

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar

NAGY LÁTOGATOTTSÁGÚ ERDÉSZETI
FELTÁRÓUTAK KÖZJÓLÉTI FORGALMÁNAK
MÉRÉSE ÉS ELEMZÉSE

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

Kisfaludi Balázs



Sopron
2017

Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok Doktori Iskola
Erdészeti műszaki ismeretek program
Témavezető: Dr. habil. Péterfalvi József PhD egyetemi docens

Az értekezés tárgya

Az erdő ma Magyarország egyik legfontosabb természeti kincse, amelynek gazdasági és ökológiai jelentősége mellett egyre erősödik a közjóléti szerepe, bizonyos területeken pedig ez a feladat az elsődleges. Az erdőterület megközelítését, és így az erdő társadalom számára fontos funkcióinak betöltését mind az erdőgazdálkodó, mind a többi ember döntő többsége számára az erdészeti feltáróhálózat teszi lehetővé. A feltáróhálózaton a 2009. évi XXXVII. törvény (Erdőtörvény) értelmében az erdészeti gépjárműveken kívül pihenési, üdülési, kirándulási és sportolási céllal gyalogosan, kerékpárral, lóval, illetve lóval vontatott járművel szabad közlekedni. Ennek megfelelően az erdészeti utak forgalma a közlekedés célja és mikéntje szerint is vegyesnek tekinthető.

Az erdő közjóléti szerepének erősödésével együtt fokozódik az erdészeti utak közjóléti forgalma is, amely a népszerű kirándulóhelyeken a legszembetűnőbb. Az ilyen területeken található erdészeti úthálózatok kezelése megköveteli a forgalom nagyságának, összetételének, valamint a különböző úthasználók úttal és a forgalommal szemben támasztott igényeinek és tűrőképességének ismeretét. Az ismeretek birtokában az úthálózat kezelője meg tudja határozni az optimális látogatóirányítási és konfliktuskezelési módszereket, melyek segítségével magas szintű, az erdőgazdálkodás érdekeivel összeegyeztethető rekreációs élményt képes biztosítani az erdőbe látogatók számára.

Az értekezésben bemutatott kutatás azt hivatott bizonyítani, hogy erdei körülmények között lehetséges a pontos és hosszútávú forgalomszámlálás, aminek eredményéből levezethetők az úthálózat kezeléséhez szükséges forgalmi adatok. E cél elérése érdekében a következő részcek kerültek meghatározásra:

- Módszer kidolgozása erdészeti utak forgalmának automatikus meghatározására
- Hosszútávú forgalomszámlálás egy kiválasztott erdészeti úton, forgalmi adatok előállítása
- Napi, heti, havi és éves úthasználati jellemzők kimutatása az adatokból
- Az út éves látogatószám-modelljének elkészítése
- Az úthasználók közötti konfliktushelyzetek kialakulási lehetőségének értékelése

Módszer kidolgozása erdészeti utak forgalmának automatikus meghatározására

Az értekezés bemutatja egy olyan forgalomszámláló berendezés megtervezését és megvalósítását, amely adatot szolgáltat egy erdészeti út kiválasztott szelvényén áthaladó úthasználók típusáról és haladási irányáról, illetve az általuk végzett tevékenységről.

Az elvárt minimális kimenetek automatikus teljesítésére az irodalom alapján a kamerás rögzítő berendezések, lézerszkennerek, valamint a radar elven működő eszközök jöhetnek számításba. E megoldások közül a kamerás számlálással a pontos és részletes adatok mellett biztosítható az adatok archiválása és emberi feldolgozhatósága is. Ilyen rendszerből nem állt rendelkezésre erdei körülmények között alkalmazható változat, ezért egy kísérleti kamerás számláló eszköz került kidolgozásra, amely digitális állóképek formájában rögzítette az úthasználókat. A kész rendszer egy 4 méter magasságban elhelyezett digitális biztonsági kamerából, a képkészítést vezérlő reflexiós optikai érzékelőből, valamint az adatmentést, a kamera és az érzékelők összekötését és az eszközfelügyeletet ellátó központi elemről épült fel. Az áthaladások irányának meghatározásáról két, egymást követő optikai érzékelő gondoskodott. A kísérleti eszköz a Pilisi Parkerdő Zrt. területén, Visegrád községhatárban található Apátkúti úton került telepítésre. A forgalomszámláló a 2012 és 2015 között végrehajtott, több lépcsős fejlesztés után 2016-ban a technikai feltételek (hálózati áram) megléte esetén folyamatos adatszolgáltatásra volt képes egy éven át, ami bebizonyította a koncepció életképességét.

