

DIGITÁLIS KÉPFELDOLGOZÁS ÉS ALKALMAZÁSAI

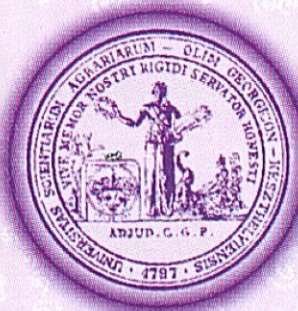
DIGKEP v6.0

ANALÍZIS

BERKE JÓZSEF
KELEMEN DEZSŐ
SZABÓ JÓZSEF

1 18 24 47
18 21 26 66 99
24 26 56 99
47 66 99 99
99 99
DATA

SZINTÉZIS



sgi™



Erőingő J.

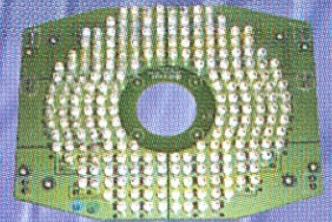
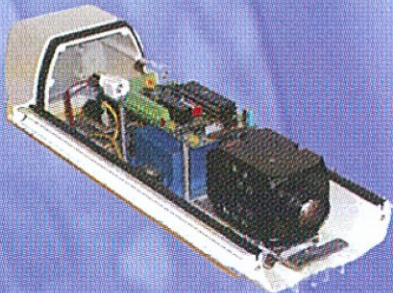
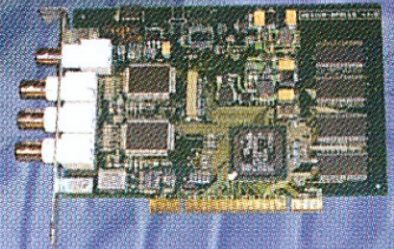
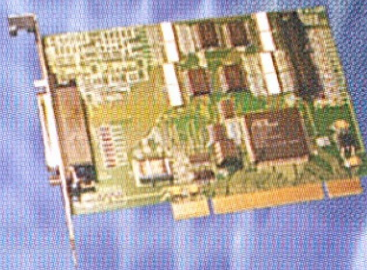
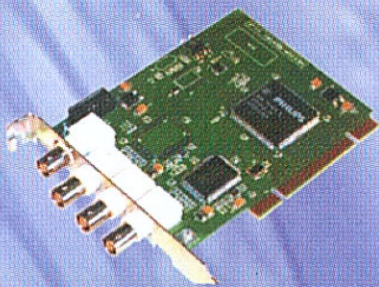
HEXIMUM
MŰSZAKI FEJLESZTŐ KFT.



OLYMPUS

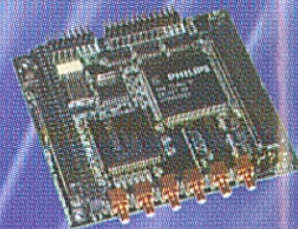
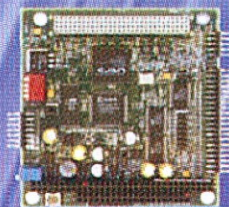
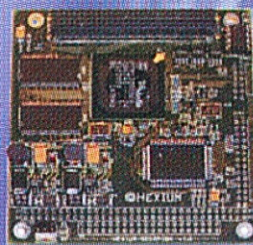
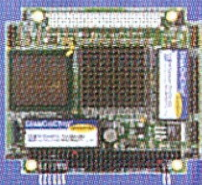
HEXIUM

Digitális képfeldolgozó és Interface eszközök



rttd USA

PC/104-Plus szabvány szerinti eszközök



Kameraegységek (komplett RS232 és RS485 vezérlésű rendszerek)

Videorendszerek kiegészítői (csavart érpáras konverter, mátrix)

Ipari számítógép alkatrészek (Ipari PC ház, backplane, CPU kártya)

Gépjármű rendszámazonosító rendszerek (AZBEST Condor Technológia)

Ipari elektronika (Multi I/O 16 ISA/PCI kártya, RS232/485 konverter)

PCI buszos videojel-digitalizáló kártyák (Apollo, Gemini, Orion, Nebulus)

A HEXIUM Kft. az **rttd** USA stratégiai partnere.

A HEXIUM Kft. az **IEP** termékek disztribútora.

HEXIUM
MŰSZAKI FEJLESZTŐ KFT.

1134 Budapest, Váci út 51/b
Honlap: www.hexium.hu • E-mail: mail@hexium.hu
Telefon: (+36 1) 320-8338 • Telefax: (+36 1) 340-8072

Dr. Berke József - Kelemen Dezső - Szabó József

Digitális képfeldolgozás

és

alkalmazásai

Nyitott rendszerű képzés oktatási segédlete

Tankönyv CD melléklettel

PICTRON Számítás- és Videotechnikai Kft., Budapest
VE Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely
Kvark Számítástechnikai Bt., Keszthely

A könyvet írták:
Dr. Berke József, Kelemen Dezső, Szabó József

A könyvet szerkesztette:
Szabó József pictron@axelero.hu

A CD lemezt szerkesztette:
Dr. Berke József berke@georgikon.hu

Lektorálta:
Dr. Szelezsán János
a matematikai tudományok kandidátusa

© *Dr. Berke József, Kelemen Dezső, Szabó József*

ISBN: 963 9096 911

Kiadó: PICTRON Számítás- és Videotechnikai Kft.,
VE Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar,
Kvark Számítástechnikai Bt.

Felelős kiadó: Szabó József

Borító: Enyingi József

Készült 1000 példányban, *Ziegler*-nyomda, Keszthely

A kézirat lezárva: 2004. augusztus

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék	3
Előszó	4
Bevezetés (SZ.J., B.J.)	5
A digitális képfeldolgozás fogalma (SZ.J., B.J.).....	6
1. Az emberi látás (B.J.).....	8
2. A képfeldolgozás eszközei (SZ.J., B.J.).....	12
3. Digitális képalkotás (SZ.J.).....	15
4. Képjavítás (SZ.J.).....	18
5. Geometriai korrekció (B.J.)	29
6. Szegmentálás (K.D.)	33
7. Osztályozás (K.D.).....	36
8. Képkódolás és tömörítés (B.J.)	40
9. Távérzékelés (B.J., SZ.J.)	44
10. Orvosi alkalmazások (SZ.J.)	51
11. Ipari képfeldolgozó rendszerek (SZ.J., B.J.).....	54
12. Mezőgazdasági alkalmazások (B.J., SZ.J.)	57
13. Irodai alkalmazások (B.J.)	60
14. Bűnügy- és biztonságtechnika (SZ.J.).....	63
15. Digitális fényképezés (B.J.)	66
16. Vizuális adatformátumok (B.J.)	72
Ajánlott irodalom	80

Előszó

A digitális képfeldolgozás az utóbbi évtizedekben robbanásszerű fejlődésen ment át, és mindennapi életünk részévé vált. Elég a digitális fényképezőgépre vagy a TV-re gondolnunk, amelyeket mindenki használhat a digitális képfeldolgozással kapcsolatos ismeretek hiányában is, holott ma már ezen eszközök nem működnének képfeldolgozáson alapuló berendezések nélkül. Megtalálhatók a digitális képfeldolgozás eszközei az orvos-diagnosztikai műszerekben, az űrkutatás eszköztárában, a nyomdatechnikában, a fototechnikában, az ipari folyamatirányításban éppúgy, mint a játék automatákban. Bátran mondhatjuk tehát, hogy az élet minden területén használjuk ezeket az eszközöket, ezért egyre több szakembernek van, és lesz szüksége a számítógépes képfeldolgozással kapcsolatos ismeretekre. Elsősorban azoknak szántuk ezt a könyvet, akik munkájuk során kapcsolatba kerülnek vagy fognak kerülni a számítógépes képfeldolgozással, és ezért többet szeretnének tudni erről a területről.

Az olvasó a 2004. évi hatodik kiadást tartja a kezében, ennek készítésekor felhasználtuk az elmúlt évek – több mint tízezer hallgatót érintő - oktatási tapasztalatait. Ezen túlmenően, a korábbi CD lemez helyett egy tartalmában és felépítésében korszerűsített CD melléklettel (DIGKEP v6.0) adjuk ki a könyvet.

A könyv bevezető jellegű, minimális matematikai alapismeretet tételez fel, és önálló tanulásra alkalmas.

A *tananyag frissítése, valamint egyéb hasznos információk* az alábbi Internet címen található: <http://www.georgikon.hu/digkep.htm>.

A tananyaghoz közvetlenül kapcsolódnak az alábbi Internet címek: <http://www.picttron.hu>, <http://www.georgikon.hu/digkep/kvark.htm>.

Miután legeredményesebben a könyv és a CD együttes használatával tanulhatunk, ezért a Bevezetésben röviden tájékoztatjuk az olvasót arról mit, hol találhat meg.

A szerzők ezúton fejezik ki köszönetüket azoknak a kollegáknak, akik a könyv és a CD lemez elkészítésében közreműködtek. Köszönet illeti szakmai lektorunkat Dr. Szelezsán Jánost, hogy észrevételeivel és tanácsaival hozzájárult könyvünk színvonalának emeléséhez.

Keszthely, 2004, augusztus

A szerzők

Bevezetés

Az érdemi ismeretek tárgyalása előtt a könyv és a mellékletét képező DIGKEP v6.0 CD lemez használatához szeretnénk néhány gyakorlati tanácsot adni. A CD lehetővé tette, hogy a TULIPP és FFT gyakorló programok mellett, képpel, videókkal illusztrált alkalmazási példákat is elhelyezzünk a lemezen, sőt azok, akik szívesen használják a számítógépet hosszabb szövegek olvasására – bővített interaktív formában - a teljes tananyagot megtalálhatják a CD-n.

A könyv 1. fejezetében áttekintjük az emberi látással kapcsolatos alapfogalmakat, ezt követően a 2. fejezetben a képfeldolgozás speciális eszközeiről adunk áttekintést. A képfeldolgozás elméleti témaköreivel 3.-8. fejezetekben foglalkozunk. Érdeemes az elméleti részek olvasása közben a CD megfelelő fejezeteibe is bepillantani, mivel a szemléltető képeket ott helyeztük el. Az elméleti ismereteket tartalmazó fejezetekben gyakorlatokat talál az olvasó, amelyeket a CD-n lévő TULIPP vagy FFT programmal hajthat végre. A 9.-16. fejezetekben rövid áttekintést adunk a különböző alkalmazási területekről. Konkrét alkalmazások részletesebb leírását a CD-n helyeztük el. Az egyes fejezetek után ellenőrző kérdéseket talál az olvasó. Az ezekre adott válaszokkal ellenőrizhető, hogy a legfontosabb ismereteket milyen mélységben sikerült elsajátítani.

Figyelem! A CD használatához kérjük, olvassa el a gyökérben található readme.txt állományt!

A TULIPP program önálló telepítéséhez először hozzon létre egy TULIPP könyvtárat a merevlemezen, és másolja be a könyvhöz csatolt CD lemezen lévő TULIPP könyvtár teljes tartalmát, a CD-n található könyvtárstruktúrával teljesen azonos módon, ide. Ezt követően már csak az install.exe programot kell elindítani, amely a szokásos módon létrehozza a TULIPP ikont.

A tankönyvben szó esik a frekvencia tartományban történő képjavításról (4. fejezet), de annak szemléltetésére alkalmas funkciót a TULIPP nem tartalmaz. Ezt a hiányt pótolja az FFTDEMO program, amely a TULIPP program kiegészítéseként készült és az TULIP/FFT alkönyvtárban található. A program egyetlen fájl, közvetlenül indítható. A program használata előtt ajánlatos a tankönyv fenti fejezetét valamint a programhoz mellékelte dokumentációt (TULIPP/FFT/) áttanulmányozni.

A digitális képfeldolgozás fogalma

A **számítógépes képfeldolgozás** az alkalmazott matematika, elektronika és számítástechnika viszonylag új, rohamosan fejlődő területe.

A számítógépes képfeldolgozás célja és lényege, hogy a környezetünkben származó vizuális információt a számítógép segítségével feldolgozzuk és kiértékeljük. Bár a környezetünkben lévő tárgyak háromdimenziós objektumok, és egyes alkalmazásoknál ezek egymáshoz való elhelyezkedését is figyelembe kell venni (pl. robotok vezérlése), azonban az esetek jelentős részében elegendő az objektumok **kétdimenziós** (azaz síkbeli) leképezésének feldolgozása. Részből ezért, részben területi okokból a továbbiakban többnyire csak kétdimenziós képek feldolgozásával foglalkozunk. A kétdimenziós képeket először a számítógép számára feldolgozható formába kell alakítani, azaz **digitalizálni** kell. A kétdimenziós digitális képen a lényegi információt hordozó képelemeket értékeseknek (objektumoknak) tekintjük, melyeket a kép többi részétől - a háttértől (ha van ilyen) - el kell választani. A lényeges információt nem az egyes képpontok, hanem bizonyos csoportjaik hordozzák. Ezekhez olyan jellemző tulajdonságokat (sajátságokat) rendelhetünk, melyekkel a képpontok önmagukban nem rendelkeznek. Az objektumokat e sajátságaik szerint osztályokba sorolhatjuk. Az objektumok kapcsolatait, egymáshoz való viszonyukat a kép struktúrája fejezi ki. Ennek elemzése olyan, magasabb szintű képleíráshoz vezet, amelyet az objektumok önmagukban nem hordoznak. A számítógép és kép kapcsolatának két fő ága a **számítógépes grafika**, valamint a **digitális képfeldolgozás**. Ezek célkitűzéseikben és módszereikben lényegesen eltérnek egymástól, bár azonos, vagy igen hasonló eljárásokat is használnak, és a képleírásban is hasonló elveket követnek. Mindkét ágon körvonalazni lehet a következő három szintet:

1. A fizikai szinten (*signal level*) a képet képpontok halmazaként kezeljük. A képi információt az egyes képpontokhoz rendelt számok (világosság-, illetve színekódok) hordozzák. A feldolgozás során a bemenő képből kimenő képet állítunk elő.
2. Az elemzési szinten (*evaluation level*) a sajátságaikkal leírható objektumok állnak a feldolgozás középpontjában. Az elemzés célja az, hogy bemenő képből képleírást (grafika esetén pedig: leírásból kimenő képet) készítsünk.

3. Az értelmezési szinthez (semantic level) tartoznak a képleírás és a kép felismerése közötti folyamatok. A végső cél: a kép automatikus megértése, azaz a látás automatizálása.

Az egyes szintek feladatait a következő csoportokba sorolhatjuk:

1. A fizikai szinthez tartozó módszereket és eljárásokat képátalakításoknak nevezzük. (A képfeldolgozás korai szakaszát szinte kizárólag ezek jelentették.) Két fő területe:
 - A **képkorrekciók** célja egyrészt bizonyos hibák kijavítása (erre szolgál például a geometriai korrekció, valamint az intenzitáskorrekció), másrészt a kép helyreállítása, illetve a lényeges képi információ tartalom kiemelése.
 - A **szegmentálás** az értékes képpontok háttértől való elválasztására szolgál.
2. Az elemzési szinten végzett feldolgozást képosztályozásnak nevezzük. A statisztikus alakfelismerésnek, illetve a textúra elemzésnek az objektumok sajátosságai, az egyre fontosabb szerepet kapó szintaktikus alakfelismerésnek pedig az objektumok kapcsolatrendszerét jelentik a bemenő adatokat.
3. A legmagasabb szint a képfelismerés (*scene analysis*). Ez a - legkevésbé kiforrott - terület kapcsolatot teremt az elemzett kép, és a tudásbázis, illetve modellbázis között.

Ellenőrző kérdések

1. Mit nevezünk számítógépes képfeldolgozásnak?
2. Melyek a képfeldolgozás fő ágai?
3. A feldolgozások során milyen szinteket különböztetünk meg?
4. Mi tartozik a fizikai szinthez?

1. Az emberi látás

Az ember és környezete közötti kapcsolatban a látás a legfontosabb információszerzési mód, rendkívüli tömörsége és összetettsége miatt. A világosság, szín, alak, térbeliség illetve mozgás érzékelése egyaránt része annak az összetett fiziológiai folyamatnak, melyet látásnak nevezünk.

A számítógépes képfeldolgozás sokszor az emberi látást próbálja modellezni, más esetekben pedig az emberi látással kapcsolatos ismereteket felhasználja, beépíti a feldolgozás folyamatába.

A látás alapjai

A látás alapja, hogy a 380-780 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) tartományba eső (azaz kb. 7.89×10^{14} - 3.85×10^{14} Hz frekvenciájú) **elektromágneses sugárzás** energiája a szemünkben fényérzetet kelt. Ezt a sugárzást a továbbiakban fénynek nevezzük. Az elektromágneses sugárzással kapcsolatosan további információkat talál az olvasó a távérzékeléssel kapcsolatos 9. fejezetben.

A szem fényérzékelési mechanizmusának lényege, hogy a sugárzási energia hatására a szem retinájának idegszálvégződéseiben fizika-kémiai folyamatok indulnak be, amelyek az agy megfelelő központjaihoz idegingerület formájában információt továbbítanak. Két – egymástól kismértékben különböző - képet érzékelünk, melyek agyunkban térbeli képérzetét keltik.

A látást (fizikai-optikai oldalról megközelítve) a fény, valamint fényelnyelő-fénytörő-fényvisszaverő testek kölcsönhatásai teszik lehetővé.

A visszavert fény a szembe jut. Az alapvető optikai összefüggések (pl.: Snellius-Descartes törvény) a szem a működésére nézve is érvényesek. A szemnek, mint leképező rendszernek legfontosabb optikai alkotóeleme a szemlencse. Szemünk alakja automatikusan követi a képalkotás igényeit; ezt a tudat alatti szabályozást nevezhetjük autófókuszsnak is. A leképezés eredményeként a retina belső felületén létrejön a fordított állású kép.

A **képérzet** igen összetett fiziológiai folyamat, melyben a szem, az agy látóközpontjain kívül nagy szerepet kap a többi érzékszerv és a vizuális emlékezet is. Ez utóbbi teszi lehetővé a látványból hiányzó képrészek pótlását, az alakzatok felismerését. A látás az összes érzékelt információnak több mint felét, egyes kutatók szerint akár 90 %-át is szolgáltatja.

A szem pupilla, szemlencse, üveges test, és retina együtteséből álló érzékszerv. A szemlencse izmokkal változtatható fókusz távolságú,

kétszeresen domború lencse: a fényrekeszen (pupilla) keresztül belépő fénysugarakból az éles képet a retinán állítja elő. Az átlátszó üveges test homogén törésmutatójú közeg: szerepe elsősorban élettani. A retina tartalmazza a fényérzékelő receptorokat, azaz a fényesség érzékeléséért felelős pálcikákat (számuk kb. 120 millió) és a színérzékelésért felelős csapocskákat (melyek száma kb. 6 millió). Az ingerületek továbbítása az agy látóközpontjai felé többszörös áttételen keresztül, az igen nagy hibatűréssel rendelkező ún. impulzus-kódmodulációval (PCM) történik. Nem az összes receptor jele jut el az agyba; mivel a kb. 126 millió receptorra csak kb. 1 millió idegszál jut. Ez a redukció egy retina-szintű előfeldolgozást takar: elsősorban az élekre, gyors változásokra vonatkozó adatok jutnak a központi idegrendszerbe. A szem igen kis mértékben folyamatos rezgő mozgást is végez, mintegy letapogatást biztosítva minden egyes receptor számára. A rezgő mozgással válik lehetségessé az, hogy látásunk jobb geometriai felbontóképességű, mint amit pusztán a receptorok sűrűsége és a szem optikai tulajdonságai alapján várni lehetne.

A látás sajátosságai

A látás során a fény hullámhossz szerinti összetételét is érzékeljük: ez színérzetben nyilvánul meg. A csapocskák három csoportba sorolhatók (P - 580 nm maximummal (vörös), D - 540 nm maximummal (zöld) illetve T - 440 nm maximummal (kék) típus), melyeket érzékenységük hullámhosszfüggése különböztet meg egymástól.

A retinán a receptorok eloszlása nem egyenletes: a csapocskák elsősorban a látómező közepén (fovea) fordulnak elő, a pálcikák pedig a szélek felé. Ez magyarázza pl. azt, hogy színlátásunk a látótér széle felé gyengébb. Az idegpályák kilépési helyén az ún. vakfolton nincsenek receptorok, s így az ide beeső fény nem vesz részt az érzékelésben. Az, hogy mégis összefüggő képet látunk, agyunk és vizuális emlékezetünk működésének eredménye.

A receptorok érzékelése és a sugárzás erőssége közti összefüggés logaritmikus, ami azt jelenti, hogy kétszeres fényerősség csak $\ln 2$ -szeres fényérzet-erősödést eredményez. Ez a tulajdonság, valamint a pupilla tágulása-szűkülése látásunknak rendkívül nagy dinamikát kölcsönöz.

A látás érzékenysége (finomsága, részletgazdagsága) többféle jellemző együttesétől függ: a geometriai felbontás, az intenzitás-felbontás, a színelbontás és az időbeli felbontás.

Az 1/15 másodpercnél rövidebb időre "bevillanó" képek tudatunk szintjén összefolynak egymással - a film és a televízió ezt a felbontási korlátot használja ki. Érdekes, hogy a tudatalatti képérzékelés időbeli felbontása a tudatosnál sokkal jobb (60-70 Hz közötti). A jobb tudatalatti időbeli felbontásnak köszönhető az is, hogy a hagyományos film, TV valamint alacsony képfrissítési frekvenciájú monitor nézése fárasztó.

A fényesség, a szín, az alakzatok és a méretek érzékelése környezetfüggő, ami azt jelenti, hogy adott képrészlet által keltett érzetet a szomszédos képelemek fényessége, színe, alakja vagy mérete is befolyásolja.

A színlátást a csapocskák eltérő spektrális érzékenysége teszi lehetővé. A szem lényegében integrátorként működik. Ha két fényforrás spektrális energia-eloszlása különböző ugyan, de a fenti integrálok azonos értéket adnak, akkor fényüket nem tudjuk megkülönböztetni.

Az agyunkban kialakuló színérzetnek három jellemző sajátossága van.

1. színezet - a fény hullámhosszától függ. Szemünk kb. 200 féle színezetet tud megkülönböztetni.
2. telítettség attól függ, hogy mekkora a fehér fény összetevője a többi összetevőhöz képest. Szemünk egy adott színezetben kb. 20 telítettségi fokozatot tud megkülönböztetni.
3. világosság - az egységnyi térszögben szemünkbe érkező fényenergia mennyiségétől függ. Átlagosan mintegy 500 fokozatot tudunk megkülönböztetni.

A képfeldolgozásban gyakran használt – a fentiekhez hasonló – színteret ad a színezet (Hue), telítettség (Saturation) és a fényerő (Brightness) – **HSB**. További színtereket kapunk additív színkeverés - alapszínei a vörös, zöld és kék **RGB**, az angol megnevezés első betűiből -, valamint szubtraktív színkeverés - alapszínei a sárga, magenta, cián, és a fekete **CMYK** - során.

Alakzatlátás

Agyunk közel kétharmada foglalkozik a látás információinak a feldolgozásával. Először a mozgás feldolgozása történik, majd az alakzatra és a térre vonatkozó információkat nyerjük ki, végül a szín információ kinyerése történik. A folyamat végén az agy újra egységesíti a szeparált információt. A tárgyakat térbeli alakzatokként érzékeljük. Agyunk lényegkiemelő tevékenységének köszönhetően az egyes fényingerek - a vizuális emlékezetből való kiegészítésekkel - foltok, élek rendszerévé

alakulnak. Agyunk alakfelismerő képessége is rendkívüli: a tárgyakat - méretüktől, állásuktól, színüktől, stb. függetlenül - akár kis részleteikből is szinte teljes biztonsággal ismerjük fel. Képi adatbázissal rendelkezünk, mely mintákat tárol. A felismerés mintaillesztéssel történik. A mikroszerkezet (textúra) tudatos felismerésének szabályszerűségei hasonlóak az alakzatok felismeréséhez. Eddig háromféle textúra-típust sikerült találni, ezek: a szín, adott irányú és szélességű vonaldarabok és ezen vonaldarabok végpontjainak száma.

Gyakorlat az emberi látás fejezethez

1. Gyakorlat:

Színrendszerek_Indít_Szín_Színes_Képforrás_File_Kép9

Jelöljük ki eltérő színű területekről pontokat az egérrel, közben figyeljük meg, mely tartományokban változhatnak az egyes színtérben kapott értékek!

Ismételjük meg a gyakorlatot egy digitális kamerával készült képpel is!

Próbáljunk meg, adott színkód alapján alakzatokat megtalálni!

Ellenőrző kérdések

1. Milyen hullámhosszúságú elektromágneses sugárzás érzékel szemünk?
2. Mi az agy szerepe a képérzet kialakulásában?
3. Mi a szerepe a látásban a szem egyes részeinek?
4. Mit jelent a látás környezetfüggősége?
5. Melyek a színérzet jellemző sajátosságai?

