Soproni Egyetem
Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok Doktori Iskola
Erdészeti műszaki ismeretek program

# Nagy látogatottságú erdészeti feltáróutak közjóléti forgalmának mérése és elemzése

Doktori (PhD) értekezés

Készítette:
Kisfaludi Balázs

Témavezető:
Dr. habil. Péterfalvi József PhD
egyetemi docens

Sopron
2017

10.13147/SOE.2018.017

10.13147/SOE.2018.017

# Nagy látogatottságú erdészeti feltáróutak közjóléti forgalmának mérése és elemzése

Értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében
a Soproni Egyetem Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok Doktori Iskolája
Erdészeti műszaki ismeretek programja

Írta:
Kisfaludi Balázs

Témavezető: Dr. habil. Péterfalvi József PhD egyetemi docens

Elfogadásra javaslom (igen/nem)

.....
aláírás

A jelölt a doktori szigorlaton ..... %-ot ért el,
Sopron, .....

.....
a Szigorlati Bizottság elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom (igen/nem)

Első bíráló Dr. ..... igen/nem

.....
aláírás

Második bíráló Dr. ..... igen/nem

.....
aláírás

Esetleg harmadik bíráló Dr. ..... igen/nem

.....
aláírás

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján ..... %-ot ért el,
Sopron, .....

.....
a Bírálóbizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése: .....
Sopron, .....

.....
az EDT elnöke

10.13147/SOE.2018.017

10.13147/SOE.2018.017

# Nyilatkozat

Alulírott Kisfaludi Balázs, jelen nyilatkozat aláírásával kijelentem, hogy a *Nagy látogatottságú erdészeti feltáróutak közjóléti forgalmának mérése és elemzése* című PhD értekezésem önálló munkám, az értekezés készítése során betartottam a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. törvény szabályait, valamint a Soproni Egyetem, Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodás Tudományok Doktori Iskola által előírt, a doktori értekezés készítésére vonatkozó szabályokat, különösen a hivatkozások és idézések tekintetében.[1]

Kijelentem továbbá, hogy az értekezés készítése során az önálló kutatómunka kitétel tekintetében témavezetőmet, illetve a programvezetőt nem tévesztettem meg.

Jelen nyilatkozat aláírásával tudomásul veszem, hogy amennyiben bizonyítható, hogy az értekezést nem magam készítettem, vagy az értekezéssel kapcsolatban szerzői jogsértés ténye merül fel, a Soproni Egyetem megtagadja az értekezés befogadását.

Az értekezés befogadásának megtagadása nem érinti a szerzői jogsértés miatti egyéb (polgári jogi, szabálysértési jogi, büntetőjogi) jogkövetkezményeket.

Sopron, 2017. november 30.

.....
doktorjelölt

[1] 1999. évi LXXVI. tv. 34. § (1) A mű részletét – az átvevő mű jellege és célja által indokolt terjedelemben és az eredetihez híven – a forrás, valamint az ott megjelölt szerző megnevezésével bárki idézheti. 36. § (1) Nyilvánosan tartott előadások és más hasonló művek részletei, valamint politikai beszédek tájékoztatás céljára – a cél által indokolt terjedelemben – szabadon felhasználhatók. Ilyen felhasználás esetén a forrást – a szerző nevével együtt – fel kell tüntetni, hacsak ez lehetetlennek nem bizonyul.

10.13147/SOE.2018.017

10.13147/SOE.2018.017

# Tartalomjegyzék

**Kivonatok** **11**

**Témafelvetés, célkitűzések** **13**

**1. Forgalomszámlálás** **15**
1.1. Az erdei forgalomszámlálás kialakulása . . . 16
1.2. Forgalomszámlálásra használt eszközök . . . 17
1.3. Forgalomszámláló eszköz fejlesztése . . . 24
1.4. Tapasztalatok, ajánlások . . . 40
1.5. Összefoglalás . . . 41
1.6. Korlátok, fejlesztési lehetőségek . . . 41

**2. A forgalomszámláló képeinek feldolgozása** **43**
2.1. Képfeldolgozás emberi erővel . . . 44
2.2. Képfeldolgozás neurális hálózat segítségével . . . 45
2.3. Összefoglalás . . . 59
2.4. Korlátok, fejlesztési lehetőségek . . . 60

**3. A forgalomszámlálási adatok kiértékelése** **61**
3.1. A rendelkezésre álló adatok . . . 61
3.2. A forgalom összetétele . . . 63
3.3. A látogatószám napon belüli alakulása . . . 68
3.4. A látogatószám alakulása a hét napjain . . . 74
3.5. A látogatószám éven belüli alakulása . . . 75
3.6. Gyalogosok éves eloszlásának ellenőrzése . . . 82
3.7. Éveken átívelő megfigyelések . . . 88
3.8. Összefoglalás . . . 93

**4. Várható éves látogatószám modellezése** **95**
4.1. Modellezési lehetőségek . . . 95
4.2. Monte-Carlo szimuláció . . . 97
4.3. Összefoglalás . . . 112
4.4. Korlátok, fejlesztési lehetőségek . . . 113

**5. Konfliktusok az erdészeti utakon** **115**
5.1. Konfliktus elemzés természeti területen . . . 115
5.2. A konfliktus potenciál meghatározása . . . 117
5.3. Konfliktusok értékelése kérdőív segítségével . . . 117
5.4. Következtetések . . . 124
5.5. Összefoglalás . . . 124
5.6. Korlátok, fejlesztési lehetőségek . . . 125

10.13147/SOE.2018.017



**Összefoglalás** **127**

**Tézisek** **129**

**Felhasznált irodalom** **131**

**Ábrák jegyzéke** **139**

**Táblázatok jegyzéke** **143**

**Függelék** **145**
1. Kritikus érték táblázatok az eloszlás illesztés megfelelőségének ellenőrzésére . . . 146
2. A napi látogatószám eloszlásokra illesztett nevezetes eloszlások . . . . . 149
3. Kérdőív az erdészeti úthasználati szokásokról . . . . . 154

10.13147/SOE.2018.017

# Köszönetnyilvánítás

A kutatásomat sokan és sokféleképpen segítették, amiért itt szeretnék köszönetet mondani.

Köszönöm az Erdőfeltárási Tanszék munkatársainak – Markó Gergelynek, Péterfalvi Józsefnek és Primusz Péternek –, valamint Bazsó Tamásnak, Csáki Péternek, Gribovszki Zoltánnak, Herceg Andrásnak, Kalicz Péternek és Szegedi Balázsnak a szakmai, emberi és tevőleges segítséget.

Köszönöm a forgalomszámláló fotóinak feldolgozását végző személyeknek a kitartó és alapos munkájukat.

Köszönöm a Pilisi Parkerdő Zrt., a pilismeteor.hu, a Nagyvillám Sípálya, valamint az Erdő-Mező portál támogatását.

Köszönet további huszonegy embernek, akiket bár név szerint nem sorolok fel, de nagymértékben hozzájárultak a dolgozat elkészültéhez.

10.13147/SOE.2018.017

10.13147/SOE.2018.017

# Kivonatok

## Nagy látogatottságú erdészeti feltáróutak közjóléti forgalmának mérése és elemzése

A kutatás célja: Erdészeti utak forgalom nagyságának és összetételének meghatározására alkalmas módszer kidolgozása és alkalmazása nagy látogatottságú erdőterületen. Az alkalmazásból származó forgalmi adatok alapján a jellegzetes forgalmi mintázatok bemutatása, az éves forgalom modellezése, valamint módszer kidolgozása a konfliktus potenciál értékelésére.

A forgalom mérésére egy állóképeket készítő forgalomszámláló eszköz került kifejlesztésre. A kísérleti eszköz a Pilisi Parkerdő területén található Apátkúti úton gyűjtött adatokat 2012 júliusa és 2016 decembere között. A fényképek feldolgozását kiértékelő személyek végezték. A dolgozat bemutat egy mesterséges neurális hálózaton alapuló eljárást, amelynek segítségével a számláló képein a forgalom zömét adó gyalogosok, kerékpárosok és személygépkocsik 5-5, illetve 15% hibával, automatikusan felismerhetők voltak.

A kiértékelő személyek által létrehozott forgalmi adatbázis értékelése úthasználó típusonként a nap órái, a hét napjai, valamint évszakok szerint történt meg. Hétköznap munkaidőben a személygépkocsik forgalma volt a meghatározó, hétvégén pedig a gyalogosok generáltak dél körüli kiugró értékkel jellemezhető forgalmat. A legnagyobb forgalom a tavaszi hétvégéken volt tapasztalható, míg a legalacsonyabb a téli hétköznapokon. A gyalogosok és kerékpárosok forgalma hétköznap nyáron volt a legmagasabb, míg hétvégén tavasszal és ősszel tetőzött. Ez a forgalom lefolyás általánosnak tekinthető a nagy látogatottságú erdészeti utakon, amit a dolgozatban bemutatott kiegészítő vizsgálat és a szakirodalom is megerősített.

Az éves látogatószám modellezése a hét napja és az évszak paraméterek felhasználásával, Monte-Carlo szimuláció segítségével történt. Évszakonként a hétköznapok és a hétvégék látogatószáma Weibull és gamma eloszlásokkal volt modellezhető, ami a szimuláció alapját képezte. A szimuláció eredményére illesztett normál eloszlással jellemezhetővé vált a vizsgált út éves forgalomnagysága, és annak bizonytalansága.

Az úthasználó csoportok közötti konfliktusok kialakulásának esélyét egyrészt a találkozások számával, másrészt a találkozások megítélésének ismeretében lehet értékelni. A találkozások számát az egy fényképen szereplő találkozások száma jelentette. A találkozások megítélésének értékelése online kérdőíves felmérés segítségével történt. A felmérésből kiderült, hogy a nem motorizált közlekedőket zavarja a gépjárművel történő találkozás, aminek száma a vizsgált úton csekély volt, így nem igényelt konfliktuskezelési beavatkozást.

A dolgozatban bemutatott eredmények a nagy látogatottságú erdészeti utak kezelői számára jelenthetnek értékes információt, ami alapján az erdőgazdasági és a közjóléti forgalom összhangját, és ezzel az erdőbe látogatók úthasználati élményét növelni lehet.

10.13147/SOE.2018.017



## Measuring and evaluating non-forestry traffic on highly visited forest roads

A research tool was developed to obtain images of visitors of a highly visited forest road near Visegrád, Hungary. An open source artificial neural network was adapted to detect and recognise visitors on the photos taken by the camera. The accuracy of the system was 95-95-85% for pedestrians, cyclists and cars respectively. Detailed traffic data was produced by interpreters. This data was evaluated on a daily, weekly and yearly basis by road user categories. Specific road use patterns were found and presented for pedestrians, cyclists, cars and trucks. A Monte-Carlo simulation based model was presented to estimate the yearly traffic load of the road. The model used weekend - working day and seasons as parameters represented by Weibull and gamma density functions fitted to daily counts. An online questionnaire survey was conducted to assess which road user encounters may lead to conflicts. Combined with the number of encounters on the involved road, the conflict potential and thus the management options were discussed.

10.13147/SOE.2018.017

# Témafelvetés, célkitűzések

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 erdészeti úthálózat gerince az 1960-as és 1970-es években épült, az utak tervezésekor elsődlegesen a faanyag-szállítási célt, és ezen keresztül az erdő gazdasági funkcióját tartották szem előtt, de ahol lehetett, figyelembe vették az aktuális közjóléti igényeket is (Lutonszky, 1983; Pallos, 1983; Péterfalvi, 1997; Kosztka, Markó és Péterfalvi, 2004). A jelenlegi tervezési előírások nem fogalmaznak meg speciális szabályokat az utak közjóléti funkciójához kapcsolódóan (Kosztka, 2013b; Kosztka, 2013a). 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 (Szilágyi, 2004).

Jelen kutatásomban a nagy látogatottságú erdészeti utak pontos és hosszútávú forgalmi adatainak előállítására, az ezekből levonható következtetésekre, valamint ezek konfliktuskezelési vonatkozásaira koncentráltam. A kutatást azért tartom fontosnak és újszerűnek, mert Magyarországon tudomásom szerint még nem végeztek ilyen jellegű vizsgálatot, és a várható eredmények az állami erdőgazdaságok közjóléti tevékenységének támogatására alkalmasak.

A kutatásom célja az volt, hogy bemutassam, hogy erdei körülmények között lehetséges a pontos és hosszútávú forgalomszámlálás, aminek eredményéből levezethetők az úthálózat kezeléséhez szükséges forgalmi adatok, valamint ami felhasználható az erdészeti utakat használók közötti konfliktusok megismerésére is. E cél elérése érdekében a következő részcélokat határoztam meg:

- 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

10.13147/SOE.2018.017

10.13147/SOE.2018.017

# 1. fejezet

# Forgalomszámlálás

A kutatásomat az a feltevés és tapasztalat indította el, hogy az erdészeti utakat az erdőgazdálkodásban résztvevőkön kívül turisták, sportolók, egyéb, az erdőgazdálkodás céljait közvetlenül nem szolgáló tevékenységet végzők is használják, ám az ilyen jellegű használat mértékére vonatkozóan a hazai szakirodalomban csak kevés adatot találtam, ezek is általában rövidtávú, esetenkénti helyszíni számlálásból származtak, illetve régiek voltak (Héjj, 1986; Héjj, 1987; Kosztka, Markó és Péterfalvi, 2004; Nagy és Héjj, 2012; Nagy és László, 2014). Véleményem szerint az erdészeti úthálózatok hosszútávú forgalmának, és forgalom-összetételének számszerű megismerése segítheti az erdőgazdálkodókat a közjóléti fejlesztések irányának kijelölésében (pl.: új létesítmények helyének meghatározása), a megvalósított fejlesztések eredményességének kimutatásában, valamint az erdőbe látogatók egymás közti, illetve erdőgazdasággal kapcsolatos konfliktusainak minimalizálásában (pl.: alternatív útvonal kijelölése egymást zavaró, és az utat egyszerre használó látogatók számára). Ez az előny természetesen a turisztikailag frekventált területeken észlelhető elsősorban, így talán nem meglepő, hogy a „Pilis-Visegrádi erdőtervezési körzet közjóléti fejlesztési terve" című tanulmányban (Kalincsák, 2012) ezt olvashatjuk: „A szükséges fejlesztések egyik alapvető eleme az információ szolgáltatás. A helyszínelések illetve az érintettekkel történt egyeztetések során a látogatói-tömeg irányításának témaköre került elő leggyakrabban. Az erdőkben folytatott közjóléti tevékenység másik legfontosabb feladata a jelentkező igények összehangolása (egyes igények elutasítása).", illetve: „Bár az erdőterületeknek, azok közjóléti létesítményeinek látogatottságával kapcsolatban évtizedek óta nem volt átfogó felmérés, a körzet erdeit valószínűleg milliós nagyságrendű látogató keresi fel évente".

A magyarországi közúthálózaton már 1869 óta végeznek forgalomszámlálást. Eleinte a felújítási költségek célszerű elosztását segítették a mérésekkel, később a forgalmi adatok alapján jelölték ki a főút hálózatot, és napjainkban is ezekre támaszkodva határozzák meg a közútfejlesztési irányokat. A forgalomszámlálást mintavételezéses módszerrel hajtják végre. Néhány állandó mérőhely adatából ismertek a forgalom napi, heti és havi változásának törvényszerűségei (Magyar Közút, 2017). A törvényszerűségeket időről időre újradefiniálják, és ezzel együtt meghatározásra kerül, hogy az adott forgalomlefolyás az úthálózat mely szakaszaira jellemző (Koren, 2007). A többi mérési helyen az út fontosságának megfelelő számú mintavétellel határozzák meg, hogy a forgalomlefolyáshoz mekkora forgalomnagyság tartozik. Az alacsonyabb rendű utak forgalmát a csatlakozó utak forgalmának arányosításával becslik A forgalomszámlálást automata számlálókkal és kézi kiegészítő számlálással végzik, elsősorban a gépjárművekre koncentrálva (Magyar Közút, 2017). A kiépített rendszer azt igazolja, hogy egy úthálózat üzemeltetéséhez szükség van forgalmi adatra, ami költséghatékonyan előállítható.

Az erdőterület megközelíthetőségét az erdészeti úthálózat biztosítja (Kosztka, 1999), ezért azt a célt tűztem ki, hogy találjak, vagy kidolgozzak egy olyan forgalomszámláló eljárást, amely alkalmas erdészeti úthálózatok alapvető forgalmi adatainak nagy pontosságú meghatározására. Az eljárás alapadatait egy forgalomszámláló berendezés szolgáltatná, amelyről ebben a fejezetben lesz szó, míg a berendezés mérései alapján a forgalmi adatokat valamilyen módszerrel kell

10.13147/SOE.2018.017



előállítani, amit a következő, 2. fejezetben mutatok be. Ki kell emelnem, hogy a számláló eszköz és a feldolgozási módszer szorosan összefügg egymással. A forgalomszámláló berendezésnek elsősorban a jelen kutatás igényeit kell kiszolgálnia, de lehetőség szerint a gyakorlatban is jól alkalmazható megoldásokat fogom keresni. A gyakorlati alkalmazás szempontjai között szerepel az elvárt adatok szolgáltatása mellett a termék ára, a karbantartási igénye, illetve a feldolgozás automatizálhatósága.

Az úthálózatok útszakaszokból (útcsatlakozástól mentes útdarab) épülnek fel, ezért a kitűzött feladat visszavezethető egy szakasz forgalmának meghatározására, hiszen ha a szakaszok forgalma külön-külön ismert, akkor ismertté válik a teljes hálózat forgalma is. Az eszköz adataiból erdei körülmények között meg kell tudni állapítani egy adott útszakasz adott szelvényében, hogy milyen típusú látogatóból mennyi haladt át milyen irányban, és mikor. Az erdészeti úton tapasztalataim alapján leggyakrabban előforduló látogatócsoportok elkülönítését terveztem, úgymint: gyalogosok, kerékpárosok, személygépkocsik, tehergépkocsik, stb. A személygépkocsikat és tehergépkocsikat önálló úthasználókként kezeltem, nem pedig a bennük ülők számával jellemeztem. Az eszköz által szolgáltatott adatokra építve részletes forgalomelemzést terveztem elkészíteni, emiatt lényeges volt, hogy az áthaladások időpontját az eszköz pontosan rögzítse, ne csak meghatározott időegységenként összesítve. Fontos szempont volt továbbá, hogy az adatokból megállapítható legyen az úthasználat célja, vagyis hogy az adott úthasználó erdőgazdálkodási tevékenységgel kapcsolatban tartózkodik az úton, vagy egyéb céllal. A hosszútávú adatsor biztosítására a számláló berendezés folyamatos működését legalább egy évre terveztem.

## 1.1. Az erdei forgalomszámlálás kialakulása

A magyarországi erdők kétharmadának elsődleges rendeltetése a faanyag termelés, egyharmada védelmi célt szolgál, és mindössze 1% a kifejezetten közjóléti rendeltetésű (Szabó, 2016). Az 1950-es évektől kezdve a hazai erdészeti politika deklaráltan hármas funkcióról – termelési, védelmi, közjóléti – beszél (http://erdo.kormany.hu/tortenelmi-visszatekintes), ami a további rendeltetések között jelenhet meg. A közjóléti rendeltetés Magyarországon a gyógyászati, a rekreációs-turisztikai, a tanulmányi, valamint a kísérleti funkció meglétét jelenti (Szabó, 2016), ami összhangban van a nemzetközi besorolással (FAO, 2010). Az erdők közjóléti szerepével az USA-ban a XIX. század második felében kezdtek el behatóbban foglalkozni az ú.n. „Rekreációs mozgalom" hatására. A gazdasági és szociális helyzet stabilizálódásával és erősödésével ugyanis megjelent az igény a rekreációs tevékenységre, valamint az elvárás az állam felé, hogy ennek feltételeit biztosítsa. A mozgalomnak köszönhetően a XX. század első felére a szabadtéri rekreáció és turizmus feltételrendszere jelentős fejlődésen esett át, ami egyre több látogatót vonzott az erdőkbe, és más természeti területekre (Mclean, Hurd és Anderson, 2017). A látogatók tömeges megjelenése (Taylor és Edwards, 1960; Lucas, 1985) több kérdést is felvetett a természeti területek kezelésével kapcsolatban, amelyeket az 1950-es évek második felétől tudományos módszerekkel is próbáltak megválaszolni. Az első kutatások a természetkárosítás oldaláról közelítették meg a kérdést, majd elég hamar a turisztikai létesítmények, valamint a természeti területek befogadóképessége került a középpontba, végül pedig a rekreáció szociológiai vonatkozásai felé fordultak a kutatók (Lucas, 1985). Az erdőterületekre vonatkozó első látogatási statisztikák 1958-ban jelentek meg. Az adatgyűjtés a nemzeti parkokban a belépők, és személyes számlálás alapján történt, a többi erdőterületen néhány esetben rendelkezésre állt személyes számlálási eredmény, de a legtöbb adat közvetett, az erdő kezelőjének tapasztalatára építő becsléseken alapult (Clawson, 1958). A közutakon használt forgalomszámlálók erdőterületen történő bevetésére az egyik első példát James és Ripley mutatta be 1963-ban. Mivel az Egyesült Államok feltételezhetően élen járt a jóléti erdőgazdálkodásban, ezért az erdei eszközös forgalomszámlálás kezdetéről nagyjából az 1960-as évek elejétől beszélhetünk.

Magyarországon is fontos szerepe volt az erdei rekreációnak. Erre utal, hogy 1888-ban megalakult az első budapesti turistaszervezet, majd az 1920-as évek második felétől az erdőbe szerve-

10.13147/SOE.2018.017



zetten, illetve szervezeti kereteken kívül ellátogató turisták száma rohamosan emelkedni kezdett. Az 1961. évi erdőtörvény az erdők egészségmegőrző hatására hivatkozva megállapítja az erdők üdülési, pihenési funkcióját, valamint lehetővé teszi mindenki számára az erdészeti úthálózat és az erdőterület ilyen célú használatát (Pápa, 1967). A nagyszámú erdőlátogató megjelenése hazánkban is szükségessé tette az erdők turistaforgalmának mérését (Keresztesi, 1969). A látogatottság meghatározására az 1960-as évek elejétől kezdve folynak tudományos vizsgálatok, amelyek módszertana leggyakrabban mintanapokon végzett személyes számlálást, valamint kérdőíves felmérést tartalmazott (Tóth, 1974; Walterné, 1987; Héjj, 1986; Benkhard és Szabó, 2012; Nagy és Héjj, 2012; Nagy, 2015). Magyarországon az első publikált műszeres forgalomszámlálást 1987-ben végezték (Héjj, 1987), és azóta csak egy vizsgálatban használtak automatikus számláló eszközt (Nagy és László, 2014), ami annak tudható be, hogy a hazai körülményekhez képest az automatikus látogatószámlálók drágának bizonyultak (Benkhard és Szabó, 2012).

## 1.2. Forgalomszámlálásra használt eszközök

A kutatásom első célja az volt, hogy találjak, vagy kidolgozzak egy olyan forgalomszámlálási módszert, amellyel erdei körülmények között automatikusan mérhető egy útszakasz forgalma, megállapítható a forgalom összetétele és haladási iránya. Ebben a részben áttekintem, hogy a terepi forgalomszámlálásra milyen eljárások ismertek, ezeknek mik a legfontosabb jellemzői, amelyek ismeretében ki tudom választani a vizsgálatomhoz legalkalmasabb módszert.

A terepi forgalomszámlálási eljárások lehetnek közvetlenek és közvetettek aszerint, hogy a számlálást emberek végzik a terepen, vagy sem (Muhar, Arnberger és Brandenburg, 2002; Cessford és Muhar, 2003).

### Személyes számlálás

Közvetlen számlálás végezhető fixen telepített számlálási helyről, illetve mozgó személyzet segítségével (Muhar, Arnberger és Brandenburg, 2002; Cessford és Burns, 2008). A mozgó személyzet által végzett számlálás az erdőterület több részéről is szolgáltathat információt, viszont előre tervezett mintavételezés hiányában az adatok feldolgozhatósága bizonytalan (Muhar, Arnberger és Brandenburg, 2002). Sokkal gyakrabban választott megoldás a fix helyen történő számlálás. A személyes számlálás pontos látogatószámot eredményez, amennyiben nincsenek nagy látogatócsoportok (Arnberger, Haider és Brandenburg, 2005), bárhol bevethető (Yuan, Maiorano és Yuan, 1995), részletes, leíró jellegű adatokat szolgáltat (Yuan, Maiorano és Yuan, 1995; Cessford és Muhar, 2003; Cessford és Burns, 2008), valamint egyszerű kiképzés után a számláló személyek azonnal bevethetők (Wolf, Hagenloh és Croft, 2012). A legnagyobb hátránya, hogy időigényes, a folyamatos mérés nehezen kivitelezhető, hosszabb távon pedig szinte lehetetlen (Yuan, Maiorano és Yuan, 1995; Cessford és Muhar, 2003). A személyes számlálást más eszközök kalibrálására (Cessford és Muhar, 2003), előzetes (Vuorio, Emmelin és Sandell, 2003), valamint rövidtávú (Wolf, Hagenloh és Croft, 2012) felmérésre célszerű használni a nagy pontosság, a leíró jellegű adatok, valamint az ezek eléréséhez szükséges nagy élőmunkaigény miatt.

A közvetett számlálási módszereken belül érdemes elkülöníteni a közvetlen típusra visszavezethető, képrögzítésen alapuló, valamint az automatikus számlálókat alkalmazó eljárásokat. Az előbbi csoportnál álló, vagy mozgókép rögzítés történik, amit általában vizuális interpretáció útján alakítanak forgalmi adattá, az utóbbi csoportba tartozó eszközök ezt közvetlenül szolgáltatják.

### Kamera

A képrögzítésen alapuló módszerek közül a legelterjedtebb a helyszínen telepített kamerás rögzítés. A kamera lehet analóg, vagy digitális, és készíthet álló, vagy mozgóképet.

10.13147/SOE.2018.017



Az analóg videokamerák máig népszerűek, hiszen a biztonságtechnikában elterjedten alkalmaznak ilyen típusú eszközöket a CCTV (Closed Circuit Television) rendszerekben. A felvételek rögzítéséhez egy különálló egységre van szükség (Yuan, Maiorano és Yuan, 1995; Arnberger, Haider és Brandenburg, 2005). Analóg állóképet készítő kamerákat a látogató számláláson (Yuan, Maiorano és Yuan, 1995) kívül vadmegfigyelésre (Miller, Leung és Kays, 2017) használtak. Az analóg kamerák két legnagyobb hátránya az adattárolás nehézsége, és alacsony kapacitása, valamint az, hogy a rögzített anyag csak emberi erővel dolgozható fel (Yuan, Maiorano és Yuan, 1995; Arnberger és Eder, 2007; Duke és Quinn, 2008).

A digitális kamerák kiküszöbölik az analóg társaik adattárolási problémáit, hiszen napjainkban az átlagosnak számító SDHC (Secure Digital High Capacity) kártyákon akár 32 GB, míg az ugyanekkora méretű, de korszerűbb SDXC (Secure Digital Extended Capacity) kártyákon akár 2 TB adat is elfér. Ez elég lehet akár 2 hónapon át másodpercenként egy kép rögzítésére. A digitális kamerák elterjedésének másik oka a szélessávú internet megjelenése, hiszen ennek segítségével a felvételeket nem a kamerán kell tárolni, hanem az interneten keresztül egy nagy kapacitású szerverre lehet továbbítani. A biztonságtechnikában az 1990-es évek végén jelentek meg a közvetítő egység nélkül internetre csatlakoztatható, ú.n. IP (Internet Protokoll) digitális kamerák, amelyek napjainkra már kiforrott megoldásnak tekinthetők. A modern rendszerek a valós idejű megfigyelés mellett már valós idejű feldolgozást is kínálnak, bár csak az általános biztonságtechnikai feladatoknak megfelelő szinten. Így például a felvételeken az embereket és a személygépkocsikat képesek felismerni, de ennél finomabb osztályozásra nincsenek felkészítve. Ezek a rendszerek úgy működnek, hogy a kamera képét interneten keresztül továbbítják a feldolgozást végző számítógépre, ahol a gép nagyobb teljesítményét kihasználó felismerő algoritmus megállapítja, hogy a kapott mozgóképen lát-e embert, vagy járművet, illetve hogy egy adott területen észlelt-e mozgást vagy sem. Az erdei körülmények közötti alkalmazhatóságot erősen korlátozza a nagy sebességű internetkapcsolat szükségessége.

Az offline videó feldolgozással látogatószámlálási céllal Heikkila és Silven már 1999-ben foglalkozott, de csak 2005 óta létezik olyan készen kapható kamera, amelyben beépített feldolgozó algoritmus dolgozik, ám ez is csak néhány típus elkülönítésére alkalmas (hu.wikipedia.org/wiki/IP-kamera). A mozgókép alapú automatikus felismerés és forgalomszámlálás eredményességét nagymértékben befolyásolja a képfelismerési algoritmusok fejlődése, valamint az időjárási és megvilágítási viszonyok (Heikkila és Silven, 1999; Turner, Lasley és Pourteau, 2013).

Beszélhetünk folyamatos videó rögzítésről, vagy sugárzásról, meghatározott időintervallumonként történő, ú.n. time-lapse rögzítésről, illetve mozgásérzékelés alapú rögzítésről. Folyamatos videofelvétel rögzítésére csak nagyon ritkán, rövid ideig tartó kalibráláshoz van szükség. A folyamatos videostream-nek az online rendszereknél van jelentősége. Time-lapse videó rögzítéssel a szükséges tárhely csökkentése mellett a felvételek kiértékelése is egyszerűbb lesz (Arnberger, Haider és Brandenburg, 2005; Arnberger és Eder, 2007). A time-lapse fotók alkalmazása régebben volt jellemző, főleg az egyszerűségük miatt (Arnberger, Haider és Brandenburg, 2005).

A mozgásérzékeléshez kötött videó (Janowsky és Becker, 2003), vagy állókép tárolás (Campbell, 2006; Duke és Quinn, 2008; Miller, Leung és Kays, 2017) tovább csökkenti a tárhely használatot, viszont a mozgásérzékelőt kalibrálni kell annak érdekében, hogy a lehető legtöbb látogatót észlelje, minimális téves észlelés mellett(Cessford és Muhar, 2003). További nehézséget okoz, hogy a hosszú működési idő miatt a kamerának készenléti állapotban kell lennie, amiből a képkészítésre alkalmas állapotba váltáshoz jellemzően 1 mp körüli időre van szükség (Campbell, 2006). A mozgásérzékelő lehet valamilyen forgalomszámlálásra is alkalmas külső szenzor (Yuan, Maiorano és Yuan, 1995) – például aktív infravörös (IR), passzív IR, radar, nyomáscella –, lehet a kamerával egybeépített mozgásérzékelő – leggyakrabban passzív IR (PIR) (Campbell, 2006; Duke és Quinn, 2008) –, illetve a kamera kép változás alapján működő megoldás (Caputo, 2014). A külső szenzor előnye, hogy a kamerától távolabb helyezhető, és így van idő a bekapcsolásra, jó szenzorbeállítás mellett kevés téves érzékelést eredményez, illetve pontosan meghatározható az észlelés helye. Hátránya, hogy a telepítése szakértelmet igényel, valamint a meghibásodás

10.13147/SOE.2018.017



lehetősége is nagyobb, mint az egybeépített típusoknál. Egy kutatás az aktív infravörös érzékelő és videokamera együttes alkalmazását találta a legmegfelelőbbnek kerékpárosok és gyalogosok elkülönítésére (SRF, 2003). A kamerával egybeépített mozgásérzékelős módszerrel az eszközt a látogatókhoz viszonylag közel kell elhelyezni, a PIR szenzor hőmérséklet érzékenysége miatt esetenként sok téves észlelést eredményez, illetve az észlelés helye nem határolható be pontosan. Ezeket a negatívumokat az egyszerű telepítés és kezelés, valamint a megbízható működés ellensúlyozza.

A képváltozáson alapuló mozgásérzékelés a tárhellyel gazdaságosan bánik, viszont folyamatosan bekapcsolt állapotot igényel, ami a fogyasztás szempontjából előnytelen.

A kamera telepítésére vonatkozóan Arnberger, Haider és Brandenburg (2005) végeztek vizsgálatot, és azt találták, hogy a 4 méter magasan elhelyezett kamera felvételein az utólagos kiértékeléskor a népes látogatócsoportok létszáma pontosabban meghatározható volt, mint a helyszínen végzett személyes számláláskor. A kamerát az út szélétől 1-2 méter távolságban célszerű elhelyezni úgy, hogy a mozgás irányával kb. 20° - 45°-os szöget zárjon be (Duke és Quinn, 2008; Miller, Leung és Kays, 2017).

### Légifotó

Kamerát a fix telepítés helyett el lehet helyezni egy repülő eszközön is, és így légifelvételek készíthetők a vizsgált területről, amelyeken a látogatók bizonyos körülmények fennállása esetén beazonosíthatók és megszámlálhatók. Ezzel a módszerrel nagy területek fedhetők le rövid idő alatt (Krämer és Thamm, 2006; Veal, 2017). A felvételek egy időpillanatot rögzítenek, ami vadállatok (Terletzky és Ramsey, 2016), illetve tömegrendezvényen résztvevő emberek (Raybould et al., 2000) megszámlálásához ideális, utak hosszútávú forgalom-becslésére viszont csak többszöri ismétléssel lehet alkalmas (Cessford és Muhar, 2003). Az emberek elkülönítéséhez minimum 1:2000 méretarányú felvételek szükségesek (Hollenhorst, Whisman és Ewert, 1992) Erdei körülmények között jelentős korlátozó tényező a lombkorona záródása, ami miatt az erdészeti úton haladó látogatók a felvételen nem lesznek azonosíthatók. A folyamatos számlálás a költségek miatt nem megoldható, amellett, hogy ennek az időjárás is gátat szab (Cessford és Muhar, 2003; Krämer és Thamm, 2006).

### Mechanikus számlálók

Mechanikus érzékelőket – pl.: forgókapu – olyan területek megfigyelésére érdemes alkalmazni, amelyek körbe vannak kerítve, és a bejutás a számláló nélkül is akadályozott. A mechanikus érzékelőket jellemzően beltéren használják (Erkkonen és Sievänen, 2002), de a kültéri használatra is akad példa (Melville és Ruohonen, 2004). Mivel ezek az eszközök megzavarják a látogatókat a folyamatos haladásban, magas látogatószám esetén torlódást okozhatnak, ezért használatuk csak alacsony látogatottság mellett javasolható (Melville és Ruohonen, 2004). A szakirodalom szerint mechanikus eszközök csak emberek számlálására valók (Cessford és Muhar, 2003), de véleményem szerint az erdészeti utakat lezáró sorompók is felszerelhetők lennének mechanikus számlálóval, és így a gépjármű forgalom is becsülhetővé válna. A módszer nem alkalmas a látogatók finom csoportosítására, bár kétségtelen, hogy bizonyos kialakítás csak emberek áthaladását teszi lehetővé. Vegyes használatú utak forgalmának mérésére tehát ez a módszer nem alkalmas.

### Nyomásérzékelők

A nyomás érzékelésén alapuló érzékelők két legelterjedtebb formája a nyomáscella és a pneumatikus cső, valamint létezik piezoelektromos elven működő szalag is.

A nyomáscellát az út burkolatába, vagy a talajba, kb. 10 cm mélységben helyezik el (Cessford és Muhar, 2003), és a látogatók súlya következtében beálló alakváltozást érzékeli vagy kapcsolóval, vagy piezoelektromos úton. Az út burkolatba telepített eszközt rugalmas anyaggal kell

10.13147/SOE.2018.017



lefedni, hogy az alakváltozás könnyen mérhető legyen (Turner, Lasley és Pourteau, 2013). A nyomás cellákat általában hosszútávú vizsgálatokhoz veszik igénybe (Turner, Lasley és Pourteau, 2013). Ezeket a számlálókat az olcsóságuk (Cessford és Muhar, 2003), az alacsony fogyasztásuk (Melville és Ruohonen, 2004; Cessford és Burns, 2008; Greene-Roesel et al., 2008), a rejtett elhelyezésük (Cessford és Muhar, 2003; Melville és Ruohonen, 2004; Cessford és Burns, 2008), az alacsony fenntartási igényük (Greene-Roesel et al., 2008) és a hosszú élettartamuk (GreenSpace, 2005) miatt előszeretettel alkalmazzák, elsősorban földutak és ösvények forgalmának meghatározására (Turner, Lasley és Pourteau, 2013), de találkozhatunk velük városi környezetben gyalogos jelenlét érzékelőként is (SRF, 2003). A cella működése fagyott talajban korlátozott (Melville és Ruohonen, 2004; GreenSpace, 2005).

A pneumatikus csövekkel leggyakrabban ideiglenes kerékpáros forgalomszámlálási feladatoknál találkozhatunk, de a technológia minden kerekes jármű számlálására alkalmas (Turner, Lasley és Pourteau, 2013). A néhány centiméter átmérőjű gumi csöve(ke)t a burkolatra fektetik kereszt irányban, és az áthaladás hatására fellépő nyomásváltozást mérik.

Mindkét módszerre jellemző, hogy körültekintő kalibrálás híján jelentős lehet a hibás számlálások aránya (Muhar, Arnberger és Brandenburg, 2002). A kalibrálást legalább évente el kell végezni, mert az eszközök érzékenysége nagymértékben változik a környezeti hatások miatt (Cessford és Muhar, 2003; Cessford és Burns, 2008). Két sorba telepített cellákkal, illetve két cső együttes alkalmazásával az úthasználók haladási iránya megállapítható (Muhar, Arnberger és Brandenburg, 2002; Turner, Lasley és Pourteau, 2013). Az úthasználók típusa csak speciális esetben határozható meg (Turner, Lasley és Pourteau, 2013).

Piezoelektromosságnak nevezzük azt a jelenséget, amikor fizikai nyomás hatására bizonyos anyagokban elektromos feszültség keletkezik. Ezt használják ki a piezo szalagok. Ezek az eszközök általában két fém szalagból állnak, amelyeket közvetlenül a járófelület síkjába telepítenek. A szalag megnyomásával feszültség keletkezik, ami a számlálás alapja. A nyomáscsövekhez hasonlóan főleg kerekes járművek számlálására alkalmasak. Az eszköz képes megkülönböztetni a gyalogosokat a biciklistáktól, el tudja különíteni az egymás mellett haladó kerékpárosokat, valamint képes az úthasználók haladási irányának és sebességének megállapítására (Bergman és Cohen, 2016).

### Szeizmikus érzékelők

A szeizmikus érzékelőket az út, vagy ösvény járófelülete alá helyezik el, és a fölöttük elhaladó gyalogosok, illetve járművek által keltett rezgéshullámokból következtetnek az áthaladásra (Turner, Lasley és Pourteau, 2013). Ezek az eszközök a látogatószám meghatározására alkalmasak (Cessford és Burns, 2008), bár általában alulbecsülik azt (Rupf-Haller, Wernli és Filli, 2006; Rupf, Wernli és Haller, 2008). Számlálási hibát okozhat a látogató kis súlya (gyerekek), a telepítés helye és mélysége, valamint a takarásra használt anyag (Rupf-Haller, Wernli és Filli, 2006). A hiba gondos, helyspecifikus és legalább egy hónapig tartó kalibrációval (Rupf-Haller, Wernli és Filli, 2006), illetve a látogatók egyenkénti áthaladásának biztosításával (Rupf, Wernli és Haller, 2008) 10% alá csökkenthető. Több eszköz telepítésével a látogatók haladási iránya elméletileg meghatározható, ám a gyakorlati tapasztalatok alapján ez csak nagy bizonytalanság mellett tehető meg (Rupf, Wernli és Haller, 2008). A leírások alapján ez a szenzortípus működésében, és felhasználási lehetőségeiben nagymértékben hasonlít a nyomáscellákra. A szeizmikus érzékelők másik fajtáját a vizsgált ösvénytől, vagy úttól maximum 10 méterre a földbe szúrt érzékelők jelentik. Ezek kevésbé pontos adatokat szolgáltatnak, mint a járófelület alá elhelyezett változatok, viszont nem kell miattuk megbontani a járófelületet (Gasvoda, 1999).

### Aktív optikai érzékelők

Az aktív optikai érzékelők az általuk kibocsátott pulzáló infravörös, vagy látható fénysugár megszakítását képesek észlelni, az észleléseket egy beépített algoritmus szerint szűrni (pl.: egy-

10.13147/SOE.2018.017



mást gyorsan követő két megszakítás), és a szűrt észleléseket tárolni (Gasvoda, 1999; Cessford és Burns, 2008). Az út két oldalán elhelyezett fénykibocsátó egységből, illetve vevőből álló rendszereket átmenő sugaras érzékelőknek, míg az egy eszközbe épített két egységből és fényvisszaverő prizmából álló rendszereket reflexiós optikai érzékelőknek nevezik (Gasvoda, 1999).

Az adót és a vevőt, illetve prizmát olyan magasságban kell telepíteni, ahol a kisebb állatok már nem tudják működésbe hozni, így sok téves számlálás elkerülhető. Az út két oldalán elhelyezett egységeket nagyon pontosan be kell állítani, hogy a szűk fénysugarat észlelje a vevő egység, valamint az alkatrészeket merev, nem elmozdítható tartóra kell helyezni annak érdekében, hogy ez a beállítás megmaradjon (Gasvoda, 1999; Cessford és Burns, 2008; Greene-Roesel et al., 2008). Cserébe széles úton is alkalmazhatóak (Cessford, Cockburn és Douglas, 2002; Cessford és Burns, 2008), és a passzív változatoknál pontosabb látogatószámot szolgáltatnak (Turner, Lasley és Pourteau, 2013). Az észlelési távolság akár 300 méter is lehet, 20 méter fölött már csak látható lézerrel működő típusok kaphatók (www.pepperl-fuchs.com), amelyek balesetveszélyesek (Kajala et al., 2007). A reflexiós típusoknál ez a távolság feleződik, hiszen a fénysugárnak kétszer kell megtennie az utat.

Az aktív optikai érzékelők további előnye, hogy kis méretűek, viszonylag olcsók, a hőmérsékletre nem érzékenyek (Cessford, Cockburn és Douglas, 2002; Cessford és Muhar, 2003; Cessford és Burns, 2008). Az elhelyezésükből adódóan könnyen észrevehetők, és így a rongálás és az elkerülés, valamint a szándékos többszöri áthaladás ellen nehéz megvédeni őket (Gasvoda, 1999; Cessford, Cockburn és Douglas, 2002; Cessford és Muhar, 2003; SRF, 2003; Cessford és Burns, 2008). Az optikát el lehet takarni, illetve szennyeződhet, ami működésképtelenné teszi az eszközt (Cessford és Burns, 2008). A hó, a nagy szemű eső, a köd, illetve az alacsonyan álló nap hamis számláláshoz vezethet (GreenSpace, 2005), ugyanúgy, mint a reflexiós rendszereknél a tükröző felületű járművek elhaladása (Gasvoda, 1999). A látogatók csoportban haladása csak egy eseményt vált ki, ennek következtében akár 30%-os alulbecslés is előfordulhat (Héjj, 1987). Az aktív rendszerek fogyasztása magasabb, mint a passzívaké, de még így is jóval alacsonyabb, mint például egy kamerás rendszeré (Cessford és Burns, 2008).

Egy érzékelővel a látogatók darabszámát (Muhar, Arnberger és Brandenburg, 2002), valamint azt lehet becsülni, hogy egy bizonyos sebességnél gyorsabban halad-e az adott látogató. A sebesség alapján a várható látogatótípusok ismeretében azok kisebb-nagyobb pontossággal elkülöníthetők (Jones et al., 2010). Több érzékelőből álló rendszerrel a látogatók haladási iránya is megállapítható, a látogató csoportok tagjai jobban elkülöníthetőek, illetve bizonyos látogató típusok megkülönböztethetőek (Kuutti, 2012; Noyce, Gajendran és Dharmaraju, 2006).

### Passzív optikai érzékelők

A passzív optikai érzékelők az általuk belátott területen bekövetkezett hőmérséklet-változást képesek észlelni, a megfelelő ideig tartó, kellően nagymértékű változást áthaladásnak tekintik, és tárolják.

A kisméretű eszközt a föld fölött kell elhelyezni, jellemzően az erdei út, vagy ösvény szélén úgy, hogy az út felé nézzen, arra merőlegesen. Beltéren alkalmaznak a vizsgált terület fölé szerelt érzékelőket is (Greene-Roesel et al., 2008). A maximális észlelési távolságuk nem haladja meg a 30 métert, de a környezettől függően ennél jóval kisebb is lehet (Gasvoda, 1999; Cessford és Muhar, 2003; Greene-Roesel et al., 2008). Az észlelési távolságot befolyásolja a környezeti hőmérséklet (Greene-Roesel et al., 2008), a fényviszonyok (Cessford és Muhar, 2003) az észlelendő objektum és a háttér hőmérséklet-különbsége, az objektum infravörös visszaverő képessége, mérete, valamint sebessége (Gasvoda, 1999), viszont az aktív változatokkal ellentétben ezek az eszközök párás, ködös időben is megfelelően működnek (Greene-Roesel et al., 2008). Az objektum és a háttér hőmérsékletének befolyásoló hatására jó példa a télen felöltözött gyalogos, akit a szigetelés miatt nem mindig észlelnek ezek a szenzorok (GreenSpace, 2005). A hiba fejmagasságba helyezett szenzorral kiküszöbölhető (GreenSpace, 2005), bár így az alacsonyabb embereket, pl. gyerekeket nem fogja észlelni az eszköz.

10.13147/SOE.2018.017



A passzív optikai érzékelők legfontosabb hibaforrása a lencsék piszkolódása, illetve eltakarása, amit rendszeres karbantartással lehet elkerülni (Cessford és Muhar, 2003; GreenSpace, 2005). Az optika láthatósága miatt fokozottan érzékeny a rongálásra (Cessford és Muhar, 2003), aminek a valószínűsége az elé szerelt drótháló val mérsékelhető (CVC, 2011). A csoportok létszámát ez a szenzor típus is alul becsli (Greene-Roesel et al., 2008; Kahler és Arnberger, 2008; Bergman és Cohen, 2016), amit a helyszínenként elvégzett kalibrációval jelentősen javítani lehet, mivel szisztematikus hibáról van szó, illetve megoldás lehet, ha a látogatókat egyesével lehet átengedni a számlálón (Kahler és Arnberger, 2008). További alulszámlálási problémát okozhatnak a gyors, viszonylag kis méretű úthasználók, mint például a kerékpárosok (Bergman és Cohen, 2016).

A szenzortípus legnagyobb erénye az egyszerű telepíthetőség, az olcsóság, az alacsony fogyasztás, illetve az elektronika csekély karbantartás igénye (Gasvoda, 1999; Cessford és Muhar, 2003; Greene-Roesel et al., 2008; Kahler és Arnberger, 2008).

Egy szenzor telepítésével csak az összesített látogatószám meghatározására van mód, két érzékelővel – amelyek egy műszerdobozban is elhelyezhetők – azonban a látogatók haladási iránya is megadható (Gasvoda, 1999; Greene-Roesel et al., 2008; Bergman és Cohen, 2016). Kereskedelmi forgalomban több, digitális kamerával egybeépített passzív infravörös szenzort találtam, amelyek elsősorban vadállatok megfigyelésére szolgálnak, de a látogatóforgalom becslésére is alkalmasak lehetnek (Nagy és László, 2014).

### Rádió sugaras érzékelők

Az aktív optikai érzékelők esőben, ködben mutatott téves számlálásainak kiküszöbölésére, valamint a rongálásból eredő hibák megelőzésére fejlesztették ki a rádió sugaras érzékelőket. Ezek az aktív optikai érzékelőkhöz hasonlóan az út két oldalán elhelyezett adóból és vevőből állnak, de fény helyett pulzáló rádióhullámmal működnek. Az érzékelő egység észleli a beérkező jel erősségében bekövetkező változást, amit pl. időtartam alapú szűrés után áthaladásként regisztrál. A kereskedelmi forgalomban kapható típusok 6-20 m távolságról működőképesek (Ahlström, 2005). Az eszközzel alapvetően csak a darabszámot lehet nagy biztonsággal megállapítani (Ahlström, 2005; GreenSpace, 2005), bár a nagyobb csoportok itt is gondot okoznak (GreenSpace, 2005). Bizonyos típusok képesek a kerékpárosok és a gyalogosok elkülönítésére két külön frekvencia használatával (P&B, 2012). Irányészlelés két eszköz egymás után helyezésével lehetséges. A rádióhullám vékony réteg fán és műanyagon könnyen áthatol, így az eszközök ilyen anyagú burkolat mögé helyezhető, ami a láthatóságát, és ezzel a rongálási valószínűséget csökkenti (GreenSpace, 2005). Az eső, hó és köd sokkal kisebb mértékben befolyásolja a rádióhullámokat, mint az optikai érzékelők fénysugarát, ezért nem kell túlszámlálásra számítani rossz időjáráskor sem (GreenSpace, 2005). Ezt a típusú érzékelőt a skóciai székhelyű Chambers Electronics cég fejlesztette ki 1992-ben, és azóta is az egyedüli forgalmazója (www.chambers-electronics.com). A cég számlálóit az irodalom alapján Észak-Európában használják nemzeti látogató-monitoring programokban.

### Mágneses érzékelők

A mágneses elven működő érzékelőknek két típusa terjedt el a forgalomszámlálásban, ezek az indukciós hurkok, és a magnetométerek.

Az indukciós hurkok a burkolatban, annak felszínéhez közel hurok alakban elhelyezett drótból, valamint a vezérlő és számláló elektronikából áll. A vezérlő egység gyenge váltakozó feszültséget tart fenn a hurokban, ami mágneses teret generál a drót körül. Az elektronikusan vezető anyagot – például vasat, alumíniumot – tartalmazó objektumok ezt a mágneses mezőt változtatják meg, ami mérhető, és a beállított határértéket meghaladó változást áthaladásként regisztrálja az eszköz (Nordback et al., 2011; Turner, Lasley és Pourteau, 2013; Bergman és Cohen, 2016). Az érzékenységet a hurok tekercselésének iránya, mérete és alakja (SRF, 2003), míg a mágneses térben bekövetkező változást az áthaladó objektum közelsége és vezető anyag

10.13147/SOE.2018.017



tartalma befolyásolja (Turner, Lasley és Pourteau, 2013). Az érzékelőt elterjedten alkalmazzák, hiszen egyszerű, viszonylag olcsó, karbantartást alig igényel, az időjárás nem befolyásolja, és rongálás ellen jól védett (Cessford és Muhar, 2003; Nordback et al., 2011). A szenzorok az idővel veszíthetnek az érzékenységükből, ezért időről-időre kalibrálni szükséges őket (Nordback et al., 2011). A különböző járműtípusok – személygépkocsi, kerékpár – elkülönítése vagy két különböző hurokkal (Turner, Lasley és Pourteau, 2013), vagy egy speciális hurokkal (Nordback et al., 2011) lehetséges. Az egymás mellett haladó járművek külön számlálására, illetve a haladási irány megállapítására több hurkot használnak (Nordback et al., 2011). Gyalogosok észlelésére ez a technika önmagában nem alkalmas (Gasvoda, 1999; Muhar, Arnberger és Brandenburg, 2002), viszont például optikai érzékelővel kiegészítve megoldható a vegyes forgalom számlálása, amennyiben csak néhány látogatótípusra kell számítani (Griffin et al., 2014).

A magnetométerek a Föld állandó mágneses terében fémes tárgy közelsége miatt bekövetkező változásokat érzékelik (Turner, Lasley és Pourteau, 2013). Kétféle típus különíthető el aszerint, hogy mozgó, vagy álló és mozgó járműveket egyaránt képes-e észlelni (Klein, Mills és Gibson, 2006). Egy kerékpárt átlagosan 1 méterről képes érzékelni egy ilyen eszköz (Turner, Lasley és Pourteau, 2013). A magnetométer elhelyezhető az út, vagy ösvény mellett (Cessford és Muhar, 2003; GreenSpace, 2005), illetve az út burkolatában is (Turner, Lasley és Pourteau, 2013). Ezt az eszközt főleg gépjárművek észlelésére szokás alkalmazni a közúti forgalomtechnikában, hiszen a gyalogosokat nem képesek detektálni, valamint a jármű típusok között sem tudnak különbséget tenni, viszont a járművek sebességét megfelelő elrendezés mellett meg tudják mérni (Muhar, Arnberger és Brandenburg, 2002; Cessford és Muhar, 2003; Klein, Mills és Gibson, 2006).

### Mikrohullámú érzékelők

Két típusú eszközt használnak forgalom megfigyelésre, amely mikrohullámú elektromágneses hullámok segítségével észleli az úthasználókat. Az első típus állandó frekvencián bocsátja ki a sugárzást, és a visszaverődő hullámok frekvencia változásából, a Doppler-elv szerint következtet az érzékelési tartományában elhaladó objektumra. A másik típus az úgynevezett folyamatos hullámú, frekvencia modulált radar, amely a sebesség mellett a távolságot is képes meghatározni, így mozdulatlan objektumok észlelésére is alkalmas (Xia és Arrowsmith, 2008). A rádióhullámok frekvenciáját és energiáját egészségügyi okokból nemzetközi szabványok korlátozzák (Klein, Mills és Gibson, 2006).

A radarokat vagy a vizsgált út fölé, előre-lefelé néző helyzetben, vagy az út mellé, oldalra tekintő helyzetben szokás telepíteni. Az előre néző változat általában pontosabb számlálást tesz lehetővé (Klein, Mills és Gibson, 2006). A rádióhullámok vékony műanyag, vagy fa rétegen áthatolnak, így az eszköz könnyen elrejthető (Kuutti, 2012). További előny, hogy az időjárásra a forgalomszámlálásnál igénybe vett hatótávolságon belül nem érzékeny (Klein, Mills és Gibson, 2006; Xia és Arrowsmith, 2008). A csoportok létszámát ez az eszköz is alulbecsli (Cessford és Muhar, 2003), amin az elhelyezés, és a jövőbeni fejlesztések segíthetnek (Klein, Mills és Gibson, 2006). A mikrohullámú érzékelők fogyasztása a magasabbak között van (Cessford és Muhar, 2003).

A radar elven működő érzékelők segítségével megállapítható az áthaladt forgalom nagysága, a haladási irány, a sebesség, illetve a modern feldolgozó algoritmussal felvértezett, megfelelően telepített rendszerek az úthasználók osztályozását is el tudják végezni (Klein, Mills és Gibson, 2006; Nordback et al., 2011), azzal a kitétellel, hogy gyalogosok észlelésére még nem áll rendelkezésre kiforrott eljárás (Cessford és Muhar, 2003; Kuutti, 2012). Erdei körülmények között Iten és Siegrist (2006) próbálta meg alkalmazni ezt a típusú automata forgalomszámlálót, de a tagolt terep, és egyéb technikai problémák miatt nem kaptak értékelhető eredményt.

10.13147/SOE.2018.017



### Ultrahangos érzékelők

Az ultrahangos érzékelők hasonlóan működnek, mint a mikrohullámú érzékelők, de elektromágneses hullám helyett 25-65 kHz frekvenciájú hanghullámot bocsátanak ki, és a visszavert hullámokból az egyszerűbb eszközök távolságot, a modernebbek távolságot és sebességet tudnak mérni. A mért távolság változásából következtetnek az áthaladásra (Klein, Mills és Gibson, 2006; Xia és Arrowsmith, 2008). Létezik átmenő sugaras változat is, amely a jel gyengüléséből következtet a látogató jelenlétére (Kajala et al., 2007). Az eszközöket a kis méretük, az olcsóságuk és a könnyű telepítésük teszi népszerűvé a forgalomtechnikában (Klein, Mills és Gibson, 2006; Xia és Arrowsmith, 2008), bár a léghőmérséklet, az erős légáramlás és a magas páratartalom jelentősen befolyásolhatja az észlelési pontosságot (Klein, Mills és Gibson, 2006; Kajala et al., 2007; Xia és Arrowsmith, 2008). A hőmérséklet különösen 0°C alatt van rossz hatással ezekre az eszközökre (Kajala et al., 2007), de léteznek már ezt a hatást kivédő elektronikai megoldások (Klein, Mills és Gibson, 2006). Két sugár használatával az úthasználók sebessége és haladási iránya megállapítható (Klein, Mills és Gibson, 2006; Kuutti, 2012). A látogatók típusának megállapítására nem alkalmasak ezek az eszközök.

### Lézerszkenner

A lézerszkennerek infravörös lézersugárral pásztázzák végig a környezetüket, és megadott pozíciókban regisztrálják a mért távolságot, így képesek a műszer által látott felületeket akár négyzetcentiméterenként egy 3 dimenziós ponttal felmérni (Kuutti, 2012). A forgalomtechnikában általában egy síkban dolgozó szkennereket alkalmaznak, de a feldolgozási kapacitás növekedésével a 3D-s szkennerek is megjelentek (Klein, Mills és Gibson, 2006). A gépi tanulást alkalmazó algoritmusok fejlődésével a szkennelt 3D ponthalmaz alapján egyre nagyobb biztonsággal megállapítható az úthasználó típusa, haladási iránya (Kuutti, 2012). Az út fölé telepített szkennerek biztosítják a legnagyobb pontosságot, de az egymáshoz közel haladó látogatók elkülönítésében adódhatnak hibák (Bauer et al., 2009). A technológia pontosságát az időjárás jelentősen befolyásolhatja (Greene-Roesel et al., 2008). Ezek az eszközök jelenleg nagyon drágák (Greene-Roesel et al., 2008; Kuutti, 2012), ezért erdei körülmények között még nem alkalmazzák őket.

