



CCD technika

CCD alapismeretek VI.

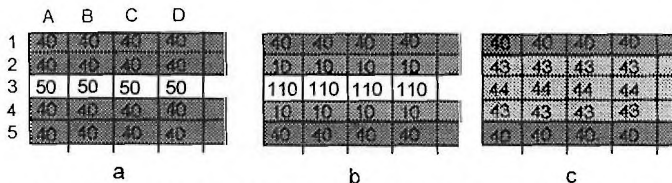
Most a képek utólagos élesítésének, elmosásának lehetőségével ismerkedünk meg. Ezek már igazából nem nevezhetők szigorúan CCD-s alapismeretnek, inkább a digitális képfeldolgozás tárgykörébe tartoznak. De mivel a CCD képeken történő alkalmazásuk sok esetben megkönnyíti a számunkra érdekes részletek kihangsúlyozását — vagy „csak” esztétikusabbá teszik a képet —, ezért lássunk néhány egyszerű példát!

Az ún. *konvolúciós szűrések* során a kép minden egyes pontjához egy új intenzitásértéket rendelünk, figyelembe véve az adott pont környezetét. Hogy ezt milyen mértékben tesszük, azt az ún. *konvolúciós mátrix* határozza meg. Legyen erre egy példa az alábbi két 3x3-as mátrix:

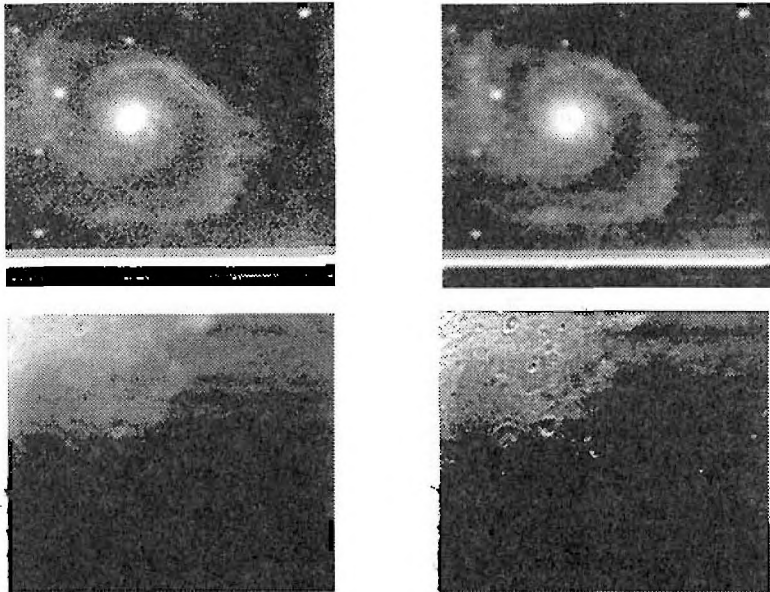
$$\begin{matrix} \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \\ a & b \end{matrix}$$

Tekintsünk egy olyan képrészletet, ahol egy egy pixel szélességű világos vonal látható. Legyen a háttér értéke az egész képen 40, a világosabb vonalé 50. Most toljuk végig ezen a képrészleten pontról pontra a fenti két mátrixot, és közben végezzük el a következő műveleteket: a mátrix által lefedett képpontok fényességértékét szorozzuk meg a mátrixban a megfelelő, az adott képpont „fölött” lévő értékkel, majd adjuk össze az így kapott értékeket, és osszuk el az ún. *súlyösszeggel*. Az így kapott számot pedig írjuk be a mátrix középső elemének helyére.

Nézzük először az *a* jelű 3x3-as mátrixot, s helyezzük ezt az 1. ábra *a* képére úgy, hogy a mátrix középső elem a B2 ponton legyen.



1. ábra. Egy képrészlet (a), élesítő (b) és elmosó (c) szűrők használata után



2. ábra. Egy aluláteresztő szűrő hatására a galaxis kissé elmosódik, a különálló pixelek eltűnnek, csökken a zaj. A Hold felszínén jól kiemeli a részleteket egy felüláteresztő szűrő

