

ERDÉSZETI UTAK FORGALMÁNAK MEGHATÁROZÁSA KAMERÁS MEGFIGYELÉSEL

Kisfaludi Balázs

Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar

Kivonat

Az erdészeti utak legnagyobb részét nem csak erdészeti járművek és dolgozók, hanem helyi lakosok, turisták és mások is használják. A nehéz forgalmat az erdészeti tevékenységekhez köthető járművek keltik. A különböző úthasználóknak különböző igényei vannak az erdészeti út geometriájával, a burkolat típusával és állapotával szemben. Az igények meghatározásához a feltáráshálózat elemeinek forgalom-összetételét kell megismerni. Ez a tanulmány egy forgalomszámláló rendszert és az általa szolgáltatott adatokat mutatja be. A rendszer két reflexiós optikai szenzorból, egy biztonsági kamerából és egy központi vezérlőegységből áll. A rendszer egy fotót rögzít, valahányszor az egyik optokapu áthaladást jelez. A fotók és az érzékelők naplózott adatainak elemzésével megállapítható az adott útszakasz használóinak haladási iránya, sebessége és időbeni megoszlása. Ezen adatok ismeretében javaslatot teszünk a teljes hálózat monitorozására. A hálózat forgalmi elemzéséből levezethetők az egyes úthasználó csoportok preferenciái. Ez az információ pedig felhasználható új hálózatok tervezésénél, vagy a meglévők fejlesztésénél.

Kulcsszavak: forgalomelemzés, erdészeti úthálózat, közjólét, kamerás megfigyelés

DETERMINING FOREST ROAD TRAFFIC BY CAMERA SURVEILLANCE

Abstract

Most of the forest roads are used not only by forestry vehicles and staff, but by local inhabitants, tourists and others. Although heavy traffic is generated mostly by the vehicles connected to forestry operations. Different user groups have different needs against the geometry, the pavement type and the pavement condition of forest roads. To determine these needs, the traffic on the segments of a forest road network must be analysed. In this work, a traffic counting system and the obtained data are presented. The system consists of two retro-reflective photoelectric sensors, a safety camera and a control unit. A photo is taken whenever the light beam is interrupted. Combining the images with the data log of the sensors, the direction, the speed and the temporal distribution of the users of a particular forest road could be deduced. Based on this data, a proposal is made for the method of traffic analysis on whole road networks. As a result of this analysis the preferences of the forest road user groups could be determined. This information could be taken into account in the planning process of new forest road networks or the development of existing ones.

Keywords: traffic analysis, forest road network, public use, video surveillance

Szerző/Correspondence:

H-9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky u. 4. e-mail: kisfaludi@gmail.com



BEVEZETÉS

Problémafelvetés

Magyarország nagyjából 3000 km hosszú erdészeti úthálózatának nagy része az 1950-1990 közötti időszakban épült. Az erdészeti utak fő célja a faanyagszállítás időjárástól független biztosítása volt. Azóta egyre nagyobb szerephez jut a nem erdőgazdálkodással kapcsolatos feladatok ellátása. Így például ezek az utak a legfontosabb belépési pontok a turisták számára az erdőterületekre. A közjóléti szerep erősödését jól mutatja a 2013 július 1-el módosított erdőtörvény, amely szerint „Az erdőben – annak rendeltetésétől függetlenül – üdülés, sportolás és kirándulás céljából gyalogosan, emberi erővel hajtott kerékpárral, lóval, valamint az erdészeti feltáró hálózat részein sport vagy turisztikai célú, lóval vontatott járművel bárki saját felelősségére ott tartózkodhat, amit az erdőgazdálkodó tűrni köteles, kivéve, ha...”. A kivételek között szerepel, hogy az úthasználat abban az esetben korlátozható, ha az út kijelölt turistaút, és az együttes használat veszélyes az úthasználókra nézve. Ezt az erdészeti hatóság határozza meg (2009. XXXVII. törvény 91. §). A forgalmi adatok elemzéséből megállapítható, ha valamely útszakaszon bizonyos úthasználó csoportok között konfliktusra kell számítani (Arnberger 2006). Ebben az esetben a döntéshozók a forgalom összetétele és az úthasználók igényei alapján meg tudják határozni, hogy mely útszakaszokon nem engedélyezik az együttes úthasználatot. A feltáróhálózat forgalmának ismeretében az egyes úthasználók számára kedvező útvonalak kijelölhetők.

Egy olyan monitoring rendszer megalkotását tűztük ki célul, amely adatai alapján meghatározható egy adott útszakasz forgalom-összetétele, az úthasználók száma és haladási iránya. Az adatok alapján pedig tervezhetővé válik az erdészeti és a közjóléti forgalom összehangolása.