## 1.3. Forgalomszámláló eszköz fejlesztése

Az irodalmat áttekintve (1.1. táblázat) megállapítható, hogy bár nem lehet egy számlálási feladat típushoz egyféle számláló eszközt hozzárendelni, de az eszközök köre leszűkíthető néhány megoldásra. A számlálási stratégia kiválasztásának két legfontosabb szempontja az eszköztől elvárt kimenet meghatározása, valamint a forgalomszámlálás tervezett helye. A két szempont alapján leszűkített eszköz-körből a technológiai, valamint az anyagi lehetőségek alapján lehet kiválasztani az adott feladatra legalkalmasabb forgalomszámláló eszközt.

### Elvárt kimenet

A fejezet elején megfogalmazottaknak megfelelően a forgalomszámlálónak alkalmasnak kell lennie egy út kiválasztott szelvényén áthaladó úthasználók érzékelésére, valamint olyan adataik rögzítésére, amelyek alapján megállapítható az áthaladás időpontja, az áthaladók száma és típusa, haladási iránya, és tevékenysége (pl. rekreáció, erdőgazdálkodás).

### Mintaterület

A forgalomszámláló eszköz kifejlesztéséhez egy olyan erdészeti utat kellett kiválasztanom, amelyen az erdőgazdálkodással kapcsolatos forgalom mellett jelentős egyéb forgalom is áthalad, valamint nagyszámú úthasználó megjelenése várható. A változatos forgalom volt hivatott biztosítani azt, hogy a kész eszköz általánosan is jól alkalmazható legyen. A közjóléti fejlesztésekben,

10.13147/SOE.2018.017



| | | |
|---|---|---|
| Számláló személyek | A kívánt helyszínen forgalomszámlálást végző személyek | |
| | Előnyök | Pontos, rugalmas, mobilis, leíró jellegű adatok rögzíthetők, alkalmas lehet folyamatos mérésre állandó személyzettel rendelkező helyeken. Kalibrálási célra. |
| | Hátrányok | Időigényes, saját személyzettel nehezen megvalósítható, gyakran ad-hoc jellegű, távol eső helyeken nem alkalmazható. |
| Kamerás rögzítés | A felvételek a helyszínen készülnek, a kiértékelés utólag | |
| | Előnyök | Pontos, rugalmas, mobilis, lehetőséget ad a látogatók típusának meghatározására, az eszközök a biztonsági rendszerekkel foglalkozó cégektől beszerezhetők, hosszú és folyamatos működési időtartam, mozgásérzékelővel összeköthető |
| | Hátrányok | Könnyen észrevehető, viszonylag sérülékeny eszközök, a kiértékelés időigényes, jelentős áramfelvétel, etikai problémák merülhetnek fel |
| Távérzékelés | Légifelvételek kiértékelése | |
| | Előnyök | Nagy területet fed le, rendszeresen ismételhető, egyéb monitoring feladatokkal összekapcsolható |
| | Hátrányok | Csak nyílt területen, időjárástól függ, egy időpillanatot rögzít, hosszú távon nagyon költséges |
| Mechanikus | Fizikai elmozdulást számláló eszközök (pl. forgókapu) | |
| | Előnyök | Egyszerűen és olcsón telepíthető. ill. karbantartható |
| | Hátrányok | Gépjárművekre nem alkalmazható (véleményem szerint megoldható), az áthaladást korlátozó berendezések építése szükséges, könnyen észrevehető |
| Nyomásérzékelők | Közvetlen nyomásra (pl. rálépés) számláló eszközök | |
| | Előnyök | Széles választék, nem túl drága, alacsony fogyasztás, állítható érzékenység, időjárásálló, könnyen elrejthető |
| | Hátrányok | Nagyon pontos kalibrálást igényel, ami idővel elállítódhat, az út burkolatába kell beépíteni |
| Szeizmikus érzékelők | Az út burkolatába épített érzékelők, melyek az út felületén keletkezett vibrációt fogják fel | |
| | Előnyök | Alacsony fogyasztás, időjárásálló, könnyen elrejthető |
| | Hátrányok | Mérési hely specifikus kalibrálást igényel, ami az időjárás függvényében változhat, az út burkolatába kell beépíteni |
| Aktív optikai érzékelők | A látogatók által megszakított fénysugár váltja ki az észlelést | |
| | Előnyök | Kicsi, könnyű, olcsó, pontos, időjárástól független, nagy érzékelési távolság |
| | Hátrányok | Pontos beállítást igényel, nehezen álcázható, szennyeződésre, takarásra érzékeny, viszonylag nagy áramfelvétel |
| Passzív optikai érzékelők | Az érzékelő által látott infravörös képben bekövetkező változás váltja ki az észlelést | |
| | Előnyök | Kicsi, könnyű, olcsó, pontos, kis fogyasztás |
| | Hátrányok | Kis érzékelési távolság, fényviszonyok változására, letakarásra, szennyeződésre érzékeny |
| Rádió sugaras | A látogatók által megszakított rádiónyaláb váltja ki az észlelést | |
| | Előnyök | Nagy hatótáv, eső, hó, köd nem befolyásolja, elrejthető, haladási irány megállapítható, nem fogyaszt többet, mint az optikai érzékelők |
| | Hátrányok | Csoportok létszámát alulbecsli, látogató típusok nem elkülöníthetők, egy gyártó |
| Mágneses érzékelők | Az elhaladó fémes tárgy változást okoz a mágneses mezőben | |
| | Előnyök | Kicsi, könnyű, olcsó, a burkolatba épített változatok könnyen rejthetők, védhetők, járműtípusok elkülönítésére alkalmas lehet |
| | Hátrányok | Csak járművekre alkalmazható, bizonyos típusok a burkolat megbontását igénylik |
| Radar | A visszavert rádióhullámok változását érzékeli | |
| | Előnyök | Kicsi, nem túl drága, látogató típusok elkülönítésére alkalmas lehet, irányérzékelésre alkalmas |
| | Hátrányok | Erdei körülmények között nem kipróbált, a jó eredmény érdekében az út fölé kell szerelni, csoportok létszámát alulbecsli, magas fogyasztás |
| Ultrahang | A visszaverődő, illetve detektált ultrahang változását észleli | |
| | Előnyök | Kis méret, olcsó, könnyű telepíteni, sebesség és haladási irány megállapítható |
| | Hátrányok | Hőmérséklet, légmozgás, páratartalom befolyásolja, látogató típus nem megállapítható |
| Lézerszkenner | Másodpercenként sok pont 3D koordinátáinak meghatározása lézer-távméréssel | |
| | Előnyök | Nagy belátott terület, könnyen telepíthető, pontos felületmodell, fejlődő feldolgozó algoritmusok, látogató típusok elkülöníthetők |
| | Hátrányok | Nagyon drága, az út fölé kell telepíteni, eső, por befolyásolhatja, vandalizmusnak kitett, magas fogyasztás |

1.1. táblázat. A terepi forgalomszámlálás lehetséges módjai Cessford és Muhar (2003) nyomán, kiegészítve és átalakítva az azóta megjelent kutatások alapján

10.13147/SOE.2018.017



valamint a látogatottság mérésében a legérdekeltebb erdőgazdaságnak Magyarországon a Pilisi Parkerdő Zrt.-t tartottam, ezért ezt a céget kerestem fel a kutatás ötletével. Mivel nyitottak voltak az együttműködésre, a Műszaki Osztállyal közösen kiválasztottuk a mérési helyet. Olyan utat kerestünk, amely a fent említett forgalmi elvárásoknak megfelelt, és emellett könnyen megközelíthető volt, valamint biztosítható volt a leendő eszköz felügyelete és a hálózati áramellátása. Ezekkel a feltételekkel az általános használhatóság követelményéből engedtem a fejlesztés egyszerűsítése érdekében. Az eddigi kritériumoknak eleget tevő utak közül azokat részesítettem előnyben, amelyek egy jól körülhatárolható, kisméretű hálózat tagjai voltak, ezzel a kutatás hálózatra kiterjesztését kívántam megkönnyíteni.

A kutatás feltételeinek, valamint a Parkerdő igényeinek a Dunakanyarban, Visegrád községhatárban található Apátkúti út felelt meg leginkább, ezért a mérőhelyet ezen az úton jelöltük ki (1.1. ábra). Visegrád Budapest, Újpest Városkapu metrómegállótól közúton nagyjából 40 kilométerre helyezkedik el, ami gépkocsival 50 perc, helyközi buszjárattal 1 óra 20 perc utazással elérhető. A Dunakanyar turizmusa c. mű (Hitesy Bartucz & Hollai kft., 2002) szerint Visegrád legnagyobb vonzereje a Királyi palota, a Fellegvár, a Mogyoró-hegyen található szabadidő központ, a Palotajátékok, valamint az erdei kirándulási lehetőségek, amelyek évente összesen százezres nagyságrendű látogatót vonzanak. A látogatók több, mint 60%-a egy napot tölt el a területen, illetve sok budapestinek van itt nyaralója (Szilágyi, 2004). Fontosnak tartom ezeken kívül megemlíteni, hogy a városon halad keresztül az EuroVelo 6. kerékpáros útvonal, ami az idelátogató kerékpárosok számát növelheti. Az erdei kirándulás kiemelt szerepe, valamint az idelátogatók magas száma miatt feltételezhető volt, hogy a városközponttól mindössze 2 kilométerre induló erdészeti út forgalma is kellően magas lesz. A Pilis-Visegrádi erdőtervezési körzet közjóléti fejlesztési terve c. tanulmány (Kalincsák, 2012) is alátámasztja ezt a feltételezést, hiszen Visegrádot a leglátogatottabb területnek ítéli meg a körzeten belül, az Apátkúti völgyet pedig a Mogyoró-hegy mellett a látnivalókkal és közjóléti létesítményekkel leginkább ellátott résznek. A tanulmány az Apátkúti-völgy befogadóképességét 150-200 főben határozza meg, a látnivalók közül a Kaán-forrás és a Pap-rét 20-20, A Telgárthy-rét 50, míg a Füvészkert 100 fő befogadására alkalmas. A völgyben elszórtan található még ülőgarnitúra, információs tábla, valamint a völgyön való átkelést lehetővé tevő gyalogos híd, amelyek állapota megfelelő. A Kaán-forrást a Dunakanyar legjobb vizű forrásának tartják, így látogatottsága igen magas. A forrás vizét a környékbeliek személyautóval nagy mennyiségben hordják ivóvízként.

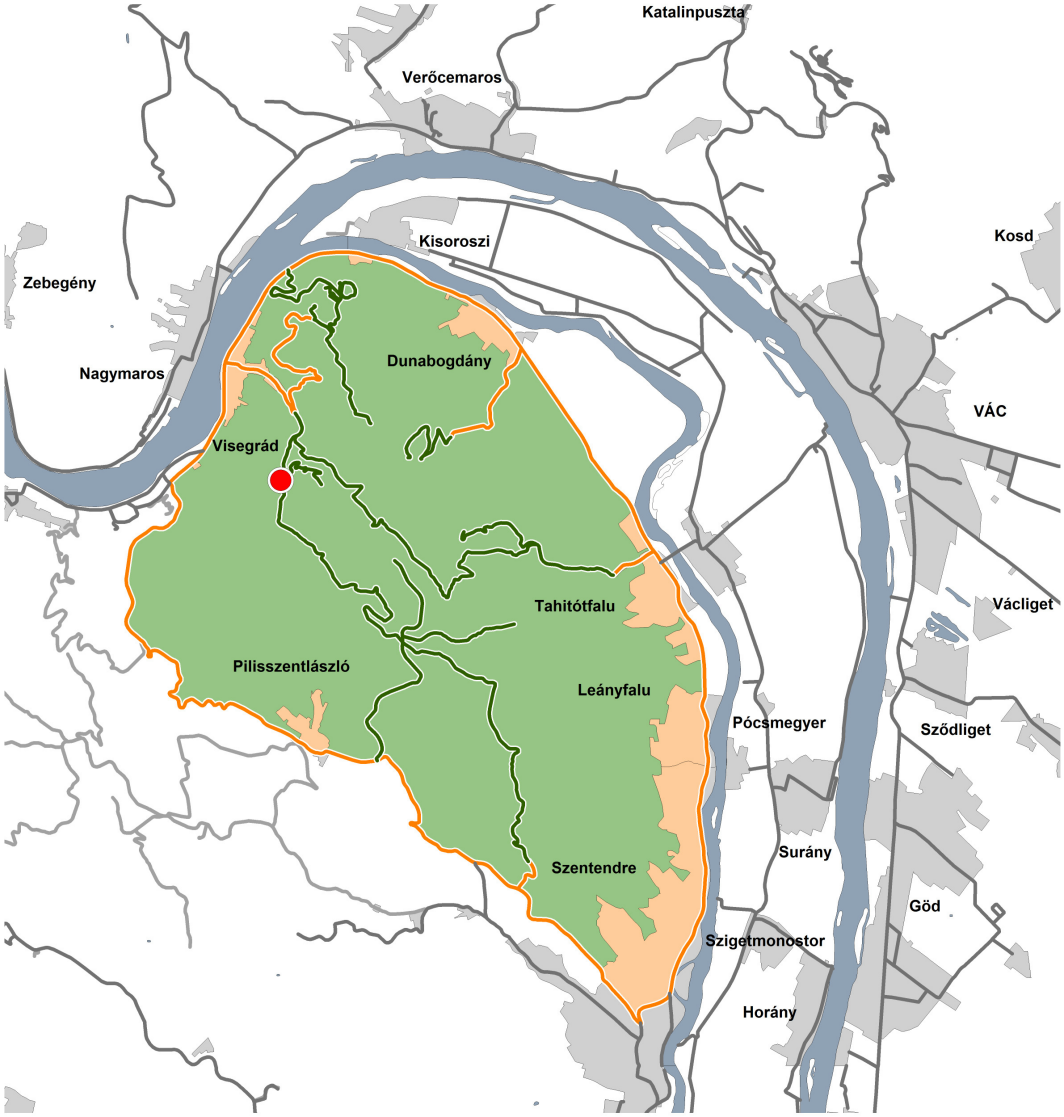
A Visegrádi hegység éghajlatára a 9,3°C átlagos évi középhőmérséklet, valamint 593 mm átlagos évi csapadékösszeg jellemző. A nyári abszolút maximum hőmérsékletek sokéves átlaga 31°C, míg a téli minimumok átlaga -16°C. Átlagosan évente 180 napon lehet fagyra számítani, a hótakarós napok száma 30-40 nap között mozog (Halász, 2006; Dövényi, 2010).

Az Apátkúti út a Visegrádról a Fellegvárba vezető közútból indul ki és az Apátkúti-völgyben haladva 7,3 km után a Pap-rétre ér föl, ahol a Visegrádi-hegység keleti részének főfeltáró útjainak találkozásában található egy erdei pihenő és egy 10 fő befogadóképességű vadászház. Burkolata aszfalt, burkolatszélessége 6 m, átlagos emelkedése 5,2%, a vadászházig 4,2%.

Az út elejétől 550 méterre található az Ördögmalom-vízesés, 1 km-re a Bertényi Miklós Füvészkert, a népszerű Telgárthy-rét pihenőhely, autós parkoló, valamint az Ördögmalom erdei étterem, 1,5 kilométerre az Apátkúti vadászház, illetve két pisztrángos tó, 2,7 kilométerre pedig a Kaán-forrás. A Telgárthy-réteig engedély nélkül, a Kaán-forrásig külön engedéllyel személygépkocsival is használható (Kalincsák, 2012), ezen túl sorompó zárja le az utat a közforgalom elől. Az úton halad a Visegrádot Pilisszentlászlón keresztül Leányfaluval összekötő Piros sáv jelzés, az Országos Kerékpáros Kéktúra Visegrádot Budapesttel összekötő szakasza, valamint a Gyöngyök útja nevű zarándokút is. Az Apátkúti út a Pilisi Parkerdő Zrt. tulajdonában van, és ez a cég Visegrádi erdészetének egyik főfeltáró útja, amin keresztül személygépkocsival a leggyorsabban elérhető az erdőterület. Az útra közvetlenül 383 ha erdőterület faanyaga gravitál. Az Apátkúti vadászház a vadászvendégeken (14 fő) kívül nyitva áll a turisták számára is, valamint rendezvények szervezésére is alkalmas (kb. 30 fő). A vadászház közelében található egy szolgá-

10.13147/SOE.2018.017






1.1. ábra. Mérőhely az Apátkúti úton

10.13147/SOE.2018.017



lati ház is, amely a mintaterület kijelölésének időpontjában lakott volt, illetve két pisztrángos tó, ahol horgászati és halvásárlási lehetőség van. Az erdészházba és a vadászházba bevezették a villanyt, viszont a telefon és internet hozzáférést nem építették ki, valamint a mobilhálózatok is csak korlátozottan, vagy egyáltalán nem elérhetők.

A kutatás célja az erdőbe irányuló forgalom vizsgálata volt, emiatt a mérőhelyet úgy kellett kiválasztanom az Apátkúti úton, hogy a tömegturizmus hatásai ne torzítsák az eredményeimet. A Parkerdő munkatársaival egyeztetve úgy határoztam, hogy a mérőhelyet az Apátkúti erdészház mellett fogom kialakítani, hiszen ez már az étterem-füvészkert-pihenőrét komplexumon túl helyezkedik el, és így az erdő belsőbb részibe irányuló forgalom megjelenése volt várható. A hely további előnye, hogy 20 méteren belül hálózati áramforrás található, valamint a lakott erdészháznak köszönhetően az eszköz felügyelete biztosított volt. Hátránya, hogy az internetelérés nem látszott megvalósíthatónak, valamint, hogy az út e szakaszát a fakitermelési időszakban rakodóként szokták használni, ami egyrészt veszélyezteti a kihelyezendő eszköz épségét, másrészt a rakodón mozgó járművek várhatóan sok olyan áthaladást generálnak, amelyek nem lesznek az egész útra vetíthetők. A mérés helyéül a bemutatott szempontok alapján az Apátkúti út 14+25,00 hm szelvényét jelöltem ki.

A forgalomszámláló eszköz kialakítását a mérési hely a következőképp befolyásolta:

- A vegyes összetételű forgalom miatt olyan eszközre van szükség, aminek mérései alapján az úthasználó csoportok elkülöníthetők,
- A várható nagy forgalom, valamint a rakodón mozgó erdészeti gépek miatt strapabíró, nehezen elérhető, vagy rejtett kivitel volt kívánatos,
- A sokévi átlagos hőmérsékleti adatok ismeretében tág tartományban működő eszközre volt szükség,
- Az aszfalt burkolatnak köszönhetően arra lehetett számítani, hogy az úthasználók túlnyomó többsége a burkolaton fog haladni,
- A megfigyelést a 6 méteres burkolatot teljes szélességében szükséges elvégezni,
- Az aszfalt burkolat megbontásához a Parkerdő nem járult hozzá,
- A hálózati áram közelsége miatt az eszköz fogyasztását nem volt szükséges optimalizálni, a tápellátást megoldottnak tekinthettem,
- Az internetkapcsolat hiánya nem tette lehetővé a távoli felügyeletet, illetve adatletöltést

### Egyéb szempontok

Az elvárt kimenet, valamint a mintaterület kiválasztása nagymértékben meghatározza, hogy milyen eszközzel érdemes a forgalomszámlálási feladat elvégzése. A kutatásom körülményei további szempontokat fogalmaztak meg az eszközzel kapcsolatban. A fejlesztést a Pilisi Parkerdő Zrt. egy kísérleti eszköz nagyobb értékű alkatrészei anyagköltségének, valamint a telepítés költségének részleges átvállalásával támogatni tudta. Az egyetem a doktori kutatási keretből egyszeri kisebb összeget, valamint néhány alkalommal az utazás finanszírozását tudta biztosítani. Emiatt a fejlesztést költséghatékonyan kellett végezni, és már az eszköz első változatának adatokat kellett szolgáltatnia. Az eszköz megvalósíthatóságának további korláta volt a Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézetben rendelkezésre álló eszközfejlesztési tudás, valamint a saját informatikai és elektronikai ismereteim. Annak érdekében, hogy a munka minél nagyobb részét önállóan végezhessem, az egyszerű, jól dokumentált, könnyen elsajátítható, szabadon hozzáférhető megoldások alkalmazására kellett törekednem.

10.13147/SOE.2018.017



### Koncepció

Az elvárt minimális kimenetek – úthasználók darabszáma, csoportosítása, haladási iránya, időbélyeg – automatikus teljesítésére az irodalom alapján a kamerás rögzítő berendezések, valamint a radar elven működő eszközök lehetnek alkalmasak (Cessford és Muhar, 2003). Ezen kívül különböző szenzorok kombinációjával lehet olyan rendszert felépíteni, ami képes az elvárt kimenetet szolgáltatni (Bergman és Cohen, 2016; Turner, Lasley és Pourteau, 2013).

Mikrohullámú érzékelőt kevés vizsgálatban alkalmaztak (SRF, 2003; Iten és Siegrist, 2006), így ezt a megoldást a kevés rendelkezésre álló tapasztalat miatt elvetettem.

Több szenzorból álló rendszerek a hozzájuk tartozó kiértékelő szoftverrel készen kaphatók több gyártó kínálatában is, illetve ezeket elterjedten használják természeti területek látogatószámbecslésére. A megoldások széles skáláját látva úgy véltem, hogy ezen a területen nincs szükség újfajta eszköz kidolgozására.

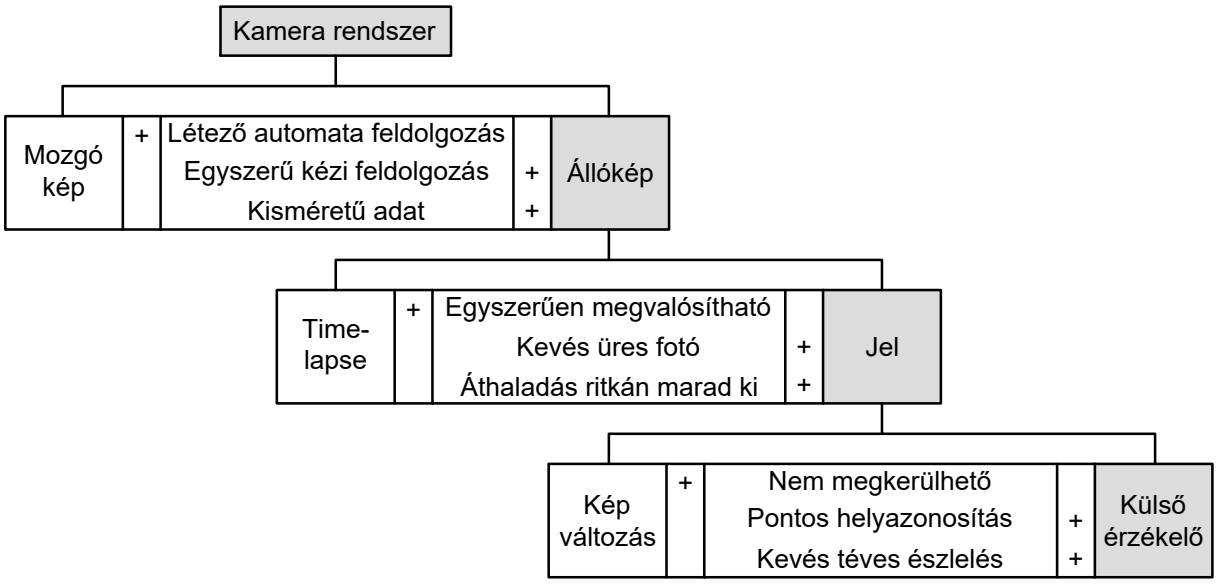
A számlálási megoldások közül a legpontosabb adatokat a kamerás rendszerek szolgáltatják (Ross, 2005; Arnberger, Haider és Brandenburg, 2005), mivel a rögzített képekről a nagyobb csoportok tagjai is jól elkülöníthetők, illetve az úthasználók tulajdonságai is könnyebben meghatározhatók, mint az etalonnak tartott terepi számlálással. A kamerás rögzítésen alapuló rendszerek terén igény mutatkozott az innovációra, hiszen erdei látogatószámlálásra alkalmas eszköz a kutatásom megkezdésekor nem volt kereskedelmi forgalomban, valamint a kutatási célra használt rendszerek mozgó-, illetve állóképeit minden esetben kiértékelő személyek dolgozták fel (Yuan, Maiorano és Yuan, 1995; Brandenburg és Ploner, 2002; Janowsky és Becker, 2003; Arnberger, Haider és Brandenburg, 2005; Campbell, 2006; Arnberger és Eder, 2007; Duke és Quinn, 2008), az általános célú képfelismerő algoritmusok még nem terjedtek el szélesebb körben. Viszont már Arnberger, Haider és Brandenburg (2005) is megállapították, hogy a gépi látás szakterületének fejlődésével az automatikus képfelismerés egyre könnyebben megvalósíthatóvá válik, miáltal a kamerás rendszerek már nem csak kalibrációra és kutatásra lesznek alkalmasak, hanem a hosszútávú forgalomszámlálásban is szerepet kaphatnak. A fototechnikai termékek – és így a digitális kamerák – ára 1997 óta az USA-ban az akkori árszint felére csökkent (www.businessinsider.com/historical-price-trends-for-tech-products-2015-10), ami jól mutatja, hogy a régebbi publikációkban drágának tekintett kamerás rendszerek költsége is egyre alacsonyabb lett. A fejlesztési igény, a pontos adatszolgáltatás és a megfizethető árszint miatt úgy döntöttem, hogy egy digitális kamera alapú forgalomszámláló rendszert fogok összeállítani a kutatás adatigényének kielégítésére, valamint annak bizonyítására, hogy egy ilyen rendszerrel hosszútávú, kis élőmunka igényű látogató monitoring is megvalósítható.

A tervezett forgalomszámláló eszköz központi eleme tehát egy digitális kamera volt. Erre építve kellett kidolgoznom a feltételek teljesítésére képes számláló eszköz átfogó koncepcióját (1.2. ábra). El kellett döntenem, hogy állóképet, vagy mozgóképet rögzítsek-e a kamerával. A mozgókép mellett szólt, hogy a feldolgozására jóval több, és régebb óta ismert eljárás létezett. A hátránya pedig az volt, hogy amennyiben emberi erővel kell feldolgozni, akkor jóval időigényesebb, és fárasztóbb, mint az állóképeké. A másik hátránya a tárolandó fájl mérete, ami többszöröse az állóképek méretének. Ez abban az esetben is probléma, ha az adatletöltést gyenge, és/vagy drága internetkapcsolaton keresztül kell megvalósítani, ami erdei körülmények között gyakori. Az állóképek előnye a kis méret és az egyszerű kézi feldolgozás. Hátránya, hogy a képek feldolgozására általánosan elterjedt automatizálási módszer nem volt elérhető, viszont léteztek olyan megoldások, amelyeket a kutatások, illetve alkalmazások alapján a saját feladatomra adaptálhatónak ítéltem. Úgy gondoltam, hogy mind a tudományos közösséget, mind a gyakorlati felhasználókat nagymértékben segítené, ha be tudnám bizonyítani, hogy szabadon hozzáférhető, könnyen alkalmazható eszközökkel az állóképek jó arányban kiértékelhetők, hiszen így az állóképet készítő kamerás rendszerek előnyeit kihasználva egy egyszerű, pontos és könnyen ellenőrizhető forgalomszámláló módszert tudnék kidolgozni. Ezért az állóképek készítése mellett döntöttem.

A felvételkészítés történhet folyamatosan, time-lapse rendszerben, valamint külső, vagy be-

10.13147/SOE.2018.017






1.2. ábra. A számlálási koncepció kiválasztása

épített mozgásérzékelő hatására. A folyamatos rögzítés előnye, hogy egyszerűen megvalósítható, viszont a kiértékelés a sok üres kép miatt nagyon lassú lenne, illetve a túl ritka képkészítés miatt bizonyos úthasználókat nem számolna meg a rendszer. Jobb eredmény érhető el valamilyen mozgásszenzor használatával, hiszen így csak akkor készül fotó, ha valami ténylegesen van a kamera látóterében. Itt az jelenthet problémát, ha nem úthasználó, hanem például hulló falevelek, vadállatok hozzák működésbe a rendszert. A mozgásérzékelésre két megoldás terjedt el: az egyik a kamera képének változásából következtet a mozgásra, a másik pedig külső szenzort alkalmaz. A kép alapú mozgásérzékelés azért jó, mert nem igényel plusz eszközt, viszont a látótérben észlelt minden mozgást jelez, így nem csak az úthasználókat. További hiba forrása lehet a képváltozás értékelése, hiszen akár a fényviszonyokban bekövetkező változás is mozgást jelezhet. Külső szenzor alkalmazásakor a szenzor tulajdonságai határozzák meg, hogy milyen arányban jelzi helyesen az úthasználók áthaladását. Előnyük, hogy az érzékelés helye pontosan meghatározható, illetve bizonyos típusoknál a szenzor adatai is felhasználhatók az úthasználók egyes jellemzőinek megállapítására. Hátrányuk, hogy típustól függően előfordulhat, hogy az úthasználók kikerülik őket. A két lehetőség közül a külső szenzoros megoldást éreztem biztosabbnak, ezért ezt választottam.

Összefoglalva tehát a szóba jöhető lehetőségek vizsgálata alapján egy olyan forgalomszámláló rendszer kialakítását tűztem ki célul, amely egy külső szenzor segítségével érzékeli, ha a vizsgálati szelvényen áthalad valami, és az áthaladásról egy digitális kamera segítségével digitális állóképet tárol el. A továbbiakban bemutatom az eszközfejlesztés menetét, az ebből levonható tanulságokat, valamint az elkészült eszközt. A képek feldolgozásával, és a forgalmi adatok előállításával a 2. fejezetben foglalkozom részletesen.

### Rendszerterv

A forgalomszámlálási koncepció kidolgozása után meg kellett terveznem, és meg kellett valósítanom a forgalomszámláló eszközt. A fejlesztést úgy terveztem, hogy első lépésben elkészítek egy prototípust, amit a mintaterületen szerzett tapasztalatok alapján módosítok, majd egy év próbaüzem után a felmerült kisebb hibákat kijavítva elkészül a végleges változat.

A prototípus előállításához először a koncepció alapján el kellett készíteni a rendszertervet, amely a rendszer működéséhez szükséges minden elemet, és azok lényeges tulajdonságait tartalmazza, de még konkrét típusokat nem. Ez a terv azért kiemelten fontos, mert az elvárt tulajdonságok ismeretében lehet kiválasztani a piacon kapható termékek közül a legalkalmasabbat,

10.13147/SOE.2018.017



valamint a későbbiekben ez alapján történhet az egyes alkatrészek kiváltása újabb termékkel. Az átláthatóság kedvéért ebben a részben a fő elemek kiválasztásának szempontjait és az eszköz prototípusának megépítéséhez felhasznált típusokat közvetlenül egymás után mutatom be.

### Kamera

A rendszer megtervezését a kamerával, mint „vezérgéppel" kezdtem. A kamerának alkalmasnak kellett lennie olyan állókép készítésére, amelyen az úthasználók jól láthatók, haladási irányuk megállapítható. Ezt a tulajdonságot a kamera felbontása és elhelyezése határozza meg.

Az eszközt a mérési szelvénytől minimum 10 méterre kell elhelyezni annak érdekében, hogy az út a teljes szélességében látszódjon a felvételeken, illetve a gyorsan haladó járművek se hagyják el a képet. Emellett érdemes 4 m magasra tenni, hiszen Arnberger, Haider és Brandenburg (2005) bebizonyították, hogy ilyen elhelyezés mellett a legjobb a feldolgozhatóság, illetve ilyen magasságban már az úthasználók sem érhetik el.

Elméletileg minél nagyobb a felbontás, annál nagyobb az esély arra, hogy ezek a feltételek teljesülnek. A felbontás növekedésével azonban a személyek azonosíthatósága is javul, ami esetlegesen személyiségi jogi aggályokat vethet fel. Ezért azt a legnagyobb felbontást kellett megtalálnom, amin még nagy valószínűséggel nem felismerhető módon látszanak az úthasználók. Mintaképek készítésével megállapítottam, hogy 10-15 m távolságból az 1 megapixel felbontás mellett készült fotók megfeleltek a megfogalmazott elvárásoknak.

A mérési helyen várható nagy forgalom miatt azt feltételeztem, hogy vandálbiztos kivitelű kamerára lesz szükség. A Parkerdő munkatársai azonban úgy ítélték meg a korábbi tapasztalataik alapján, hogy nem szükséges a megerősített kivitel. A kamerát a szabadban terveztem elhelyezni, emiatt az időjárásálló kialakítás mindenképpen elvárás volt. Az elemekkel szembeni ellenállást az IP minősítési rendszerben kellett megállapítanom. Ez a rendszer két számmal fejezi ki az elektronikai eszközök áramköreinek környezeti hatásokkal szembeni védettségét. Az első szám a szilárd testekkel szembeni, a második a folyadékokkal szembeni ellenállásra vonatkozik. A számok jelentését az 1.2. táblázat foglalja össze. A táblázat adatai alapján az IP65 minősítést határoztam meg elvárásként, ami teljes porvédelmet, és bármilyen irányú gyenge vízsugárral szembeni védelmet jelent. Ez utóbbival láttam biztosíthatónak azt, hogy heves esőzéskor se kerüljön víz a készülékbe.

Az elektronikai eszközöknek behatárolt a hőmérsékleti működési tartománya, ezért a választott eszköznek üzemképesnek kell lennie a mérőhelyen várható hőmérsékleti tartományon. A maximum hőmérsékletek sokéves átlaga 32°C, a minimum hőmérsékleteké -16°C, ennek megfelelően az eszköz működési tartományát -20°C és +35°C között határoztam meg.

A kamera tápellátását a mérőhelyen hálózati áramról tudtam megoldani, viszont a céljaim között szerepelt a hálózattól független működés lehetőségének vizsgálata, ezért a hálózati váltakozó áram mellett a leginkább elterjedt 12V egyenfeszültségű táplálásra is képesnek kellett lennie.

Az eszközt folyamatos mérésre terveztem, ezért az éjszakai üzem biztosítására valamilyen éjjellátó megoldás megléte volt szükséges.

A koncepció szerint az úthasználókat egy szenzor érzékeli, és az észleléskor a kamera állóképet készít. E működés megvalósításához a kamerának rendelkeznie kellett egy olyan bemenettel, amin keresztül a képkészítés kiváltható.

Az elkészült képeket a kamerának tudnia kellett tárolni, illetve a helyszíni és távoli letöltést támogatnia kellett. A távoli letöltés ugyan a mérőhelyen internet elérés hiányában nem volt megvalósítható, viszont más helyekre való telepítéskor nagy előnyt jelentene a funkció megléte.

A kritériumok ismeretében a kültéri, internet protokollt használó, úgynevezett IP (nem azonos a védettségi szint jelzésével) biztonsági kamerákat találtam a legalkalmasabbnak a feladatra. Ezek közös jellemzője az időjárásálló kivitel, valamint az internetre csatlakoztathatóság. Ez azt jelenti, hogy a kamera LAN (Local Area Network) hálózatra, illetve közvetlenül az internetre

10.13147/SOE.2018.017



| **Szint** | **Milyen méretű objektummal szemben védett** | **Milyen folyadék formával szemben védett** |
|---|---|---|
| 0 | Nem védett | Nem védett |
| 1 | > 50 mm | Függőlegesen cseppenő víz |
| 2 | > 12,5 mm | 15°-ban döntött eszközre cseppenő víz |
| 3 | > 2,5 mm | Permetező víz |
| 4 | > 1 mm | Fröccsenő víz |
| 5 | Porvédett | Vízsugár |
| 6 | Pormentes | Erős vízsugár |
| 7 | – | 1 m vízbe merítés |
| 8 | – | 1 méternél mélyebbre merítés |
| 9K | – | Erős, forró vízsugár |

1.2. táblázat. Az IP minősítési rendszer kódjainak jelentése. Forrás: wikipedia.com

| **Tulajdonság** | **Érték** |
|---|---|
| Max. felbontás | 1 MP |
| Tápellátás | 12 V DC |
| Fogyasztás | 350 mA |
| Védettség | IP66 |
| Éjjellátó | Infra LED 15 m |
| | Táp |
| Csatlakozók | Ethernet |
| | Riasztó bemenet |
| Belső tárhely | SD kártya |
| Működési hőmérséklet | -20 – +50 °C |

1.3. táblázat. A Vivotek IP 8332 tulajdonságai

1.3. ábra. Vivotek IP 8332

csatlakoztatható, és TCP/IP, illetve FTP protokollon keresztül le lehet kérni a rajta tárolt képeket, képkészítést lehet kezdeményezni, valamint el lehet végezni a szükséges beállításokat. A piacon elérhető széles választékból a Vivotek cég IP8332 típusú biztonsági kameráját (1.3. ábra) választottam. A kamera legfontosabb jellemzőit az 1.3. táblázat tartalmazza. A felsoroltakon kívül érdemes megemlíteni, hogy a kamera folyamatosan pufferben tart néhány másodpercnyi videó felvételt, és a képkéréskor ebből választja ki a kéréshez időben legközelebbi képkockát, aminek eredményeképp előfordulhat, hogy a képkérés előtti állapot látszik a fotón. E viselkedés miatt a kamera nem állítható készenléti üzemmódba. A képkérést a kamera webszerverére küldött url paranccsal, illetve a riasztó bemeneten küldött impulzussal lehet kezdeményezni. A tárolt képeket szintén url paranccsal, illetve FTP protokollon keresztül tudjuk lekérdezni.

### Mozgásérzékelő

A koncepció második legfontosabb eleme a külső szenzor volt, ami arra hivatott, hogy a mérési szelvényben áthaladó úthasználókat észlelje, és a kamerán képkészítést kezdeményezzen.

Az 1.2. szakaszban részletesen bemutattam a látogató számlálásra alkalmas, kipróbált, és

10.13147/SOE.2018.017



világszerte sikerrel alkalmazott érzékelő típusokat, amelyek közül egyet szerettem volna kiválasztani a feladatra. A mintaterület leírásánál megfogalmazott kritériumok közül a 6 méteres burkolatszélesség, valamint a burkolat megbontásának tilalma befolyásolta az érzékelő kiválasztását, valamint fontos szempont volt, hogy az érzékelő minden várható úthasználó típust képes legyen észlelni. Mivel a burkolatot sértetlenül kellett hagyni, kiestek a nyomásérzékelő és akusztikus cellák, az indukciós hurkok, a piezo-elven működő eszközök, valamint a körülményes telepítés miatt az átmenő sugaras optikai és a rádió-sugaras érzékelők. A 6 méteres észlelési távolságot a passzív optikai érzékelők a változó fényviszonyok miatt nem képesek megbízhatóan áthidalni. A mechanikus érzékelőket szintén kizártam, hiszen a terület nincs bekerítve, illetve az úton nagy és vegyes forgalom várható. Az induktív érzékelők és a nyomás csövek nem jöhettek szóba, hiszen a gyalogosokat nem képesek észlelni.

A fennmaradó lézerszkenner, a mikrohullámú, illetve reflexiós aktív optikai érzékelők közül az egyszerűsége, és költséghatékonysága miatt az utóbbi szenzortípust ítéltem a legalkalmasabbnak a feladat ellátására. Ezek közös jellemzője, hogy az út egyik oldalán kell elhelyezni az egybeépített jeladót és vevőt, ami tápellátást igényel, a másik oldalra pedig egy passzív fényvisszaverő felületet kell szerelni. A két oldal között haladó fénysugarat az úthasználók megszakítják, ekkor az érzékelő digitális jelet bocsát ki. Az optikai érzékelőt olyan magasságban kell elhelyezni, ahol várhatóan minden, a kutatás szempontjából érdekes úthasználó megszakíthatja a fénysugarat, viszont a kisebb állatok – kutya, macska, róka – nem. Ezt a magasságot 1 méterben határoztam meg. Az úthasználók haladási irányának megállapítását szerettem volna megkönnyíteni, ezért két darab szenzor egymás utáni elhelyezését terveztem. Azt feltételeztem, hogy az áthaladások időpillanatának ismeretében az adott úthasználó haladási iránya megadható. Emellett az időpontok és a két szenzor közti távolság alapján a látogató sebességét is ki lehet számítani, ami a típus meghatározásához szolgálhat értékes információval, hiszen például a személyautók várhatóan jelentősen gyorsabban mozognak, mint a gyalogosok.

A piacon elérhető típusok érzékelési távolsága jellemzően nem haladta meg a 6 métert, de néhány típus megfelelő fényvisszaverő prizma alkalmazása mellett képes volt ezt a távolságot áthidalni. Jellemzően nagyobb érzékelési távolsággal rendelkeztek a látható tartományban működő lézert használó megoldások, viszont ez a látogatók biztonságának megóvása miatt kerülendő volt. Így előnyben részesítettem a nem látható optikai jellel dolgozó szenzorokat. A megfogalmazott elvárásoknak megfelelően a Carlo Gavazzi cég PA 18 CAR 65 típusú reflexiós optikai érzékelőjét (1.4. ábra) választottam. A szenzor legfontosabb tulajdonságait az 1.4. táblázat foglalja össze. A választott típus előnyös tulajdonsága a két LED-del működő visszajelző rendszer, ami jól látható módon mutatja, ha a prizmáról visszaverődő fényt a szenzor érzékeli. Ez a szenzor és a prizma terepi elhelyezésekor jelent nagy segítséget. Az érzékelő a szükséges 6,5 méter észlelési távolságot 10×10 cm oldalhosszúságú, négyzet alakú, speciális prizmával együtt alkalmazva tudja biztosítani, ezért a hozzá tartozó ER100 jelű prizma került a rendszerbe. A szenzorokat és a fényvisszaverőket szélességjelző műanyag oszlopokon kívántam elhelyezni, mivel ezek amellett, hogy elég magasak, csak mérsékelten feltűnőek, ami segíthet a rongálás elleni védelemben.

### Központi egység

A kiválasztott kamera alkalmas lett volna egy szenzor jelét fogadni, és a jel beérkezésének időpontját regisztrálni, viszont a rendszert két érzékelővel terveztem megvalósítani. Emiatt szükségessé vált egy köztes egység beiktatása, amelynek a feladata az érzékelők észlelési idejének eltárolása volt. Egy központi egység betervezése további előnyökkel is járt. A kamera magas telepítése miatt a tárolt fotókat csak FTP-n keresztül lehetett volna a helyszínen letölteni. Ez esetenként sok időt vett volna igénybe, ezért a köztes egységet úgy szerettem volna kialakítani, hogy az a kamerán tárolt képeket egy SD kártyára másolja, így az adatkivétel a kártya cseréjével, vagy helyszíni lemásolásával – ami sokkal gyorsabb a hálózati másolásnál – megoldhatóvá válna. A központi egység a kamera állapotáról is visszajelzést adhat, illetve néhány szükséges beállítás is elvégezhető ezen keresztül, így az adatkivétellel együtt a felügyelet, és minimális

10.13147/SOE.2018.017



| **Tulajdonság** | **Érték** |
|---|---|
| Érzékelési távolság | 6,5 m |
| Prizma méret | 10×10 cm |
| Tápellátás | 10-30 V DC |
| Optikai jel | Infra lézer |
| Védettség | IP 69K |
| Működési hőmérséklet | -25 – +60 ℃ |
| Fogyasztás | 25 - 100 mA |

1.4. táblázat. Az optikai érzékelő legfontosabb tulajdonságai

1.4. ábra. A Carlo Gavazzi PA 18 CAR 65 típusú optikai érzékelő

karbantartás is számítógép nélkül elvégezhető a telepítés helyszínén. A forgalomszámláló működése szempontjából a legfontosabb feladat a pontos idő beállítása, amihez a központi egységnek rendelkeznie kell valós idejű óra funkcióval, illetve egy olyan megoldással, amin keresztül ez az óra beállítható. Ezen kívül lehetővé szerettem volna tenni az eszköz idejének megjelenítését, a kamerán tárolt, valamint a már letöltött képek darabszámának lekérdezését, a kamerán lévő, még nem letöltött képek azonnali letöltését, valamint az eszköz működését jellemző üzenetek megjelenítését. Ehhez a központi egységnek érintő kijelzővel kellett rendelkeznie.

A központi egység szerepére a mikrovezérlők voltak a legalkalmasabbak, hiszen ezek a valós idejű, kis számítás- és memóriaigényű feladatok célszámítógépei. Ezek olyan számítógépek, ahol a processzor, és több perifériája (pl.: oszcillátor, operatív memória, kommunikációs interfész) egy áramköri lapra van integrálva, ami a kis méret mellett alacsony fogyasztást és előállítási költséget eredményez. A kontrollerhez analóg és digitális bemenetekkel további egységek illeszthetők (pl.: SD kártya olvasó modul, kijelző, Ethernet csatlakozó). A mikrokontrollerek tudása nagyon széles skálán mozog az alacsony fogyasztásra optimalizált változatoktól a teljesítményorientáltakig. A kísérleti eszköz elkészítéséhez olyan vezérlőre volt szükségem, amely amellett, hogy teljesíti a korábban bemutatott elvárásokat, egyszerű fejlesztést tesz lehetővé. Programozás terén a C# programnyelvvel voltak tapasztalataim, ami a Microsoft.Net keretrendszerhez kifejlesztett objektumorientált programnyelv. Szerencsére az eszközfejlesztés megkezdésekor (2012) már elérhetőek voltak olyan fejlett, teljesítményorientált mikrovezérlők, amelyek a Microsoft.Net korlátozott változatát, a .Net MicroFramework (NETMF) keretrendszert tartalmazták, és ezáltal lehetővé tették a C# nyelven történő programírást. A forgalomszámláló eszköz kívánalmainak egy alacsonyabb szintű, kis fogyasztású vezérlő jobban megfelelt volna, viszont egy ilyen magas szintű kontrollerrel a fejlesztés folyamata a több lehetőségnek köszönhetően felgyorsítható volt, valamint a programozási ismereteimnek is megfelelt. A várható magasabb fogyasztás pedig a rendelkezésre álló hálózati áram miatt nem jelentett problémát. A mikrokontrollerek hozzáférhetők önmagukban is, ám nagyon sok gyártó a jellemző felhasználási területeknek megfelelően összeállít olyan áramköri lapokat, amelyek a kontrolleren kívül tartalmazzák a szükséges csatlakozókat és perifériákat is. Az ilyen lapokat a hobbisták és a beágyazott rendszer fejlesztők részesítik előnyben, hiszen ezeken a kontroller erőforrásai könnyedén elérhetőek, lehetővé válik a gyors prototípus készítés, amin a fejlesztők koncepciói igazolhatóak.

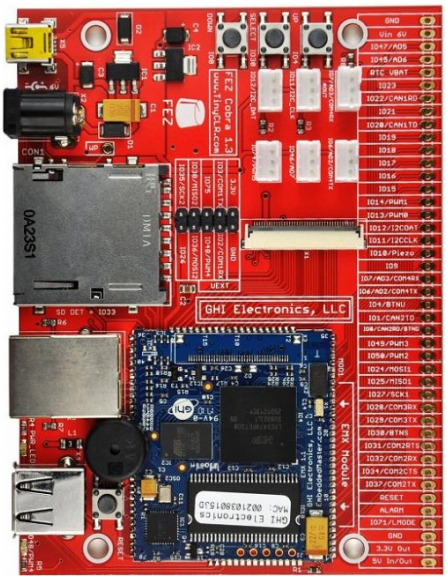
2012-ben csak néhány gyártó foglalkozott NETMF-öt futtató mikrokontroller előállításával, és egyik termék sem volt kapható Magyarországon. A kontroller kiválasztásánál az elérhetőség mellett a dokumentáció minősége és mennyisége volt a vezérelv. Ez alapján a GHI Electronics által gyártott FEZ Cobra lapot (1.5. ábra) választottam ki, amelyen egy 32 bites ARM7 mikrokontroller teljesít szolgálatot. A kontroller legfontosabb tulajdonságait az 1.5. táblázat mutatja be. A kontroller lehetőségei messze meghaladják a feladat által megkövetelt szintet, aminek köszönhetően a program-optimalizálással sem kellett időt töltenem ahhoz, hogy az első

10.13147/SOE.2018.017



| Tulajdonság | Érték |
|---|---|
| Kontroller | ARM7 32 bit |
| Platform | .NET MF |
| Digitális pinek száma | 45 |
| Perifériák | Ethernet<br>SD meghajtó<br>TFT kijelző csatlakozó<br>6 V DC tápcsatlakozó<br>USB host és kliens |
| Tápfeszültség | nem szabályozott 6 V DC |
| Fogyasztás | 40 - 200 mA |
| Működési hőmérséklet | -40 °C – +85 °C |

1.5. táblázat. A FEZ Cobra lap tulajdonságai




1.5. ábra. A FEZ Cobra lap

prototípust elkészítsem. A lapot a gyártó műszerdobozba szerelve, és érintő képernyővel ellátva is forgalmazta, ami tökéletesen illeszkedett az elvárásaimhoz, így a forgalomszámláló eszközhöz ezt a változatot szereztem be.

A forgalomszámláló eszköz fő alkatrészei számára 12 (kamera és optikai érzékelők), illetve 6 V (mikrovezérlő) egyenfeszültséget kellett biztosítanom. Az adatgyűjtés folytonosságának biztosítása miatt egy egyszerű szünetmentes tápegység beépítését is terveztem. A szünetmentességet 2 darab, sorba kötött 6V-os akkumulátor volt hivatott biztosítani. A sorba kötés következtében az összekapcsolt két akkumulátorról 12 V, míg csak az egyik telepről 6 V egyenfeszültség állt rendelkezésre. Az áthidalandó áramszünet hosszát fél napban határoztam meg. A gyári adatok szerint a rendszer három fő alkatrésze egy óra alatt $I_{számláló} = I_{kamera} + I_{szenzor} \cdot 2 + I_{kontroller} = 350 + 25 \cdot 2 + 200 = 600mA$ áramot fogyaszt, ami 12 óra alatt $12 \cdot 600 = 7200mA = 7,2A$. Várható, hogy terepi körülmények között a rendszer többet fogyaszt, ezért a prototípushoz két darab 6V feszültségű, 7,5 Ah kapacitású, karbantartás mentes ólom akkumulátort vásároltam. Az akkumulátorokat egy digitális töltőre kapcsolva biztosítottam a folyamatos töltést.

A tervezett forgalomszámláló eszköz négy fő egységének bemutatása, és a szükséges paraméterek meghatározása után el tudtam készíteni a rendszertervet, ami alapján a későbbiekben egy funkciójában azonos, ám modernebb alkatrészekből felépülő rendszer könnyen megvalósítható. A rendszerterv az 1.6. ábrán látható. A fő elemek szürke háttérrel szerepelnek, a köztük lévő kapcsolat irányát nyilak jelzik, a kapcsolat típusa a vonalakon van feltüntetve.

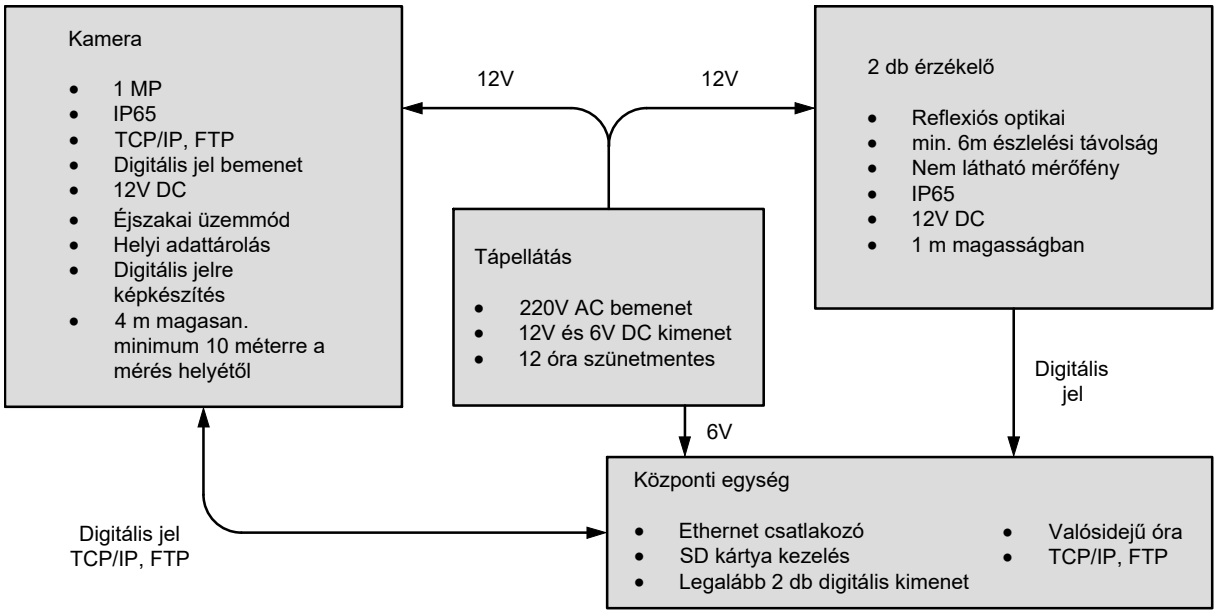
### Prototípus építés, telepítés

Az összeválogatott alkatrészek, valamint a meghatározott telepítési feltételek ismeretében készítettem egy látványtervet a forgalomszámláló eszközről (1.7. ábra), ami a prototípus összeállításánál segített elképzelni a mérési helyen várható körülményeket. A prototípus elkészítésében Markó Gergely volt segítségemre. A prototípust először irodai környezetben szereltük össze, és csak az itt mutatott megfelelő működés után szállítottuk a mérési helyre.

A rendszer működtetéséhez saját programot kellett fejlesztenünk a központi mikrokontroller számára. A vezérlő feladata volt a pontos idő nyilvántartása, az optikai érzékelők jelének vétele és a beérkezés időpontjának tárolása, a jel beérkezésekor a képkészítés kezdeményezése, a kamerán tárolt képek áttöltése a saját SD kártyára, valamint egy interaktív felhasználói felület biztosítása. A program fő szála bármelyik kapu jelére digitális jelet küldött a kamera felé, és a

10.13147/SOE.2018.017






1.6. ábra. A forgalomszámláló eszköz rendszerterve

jel beérkezésének idejét, valamint a kapu azonosítóját mentette. A 3 másodpercen belül bejövő újabb kapu jel idejét és azonosítóját csak tárolta, de a kamera felé nem továbbította. 3 másodperc alatt az úthasználók várhatóan 2-15 métert tesznek meg, így a lassú látogatókról is csak egy felvétel fog készülni, míg a gyorsak nem maradnak le a képről. A rendszer napközben mérési állapotban volt, míg este, amikor várhatóan nincs, vagy minimális az úthasználat, a nappal készített fotókat töltötte át a kameráról. A képek elérése a kamera webes felületén keresztül, URL parancsokkal történt, ami nagyon lassú áttöltést eredményezett, de a NETMF rendszer akkor még (2012) nem támogatta az FTP-t (File Transfer Protocol - Fájl áttöltés protokoll). Ezzel a megoldással egy fotó letöltése kb. 25 másodpercet vett igénybe. Az áttöltés ideje alatt az eszköz nem készített fotókat. Letöltés után a képeket biztonsági okokból nem töröltük a kameráról, hiszen így a letöltés során bekövetkező hiba sem okozott adatvesztést. A program mellett egy áramköri lapot is elkészítettünk, amely a részegységek összekapcsolására szolgált. Hasonló rendszert mutatott be Gora (2015) egy egyszerű prototípuson keresztül, aminek működőképessége összhangban állt az általam fejlesztett eszközzel szerzett tapasztalatokkal.

