

Kutatások, fejlesztések a BME Építőmérnöki Karán a digitalizáció jegyében I.

A Magyar Építéstechnika 2021/8–9. számában bemutattuk, hogyan reagál a BME Építőmérnöki Kara oktatási programjaiban és oktatási módszertanokban az építőipari digitalizáció kihívására. Jelen cikkünkben az infrastruktúra-építőmérnöki és a geoinformatika-építőmérnöki ágazat – tanszékek által kiválasztott – jelentősebb kutatásait és azok eredményeit ismertetjük.



Lovas Tamás
oktatási dékánhelyettes,
BME Építőmérnöki Kar



Dr. Nagy Balázs
adjunktus
BME Építőmérnöki Kar

A kutatási, fejlesztési és innovációs tevékenységek kiemelkedő jelentőségük a karon, alapvetően határozzák meg az oktatási és tudományos tevékenységeket, illetve fejlődési irányokat, valamint az ipari megbízásokban való részvételt.

A kar képzési struktúrája az építőipar nagyobb területeinek megfelelően épül fel. Egységes alapképzés után három ágazat valamelyikén folytatják a hallgatók tanulmányaikat. Az ágazat elnevezése markánsan tükrözi azt a szakterületet, amely művelésére felkészíti a leendő szakembereket, és amely területen az ipari partnerekkel közös kutatások, fejlesztések folynak.

A szerkezet-építőmérnöki ágazat építőipari digitalizációs és fenntarthatósági törekvéseket támogató kutatási eredményeiről a következő lapszámban számolunk be.

ÉPÍTETT KÖRNYEZETÜNK

Infrastruktúra-építőmérnöki ágazatunk az út- és vasútépítés, a vízépítés és vízgazdálkodás, valamint a vízi közművekkel és a környezetvédelemmel kapcsolatos ismeretek oktatását és az adott területen folyó kutatások vezetését tűzte ki célul. A kar egyes tanszékei évtizedek óta művelik ezeket a szakterületeket és folyamatosan – igazodva a szakma igényeihez – új eljárásokat honosítanak meg.

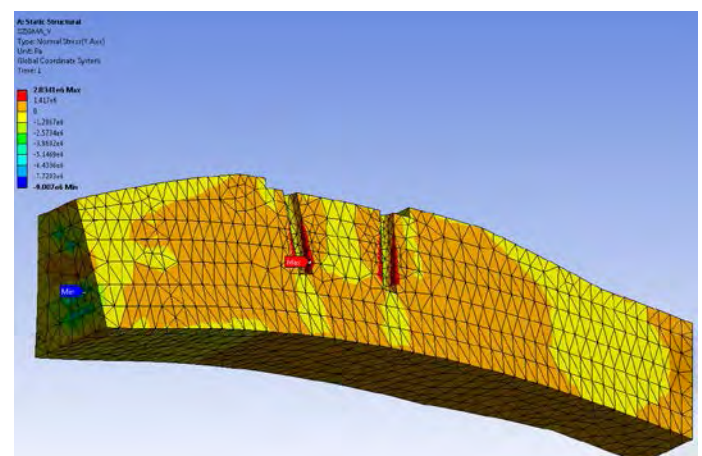
Az Út és Vasútépítési Tanszék oktatási és kutatási tevékenysége a modern kor közlekedésépítéssel és -szervezéssel összefüggő kihívásaira koncentrál. A digitalizáció eszköztanát többek között a vonalas létesítmények nyomvonalának tervezésekor, az egyes

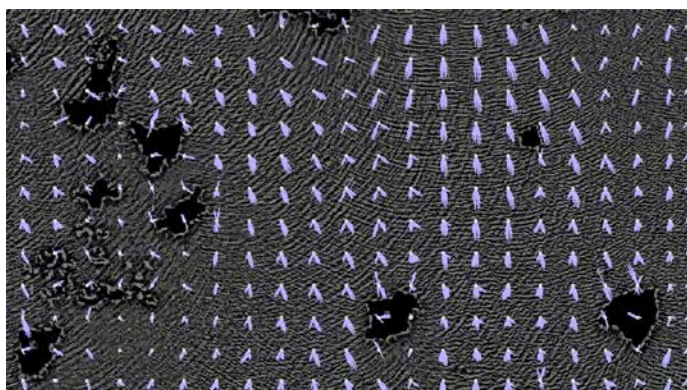
pályaszerkezeti elemek méretezésekor és a pályafelügyelet során is alkalmazzuk.

