

Károlyfi Kitti¹

A DIGITÁLIS KÉPFELDOLGOZÁS ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI A KATASZTRÓFAKEZELÉSBEN

(THE APPLICATION OF DIGITAL IMAGE PROCESSING IN DISASTER MANAGEMENT)

A digitális képfeldolgozás az utóbbi évtizedekben robbanásszerű fejlődésen ment át és mindennapi életünk részévé vált. Felhasználjuk többek között az orvos-diagnosztika, az űrkutatás, a minőség-ellenőrzés, a távközlés és az ipari folyamatirányítás területén, de kifejezett jelentőséggel bír a tűzvédelemben, valamint a katasztrófakezelés során az elemzési feladatok végrehajtásában és a kárelhárítási folyamatok szervezésében. A katasztrófakezelés területeit tekintve a képi adatgyűjtés elsődleges célja a károk felmérését szolgáló monitoring, a bekövetkezett esemény okainak feltárásához szükséges alapvető információk felderítése, valamint a célirányos vizsgálatok elvégzésére történő javaslatok megtétele. A digitális képfeldolgozás eszközei alkalmazhatók területi, valamint épület léptékű események kapcsán egyaránt a kézzelfogható információk gyors kinyeréséhez. Írásomban esettanulmányokon keresztül mutatom be a digitális képfeldolgozás alkalmazási lehetőségeit a katasztrófakezelés és kárfelmérés területein.

Kulcsszavak: katasztrófaelemzés, állapotfelmérés, távérzékelés, digitális képfeldolgozás

The digital image processing is experiencing an explosive development and became part of our daily life. It is used in the field of medical diagnostics, space research, quality control, telecommunication, and industrial process control, but plays a significant role in fire protection and in implementation of analysis tasks and organization of injury elimination processes in the field of disaster management. From this point of view, the objective of pictorial data collection is the monitoring of damage survey, getting information about the reasons of the occurred happening and to propose aimed examinations. The tools of digital image processing can be applied both regional and on building-scale to get concrete informations quickly. This paper presents the applications of digital image processing in damage assessment and management through case studies.

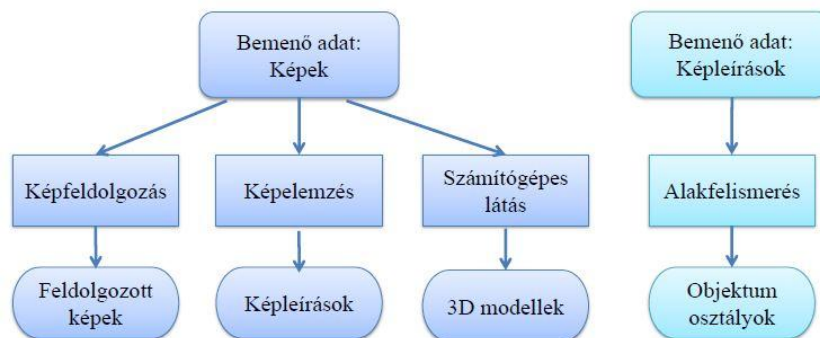
Kulcsszavak: disaster management, remote sensing, digital image processing, damage assessment

BEVEZETÉS

A katasztrófa-helyzetek felszámolásának fontos eleme a felderítés, melyet a digitális képelemzés nagyban segíthet, különösen igaz ez a veszélyes anyagokkal kapcsolatos balesetekre. [1] A számítástechnika robbanásszerű fejlődése az élet több területén is jelentős változást hozott. A gyors és nagy felbontású képfelvevő eszközök megteremtették a

¹ PhD hallgató Széchenyi István Egyetem, Szerkezetépítési és Geotechnikai Tanszék, e-mail: karolyfi.kitti@sze.hu, ORCID: 0000-0001-5145-2902