Az irodában összeszerelt rendszer megfelelően működött, ezért 2012. július 15-én telepítettük az eszközt az Apátkúti úton. A telepítéshez a legfontosabb szempontok a következők voltak:

– A kamera 4 m magasan legyen elhelyezve

– A kamera és az érzékelők között maximum 15 m távolság lehet

– Az érzékelők és prizmák 1 m magasan, műanyag szélességjelző oszlopokban foglalnak helyet

– A két érzékelő „kapu” között 2 m távolság legyen

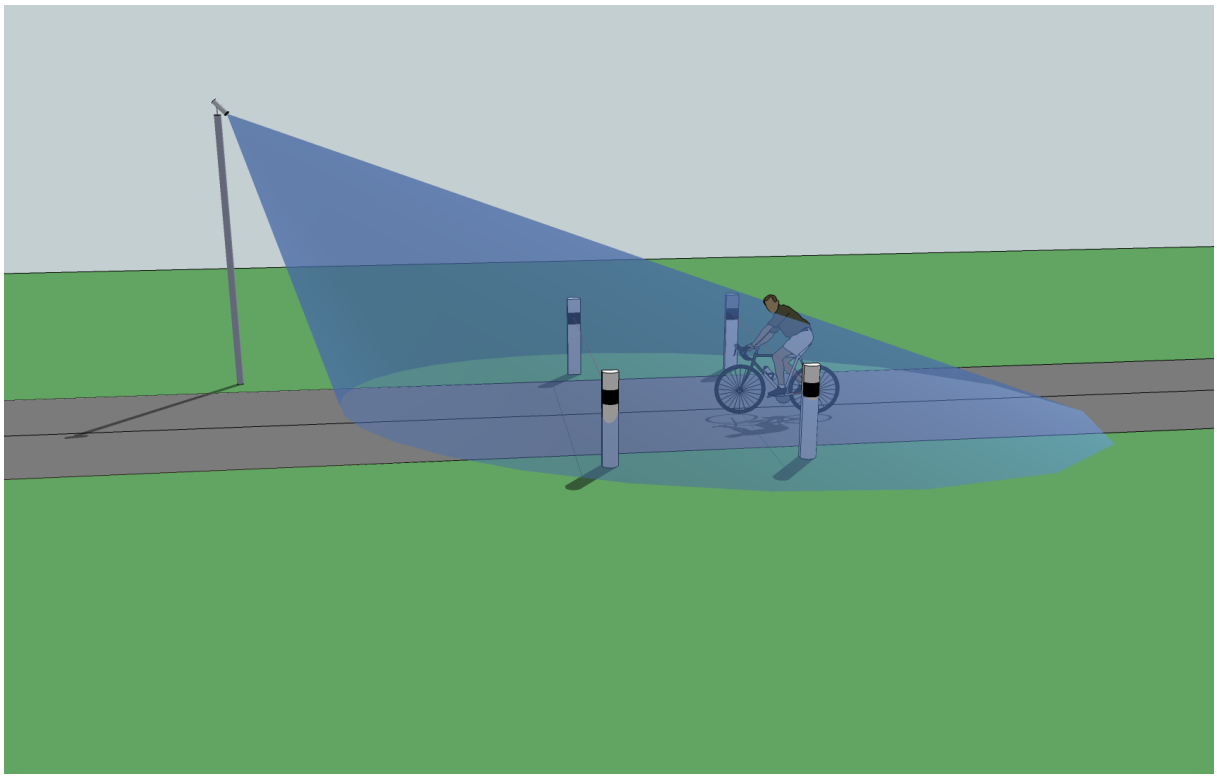
– A központi egység könnyen elérhetően, de rongálás ellen védetten legyen elhelyezve

– A részegységek közötti kapcsolat lehetőleg a föld alatt kerüljön kiépítésre

A mérési szelvény közelében, az út jobb oldalán állt egy beton villanyoszlop, ami kiválóan alkalmas volt a kamera elhelyezésére, emiatt külön tartó oszlopról nem kellett gondoskodnom. A kamerát egy rögzítő talppal és egy tartó rúddal szállították, aminek a segítségével felszerelhető volt a villanyoszlopra. A központi egységet és a tápellátó rendszert a szolgálati ház falán, szintén az út jobb oldalán, egy zárható fém villanyszerelési dobozban helyeztük el. A dobozon belül

10.13147/SOE.2018.017





1.7. ábra. A tervezett forgalomszámláló eszköz látványterve

kaptunk hálózati áram csatlakozást. A műanyag vezetőoszlop párokat a kamerától Visegrád, azaz észak felé 15 méterre ástuk le az út két oldalára, egymástól 2 m távolságra, a burkolat szélétől pedig mintegy 20 cm-re. Így a kamera észak felé nézett, amitől azt vártam, hogy a Nap nem fog szembe sütni, és ezáltal a fotók minősége jó lesz. Jobb oldalra kerültek az érzékelővel ellátott oszlopok, bal oldalra pedig a prizmatartó oszlopok. Az érzékelők és a prizmák egymáshoz állítása nagy gondosságot igényelt, hiszen az oszlopok távolsága éppen az érzékelési távolság határán volt, és a legkisebb elmozdulás is jelvesztéshez vezetett. A részegységek elhelyezése lehetővé tette, hogy csak az út egyik oldalán kelljen vezetékezni. A részegységeket földben vezetett, gégecsőbe húzott kábellel kötöttük össze. A telepített forgalomszámláló eszköz az 1.8. ábrán látható.

### Hibajavítások

A prototípus kezdeti hibamentes működése után több probléma is jelentkezett.

A szenzor tartó oszlopok alap nélküli telepítése azt eredményezte, hogy egy nagyobb eső után az oszlopok körül kézi erővel betömörített talaj erodálódott, meglazult, ami az oszlopok megbillenéséhez vezetett. Mint azt a telepítés körülményeinek bemutatásakor kiemeltem, az oszlopok stabilitása az észlelési távolság határhelyzete miatt nagy jelentőséggel bírt. Ekkora billenés mellett a szenzor már nem volt képes észlelni a visszaverődő jelet, és így az úthasználók áthaladását sem jelezte. Az alap nélküli kivitel a rongálással szemben sem nyújtott védelmet, az oszlop elmozdulásához elég volt, ha egy kisgyerek nekitámaszkodott. Hasonló problémát okozott az oszlop anyaga is, hiszen a hőmérséklet változás hatására a műanyag kismértékben deformálódott, de ez a torzulás is elég volt ahhoz, hogy a jelvesztés bekövetkezzen. Az oszlopokkal kapcsolatos hibák kiküszöbölésére beton alapon álló fém oszlopokat terveztem (1.9. ábra). Az oszlopokon belül a szenzorok egy kivehető, vízhatlan tartóban kaptak helyet. Az új oszlopokat 2013 május 5-én telepítettük. Alapként kb. 70 cm mély, előkevert betonból készült tömböket gyártottunk a helyszínen. Erre három csavarral rögzítettük a fém oszlopokat, amelyeket három

10.13147/SOE.2018.017

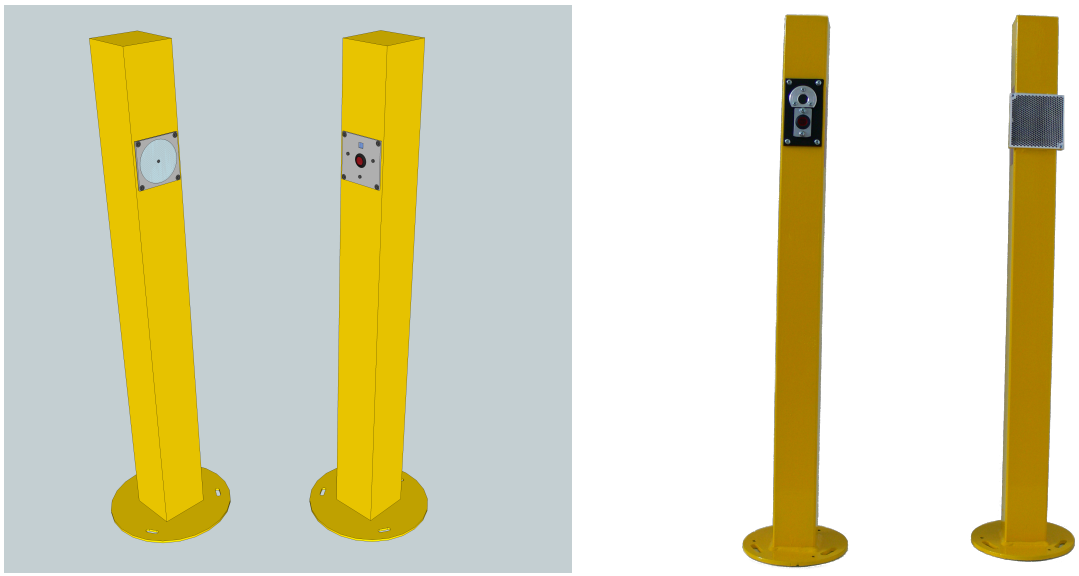
1.8. ábra. A 2012. július 15-én telepített forgalomszámláló eszköz

állítócsavarral lehetett a megfelelő helyzetbe hozni. Az újabb működési időszakban bekövetkezett jelvesztések arra utaltak, hogy még mindig nem volt elég stabil az oszlopok alapozása. Ezért 2015-ben a Pilisi Parkerdő Zrt. támogatásával 40×40×100 cm méretű alaptestek készültek, amelyek körül a talajt géppel tömörítették. Az azóta tapasztalható folyamatos működés annak a jele, hogy az elmozdulás problémáját a fém oszlopok, és a kellően masszív alapozás együttesen megoldotta. A végleges alapon álló oszlopok az 1.10. ábrán láthatók. A jelvesztés megakadályozására a 2015-ös telepítésnél a 10×10 cm méretű prizmák köré 21×29 cm méretű fényvisszaverő fóliát is elhelyeztünk. Ez arra volt hivatott, hogy az oszlopok esetleges elmozdulásakor is fényvisszaverő felületet érjen a fénysugár. A fólia visszaverő tulajdonsága ugyan nem volt olyan jó, mint a műanyag prizmáé, de a méretével kompenzálni lehetett ezt a tulajdonságát.

A 2013-as újratelepítésre a központi egység vezérlő programját újraírtam Primusz Péter segítségével. Az újraírást a hosszú távon megbízhatatlan működés, valamint a fotók lassú áttöltése tette szükségessé. A biztos programműködést állapotgép alkalmazásával, valamint a rendszert lefagyás esetén automatikusan újraindító, ú.n. „watchdog timer” megvalósításával értük el. A fotók áttöltésének meggyorsításában nagy előrelépést jelentett, hogy 2013-ra a .Net MF keretrendszerben már elérhetővé vált az FTP protokoll használata, amit a kamera szoftvere is támogatott. Az új letöltési mód sebessége 3 mp/kép volt, tehát egy nagyságrendet sikerült javítani az url alapú letöltés idejéhez képest. A letöltésre éjjel került sor, és még kiugróan magas képszám mellett is maximum 1 órát vett igénybe. Ezzel a fejlesztéssel a számlálás gyakorlatilag az egész napra kiterjedt. A kidolgozott áttöltési módszer annyira stabil adatmentést eredményezett, hogy a későbbiekben a kameráról már töröltük az áttöltött fotókat. Ennek a hosszútávú működésben van jelentősége, hiszen így a kamera SD kártyáját nem kell a karbantartások alkalmával manuálisan üríteni, ami egyszerűbb fenntartást eredményez. További fejlesztés volt a programkódban, hogy a pontos idő meghatározásánál mind a kamera, mind a központi egység saját valósidejű órájának állását figyelembe veszi. A bemutatottakon kívül még számos, kisebb módosítást végeztünk a programon.

10.13147/SOE.2018.017





(a) (b)

1.9. ábra. Fém szenzortartó oszlop a) Terv, b) Megvalósítás

1.10. ábra. A szenzortartó oszlopok végleges kialakítása

10.13147/SOE.2018.017



2014-ben az egyik szenzor működésképtelenné vált. A lehetséges okokat megvizsgálva arra jutottam, hogy a központi egységgel összeköttetést biztosító kábel sérülhetett meg. A 2015-ös újratelepítésnél kiástuk a kábeleket, és azt tapasztaltuk, hogy a kábelt védő gégecső valószínűleg már a 2012-es visszatemetéskor megtört, így a gégecsőbe nagy mennyiségű víz jutott be, amivel szemben a kábel burkolata csak mérsékelten volt ellenálló, így két év alatt a kábel erősen korrodálódott, ami kontakthibához vezetett. A hiba megoldására a legújabb rendszerben a föld alatt vezetett kábeleket kemény PVC csőben helyeztük el, valamint a kábeleket lecseréltük.

További fejlesztésként meg kell említeni, hogy 2015-ben az oszlopok 10 m távolságra kerültek a kamerától. Ezt egyrészt az indokolta, hogy az automatikus látogatófelismerést könnyebben megvalósíthatónak tartottam a nézőpont változás miatt több részletet mutató képeken. A másik ok az volt, hogy a Parkerdő kérésére meg szerettem volna vizsgálni, hogy az eszköz alkalmas-e rendszám-felismerésre. Mivel a kamera felbontása 1MP, és 15 méterről ez nem tette lehetővé a rendszámok felismerését, így a távolság csökkentésével lehetett a részletgazdagságot növelni. Az oszlopok egymástól mért távolságát 1,5 méterre csökkentettem.

Két kisebb módosítást is elvégeztem a rendszeren 2015-ben. Az egyik a tápellátást érintette, hiszen a két akkumulátor sorba kötésével kialakított szünetmentes táp nem volt ideális az akkuk eltérő igénybevétele miatt. Emiatt ugyanis az egyik akku két év alatt teljesen elhasználódott, és így a szünetmentesség nem volt biztosítható. Ezért a tápellátást átalakítottam úgy, hogy csak egy darab 12 voltos akkumulátorra legyen szükség. A másik módosítás a kamera védelmében történt, a tapasztalatok ugyanis azt mutatták, hogy a kamerán megülő hóból, illetve a heves záporból a nem megfelelően lezárt kamerába víz kerülhet. Ennek veszélyét a kamera fölött elhelyezett plexi tetővel igyekeztem csökkenteni.

A bemutatott fejlesztések hatására a forgalomszámláló eszköz a 2016-os évben 10 hónapot hiba nélkül üzemelt. Ez alapján kijelenthető, hogy az eszköz a fejlesztés kezdetén meghatározott kritériumoknak megfelel. A kialakított rendszer két ismert gyengesége a hálózati áramtól való függés, valamint az online adatátvitel megvalósításának hiánya. Ezek megvalósítása a jövőbeni eszközfejlesztés központi feladata lesz, hiszen e funkciók meglétével egy minimális karbantartási igény mellett, erdei körülmények között önálló működésre képes rendszer fog összeállni.

## 1.4. Tapasztalatok, ajánlások

Az apátkúti mérőhelyen felszerelt prototípust 4 év alatt két jelentősebb beavatkozással fejlesztettük kész mérőeszközzé. Ezalatt az idő alatt számtalan meghibásodást kellett kijavítani, amelyek esetenként egyedi hibák voltak, máskor viszont a rendszer jelentős hiányosságára hívták fel a figyelmet. A fejlesztési folyamat közben megfogalmazott tanulságokat szeretném itt megosztani.

– A későbbi feldolgozás eredményességét jelentősen befolyásolja a fotók képminősége. Minél nagyobb a kép felbontása, annál több információt tartalmaz, vagyis annál valószínűbb, hogy az úthasználók megfelelően azonosíthatók lesznek rajta. Tehát, ha jogi akadálya nincs, legalább 5 MP felbontású kamerát célszerű üzembe helyezni, hiszen ezzel már olyan feladatok is elvégezhetőek, mint például a rendszám-felismerés. A mérőhely kialakításánál figyelembe kell venni a várható megvilágítási viszonyokat, és olyan helyet kell választani, ahol egyenletes megvilágításra lehet számítani. Az apátkúti mérőhelyen erre nem figyeltem, aminek az eredménye sok kiégett, illetve túl sötét fotó lett, ami jelentősen megnehezítette a feldolgozást. Léteznek olyan kameratípusok, amelyek a nagyon fényes és nagyon sötét területek együttes megjelenítésére HDR (High Dynamic Range - Nagy Dinamika Tartomány) technológiát alkalmaznak. Egy biztonságtechnikai cég szakemberével folytatott beszélgetésre alapozva azt feltételezem, hogy az ilyen kamerák képesek kezelni a problémát, de ilyen irányú saját vizsgálatot nem folytattam.

– Az eredeti elképzelésem az volt, hogy egy könnyen telepíthető, könnyen mozgatható, ám megbízható eszközt fejlesztek ki. A terepi tapasztalatok megmutatták, hogy az optikai

10.13147/SOE.2018.017



érzékelő nagyon kényes a pontos beállításra, amit hosszútávon csak szilárd alapozással, és masszív tartóoszloppal lehet biztosítani. A földben futó kábelek védelmét kemény PVC csővel szükséges biztosítani a kábelszakadás elkerülése érdekében.

– Az eszközt érdemes legalább havonta ellenőrizni, így megelőzhetők a meghibásodásból adódó hosszabb adatkimaradások. Egy internetkapcsolattal rendelkező eszközön a távfelügyelet biztosított lenne, ezért ezt nem kellene, csak hiba esetén felkeresni.

– A forgalomszámláló eszköz a működésének négy évében nem szenvedett vandalizmusra visszavezethető kárt. Ezzel beigazolódott a Parkerdő munkatársainak azon megérzése, miszerint komoly rongálásra nem kell számítani a környéken. Izgalmas kérdés, hogy a rongálás elmaradása minek köszönhető, ám a kutatásomban erre nem kerestem választ.

## 1.5. Összefoglalás

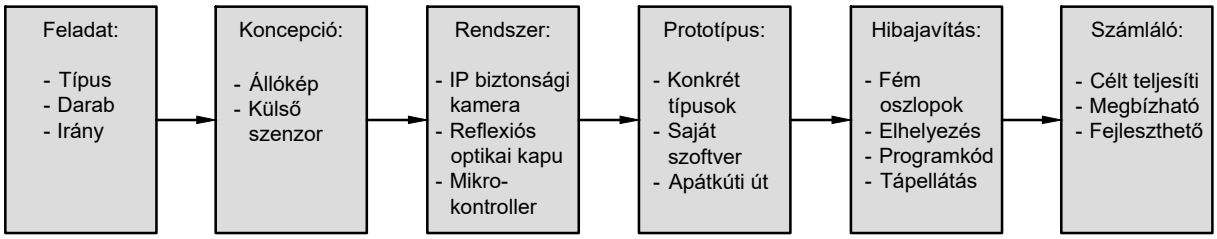
Ebben a fejezetben egy olyan forgalomszámláló berendezés megtervezését és megvalósítását mutattam be, amely adatot szolgáltat egy erdészeti út kiválasztott szelvényén áthaladó úthasználók típusáról és haladási irányáról, illetve az általuk végzett tevékenységről. Szerte a világon számos kutatás és gyakorlati projekt foglalkozik forgalomszámlálással erdei körülmények között. Az irodalmat áttekintve azt tapasztaltam, hogy a digitális állóképeken alapuló számlálási módszer tökéletesen alkalmas a számlálási feladatra, illetve az úthasználók tulajdonságainak megállapítására. A digitális fotók automatikus felismerése azonban egészen az elmúlt néhány évig nehéz feladat volt, ami miatt ez a módszer nem terjedt el, és ilyen elven működő számlálót a kereskedelmi forgalomban nem találtam. Azt feltételeztem, hogy az egyre kiforrottabbá váló, általános célú képfelismerési algoritmusokkal a számlálási feladat automatizáltan megoldható, ezért egy saját számláló rendszer kidolgozásába kezdtem. A koncepcióm az volt, hogy az úthasználókat egy szenzor fogja észlelni, és a szenzor jelére egy digitális kamera állóképet készít és tárol. Megállapítottam, hogy a kamerát 4 méter magasan, észak felé fordítva kell elhelyezni, és 1 MP felbontású képeket célszerű vele készíteni. A szenzorok közül a mérőhely által támasztott követelményeknek megfelelően a reflexiós optikai érzékelőket találtam a legalkalmasabbnak. A haladási irány meghatározásának megkönnyítésére két darab, szenzorból és prizmából álló kapu telepítését tartottam szükségesnek. A fotók letöltése, valamint a szenzorok és a kamera kapcsolatának megteremtésére egy központi mikrovezérlő egységet terveztem, amely számára saját szoftvert készítettem. A forgalomszámláló rendszerterve az 1.6. ábrán látható. A rendszerterv alapján kereskedelmi forgalomban kapható alkatrészekből összeállítottam a forgalomszámláló eszköz prototípusát a Pilisi Parkerdő Zrt. Visegrádi Erdészetének területén lévő Apátkúti úton, az Apátkúti vadászház közelében. Több éves tesztelés alatt kijavítottam a felmerülő hibákat, és ezzel összeállt a célkitűzésnek megfelelő forgalomszámláló eszköz. A rendszer kialakítását összefoglalóan az 1.11. ábra mutatja be. A forgalomszámláló eszköz úthasználókról készült fotókat szolgáltat adatként, ami önmagában még nem elegendő a forgalom meghatározásához. A tárolt fotókon az emberi szemlélő látja, hogy milyen típusú úthasználó szerepel, az merre halad, illetve milyen tevékenységet végez, illetve több más tulajdonságot is meg tud állapítani (pl.: életkor, nem). Ahhoz, hogy az általam kidolgozott forgalomszámláló eszköz a gyakorlat számára is jól alkalmazható legyen, ki kellett fejlesztenem egy olyan eljárást, aminek segítségével a szükséges adatok a fotókról automatikusan, vagy nagyfokú automatizálás mellett meghatározhatók. Ezt az eljárást mutatom be a következő fejezetben.

## 1.6. Korlátok, fejlesztési lehetőségek

A bemutatott rendszer alkalmas erdészeti utak forgalmának meghatározására, azonban a leírt állapotában kísérleti eszköznek tekinthető. A széleskörű gyakorlati felhasználás legnagyobb gátja az önálló tápellátás hiánya, ugyanis enélkül nem telepíthető tetszőleges helyre. A probléma

10.13147/SOE.2018.017






1.11. ábra. A forgalomszámláló berendezés kialakításának menete

kiküszöböléséhez egyrészt a rendszer áramfelvételét kell csökkenteni a részegységek kisebb fogyasztásúra cserélésével, illetve optimalizált vezérlő program készítésével. Másrészt áramtermelésre alkalmas részegységet kell beépíteni. Erre a feladatra erdei körülmények között elterjedten használnak napelemeket, amelyek a forgalomszámláló számára is megfelelőek lehetnek.

A széleskörű alkalmazást nagyban segítené, ha az eszköz rendelkezne internetes adatletöltési, illetve távfelügyeleti lehetőséggel, hiszen így akár központilag lehetne több eszközt kezelni azokon a területeken, ahol a mobil internet elérés biztosított. Erdei körülmények között a mobil internet elérés legalábbis korlátozott sávszélességet nyújt, ezért a fényképek továbbítása nem életszerű elvárás. Emiatt a távoli adatletöltéshez arra van szükség, hogy a képek feldolgozása helyben, az eszközön történjen meg.

A forgalomszámláló eszköz kisebb fejlesztések révén további hasznos feladatok ellátására is képessé tehető. A felbontás és a dinamika tartomány növelése a képek pontosabb kiértékelését vonná maga után. Ezzel pedig lehetővé válna a rendszám felismerés, ami az utak felügyeletében jelentene nagy segítséget az erdőgazdaságoknak. További szenzorok csatlakoztatásával pedig kis befektetéssel lehetne értékes adatokat – meteorológia, tengelysúly, zaj – mérni.

10.13147/SOE.2018.017

# 2. fejezet

# A forgalomszámláló képeinek feldolgozása

A forgalmi adatok előállításának első lépése volt a megbízhatóan működő forgalomszámláló rendszer megalkotása. A következő lépésben a rendszer által szolgáltatott nyers adatokat kellett átalakítani tényleges forgalmi számmá. A forgalomszámláló eszköz digitális állóképeket tárol az érzékelő kapukon áthaladó úthasználókról. Az volt a célom, hogy kidolgozzak egy olyan eljárást, amelynek segítségével a korábban bemutatott, vagy ahhoz hasonló forgalomszámláló eszköz képein látható úthasználók automatikusan, vagy legalábbis nagyrészt automatikusan elkülöníthetők, és a megfelelő kategóriába besorolhatók.

Az úthasználók osztályozását az eredeti tervekhez képest finomítottam a fotók szemrevételezése után. A következő csoportokat vezettem be: gyalogos, kerékpáros, lovas, lovaskocsi, motorkerékpár, személygépkocsi, munkagép, tehergépkocsi, busz, egyéb, ismeretlen. A munkagép kategóriába a közelítőgépeket, a forwardereket, az univerzális traktorokat, a kotrókat, valamint a többi erdészeti és építő gépet soroltam be. Az egyéb kategóriába kerültek többek között a sétáltatott kutyák, a segway-esek, rollerezők, stb. Az ismeretlen kategória azt jelöli, hogy a fotó valószínűsíthetően nem csak a hátteret ábrázolja, de az úthasználó besorolása valamilyen okból (pl. rossz fényviszonyok, kitakarás) akadályba ütközik. A csoportba sorolás mellett az egyes úthasználókról egyéb információkra is szükségem volt, mint például az úthasználó haladási iránya – befelé, vagy kifelé tart az erdőből –, valamint az úthasználó tevékenysége – erdészeti feladatot lát el, sportol, túrázik, kutyát sétáltat, stb (2.1. táblázat).

A forgalomszámláló által gyűjtött állóképek feldolgozása, a rajtuk látható objektumok felismerése nagyon komplex feladat, hiszen a képeken változik a megvilágítás, változnak az évszakok, hol havas a táj, hol falevelekkel borított, hol zöld, a rakodón néha van fa, máskor nincs, változik az úthasználók megjelenési helye, az alakja, színe, haladási iránya stb. Az erdei látogatószámlálásra álló képeket, vagy videofelvételeket használó kutatásokban a képanyag feldolgozását emberek végezték (Campbell, 2006; Arnberger és Eder, 2007). Az emberek által végzett feldolgozástól pontos eredmény várható, különösen úgy, hogy a jól működő mozgásérzékelés miatt az üres képek aránya elenyésző volt, hiszen ezek kiszűrése az említett kutatásokban sok energiát igényelt. Kész automatikus képfelismerő eljárás hiányában a képek feldolgozására én is kiértékelő személyeket kértem fel. „Kézi" kiértékelésre a pontosság, és a sok meghatározandó látogatótulajdonság mellett azért is szükség volt, mert a modern képfelismerő algoritmusok mindegyike egy olyan adatbázist igényel, amelyben a felismerni kívánt objektumokról példa képek láthatók. Tehát a humán intelligenciával felismert képek egyrészt közvetlenül forgalmi adatot szolgáltatnak, másrészt alapját képezik az automatikus felismerési eljárásoknak. A fejezet első részében a kiértékelő személyek által végzett képfelismerést mutatom be.

A számítógépes képfelismerés egy külön tudományterület, ezért nem törekedtem a tökéletes automatizálási megoldás megtalálására, hanem az eljárással pusztán azt kívántam bizonyítani, hogy az állóképek automatikus feldolgozása lehetséges. 2012-ben nagy változás következett

10.13147/SOE.2018.017



| Tulajdonság | Lehetséges értékek |
|---|---|
| Típus | Gyalogos, kerékpáros, lovas, lovaskocsi, motorkerékpár, személygépkocsi, munkagép, tehergépkocsi, busz, egyéb, ismeretlen |
| Irány | Be, Ki |
| Tevékenység | Kiránduló, sportoló, erdőgazdasági dolgozó, vízhordó, kutyasétáltató, babakocsit toló |
| Pozíció | Befoglaló téglalap bal felső sarkának képi koordinátái (x,y), valamint a téglalap szélessége (w) és magassága (h) pixel értékben |

2.1. táblázat. Az úthasználók tulajdonságai

be az automatikus képfelismerés tudományterületén, hiszen az ekkor bemutatott SuperVision nevű mesterséges konvolúciós neurális hálózat (CNN – Convolutional Neural Network) eredményessége jelentősen meghaladta az addigi évek algoritmusainak pontosságát (Russakovsky et al., 2015). A CNN technológia azóta folyamatosan javul, és szinte egyeduralkodó a képfelismerés terén, ezért feltételeztem, hogy a forgalomszámláló képein is jó eredménnyel tudnám alkalmazni. Egy jól működő konvolúciós neurális hálózat megalkotása komoly szakértelmet igényel, amivel én nem rendelkeztem, ezért olyan megoldást kerestem, amely a vizsgálatomban szereplő látogató típusokhoz hasonló objektumokat ábrázoló képeken jó eredményt mutatott és szabadon hozzáférhető mind a hálózat kialakítása, mind a paraméterei. A 2016-ban bemutatott YOLO nevű hálózat pontosan megfelelt az elvárásaimnak. A forgalomszámláló képeinek feldolgozását konvolúciós neurális hálóval a fejezet második részében mutatom be.

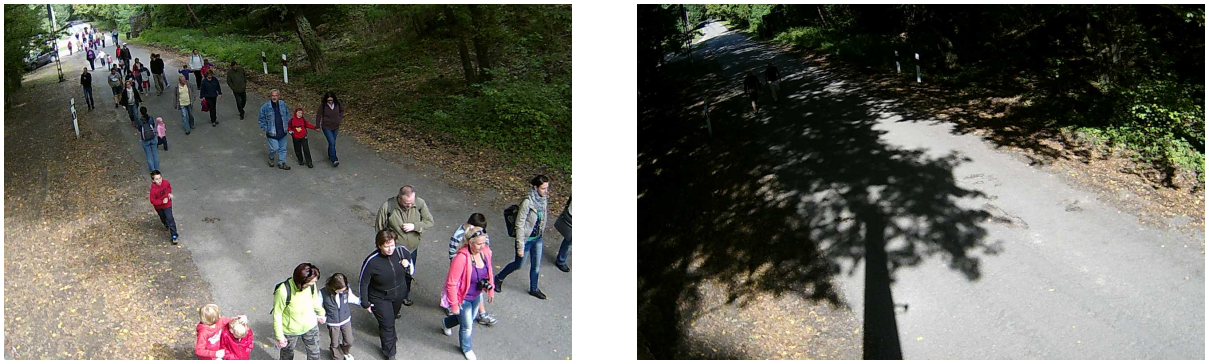
## 2.1. Képfeldolgozás emberi erővel

A kutatás kezdetén a fotók emberi erővel történő kiértékelése volt a legkönnyebben megvalósítható. A legegyszerűbb esetben a kiértékelést végző személyeknek elegendő lett volna végignéznie a képeket, és a rajtuk látott úthasználók darabszámát és tulajdonságait feljegyezni. A kézi kiértékelésnek azonban a közvetlen adatszolgáltatás mellett feladata volt az is, hogy a később kidolgozásra kerülő automatikus képfelismeréshez alapadatot biztosítson. Emiatt fontosnak tartottam, hogy az úthasználók tulajdonságai mellett a képen elfoglalt helyzetük is bekerüljön az adatbázisba. Ennek a követelménynek csak úgy lehetett eleget tenni, hogy a kiértékelő személyek munkáját egy erre a célra kialakított szoftverrel segítettem. A szoftver lehetőséget adott arra, hogy az úthasználókat a kiértékelő személyek a fotón egy kerettel jelöljék meg, majd a hozzájuk tartozó tulajdonságokat előre meghatározott listák segítségével állítsák be. A későbbi felhasználhatóság érdekében fontos volt, hogy a képeken szereplő összes úthasználó jelölve legyen. Az eszköz működéséből adódóan egy úthasználó több fotón is megjelenhetett, ezt az esetet külön jelölni kellett, hiszen e nélkül többszörös számlálás fordult volna elő. A program a kiértékelés eredményét egy szövegfájlba mentette a későbbi hozzáférhetőség érdekében.

A forgalomszámláló rendszer által 2012. 08. 07 - 2012. 08. 17, valamint 2013. 05. 05. - 2013. 05. 12. időszakokban készített mintegy 3600 fotót a Pilisi Parkerdő munkatársai dolgozták fel. Az első napok munkája után a kiértékelők meg tudták állapítani, hogy mely úthasználó csoport és tulajdonságkészlet a leggyakoribb, és ezeknek a paramétereknek a bevitelére gyorsbillentyűk használatát javasolták. A visszajelzéseik alapján Markó Gergely segítségével továbbfejlesztettem a kiértékelést segítő szoftvert. A továbbfejlesztés eredményeképp a program kezelőfelülete ergonomikusabbá, és ezáltal a feldolgozás gyorsabbá vált. A továbbfejlesztett szoftverrel egy ember egy nap alatt nagyjából 200 fotó feldolgozására volt képes. Fontosnak tartom kiemelni, hogy ezt a teljesítményt úgy érték el, hogy a képeken látható minden úthasználót egyesével bekereteztek, és megadták a tulajdonságait. 2015-ben Primusz Péter újraírta a kiértékelő programot, aminek következtében mind az adattárolás, mind a kezelhetőség tovább javult. Az úthasználókra

10.13147/SOE.2018.017





(a) (b)

2.1. ábra. A kiértékelő személyek számára legnagyobb problémát okozó két képtípus. a.: Látogatók tömege, b.: Árnyékban lévő úthasználó

vonatkozó adatokat „.db” formátumban tárolja a program, amely lehetővé teszi az adatbázis kezelővel történő hozzáférést is. Az új programmal három kiértékelő személy végezte el a 2012 és 2016 között készült fotók feldolgozását. Az így létrejött adatbázis több, mint 77 500 fotót, és a rajtuk bejelölt úthasználókat tartalmazta. A fotók közül 10 800-on minden úthasználót külön-külön megjelöltek, a többi fotón viszont a csoportokat egy kerettel és a csoport létszámával adták meg. További egyszerűsítés volt, hogy ezeken a képeken mindig csak az újonnan megjelenő látogatókat keretezték be. A teljesen feldolgozott képeket mind a számláláshoz, mind az automatikus kiértékelés alapadataként fel lehet használni, míg a többi fotóból származó adat további feldolgozás nélkül csak a látogatószám meghatározásra alkalmas.

A kézi kiértékelésről elmondható, hogy bár elméletileg a legjobb pontosságot szolgáltatja, nagyon sok időt vesz igénybe, valamint nagyon monoton a kiértékelők számára. A kutatásomban elkerülhetetlen volt ennek a módszernek az alkalmazása, hiszen a segítségével különösebb technológiai tudás nélkül tudtam látogatószám adatokhoz jutni, illetve az emberi kiértékeléssel tudtam megalapozni az automatikus képfelismerő rendszer kifejlesztését. A kiértékelést végző személyek beszámolói szerint a legnagyobb nehézséget a nagy kiránduló csoportok, valamint az árnyékban lévő látogatók megjelölése okozta. Az előbbi esetben az volt a probléma, hogy sok látogató több képen is megjelent, a számlálás pontosságának érdekében a kiértékelőknek viszont mindig csak az új embereket kellett kiválasztaniuk. A második esetben a képnek voltak nagyon világos és nagyon sötét részei, és a nagyon sötét részbe a látogatók teljesen beleolvadtak. Az irodalom erre a problémára több megoldást is javasol (Han et al., 2013), de végül a kiértékelő személyek úgy ítélték meg, hogy a sötét képeken is el tudják végezni a felismerési feladatot.

## 2.2. Képfeldolgozás neurális hálózat segítségével

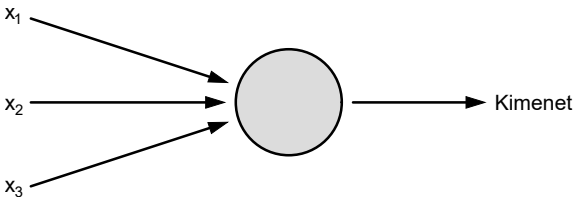
A 2012-es ImageNet képfelismerési versenyen a SuperVision nevű algoritmus kimagaslóan jó eredményt ért el a képosztályozásban, és detektálásban is jól szerepelt. Ettől kezdve az élvonalbeli képfelismerő algoritmusok mind mesterséges konvolúciós neurális hálózatokat (CNN - Convolutional Neural Network) tartalmaztak. 2016-ra már általánosan elterjedtnek számított a CNN technológia, amit alkalmasnak találtam a saját képfelismerési feladatom elvégzésére. Ebben a szakaszban bemutatom a mesterséges neurális hálózatok működési elvét, a visegrádi képek felismerésére kiválasztott eljárást, valamint az elért eredményeket.

### Neurális hálózatok

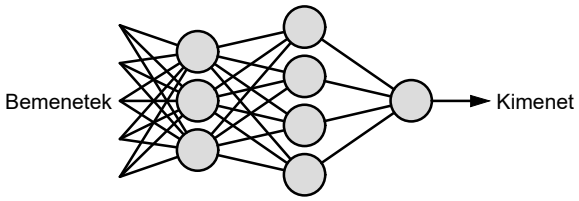
Az ember a környezetében leginkább a látására támaszkodva igazodik el, és a látott dolgok értelmezése egy tanulási folyamat része. A szem által közvetített kép feldolgozását az agyban ta-

10.13147/SOE.2018.017






2.2. ábra. A perceptron elvi felépítése




2.3. ábra. Mesterséges neurális háló kialakítása

lálható idegsejtek végzik. A számítástechnikában is felmerült a lehetősége annak, hogy bizonyos összetett problémákat hálózatba kapcsolt egyszerű feldolgozó egységek, mesterséges neuronok segítségével meg lehetne oldani. A mesterséges neuron legegyszerűbb formája a perceptron (2.2. ábra), amely több bináris bemenet alapján generál egy bináris kimenetet. A perceptron minden egyes bemenethez hozzárendel egy súlyszámot, amivel a bemenet értékét megszorozza, majd az így kapott szorzatokat összegzi. Az eredményt egy küszöbértékkel hasonlítja össze és ez alapján generál bináris kimenetet. Amennyiben a bemeneteket az x vektorban, a hozzájuk tartozó súlyokat pedig a w vektorban tároljuk, úgy az előbbi művelet a (2.1) képlettel írható le, a perceptron kimenetét pedig a (2.2) kifejezés tartalmazza. A (2.2) kifejezés felírható (2.3) formában, ahol $b = -küszöb$ és $w \cdot x = \sum w_j x_j$. A $w \cdot x$ kifejezés a súlyok és bemenetek vektorának skaláris szorzatát jelenti, míg a $b$ érték – bias – azt mutatja meg, hogy a perceptron mennyire „hajlamos” 1 értéket produkálni kimenetként. A kimenetet a súlyszámok és a küszöbérték változtatásával lehet befolyásolni.

$$w \cdot x \equiv \sum_j w_j x_j \tag{2.1}$$

$$kimenet \begin{cases} 0\, ha & \sum w_j x_j \leq küszöb \\ 1\, ha & \sum w_j x_j > küszöb \end{cases} \tag{2.2}$$

$$kimenet \begin{cases} 0\, ha & w \cdot x + b \leq 0 \\ 1\, ha & w \cdot x + b > 0 \end{cases} \tag{2.3}$$

A perceptronokat hálózatba kapcsolva bonyolult döntési struktúra hozható létre. A hálózat kialakítására mutat példát a 2.3. ábra. Az első oszloban - vagy másként: rétegben - található neuronok három egyszerű döntést hoznak a bemenő adatok alapján. A második rétegben elhelyezkedő neuronok már az első réteg kimeneteit kapják bemenetként, így magasabb szintű, absztraktabb döntést eredményeznek. Tehát minél több rétegből épül fel egy hálózat, annál magasabb az absztrakciós szintje és annál összetettebb feladatok megoldására lehet képes. Abban az esetben, ha tényleges megfigyelésből rendelkezésre állnak különböző bemenetekhez tartozó kimeneti értékek, megfelelő algoritmusok segítségével a hálózat egyes neuronjaihoz tartozó küszöbértékek és súlyvektorok beállíthatók úgy, hogy a hálózat megadott bemenetre a lehető-legnagyobb valószínűséggel adja a ténylegesen megfigyelt kimenetet. A gépi tanulás úgy képzelhető el, hogy új bemenet-kimenet párok megismerésével a neurális hálón belüli súlyok és küszöbértékek kis mértékben megváltoznak, aminek hatására a kimenet is kismértékben megváltozik, és valamivel jobban közelíti a megfigyelt kimeneteket. A perceptron típusú mesterséges neuronokkal az a probléma merült fel, hogy a súlyok, vagy a küszöbérték kismértékű megváltoztatása az eredeti kimeneti értékkel ellentétes kimenetet eredményezhet (0 helyett 1, vagy fordítva). Ezáltal az újonnan megismert kimenetet jól fogja közelíteni a hálózat kimenete, viszont a hálózat viselkedése nehezen kontrollálható módon fog megváltozni. A probléma kiküszöbölésére vezették be a szigmoid neuronnak nevezett mesterséges neuront. A szigmoid neuron legfontosabb tulajdonsága az, hogy be- és kimenetként nem csak 0-t és 1-et tud kezelni, hanem 0 és 1 között bármilyen értéket. A bemenetek ($x_j$), a hozzájuk tartozó súlyok ($w_j$) és a bias ($b = -küszöb$) ismeretében

10.13147/SOE.2018.017



a neuron kimenete az úgynevezett szigmoid függvénnyel (2.4) számítható.

$$kimenet = \frac{1}{1 + \exp(-\sum_j w_j x_j - b)} \tag{2.4}$$

A szigmoid neuron nagyon pozitív, vagy nagyon negatív $w \cdot x + b$ érték esetén nullához, illetve egyhez közeli kimenetet produkál, a 0 közeli értékeknél viszont köztes kimenetet ad, tehát az „egyértelmű" esetekben jól közelíti a perceptron viselkedését, a „határesetekben" pedig köztes értéket ad eredményül. A kétféle neuron válaszát leíró függvények – aktivációs függvény – a 2.4. ábrán láthatók. A szigmoid függvény felfogható a perceptron aktivációs függvényének simított változataként. A szigmoid függvény előnyös tulajdonsága az, hogy a kimenet változása egyenesen arányos a súlyok és a bias változásával, ezért a szigmoid neuronokból álló hálózatokban a változások hatása könnyen kiszámítható, vagyis az ilyen hálózat elvileg alkalmas a gépi tanulás megvalósítására (Nielsen, 2015). A gyakorlatban a szigmoid függvényen kívül többféle aktivációs függvényt is sikerrel alkalmaznak, a konkrét függvényt mindig a feladat ismeretében választják ki.

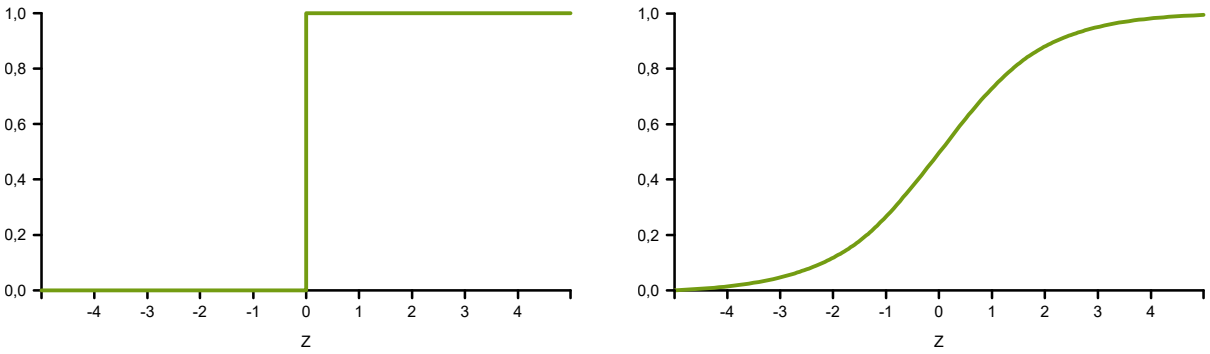
A neurális hálózat hatékonysága az azt felépítő neuronok tulajdonságain kívül a neuronok kapcsolódási módján, a hálózat felépítésén is múlik. Minden neurális hálózat rendelkezik egy bemeneti réteggel, amit a bemenő adatok alkotnak, valamint egy kimeneti réteggel, ami egy, vagy több neuronból áll. A bemeneti és kimeneti réteg között egy, vagy több, ú.n. rejtett réteg helyezkedhet el. A rejtett réteg csupán olyan neuronok összességét jelenti, amelyek egyszerre kapnak bemenetet, és nem kimeneti neuronok. A 2.3. ábrán látható hálózat például két rejtett réteggel, valamint egy egy neuronból álló kimeneti réteggel rendelkezik. A több rejtett réteggel rendelkező rendszereket mély neurális hálózatoknak nevezik. A bemeneti és kimeneti rétegek szerkezete általában a feladatból adódóan könnyen megtervezhető, ellentétben a rejtett rétegek felépítésével, hiszen a komplexitás miatt nem lehet néhány szabály alkalmazásával biztosan megállapítani egy-egy új réteg, vagy a réteg neuron szám változásának hatását. A rejtett rétegek megtervezéséhez a mérnökök éppen ezért sokféle heurisztikus tervezési módszert dolgoztak ki (Nielsen, 2015). A rétegek kapcsolata szerint a hálózat lehet előrecsatolt, amiben a döntési folyamat csak a bemenetektől a kimenet felé halad, és lehet rekurrens, amikben a kimenetet visszatáplálják a bemenetre. A gyakorlatban az előrecsatolt hálózatok bizonyultak sikeresebbnek (Russell és Norvig, 2010). Két réteg lehet teljesen összekapcsolt, vagy részben kapcsolt. Az előbbi esetben az első réteg összes neuronja kapcsolatban áll a második réteg összes egységével. Az utóbbi eset azt jelenti, hogy az első réteg neuronjai csak bizonyos második rétegbeli egységekkel állnak kapcsolatban (Lasztovicza, 2003).

A neurális hálózatok paramétereinek beállítása, tanítása ismert bemenet-kimenet párok – tanító adatbázis – alapján történik. A tanítás sikerességét az előzőektől eltérő, ismert adatokon tesztelhetjük. A tanító algoritmus arra törekszik, hogy olyan súlyokat és küszöbértékeket találjon, amelyek alkalmazásával a tanító adatbázis minden bemenetéhez számítani tud egy kimenetet úgy, hogy a kimenetek összessége a lehető legjobban közelítse meg az adatbázisban szereplő kimeneti értékeket. A tanítás sikerességét a teszt adatbázison ellenőrzik, és általában a négyzetes hibaösszeggel jellemzik, aminek a csökkentésére gradiensalapú optimalizálást használnak. Ez azt jelenti, hogy a súlyokat és küszöbértékeket kismértékben változtatva kismértékben változik a hiba mértéke, és az algoritmus úgy választja meg a változtatás irányát, a gradienst, hogy a hiba csökkenjen. A változtatás mértékét tanulási faktornak nevezzük. Az algoritmusok egy lépésben általában nem a teljes tanító adatbázist használják, hanem mintát vesznek belőle, és ezeket a mintákat futtatják végig a hálózaton. A mintahalmaz egyszeri végigfuttatását epochnak nevezzük. A tanítási folyamatnak akkor van vége, amikor a hiba már nem csökkenthető jelentős mértékben (Russell és Norvig, 2010).

A neurális hálózatok tehát a rejtett rétegek komplex kapcsolatán keresztül képesek a rendelkezésre álló adatokból információt kinyerni úgy, hogy a rejtett rétegek működését a hálózat megalkotója határozza meg, de a paraméterei a tanulási algoritmus szerint alakulnak ki. A ne-

10.13147/SOE.2018.017






2.4. ábra. A perceptron (a) és a szigmoid neuron (b) aktivációs függvényének általános alakja

urális hálózatok úgy képesek az adatok között összefüggéseket találni, hogy bemenetként nem kell megadni, hogy pontosan hol keressék a hasonlóságokat.

### Neurális hálók a képfeldolgozásban

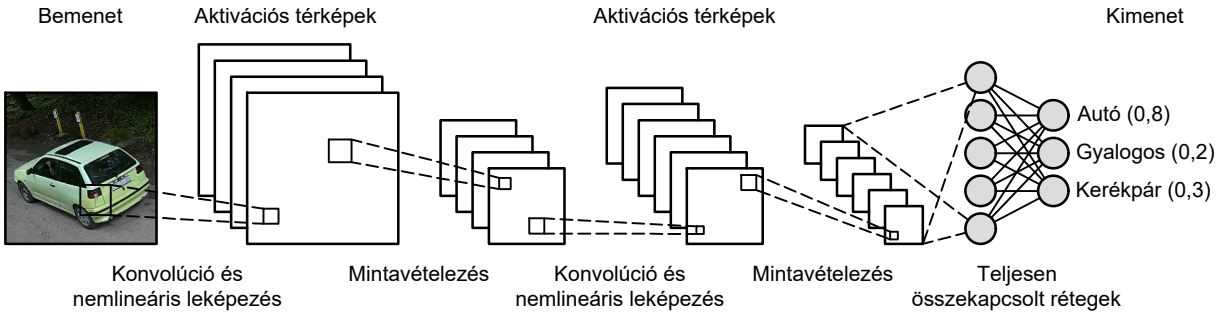
Az ember a körülötte lévő világról több érzékszervével szerez információt, amelyek közül a látásra támaszkodik leginkább. A vizuális ingerek értelmezését már születésünktől fogva tanuljuk. Újszülötteknél megfigyelték, hogy szívesebben néznek arc-szerű képeket, mint mást, négy hónapos korban már a 0,1 másodpercig látott képen is mérettől és perspektívától függetlenül felismerik az emberi arcot, és egészen a serdülőkorig fejlődik az arcfelismerő és megkülönböztető képesség (Heering és Rossion, 2015). A digitális képalkotás megjelenésével és elterjedésével felmerült a lehetősége annak, hogy a digitális képeken látható tartalmat a számítógép fel tudja ismerni, abból információt tudjon kinyerni. A digitális képekből kinyert, ember számára fontos információ automatikus megszerzésének módszerét képfeldolgozásnak nevezik. A képfeldolgozás három nagy területre bontható. A képkészítéskor a képre került hibák kiküszöbölésével a képhelyreállítás, míg a lényeges részek kiemelésével a képjavítás foglalkozik. A képen látható információk kinyerése és feldolgozása a képanalízis területéhez tartozik. A neurális hálózatokat mindhárom területen alkalmazzák, de a legnagyobb jelentősége a képanalízisben van (Lasztovicza, 2003). A képanalízis a legtöbb esetben a képen látható objektumok felismerését, kategorizálását jelenti, amely feladat megoldására az utóbbi években a konvolúciós neurális hálózatok (CNN - Convolutional Neural Network) bizonyultak a legalkalmasabbnak. A konvolúciós neurális hálózatok első jól működő képviselője a LeNet architektúra néven vált ismertté. A koncepciót Yann LeCun és munkatársai dolgozták ki 1998-ban, és a modern CNN-k azóta is ezt a fajta felépítést alkalmazzák több-kevesebb módosítással. A LeNet-hez hasonló szerkezetű hálózatot mutat be a 2.5. ábra. Az ábrán látható rendszer egy képről meg tudja mondani, hogy az mekkora valószínűséggel ábrázolja a három kimeneti kategória valamelyikét. A legnagyobb valószínűségi értéket mutató kategória lesz a felismerési feladat eredménye, amennyiben az egy bizonyos valószínűségi szintet (threshold) meghalad. A 2.5. ábrán látható rendszer négy fő műveletet hajt végre a bemeneti képen, amely négy művelet minden CNN részét képezi:

- Konvolúció
- Nemlineáris leképezés
- Mintavételezés
- Osztályozás

A konvolúciós lépés feladata jellegzetes vonásokat keresni a bemeneti képen. Ilyen jellegzetességek lehetnek például az élek, a sarkok, foltok, stb. A konvolúció tulajdonképpen egy súlyozott

10.13147/SOE.2018.017






2.5. ábra. Egyszerű konvolúciós hálózat

mozgóátlag képzést jelent. Raszterképek esetén ezt úgy kell elképzelni, hogy a képpontontok alkotta rácsháló előtt végighúzunk egy kisebb „ablakot" - szűrőt- amely súlyszámokat tartalmaz. Az ablak súlyszámait összeszorozzuk az alatta található pixelértékekkel, a szorzatokat összeadjuk és az eredményt beírjuk a szűrő közepe alatt található pixel helyre (2.6. ábra). A szűrőt az eredeti kép minden csatornájára (vörös, zöld, kék, átlátszóság, vagy szürke skála) és minden lehetséges pixelére alkalmazzuk, és így kapjuk az ú.n. aktivációs térképet, vagyis a konvolúciós szűrés eredményét (2.7. ábra). A különböző jellegzetességek kiemelésére különböző súlyszámokkal kialakított szűrőket alkalmaznak. Az eredeti képen több szűrő is futtatható, ezáltal a rendszer többféle jellegzetességet lesz képes beépíteni a döntési folyamatba.

Az aktivációs térképek minden pixelértékét egy nemlineáris aktivációs függvénnyel rendelkező egység értékeli. A nemlinearitás bevezetése a tapasztalatok szerint jobb eredményre vezet a lineáris függvények alkalmazásánál. A nemlineáris függvény legelterjedtebb típusai a szigmoid, a tangens hiperbolikus és a ReLU elnevezésű függvény. A konvolúciós hálózatokban napjainkban a ReLU függvény használata a leggyakoribb. Ez a függvény annyit tesz, hogy a negatív pixelértékeket nullára állítja, a pozitív értékeket pedig változatlanul hagyja. Használata alacsony számításigényű, valamint a pozitív tartományban nem telítődik, így csak $x < 0$ esetben lesz a gradiens értéke 0, ami a tanítás szempontjából előnyös tulajdonság.

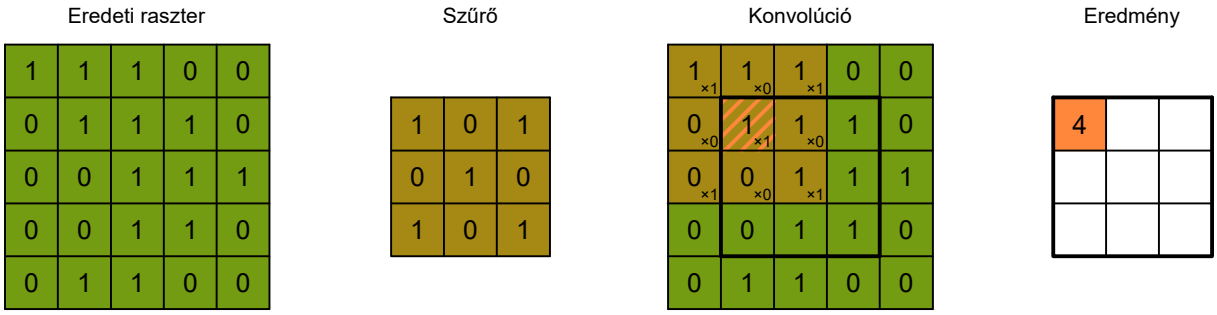
A nemlineáris leképezés bevezetésével előállított „helyesbített" aktivációs térképek általában túl nagy felbontásúak és így a velük való munka nagyon számításigényes. E probléma kiküszöbölésére alkalmazzák a különböző mintavételezési méretcsökkentő eljárásokat. Az eljárással szemben elvárás, hogy a kép méretét úgy csökkentse, hogy a lényeges információtartalom nagyrészt megmaradjon. A mintavételezést kis méretű, néhány pixel oldalhosszúságú szűrőkkel végzik. A leggyakoribbak a maximumot, az átlagot, illetve az összeget számító szűrők. A szűrőket minden aktivációs térképre külön-külön alkalmazzák, és így állítják elő az első feldolgozási lépés eredmény képeit.

A hálózat felépítésétől függően a Konvolúció - Nemlineáris leképezés - Mintavételezés műveletsorból több is következhet egymás után, ahol egy-egy lépés eredménye szolgál kiindulási képként a következő feldolgozási egység számára. A 2.5. ábrán látható rendszer első lépésben négyféle konvolúciós szűrőt futtat az eredeti képen, mindegyikre nemlineáris aktivációs függvényt, illetve valamilyen mintavételezést alkalmaz. Az eredményül kapott négy kép mindegyikén újabb hat szűrőt futtat végig, majd alkalmazza a nemlineáris leképezést és a mintavételezést. Az újabb és újabb konvolúciós lépések egyre magasabb szintű jellegzetességek kinyerésére alkalmasak (2.8. ábra).

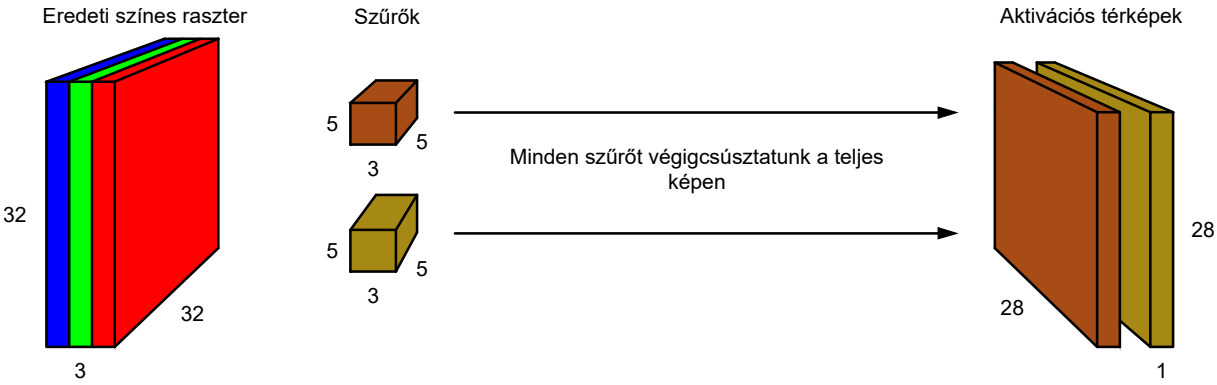
A helyesbített, csökkentett méretű aktivációs térképek magas szintű jellegzetességeket tartalmaznak, amelyek külön-külön is alkalmasak lehetnek az osztályozási feladat elvégzésére. Sokkal hatékonyabb azonban, ha az összes eredményül kapott képet egy klasszikus felépítésű, teljesen összekapcsolt, szigmoid neuronokból álló hálózat bemenetére adjuk, hiszen egy ilyen hálózat az összes jellegzetességet figyelembe veszi az eredmény maghatározásánál.

10.13147/SOE.2018.017

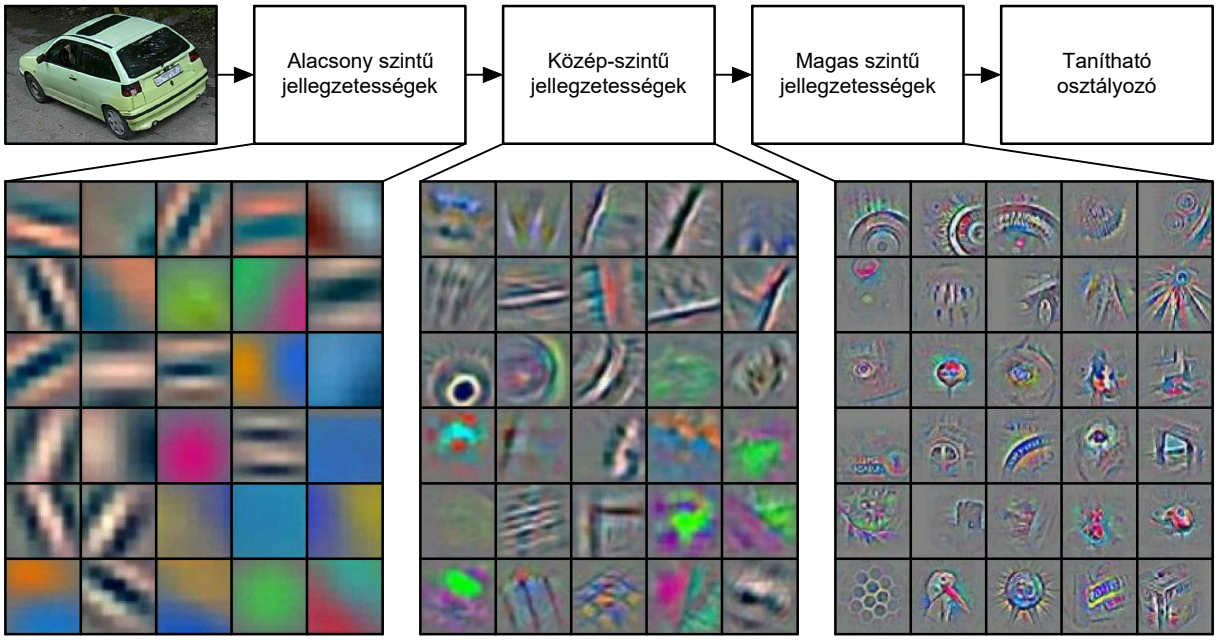





2.6. ábra. A konvolúció értelmezése raszterképen



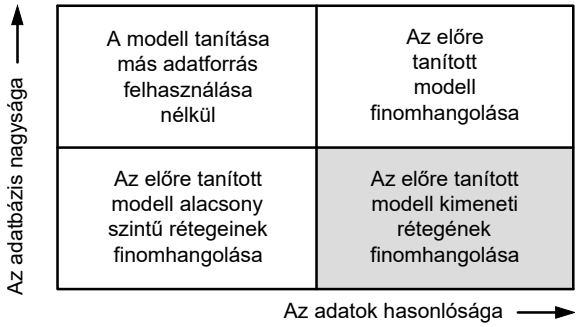

2.7. ábra. A konvolúciós lépés




2.8. ábra. Az egymást követő konvolúciós lépések által kinyert jellegzetességek megjelenítése. Zeiler és Fergus (2014) nyomán.