2. A képfeldolgozás eszközei

A számítógépes képfeldolgozás a szokásos számítástechnikai eszközökön túlmenően **speciális eszközök** használatát is igényli. Napjainkban - a hallatlanul gyors technikai fejlődésnek köszönhetően – a személyi számítógépek kapacitása mind számítási sebesség, mind tárolókapacitás tekintetében tökéletesen elegendő a képfeldolgozási feladatok zömének megoldásához, és a kép be- és kimeneti eszközök tekintetében is igen széles a választék. Sajnos az eszközök vázlatos áttekintése sem oldható meg jelen könyv keretein belül, ezért a továbbiakban csak kamerákkal és a digitalizáló kártyákkal kapcsolatos legfontosabb tudnivalók ismertetésére szorítkozunk. Elfogadhatóvá teszi ezt a megoldást, hogy a számítógéppel, szkennerekkel, különböző nyomtatókkal kapcsolatos ismeretek ma már számítástechnika általános tárgykörébe tartoznak és ezért szélesebb körben ismertek.

A **digitális képfeldolgozásban használt kamerák** funkcionálisan két részből a **képérzékelő** és **képkimeneti** egységből állnak.

A **képérzékelő** egység legfontosabb eleme a CCD (Charge Coupled Devices) vagy a CMOS (Complimentary Metal Oxide Semiconductor) chipek, amelyek szinte teljesen kiszorították a korábban használt csöves rendszereket. A **CCD** lapka 2 dimenziós mátrixba rendezett fényérzékeny elemekből (pixelek) épül fel, amelyekben az optikai úton leképezett kép az egyes pixelekben a töltés mennyiségének változását okozza. A kép kiolvasása a fény hatására az egyes pixelekben felgyülemlő töltéscsomagok elektronikus léptetése útján történik. **CMOS** chipeknek két változata létezik. Az egyik hasonló elven működik, mint a CCD chipek, a másikkban fényérzékeny diódák érzékelik a fény változását, ami közvetlenül feszültség változást eredményez. A CMOS érzékelők előnye a kis energiafogyasztás, az alacsony előállítási költség, és hogy bizonyos jelfeldolgozási feladatok (expozíció korrekció, fehéreregysúly állítás, gamma korrekció, zajszűrés) közvetlenül az érzékelő chipbe épített processzor segítségével digitálisan elvégezhetővé válik.

A **képkimeneti egység** feladata hogy a további feldolgozás számára képjelet állítson elő. Ez a jel történeti okok miatt TV szabványnak megfelelő videojel. Ezek a szabványt kialakító szervezetek kezdetűi alapján: az Európában használatos CCIR és az USA-ban elfogadott RS-170. A CCIR szabvány alapján két színes TV szabvány jött létre a PAL

és SECAM, míg az RS-170 színes kiterjesztéseként az NTSC rendszer. Mindkét szabvány esetén a kiolvasás és a képgenerálás váltott soros (interlacing) technikával történik, ami azt jelenti, hogy először a páratlan sorok kiolvasása, majd ezt követően a páros sorok kiolvasása és továbbítása történik meg. A két félkép (field) egyesítéséből áll elő a teljes kép (frame). Ez a megoldás csökkenti a TV kép remegését, de számos problémát okoz a képfeldolgozásban. A CCIR rendszerben egy teljes kép 625 sorból áll, és 1/25 mp alatt történik egy frame kiolvasása, míg az RS-170 esetén ezek az adatok 525 sor 1/30 mp.

A CCD chipok nem képesek megkülönböztetni a különböző színeket, ezért a **színes kamerákban** a fényt prizmákkal és szűrőkkel a három alapszínre (R,G,B) bontják. A jobb minőségű, de drágább 3CCD-és kamerákban a három alapszínnek megfelelő a fényt 3 különböző CCD mátrixra vetítik. Költségkímélőbb megoldás, amikor a színek komponenseket pixelenként választják szét egyetlen CCD mátrixra telepített u.n. mozaik szűrővel. Ezeknek a kameráknak a felbontása gyengébb, mint a 3CCD-s színes kameráknak.

Itt hívjuk fel a figyelmet arra, hogy a CCD chip pixel száma nem azonos a kamera felbontásával. A tényleges felbontást TV sorokban szokták megadni, ami megmutatja, hogy hány fekete fehér sort lehet megkülönböztetni. A jelenlegi nagyfelbontású chipok 756x581 körüli pixel mátrixot alkotnak, de a kamera elektronikája és kivitelezése függvényében azonos pixelszám mellett a TV sorokban megadott felbontás igen eltérő lehet. Biztonságtechnikai kameráknál általában 300 TV soros felbontás megfelelő, képfeldolgozási célra 550 TV sor vagy nagyobb felbontásra van szükség.

A TV szabványok alkalmazásának egyik nagy hátránya, hogy a kép szinkronizálása soronként és félképenként történik, ami azt eredményezi, hogy a sorokon belül a pixel értékek kiolvasása nem pontosan időzített, ami precíz mérési feladatoknál problémát okozhat. Az igényesebb kamerákba ezért külön áramkört építenek (pixel clock) a CCD-ből való kiolvasás és a memóriába történő leképezés pixelenkénti szinkronizálására. A váltott soros kiolvasás különösen kedvezőtlen mozgó objektumok feldolgozásánál, ugyanis a két félkép összeállítása közötti idő miatt a vizsgált objektum képe fésűsen eltolva jelentkezik. Kiküszöbölhető ez a hiba, ha csak az egyik félképet dolgozzuk fel, de ekkor a felbontás rosszabb lesz. Az igazi megoldást nem váltott sorosan

(progressiv scan) működő kamera alkalmazása, és a képvétel külső vezérlőjellel történő időzítése jelenti.

A videokamerák képfeldolgozás terén történő használatához **videodigitalizáló** kártya alkalmazása szükséges. Ezek bemenetükön egy vagy több, szabványos videojelet tudnak fogadni. A jelek digitalizálása a számítógép felől vezérelhető módon történik és közvetlenül a számítógép memóriájába kerül. Ár és műszaki paraméterek tekintetében igen széles skálája létezik a digitalizáló kártyáknak a megfelelő kiválasztásánál a felhasználási terület a döntő. Más kártyát kell választani multimédia és ipari minőség ellenőrzési, mérési célra. A kamerának és a digitalizáló kártyának összhangban kell lennie. Hiába vásárolunk drágább kamerát, amelyik pixelszinkronizálási lehetőséggel rendelkezik, ha a digitalizáló kártya nem képes annak fogadására.

Az elmúlt években megjelentek az közvetlen digitális felülettel rendelkező kamerák (FireWire), amelyek az IEEE-1394 szabványnak megfelelő digitális formában szolgáltatják a képet. Tisztában kell lenni azzal, hogy nagy felbontású kép előállítására a videó szabványok (így a videokamerák) nem alkalmasak. Az esetenként több Megapixeles CCD mátrixot tartalmazó digitális kamerák speciális csatoló kártyát igényelnek, vagy FireWire felületen csatlakoznak a számítógéphez.

Gyakorlat a képfeldolgozás eszközei fejezethez

2. Gyakorlat:

Dithering_Indít_Szín_Színes_Képforrás_File_Kép1_Végrehajt

Módosítsuk az alkalmazott módszert színes képeken és figyeljük meg a kép minőségének változását! Vizsgáljuk meg, melyik esetben kapjuk a legjobb képminőséget! Tekintsük át az egyes módszerek elméletét a Dithering_Help_Elmélet menüpontban, majd ezek alapján indokoljuk a kapott eredményt!

Ellenőrző kérdések

1. Mi a képbeviteli eszközök feladata?
2. Ismertesse a CCD képérzékelő működési elvét!
3. Mit tud a CMOS képérzékelőről?
4. Mit jelent a váltott soros képkiolvasás?
5. Mi a digitalizáló kártyák feladata?

3. Digitális képalkotás

A digitális képalkotás célja, hogy a háromdimenziós térben lévő objektumokról a számítógép által értelmezhető és feldolgozható adatokat kapjunk. A digitalizálás folyamán információveszteség lép fel, de ezért kárpótol a számítógépes feldolgozás által kínált számos olyan lehetőség, amely hagyományos optikai eljárásokkal nem valósítható meg. A digitális kép előállítását logikailag három lépésre bonthatjuk, nevezetesen a **leképezésre**, a **mintavételezésre** és a **kvantálásra**.

A **leképezés** során a háromdimenziós térben lévő objektumokról érkező elektromágneses jelekből egy kétváltozós $f(x,y)$ képfüggvény jön létre. A képfüggvény matematikai értelemben folytonos, nem negatív és korlátos, és a sík azon pontjain van értelmezve, ahová a leképezés történt. Egyszínű (monokróm) kép esetén az $f(x,y)$ függvény értéke minden (x,y) pontban arányos a kép fényességével az adott helyen. Ezt az értéket - amit szürkeségi szintnek, fényességi értéknek vagy világosságkód értéknek szoktak nevezni - számos körülmény befolyásolja, többek között a megvilágítás, az objektumok alakja, felszíne, esetleg saját elektromágneses sugárzása, a fény hullámhossza. A képalkotó rendszer a háromdimenziós térben lévő jelenséget "képezi le" és állítja elő a kétváltozós $f(x,y)$ képfüggvényt.

A digitális képalkotás következő lépése, a **mintavételezés** az (x,y) képsíkot egy rácsozattal (többnyire négyzet alakú) képelemekre bontja, és minden képelemhez az adott kis területre jellemző fényességtől függő számot rendel, és ezzel egy mátrixot hoz létre, amelynek elemei nem negatív valós számok. Jelöljük $h(k,l)$ -el azt a függvényt, amely minden négyzet középpontjához, a (k,l) pontokhoz hozzárendeli a mintavételezéssel kapott értéket. A mintavételezés a képpont értékek meghatározása során egy kis terület fényességértékeit integrálja úgy, hogy a súlyfüggvény a mintavételezés helyétől távolodva rohamosan csökken. **Ideális mintavételezés** esetén minden képpontérték a **teljes** $f(x,y)$ képfüggvény alapján alakul ki. A gyakorlatban azonban az a tartomány, ahol a mintavételezés súlyfüggvénye nem zérus, csak a szomszédos mintavételezési helyek súlyfüggvényeinek értékes tartományáig terjed, s legfeljebb kismértékű átfedésben van azokkal.

A képfüggvényre és a mintavételezés módjára vonatkozó bizonyos feltételek teljesülése esetén matematikailag bebizonyítható, hogy a

mintavételezett képből még visszaállítható az $f(x,y)$ képfüggvény. Sajnos a gyakorlatban ezek a feltételek többnyire nem biztosíthatóak.

A digitalizálás utolsó lépéseként a tetszőleges értékű $h(k,l)$ képpontértékekhez a megengedett egész számok valamelyikét kell rendelni. Ezt a lépést nevezik **kvantálásnak**, eredménye a **digitális kép** amit jelöljünk $q(k,l)$ -el. A $q(k,l)$ függvény a (k,l) pontokban értelmezett, ahol

$$0 \leq k < K, \text{ és } 0 \leq l < L$$

egész számok, K a képsorok számát és L a képsorok hosszát adja meg. A képpontértékek ábrázolása meghatározott számú **biten** történik, ami a lehetséges q értékeket a következőképpen szabja meg: $0 \leq q \leq 2^b - 1$; ahol b az **A/D átalakító** bitszáma. (A szokásos esetben $b=8$, azaz a képpontértékek a $\{0, \dots, 255\}$ értékeket vehetik fel.)

A digitalizálás során tehát az ún. fényességfüggvényből eljutunk a digitális képhez, melynek adatai a képpontok (ún. pixelek: picture's elements). Sorirányban L , oszlopirányban pedig K db képpont alkotja a képet.

Megemlítyük, hogy színes és multispektrális képek esetén a digitalizálás szín-összetevőnként, illetve az egyes spektrumokra külön-külön történik, így a kép egy-egy kis területéhez n dimenziós vektorokat rendel, ahol a vektor dimenziószáma a spektrális összetevők számával egyezik meg.

Az előzőekből látható, hogy a digitális kép minősége, így a további feldolgozás eredményessége szempontjából alapvető fontosságú a digitalizálás. Értelemszerűen a mintavételezés sűrűségének és a kvantálási szinteknek a növelése javítja a digitális kép minőségét, de egyidejűleg a kép méretét is növeli. A képméret növekedése természetesen hosszabb feldolgozási időt fog eredményezni.

Szükség lehet a digitális képből analóg kép előállítására, például TV szabványok szerint működő monitoron történő megjelenítés céljából. Ez megfelelő eszközök és algoritmusok alkalmazásával az analóg kép interpolációval történő **helyreállítását** jelenti. Mint azt már említettük, az eredeti képfüggvény több okból sem állítható vissza *tökéletes pontossággal*. A gyakorlati interpolátor (**D/A átalakító**, kiegészítő áramkörökkel) az eredeti analóg képfüggvényt csak korlátozott pontossággal képes helyreállítani. Ez annak köszönhető, hogy az alkalmazhatóság szempontjait is figyelembe véve a matematikailag

ideális interpolátor helyett csak gyengén közelítő interpolátorokat alkalmaznak.

Gyakorlatok a digitális képképzés fejezethez

3. Gyakorlat:

Geometriai felbontás_Indít_Szín_fekete/fehér_Képforrás_File_Kép1_Felbontás_2*2_Kilép_Végrehajt

Változtassuk a felbontást, és figyeljük meg a kép minőségének változását! Ismételjük meg a gyakorlatot a Kép2-vel!

4. Gyakorlat:

Geometriai felbontás_Indít_Szín_RGB_Képforrás_File_Kép1_Felbontás_Külön-külön állítsuk be az R, G és B összetevő felbontását! Válasszunk eltérő felbontás értékeket az egyes összetevőknek! Vizsgáljuk meg melyik összetevő felbontása befolyásolja leginkább a kép minőségét!

5. Gyakorlat:

Geometriai felbontás_Indít_Szín_YUV_Képforrás_File_Kép1_Felbontás_Külön-külön állítsuk be az Y, U és V összetevő felbontását! Válasszunk eltérő felbontás értékeket az egyes összetevőknek! Vizsgáljuk meg melyik összetevő felbontása befolyásolja leginkább a kép minőségét!

6. Gyakorlat:

Gradációs felbontás_Indít_Szín_fekete/fehér_Képforrás_File_Kép1_Felbontás_128_Kilép_Végrehajt

Fokozatosan csökkentjük a felbontást, azaz a megengedett kvantálási szintek számát! Figyeljük meg mikor lesz szemmel is érzékelhető a minőségromlás! Ismételjük meg a gyakorlatot Kép2-vel!

7. Gyakorlat:

Gradációs felbontás_Indít_Szín_RGB_Képforrás_File_Kép1_Felbontás_Fokozatosan csökkentjük a felbontást, azaz a megengedett kvantálási szintek számát! Figyeljük meg mikor lesz szemmel is érzékelhető a minőségromlás! Ismételjük meg a gyakorlatot Kép9-cel!

Ellenőrző kérdések

1. Mi a célja a kép digitalizálásnak?
2. Milyen lépésekből tevődik össze a digitalizálás?
3. Mit nevezünk mintavételezésnek?
4. Mit jelent a kvantálás?
5. Hogyan függ a kép minősége a digitalizálás paramétereitől?

4. Képjavítás

A képjavítással kapcsolatos alapfogalmak

A képvétel körülményei, a digitalizáló berendezés paraméterei jelentősen befolyásolják a digitális kép minőségét. Ezeknek a hatásoknak a kiküszöbölésére vagy legalábbis csökkentésére szolgáló módszereket és eljárásokat **képjavításnak** nevezzük.

A **képjavítási** (*improvement*) módszerek - a megvalósítandó cél szerint - két csoportba sorolhatók:

- képhelyreállítás (*restoration*),
- képfokozás (*enhancement*).

A **képhelyreállítás** során - mint az elnevezés is jelzi - arra törekszünk, hogy a digitalizált és különböző okok miatt torzult képből előállítsuk azt az ideálisnak nevezhető képet, amelyet a különböző zavaró, torzító hatások nélkül kaptunk volna.

A **képfokozási** (azaz: képminőség-fokozási) eljárások célja, hogy a képet a további kiértékelés vagy feldolgozás szempontjából előnyösebb formába alakítsuk.

A **képjavítási eljárások** két csoportba sorolhatók attól függően, hogy a frekvenciatartományban (*pl. a kép Fourier-transzformáltjával*), illetve az **eredeti képsíkon** (*a világozósságkódokkal*) dolgozunk. A digitális képfeldolgozásban gyakori megoldás, hogy a folytonos függvényekre alkalmazható matematikai eljárásokat, modelleket használunk egy-egy képfeldolgozási eljárás elméleti megalapozásához, majd az így kapott összefüggések digitális (matematikai értelemben diszkrét) közelítését implementáljuk. A frekvenciatartományban végzett képjavítás azon alapul, hogy a függvények bizonyos feltételek esetén egyértelműen és invertálható módon sorbafejthetők, azaz a bonyolult és analitikusan nem leírható függvények egyszerű és jól kezelhető u.n. bázisfüggvényekkel adhatók meg, és a bázisfüggvények súlyát a leírandó függvényre jellemző együtthatók határozzák meg. Például Fourier transzformáció esetén cosinus és sinus függvényt tartalmazó bázisfüggvényeket alkalmaznak, amelyek különböző frekvenciájú hullámfüggvényeket reprezentálnak. Lényegében a nem kívánt frekvenciát tartalmazó bázisfüggvények együtthatóit nullának választjuk, és így módosíthatjuk a kép tartalmát a céljainknak megfelelően. Ezért hívjuk ezt az eljárást frekvencia tartományban történő képjavításnak. Természetesen a

képfeldolgozásban bázisfüggvények diszkrét közelítését alkalmazzuk. A továbbiakban a nyomtatott anyagban a frekvenciatartományban végzett képjavítási eljárásokkal terjedelmi okok miatt a nem foglalkozunk, a CD lemezen azonban ezzel kapcsolatosan bővebb információ található.

Számos képjavítási eljárás létezik, amelyik közvetlenül a digitális képpel, a világosság kódokkal végzett számításokkal próbálja a kívánt hatást elérni. Ezek közül talán leggyakrabban alkalmazott a **konvolúció**. Az eljárás lényege, hogy minden világosság kód értéket helyettesítünk a képpont környezetétől és a céljaink szerint meghatározott konvolúciós szűrőtől függő értékkel. A konvolúciós szűrő egy mátrix, a mátrix mérete meghatározza a képpontnak azt a környezetét, amit a számításnál figyelembe veszünk, a mátrix elemei pedig a szűrő hatását határozzák meg. A konvolúciós szűrés úgy történik, hogy a szűrőmátrixot egy kitüntetett elemével a vizsgált képpontra illeszkedve a képre helyezzük, majd kiszámítjuk a mátrix által letakart képpontok súlyozott átlagát. Minden képpont súlya az őt lefedő együttható. A vizsgált képpontot helyettesítjük az így kiszámított értékkel, majd egy képponttal tovább csúsztatjuk a mátrixot. A fentiekben megadott eljárást a $(2m+1) \cdot (2n+1)$ méretű téglalap alakú konvolúciós mátrix esetén az

$$r(k, l) = \sum_{i=-m}^{+m} \cdot \sum_{j=-n}^{+n} q(k+i, l+j) t_{ij}$$

képlettel számíthatjuk ki, ahol t_{ij} a $\underline{T} = (t_{ij})$ konvolúciós mátrix eleme, $q(k, l)$ az eredeti képet, és $r(k, l)$ az eredmény képet jelöli.

Ha számítás eredménye nem egész szám, akkor azt a legközelebbi egész számra kerekítjük, hiszen a világosság kód értékek csak egész számok lehetnek. A képjavítási eljárásokat **a javítandó hibák típusa szerint** is szokták csoportosítani. Mivel a legjellegzetesebb három hibatípus a kontrasztosság elszegényedése, zaj hozzákeveredése a képhez és az élek elmosódása, ezért kontrasztfokozó, zajelnyomó és élkiemelő eljárásokat szokás megkülönböztetni.

Megemlítjük, hogy sok esetben ugyanaz a módszer más paraméterekkel más célra alkalmazható. A **konvolúciós mátrix** együtthatóinak megválasztása határozza meg például, hogy a konvolúció zajelnyomást vagy élkiemelést eredményez.

Képhelyreállítás

A **képhelyreállítás** célja a rendelkezésre álló, a különböző zavaró hatások miatt torzított képből az eredetit leginkább megközelítő kép előállítása. Hatékony képhelyreállításához ismernünk kell a **zavaró hatásokat**, és azokat **matematika formulákkal**, vagy legalább valamilyen **közelítő matematikai modellel** le kell tudnunk írni. Ha ez sikerült, akkor meg kell határoznunk azt az inverz transzformációt, amely a modell által leírt hatásokat közömbösíti, és ezt az inverz transzformációt kell alkalmaznunk a rendelkezésre álló képre. Nyilván csak *jó modell* esetén várható eredményes helyreállítás. A képhelyreállítási eljárások alkalmazásának - a modellalkotás nehézségein túlmenően - az a másik problémája, hogy a felállított modell, illetve az ezen alapuló inverz transzformáció, még egyszerűsített modell esetén is, rendszerint nagyon összefüggéseket eredményez, amelyek kiszámításához a feladat megoldásához rendelkezésre álló idő nem elegendő. A geometriai torzulások viszonylag egyszerűen leírhatók, így ezen a területen a képhelyreállítási módszerek alkalmazása többnyire igen eredményes. A geometriai transzformációkkal a következő fejezetben foglalkozunk.

Világosságkód-transzformációk

A **hisztogram** a világosság kódok adott képen belüli eloszlását megadó függvény. A világosság kódok többnyire egyenlőközűek, ilyenkor a **hisztogramtáblázat** annyi elemű, amennyi a világosság kódok értékkészlete. A világosság kódok értékkészletét

$$Q = \{0, 1, \dots, J\} \text{ -vel jelölve}$$

a táblázat q -ik eleme:

$$\chi_q = N_q, \text{ és } \sum_{q=0}^J N_q = N$$

ahol N_q : a q világosság kódú képpontok száma, N : a teljes digitális kép pontjainak száma.

A hisztogramot általában **lépcsős függvénnyel** vagy **oszlopdiagrammal** ábrázoljuk. A vízszintes tengelyen a lehetséges világosság kódokat mérjük fel, a $\{q, q+1\}$ intervallumhoz tartozó ordináta pedig a q világosság kódú képpontok **relatív gyakoriságával** arányos:

$$\chi_q = c \frac{N_q}{N}.$$

Ha a hisztogram normalizált ($c = 1$), akkor $\sum_{q=0}^J \chi_q = 1$.

A kép általános jellemzőiről sok minden megállapítható a hisztogram alapján, hasznos információt nyújt nemcsak a képjavításhoz, hanem például a különféle szegmentálási eljárásokhoz is. Ha a világosság kódok nem töltik ki a megengedett világosság kódok tartományát, akkor a kép kontrasztját a világosság kódok tartományának széthúzásával, azaz **skálázással javíthatjuk**. A skálázást megfelelően választott átviteli függvényekkel valósíthatjuk meg, amelyek a bemenő kép és az eredménykép világosság kód értékei közötti leképezést definiálják.

Kontrasztkiemelés úgy érhető el, hogy a bemenő világosság kódok egy részhalmazát képezzük le a kimenő világosság kódok egy szélesebb tartományára. **Kódzsugorításról** akkor beszélünk, ha a bemenő világosság kódok halmaza bővebb mint a kimenő halmaz. **Inverz megjelenítést** érhetünk el negatív meredekségű lineáris átviteli függvénnyel. A skálázásokat **átszínezésnek** is nevezzük, mivel színes megjelenítés esetén megváltoztatják a képpontok színét. A képpontok küszöbök szerinti átszínezését **képvágásnak**, pontosabban: **n-1 küszöb** megadása esetén **n szintre vágásnak** nevezzük. Ekkor az átviteli függvény vízszintes szakaszokból áll. Az i . és $(i-1)$. küszöbök közé eső bemeneti világosság kódok mindegyikéhez ugyanazt - az adott szakasz ordináta értékének megfelelő - kimenő világosság kód értéket rendeljük. Igen gyakori a **két szintre vágás**, amikor a képpontokat - egy küszöb megadásával - **értékes**, illetve **háttérpontoknak** minősítjük. A kétszintes képet **bináris képnek** is szokás nevezni, mivel képpontjai egy biten ábrázolhatók.

A megközelítés módszerében eltérnek az eddigiektől azok az ugyancsak globális módszerek, amelyekben úgy transzformáljuk a világosság kódokat, hogy a kép *hisztogramja előre meghatározott alakú* legyen. Az eljárást **hisztogramtranszformációnak** nevezzük, mivel hatására a kimenő kép hisztogramja előre meghatározott függvény (közelítése) lesz.

