

OPTIKAI ELVEN TÖRTÉNŐ KONTÚRVONAL FELISMERÉS

OPTICAL METHOD FOR CONTOUR LINE DETECTION

Szalontai Levente, Dr. Kovács Ernő***

ABSTRACT

A new way for detecting edges in colour digital images and the idea behind is described together with some initial results of the method. The new method is based on the optical phenomena of dispersion and colour mixing. An optical system was built together with a colour digital camera for the purpose to study the theory. The advantage of this idea is the novel approach in edge recognition.

1. BEVEZETÉS

Az élfelismerési módszerek a számítógépes képfeldolgozási eljárások egy speciális területe, amelynek nagy jelentősége van a mechatronikai gyakorlatban, ahol egyre több optikai eljárást alkalmaznak a gyártásban és a minőségellenőrzésben egyaránt. A bemutatandó eljárás újdonság értéke a módszer alapelvében rejlik, mely során kihasználásra kerül az optikai prizma által keltett természetes fénybontás és színkeverés jelensége. Az eljárás előnye lehet még az újdonságán kívül, hogy a színes digitális képek esetén élfelismerésre alkalmazott eljárásokkal szemben, megfelelően kidolgozott algoritmusokkal kevesebb számítási kapacitást igényelhet, így az élfelismerés gyorsabbá válhat színes képek esetén.

A digitális elektronikus eszközeink jelenlegi nagyfokú fejlettségi szinten lehetőséget adnak arra, hogy a fizikai külvilágot jól közelítően számszerűsítve arról információt kapjunk illetve azon automaták segítségével változtatásokat végezzünk. Ezekkel a környezetükről információt gyűjtő és abba beavatkozó mesterséges (intelligenciával rendelkező) rendszerekkel a mechatronika interdiszciplináris tudományterület foglalkozik. Hasonlóan az emberhez az ilyen rendszerek sok információval láthatóak el a környezetükről, ha azokat a tárgyról érkező látható fény digitalizálására képes kamerával egészítjük ki.

A beérkező digitális jel számítógépen történő feldolgozásával, értelmezésével a számítógépes képfeldolgozás foglalkozik. A képfeldolgozás során először az ún. alacsony szintű műveletek kerülnek végrehajtásra, melyek közé sorolható például a képen látható kontúrvonalak megkeresése a további információszerezés érdekében.

A legkülönbözőbb területeken találkozni optikai képfeldolgozó alkalmazásokkal, mint például - élelmiszeripari, gépipari, gyógyszeripari, - minőségbiztosítási területeken, gépjárművek baleset megelőző rendszereiben [11], automatizált videó felügyelő rendszerekben [12], robot navigáció, pozicionáló alkalmazásokban, 3D modell rekonstrukció stb. Nagy előnye ezen kamerás rendszereknek, hogy amit eddig az emberek esetében szemmértéknek neveztek, azt itt matematikai eljárások segítségével könnyen szám(m)értékké lehet konvertálni és mint így, számos mérnöki tevékenység alapját képező mérésekre – hossz mérés - alkalmassá tehető. Jelentős előnye, hogy nincs szükség kontaktusra a mérendő objektum és mérőeszköz között, így az egységnyi felületen egyre növekvő pixelszámú és gyorsabb működésű digitális képfelvévők fokozatosan nyernek teret az ipari alkalmazásokban.

Digitális multispektrális képeken alkalmazott élkereső eljárások feladatukat tekintve egy többdimenziós vektortérben kell, hogy a digitális jelben történő gyors változásokat megtalálják, mely változások a keresett kontúrvonalakhoz köthetők általában.

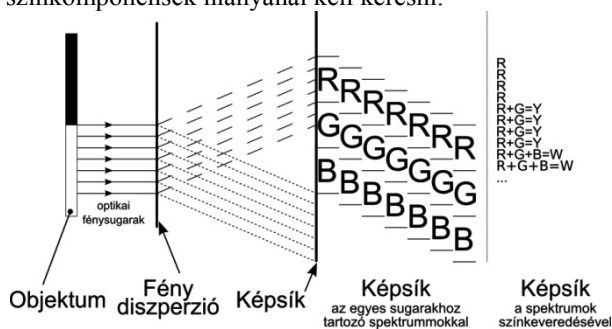
Jelen cikkben a digitális képfeldolgozás alacsony szintű élkeresési feladatát egy új módszer segítségével próbáljuk megoldani [8]. A módszer digitális színes képek esetén alkalmazható, mely során felhasználjuk az optikai prizma fénybontó fizikai tulajdonságát és a szétbontott fény komponenseinek színkeveredését, majd az így nyert digitalizált képen színkorrekció és küszöbszint alkalmazása után kapjuk a lehetséges éltérképet. Az eljárás újdonsága mellett előnye lehet még a hagyományos, multispektrális képeken alkalmazott élkereső eljárásokkal szemben [2-7] a kevesebb számítási kapacitás igény.