10.13147/SOE.2018.017






2.9. ábra. A nagy adatbázison tanított modell felhasználási lehetőségei az egyedi feladat megoldásához

### Előre tanított rendszerek felhasználása (Transfer learning)

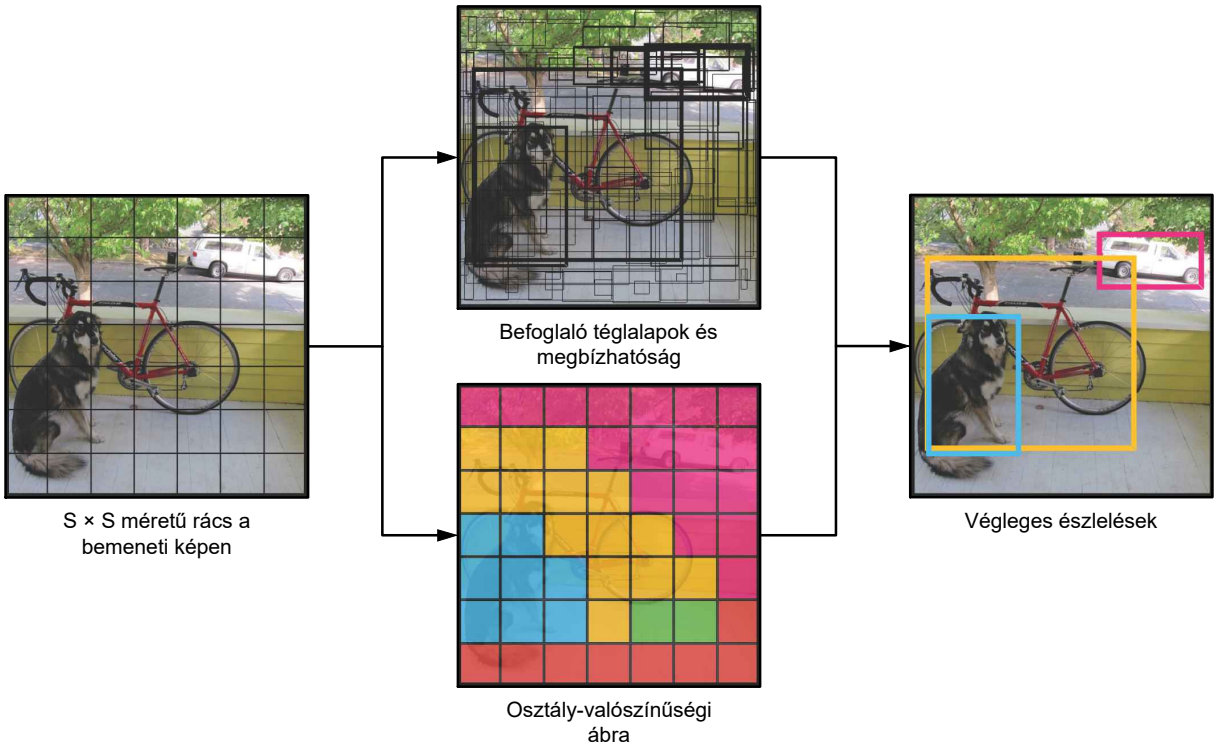
Az állóképek feldolgozása, osztályozása sok nagy vállalat érdeke, ezért nagy energiát fordítanak az ilyen jellegű feladatok megoldására. A felismerési és osztályozási feladatok legenergiaigényesebb lépése a tanító és teszt adatbázis összeállítása, hiszen az eredményes alkalmazáshoz százezres nagyságrendű felcímkézett fotóra van szükség. Ilyen méretű adatbázis általában nem áll rendelkezésre egy-egy felismerési feladathoz, azonban több felcímkézett képgyűjtemény is hozzáférhető az interneten, melyek közül a legnagyobb az ImageNet nevű adatbázis. Ez összesen 14 millió képről tartalmazza, hogy a 21 000 kategóriából mi látható rajta, ebből 1 millió képen az objektum elhelyezkedése is adott (Russakovsky et al., 2015). A nagyszámú kategória biztosíték arra, hogy legalább részben átfedjen az egyedi felismerési feladatok kategóriáival, ami lehetőséget ad arra, hogy a nagy adatbázison tanított neurális háló felhasználható legyen az egyedi feladat megoldásánál. A „transfer learning" azt jelenti, hogy az alkalmazott neurális hálózat nem csak a speciális feladat tanító adatbázisából, hanem más, hasonló feladatra betanított hálózat eredményéből is tanul. A rendelkezésre álló tanító adatok mennyiségétől és a két feladat hasonlóságától függően négy lehetőség van a nagy adatbázisból kinyert paraméterek felhasználására (2.9. ábra).

### Az adaptált neurális hálózat: YOLO (You Only Look Once)

A képfelismerésre kidolgozott rendszerek felépítését és eredményeit általában publikálják a kutatók, és néhány esetben a rendszer programkódja is elérhető. Számomra több rendszernél gondot okozott, hogy a forráskód olyan programnyelven készült, amelynek használatában nem vagyok jártas. Ezért, és az irodalom alapján várt jó eredmény miatt a YOLO nevű rendszer használatát választottam. A rendszer első változatát Joseph Redmon és munkatársai mutatták be 2015-ben (Redmon et al., 2015). A YOLO egy általános célú képfeldolgozó rendszer, amelyet a minél gyorsabb objektum lokalizálásra és felismerésre optimalizáltak. A gyorsaság mellett legalább olyan pontos pozicionálást és felismerést tűztek ki célul a fejlesztők, mint ami a legmodernebb képfeldolgozó rendszerekre jellemző. A YOLO legnagyobb újdonsága az, hogy az objektum detektálási és a felismerési feladatok különálló lépéseit egy neurális hálózat segítségével oldja meg. Emellett a valószínűsíthetően objektumot ábrázoló területek meghatározásánál a teljes képet figyelembe veszi, ellentétben a legtöbb más algoritmussal, amelyek egyszerre csak a kép egy kisebb részletét dolgozzák fel. A YOLO a teljes képet 24 konvolúciós réteg és két teljesen összekapcsolt réteg alkalmazásával csökkenti le egy 7×7 méretű rácsra . Az algoritmus minden rács cellában meghatároz adott számú befoglaló téglalapot, amelyek objektumot tartalmazhatnak. A befoglalók öt tulajdonságát - x,y koordináta, szélesség, magasság, megbízhatóság - becsli meg a rendszer. Amennyiben egy cella nagy valószínűséggel objektumot tartalmaz, a rendszer kiszámítja az előre meghatározott osztályok előfordulási valószínűségét a cellában található befoglaló téglalapokra, majd ezek szorzataként magára a cellára. Így a teljes képre előállnak a lehetséges befoglaló tég-

10.13147/SOE.2018.017






2.10. ábra. A YOLO működési modellje

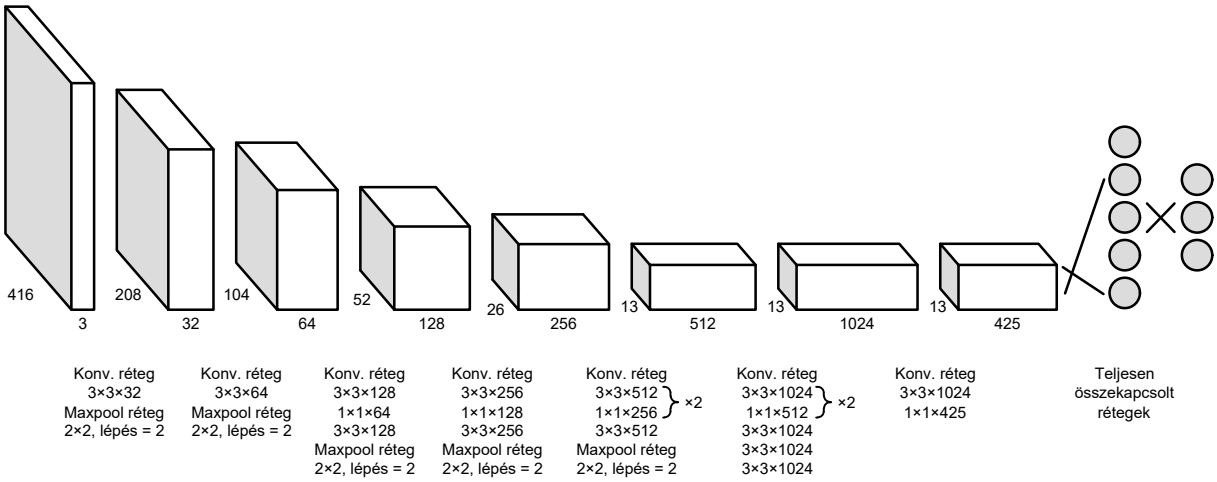
lalapok, valamint a 7×7-es rácsban cellánként a legvalószínűbb kategóriák. Ezek alapján adja meg a rendszer a végleges észlelési és osztályozási eredményeket (2.10. ábra). A kutatók azt tapasztalták, hogy az előbbiekben bemutatott rendszer teljesítménye alatta maradt a kortárs rendszerek teljesítményének. A legszembetűnőbb hibát az objektumok lokalizálásánál találták. Emiatt egy évvel később, 2016-ban bemutatták a YOLO továbbfejlesztett változatát (Redmon és Farhadi, 2016), amelyet a kutatásomhoz én is felhasználtam. A YOLOv2 rendszer (2.11 .ábra) a konvolúciós lépések közötti normalizálás, a nagyobb kezdeti felbontású képek használata, a továbbfejlesztett befoglaló téglalap becslés, a változó felbontású (7×7 helyett 13×13, illetve 26×26) utolsó rétegek, valamint egy hierarchikus osztályozó alkalmazásának eredményeképp az egyik legjobb képfeldolgozóvá vált. A hierarchikus osztályozónak köszönhetően a tanításhoz egyszerre több adatbázis is felhasználható, mivel a különböző igényeknek megfelelő pontosságú címkék (pl. „Állat” - „Emlős” - „Kutya” - „Német juhász” ) mindegyike elhelyezhető az osztályozó fogalomlistájában. A COCO nevű, detektálást segítő adatbázis és a már említett ImageNet osztályozást segítő adatbázis kombinálásával a kutatók létrehozták a YOLO9000 nevű képfeldolgozó rendszert, amely 9000 osztály felismerésére képes. Ennek hátránya, hogy az objektumok detektálására használt adatbázis bizonyos fogalmakat nem tartalmaz, ezért a teljes rendszer az ide tartozó objektumok felismerésénél gyakrabban hibázik.

### Saját képek feldolgozása

A forgalomszámláló rendszerből származó fotók automatikus feldolgozásával az volt a célom, hogy az egyes képeken minél nagyobb pontossággal meg tudjam határozni a rajta látható úthasználók darabszámát és típusát. Nyolc csoport elkülönítését szerettem volna megoldani: gyalogos, kerékpáros, lovas, lovaskocsi, motorkerékpár, személygépkocsi, munkagép és tehergépkocsi. Az automatikus feldolgozásra a konvolúciós neurális hálózatokat találtam legalkalmasabbnak. A hálózat tanításához rendelkezésemre állt egy 2012. 08. 07. és 2014. 11. 09. közötti időszakból 10 800 képet tartalmazó adatbázis, amelynek teljes feldolgozása kiértékelő személyek által megtörtént, és amely mind a nyolc látogató osztályra tartalmazott fotót (2.2. táblázat). A teljes

10.13147/SOE.2018.017






2.11. ábra. A YOLOv2 rendszer felépítése

| Úthasználó csoport | Darabszám |
|---|---|
| Gyalogos | 13 726 |
| Kerékpáros | 3 548 |
| Lovas | 25 |
| Lovaskocsi | 132 |
| Motorkerékpáros | 140 |
| Személygépkocsi | 4 664 |
| Munkagép | 36 |
| Tehergépkocsi | 218 |

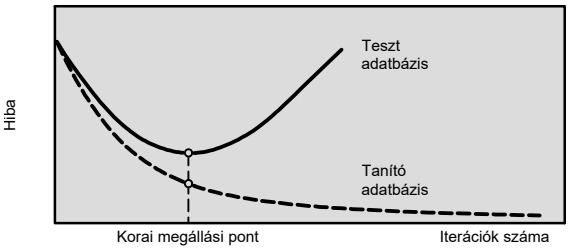
2.2. táblázat. A tanító adatbázis úthasználóinak megoszlása típus szerint

feldolgozás azt jelenti, hogy a képen látható összes úthasználóhoz hozzárendeltük a pozícióját, a besorolását (gyalogos, kerékpáros, stb.), valamint az egyéb, egyértelműen megállapítható jellemzőjét (erdészeti gépkocsi, sporttevékenység, stb.). A gyalogos, kerékpáros és személygépkocsi csoporton kívül a többi típusból kevés mintám volt, de a várható gyenge eredmény ellenére benne hagytam őket a tanító adatbázisban.

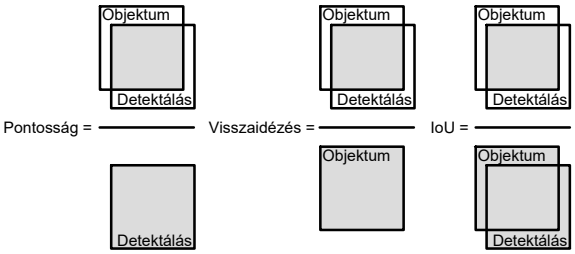
Ez az adatbázis a neurális hálózatok bemenő adatigényéhez képest szerény méretű, viszont az általam keresett úthasználó csoportok mindegyike megtalálható a YOLO9000 rendszer osztályai között. A 2.9 ábra alapján úgy ítéltem meg, hogy a YOLO9000 rendszer kimeneti rétegének finomhangolásával, illetve újra tanításával jó eredményeket érhetek el. A feladat technikai megvalósításához részletes leírást a github.com/AlexeyAB/darknet internetes oldalon találtam. Az oldal szerzője a csatolt rétegek újratanítását javasolja, és mutatja be, ezért én is ezt az utat választottam. A tanítás alapjául a YOLO9000 rendszer konvolúciós rétegeinek paraméterei szolgáltak. Ezt az állományt a pjreddie.com/media/files/darknet19_448.conv.23 webhelyről töltöttem le. A hálózat felépítése ugyanaz maradt, mint a YOLO9000 rendszeré (2.11. ábra), de a teljesen kapcsolt rétegeknek csak nyolc kimenete volt a saját nyolc osztályomnak megfelelően. A hálózat tanítása a Darknet keretrendszerben történt (Redmon, 2013–2016). A Darknet program képes a számítógép, illetve a grafikus kártya processzorait használva is futni, de kellően gyors működés csak az utóbbitól várható. A hálózat tanítását és tesztelését egy NVIDIA Quadro K2200 típusú grafikus kártyán végeztem, amelyben a CUDA platform használatával 640 grafikus processzor párhuzamos elérésére van lehetőség. A keretrendszer iterációs úton, több ciklus alatt állítja be a hálózat súlyszámait. Egy ciklusban előre megadott számú – jelen esetben 8 - képet választ ki véletlenszerűen a tanító adatbázisból, ezeket végigfuttatja az előző ciklusban, vagy a

10.13147/SOE.2018.017






2.12. ábra. Túltanítás



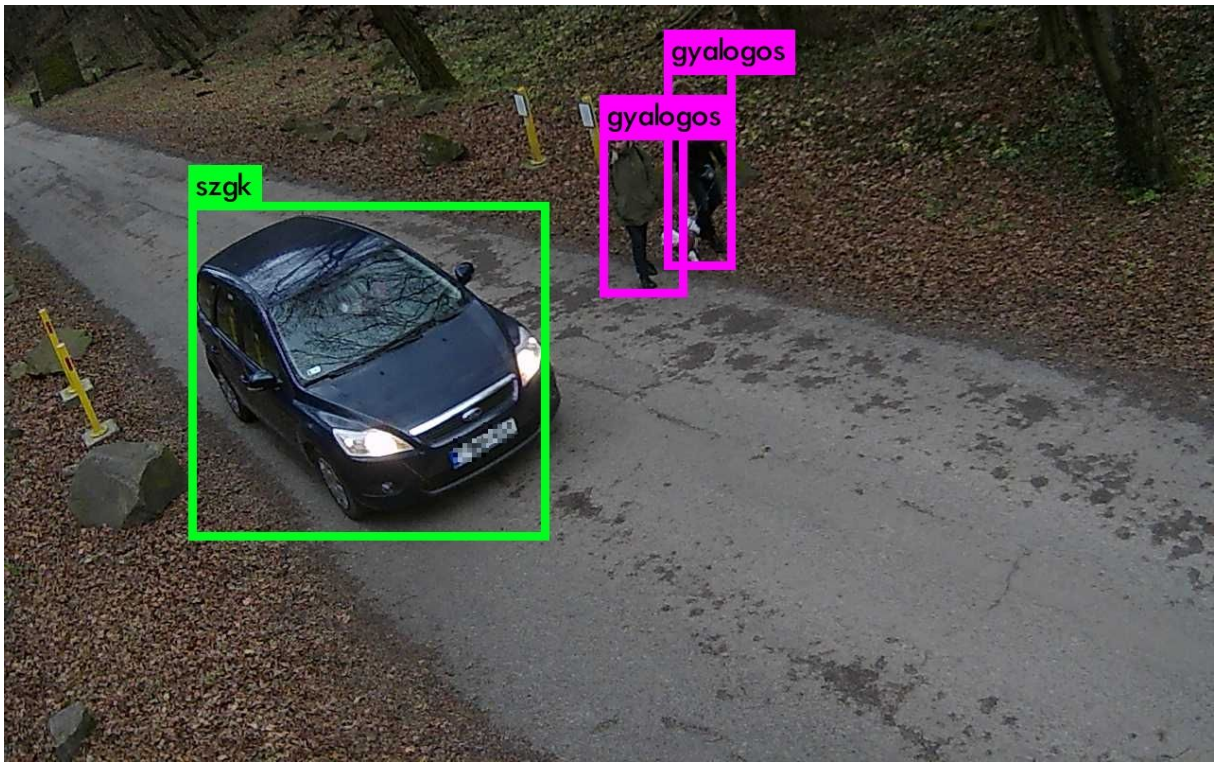

2.13. ábra. A hálózat detektálási pontosságát kifejező mérőszámok értelmezése

kezdeti értékekkel beállított hálózaton, majd különböző mérőszámok kiszámítása után a gradiens elv szerint módosítja a súlyszámokat. Az eredmények megfelelőségét az IOU (Intersection Over Union - Területmetszet / terület unió), a Precision (pontosság) és a Recall (Visszaidézés) mérőszámokkal lehet jellemezni (2.13. ábra), amelyeket minden esetben a valós pozitív eredmények (a gép által meghatározott, és az adatbázisban szereplő úthasználó osztálya megegyezik) alapján számít a keretrendszer.

A leírás szerint az IOU szám a kifejezőbb, ezért ennek maximalizálására kell törekedni. A tanítás során az IOU elméletileg minden ciklussal növekszik (lásd gradiens elv, Neurális hálózatok c. rész), vagyis a rendszer egyre jobban rátanul az adott adatbázisra. Fennáll a veszélye azonban annak, hogy túlságosan specialista lesz a tanítás eredménye, és az ismeretlen képeken elkezd romlani a teljesítmény (2.12. ábra). Ennek elkerülése érdekében minden 1000. ciklus után elmentésre kerül az aktuális paraméterkészlet, amit a teszt adatbázison ellenőrizni kell. A tanítás eredményének azt a paraméterkészletet kell tekinteni, amely mellett a teszt adatbázisra a legmagasabb IOU érték adódik. Teszt adatbázisként a 2016. január 7. és 2016 március 20. között készült képek közül azokat használtam fel, amelyeken minden úthasználó be volt jelölve. Ez összesen 4484 fotót jelentett, amin 4767 úthasználót jelöltek be a kiértékelést végző személyek. A kiértékelés célja ebben az időszakban már elsősorban a látogatószám minél gyorsabb meghatározása volt, ezért a több képen is szereplő úthasználók csak egy képen lettek megjelölve. Emiatt a gyalogosokat ábrázoló képek közül sok nem volt alkalmas tesztelési célra, ami eltorzította a csoportok részarányát a teszt adatbázisban. A tesztadatbázis képei már a forgalomszámláló rendszer legújabb változatával készültek, ami azt jelenti, hogy a kamera jóval közelebb került a szenzortartó oszlopokhoz, ezáltal a fotók perspektívája eltér a tanító képekétől. Azért választottam ezt a megoldást, mert így a folyamatosan üzemelő eszköz újabb képein való alkalmazhatóság mérése mellett azt is meg tudtam becsülni, hogy hasonló környezetben elhelyezett kamera képein milyen teljesítmény várható a feldolgozó rendszertől további tanítás nélkül. A Draknet keretrendszer a valós pozitív eredmények IOU és Recall értékén kívül más mérőszámot nem szolgáltat közvetlenül. A felismerési feladat értékelésekor azonban fontosnak tartottam annak meghatározását, hogy az egyes osztályokba tartozó úthasználókat a jó felismerés mellett milyen gyakorisággal sorolja a rendszer más típusba. Ennek megállapítására saját fejlesztésű programot készítettem. A Yolo-alapú, saját adatokkal betanított hálózatot az AlexeyAB GitHub felhasználó által megalkotott yolo_cpp_dll.dll-en keresztül tudtam elérni. A dll az inputként kapott kép koordináta-rendszerében adta vissza a számított befoglaló téglalapokat, valamint a hozzájuk tartozó úthasználó típust, és a típus becslés biztosságát kifejező 0 és 1 közötti számot. A program megadott súlyszám-készlet és megbízhatósági küszöbérték mellett minden képet végigfuttat a hálózaton. Az alapadat mellett így előállnak képenként a hálózat által észlelt úthasználókat jelölő befoglalók is. A valós, és a gép által számított befoglaló téglalapok közül az átfedés mértéke alapján választottam ki azokat a párokat, amelyek ugyanazt az úthasználót jelölik. Amennyiben egy valós befoglalóhoz nem tartozott számított elem, úgy ezt az úthasználót nem észleltként jelöltem meg. Feljegyeztem azokat az eseteket is, amikor a hálózat olyan helyen is úthasználót jelzett, ahol a valóságban csak a háttér volt látható. Abban az eset-

10.13147/SOE.2018.017






2.14. ábra. Példa saját adatokkal meghatározott úthasználóra

ben, ha a valós befoglalóhoz tartozott számított befoglaló is, mentésre került a két módszerrel meghatározott úthasználó típus, valamint a két befoglaló téglalap. Így ki tudtam mutatni, hogy melyik csoportból hány darabot ismert fel helyesen a program, hány darabot kevert össze másik csoporttal, hány darabot nem talált meg, illetve hány esetben sorolt be háttér elemet az adott csoportba. A megbízhatósági küszöbértéket 0,2-től 0,7-ig változtattam, és ennek függvényében vizsgáltam a tévesztések alakulását, illetve a jó találatok arányát az összes találathoz, és az alap adathoz képest.

A saját adatbázison, saját osztályokkal betanított hálózat működését először vizuálisan ellenőriztem. A Darknet keretrendszer konzolos alkalmazásával egyes képekre végrehajtható a felismerés. A program kimenetében megadja a kiszámított objektumok kategóriáját és a becslés megbízhatóságát, valamint az eredeti képen bejelöli a megtalált úthasználókat (2.14. ábra).

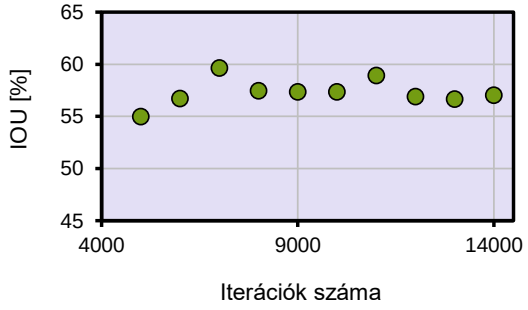
A különböző súlyszám készletek mellett elért IOU eredményeket a 2.15. ábra mutatja be. Az ábra alapján megállapítottam, hogy a 7000 (IOU = 59,63) és a 11000 (IOU = 58,92) ciklus alatt kiszámított súlyszámokkal működő rendszer adta a legjobb eredményt a teszt adatbázison. A két paraméter készlet közül a 11000 ciklushoz tartozót választottam ki a további vizsgálatokhoz, mivel az IOU értéke alig kisebb, mint a 7000-esé, viszont jóval több kép jellemzőit veszi figyelembe.

A YOLO hálózat a bemeneti képet először meghatározott méretűre alakítja. Minél nagyobb ez a felbontás, annál kisebb objektumok detektálására lesz alkalmas a rendszer. A tesztképekre vonatkozó IOU változását a felbontás függvényében a 2.16. ábra mutatja be. Az ábra alapján megállapítottam, hogy az a hálózat nyújtotta a legjobb teljesítményt, amelyik a kezdeti lépésben 288×288 pixel méretűre alakította a bemeneti képet.

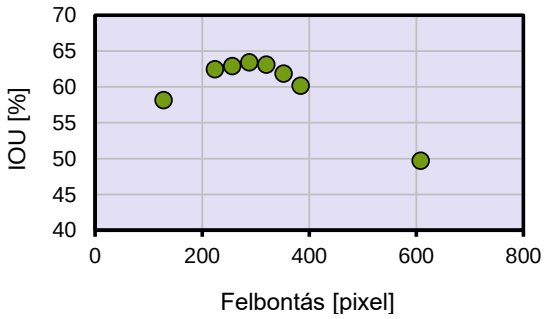
A súlyszámok és az első lépés felbontása mellett a megbízhatósági küszöbérték beállítása volt nagy hatással az eredményekre. A 2.17. ábrán látható, hogy a küszöbérték 0,2-ről 0,7-re emelésével a jó találatok aránya a tényleges darabszámhoz képest 87%-ról 73%-ra csökkent. Az összes számított találat közül a legtöbb jó találatot 0,35-ös küszöbérték mellett sikerült elérni, itt a találatok 82%-a volt jó, a ténylegesen megjelenő úthasználóknak pedig 84%-át

10.13147/SOE.2018.017

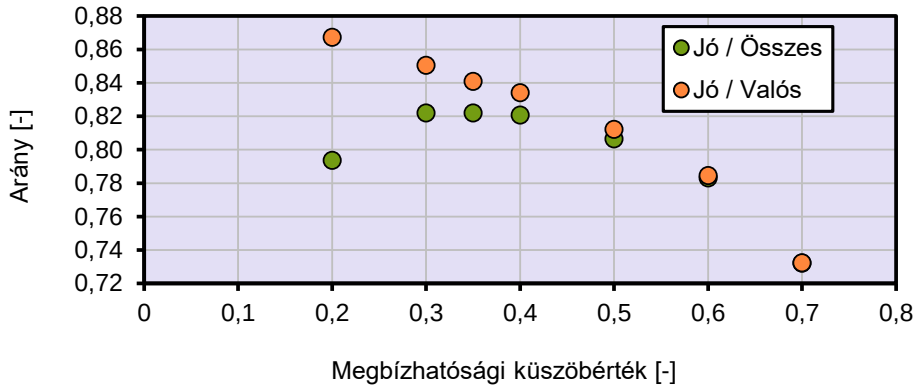





2.15. ábra. Az IOU változása a tanítási ciklusok függvényében




2.16. ábra. Az IOU változása az első lépésben beállított felbontás függvényében




2.17. ábra. A megbízhatósági küszöbérték hatása a jó találatok arányára

találta meg jól az algoritmus. A 2.3. táblázat azt mutatja be, hogy a különböző küszöbértékek mellett hogy alakul a rossz találatok, és ezen belül a különböző hibatípusok aránya. A „Téveszt” oszlopban azok az esetek szerepelnek, amikor az úthasználó detektálása sikeres volt ugyan, de a besorolást elrontotta az algoritmus. A „Nem lát” oszlopban jelennek meg azok az esetek, amikor a fotón lévő úthasználót nem találta meg a program, a „Többet lát” oszlopba pedig azok az esetek kerültek, amikor olyan helyen jelzett úthasználót, ahol a valóságban nem volt látható. A hibák okának részletesebb feltárása érdekében elkészítettem a 0,35-ös küszöbértékhez tartozó eredmények tévesztési mátrixát (2.4. táblázat). A táblázat bal oldalán látható, hogy az egyes csoportok hány taggal képviselték magukat a teszt adatbázisban. A további oszlopok azt mutatják, hogy ebből a mennyiségből mennyit sorolt az egyes típusokba, illetve hányat nem ismert fel a program. A legalsó sorban azok a találatok láthatók, amelyek tévesen úthasználót jeleztek.

Az algoritmus tanítása és tesztelése a számláló rendszer különböző változataival készült képeken történt, viszont minden fotó ugyanazon a helyen, megközelítőleg azonos perspektívából készült. A kutatásnak nem volt feladata az, hogy egy teljesen általános körülmények között alkalmazható algoritmust tanítsak be, viszont kíváncsi voltam, hogy további tanítás nélkül, hasonló erdei környezetben milyen eredményt ad a rendszer. Ezt két, internetről letöltött képpel szemléltettem, amelyek a saját úthasználó osztályaimnak megfelelő úthasználót ábrázolnak erdei úton, viszont a mérőhelyétől eltérő perspektívában. Az algoritmus mindkét fotón nagyon pontosan detektálta, és helyesen osztályozta a rajtuk szereplő úthasználókat (2.18. ábra).

## Következtetések

A különböző ciklusszámú tanítás után előálló paraméter-készletekhez tartozó IOU értékek vizsgálatakor azt tapasztaltam, hogy nem állapítható meg határozottan kiemelkedő érték. Elképzel-

10.13147/SOE.2018.017



| **Küszöb érték** | **Összes találat** | **Jó találat** | **Rossz találat** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | **Összes** | **Téveszt** | **Nem lát** | **Többet lát** |
| 0,70 | 4768 | 3491 | 1277 | 46 | 1230 | 1 |
| 0,60 | 4776 | 3740 | 1036 | 60 | 967 | 9 |
| 0,50 | 4801 | 3872 | 929 | 80 | 815 | 34 |
| 0,40 | 4845 | 3976 | 869 | 89 | 702 | 78 |
| 0,35 | 4876 | 4008 | 868 | 104 | 655 | 109 |
| 0,30 | 4932 | 4054 | 878 | 103 | 610 | 165 |
| 0,20 | 5209 | 4131 | 1075 | 133 | 500 | 442 |

2.3. táblázat. A megbízhatósági küszöbérték hatása az algoritmus felismerési pontosságára

| Tényleges úthasználó | db | Számított úthasználó | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Gya-logos | Kerék-páros | Lovas | Lo-vas-kocsi | Motor | Szgk | Mun-kagép | Tgk | - |
| Gyalogos | 700 | 657 | 7 | 6 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 29 |
| Kerékpáros | 489 | 9 | 464 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 13 |
| Lovas | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Lovaskocsi | 50 | 0 | 0 | 0 | 24 | 1 | 2 | 0 | 0 | 23 |
| Motor | 11 | 2 | 4 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Szgk | 3249 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2777 | 0 | 1 | 476 |
| Munkagép | 18 | 0 | 0 | 0 | 1 | 7 | 3 | 0 | 0 | 7 |
| Tgk | 246 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 49 | 0 | 87 | 106 |
| - | 109 | 63 | 10 | 0 | 1 | 2 | 28 | 0 | 5 | 0 |

2.4. táblázat. A 0,35-ös megbízhatósági küszöbértékhez tartozó tévesztési mátrix

(a) (b)

2.18. ábra. Két példa a saját adatokkal tanított hálózat kontextuson kívüli működésére. Forrás: a: www.robinoneillphotography.com, b: www.eeuroparts.com

10.13147/SOE.2018.017



hető, hogy a tanítás folytatásával megjelennének a kiválasztott súlyszámoknál jobban teljesítő paraméterek. A 14000 ciklus lefuttatása egy hétig tartott, és a trend 11000 ciklus után csökkenő volt, ezért nem folytattam tovább a tanítást.

A github.com/AlexeyAB/darknet oldalon található leírás szerint az első lépésben beállított felbontás növelésével eredményesebb detektálás érhető el, mivel így az egyre kisebb alakzatok is megjelenhetnek az utolsó rétegen. Azonban a 2.16. ábra azt mutatja, hogy az IOU értékek maximuma nem a legnagyobb felbontásnál található. A forgalomszámláló rendszer fotóin a figyelembe veendő úthasználók a szenzortartó oszlopokhoz közel, viszonylag nagy méretben jelennek meg, ezért lehet elegendő az 288×288 pixeles felbontás. Elképzelhetőnek tartom azt is, hogy a nagyobb felbontás miatt a nagy alakzatokon belül kisebbeket is talál az algoritmus, ami rontja az eredményességet. A feladatom szempontjából csak a megfelelő paraméter kiválasztása volt fontos, ezért annak hátterével nem foglalkoztam mélyebben.

A megbízhatósági küszöbérték növelésével az algoritmus egyre kevesebb találatot adott, és egyre kevesebb valós úthasználót talált meg. Az összes számított úthasználóhoz viszonyítva 0,35-ös megbízhatósági küszöbértéknél adódott a legtöbb jó találat. A felismerési feladat szempontjából ezt az értéket tartom meghatározónak, hiszen így a legnagyobb a valószínűsége annak, hogy az algoritmus egy új képen ha talál valamit, azt jól fogja meghatározni. Az algoritmus legnagyobb hibája, hogy a valós úthasználók 14%-át nem észleli. Ezt a hibát látogató csoportonként megvizsgálva elmondható, hogy a személyautóknál és a tehergépkocsiknál fordul elő legnagyobb arányban. Ennek az lehet a magyarázata, hogy a gépkocsik nagyon változatos sebességgel haladhatnak, emiatt a belátható útszakaszon a legkülönfélébb helyeken fordulhatnak elő. Több olyan kép is van, amelyen a gépkocsi csak részben szerepel, ami tovább nehezíti a felismerést. Ezen kívül a gépkocsikra a legjellemzőbb az, hogy sötétben közlekednek az úton, ekkor csak a két reflektoruk látszik, ami nagyon különböző a nappal mutatott képüktől. A tehergépkocsiknak csak 35%-át ismerte fel helyesen a program, közel 45%-át nem volt képes detektálni, 20%-át pedig személygépkocsiként osztályozta. Ennek a gyenge eredménynek az lehet az oka, hogy a kifelé tartó tehergépkocsik majdnem a kép teljes jobb felét elfoglalják, és oldalról látszanak, a befelé tartók pedig jóval kisebbek, és az oldaluk alig látható. Ezenkívül a tanító adatbázisban a teherautók száma alig haladta meg a kétszázat. Valószínűsítem, hogy a tehergépkocsit ábrázoló képek számának növelésével eredményesebb lehetne a hálózat betanítása.

A lovas, lovaskocsi, motorkerékpár és munkagép osztályok mind a tanító, mind a teszt adatbázisban nagyon alacsony számmal szerepeltek. Ennek megfelelően a teszteléskor kapott tévesztési eredményeik sem fogadhatók el véglegesnek, a hálózat működése az esetükben bizonytalan. A tanító adatbázist új képekkel (osztályonként legalább 500) kiegészítve várhatóan jelentősen javul a felismerési eredmény ezekben a csoportokban. A forgalomszámlálás szempontjából szerencsére az említett csoportok kisebb jelentőséggel bírnak, hiszen a teljes látogatószámnak együtt alig 2%-át teszik ki.

A kontextuson kívüli képeken mutatott eredményesség korántsem biztosítéka annak, hogy az itt bemutatott neurális hálózat képes a teszt adatbázishoz hasonló teljesítményre bármilyen erdei környezetben készült fotó esetén. Ennek igazolása egy kellően nagy, minden úthasználó csoportot tartalmazó, de eltérő helyen készült fotókból álló adatbázissal lenne lehetséges, amely felkutatása, illetve összeállítása túlmutat a kutatásom keretein. Ennek ellenére úgy vélem, hogy az algoritmus alkalmas lehet az általunk kifejlesztett forgalomszámláló eszköz képeinek feldolgozására akkor is, ha egy ilyen típusú rendszert más helyen állítanánk fel. Az új helyről érkező fotók közül nem kellene annyit emberi erővel feldolgozni, mint a jelen kutatásban, és mégis, várhatóan hasonlóan jó eredményt lehetne elérni.

Az eddig leírtak alapján a visegrádi mérőhely fotóinak további feldolgozására a YOLO konvolúciós neurális hálózat alkalmazását javaslom a következő paraméterekkel:

- Felépítés: 22 konvolúciós réteg és két teljesen kapcsolt réteg a Yolo9000 hálózatnak megfelelő beállításokkal,
- Osztályok száma: 8 (gyalogos, kerékpáros, lovas, lovaskocsi, motorkerékpár, személygép-

10.13147/SOE.2018.017



| Úthasználó csoport | Szorzószám |
|---|---|
| Gyalogos | 0,95 |
| Kerékpáros | 1,01 |
| Lovas | 0,50 |
| Lovaskocsi | 1,85 |
| Motorkerékpáros | 0,79 |
| Személygépkocsi | 1,14 |
| Munkagép | - |
| Tehergépkocsi | 2,65 |

2.5. táblázat. A tényleges forgalmi adatok meghatározásához ajánlott szorzószámok úthasználó csoportonként

kocsi, munkagép, tehergépkocsi)

- Az első lépésben beállított felbontás: 288×288 pixel,
- Súlyszám-készlet: A saját adatokkal történt tanítás 11000. ciklusa után előállt paraméterkészlet,
- Megbízhatósági küszöbérték: 0,35.

A hálózat által adott eredmények még hibával terheltek, mint az a 2.4. táblázatból is látható, ezért a tényleges forgalmi adatok meghatározásához a 2.5. táblázat szorzószámainak alkalmazását javaslom. A táblázatban szereplő értékeket egy osztály valós darabszámának és a gép által összesen az adott osztályba sorolt úthasználók számának hányadosaként számítottam ki. A teszt adatbázis egy képét sem osztályozta a rendszer munkagépként, ezért erre az osztályra nem lehetett szorzószámot meghatározni. A táblázatból is jól látszik, hogy a gyalogosok és kerékpárosok felismerése 5%-on belüli hibával megoldottnak tekinthető, a személygépkocsik 14%-os javítása még elfogadható, a többi csoport megnyugtató meghatározásához további tanító képek, és a hálózat újratanítása szükséges.

## 2.3. Összefoglalás

Ebben a fejezetben a forgalomszámláló rendszerrel készített fotók feldolgozásával foglalkoztam. Arra kerestem a választ, hogy milyen eljárással lehet a digitális állóképekből forgalmi adatokat előállítani, illetve hogy a képfeldolgozás mi módon, és milyen mértékben automatizálható. A legpontosabb, ám legidőigényesebb megoldásnak az emberi intelligencián alapuló vizuális kiértékelés bizonyult. A kiértékelést végző személyek a számítógép képernyőjén látták a fotókat, és egy tanszéki fejlesztésű célszoftver segítségével bejelölték rajtuk az úthasználókat, valamint rögzítették azok tulajdonságait, úgymint kategória, haladási irány és tevékenység. A program időbélyeggel ellátott úthasználó lista generálására alkalmas. Ez a módszer a közvetlen forgalmi adatok szolgáltatása mellett alapját képezte az automatikus képfelismerő eljárás kidolgozásának is. A modern automatikus képfelismerő algoritmusok ugyanis gépi tanuláson alapulnak, ami nagy mennyiségű tanító adatot igényel. A gépi látás az informatika speciális szakterülete, amely napjainkban rohamosan fejlődik, ennek következtében évről-évre jelennek meg olyan eljárások, amelyek egyre robusztusabb, egyre pontosabb képfelismerést tesznek lehetővé. A kutatásomnak nem lehetett célja egy, a specialisták eredményeivel vetekedő hatékonyságú képfelismerő eljárás kidolgozása, viszont fontosnak tartottam bemutatni azt, hogy szabadon hozzáférhető, könnyen használható algoritmusokkal a saját képfelismerési feladatom alacsony hibaszint mellett megoldható. A 2016-ban megjelentetett YOLO nevű konvolúciós mesterséges neurális hálózat

10.13147/SOE.2018.017



adaptálásával a képeken megjelenő úthasználók 85%-áról emberi beavatkozás nélkül meg lehetett állapítani, hogy a vizsgált kategóriák közül melyikbe tartoztak. A gyalogosok, valamint a kerékpárosok felismerési hibája 5%-on belüli, míg a személygépkocsiké 15%-os volt. A többi kategóriában a kevés tanító kép miatt magasabb hibaarányt tapasztaltam. Az algoritmus a rossz fényviszonyok mellett, illetve az este készült fotók feldolgozásában is eredményesnek bizonyult. A CNN-t a saját fotókból készült adatbázissal tanítottam be nyolc kategória felismerésére. Meghatároztam a legjobb felismerési eredményt adó paramétereket, amelyek kiindulási alapul szolgálhatnak a hasonló környezetben telepített, hasonlóan digitális képeket rögzítő forgalomszámláló eszköz fotóinak kiértékeléséhez. Az itt bemutatott paraméterekkel futtatott hálózat által számított forgalmi adatokat a hibák miatt módosítani szükséges, amire kategóriánként egy átszámítási szorzót javasoltam. A további vizsgálataimban a kiértékelő személyek által felépített adatbázist fogom használni annak pontossága miatt.

## 2.4. Korlátok, fejlesztési lehetőségek

Az adaptált neurális hálózat a sokféle úthasználó közül a gyalogosok, a kerékpárosok és a személygépkocsik felismerésére alkalmas elfogadható hiba mellett. Az előzetes eredmények szerint viszont erre nem csak az Apátkúti úton készült képek feldolgozásakor képes.

A YOLO-alapú felismerési eljárás a tanító adatbázis kibővítésével, a hálózat szerkezetének módosításával, illetve eltérő kiindulási súlyszám-készletekkel valószínűleg tovább javítható. A tanító adatbázist egyrészt saját felcímkézett fotókkal, másrészt internetes adatbázisok felhasználásával lehet növelni. A képfelismerést ki lehet egészíteni az optikai kapukból származó sebesség információval, ami tovább javíthatja az úthasználó-csoportok elkülönítését. Az úthasználó kategóriák meghatározásában mutatott biztató eredmények alapján a jövőben elképzelhetőnek tartom, hogy az úthasználók egyéb tulajdonságait (pl. haladási irány, tevékenység) is meg lehetne határozni egy hasonló CNN rendszerrel, ezzel teljessé téve a feldolgozás automatizálását.

A neurális hálózat alapú képfelismerés használhatóságát csökkenti az eljárás számításigényessége. A gyakorlati alkalmazást jelentősen segítené, ha a képfelismeréshez nem lenne szükség grafikus kártyával ellátott asztali számítógépre, hanem a feladat jóval egyszerűbb eszközökön is elvégezhető lenne. A bemutatott rendszer 2016 végén már okostelefonon is futtatható volt, illetve a mikrovezérlők is folyamatosan fejlődnek, így a jövőben számítani lehet arra, hogy ezeken az eszközökön is futtatható lesz egy hasonló neurális hálózat. Ezzel pedig kialakítható lenne egy olyan kompakt forgalomszámláló eszköz, amely képfelismerésen alapulva közvetlenül forgalmi adatokat szolgáltatna.

10.13147/SOE.2018.017

# 3. fejezet

# A forgalomszámlálási adatok kiértékelése

Az előző fejezetekben bemutattam a kutatáshoz kifejlesztett forgalomszámláló eszközt, az eszköz által rögzített nyers adatokat, valamint ezek feldolgozását humán intelligenciával, illetve gépi tanuláson alapuló módszerrel. A kiértékelést végző személyek által létrehozott adatbázis a legteljesebb, és a legpontosabb, ezért a további vizsgálatokhoz ezt használtam fel. Az adatbázis elemzésével arra kerestem a választ, hogy az egyes úthasználó típusok mekkora létszámban és milyen időbeni eloszlással jelennek meg a számlálási helyen. Ezek az eredmények önmagukban is fontos információt jelentenek az út kezelőjének, valamint alapul szolgálhatnak az erdészeti utak látogatottságának modellezéséhez, becsléséhez.

Ebben a részben különböző időléptékben vizsgálom meg az Apátkúti út forgalom nagyságát és forgalom összetételét. A napon belüli látogatószám alakulásból megtudhatjuk, hogy az egyes látogató típusok megjelenésére mely napokon, melyik időszakban számíthatunk. A hét napjai szerinti elemzéssel arra a kérdésre kaphatunk választ, hogy van-e különbség a napok várható látogatószáma között. Az éven belüli változatosság megfigyelésével pedig kimutatható, hogy mely időszakok, hónapok a legnépszerűbbek az egyes látogatócsoportok között. E mintázatok ismerete segítheti az út kezelőjét abban, hogy felkészüljön a látogatási csúcsokra – például a közjóléti létesítmények karbantartásával, nyitvatartási idejük módosításával, programok szervezésével –, hogy úgy tervezze meg az útkarbantartást és a szállítási feladatokat, hogy azok az alacsonyabb látogatottságú időszakba essenek, vagy például hogy azonosítani tudja az esetleges konfliktushelyzeteket, és azokat meg tudja oldani. A látogatószám időbeli alakulásának ismerete az út forgalmának szimulálására is felhasználható, illetve segíthet kimutatni azokat a tényezőket, amelyek hatással vannak a látogatószámra.

A forgalmi adatok elemzését az R programnyelv 3.4.2 (Short Summer) verziójával (R Core Team, 2017), illetve Microsoft Excel (2013) programmal végeztem. A következő leírásokban szereplő függvény nevek az R szoftverre vonatkoznak. A függvények jelölése: *függvény{tartalmazó csomag}*. Az elemzéshez az *{xts}* (Ryan és Ulrich, 2017), a *{fitdistrplus} (Delignette-Muller és Dutang, 2015),* a *{lawstat}* (Gastwirth et al., 2017), valamint a *{PMCMR}* (Pohlert, 2014) külső programcsomagot használtam fel. A teljes R programkódot az elektronikus melléklet tartalmazza.

## 3.1. A rendelkezésre álló adatok

A forgalomszámláló eszközt először 2012. július 15-én helyeztük üzembe a visegrádi mérőhelyen (Mintaterület c. alszakasz, 24. oldal). A működést kisebb-nagyobb technikai hibák szakították meg, amelyek kijavítását a Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet, illetve a Pilisi Parkerdő Zrt. lehetőségeihez igazodva elvégeztük. A fejlesztés folyamatát, és az ehhez szükséges újratelepítéseket az 1.3. szakaszban mutattam be. Ezeken kívül még számos üzemzavar

10.13147/SOE.2018.017



okozott adathiányt. Az eszköz működését a 3.1. ábra mutatja be. Az ábráról látható, hogy az utolsó, 2015-ös újratelepítés után az eszköz folyamatosan és megbízhatóan működött, ez előtt viszont jelentős adathiányos időszakok voltak. A 2016 júniusi és decemberi adatkimaradást a hálózati áram lekapcsolása okozta, ami rávilágít arra, hogy a folyamatos működés biztosításához elengedhetetlen az önálló tápellátás kiépítése mellett a rendszeres ellenőrzés is.

Az adatbázis 2012. 07. 15-től 2016. 12. 02-ig tartalmazza az összes fotót, illetve a fotókon látható úthasználók áthaladásának idejét, képi elhelyezkedését, típusát, haladási irányát, valamint, amennyiben megállapítható volt, a tevékenységét, valamint azt, hogy az adott befoglaló hány úthasználót tartalmaz (lásd: 2.1. táblázat). Az áthaladás ideje másodperc pontossággal került rögzítésre. Az adatbázis összesen 143471 rekordot tartalmaz. Az adatbázis a dolgozat elektronikus mellékletében megtalálható.

Az adatelemzés első lépéseként az adatbázisban megjelöltem azokat a napokat, amelyeken az eszköz nagy valószínűséggel kifogástalanul működött. Ennek eldöntésére saját adatmegjelenítő szoftvert készítettem, amely képes volt egy-egy nap látogatószámait óránként összegezni és a kapott értékeket grafikonon ábrázolni. Amennyiben egy napon reggeltől estig folyamatosan voltak észlelések, illetve az észlelések elmaradását, vagy az extrém észlelésszámot a fotókról ellenőrizhető időjárási jelenség (pl.: zivatar), vagy egyéb tényező (pl.: futóverseny) magyarázta, úgy az adott napot hibátlannak fogadtam el. A többi napon nem volt biztos, hogy az adathiányt az eszköz hibás működése, esetleg a látogatók elmaradása okozta-e, ezért ezeket a napokat általában nem használtam fel. A teljes adatbázisban 551 használható nap volt, amiből 295 nap 2016-ból származott. Az adatbázis 143471 rekordjából 120378 esett jó napra. A jó napok közül 168 munkaszüneti, míg 383 munkanap volt.

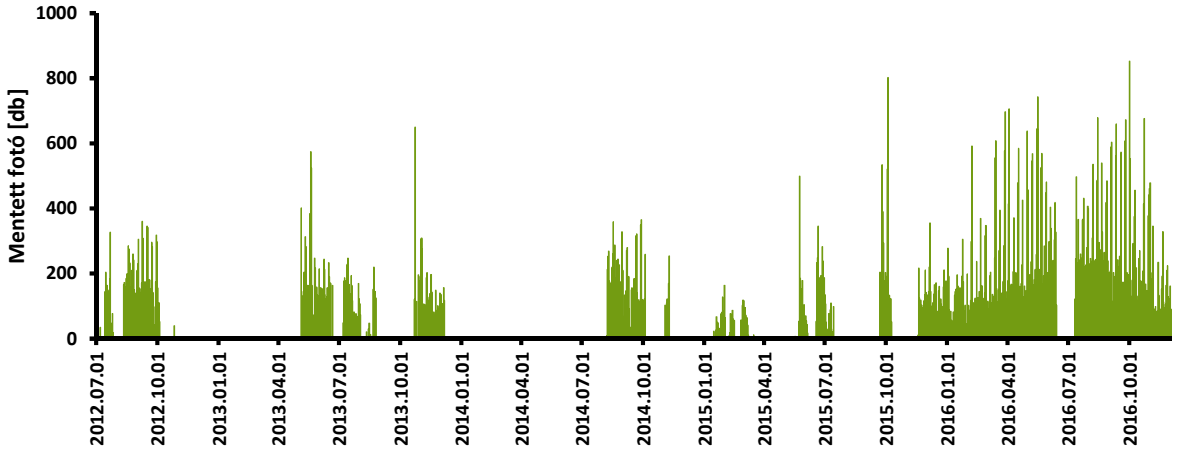
Az áthaladás dátuma alapján minden rekordhoz rögzítettem, hogy a hét mely napján történt, illetve, hogy melyik évszakba esett a vizsgált nap. A hét napjai szerint két csoportot állítottam fel: Munkanap - hétfőtől péntekig és Munkaszüneti nap - szombat és vasárnap. Ezt a beosztást az állami ünnepek, és az ezekhez kapcsolódó pihenőnapok miatt munkaszüneti nappá változó hétköznapokkal és a pihenőnapok ledolgozására kijelölt szombati munkanapokkal módosítanom kellett. A munkanap áthelyezéseket a www.munkavilaga.hu honlapon található munkaidő naptárakból kerestem ki. A hónapok évszakokba sorolása a következőképp történt: Tavasz: március, április, május; Nyár: június, július, augusztus; Ősz: szeptember, október, november; Tél: december, január, február.

A forgalomszámlálásból származó adatok mellett egyéb adatforrásokra is támaszkodtam. A látogatószámot befolyásoló tényezők vizsgálatához szükségem volt a forgalomszámláló működési idejéből meteorológiai adatokra. Az Országos Meteorológiai Szolgálattól térítésmentesen nem lehetett napi szintű adatokhoz hozzájutni, ezért alternatív forrásokat kerestem. A visegrádi mérőhelyhez legközelebb a Nagyvillám sípályán (www.visegradisipalya.hu) működött privát automata meteorológiai állomás a vizsgált időszakban. Ennek az adatait – pillanatnyi hőmérséklet, és aktuális csapadékösszeg – bocsátotta rendelkezésemre a sípálya üzemeltetője. Az adatokat egy WS-2300 típusú időjárás állomással mérték 5 percenként. Az adatsor helyenként hiányos. A főváros közelsége miatt érdekesnek tartottam a budapesti meteorológiai adatok elemzését is. A minimum, maximum hőmérséklet értékeket, valamint a jellemző időjárási képet a www.idojarasbudapest.hu honlapról töltöttem le. A napi csapadékösszeget a www.amsz.hu oldalon található egyik budapesti privát időjárás állomás (felhasználó: soper, mérési hely: XVIII. kerület) archívumból gyűjtöttem ki. Ezeket az adatokat egy Oregon Scientific WMR-200 típusú állomással mérték.

A 2016-os év forgalmi adataiból hiányzott a június 15-től július 14-ig, valamint a december 2-től december 31-ig tartó egy-egy hónapos időszak, illetve az év elején néhány nap elszórtan. Az adathézagokat pótoltam annak érdekében, hogy egy teljes évet vizsgálni lehessen. A pótlást csak a napi látogatószámok tekintetében végeztem el, a napon belüli áthaladások becslésére nem állt rendelkezésemre elég adat. Az elszórt napok pótlását a környezetükben lévő napok, illetve a közeli hetek látogatószámaiból becsültem meg. Ez úgy történt, hogy a hiányzó nap hetét meg-

10.13147/SOE.2018.017






3.1. ábra. A működési idő alatt készített fotók száma

előző, és az azt követő héten kiszámítottam, hogy az azonos napot közrefogó napokhoz hogyan aránylik a hiányzó napnak megfelelő napok látogatószáma. Az arány ismeretében számítottam a hiányzó nap látogatószámát. A hosszabb hiányzó időszakokat a megelőző évek hasonló időszakaiból származó átlagos munkanapi és munkaszüneti napi látogatószámokkal töltöttem ki.

## 3.2. A forgalom összetétele

A forgalomszámlálás fontos feladata volt a látogatószám meghatározása mellett a forgalom összetételének meghatározása. Az Apátkúti út forgalmát elemeztem a látogató típusok, a haladási irány, valamint a látogatók tevékenysége szerint. A vizsgálathoz a jó napokat tartalmazó adatbázist használtam fel. Ezt a szűkítést azért tettem meg, mert feltételeztem, hogy egy napon belül is eltér a típusok aránya, így a részleges napok torzítanák az eredményt.

### A forgalom összetételének vizsgálata látogató típusok szerint

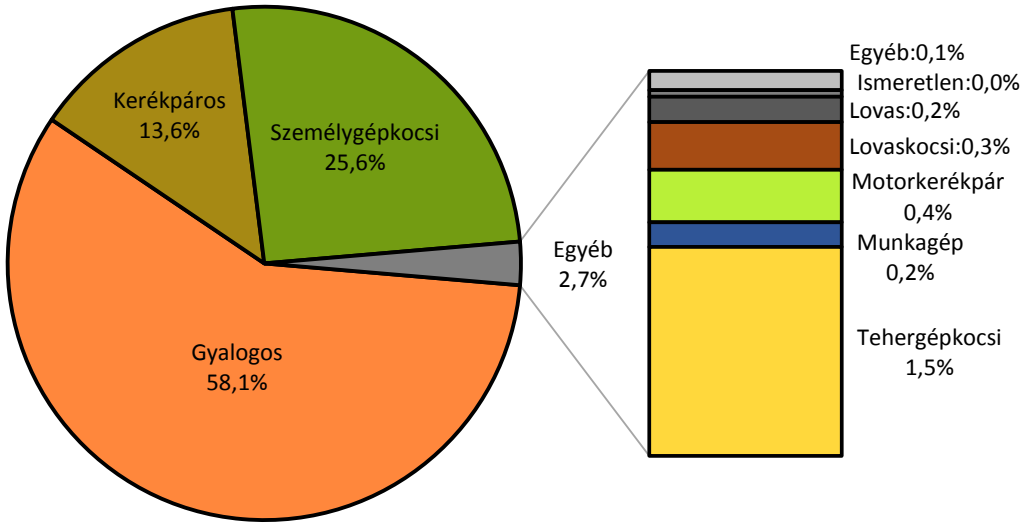
Először a teljes adatbázisban vizsgáltam a típusok megoszlását (3.2. ábra). Ez az arány azt mutatja, hogy az összes jó nap összes regisztrált áthaladása közül mekkora volt az egyes típusok részaránya. Megállapítható, hogy ezeken a napokon a látogatók közel 60%-a gyalogosan érkezett, míg a forgalom negyede személygépkocsikból állt. A kerékpárosok majdnem 14%-kal képviseltették magukat. E három csoporton kívül még a tehergépkocsik aránya volt 1% fölötti, a fennmaradó kategóriák részaránya összesen 1,2%-ot tett ki. 2016-ban hasonlóan alakult a forgalom összetétele, maximum 5% eltérést találtam a teljes adatbázishoz képest. Ez a további arányokra nézve is így maradt, ezért itt csak a teljes, négy év adatait tartalmazó adatbázisból származó eredményeket mutatom be.