számítógépes képelemzés lehetőségét, amelynek eredményeit az iparban, a katasztrófavédelemben, az orvos diagnosztikában és még mindennapi életünk számos további területén felhasználunk. [2] A digitális képfeldolgozás (vagy számítógépes képelemzés) alatt a képi információ számszerű vagy leíró adatokkal történő jellemzését értjük. A képfeldolgozás, képelemzés kifejezéseket többféleképpen is használják a szakirodalomban, mivel több folyamatot is magukba foglalnak; ezeknek a fogalmaknak egyfajta áttekintése látható az 1. ábrán. Ezek alapján az egyik lehetséges eljárás a képfeldolgozás, amelynek bemeneti és kimeneti adatstruktúrája azonos (kép vagy képhalmaz), az eredmény pedig a feldolgozott vizuális információ. A következő lehetőség a képelemzés, mely során a bemeneti adatstruktúra megváltozik, azaz képekből kvalitatív adatot, vagyis képleírásokat kapunk. Az alakfelismerés alapvetően leírásokból dolgozik, és objektum osztályokat hoz létre. Végül, a számítógépes látás célja pedig háromdimenziós modellek létrehozása képek vagy videók alapján, amelyhez az előbbi három eljárásra is szükség van. A számítógépes látás megteremtésével a számítógépek az érzékelt képeket képesek automatikusan, előre meghatározott algoritmusok alapján feldolgozni és ennek hatására beavatkozásokat végrehajtani egy adott folyamatban, amelynek lehetőséget az ipar szinte azonnal kihasználta, s ma már egyre több termelésirányító, minőségellenőrző rendszer alapvető elemét képezi. [2] A számítógépes látás főbb céljai közé tartozik az ismert objektumok detektálása és felismerése, ismeretlen objektumok modellezése, pozíció és orientáció meghatározása, mozgáselemzés, szín- és textúra elemzés, geometriai tulajdonságok mérése.



1. ábra A digitális képfeldolgozás fogalma Forrás: [3] Szerkesztette: a szerző

A következőkben vizsgált esettanulmányok kapcsán szinte mindegyik folyamatra láthatunk példát. Továbbá a számítógépes látás videó felvételekre történő kiterjesztésére is röviden kitérek az utolsó bekezdésben.

KÉPI ADATGYŪJTÉSI LEHETŐSÉGEK

Felvételeket ma már nagyon sokféle eszközzel készíthetünk, így számos típust különböztethetünk meg egymástól. Az elektronmikroszkóptól az űrfelvételekig sok nagyságrenden át változó felbontással készíthetünk képet ugyanarról a pontról, jelen cikkben azonban az épület léptékű, valamint területi szintű felvételek készítésére szűkíttem a kérdést.

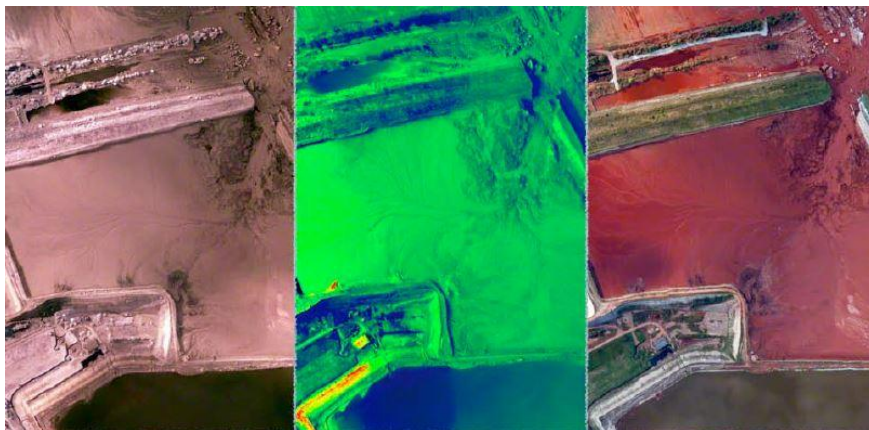
A vizsgált léptékben – főként épület szinten – a képi adatgyűjtés kapcsán a leggyakrabban digitális képfelvévő eszközöket alkalmazunk, amelyek a földfelszín által visszavert illetve a felszín saját sugárzását felhasználva készítenek felvételeket, ezt úgynevezett passzív

letapogatásnak is nevezzük. Ez a mindennapos módszer azonban nemcsak épület szintű elemzéseknél, de területi szinten is alkalmazható, ahogy a későbbiekben bemutatásra is kerül, az eljárás csak a használatos eszközök pontosságában, teljesítményében különbözik. A látható tartományú eszközökkel készített felvételezés minőségét természetesen nagymértékben befolyásolja a vizsgálandó objektum megvilágítottsága, valamint az időjárási körülmények, amelyek főként a légi felvételeknél okoznak problémát.