A mátrix bal felső sarka alatt, az A1 helyen 40-es fényességérték szerepel, a mátrixban pedig ezen a helyen -1 , vagyis jegyezzük fel a $(-1) \cdot 40 = -40$ értéket. A B1, C1, A2, C2 pontoknál hasonlóan -40 -et kapunk, s ezeket eddig összeadva -200 -nál tartunk. A B2 pontban szintén 40-es érték szerepel, de itt a mátrixban egy 9-es van, vagyis ennél a pontnál $9 \cdot 40 = 360$ -at hozzá kell adnunk a -200 -hoz, vagyis most 160 -at jegyezzük meg. De még van három pont, A3, B3 és C3. Ezek mindegyike 50-es értékkel rendelkezik, s hozzájuk a mátrixból egy (-1) -es szorzó tartozik, vagyis a $3 \cdot (-50) = -150$ -et hozzá kell adni a főljegyzett 160 -hoz. Így 10 -et kapunk. A kapott értéket még el kell osztanunk a súlyösszeggel. Ez nem más, mint a mátrixban szereplő számok („súlyok”) összege, jelen esetben $8 \cdot (-1) + 9 = 1$. Most már beírhatjuk a középső elem, B2 helyére a $10/1 = 10$ -es értéket az *1/b. ábrán*ba. (A súlyösszeggel való osztás szükségességét a következő példában fogjuk jobban látni.)

A következő lépésben toljuk el a 3×3 -as mátrixot („muntavételezési maszkot”) jobbra az *1/n. ábrán*, vagyis most a C2 pont legyen középen. Látható, hogy lényeges változás nem történt, így a C2 pontba is 10 -et írhatunk, hasonlóan D2-be, az *1/b. ábrán*.

Könnyen ellenőrizhető, hogy a fenti módon számolva az *1/n. ábrn* 3. sorában szereplő értékek 50 -ról 110 -re változnak az *1/b. ábrán*. (Az első/ötödik sorban az értékek nem változnak, mert a be nem rajzolt fölöttük/alattuk lévő képpontok is 40 -es értékkel rendelkeznek, s ezekre elvégezve a számításokat, szintén 40 -et kapunk.) Ha most megnézzük az *1/b. ábrát*, látjuk, hogy a vonal fényessége megnőtt. Sőt, az alatta és fölötté lévő sötétebb lett, megnövelve így a kontrasztot. Ezzel kiemeltük a környezetből, azaz élesítettük a képet.

Ha elvégezzük a fenti számításokat a b jelű mátrixot alkalmazva, akkor az $1/c$. ábrát kapjuk. Látható, hogy a hatás az előzővel ellentétes: a vonal elhalványodott, és kiszélesedett, ezáltal jobban belesimul a környezetébe. Így lehet a képet elmosni, elhomályosítani.

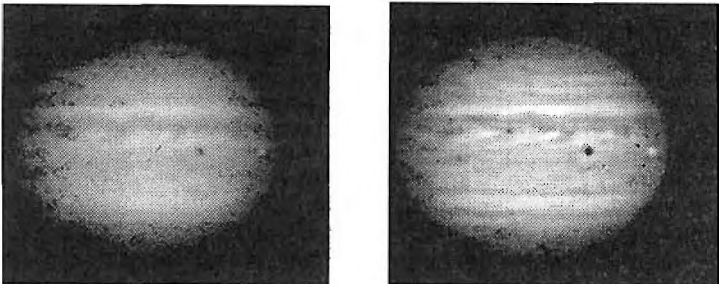
Ebben az esetben látható a súlyösszegezl történő osztás szükségessége. Ha ugyanis pl. a 3. sor fényességértékeit számolva a kapott 440-es értéket nem osztjuk le a mátrix súlyainak $(8 \cdot 1) + 2 = 10$ összegével, akkor 8 bites (256 szürkeárnyalat) képen nem tudnánk ábrázolni ezt a fényességet.

A konvolúciós szűrők között megkülönböztetünk alul- és felüláteresztő típusokat. Aluláteresztő szűrők súlyozásakor a középső elemet vesszük a legnagyobb értékkel, a környezet elemeit — ügyelve a szimmetriára — egyre kisebb, de 0-nál nagyobb súllyal. Erre példa a b jelű mátrix. Ezek a szűrők a képek elkenésére, a zajok enyhítésére alkalmasak.

A felüláteresztő szűrőknél szintén a középső elem kapja a legnagyobb súlyt, s a környező elemek szimmetrikusan egyre csökkennek, s mind 0-nál kisebb súllyal szerepelnek. Alkalmazásuk a gyors változásokat emeli ki, így enyhén homályos képek élesítésére használhatók. Erre példa az a jelű mátrix. A különböző fajtájú konvolúciós szűrők hatása jól látható a 2. ábra képein (az előbbi két mátrixot alkalmazva).