*tanársegéd, Miskolci Egyetem, Elektrotechnikai-Elektronikai Tanszék

**egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Elektrotechnikai-Elektronikai Tanszék

2. SZÍNSZÓRÓDÁSON ALAPULÓ ÉLFELISMERÉS

A színszóródás jelensége -más néven kromatikus abberáció- egy közismert, nemkívánatos jelenség az optikai rendszerek többségében. Ugyanakkor azonban észrevétel alapján és elképzelés szerint ez a jelenség felhasználható egymáshoz képest elcsúsztatott képek létrehozására is, melynek során, a színtonkomponenseire szétbontott fény és az így nyert elcsúsztatott képet képrögzítőn felfogva a leképezett térrész felől érkező fény fénykomponenseinek és intenzitásainak lokális változásai implicite megjelennek. Ezek a változások megfigyelés szerint általában a keresett kontúrvonalakhoz köthetőek! Az elképzelt metódus a következő (1. ábra): az objektum fehér színű részéről érkező fénysugarak egyenesen haladva, fénytörő közegen keresztül diszperziót szenvednek, majd a fénykomponenseire bontott fényt egy ernyőn felfogva az egyes sugarakhoz tartozó komponensek színkeveredés után egy elcsúsztatott képet alkotnak. A kapott kép bizonyos részein egyes komponensek hiányoznak, így ott nem kapjuk vissza az eredeti fehér színt, de tovább vizsgálódva a fehér szín újra kikeverődik, így az éleket a színes képen ezen felbontott színtonkomponensek hiányánál kell keresni.



1. ábra. Elméleti vázlat

3. ÉLFELISMERŐ ELJÁRÁS GYAKORLATI MEGVALÓSÍTÁSA

Az eljárás működéséhez szükséges, hogy a fény fénytörést szenvedjen, így komponenseire bontódva kerüljön rögzítésre. Ehhez az optikai rendszerbe egy fénytörésre alkalmas optikai eszközt kell beépíteni. A digitalizált színes képen a megfelelő színtonkomponenseket kell megkeresni, melyek közvetlenül az éleket jelölik ki.

3.1. Optikai megvalósítás

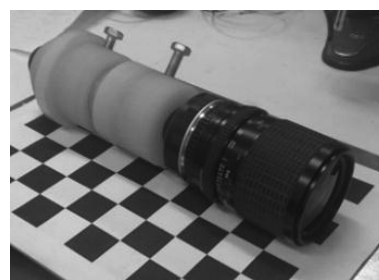
Két különböző elgondolásból született optikai rendszer került megépítésre az eljárás használhatóságának ellenőrzése céljából.



2. ábra. Optikai megoldás 1.

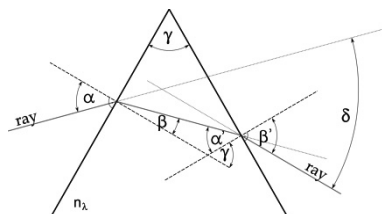
Az első megoldás esetében egy 45° csúcshözzel rendelkező üveg prizma került alkalmazásra az objektív elé építve, melynek hátránya, hogy a prizma beesési szöge és az eltérítési szöge közötti kapcsolat nem lineáris függvény, ezért a kapott kép erősen torzítani fog, melyet kalibrálni kell a torzítás kiküszöbölése végett. Előnye az egyszerűbb kivitelezhetőség, kisebb fókusz távolság (2. ábra).

A második megoldás változatában az objektív és képszorító között egy Amici egyenes állású prizmat és egy változatható fókusz távolságú objektívet felhasználva érjük el a kívánt hatást, mely megoldás hátránya a nehezebb megvalósíthatóság és a nagyobb fókusz távolság, előnye viszont a torzításmentes egyenes állású kép (3. ábra).



3. ábra. Optikai megoldás 2.

Az első megoldás jelentős torzítása a beesési és kilépő fénysugár nemlineáris kapcsolata miatt adódik, 4. ábra, illetve az összefüggést az (1) képlet tartalmazza.