Irodalmi áttekintés

Egy út forgalmának meghatározására sokféle módszer ismert. Ezek közül az erdei körülmények között alkalmazhatókat Cessford és Muhar (2003) gyűjtötte össze (1. táblázat). Alapvetően három csoportba sorolhatók ezek a számláló módszerek. Az első csoportba a számláló személyek tartoznak. Alkalmazásuk esetén pontos eredményekre számíthatunk, ám az élő munkaerő alkalmazása miatt drága, és időben nem folyamatos adatokat eredményező módszerről van szó. Általában automata rendszerek kalibrálására, vagy kis területű, rövidtávú kutatásoknál van jelentősége. A második csoportba azok a módszerek tartoznak, amelyek az adatrögzítést automatikusan végzik, de a feldolgozáshoz kiértékelő személyekre van szükség. Ez jellemzően fotó, vagy videofelvétel rögzítését jelenti. Ezekkel az eljárásokkal megvalósítható az időben folyamatos megfigyelés, és a vizuális alapú feldolgozás miatt az úthasználók minden olyan tulajdonsága azonosítható, ami a terepi megfigyeléskor. Ezért hosszú távú és nagyon pontos adatokat igénylő kutatásoknál alkalmazzák. A harmadik csoportba a különböző számlálásra alkalmas szenzorok tartoznak. Ezek bizonyos típusú áthaladások (élőlény, fém, stb.) érzékelésére képesek. Önmagukban csak akkor várható jó eredmény tőlük, ha olyan úton alkalmazzák, ahol a forgalmat kevés, jól elkülöníthető típusú úthasználó kelti. Szenzor együttesként azonban – gondos kalibráció után – teljesen automatikus kiértékelést tesznek lehetővé. Jól alkalmazhatók a vegyes rendszerek. Ebben az esetben a vizuális adatrögzítés egy szenzor jeléhez kapcsolódik. Ezáltal kihasználhatók a kétféle módszer előnyös tulajdonságai.

1. táblázat. A terepi forgalomszámlálás lehetséges módjai (Cessford and Muhar 2003).
 Table 1: Methods of field traffic counting by Cessford and Muhar (2003).

Számláló személyek	A kívánt helyszínen forgalomszámlálást végző személyek
Kamerás rögzítés	A felvételek a helyszínen készülnek, a kiértékelés utólag
Távérzékelés	Légi felvételek kiértékelése
Mechanikus	Fizikai elmozdulást számláló eszközök (pl. forgókapu)
Nyomásérzékelők	Közvetlen nyomásra (pl. rálépés) számláló eszközök
Szeizmikus érzékelők	Az út burkolatába épített érzékelők, melyek az út felületén keletkezett vibrációt fogják fel
Aktív optikai érzékelők	A látogatók által megszakított fénysugár váltja ki az észlelést
Passzív optikai érzékelők	Az érzékelő által látott infravörös képből bekövetkező változás váltja ki az észlelést
Mágneses érzékelők	Az elhaladó fémes tárgy változást okoz a mágneses mezőben
Radar	A visszavert rádióhullámok változását érzékeli

Vizuális adatrögzítést és passzív optikai érzékelőket alkalmazott Arnberger és Brandenburg 2002-es munkájában. Vizsgálati helyszínük a Bécshez közeli Duna Ártéri Nemzeti Park volt. Az akkori technikai szintnek megfelelően videokamerás rögzítést használtak. A rögzítés a napok meghatározott időszakában történt úgy, hogy megadott időközönként készültek a felvételek. A felvételeket kiértékelő személyek dolgozták fel. Meghatározták az áthaladó csoport méretét, a felnőtt-gyerek számot, a haladási irányt, a tevékenységet, kutya, illetve póráz meglétét. A passzív szenzorokat tesztsorozattal kalibrálták, számláló személyek adataira támaszkodva. Természetesen ezekkel a szenzorokkal az úthasználók csoportosítása nem volt elvégezhető, ezt a video felvételeken tudták csak megtenni. Megállapították, hogy a legtöbb látogató májusban, illetve hétvégén érkezik. A látogatási adatok birtokában bizonyítást nyert, hogy a vizsgált területen néha annak kapacitásán felüli létszámban érkeznek látogatók. Hosszabb távú megfigyelési adatok megléte esetén feltételezik, hogy erre a problémára megoldást tudnának adni.

Egy másik kutatás a stuttgarti erdők erdészeti útjainak forgalmát vizsgálta. A forgalmi adatokat itt is kamerás rögzítés feldolgozásával nyerték. Ezeket kérdőívekkel és GIS eszközökkel kiegészítve meg tudták határozni az általuk vizsgált úthasználó csoportok (gyalogos, kerékpáros, lovas, erdőgazdasági járművek) utakkal szembeni elvárásait. A megfigyelések alapján elkészítették a terület konfliktus táblázatát is. Azt tapasztalták, hogy a kerékpárosok és a kutyasétáltatók között jelentkezik a legkomolyabb ellentét. Megállapították továbbá, hogy bár az adatrögzítés megfelelő volt, a felszerelés azonban drága és az adatfeldolgozás is nagyon időigényes (Janowsky and Becker 2003).