A talán többek által ismert számítógépes szoftverek (pl. Photoshop) élesítő (*sharpen*) és homályosító (*blur*) szűrősei is hasonló eljárásokat alkalmaznak. Több szoftverben lehetőség van magunk által összeállítani a mátrixot (méret, súlyok), azonban nem könnyű egy kívánt cél elérése. A méretet gyakran a számítási teljesítmény is befolyásolja, de speciális célokra az általában használt 3×3 -as vagy 5×5 -ös mátrixoknál hatékonyabb egy megfelelően súlyozott, alul- és felüláteresztő tulajdonságokat ötvöző 9×9 -es mátrix. Például homályos bolygófelvételeknél jól kiemeli a részleteket a következő, hosszas próbálkozások során kialakított mátrix:

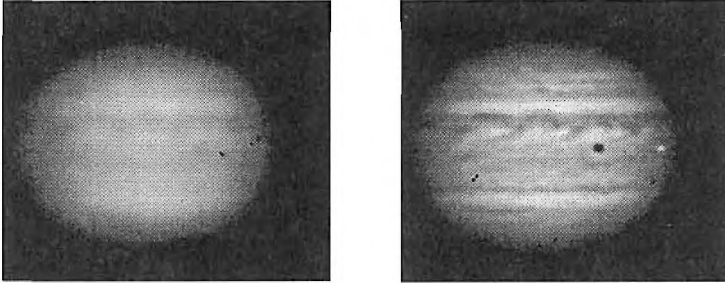
$$\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 & 1 & 3 & 1 & -1 & -2 & -1 \\ -2 & -2 & -2 & 0 & 0 & 0 & -2 & -2 & -2 \\ -1 & -2 & -3 & -3 & -3 & -3 & -2 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & -3 & 11 & 9 & 11 & -3 & 0 & 1 \\ 3 & 0 & -3 & 9 & 21 & 9 & -3 & 0 & 3 \\ 1 & 0 & -3 & 11 & 9 & 11 & -3 & 0 & 1 \\ -1 & -2 & -3 & -3 & -3 & -3 & -2 & -1 & -1 \\ -2 & -2 & -2 & 0 & 0 & 0 & -2 & -2 & -2 \\ -1 & -2 & -1 & 1 & 3 & 1 & -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$



3. ábra. A Jupiter felhősávjait jól kiemeli egy megfelelően súlyozott, alul- és felüláteresztő sajátosságokkal egyaránt rendelkező 9×9 -es mátrixszal történő szűrés

Hasonló eredményt érhetünk el egy, a fotózásnál is alkalmazott módszerrel. Ehhez először kell készíteni egy felüláteresztő szűrővel egy elmosott képet, majd ezt az „átlagolt” maszkot levonni az eredeti képből (*unsharp masking*), esetleg annak n-

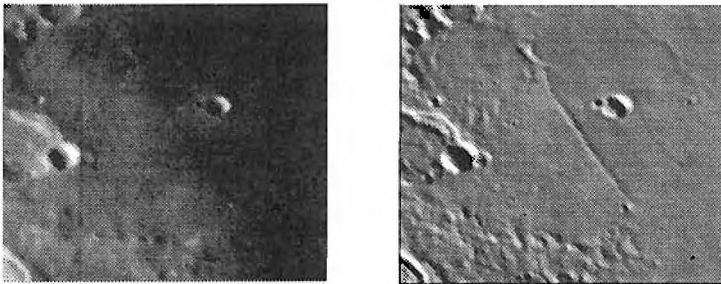
szereséből $(n-1)$ -szer levonni, ahol $n = 2, 3$, esetleg 4 . (A hagyományos fotózásnál életlenné tett kép negatívján át szokás megvilágítani a képet.) Ennek eredményét szemlélteti a 4. ábra.



4. ábra. Az előbbi nyers kép elmosásával készített maszk balra, és az eredeti kép 3-szorosából a maszk 2-szeresének levonásával előállított kép

Jól kiemelhetők a képen történő változások, az alakzatok határvonalai az ún. *aszimmetrikus konvolúció* alkalmazásával. Gyakran nem egy, hanem több mátrixot használva egyikkel előbb vízszintes irányban, majd a másikkal függőleges irányban emelhetők ki a változások, s a két képet összeadva áll elő a végleges változat. Erre egy példa az ún. *Prewitt-szűrő*, mely a következő két mátrixból áll: (Hatásuk az 5. ábra holdfelvétel-párján látható.)

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$



5. ábra. Egy holdfelvételen a két Prewitt-mátrixszal elvégzett szűrés, s az így kapott két kép összegzése jól kiemeli a részletek határvonalait

Az ehhez hasonló aszimmetrikus szűrőkkel bármilyen megvilágítás „szimulálható”, vagyis tetszőleges irányú élkimielés valósítható meg.