Zajelnyomás

A képet érő zavaró hatások egy része abban nyilvánul meg, hogy a képpontok eredeti világosságkódja - általában véletlenszerűen - megváltozik. A zavaró hatások eredményét (a képre rakódott "zajt") az érdemi feldolgozás előtt el kell távolítani a képről, vagy legalábbis csökkenteni kell. Az erre irányuló eljárásokat nevezzük **zajszűrésnek**, **zajelnyomásnak**, vagy **simításnak**.

Korábban már ismertettük a képjavításban nagyon gyakran alkalmazott módszert a **konvolúciós szűrést** és elmondtuk, hogy konvolúciós szűrő együtthatóinak megválasztásával különböző, egymással ellentétes hatást érhetünk el.

Zajelnyomás esetén többnyire olyan szűrőket (konvolúciós mátrixokat) használnak, melynek valamennyi eleme pozitív, és ezek vagy mind azonosak (azaz minden figyelembe vett szomszéd azonos mértékben befolyásolja a végeredményt), vagy a centrumtól távolodva csökken az értékük. Elemeinek összege a gyakorlati alkalmazások többségében 1, ekkor a homogén foltokat a konvolúció nem változtatja meg. A figyelembe vett szomszédság a gyakorlatban általában 3*3, illetve 5*5 képpontra terjed.

Az egyszerű programozás érdekében általában négyzetes alakú szűrőket alkalmazunk; ezen belül a zérus elemekkel hagyhatók ki a szükségtelen elemek. Például az alábbi 3*3 -as szűrők zajelnyomó, simító hatásúak.

$$T_1 = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad T_2 = \frac{1}{10} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad T_3 = \frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Ezeket a típusú szűrőket **átlagoló szűrőknek** nevezzük. Hátrányuk, hogy a zaj környezetében lévő értékek is megváltoznak, zaj világosságkód értékben jelentkező hatása csökken ugyan, de folttá szélesedik, egyben az élek is elmosódnak. A szűrő méretének növelésével a részletek összemosódása is fokozódik. Mivel ezek a szűrők a magasfrekvenciás zajokat szűrik ki, ezért aluláteresztő konvolúciós szűrőknek is nevezzük őket. A **homályosító hatás csökkentése** érdekében számos eljárást dolgoztak ki. Legegyszerűbb módszer a **feltételes átlagoló szűrő** használata. Eszerint csak akkor helyettesítjük egy képpont világosságkódját a környezetének átlagával, ha egy megadott küszöbnél nagyobb mértékben tér el tőle.

Kedvező tulajdonságai miatt szívesen alkalmazzák zajszűrésre a **mediánszűrőt**, amely ugyan lokális jellegű, de nem konvolúciós típusú. Egy digitális minta mediánján a rendezett minta **középső elemét** értjük. A mediánszűrés során a figyelembe vett mintát a szűrőbe eső képpontok világosságkódjai alkotják. A szűrést úgy valósítjuk meg, hogy minden képpont világosságkódját kicseréljük a ráillesztett szűrő által meghatározott minta mediánjával. Ha például 3×3 méretű mediánszűrést végzünk, akkor a 9 db érintett képpontot nagyság szerinti sorba rendezzük, és az ablak középpontjában lévő világosságkódot a sorba rendezett értékek középső elemével helyettesítjük.

A konvolúciós típusú zajszűrés és a mediánszűrés között lényeges különbség van. Az átlagoló szűrő - amint az előbbi példa is mutatta - "szétkeni" a zajt, azaz csökkenti a kiugró képpontok értékét, de a zaj környezetében lévőkét megnöveli. Ugyanakkor a mediánszűrő gyakorlatilag kiszűri a zajt és a homogén részeket változatlanul hagyja.

Bizonyos esetekben nem egyetlen képen belül, hanem **időben végzett átlagolással** javíthatjuk a kép minőségét. A **többszörös képátlagolási** eljárás akkor alkalmazható, ha a képvétel során a $q(k, l)$ képre additív zaj rakódik, azaz

$$q_i(k, l) = q(k, l) + z_i(k, l);$$

ahol i a képvétel sorszám, és feltételezzük, hogy minden (k, l) koordinátájú pontban a $z_i(k, l)$ zaj független és nulla átlagú. Ebben az esetben a zajos képek $q_i(k, l)$ sorozatát véve és képpontonként átlagolva az

$$r(k, l) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_i(k, l)$$

képet kapjuk. Az ily módon kapott $r(k, l)$ kép annál jobban megközelíti a zajmentes $q(k, l)$ képet, minél több képre végezzük el az összegzést, mivel feltevésünk szerint a zaj minden képpontban nulla átlagú.

Élkiemelés

Az eljárások célja az egyes képrészletek közötti **átmeneti tartomány szűkítése**, a határátmenetek hangsúlyozása, meredekebbé tétele, az elmosódások korrigálása. Kétféle változós esetben, márpedig a képek kétféle változós függvényekkel írhatók le, az élek tetszőleges irányban helyezkedhetnek el, ezért ha soronként végeznénk az élkiemelést, akkor a soriránnyal párhuzamos éleket nem érzékelnénk, hiszen ideális esetben az él mentén végighaladva nem jelentkezik változás a világosságkódokban. Ezért a gyakorlatban a legalább két irányt figyelő operátorok terjedtek el. A továbbiakban néhány ismert élkiemelési eljárást mutatunk be, utalva a kiindulásul használt matematikai fogalmakra.

A differencia operátor parciális deriváltak differenciákkal történő alábbi közelítése:

$$G = \left\{ [q(k, l) - q(k + 1, l)]^2 + [q(k, l) - q(k, l + 1)]^2 \right\}^{1/2}$$

vagy a számítás egyszerűsítése érdekében

$$G \cong |q(k, l) - q(k + 1, l)| + |q(k, l) - q(k, l + 1)|$$

Ha a kép minden pontjára kiszámoljuk a gradiens nagyságát valamelyik megadott közelítő képlettel, akkor egy megfelelően választott küszöb értékkel két szintre vághatjuk a képet, és így megkapjuk az élgyanús pontokat. Azért nem mondhatjuk egyértelműen, hogy az élpontokat, mert ahol a képen zaj van ott is nagy lesz a gradiens.

Egy másik közismert eljárás a **Laplace operátor** alkalmazásán alapszik. A részletek mellőzésével megadjuk a digitális képfeldolgozásban alkalmazott formulát:

$$\nabla^2 [q(k, l)] = q(k + 1, l) + q(k, l + 1) + q(k - 1, l) + q(k, l - 1) - 4q(k, l).$$

Vegyük észre, hogy alábbiakban megadott L_1 -el jelölt konvolúciós szűrő éppen a megadott képletnek felel meg. A másik két Laplace jellegű szűrő a képpont nagyobb környezetét veszi figyelembe a számítás során.

Figyeljük meg, hogy a szűrőelemek összege (a szűrő súlya) mindig 0.

$$\underline{\underline{L}}_1 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad \underline{\underline{L}}_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \underline{\underline{L}}_3 = \begin{bmatrix} -1 & 2 & -1 \\ 2 & -4 & 2 \\ -1 & 2 & -1 \end{bmatrix}$$

Végezetül ismertetjük az előnyös tulajdonságai miatt kedvelt Sobel operátort, amely az előbbieken megismert differenciáloperátor 3*3 ablakra (rácspontra) történő kiterjesztése. Amint azt korábban láttuk a differencia operátor a gradiens adaptációja digitális képre. A gradiens nagyságának meghatározásához két egymásra merőleges irányban a szomszédos képpontok különbségét számítottuk ki.

Az egyszerűbb jelölés érdekében jelöljük a 3*3 ablakban lévő $q(k,l)$ képpontokat az alábbiak szerint:

$$\begin{matrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{matrix}$$

Ezt a jelölést használva definiáljuk a 3*3 ablakban számított differenciákat a következő módon:

$$G_k = (g + 2h + i) - (a + 2b + c) \quad G_l = (c + 2f + i) - (a + 2d + g)$$

Látható, hogy a G_k a sorirányú, a G_l az oszlopirányú különbséget adja meg. A különbségek kiszámításánál a középső értéket tapasztalati megfontolások alapján kétszeres súllyal vesszük figyelembe. A differenciák felhasználásával:

$$G = \sqrt{G_k^2 + G_l^2}, \quad \text{vagy a} \quad G = |G_k| + |G_l|$$

közelítéssel határozzuk meg a gradiens nagyságát. Megfelelően választott küszöb felhasználásával két szintre vágva a képet jelölhetjük ki az élgyanús pontokat.

Vegyük észre, hogy G_k és G_l a következő két konvolúciós szűrővel számítható ki:

$$\underline{\underline{G}}_k = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad \underline{\underline{G}}_l = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Többsávós képek javítása

A többsávós kép ugyanarról a területről (jelenetről) egyidejűleg több frekvenciatartományban készített felvételek együttese. Bár a „többsávós kép” fogalma eredetileg összekapcsolódott az űrfelvételekkel, valójában ide tartozik az összes olyan kép, amely egynél több sávból áll, és az egyes sávok pontról-pontra azonos területre vonatkozó információt tartalmaznak. Az előzőekben megismert képjavítási eljárások

természetesen alkalmazhatók a többsávós képek egyes összetevőire külön-külön is, számos olyan eljárás is ismeretes azonban, melyek kihasználják a sávok közti kapcsolat által nyújtott többletinformációt. Ilyen eljárások például a képsávok közötti aritmetikai és logikai műveletek képsávok lineáris kombinációjának képzése.

A hisztogramtranszformáció során olyan átviteli függvényt kell meghatározni, amelynek alkalmazása esetén a kimenő kép hisztogramja valamilyen, számunkra előnyös, előre meghatározott alakot vesz fel.

Jelölje a bemenő hisztogram ordinátáit $\chi(q)$, a kimenőét $\tau(r)$. Mint ismeretes ezek arányosak a q -adik, illetve az r -edik kvantumszinthez tartozó képpontok számával, és

$$\sum_{q=0}^J \chi(q) = \sum_{r=0}^I \tau(r) = 1$$

ahol a bemenő, illetve kimenő világosságkódok maximális értékét jelöljük J -vel, illetve I -vel. Monoton transzformációt feltételezve a halmozott részhisztogramoknak minden lépésben meg kell egyezniük:

$$\sum_{q=0}^{m_n} \chi(q) = \sum_{r=0}^n \tau(r); \quad (m_n \leq J; n \leq I)$$

E feltételek teljesülése mellett kell elérni, hogy a kimenő hisztogram valamilyen, számunkra előnyös, előre meghatározott alakot vegyen fel. A probléma explicit megoldása általában nehéz; a numerikus iteráció könnyebben vezet célhoz.

A legegyszerűbb esetben azt kívánjuk elérni, hogy a kimenő kép hisztogramja a vízszintes tengellyel párhuzamos egyenes közelítése legyen, azaz:

$$\tau(r) = \frac{1}{I}.$$

Mivel ekkor a kimenő kép hisztogramjában az egyes világosságkód intervallumokba közel egyenlő számú képpont esik, ezért ezt az eljárást **hisztogramkiegyenlítésnek** nevezzük. Ekkor tehát a kimenő kép halmozott részhisztogramjait az n/I összefüggéssel lehet kiszámítani. A kiegyenlítést úgy végezzük, hogy $n = 1$ -től indulva rendre kiszámítjuk azokat az m_n értékeket, amelyekre

$$\sum_{q=0}^{m_n} \chi(q) \leq \frac{n}{I} < \sum_{q=0}^{m_n+1} \chi(q)$$

Az így meghatározott n értékek kijelölik a kimenő hisztogramban a kvantumszinteket, az m_n index alapján pedig meghatározhatók az adott kvantumszinthez tartozó világosságkódok.

A hisztogram és a sűrűségfüggvény közötti összefüggés felhasználásával a probléma általánosan is megoldható. Gyakran használatos eljárás a **hisztogram hiperbolizáció**. Ebben az esetben azt szeretnénk elérni, hogy a kimeneti kép hisztogramja hiperbolikus legyen. Ennek azért van különös jelentősége mert - mint ismeretes- az emberi szem a világosságkódokat nem lineárisan, hanem logaritmikusan képezi le. Így a hiperbolizált hisztogramú képre a szem által alkalmazott logaritmikus leképezés eredőjeként az agyban kiegyenlített képet kapunk.

Gyakorlatok a képjavítás fejezethez

8. Gyakorlat:

Hisztogram_Indít_Szín_fekete/fehér_Képforrás_Tesztkép_Kép2_Számol
Ismételjük meg a gyakorlatot úgy, hogy először egy kis részletet jelölünk ki a háttérben, majd a munkadarabon!

9. Gyakorlat:

Átszínezés_Indít_Szín_fekete/fehér_Képforrás_Tesztkép_Kép2_

Átszínezőtábla_Identikus_Végrehajt_BW

A legutolsó parancs hatására megjelenik az eredeti kép hisztogramja és az átviteli függvény. Ezt követően válasszuk az Átszínezőtábla menüpontot és próbáljuk végig a különböző hisztogramtranszformációk hatását! A BW gombra kattintva megnézhetjük az átviteli függvényeket.

10. Gyakorlat:

Átszínezés_Indít_Szín_RGB_Képforrás_Tesztkép_Kép1_Átszínezőtábla
 _Identikus_Végrehajt_RGB

Végezzük el a lehetséges hisztogram transzformációkat a kiválasztott színes képre, vizsgáljuk meg az egyes összetevőkre az átviteli függvényeket! Ismételjük meg a gyakorlatot a Kép9-cel!

11. Gyakorlat:

Zajszűrés_Indít_Szín_fekete/fehér_Képforrás_Tesztkép_Kép5_

Szűrő mérete_3_Végrehajt

Az átlagoló szűrés hatását vizsgálhatjuk ezzel a gyakorlattal. Változtassuk a szűrő méretét, és figyeljük meg az eredményt!

12. Gyakorlat:

Konvolúció_Indít_Szín_fekete/fehér_Képforrás_Tesztkép_Kép4_
Szűrő mérete_5*5

Ezt követően jelöljük ki a kép felső majd alsó részét az egérrel, és utána folytassuk! Figyeljük meg a két részképen a különbséget!

13. Gyakorlat:

Medián_Indít_Szín_fekete/fehér_Képforrás_Tesztkép_Kép5_Végrehajt

*Ezt követően ismételjük meg a 9. Gyakorlatot 3*3 szűrő mérettel! Hasonlítsuk össze a két eredményt!*

14. Gyakorlat:

Laplace operátor_Indít_Szín_fekete/fehér_Képforrás_Tesztkép_Kép1

Nézzük meg az eredménykép hisztogramját.

15. Gyakorlat:

Sobel_Indít_Szín_fekete/fehér_Képforrás_Tesztkép_Kép3_Típus_Él

Változtassuk meg a küszöböt, figyeljük meg mi történik ! Változtassuk a Típust az Él képpel együtt változatra ! Ismételjük meg a Gyakorlatot a Kép2-vel és a Kép1, Kép9 színes képekkel! A Színt RGB-re állítsuk!

16. Gyakorlat:

Kétképes műveletek_Indít_Szín_B/W_1.Képforrás_Tesztkép_Kép6_

2.Képforrás_Tesztkép_Kép7_Végrehajtási mód_Skálázás_Művelet

Állítsuk be és végezzük el a különböző műveleteket! Mi történik, ha változtatjuk a Végrehajtási módot?

Ellenőrző kérdések

1. Mi a képhelyreállítás (restoration) célja?
2. Mi a képfokozás (enhancement) célja?
3. Ismertesse a hisztogram fogalmát!
4. Mit jelent a konvolúciós szűrő digitális kép esetén?
5. Hogyan lehet zajelnyomást megvalósítani konvolúciós szűrőkkel?
6. Mit jelent a mediánszűrés?
7. Hasonlítsa össze konvolúciós és medián szűrő hatását!
8. Mi az élkiemelés célja?
9. Milyen konvolúciós jellegű szűrőket lehet alkalmazni élkiemelésre?

5. Geometriai korrekció

A geometriai korrekció az egyik leggyakoribb képhelyreállítási eljárás. Általános esetben egy (vagy több, geometriai szempontból összetartozó) bemenő kép átranzformálását jelenti kimenő kép(ek)re. A geometriai korrekció, mint alapvető képfeldolgozási művelet, célja szerint lehet képjavítás vagy képkorrekció. A geometriai korrekciók az esetek jelentős részében globálisan (vagyis a teljes képre vonatkozóan) nemlineárisak. A megvalósításnak a pontossági követelmények teljesítése mellett az elfogadható végrehajtási sebesség is alapfeltétele. Az alábbiakban az elméleti alapok és a főbb fogalmak ismertetése mellett röviden kitérünk a megvalósítás algoritmusait érintő kérdésekre is. Vizsgálatainkban – gyakorlati jelentőségük miatt - a kétdimenziós képek megfordítható (invertálható) geometriai korrekcióira szorítkozunk.

A geometriai korrekció modellje

Az első lépés a digitalizálás bemenő adatait jelentő $f(x,y)$ kétváltozós, folytonos képfüggvény minél pontosabb helyreállítása (rekonstrukciója). Ezt a függvényt a továbbiakban $f'(x,y)$ -nal jelöltük. Az eredeti mintavételezés inkorrekttsége, a bemenő kép gyengén sávkorlátos volta, valamint a kvantálás következtében a gyakorlatban az eredeti képfüggvény és a helyreállított képfüggvény különböznek egymástól. A képfüggvény helyreállítással a geometriai korrekciót visszavezettük a folytonos kép újramintavételezésére, és újrakvantálására.

A korrekció geometriai jellegét az eredeti képalkotásnál alkalmazott mintavételezés, valamint az újramintavételezés különbözősége adja. Az újramintavételezés rendjét a korrekciós összefüggés határozza meg. A geometriai korrekció két lényegi részfeladatra bontható: koordinátatranszformációra (az újramintavételezés rendjének meghatározása), illetve visszaállításra és újramintavételezésre (a világosságkód meghatározása a megadott pontokban).

Koordinátatranszformációk

Tegyük fel, hogy a digitális képalkotásnál alkalmazott mintavételezés a valós, háromdimenziós tér valamely téreleméhez a $P(x,y)$ képpontot rendelte hozzá. A geometriai korrekcióval azt akarjuk elérni, hogy ugyanennek a térelemnek a korrigált képen a $P'(x',y')$ képpont feleljen meg, akkor szükség van az

$$(x, y) \rightarrow (x', y')$$

ún. **koordinátatranszformációra**.

Tekintsük először a **lineáris koordinátatranszformációkat**. A képfeldolgozásban fontos kétdimenziós esetben a lineáris transzformációkat 2×2 -es mátrixok alkalmazásával lehet megvalósítani.

A $P(x, y)$ és $P'(x', y')$ pontok közti lineáris transzformáció

$$\begin{bmatrix} x & y \end{bmatrix} \underline{\underline{A}} = \begin{bmatrix} x' & y' \end{bmatrix} \quad \text{ahol} \quad \underline{\underline{A}} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}$$

alakban írható fel, ami a mátrixszorzás szabályai szerint megfelel az alábbi

$$x' = a_{11}x + a_{21}y$$

$$y' = a_{12}x + a_{22}y$$

összefüggéseknek.

Érdeemes röviden összefoglalni az ún. **elemi koordinátatranszformációkat**, melyek a lineáris transzformációt leíró $\underline{\underline{A}}$ mátrix speciális esetei.

Ha $a_{12} = a_{21} = 0$, akkor **léptékváltásról**, vagy *skálázásról* beszélünk:

$|a_{11}| > 1$, illetve $|a_{22}| > 1$ esetén **nagyításról**, $0 < |a_{11}| < 1$, illetve

$0 < |a_{22}| < 1$, esetén pedig **kicsinyítésről** van szó. Ha $|a_{11}| < 0$, illetve

$|a_{22}| < 0$, akkor a léptékváltás egyszersmind **tükrözést** is jelent az y ,

illetve az x tengelyre nézve. Ha $a_{11} = 0$, illetve $a_{22} = 0$, **vetítésről** (*projekcióról*) beszélünk, amely a kép elfajulását eredményezi.

Ha $a_{11} = a_{22} = 1$, de a_{12} , illetve a_{21} nem zérus, akkor a transzformációt **nyírásnak** nevezzük.

Az alábbi mátrix Φ szögű elforgatást eredményez az origó körül.

$$\underline{\underline{A}} = \begin{bmatrix} \cos \Phi & \sin \Phi \\ -\sin \Phi & \cos \Phi \end{bmatrix}$$

Az eltolást - ami pedig igazán "elemi" transzformáció - nem lehet mátrixművelettel leírni. Ugyanakkor a transzformációk minél egységesebb leírása vitathatatlan előnyökkel jár. A problémát a **homogén**

koordinátás formalizmus egységes bevezetésével oldhatjuk fel. Rendeljük a $P(x, y)$ tetszőleges síkbeli ponthoz a $(h^* x, h^* y, h)$ számhármast. Amennyiben h nem zérus, a számhármast a $P(x, y)$ síkbeli pont **homogén koordinátáinak** nevezzük. Minden pontnak létezik ún. normalizált homogén koordinátás megfelelője, ahol $h = 1$.

A homogén koordináták transzformációi is leírhatók mátrixszal, de ezzel a továbbiakban nem foglalkozunk.

Gyakorlati megvalósítás

A geometriai korrekció gyakorlati megvalósítása számos problémát vet fel, melyek a végrehajtás hatékonyságával (sebességével), s ugyanakkor a korrekció pontosságával kapcsolatosak. A teljességre való törekvés nélkül felsorolunk néhány olyan megoldást, melyek a színvonalas geometriai korrekciós programokban szerepet kapnak.

1. A korrekciós összefüggés definiálása - függvénykapcsolat megadása a bemeneti és kimeneti kép képpontjainak koordinátái között, illetve azonosítási pontok (mindkét képen ugyanazt jelentő pontok) megadása.
2. A korrekciós összefüggés értelmezése - a korrekciós összefüggést inverz értelemben célszerű megállapítani, azaz úgy, hogy az összefüggés a kimeneti képpontokhoz tartozó bemeneti pozíciókat szolgáltassa.
3. A korrekció szervezése - a szokásos képtárolási formához igazodva, a kimenőkép koordinátarendszerében sorfolytonos adatkezelés használata.
4. Felületelemes közelítés

Kis tartományban (azaz lokálisan) a geometriai korrekciós összefüggések akkor is lineárisak, ha globálisan (a teljes képre vonatkozóan) nem azok. Ezért a korrekciót célszerű visszavezetni lineáris összefüggések alkalmazására.

Ez a visszavezetés úgy is történhet, hogy a globálisan nemlineáris transzformációt a kép diszjunkt részletekre (ún. felületelemekre) bontásával "rakjuk össze" úgy, hogy egy-egy ilyen részlet transzformációja a lehető legegyszerűbb legyen.

Újramintavételezés

A szakirodalomban a különböző újramintavételezési eljárások közül a **lineáris** mellett leggyakrabban a **legközelebbi szomszéd módszer** alkalmazására találhatunk példát. Igényes korrekciókhoz nem használják, mivel zavaró mintázatok (Moiré minták) megjelenéséhez vezet. A gyakorlatban az ún. **bilineáris** interpoláció alkalmazása is elterjedt. Ennek oka, hogy egyszerű számíthatósága még elfogadható minőségű eredménnyel párosul. A leginkább alkalmazott eljárás a **köbös** vagy "**bicubic**" interpolációs módszer, amely nem csupán a közvetlen szomszédos képpontokat használja fel a képtartalom rekonstrukciójához, hanem tizenkét "szomszédos" pontot is. Az eljárás ugyan számításigényes feladat, azonban a korszerű képfeldolgozó programok (Photoshop, Paint Shop Pro, stb.) mindegyike tartalmazza, mivel az egyik legjobb képminőség így érhető el.

Gyakorlatok a geometriai korrekció fejezethez

17. Gyakorlat:

Geometriai korrekció_Indít_Szín_fekete/fehér_Képforrás_Tesztkép_Rács_Transzformáció

A menüben felkínált lehetőségeket próbáljuk végig különböző paraméterekkel! Célszerű az output képet transzformáció előtt törölni, mivel az eredmény nem minden esetben tölti ki teljesen a képmező, és az egymásra írt eredmények zavaróan hatnak. Ismételjük meg a gyakorlatot a Kép2 és Kép1 képekre! Ez utóbbinál a Színt állítsuk RGB-re!

18. Gyakorlat:

Újramintavételezés_Indít_Szín_fekete/fehér_Képforrás_Módszer

Jelöljük ki egy negyed ablaknyi részletet az input képen, és próbáljuk ki a felkínált módszereket! Most jelöljük ki különböző méretű ablakokat az output képmezőben és újra próbáljuk ki az egyes módszereket! Ismételjük meg a gyakorlatot a Kép9-cel! Ekkor a Színt állítsuk RGB-re!