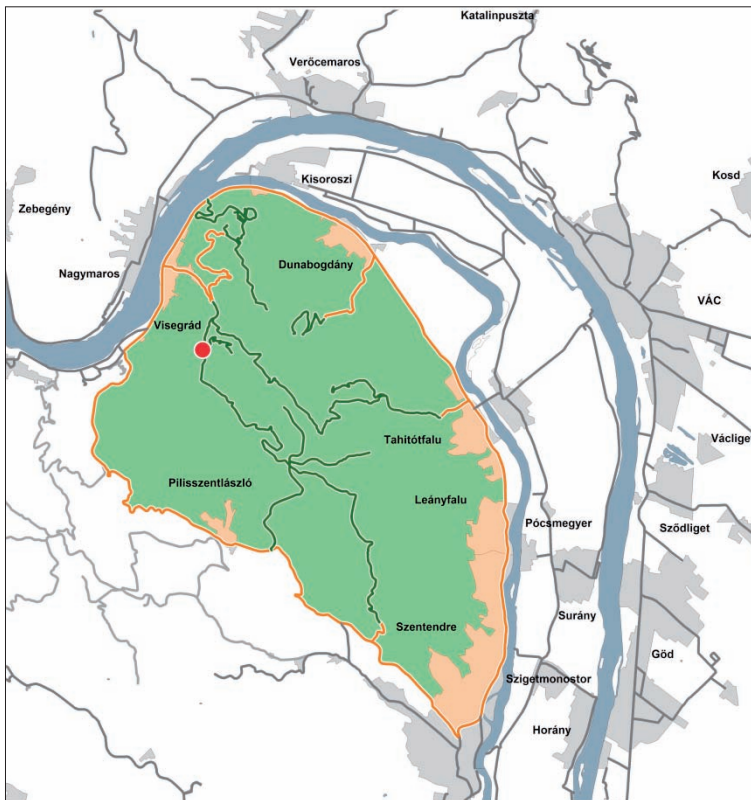
Egy kanadai kutatás egybeépített digitális kamerát és passzív optikai szenzort alkalmazott egy terület forgalmának vizsgálatára. Állóképek alapján különítették el az egyes látogató csoportokat (gyalogos, kerékpáros, lovas). Meghatározták továbbá a csoportméretet, a haladási irányt, a tevékenységet, valamint, ha arra következtetni tudtak, a tartózkodási időt. Tapasztalataik szerint az állóképek alkalmazása kis felbontással hatékony, hiszen így kicsi a tárolandó fájl méret, gyorsabb a kamera és a személyiségi jogokat is tiszteletben lehet tartani. A rendszer hátránya volt, hogy a 0,8-1,5 másodperces ébredési idő alatt a gyors kerékpárosok kikerülhettek a megfigyelt területről. Ezt a problémát ideális útgeometria esetén a bemutatott rendszerrel ki tudták küszöbölni, azonban egyenes utakon az érzékelő és a kamera szétválasztását javasolták (Campbell 2006).

Magyarországon a hatvanas években kezdett előtérbe kerülni az erdők közjóléti szerepe. Az első kutatások a Budapest környéki erdők turisztikai célú fejlesztésére irányultak. Az erdőbe látogatók igényeinek megismerésére először interjúkkal egybekötött forgalomszámlálást végeztek. Ez alapján meghatározták a legmagasabb látogatottsággal rendelkező területeket, és a magas látogatottság körülményeit. Ezután kérdőíves felméréssel határozták meg a látogatók preferenciáit (Tóth 1974).

Egy másik vizsgálatban fotoelektronikus áthaladás számlálót használtak a Soproni-hegység turistaforgalmának felmérésére. A számlálók csak darabszámot tudtak mérni, ezért a forgalom nagyságának és összetételének meghatározására terepi számlálásokat végeztek. Azt tapasztalták, hogy a számláló átlagosan 30%-kal alábecsüli a látogatószámot. Az eltérés szoros összefüggésben állt a mérőhelyen áthaladó csoport létszámával. A forgalom összetételét és a látogatók haladási irányát a mérési napokon tapasztalt eloszlás segítségével számították. További információforrásként egy kilátó jegyeladási számainak használták fel. A kísérlet tapasztalatai alapján megállapították, hogy több belépési ponttal rendelkező erdőterület esetén több érzékelő együttes alkalmazása javasolható. A kidolgozott módszer megfelelő kalibrálás után a látogatómenedzsment céljaira felhasználható (Héjj 1987).

Kosztka és munkatársai (2003) a Börzsöny feltáróhálózatának tervezésekor próbálták meg figyelembe venni a közjóléti igényeket. Munkájuk adott keretében interjúkkal próbálták meg felderíteni az úthasználók igényeit. A kevés alany és a nagyon eltérő vélemények miatt ezeket az igényeket végül nem tudták beépíteni a tervezési folyamatba.

2012-ben végeztek el egy kutatást a Börzsöny turistaforgalmának megismerésére. A megfigyelést önkéntes számlálók végezték. 14 ponton 5 hétvégi napon és 3 munkanapon rögzítették a látogatószámot és a csoportok haladási irányát. Emellett 80% válaszadás mellett kérdőívekkel is vizsgálták a látogatók tervezett útvonalát. Az eredményeik alapján meghatározták a fontosabb turistautak leterheltségét, valamint kijelölték azokat a szakaszokat, ahol konfliktusra lehet számítani az egyes látogató csoportok között (Benkhard és Szabó 2012).