Vasútépítési területen szép példa a szerkezettervezői kompetenciák alkalmazására a Budapesti Fogaskerekű Vasút felújításához szükséges fogasrúd méretezése és stabilitásvizsgálata vagy a hazai nagysebességű vasúti pályához tervezett L2 típusú feszített vasbeton keresztaljak véges elemes méretezési eljárásának kidolgozása (1. ábra).

További példaként említhetjük a Szeged–Hódmezővásárhely közötti „vasút-villamos” projekt egyedi járművének kerékprofil-, illetve a Budapesten először beépített úgynevezett „sutgó” kiterő keresztelési részének tervezését is. A korszerű technológiák és az innovatív pályaszerkezeti megoldások egyre nagyobb mértékű alkalmazásával a hazai vasútüzemeltető vállalatok pályafelügyeleti tevékenységének, valamint a vonatkozó műszaki előírások korszerűsítése is kihívást jelent a szakma számára. A vasúti pályafelügyeletet érintő gyakorlati problémák közül kiemelni a nyomszűkülés kialakulási okainak kutatását, a vasúti pályaszerkezeti elemek környezetet terhelő zaj- és rezgés hatásainak komplex laboratóriumi és helyszíni vizsgálatát, valamint az acélhidak és hézag nélküli vágányok kölcsönhatásának modellezését. A városi vasúti pályafelügyelet területén mutat távolabbi kitekintést a BKV Zrt. vágányhálózatán található gyakori kiterőcsoportokon és vágánykapcsolásokon engedélyezett sebesség emelésének vizsgálata, amelyben járművekre szerelt okostelefonok adatai alapján

1. ábra. L2 típusú feszített vasbeton keresztaljak hosszrepedéseinek véges elemes vizsgálata, a feszítőerők hatására ébredő függőleges irányú feszültségek modellezése





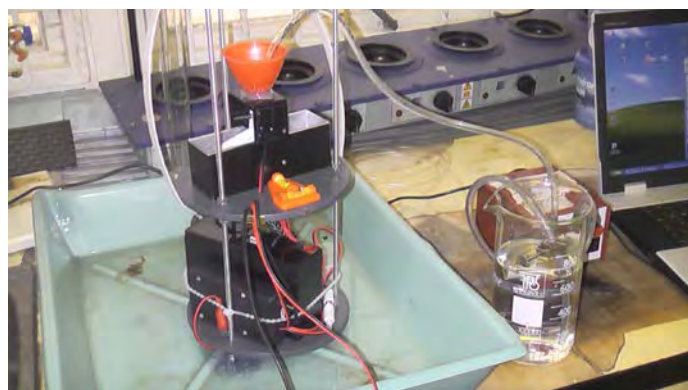
2. ábra. Drónról megörökített hullámzásmező és a terjedési irány képből levezetett rózsadiagramjai

járműtípusonként minősítettük a futásjóságot és az utazási komfortot. További példaként említhetjük a BKV Zrt. által üzemeltetett mérővillamos járműdinamikai mérőrendszerét is, mely szintén az Út és Vasútépítési Tanszék közreműködésével valósult meg.

Útépítési területen az építményinformációs modellezés és menedzsment (BIM) szemléletű tervezési, kivitelezési és üzemeltetési munkafolyamatok kidolgozásán zajlanak kutatások, zöldmezős beruházás esetén a terepmodell előállításától a kivitelezési gépvezérlésen át a teljes életciklus-követésig tervezési módszertanok, technológiák kidolgozása és tesztelése folyik. A BIM technológiák alkalmazásával nem csupán vizualizációs célú háromdimenziós digitális modelleket készítünk, hanem a hozzáadott információtartalom, valamint ezek alapján elvégzett elemzések révén a közlekedési infrastruktúra létesítményeit is fenntarthatóbb szemlélettel tudjuk tervezni, a rendelkezésre álló erőforrások optimalizálására törekedve.

A Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszéken a vízgazdálkodás terén többek között mérés technológiai fejlesztésekben alkalmazuk a digitalizáció eszköztárát, természetes vizeink feltérképezését, monitorozását szolgálva. Immár képesek vagyunk kavicsok mérettartományában képfeldolgozó eljárásokkal, víz alatti videófelvételtől meghatározni folyók mederanyagának szemösszetételét vagy a görgetett hordalékhozamot. Ezzel a meder megzavarása nélkül, valós idejű, feldolgozott információ nyerhető a mintázott területegységről. Szél keltette hullámzásméréseinkben szintén haszonnal kecsegtet a pontszerű, folyamatos megfigyelések kiterjesztése nagyobb területre. Drónfelvételek feldolgozásával vezetjük le a numerikus hullámmezőt, és így nádasszigetek, kikötőmólók és egyéb akadályok környezetében eddig elérhetetlen részletességgel dokumentálható a hullámok elhajlása és csillapodása (2. ábra). Ezzel párhuzamosan napelemmel ellátott ultrahangos távolságmérőket fejlesztettünk ki, amelyeket rádiós adatátvitelű hálózatba szervezünk. A berendezések olcsóságának köszönhetően a szokásosnál sűrűbb térfelbontással nyerhetünk így valós idejű képet a vízfelszín szél vagy hajózás keltette mozgásairól.

A városi csatornahálózatok egyre nagyobb szerepet játszanak a fenntartható településeink működtetésében. A meglévő csatornahálózatok kapacitásának pontosabb, a kor igényeinek megfelelő ellenőrzése, bővítési lehetőségeinek vizsgálata már csak digitalizált formában végezhető el. Sajnos a hálózatok nyilvántartása sokszor még papír alapú vagy csak részben, de nem egységesen digitalizált, a mérések és a modellszimulációk még csak szórványosan kerülnek alkalmazásra.



1. kép. A Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék által fejlesztett csapadékmérő berendezés kalibrálása

A Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék munkatársai több kutatási, fejlesztési munkában vesznek részt, melynek keretében a csatornahálózatok digitalizálásának módszerét kidolgozták, a szükséges szoftvereket kifejlesztették. A megoldások modern számítógépes tervezési módszerekkel, illetve térinformatikai alapokon működnek. A terhelések, azaz a csapadék és a vízhozamok mérése a legkorszerűbb, saját fejlesztésű online távadás műszerekkel történik (1. kép). Az összegyűjtött adatokból továbbá elkészítettük a hidrodinamikai modelleket felépítő szoftvereket is. A hidrodinamikai szoftverekkel (pl. az Egyesült Államok Környezetvédelmi Ügynökségének csapadékvíz-gazdálkodási, úgynevezett SWMM dinamikus szimulációs modelljével) végzett vizsgálatok eredményei a térinformatikai lehetőségek felhasználásával készülnek.

ADATNYERÉS ÉS ADATFELDOLGOZÁS

A geoinformatika-építőmérnöki ágazatot is új kutatási témák jellemzik, egyre szélesebb körben alkalmazunk pontfelhőt előállító adatnyerési technológiákat, vezeték nélküli szenzorhálózatokat, térinformatikai adatbázisokat.

Épülő útpályák geometriai ellenőrzése mindennapos feladat az építőiparban. A hagyományos geodéziai méréseken alapuló ellenőrzéseket jórészt manuális munkával végzik, meglehetősen időigényesek és nem túl sűrű mintavételezést tesznek lehetővé, azaz jellemzően 20 méterenként felvett szelvények néhány pontjában vizsgálják a tervezett és megvalósult állapot eltérését. Ezzel szemben a pontfelhő technikákkal, elsősorban a pilóta nélküli légi járművel végrehajtott fotogrammetriai felméréssel a mérendő felület lényegében tetszőleges pontjában kaphatunk megfelelően pontos adatokat, nem beszélve arról, hogy a mérés és feldolgozás nagyrészt automatizálható. Az Általános- és Felsőgeodézia Tanszék és a Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék a technológia kidolgozásával, pontosságvizsgálatával és újabb módszerek (pl. lézerszkennelés) tudományos kutatásával foglalkozik számos projekten keresztül (2. kép).