Ellenőrző kérdések

1. Mi a geometriai korrekció célja?
2. Mit tud a lineáris koordinátatranszformációról?
3. Mi a különbség a mintavételezés és az újramintavételezés között?
4. Hasonlítsa össze a legközelebbi szomszéd módszert, a bilineáris és a köbös interpoláción alapuló újramintavételezést!

6. Szegmentálás

A szegmentálás modellje

A szegmentálás célja az objektumok elkülönítése a számunkra érdektelen képrészekről (*háttértől*), vagy egymástól, de cél lehet adott objektum részleteinek elkülönítése is. A szegmentálás részfeladatai:

- azon tulajdonságok (**sajátságok**) megfogalmazása, amelyek eléggé jellemzőek ahhoz, hogy az elkülönítés alapját képezzék;
- a kép összes kis részletére (**képpontjára**) ezen sajátságok kinyerése;
- az e sajátságok alapján *hasonló* szomszédos képrészek összevonása;
- e foltok kezeléséhez a megfelelő segéd-adatok előállítása.

A szegmentálás eredményeként tehát olyan segédadatok állnak elő, amelyek megmondják, hogy a képtartalmat hogyan kell értelmezni. A szegmentálás folyamatát három részre lehet bontani:

1. **Definíció.** Előzetesen meg kell határozni minden olyan paramétert és módszert, amelynek a szegmentálás során szerepet játszik.
Sajátságvektorok. Néhány sajátság használatával definiáljuk azt a vektort, amely a feladat szempontjából *lényeges tulajdonságokat* tartalmazza. (A leggyakoribb sajátság a világosság- illetve színekód).
Távolságfüggvény. A szegmentálás a sajátságvektor értéke alapján hozott **döntés**en alapul, azt mérjük, hogy az adott sajátságvektor elegendően hasonlít-e a szomszédos sajátságvektorokhoz, s így közös foltba kell-e besorolni őket. A döntés alapjául egy **távolságfüggvény**-nyel (*metrikával*) mért **szegmentálási távolság** szolgál.
Döntésfüggvény(ek). A szegmentálás alapja a távolságfüggvényen alapuló **döntés**: az egymáshoz hasonló, és a képen is szomszédos képrészek lesznek egy foltba sorolva. A hasonlóság megfogalmazása az ún. **döntésfüggvény** segítségével történik.
Eredmény. A szegmentálás eredménye egy adatstruktúra.
Tanítók. Ha elő akarjuk írni, hogy az objektumok milyen tulajdonságú képelemekből, akkor előre definiáljuk az ún. **minta-sajátságvektorokat**, melyek a kívánt osztályokat jellemzik.
2. **Osztályozás.** Ebben a lépésben kiszámítjuk a sajátságvektorokat; valamint elvégezzük a besorolást: két képrészletet akkor sorolunk ugyanahhoz az objektumhoz, ha elég kicsi a **távolságuk**, illetve ugyanazon osztály valamelyik tanítójához vannak a legközelebb.

3. **Összefűzés.** Megkeressük az egyes osztályokba sorolt képrészecskék (képpontok) *összefüggő halmazait*, azaz a foltokat (*objektumokat*) alkotó tartományokat.

A szegmentálással foltokhoz, illetve élekhez jutunk, attól függően, hogy a figyelembe vett sajátságok hasonlósági, illetve különbözőségi jellemzőket mérnek-e.

Foltkeresés

A szegmentálás egyik alapvető módszere a **foltkeresés**: a **szomszédos és hasonló** képrészecskékből álló tartományokat keressük. A szegmentálás "jószágának" ismérve, hogy milyen mértékben teljesül a homogenitás. További kíváncsi vagyok, hogy a szomszédos tartományok jelentősen **különbözzenek** homogén sajátságaik tekintetében.

Globális foltkereső eljárások: A globális foltkereső eljárások általában a kép hisztogramján alapulnak. A vizsgált sajátság a **világosságkódok relatív gyakorisága**. Akkor kapunk jó eredményt, ha kevés, diszjunkt objektum található, közel homogén háttér előtt. Az ilyen kép hisztogramján jellegzetes **csúcsok** találhatóak, melyeket **völgyek** választanak el egymástól.

Lokális foltkereső eljárások: A lokális módszerek kis - általában 3x3, 5x5 képpontos - környezet figyelembevételén alapulnak. Az összefűzési módszerek a két szomszédos képpontot akkor kapcsolnak össze, ha távolságuk elegendően kicsi. A módszer egyszerűsége miatt gyors; de rendkívül érzékeny a képhibákra. A kombinált módszerek környezet-elemzést is végeznek.. A bonyolultabb területnövesztéses módszerek a még nem osztályozott pontokat a már kialakított, de még be nem fejezett tartományokhoz fűzik hozzá.. A „szétvágás és egyesítés módszere” során először részekre bontjuk az aktuális képszegmenst, majd egyesítjük azokat a szomszédos részeket, amelyek egymáshoz eléggé hasonlóak.

Foltelemezés

A szegmentálás eredményeként kialakult foltokat új szempontok (új sajátságvektor) szerint csoportosítjuk. Ilyen módszer a **mintaillesztés**, mely alakzatok közti *hasonlóság/eltérőség* elemzése alapján osztályoz. A legismertebb alkalmazása az **optikai karakterfelismerés (OCR)**.

Élkeresés

Ha a szegmentálás a különbségi jellemzők alapján történik, élkeresésről beszélünk. Bár a megtalált élek általában a foltok határolóvonalai is, az élkeresés a szegmentálás szempontjából jelentés nélküli vonalakat is eredményez. Az összetett élkeresésnek ezért a szükségtelen élek kiszűrése is feladata. Az „élkitűzés” során a pontokat két osztályba soroljuk: az élpontok lesznek az "értékes" pontok (amelyeket még egyszer végig kell nézni az élkorrekció érdekében), a többiek pedig a továbbiakban felesleges háttérpontok.

Élkorrekció

A képsajátságok elemzésével általában nem lehet kielégítő élképhez jutni. Szükség van az élpontok, illetve éldarabok egymáshoz viszonyított helyzetének vizsgálatára, az élkijelölés eredményének **korrekciójára**. Az élkorrekció célja a "hamis" élek eltüntetése, a szakadások összekötése, valamint a kontúrvonalak kisimítása. Az analitikus módszerek alapelve az, hogy az éleket a megtalált "élgyanús" pontokra illeszkedő digitális görbék segítségével alakítják ki. A „vonalvékonyítás” eredményeként a széles "élszalagok" egyetlen pont vastagságú élekké zsugorodnak össze, a folytonosság megtartása mellett.

Gyakorlat a szegmentálás fejezethez

19. Gyakorlat:

Átszínezés_Indít_Szín_fekete/fehér_Képforrás_Tesztkép_Kép2_
Átszínezőtábla_Identikus_Végrehajt_BW_Átszínezőtábla_Szintrevágás_
Végrehajt_BW

Mozgassuk addig az átviteli függvényt, amíg a „munkadarabról” a legtisztább képet kapjuk! Ismételjük meg a gyakorlatot Kép6-tal és próbáljuk a folyót elkülöníteni a kép többi részétől!

Ellenőrző kérdések

1. Mi a szegmentálás célja?
2. Mi a sajátság, illetve a sajátságvektor?
3. Mi a távolságfüggvény? Mi a döntésfüggvény?
4. Az osztályozás során mi történik?
5. Miben különböznek a lokális és a globális foltkereső eljárások?

7. Osztályozás

Az osztályozás modellje

Az **osztályozás** a kép felismerésének, megértésének fontos eszköze. A kép osztályozása során

- a képpontokat, kisszámú (összetartozó) képpont együttesét, illetve szegmentált alakzatokat kell tulajdonságaik alapján **felismerni, kategorizálni**, illetve megadott lehetőségek valamelyikébe **besorolni**, s ezzel
- létrehozni a kép magasabb szintű **leírását**.

Az alakfelismerés esetén a vizsgált **sajátság** ok a kép makroszerkezetét, *objektumait* jellemzik, s általában az előzetesen **szegmentált** képen alapulnak. A textúraelemzés során a vizsgált **sajátságok** a kép mikroszerkezetét (**textúráját**) írják le.. A képpontértékelés esetén a vizsgált **tulajdonság** maga a képpontérték(vektor), ami tehát lehet egy **világosságkód**, többsávós kép esetén az egyes spektrális összetevők vektora.

Az alakfelismerésnek és textúraelemzésnek a két lényegesen eltérő útja:

- A **statisztikus (döntéseméleti)** osztályozás valószínűségszámítási és matematikai statisztikai módszerekkel dolgozik.
- A **szintaktikus (strukturális)** módszerek ezzel szemben az objektumok, közti síkbeli (térbeli) összefüggéseken alapulnak. Módszerei között matematikai nyelvészeti módszerek szerepelnek.

Az osztályozás folyamatának következő fő lépéseit különböztetjük meg:

- A jellemző adatok (sajátságok) kinyerése valamennyi objektumra, illetve textúraelemre.
- A második lépés az objektumok besorolása az előre megadott, vagy menet közben kialakított osztályokba. A besorolás kritériuma a szóban forgó sajátságvektor hasonlósága valamelyik osztályéhoz, illetve különbözősége más osztályokétól.
- A harmadik lépés az eddigi eredmények alapján az (osztályozott) **képleírás** előállítása.

Statisztikus alakfelismerés

A statisztikus alakfelismerés matematikai statisztikai és valószínűségszámítási módszerek alkalmazásán alapul.

- Ha az osztályokról elegendő adat áll rendelkezésünkre ahhoz, hogy el tudjuk végezni az optimális osztályozást. Ekkor pl. a Bayes-féle döntési módszert alkalmazhatjuk.
- Az osztályokat csak egyes mintaelemeik, a tanítók révén ismerjük. Ezért nem biztos, hogy minden paraméterük egyértelműen adott, sőt, a tanítók halmazából álló *tananyagban* átfedések, vagy akár ellentmondásosak is lehetnek. Ekkor pl. a **távolságmérő-módszereket** alkalmazhatjuk .
- Ha az osztályokról *semmit sem tudunk* (sőt: legtöbbször még a számukat sem ismerjük), akkor a **klaszterezést** alkalmazhatjuk.

A statisztikus alakfelismerés alapját képező **sajátságvektor** azon lényeges adatokat tartalmazza, melyeknek hasonlósága, illetve különbözősége a besorolás eldöntéséhez felhasználható. Néhány gyakran használt (objektumleíró) jellemző: **kerület, terület, alaktényező** (terület/kerület), legnagyobb és legkisebb **átmérő, objektum képpontértékeinek statisztikája** (sávonkénti átlag). Minél több jól kiválasztott sajátságot használunk fel az osztályozáshoz, annál biztosabb eredményhez jutunk.

A **döntésfüggvény** azt határozza meg, hogy a sajátságvektor értékétől függően mi lesz a besorolás eredménye.

1. Ha a döntésfüggvény olyan, melynek hibája (azaz a hibás döntések száma) *a lehető legkisebb*, **Bayes-döntésről** beszélünk.
2. Az ún. **távolságmérő-módszerek** alkalmazása esetén a döntések a sajátságvektorok és a valamilyen módon előre kiválasztott mintavektorok *távolságának mérésén* alapulnak. Például a **legközelebbi szomszéd módszer** esetén egy objektumot akkor sorolunk az *i*-edik osztályba, ha a mintapontok közül a hozzá legközelebb eső pont az *i*-edik osztályhoz tartozik. A **doboz-módszer esetén** a tanítók sávonként megadott intenzitástománnyokkal jellemezhető "téglatestek"; a besorolás kritériuma a téglatestek valamelyikének belsejébe esés.

Klaszterezés

A **klaszterezésre** akkor kerül sor, ha olyan adathalmazt kell osztályoznunk, melyről semmilyen előzetes ismerettel nem rendelkezünk. A feladat az adatok olyan csoportosítása, aminek

eredményeként az egymáshoz hasonló adatok egyazon csoportba kerülnek, az egyes csoportok pedig elegendően különböznek egymástól.

A számos klaszterezési eljárás közül a következők a legfontosabbak:

1. **Hierarchikus módszerek:** minden lépésben vonjuk össze a két, egymáshoz legközelebbi klasztert mindaddig, amíg az előírt számú klaszterig nem jutunk.
2. **Klaszterezés célfüggvény alapján** Az osztályozás *jóságát* valamilyen célfüggvénnyel is mérhetjük. (Például azt mondhatjuk, hogy a klaszterezés akkor a legjobb, ha az egyes klaszterekbe sorolt elemek sajátvektorai és a klaszterközéppontokba mutató vektorok közötti távolságok négyzetösszege minimális.) A célfüggvény kiválasztása után az osztályozás során lényegében meg kell határozni a képelemek halmazának egy olyan felosztását, amely a célfüggvény kívánt szélsőértékét (maximumát vagy minimumát) szolgáltatja. Ezen a csoporton belül **iteratív módszerek-ről** beszélünk, ha az eredmény több lépésben (*iterációval*), a célfüggvénnyel szélsőértékének fokozatos közelítése mellett alakul ki. Az iteratív klaszterezés módszerei közül talán az **ISODATA-eljárás** a legismertebb.

Környezet figyelembevétele

A módszerek többsége ne használja ki azt az információt, amit a besorolandó szomszédos adatok közti összefüggés adhat, pedig a képeken az egyes adatok közt erős lehet az összefüggés. **Előfeldolgozás során** a sajátvektorban környezeti információt is figyelembe veszünk, s ezáltal a környezet befolyásoló hatása automatikusan érvényesül. Ilyen "globális" jellemző lehet például a környezet átlagos világosságkódja, vagy annak szórása. **Előszegmentálás esetén** az osztályozandó képrészt előzetesen szegmentáljuk, és a foltokat egyszerre soroljuk be valamelyik osztályba. **Utőfeldolgozás esetén az osztályozás után** vesszük figyelembe a környezetet.

Textúraelemzés

A lényegét kifejezi a következő meghatározás: a **textúra** statisztikusan ismétlődő (azonos vagy hasonló) *vonal-* illetve *területelemekből* felépülő, szabályos vagy véletlenszerű (*nonfiguratív*) **minta**. Lényeges, hogy a textúra-elemek elegendően kicsik ahhoz az alakzathoz képest, amelyet alkotnak. A textúra kis mintái önmagukban többnyire nem észlelhetők, csak az objektumról alkotott benyomásainkat határozzák

meg alapvetően. A látványt tehát nem egyedi tulajdonságaik, hanem *struktúrájuk, együttes előfordulásuk, rendezettségük* határozza meg. A textúra elemzésének objektumai a **textúraelemek**, a sajátságvektorok pedig a mikrostruktúrát jellemzik. A **texturális sajátságvektor-elemek** például a lokális statisztikai jellemzőkből képezhetők. Ilyenek pl. a *futási hosszak* (**futamhosszak**), melyek az azonos világosságkódú, szomszédos képpontok számát adják meg valamilyen irányban. A leggyakrabban használt "sajátságforrás" az **együttelőfordulási mátrix** (*co-occurrence matrix*), mely azt fejezi ki, hogy egy adott világosságkódú képponttól adott irányban és adott távolságra milyen relatív gyakorisággal találunk **ugyanolyan világosságkódot** a képen.

Gyakorlatok az osztályozás fejezethez

Ennél a funkciónál a program a képeket színes, 3 sávós képként kezeli!

20. Gyakorlat

Osztályozás_Indít_Képforrás_Tesztkép_Kép9_Módszer_Tanítóval-box_
Jelöljük ki egymás után négy mintaterületet (egy-egy ponttal) az input képen. Legyen az első minta a folyó, a második a bal felső sarokban látható vöröses mezőgazdasági tábla, a harmadik a mellette lévő élénkzöld tábla, a negyedik a barnás színű erdős terület! Ezután: Végrehajt. Vizsgáljuk meg az eredményt! Jelöljük ki több mintát!

21. Gyakorlat

Osztályozás_Indít_Képforrás_Tesztkép_Kép9_Módszer_
Tanítóval-legközelebbi szomszéd_

Jelöljük ki egymás után mintákat, mint az előző gyakorlatban. Ezután: Végrehajt. Vizsgáljuk meg az eredményt! Jelöljük ki több mintát! Hasonlítsuk össze az eredményeket a box módszerrel!

Ellenőrző kérdések

1. Mit jelent a digitális kép osztályozása?
2. Mi az alakfelismerés?
3. Mi a jellemző a Bayes-féle döntési módszerre?
4. Mi a jellemző a távolságmérő módszerekre?
5. Mi a jellemző a klaszterezésre?

8. Képkódolás és tömörítés

A képtömörítés iránti érdeklődés közel 30 éves múltra tekinthet vissza. A kezdeti időszak erőfeszítései elsősorban az analóg módszerekre korlátozódtak, melynek tipikus példája a képi jelekre vonatkozó sáv szélesség-csökkentése. A digitális képfeldolgozás terjedésével az érdeklődés eltolódott a **digitális képtömörítés** felé. Fontosságára nézve talán elegendő a **telefaxra**, **HDTV** szabványra vagy a **digitális kamerákra** gondolnunk, egyikük sem lenne elképzelhető digitális képtömörítés nélkül. A **telefax** a kétszintes képek igen hatékony **CCITT Gx (x=3 vagy 4)** kódolásán alapul. Az eljárás a fekete-fehér futamhosszakat kódolja. A HDTV szabvány a műsorszórásra jelenleg használatos TV közvetítési csatornakiosztás mellett teszi lehetővé a kb. hússzor akkora adatmennyiség átvitelét. Az egyes képek kódolása veszteséges transzformáción alapuló kódolással történik. A digitális kamerák elsősorban JPEG formátumban tárolják a képi és a felvétel körülményeit (expozíció, lencse, szerző, stb.) leíró adatokat.

A korszerű képbeviteli eszközök igen nagy adatmennyiség szolgáltatására alkalmasak. Bármely - 300 dpi - felbontású színes optikai lapolvasó, egy A4 méretű oldalról 25 Mbyte adatot szolgáltat. Napjaink a **multimédia** eszközök használata szintén elképzelhetetlen lenne a kép és a hang rögzítése terén egyaránt alkalmazott adattömörítés nélkül. A mindennapi élettől távolabbi területeken is igen nagy a képtömörítés jelentősége. Ilyen területek a katonai hírközlés, az űrtávközlés, vagy a videokonferencia. A **tömörítési arány** kifejezés az eredeti tömörítetlen és a tömörített képek fájl méreteinek arányát adja. Amennyiben az eredeti tömörítetlen képem mérete 480 kByte, a tömörített képfájl mérete 10 kByte, akkor a:

$$\text{Tömörítési_arány} = \frac{\text{Tömörítetlen_fájl_mérete}}{\text{Tömörített_fájl_mérete}} = \frac{480}{10} = 48:1$$

Redundanciák

Az **adattömörítés** kifejezés azt a folyamatot jelöli, mely bizonyos információt reprezentáló adatok mennyiségét csökkenti. Arra az adathalmazra, mely nem a legkisebb mennyiségű adattal jellemzi ugyanazt az információt, azt mondjuk, hogy **redundáns**.

A redundanciának három típusát különböztetjük meg:

1. Kódolási redundancia

Van egy olyan képünk, melyen a képpontértékek ábrázolása 1 byte-on történik. Ugyanakkor az ábrázolt képen összesen kétféle képpontérték található (pl. 0 – sötét, 255 - világos). Amennyiben a feketét továbbra is 0-val jelöljük, de a fehérhez ezentúl 1-et rendelünk, attól a kép nem változik meg, viszont egy-egy képpont tárolásához az 1 byte helyett 1 bit is elegendő lesz.

2. Képi redundancia

A kép többféle olyan belső összefüggéssel rendelkezhet, melynek kihasználása esetén az ábrázolásához kevesebb adat is elegendő. Példák:

- A képen csak azonos színű objektumok vannak homogén háttér előtt.
- Az egymás után következő képek csak kis mértékben különböznek.
- A képen szabályos alakzatok vannak.

3. Pszichovizuális redundancia

Az olyan információ, melyet a kép tartalmaz ugyan, de az emberi látás számára nem hordoz információt, felesleges. A felesleges információ megszüntetésével adattömörítés érhető el. Az előző két csoport módszerei nem eredményeztek információvesztést, addig a pszichovizuális redundancia kihasználása nem megfordítható. Példák:

- A képpontok ábrázolása 24 biten történik.
- A kép "kevés látnivalót" tartalmaz, túlzottan nagy "méretben".

A képek tömörítése a felsorolt redundanciák kihasználásán alapul.

Elvárások

Általában egy adattömörítési eljárástól a következőket várjuk el:

- legyen nagy hatékonyságú a tömörítési arányt illetően.
- az eljárás algoritmus legyen hatékonyan implementálható.
- illeszkedjen meglévő rendszerek kötött lehetőségeihez.

A képek tömörítése esetében a felsorolt általános elvárások kissé módosulhatnak. Például:

- az algoritmusok használják ki a képek speciális adatszerkezetét.
- az esetek jelentős részében megengedhető információvesztés.

Veszteségmentes tömörítés

A veszteségmentes képtömörítés lehetővé teszi, hogy a helyreállítás során az eredeti képpel tökéletesen azonos képet kapjunk vissza. Ez azt

jelenti, hogy a bemeneti és kimeneti kép összes képpontja azonos. Számos olyan alkalmazási terület van, amelynél a tömörítés során veszteség nem engedhető meg. Például az úrfelvételek, orvosi diagnózishoz szükséges röntgenfelvételek tömörítése. Felsorolás jelleggel (részletek a CD-n található) lássunk néhány példát a veszteségmentes képtömörítésre.

Változó hosszúságú kódolás Ebben az esetben a tömörítés kizárólag a kódolási redundancia csökkentésén alapul. A leggyakrabban használt - az ún. Huffman kódolás és az ún. aritmetikai kódolás.

Bit-sík kódolás Szintén a kódolási redundanciára épül, de már a képpontértékek közti korrelációt is kihasználja a **bit-sík** kódolás. Lényege: a bemenő képet kódolás előtt bontsuk annyi független képre, ahány bitesek a képpontértékei: minden kép egy-egy adott bitsík adatait tartalmazza. Az így kapott egybites képeket tömörítsük hatékony veszteségmentes eljárással.

Homogén foltok kódolása A túlnyomórészt nagy homogén foltokat tartalmazó kétszintes képek - vagy bitsíkok - hatékony tömörítésére használható. A eljárás eredménye **quad-tree** néven is ismeretes, mert lényegében a képpont-adathalmaz speciális fára való felfűzését írja elő.

Határolóvonal-kódolás A homogén foltok hatékony kódolásának másik megközelítése: kódoljuk a foltokat határoló vonalakat, és jelöljük ki azokat a zárt tartományokat, amelyek nem a háttérhez, hanem az objektumokhoz tartoznak. Többféle változat ismeretes, pl.: **1D** és **2D futamhossz kódolás**. Tipikus példa e módszerekre: **CCITT Gx** faxkódolás.

Kontúrkövetés Használjuk ki az objektumok határolóvonalainak pontjai közti szomszédsági összefüggést, azaz menjünk végig a határolóvonalon pontról-pontra. Egy adott határpontból a szomszédos pontba nyolcféleképpen juthatunk el, ami három biten kódolható. Ezek az ún. iránykódok.

Előrebecsléses kódolás Azon alapszik, hogy a kép közeli részletei között nagymértékű a korreláció, azaz a kép adott részlete alapján annak közeli környezete többé-kevésbé megbecsülhető.

Veszteséges tömörítés

A veszteséges képtömörítés értelemszerűen nem teszi lehetővé az eredeti képtartalom maradéktalan helyreállítását. A leggyakoribb elvárás a

látvány változatlansága, ami nem teszi szükségessé a képpontértékek pontról-pontra való azonosságát. A veszteséges eljárásokkal viszonylag nagy tömörítési arány érhető el, a megengedett minőségromlás mértékétől függően. Tipikus a 20:1, 30:1 arány, de ha csak a kép felismerhetősége a cél, a 100:1 arány is elérhető. Számos veszteséges tömörítési eljárás ismeretes; ezek két fő csoportba sorolhatók: előrebecslésen és a matematikai transzformáción alapuló módszerek.

Veszteséges előrebecsléses kódolás Az előző pontban ismertetett előrebecsléses módszer jó példa arra, hogyan lehet megengedni a veszteséget a kódolás során. A lényeg rendkívül tömören: csak akkor kerüljön az előrebecslés hibáját korrigáló adat a kódok közé, ha az előrebecsléssel elkövetett hiba egy bizonyos küszöböt meghalad. E küszöb értékének változtatása befolyásolja a helyreállítás hűségét, s egyben a tömörítési arányt.