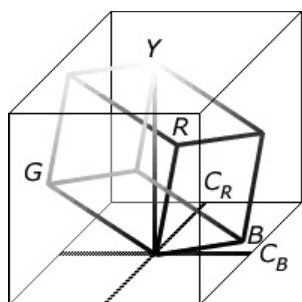
4. ábra. Eltérítési szög háromszög prizma esetén

Az α belépő és β' kilépő szög közötti eltérítési szög δ függvénykapcsolata:

$$\delta = \arcsin(\sqrt{n_x^2 - \sin^2 \alpha} \sin \gamma - \cos \gamma \sin \alpha) + \alpha - \gamma \quad (1)$$

3.2. Szoftveres megvalósítás

Az előbbieken leírt módon színtonkomponenseire bontott fényt digitalizálva, a feladat a színtonkomponensek meghatározása a digitalizált képen, melyek az éleket jelölik ki. Egyszerűbb esetekben pl. fekete-fehér átmenet ez nem nehéz feladat, de amikor az él különböző árnyalatú színek átmenetén található, akkor már a színkeveredést jelensége is szerepet játszhat és a feladatot nehezebbé teszi. Az algoritmus általánosan használhatóvá tétele végett, szükséges a képen színtonkorrekciót végezni, mely segítségével a valós színeket tudjuk visszaállítani. Ehhez a [9] irodalomban megjelent elmélet alapján működő algoritmus továbbfejlesztett változatát – Multi Scale Retinex with Color Restoration, MSRCR - használtuk fel. Az algoritmus nem feltétlenül szükséges a módszer működéséhez, de jelentősen javíthatja annak pontosságát, ennek számszerű kimutatása további vizsgálatot igényel. Az algoritmus az emberi látásérzékelés nagyobb szín-dinamikataromány tömörítő képességét és színvisszaadási tulajdonságát hivatott modellezni digitális színes képek esetén. Ezt követően érdemes a képet RGB színtérről $Y C_b C_r$ színtérre konvertálni, ekkor a pixelhez rendelt három érték a következő értékeknek felelnek meg: C_b - kék, C_r - vörös, Y - fényerő. A két színtér kapcsolatát az 5. ábra mutatja, illetve a vonatkozó matematikai összefüggéseket a (2) egyenlet tartalmazza.



5. ábra. RGB $Y C_b C_r$ színterek kapcsolata

$$\begin{bmatrix} Y \\ C_b \\ C_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.169 & -0.331 & 0.500 \\ 0.500 & -0.419 & -0.081 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (2)$$

Az új színtérre konvertált értékeken a kék és vörös spektrumokhoz tartozó értékek megjelölése küszöbszint vizsgálattal elvégezhető. Az analízis eredménye egy bináris kétdimenziós halmaz amelyen vázkészítés vagy egyéb eróziós műveletek után kapjuk az élek helyét tartalmazó éltérképet. Az éltérképre és így a felismert kontúrvonalakra vonatkozó kritériumokat Canny fogalmazta meg [13].

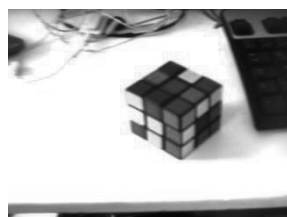
4. EREDMÉNYEK

Az előzőekben ismertetett eljárással készült színes képet a 6.a. ábra mutatja, melyet Sony XDC-710CR Bayer szűrős ipari kamerával és a bemutatott 1-es jelű optikai megvalósítás felhasználásával készült.

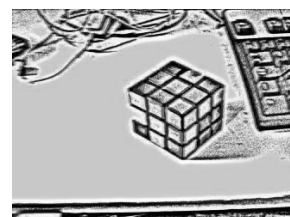
A szoftveres feldolgozása során a következő műveleteket végeztük el a 6.c-d. ábrákon látható bináris képek eredményeként:

- Kép torzításmentessé tétele
- Retinex algoritmus alkalmazása a képen
- $Y C_b C_r$ színtérre történő konvertálás
- Küszöbszint alkalmazás

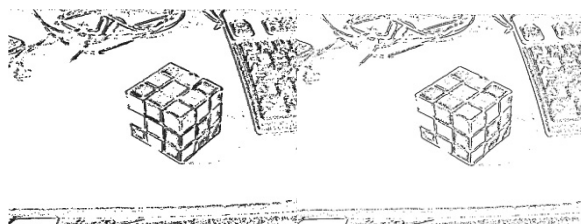
Az eljárás felhasználhatóságát élkeresési célra egyelőre emberi értékelést alapján határoztam meg. Ha a felismert élek jó korrelációt mutatnak a szubjektív emberi megfigyelő által vélelmezett élekkel, a módszer megfelel az élfelismerési kritériumnak. További mennyiségi, számszerűsített összevetése a módszernek ismert és alkalmazott eljárásokkal csak az előbb támasztott kritérium megfelelése után képzelhető el. Az eljárás csak az optikai kiegészítéssel ellátott képfelvévő rendszer esetén alkalmazható, ezért számszerűsítése ismert ún. „ground-truth” adatokkal nem lehetséges, ebben a feladatban a [10] irodalom nyújthat segítséget.