1. ábra: Méréshely az Apátkúti úton.

Figure 1: Counting site on the „Apátkúti” forest road.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Mintaterület

A kutatáshoz olyan mintaterületre volt szükség, amelyre az alábbiak teljesülnek:

- Állami erdőgazdaság területén található, mert az ő feladatkörükben jelenik meg elsősorban a közjóléti tevékenység;
- Néhány útból álló hálózat, így a rendszer működése kis befektetéssel tesztelhető;
- Jelentős nem erdészeti forgalom, így rövid időn belül jelentős mennyiségű adat és tapasztalat állhat rendelkezésre;
- Könnyen megközelíthető, ezzel biztosítható a folyamatos ellenőrzés lehetősége.

Ezek alapján a választás Magyarország leglátogatottabb erdeit kezelő Pilisi Parkerdő Zrtre esett. Az ő kezelésükben vannak a Budapest környéki erdők, valamint a jelentős turistaforgalmat bonyolító Dunakanyar feletti erdők is. A mintaterületet (1. ábra) a Dunakanyarban, Visegrádtól délre jelöltük ki. A területet közutak határolják (narancssárga), ezekből indulnak ki az erdészeti utak (sötétzöld). A területen négy burkolt erdészeti út alkot egy hálózatot. A négy út közül az eddigi tapasztalatok alapján leglátogatottabb Apátkúti utat választottuk ki. További előnye ennek az útnak, hogy közel van az erdőgazdaság központjához, valamint közvetlenül az út mellett egy vadászház is működik. Az ellenőrzés és az áramellátás emiatt könnyen megoldható.

Az út mentén vízesés, források és látványos sziklák vannak, pihenőréteget, pisztrángos tavat, étermet és egy vadászházat is kialakítottak. Az úton gyalogosok és kerékpárosok számára kijelölt turista útvonal található. A Kaán-forráshoz engedély birtokában személyautóval is fel lehet menni. Az erdőbe irányuló forgalom mérése volt a célunk, ezért a mérőhelyet nem az út elején, hanem a látványosságok után, a vadászház mellett alakítottuk ki az út 14+25,00 hm szelvényében. Így többlet forgalmat csak a vízholdok és a vadászházba látogatók jelentenek. A mérőhelyen a burkolat öt méter széles aszfalt, a pálya minimálisan emelkedik a mintaterület közepe felé.

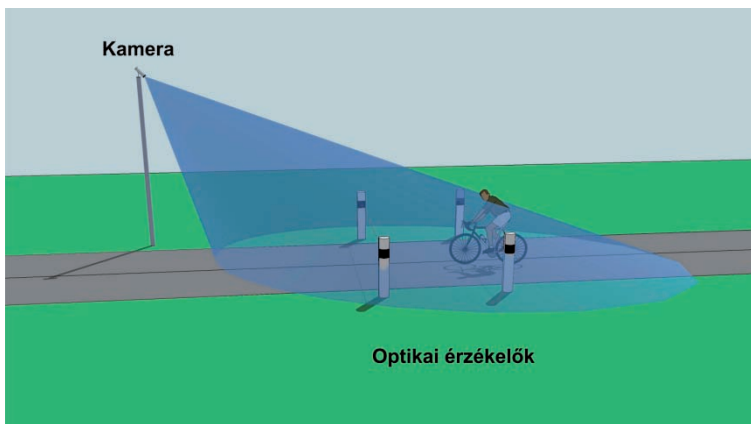
A választott módszer

A kitűzött cél elérése érdekében a forgalomszámláló rendszernek a következő követelményeknek kell megfelelnie:

- érzékelje, ha valami, vagy valaki áthalad az adott útszelvényben;
- dátum és idő megjelölésével rögzítse az áthaladás tényét;
- tegye lehetővé a következő úthasználó típusok elkülönítését: gyalogos, kerékpáros, lovas, lovaskocsi, motorkerékpáros, személygépkocsi, tehergépkocsi, munkagép, busz;
- legalább egy éven át folyamatosan működjön;
- időjárásbiztosan működjön;
- egyszerű adatkivételt biztosítson;
- rendszeres karbantartást ne igényeljen;
- ne legyen könnyen megrongálható;
- könnyen kiépíthető legyen;
- telepítéséhez ne kelljen az útburkolatot megbontani;
- hordozza magában a bővítés lehetőségét.