Utak és környezetük felmérésére nemcsak tervezési, útépítési vagy felújítási célból lehet szükség. Pontfelhők alapján önvezető autók szimulációs környezetekben használható modellek készíthetők, a nagyfelbontású és nagy pontosságú modellek pedig akár járműdinamikai szimulációk támogatására is alkalmasak lehetnek (3. ábra).

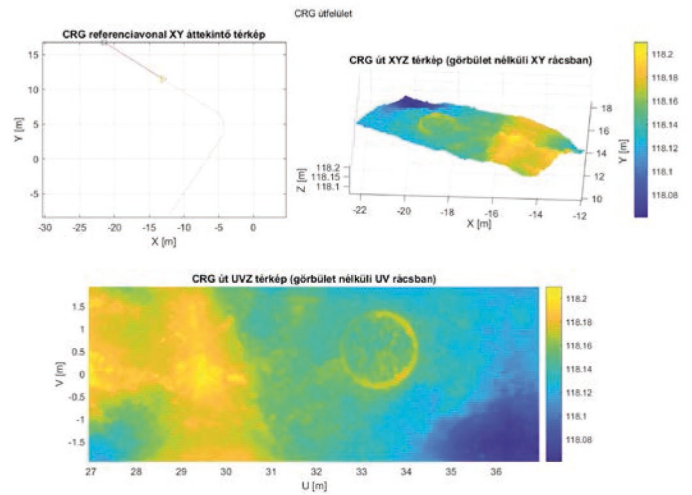
Lézerszkenneres vagy fotogrammetriai felmérésből származó pontfelhőket terepmodellezésen és infrastruktúra felmérésen túl számos egyéb mérnöki feladatra alkalmazhatunk, ebből kiemel-



2. kép. Útfelület drónos felmérése

kedők az építészeti alkalmazások (épületek kültéri és beltéri felmérése), mérnökeológiai alkalmazások (bányák és sziklafalak felmérése), kivitelezéstámogatás (kivitelezés-előrehaladás és minőségellenőrzés BIM alapon). A kar munkatársai a hatékony, építőipari digitalizációt elősegítő BIM alapú munkafolyamatok fejlesztésén dolgoznak, melyek hozzájárulnak a már említett fenntarthatóság növelése mellett a katasztrófakockázatok mérsékléséhez is, mely szintén kiemelkedő szempont és kutatási terület napjainkban.

A genovai Morandi-híd 2018-as leomlása ráirányította a figyelmet a nagyméretű szerkezetek monitorozására. Az Általános- és Felsőgeodézia Tanszék alacsony költségigényű műholdas szenzorrendszert épített egy U-blox F9 GNSS vevőből, egy Raspberry Pi 4 miniszámítógép és egy GSM Wi-Fi modem segítségével. A mérési adatokat egy PostgreSQL szerveren gyűjtjük, és feldolgozás után weben jelenítjük meg dinamikus formában, így a szerkezet elmozdulásai online követhetők. A rendszert sikeresen alkalmaz-



9

2021-11-04 09:24:25

3. ábra. Ívelt, szabályos rácsháló modellje pontfelhő alapján

tuk a Déli összekötő vasúti híd építésénél, ahol a kb. 80 m hosszú, közel 500 tonnás hídelemek illesztésének művelete a Duna vízállásának változása miatt folyamatos felügyeletet kíván.

TOVÁBBI TERVEINK

Jelen cikkünkben bemutatott tevékenységek nemcsak tudományos pontokat és elismerést hoznak a karnak, a tanszékeknek és a kollégáknak, hanem közvetlenül fejlesztik az oktatást is. A kutatási és szakmai eredményeket a hallgatók elsőkézből ismerhetik meg, valamint tudományos diákköri dolgozat, szakdolgozat és diplomamunka kapcsán maguk is részt vehetnek egyes munkákban, ezáltal pedig közvetlenül megtapasztalhatják a K+F munkák szépségét és kihívásait. Továbbra is kiemelt figyelmet fordítunk arra, hogy hallgatóink már az egyetemi tanulmányok alatt megtalálják a számukra is izgalmas szakmai kihívásokat, hisszük, hogy ezzel hozzájárulunk ahhoz, hogy a jövő építőmérnökei az építőipari fejlesztések szakavatott irányítói, vezetői legyenek.