A kamera által készített 1 MP felbontású fényképeket kiértékelő személyek dolgozták fel. A feldolgozás nagyon időigényes volt, de ez a módszer a forgalmi adatbázis felépítése mellett bemenő adatot szolgáltatott az automatikus gépi képfelismerés számára. A kiértékelte képekre támaszkodva a YOLO (You Only Look Once) konvolúciós neurális hálózat adaptálásával a fotókon szereplő úthasználók közül a gyalogosok, kerékpárosok és személygépkocsik automatikus detektálását és felismerését 95-95-85% pontossággal sikerült megoldani. Ez az eredmény a saját adatokon történt tanítás 11 000. epoch-ja után előállt súlyszámkészlet, a 288×288 pixel méretű bemeneti képek, valamint a 0,35-re választott kimeneti megbízhatósági küszöbérték (threshold) alkalmazása mellett volt elérhető. A felismerés hibájának kiküszöbölésére a gyalogosok automatikusan meghatározott számát 0,95-dal, a kerékpárosokét 1,01-dal, míg a személygépkocsikét 1,14-dal szorozni szükséges.

A forgalomszámlálási adatok kiértékelése

A kiértékelő személyek által feltöltött forgalmi adatbázis az Apátkúti út forgalmára vonatkozóan tartalmazta a mért áthaladások időpontját, az úthasználó típusát, haladási irányát és tevékenységét. Az adatbázisból leíró statisztikai módszerekkel meghatározhatóak voltak az út forgalmi sajátosságai időszakok, látogatótípus és tevékenység szerinti bontásban.

A legjellemzőbb úthasználók a gyalogosok, személygépkocsik, kerékpárosok és tehergépkocsik voltak 58,2-25,6-13,6-1,5% részaránnyal. A hétköznapi átlagos 180 áthaladás nagy részét gyalogosok és személygépkocsik adták, míg hétvégén az átlagos 600 áthaladás 3/4-e gyalogos volt. A gyalogosok és kerékpárosok jellemzően kirándultak, illetve sportoltak, a személy- és tehergépkocsik jelentős része pedig erdőgazdálkodási tevékenységhez kapcsolódóan használta az utat.

A forgalom napi lefolyásának elemzése kimutatta, hogy a gyalogosok látogatása egy dél körüli csúcsponttal jellemezhető, a kerékpárosok hétköznap 14-15 óra között, hétvégén a gyalogosokhoz hasonlóan dél körül érkeztek a legtöbben. A személygépkocsik száma munkaidőben nagyjából egyenletes volt.

A napi látogatószámok hónaponkénti és hétköznap-hétvége szerinti összehasonlítása adta a legkomplexebb képet az Apátkúti út forgalmáról. A gyalogosok és kerékpárosok hétköznapi forgalma nyáron volt a legmagasabb, míg a hétvégi tavasszal és ősszel, nagymértékű nyári visszaeséssel. A személygépkocsik száma nyárra a téli érték duplájára nőtt, a nyári visszaesés csak kismértékű volt. A tehergépkocsik a várakozásnak megfelelően csak télen mutattak kiemelkedő aktivitást.

A közjóléti forgalom (gyalogosok és kerékpárosok) éves lefolyásához hasonló eredményt mutatott egy közeli kilátóban végzett, a kutatás részét képező számlálás, valamint egy Bécs mellett végzett felmérés is. Ezért a szerző véleménye szerint a bemutatott forgalmi mintázattal jellemezhető a nagyvárosok környezetében található erdészeti utak közjóléti forgalma.