A forgalom összetételét megvizsgáltam munkanap és munkaszüneti nap szerinti bontásban, mert feltételeztem, hogy hétvégén a kirándulók miatt megnő a gyalogosok részaránya. A 3.3. ábrán látható, hogy munkanapokon 40-40% körüli a személyautók és a gyalogosok aránya, míg munkaszüneti napon a gyalogosok az áthaladások mintegy 3/4-éért felelősek. A kerékpárosok részaránya 14%, a nap jellegétől függetlenül. Tehergépkocsival, munkagéppel, motorossal és lovaskocsival jellemzően munkanapokon lehet találkozni, összesített részarányuk ezeken a napokon 5%.

Az éven belül is változhatott a forgalom összetétele, ezért az arányokat kiszámítottam évszakok szerint is munkanapokra (3.4. ábra) és munkaszüneti napokra (3.5. ábra). A 3.4. ábráról az látszik, hogy munkanapokon a gyalogosok aránya nyáron a legmagasabb, míg a személygépkocsik

10.13147/SOE.2018.017






3.2. ábra. A látogatószám megoszlása típusok szerint

télen fordulnak elő a legnagyobb részarányban. A munkanapokon kerékpározókat csak a tél veti vissza a tavaszi-nyári arány harmadára. A tehergépkocsi forgalom aránya télen eléri a 6%-ot, a többi hónapban 3% körül mozog. Az ábrán a többi csoport dominanciája miatt nem látható, de a motorkerékpárosok aránya nyáron, a munkagépeké pedig télen éri el a teljes forgalom 1%-át. A munkaszüneti napok forgalom összetételét (3.5. ábra) vizsgálva elmondható, hogy ezeken a napokon a gyalogos forgalom csak a nyári hónapokban csökken a teljes áthaladások 3/4-e alá. A kerékpárosok aránya nyáron nő meg a munkanapokon látott arányokhoz képest 5%-kal, ekkor a forgalom ötödét adja ez a csoport. A személygépkocsik részaránya 10-15%, ez télen éri el a 20%-ot. A forgalom összetételre vonatkozó arányszámokat a 3.1. táblázatban foglaltam össze.

Összegezve tehát megállapítottam, hogy az Apátkúti út forgalmának 95%-át a gyalogosok, személygépkocsik, kerékpárosok és tehergépkocsik teszik ki. A négy legjelentősebb csoport aránya a mérési időszakban kerekítve 58-26-14-2% volt gyalogos-személygépkocsi-kerékpáros-tehergépkocsi sorrendben. Ez az arány jól mutatja, hogy az Apátkúti út fontos turisztikai útvonal, és éppen ezért kiemelkedő közjóléti szereppel bír. A látogató csoportok részarányát befolyásolja a nap jellege (munkanap, munkaszüneti nap), valamint az évszak.

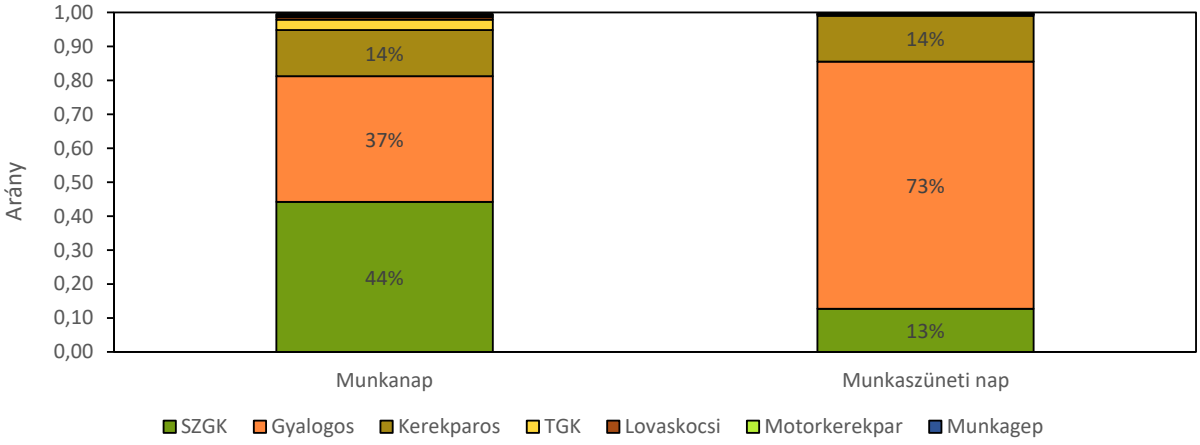
### A forgalom összetételének vizsgálata haladási irány szerint

Az úthasználókat ábrázoló fotókon a kiértékelő személyek megjelölték többek között az egyes látogatók haladási irányát. Az erdő felé irányuló mozgást befelének (BE), a Visegrád felé irányuló mozgást kifelének (KI) neveztem. A haladási irány meghatározása azért fontos, mert következtetni lehet belőle az egyedi úthasználók számára. Minél közelebb van a BE/KI arány az 50-50%-hoz, annál valószínűbb, hogy ugyanazok a látogatók mentek be, mint akik kijöttek. Előzetesen azt feltételeztem, hogy a befelé és a kifelé haladók aránya nagyjából meg fog egyezni. Feltételeztem továbbá, hogy a legpontosabban a személygépkocsik BE/KI aránya fog megegyezni. E feltételezésem alapja az volt, hogy a Visegrádi Erdészet központja Visegrádon van, az innen induló erdészeti járművek valószínűleg ide is térnek vissza, a többi személygépkocsi számára pedig a Kaán Károly forrás után sorompó teszi lehetetlenné a más irányba történő kihajtást.

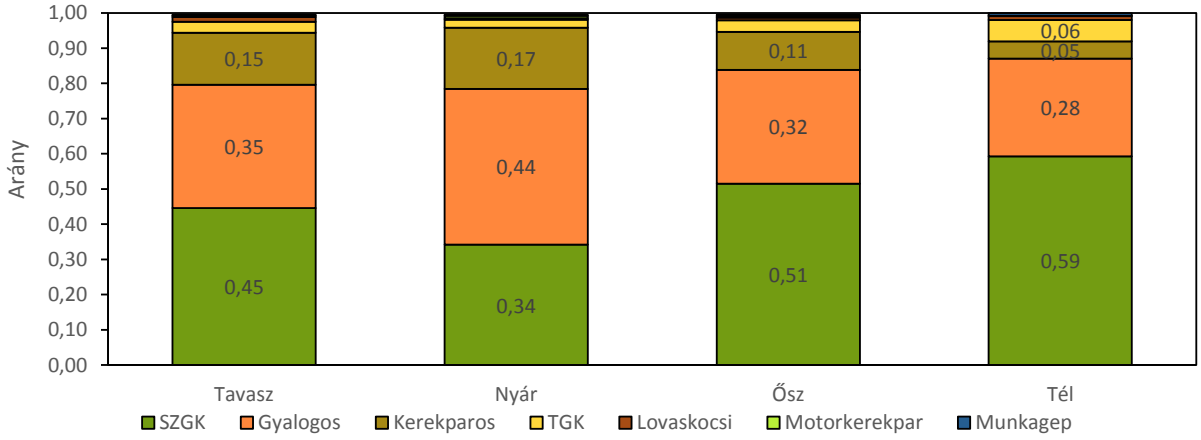
A jó napokon az összes 172674 áthaladásból 87057 befelé, 85617 kifelé történt, vagyis a

10.13147/SOE.2018.017

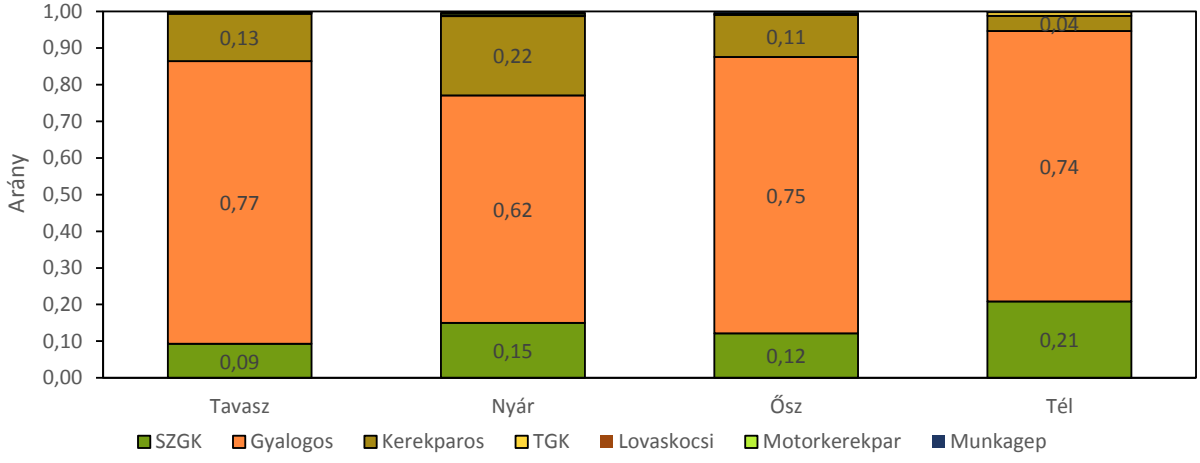





3.3. ábra. A forgalom összetétele a nap jellege szerint




3.4. ábra. A forgalom összetétele munkanapokon évszakok szerint




3.5. ábra. A forgalom összetétele munkaszüneti napokon évszakok szerint

10.13147/SOE.2018.017



| Típus | Tavasz | | Nyár | | Ősz | | Tél | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | M.nap | Szünnap | M.nap | Szünnap | M.nap | Szünnap | M.nap | Szünnap |
| SZGK | 44,6 | 9,3 | 34,2 | 15,0 | 51,5 | 12,1 | 59,3 | 20,9 |
| Gyalogos | 35,0 | 77,2 | 44,3 | 62,1 | 32,4 | 75,4 | 27,7 | 73,8 |
| Kerékpáros | 14,7 | 12,9 | 17,3 | 21,7 | 10,8 | 11,5 | 5,0 | 4,1 |
| TGK | 3,2 | 0,2 | 2,3 | 0,2 | 3,2 | 0,3 | 6,1 | 1,0 |
| Lovaskocsi | 1,3 | 0,1 | 0,4 | 0,0 | 0,8 | 0,0 | 1,0 | 0,0 |
| Motoros | 0,4 | 0,2 | 0,7 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,1 | 0,0 |
| Munkagép | 0,3 | 0,0 | 0,3 | 0,0 | 0,4 | 0,0 | 0,8 | 0,0 |
| Lovas | 0,3 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,0 | 0,1 |
| Egyéb | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,0 | 0,0 |
| Ismeretlen | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

3.1. táblázat. Az Apátkúti út forgalom százalékos összetétele

BE/KI arány 50,4% - 49,6% volt. Az arányt munkanap és munkaszüneti nap, illetve évszakok tekintetében megvizsgálva 2%-nál nagyobb eltérést egyik esetben sem tapasztaltam. A második feltételezés igazolására látogató típusonként is megvizsgáltam a BE/KI arányt (3.6. ábra). Az ábrán az látszik, hogy a legtöbb látogatócsoportban a befelé és kifelé haladók aránya maximum 2% eltérést mutatott. A kerékpárosok és lovasok közül több, mint 10% volt a különbség a befelé haladók, míg a lovaskocsiknál ugyanennyi a kifelé haladók javára. A négy leggyakoribb csoport haladási irányait – gyalogos, személygépkocsi, kerékpáros, tehergépkocsi – elemeztem évszakok szerint is. A 3.2. táblázatban a két irány százalékos aránya közti különbséget tüntettem fel. A különbséget a $BE\% - KI\%$ képlettel számítottam, tehát a pozitív érték azt jelenti, hogy a befelé irányuló forgalom volt nagyobb, míg a negatív érték azt, hogy a kifelé irányuló. A személygépkocsik haladási irány aránya 1,5%-on belül azonos volt. A gyalogosoknál tavasszal és nyáron a nap típusától függetlenül többségben voltak az erdőből kifelé haladók, míg ősszel és télen ez csak a munkanapokra volt igaz. Kerékpárosból a 3.6. ábrának megfelelően minden évszakban többen mentek be, mint ahányan kijöttek. A BE/KI arány csak a nyári szünnapokon csökkent 10% alá. Tehergépkocsikból a nyári szünnapok kivételével több haladt a város felé, mint az erdő felé.

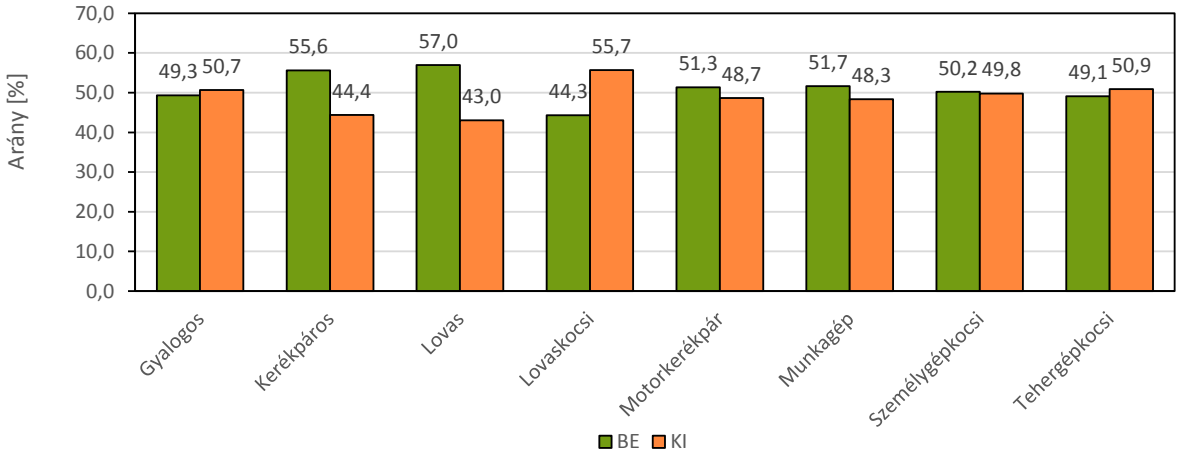
Az eredményekből megállapítható, hogy a teljes áthaladás számra nézve a befelé és kifelé haladók aránya jó közelítéssel megegyezik. Ezen belül azonban kimutattam eltéréseket a látogatók típusa, a nap jellege és az évszakok szerint. A személygépkocsik BE/KI aránya a vizsgált időszakban nagyjából állandó 50-50% volt, ami az eredeti feltevésnek megfelelően azt jelenti, hogy jórészt ugyanazok a gépkocsik mennek be az erdőbe, mint amelyek kijönnek. Ez azt is jelenti, hogy az erdészeti utak sorompóval történő lezárása hatékony eszköz a nem kívánt gépjármű forgalom kizárására. A kerékpárosokra vonatkozóan megállapítottam, hogy a vizsgált időszakban mindig többen haladtak befelé, mint kifelé. Az 1.3. részben bemutatottak szerint a Visegrádi-hegység a budapestiek számára könnyen elérhető célpont. A kerékpárosok nagy távolságok megtételére is képesek, ezért sokan választhatják azt, hogy tömegközlekedéssel elmennek Visegrádig, és onnan Budapest felé hagyják el a hegységet, és nem térnek vissza a kiindulási pontra. A kerékpárosok BE/KI arányának ezt a lehetséges magyarázatát nem ellenőriztem.

### A forgalom összetételének vizsgálata a látogatók tevékenysége szerint

A látogatók által végzett tevékenységeket a rekordokhoz tartozó címkék alapján állapítottam meg. A kiértékelést végző személyek csak akkor alkalmaztak egy címkét, ha egyértelműen be tudták sorolni a látogató tevékenységét. A tevékenység megállapítása volt a legnehezebb és ezért legidőigényesebb feladat, hiszen például nem minden erdészeti gépkocsiról látszik, hogy az erdőgazdaságé, ezt csak az ott dolgozók tudnák megállapítani. A kiértékelésnek csak egy kis

10.13147/SOE.2018.017






3.6. ábra. Az áthaladások irányának megoszlása látogatótípusonként

| Típus | Tavasz | | Nyár | | Ősz | | Tél | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | M.nap | Szünnap | M.nap | Szünnap | M.nap | Szünnap | M.nap | Szünnap |
| SZGK | -0,3 | 1,3 | 0,6 | 0,3 | 0,1 | 0,6 | 0,7 | 1,4 |
| Gyalogos | -9,3 | -2,2 | -5,0 | -1,2 | -5,3 | 2,1 | -6,3 | 3,9 |
| Kerékpáros | 17,4 | 13,4 | 11,6 | 5,9 | 14,4 | 10,6 | 11,1 | 11,2 |
| TGK | -1,8 | -8,8 | -2,5 | 7,1 | -0,1 | -5,0 | -2,8 | -4,2 |

3.2. táblázat. A négy leggyakoribb látogatótípus befelé és kifelé irányuló forgalmának százalékos különbsége

részét végezték a Parkerdő munkatársai, így a teljes adatbázison nem lehettem biztos abban, hogy minden úthasználó megfelelően fel lett címkézve. A kiértékelésnél a típusok és a darabszám helyes megállapítása volt az elsődleges szempont, ami abból is látszik, hogy a rekordok 10%-a tartalmazott tevékenységre utaló címkét. Ezek alacsony számuk ellenére értékes információval szolgáltak a forgalom megismerésében.

A legnagyobb arányban – az összes teherautó 1/4-e – a tehergépkocsik tevékenységét jelölték meg a kiértékelők. A felcímkézett tehergépkocsik 98%-ban erdészeti, 2%-ban közfeladatot (tűzoltó) láttak el. A tehergépkocsikról a saját tapasztalataim szerint könnyű megállapítani, hogy faanyag szállító gépkocsiról van-e szó, ezért ezt az arányt elfogadtam valós aránynak. Az úton az említett két kategória mellett a fotók szemrevételezése alapján munkavégzés (pl.: útfenntartás) és vadászházi áruszállítás céljából közlekedtek tehergépkocsik. A személygépkocsik 17%-ban kaptak tevékenység címkét. A címkék 98%-a erdőgazdasági, 1,5%-a közfeladatot, a maradék 0,5% pedig kirándulás és vízhordás tevékenységet jelölt. Az erdőgazdaság saját gépjárművei közül a jelzéssel ellátottak könnyen azonosíthatók voltak. A vízhordási engedéllyel rendelkező járműveket rendszám alapján lehetett volna jelölni, ám a fotók felbontása miatt erre nem volt lehetőség. Az adatbázisban szereplő néhány „vízhordó” címkét az erdőgazdaságnál dolgozó kiértékelő személyek rögzítették a gépkocsi színe és típusa alapján. A közfeladatot ellátó személygépkocsik rendőr és mentőautók voltak, ezeket egyértelműen lehetett azonosítani, ezért a személygépkocsik közül ezek darabszámát és arányát tartom egyedül a valóságot jól közelítőnek. A nem felcímkézett személyautók nagy része a fotókon polgári járműnek látszott, ebből a vízhordók és erdőgazdasági járművek aránya még közelítőleg sem volt megállapítható. A kerékpárosok 11%-ának tevékenységét jelölték az adatbázisban. A jelölt kerékpárosok 70%-a rekreációs kiránduló biciklista volt, 30%-uk pedig sportoló. A gyalogosok csupán 6%-ánál állapítottak meg tevékenységet a kiértékelést végző személyek. A címkék 96% kirándulót jelölt, 4%-a

10.13147/SOE.2018.017



pedig sportolót. A fotók szemrevételezése alapján a gyalogosok legnagyobb része kiránduló, míg a kerékpárosok összességére jellemző lehet a 70-30 kiránduló-sportoló arány.

Érdekesnek tartom még a tevékenységek szerinti vizsgálatot is. Igaz, hogy valószínűsíthetően nem minden úthasználó kapta meg a megfelelő címkét, de az arányokat az adatbázisból véleményem szerint meg lehet állapítani. Erdészeti tevékenységet az úthasználók 5%-ánál jeleztek a kiértékelők. Ez az érték minden bizonnyal magasabb, de a nagyságrendet így is jól mutatja. Az erdészeti címkével jelölt úthasználók 90%-a személygépkocsi, 8%-a tehergépkocsi, 2% pedig lovaskocsi és gyalogos volt. Kirándulónak és sportolónak túlnyomó többségében gyalogosokat és kerékpárosokat jelöltek a kiértékelők.

A tevékenységek vizsgálata alapján megállapítottam, hogy az Apátkúti út nagyobb részt közjóléti forgalmat bonyolít gyalogosok és kerékpárosok személyében. A gyalogosok kb. 95%-a kirándult, 5%-a sportolt, míg ez az arány a kerékpárosoknál 70-30% volt. Az erdőgazdálkodással kapcsolatos forgalom személyautók és tehergépkocsik formájában jelentkezett. Az erdészeti személygépkocsik és tehergépkocsik aránya 90-10% volt a címkék alapján. Ezt az értéket érdemes összevetni Kosztka 1999-es közlésével, amelyben az átlagos erdészeti utak forgalmát 65-35% személygépkocsi-tehergépkocsi aránnyal jellemezte. Elképzelhető, hogy az összes úthasználó tökéletes felcímkézésével ehhez az értékhez közelebbi értéket kapnánk, de véleményem szerint a vizsgált úton az erdészeti személygépkocsi forgalom ennél nagyobb arányú, ami az erdészet központjának közelségével magyarázható. A címkék alapján az erdészeti forgalom csupán a teljes forgalom 5%-át teszi ki, ami a valóságban valamivel nagyobb lehet, de jól jelzi, hogy az Apátkúti út egy turisztikailag frekventált területen található, így közjóléti szerepe kiemelkedő.

## 3.3. A látogatószám napon belüli alakulása

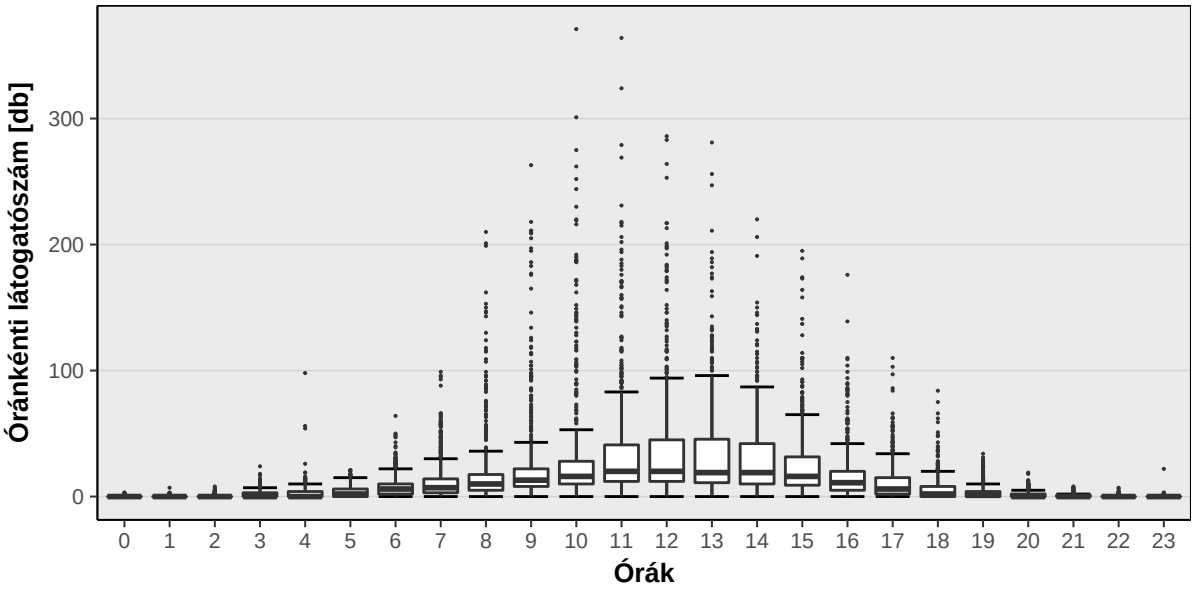
A forgalomszámláló rendszer másodperc pontosan rögzítette az áthaladási eseményeket, ami alkalmat adott a látogatószám napon belüli alakulásának vizsgálatára. A vizsgálat a különböző látogató típusok által preferált időszakok meghatározására irányult. Ez az információ hasznos lehet az esetleges konfliktusok feltárásában, programok szervezésénél, vagy például az út menti fakitermelések időzítésénél. A napon belül óránként összegeztem a látogatószámokat, és ezeket az értékeket vizsgáltam a teljes látogatószám, illetve a nap jellege, éven belüli helyzete, az úthasználók típusa és haladási iránya szerinti bontásban. A szakirodalomban két (Janowsky és Becker, 2003; Skov-Petersen, Meilby és Jensen, 2008) és három óránkénti (Bauer et al., 2009) összegzésre találtam példát, én a részletes vizsgálat lehetősége miatt döntöttem az óránkénti összevonás mellett. A vizsgálathoz a jó napokat tartalmazó adatbázist használtam fel, így a hiányos napok nem torzították az eredményeket.

### Átlagosan

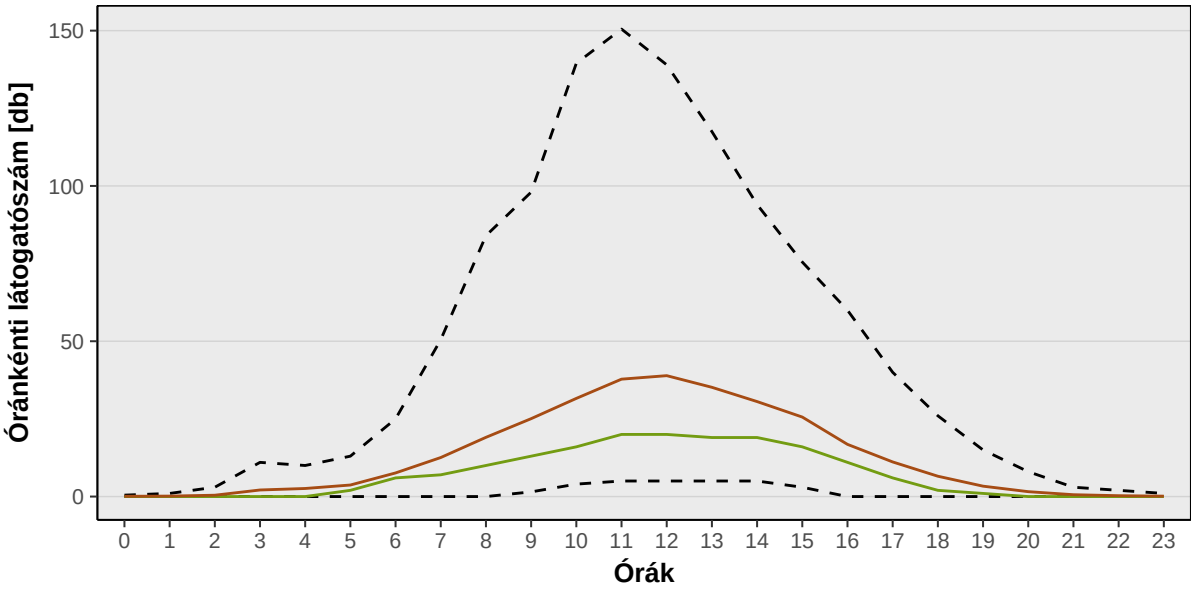
A teljes adatbázisból fölrajzolható óránkénti látogatószámokat mutatja be a 3.7. ábra. Látható, hogy sok olyan nap volt, amikor a látogatószám bizonyos órában kiugróan magas volt. A napi trend jobb szemléltetésére szolgál a 3.8. ábra. Ezen zöld vonallal az órás értékek mediánját, barna vonallal az átlagát, szaggatott vonallal pedig az 5%-os és 95%-os percentilisét jelöltem. Az ábrák alapján megállapítottam, hogy általában reggel 6-tól délután 5-ig használják az utat, valamint, hogy a forgalom 11 és 14 óra között tetőzik, átlagosan 37 áthaladás/óra értékkel. Az átlagos óránkénti látogatószámokat a 3.3. táblázatban mutatom be. A maximális óránkénti látogatószám 371 áthaladás volt, de 100 áthaladás fölött már kiugróan magas értékről beszélhetünk. Minden órában előfordult azonban olyan, hogy egy áthaladást sem regisztrált a számláló. Érdekes megfigyelni, hogy még éjszaka és hajnalban is történt egy-egy napon áthaladás.

10.13147/SOE.2018.017






3.7. ábra. A teljes adatsorból kirajzolódó óránkénti látogatószám



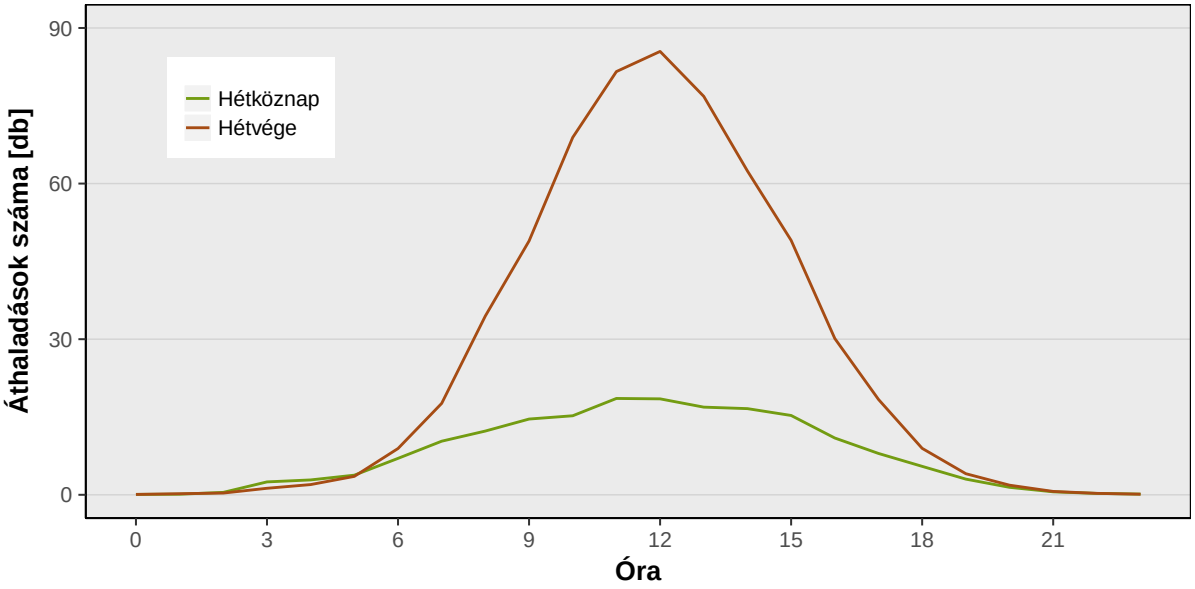

3.8. ábra. A teljes adatsorból kirajzolódó óránkénti látogatószám átlaga (barna), mediánja (zöld), 5%-os és 95%-os percentilise (szaggatott)

| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | 4 | 8 | 13 | 19 | 25 | 32 | 38 | 39 | 35 | 31 | 26 | 17 | 11 | 7 | 3 | 2 | 1 | 0 | 0 |

3.3. táblázat. Az átlagos óránkénti látogatószámok

10.13147/SOE.2018.017






3.9. ábra. Munkanapok és munkaszüneti napok átlagos óránkénti látogatószáma

### A nap jellege szerint

Feltételeztem, hogy a látogatószám napon belüli alakulására hatással van az, hogy munkanapról, vagy munkaszüneti napról van szó, ezért külön-külön is megvizsgáltam ezeket a napokat. A 3.9. ábrán látható, hogy a munkanapon és munkaszüneti napon tapasztalható átlagos forgalom napon belüli alakulása hasonló, de míg munkanapokon 11 és 12 órakor történik a legtöbb áthaladás (átlagosan 19/óra), addig munkaszüneti napokon 12 órakor tetőzik a forgalom 85 áthaladás/óra értékkel. Munkanapokon 11 és 15 óra között általában egyenletes a forgalom, míg munkaszüneti napokon határozott látogatócsúcs tapasztalható 12 és 13 óra között. Az összes számlálási adatot tartalmazó 3.10. ábráról látszik, hogy a 3.7. ábrán megjelenő magas óránkénti látogatószám értékek túlnyomó részt a munkaszüneti napokról származnak. Munkanapokon 100 áthaladás/óra volt a maximum, míg munkaszüneti napon 371.

### Évszakok szerint

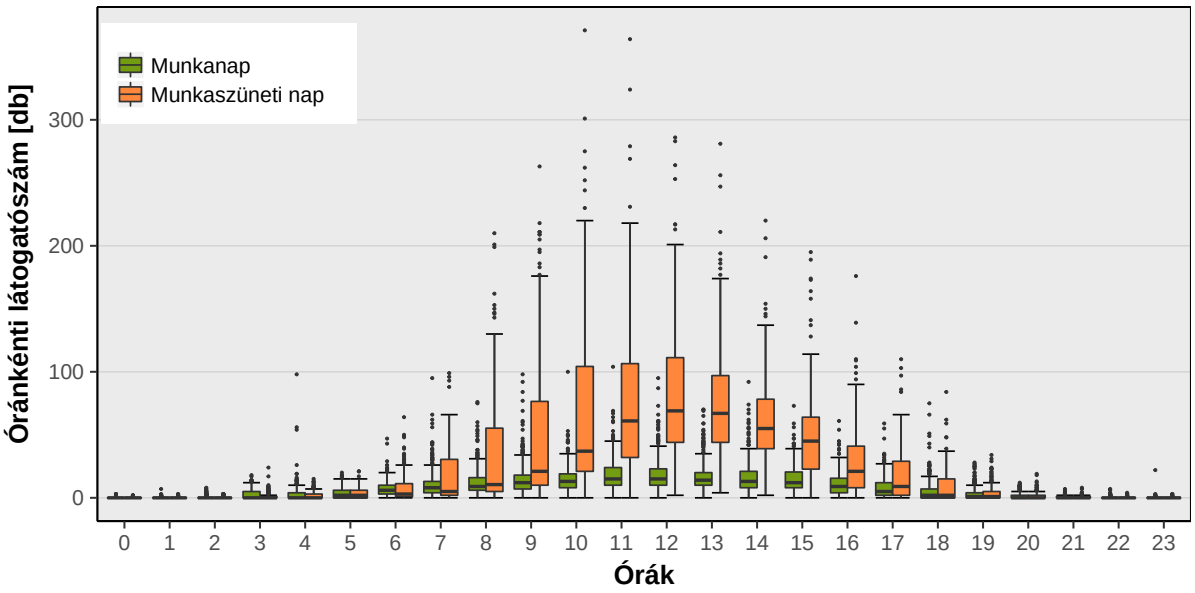
Kíváncsi voltam arra is, hogy az éven belüli helyzettől függ-e a forgalom napon belüli alakulása, ezért évszakok szerint is értékeltem az óránkénti látogatószámokat. A 3.11. ábrán a munkanapok, a 3.12. ábrán pedig a munkaszüneti napok láthatók. Az ábrák alapján elmondható, hogy az utat az évszaknak megfelelő hosszúságú időtartamban használják, vagyis nyáron a leghosszabb az áthaladásokkal jellemezhető időszak, míg télen a legrövidebb. Munkaszüneti napokon megfigyelhető, hogy az áthaladások csúcsidőszaka tavasszal a legkoraibb – 11 óra – nyáron és ősszel 12, míg télen van legkésőbb, 13 órakor.

### Látogató típusok szerint

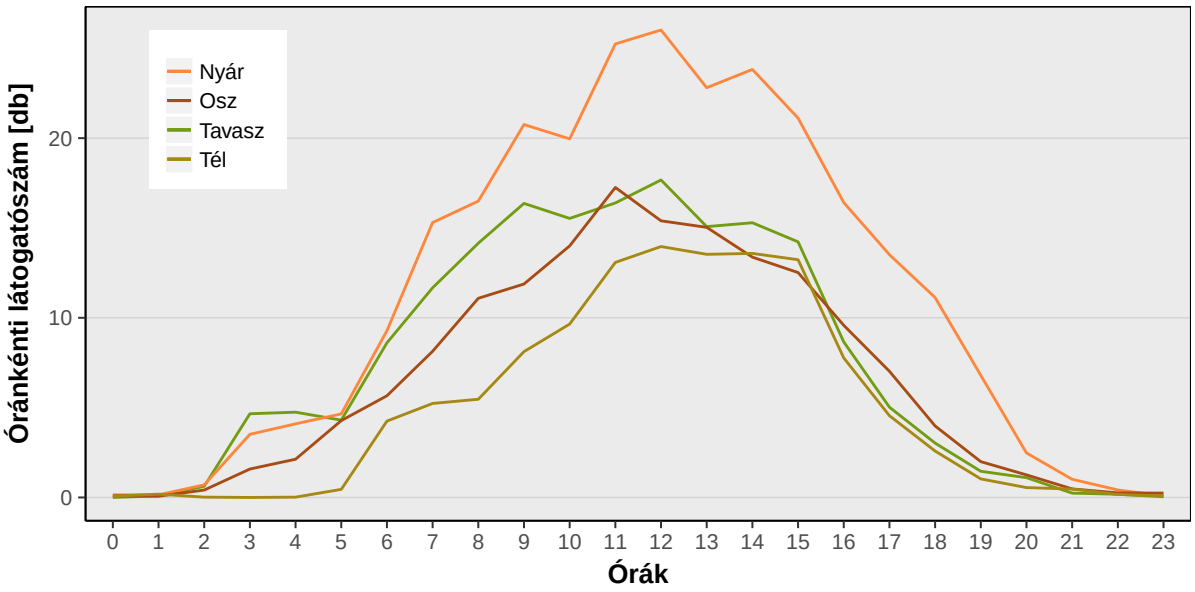
Feltételeztem, hogy egy napon belül a különböző látogató típusok más időbeli eloszlást mutatnak. E feltételezés igazolására munkanapokon és munkaszüneti napokon megvizsgáltam a négy leggyakoribb látogatótípus – gyalogos, személygépkocsi, kerékpáros, tehergépkocsi – óránkénti átlagos áthaladási számait (3.13. és 3.14. ábra). Munkanapokon kiemelhető, hogy a személygépkocsik jóval hamarabb megjelennek, mint a többi csoport, és munkaidőben nagyjából 6 halad át belőlük a mérőhelyen. Gyalogosokból 11 és 13 óra között érkeznek a legtöbben, számuk eléri a 9 áthaladás/óra értéket. A kerékpárosok látogatási „csúcsa” délután kettő órára tolódik,

10.13147/SOE.2018.017





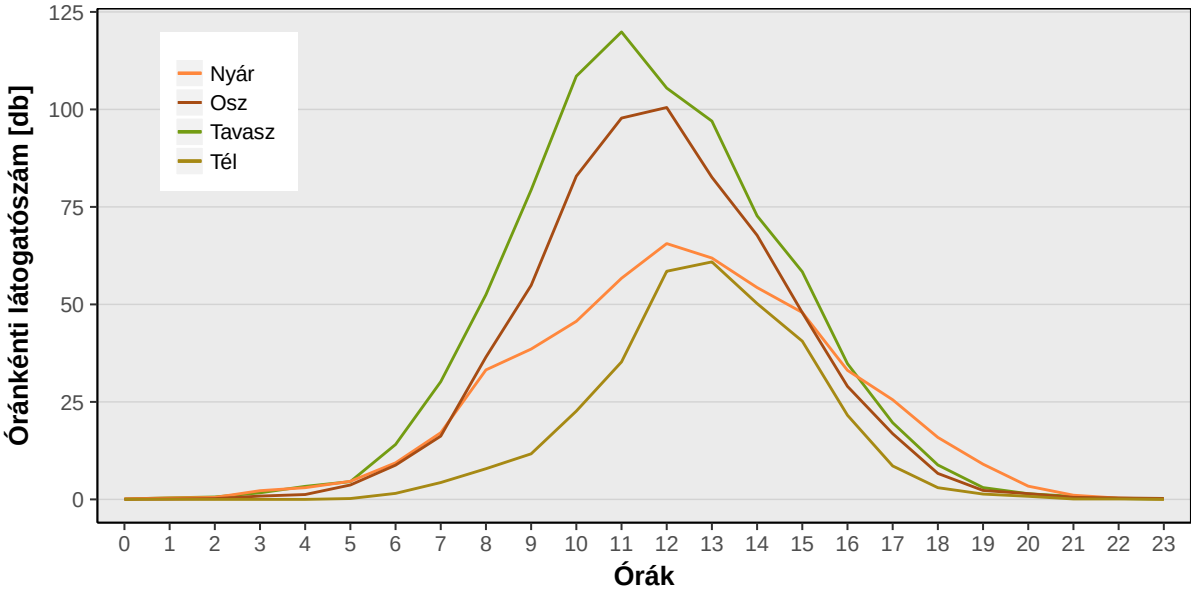

3.10. ábra. A jó napokon mért óránkénti látogatószámok munkanapokon és munkaszüneti napokon




3.11. ábra. A munkanapok átlagos óránkénti látogatószámai évszakonként

10.13147/SOE.2018.017






3.12. ábra. A munkaszüneti napok átlagos óránkénti látogatószámai évszakonként

| Típus | Napi átlag [db/ó] | | Csúcsidő [ó] | | Csúcsidő átlaga [db/ó] | | Maximum [db/ó] | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | M.nap | Szünnap | M.nap | Szünnap | M.nap | Szünnap | M.nap | Szünnap |
| Gyalogos | 3 | 18 | 11-13 | 12-13 | 9 | 66 | 91 | 330 |
| Kerékpáros | 1 | 4 | 14-15 | 11-13 | 3 | 11 | 95 | 62 |
| Személygépkocsi | 3 | 3 | 9-16 | 9-16 | 6 | 6 | 26 | 36 |
| Tehergépkocsi | 0 | 0 | 7-12 | 10-11 | 1 | 0 | 7 | 5 |

3.4. táblázat. A típusokra jellemző óránkénti kerekített értékek

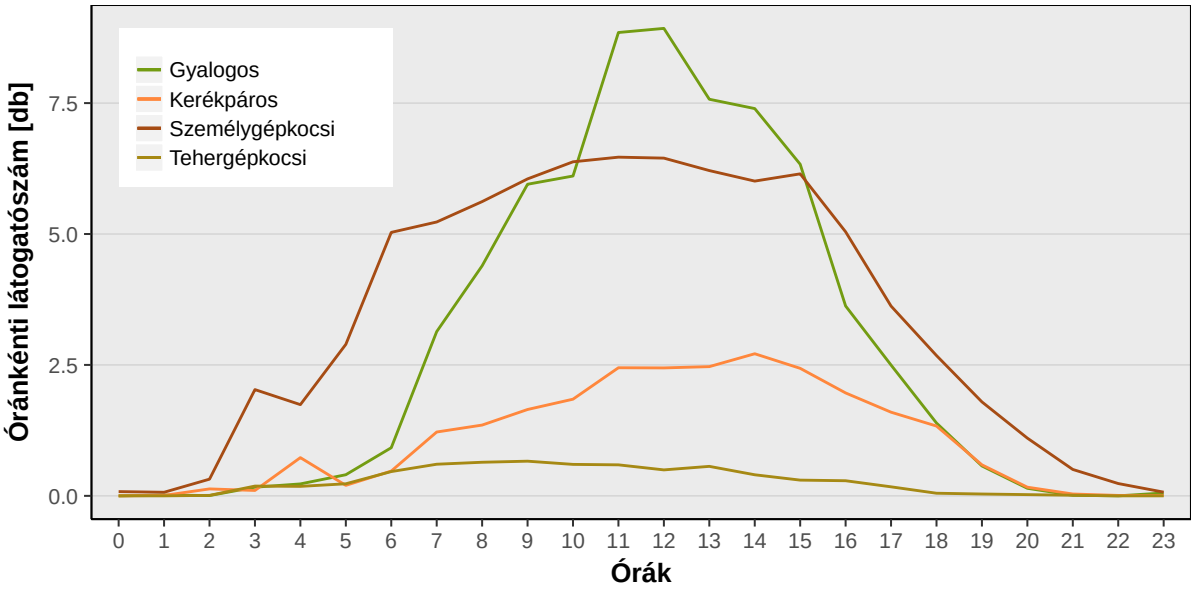
ám ekkor is maximum 3 érkezik óránként. A tehergépkocsik alacsony száma az óránkénti értékeken is meglátszik, ezek jellemzően reggel 6 és délután kettő között közlekednek. Hétvégén a 3.2. alfejezetben bemutatottaknak megfelelően a gyalogosok dominálnak. 12 és 13 óra között átlagos áthaladásszámuk meghaladja a 60-at, vagyis munkaszüneti napokon délben átlagosan egy gyalogos érkezik percenként. A legnagyobb mért érték 330 áthaladás/óra volt. A személygépkocsik szinte egész nap közlekednek, 9–16-ig egyenletesen magas, 6,5 áthaladás/óra értékkel jellemezhetők. Kerékpárosból 11 és 13 óra között érkezik a legtöbb ekkor átlagosan 11 áthaladást regisztráltunk óránként.

### Haladási irány szerint

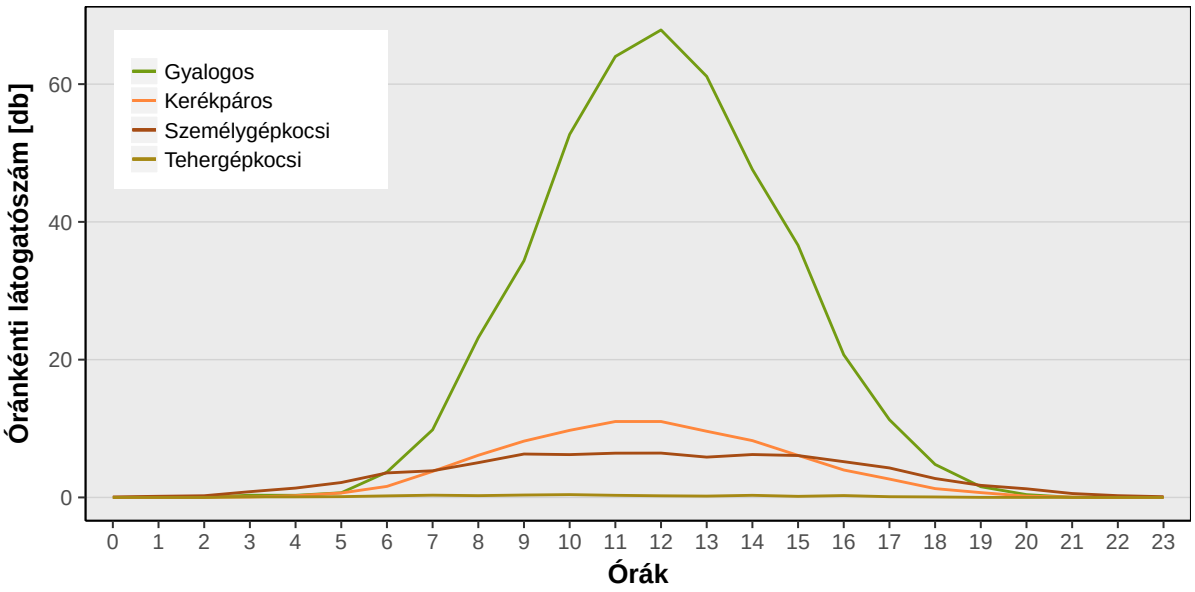
A forgalomszámláló elhelyezkedéséből adódóan feltételeztem, hogy a nap elején az erdő felé irányuló forgalom lesz magasabb, míg a nap végén a város felé haladók lesznek többségben. A haladási irányokat csak típusok szerint vizsgáltam meg (3.15. ábra). A befelé és kifelé irányuló forgalmat mutató görbék típusonként többé-kevésbé hasonlítanak egymásra. A gyalogosokról és kerékpárosokról elmondható, hogy a befelé és kifelé haladó forgalom legmagasabb értékei között átlagosan 2 óra telik el. A személygépkocsik és tehergépkocsik ábrájáról ilyen egyértelmű eltolódás nem állapítható meg.

10.13147/SOE.2018.017





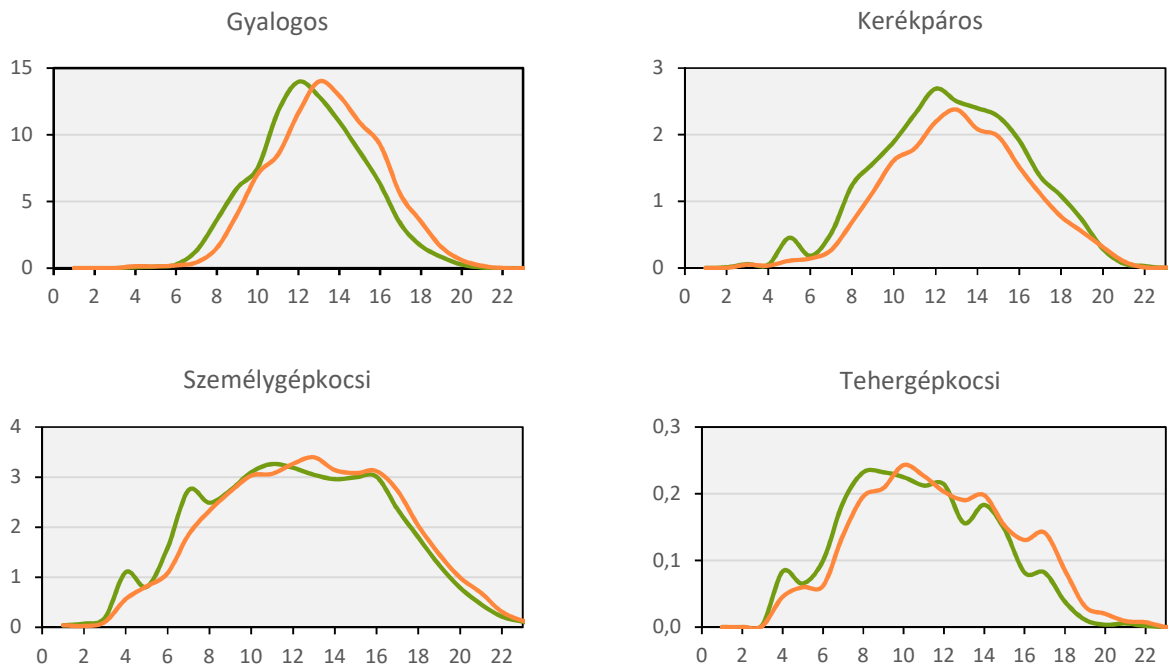

3.13. ábra. A munkanapok átlagos óránkénti látogatószámai látogató típusok szerint




3.14. ábra. A munkaszüneti napok átlagos óránkénti látogatószámai látogató típusok szerint

10.13147/SOE.2018.017






3.15. ábra. Óránkénti látogatószám típusonként. Befelé: zöld, kifelé: narancssárga

### Összegzés

A napon belüli látogatószámokat megvizsgálva megállapítottam, hogy a gyalogosok és kerékpárosok óránkénti látogatószáma egy határozott csúcsponttal jellemezhető, ami általában 12 és 13 óra közé esik. A személygépkocsik és tehergépkocsik áthaladás száma több órán keresztül nagyjából állandó értéket mutat. Az évszakokkal változik a nappal hossza és ezt természetes módon követi a forgalom is. Télen akár három órával is csökkenhet a forgalommal érintett időszak, emellett a látogató csúcs is későbbre tolódik. A nap jellege szerint átlagosan nem volt kimutatható az úthasználati időszak eltolódása. Típusonként azonban kimutattam, hogy a személygépkocsik munkanapokon korábban jelennek meg, mint munkaszüneti napon, illetve a kerékpárosok munkanapi látogatási csúcsa tolódik kora délutánra.

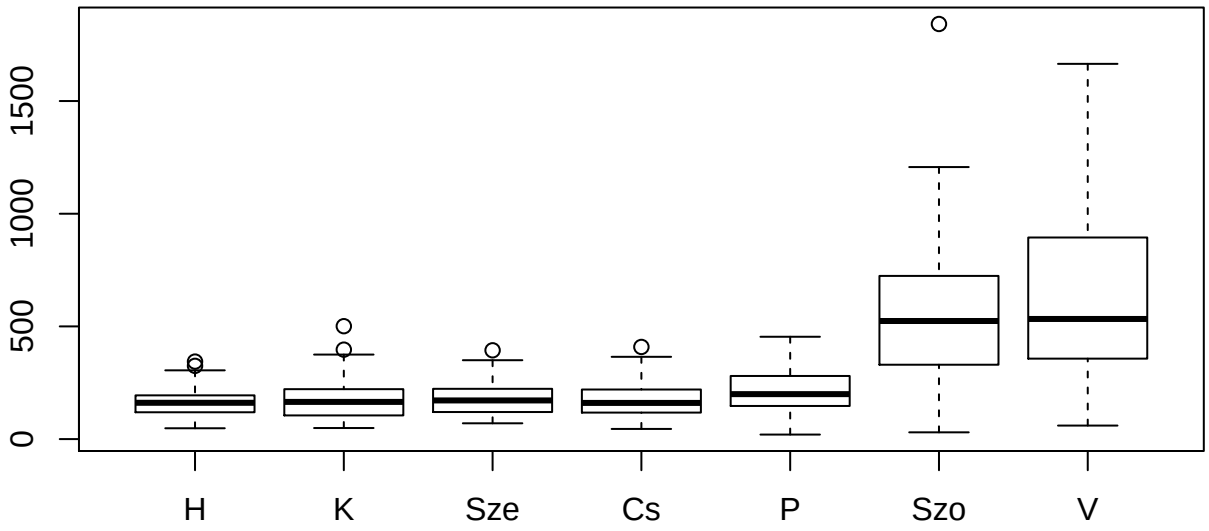
## 3.4. A látogatószám alakulása a hét napjain

A látogatószám héten belüli alakulásának vizsgálatához a teljes adatbázisból származó jó napokat tartalmazó adatbázist használtam. Az adatbázisból kiszűrtem a hétköznapra eső ünnepnapokat, illetve a hétvégi napra áthelyezett munkanapokat, hiszen ezek a változások jelentősen eltolták a napi látogatószámot az adott napra jellemző értékhez képest. Feltételeztem, hogy népszerű kirándulóhelyként az út forgalma hétvégén nagyobb lesz, mint hétköznap.

A leszűrt teljes adatbázis napi látogatószámait a hét napjai szerinti bontásban mutatja a 3.16. ábra. Az ábráról megállapítható, hogy általában a hétvégi napok látogatószáma jóval magasabb, mint a hétköznapoké, valamint a hétköznapok látogatószámai között lévő különbségek ehhez az eltéréshez képest jelentéktelennek látszanak. A megállapítás helyességét statisztikai vizsgálattal ellenőriztem. Statisztikai próbával eldönthető, hogy egy kategorikus változó – jelen esetben a hét napjai – egyes értékeihez tartozó mennyiségek származhatnak-e egyféle eloszlásból. Erre leggyakrabban az ANOVA analízist használják, ám ennek előfeltétele, hogy a vizsgált változó eloszlása normál eloszlást kövessen, vagy legalábbis szimmetrikus legyen (Zar, 2010; Lane, 2017). A normalitás vizsgálatot a Shapiro-Wilk teszttel – *shapiro.test{stats}* – végeztem el, amelynek eredménye a 3.5. táblázatban szerepel. Az eredmények alapján azt lehet mondani, hogy 95%-os

10.13147/SOE.2018.017






3.16. ábra. A látogatószám alakulása a hét napjai szerint

szignifikancia szinten a látogatószámok eloszlása napok szerint nem származhat normál eloszlásból. Az ANOVA alkalmazhatóságának gyengébb feltétele az eloszlások szimmetriájára vonatkozott, amit a *symmetry.test {lawstat}* metódussal ellenőriztem. A 3.6. táblázatban szereplő értékek tanúsága szerint 95%-os szignifikancia szinten a hétből három eloszlásra nem mondható ki, hogy szimmetrikus. Ilyen típusú adatokra a Kruskal-Wallis tesztet szokták alkalmazni, ezért a *kruskal.test{stats}* függvény használatával én is ezt tettem. A teszt eredménye – $p = 0,0000$ – azt mutatta, hogy a hét napjai között szignifikáns eltérés van. Az eltérések helyét páronkénti összehasonlítással lehet megállapítani, amihez a *posthoc.kruskal.nemenyi.test {PMCMR}* függvény volt segítségemre. A páronkénti összehasonlítás eredménye a 3.7. táblázatban található. Két nap látogatószámai között 95%-os szignifikancia szinten összefüggés feltételezhető abban az esetben, ha a teszt értéke meghaladja a 0,05-ös értéket. Eszerint a hétköznapok hasonlítanak egymásra, mint ahogy a hétvégi napok is, de a két csoport egymástól különbözik.

A hét napjain mért látogatószámot megvizsgáltam évszakok szerinti bontásban is. A 3.17. ábrán látható, hogy évszakonként hasonlóan alakul a hétköznap-hétvége látogatószámának viszonya. Érdemes megjegyezni, hogy a vasárnapi látogatószámok mediánja tavasszal és télen magasabb, nyáron alacsonyabb, mint a szombatoké, míg ősszel a két hétvégi nap látogatottságának mediánja közel megegyezik. Az is megfigyelhető továbbá, hogy kiugróan magas forgalomra hétvégén minden évszakban lehet számítani.