Az irodalmat áttekintve látszott, hogy nagyon sokféle megoldás közül lehet választani (1. táblázat). Az is kiderült, hogy az egyes megoldások kombinálásával jobb eredményt lehet elérni, mint a tisztán egy módszerre alapuló megfigyeléssel. A legnehezebb feladatot az úthasználók csoportosítása jelentette. Ennek meghatározására alapvetően kétféle módszer terjedt el. Az egyik esetben minél több szenzor adatainak együttes feldol-

gozásával válnak elkülöníthetővé az egyes csoportok, a másik esetben vizuális kiértékelésen alapul az osztályozás. A szenzor-együttes előnye, hogy fenntartása könnyen megoldható és kicsi a tárolt adatmennyiség. Hátránya, hogy hosszabb kalibrációt igényel. A vizuális monitoring rendszereknek nagy az élőmunka igénye és nagy a tárolandó adatmennyiség, viszont ezekkel lehet a legnagyobb pontosságot elérni. Mivel a tervezett mérések szolgálnának alapul a hálózat egészének értékeléséhez, a pontosság volt az elsődleges szempont. Így körvonalazódott, hogy vizuális alapú számláló módszert kell alkalmazni. Az adatsor folytonosságát automata rendszerrel lehet biztosítani. A rendszer készíthet fotót, vagy videofelvételt. A kisebb adatmennyiség érdekében fotók rögzítése mellett döntöttünk. Fotót lehet meghatározott időközönként, vagy meghatározott jelre készíteni. Az időközönkénti felvételkészítés nagyon sok felesleges képpel terhelné a memóriát és a feldolgozást, ezért úgy döntöttünk, hogy valamilyen szenzor segítségével fogjuk működésbe hozni a kamerát. Több szenzort megvizsgálva arra a következtetésre jutottunk, hogy a reflexiós fénysorompó a legmegfelelőbb. Ilyen típus alkalmazása mellett nincs szükség az aszfalt megbontására, és a professzionális változatok képesek akár 10 méter áthidalására is. A két eszköz összekapcsolására és az adatkivétel megkönnyítésére egy központi vezérlőegységre van szükség. Az elképzelt rendszer a 2. ábrán látható



2. ábra: A rendszer elvi vázlata.

Figure 2: Sketch of the counting system.

A mérőhelyen felállított rendszer a következő elemekből állt össze:

A rendszerben a mértékadó elem a fotók készítéséért és tárolásáért felelős digitális kamera. Fontos szempont volt az időjárás állóság, az önálló adattárolás, az adatkommunikáció és az 1 MP körüli felbontás. A felbontást a személyiségi jogi viták elkerülése érdekében kell korlátozni. Ezeknek a feltételeknek a kültéri IP biztonsági kamerák felelnek meg. A kiválasztott Vivotek IP 8332 kamera 32GB SDHC kártya használatára alkalmas, a tárolt fotók Ethernet kábellel tölthetők le. A mérési helyen nincs télerő, ezért az online adatszolgáltatásról le kellett mondanunk. A kamera az irodalomnak megfelelően kb. 4 méter magasságba került (Arnberger et al. 2005). Ebből a magasságból elég nagy útszakaszt lát be ahhoz, hogy még a gyorsan haladó járművek se kerüljenek a képen kívülre. Hasonló célból a kamera mindig néhány másodpercnyi képanyagot tart a memóriájában, és a riasztás időpontjához legközelebbi képet választja ki és tárolja.

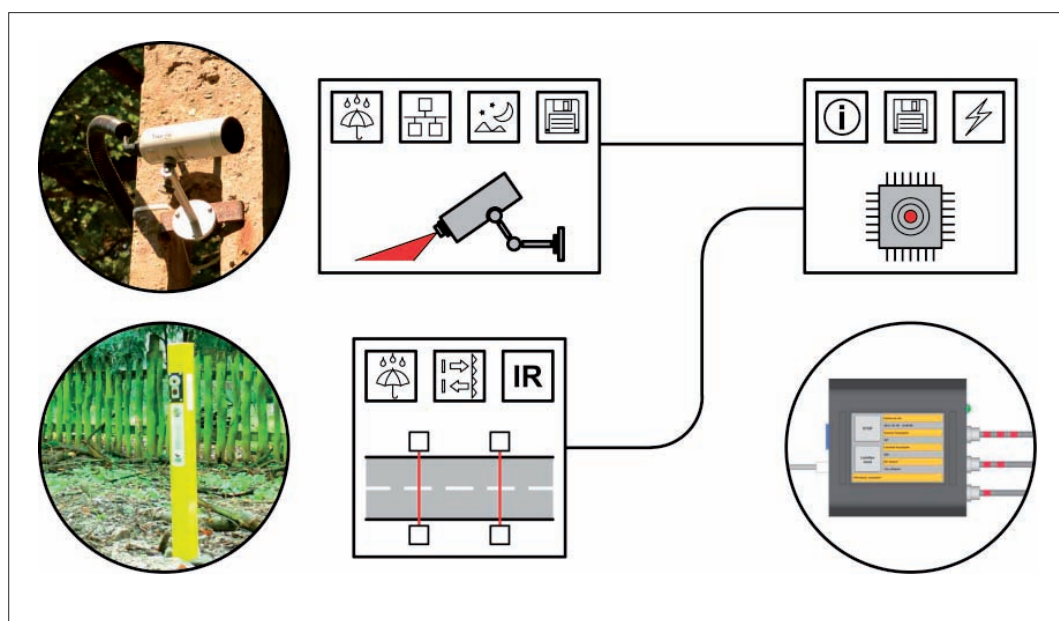
A mérőhelyen való áthaladást két Carlo Gavazzi PA 18 CAR 65 márkajelű reflexiós fénysorompó érzékeli. Azért volt szükség két érzékelőre, hogy az áthaladás irányát nagy biztonsággal meg tudjuk mondani. Az érzékelőket és a prizmákat először műanyag közúti optikai vezetőoszlopba szereltük. Ennek a megoldásnak hamar megmutatkozott az a hátránya, hogy az oszlopok könnyen elmozdultak. Ezért a műanyag oszlopokat beton alapra szerelt fém oszlopokkal helyettesítettük. Fontos tapasztalat, hogy a néveleges érzékelési távolságot

még a referencia prizmánál kétszer nagyobb felületű prizmával sem mindig lehet elérni az érzékelő piszkolódása, párárosodása miatt.