A területi szintű állapotfelmérések és elemzések esetében leggyakrabban távérzékelési adatgyűjtési módszereket alkalmazunk. A távérzékelési módszerek egyik nagy előnye, hogy az ipari vagy környezeti katasztrófák kapcsán gyors és érintkezésmentes felmérési és elemzési lehetőséget biztosítanak. A távérzékelésnek két fő formáját különböztetjük meg: légi-távérzékelés és műholdas (vagy űr-távérzékelés). A látható tartományú eszközökkel történő felvételezés mellett a közeli infravörös (NearInfraRed, NIR) és a távoli infravörös tartományú (FarInfraRed, FIR) kamerákkal, valamint hiperspektrális (HYS) eszközökkel végzett vizsgálatok egyre elterjedtebbek, gondoljunk csak az utóbbi időben egyre népszerűbbé váló hőkamerák rutinszerű alkalmazására, például az épületek hőtérképezése kapcsán. Továbbá sok távérzékelő űreszköz a saját maga által kibocsátott sugárzás segítségével is képes a földfelszín letapogatására, ezt úgynevezett aktív letapogatásnak, az eredményeket pedig radar képeknek nevezzük. Az eljárás előnye, hogy olyan hullámhosszakat használ, amelyeket a felhőzet kismértékben nyel el, továbbá független a felszín megvilágítottságától, azaz a felvételek minősége független az időjárástól és napszaktól. [4]

KÉPFELDOLGOZÁSI MÓDSZEREK ÁLTALÁNOS ESETBEN

Mivel a különböző típusú szenzorokkal készített képi adatok nagyon változatosak, ezért gyakran egyedi diagnosztikai és képi adatfeldolgozási módszereket igényelnek. (2. ábra)



2. ábra Bal oldalon: közeli infravörös, középen: távoli infravörös, jobb oldalon: látható tartományú légifelvételek a vörösiszap katasztrófáról, Forrás: [5], Készítette: Berke J. et al

Jelen cikknek ebből adódóan nem célja a képfeldolgozási eljárások részletes ismertetése, ezért csupán egy általános összefoglalóra szorítkozik. A képelemzést általában megelőzik a képmanipulációs vagy korrekciós eljárások úgy, mint a kontraszt és intenzitásviszonyok beállítása, a hisztogram-módosítás vagy a zajszűrés. Ezt követően megtörténik a képek feldolgozása, elemzése. Leggyakrabban éldetektálással vagy képszegmentálással kerülnek

elkülönítésre, illetve azonosításra a kérdéses objektumok. Ennek számtalan módszere létezik, de általánosságban az objektum alábbi paramétereit alapján végezhető el az azonosítás:

- méret,
- alak,
- vetett árnyék,
- szín, tónus, árnyalat,
- szerkezet, textúra, mintázat,
- környezettel való kapcsolat (asszociáció),
- előfordulás helye.

Mivel minden képfeldolgozási művelet más és más céllal készül, ezért az alkalmazandó eljárás is különböző. Az azonosítást követően elvégezhető a kiértékelés, azaz a célnak megfelelő számszerű vagy leíró adat kinyerése, amely adatokból végül levonhatjuk a következtetéseket; például az azonos peremfeltételeknek megfelelő objektumok összterülete, pozíciója, irányultsága tekintetében.