A hétköznapok és hétvégék összevonhatósága miatt a hét napjain mért átlagos látogatószámot ilyen bontásban közlöm (3.8. táblázat).

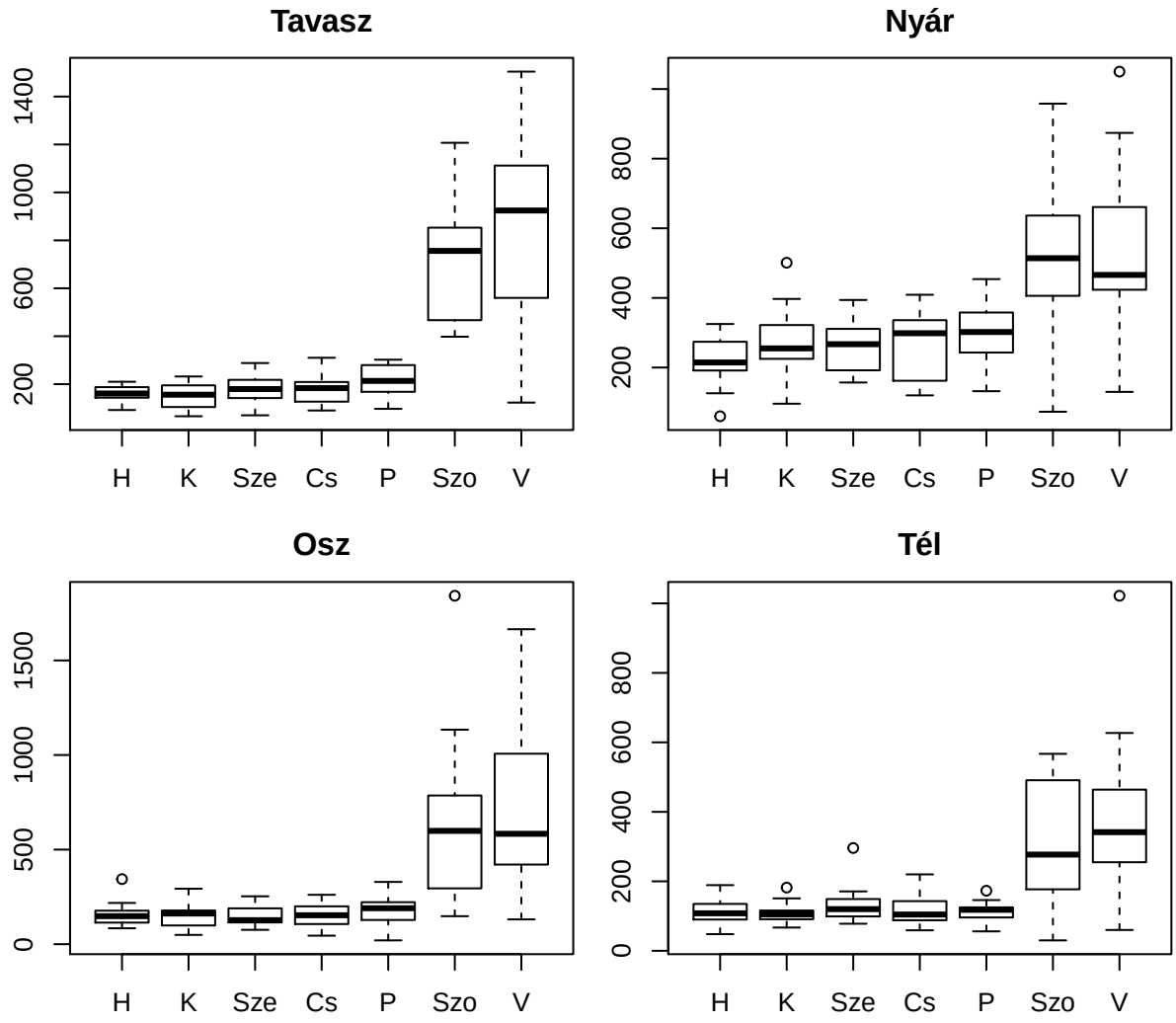
A hét napjaira vonatkozóan megállapítottam, hogy a hétköznapok és a hétvégi napok látogatószáma szignifikánsan eltér. Egy átlagos hétköznap 184 látogató, míg egy átlagos hétvégi napon 595 látogató haladt át a mérési szelvényen. A legmagasabb hétköznapi látogatószámra nyáron lehet számítani, míg a hétvégék átlagos látogatószáma tavasszal tetőzik.

## 3.5. A látogatószám éven belüli alakulása

A látogatószám éves alakulásának vizsgálatához a teljes adatbázisból származó jó napokat használtam fel, illetve a 2016-os, kiegészített év adatait. A vizsgálatban arra kerestem a választ, hogy van-e az évnek olyan időszaka, amikor jelentősen megnő a látogatószám, illetve, hogy a különböző látogatótípusok éven belüli eloszlásában felfedezhető-e különbség. Feltételeztem, hogy a nyári időszakban megemelkedik az Apátkúti út gyalogos és kerékpáros forgalma a többi évszakhoz képest, valamint, hogy a faanyagszállítás miatt a tehergépkocsik télen, illetve tavasszal

10.13147/SOE.2018.017






3.17. ábra. A látogatószám alakulása évszakonként a hét napjai szerint

| Hét napja | p érték | Normál |
|---|---|---|
| Hétfő | 0,0238 | Nem |
| Kedd | 0,0001 | Nem |
| Szerda | 0,0034 | Nem |
| Csütörtök | 0,0010 | Nem |
| Péntek | 0,0982 | Igen |
| Szombat | 0,0009 | Nem |
| Vasárnap | 0,0018 | Nem |

3.5. táblázat. A Shapiro-Wilk normalitás teszt eredménye a hét napjaira

| Hét napja | p érték | Szimmetrikus |
|---|---|---|
| Hétfő | 0,3020 | Igen |
| Kedd | 0,0960 | Igen |
| Szerda | 0,0760 | Igen |
| Csütörtök | 0,0020 | Nem |
| Péntek | 0,0420 | Nem |
| Szombat | 0,1420 | Igen |
| Vasárnap | 0,0000 | Nem |

3.6. táblázat. A szimmetria teszt eredménye a hét napjaira

10.13147/SOE.2018.017



| Hét napja | Hétfő | Kedd | Szerda | Csütörtök | Péntek | Szombat | Vasárnap |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hétfő | – | – | – | – | – | – | – |
| Kedd | 1,00 | – | – | – | – | – | – |
| Szerda | 0,99 | 1,00 | – | – | – | – | – |
| Csütörtök | 1,00 | 1,00 | 1,00 | – | – | – | – |
| Péntek | 0,12 | 0,23 | 0,50 | 0,37 | – | – | – |
| Szombat | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | – | – |
| Vasárnap | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,92 | – |

3.7. táblázat. A hét napjai közötti összefüggés vizsgálat eredménye

| Teljes | | Tavasz | | Nyár | | Ősz | | Tél | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hétk. | Hétv. | Hétk. | Hétv. | Hétk. | Hétv. | Hétk. | Hétv. | Hétk. | Hétv. |
| 184 | 595 | 178 | 775 | 266 | 532 | 156 | 648 | 116 | 349 |

3.8. táblázat. Átlagos áthaladás szám a hét napjai és az évszakok szerint

nagyobb számban jelennek meg az úton, mint az év többi részében.

A vizsgálatot az adatok vizuális értékelésével kezdtem. Először a teljes adatbázisból rajzoltam fel az éves látogatószám alakulását havonta (3.18. ábra), majd munkanap és munkaszüneti nap szerinti bontásban (3.19. ábra). A 3.18. ábráról az olvasható le, hogy az Apátkúti út látogatottsága nyáron tetőzik, de tavasszal és ősszel több kiugróan magas érték is megjelenik. A 3.19. ábra azt mutatja, hogy az őszi és tavaszi kiugró értékek a munkaszüneti napoknak köszönhetők, míg munkanapokon a nyári hónapokban a legmagasabb az út forgalma.

A 3.19. ábrán látható napi látogatószámok hónaponként számított mediánja több esetben látszólag eltér egymástól. Ennek bizonyítására, illetve a hasonló mediánnal jellemezhető hónapok kimutatására Kruskal-Wallis tesztet végeztem. A teszt kimutatta, hogy a hónapok napi látogatószámainak mediánjai között vannak, amelyek 95%-os szignifikancia szinten eltérőnek tekinthetők. A páronkénti összehasonlítást a Neményi-féle poszt-hoc teszttel végeztem el. A teszt munkanapokra vonatkozó eredményei a 3.9. táblázatban, míg a munkaszüneti napokra vonatkozó eredmények a 3.10. táblázatban szerepelnek. A táblázatok adataiból megállapítható, hogy a hónapok évszakonként hasonlítanak egymásra, bár az őszi hónapok mediánjai jelentősen eltérőek voltak.

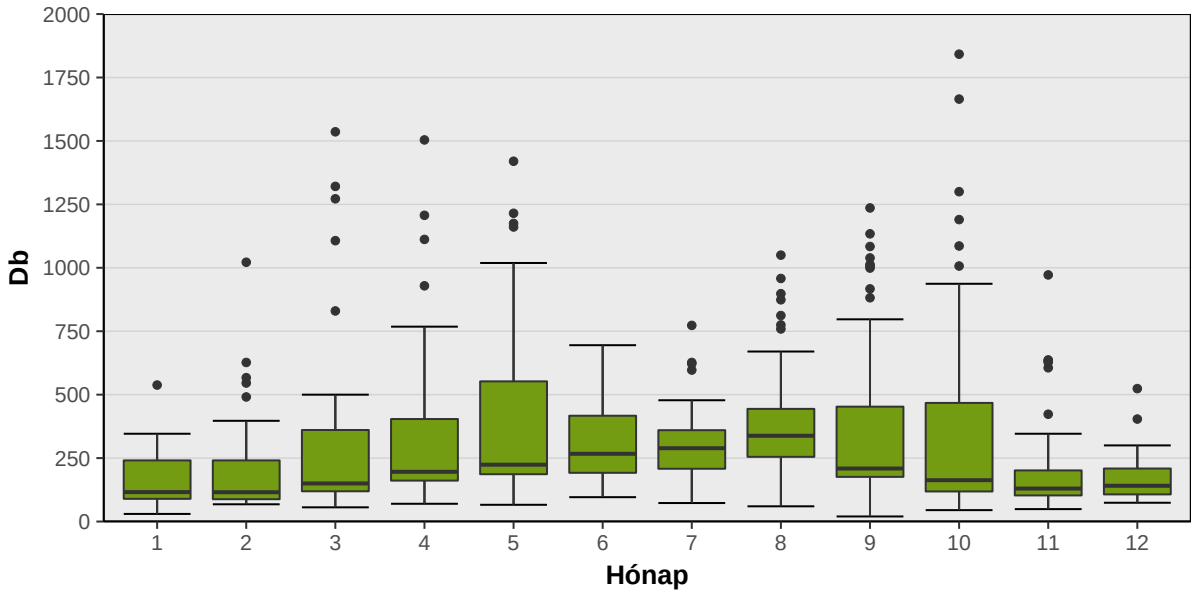
A látogatószám eltérően alakulhat úthasználó típusonként, ezért a leggyakrabban előforduló

| Hónap | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 0,858 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 3 | 0,004 | 0,932 | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 4 | 0,000 | 0,015 | 0,506 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 5 | 0,000 | 0,000 | 0,059 | 1,000 | – | – | – | – | – | – | – |
| 6 | 0,000 | 0,000 | 0,010 | 0,977 | 1,000 | – | – | – | – | – | – |
| 7 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,227 | 0,413 | 0,936 | – | – | – | – | – |
| 8 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,013 | 0,018 | 0,384 | 1,000 | – | – | – | – |
| 9 | 0,000 | 0,000 | 0,102 | 1,000 | 1,000 | 0,969 | 0,087 | 0,000 | – | – | – |
| 10 | 0,304 | 0,494 | 1,000 | 0,786 | 0,131 | 0,023 | 0,000 | 0,000 | 0,214 | – | – |
| 11 | 0,999 | 1,000 | 0,993 | 0,008 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,594 | – |
| 12 | 0,894 | 0,955 | 1,000 | 0,357 | 0,023 | 0,003 | 0,000 | 0,000 | 0,039 | 1,000 | 0,997 |

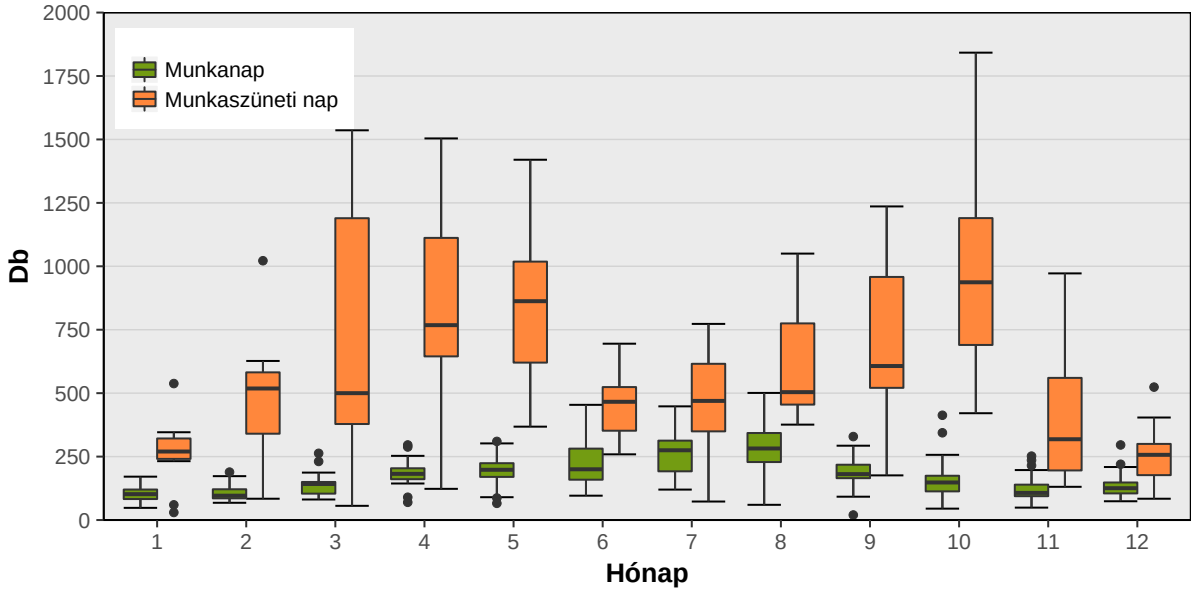
3.9. táblázat. A munkanapok látogatószámai közötti kapcsolat kimutatása hónapok szerint

10.13147/SOE.2018.017






3.18. ábra. Az Apátkúti út éven belüli látogatószámának alakulása havi bontásban




3.19. ábra. Az Apátkúti út éven belüli látogatószámának alakulása havonta, munkanap és munkaszüneti nap szerinti bontásban

10.13147/SOE.2018.017



| Hónap | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 0,802 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 3 | 0,093 | 0,998 | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 4 | 0,009 | 0,856 | 0,999 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 5 | 0,000 | 0,431 | 0,956 | 1,000 | – | – | – | – | – | – | – |
| 6 | 0,788 | 1,000 | 0,976 | 0,590 | 0,106 | – | – | – | – | – | – |
| 7 | 0,888 | 1,000 | 0,976 | 0,621 | 0,153 | 1,000 | – | – | – | – | – |
| 8 | 0,053 | 0,999 | 1,000 | 0,989 | 0,688 | 0,982 | 0,983 | – | – | – | – |
| 9 | 0,004 | 0,959 | 1,000 | 1,000 | 0,960 | 0,716 | 0,766 | 1,000 | – | – | – |
| 10 | 0,000 | 0,285 | 0,852 | 1,000 | 1,000 | 0,062 | 0,090 | 0,491 | 0,844 | – | – |
| 11 | 0,996 | 0,997 | 0,456 | 0,076 | 0,001 | 0,999 | 1,000 | 0,351 | 0,042 | 0,001 | – |
| 12 | 1,000 | 0,847 | 0,142 | 0,018 | 0,000 | 0,846 | 0,919 | 0,099 | 0,012 | 0,000 | 0,998 |

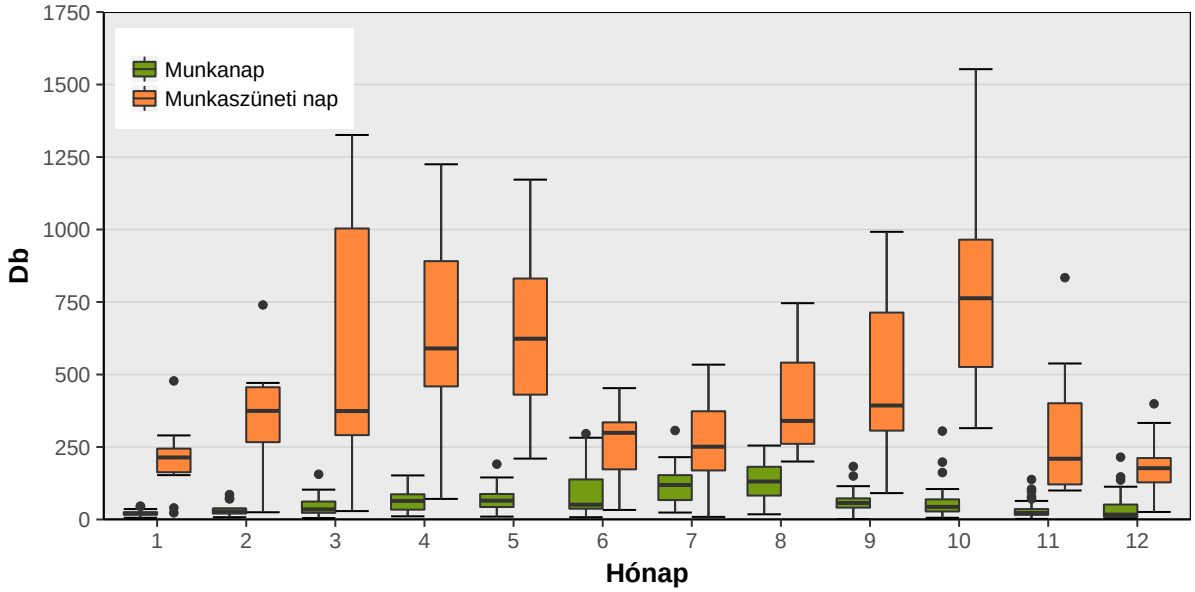
3.10. táblázat. A munkaszüneti napok látogatószámai közötti kapcsolat kimutatása hónapok szerint

négy típus éven belüli áthaladás-számait – gyalogos, kerékpáros, személygépkocsi és tehergépkocsi – külön-külön is megvizsgáltam. A gyalogosok éven belüli áthaladásait a 3.20. ábra, a kerékpárosokét a 3.21. ábra, a személygépkocsikét a 3.22. ábra, míg a tehergépkocsikét a 3.23. ábra mutatja. A 3.20. és a 3.19. ábra nagy hasonlóságot mutat, ami annak köszönhető, hogy darabszám szerint a gyalogosok teszik ki az út forgalmának legnagyobb részét. A naponta áthaladó gyalogosok száma hétköznapokon nyáron a legmagasabb, míg munkaszüneti napokon tavasszal, illetve ősszel. A legtöbb gyalogosra a méréseim szerint az októberi hétvégéken lehet számítani, ekkor a napi áthaladás számuk meghaladhatja az 1500-at. A kerékpárosok számának éven belüli alakulása (3.21. ábra) hasonló trendet mutat, mint a gyalogosoké. A hétköznapi kerékpáros forgalom júliusban a legmagasabb, és csak ezzel az egy csúccsal jellemezhető az éves lefutás. Hétvégén azt tapasztaltam, hogy a gyalogosokhoz hasonlóan januárban kevés kerékpáros érkezik, májusban 150 fő/nap érték körül tetőzik az áthaladások száma, májusról júniusra hirtelen visszaesés figyelhető meg, majd egy augusztusig tartó második, szerényebb emelkedés után év végéig folyamatosan csökken az áthaladások száma. A személygépkocsik napi áthaladás száma (3.22. ábra) általában 150 darab alatt maradt. A napi áthaladások átlaga munkanapon és munkaszüneti napon is szeptemberben volt a legmagasabb, de májustól szeptemberig munkanapokon nem változott jelentősen az értéke. A tehergépkocsik napi áthaladási számait (3.23. ábra) havonta vizsgálva megállapítható, hogy a legmagasabb értékek júniusban, augusztusban és októberben fordulnak elő, de átlagosan a legtöbb tehergépkocsi februárban, munkanapon közlekedett az Apátkúti úton. Hétvégén minimális volt a teherautó forgalom.

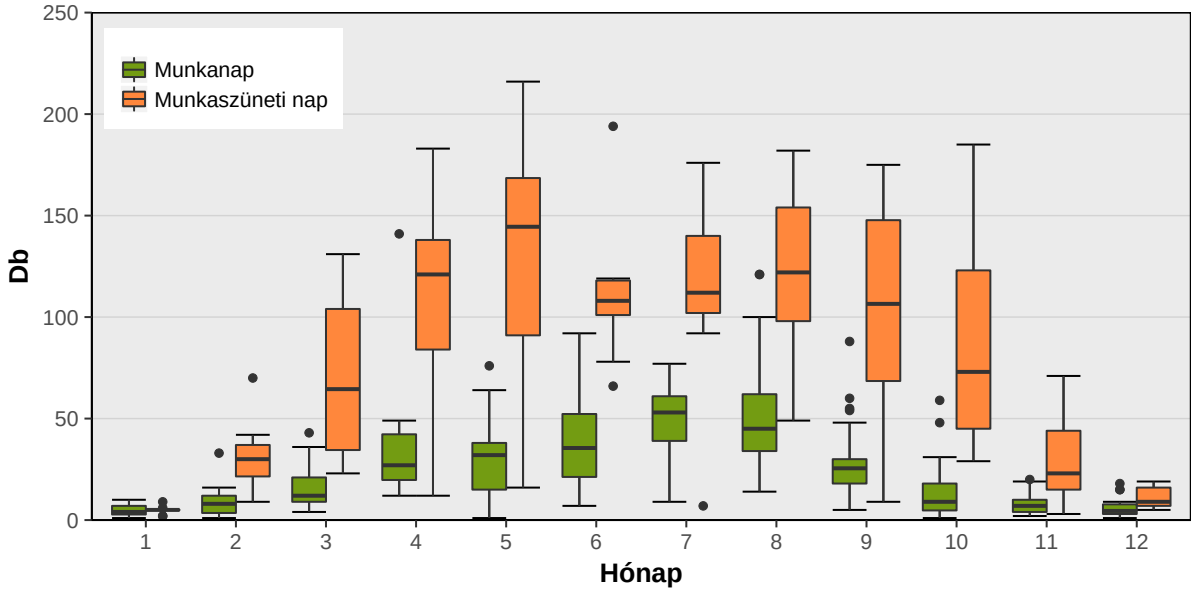
A gyalogosok és kerékpárosok áthaladási számai nem a feltételezésemnek megfelelően alakultak, hiszen míg munkanapokon jól megfigyelhető volt a nyári látogatószám csúcs, addig a munkaszüneti napokon nyár helyett tavasszal és ősszel volt a legmagasabb a látogatottság. A nyári visszaesést azzal magyaráztam, hogy ilyenkor mennek hosszabb és távolabbi nyaralásra azok, akik egyébként egy-egy hétvégére Visegrádra látogatnak. A nyári látogatószám visszaesés tényét szerettem volna megerősíteni, ezért egy független helyen kontroll számlálás elvégzését tartottam szükségesnek. A tehergépkocsik forgalma egész évben nagyjából egyenletes volt, az egyetlen kiugró értéket februárban mértem, amikor az átlagos 5 helyett napi 8 tehergépkocsi haladt át a mérőhelyen. Az egyenletességre magyarázatként szolgálhat, hogy az úton a faanyagszállítás mellett építőanyag, illetve élelmiszer szállítást is végeznek tehergépkocsikkal.

10.13147/SOE.2018.017





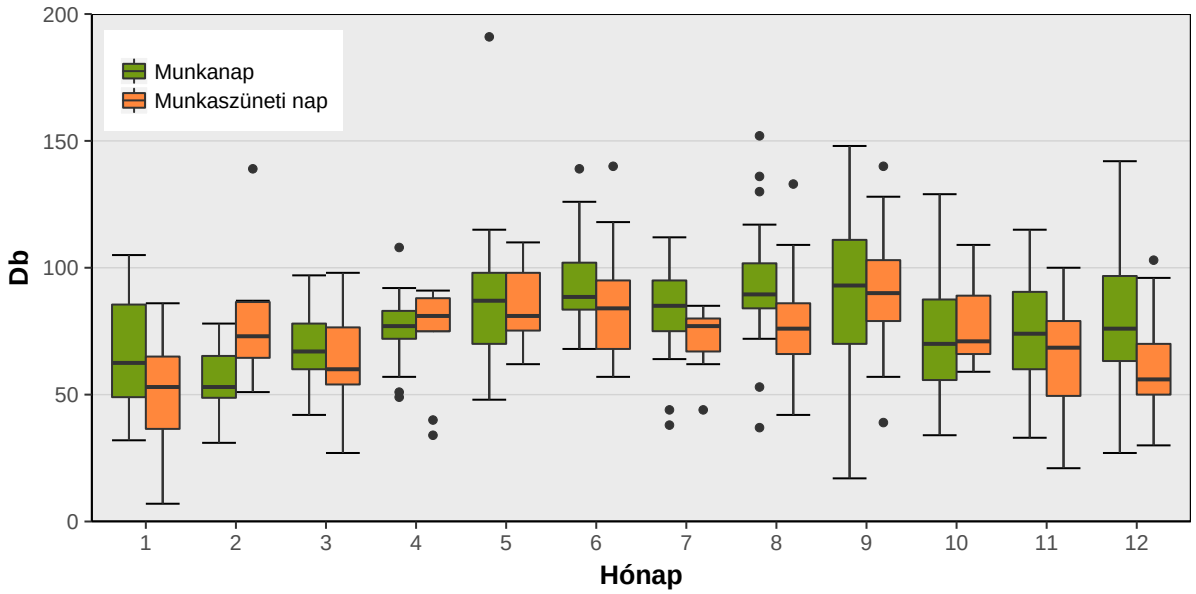

3.20. ábra. Gyalogosok napi darabszámának alakulása havonta, munkaszüneti és munkanapok szerint



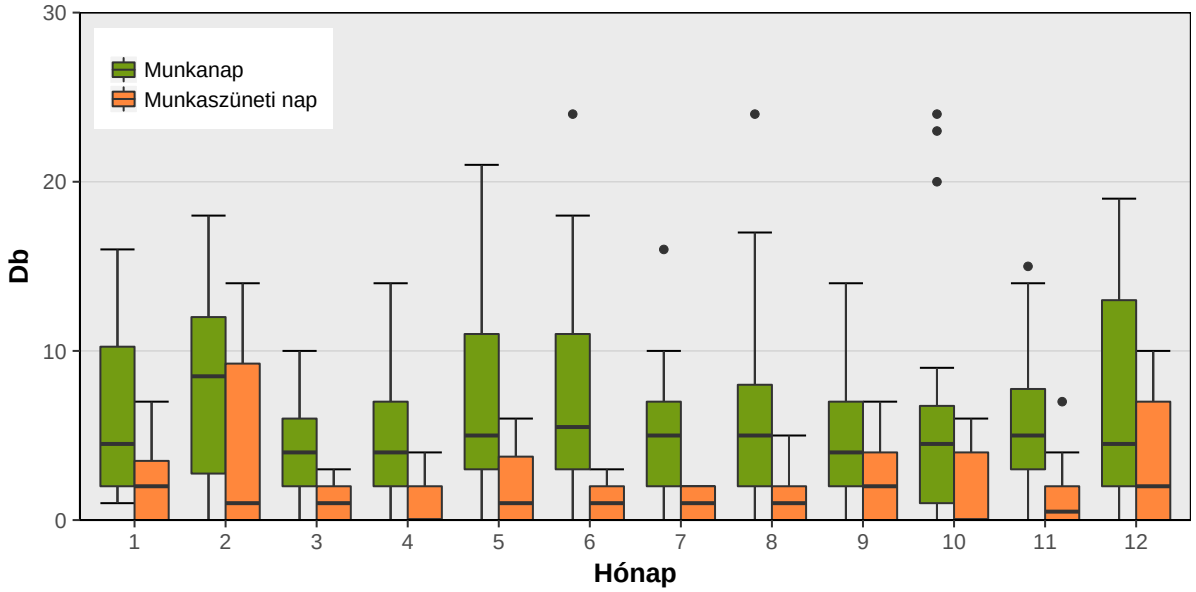

3.21. ábra. Kerékpárosok napi darabszámának alakulása havonta, munkaszüneti és munkanapok szerint

10.13147/SOE.2018.017






3.22. ábra. Személygépkocsik napi darabszámának alakulása havonta, munkaszüneti és munkanapok szerint




3.23. ábra. Tehergépkocsik napi darabszámának alakulása havonta, munkaszüneti és munkanapok szerint

10.13147/SOE.2018.017



## 3.6. Gyalogosok éves eloszlásának ellenőrzése kiegészítő számlálással

A gyalogosok éves hétvégi látogatószám eloszlása nem felelt meg a feltételezésemnek, ezért egy nem túl távoli ponton ellenőrizni szerettem volna a mérés helyességét. Erre kiváló alkalmam adódott, amikor a Pilisi Parkerdő jelezte azt a szándékát, hogy egy kilátójának látogatottságát szeretné mérések alapján megbecsülni. A kilátó látogatottságát ideális összehasonlítási alapnak láttam, hiszen ide csak gyalog lehet felmenni, illetve a számlálást is könnyebben megvalósíthatónak ítéltem, mint egy erdészeti úton.

### Mintaterület

A visegrádi mérőhelyhez legközelebb a Zsitvay-kilátó található, illetve szóba jöhetett még a Pilis-tetőn 2014-ben átadott Boldog Özséb kilátó. A dolgozat megírása közben, 2016-ban adtak át a Prédikálószéken egy újabb kilátót, ami csak 5 km-re van a mérőhelytől, ám itt már nem volt lehetőségem számlálást végezni, illetve az erdőgazdaság által mért adatokat sem tudtam beépíteni a vizsgálataimba.

#### Zsitvay-kilátó

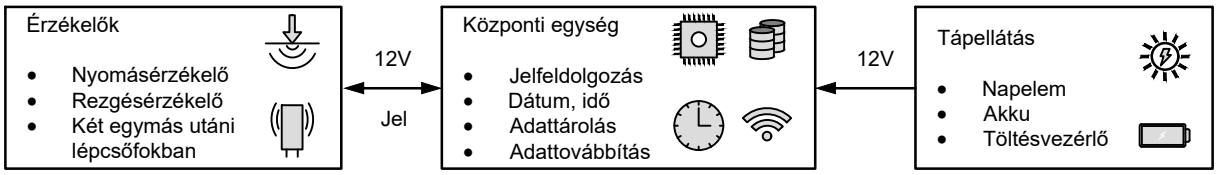
A Nagy-Villám 377 méteres csúcsán álló Zsitvay-kilátó a mintaterület egyetlen ilyen objektuma. A kilátó a Visegrádi-hegység egyik leglátogatottabb parkerdei részén épült 1933-34-ben, majd 2006-ban az erdőgazdaság felújította (Kalincsák, 2012). A Parkerdő munkatársainak elmondása szerint a tervezett számlálás megkezdését megelőző években a kilátó csak alkalomszerűen volt nyitva, ami torzítja a látogatószám becslését. További módosító tényező, hogy a kilátóba belépődíjat kell fizetni, ami leszűkíti a látogatók körét. E két tényező miatt úgy döntöttem, hogy másik kilátót választok a számlálás helyéül.

#### Boldog Özséb kilátó

A kilátó a Pilis-tetőn található, mintegy 12 km távolságra a visegrádi mérőhelytől. A Pilis-tető a Dunántúl legmagasabb pontja, tengerszint feletti magassága 756 m. A hegyen a kilátó mellett néhány elhagyott katonai bunker található. A hegy legmagasabb pontján álló geodéziai torony köré 2014-ben építtetett egy fa szerkezetű kilátót a Pilisi Parkerdő (www.parkerdo.hu/boldog_ozseb_kilato). A kilátószint fölötti, látogatók elől elzárt beton teraszon, illetve a torony belsejében a Pilis Meteor amatőr rádiós egyesület üzemeltet időjárás állomást, webkamerákat és rádiózáshoz használt eszközöket (www.pilismeteor.hu). Az eszközeik áramellátását napelemekkel és egy szélturbinával biztosítják, az adatkapcsolatot mikrohullámú antennával oldják meg. A kilátó két irányból közelíthető meg jelzett turistaúton. ÉNY felől a Kétbükkfa-nyereg felől közforgalom elől elzárt, 75%-ban aszfalt, 25%-ban zúzottkő burkolatú erdészeti út vezet a kilátóig, amin a zöld háromszög jelzés halad. Az út hossza 4,8 km, átlagos emelkedése 4,3%, gyalogos járhatóságát a turistautak.hu adatbázisa 90%-ban a legjobb kategóriába („Utcai cipőben járható") sorolja. A Kétbükkfa-nyereg megközelíthető Budapest, illetve Esztergom irányából tömegközlekedéssel, és személygépkocsival is. Dél felől Pilisszántóról lehet felmenni a hegy tetejére a Magyar Zarándokút, a zöld forrás, a zöld sáv és végül a zöld háromszög turistajelzések érintésével. Az út hossza 4,8 km, átlagos emelkedése 9,8%, a táv nagy részén burkolattal nem ellátott, emiatt a gyalogos járhatósága is a második kategóriába („Túracipő ajánlott") esik. Pilisszántóra Budapestről hétköznap 37 alkalommal (9 délelőtt), hétvégén 21 (9 délelőtt) buszjárat indul, illetve itt is található személygépkocsi parkoló. A csak gyalogos megközelíthetőség, a Pilis Meteor rendszeres felügyelete, a kevés más látnivaló, valamint a Parkerdő igényei miatt a Boldog Özséb kilátót alkalmasnak ítéltem a számlálás elvégzésére.

10.13147/SOE.2018.017






3.24. ábra. A Boldog Özséb kilátóba tervezett számláló eszköz elvi felépítése

### A számláló eszköz

A Boldog Özséb kilátóba szánt számláló eszköz megtervezése előtt egyeztettem a Pilisi Parkerdő munkatársaival és a Pilis Meteor tagjaival a várható körülményekről. A megbeszélés eredményeképp a következő feltételeket fogalmaztam meg a számlálóval szemben:

- Legyen képes automatikus, távoli adatletöltésre,
- Vandálbiztos kivitelű legyen,
- Szélsőséges időjárási viszonyok között is működjön,
- Legalább egy hónapnyi mérési adatot tudjon tárolni,
- Rendelkezzen saját áramellátással,
- Ne jelentsen fizikai akadályt a látogatók számára,
- Gazdaságosan kivitelezhető legyen.

Első lépésként a számlálás elvét kellett megválasztanom. A 3.11. táblázat mutatja be azokat a lehetőségeket, amik az irodalom, és az egyetemen meglévő tapasztalatok alapján rendelkezésre álltak.

A táblázatban felsorolt megoldások közül a vandálbiztosság alapján a radar elvű, a nyomásmérésen alapuló és a rezgést érzékelő szenzor jöhetett szóba. A magas fogyasztás és bekerülési költség miatt a radar elvű érzékelő alkalmazását elvetettem, így végül a nyomás- és a rezgésérzékelő szenzorra szűkítettem a kört. Mivel egyik szenzorral sem volt korábbi tapasztalatom, ezért célszerűnek látszott mindkét módszert kipróbálni.

### A rendszer felépítése

A számlálás elvének megválasztása után megterveztem, valamint Kalicz Péter és Primusz Péter kollégáim segítségével megépítettem és üzembe helyeztem a számláló eszközt. Az eszköz három fő modulból állt össze (3.24. ábra):

- Érzékelők
- Központi modul
- Áramellátó modul

Rezgésérzékelőnek a Jingle World JWR-001-02 modellt, nyomásérzékelőnek az Interlink FSR 402 típust választottam. A rezgésérzékelőket a kilátó lépcsőjébe, a nyomásérzékelőket a lépcső alá építettük be. A számlálás pontosságának növelése érdekében egymást követő két lépcsőt szereltünk fel érzékelőkkel, így a számlálás akkor is megtörténik, ha valaki egy lépcsőfokot átlép. A kiválasztott két lépcsőfok a kilátószintre vezető utolsó lépcsősor alsó két lépcsőfoka volt. Az érzékelők jelét a kilátón belülre kéteres vezetéken, onnan a központi egységig UTP kábelen vezettük el.

10.13147/SOE.2018.017



| **Számlálási módszer** | **Előny** | **Hátrány** |
|---|---|---|
| Optikai kapu | Alkalmazási tapasztalat<br>Egy ember, egy számlálás<br>Nem jelent fizikai akadályt | Látható, ezért nem vandálbiztos<br>Szennyeződés rontja a hatásfokot |
| Mozgásérzékelő | Egyetemi tapasztalat<br>Nehezen elérhető helyre szerelhető<br>Nem jelent fizikai akadályt | Látható, ezért nem vandálbiztos<br>Látogató csoport nehezen elkülöníthető |
| Forgókapu | Egy ember egy számlálás<br>Kész rendszer elérhető | Fizikai akadály<br>Feltűnő<br>Az üzemeltető ellenzi |
| Kamera | Alkalmazási tapasztalat<br>A Pilis Meteor által üzemeltetett webkamera képe mindenki számára elérhető<br>Csoport is számolható<br>Nem jelent fizikai akadályt | A telepített webkamera percenként készít új képet, így adathiányos időszakok lehetnek<br>Automatikus adatfeldolgozás nem megoldott<br>Nehezen elrejthető<br>Magas fogyasztás |
| Radar | Könnyen elrejthető<br>Egyes emberek elkülöníthetők<br>Nem jelent fizikai akadályt | Magas fogyasztás<br>Nincs tapasztalat<br>Kész rendszer drága |
| Nyomás / lépés szenzor | Lépcsőfokba építhető<br>Egyszerű adatfeldolgozás<br>Elvileg egy ember egy számlálás<br>Olcsó | Analóg jel<br>Érzékeny a beépítési körülményekre |
| Rezgés szenzor | Lépcsőbe építhető<br>Egyszerű adatfeldolgozás<br>Olcsó | Egy ember több jelet generálhat |

3.11. táblázat. Lehetséges számlálási módok a Boldog Özséb kilátóban

10.13147/SOE.2018.017



Az érzékelők jelét Arduino mikrokontrollerrel terveztem feldolgozni, hiszen ez a legelterjedtebb, hobbisták számára kifejlesztett kontroller. A tervezett élettartam rövidsége, és a gazdaságossági szempont miatt nem ipari megoldást választottam. Arduino-t saját hobbi projekthez használtam már, azonban egy év folyamatos üzemmel, GSM modullal, illetve a választott érzékelőkkel kapcsolatban még nem volt tapasztalatom, ezért az általános célokra fejlesztett, a feladathoz szükségesnél nagyobb tudású Arduino Uno R3 kontrollert választottam a feladatra. A nyomásérzékelő jelét az analóg bemeneten fogadja az eszköz, míg a rezgésérzékelő digitális jelet szolgáltat. A központi egységnek a többi modul összekötésén túl a számlált adatok biztonsági mentését, illetve a pontos idő szolgáltatását is el kell végeznie. Az adattárolást egy 64kB méretű EEPROM modullal oldottuk meg, amely több hónapnyi adat mentésére alkalmas. Kommunikációs hiba esetén így a számlált adat addig tárolható, míg a helyszínen az adatkiolvasás meg nem történik. A pontos időt egy nagy pontosságú (± 5ppm) valós idejű óra modul szolgáltatja. A rendszeridőt a GSM modul segítségével adatküldéskor a GSM hálózat rendszeridejéhez szinkronizálja az eszköz. A központi egység és a többi modul összekapcsolására saját tervezésű áramköri lapot készítettünk.

A visegrádi számláló tapasztalatai alapján tudtam, hogy az adatok megszerzésének ideális módja az lenne, ha az adatokat automatikusan, távolról le lehetne tölteni. Erre a feladatra kézenfekvő megoldás a mobil internet kihasználása, illetve a Boldog Özséb kilátóban a Pilis Meteor amatőr rádiós egyesület hajlandó lett volna az általa használt mikrohullámú internetet a számlálás idejére rendelkezésünkre bocsátani. A stabil internet elérés megvalósításával nem volt tapasztalatom, valamint más helyen is alkalmazható eszközt szerettem volna készíteni, ezért más megoldást kellett találni. A kis adatmennyiség miatt felmerült, hogy egy napi adat egy SMS-ben elküldhető lenne. Az SMS küldés további előnye, hogy a kommunikációs modulnak csak rövid ideig kell bekapcsolnia, ami jelentős fogyasztásbeli megtakarítást eredményez. Erre a célra az ELECFREAKS EFCom GPRS/GSM Shield-jét találtam, ami teljes mértékig kompatibilis volt az Arduino-val, viszonylag olcsón beszerezhető volt, valamint megfelelő dokumentációval rendelkezett. A GSM modul saját antennája nem biztosított stabil hálózati kapcsolatot, ezért a Pilis Meteortól kapott irányított antennával szereltük fel. Az adatküldéshez a SIM kártyát és az előfizetést a Pilisi Parkerdő bocsátotta rendelkezésre.

Az eszköz autonóm működését napelemmel biztosítottuk. A számított fogyasztás alapján 10W teljesítményű napelemre volt szükség. Az eszköz elhelyezkedése miatt olyan panelt kellett választani, amely képes volt szórt fény hatására is biztosítani a szükséges töltőáramot. E két elvárás alapján a Conrad Amorf napelem moduljára esett a választásom, amely egy, szintén a Conrad által gyártott töltésvezérlőn keresztül végezte a 22Ah kapacitású akkumulátor töltését. A töltésvezérlő biztosította továbbá a számláló részére a stabilizált 12V tápfeszültséget.

### A számlálás menete

Amikor valaki rálépett az egyik érzékelőkkel felszerelt lépcsőfokra, az érzékelők jelet küldtek a központi egységnek. A rezgésérzékelő digitális jele egyértelműen jelezte az eseményt, a nyomásérzékelő analóg jelében pedig egy helyszínen meghatározott küszöbérték átlépése számított eseménynek. Miután egy szenzor eseményt jelzett, a szenzor egy másodpercig inaktív állapotban maradt. Az eseményeket szenzoronként és óránként tároltuk. A szenzorok által jelzett eseményeket ezután látogatószámmá alakítottuk. A két azonos szenzor által észlelt események átlagolásával, majd az eredmény felezésével állt elő a látogatószám, hiszen egy látogató fölfelé és lefelé is áthaladt a számlálón. Az eszköz az így kapott óránkénti és szenzor-típusonkénti látogatószámot minden nap éjfél előtt SMS-ben elküldte a megadott fogadó telefonszámra, valamint az értékeket mentette az EEPROM modulba. A beérkezett üzenet a Wondershare MobileGo nevű alkalmazás segítségével került át asztali számítógépre, ahol saját fejlesztésű programmal alakítottam át Excel táblázattá.

10.13147/SOE.2018.017



| Óra | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | Összesen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Beépített számláló [db]** | 8 | 9 | 6 | 16 | 5 | 16 | 3 | 6 | 69 |
| **Személyes számlálás [db]** | 16 | 7 | 28 | 7 | 29 | 4 | 5 | 4 | 100 |

3.12. táblázat. Az ellenőrző számlálás eredménye

### Mért adatok

A számlálót 2016. március 22-én szereltük fel a Boldog Özséb kilátóba. A beüzemelés és az első adatküldés 2016. március 26-án történt meg. Ettől az időponttól 2016. november 23-ig összesen 6 nap adata hiányzik, valamint 33 nap tartalmaz nagy valószínűséggel hibás adatot. Tehát a működés 243 napjából 204 napon a rendszer megfelelően működött, ami 84%-os arányt jelent. Az adathiányt az okozta, hogy az üzeneteket fogadó mobiltelefon lemerült, és hat napig kikapcsolt állapotban volt. A visszakapcsolás után az üzenetek már nem érkeztek meg. Hibás adatnak azt tekintettem, ha a 0-9, valamint a 21-23 órás érték 30 db, a 10-20 órás érték pedig 100 db fölött volt. Ezeket a határokat az órás adatsorok vizuális elemzésével állapítottam meg. A hibás adatot tartalmazó napokat teljes egészében kihagytam az elemzésből.

A számláló működési idejét, és a gyűjtött adatokat átfogóan a 3.25. ábra mutatja be. Az ábrán a hibásnak ítélt adatok nem szerepelnek. Jellemzően hétvégén mértünk kimagasló értékeket, míg hétköznap jóval alacsonyabb volt a kilátó látogatottsága. A vizsgált időszakban naponta átlagosan 36 ember mászott fel a kilátóba, a hétvégi napok átlagos értéke 85 fő/nap, míg a hétköznapok átlagos értéke 15 fő/nap volt. A hétköznapi látogatószám az év során nagyjából állandó maradt, míg a hétvégi látogatószám tavasszal és ősszel a hétköznapi többszörösére emelkedett, nyáron pedig lecsökkent a hétköznapi szint közelébe (3.26. ábra). Ez a mintázat nagyon hasonló az Apátkúti úton megfigyelt gyalogos áthaladások mintázatához (3.5. alfejezet). A hétköznapi látogatószám szeptemberben emelkedett meg jelentősen az átlagos 15 fő/nap értékről majdnem 45 fő/napra. Az Apátkúti úton augusztusban volt a legmagasabb a munkanapi gyalogos áthaladások száma. A napon belüli látogatószámokat is összesítettem óránként a nap jellege szerint (3.27. ábra). Az Apátkúti adatokkal összevetve elmondható, hogy a munkaszüneti napok hasonlóak, bár a csúcsidőszak eltolódott a kilátó helyzete miatt, a munkanapok viszont különböznek.

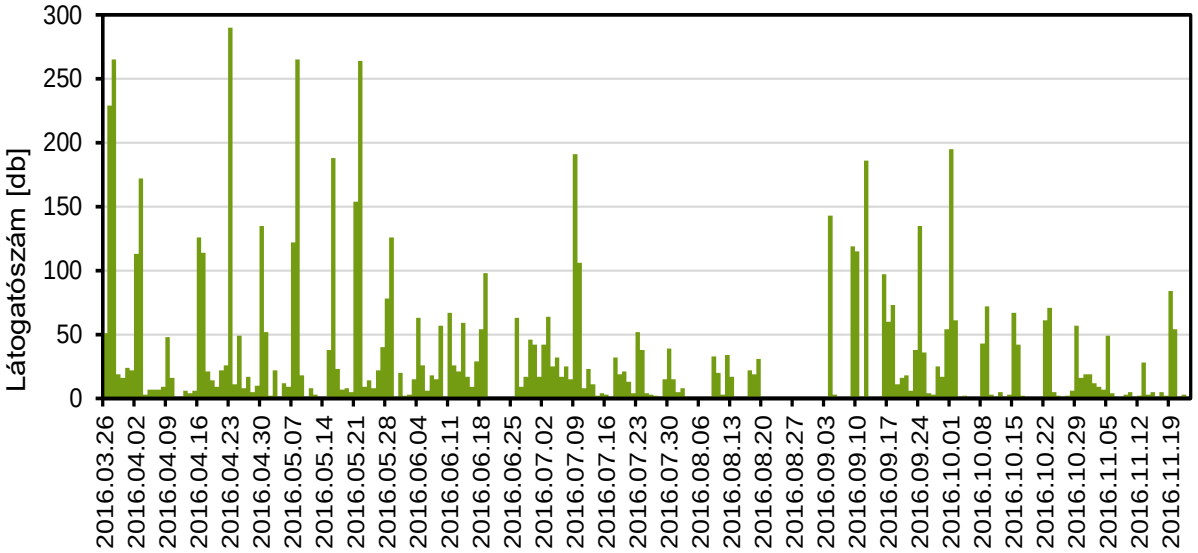
A számlált adatok pontosságának ellenőrzésére 2016. május 29-én a Pilisi Parkerdő munkatársa személyes számlálást végzett 12 és 19 óra között, melynek eredményét a 3.12. táblázat tartalmazza. A táblázat adatai alapján megállapítható, hogy a számláló abszolút értékben nem ad helyes látogatószámot, a napi értéket 70%-kal alulbecsli. A személyes számlálás egyszeri alkalommal történt, a számláló személy megbízhatóságára vonatkozóan nem állt rendelkezésemre információ, ezért a két számlálási adatsor közti különbséget nem lehet csupán az eszköz hibás működéséből eredeztetni. Feltételeztem azonban, hogy az eszköz – még ha hibásan is – mindig egyformán működött, és így a mért adatok relatív értelemben felhasználhatók és értelmezhetők. Emiatt a látogatószám éves alakulását véleményem szerint jól jellemzik az eszközzel mért adatok.

### Következtetések

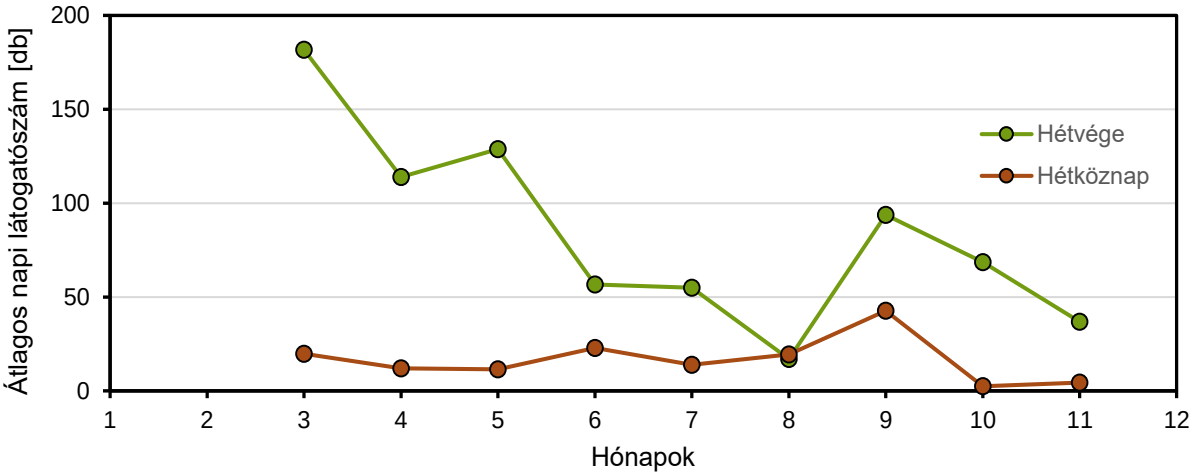
A Boldog Özséb kilátóban mért adatokból megállapítottam, hogy a gyalogosok számának éves alakulása a visegrádi mérőhely tágabb környezetében is hasonló lefutást mutatott, tehát az Apátkúti úton lévő forgalomszámláló által mért adatokat elfogadtam. A hasonlóság azt is mutatja, hogy az éven belüli gyalogos forgalom trendje kiterjeszthető a Budapest közeli, turisztikailag frekventált területekre.

10.13147/SOE.2018.017

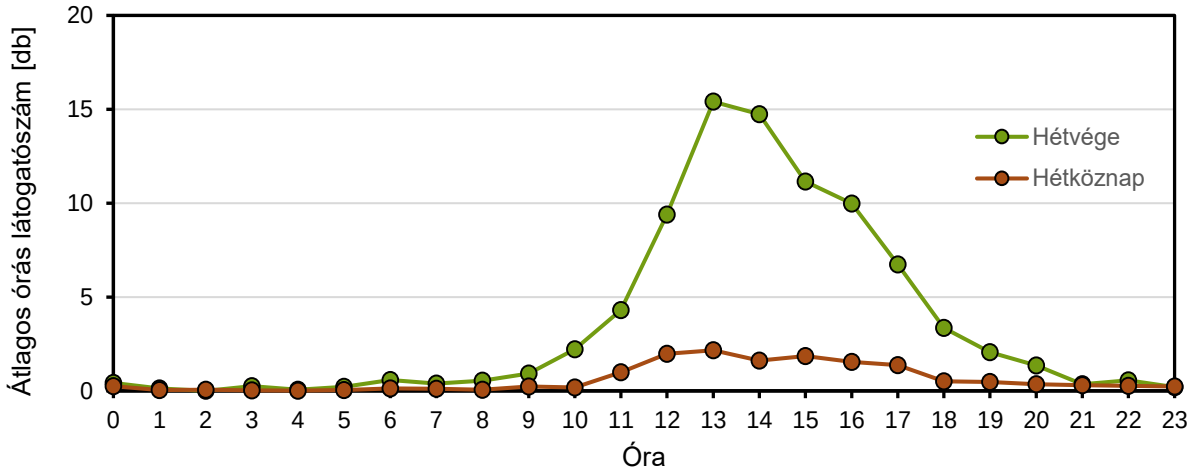





3.25. ábra. Napi látogatószám a Boldog Özséb kilátóban a számláló működési időtartama alatt




3.26. ábra. Havi átlagos látogatószám a Boldog Özséb kilátóban




3.27. ábra. Átlagos látogatószám óránként a Boldog Özséb kilátóban

10.13147/SOE.2018.017

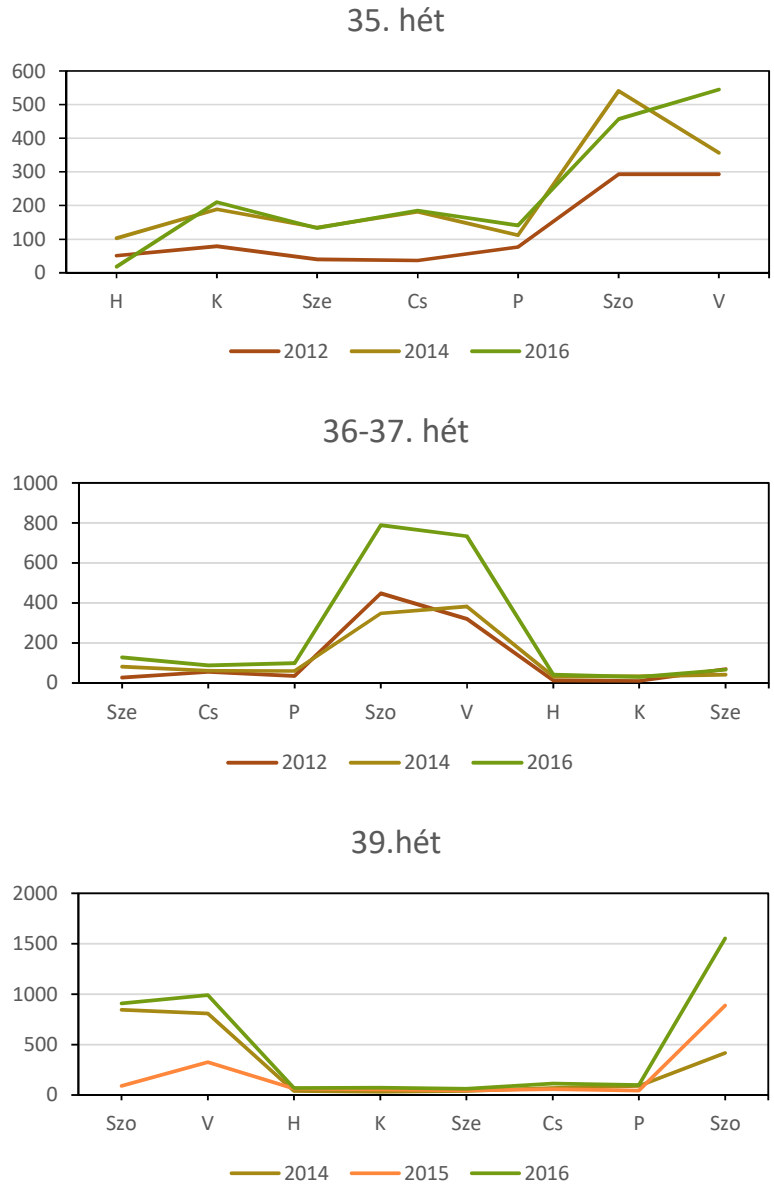


## 3.7. Éveken átívelő megfigyelések

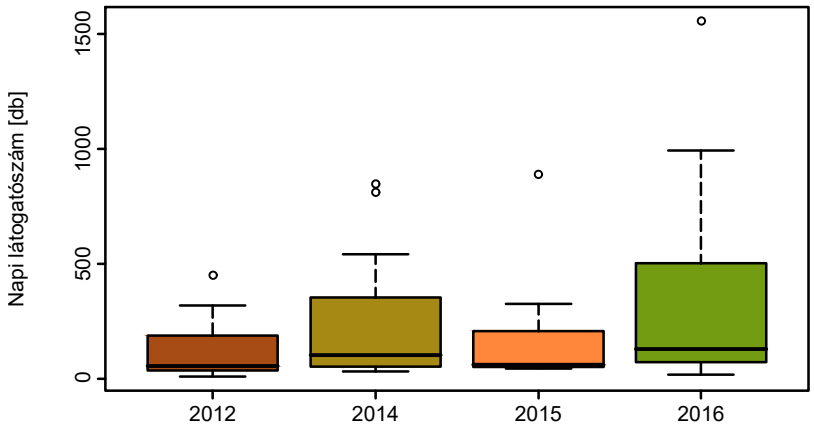
A forgalomszámlálás négy naptári évből, 2012 és 2016 között szolgált adatokkal. Kíváncsi voltam arra, hogy ebben a négy évben bekövetkezett-e olyan változás a látogatószámokban, ami valamilyen, éveken átívelő trend meglétére enged következtetni. Az erdőgazdaság közjóléti fejlesztései, a Pilis Bike kerékpáros útvonal kijelölése és a turizmus országos népszerűsítése miatt azt feltételeztem, hogy évről-évre egyre több látogató halad keresztül az Apátkúti úti mérőhelyen. E feltételezés ellenőrzésére több év látogatószámainak alakulását kellett megvizsgálnom. Egyik évben sem működött kihagyás nélkül a forgalomszámláló eszköz, ezért az éves látogatószámokat mért adatok szerint nem tudtam összehasonlítani. A 2016-os éven kívül a többi év annyira hiányos volt, hogy a bepótlásuk sem volt lehetséges a meglévő adatok alapján. Ezért a négy évből rövidebb időszakokat választottam ki a vizsgálathoz. Az időszakokkal szemben követelmény volt, hogy az év azonos pontját jelöljék, és a hétköznap-hétvégék fedésben legyenek egymással. Ezért létrehoztam egy virtuális közös vonatkoztatási évet, amihez a valós évek napjait igazítottam. Minden év első hetének azt a hetet vettem, amikor január elseje volt. Egy valós nap virtuális évben számított nap sorszámát a $(n_{hét} - 1) \cdot 7 + i_{nap}$ képlettel számítottam, ahol $n_{hét}$ a valós hét sorszámát, míg $i_{nap}$ a valós nap adott héten belüli sorszámát ($hétfő = 1$, $vasárnap = 7$) jelentette. Így értem el, hogy a különböző évekből származó napok a legkisebb eltolás mellett hétköznap-hétvége szerint fedésbe kerüljenek. Az egymáshoz igazított évekből származó, teljes értékű napok napi látogatószámait mutatja be a 3.30. ábra. Az időszakokkal szemben követelmény volt, hogy legalább három évben mérésre kerültek, a mérés folyamatos volt, és az időszak minden napja teljes értékűen megmért napnak tekinthető. Az időszakok hosszát legalább hét naposra választottam, mivel azt feltételeztem, hogy ilyen időtartamon egyértelműen látható, ha valamelyik év adatsora következetesen eltér a többitől. Ilyen átfedő időszakból összesen hármat tartalmazott az adatbázis (3.28. ábra). Két időszak 2012, 2014 és 2016-ból származott, míg egy 2014, 2015 és 2016-ból. A grafikonokon az látszik, hogy a 2016-os év látogatószámai általában, de nem mindig magasabbak, a korábbi években viszont véletlenszerűen változott, hogy melyik évben volt magasabb az adott napi érték (3.29. ábra). Hasonló következtetést vontam le a 3.30. ábráról is, ahol nem csak a hosszú átfedő időszakok, hanem minden hibátlanul mért nap látható. Ezekből az adatokból tehát az eredeti feltételezésemmel szemben nem lehetett határozott trendet megállapítani az éves látogatószám változás tekintetében.

