

Az ajkai vörösiszap-katasztrófa hatásainak felmérése során alkalmazott domborzatmodellezési technikák bemutatása

Dr. Tomor Tamás¹, Dr. Lénárt Csaba², Enyedi Péter³, Katona Zsolt⁴

¹ főiskolai docens, intézetigazgató, Károly Róbert Főiskola, tomor@karolyrobert.hu

² főiskolai tanár, Károly Róbert Főiskola, lenart@karolybert.hu

³ kutatási koordinátor, Károly Róbert Főiskola, enyedipeti@gmail.com

⁴ GIS fejlesztőmérnök, Envirosense Hungary Kft., katona@envirosense.hu

Bevezetés

2010. október 4-én átszakadt a Kolontár és Ajka között létesített Ajkai Timföldgyár vörösiszap-tározójának gátja. Az ennek következményeként kiömlő hatalmas mennyiségű iszap elöntötte Kolontár, Devecser és Somlóvásárhely települések mélyebben fekvő részeit. Az azóta vörösiszap-katasztrófaként emlegetett esemény 10 emberéletet követelt és óriási ökológiai és gazdasági károkat okozott az Ajkai kistérségben. A katasztrófa bekövetkezésének másnapján a Károly Róbert Főiskola szakértőit bízta meg az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság azzal, hogy végezzék el az ajkai zagyatározó gátszakadása következtében vörösiszappal elárasztott területeken a károk légi felmérését. A főiskola ehhez olyan technológiákat (légi LIDAR, hiperspektrális és hőkamerás felvételek) alkalmazott, melyek lehetővé tették a szennyezés mértékének megállapítását. Mindezt nagyon szűk rendelkezésre álló időintervallumon belül sikerült véghezvinni. A Károly Róbert Főiskola és partnerei által elvégzett munka eredményeképpen olyan adatbázis került előállításra, amely mind az állami szervek információ igényét, mind pedig a nagymértékű közérdeklődést (1. kép) kielégítette. A katasztrófa felhívta a figyelmet a távérzékeléssel történő adatgyűjtés fontosságára, valamint arra, hogy napjaink legkorszerűbb távérzékelési és adatfeldolgozási technikái képesek kézzelfogható információk gyors előállítására.

Kulcsszavak: vörösiszap, távérzékelés, domborzatmodellezés, hiperspektrális adatfeldolgozás



1. kép: Hiperspektrális felvétel a sérült tározó területéről látható szintartományban megjelenítve

A távérzékelési adatgyűjtés indokoltsága

A katasztrófa kapcsán felmerült kérdések mielőbbi megválaszolására alkalmas technikák kerültek bevetésre, amelyek lehetővé tették a szennyezés pontos térbeli lehatárolását, a kiömlött iszap mennyiségének meghatározását, a tározótér gyenge pontjainak feltérképezését, az esetlegesen bekövetkező újabb gátszakadás valószínűségének meghatározását valamint a X/A. tározó kapacitásának kiszámítását.

Az alkalmazott távérzékelési eljárások rövid idő alatt olyan adatokat eredményeztek, amelyek feldolgozásával lehetővé vált a fenti kérdések megválaszolása.

A felmérés során alkalmazott aktív távérzékelési technika (LIDAR) bemutatása

A LIDAR egy aktív távérzékelési technológia, amely nagy mennyiségű távmérési adatot képes gyűjteni nagyon rövid időn belül. A LIDAR betűszó a 'Light Detection and Ranging' kifejezésből származik, amely durva fordításba 'fény érzékelése és távmérés'-t jelent. A távolságot pontos időméréssel határozzák meg; a kibocsátott és a visszavert jelek közötti időkülönbség és a fény sebessége segítségével. A légi LIDAR előnye, hogy nagy területről gyorsan, nagy pontosságú adatgyűjtésre képes a föld felszínéről, és képes olyan területeken is mérni ahol a földi geodéziai méréseket csak nagy erőforrással lehetne megvalósítani.

A légi LIDAR rendszer részei: a lézerszenzor, a hordozó eszköz (pl. repülőgép, helikopter), a GPS/INS inerciális navigációs rendszer. A mérés alapelve a következő: a szenzor lézersugarat bocsát ki a földfelszín felé, és méri a visszaverődés idejét, amiből távolságot számol (lézertáv mérő). A nagy pontosságú navigációs rendszernek köszönhetően a szenzor helyét és helyzetét pontosan ismerjük, a mért távolság alapján a visszaverődési pont koordinátái meghatározhatók. A lézerszkennelés alatt a repülési irányra merőlegesen lézernyaláb pásztázza a tájat, miközben a repülőgép/helikopter meghatározott sebességgel halad.

Felmérésünk során a LEICA ALS 50 típusú LIDAR berendezést használtuk, mely a felvételezést végrehajtó cég tulajdonában lévő Partenavia P68 repülőgépbe volt beszerelve (2. kép).