Transzformációs kódolás olyan megfordítható lineáris transzformáció, mely a képet (illetve általában annak kisebb részleteit, az ún. blokkokat) transzformációs együtthatókra képezi le, melyeket kvantál majd kódol. A sokféle transzformációs eljárás közül (például: Karhunen-Loeve (KLT) transzformáció, diszkrét Fourier (DFT) transzformáció, Walsh-Hadamard (WHT) transzformáció, Fractal transzformáció, Wavelet transzformáció) a hatékonyság, használhatóság alapján lehet választani. Javasoljuk a Tisztelt Olvasónak, hogy a tömörítéshez kapcsolódó formátumok, a „Vizuális formátumok” fejezet áttekintését. További részletekről információ a CD két tananyagában /Képkódolás és tömörítés, Vizuális formátumok/ található.

Ellenőrző kérdések

1. Mi a különbség a kép tömörítése és a kép kicsinyítése között?
2. Milyen változást eredményez a kép veszteséges tömörítése?
3. Mely eszközökben használják a CCITT G3 tömörítési eljárást?
4. Hasonlítsa össze képtömörítési szempontból a redundanciákat!
5. Mit jelent a tömörítési arány?
6. Mi a veszteséges tömörítési eljárások két fő típusa?
7. Mekkora lenne a $800 \times 600 \times 24$ pixel²xbit felbontású videó, digitalizált változatának veszteségmentes adatfolyama /Mbyte/s-ban adjuk meg/?

9. Távérzékelés

Távérzékelés alkalmazásával két vagy háromdimenziós objektumok vizsgálhatók úgy, hogy az érzékelő eszközök nincsenek közvetlen kapcsolatban a vizsgálat tárgyával. Bár ennek az általánosan elfogadott definíciónak a mikroszkópi képfeldolgozás is eleget tesz, általában ha távérzékelésről beszélünk, akkor az űr- és légifelvételekre gondolunk. A műholdakon elhelyezett szenzorok a földfelszín különböző tárgyairól visszavert, illetve kisugározott elektromágneses energiát érzékelik, így ezek az adatok bizonyos feldolgozások után információforrásként szolgálnak a vizsgált objektumról.

Távérzékeléssel kapcsolatos alapfogalmak

A távérzékelésben az elektromágneses hullámokat leggyakrabban a hullámhosszukkal és az elektromágneses spektrumon belül elfoglalt helyükkel jellemezzük. A hullámhossz jellemzésére a mikrométert ($1 \mu\text{m} = 1 \times 10^{-6} \text{ m}$) használjuk. Az elektromágneses (EM) spektrum egyes tartományai (kozmosz, röntgen, ultraibolya, látható, infra, mikrohullám és rádió) nem választhatók szét élesen. A EM sugárzás 0-0,03 nm hullámhosszig terjedő tartománya a kozmosz és gamma tartomány. Ez fontos szerepet tölt be az Univerzumról alkotott elképzeléseink tisztázására. Gyakorlatilag a fizikusok és csillagászok „használják” csupán. A röntgen sugárzást (0,03 nm-3,0 nm), amely a földi életre általában káros, a légkör szinte teljesen elnyeli. Az ultraibolya sugárzás a teljes spektrum látható részének kék-ibolya színű végétől a kisebb hullámhosszú tartomány felé található (0,03-0,4 μm). **Az emberi szem érzékenysége a 0,4 és 0,7 μm közötti sávra terjed ki, ez a látható tartomány.** Ezen belül a kék 0,4-0,5 μm , a zöld 0,5-0,6 μm , a vörös 0,6-0,7 μm hullámhosszú. Szemünk és a fotótechnikában használt negatív- és diafilm érzékenysége az ilyen erősségű és hullámhosszú energiára, vagyis a látható tartományra van hangolva. A látható fény vörös végétől az infravörös tartomány három különböző tartománya található: közeli-infravörös (near-infrared-IR) 0,7 μm -tól 1,3 μm -ig, a középső infravörös (mid-infrared) 1,3-3 μm és a hőtartomány (thermal-infrared) 3 μm -100 μm . A 3 μm -es hullámhossz határvonal a visszavert és a kibocsátott infravörös sugarak között. Ez alatti hullámhosszakra a visszavert energia, míg fölötte a kibocsátott energia detektálása a jellemző. A spektrum következő tartománya (1 mm - 30

cm) képezi mikrohullámú sugárzást. Azon túl található a rádió tartomány (30 cm-től nagyobb hullámhosszú sugárzás). A legáltalánosabb érzékelő rendszerek a látható fény egy vagy több sávjával, infravörös sávokkal vagy mikrohullámokkal dolgoznak. A távérzékelés szempontjából nagyon fontos, hogy az infravörös tartományon belül csak a hőtartományú-infravörös sáv alkalmas a hőmennyiség direkt érzékelésére a másik két sáv, a közeli- és a közép-infravörös sáv nem.

A földfelszín átlagos hőmérséklete kb. 300 °K (27°C). A Wien-féle törvény szerint a maximális energiát a földfelszín a 9,7 µm-es hullámhosszon bocsátja ki, ez a termális infravörös csúcs. A Nap energiacsúcsa 0,5 µm hullámhossz közelében van. Bizonyos szenzorok, pl. a radarok, saját energiaforrásukkal pásztázzák a vizsgált felszínt. Az ilyen típusú rendszereket "aktív", a természetes sugárzást érzékelő rendszereket pedig "passzív" rendszereknek nevezzük.

Az atmoszféra távérzékelésre gyakorolt hatása függ a sugár által megtett út hosszától, a sugárzás energiájának nagyságától, az atmoszféra összetételétől, a részecskék nagyságától és a hullámhossztól. A távérzékelés szempontjából a szóródás és az elnyelés a két legfontosabb atmoszférikus hatás. Az **atmoszférikus szóródás** az atmoszférában megtalálható részecskék okozta hatás. Ha a részecskék (pl. nagyobb molekulák) átmérője sokkal kisebb, mint a sugárzás hullámhossza, a szóródást **Rayleigh-szóródásnak** nevezzük. A kék ég a Rayleigh-szóródás következménye. A másik típusú szóródás, az ún. **Mie-szóródás**, mely akkor lép fel, ha a kölcsönhatásba lépő részecske átmérője közel egyenlő a sugárzás hullámhosszával. A vízgőz és a por okoz Mie-szóródást. Nem elhanyagolható szóródás-típus a **nem-szelektív szóródás**, mely akkor jön létre, ha a részecske átmérője sokkal nagyobb, mint a vele kölcsönhatásba lépő sugárzás hullámhossza. A vízcseppek átmérője általában 5 és 100 µm között változik, így az átmérő nagyobb, mint a látható- és infravörös sugárzás hullámhossza. A kék, a zöld és a vörös fényt teljesen egyenlő mértékben szórják a vízcseppek, ezért fehér színű a felhő és a köd.

A szóródással ellentétben, az **atmoszférikus abszorpció** valódi energia-vesztést jelent. A vízgőznek, a széndioxidnak és az ózonnak van a legjelentősebb abszorpciós hatása. Ezek a gázok az elektromágneses energiát egyes hullámhossz-sávokban intenzíven vagy teljes egészében elnyelik. Így döntően befolyásolják azt, hogy mely spektrális sávokat

alkalmazhatjuk az adott távérzékelő rendszerekben. Azokat a tartományokat, melyekben az atmoszféra részlegesen vagy teljes egészében átengedi az elektromágneses energiát "atmoszférikus ablakoknak" nevezzük.

Az elektromágneses energia és a földfelszín találkozásakor, három alapvető energia-kölcsönhatást különböztetünk meg; a beérkező energia egy része visszaverődhet, elnyelődhet vagy/és elvezetődik. Az energiamegmaradás elve alapján igaz, hogy:

$$E_b(\lambda) = E_r(\lambda) + E_a(\lambda) + E_t(\lambda)$$

ahol

E_b a beérkező energiamennyiség,

E_r a reflektált (visszavert) energia,

E_a az abszorbeált (elnyelt) energia,

E_t a továbbított energia.

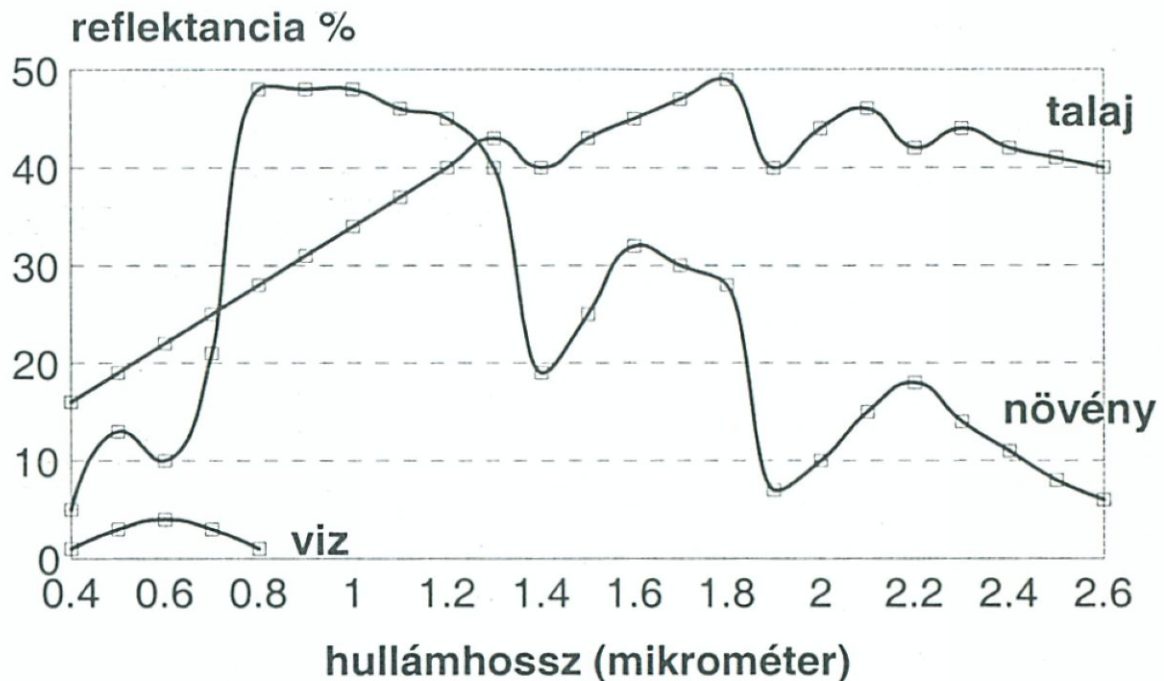
A visszavert, az elnyelt és a továbbított energia aránya változik a földfelszín különböző tárgyain, függ az anyag típusától, állapotától. Előfordulhat, hogy bizonyos növények teljesen hasonlóak egy spektrális tartományban, míg különbözőek egy másik sávban. A látható fény tartományában, ezeknek a spektrális variációknak az eredményei a színek. **Spektrális visszaverődési görbének** nevezzük egy objektumnak a hullámhossz függvényében kifejezett visszaverődési értékeit. Az egészséges zöld vegetáció, a talaj és a víz visszaverődési görbéje látható az alábbi ábrán. A görbék ezeknek a felszíni formáknak a fő jellegzetességeit mutatják, de ezeken belül jelentős eltérések vannak.

A spektrum látható tartományában jelentkező minimum a növény leveleiben található szintestekhez (pigmentekhez) kötődik. A klorofill erősen elnyeli a 0.45 és 0.67 μm közötti hullámhossz-tartomány energiáját. A növény levelei erősen abszorbeálják a kék és a vörös fényt, míg a zöld tartományban sugárzott energiát nagyon erősen visszaverik, ezért a szemünk az egészséges vegetációt zöld színben látja.

Ha egy növény valamilyen betegségben, vagy káros hatástól szenved, akkor lelassul a normális növekedése, ami a klorofill-tartalom csökkenésében is megnyilvánul. A kisebb klorofill mennyiség kisebb kék és vörös abszorpcióhoz vezet. Gyakran a vörös visszaverődés

növekedése úgy jelentkezik, hogy a növény a zöld és a vörös színek kombinációjaként sárga színű lesz.

Reflektancia görbék



A talaj reflexiós képességét a nedvességtartalma, a szerkezete (fizikai összetétele, a homok, iszap és az agyag aránya, stb.), a felszín egyenetlensége, vasoxid jelenléte és a szerves anyag tartalma határozza meg. Ennek megfelelően a különböző talajfajták reflektancia görbéje is eltérő. A talaj nedvességtartalma szoros kapcsolatban van a talaj fizikai összetételével. A víz spektrális visszaverődési tulajdonságai közül a legjellemzőbb az infravörös sávban fellépő energia abszorpció. Ez az infravörös abszorpció nemcsak nyílt vízfelületek (óceán, tengerek, tavak, folyók) esetén figyelhető meg, hanem a növényzetben és a talajban jelenlévő víz is hasonló elnyelést okoz.

Az EM sugárzást detektáló berendezések

A következőkben néhány példán keresztül bemutatjuk, hogy a távérzékelés esetén milyen jelforrások fordulhatnak elő, és azok milyen eltérő feladatok megoldására is alkalmazhatók. A felsorolás inkább ízelítőt fog adni, mintsem rendszerezett.

Hőkamerás képérzékelő rendszerek

A képérzékelő eszköz az elektromágneses hullámokat az infravörös tartományban érzékeli, ami lényegében a **hősugárzást** jelenti. A szokásos működési tartományok: 2-5 μm , illetve: 10-12 μm . A hőfelvételt az érzékelő felületére speciális optikával képezik le, amely e fenti hullámhossz-tartományban is megfelelően működik. A hőkamerás képérzékelő drága eszköz. A távérzékelésen túlmenően a leggyakoribb felhasználási területek: hőszigetelés, felmelegedés képi ellenőrzése; orvosi diagnózis elősegítése; égési folyamatok analízise.

Multispektrális képérzékelő rendszerek (szkennerek)

A műholdakon elhelyezett képérzékelő eszközök egyik igen fontos típusa a **multispektrális képérzékelő** (szkenner). Ennek legfontosabb jellemzője az, hogy nem egy hullámhossz-tartományban érzékeli az elektromágneses hullámokat, hanem több tartományban is rendelkezik érzékelőkkel. E tartományok nem csupán a látható tartományt, hanem pl. a közeli és távoli infravörös tartományt is tartalmazhatják.

Az alábbiakban felsorolás jelleggel ismertetjük napjaink korszerű és széles körben alkalmazott űrérzékelőinek alapvető jellemzőire. Az érzékelőkről részletek a CD Távérzékelés fejezetében, valamint az általuk készített felvételek a CD IMAGES/MUHOLD könyvtárában találhatóak:

- **LANDSAT 7 ETM+** - (CD – IMAGES\MUHOLD\LANDSAT).
- **IRS** - (CD – IMAGES\MUHOLD\IRS).
- **RADARSAT** - (CD – IMAGES\MUHOLD\SAR)
- **IKONOS** – (CD - IMAGES\MUHOLD\IKONOS)
- **SPOT** - (CD – IMAGES\MUHOLD\SPOT)
- **ENVISAT** - (CD – IMAGES\MUHOLD\ENVISAT)
- **METEOSAT** - (CD – IMAGES\MUHOLD\METEOSAT)
- **DAIS7915** - (CD – IMAGES\LEGIFEL\DAIS7915)

Ultrahang kamerák

A képalkotásra nagy frekvenciájú mechanikai rezgések terjedését, visszaverődését felhasználó eszközöket **ultrahang kamerának** nevezzük. A működés alapelve a felhasználási területtől függetlenül ugyanaz: a kamera meghatározott időpillanatban meghatározott erősségű, hullámhosszúságú, irányú és időtartamú ultrahanghullámot bocsát ki, majd a kibocsátás megszüntetése után vevőjével érzékeli a visszavert hullámok erősségét.

Radar

A képalkotás a kibocsátott mikrohullámú (azaz néhány centiméter hullámhosszúságú) sugarak visszaverődésének elemzésén alapul. A radar impulzusüzemű eszköz. A korábbi mechanikus kivitelű antennákat felváltották a sok kis antennából felépített ún. fázistolásos antennák.

Távérzékeléssel kapcsolatos alkalmazások

A távérzékeléssel kapcsolatos alkalmazásoknak négy nagyon fontos jellemzője van, nevezetesen:

- multispektrális képek alkalmazása,
- multitemporális feldolgozások,
- hatalmas adat mennyiség,
- egyéb információs rendszerekhez való kapcsolódás.

A **multispektrális képnek** nevezzük az olyan felvételeket, amelyek egyazon időpontban, ugyanarról a területről készültek, de eltérő spektrális sávokban. Alkalmazása csak a feldolgozás nagyon tudatos előkészítésével lehet eredményes. Általában két-három, maximum öt-hat sáv egyidejű alkalmazása elegendő egy adott feladatnál.

A vizsgálatok célja többnyire a változások nyomon követése, ezért a felvételek értékelésekor azonos területről különböző időpontban készített felvételeket használnak, ezt nevezik **multitemporális** feldolgozásnak.

Egy-egy távérzékeléssel kapcsolatos feladat megoldása a vizsgált terület nagyságától, a sávok számától és a felbontástól függően néhányszor tíz Megabájttól több száz vagy ezer Megabájtig terjedő képanyag feldolgozását jelenti.

A más információs rendszerekhez való kapcsolódás alapvetően két dolgot takar. Az egyik a távérzékeléssel kapott **képek transzformálása** valamilyen elfogadott térképi ábrázolásnak megfelelően, hiszen a kapott információkat, eredményeket csak így tudjuk felhasználni. A másik, hogy a távérzékeléssel kapott adatok kiértékeléséhez általában szükség van olyan **referenciaadatokra**, amelyek alapján az egyes spektrális reflektancia értékekhez hozzárendelhetők az adott felvételi körülmények között a tényleges felszíni jelenségek. Ezek az adatok a mintaterületeken végzett felszíni mérések eredményei.

A fentiek alapján elmondható, hogy a távérzékeléssel kapcsolatos feladatokban a digitális képfeldolgozás szinte teljes fegyvertárát felhasználják, de a különböző képjavítási, multispektális osztályozási és

geometriai transzformációs eljárások kiemelt szerepet kapnak, ezekben az alkalmazásokban.

Javasoljuk a CD-n található Távérzékelés fejezet áttekintését, ahol a kapcsolódó legfontosabb alkalmazási területek kerülnek bemutatásra valamint egy professzionális képfeldolgozó szoftver (LEICA IMAGINE) legfontosabb elemeit találhatjuk számos képpel kiegészítve.

Ellenőrző kérdések

1. Mit nevezünk távérzékelésnek?
2. Ismertesse a legfontosabb atmoszférikus hatásokat!
3. Mit nevezünk reflektancia-görbének? Miért különíthetők el az egészséges ill. beteg növénykultúrák?
4. Ismertesse a leggyakoribb sugárzás detektáló rendszerek jellemzőit!
5. Melyek az alapvető tulajdonságai a LANDSAT, IKONOS, SPOT, IRS, RADARSAT, ENVISAT és METEOSAT rendszereknek?
6. Mit tud a DAIS7915-ről?
7. Mit jelent a multitemporális feldolgozás?
8. Milyen képfeldolgozási és térinformatikai elemeket tartalmazhat egy képfeldolgozó szoftver rendszer (pl. LEICA IMAGINE)?

10. Orvosi alkalmazások

Képkalkotó berendezések képeinek javítása

Az évtizedek óta alkalmazott röntgenfelvételek mellett ma már számos olyan berendezés segíti a diagnózis felállítását és a gyógyítást, amelyek valamilyen elektromágneses vagy igen gyenge radioaktív sugárzást bocsátanak ki, és az ember belső szerveiről visszaverődő jelekből képet alkotnak. Ilyen például a Computer Tomográf, a különböző ultrahangos berendezések, a szcintillációs kamera, az NMR berendezés. Ezeknél a berendezéseknél az első feladat a képrekonstrukció, ami szorosan összefügg magának a berendezésnek a működési elvével, így ezt a feladatot maga a műszergyártó oldja meg, és általában a megoldást nem publikálja, más képfeldolgozó berendezés hozzáillesztését nem támogatja. A különböző képkalkotó rendszereknél - a **képrekonstrukciótól** eltekintve - alapvető feladat a **kép minőségének javítása** és a **képek tárolása**. A kép az esetek többségében monokróm, színek legfeljebb álszínes megjelenítésként, egyes jelenségek kiemelésére szolgálnak. Az értékelés a szürkeségi fokozatokban való eltéréseken alapul, ezért a különböző kontraszt fokozó eljárásoknak van jelentős szerepe. Tekintettel arra, hogy a kiértékelés szempontjából érdekes részek denzitás értékei a környezetüktől általában igen kis mértékben különböznek, és az orvosi szempontból érdekes eltérések igen nehezen algoritmizálhatók, ezért automatikus értékelő rendszerek ezen a területen még nem léteznek, a képfeldolgozás feladata az értékelő számára a kiértékelés megkönnyítése. Jelentős szerepe van még a méréseknek, ugyanis objektív adatok kaphatók az ember belső szerveiről (pl. ultrahangos vizsgálatok). Többnyire ezek a mérések nem automatikusak, hanem a vizsgálatot végző orvos jelöli ki a mérendő távolságot vagy átmérőt. A képtárolásnál nagy szerep jut a képtömörítési eljárásoknak. Mindig nehéz döntés, hogy minőségromlást megengedjünk-e vagy sem a tömörítés során, a későbbi felhasználás módjától függ, melyik utat válasszuk. Talán itt érdemes megemlíteni, hogy a különböző orvosi képkalkotó berendezések képeinek egységes kezelése komoly kihívást jelent. Gondoljunk arra, hogy ma már egyre inkább általánossá válik egy-egy kórházon belül integrált szoftverrendszerek alkalmazása számítógépes hálózaton. Ezekben a

rendszerekben a különböző helyeken és különböző műszereken keletkező képeket is egységesen kell kezelni. Megoldást a ma már szabványnak tekinthető - DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) - előírások és ajánlások alkalmazása jelentett. A DICOM olyan felületeket és protokollokat ír elő, amelyek betartásával a legkülönbözőbb berendezések együtt tudnak működni, beleértve a képek átadását és fogadását is.

Kéпкиértékelési feladatok

A mikroszkóp megjelenésétől fogva az orvosok vizsgálati eszköze. A mikroszkópi vizsgálatok lehetőségeit megsokszorozhatjuk a számítógépes képfeldolgozás segítségével, de nem mikroszkópi képek értékelésében is segítséget nyújt a képfeldolgozás. Itt érdemes felhívni a figyelmet a mikroszkóp és a videokamera vagy digitális fényképezőgép korrekt illesztésének fontosságára. Ahhoz, hogy a mikroszkóp képét számítógéppel feldolgozzuk, a mikroszkópnak kamera csatlakozási lehetőséggel kell rendelkeznie. Ugyanazt az optikai megoldást kell használni, mint a mikroszkópi kép fényképezésénél, de tisztában kell lenni azzal, hogy a hagyományos fényképezőgéphez, a különböző videokamerákhoz és digitális fényképezőgépekhez különböző közdarabok szükségesek. Gondos mérlegelést igényel a videokamera és a digitális fényképezőgép közötti választás is. A digitális kamerák felbontása ma már jóval meghaladja a videokamera és digitalizáló kártya kombinációval elérhető felbontást, viszont a képbeviteli és a feldolgozási idő a videokamera esetén rövidebb.

Mikroszkópi képek kiértékelésénél az esetek jelentős részében a képen látható objektumoknak csak egy része (pl. a sejtmag) érdekes az adott vizsgálat szempontjából. Ilyenkor egyszerűbb vagy bonyolultabb **szegmentálási eljárásokkal** a számunkra érdekes objektumok elválaszthatók a háttértől. Az egyes objektumok jellemzőinek mérése korábban nem, vagy csak nagyon körülményes módon volt lehetséges. A terület mérése például úgy történt, hogy lefényképezték a mikroszkópban látható képet, majd a képre helyezett milliméterpapíron számolták le a fedett terület nagyságát, vagy a mérendő területeket kivágták, és mérleggen mérték meg a súlyát, majd ebből következtettek a területre. Képfeldolgozó rendszerrel a területen kívül a vizsgált objektum számos jellemzője (kerület, minimális átmérő, maximális átmérő,

szimmetriatényező, stb.) meghatározható. Az esetek többségében a vizsgálathoz nem egyetlen objektum, hanem statisztikailag értékelhető számú objektum valamely jellemzőjének mérésére van szükség. Ez gyakorlatilag csak számítógéppel valósítható meg. Egy képen az egyes objektumok jellemzői sorban lemérhetők és az egymás után következő képeken található objektumokra vonatkozó eredmények halmozottan tárolhatók. Az **objektumok jellemzőik szerint osztályozhatók**. Mikroszkópi vizsgálatoknál általában több száz objektumra vonatkozó mérési eredmény statisztikája a döntés alapja. Nem az a lényeges például, hogy egy vagy két sejt szimmetria tényezője eltér a normálistól, hanem az, hogy a normális és eltérő sejtek eloszlása milyen képet mutat. Ezért felbecsülhetetlen a **nagy tömegű mérés és a statisztikai kiértékelés** lehetősége, hiszen olyan vizsgálati módszereket tesz lehetővé, amelyek egyébként nem lennének megoldhatók. Egyes esetekben (pl. bizonyos vizeletvizsgálati módszerek) a **képfeldolgozáson alapuló teljes laboratóriumi automatikus kiértékelés** megvalósítható. Ilyenkor a minta behelyezését, mikroszkóp tárgyasztalának a mozgatását, a fókuszlást is a számítógép végzi a képfeldolgozási és az eredmény jegyzőkönyvezési feladatokkal együtt. Ezek a műszerek a nagy tömegű szűrővizsgálatok szempontjából fontosak. A patológiai gyakorlatban nagy szerepe van a korábbi szövettani vizsgálatok eredményeivel való összehasonlításnak. A patológus az agyában lévő "képadatbázisban" keresi a mintákat, amelyekkel a vizsgált képet összehasonlítja. Ritkán előforduló kóros eseteknél, illetve kevésbé gyakorlott patológus számára felbecsülhetetlen egy olyan képadatbázis, amelyben megfelelő mintákat találhat a vizsgálatot végző orvos. Napjainkban egyre inkább **számítógépes képadatbázisokat** használnak. Az elmúlt időszakban egyre inkább előtérbe kerül a távdiagnózis, illetve a tele-konzílium.