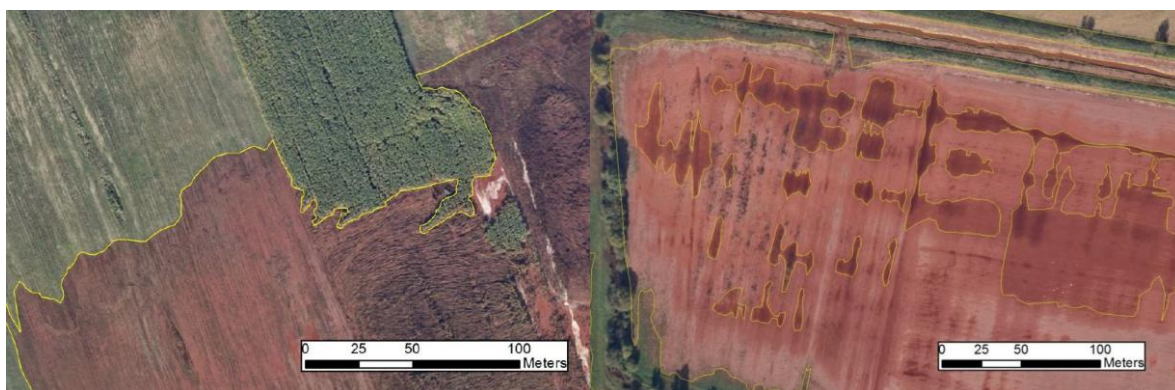
FELHASZNÁLÁSI LEHETŐSÉGEK – TERÜLETI SZINTEN

Területi szinten általában a távérzékelési technológiák alkalmazása kerül előtérbe. A távérzékelés első alkalmazása természetesen katonai célokkal történt, azonban a környezeti erőforrás-kutatás hatékonyságának növekvő jelentősége által hamar alkalmazásra került civil körökben is. Napjainkban már mezőgazdasági, környezetvédelmi célokból, változáskövetéshez, például nagyvárosok terjeszkedésének vizsgálatára is használják. Néhány példát kiragadva, a Földmérési és Távérzékelési Intézet (FÖMI) például számos elemző feladatot lát el napi szinten úgy, mint ár- és belvízfelmérési, aszályfelmérési feladatokat, de parlagfű-fertőzöttségi vizsgálatokat is végez, valamint a mezőgazdasági támogatási rendszert felügyelő Mezőgazdasági Parcella Azonosító Rendszer (MePAR) üzemeltetése is a feladatát képezi. [6]

A világ számos területén egyre gyakrabban és nagyobb hatékonysággal alkalmazzák a katasztrófavédelem területén is a távérzékelési adatokat, mivel azok rendszeresen, gyorsan beszerezhetőek, nagy területet fednek le, valamint olyan információt szolgáltatnak, amelyet a terepen, még közvetlenül a helyszínen sem tudnánk beszerezni. A légi- és űrfelvételek elemzésével pontosan meghatározható egy-egy árvíz által elöntött terület vagy szennyezés kiterjedése. Valamint a viszonylag könnyen és gyorsan ismételtető felvételekkel a terjedés sebessége, annak várható iránya is meghatározható, így a katasztrófavédelmi szervek előre tudnak dolgozni és több idő marad a mentési feladatokra, mivel a digitális térképek segítségével fel tudják mérni, hogy a védelmi létesítmények mely pontokon lesznek a leginkább leterhelve. Ebből adódóan a távérzékelési technológiák alkalmazása nem csak megkönnyíti a katasztrófavédelem feladatát, hanem adott esetben megakadályozhatja akár a katasztrófa bekövetkezését is. [4]

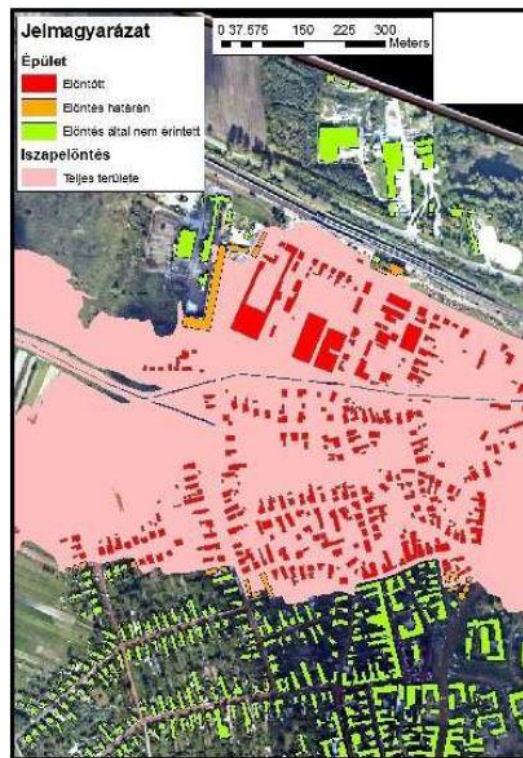
A következőkben az ajkai vörösiszap katasztrófa példáján keresztül kerülnek bemutatásra a digitális képfeldolgozás területi szintű alkalmazási lehetőségei. Magyarország egyik legnagyobb környezeti és anyagi károkkal járó ipari katasztrófája következett be

