószínűségek nagyobbak, mint a BMP formátumnál.

18. ábra

50 elemes BMP minta RSKBM szerinti f és g függvényeiFigure 18: 50 BMP-element model RSKBM the functions f and g

Probability(1)

19. ábra

50 elemes JPG minta RSKBM szerinti f és g függvényeiFigure 19: JPG 50-element sample RSKBM the functions f and g

Probability(1)

Látható, hogy a JPG tárolás melletti RSKBM gyakorlatilag használhatatlan valószínűségi mutatókat produkál.

Az $f(x)$ és $g(x)$ függvények pontonkénti szorzata olyan függvényt eredményez, mely minden x változó értékhez megadja azt a valószínűséget, ami szerint az x -nél kisebb mért értékű egyed a kisebb várható értékű mintacsoporthoz tartozik és az x -nél

nagyobb mért értékű pedig a másikhoz. Az SFD, STN, RSKBM méréshez rendelt szeparáló függvényeket ábrázolják a 20., 21., 22. ábrák.

20. ábra

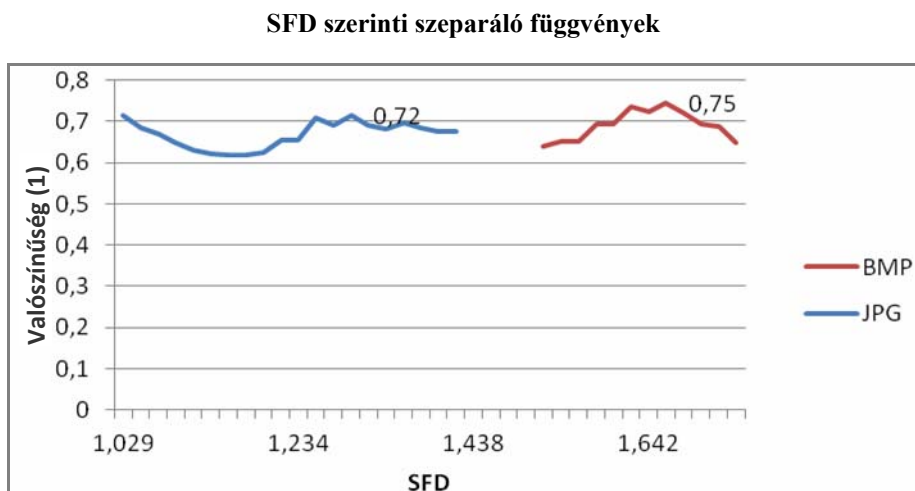


Figure 20: SFD by separating functions

Probability(1)

21. ábra

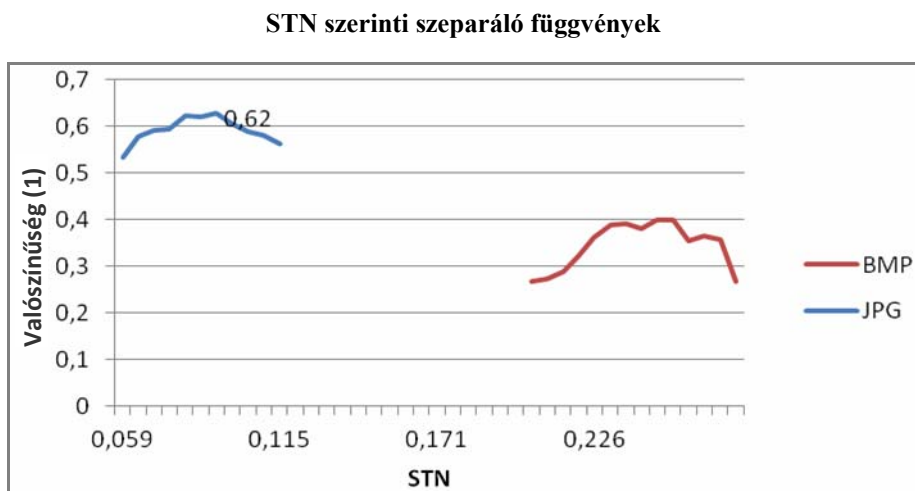


Figure 21: STN separating the functions

Probability(1)

Érdekes, hogy a JPG formátum jóval eredményesebb szeparációt biztosít STN esetén, mint a BMP.

22. ábra

RSKBM szerinti szeparáló függvények

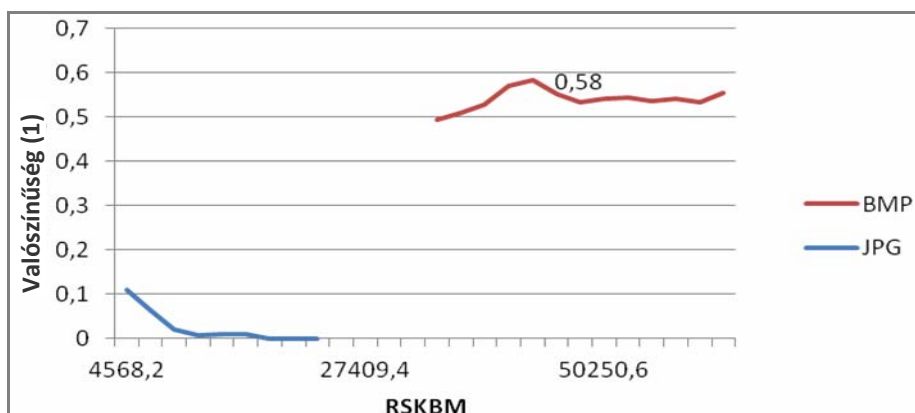


Figure 22: RSKBM by separating functions

Probability(1)

ST2 alapú szeparáló érték keresése

Rendeljük az 50 elemes Kt és WL mintákhoz az átlagképeket, amit úgy képezünk, hogy az egyes képek szinkocka-vektoraihoz rendelt multiplicitások - összes elemre vonatkozó - számtani közepét vesszük. Ehhez az átlag-, vagy referenciaképhez határozzuk meg a mérendő halmaz elemeinek ST2 távolságait.