2. kép: A felméréshez használt Leica ALS 50 LIDAR rendszer főbb összetevői (balról: lézerszkennő, operátor interfész, kontrollér)

A felmérést a Károly Róbert Főiskola megbízásából a BLOM SA. végezte el. A felszín feletti repülési magasság 800 méter volt, az átlagos felvételezési pontsűrűség 4,5 pont/m², a szkennelési szög 17°, a repülési sebesség 125 kt. A repülési sávok között 30%-os átfedést alkalmaztunk. Rögzítésre került az első, középső és utolsó visszaverődés. A felvételezett terület mérete 10 km² volt, amely magában foglalta a sérült tározót és közvetlen környezetét.

A LIDAR mérések feldolgozása során a mérési adatok közvetlenül xyz formátumban UTM Zone 33-as vetületi rendszerben kerültek előállításra, majd klasszifikálást követően DSM-re (felületmodell) és DTM-re (magassági felszínmodell) leválogatva. Az adatok további feldolgozását a DTM-en hajtottuk végre, amely csak a földfelszín pontjait (több, mint 25 millió db) tartalmazza, a növényzetet és az épületeket nem.



4. kép: A LIDAR pontfelhő alapján készített digitális terepmodell a sérült tározóról (mBf)

Passzív távérzékelési technikák (hiperspektrális és hőkamerás felvételek) szerepe a felmérésben

A lézerszkenneléssel egy időben sor került a szennyezéssel érintett terület hiperspektrális légi felvételezésére, valamint a sérült tározóról hőkamerás felvételek is készültek.

A hiperspektrális távérzékelés során nyert adatok felhasználása egyre szélesebb körben elterjedt, hiszen a többsávós érzékelők által szolgáltatott adatok más technikákhoz képest spektrálisan pontosabb mérést tesznek lehetővé. A hiperspektrális technológia alkalmazásával - köszönhetően a nagyobb spektrális és térbeli felbontásnak - a hagyományos légi felvételezési technikákhoz (RGB-, multispektrális felvételek) képest nagyobb információtartalmú adatot kapunk a földfelszín legkülönbözőbb jelenségeiről, rétegeiről, felületeiről.

A hiperspektrális légi felvételezés AISA Eagle II rendszerű hiperspektrális szenzorral történt. A szenzor 400-1000nm közötti hullámhossz tartományban, 1,25-10nm közötti csatornaszélességgel és 0,3-3m-es terepi felbontásban képes adatot gyűjteni. A pontosabb

geometria miatt nagy pontosságú GPS/INS rendszert (OxTS 3003) alkalmaztunk a navigációs adatok gyűjtésére (5. kép).



5. kép: AISA Eagle II hiperspektrális szenzor és fedélzeti rendszer repülőgépbe beszerelve

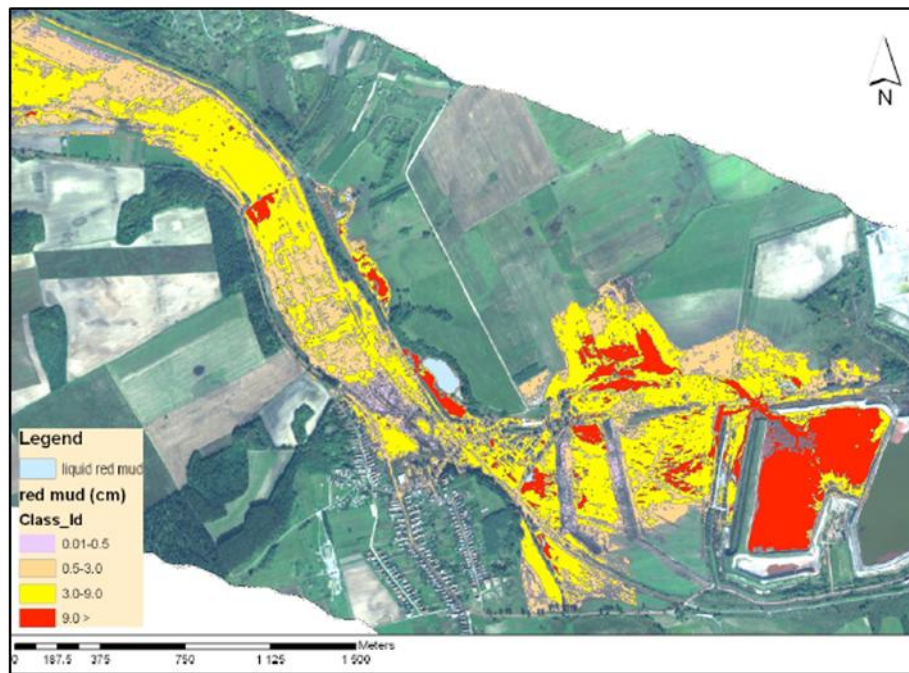
A felvételezés során alkalmazott repülési paraméterek:

- repülési magasság: 1522m
- repülési sebesség: 60m/s
- sáv szélesség: 1024m
- átfedés: 30%
- terepi felbontás: 1m