Vezérlő egységnek a GHI Electronics cég által gyártott FEZ Cobra kontrollert használtuk. Ennek a tudása bőven meghaladta a feladat elvégzéséhez szükséges szintet, de cél volt, hogy a később felmerülő igényeknek is nagy valószínűséggel megfeleljen. A vezérlő feladata, hogy az opoto érzékelőktől érkező riasztásokat továbbítsa a kamera felé, valamint naplózza azokat. Emellett megvalósítja az adatok letöltését a kameráról, és felületet biztosít a rendszer ellenőrzéséhez és az adatkivételhez. A fényképeket és a naplófájlokat SD kártyára mentjük.

A rendszer áramellátását hálózatról oldottuk meg. A folyamatos működés érdekében a rendszert 1 napi tápellátást biztosító akkumulátorral egészítettük ki. Javasolható, hogy ha hálózati áram nem áll rendelkezésre, akkor a rendszer felépítésén módosítani kell.

A telepített rendszert összefoglalóan a 3. ábra mutatja be.



3. ábra: A telepített rendszer.

Figure 3: The installed system.

Adatfeldolgozás

Az elkészült képek (4. ábra) kiértékelését a Pilisi Parkerdő munkatársai végezték egy általunk fejlesztett célszoftver segítségével. A kézi kiértékelés munkaigényes ugyan, viszont pontos adatokat szolgáltat. A kiértékelés célja egyrészt a tényleges forgalmi adatok meghatározása, másrészt a később tervezett automatikus képosztályozás megalapozása volt. A szoftver segítségével a vizsgált fotón be lehet keretezni az elkülöníteni kívánt úthasználót, és meg lehet adni a rá vonatkozó adatokat. A program a bevitt tulajdonságokat olyan formában tárolja, hogy azok akár a Microsoft Excellel is könnyedén beolvashatók. Az eltárolt keretek az automatikus képosztályozás betanítására alkalmasak lehetnek. A felvételeken kiválóan elkülöníthetők voltak a módszer bemutatásánál megadott úthasználó típusok.

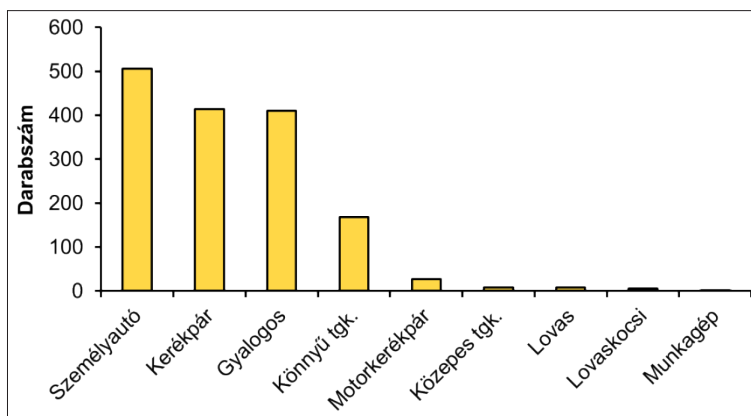


4. ábra: A forgalomszámláló rendszer által készített két jellemző fotó.
Figure 4: Two specific photos taken by the counter system.

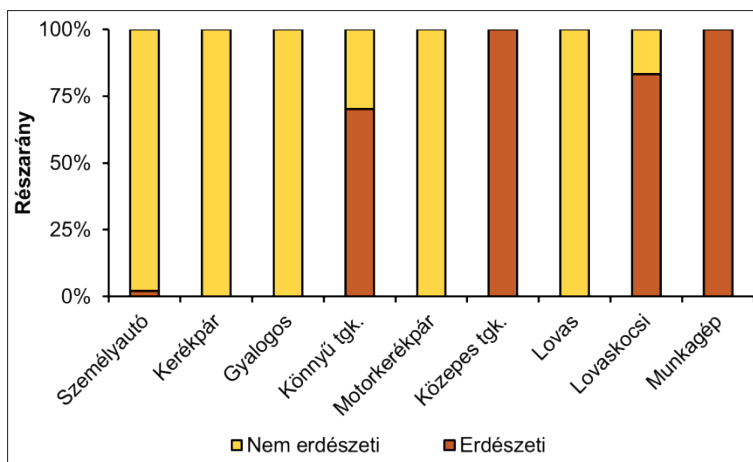
EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