Az előző pontban lefolytatott mérésekhez hasonlóan az ST2 esetében a 23. ábra szerinti szeparáló függvényeket nyerjük.

23. ábra

ST2 szerinti szeparáló függvények

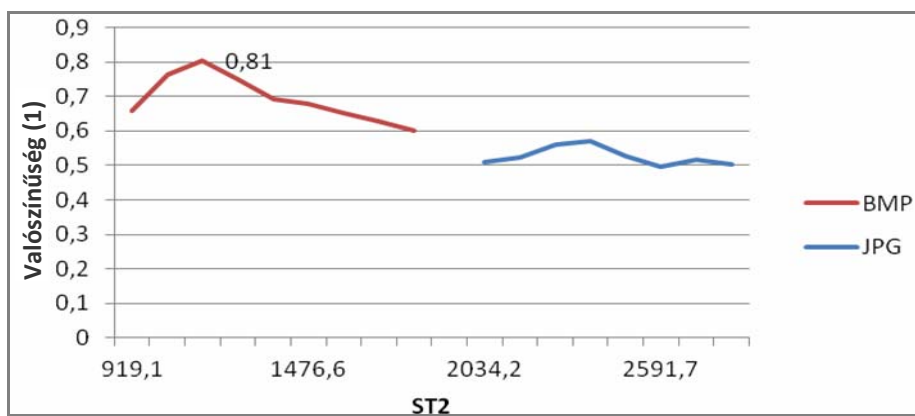


Figure 23: ST2 functions as a separator

Probability(1)

Látható, hogy az ST2 BMP tárolásnál a vizsgált három funkcionálnál jobb eredményt mutat.

Számításigények

A gyakorlati alkalmazhatóságnál különösen fontos szempont lehet az illető mutató meghatározásának ideje, ami döntően a műveletszámtól függ.

Műveletigények:

- RSKB: $O(n^3)$,
- SFD: $O(n^2 \log n)$,
- STN: $O(n)$,
- ST: $O(n)$.

KÖVETKEZTETÉSEK

A vizsgálatok kimutatták, hogy a tárgyalt funkcionálok szeparáló képességben elmaradnak az ST2 szerinti eredményektől, továbbá az RSKB és az SFD tekintetében rendkívül jelentős elemzési idő többlettel kell számolni az ST2-höz képest, ezért alkalmazásuk nem indokolt. Az ST2 alapú mérések során azonban nem skalár referenciaértéket készítünk és tárolunk, hanem egy, az etalon mintasor alapján képzett átlagvektort, melyhez képest mérjük a minősíteni kívánt egyed ST2 szerinti távolságát. A skalár referenciákhoz képest az ST2 referencia vektorának tárterület többletigénye a mai technológiai viszonyok között nem mérvadó. Az is megállapítható, hogy még a vizsgált három funkcionálnál minden tekintetben jobb ST2 81%-os szeparáló képessége sem kielégítő, ha azt tekintjük, hogy szemre is ennyire eltérő, két markánsan különböző színű fajtát mértünk. Megállapítható továbbá, hogy a definiált „standard felvételezési környezet”, ebben különösen az alkalmazott körvaku reprodukciós képessége nem kielégítő, ezért alkalmazása nem javallt.

IRODALOMJEGYZÉK

- Berke J. (2005): Spectral fractal dimension (Spektrális fraktáldimenzió). Proceedings of the 7th WSEAS Telecommunications and Informatics (TELE-INFO '05), Prague, 23-26. p. ISBN 960 8457 11
- Berke J. (2006): Measuring of Spectral Fractal Dimension (A spektrális fraktáldimenzió mérése). Advances in Systems, Computing Sciences and Software Engineering, Springer 397-402. p. ISBN 10 1- 4020-5262-6.
- Berke J. (2007): Measuring of Spectral Fractal Dimension (A spektrális fraktáldimenzió mérése). In: Journal of New Mathematics and Natural Computation, 3. 3. 409-418. p. ISSN: 1793-0057.
- Csák M., Hegedűs G. (2008): Az SFD mérésenként való alkalmazhatósága a burgonyanemesítési kutatásokban (The DFD opportunity of applicable in a potatoimprovement research), Acta Agraria Kaposváriensis 12. 2. 177-191. p.
- Csák M. (2010): Burgonyafajták minősítése, és a burgonyanemesítés informatikai rendszere.” (Fajtaazonosítás és - minősítés digitális képanalízis felhasználásával), Doktori disszertáció, Keszthely
- Hegedűs G. (2007): Spectral fractal dimension – invariant transformations and shifting rules (Spektrális fraktáldimenzió – invariáns transzformációk és eltolási szabályok) Erdei Ferenc IV. Tudományos Konferencia, Kecskemét, 2007. augusztus 27-28. II. kötet, 671-674. pp. ISBN 978 963 7294 65 5.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Hegedűs Géza

Pannon Egyetem, Georgikon Kar

8360 Keszthely, Deák F. u. 16.

Pannon University, Faculty of Georgikon

H-8360 Keszthely, Deák Ferenc u. 16.

Tel.: 36-83-545-272, Fax: 36-83-545-273

e-mail: hegedus@georgikon.hu