Az út éves látogatószám-modellje

Az úthálózat kezelője számára az egyik alapvető információ az útszakaszok várható éves forgalma. A rendelkezésre álló forgalmi adatsor jó alapot szolgáltatott egy napi látogatószám alapú modell kidolgozásához. A napi áthaladás számokat az irodalom szerint a hét napja, az

éven belül elfoglalt helyzete, illetve az időjárás határozza meg. Statisztikai próbák útján bizonyítást nyert, hogy az Apátkúti úton a hét napja bináris változóként (hétköznap, hétvége), míg az éven belüli helyzet az évszakoknak megfelelő, négy értéket felvenni képes kategorikus változóként vehető figyelembe. Az időjárás napi szinten, pontosan nem mondható meg egy évre előre, a trendek hatása pedig megjelenik az évszakos hatásban, ezért a modell robusztusságának érdekében ez a változó kimaradt a modellből. Az éves látogatószám kialakulásában több bizonytalan tényező játszik szerepet, így az együttes eredményükben is nagy a véletlen szerepe. A Monte-Carlo típusú szimulációk alkalmasak arra, hogy a több tényezőtől eredő véletlenszerűen megjelenő értékek hatását kezeljék. Segítségükkel a változók ismert eloszlása, illetve sűrűségfüggvénye, valamint a változók kapcsolata alapján nagyszámú, véletlen mintavételezéssel meghatározhatók a szimulált rendszer várható kimenetei. A hétköznapok és hétvégék napi látogatószámait évszakonként leíró eloszlások Weibull és gamma eloszlásokkal voltak közelíthetőek. Az eloszlások illesztése a feltáró adatelemzés módszertanával került elvégzésre. A szimuláció a mért eloszlásokra illesztett nevezetes eloszlások sűrűségfüggvényét felhasználva évszakonként 65 hétköznapos és 26 hétvégi látogatószámot generált kizorításos módszerrel. A generált négy évszak látogatószám összege megadott egy, a mérések alapján lehetséges várható éves áthaladás számot. A szimulációt 10 000-szer lefuttatva kirajzolódott a várható éves látogatószámok eloszlása, amire normál eloszlást illesztve előállt az Apátkúti út éves forgalmát jellemző modell. A modell megadta az éves látogatószám várható értékét (107 526), a várható legalacsonyabb és legmagasabb értéket (90 000 és 125 000), és minden értékhez hozzárendelte annak a valószínűségét, hogy az éves áthaladászám az adott értéket meghaladja.

Konfliktuselemzés

Az erdészeti utakat többféle közlekedési eszközzel veszik igénybe az úthasználók, és az út kezelőjének érdeke az, hogy a vegyes használat feltételeit biztosítsa, vagy szükség esetén korlátozza azt. Ehhez ismerni kell, hogy mely típusú úthasználók zavarják egymást, illetve hogy milyen gyakran találkoznak ezek az úthasználók egy adott útszakaszon. A forgalomszámláló mérési adatai alkalmasak voltak a mérési hely környezetében bekövetkezett, úthasználók közötti találkozások számának megbecslésére. Találkozásnak az számított, ha két úthasználó egy fény-

képen szerepelt. Az Apátkúti úton 1000 áthaladásból 24-szer találkozott gyalogos és kerékpáros, 9-szer gyalogos és személygépkocsi, 1-szer pedig kerékpáros és személygépkocsi. A találkozások problémásságának megítélésére egy, a kutatás keretében elvégzett online kérdőíves felmérés szolgáltatott információt. A nem reprezentatív válaszok értelmében a motorizált közlekedőket zavarja, ha gépjárművel találkoznak, míg fordítva semleges, vagy kis mértékben pozitív a találkozások megítélése. Ennek értelmében az Apátkúti úton mért találkozások közül a gyalogos-személygépkocsi, illetve a kerékpáros-személygépkocsi találkozásból alakulhat ki konfliktushelyzet. A szerző véleménye szerint a találkozások alacsony száma miatt a vizsgált út vegyes forgalma nem tekinthető konfliktusveszélyesnek.