10.13147/SOE.2018.017






3.28. ábra. A napi látogatószámok alakulása az átfedő időszakokban

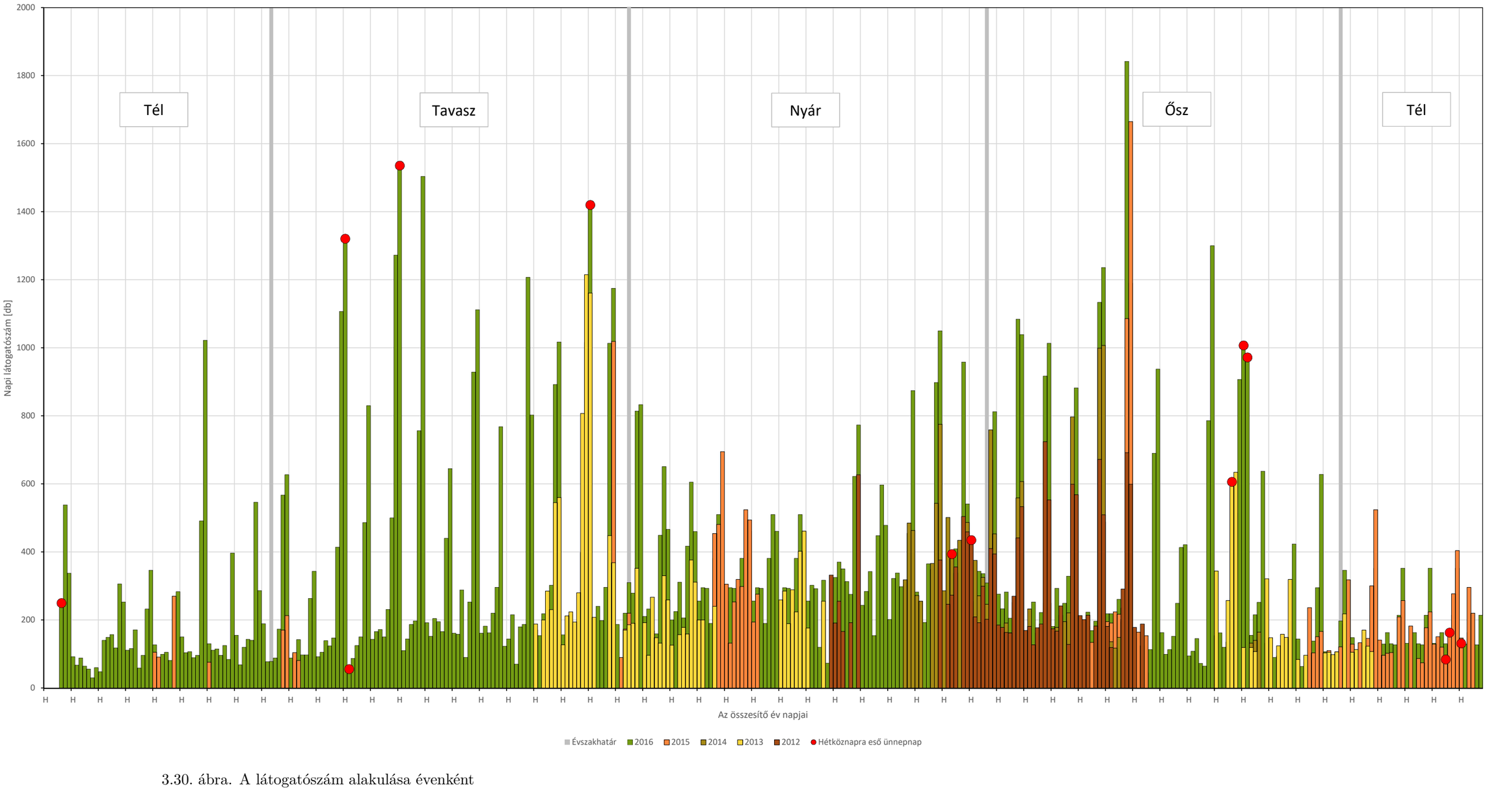



3.29. ábra. Az időszakok napi látogatószámainak összehasonlítása évenként

10.13147/SOE.2018.017

10.13147/SOE.2018.017






3.30. ábra. A látogatószám alakulása évenként

10.13147/SOE.2018.017

10.13147/SOE.2018.017



## 3.8. Összefoglalás

Ebben a fejezetben a forgalmi adatbázisból levezethető legfontosabb leíró jellegű eredményeket mutattam be. Az eredményeket a jó napokról származó mérésekből számítottam ki. Az adatokat megvizsgáltam egyben, illetve a hét napjai, valamint az éven belüli helyzet szerinti bontásban.

Kimutattam, hogy az Apátkúti út forgalmának legnagyobb részét a gyalogosok adták, ezután a személygépkocsik, kerékpárosok, majd nem egész 2% részaránnyal a tehergépkocsik következtek. A további látogató típusok – lovas, lovaskocsi, motorkerékpár, munkagép – részaránya összesen fél százalékot tett ki. Jellemző volt az útra, hogy hétköznap a gépkocsi forgalom volt a meghatározó, míg hétvégén a gyalogos forgalom. Évszakok szerint változó összetételt tapasztaltam, melyek közül érdemes megemlíteni a gyalogosok nyári hétvégéken tapasztalható alacsony, míg a személygépkocsik téli hétköznapokon tapasztalható magas arányát. A gyalogosok és kerékpárosok túlnyomó többsége rekreációs, szabadidős tevékenységet folytatott az úton, míg a személygépkocsik egy része, valamint a tehergépkocsik többsége az erdőgazdálkodással kapcsolatosan vette igénybe azt.

A napon belüli látogatószám alakulásának vizsgálatával kimutattam azokat az időszakokat, amikor az egyes úthasználó típusok nagy számban haladtak át a mérési szelvényen. A személygépkocsik megjelenésére kora reggeltől késő estig lehet számítani, bár magas áthaladás számot 8 és 17 óra között mértem. A gyalogosok és kerékpárosok forgalmát egy látogató csúcs jellemezte. A gyalogosok látogatócsúcsa 11 és 13 óra között volt, míg a kerékpárosoké hétköznap 14 és 15 óra, míg hétvégén 11 és 13 óra között. Az éven belüli helyzet a napi látogatási csúcsokat egy-két órával tolta el.

Az adatokból egyértelműen látszott, hogy a hétköznapok látogatószámai nagyjából megegyeztek, míg a hétvégéké ezeknél jóval magasabbak voltak. Hétköznap átlagosan 180, míg hétvégén 600 áthaladást regisztrált a számláló. Az éven belüli helyzet nem változtatta meg jelentősen a hétköznap-hétvége látogatószámainak arányát.

Az éven belüli látogatószám vizsgálatával látogató típusonként meghatároztam a jellegzetes úthasználati időszakokat. A gyalogosok és kerékpárosok munkanapi látogatószáma nyáron tetőzött és télen volt a legalacsonyabb. A hétvégi áthaladás számuk télen volt a legalacsonyabb, tavasszal és ősszel tetőzött, nyáron pedig visszaesést tapasztaltam. A munkanapi látogatószámok egész évben alacsonyabbak voltak a munkaszüneti napokon mért értékeknél. A személygépkocsik száma nyáron volt a legmagasabb, télen pedig a legalacsonyabb. A tehergépkocsik áthaladás száma egyedül télen emelkedett meg. A gépkocsik száma munkanapon magasabb volt, mint munkaszüneti napon.

Az Apátkúti úton mért forgalmi adatok egyedül a mérési szelvényt jellemzik pontosan. A körülmények változása hatással lehet mind a forgalom összetételére, mind a nagyságára. Példaként említhető, hogy ha Visegrádhoz közelebb helyeztük volna el a mérőeszközt, akkor várhatóan magasabb áthaladásszámot figyelhettünk volna meg. Amennyiben az út sorompóval elzárt szakaszán végeztük volna a méréseket, úgy a személygépkocsik aránya csökkent volna, hiszen ide már ténylegesen csak az erdőgazdasági gépkocsik jutottak volna be. A személygépkocsik hétköznapokon mért magas száma azzal is magyarázható, hogy a Pilisi Parkerdő Visegrádi Erdészetéhez ez az út van legközelebb, ezen keresztül érhető el leggyorsabban az erdőterület.

A gyalogos és kerékpáros forgalom éven belüli alakulása jellegzetes lefutást mutatott, amelyhez hasonló lefutást mértem egy közeli kilátóban végzett gyalogos számlálási vizsgálatban, illetve amelyet a nemzetközi irodalomban bemutatott, Bécs közeli forgalomszámlálási eredmények is visszaigazoltak (Hinterberger, Arnberger és Muhar, 2002). Egy 2017 november 20-án megjelent hír (turizmusonline.hu/belfold/cikk/latogatocsucs_a_predikaloszeken) szintén hasonló látogatószám alakulásról számol be, amit a Prédikálószéken mértek 5 kilométerre Visegrádtól és 7 kilométerre a Boldog Özséb kilátótól. Emiatt azt feltételezem, hogy a nagyvárosok vonzáskörzetében, jól megközelíthető helyen lévő erdészeti utakra általánosan igaz, hogy hétköznapokon nyáron a legmagasabb a kikapcsolódási célú igénybevételük, míg hétvégén tavasszal és ősszel,

10.13147/SOE.2018.017



kiemelve, hogy nyáron jelentős visszaesés tapasztalható.

A látogatótípusonként különböző időléptékben bemutatott forgalmi adatok fontos információval szolgálhatnak az út kezelője számára, hiszen ezek alapján az út erdészeti forgalma úgy alakítható, hogy az a legkisebb mértékben zavarja a kikapcsolódás céljából érkező látogatókat. Az út karbantartási és felújítási munkái úgy ütemezhetőek, hogy a frekventált időszakokon kívülre essenek. Az úton tapasztalt forgalom összefügg az erdő látogatottságával, így az itt szerzett információk felhasználhatók a közjóléti tevékenység – rendezvények, létesítmények, kutatás – szervezésénél is.

10.13147/SOE.2018.017

# 4. fejezet

# Várható éves látogatószám modellezése

A forgalmi adatok elemzésével megállapítottam az Apátkúti utat használók típus és időszakok szerinti eloszlását. Az út várható éves forgalomnagyságának ismeretében ezek az arányszámok tényleges látogatószámra válthatók. A várható éves látogatószám megállapításához kiindulási adatként az előző részekben bemutatott forgalmi adatbázist használtam fel. Az adatbázis négy egymást követő évből tartalmaz hosszabb-rövidebb időszakokból számlálási eredményeket. A 2016-os év két hónap, és néhány nap híján teljes volt, a hiányzó napokon pedig az előző években rendelkezésre állt mért adat. Ennek köszönhetően az éves látogatószám modellezését, és a modell működésének tesztelését megvalósíthatónak tartottam. A modellel szemben az volt az elvárásom, hogy kevés paraméter felhasználásával adja meg a várható éves látogatószámot, valamint, hogy adjon információt a látogatószám bekövetkezési valószínűségére is. A megfelelő modell kiválasztása után meg kellett határoznom azokat a tényezőket, amelyek a látogatószámot befolyásolják. Ezután tudtam felépíteni azt a modellt, ami e tényezők felhasználásával képes az éves látogatószám becslésére.

## 4.1. Modellezési lehetőségek

„Statisztikai modellnek nevezünk bármilyen olyan matematikai vagy valószínűségi egyenletet, vagy egyenletrendszert, amely a valóságos adatok leírására szolgál (Reiczigel, Harnos és Solymosi, 2007).” Egy útszakasz forgalmának modellezésére többféle lehetőség adódik a modellezés célja, időléptéke, valamint a rendelkezésre álló adatok függvényében. Ebben az alfejezetben röviden bemutatom a leggyakrabban alkalmazott módszereket, amelyek közül a kutatásom céljainak megfelelőt ki lehetett választani.

### Lineáris regresszió

A legelterjedtebben alkalmazott modell a lineáris modell, amit (4.1) formában írhatunk fel.

$$y = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_1 + ... + \beta_k \cdot x_k + \varepsilon \tag{4.1}$$

A képletben az $y$ a magyarázott változó, a $\beta_k$ a k-adik magyarázó változó paramétere, $x_k$ a k-adik magyarázó változó, $\varepsilon$ pedig a hibatag (Reiczigel, Harnos és Solymosi, 2007). A modell linearitása azt jelenti, hogy a paraméterek lineárisak. A modell paramétereit regresszió számításával határozhatjuk meg, amire általában a legkisebb négyzetek módszerét alkalmazzák. A lineáris regresszióval megadható, hogy melyik magyarázó változónak mekkora a hatása, melyik szignifikáns és melyik nem. Így a változók számát csökkenteni lehet, ami kívánatos a modell

10.13147/SOE.2018.017



egyszerűsítése érdekében (Apronti et al., 2016). Az erdei utak éves látogatószámának megállapításához általában napi látogatószámokat határoznak meg, amelyek összege adja az éves látogatószámot. A napi látogatószámot a hét napja, az éven belüli helyzet és az időjárás függvényében szokás megadni. Az időjárási paraméterek közül a napi középhőmérséklet és a csapadék felhasználása a jellemző (Brandenburg és Ploner, 2002). Ennek a fajta modellnek a kutatásom szempontjából hátránya, hogy egy adott év látogatószámait jól jellemzi ugyan, de a várható éves látogatószám megbízhatóságára, illetve annak változatosságára vonatkozóan nem, vagy csak körülményesen szolgáltat információt.

### Regressziós fák

Ploner és Brandenburg 2003-as cikkében bemutat egy olyan eljárást, amellyel kis mintaszám esetén is jól jellemezhető egy erdei út forgalma. Az eljárást regressziós fa modellnek nevezik, és akkor szokás alkalmazni, ha a modellben sok változó szerepel, és ezek között nem lineáris kapcsolat áll fenn. A regressziós fák alapötlete az, hogy az adathalmazt kisebb részekre osztjuk úgy, hogy a kis részletek már egyszerű lineáris modellel leírhatóak legyenek. A teljes rendszer modellje tehát egyrészt az adathalmaz felosztását leíró modellből, másrészt az egyes rész-adathalmazokat leíró lineáris modellek összességéből áll. A klasszikus regressziós fák a rész-adathalmaz leírására egy konstans értéket, általában a rész-adathalmaz átlagát használják (Ruggeri, Kennet és Faltin, 2008). Ez a modell Ploner és Brandenburg (2003) szerint jobban leírja a változók és az éves látogatószám kapcsolatát, mint a lineáris modell, de ez sem ad bővebb információt arról, hogy az éves látogatószámra kapott eredmény bizonytalansága mekkora.

### Idősor elemzés

A napi látogatószámok fontos tulajdonsága az, hogy milyen időpontban mértük őket, hiszen az emberek, és így az erdőbe látogatók életének ritmusát is meghatározza például az évszakok, vagy a hétköznapok-szabadnapok váltakozása. Az idősor elemzés feladata a megfigyelt idősort meghatározó elemek azonosítása, az elemekből az idősor modelljének felírása és ez alapján előrejelzés készítése. A legmagasabb szintű elem az idősor trendje, ami az idősor hosszútávú alakulását jellemzi. A trendre rakódnak a szezonális elemek, amelyekre az jellemző, hogy szabályos időszakonként nagyjából ugyanolyan mértékben térítik el az idősor értékét a trendtől. Az idősornak az előbbiek mellett van egy véletlenszerű komponense is. Az elemek meghatározásának fontos feltétele, hogy az idősor folytonos legyen, vagy legalábbis csak rövid adathiányos időszakok szerepeljenek benne (Mutz, Von Janowsky és Becker, 2002), ezért a kutatásomban ezt a módszert nem tudtam alkalmazni.

### Monte-Carlo szimuláció

Szimulációnak nevezzük azt a folyamatot, amikor a valóságos rendszert, vagy folyamatot egy matematikai modellel helyettesítjük, és ennek a viselkedéséből következtetünk a valóságos rendszer, vagy folyamat kimenetére. Monte-Carlo típusú szimulációról beszélünk akkor, ha a szimulációban véletlenszerűen választunk ki a modellből mennyiségeket, illetve pontokat, és a több futtatásból származó kimenetek statisztikai értékelésével állapítjuk meg a modellezett rendszer, vagy folyamat várható eredményét, illetve annak bizonytalanságát. A szimuláció minden futtatása egy-egy lehetséges kimenetet eredményez. A futtatások számának növelésével egyre pontosabban közelíthető a modellezett rendszer, vagy folyamat. A Monte-Carlo típusú szimulációkat nagy bizonytalanságú rendszerek – például gazdasági események, folyadékok áramlása, Brown-mozgás – modellezésére használják, amelyek analitikus, vagy numerikus megoldása nagyon bonyolult, vagy lehetetlen lenne, illetve amelyeket több, véletlen által befolyásolt tényező határoz meg. A szimulációban a bizonytalan tényezők valószínűség eloszlását, illetve az ennek helyettesítésére alkalmas ismert eloszlást használjuk fel, amiből futtatásonként véletlenszerűen kiválasztunk egy

10.13147/SOE.2018.017



értéket. A valószínűség eloszlás megmutatja, hogy az adott tényező mekkora valószínűséggel vesz fel egy meghatározott értéket. A valószínűség eloszlást mérések sorozatával lehet előállítani, a helyettesítésre használható ismert eloszlás pedig az eloszlás illesztés módszertanával választható ki. A rendszer viselkedését meghatározó tényezők valószínűség eloszlásának, valamint a tényezők összefüggésének meghatározásával kialakítható a rendszer modellje. A szimuláció minden futtatásában véletlenszerűen, a megfelelő valószínűség eloszlásnak megfelelően hozzárendelünk egy értéket minden tényezőhöz, a tényezők kapcsolata alapján pedig kiszámítjuk a kimenetet. Nagyszámú futtatással sokféle kimenetet kapunk, amelyek eloszlása közelíthető valamely ismert eloszlással, így a kimenetek várható értéke és bizonytalansága kiszámítható (Pokorádi és Molnár, 2010).

### Ágens alapú szimuláció

Már az 1940-es években felmerült annak a gondolata, hogy a társadalmi folyamatokat az egyének egyszerű modelljén, és ezek egymással, illetve a környezetükkel való kölcsönhatásán keresztül írják le. Az alapötlet az volt, hogy egy komplex társadalmi jelenséget általában az egyszerű döntéseket hozó egyének együttes viselkedése határoz meg. Az erdészeti úthálózat forgalmának szimulációjakor az ágensek egy-egy úthasználót jelentenek, amik az úthálózaton mozoghatnak, és amiknek a reakcióit különböző bonyolultságú algoritmusok írják le. Az algoritmus megmondhatja például, hogy az ágens egy adott napon megjelenik-e az erdőben, melyik úton keresztül közelíti meg azt, hogy reagál az útállapotra, az emelkedőre, vagy éppen a más ágensekkel való találkozásra. Az ágenseket leíró algoritmusok a nagyon egyszerűektől a mesterséges intelligenciáig terjedhetnek. Az algoritmusok paramétereit a forgalomszámlálási eredményekből, illetve más szociológiai, pszichológiai, stb. kutatás alapján lehet meghatározni (Skov-Petersen, Meilby és Jensen, 2008). A szimulációban az ágensek belépnek az úthálózatra, időben és az útszakaszokon haladva az algoritmusaik alapján döntéseket hoznak arra vonatkozóan, hogy merre menjenek tovább, majd végül elhagyják a hálózatot. Egy útszakasz éves látogatószámát a szimuláció során az adott útszakaszon végighaladó ágensek száma adja meg. Véleményem szerint ez a szimuláció képes a legélethűbben visszaadni egy útszakasz forgalmát, ugyanakkor a bonyolultsága, számításigénye és a bemenő adatok nagy száma miatt a kutatásom céljainak nem felelt meg.

## 4.2. A visegrádi mérőhely várható éves látogatószámának meghatározása Monte-Carlo szimulációval

Az éves látogatószám becslésre olyan robusztus modellt kerestem, amely képes a befolyásoló tényezőket figyelembe venni és kezelni a bizonytalanságukat, valamint könnyen értelmezhető eredményt ad. A Monte-Carlo típusú szimulációk megfeleltek ennek az elvárásomnak, ezért ezt a módszert választottam a modell megalkotására. A módszer nyolc lépésre bontható, a következőkben ezeket a lépéseket mutatom be az Apátkúti mérőhely adataival. Az éves látogatószám modelljének megalkotásakor az összes mért és jónak ítélt nap adatát figyelembe vettem, így az évek között fennálló, nem trendszerű változatosság is megjelent a modellben. A kidolgozott modellt a 2016-os évre alkalmazva képet kaphattam arról, hogy a mért adatokhoz képest milyen pontosság várható a modelltől, hiszen ebben az évben az adatok pótlása után a teljes éves látogatószám rendelkezésemre állt, amivel a modell eredményét összehasonlíthattam.

A Monte-Carlo szimuláció lépései a következők:

- A rendszer, vagy folyamat kimenetét meghatározó tényezők azonosítása
- A tényezők lehetséges értékeinek mérése
- A mért értékek valószínűség eloszlásának megállapítása

10.13147/SOE.2018.017



– Lehetőség szerint a tényezők valószínűség eloszlásainak közelítése ismert, matematikailag leírható eloszlásokkal

– A tényezők kapcsolatának megadása, ezzel a rendszer, vagy folyamat modelljének megalkotása

– Egy szimulációs lépésben minden tényező modelljéből véletlenszerűen kiválasztunk egy értéket, amelyeket a rendszer modelljébe táplálva megkapjuk a szimulációs lépés kimenetét

– A szimulációt sokszor végigfuttatva előállítjuk a rendszer kimeneteinek valószínűség eloszlását

– A kimenetek valószínűség eloszlását közelítjük egy ismert, matematikailag leírható eloszlással, aminek várható értékével, és az egyes kimenetek valószínűségét leíró függvényével jellemezhetjük a vizsgált rendszert, vagy folyamatot.

### A modell tényezőinek azonosítása

Az első lépésben meg kellett határoznom azokat a tényezőket, amelyek hatással lehetnek a Apátkúti mérőhelyen megfigyelhető napi, és ezzel az éves látogatószám alakulására. A témával foglalkozó kutatások alapján azt feltételeztem, hogy a napi látogatószámra hatással van az, hogy a hét melyik napjáról van szó, hogy az adott nap az éven belül hol található, illetve hogy milyen volt az időjárás az adott napon (Ploner és Brandenburg, 2003; Skov-Petersen, Meilby és Jensen, 2008) Ezek mellett természetesen sok más tényező is szerepet játszhat – pl.: nagyvárosok közelsége, rendezvények –, de ezek vagy több mérőhely számainak becslésénél válhatnak fontossá, vagy a hatásuk nem befolyásolja jelentősen az éves látogatószám mértékét. Elképzelhető továbbá az is, hogy a különböző úthasználó típusokra eltérő tényezők hatnak, de ennek vizsgálatára nem tettem kísérletet bizonyos látogatótípusok kisszámú előfordulása, illetve a látogatószám modell egyszerűségének biztosítása miatt. A 3.7 részben bemutatottaknak megfelelően a jövőben a forgalom trendszerű változásával nem kell számolni, így erre vonatkozó tényezőt nem építettem be a modellbe.

A 3.4 és a 3.5 részekben található 3.16. ábra és 3.20. ábra ránézésre azt mutatja, hogy a hét napjától, illetve az éven belüli helyzettől az Apátkúti úton lévő mérőhelyen is függ a napi látogatószám nagysága. A hét napjait munkanap és munkaszüneti nap kategóriákba soroltam, míg az éven belüli helyzetet az irodalmat követve az évszakokkal jellemeztem. Erre azért volt lehetőségem, mert évszakon belül a hónapok napi összegei hasonló eloszlással voltak jellemezhetőek. A nap jellegét két lépésben határoztam meg (l. a 3.4. és a 3.5. rész). A dátum alapján megállapítottam, hogy az adott nap a hét mely napja volt. A hétfő, kedd, szerda, csütörtök és pénteki napok a munkanap kategóriába kerültek, míg a szombat és a vasárnap a munkaszüneti napok közé. Ezután az állami ünnepek, és az ezekhez kapcsolódó pihenő, illetve bedolgozott napok szerint módosítottam a megfelelő napok besorolását. A hónapok évszakokba sorolása a következőképp történt: Tavasz: március, április, május; Nyár: június, július, augusztus; Ősz: szeptember, október, november; Tél: december, január, február. A hét napjainak, illetve az év hónapjainak összevonása után ellenőriznem kellett, hogy az új változóktól is függ-e a napi látogatószám.

A szemrevételezés után statisztikai módszerekkel vizsgáltam, hogy a nap jellege (munkanap - munkaszüneti nap), illetve az évszak (Tavasz, nyár, ősz, tél) hatással van-e a napi látogatószám alakulására. A látogatószám a numerikus függő változó, míg a nap jellege és az évszak kategorikus független változó. Numerikus és kategorikus változó vizsgálatára elterjedten használják az ANOVA analízist, aminek előfeltétele, hogy a vizsgált numerikus változó eloszlása minden csoporton belül normális, vagy legalább szimmetrikus legyen (Zar, 2010; Lane, 2017). A normalitás vizsgálatot a Shapiro-Wilk teszttel (*shapiro.test {stats}*) végeztem. A munkaszüneti napok látogatószámaira a p érték kisebb volt, mint $2,2 \cdot 10^{-16}$, míg a munkanapokra $2,2 \cdot 10^{-10}$ volt,

10.13147/SOE.2018.017



| Évszak | Munkanap | Munkaszüneti nap |
|---|---|---|
| Tavasz | 0,1565 | 0,6075 |
| Nyár | 0,6888 | 0,1800 |
| Ősz | 0,0004 | 0,0075 |
| Tél | 0,0002 | 0,0144 |

4.1. táblázat. A Shapiro-Wilk normalitás teszt eredménye évszakonként és a nap jellege szerint

| Évszak | Munkanap | Munkaszüneti nap |
|---|---|---|
| Tavasz | 0,5220 | 0,9120 |
| Nyár | 0,5120 | 0,0220 |
| Ősz | 0,1780 | 0,1120 |
| Tél | 0,0040 | 0,0460 |

4.2. táblázat. A szimmetria vizsgálat eredménye évszakonként és a nap jellege szerint

| Évszak | Tavasz | Nyár | Ősz |
|---|---|---|---|
| Nyár | $4,9 \cdot 10^{-8}$ | - | - |
| Ősz | 0,1033 | $5,0 \cdot 10^{-14}$ | - |
| Tél | $3,6 \cdot 10^{-7}$ | $2,6 \cdot 10^{-8}$ | 0,0005 |

4.3. táblázat. A látogatószám adatok közti összefüggés valószínűsége évszakok szerint, munkanapokon

| Évszak | Tavasz | Nyár | Ősz |
|---|---|---|---|
| Nyár | 0,0099 | - | - |
| Ősz | 0,1938 | 0,5122 | - |
| Tél | $8,4 \cdot 10^{-8}$ | 0,0148 | $8,4 \cdot 10^{-5}$ |

4.4. táblázat. A látogatószám adatok közti összefüggés valószínűsége évszakok szerint, munkaszüneti napokon

ami azt jelenti, hogy egyik eloszlás sem tekinthető a normál eloszlásból származónak, hiszen ehhez a valószínűségi értéknek 0,05 fölött kellett volna lennie. A 4.1. táblázatban látható értékek alapján az évszakokon belül nem lehet egységesen feltételezni, hogy a látogatószámok a normál eloszlásból származhatnak. Emiatt egyik tényezőre sem teljesül a normalitás feltétele. Az ANOVA alkalmazhatóságának gyengébb kritériuma az eloszlások szimmetriája volt. Ezt a *symmetry.test {lawstat}* függvény alapbeállításaival értékeltem. A statisztika eredménye szerint a munkanapok és a munkaszüneti napok látogatószám eloszlása sem tekinthető szimmetrikusnak, hiszen $p < 2,2 \cdot 10^{-16} < 0,05$. A 4.2. táblázatban látható értékek közül több is 0,05 alatt marad, így itt sem minden hónap látogatószámairól feltételezhető a szimmetrikusság. Látható tehát, hogy a kategorikus változókra az ANOVA eljárás a normalitás és a szimmetria kritériumok sérülése miatt nem alkalmazható. Ilyen esetekben a szakirodalom a Kruskal-Wallis teszt használatát javasolja (Zar, 2010). A Kruskal-Wallis teszt azt mutatja meg, hogy két, vagy több csoport mért értékei származhatnak-e egyazon eloszlásból. A szignifikáns eredmény ($p > 0,05$) azt mondja, hogy az adatsorok mediánja megegyezik, tehát a kategorikus változó nincs hatással a mért értékek alakulására. Az alternatív hipotézis – amikor $p < 0,05$ – az, hogy van legalább két olyan kategória, amelyben a mért értékek eloszlása különböző, tehát a kategória hatással van a mért értékekre. A Kruskal-Wallis tesztet a *kruskal.test{stats}* függvénnyel végeztem el. A látogatószám és a nap jellege közötti kapcsolat vizsgálatából az derül ki, hogy a nap típusa szerint szignifikáns különbség van a napi látogatószám értékek között ( $p < 2,2 \cdot 10^{-16} < 0,05$). Az évszakok szerinti vizsgálat hasonló eredményt produkált, tehát feltételezhető, hogy az évszak is hatással van a napi látogatószámra. Annak eldöntésére, hogy mely évszakok látogatószám-eloszlása hasonlít egymásra, és melyik különböző, páronkénti összehasonlító vizsgálatot végeztem a *posthoc.kruskal.nemenyi.test {PMCMR}* függvénnyel. A teszt eredményei a 4.3. és a 4.4. táblázatban láthatók. A táblázatban szereplő adatok alapján megállapítottam, hogy a tavaszi és az őszi látogatószámok esetében nem zárható ki, hogy ezek egy eloszlásból származnak, vagyis hasonlítanak egymásra. A többi évszakban jellemzően szignifikáns különbség volt a látogatószámok mediánjában. Úgy döntöttem, hogy a modell szemléletessége érdekében a tavasz és az ősz hasonlósága ellenére a négy évszakot külön fogom szerepeltetni..

Az időjárás hatását a napi középhőmérséklet, a napi csapadékösszeg, a páratartalom és a szélsebesség vizsgálatával szokás jellemezni (Nankervis, 1999; Brandenburg és Ploner, 2002; Mutz, Von Janowsky és Becker, 2002; Ploner és Brandenburg, 2002; Ploner és Brandenburg,

10.13147/SOE.2018.017



2003; Flynn et al., 2012). Gyakori, hogy nem a numerikus értéket veszik figyelembe, hanem kategorikus változóvá alakítják a numerikus értékeket. Ilyen átalakítás például, mikor egy küszöbérték meghatározásával a napi csapadékösszeg helyett azt veszik figyelembe, hogy az adott napon volt-e csapadék, vagy sem.

Az adatbázisomban minimum és maximum hőmérséklet, napi csapadékösszeg, valamint a jellemző időjárás (napos, felhős, esős, stb.) szerepelt, így ezek napi látogatószámra gyakorolt hatását tudtam megvizsgálni. A maximum és a minimum hőmérsékletet numerikus változóként kezeltem. Feltételeztem, hogy a két érték szorosan összefügg, amit a *cor {stats}* függvénnyel végzett korreláció vizsgálatban kapott 0,96 korrelációs koefficiens érték bizonyított. Ezért elég volt csak a maximum hőmérséklet és a darabszám összefüggését ellenőrizni. Az összes jó napot tartalmazó adatbázison végzett korreláció számítás azt mutatta, hogy a hőmérséklet bizonyos mértékig befolyásolja a napi látogatószám alakulását ($r = 0,26$). Ez az érték a munkanapokra és munkaszüneti napokra bontott adatbázison jóval magasabb volt (munkanap $r = 0,64$, munkaszüneti nap $r = 0,34$). Tehát a maximum hőmérséklet befolyásolja a napi látogatószám alakulását. A csapadékösszeget megvizsgálva hasonlót tapasztaltam, vagyis az összes jó napot tartalmazó adatbázisra elmondható, hogy a napi látogatószámot kis mértékben negatívan befolyásolja a csapadék ($r = -0,13$), míg az összefüggés a nap típusa szerinti bontással valamelyest erősödik (munkanap $r = -0,18$, munkaszüneti nap $r = -0,35$). A jellemző időjárással való összefüggést a *kruskal.test {stats}* függvénnyel értékeltem. A 0,000049-es p érték azt mutatta, hogy a napi látogatószámokban szignifikáns eltérés van az időjárási kategóriák szerint, tehát akár ez a változó is használható lenne a modellezésben. Meg kell jegyezni, hogy a csapadék és a hőmérséklet független egymástól, míg a jellemző időjárás nem független a csapadéktól és a hőmérséklettől. Ezen kívül az összes időjárási adat értéke függ az évszaktól.

Az időjárási tényezők vizsgálata után úgy döntöttem, hogy egyiket sem veszem bele paraméterként a modellbe, mert 1) az időjárás változását az évszakok szerinti elkülönítés már magában foglalja, 2) egy általános becslő modell létrehozása a célom, amibe az évről-évre változó időjárást nehéz beépíteni. Tehát a mérések alapján várható éves látogatószámot becslő modell változóinak az évszakokat és a nap jellegét választottam.

### A tényezők lehetséges értékeinek mérése

A visegrádi forgalomszámláló által mért adatok a 3.1. szakaszban leírtaknak megfelelően 2012 és 2016 között rendelkezésre álltak. Az adatbázisban dátum és időbélyeggel ellátva szerepelt, hogy milyen típusú látogatóból mennyi haladt át milyen irányban. A teljes napi áthaladás szám modellezését terveztem, ezért a látogatószámot naponként összegeztem. A napokhoz hozzárendeltem, hogy az adott nap munkanap volt-e, vagy munkaszüneti nap, illetve, hogy melyik évszakban található. A napi összegeket ebben a bontásban hisztogramon ábrázoltam, ami megmutatta, hogy milyen értékek milyen gyakran fordultak elő az adatbázisban.

### A mért értékek valószínűség eloszlásának meghatározása

A napi látogatószám összegek előfordulási valószínűségének ismeretében az R programcsomag *density {stats}* függvényével kiszámítottam az egyes időszakokhoz tartozó sűrűségfüggvényeket. A sűrűségfüggvény alatti terület azt mutatja meg, hogy a változó adott értéke mekkora valószínűséggel esik két kiválasztott érték közé. A teljes függvény alatti terület 1. A napi látogatószámokat folytonos, független valószínűségi változóként kezeltem. Ezt azért lehetett megtenni, mert 0 érték nem szerepelt a mérési adatok között, illetve az adatok átlagértéke százas nagyságrendű, ahol az általánosan használt diszkrét eloszlások már szimmetrikusak, az én adataim pedig ferdeséget mutattak.

10.13147/SOE.2018.017



### A mért értékek modellezése nevezetes eloszlással

A modellezéshez meg kellett vizsgálnom, hogy az egyes időszakokban mért értékekről feltételezhető-e hogy valamely ismert eloszlásból származnak. Ennek megállapítására egzakt módszerek nem állnak rendelkezésre, vagyis nincs olyan eljárás, amely bemenetként a mért adatokat fogadja, és kimenetként meghatározza, hogy az adatok biztosan melyik eloszlásból származnak. Ehelyett az ú. n. „exploratory data analysis"-hoz, azaz feltáró adatelemzéshez fordultam segítségül. Ez a metódus több technika együttes, illetve egymás utáni alkalmazásából áll, és a segítségével biztosan ki lehet szűrni azokat az eloszlásokat, amelyekből nem származhat a minta, illetve megfelelőség szerint rangsorolni lehet azokat az eloszlásokat, amelyekről ezt nem lehet kijelenteni. Az általam alkalmazott eljárás a következő lépésekből állt:

- A mért adatok, valamint az ismert eloszlások sűrűségfüggvényének vizuális összehasonlítása, a hasonlóak kiválasztása
- A hasonló alakúnak ítélt eloszlások felparaméterezése a mért adatokhoz illesztéssel
- Az illesztés eredményének vizuális, és statisztikai próbák útján történő ellenőrzése
- A próbák alapján nem kizárható eloszlások rangsorolása az illeszkedés szorosságát mérő statisztikai próbákkal
- A mért adatokra illeszkedő eloszlások kiválasztása minden időszakra
- A választott eloszlások többszöri mintavételezésével a döntés helyességének ellenőrzése

A mért adataimról feltételeztem, hogy véletlen valószínűségi változóként viselkednek.

### Lehetséges eloszlások

A napi látogatószámok hisztogramját megvizsgálva, illetve a körülmények ismeretében kijelenthető, hogy a következő tulajdonságok minden időszakra jellemzők:

- Negatív érték értelemszerűen nem fordul elő
- Elméletileg nem kizárható a 0 darabszám, hiszen nem állt rendelkezésre olyan visszajelzés, hogy az eszköz kifogástalanul működött és nem rögzített egy áthaladást sem, esetleg azért nem volt észlelés, mert az eszköz meghibásodott
- A sűrűségfüggvények nem szimmetrikusak, hanem a csúcsuk balra tolódott
- Van mért maximum érték, de elvi felső korlátot nem lehet meghatározni.

A látogatószám modellezésére felhasználható eloszlások körének leszűkítése az eloszlások grafikus összevetésével, illetve az olyan, magasabb rendű jellemzőinek vizsgálatával tehető meg, mint a ferdeség és a lapultság. A *descdist {fitdistrplus}* algoritmussal meghatároztam a mért értékek eloszlásának legfontosabb jellemzőit. A függvény az eloszlást, valamint a legfontosabb nevezetes eloszlásokat ábrázolja a ferdeség-lapultság térben, az ú.n. Cullen & Frey diagramon. Az algoritmus lehetőséget ad arra is, hogy a vizsgált adatsort többször mintavételezve (ú.n. bootstrap) több ferdeség és lapultság értéket számítsunk, és jelenítsünk meg a diagramon. A több mintavételezés segítségével jobb képet kaphatunk az adatsorunkról. A diagram alapján ránézésre el lehet dönteni, hogy mely eloszlások esnek távol a vizsgált adatsortól, illetve melyek vannak közel hozzá. A távol eső eloszlásokat ki lehet zárni a további vizsgálatokból, hiszen kicsi a valószínűsége, hogy a mért adatok modellezhetők velük. A Cullen & Frey diagramra mutat példát a 4.1. ábra. A vizsgálni kívánt időszakokra külön-külön meghatároztam, hogy mely eloszlások lehetnek alkalmasak a modellezésre. Az értékelést a 4.5. táblázatban foglaltam össze. A lehetséges eloszlások a következők voltak:

10.13147/SOE.2018.017

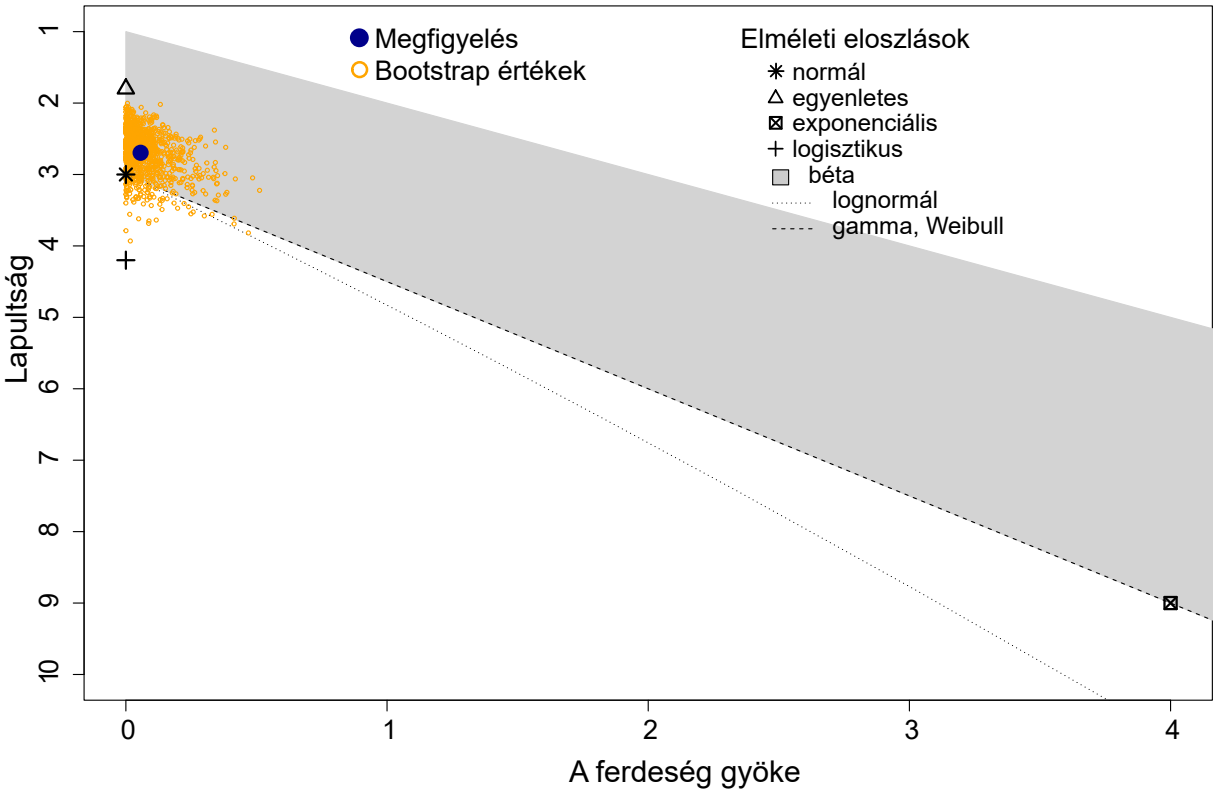


| Évszak | Nap jellege | Időszak | Norm. | Egyen. | Exp. | Logisztikus | Béta | Lognorm. | Gamma | Weibull |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tavasz | M.nap | 2016 | + | - | - | - | + | + | + | + |
| | | 2012-2016 | + | - | - | - | + | + | + | + |
| | | 2012-2015 | + | - | - | - | + | + | + | + |
| | Szünnap | 2016 | + | + | - | - | + | + | + | + |
| | | 2012-2016 | + | + | - | - | + | + | + | + |
| | | 2012-2015 | - | + | - | - | + | - | - | - |
| Nyár | M.nap | 2016 | + | - | - | - | + | + | + | + |
| | | 2012-2016 | + | - | - | - | + | + | + | + |
| | | 2012-2015 | - | - | - | - | + | + | + | + |
| | Szünnap | 2016 | + | - | - | - | + | + | + | + |
| | | 2012-2016 | + | - | - | - | - | + | + | + |
| | | 2012-2015 | - | - | - | - | + | + | + | + |
| Ősz | M.nap | 2016 | - | - | - | - | + | + | + | + |
| | | 2012-2016 | - | - | - | - | - | + | + | + |
| | | 2012-2015 | + | - | - | - | - | + | + | + |
| | Szünnap | 2016 | + | - | - | - | + | + | + | + |
| | | 2012-2016 | - | - | - | - | - | + | + | + |
| | | 2012-2015 | + | - | - | - | - | + | + | + |
| Tél | M.nap | 2016 | - | - | - | - | - | + | + | + |
| | | 2012-2016 | + | - | - | - | - | + | + | + |
| | | 2012-2015 | - | - | - | - | + | - | + | + |
| | Szünnap | 2016 | + | + | - | - | - | + | + | + |
| | | 2012-2016 | + | + | - | - | - | + | + | + |
| | | 2012-2015 | + | + | - | - | - | + | + | + |

4.5. táblázat. A Cullen & Frey diagram alapján lehetséges eloszlások a vizsgált időszakok modellezésére

10.13147/SOE.2018.017






4.1. ábra. A 2012-2016 közötti adatokból származó tavaszi hétköznapok Cullen & Frey diagramja

- Normál eloszlás: A természet- és társadalomtudományok területén elterjedten alkalmazzák véletlen változók leírására
- Lognormál eloszlás: Olyan változó eloszlását jellemzi amely értékeinek logaritmusa normál eloszlású. Csak pozitív valós értéket vehet fel. Főleg természeti jelenségek leírására használják, hiszen bizonyítható, hogy a kis változásokkal jellemezhető folyamatokban – pl.: növekedés – a változások logaritmikus skálán adódnak össze.
- Weibull eloszlás: Az extrém-érték elméletben alkalmazott folyamatos valószínűség eloszlás.
- Gamma eloszlás: Nemnegatív számokra értelmezett, jobb ferdeségű (balra tolódott csúcsú) eloszlás, ahol a változó értékének nincs felső korlátja.
- Béta eloszlás: Meghatározott tartományon értelmezett eloszlások leírására szolgál.
- Egyenletes eloszlás: olyan eloszlás, amelyre igaz, hogy a megfigyelt események bekövetkezési valószínűsége azonos

A Béta eloszlást kizártam a lehetséges eloszlások köréből, hiszen ez egy meghatározott napi látogatószámnál nem vehet fel nagyobb értéket, míg a valóságban nem lehet megmondani, hogy mekkora lesz a legmagasabb látogatószám. Az egyenletes eloszlást a hisztogramok alakja miatt nem vizsgáltam, hiszen látható volt, hogy a nagyon magas értékek mindig kisebb létszámban képviseltették magukat. Így maradt a normális, a lognormális, a Weibull és a gamma eloszlás, amelyeket tovább vizsgáltam.

### Eloszlások illesztése

Az eloszlás illesztés lényege az, hogy meghatározzuk a kiválasztott eloszlás sűrűségfüggvényének paramétereit úgy, hogy az a lehető legjobban közelítse a mért adatok sűrűségfüggvényét. A

10.13147/SOE.2018.017



mért adatok soha nem fognak pontosan követni egy nevezetes eloszlást sem, de nagymértékű hasonlóság esetén a nevezetes eloszlással a vizsgált jelenség modellezhető. A *fitdist {fitdistplus}* függvénnyel végeztem el az eloszlások illesztését a mért adatokra. A függvény alapértelmezettként a maximum likelihood becslés módszerével végzi el az illesztést. Emellett választható még a momentumok módszere (Moments matching estimation), a kvantilis egyezések becslése (Quantile matching estimation), valamint az illeszkedés jóságát vizsgáló statisztikák értékeinek optimalizálásán alapuló eljárás is. Az illesztési feladatot a maximum likelihood módszerrel oldottam meg, hiszen ebben az illesztésben minden adat közvetlenül részt vesz, szemben a momentumok és a kvantilis egyezések módszerével. Az illeszkedés jóságát mérő statisztikák optimalizálásán alapuló eljárást azért vetettem el, mert ezzel a modell nem lesz a lehető legközelebb a mért értékekhez.

### Az eloszlás illesztés értékelése

Az eloszlás illesztésének jóságát a *gofstat {fitdistplus}* függvénnyel ellenőriztem. Ez a függvény az illeszkedések vizsgálatára általánosan elterjedt statisztikai módszerek közül öt értékét számítja ki:

- Kolgomorov-Smirnov (KS) próba
- Cramér – von Mises (CM) próba
- Anderson-Darling (AD) teszt
- Akaike információs kritérium (AIC)
- Bayesian információs kritérium (BIC)

A KS, CM és AD tesztek egy p értéket adnak eredményül, amelyek, ha kisebbek, mint a megadott szignifikancia szinthez és eloszláshoz tartozó kritikus érték, akkor nem zárható ki, hogy a mért adatok a vizsgált nevezetes eloszlásból származnak, illetve ezzel modellezhetők. A három próba közül a legerősebb az AD teszt, amelyet az eloszlás szélek illeszkedés vizsgálatára fejlesztettek ki. A KS és CM próbák kritikus értéke csak a szignifikancia szinttől és a mintaszámtól függ, míg az AD teszt kritikus értékét befolyásolja a vizsgált eloszlás is. A kritikus értékek kiszámítási módját a teszt kidolgozói általában közlik, de az értékek táblázatos formában is megtalálhatók, ami némelyik próbánál jelentős könnyebbség. A kritikus értékeket az 1. mellékletben közölt táblázatok, illetve képletek szerint határoztam meg.

Az AIC és a BIC több eloszlás illesztésének az egymáshoz képesti jóságának vizsgálatára szolgál. A tesztek olyan számokat adnak eredményül, amelyek önmagukban nem jellemzik az illeszkedés minőségét, viszont minél kisebb a szám, annál jobb az illeszkedés a többi eloszláshoz képest. E próbáknak akkor van jelentősége, ha az előző három próbastatisztika értéke mind a kritikus érték alatt van. Ilyenkor a kisebb AIC és BIC értékű eloszlásról feltételezhetjük, hogy jobban közelíti a mért értékeket.

A napi látogató összegek modellezésére a nap jellegét (munkanap - munkaszüneti nap), illetve az éven belüli helyzetét (évszak) vettem figyelembe. Ezért évszakonként meg kellett határoznom a munkanapok, illetve a munkaszüneti napok modellezésére alkalmas nevezetes eloszlásokat. Az éves látogatószám modelljét a 2012-2016 időszakból származó adatok alapján terveztem kidolgozni. Emellett külön megvizsgáltam a 2016-os évet, hiszen ezen tudtam ellenőrizni, hogy a modell várható értéke megegyezik-e a mért értékkel, illetve a 2012-2015 időszakot, mivel innen szórványos mérések álltak rendelkezésre, így a mintavételezés hatását lehet megfigyelni az innen származó modellel. Tehát a 2016-os év, valamint a 2012-2016 és 2012-2015 időszak adataira illesztettem nevezetes eloszlásokat.

A vizsgált négy nevezetes eloszlás kiszámított paraméterei, az illeszkedés jóságát mérő öt próbastatisztika értékei, valamint, ahol értelmezhető, a kritikus értékek a 2. mellékletben található táblázatokban szerepelnek.

10.13147/SOE.2018.017



| Eloszlás | Munkanap | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tavasz | | | Nyár | | | Ősz | | | Tél | | |
| | 2016 | 2012-16 | 2012-15 | 2016 | 2012-16 | 2012-15 | 2016 | 2012-16 | 2012-15 | 2016 | 2012-16 | 2012-15 |
| Normál | + | + | + | + | + | + | - | - | + | + | - | - |
| Lognormál | + | - | - | - | - | + | + | + | - | + | + | + |
| Weibull | + | + | + | + | + | + | + | - | - | + | - | - |
| Gamma | + | + | - | - | + | + | + | + | + | + | + | + |
| | Munkaszüneti nap | | | | | | | | | | | |
| | Tavasz | | | Nyár | | | Ősz | | | Tél | | |
| | 2016 | 2012-16 | 2012-15 | 2016 | 2012-16 | 2012-15 | 2016 | 2012-16 | 2012-15 | 2016 | 2012-16 | 2012-15 |
| Normál | + | + | + | + | - | + | + | - | - | + | + | + |
| Lognormál | - | - | + | - | - | + | - | - | - | - | - | + |
| Weibull | + | + | + | + | + | - | + | + | + | + | + | + |
| Gamma | + | + | + | - | - | + | + | + | + | + | + | + |

4.6. táblázat. Az illeszkedésvizsgálat alapján az egyes időszakok napi látogatószámainak modellezésére nem kizárható eloszlások. Jelmagyarázat: + : nem kizárható eloszlás, - : kizárható eloszlás, szürke háttér: a legjobban illeszkedő eloszlás, vastag keret: a modellezésre kiválasztott eloszlás

### A modell eloszlások kiválasztása

A napi és éves látogatószám modellezéséhez a nap jellegét és az éven belüli helyzetét terveztem figyelembe venni paraméterként. Ezért évszakonként munkanapra és munkaszüneti napra külön meg kellett vizsgálnom, hogy a látogatószám modellezhető-e valamely nevezetes eloszlással. Olyan modelleket kerestem, amelyek a 2016-os évből, illetve a 2012-2016 és 2012-2015 közötti időszakból származó adatokat is jól közelítik. A modell eloszlások kiválasztásánál a statisztikai mutatók figyelembe vétele mellett arra is törekedtem, hogy a modellem robusztus legyen. Emiatt célom volt az, hogy hasonló időszakokra hasonló eloszlást válasszak, amennyiben a statisztikai próbák ezt nem teszik lehetetlenné. A 2. mellékletben található táblázatokból kiválasztottam azokat az eloszlásokat, amelyek a próbastatisztikák értékei alapján nem zárhatók ki, illetve időszakonként megjelöltem a szóba jöhető eloszlások közül az AIC és a BIC metódus által legjobbnak ítélteket (4.6.táblázat).

Először a munkaszüneti napokra kerestem modell eloszlást. A 4.6. táblázatot áttekintve megállapítottam, hogy nem volt olyan eloszlás, amely egyik időszakban, illetve évszakban sem volt kizárható. A Weibull eloszlás egy időszak kivételével alkalmas volt a munkaszüneti napok leírására. Emiatt úgy döntöttem, hogy minden évszakban a munkaszüneti napok látogatószámát a Weibull eloszlással modellezem. Az eloszlások paraméterei a 4.7. táblázatban láthatók.

A munkanapoknál a 4.6. táblázat adatai alapján szintén nem volt olyan eloszlás, amely egyik időszakban, illetve évszakban sem volt kizárható. A Weibull négy, míg a gamma eloszlás két időszakra volt kizárható. A legjobb illeszkedéseket is figyelembe véve a tavaszi és nyári munkanapok modellezésére a Weibull eloszlást választottam, míg az őszi és a téli munkanapok látogatószám becslésére a gamma eloszlást. Az eloszlások paramétereit a 4.7. táblázat tartalmazza.