Ellenőrző kérdések

1. Soroljon fel néhány orvosi műszert, amely képet állít elő!
2. Milyen előnyei vannak a számítógépes képarchiválásnak az orvosi gyakorlatban?
3. Milyen feladatokat lehet számítógéppel megoldani a mikroszkópi vizsgálatoknál?
4. Milyen előnyei vannak a számítógépes képfeldolgozásnak a mikroszkópi vizsgálatok során?

11. Ipari képfeldolgozó rendszerek

Ipari képfeldolgozó rendszerek alatt a gyártás során végzett minőségellenőrzést, és a képi ellenőrzésen alapuló vezérlést végző rendszereket értünk. A gyártás közbeni minőségellenőrzés előnye a gyorsaság, a termelés dokumentálása, megbízhatóság, objektivitás. Alkalmazásuk a gyártás költségeit is csökkenti, hiszen a hibás darabok kiválasztása menet közben megtörténik, így a technológiai folyamat későbbi fázisaiban történő ráfordítások már nem jelentkezők. Általában alapvető elvárás az ipari képfeldolgozó rendszereknél:

- a real-time feldolgozás,
- az adott ipari alkalmazáshoz illeszkedő pontosság,
- a mérések reprodukálhatósága, dokumentálása,
- az ipari környezetben való alkalmazhatóság,
- a vezérlési, visszacsatolási funkciók biztosítása,
- a nagy megbízhatóság.

Az alábbiakban ezeket az elvárásokat és ezekkel kapcsolatos megoldásokat részletezzük, alkalmazási példákat a CD lemez tartalmaz.

Az ipari alkalmazásoknál alapvető követelmény, hogy a gyártás folyamatát ne lassítsa le a beiktatott képfeldolgozó rendszer. A **real-time feldolgozás** ebben az esetben azt jelenti, hogy a mérési, képelemzési és ezekhez kapcsolódó vezérlési funkciók végrehajtási idejének (beleértve esetleg mechanikai, pneumatikus mozgások elvégzését) a gyártósor sebességével összhangba kell lennie. Ez az idő alkalmazásonként változik, de az időkorlát a rendszer fejlesztése szempontjából többnyire kritikus tényező. Ebből a követelményből adódik, hogy általában ad hoc megoldásokat kell keresni, és maximálisan ki kell használni a konkrét feladatból adódó könnyítési, egyszerűsítési lehetőségeket. Többnyire a teljes kép feldolgozására nincs idő, ezért csak az előzetesen kijelölt vizsgálati helyeken (angol terminológiából átvett kifejezéssel - Region Of Interest = ROI) végezzük el a vizsgálatot. Szerencsére a gyártósoroknál általában a munkadarabok mozgása bizonyos tűréshatáron belül meghatározott, és a technológiai folyamatok jelentős részében a munkadarab rövid időre történő megállítása sem okoz gondot. Léteznek olyan feladatok is, ahol nem, vagy csak bizonyos korlátok között valósítható meg a vizsgált objektumok jól pozícionált mozgása. Erre jó példa a gyümölcs vagy egyéb mezőgazdasági termény minőségi

osztályozása méret, szín, alak vagy egyéb jellemzők szerint. Ezekben az esetekben a folyamatosan mozgó darabok azonosítását is meg kell oldani az egyéb paraméterek mérése mellett.

További csoportot alkotnak a folyamatos vizsgálatot igénylő alkalmazások, mint például a szövetgyártás közben történő minőségellenőrzés. Ekkor nem jól definiált egyedi darabokat kell vizsgálni, hanem a folyamatosan mozgó, adott szélességű anyagban a szövési hibákat kell megtalálni. Ilyen feladatoknál általában vonal kamerákat alkalmaznak, amelyek egyetlen, esetenként több ezer elemből álló CCD érzékelők. Az érzékelő sor előtt egyenletes sebességgel elhaladó minta soronkénti értékelését kell megoldani, a mozgás irányában végtelen képen.

Az ipari rendszerekben meghatározó fontosságú kérdés a **mérési pontosság**. Az elvárt pontosság adódik a technológiai előírásokból, a másik oldalon - a sebesség és költség elvárások miatt - többnyire adott a TV kamera+digitalizáló kártya kombináció alkalmazása. Ezek geometriai felbontása a TV rendszer sajátosságából fakadóan korlátozott, így a tényleges fizikai méret és a mért objektum pixelekben kifejezhető méretei közötti viszonyt az alkalmazott optikai rendszer (a kamerára szerelt objektív) határozza meg. Ebből következik, hogy ha abszolút méreteit tekintve kis tárgyakat mérünk, akkor erős nagyítást biztosító optikát kell alkalmazni. Problémát az okoz, ha az elvárt pontosság és a munkadarab méretei között több nagyságrend eltérés van, mivel ebben az esetben a tárgy nem fér bele a látómezőbe, ha a tűréshatárnak megfelelő nagyítást esetén. A probléma megoldását jelentheti, ha több kamerát alkalmazunk, és külön vizsgáljuk az egyes mérési pozíciókat.

A mérések pontosságához, de egyben a **mérések reprodukálhatóságához** kapcsolódik az ipari rendszerek **kalibrációja**. A kalibrálás a rendszer hitelesítését jelenti etalon tárgyak elhelyezésével, és annak megállapításával, hogy egy-egy pixel az adott rendszerben milyen fizikai méreteket reprezentál. Ez az adott rendszer összes komponensének paramétereitől és beállításától függ (kamera, digitalizáló kártya, objektív, megvilágítás, szoftver, algoritmusok, stb.), ezért a rendszer bármelyik elemének megváltoztatásakor a kalibrálást újra el kell végezni, és az adott gyártási-mérési folyamat során az állandóságukat biztosítani kell.

A reprodukálhatóság érdekében a kalibrációs adatokat **dokumentálni** kell. Ezen túlmenően gyakran elvárás az ipari rendszereknél, hogy a mérési folyamat eredményeit naplózza a rendszer, a gyártási technológia szempontjából fontos adatokat tárolja, szükség szerint kinyomtassa. Ez a típusú **dokumentálhatóság** nem képfeldolgozási, hanem hagyományos adat-feldolgozási feladatokat jelent.

Az **ipari környezetben való alkalmazhatóság** nem képfeldolgozási probléma, de a tervezéskor nem hagyható figyelmen kívül, hogy esetleg a műszerekre káros, vagy a mérést zavaró környezetben (por, rázás, pára stb.) kell telepíteni a rendszert.

A **vezérlési, visszacsatolási funkciók** megteremtése a szokásos vezérlő rendszereknél alkalmazott csatoló kártyák és szabványosított interfészek alkalmazását jelenti.

A **nagy megbízhatóság** két vonatkozásban is érthető elvárás az ipari képfeldolgozó rendszereknél. Egyrészt a hibás felismerés rossz döntést eredményez, aminek a hatására a hibás munkadarab a gyártási folyamatban marad, így további költséges munkafázisokat hajtanak végre rajta, és a végtermék selejt lesz. Más vonatkozásban elvárás a rendszerrel szemben, hogy a rendszer meghibásodása és az ebből fakadó leállás minimális legyen.

Végezetül megemlítjük, hogy képfeldolgozási oldalról az ipari alkalmazások többsége viszonylag egyszerű feladatot jelent (pl. adott pozícióban alkatrész megléte vagy hiánya, méretek ellenőrzése), ezért több, u.n. intelligens kamera rendszert is kifejlesztettek. Ezek a kamerák egy számítógépet is tartalmaznak a leggyakoribb feladatok megoldására alkalmas, felhasználói szinten beállítható szoftverrel.

Ellenőrző kérdések

1. Milyen speciális elvárások merülnek fel ipari képfeldolgozó rendszereknél?
2. Mit jelent a real-time feldolgozás az ipari képfeldolgozásban?
3. Soroljon fel néhány megoldást a mérési pontosság fokozására!
4. Mi a célja a kalibrációnak?
5. Milyen körülményeket kell figyelembe venni a mérés reprodukálhatósága érdekében?

12. Mezőgazdasági alkalmazások

A mezőgazdaságban folyó kutatások során alkalmazott mérési és kiértékelési módszerek gyakran pontatlanul, esetleg szubjektív ítéleteket is tartalmazó módon végezhetőek el. Mindez a kapott eredményeket bizonytalanná teheti, esetleg további kísérleteket igényelhet. Nagyon sok feladat a természetes környezet gyakori megváltoztatását teszi szükségessé. A kutatók előtt problémaként vetődik fel az a kérdés is, hogy a növényekről vizuálisan nyert információkat hogyan lehet számszerűsíteni. Mindez az esetek többségében hosszú idő (hónapok, esetleg évek) kitartó munkáját és jelentős anyagi költségeket kíván. A kísérletek kiértékelésének matematikai alapjai régóta ismertek. Ha a képfeldolgozás mezőgazdasági alkalmazásait akarjuk felsorolni, esetleg csoportosítani, igen nehéz feladatot vállalunk magunkra, miután nagyon szerteágazó és nagyon eltérő jellegű alkalmazásokkal találkozunk. Csak példaként utalunk arra, hogy az állattenyésztés is a mezőgazdasághoz tartozik, és ezen belül az állatgyógyászat a humán gyógyászatnál alkalmazott teljes technikai arzenált, így a képfeldolgozó rendszereket tartalmazó műszereket is felhasználja munkája során. Gondoljunk bele, hogy a távérzékelési alkalmazások igen nagy hányadát teszik ki a mezőgazdasági felhasználások, ebben a vonatkozásban tehát elegendő utalni az ott leírtakra.

Ha tovább vizsgálódunk, akkor megállapíthatjuk, hogy az egyéb alkalmazások lényegében két nagy csoportra oszthatók, az egyik a mikroszkóp közbeiktatásával vagy közvetlen videokamerával felvett és digitalizált képek kutatási, vagy minőség vizsgálati célú értékelése, a másik az ipari jellegű alkalmazások köre. Mindkét témakörrel volt már szó ezért a továbbiakban megpróbáljuk megfogalmazni, és néhány példával megvilágítani azokat a jellegzetességeket, amelyek eltérést mutatnak a korábbiakhoz képest. Összefoglalásként megállapíthatjuk, hogy a mezőgazdasági alkalmazások szétválasztása az alábbi szempontok alapján tehető meg:

1. **A feladat eredete alapján:** Növényi, Állati, Mindkét
2. **A képfeldolgozási feladat alapján:** Képelemzési, Osztályozási-alakfelismerési vagy Mesterséges látórendszeri feladat
3. **A folyamat időbeli lefolyása alapján:** Állandó vagy Változó
4. **A folyamatról készült vizuális információ alapján:** Állóképek, Mozgóképek, Álló- és mozgóképek feldolgozása

5. **A folyamat térbeli kiterjedése alapján:** Mikro (pl. mikroszkópi feldolgozások), Makro (pl. digitális kamerával készült lokális terepi felvételek), Globális (légi- és űrfelvételek)

Képelemzési feladatok

A digitális képelemző rendszereket többnyire kutatási vagy minősítési feladatokra alkalmazzuk. Ha a különböző alkalmazásokat áttekintjük, megállapíthatjuk, hogy a mezőgazdaság területein, más alkalmazási területekhez képest gyakrabban van szükség: szín információ felhasználására és háromdimenziós objektumok vizsgálatára. Nézzünk egy példát. Egy előkészített (pl. mosott gyökér, kiválasztott felvételezési irány, mikroszkópi metszet, stb.) **objektumról** kamera segítségével készítünk felvételeket. Ekkor a következőket célszerű figyelembe venni:

- A felvételezés során mindig készítsünk **referencia felvételt**.
- A zavaró képrészeket próbáljuk meg már felvételezéskor kiküszöbölni vagy csökkenteni.
- A megvilágítás megfelelő erősségű és közel homogén legyen.
- A TV kamerával készített képek széleinél fellépő hibák (shading) kiküszöbölése érdekében igyekezzünk az értékes információkat a lineáris érzékelési tartományban, a kép középpontjában elhelyezni.
- Az objektum(ok) részei, részletei könnyen elkülöníthetők, egyértelműek, a feldolgozási célnak megfelelőek legyenek.
- A felvételezéskor megfelelő lencsét használjunk.

Mikroszkóppal készített felvételek során a kamera CCD érzékelője közvetlenül a mikroszkóp lencserendszere által leképezett képet érzékeli. Itt is problémát okozhat a fehér- és **színegyensúly** helyes beállítása. A felvételek készítésekor kamerához illesztett mikro-közdarabot és megfelelő szemlencsét használhatunk. A nagyítás mértékét, feladattól és az alkalmazott objektívek nagyságától függően választhatjuk meg. A jó képfelvétel alapvető a feldolgozás eredményessége szempontjából. A további feldolgozás szempontjából elmondható, hogy bár a szokásos képelemzési eljárások többsége használható ezen a területen, de sokszor van szükség egyedi megoldásokra is. Továbbiakban néhány konkrét alkalmazást sorolunk fel röviden.

- Vetőmagvizsgálat, fajtaazonosítás, növekedésdinamikai vizsgálat
- Rovarok által okozott levél területi veszteség meghatározása.
- Különféle magvak elkülönítése 2D képeken.

- Növényi szövetek degradációjának meghatározása.
- Kórokozó gombák számítógépes felismerése.

A CD "Mezőgazdasági alkalmazások" fejezetében további érdekességek és információk találhatóak az alábbi témaköröket illetően:

- A szubjektív emberi ítéletek minimalizálása a méréseknél
- Képekkel illusztrált feldolgozási példák
- Alkalmazási lehetőségek

Ipari jellegű alkalmazások

A mezőgazdasághoz sorolható élelmiszeripar területén az alkalmazások jelentős része semmiben sem különbözik más ipari rendszerektől. A képfeldolgozó rendszer szempontjából teljesen közömbös, hogy valamilyen élelmiszer vagy gyógyszer csomagolásán elhelyezett címke vagy felirat meglététét és olvashatóságát ellenőrzi. Léteznek azonban jellegzetesen mezőgazdasággal kapcsolatos feladatok, amelyek a képfeldolgozási eljárások szempontjából eltérő megközelítést igényelnek. A élelmiszeriparban jelentkező osztályozási, minősítési feladatoknál például a méret és alak meghatározás annyiban tér el a megszokottól, hogy a **háromdimenziós "munkadarabon"** (alma, uborka, burgonya stb.) nem jelölhetők ki sík felületek a mérés elvégzéséhez, hanem az árnyékhatásokkal torzított felület kétdimenziós vetületi képén kell a mérést elvégezni. További problémát okoz, hogy nem biztosítható a mérendő objektumok pozicionálása. Ezekben a rendszerekben többnyire a **szín információt** is fel kell használni az értékelés során (érettségi állapot, károsodások). A nehézségek ellenére léteznek képfeldolgozó rendszerek uborka, burgonya, gyümölcs és más mezőgazdasági termények osztályozására.

Ellenőrző kérdések

1. Miben jelent segítséget a digitális képfeldolgozás a mezőgazdasági kísérletek értékelésénél?
2. Milyen alkalmazási területeket ismer?
3. Mire érdemes figyelni digitális képek készítésénél?
4. Milyen csoportosítási szempontokat ismer a mezőgazdasági felhasználások esetén?
5. Mi jellemző a mezőgazdaságban használt képfeldolgozási technikákra?

13. Irodai alkalmazások

Az irodai alkalmazások és képfeldolgozás az 1980-as évek közepéig két egymástól teljesen eltérő világot jelentettek. Ebben az időszakban jelentek meg azok az eszközök, amelyek lehetővé tették, hogy képfeldolgozási megoldásokat alkalmazzanak az irodaautomatizálás területén. Divatba jött a papírmentes iroda jelszó, amely azt tűzte ki célul, hogy a dokumentumokat elektronikus úton állítsák elő, tárolják és osszák szét a felhasználók között. Ez működött is abban az esetben, ha minden dokumentum számítógépes úton keletkezett, de problémát jelentett a korábbi, vagy más felhasználótól érkező, papíron lévő dokumentumok rendszerbe való bevitele és felhasználása. A szkennerek megjelenése a dokumentumok képszerű bevitelét megoldotta, és a karakterfelismerő programok a másik problémára, nevezetesen a képformátumú dokumentumok karakteres formába történő átalakítására is megoldást kínáltak. Képfeldolgozási szempontból az irodai alkalmazásnak két vonzata van, az egyik a dokumentumok képi formában történő archiválása, a másik a karakterek felismerése.

Dokumentumarchiválás

A dokumentum archiválás során nagymennyiségű dokumentumot (befizetési bizonylatot, számlát stb.) kell képként tárolni, illetve visszanyerni. E feladatok elvégzéséhez gyors szkennereket illetve nagy tárolókat használnak. Az alkalmazások egy részénél valójában nem kell, sőt nem is szabad ezeket a dokumentumokat megváltoztatni, hiszen az archiválás célja éppen a dokumentumok hosszú időre történő megőrzése és rendezett formában történő tárolása. Ezekben az esetekben az azonosító adatokat billentyűzetről viszik be a számítógépbe, és a visszakeresés ezek alapján történhet. Ekkor képfeldolgozás szempontjából egyetlen feladat jó képtömörítési eljárás kiválasztása és alkalmazása (részletesen ezzel a témakörrel a 16. fejezetben foglalkozunk). Miután itt csak a dokumentum képszerű megjelenítése a cél, ezért az esetek többségében veszteséges képtömörítési eljárások alkalmazása megengedhető. Miután a többi összes probléma nem képfeldolgozással kapcsolatos, ezért ezzel a témával a továbbiakban nem foglalkozunk.

Karakterfelismerés

Abban az esetben, ha a digitalizált dokumentum további feldolgozására is szükség van, akkor meg kell oldani a karakterek felismerését, és a dokumentum karakteres formába transzformálását. Ezt követően lehetőség van könyvek, gépelt szövegek, faxok újraserkesztésére, táblázatok készítésére, kiértékelésére. A karakterfelismerés egyszerűbb változata az adatlapok feldolgozása. Statisztikai felmérések, kérdőívek kiértékelésekor előre kinyomtatott űrlapokon, meghatározott helyre nyomtatott négyzeteket kell megjelölni. Egy alkalmas program az illető négyzet helyének ismeretében felismeri, hogy van-e rajta jelzés vagy nincs. Ilyen elven működnek a gépi lottószelvény értékelések, népszámláláskor, választáskor, közvélemény-kutatáshoz készített kérdőív kiértékelések. A karakterfelismerés legnehezebb – a mai napig általánosan meg nem oldott – esete a kézzel írt szövegek felismerése, bár speciális esetekre már léteznek megbízható rendszerek (pl. a postai levélirányítás). Megemlítjük hogy, különböző felhasználási területekre egymástól eltérő karakterfelismerési megoldásokat alkalmaznak (például a rendszámfelismerésről a következő fejezetben lesz szó). Ebben a fejezetben, a továbbiakban kifejezetten az irodai alkalmazásokban elterjedt karakterfelismerő programokról lesz szó. A kinyomtatott vagy papírra írott szövegek digitális úton történő felismeréséhez az alábbi eszközökre van szükség:

- számítógép (személyi számítógép),
- lapolvasó szkener (általában síkágvas) és
- OCR (Optical Character Recognition) program.

Tekintsük át az optikai karakterfelismerés egy lehetséges folyamatát:

1. A felismerés tárgyát képező nyomtatott vagy írott szöveget a legjobb minőség elérése érdekében lapolvasó szkennelrel digitalizáljuk. Eredményül egy bittérképes képet kapunk.
2. A következő lépésben elkülönítjük az egyes leendő karaktereknek megfelelő képrészeket. Eredményül egy bittérképes karakter mátrixot kapunk.
3. Az előfeldolgozás során, eltávolítjuk vagy megpróbáljuk redukálni a számunkra zavaró komponenseket (zaj, üres részek, nem felismerendő részek, stb.).
4. Az egyes mátrixokat normalizáljuk, azaz megfelelő méretre, pozícióra, elhelyezkedésre, stb. transzformáljuk.

5. A kapott normalizált képen meghatározzuk a felismeréshez szükséges jellemzőket (pl. kétdimenziós morfológiai paraméterek, textúrák, logikai kapcsolatok, stb.). Eredményül olyan halmazt kapunk, amely kapcsolatokat, paramétereket, függvényeket tartalmaz.
6. Végül egy adatbázissal történő összehasonlítás alapján megpróbáljuk felismerni (osztályozással) a karaktereket.

A folyamat végrehajtását számos probléma nehezíti, korlátozza:

- Eredeti nyomtatás minősége: lézernyomtatóval készített szöveg minimális hiba (1-2%) mellett felismerhető, karbon szalagos írógéppel készített szöveg felismerésekor jelentkező hiba a gyakorlatban még elfogadható, hagyományos írógéppel készített szöveg felismerése nagy hibaszázalék mellett valósítható meg.
- Szkenner és vezérlőprogramjának paraméterei - optikai felbontás, beállítási paraméterek, stb.
- OCR program beállításai - nyelv, karakterkészlet, orientáció, stb.

A feladat láthatóan rendkívül összetett, ennek ellenére örömmel nyugtázzhatjuk, hogy az OCR programok területén, világviszonylatban az egyik legnagyobb példányszámban eladott és használt programnak (Recognita) magyar cég a kifejlesztője. A program többféle operációs rendszer alatt is működik, használata egyszerű és magas találati aránnyal dolgozik. Több mint 100 különböző nyelv karakterkészletét tudja kezelni. Néhány napjainkban forgalmazott karakterfelismerő program:

- Recognita Plus, OmniPage Pro, TextBridge Pro, EasyReader Elite.

Az OCR alapú rendszerek működéséhez tesztképeket és részletesebb leírást a CD lemezen (IMAGES/OCR) helyen találunk.

Ellenőrző kérdések

1. Mik az archiváló rendszerek előnyei a hagyományos dokumentumkezelési eljárásokkal szemben?
2. Ismertesse az optikai karakterfelismerés folyamatát!
3. Milyen problémák jelentkeznek a felismerés során?
4. Nevezzen meg néhány napjainkban használt OCR programot!
5. Ön szerint befolyásolja-e a felismerés pontosságát amennyiben a szöveg vízszintes sorai a képen elforgatásra kerülnek? Miért?

14. Bűnügy- és biztonságtechnika

A képfeldolgozó rendszereket a rendőrség és a nemzetbiztonsági szervek is széles körben alkalmazzák, részben a bűnügyi szakértői munka segítésére, részben operatív feladatok megoldására. A **bűnügyi szakértői munka** támogatására kifejlesztett rendszerek - képfeldolgozás szempontjából - leginkább az orvosi, laboratóriumi képek kiértékelésére alkalmazott rendszerekkel mutatnak rokonságot, azzal a különbséggel, hogy ebben az esetben a hiteles mérési, összehasonlítási feladatoknak van nagyobb szerepe, és a képen lévő objektumok statisztikai jellegű feldolgozása háttérbe szorul. Az operatív felhasználások egy része nem igényel gyors (néhány másodperc) feldolgozást, de vannak olyan feladatok, ahol az ipari rendszereknél megfogalmazott elvárásoknak kell eleget tenni. A bűnügyi alkalmazások közös jellemzője, hogy a képfeldolgozási feladat általában képadatbázisban való kereséssel is párosul. A szakértői munka során visszatérő feladat, hogy a helyszínen talált nyomokat (karcolás, lőfegyver töltényhüvely, cipőtalplenyomat, bélyegző lenyomat, ujj- és tenyér lenyomat stb.) össze kell hasonlítani a feltételezett elkövetési eszközzel készített próbanyomokkal, illetve a feltételezett elkövető személy ujjlenyomataival. Ebben az esetben egy képfeldolgozó rendszer, viszonylag egyszerű képedítelési funkciókkal (nagyítás, kicsinyítés, geometriai transzformációk, képek egymásra úsztatása) és mérési lehetőségekkel már jelentős segítséget nyújt az azonosság vagy különbözőség eldöntéséhez. Általában ezek a rendszerek adatbázis kezelővel is ki vannak egészítve.