Eredmények

A rendszer 2013-ban májustól novemberig többé-kevésbé folyamatosan működött. Az üzemszünetek az optikai érzékelők meghibásodására, illetve a központi egység vezérlő programjának hibájára vezethetők vissza. A reflexiós optikai érzékelők érzékelési távolságát jelentősen befolyásolta a szenzorok párasodása, illetve a tápfeszültség csökkenése. Hamis észlelésekhez vezettek a záporok, zivatarok, mivel a nagyméretű esőcseppek működésbe hozták az optikai érzékelőket. A várakozásokkal ellentétben az eszköz nem esett áldozatul vandalizmusnak. Általánosságban elmondható, hogy napi 100 - 400 darab fotó készült. Az adatfeldolgozás munkaigényes volta miatt eddig két júniusi hét fotóinak kiértékelése történt meg. A forgalom-összetételt az 5. ábra mutatja, míg az erdészeti és nem erdészeti forgalom aránya a 6. ábrán látható. A rendelkezésre álló adatok alapján akár az egyes napokhoz tartozó forgalom-mintázatok is levezethetők, itt a hétköznapok és hétvégék összehasonlítását mutatjuk be (7. ábra).

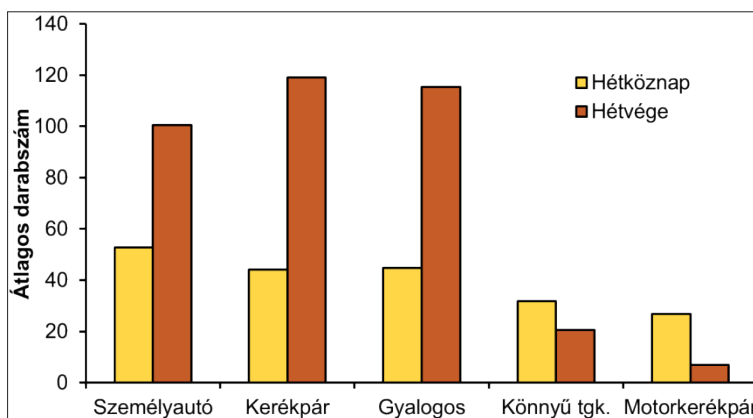


5. ábra: Az úthasználók összetétele.
Figure 5: Composition of road users.



6. ábra: Az erdészeti és nem erdészeti forgalom aránya

Figure 6: Proportion of forestry traffic.



7. ábra: A hétköznapok és hétvégék forgalmának összehasonlítása.

Figure 7: Comparison of the traffic of week days and week-ends.

Következtetések

Az eredmények értékelése

Az úthasználó-csoportonként mért forgalomnagyság (5. ábra) alakulása eltért az előzetesen várttól, ugyanis nagyobb számú személygépkocsi áthaladást regisztrált a rendszer, mint gyalogost, vagy kerékpárost. A 6. ábráról leolvasható, hogy a személygépkocsi forgalomnak csak kis részét teszi ki az erdészeti célú úthasználat. Erre a jelenségre magyarázatként szolgálhat, hogy az Apátkúti út mérési szelvény fölötti szakaszán található a Kaán-forrás, ahonnan a Parkerdő engedélyével személyautóval lehet vizet hordani, és ez generálhatja a magas személygépkocsi áthaladást. Az úthasználó csoportokban az erdészeti – nem erdészeti forgalom aránya a személygépkocsikat kivéve a várakozásnak megfelelő. Az 5. ábrán nem szerepel a nehéz tehergépkocsi kategória, és a munkagépek is igen alacsony számmal képviseltetik magukat. Ez jól magyarázható azzal,



hogy az adatsor nyáron került felvételre, amikor fahasználati munkákat nem végzett az erdőgazdaság. A 7. ábrán a hétköznapok és hétvégék összehasonlítása látható. A közjóléti forgalomhoz kapcsolódó csoportokban az úthasználók száma a várakozásoknak megfelelően nőtt, gyalogosok és kerékpárosok esetében több mint kétszeresre.

A módszer használhatósága

A két hónap alatt készített fotók feldolgozása alapján azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a hátrányai ellenére a választott módszerrel a célnak megfelelő eredmények kaphatók. Az elkészült fotókon az úthasználók az emberi kiértékelők számára elkülöníthetők, osztályozhatók voltak, sőt haladási irányukat is meg lehetett állapítani. Az egy megapixel-es fotókon nem ismerhetők fel az arcok, így az úthasználók személyiségi jogai nem sérülnek. Az autók rendszáma is általában felismerhetetlen, ez a gépjárműforgalom ellenőrzése szempontjából hátrány, viszont a kutatás szempontjából lényegtelen. A kiértékelés eredményeképp kapott pontos forgalmi adatok felhasználhatók lesznek a hálózati szintű elemzéseknel referenciaként, valamint önmagukban is fontos információval szolgálnak az Apátkúti-völgy forgalmával kapcsolatban.

A hardverrel kapcsolatban legfontosabb tapasztalatként az optokapuk túlméretezésének szükségességét kell kiemelni. Ezzel biztosítható, hogy még nagyon rossz körülmények között is működőképes maradjon a rendszer. Az érzékelők sajátosságaiból adódóan többféle hamis észlelés is előfordult, így megfontolandó egy külső hatásokra érzéketlenebb érzékelő típus alkalmazása.