A CCD-vel készült képeken gyakran találunk sötét, illetve túl világos, „beégett” pontokat. Előbbiek gyártási hibák, míg utóbbiak a kozmikus sugárzás, illetve a hirtelen történő elektronikus ingadozások miatt jelentkeznek. Ezeket a környezetből élesen elkülönülő pontokat könnyen el lehet távolítani a *statisztikus szűrőkkel*. Meg

kell határozniunk egy mintavételező maszkot, mely tetszőleges alakú lehet, de páratlan számú szomszédos elemet fed le. Ezt végigítolva a kép pontjain minden lépésben sorba rendezzük az éppen lefedett pontokat, növekvő intenzitás szerint. Ebben a sorban egy előre meghatározott helyen álló (pl. az utolsó, leghalványabb) elem értékére cseréljük a maszk központi eleme „alatt” álló intenzitásértéket. (Az eljárást nagyon finoman tudjuk hangolni, ha a cserét feltételhez kötjük. Például akkor cseréljük le a maszk alatti központi elemet a rendezett sor középső elemére, ha köztük az eltérés nagyobb egy előre rögzített értéknél.)

Ezzel nagyjából végére is értünk az alapvető ismeretek elsajátításának. Az elkövetkezendőben lesz még szó néhány eljárásról, melyek speciális feladatok elvégzésére használhatók (pl. apertúra fotometria változócsillagok fényességének meghatározásához, stb.). Ezekkel együtt az adott felhasználói témakörrel is bővebben szó lesz egy-egy cikk keretein belül, melyekben néhány CCD-t használó vagy CCD-t építő amatőrtársunk számol be tapasztalatairól, eredményeiről. Ezek mellett részletesen megismerkedünk néhány, hazánkban is előforduló kameratípussal, azok használatával és jellemzőivel.

FŰRÉSZ GÁBOR

Folytatás a 17. oldalról!

A repülés során lenne egy olyan szakasz is, amikor a Földről nézve a szonda 8 hónapig a Nap mögött van, vagyis nem elérhető. (Az űrszonda ez évben induló fejlesztési munkáiban egyébként hazai kutatók is részt vesznek, a KFKI–RMKI-ből.)

Az üstökös fokozatos és egyre lassuló megközelítése után a szonda szinte „összenőne” vele, vagyis mellette sodródna, többször körbejárná a magot. Miután ebben a térképezési szakaszban sikerül kiválasztani a leszállás pozícióját, a szonda keringő egységéről (orbiterről) leválna egy kisméretű leszállóegység (RoLand — Rosetta Lander), amely szerencsés esetben, három lábán „üstököst érne”. Ezek után megkezdődnének a felszíni vizsgálatok. Ekkor az üstökös kb. 4 Cs.E.-re járna a Naptól és 3,5 Cs.E.-re a Földtől. Az egész program a tervek szerint 2013 októberéig, a perihéliumátmenetig tartana, vagyis jó egy évtizedet ölelne fel. Eredetileg a Rosetta program keretében is tervezték anyagminta visszahozatalát a Földre, még hozzá az üstökös felszínéből „kibányászva”, de ez a változat technikailag nehezen kivihető és túlságosan költséges lenne. Érdekes „történelmi” adalék, hogy az eredetileg kiszemelt üstökös a Schwassmann–Wachmann 3 volt, amely időközben egy hirtelen felfényesedés után több darabra hullott, vagyis gyakorlatilag kimúlt. Még szerencse, hogy erre nem az űrszonda elindítása után került sor, mert ez esetben már csak az üstökös „hült helyét találta volna”.

Az orbiteren nagyszámú műszer, köztük kamera, optikai és tömegspektrométer, por- és részecskedetektorok, plazmafizikai műszerek kapnak helyet (kb. 90 kg össztömegben), míg a leszálló egységen a képfelvevőn kívül természetesen főként a talajvizsgálathoz szükséges miniatűr eszközök. A tudományos program azokra a kérdésekre próbál választ keresni, hogy milyen a mag anyaga, felszíne, hogyan zajlik az üstökös aktív működése a felszínen és a belső kómában, mi a kapcsolat az üstökösöt alkotó és az interstelláris anyag között, és milyen következtetést lehet levonni ebből a Naprendszer kialakulására nézve. Nos, 13 év múlva ezekben a kérdésekben talán már okosabbak leszünk. Várjuk türelemmel a fejleményeket!

SPÁNYI PÉTER