Különösen alkalmasak a helyszínen talált ujj- és tenyérnyomatok az elkövető személyének azonosítására, hiszen mint köztudott ezek minden személynél eltérőek. Több **ujjlenyomat felismerő** rendszer létezik. Korábban az ujjlenyomat globális jellegzetességeit (fodorvonal irányultság, elágazások, hurkok, örvények, boltozat) egyedi vizsgálattal, szakértők kódolták be, és a nyilvántartott személyek adataival együtt tárolták. Az automatikus, képfeldolgozáson alapuló rendszerek inkább a lokális mintákat (villák, triádusok) és fodorszál-számlálást használják, mivel ezek a jellemzők kevésbé hiba érzékenyek. Az azonosítás többlépcsős döntési modell alapján, automatikusan történik. A megoldását nehezíti, hogy a helyszínen többnyire csak töredék és eltorzított nyomok maradnak, ezért olyan jellegzetességeket kell

kiválasztani a felismeréshez, amelyek invariánsak a geometriai torzulásokra.

A rendőrségi munka során gyakran van szükség a sértett vagy a szemtanúk elmondása alapján összeállított **fantomkép elkészítésére**. Korábban ez kizárólag portré rajzolók bevonásával történt, később megjelentek a speciális diavetítő felhasználásával, diákon tárolt arcképek egymásra vetítésével működő optikai rendszerek. A számítógépes rendszerek lényegesen rugalmasabbak és gyorsabbak, kezelésük egyszerű. A különböző lehetséges arcelemeket azonnal megjelenítik, így a szemtanú választása gyorsabb és megbízhatóbb lesz. Megfelelő geometriai transzformációk segítségével gyakorlatilag tetszőleges alakú és különböző méretű arcból származó részleteket össze lehet illeszteni. Képjavítási eljárásokkal a különböző bőrszín árnyalatokat lehet korrigálni, grafikus funkciókkal a képet lehet retusálni.

Sok tekintetben az ipari képfeldolgozó rendszerekkel azonos elvárásoknak kell eleget tennie az **automatikus rendszám felismerő rendszereknek**. Gondot okoz a gépkocsi mozgása, a különböző méretű és alakú rendszámtáblák, a rendszámtábla változó elhelyezkedése, a felvételi helytől függő geometriai torzulás, a rossz kontraszt, a piszkos vagy sérült rendszámtábla. A sebesség miatt gyors algoritmusokat kell alkalmazni a rendszámtábla megkeresésére, és a gépkocsi elhaladása alatt rögzíthető néhány kép közül ki kell tudni választani a további feldolgozásra leginkább alkalmasat. A rendszámtáblán belül meg kell találni a rendszámokat és elkülöníteni egyéb információktól (pl. országjelzés). A feldolgozás során először éldetektálási, képjavítási feladatok jelentkeznek (tábla megtalálása, zaj hatásának csökkentése), majd szegmentálás, végül mintaillesztés és/vagy kontúrelemzés alapján történhet a karakterek azonosítása.

A **biztonságtechnikai alkalmazások** jellemzője, hogy a képfeldolgozást más megoldásokkal kombinálva alkalmazzák. A képfeldolgozás az esetek többségében egyszerűen képtárolást, archiválást jelent, és a számítógép egyéb rendszerek felügyeletét is ellátja. Funkció szerint két nagy csoportba sorolhatók a feladatok, az egyik a beléptetés, a másik a figyelés. Természetesen komplex rendszerek esetén mindkét funkció szerepet kap.

Az automatikus vagy fél-automatikus **beléptető rendszerek** esetén a **személyekhez kapcsolódó egyedi jeleket** használják fel a biztonság

fokozására. Gyakran használt megoldás az ujjlenyomat felhasználása. Gyakran alkalmazott megoldás, hogy az egyéb okok miatt is használt azonosító mágnes- vagy chipkártyára írják fel az ujjlenyomatot, ezzel elkerülhető, hogy hamisított vagy ellopott kártyával lépjenek be az őrzött területre. Ebben az esetben a rendszer az aktuális ujjlenyomatot hasonlítja össze a mágneskártyán lévővel. Vannak olyan rendszerek, amelyek a szem íriszének mintázatát használják azonosításra.

Igen gyakran felmerülő probléma a **parkolók, gépkocsi tárolók őrzése, valamint a zárt parkolóknál a belépésre jogosultak automatikus ki és beléptetésének megoldása**. A hagyományosnak mondható kártyás beléptetés mellett egyre gyakrabban alkalmaznak képfeldolgozó rendszereket is erre a feladatra, vagy a kártyás rendszert képfeldolgozással kombinálják. Kézenfekvő a rendszámot használni a gépkocsik azonosítására, a feladat azonban ebben az esetben részben eltérő megoldásokat igényel, mint a bűnügyi alkalmazásnál leírt rendszám felismerés. Könnyítést jelent, hogy a be- és kilépésnél a gépkocsi megáll, ezért a jobb minőségű felvételekre számíthatunk, és több idő van a feldolgozásra. A feldolgozás jellegét megváltoztatja, hogy ebben az esetben nem feltétlenül kell a karaktereket felismerni. Szándékosan nem rendszámot mondtunk, hanem mintát, ugyanis ennél az alkalmazásnál a rendszám ellenőrzése nem mindig elegendő, hanem célszerű a gépkocsi alakját, színét és egyéb azonosítási lehetőségeket is bevonni az ellenőrzésbe, mert ezzel elejét vehetjük, hogy egy értéktelen kocsival beállva a parkolóba, és a rendszámot egy nagy értékű gépkocsira átszerelve kijátsszák a biztonsági rendszert. Az elmondottak miatt, a beléptetési feladatoknál a különböző mintaillesztési megoldások kerülnek előtérbe.

Ellenőrző kérdések

1. Miben térnek el az orvosi és a bűnügytechnikai mikroszkópi képkéértékelő rendszerek?
2. Mit alkalmaznak az ujjlenyomat azonosításnál?
3. Milyen speciális problémák jelentkeznek a rendszámfelismerésnél?
4. Mik a képfeldolgozási problémák a biztonságtechnikában?
5. Milyen speciális problémák jelentkeznek a beléptető rendszereknél?

15. Digitális fényképezés

A képfeldolgozási elméleti témák megértéséhez nem szükséges a digitális kamerák, szkennerek ismerete. Elterjedésük és alkalmazásuk miatt ebben a fejezetben rövid ismertetést adunk róluk. Ez egyben alkalmat ad néhány egyre általánosabbá váló fogalom megismertetésére, valamint a hagyományos fényképezés és a digitális technika összehasonlítására is.

Történeti áttekintés

Több mint 150 évvel ezelőtt /1839/ **Daguerre** francia festő és színpadtervező feltalálta az első használható fotografiai eljárást. Az azóta eltelt idő során hihetetlen fejlődésen ment keresztül a fotográfia, gondoljunk csak a mai kamerákra, laboreljáráásokra, a mozgó film megjelenésére és fejlődésére vagy a holográfiára. A fényképezés ma még alkalmazza az **ezüsthálogenid** alapú, hagyományos eljárásokat (a kép előállítása tisztán kémiai folyamat, amit a kamera optikája, elektronikája és mechanikája létrehoz a kémiai kép technikai tökéletesítése csupán), de gyakorlati jelentősége egyre csökken.

Az elektronikus képalkotás felfedezőjének a tudomány az amerikai **Ch. Carlson**-t tartja /1938/. Valójában azonban az irodalmi adatok alapján kimutatható, hogy **Selényi Pál** magyar fizikus, már jóval 1938 előtt elektrosztatikus úton képeket állított elő. Selényi az elvi alapok mellett, gyakorlati eljárást is kidolgozott és megvalósított. Az ipari megvalósítás részben a mai **Xerox** cég nevéhez fűződik és az 1950-es évekre tehető. A rohamos, főleg reprotéchnikai elterjedés 1960 után kezdődött. Elsőként a japán Sony Co. 1981-ben mutatta be a **MAVICA** (Magnetic Video Camera) nevű, elektronikus állóképrögzítő készülékét. Ennek külső formája egy kisfilmes fényképezőgépre hasonlított. A képeket 2 inches mágneslemezen rögzítették, és 50 képet lehetett készíteni egy lemezre. A fejlődés az ezredforduló körül ugrásszerűen növekedett, mivel elfogadható áron kerültek piacra a kompakt digitális kamerák. Napjainkban rendkívül széles a használati eszközeink azon palettája, ahol elektronikus képalkotást használnak: fénymásolás, lézernyomtatók, színes nyomtatók, video- és TV technika, telefax, digitális kamerák, stb.

Vegyük észre, hogy az elektronikus képalkotás önmagában még nem eredményez digitális képet! Napjainkban a különböző berendezésekben sokszor egybeépülnek az elektronikus képet előállító és digitalizáló

részegységek. Az elektronikus és az ezt követő digitális képalkotásnak számos előnye van a hagyományos fotóeljárásokkal szemben: a kép, a mozgóképek a felvétel után azonnal rendelkezésre áll, azonnal továbbíthatók a világ számos pontjára vagy elektronikus rendszerébe, közvetlenül megjeleníthetők, elterjedésüket számos szabvány segíti, stb.

Digitális kamerák működése

A képdigitalizálás fotótechnikai gyakorlatában két lehetőség van a kép három színcsatornájának létrehozására:

1. A képet egymás után háromszor digitalizálják, külön-külön a fény útjába helyezve a három alapszínnek (piros, zöld, kék) megfelelő színszűrőt. Így működnek a digitális hátfalak.
2. Minden képponthoz három/négy CCD/CMOS szenzor tartozik úgy, hogy minden szenzor csak a három alapszín egyikét érzékeli. Ilyen módon működnek napjaink digitális kamerái.

Jó minőségű képekhez sávonként és képpontonként legalább 1 byte szükséges. Így előállítható színek száma: 16 777 216! Ez nem azt jelenti, hogy minden digitalizált kép 16,8 millió színt is tartalmaz. Valójában nem adható vissza több különböző színárnyalat, mint ahány képpontból a kép áll. A színelbontás nem annyira a színárnyalatok megkülönböztetésére (szemünk kb. egymillió színt különböztet meg), mint az észrevehető árnyalatugrások elkerülésére szolgál.

Napjaink populáris digitális kamerai felépítésüket tekintve részben hasonlóak a hagyományos fényképezőgépekhez, részben attól teljesen eltérő megvalósításokat tartalmaznak. A leképezés hasonló a hagyományos fényképezőgépekhez, azaz lencserendszer (általában autofókuszos) vetíti a képet a CCD érzékelőre. Ezután megtörténik a CCD vagy CMOS képpontok kiolvasása, digitalizálása. A kamerát általában saját állandó memóriával ellátott mikroprocesszor vezérli. A processzor legtöbbször elvégzi a kép korrekcióját (leképező rendszer okozta hiba javítása, automatikus fehér egyensúly állítás, gammaérték állítás, tömörítéshez történő előkészítés, stb.), majd tömörítését és tárolását. A tömörítés mértéke (1:1 vagy 10:1-20:1) és típusa (veszteségmentes vagy veszteséges) egy minőségi faktor beállításával lehetséges (pl. Kiváló, Jó, Elfogadható). A veszteségmentesen tömörített képek általában RAW esetleg TIFF formátumúak. A veszteségesen tömörített képek általában szabvány JPEG, néha egyedi formátumúak

(lásd vizuális adatformátumok fejezet). Gyakran lehetséges MPEG-1, 2, 4 formátumú videó részletek mentése is. A kép mentésével a felvételi körülmények is (dátum, expozíció, vakuhasználat, stb.) tárolásra kerülnek.

A CCD vagy CMOS érzékelőhöz a beépített vakú jellemzői illeszkednek. Az elkészített képek egy LCD képernyőn közvetlenül megtekinthetők, módosíthatók esetleg törölhetők. A fényképezőgép közvetlenül csatlakoztatható szabvány felületen (USB, IEEE1394, IrDA, Soros:RS-232) számítógéphez és/vagy TV készülékhez és/vagy nyomtatóhoz. A kamerák felbontása általában 2 - 10 Megapixel körütti érték, speciális alkalmazások esetén 10 Megapixel fölötti is lehet. Az érzékelő és a beépített szolgáltatások erősen ár-függőek.

Lényeges eltérés, hogy a képek olyan memória egységre kerülnek mentésre, amely írható-olvasható, gyors elérésű, szabvány háttértárolóként is használható: CompactFlash, SmartMedia, SecureDigital, MemoryStick, MicroDrive, Floppy/CD lemez.

Fényképészeti szempontból napjaink legérdekesebb képdigitalizáló eszköze a **kamera-szkenner**. Ez egyfajta keveréke a hagyományos fényképezőgépnek és az elektronikus szkennernek. Kameraként a szériában gyártott közép- vagy nagyformátumú gépvázakat alkalmazzák. A szkenner egy speciális tartórészbe került, ami a kamerára helyezhető a filmtároló kazetta helyére illeszthető. A szkenner közvetlenül a filmsíkból tapogatja le a kamera objektívje által leképzett képet. Ez a képletapogatási folyamat több percig is tarthat. Általában *progresszív* azaz soronkénti kiolvasással történik a digitális kép létrehozása. Az eszközök felbontása figyelemreméltó: akár 30 millió pixel is lehet. Érdekességként jegyezzük meg, hogy a mai korszerű diafilmek területegységre vetített képpontszáma hasonló. A 30 milliós képpontszám kb. A3-as méretig problémamentes képkészítést biztosít.

Meg kell említeni, elsősorban történeti és átmeneti (analóg-digitális) jelentősége miatt a Kodak **PhotoCD** rendszerét. Ez egy átmenet volt a hagyományos és digitális fényképezés között. Lehetőséget adott, hogy olcsón, jó minőségű, nagyfelbontású elektronikus képekhez jussunk anélkül, hogy ehhez drága digitális eszközöket vásárolnánk. Maga a fényképezés továbbra is a szokásos módon, a megszokott kamerákkal, a lehető legmagasabb felbontást biztosító filmanyagra történik. A kép csak ezután került digitalizálásra (filmről vagy diáról speciális szkenner

segítségével), veszteségmentes tömörítésre majd PhotoCD szabvány szerint tárolásra. A jelenleg használt érzékelők alapvető jellemzőit az Olvasó a „Képfeldolgozás eszközei” című fejezetben találja. A CD hasonló fejezetében részletes információk, képek találhatóak.

Szkennerek használata

Az alábbiakban ismertetjük a szkennelés gyakorlata során felmerülő legfontosabb fogalmakat, jellemzőket, paramétereket. A fejezet végén hasznos tanácsok szerepelnek, amelyek a gyakorlati munkát hivatottak segíteni.

A szkennelés tárgya alapján két nagy csoportra bonthatók az eszközök, bár napjainkban egyre gyakrabban találkozhatunk olyan szkennelőkkel, amelyek mindkét feladatnak megfelelnek:

1. ránézeti (cél tárgyról visszavert fényt érzékelő) vagy
2. átnézeti (cél tárgy által áteresztett fényt érzékelő) eszközök.

Az érzékelő fej tartalmazza a CCD vagy CMOS érzékelők mellett, a mesterséges megvilágítást adó integrált hidegfényű fényforrásokat is. Ezt a fejet egy fejmozgató mechanika az érzékelők geometriai kialakítására merőlegesen mozgatja. Az alábbiakban ismertetjük azokat a paramétereket, amelyekkel a felhasználó találkozhat egy síkágyas szkennelők használata során.

A szkennelők *üzemmódjának beállítása* során a megadhatjuk – amennyiben a szkennelők többfunkciós -, hogy visszavert fényt érzékelünk vagy áteresztett fény alapján kívánunk képi adatokat nyerni, így általában három lehetőség közül választhatunk: visszavert (reflective), negatív (negative), dia (slide).

A digitalizált képi adatok cél tárgytól és a felhasználó választásától függően adott *színtér*be kerül. Ezen paramétert a színtér vagy színérzékelés esetén választhatjuk ki (RGB, CMYK, Szürke, Színtérválogatott). Az eszköz felbontóképességnek tárgyalásakor a gyártók a technikai adatoknál illetve az eszközt működtető meghajtók esetén alapvetően két paramétert adnak meg. *Optikai vagy fizikai felbontóképesség* (pl. 2400x1200 dot per inch) esetén az első paraméter a vonali érzékelőbe integrált detektorok számát adja inchenként, míg a második paraméter függ, a detektorok szélességétől valamint a mozgató mechanika lehetőségeitől. A *szoftveres vagy kimenő felbontóképesség* pedig a ténylegesen előállított digitális kép felbontóképessége dpi-ben. Itt

a gyártók megadnak a fizikainál lényegesen magasabb értékeket, valószínűleg üzleti fogásként. Ez már egyfajta interpoláció során kapható meg, ahol a fizikai jellemzők mellett lényeges az interpolációs függvény is (erről részletesen az „Újramintavételezés” fejezetben olvashatunk). A kép valós élességének jellemzésére az ún. *MTF* (Modulation Transfer Function) *moduláció átviteli függvényt* használható. Ez mérések alapján, az egyes érzékelési frekvenciák (RGB) esetén, a szkennertől adott felbontást mutatja. Mindez tartalmazza már a teljes optikai rendszer (érezékelési frekvenciánként eltérő, pl. 60 % zöld, 30 % vörös és 10 % kék), a mechanika és az elektronika együttes működését.

A *szkennelési méret* az egy művelettel beszkennelehető maximális terület (lapadagolós modell esetén nincs hosszbeli korlátozás, ekkor csak szélességi adat található) nagysága. Egy A4-es síkágvas szkennertől ez az érték 210x297 mmxmm. A gyakorlatban használt korszerű eszközök egyetlen lépésben tapogattják le mindhárom színnek (RGB) megfelelő információt úgy, hogy az érzékelő fejbe épített fehérfényű fényforrás tárgyról visszavert vagy átengedett fényét egy prizma a három alapszínnek megfelelő színre (vörös, zöld, kék - RGB) bontja, majd egy lencserendszer a három érzékelő sorra vetíti az egyes vonali képeket.

Ehhez paraméterként a *színmélység vagy színelbontás* tartozik, amely bit-ben kifejezett értéke a maximálisan érzékelt színnek. Általában 8, 10, 12 bit-es eszközökkel találkozhatunk. A gyakorlatban épített érzékelők adatait mindig terheli elektronikus zaj, amely elsősorban az A/D átalakítás során jelentkezik. Ez elsősorban a sötétebb részekben jelentkezik erőteljesebben (digitális kameráknál ez kevés fény esetén kiugró), mivel itt alacsony az érzékelők érzékenysége. Ezért célszerű nagyobb színelbontást választani, a valóság-hű kép készítése érdekében.

A *denzitás* a képen található legvilágosabb és legsötétebb pontok közötti árnyalati különbség tízes alapú logaritmusa. A színes diafelvétel denzitása legalább 3,5, egy 10 bites színes szkennertől denzitása maximálisan 3,0, egy sávonként 8 bites digitális kép denzitása maximálisan 2,4 míg egy tintasugaras színes nyomtatásé 1,5-2,0. Mindez jól mutatja, hogy csökkent az árnyalatok átvitele a számítógépes átalakítással. A fenti jellemzők gyakran grafikusán egy ún. *tónusgörbe* megadásával változtathatók a szkennelés során. Ezen görbe vízszintes koordinátájára a bemenő értékeket visszük fel (általában színsávonként), a függőleges tengelyre pedig a kimenő értékeket (szintén sávonként).

Gyakran találkozhatunk a *világosság* vagy a *kontraszt* külön-külön történő megváltoztatásának a lehetőségével is. Egy másik gyakran használt paraméter, amely még a denzitás fogalmával áll kapcsolatban a *gamma-érték* fogalma. Ez a tónusgörbe (egyenes szakaszának) a meredeksége. Amennyiben ez az érték 1 alatti, a kimenő képem lágyabb tónusú lesz a bemenőnél. Egynél nagyobb érték esetén kontrasztos, kemény tónusú képet kapunk. Monitorokon történő megjelenítés során általában 1-nél nagyobb gamma-értéket használunk. A fenti paraméterek mellett számos egyéb jellemző is megadható, mint a: mentett kép fájlformátuma, paletta, dithering, screening, filmtípus megadása vagy regisztrálása. Az alábbiakban összefoglaljuk a szkennelés folyamatának jellemző lépéseit feltételezve, hogy a hardver és szoftver eszközök működőképes állapotban vannak:

- I. Vizsgáljuk meg a céltárgyat, hogy a rendelkezésre álló eszközzel elvégezhetjük-e a szkennelést!
- II. Helyezzük el megfelelően a szkennerbe a céltárgyat!
- III. Ellenőrizzük gépünk és a szkennelők közötti megfelelő kapcsolatot!
- IV. Állítsuk be - visszavert fénynél -, diát vagy negatívot használunk!
- V. Készítsünk egy próba képet, alapbeállítások alkalmazásával!
- VI. Jelöljük ki a próba képen a szkennelni kívánt területet!
- VII. Állítsuk be a megfelelő geometriai felbontást!
- VIII. Állítsuk be a színteret és a színelbontást!
- IX. Állítsuk be a denzitással kapcsolatos paramétereket!
- X. Válasszuk ki a megfelelő fájlformátumot!
- XI. További paramétereket alapbeállítás mellett használjunk!
- XII. Végezzük el a szkennelést!
- XIII. Ellenőrizzük, hogy elértük-e a kívánt eredményt.!
- XIV. Szükség esetén ismételjük meg az előző lépéseket!
- XV. Helyesnek vélt kép esetén mentünk megfelelő háttértárolóra!

Ellenőrző kérdések

1. Ki fedezte fel az első használható fotográfiai eljárást?
2. Mi az elektronikus fotográfia lényege?
3. Mi a digitális fotózás előnye a hagyományos eljárással szemben?
4. Hogyan épül fel egy digitális fényképezőgép?
5. Milyen üzemmód beállításokat ismer síkágyas lapszkennelők esetén?
6. Ismertesse a szkennelés folyamatának jellemző lépéseit!

16. Vizuális adatformátumok

A formátum választása

A digitális képekkel történő munka rendkívül fontos eleme az adatok tárolási módja. A tárolás előtt több szempontot is érdemes figyelembe venni. Az alábbiakban néhány fontosnak ítélt tárolási szempontot sorolunk fel (a legtöbbször az alábbi szempontok összefüggnek):

1. további számítógépes feldolgozás lehetősége,
2. nyomtatásban történő megjelenítés,
3. képernyőn történő megjelenítés,
4. adatkonvertálás - szabványosított tárolási mód,
5. tömörítés - kódolás lehetősége,
6. hírközlésben használt adattovábbítás lehetősége.

Amennyiben nincs konkrét elképzelésünk a felhasználást illetően, de a lehető legtöbb információt szeretnénk elmenteni célszerű a feldolgozó programok saját, belső formátumát használni (pl. Photoshop - PSD, EPS, PDD; Coreldraw - CDR, CDT; Acrobat - PDF; PowerPoint - PPT.).

Fontosabb kétdimenziós adatformátumok

Az alábbiakban igyekeztünk a legáltalánosabb és a gyakorlatban leginkább előforduló kétdimenziós megjelenítést, nyomtatást szolgáló adatformátumokat összefoglalni. Ahol külön nem jeleztük, ott az egyes formátumok fájlkiterjesztése megegyezik az elnevezésben használt három karakterrel.

TIFF Az Aldus és a Microsoft által kifejlesztett TIFF (Tagged Image File Format) képformátum a raszteres képek legelterjedtebb formátuma. Kifejlesztéskor fontos szempont volt, hogy legyen operációs rendszer független, legyen hardver független, a file struktúra vizsgálata a teljes beolvasás nélkül megvalósítható legyen és kompatibilis legyen a régebbi és lehetőleg az újabb formátumokkal is. Alkalmas bináris, vonalas, szürkeségi fokozatokat tartalmazó, RGB és CMYK színtérben készített képek tárolására. A legújabb TIFF szabvány szinte minden kompatibilitási gondot kiküszöböl. Lehetőség van az adatok tömörítésére veszteséges és veszteségmentes formában is (LZW, ZIP, JPEG). Amennyiben különböző platformok között akarunk képi adatokat cserélni, mindenképp a TIFF formátum a javasolt adatformátum. A TIFF formátumú fájlok kiterjesztése: **.TIF**.