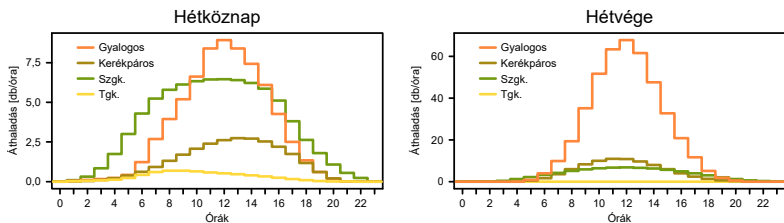
Az eredmények gyakorlati jelentősége

Az értekezésben bemutatott eredmények igazolták, hogy lehetséges az erdészeti utak forgalmának pontos, részletes és automatikus meghatározása, valamint, hogy a mérési adatokból az úthálózat kezelők számára értékes mutatók számíthatók egy vizsgált útszakaszra. Az eljárás segítségével pontszerű létesítmények forgalma is mérhető, ezáltal az erdőgazdaságokon kívül hasznos lehet a törvényhozók, területfejlesztési és úttervezési szakemberek valamint pályázatok elbírálói számára is. A mérőeszköz az elsődleges feladata mellett vagyónvédelemre is alkalmazható.

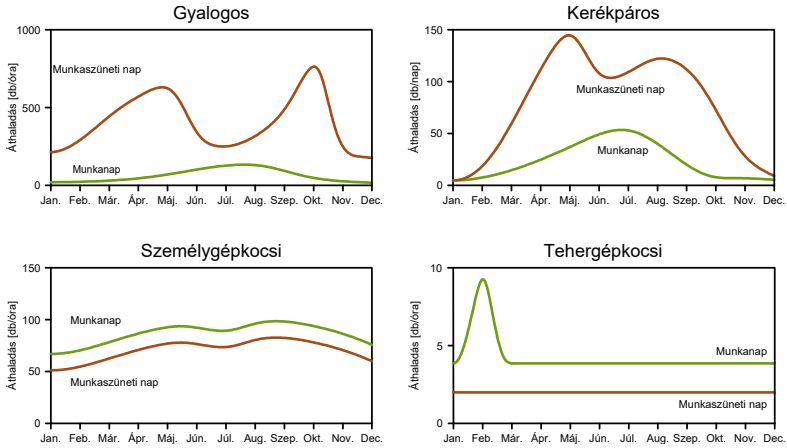
Az Apátkúti út példáján igazolt koncepció jelentheti a továbblépési alapot az erdészeti úthálózatok forgalmának rendszer szintű meghatározásához. A közjóléti forgalom lefolyásának hálózati szintű ismerete hozzásegíti az úthálózat kezelőjét a közjóléti tevékenységének, valamint a közjóléti forgalom kezelésének, irányításának optimális megtervezéséhez. A forgalmi adatok felhasználhatók az útfelújítások, erdőgazdálkodási tevékenységek, közjóléti programok, rendezvények időpontjának és helyszínének megválasztásában. A konfliktusok feltárása lehetővé teszi a szükséges beavatkozások elvégzését. Az úthálózat, és a rajta lefutott forgalom összevetésével meghatározhatók azok az úttulajdonoságok, amelyek a különböző mértékű vegyes használatot biztonságosan, és mindenki számára elfogadható módon lehetővé teszik.

