

B1.7 Hiperspektrális érzékelő rendszerek

Bevezetés és alapfogalmak

A *képalkotó spektrometriának*, vagy ahogy ma nevezik, a *hiperspektrális képalkotásnak* hosszú története van. A képalkotó spektrometria fejlesztésének lendületét az 1970-es években a Landsat-1 adatelemzést támogató terepi spektrális mérések adták. Az 1980-as években és az 1990-es években az elektronika, a számítástechnika és a szoftverek fejlesztését igényelték, mielőtt a technikát a földmegfigyelő közösség nagyobb része átvette volna [4].

Az *elektromágneses spektrumot* különböző frekvenciájú vagy hullámhosszú elektromágneses hullámok alkotják. A spektrum széles körben felosztható rádióhullámokra, mikrohullámokra, infravörös hullámokra, látható fényre, ultraibolya sugárzásra, röntgen- és gamma-sugarakra. Ennek a spektrumnak az emberi szem számára látható rész az, amelyet fénynek neveznek. Ezt a rész 380 - 770 nm hullámhossz közé esik.

A *hiperspektrális érzékeléshez* különösen fontos a látható fény és az infravörös sávok. Az emberi szem az elektromágneses spektrumban csak a látható fényre érzékeny, azaz ha a hullámhossz 380 és 770 nm között van. A fotopikus látásban a szem a legérzékenyebb az 555 nm-es hullámhosszra, azaz sárga-zöldre. A szkotópiás látásban az érzékenység 507 nm-nél (kék zöld) tetőzik. [1], [2]

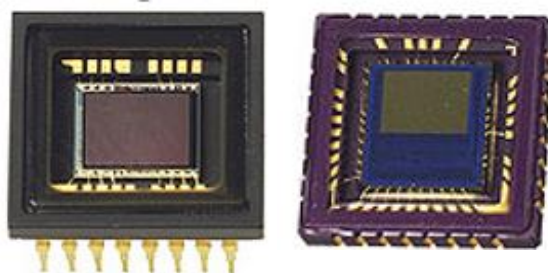
Az adatgyűjtés hiperspektrális jellege lehetővé teszi, hogy magából az adatokból légköri korrekciós tényezőket állítsanak elő, ami minden pixel esetében fontos, mivel a légköri áteresztőképesség a magasság és a vízgőz különbségei miatt a képen változó lehet.

Érzékelő szenzorok

A képalkotásra tervezett kamerák fontos eleme a képérzékelő rész, amely a bejövő elektromágneses sugárzást a röntgentől az infravörösre különböző spektrális szinteken képes érzékelni. Ez mindig a szerkezetétől és a kívánt hullámhosszra érzékeny anyagtól függ. A szilíciumot a hagyományos fényképezés (látható fény) rögzítésére használják, amely az emberi szemével azonos hullámhosszúságú fényt és az infravörös sugárzás kezdetét képes rögzíteni.

Érzékelésre általában két féle szenzort használnak, nevezetesen a *Charge-Couple Device-t* (CCD) és a *Complementary Metal-Oxid-ot* (CMOS).

Ha az érzékelők szilíciumból készülnek, érzékenyek a 400 nm és 1000 nm közötti hullámhossz tartományban, így a látható fényen kívül az ahhoz közeli infravörös sugárzás egy részét is képesek befogni. A CCD érzékelő váltóregiszterként működik, az észlelt fényintenzitás elektromos töltés formájában egymás után halad át a teljes érzékelőn a kimeneti erősítőhöz, ahol az értéket leolvassák és rögzítik. A CCD-vel ellentétben a CMOS-érzékelőnek minden pixel alatt saját erősítője van, és az elektromos töltés vagy feszültség értékét minden pixelből egy busz segítségével kapják meg.



1 Kép: CCD és CMOS szenzorok.
Forrás: <https://netcam.cz/encyklopedie-ip-zabezpeceni/obrazove-snimace-ccd-cmos.php>

Hiperspektrális kamerák alkalmazása a gyakorlatban.