2010. október 4-én, amikor a Magyar Alumínium Zrt. X. számú vörösiszap zagyártoló gátja átszakadt. A gátszakadás következtében 600-700 ezer m³ vörösiszap és lúgos víz elegye árasztotta el Kolontár, Devecser és Somlóvásárhely települések mélyebbek fekvő részeit, amely mintegy 800 ha területet érintett. Az áradat súlyos károkat okozott az épített környezetben, a lakosság ingó és ingatlan vagyontárgyaiban, valamint a Torna patak és Marcal élővilágában. [7] A terület szennyezettségének vizsgálata során mind légi felvételeket, mind pedig műholdfelvételeket egyaránt alkalmaztak. Ambrus A. [8] a vizsgált területről több mint 300 darab 1:2400 méretarányú nagyfelbontású digitális légifelvételt készített, amely képek vetületbe transzformálása a 20 cm-es terepi felbontásuk miatt nagy pontossággal (fél méter alatti hibával) történhetett. A vizuális interpretáció során – mivel a szennyező anyagból kialakult foltoknak nincs jellemző alakjuk – az objektumokat színük, tónusuk, árnyalatbeli különbségük alapján kategorizálta. Ezek alapján megállapította, hogy az általánosan elöntött terület kategóriája képezi a legnagyobb területet (több, mint 5 millió m²), míg a vörösiszap felhalmozódással érintett terület közel fél millió m². (3. ábra)



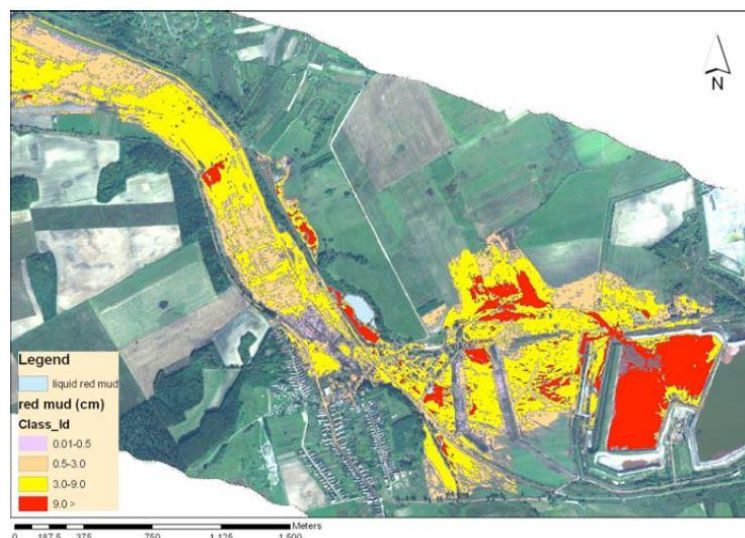
**3. ábra Balra: általánosan elöntött terület, jobbra: vörösiszap felhalmozódás - szegmentáló algoritmus alkalmazása Forrás: [8]
Készítette: Ambrus Attila**

Az elkészített elöntésfedvényekből kiindulva Harsányi M. elkészítette Devecser épületkataszterét (4. ábra), amely fontos adatokat szolgáltatott a károk felmérésében és a kárelhárítás megtervezésében. [9]