Tézisek

1. Az erdészeti utak közjóléti forgalmának monitorozására elkészítettem egy kísérleti forgalomszámláló eszközt, amely az úthasználókról a mérési szelvényen történő áthaladáskor digitális fényképet készít, valamint a haladás irányát két egymást követő optikai érzékelő segítségével rögzíti. A kereskedelmi forgalomban elérhető megoldásokkal ellentétben a kifejlesztett mérőeszköz erdei körülmények között is pontos és részletes forgalmi adatokat szolgáltat.
2. A forgalomszámláló képein látható úthasználók nyolc típusának felismerésére mesterséges neurális hálózatot alkalmaztam. A hálózat felépítése a Redmon és Farhadi (2016) által bemutatott YOLO9000 nevű rendszeren alapul, a súlyszám készletet saját fotókon történt tanítással határoztam meg, valamint megállapítottam, hogy az optimális eredmény eléréséhez az első lépésben beállított felbontást 288×288 pixelre, míg a megbízhatósági küszöbértéket 0,35 értékre kell választani. A bemutatott hálózat segítségével igazoltam, hogy a gyalogosok, kerékpárosok és személygépkocsik 95-95, illetve 85% pontossággal automatikusan detektálhatók és felismerhetők a kísérleti forgalomszámláló eszköz által erdei körülmények között, változó fényviszonyok mellett készített digitális állóképeken.
3. A kísérleti eszközökből származó fotók alapján előállítottam a nagyvárosok tágabb környezetében elhelyezkedő erdészeti utak forgalmának jellemzésére alkalmas, több évet lefedő, nagy pontosságú forgalmi adatbázist, ami Magyarországon eddig nem állt rendelkezésre, és amely későbbi kutatások alapjául szolgálhat. Az adatsor legfontosabb jellemzői: az Apátkúti úton mért átlagos napi látogatószám munkanapokon 180 áthaladás/nap, míg munkaszüneti napon 600 áthaladás/nap értékkel jellemezhető. A forgalom összetétele munkanapon 44% személygépkocsi, 37% gyalogos, 14% kerékpáros 3% tehergépkocsi, míg munkaszüneti napokon 13% személygépkocsi, 73% gyalogos és 14% kerékpáros.
4. Az általam mért forgalmi adatok elemzésével megállapítottam, hogy az Apátkúti úton munkanapokon 11 és 16 óra között tetőzik a forgalom, míg munkaszüneti napokon 11 és 13 óra között volt a legmagasabb az áthaladások száma. Úthasználó típusonként eltérő volt a látogatószám napi alakulása, amit jelleggörbék segítségével mutatok be. A jelleggörbék felhasználhatók az erdőgazdasági és közjóléti feladatok összehangolására, illetve a forgalom szimulációjára.



5. Az Apátkúti út példáján bemutattam, hogy a nagyvárosok közepében fekvő erdészeti utakon a napi gyalogosforgalom munkanapokon januártól augusztusig fokozatosan nő, majd decemberig csökken, míg munkaszüneti napokon januártól májusig nő, júniusban a téli érték közelébe esik, októberben újabb csúcspontot ér el, majd télre ismét lecsökken. A kerékpárosok áthaladásszáma munkanapokon januártól augusztusig emelkedik, majd decemberig csökken, míg munkaszüneti napokon januártól májusig emelkedik, júniusban kisebb visszaesés tapasztalható, majd egy kisebb augusztusi csúcs után decemberig fokozatosan csökken. A gyalogosok és kerékpárosok napi áthaladás értékei munkaszüneti napon magasabbak, mint munkanapokon. A személygépkocsik forgalma a nyári hónapokban kissé magasabb, mint a téliekben. A tehergépkocsik napi száma február kivételével egész évben állandó, ekkor munkanapokon megduplázódik. A személygépkocsik és tehergépkocsik napi áthaladás értékei munkanapokon magasabbak, mint munkaszüneti napokon. A látogatószámok havi mediánjaiból látogató típusonként előállítottam a forgalom jelleggörbéjét, ami felhasználható az erdőgazdasági és közjóléti feladatok összehangolására, illetve a forgalom szimulációjára.