A hiperspektrális kamerák számos iparágban találtak alkalmazásra, és alkalmazásuk egyre terjed. A legelterjedtebb és egyik legkorábbi alkalmazásuk a távérzékelés (RS) volt. A leképezést követően a talajon lévő tárgyak, a vízminőség, az erdőviszonyok és egyebek alapján azonosíthatóak a tükröződési tulajdonságok. Különösen a növénytermesztésben használják őket például a stressznek kitett növények vagy fertőzött fák kimutatására, amelyek vizuálisan még nem váltak láthatóvá. Élelmiszer-feldolgozásban, hulladékválogatásban, kriminalisztikai tudományban, ásványfelismerésben vagy a hadseregben is használják, például az ellenséges területen lévő aknák felderítésére.

Az alkalmazási lehetőségek még korántsem értek véget, és folyamatosan jelennek meg más alkalmazások is, különösen az erdőszetben és a növénytermesztésben. A növénytermesztésben a hiperspektrális kamerák használata nagyon kiterjedt, a kamerát gyakran egy speciális **pilóta nélküli légi jármű (UAV) drónra** helyezik. Ez a drón ezután a talaj felszínétől egy bizonyos magasságból készít képeket, ami lehet termőföld vagy egy erdő.

Hiperspektrális érzékelést alkalmaztak már például sok más alkalmazás mellett rothadt vagy mechanikailag sérült gyümölcsök és zöltségek kimutatására, székletszennyeződés kimutatására, az uborka hidegkárosodásának vizsgálatára, az őszibarack keménységének mérésére, az alma cukortartalmának mérésére, vagy a gombákkal fertőzött búzamagok osztályozására.

Adatfeldolgozáshoz például a Matlabban kifejlesztett HyperCalib program [5] használható hiperspektrális képek elemzésére és minták felismerésére a választott spektrális reflektancia alapján. A program kalibrációt tud végezni, ami kulcsfontosságú összetevő a hypercube képalkotó szoftverrel történő adatgyűjtés után. Továbbá megtekinthető a kalibrált kép tetszőleges hullámhosszon, megtekinthető egyetlen képpont spektruma simítással, vagy egy kiválasztott régió spektruma közvetlenül a grafikonon a felhasználói felületen. Ugyanilyen fontos része a szegmentálás végrehajtása, amit a HyperCalib a Matlab eszközzel is kezel. Természetesen a változók exportálása a további munkához a Matlab munkaterületre.

A HyperCalib második része lehetővé teszi az endmember kiválasztását vagy feltöltését (referencia spektrális reflektancia), amelyek alapján az elemzés három különböző algoritmus szerint történik. Ez határozza meg, hogy az anyag hol helyezkedik el a spektrális hasonlóság szerint. A program utolsó részében például egy fénykép tintája elemezhető, a reflexió alapján meghatározható a tinta típusa és a használt nyomtató.

A hiperspektrális adatok elemzése és kezelése a számítógép teljesítményét is megköveteli, több tíz gigabájt RAM-ot és nagy teljesítményű processzort igényel. Egy nagyon nagy teljesítményű számítógép tehát alkalmas a továbbfejlesztésre és a gyors adatfeldolgozásra

Irodalomjegyzék:

- 1) FISCHER, Jan. Optoelectronic sensors and videometry [online]. CTU, 2002 [cit. 2020-11-21]. isbn 80-01-02525-X.
- 2) MUDR. JARMILA BOGUSZAKOVÁ, DrSc. prof. Základy světelné techniky (2) - Odborné časopisy Publisher of Professional Literature. Journal Světlo [online]. 2003, No. 04 [cit. 2020-11-23]. Available from: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/zaklady-svetelne-techniky-2--15893>.
- 3) NAKAMURA, Junichi (ed.). Image Sensors and Signal Processing for Digital Still Cameras. 1st edition. Boca Raton, FL: CRC Press, 2005. isbn 978-0-8493-3545-7.

4) https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/95287/F3-DP-2021-Ruzicka-Miroslav-Parametry_hyperspektralnich_snimacich_systemu.pdf?sequence=-1&isAllowed=y

5) GOETZ, Alexander FH. Three decades of hyperspectral remote sensing of the Earth: A personal view. Remote sensing of environment, 2009, 113: S5-S16.

Kulcs szavak

elektromágneses spektrum

képalkotó spektrometria

hiperspektrális képalkotás

elektromágneses spektrum

hiperspektrális érzékelés

Töltés-kapcsolós eszköz

Kiegészítő fém-oxid képalkotó spektrometria