**4. ábra Devecser épületkatasztere az elöntési fedvény alapján, Forrás: [9]
Készítette: Harsányi Melinda**

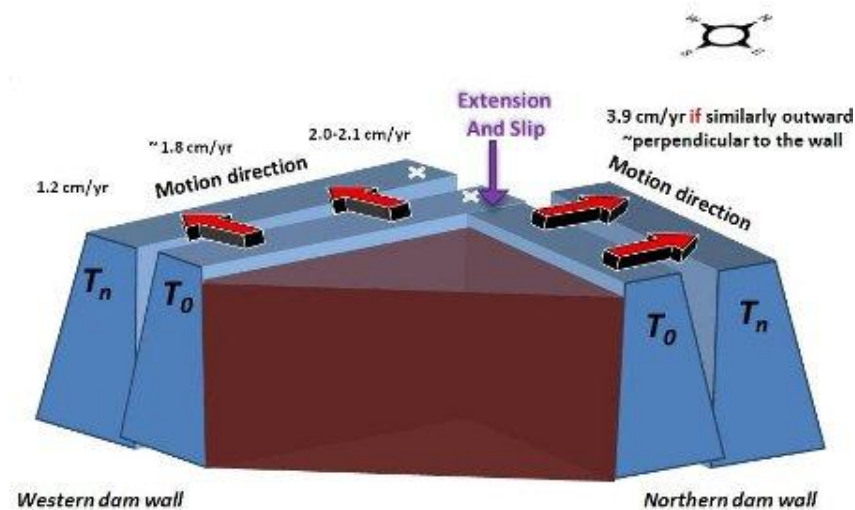
Berke et al. a légifelvételések során közeli infravörös, távoli infravörös és látható tartományú felvételeket készített (2. ábra), amelyek kiértékelését különböző technológiákkal párhuzamosan végezte el. A hőfelvételek elemzéséből azonosította a tározó nedves, szivárgást mutató területeit. A területen vett talajminták és a hiperspektrális felvételek alapján a területi lehatárolást követően pontosan meghatározta az egyes elöntött területrészekben az iszapréteg vastagságát. (5. ábra) [5]



5. ábra A különböző vastagságú vörösiszappal elöntött területek kategorizálása hiperspektrális felvételek alapján, Forrás: [5] Készítette: Berke J. et al

Egészen 2003-ig visszamenően a rendelkezésre álló műholdradaros képek összevetésével kimutatták továbbá hogy az ajkai timföldgyár X. számú zagytározójának fala jelentős mozgást

végzett, a mozgás térbeli sebességének nagyságát és irányát pedig pontosan rekonstruálni lehetett a műholdfelvételek alapján. (6. ábra) Eszerint a gát főként vízszintesen, nyugati irányba mozdult el, 1,2 cm/évről növekvő sebességgel, ami az összeomlott saroknál elérte a 2,1 cm/évet. (7. ábra) Emellett a mozgásnak 0,4cm/év magassági komponense is volt, viszont ez harmada a kifelé irányuló vízszintes mozgás sebességének. [11]



6. ábra A gát mozgásának rekonstruálása a műholdfelvételekből kinyert adatok alapján,
 Forrás: [10] Készítette: FÖMI KGO/Grenerczy Gy., U. Wegmüller



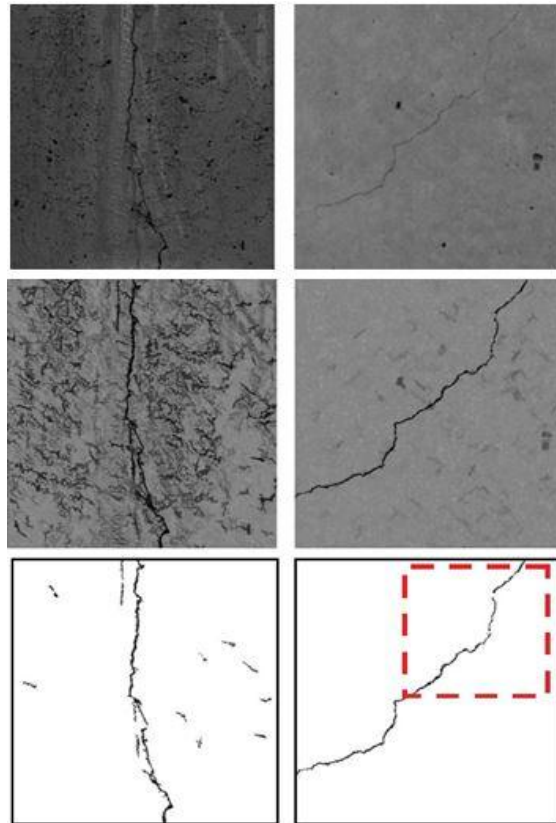
7. ábra A vörösiszap-tározó gátjainak mozgása, Forrás: [10]
 Készítette: FÖMI KGO / Grenerczy Gy., U. Wegmüller