6. Kidolgoztam egy Monte-Carlo típusú szimuláción alapuló módszert, amellyel az évszakonkénti és munkanap-munkaszüneti nap szerinti napi látogatószám eloszlások ismeretében meghatározható az erdészeti utakon várható éves áthaladás-szám. A látogatószám-histogramok az extrém-érték elméletben alkalmazott folytonos Weibull, illetve gamma eloszlással közelíthetők. A módszer alkalmazásával megállapítottam, hogy az Apátkúti út várható éves áthaladás száma normális eloszlással jellemezhető, melynek paraméterei: $\mu = 107526$ és $\sigma = 6000$. Az éves áthaladásszám a modell alapján 90000 és 125000 közötti értékre tehető.
7. Kérdőíves felméréssel kimutattam, hogy országos szinten az erdészeti utakat használók közül a motorkerékpárral közlekedők zavarják a legtöbb más közlekedőt. Megerősítettem, és Magyarország területére igazoltam azt a nemzetközileg elfogadott kutatási eredményt, miszerint az erdei utakon a nem motorizált közlekedőket zavarja a gépjárművek jelenléte, míg a gépjárművel közlekedők semlegesek, vagy pozitívan állnak a nem motorizált közlekedőkhöz. Az erdészeti utakon mért forgalmi adatok és az úthasználó csoportok közti kapcsolatok ismerete alapul szolgálhat a megfelelő konfliktuskezelési eljárás kiválasztásában. Az Apátkúti úton a mérések szerint a problémás találkozások száma minimális, így a konfliktushelyzetek kialakulásának valószínűsége csekély, beavatkozást nem igényel.

Felhasznált irodalom

Redmon, J., Farhadi, A. (2016). “YOLO9000: Better, Faster, Stronger”.
CoRR. arXiv: 1612.08242v1 [cs.CV].

Publikációk

Lektorált folyóirat cikkek

- Kisfaludi, B. (2014a). "Erdészeti utak forgalmának meghatározása kamerás megfigyeléssel". *ERDÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK* 4 (1), pp. 135–145. ISSN: 2062-6711.
- Kisfaludi, B. (2014b). "Erdészeti utak környezeti hatásai". *ÚTÜGYI LAPOK: A KÖZLEKEDÉSEPÍTÉSI SZAKTERÜLET MÉRNÖKI ÉS TUDOMÁNYOS FOLYÓIRATA* 4. ISSN: 2064-0919.
- Kisfaludi, B., Primusz, P., Péterfalvi, J., Markó, G. (2012a). "Erdészeti utak szubjektív állapotfelvétele és értékelése". *ERDÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK* 2 (1), pp. 89–105. ISSN: 2062-6711.
- Péterfalvi, J., Primusz, P., Markó, G., Kisfaludi, B., Kosztka, M. (2014b). "Mésszel stabilizált földmű hatásainak vizsgálata egy kísérleti útszakaszon". *ERDÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK* 4. (1.), pp. 119–134. ISSN: 2062-6711.
- Péterfalvi, J., Primusz, P., Markó, G., Kisfaludi, B., Kosztka, M. (2015). "Evaluation of the Effect of Lime-Stabilized Subgrade on the Performance of an Experimental Road Pavement". *CROATIAN JOURNAL OF FOREST ENGINEERING* 36 (2), pp. 269–282. ISSN: 1845-5719.
- Primusz, P., Péterfalvi, J., Kisfaludi, B., Biczó, B. (2011). "A faanyagmozgatás hatása az erdészeti úthálózatok szállítási és fenntartási költségeire". *ERDÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK* 1 (1), pp. 135–151. ISSN: 2062-6711.

Konferencia kiadványok

- Kisfaludi, B., Primusz, P., Péterfalvi, J. (2015a). "Részben automatizált képfeldolgozáson alapuló forgalomszámláló módszer alkalmazása erdészeti utakon". In: *V. Kari Tudományos Konferencia - Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar: a konferencia előadásainak és posztereinek kivonatai*. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, p. 27.
- Kisfaludi, B., Primusz, P., Péterfalvi, J. (2015b). "Semi-automated traffic counting method for forest roads". In: *Forest Engineering: "Making a positive contribution". Abstracts and Proceedings of the 48th Symposium on Forest Mechanization*. Wien: Universität für Bodenkultur Wien, pp. 265–269.