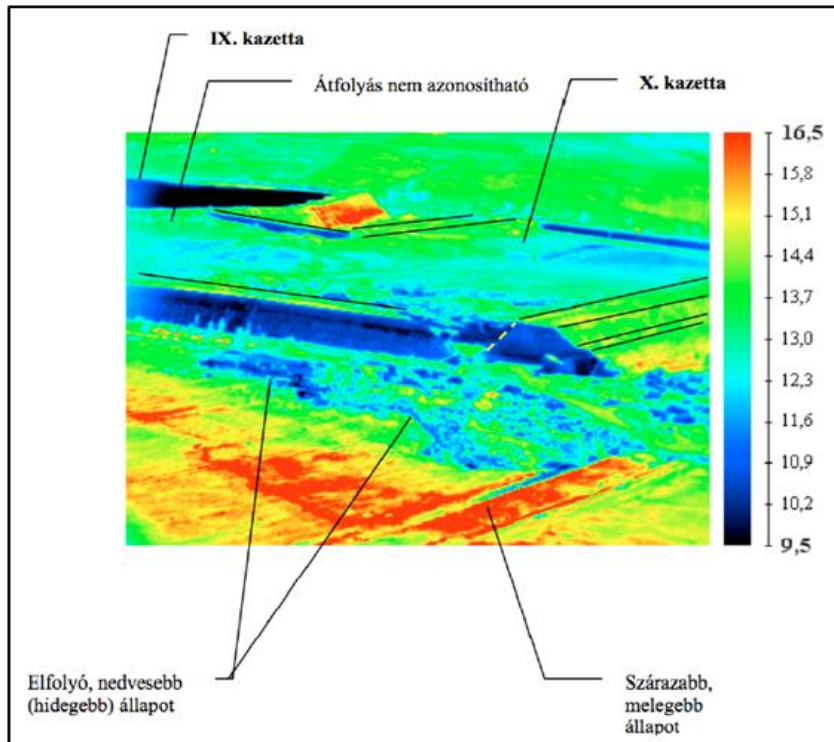
6. kép: Az összemozzaikolt és előfeldolgozott hiperspektrális felvételek látható szintartományban megjelenítve Google Earth alaptérképen

A hiperspektrális felvételek radiometriai és geometriai korrekciója után elvégeztük a területről készült felvételek osztályozását (7. kép). A vörös iszappal előntött területek lehatárolására terepen meghatározott spektrumok alapján SAM (Spectral Angle Mapper) módszert alkalmaztunk. Az osztályozásra különböző osztályokat (endmembers) alkalmaztunk a felszínborítások szerint. A vizes fázist, ahol az iszap szárazanyagtartalma kisebb volt 30%-nál, külön határoztuk meg. A SAM alkalmazásánál a kontroll területek alapján optimalizáltuk a szög értékeket. A területi lehatárolás után a terepi minták alapján regresszió analízis alkalmazásával meghatároztuk azokat a spektrumokat, amelyek korrelálnak az iszapvastagsággal (30-70% tömegszázalékú iszap esetében).



7. kép: Hiperspektrális mozaik (RGB) és a különböző vastagságú vörös iszappal előntött területek

Hőkamerás felvételek segítségével lehetővé vált a tározó környéki felvételeken a nedves, szivárgást mutató területek azonosítása. A thermális felvételeken jól elkülöníthetők voltak a magasabb párolgási értékű, tehát alacsonyabb felszíni hőmérsékletű területek. A X. kazetta oldalirányú vizsgálata során megvizsgáltuk a tározó falának szivárgására, repedéseire utaló nyomokat (8. kép).



8. kép: A X. tározó északi gátfalát érintő tározó-környéki nedves és száraz részek szemléltetése oldalirányú hőfelvételen

Eredmények

A légi felvételezések során előállított adatok lehetővé tették számos a katasztrófa bekövetkezte után felmerülő kérdés megválaszolását.

Egy a sérült tározóról a katasztrófa előtt (2010. 09. 20-án) készült légi felvételtől sztereo kiértékeléssel kapott referenciafelület, valamint a LIDAR méréssel előállított felületmodell összevetésével meghatározhatóvá vált a X. tározóból kifolyt iszap mennyisége, amely $1\,736\,451,75\text{ m}^3$.

Szintén a LIDAR méréssel előállított modellt felhasználva információt adhattunk a katasztrófa után tározásra használt X/A. tározó által befogadható anyag térfogatára vonatkozóan.

A LIDAR mérési eredményeket felhasználtuk továbbá a hiperspektrális szenzorral végzett felmérés eredményeinek korrekációjához is.

Felméréseink teret nyitottak további elemzések, modellezések számára: töltésszakadás-szimuláció, elöntés intenzitászámítás, terjedésmodellezés. A hatóságok számos olyan operatív beavatkozást hajtottak végre, melyek az elemzéseinken alapultak (védtöltések tervezése-építése, kárelhárítás tervezése, kártalanítások előkészítése) ezáltal felhívva a figyelmet a távérzékeléssel történő adatgyűjtés fontosságára.