6.a. ábra
Eredeti színes kép



6.b. ábra Retinex
feldolgozás után



6.c. ábra Küszöbszint
alkalmazás

6.d. ábra Éltérkép

A 6.b. ábra mutatja az eredeti felvétel színtonkorrekció utáni állapotát, melyet a MSRCR algoritmus alkalmazásával nyerünk, ennek során az intenzívebb lokális színtonkomponenseket meg tudjuk határozni, illetve a paraméterek változtatásával a szín dinamikája és telítettsége állítható. Ezt követően az eredményt $Y C_b C_r$ színtonkoordináta- rendszerbe konvertálva, és küszöbszint analízist végrehajtva kapjuk a bináris képet, mely a

lehetséges éleket jelölő pixeleket tartalmazza, 6.c ábra. Annak érdekében, hogy 1 pixelnyi széles, az éleket jelölő éltérképet megkapjuk, ún. karcsúsító (thinning) eljárást kell alkalmaznunk, így áll elő a 6.d. ábra eredménye. Az utóbbi két képet a Baddeley [14] által ismertetett bináris képek esetén alkalmazható hibametrika mérőszámmal össze lehet vetni a más élkereső eljárások által kapott képekkel, így számszerűleg jellemezhetővé válik az eljárás.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A képfeldolgozással azon belül is az élfelismerés módszereivel foglalkozó szakirodalomban nem szereplő új színes képeken alkalmazható élfelismerési eljárás elméleti és kezdeti eredményeit mutattam be jelen cikkben. Az eljárás színes digitális kamerákkal készített képek esetén alkalmazható, melynek újdonság értéke főként a módszer alapelvében rejlik, mely során kihasználjuk az optikai prizma által kínált természetes fénybontás és színkeverés jelenségeit, melynek segítségével következtetünk a digitalizált színes képen fellelhető élek helyére. Az eljárás használhatóságának eldöntését egyelőre a szubjektív emberi ítélet kritériuma alapján tettük meg. Továbbá a módszer alapelvéből fakadóan azt várjuk, hogy a színes képeken alkalmazott élfelismerő eljárásokkal legfeljebb azonos, de inkább kevesebb számítás igényel. Az eljárás alkalmazásának előzetes lehetősége olyan mechatronikai rendszerek estén merül fel, amelyben vizuális visszacsatolás található, illetve egyéb képfeldolgozási műveletet tartalmazó ipari feladatok esetén. További feladat éltérképek létrehozása és az eljárás számszerű mennyiségi jellemzése más eljárásokkal való összevethetőség érdekében, a módszer paramétereinek optimalizálása érdekében.

6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A bemutatott kutató munka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

7. IRODALOM

- [1] B. JAHNE: Digital Image Processing, Springer, 2002
- [2] G. PAPARI, N. PETKOV: Edge and Line Oriented Contour Detection: State of the Art, Image and Vision Computing, 29. 2011
- [3] R. LUKAC, B. SMOLKA, K. MARTIN, K.N. PLATANIOTIS, A.N. VENETSANOPOULOS: Vector Filtering for Color Imaging, IEEE Signal Process. Mag. Spec. Issue on Color Image Process., 22, 74–86, 2005
- [4] A. KOSCHAN, M. ABIDI: Detection and Classification of Edges in Color Images, IEEE Signal Proc., 22. 1, 2005
- [5] S. DIZENZO: A Note on the Gradient of a Multi-Image, Comp. Vis., Graph. and Im. Proc., 33.1, 116-125, 1986
- [6] I. PITAS, A.N. VENETSANOPOULOS: Order Statistics in Digital Image Processing, Proc. IEEE, 80.12, 1992
- [7] R. LUKAC, K.N. PLATANIOTIS: Color Image Processing: Methods and Applications, CRC Taylor&Francis, 2006
- [8] L. SZALONTAI, E. KOVÁCS: Basic Concept to a Novel Edge Detection Method, Microcad Scientific Conference, Miskolc, 2012
- [9] E. H. LAND: The retinex theory of color vision, Scientific American, 237, 108-128, 1977
- [10] N. L. FERNANDEZ-GARCIA, A. Carmona-Poyato, R. Medina-Carnicer, F.J. Madrid-Cuevas: Automatic Generation of Consensus Ground Truth for the Comparison of Edge Detection Techniques, Image Vision Computing, 26.4, 496-511, 2008
- [11] M. H. HÖRTER: Spotlight on Hazards, dSpace Magazine, 12-17, 2011/2
- [12] URL OF EUROPEAN INDECT PROJECT: <http://www.indect-project.eu>
- [13] A Computational Approach to Edge Detection, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 6, 679-698, 1986
- [14] A.J. BADDELEY: An error metric for binary images. In W. Förstner and S. Ruwiedel, editors, Robust Computer Vision, pages 59-78, Karlsruhe, 1992. Wichmann