- Kisfaludi, B., Primusz, P., Péterfalvi, J. (2017a). “Mesterséges neurális hálózatok alkalmazása fénykép alapú látogatószámlálásra”. In: *Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar VI. Kari Tudományos Konferencia Absztraktkötet*. Sopron: Soproni Egyetem Kiadó, p. 36.
- Kisfaludi, B., Primusz, P., Péterfalvi, J. (2017b). “Predicting the traffic of a forest road network”. In: *Proceedings of FORMEC 2017: 50th anniversary of the International Symposium on Forestry Mechanization*. Brassó: Transilvania University of Brasov, p. 166.
- Kisfaludi, B., Péterfalvi, J., Primusz, P., Biczó, B. (2012b). “The effect of timber transport on the maintenance and carriage cost of forest road networks”. In: *Proceedings of 45th International Symposium on Forestry Mechanization: "Forest Engineering: Concern, Knowledge and Accountability in Today's Environment"*. Zagreb: University of Zagreb.
- Kisfaludi, B., Markó, G., Primusz, P., Péterfalvi, J. (2013). “Traffic analysis of a forest road in the mountains of Visegrád, Hungary”. In: *Proceedings of the 46th International Symposium on Forestry Mechanisation*. 2013. 09. 30-2013. 10. 02. Stralsund, Németország.
- Kisfaludi, B., Primusz, P., Péterfalvi, J., Csáki, P., Herceg, A., Kalicz, P. (2016). “Traffic pattern of a mixed-use forest road in Hungary”. In: *From Theory to Practice: Challenges for Forest Engineering: Proceedings and Abstracts of the 49th Symposium on Forest Mechanization*. Varsó: Warsaw University of Life Sciences Press, p. 309.
- Markó, G., Péterfalvi, J., Primusz, P., Kisfaludi, B., Tóth, C. (2013). “Remix Technologies in Forest Road Construction”. In: *Proceedings of the 46th International Symposium on Forestry Mechanisation*.
- Péterfalvi, J., Primusz, P., Kisfaludi, B. (2017a). “Design and construction experiences with simple soil stabilization methods”. In: *Proceedings of FORMEC 2017: 50th anniversary of the International Symposium on Forestry Mechanization*. Brassó: Transilvania University of Brasov, p. 228.
- Péterfalvi, J., Primusz, P., Kisfaludi, B. (2017b). “Erdészeti és mezőgazdasági utak korszerű tervezése és építése”. In: *Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar VI. Kari Tudományos Konferencia Absztraktkötet*. Sopron: Soproni Egyetem Kiadó, p. 7.
- Péterfalvi, J., Markó, G., Primusz, P., Kisfaludi, B. (2012a). “Feltáróhálózat tervezése szálaló erdőkben”. In: *Kari Tudományos Konferencia Kiadvány: Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar*. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem (NYME), pp. 60–65.

- Péterfalvi, J., Markó, G., Primusz, P., Kisfaludi, B. (2012b). "Information system of forest roads in Hungary". In: *Proceedings of 45th International Symposium on Forestry Mechanization: "Forest Engineering: Concern, Knowledge and Accountability in Today's Environment"*. Zagreb: University of Zagreb.
- Péterfalvi, J., Primusz, P., Markó, G., Kisfaludi, B., Kosztka, M. (2014a). "Evaluation of the Effect of Lime - Stabilized Subgrade on the Performance of an Experimental Road Pavement". In: *Proceedings of the 47th International Symposium on Forestry Mechanisation*. France.
- Primusz, P., Péterfalvi, J., Kisfaludi, B., Kosztka, M. (2015). "Meszes talajstabilizáció alkalmazásának tapasztalatai az erdészeti útépitésben". In: *4. Kézdi Árpád Emlékkonferencia*. Budapest: BME Geotechnika és Mérnökgeológia Tanszék, pp. 192–200.

Előadás

- Kisfaludi, B., Péterfalvi, J., Primusz, P. (2017). *Forgalomszámlálás erdészeti utakon*. OEE Erdőfeltárás Szakosztály ülés. Budapest, 2017. június 8.