A kiértékelés sebessége

A kiértékelés élőmunka igénybevételével, saját fejlesztésű kiértékelő programmal készült el. Ez a fajta kiértékelés a képek nagyon pontos elemzését teszi lehetővé. Hátránya, hogy nagyon lassú. Egy értékelő személy egy nap alatt nagyjából 200 db kép feldolgozására képes. Ez nagyobb léptékű elemzésnél indokolatlanul magas élőmunka igényt jelentene. Ilyen típusú kiértékelésre csak a kutatás kezdeti szakaszában van szükség, hiszen ezzel lehet megteremteni az automatikus képfeldolgozás alapját. Ez fogja megadni a mintaterületre jellemző éves forgalmi eloszlást is, amire támaszkodva a hálózat többi útjának értékelése már könnyebben elvégezhető.

Tervezett fejlesztések

Bár a rendszert használhatónak ítéltük, a stabilabb működés érdekében egyes megoldások fejlesztést, javítást igényelnek.

A távoli helyeken kiépítendő rendszereknél az áramfogyasztást minimalizálni kell, ehhez alvó móddal rendelkező kamerára van szükség, valamint a vezérlőegység szoftverén is fejleszteni kell. Szóba jöhet napelemes töltés is, azonban a napelemek az erdőgazdaságok tapasztalata alapján gyakran rongálásnak esnek áldozatul. Az irányészlelés megkönnyítése, és a stabilabb működés érdekében az optokapuk helyett más érzékelőt is ki kellene próbálni. Ígéretes jelölt a kisteljesítményű radar. Ez teljesen észrevétlenül beépíthető lenne és észlelési távolságát az időjárás csak minimálisan befolyásolja. Segítségével az áthaladás irányát és sebességét, valamint az áthaladó úthasználó méretét is meg lehetne állapítani. További szenzorok együttes alkalmazásával lehetőség nyílna arra, hogy vizuális kiértékelés nélkül is jó eredményt szolgáltató rendszert állítsunk össze. Elsődleges adatforrásként megmaradnának a fényképek kis méretük miatt, és ezek kézi kiértékelése is viszonylag egyszerű. Irodalmi adatok alapján a videofelvételek automatikus kiértékelése könnyebben megvalósítható, és nagyon jó eredményt ad (Li et al. 2004). Ezért a jövőben teszt jelleggel videofelvételek rögzítését is tervezzük.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatást anyagilag és szakmailag is támogatta a Pílisi Parkerdő Zrt. Külön köszönet illeti meg a Parkerdő munkatársait: Kálmán Miklós beruházási és műszaki osztályvezetőt, valamint Kiss Bencét és Kiss Csabát. A rendszer technikai megvalósításához pótolhatatlan segítséget nyújtott Markó Gergely és Primusz Péter.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Arnberger, A. 2006: Recreation use of urban forests: An inter-area comparison. *Urban Forestry & Urban Greening*, 4 (3-4): 135-144.
- Arnberger, A. and Brandenburg, C. 2002: Visitor structure of a heavily used conservation area: The Danube Floodplains National Park, Lower Austria. *Proceedings: Conference on Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas*, 7-13.
- Arnberger, A.; Haider, W. and Brandenburg, C. 2005: Evaluating Visitor-Monitoring Techniques: A Comparison of Counting and Video Observation Data. *Environmental management*, 36 (2): 317-327.
- Benkhard, B. and Szabó, B. 2012: Do we need mapping of tourist flows? Lessons from Börzsöny Mountain. 374-375. In: *Proceedings: The 6th Conference on Monitoring and Management of Visitors in Recreational and Protected Areas*.
- Campbell, M. J. 2006: Monitoring Trail Use with Digital Still Cameras: Strengths, Limitations and Proposed Resolutions. 317-321. In: *Proceedings: The Third International Conference on Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas*.
- Cessford, G. and Muhar, A. 2003: Monitoring options for visitor numbers in national parks and natural areas. *Journal for Nature Conservation*, 11 (4): 240-250.
- Héjj B. 1987: Az erdei kirándulóforgalom mérése elektronika felhasználásával. *Az Erdő* 36 (11): 513-514.
- Janowsky, D. v. and Becker, G. 2003: Characteristics and needs of different user groups in the urban forest of Stuttgart. *Journal for Nature Conservation*, 11 (4): 251-259.
- Kosztka M.; Markó G és Péterfalvi J. 2003: Feltárhálózat tervezése a Börzsönyben dinamikus hálózattervezéssel. *Közúti és Mélyépítési Szemle* 53 (9): 22-26.
- Li, L.; Huang W.; Gu, Y. H. and Tian, Q. 2004: Statistical modelling of complex backgrounds for foreground object detection. *IEEE Transactions on Image Processing* 13 (11): 1459-1472.
- Tóth S. 1974: Erdészeti közvélemény-kutatás az erdők üdülési funkciójának vizsgálata céljából. *Az Erdő* 23 (9): 385-391.

Érkezett: 2014. március 17.

Közlésre elfogadva: 2014. július 15.