Összességében megállapítható, hogy a gát stabilitásának monitorozásával a katasztrófa akár évekkal a bekövetkezése előtt kimutatható lett volna. [10] Berke et al. felmérései során előállított felvételekre építve további modellezések és elemzések történtek: töltésszakadás-szimuláció, terjedésmoделlezés, elöntés intenzitásszámítás. Elemzéseik elősegítették a hatóság beavatkozásának hatékonyságát; a védőtöltések tervezését és építését, a kárelhárítás tervezését és kártalanítások előkészítését. [5]

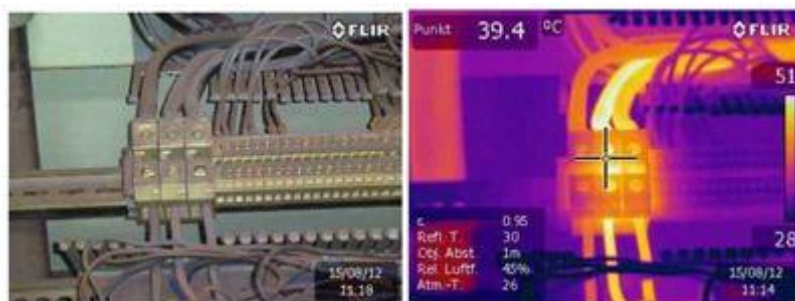
FELHASZNÁLÁSI LEHETŐSÉGEK – ÉPÍTMÉNY SZINTEN

A következő vizsgált lépték a digitális képfeldolgozás épület szintű felhasználási köre. A képfeldolgozási módszerek alkalmazása egyre inkább elterjedőben van a szerkezetdiagnosztikai vizsgálatok területén is, ugyanis – például vasbeton szerkezetek esetében – néhány egyszerű fénykép készítésével detektálhatóak a deformációk és felületi repedések, amelyek feltérképezésével a szerkezet állékonyságáról vonhatunk le fontos következtetéseket. Tomoyuki Y. et al hatékony képfeldolgozási módszert dolgozott ki vasbeton szerkezetek repedésvizsgálatára, amely kiküszöböli a különböző felületi hibák (fészkesség, porozitás), textúrabeli különbségek, árnyékok által keltett zajokat. (8. ábra) [11]

Ugyanebbe a témakörbe sorolható még a hőkamerák egyre elterjedtebb alkalmazása is, ha a képfeldolgozás témakörét egy kicsit tágabban – mozgóképre is kiterjesztve – értelmezzük. Mindamellett, hogy épülettűz esetén hőkamerával meghatározható a tűz pontos helye, kiterjedése még a helyiségbe történő behatolás előtt, más balesetek esetén is pontosan meghatározható például a sebesültek száma. Hőkamera segítségével lokalizálni lehet a tűz fészket és olyan rejtett tűzforrásokat is, amelyet amúgy nem vennénk észre, például fal mögötti elektromos tüzet. Persze nem csak a már megtörtént tüzeset kapcsán, de a megelőzés során is hatékonyan alkalmazható a technológia. Egyre több biztosítótársaság rendeli el például az elektromos hálózatok termikus képalkotó ellenőrzését, ugyanis a tűz-keletkezési okok közül az elektromos hálózat meghibásodásából adódó esetek jelentős arányban vannak jelen. (9. ábra)



**8. ábra Vasbeton szerkezet repedésvizsgálati eljárása: (fentről lefelé) eredeti kép - korrigált kép (zajsűrés) - detektált repedések,
Forrás: [11] Készítette: Tomoyuki Y. et al**



**9. ábra A probléma detektálása hőkamerával,
Forrás: [12] Készítette: ismeretlen**

A hőkamerák, hasonlóan más intelligens kamerákhoz, intelligens videóanalízis funkcióval is kiegészíthetők, amely azt jelenti, hogy a rendszer elemzi a detektált képeket és az adatokat egy algoritmus alapján feldolgozza. Ezt a technológiát térfigyelő rendszerekbe integrálva ezek az eszközök jelentős szerepet játszhatnak a katasztrófa- és bűnmegelőzésben akár nagyobb léptékben is, kiküszöbölve az emberi mulasztás veszélyét és felgyorsítva a szükséges intézkedéseket. Hőkamerás elemzés sikeresen alkalmazható tömeges közlekedési balesetek felszámolása során is. [13]