JPEG A JPEG (Joint Photographic Experts Group) szabvány, amely elsősorban veszteséges képtömörítési szabvány, az ISO (International Standards Organization) és a CCITT (Consultation Committee on International Telephon and Telegraph) szervezetek által 1986-ban felállított munkacsoportban születtek. A diszkrét koszinusz transzformáción alapuló eljárással a látvány kismértékű romlása árán kb. 30:1-40:1 tömörítési arány is elérhető. A tömörítési arány illetve az esetleges minőségromlás mértéke felhasználói által tetszőlegesen állítható. Az eljárás úgy lett megválasztva, hogy hardveres és szoftveres úton is hatékonyan megvalósítható legyen. Veszteségmentes tömörítésre is használható, ekkor közel a felére lehet tömöríteni az adatokat.

Tipikus alkalmazási területe: képi adatbázisok kezelése, Internet, képek betöltés előtti megtekintése, digitális kamerák, stb. A JPEG formátumban mentett fájlok kiterjesztése: **.JPG**.

JPEG2000 A JPEG2000 elnevezésű tömörítő eljárás, az eddig használt hatékony (elsősorban matematikai transzformáció(k)ra épülő) eljárások közül több módszert (algoritmust) is használ. Illeszkedik a digitális kamerák és videók által készített állóképek több különböző felbontást is igénylő elvárásaihoz, ugyanakkor veszteségmentes és veszteséges tömörítésre is lehetőséget ad. Számos felhasználó által választható praktikus paramétert tartalmaz (tömörítés mértéke, fájl méret, tömörítés minősége faktor alapján, stb.). A JPEG formátumban mentett fájlok kiterjesztése: **.JP2 vagy J2K**.

BMP A DOS és Windows operációs rendszerek alatt egy önálló bittérképes fájlformátum a BMP. Ezen formátumot kezelő (olvasás/írás és alapvető feldolgozások) programot a Microsoft cég minden operációs rendszeréhez csatolta. Alkalmazása során azonban három lényeges jellemzőt adhatunk meg:

1. az alkalmazott operációs rendszer típusát – Microsoft vagy OS/2,
2. a színmélységet (1, 4, 8, 24 bit, 16, 24, 32 bit kiterjesztett módban),
3. futamhossz szerinti veszteségmentes tömörítés lehetőségét (RLE).

Mivel a BMP formátum nem engedi a képi információtól eltérő, egyéb adatok (pl. nyomtatásra vonatkozó információk, megjegyzések, copyright, stb.) lementését, ezek az adatok a mentéssel elvesznek. A BMP formátumban mentett fájlok kiterjesztése: **.BMP**.

PCX A PCX formátumot eredetileg a Z-Soft cég hozta létre, amikor kifejlesztette a Paintbrush nevű festőprogramját. Ez a program

elsősorban DOS vagy Windows környezetben futott. Kezdetben csak maximálisan 8 bites képek voltak menthetők, majd (version 5 utáni változat) már az RGB 24 bites színmélységet is tudta kezelni. Elterjedt, szinte minden program által támogatott, egyszerű felépítésű formátum. A gyakorlatban ritkán használatos. Elsősorban a DOS vagy Windows alatti gyors megjelenítéseknél, prezentációknál vagy régebbi programváltozatok használata esetén van rá szükség. A PCX formátumban mentett fájlok kiterjesztése: **.PCX**.

FIF Rendkívül hatékony képtömörítési módszer, a fraktál (önhasonló, matematikai alakzatok) transzformáción alapuló eljárás. Az eljárás veszteséges képtömörítést takar. Az eljárással rendkívül nagy tömörítési arány érhető el (akár 1:100 is), kis minőségromlással. Számos előnye van a széles körben elterjedt JPEG szabvánnyal szemben: sokkal nagyobb a tömörítés mértéke közel azonos minőség esetén, az emberi agy számára idegen „digitális” hatás nagyításkor kevésbé érezhető, jobb a kontúrok visszaadása, a színárnyalatok visszaadása során feltűnően jobb FIF formátum esetén. Napjainkban kevésbé alkalmazzák önálló formátumként, inkább speciális programok képtömörítő formátumaiba került beépítésre. A fraktál formátumú fájlok kiterjesztése: **.FIF**.

PICT A Macintosh gépeken futó programok kedvelt formátuma a PICT formátum, raszteres képek tárolására. A formátum támogatja a bittérképes, az árnyalatos és az RGB képek mentését, a CMYK szintérbeli képeket viszont nem. Nagyon hatékony veszteségmentes adattömörítési eljárást (Packbits) használ. Színes képeknél a 16 vagy 32 bites felbontást, míg árnyalatos képek esetén a 2, 4, 8 bites felbontást támogatja. A legújabb változatai már a JPEG formában való tömörítést is támogatják. A legtöbb nem Macintosh típusú gépen futó program által ismert. Használata Macintosh gépre történő képi információk átvitelénél ajánlatos. A multiplatformos képfeldolgozó programok mindegyike ismeri. A fájlok kiterjesztése: **.PCT** vagy **.PIC**.

EPS Az EPS (Encapsulated PostScript File) az Adobe cég által kifejlesztett adatformátum, mind raszteres, mind vektoros adatok tárolására alkalmas. A formátum kidolgozásakor a különböző grafikai elemek, rendszerek egységes kezelését és alkalmazás orientált kezelését tartották fontosnak. A PostScript adatoknak közvetlen a képernyőn nem jeleníthetők meg, ezért a formátum a képet a megjelenítéshez szükséges ún. preview adatokkal együtt menti el. Ennek a felbontása jóval

alacsonyabb, mint a nyomtatandó adatoké. A formátumot elsősorban raszteres és vektoros adatok cseréjekor alkalmazzák valamint a levilágítók és a nyomtatók által használt szabvány formátum. Az EPS formátumban mentett fájlok kiterjesztése: **.EPS**.

GIF Az Interneten történő kalandozások során az olvasó legtöbbit talán a GIF (Graphics Interchange Format) adatformátummal találkozhat. A WEB és más on-line rendszerek HTML leíró nyelvét közvetlenül kihasználó raszteres adatok tárolására alkalmas formátumról van szó. A kifejlesztő a CompuServe cég volt. Kimondottan a telefonos átvitel és a HTML nyelv lehetőségeit szem előtt tartva került kialakításra a GIF formátum. A képfeldolgozó és grafikai rendszerek pedig a GIF fájlok önálló szerkesztésére is képesek. Bináris (bitmap), árnyalatos és 8 bites színelbontással használatos elsősorban, bár a legújabb szabvány támogatja a 24 bites színelbontást is. Tömörített formában végzi a tárolást. Mentéskor felkínálja a későbbi megjelenítés normál vagy interlaced lehetőségét. A GIF formátum egy alternatív, közel azonos változata a PNG formátum. A GIF formátumban mentett fájlok kiterjesztése: **.GIF**.

PDF Az Adobe cég által kifejlesztett PDF (Portable Document Format) fájl formátum az igényes prezentációk létrehozásának kedvelt formátuma. Kifejlesztésekor az operációs rendszertől független megjelenítés volt az elsődleges cél. Kiegészítették számos olyan hasznos funkcióval, amelyeknek köszönhetően az egyik legelterjedtebb prezentációs adatformátum. Ezek a funkciók a szöveg, grafika, kép, videó és animáció kezelés, az interaktív keresés, a navigációs lehetőségek, a hypertext és az interaktív tartalomjegyzék. Mindezek alapján állíthatjuk, hogy a multimédia alapvető elemeit tartalmazza. Ezeket az elemeket tömörített formában tárolja. A PDF formátumú dokumentumok megjelenése egy korszerű könyvre emlékeztet a kivitelezés, viszont teljesen digitális. Szerkesztésére külön (pl. Adobe Acrobat) programrendszer alkalmas, míg olvasására szabadon letölthető és használható Adobe Acrobat Reader szolgál. A PDF formátumban mentett fájlok kiterjesztése: **.PDF**.

PhotoCD A PhotoCD, a Kodak cég által kifejlesztett rendszer és szabvány. Mintegy átmenet a hagyományos és digitális fényképezés között. A színrendszereknél tárgyalt YCC színtérbe történő átírás után, a kapott adatokat veszteségmentes, önálló szabadalomként használt

eljárással tömörítik. Az adatredukció segítségével az eredeti 18 Mbyte adatmennyiség mindegy 6 Mbyte-ra csökken. Így egy PhotCD lemezen körülbelül 100 (száz) színes kép helyezhető el. Minden kép öt (hat) különböző változatban kerül tárolásra. Mind az öt (hat) képet ugyanabból az adatállományból nyerik, ezek csupán felbontásban különböznek egymástól. Az alapfelbontás - amit a Kodak Base-nak (alapnak) nevez - 512 sornak (soronként 768 képpontnak) felel meg. Emellett találunk még 4-szer, illetve 16-szor kisebb, valamint 4-szer, illetve 16-szor (kisfilmnél nagyobb méret esetén 64-szer) nagyobb felbontású képváltozatokat is. A PhotoCD-re írt képek kiterjesztése: **.PCD**.

MrSID Az ipari jellegű, nagyméretű képeket felhasználó alkalmazások (térinformatika, kiadványszerkesztés, távérzékelés) körében vezették be a MultiResolution Seamless Image Database (MrSID) elnevezésű formátumot. A formátum kifejlesztője a Los Alamos National Laboratory, forgalmazója a LizardTech Inc. cég. A matematikai transzformáción (Discrete Wavelet Transformation - DWT) alapuló tömörítési eljárással jelenleg az egyik legjobb eredmény érhető el állóképek közel veszteségmentes tömörítése esetén a tömörítési arány és a minőség tekintetében. A tömörítés mértéke legalább 15-20:1 fekete-fehér árnyalatos kép, 20-50:1 színes kép esetén veszteségmentesen vagy kismértékű veszteséggel, ami látvány szempontjából veszteségmentesnek tekinthető. A során a teljes képet felhasználják tömörítéskor, nem kerül részekre bontásra, mint például JPEG esetén. A fájlok kiterjesztése: **.SID**.

FLASHPIX Az 1995-ös év kezdetén a Kodak, a Microsoft, a HP és a Live Picture cégek közösen elkezdtek egy kimondottan digitális kamerákhoz tervezett képformátum kidolgozását. A formátum alkalmas több eltérő felbontás (Multi Resolution) hierarchikus tárolására tömörítetlen vagy JPEG tömörítést alkalmazva. Emellett a fejlesztők gondoskodtak sok olyan információ tárolásának a lehetőségéről is, amelyek nem képi adatok, hanem a képpel történő műveletekre, a felvételezés és megjelenítés körülményére utal. Elterjedése a fenti cégek digitális kameráinak térhódításával napjainkban jelentősnek mondható. A fájlok kiterjesztése: **.FPX**.

RAW A RAW formátum digitális kamerák érzékelői (CCD, CMOS) által szolgáltatott, közvetlenül kiolvasott nyers, feldolgozatlan képi adatokat, valamint a felvétel körülményeit tartalmazó meta-adatokat

tartalmazza. Eszközfüggő, vagyis ezen adatokból a kamerák feldolgozó egységei vagy a mellékelt gyári szoftverek állítják elő a digitális képet. Kihaszználja az érzékelő adottságait, pl. 12 bites érzékelők esetén rekonstrukció után 3x12 bites képet kapunk, amely az előzőekben ismertetett formátumokban tárolható. Az igényesebb digitális kamerák mindegyikében megtalálható. A fájlok kiterjesztése: **.RAW**, **.CRW**.

Háromdimenziós adatformátumok

VRML A WWW (World Wide Web) HTML (HiperText Markup Language) hipertext-es programnyelvezetének kiegészítésére, továbbfejlesztésére született a VRML (Virtual Reality Modelling Language). Nem egy formátum, inkább egy leíró nyelv. A VRML nyelv az OpenGL könyvtárára épülő OpenInventor modellező nyelvből alakult ki. A nyelv kifejlesztője a Silicon Graphics cég volt. A modellek mozgását JAVA nyelvű kódok adják. A VRML forráskód a HTML-hez hasonlóan ASCII formátumú. Az Internetre tervezett nyelv létrehozásánál fontos szempont volt a tömörség. A rendszer nem korlátozódik csupán a hálózatra. Jelentős szerepet kapott a multimédia alapú fejlesztésekben és alkalmazásokban is. A VRML működése: a VRML-kód letöltése után a gépen futó VRML-browser megjeleníti a 3D objektumokból álló virtuális világot. A 3D térben való mozgás az egér segítségével történik, ami a felhasználótól kis gyakorlatot igényel. Az olvasó a CD lemezen a PROGRAM könyvtárban találja a VRML 2.0 szabványnak megfelelő megjelenítőket és a DEMO\VRML helyen érdekes példákat. A VRML formátumú fájlok kiterjesztése: **.WRL**.

DXF Az Autodesk Inc. által kifejlesztett formátum elsősorban két- és háromdimenziós modellek tárolására alkalmas. A CAD (Computer Added Design) programok szabványnak tekinthető adattárolási formája. A DXF (Drawing Interchange File) kifejlesztésekor a környezetfüggetlen, vektoros környezetben előforduló adatok tárolása volt a cél. Általában a személyi számítógép alapú képfeldolgozó programok nem képesek önállóan kezelni a formátumot. Jelenleg háromdimenziós animációs lehetőségeket is tartalmaz. Szintén az Autodesk cég által kifejlesztett, szabvány, tárolási mód, az FLI és FLC formátumok, amelyek kimondottan animációk tárolását célozzák. A DXF formátumú fájlok kiterjesztése: **.DXF**.

Digitális mozgóképfarmátumok

MPEG Az MPEG formátumú fájlok leglényegesebb vonása, hogy az időben szomszédos képek közti változást kódolja. Biztonsági okokból azonban időről-időre „újrakezdi” az egymásra épülő kódolást, s ezzel meggátolja az esetleges adatátviteli hibák továbbterjedését. Leegyszerűsítve, az adatfolyam három, különböző szerepet betöltő képtípus egymásutánjából áll:

1. **Különálló kép.** Átlagosan fél másodpercenként egy teljes kép tömörítését jelenti, JPEG formában. Miután ez a kép a következő adatok számára mintegy referenciaként szolgál, viszonylag alacsony tömörítési arányú (12:1), viszont jó minőségű.
2. **Előrebecsült kép.** Az előző képhez viszonyított változást kódolja, s ezzel magas tömörítési arányt biztosít. Minél több előrebecsült kép következik egymás után, annál inkább eltérhet a helyreállított képsorozat az eredetitől.
3. **Kétirányú kép.** Itt a megelőző és a következő kép átlagát használják fel. Ezáltal nagyon magas tömörítési arány érhető el.

Annak meghatározása, hogy mikor melyik képtípust kell kódolni, a képsorozat tartalma alapján az MPEG kódoló egység (általában speciális hardver) feladata. Ez alapvetően befolyásolja a kialakuló videó minőségét. A formátum továbbfejlesztett változatai alkalmasak streaming rendszerű adattovábbításra is (MPEG-4). Az MPEG-1 formátumú fájlok kiterjesztése: **.MPG**.

AVI A Microsoft, amely az AVI (Audio Video Interleaved) formátum kifejlesztője, videó és hanginformáció tárolására dolgozta ki a formátumot. A videó forrás jelét digitalizálva a formátum külön kezeli a mozgóképet és a hanginformációt. A hanganyagot Wave alakban, míg a képet DIB formátumban (Device Independent Bitmap) kezeli. A képinformáció tárolásakor egy képből kiindulva, a következő kép csak azon részleteit tárolják, amelyek megváltoztak. Ezeket a részképeket nevezik deltakeretnek (delta-frame). Tároláskor csak a jelentős változást elszenvedett deltakereteket veszik figyelembe és mentik el. Lejátszáskor a hangadatok közvetlenül a hangkártyára, míg a képinformáció a megjelenítő eszközre kerül. A személyi számítógépes környezetben futó kép- és videó feldolgozó szoftverek könnyedén kezelik a formátumot. Még a legegyszerűbb programok is felkínálnak alapvető szerkesztési műveleteket. A formátum képes tömörítés nélküli vagy tömörítő „codec”

alkalmazásával tömörített adatok tárolásra is. A streaming (a lejátszáshoz nem szükséges a teljes állomány letöltése, csupán egy kisméretű alapadat letöltése, majd a folyamatos letöltés lehetővé teszi a folyamatos lejátszást a sávszélesség függvényében) alapú adatok továbbítására a Microsoft önálló formátumot fejlesztett ki (*.WMV*). Az AVI formátumú fájlok kiterjesztése: *.AVI*.

QUICKTIME A felhasználók számára talán a leginkább szerencsés, mozgókép tárolására alkalmas formátum a QuickTime. A formátum kidolgozója az Apple cég. Hang, animáció és videó anyag tárolására alkalmas. A szoftver menedzseli a teljes digitalizáláshoz, szerkesztéshez, tömörítéshez, tároláshoz és lejátszáshoz szükséges elemeket. A tömörítő és kitömörítő algoritmusok együttesét - amelyet codec-nek neveznek. Rendszer rugalmasságát mutatja, hogy szinte minden jelentősebb codec eljárás (PhotoCD, Video Disc, SuperMac, Intel Indeo, MPEG, stb.) beépíthető a QuickTime formátumba. A formátum alkalmas streaming rendszerű adattovábbításra is. A Windows vagy UNIX alapú környezet önálló lejátszó szoftvert igényel. A QuickTime formátumot tartalmazó fájlok kiterjesztése: *.QTM*.

RM Napjaink streaming technológiájára épülő videó szolgáltatásainak legelterjedtebb változata a RealMedia formátum. Kifejlesztője elsősorban a RealNetworks cég. A szolgáltatás mögött egy speciálisan erre a célra épített média szerver áll (pl. SGI Media Server rendszer), amely akár stúdió minőségű anyagok szolgáltatására is képes. A rendszerről bővebb információ a CD/ALKALMAZ/SGI/MULTIMEDIA könyvtárban, videó anyagok pedig a <http://real.silicon.hu/georgikon/> helyen található. A RealMedia fájlok kiterjesztése: *.RM*.

Ellenőrző kérdések

1. Mit takar a TIFF és a JPEG formátum?
2. Mi a progresszív képtömörítés lényege?
3. Mi a fraktál alapú tömörítés lényege? Mit tud a MrSID-ről?
4. Ismertesse a PDF funkciót!
5. Mi a streaming? Melyek a szabvány alapvető fájl típusai?
6. Melyek azok a vizuális adatformátumok, amelyek képi adatok mellett, más információk tárolását is támogatják?

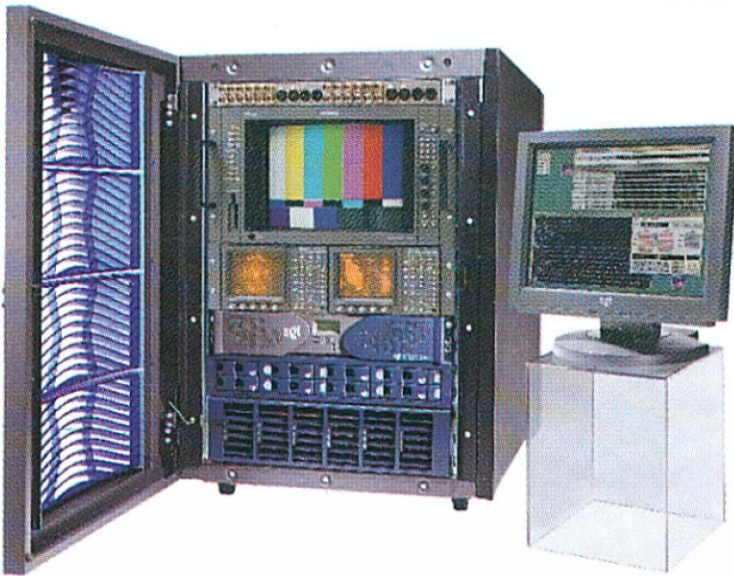
Ajánlott irodalom

- BARNESLEY, M. F. - HURD, L.P. (1993): Fractal image compression, AK Peters Ltd., Wellesley.
- BATES, R.H.T. - McDONNELL, M.J. (1986): Image Restoration and Reconstruction, Oxford University Press, New York.
- BÄSSMAN, H. - BESSLICH, P. W. (1995): Ad Oculos Digital Image Processing, International Thomson Publishing, London.
- BERKE, J. - HEGEDŰS, GY. CS. - KELEMEN, D. - SZABÓ, J. (1998): Digitális képfeldolgozás és alkalmazásai, Keszthelyi Akadémia Alapítvány, ISBN 963 03 5116 1.
- BUZÁS, F. (1995): Nyomdaipari elektronikus képfeldolgozás. Nyomdász Kiadó, Budapest.
- DAY, J.B. (1997): Color Scanning Handbook, Prentice Hall International, Inc. USA.
- DUDA, R.O. - HART, P.E. (1973): Pattern classification and scene analysis. Wiley-Interscience Publication, New York.
- ENCARNACAO, J.L. – PEITGEN, H.-O. – SAKAS, G. – ENGLERT, G. editors (1992): Fractal Geometry and Computer Graphics, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- FARACE, J. (1996): The Photographer's Digital Studio, Peachpit Press, USA.
- FU, K.S. (1982): Syntactic pattern recognition and applications. Prentice-Hall, New York.
- GONZALEZ, R.C. - THOMASON, M.G. (1978): Syntactic pattern recognition. Addison-Wesley, New York.
- GONZALEZ, R.C., and WOODS, R.E. (1992): Digital Image Processing, ADDISON-WESLEY Publishing Company, Inc..
- HORD, R. M. (1986) : Remote Sensing Methods and Applications. A Wiley-Interscience Publication John Wiley & Sons, New York.
- JAIN, A. K. (1989): Fundamentals of Digital Image Processing, Prentice Hall Information and System Sciences Series, London.
- KASAI, A. – SPARKMAN, R. (1997): Essentials of Digital Photography, New Riders Publishing, USA.
- LEVINE, M.D. (1985): Vision in Man and Machine, McGraw-Hill, New York.
- MANDELBROT, B.B. (1982): The Fractal Geometry of Nature, W. H. Freeman, New York.
- MATHER, P. M. (1991): Computer Applications in Geography. John Wiley & Sons.
- MULLER, J. P. (1988): Digital Image Processing in Remote Sensing. Taylor & Francis, London and Philadelphia.
- PRATT, W.K. (1978): Digital image processing. Wiley-Interscience, New-York.
- SABINS, F. F. (1987): Remote Sensing Principles and Interpretation. W. H. Freeman and Company, New York.
- SERRA, J. (1982): Image Analysis and Mathematical Morphology. Academic Press.
- THEODORIDIS, S. – KOUTROUMBAS, K. (1999): Pattern Recognition, Academic Press, Inc., London.
- UHR, L. (1973): Pattern Recognition, Learning, and Thought. Prentice-Hall, USA.
- UMBAUGH, S.E. (1998): Computer Vision and Image Processing, Prentice Hall International, Inc. London.
- YOUNG, T.Y. - FU, K.-S. (1986): Handbook of Pattern Recognition and Image Processing. Academic Press, Inc., London.



Silicon Graphics Médiaszerverek

Komplett, kulcsrakész digitális videoszolgáltató rendszerek



Multimédia anyagok

- digitalizálása
- katalogizálása
- tárolása
- archiválása
- menedzselése
- kiszolgálása

Széles körű skálázhatóság

- teljesítmény
- tárolókapacitás
- hálózati sávszélesség
- képminőség/kódolási eljárások
- szolgáltatások

Felhasználók

- oktatás (e-learning)
- távközlési szolgáltatók
- internet szolgáltatók
- mobiltelefon szolgáltatók
- televíziók
- szórakoztató ipar

Forgalmazó:

Silicon Computers Kft.

1118 Budapest, Zólyomi út 23.

Tel.: +36-1-391-4455 • Fax: +36-1-391-4466

www.silicon.hu • info@silicon.hu

FALCON-VISION

Képességünk a mérés



**Képfeldolgozó
megoldások
a hazai piacvezetőtől**

FALCON-VISION Műszaki Fejlesztő és Szolgáltató Rt.
1043 Budapest, Dugonics utca 11.
Tel: +36-1-370-0010/479 Fax: +36-1-370-0005
E-mail: office@falcon.hu * homepage: www.falcon.hu

A tartalomból:

A képfeldolgozás alapjai:

az emberi látás, képfeldolgozás eszközei, digitális képalkotás, képjavítás,
geometriai korrekció, szegmentálás, osztályozás, képkódolás és tömörítés.

Képfeldolgozás alkalmazásai:

mezőgazdasági alkalmazások, orvosi alkalmazások, távérzékelés, digitális
fényképezés és szkennelés, digitális videó, ipari képfeldolgozó rendszerek,
optikai karakterfelismerés, vizuális adatformátumok, bűnügyi- és

biztonságtechnikai alkalmazások.

Gyakorló program a témakörökhöz:

FFT, TULIPP

Egyéb hasznos segédprogramok

Interaktív keretrendszer:

ToolBook Instructor 2004

ISBN: 963 9096 911

Internetes frissítés: <http://www.georgikon.hu/digkep.htm>