ÖSSZEFOGLALÁS

Írásomban a digitális képfeldolgozás katasztrófavédelem területén történő alkalmazási lehetőségeire mutattam példákat épület léptékű, valamint területi szintű események kapcsán. Az első fejezetben a képfeldolgozás fogalmát és folyamatait tisztáztam, majd összefoglaltam a képi adatgyűjtés lehetőségeit a vizsgált léptékekben, valamint a feldolgozás lépéseit általános esetben. Ezt követően területi szinten a 2010-es vörösiszap katasztrófa kapcsán került bemutatásra a digitális képfeldolgozás eredményeinek felhasználása a katasztrófakezelésben. Végül pedig épület léptékű példákat foglaltam össze az utolsó fejezetben. Az esettanulmányok bemutatásával arra szeretném felhívni a figyelmet, hogy nem csak a katasztrófakezelésben és a kárfelmérésben használható hatékonyan a képelemzés, de a megelőzésben is jelentős szerepet játszhat. Éppen ezért kiemelt fontosságú a kockázatos létesítmények monitoring rendszerének fejlesztése, a képelemzési folyamatok alkalmazása és fejlesztése a diagnosztikai feladatok során, melyek elterjedését szeretném elősegíteni ezzel az összefoglalóval.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Kuti Rajmund: Veszélyes anyag balesetek felderítését támogató eszközök a svájci tűzoltóságnál, VÉDELEM - KATASZTRÓFA- TŰZ- ÉS POLGÁRI VÉDELMI SZEMLE XIX. 3. sz. pp. 26-27. 2012.
- [2] Gácsi Zoltán, Barkóczy Péter: Számítógépi képelemzés, Előadás vázlat, Nemzeti Tankönyvkiadó [e-book]
- [3] Csetverikov Dmitrij: A digitális képelemzés alapvető algoritmusai, ELTE, Budapest
- [4] Asztalos Gergely: Informatika hasznosítása a katasztrófavédelemben, Diplomamunka, Debreceni Egyetem, Debrecen, 2012.
- [5] Berke József: A vörösiszap katasztrófa telemetriai adatfeldolgozásának eredményei, Informatika a felsőoktatásban 2011 konferencia, Debrecen, 2011.
- [6] Gera Dávid Ákos: Szegmentáló algoritmusok légi- és űrfelvételek osztályozásában, Diplomamunka, ELTE, Budapest, 2011.
- [7] Vágföldi Zoltán: A vörösiszap katasztrófa környezeti hatásai, kárelhárítási folyamata, alkalmazott módszerei, Hadmérnök, VI. évfolyam 1. szám, 2011. március, pp. 261-275
- [8] Ambrus András: Nagyfelbontású digitális légifelvételek elemzése – A 2010. októberi vörösiszap-elöntés térképi fedvénye és az elöntés statisztikai adatai, Szakdolgozat, ELTE, Budapest, 2011.
- [9] Harsányi Melinda: Devecser településszerkezeti elemzése a vörösiszap-katasztrófát követően, Diplomamunka, Eötvös Lóránd Tudományegyetem, Budapest, 2012.
- [10] Frey Sándor: Hogy mozogtak a vörösiszap tározó gátjai? [Online] Elérhetőség: http://www.urvilag.hu/katasztrofak_ellen/20120502_hogy_mozogtak_a_vorosiszaptarozozo_gatjai (letöltés ideje: 2017. 11. 12.)

- [11] Tomoyuki Yamaguchi et al: Image-Based Crach Detection for Real Concrete Surfaces, Transactions on Electrical and Electronic Engineering, Vol 3. pp. 128-135, 2008.
- [12] FLIR – A leállások és a tűz megelőzése érdekében [Online] Elérhetőség: http://www.grimas.hu/wp-content/uploads/2014/06/FLIR_T440_hokamera-tokeletes_eszkoz_az_elektromos_ellenorzesekhez.pdf (letöltés ideje: 2017. 11. 12.)
- [13] Horváth Galina, Kuti Rajmund: Задачи руководителя аварийно-спасательных работ по ликвидации аварий при перевозке опасных веществ автотранспортом: POZHARY I CHREZVYCHAJNYE SITUACII: PREDOTVRASHENIE LIKVIDACIA 2017/1. pp. 30-34. 2017.