### A kiválasztott eloszlások helyességének ellenőrzése

Az egyes időszakok látogatószámainak modellezésére olyan nevezetes eloszlásokat választottam, amelyeknél statisztikai próbákkal nem zárható ki, hogy a mért adataim a kiválasztott eloszlásból származnak. Az éves látogatószámot becslő modell robusztussága miatt nem minden esetben a legjobban illeszkedő eloszlást alkalmaztam. Mivel nem állt rendelkezésemre olyan próba, amely bizonyítani tudná, hogy a mért adatok biztosan az adott eloszlásból származnak, szükségesnek tartottam annak megerősítését, hogy a kiválasztott eloszlásból le lehet vezetni a mért adatokhoz hasonló adatsort. Ennek eldöntésére ismét a feltáró adatelemzés eszköztárában találtam alkal-

10.13147/SOE.2018.017

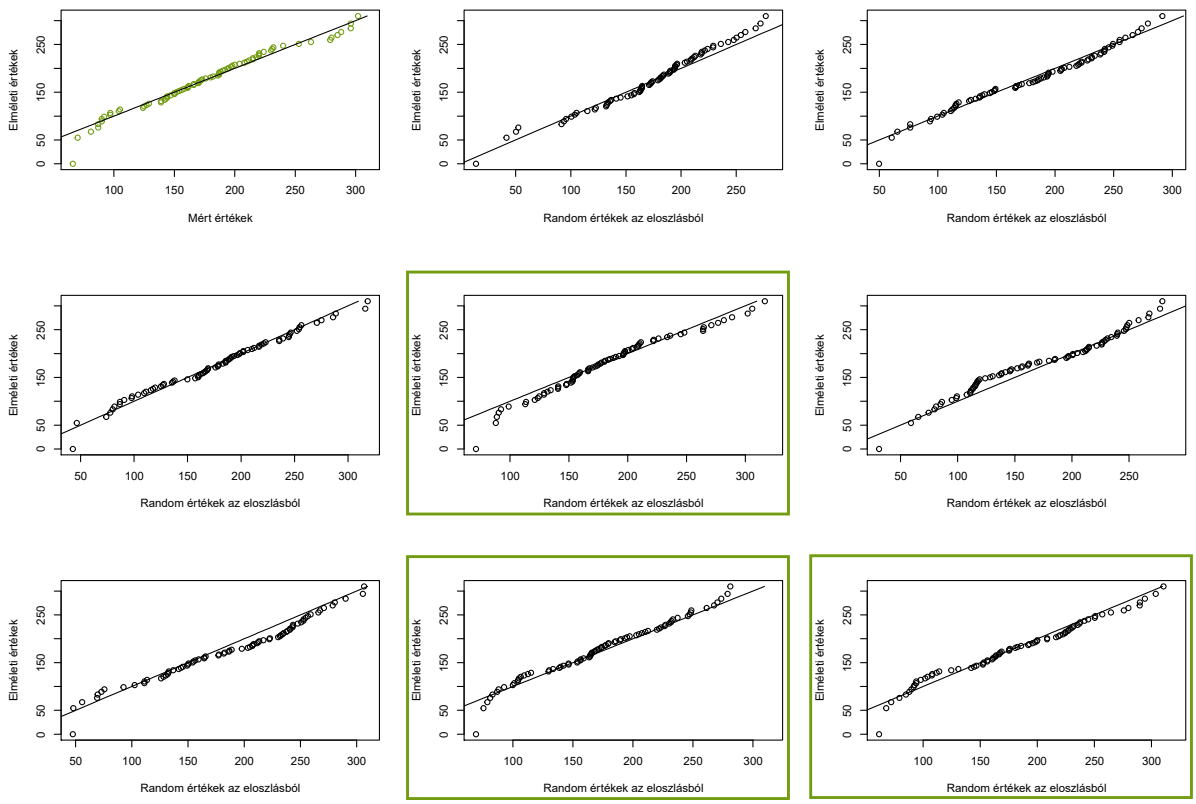


| Évszak | Nap jellege | Időszak | Eloszlás | Alak (Shape) | Lépték (Scale) | Arány (Rate) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tavasz | M.nap | 2016 | Weibull | 3,2401 | 197,4393 | - |
| | | 2012-2016 | Weibull | 3,3545 | 199,6620 | - |
| | | 2012-2015 | Weibull | 3,8776 | 206,6966 | - |
| | Szünnap | 2016 | Weibull | 2,2536 | 954,3355 | - |
| | | 2012-2016 | Weibull | 2,2167 | 917,7975 | - |
| | | 2012-2015 | Weibull | 2,2286 | 797,9116 | - |
| Nyár | M.nap | 2016 | Weibull | 3,9259 | 318,6046 | - |
| | | 2012-2016 | Weibull | 3,3577 | 296,2103 | - |
| | | 2012-2015 | Weibull | 3,1232 | 277,3601 | - |
| | Szünnap | 2016 | Weibull | 2,5795 | 688,6820 | - |
| | | 2012-2016 | Weibull | 2,7705 | 593,4512 | - |
| | | 2012-2015 | Weibull | 3,7855 | 517,2245 | - |
| Ősz | M.nap | 2016 | gamma | 4,8174 | - | 0,0311 |
| | | 2012-2016 | gamma | 6,3599 | - | 0,0403 |
| | | 2012-2015 | gamma | 8,7273 | - | 0,0546 |
| | Szünnap | 2016 | Weibull | 1,9777 | 874,8475 | - |
| | | 2012-2016 | Weibull | 1,8310 | 743,7017 | - |
| | | 2012-2015 | Weibull | 1,8649 | 629,6246 | - |
| Tél | M.nap | 2016 | gamma | 9,3535 | - | 0,0880 |
| | | 2012-2016 | gamma | 8,3299 | - | 0,0705 |
| | | 2012-2015 | gamma | 9,1362 | - | 0,0687 |
| | Szünnap | 2016 | Weibull | 1,5653 | 415,1277 | - |
| | | 2012-2016 | Weibull | 1,6545 | 368,4765 | - |
| | | 2012-2015 | Weibull | 2,3687 | 293,0141 | - |

4.7. táblázat. A kiválasztott eloszlások paraméterei

10.13147/SOE.2018.017






4.2. ábra. Tavaszi munkanapok mért adatainak (bal felső diagram), valamint a kiválasztott Weibull eloszlásból mintavétellel nyert adatainak Q-Q ábrája

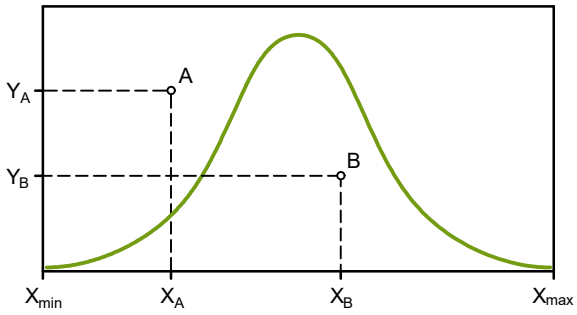
mas módszert. A módszer lényege az, hogy a választott eloszlásból többször véletlenszerűen kiválasztunk a mért adatok számával megegyező számú adatpontot, és elkészítjük a Q-Q ábrát. Ha a többszöri mintavételezésben találunk a mért adatok Q-Q ábrájára hasonlító grafikont, akkor ez megerősítheti azt a feltételezést, hogy a mért adatok származhatnak a kérdéses eloszlásból, illetve modellezhetők azzal. A 4.2. ábrán a tavaszi munkanapokra vonatkozó ellenőrzés látható. A 8 generált adatsorból három is hasonlított a mért adatokra, ezért megerősítettnek láttam, hogy ez az időszak modellezhető a megadott Weibull eloszlással. A többi időszakra is elvégeztem ezt a típusú ellenőrzést, amivel megerősítettem a választott eloszlások alkalmasságát.

## Modellalkotás

Az évszakok különböző típusú napjainak modellezésére az előző szakaszban kiválasztottam a megfelelő nevezetes eloszlásokat. Ezután következett az éves látogatószám modelljének megalkotása. A modell egy általános évre vonatkozik, de alkalmazható egy tényleges évre is. A modellben egy év négy évszakból, az évszakok egyenként 13 hétből, a hetek 5 munkanapból és 2 munkaszüneti napból álltak. A modellt a 4.2 képletben foglaltam össze. A képlet alapján a normális évek 365 napja helyett 364 nap látogatószáma lesz a modell kimenete. A modell keretein belül nem lehet eldönteni, hogy a hiányzó nap munkanap, vagy munkaszüneti nap, illetve, hogy melyik évszakból származik. A hiányzó nap nagyjából 0,2% eltérést okozhat az éves látogatószám tekintetében, ezért a modell robusztusságának megőrzése miatt a nap pótlása nem lett része a modellnek. A modell nem veszi figyelembe továbbá az állami ünnepeket, bár az alap adatokban ezeket szünnapként kezeltem. Magyarországon a Pünkösd, a Húsvét és a Nagypéntek az a szünnap, ami mindig a hét adott napjára esik, így a modellbe elvileg beépíthető lenne. A többi állami ünnep dátumhoz kötődik, így modellezésükre csak akkor lenne mód, ha egy konk-

10.13147/SOE.2018.017






4.3. ábra. A kiszorításos módszer

rét évet vizsgálnék. Ezek az ünnepnapok, amelyeket a modell hétköznapként kezel, legrosszabb esetben is csak 5% körüli eltérést okozhatnak. A modellben egy nap várható látogatószáma a 4.7. táblázatban szereplő eloszlások szerint alakul.

$$N = \sum_{évszak=tavasz}^{tél} 13 \cdot (5 \cdot n_{munkanap} + 2 \cdot n_{munkaszünetinap}) \tag{4.2}$$

## Szimuláció

A várható éves látogatószám becslését szimulációval végeztem. A szimuláció lényege az, hogy az előző lépésben bemutatott modell szerint 364 napot generálunk úgy, hogy az éppen aktuális évszak megfelelő típusú napját modellező eloszlásfüggvényből véletlenszerűen kiválasztunk egy-egy napi összeget. Az eloszlásfüggvénynek megfelelő napi látogatószám meghatározása az ú.n. kiszorításos módszerrel történik (4.3. ábra). Eszerint a lehetséges látogatószám tartományon belül véletlenszerűen kiválasztunk egy értéket, majd ehhez szintén véletlenszerűen egy valószínűség értéket. Amennyiben az így kapott pont a sűrűségfüggvény alatt található (B), úgy a látogatószámot elfogadjuk generált napi látogatószámként. Ha viszont a pont a sűrűségfüggvény fölött lesz (A), akkor új számot kell generálni az adott napra.

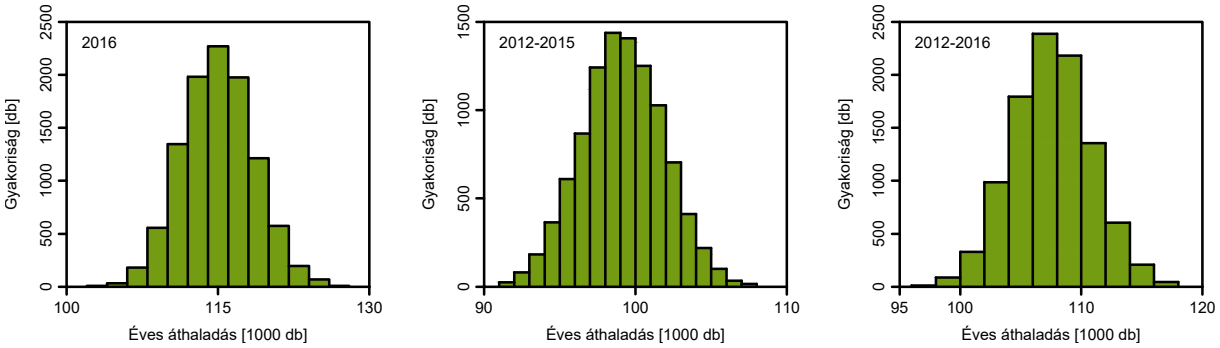
A Monte-Carlo szimuláció a mintavételkor erősen támaszkodik a véletlen szám generálásra, ezért az eredmények megbízhatóságát nagymértékben befolyásolja, hogy a generált számok mennyire tekinthetők véletlennek. Ténylegesen véletlen értékek csak valós jelenségek mérésével – kozmikus háttérsugárzás, radioaktív atomok bomlása, kvantummechanikai jelenségek – állíthatók elő. A számítógépes szimulációk futtatásához ez a típusú véletlen szám generálás nagyon lassú, emiatt elterjedten alkalmazzák az úgynevezett pszeudo-random szám generálási módszereket. Ezek a módszerek algoritmusok segítségével állítanak elő véletlennek tűnő számsorokat, amelyek azonban a kezdeti értékkel teljes mértékben meghatározottak, tehát adott kezdeti érték mindig ugyanahhoz a számsorhoz vezet. Az így generált számsorok bizonyos idő után ismétlődnek, vagy megtöltik a számítógép memóriáját. Emiatt az ily módon generált számsorok nem tekinthetők teljes mértékig véletlenszerűnek, bár megfelelő algoritmusok használatával az ismétlődés periódusa kellően hosszúra növelhető. Az R programcsomagban található *runif {stats}* véletlenszám generátor alapértelmezésként a Mersenne-Twister algoritmust használja, amelynek periódusa $2^{199937} - 1$ (Matsumoto és Nishimura, 1998). Ez az algoritmus gyors számítás mellett szolgáltat nagyon jó közelítéssel véletlen számokat (Dutang és Wuertz, 2009), ezért a véletlenszám generálásra a *runif {stats}* függvényt használtam.

A megfelelő eloszlások sűrűségfüggvényei alapján generált 364 nap látogatószámait összeadva megkaptam a szimuláció eredményét, amely egy lehetséges év látogató összegét jelentette.

Ahhoz, hogy meg tudjam állapítani, hogy a modell alapján mekkora a várható éves látogatószám a visegrádi mérőhelyen, a szimulációt nagyon sokszor le kellett futtatnom. Kellően nagyszámú futtatásnál már kirajzolódik, hogy milyen határok között mozog az éves összeg, illetve, hogy körülbelül mekkora a várható értéke. Az irodalom szerint 10 000 futtatás már elegendő

10.13147/SOE.2018.017






4.4. ábra. A Monte-Carlo szimuláció eredménye

lehet a vizsgált rendszer jellemzéséhez. Ezért én is ennyi szimulációs ciklust hajtottam végre a 2016-os évre, valamint a 2012-2015 és a 2012-2016 közötti időszakra vonatkozó modellel. A szimuláció eredményét a 4.4. ábra mutatja be.

### A várható látogatószám meghatározása

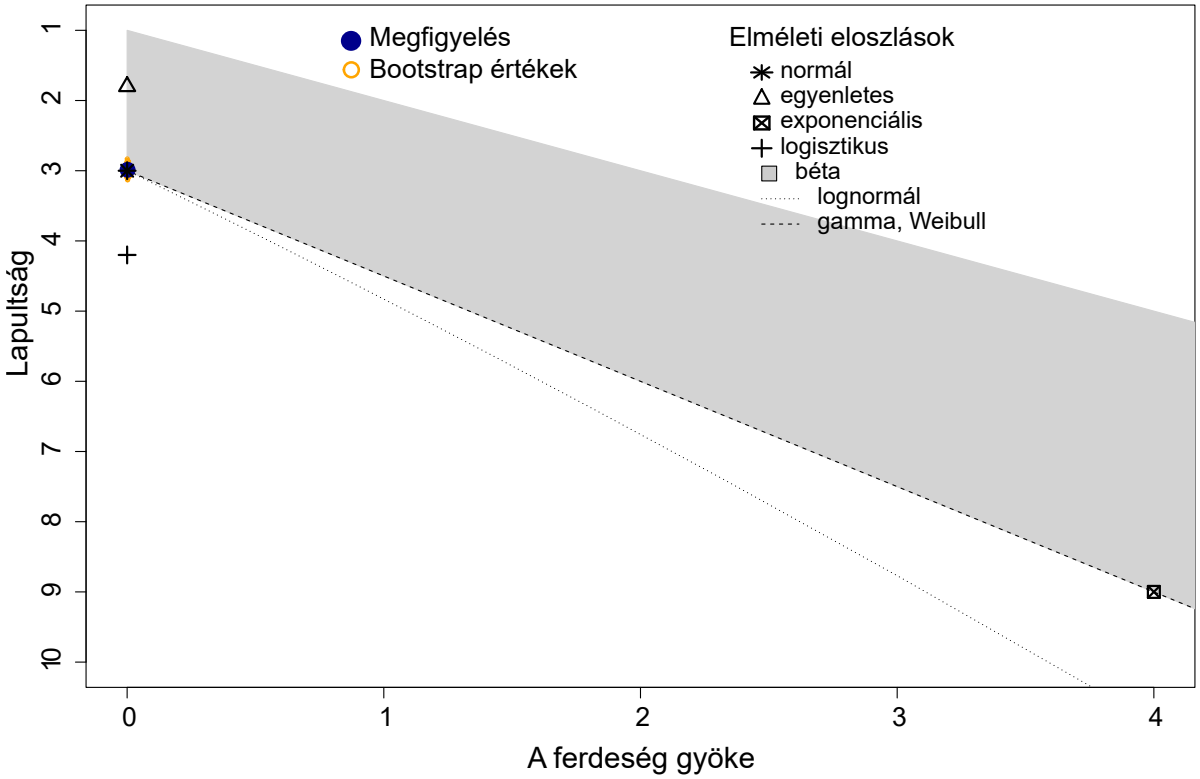
A szimuláció eredményeként kaptam 10 000 lehetséges értéket az éves látogatószámra a 2016-os évre, illetve a 2012-2015 és a 2012-2016-os időszakra. A 2016-os évre vonatkozó szimuláció eredménye a mért áthaladások és a modellezett áthaladások számának összehasonlítására szolgált. A 2012-2016 időszak modellje magában foglalta a teljes adatsort, ezért az ebből számítható éves látogatószámmal terveztem jellemezni a visegrádi mérőhelyen várható forgalmat. A 2012-2015 időszak adataiból meghatározott látogatószámok megmutatják, hogy a nem teljes évet tartalmazó adatsorból generált érték milyen mértékben tér el a teljes adatsorból generáltaktól. Emellett a 2012-2015 időszakból, valamint a 2016-os évből származó adatok alapján szimulált éves áthaladások összevethetők a 2012-2016 időszakból származó adatok alapján számítottakkal. Amennyiben a szimulált áthaladás értékek egy nevezetes eloszlással közelíthetőek lennének, úgy az éves látogatószámra fel lehetne írni egy modellt, amely megadná a várható értéket, illetve annak a valószínűségét, hogy egy bizonyos látogatószámnál magasabb lesz az éves összeg. Ezért a szimulált adatok modellezésére kerestem egy nevezetes eloszlást. Az eloszlás illesztés lépései ugyanazok voltak, mint az időszaki adatoknál.

A Cullen & Frey diagramból (4.5. ábra) megállapítottam, hogy a 2012-2016 időszakra vonatkozó eloszlásokból generált éves áthaladásszámok eloszlása a normál eloszláshoz áll legközelebb, de nem zárható ki a lognormál, a Weibull és a gamma eloszlás sem. A négy eloszlást illesztettem a szimulált adatokhoz, és megvizsgáltam az illeszkedés minőségét. A vizsgálat eredményét mutatja a 4.8. táblázat, illetve a 4.6. ábra. Az illesztett eloszlások közül a Weibull eloszlást a próbastatisztikák és a grafikus kép alapján kizártam a modellezésre alkalmas eloszlások közül. A maradék három eloszlás grafikus képe nagyon hasonló, míg az AIC és BIC értékek szerint a legjobban a gamma eloszlás illeszkedik, amit a normál, majd a lognormál követ. Ezek közül a normál eloszlást választottam az éves áthaladások számának modellezésére, mivel a statisztikai próbák alapján nem zárható ki, hogy a szimulált adatok ebből az eloszlásból származnak, illetve mert a paraméterei könnyen értelmezhetők.

Tehát az Apátkúti úton elhelyezett mérőhelyen az áthaladások éves számát a 2012-2016 időszakra vonatkozó eloszlásokkal generált éves látogatószámokra illesztett, 107526 várható értékű, és 3265 szórású normális eloszlással lehet modellezni. Ennek ismeretében megadható az is, hogy mekkora valószínűséggel lesz az éves áthaladások száma egy bizonyos érték felett. Ezeket az értékeket a 4.9. táblázatban foglaltam össze. A táblázatban szerepelnek a lognormál és a gamma eloszlással számított értékek is, amelyeket összehasonlítva a normál eloszlásból számított értékekkel kijelenthető, hogy a valószínűségi értékek tekintetében két tizedesig nincs különbség a modellek között. Ez az eredmény alátámasztja, hogy a normál eloszlás hasonlóan jól modellezi

10.13147/SOE.2018.017






4.5. ábra. A 2012-2016 időszak modelljével szimulált éves látogatószám Cullen & Frey diagramja

az éves áthaladási számot, mint az AIC és BIC értékek szerint pontosabb gamma eloszlás.

Az éves áthaladási szám modellezésének pontosságát a 2016-os év számított és mért adatainak összehasonlításával vizsgáltam meg. A mért adatokban két hónapnyi hiány volt, amelyet az előző évek alapján pótoltam, így állt elő a 2016-os év mért látogatószáma: 117362. A mért adatokat a 4.7. táblázatban szereplő eloszlásokkal modelleztem. Fontos megjegyezni, hogy a modellek paramétereit csak a mért adatokból számítottam, a pótolt adatokat nem vettem figyelembe, azok bizonytalansága miatt. A 2016-os év szimulált látogatószámai a 4.4. ábrán láthatók. Ezekre szintén normál eloszlást illesztettem, amelynek várható értéke 115015 volt. A mért értékhez képest a modellből számított érték 2%-kal tért el, amiből 0,3% annak tudható be, hogy a modell csak 364 napból számolja az éves összeget. A 2%-os eltérést úgy értékeltem, hogy a modell nagyon jól közelíti a mért eredményeket, így az éves áthaladások számának becslésére alkalmas.

A 2012-2015 időszak adataira illesztett eloszlások (4.7. táblázat) alapján generált éves látogatószámok a 4.4. ábra szerint alakultak. Az illesztett normál eloszlás várható értéke 99149, szórása 2742 volt. A 2016-os év modelljével összehasonlítva 10% eltérés mutatkozott. A 3.7. alfejezetben bemutatottak szerint az évek között trendszerű eltérés nem tapasztalható a mért napi látogatószámokban, így a megfigyelt alulbecslés a kevés, vagy nem megfelelő időszakból származó alapadat miatt következett be.

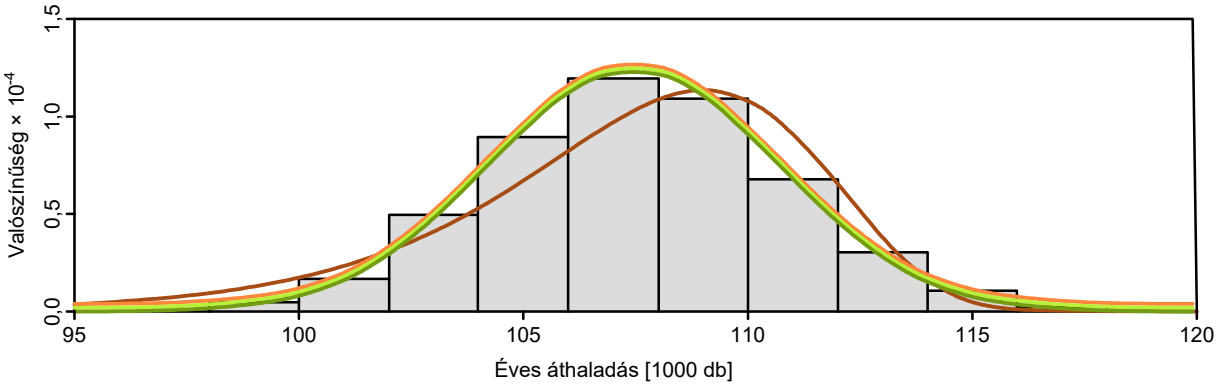
A 4.4. ábrán látható futtatási eredmények azt mutatták, hogy az Apátkúti út éves látogatottságának modellezésére választott, 2012-2016 időszakból származó adatokra illesztett eloszlások alapján generált értékek a 2012-2015 időszak és a 2016-os év futtatásai között helyezkedtek el, de a generált legkisebb és legmagasabb értékek elmaradtak a két szomszédos időszakétól. Másképp megfogalmazva a modellezésre választott normál eloszlás túlságosan kis szórással rendelkezett, és így a valós, 2016-os látogatószám bekövetkezési valószínűségét nagyon alacsonynak jelezte. A jelenség magyarázata lehet az, hogy a tapasztalati eloszlásokat nevezetes eloszlással helyet-

10.13147/SOE.2018.017



| **Eloszlás** | **Átlag** | **Szórás** | | **Eloszlás** | **Alak** | **Lépték** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Normál | 107526 | 3265 | | Weibull | 33,50 | 109116,12 | |
| | **Próba** | **Érték** | **Kritikus** | | **Próba** | **Érték** | **Kritikus** |
| | KS | 0,005 | 0,014 | | KS | 0,060 | 0,014 |
| | CM | 0,059 | 0,220 | | CM | 15,775 | 0,220 |
| | AD | 0,440 | 0,751 | | AD | 107,791 | 0,757 |
| | AIC | 190206 | | | AIC | 191615 | |
| | BIC | 190220 | | | BIC | 191630 | |
| **Eloszlás** | **lg(Átl.)** | **lg(Szór.)** | | **Eloszlás** | **Alak** | **Arány** | |
| Lognormál | 11,59 | 0,03 | | gamma | 1083,42 | 0,01 | |
| | **Próba** | **Érték** | **Kritikus** | | **Próba** | **Érték** | **Kritikus** |
| | KS | 0,006 | 0,014 | | KS | 0,004 | 0,014 |
| | CM | 0,052 | 0,220 | | CM | 0,023 | 0,220 |
| | AD | 0,344 | 0,751 | | AD | 0,175 | 0,752 |
| | AIC | 190209 | | | AIC | 190205 | |
| | BIC | 190224 | | | BIC | 190219 | |

4.8. táblázat. A 2012-2016 időszak modelljével szimulált éves látogatószám adatokra illesztett eloszlások paraméterei és az illeszkedés minőségét jellemző statisztikai mérőszámok



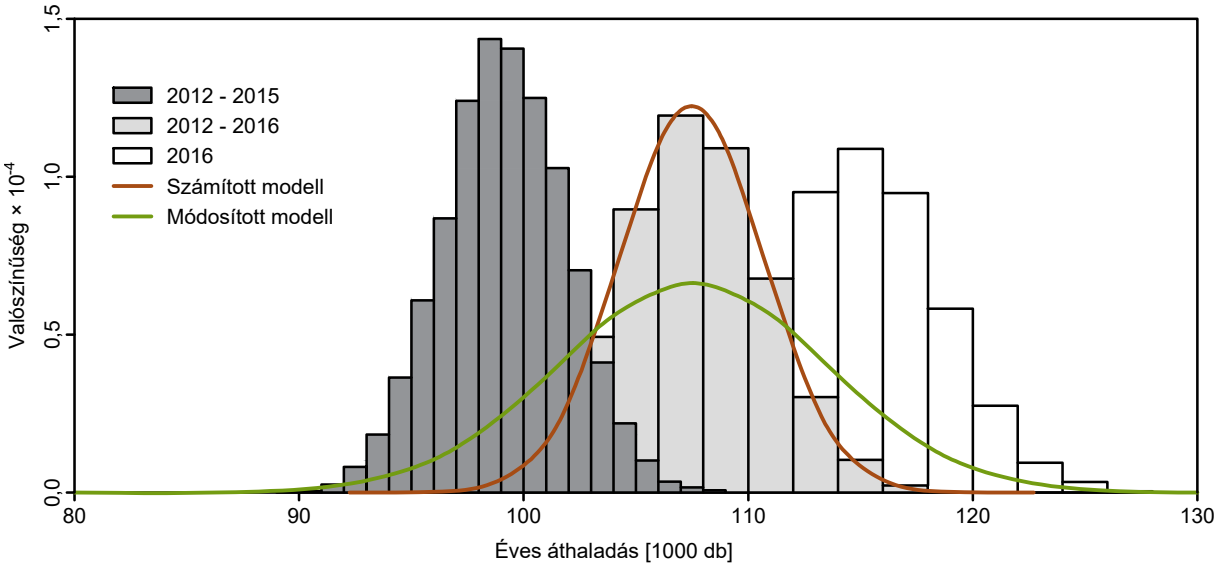

4.6. ábra. A 2012-2016 időszak modelljével szimulált éves áthaladásokra illesztett nevezetes eloszlások

| **Eloszlás** | **95000** | **100000** | **105000** | **110000** | **115000** | **120000** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Normál | 1,00 | 0,99 | 0,78 | 0,22 | 0,01 | 0,00 |
| Lognormál | 1,00 | 0,99 | 0,78 | 0,22 | 0,01 | 0,00 |
| Gamma | 1,00 | 0,99 | 0,78 | 0,22 | 0,01 | 0,00 |

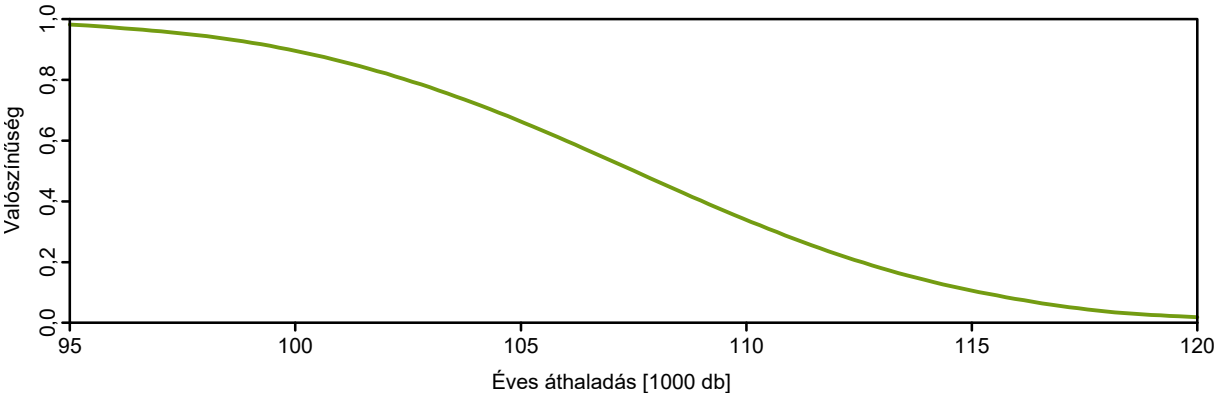
4.9. táblázat. Annak a valószínűsége a 2012-2016 időszak generált éves látogatószámaira illesztett eloszlások szerint, hogy az éves látogatószám nagyobb lesz adott értéknél

10.13147/SOE.2018.017






4.7. ábra. Az Apátkúti út éves látogatószám modelljének meghatározása a három vizsgált időszak adataiból generált látogatószámok alapján




4.8. ábra. Az Apátkúti mérőhely éves áthaladásszám modelljének eloszlásfüggvénye

tesítettem, és így a magas napi látogatószámok megjelenése az eloszlás jó illeszkedése ellenére valószínűtlenebb, mint a valóságban. Az eltérésnek lehetnek további, a modell működéséből adódó okai is, aminek felderítésére ebben a kutatásban nem vállalkoztam. A probléma megoldására az éves látogatószámot leíró normál eloszlást módosítottam. A várható érték megegyezett a 2012-2016 időszak adatai alapján generált látogatószámok várható értékével. A szórást iterációs úton addig változtattam, míg a 2012-2015 időszak legkisebb, és a 2016-os év legmagasabb generált éves látogatószámaihoz is nem nulla valószínűséget rendelt a modell. A módosított normál eloszlás várható értéke így 107526-ra, míg a szórása 6000-re adódott (4.7. ábra). A modell eloszlásfüggvénye a 4.8. ábrán, míg az éves látogatószámoknál magasabb látogatószám előfordulási valószínűségei a 4.10. táblázatban láthatók. Ezt a modellt alkalmasnak tartom az Apátkúti út várható éves látogatószámának leírására.

A modellből származó éves áthaladási számot a 2012-2016-os időszakból számolt arányok szerint lehet haladási irány és típusok (3.2. alfejezet) szerint felosztani.

## 4.3. Összefoglalás

Ebben a fejezetben bemutattam egy robusztus eljárást az erdészeti utak éves látogatószámának, illetve ennek bizonytalanságának meghatározására. A modellhez az Apátkúti úton mért 550

10.13147/SOE.2018.017



| **Eloszlás** | **90000** | **95000** | **100000** | **105000** | **110000** | **115000** | **120000** | **125000** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Normál | 1,00 | 0,98 | 0,90 | 0,66 | 0,34 | 0,11 | 0,02 | 0,00 |

4.10. táblázat. Az Apátkúti úton az adott értéket meghaladó éves forgalom bekövetkezési valószínűségei a módosított modell szerint

teljes nap napi látogatószáma szolgált alapadatul. Megállapítottam, hogy a napi látogatószám értékét a hét napja, a nap éven belüli helyzete, valamint az időjárás határozza meg legnagyobb mértékben, ezek mellett a véletlennek is nagy szerep jut. Úgy döntöttem, hogy a modell paraméterei közé csak a hét napját, illetve a nap éven belüli helyzetét veszem be, így a modell általános látogatószám becslésre lesz alkalmas. A véletlen hatásának kezelése érdekében Monte-Carlo típusú szimulációt végeztem a látogatószám modelljének meghatározására. A hét napja nevű változó két értéket – munkanap és munkaszüneti nap – vehetett fel, míg az éven belüli helyzetet az évszakokkal jellemeztem. Az évszakonkénti és nap jellege szerinti látogatószámok eloszlása Weibull és gamma eloszlásokkal volt leírható, amelynek paramétereit közöltem a 4.7. táblázatban. Egy évszakban 13 hét van, amelyek egyenként 5 hétköznapból és 2 hétvégéből állnak. A hétköznapok és hétvégék látogatószámát a kiválasztott nevezetes eloszlásokból véletlenszerűen generáltam a kiszorításos módszerrel. Az éves látogatószámot az évszakonként generált 65 hétköznap és 26 hétvége látogatószám összege adta meg a (4.2) modell szerint. Az így kapott éves látogatószám a mérések alapján becsült lehetséges látogatószámként értelmezendő. 10000 év generálásával szimuláltam az éves látogatószám várható alakulását a 2012-2015 és 2012-2016 időszakok, valamint a 2016-os év mérési adatai alapján meghatározott eloszlások felhasználásával. A generált 10000 darab éves látogatószám eloszlása mindhárom esetben normál eloszlással leírható volt. A 2012-2016 időszakot jellemző normál eloszlás módosításra szorult a másik két időszak szélső értékeinek megfelelően, annak érdekében, hogy az Apátkúti út forgalmát a lehető legjobban jellemezze. Végleges modellnek így a $\mu = 107526$ várható értékű és $\sigma = 6000$ szórású normál eloszlást választottam. A választott modell a látogatószám bizonytalanságára vonatkozóan azt mutatja, hogy a látogatószám 90000 és 125000 között várható. Ez a látogatószám a 3.2. szakaszban bemutatott arányok szerint felbontható látogatótípusok áthaladás számára.

## 4.4. Korlátok, fejlesztési lehetőségek

A Monte-Carlo szimuláció eredményéül kapott normál eloszlás csak az Apátkúti úton érvényes abban az esetben, ha a látogatókat érintő nagy változás nem következik be. Egy új közjóléti létesítmény építése, vagy az út részleges lezárása például jelentősen növelheti, vagy éppen csökkentheti bizonyos látogatótípusok jelenlétét.

A szimuláció alapját képező modell finomítható lenne az ünnepnapok beépítésével. A hét meghatározott napjához köthető ünnepnapok – Húsvét hétfő, Nagypéntek, Pünkösd – kezelése könnyen megoldhatónak látszik. A többi ünnepnap, illetve a pihenőnapok és ledolgozott pihenőnapok figyelembevétele ezek statisztikai előfordulási valószínűségével történhetne.

A szimuláció alapját képező látogatószám eloszlások típusára nézve úgy vélem, hogy minden erdészeti út forgalma leírható az aszimmetrikus, extrém értékek megjelenését lehetővé tevő eloszlások valamelyikével. Elképzelhetőnek tartom, hogy több ilyen eloszlás vizsgálatával találni lehetne egy olyan rugalmas eloszlást, amely kevés paraméter mellett jó közelítéssel minden erdészeti út forgalmának jellemzésére alkalmas lenne. Feltételezem továbbá, hogy az általános eloszlásfüggvény paramétereinek meghatározásához nem szükséges egy egész éves mérési adatsor, hanem elégséges lehet egy előre meghatározott számú napon történő mintavételezés. Ehhez hasonló mintavételezési rendszer üzemel a magyarországi közúthálózaton, ahol a mintavételezés évi 4×1 héttől évi 3 napig terjed, bár az adatok feldolgozása más módszerrel történik (Magyar Közút, 2017).

10.13147/SOE.2018.017

10.13147/SOE.2018.017

# 5. fejezet

# Konfliktusok az erdészeti utakon

Magyarországon a 2009. évi XXXVII., az erdőről, az erdő védelméről és az erdőgazdálkodásról szóló törvény lehetővé teszi az erdészeti utakon a vegyes használatot, tehát nem csak erdészeti tehergépkocsik, hanem más úthasználók is jelen vannak a forgalomban, mint ahogy azt az Apátkúti út példáján bemutattam. A forgalom résztvevői különböző célokkal és különböző módon használják az erdészeti úthálózatot, ám a célok nem minden esetben egyeztethetők össze. Egy erdészeti úthálózat kezelőjének érdeke, hogy az útjain az erdőgazdálkodással kapcsolatos forgalom biztonságosan és zökkenőmentesen haladhasson és emellett a közjóléti forgalom igényeit is a lehető legnagyobb mértékben ki tudja elégíteni. Ezért a forgalom nagyság és a forgalom összetétele mellett ismernie kell azt is, hogy az egyes úthasználó csoportok milyen utakat használnak szívesen, illetve milyen a kapcsolatuk a többi közlekedővel. E három tényező – forgalom összetétel, forgalom nagyság, a közlekedők igényei – ismeretében az úthálózat kezelője objektíven meg tudja állapítani, hogy szükséges-e beavatkoznia az úthasználatba, és ha igen, mi módon kell ezt megtennie. Ebben a fejezetben bemutatom, hogy hogyan lehet meghatározni az úthasználók közötti kapcsolatot, és hogy hogyan lehet ebből, a forgalmi adatokkal kombinálva meghatározni, hogy mekkora az esélye a konfliktushelyzetek kialakulásának egy erdészeti úton.

## 5.1. Konfliktus elemzés természeti területen

Az erdészeti utak vegyes használata nem csak Magyarországon, hanem a világon máshol is jellemző. Az USA-ban külön törvény biztosítja minden állampolgár számára az erdő használatát, ami miatt ott már régóta kutatják a kirándulók környezetre, erdőgazdálkodásra és egymásra gyakorolt hatását, illetve a különböző csoportok elvárásait, igényeit (Shilling, Boggs és Reed, 2012).

Az emberek különböző céllal és különböző módokon használják az erdei utakat, és a különböző célok miatt személyes, illetve értékrendbeli konfliktust élhetnek meg az úthasználattal kapcsolatosan (Kleiber, 2001; Jackson, Haider és Elliot, 2003; Shilling, Boggs és Reed, 2012). A konfliktus forrása lehet másik látogató, zsúfoltság, erdőgazdálkodási tevékenység, vagy akár a természetvédelemmel is konfliktusba kerülhetnek (Cieszewska et al., 2010; Schneider és Lorencová, 2015). A vizsgálataimban a személyes, más úthasználók jelenléte miatt kialakuló konfliktusokra koncentráltam.

Az ilyen típusú konfliktusok feltárására háromféle módszer terjedt el, amelyek együttes és külön-külön történő alkalmazására is találtam példát. A konfliktus elemzéskor azt vizsgálják, hogy mennyire zavarja a látogatót egy másik látogató jelenléte, és hogy a zavarás mértékét milyen tényezők befolyásolják. Ezekre a kérdésekre legkönnyebben kérdőíves felméréssel lehet választ kapni. A kérdőívekben direkt és indirekt módon kérdeznek rá az úthasználóknál a zavarás mértékére, amit több fokozatú skálán értékelnek, illetve külön értékelik a legzavaróbb látogató kategóriát is (Kleiber, 2001; Shilling, Boggs és Reed, 2012). A kérdőívet leggyakrabban a vizsgálati területen kérdező személyek bevonásával, vagy a vizsgálati helyre vonatkozóan online

10.13147/SOE.2018.017



önkitöltő kérdőív formájában töltetik ki (Kleiber, 2001; Cessford, Cockburn és Douglas, 2002; Jackson, Haider és Elliot, 2003; Shilling, Boggs és Reed, 2012). Amikor egy terület úthasználói jól lehatárolható és egységesen jellemezhető csoportokra bonthatók, a csoportok igényét és véleményét szakértőkön, illetve a csoport képviselőjén keresztül egyszerűen meg lehet ismerni. A szakértők, vagy képviselők általában több időt tudnak fordítani a kérdések megválaszolására, így mélyebben tudják jellemezni a csoportot, ám nem biztos, hogy a saját véleményük ténylegesen jól tükrözi a csoport tagjainak átlagos véleményét (Janowsky és Becker, 2003). A harmadik lehetőség az úthasználók megismerésére a közvetett módszer, amikor a forgalmi csúcsokból és a használt útvonalakból következtetnek a látogatók tulajdonságaira és igényeire. A közvetett módszerrel a konfliktus potenciált lehet felmérni. A forgalomszámlálási adatokból meg lehet állapítani, hogy hány látogató volt egy megadott időtartamon belül a mérőhelyen (Arnberger és Eder, 2006), illetve a mért adatokból el lehet készíteni a látogató statisztikát, és a látogatószám, valamint a látogatócsúcsok viszonyából lehet következtetni a konfliktus potenciálra (Arnberger, 2006).

A különböző módszerekkel több esettanulmányon keresztül bizonyítást nyert az a nézet, miszerint ahol korlátozott területre sok, és sokféle céllal érkező, illetve eltérő közlekedési módot választó látogató jut, ott a potenciálisan konfliktushoz vezető találkozások száma is magas lesz (Jackson, Haider és Elliot, 2003; Shilling, Boggs és Reed, 2012). Erre jellemzően népszerű turisztikai célpontok, illetve nagyvárosok közelében lehet számítani (Arnberger és Eder, 2006). A személyes konfliktusok tényleges kialakulása összefüggésben van a látogatószámmal, de ezt az összefüggést sok tényező, többek között a helyszín, a látogatók tényleges tevékenysége, illetve tűrőképessége befolyásolja (Moore, 1994; Manning és Valliere, 2001; Cessford, 2002). A különböző vizsgálatok eredményeiből két jellemző csoportközi konfliktus típus rajzolódik ki. Az egyik megállapítás szerint a nem motorizált közlekedők és a gépjárművek között magas a konfliktus kialakulásának a veszélye. Általában a gépjárművek zavarják a gyalog, lóval, vagy kerékpárral érkezőket a pihenésben és a nyugalom átélésében. Ez a kapcsolat a legtöbbször aszimmetrikus, tehát a gépjárművel közlekedőket nem zavarják a nem gépjárművel közlekedők (Jackson, Haider és Elliot, 2003; Shilling, Boggs és Reed, 2012). A másik jellemző konfliktus a gyalogosok és a gyorsan haladó járművek között alakul ki (Kleiber, 2001; Janowsky és Becker, 2003; Arnberger és Eder, 2006; Gerely, 2012). Ez a típusú konfliktus inkább a turistaösvényekre jellemző, de a 3 méteres burkolatszélességnél keskenyebb erdészeti utakon is megfigyelhető (Janowsky és Becker, 2003). Érdemes megjegyezni, hogy itt nem a közlekedési móddal, hanem azon belül a nagy sebességgel van a probléma, tehát a tényleges tevékenység nagyban befolyásolja a konfliktus kialakulását (Moore, 1994; Cessford, 2002).

A konfliktushelyzetek kialakulásának lehetőségét az úthálózat kezelők igyekeznek csökkenteni, de az erdőbe látogatók is alkalmaznak konfliktus csökkentő stratégiákat. A személyes konfliktusok kialakulásának elkerülésére két viselkedésforma jellemző (Manning és Valliere, 2001). Az első stratégia az elkerülés. Ha egy út használata közben valaki sok kellemetlenséget tapasztal, akkor vagy más utat keres, vagy más, a tapasztalatai alapján kedvezőbb időpontban használja az utat. Ezáltal az adott utak használók elégedettsége összességében megnő. A második stratégiát alkalmazók a tapasztalataik alapján átértékelik az adott úttal szemben megfogalmazott elvárásaikat. Így a következő látogatásukkor már reális elvárásaik lesznek, és emiatt nem fognak csalódást átélni, vagyis elégedettebbek lesznek az úthasználati élményükkel.

Az úthálózat kezelője aktívan és passzívan is tehet azért, hogy az utakon minél kevesebb személyes konfliktus alakulhasson ki (Moore, 1994). A passzív módszerek általában jobb fogadtatásra találnak, hiszen sokszor nem is veszik észre az úthasználók, így nem a szabad mozgásuk akadályozásaként élik meg az intézkedést (Jackson, Haider és Elliot, 2003). Ilyen módszer lehet például az út felületének szándékos rossz állapotban tartása, ami miatt a kerékpárosok kerülni fogják az adott utat (Janowsky és Becker, 2003). A másik passzív módszer azt használja ki, hogy az emberek elfogadóbbak az őket zavaró csoportokkal szemben, ha olyan forgalmat tapasztalnak egy úton, ami a várakozásaiknak megfelelő. Ennek érdekében a várható forgalom-

10.13147/SOE.2018.017



ról és a várható konfliktusokról történő tájékoztatással növelni lehet az általános elégedettséget (Moore, 1994; Manning és Valliere, 2001; Jackson, Haider és Elliot, 2003). Az aktív módszerek közé tartoznak a különböző mértékű korlátozások, az elkülönített útvonalak kijelölése, illetve a szabályok betartatása (Moore, 1994). A korlátozás lehet térbeli (pl.: sorompó), időbeli, valamint jelentheti egyes csoportok kitiltását néhány, vagy akár az összes útszakaszról. A térbeli korlátozás gépkocsik ellen lehet hatásos, de nem minden esetben működik tökéletesen (Takahashi, 2004; Gerely, 2012). A teljes kitiltás szembe megy azzal az elvvel, hogy az erdő javait mindenki élvezheti. Ezért jelenleg a legjobb aktív konfliktus kezelési gyakorlatnak az egymást zavaró csoportok elkülönítése tekinthető abban az esetben, ha a kijelölt utak megfelelnek az oda irányított látogatók elvárásainak (Janowsky és Becker, 2003; Shilling, Boggs és Reed, 2012). Az aktív módszerek alkalmazásakor figyelni kell arra, hogy a konfliktusban érintett felek gyakran más eljárást tartanának megfelelőnek, illetve hogy a nem megalapozott beavatkozás lehet, hogy az egyik fél problémáját megoldja, de a másikét nem, vagy újabbakat okoz számára (Jackson, Haider és Elliot, 2003; Shilling, Boggs és Reed, 2012). Az aktív és passzív konfliktus kezelési eljárások alkalmazhatók együttesen, illetve időszakonként váltogatva is (Potocnik, 2006)

Magyarországon Cieszewska et al. (2010) szerint a látogató csoportok közti személyes konfliktusok kialakulása nem számottevő. Ami mégis kialakul, az a gyalogosok és kerékpárosok, valamint a gyalogosok és motorosok között jelentkezik. Ezt alátámasztja, hogy a 2017-ben erdészeti úton regisztrált hét baleset közül (police.hu/hu/balesetiterkep) az egyetlen több szereplős eseménynél egy kerékpáros sodort el egy gyalogost (police.hu/hu/ hirek-es-informaciok/ legfrissebb-hireink/ helyi-hirek/ balesetek-pest-megyeben-14). A baleset ráadásul az Apátkúti úti forgalomszámláló eszköz közelében történt.

## 5.2. A konfliktus potenciál meghatározása

A forgalomszámlálási adatokból nem lehet közvetlenül megmondani, hogy hány konfliktus helyzet alakult ki az úthasználók között, de az ilyen helyzetek kialakulásának lehetőségét meg lehet belőlük becsülni. Általános feltételezés, hogy minél több, és minél többféle úthasználó van jelen egyszerre egy útszakaszon, annál nagyobb a valószínűsége, hogy konfliktus alakul ki közöttük. A magas konfliktus potenciállal jellemezhető időszakokat vagy az átlagos napon belüli látogatószám eloszlások egymásra vetítéséből, vagy pedig az úthasználók tényleges találkozásainak megszámlálásából lehet meghatározni. Az Apátkúti úti mérőhelyen 2016-ban jórészt folytonos mérési adatsor állt rendelkezésemre, aminek az időbeli felbontása is megfelelő volt, ezért a konfliktus kialakulásának potenciálját a találkozások tényleges számával tudtam jellemezni. Találkozásnak Arnberger és Eder (2006) nyomán azt tekintettem, amikor egy fotón legalább két úthasználó csoport képviselője egyszerre jelen van. A 2016-os évben 99 796 áthaladást regisztrált a számláló, amelyből 1090 fotón összesen 3182 találkozás történt, vagyis az összes áthaladó 3%-a éppen a mérési szelvényben találkozott egy másik látogatócsoport képviselőjével. Az 1000 főre vetített találkozások számát az 5.1. táblázat tartalmazza. Ezeket az értékeket mutatja be szemléletesebben az 5.1. ábra. Az ábráról jól látszik, hogy az út forgalmának legnagyobb részét adó három csoport tagjai találkoznak legtöbbször egymással, közülük is kiemelkedően magas a gyalogos-kerékpáros találkozások száma. Az ábra alapján elmondható, hogy a gyalogos-kerékpáros, gyalogos-személygépkocsi és a kerékpáros-személygépkocsi találkozások rendelkeznek a legnagyobb konfliktus potenciállal.

## 5.3. Konfliktusok értékelése kérdőív segítségével

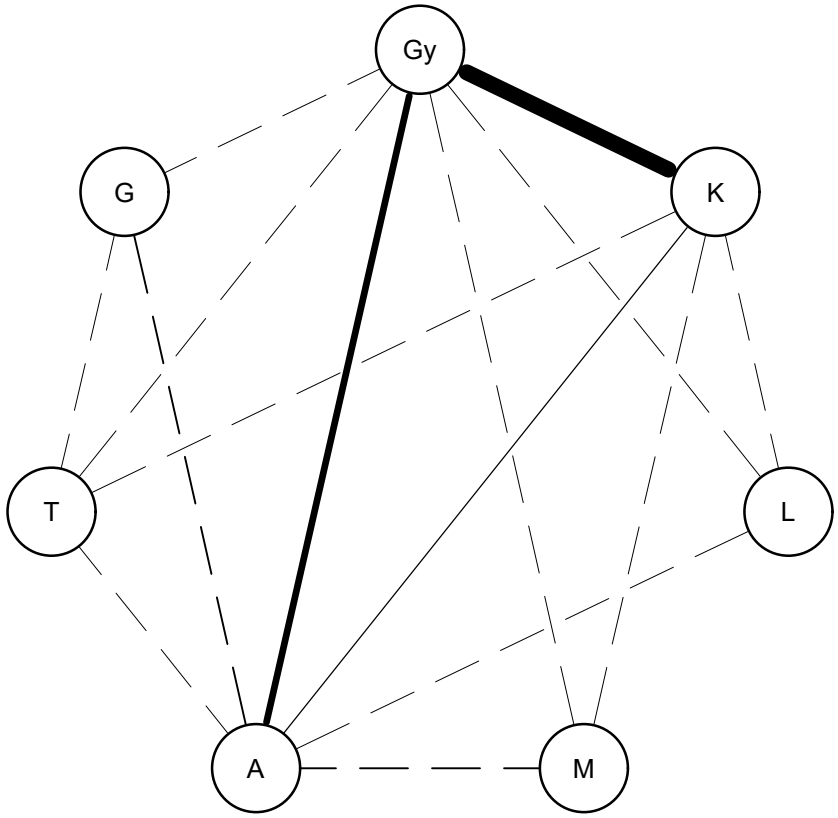
A forgalomszámlálási adatokból tehát meghatározhatóak azok az úthasználó csoportok, amelyek gyakran találkoznak egymással, és így elképzelhető, hogy konfliktus alakul ki köztük. A találkozás önmagában nem vezet konfliktushoz, de a találkozások számának növekedésével nő a konfliktushelyzet kialakulásának esélye (Jackson, Haider és Elliot, 2003; Arnberger és Eder,

10.13147/SOE.2018.017



| Csoport | Gyalogos | Kerékpáros | Lovas | Motoros | Szgk. | Tgk. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Gyalogos | – | – | – | – | – | – |
| Kerékpáros | 23,36 | – | – | – | – | – |
| Lovas | 0,18 | 0,06 | – | – | – | – |
| Motoros | 0,17 | 0,04 | – | – | – | – |
| Szgk. | 8,52 | 1,44 | 0,01 | 0,03 | – | – |
| Tgk. | 0,17 | 0,04 | – | – | 0,15 | – |
| Munkagép | 0,08 | – | – | – | 0,03 | 0,01 |

5.1. táblázat. 1000 áthaladásra vetített találkozások száma az Apátkúti úti mérőhelyen




5.1. ábra. Az úthasználó csoportok közti találkozások gyakorisága. Gy: gyalogos, K: kerékpáros, L: lovas, M: motoros/quados, A: személygépkocsi, T: tehergépkocsi, G: munkagép

10.13147/SOE.2018.017



2006). Annak eldöntésére, hogy a találkozások közül melyek jelentenek tényleges konfliktust, meg kellett ismernem az erdészeti utakat használók véleményét a többi csoportról, illetve az elvárásait az erdészeti utakkal szemben. A szabadtéri kikapcsolódás kutatásán belül nagy részt foglal el a szabadba kimozduló emberek igényeinek megismerése, amit általában kérdőíves adatgyűjtéssel mérnek fel. A kérdőíves felmérést gyakran a terepi megfigyelések kiegészítéseként vetik be. Ezért a bevett gyakorlatnak megfelelően kérdőíves felmérést alkalmaztam.

### A kérdőív megszerkesztése

A helyszíni kérdőívezés sok időt és költséget jelentett volna, ezért úgy döntöttem, hogy elektronikus online önkitöltő kérdőívet állítok össze. Területileg nem korlátoztam a kitöltést, mert az erdőjárók általános véleményére voltam kíváncsi. A kérdőív kidolgozását Scipione (1994) útmutatásai szerint végeztem el. A kérdőív 22 kérdésből állt, az alábbi csoportosítás szerint:

- 6 erdőlátogatási szokásokkal kapcsolatos kérdés: Milyen céllal és milyen gyakran jár erdőben, a látogatás hossza, a megtett út hossza, mi alapján tájékozódik, közjóléti létesítmények, épített és természeti értékek vonzereje
- 8 úthasználattal kapcsolatos kérdés: Közlekedési mód, használt utak szélessége, burkolat típusa, igényelt burkolat szélessége, típusa, állapota, az erdészeti utak feladatainak értékelése, látványosságok megközelíthetősége
- 3 konfliktusra vonatkozó kérdés: Más látogató csoportokkal találkozás értékelése, leginkább zavaró csoport megjelölése, megoldási javaslat
- 5 általános kérdés: Nem, korosztály, lakóhely, munkavégzés jellege, megjegyzések

A kérdések megfogalmazását a kollégáimmal megbeszéltem, a véleményük alapján átfogalmaztam azokat. A kérdőívet a Google Forms szolgáltatással készítettem el, és tesztelésként az ismerősi körömben mintegy 30 emberrel kitöltettem. A véleményük alapján újabb módosításokat végeztem a kérdések sorrendjében, típusában és szövegezésében, aminek eredményeképp elkészült a végleges kérdőív, amely a 3. mellékletben található. A legtöbb kérdést zárt formában tettem föl, az előzetes kitöltésekből előre meghatározva a választási lehetőségeket. Bizonyos esetekben egy „Egyéb" kategóriával adtam lehetőséget a pontosabb véleménynyilvánításra. A „Megjegyzések" kérdésen kívül minden kérdésre kötelező volt válaszolni, így próbáltam csökkenteni a hibás kitöltések számát.

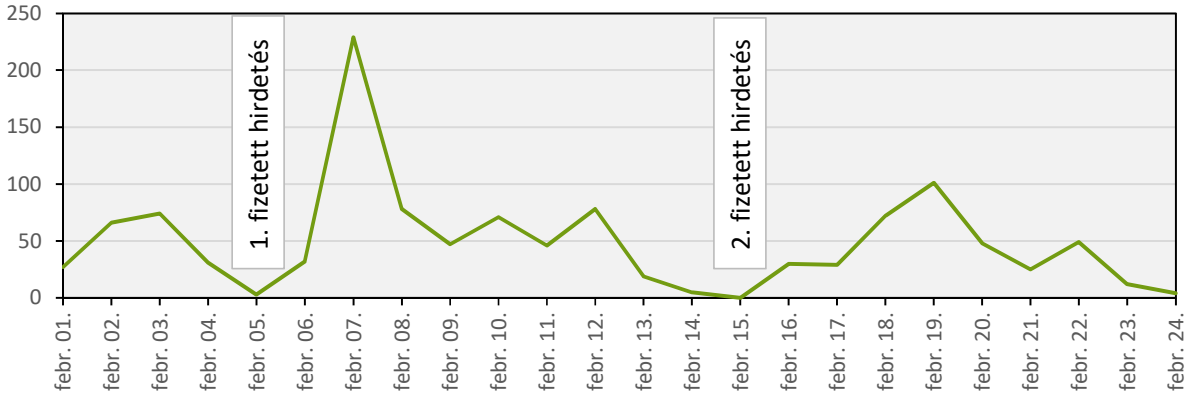
A kérdőívben három kérdés szólt közvetlenül a látogató csoportok közötti konfliktus megítéléséről, illetve az úthasználati kérdések közül egyet használtam fel az értékeléshez az általános adatokon kívül. A látogató csoportokat a közlekedési módjuk szerint különítettem el gyalogosokra, kerékpárosokra, lovasokra, motorosokra, személygépkocsikra, tehergépkocsikra és munkagépekre. Az első kérdésből megtudtam, hogy a kérdőívet kitöltő melyik csoportba tartozik, vagyis milyen közlekedési módot választ leggyakrabban, ha erdei úton jár. A második kérdésben egy szöveges skálán kellett elhelyezni, hogy a többi csoporttal való találkozás mennyire zavarja a kitöltőt. A lehetséges válaszok a következők voltak: „Örülök a találkozásnak", „Semleges", „Kissé zavar", „Nagyon zavar", „Nem találkozom az adott csoporttal". A harmadik kérdésben arra kértem a kitöltőt, hogy nevezze meg azt a csoportot, amelyik a leginkább zavarja. A negyedik kérdésben pedig a leginkább zavaró csoporttal való találkozás zavaró hatásának csökkentésére irányuló megoldási javaslatokat vártam. Az előre megadott lehetőségek („Csoport kitiltása az erdőből", „Térbeli korlátozás", „Időbeli korlátozás", „Külön útvonal kijelölése") a kitöltők megfogalmazhattak egyéb megoldásokat is.

### A kérdőív kitöltése

A kérdőív kitöltésére 2017. 02. 03. és 2017. 02. 24. között adtam lehetőséget, ez alatt az idő alatt különböző online felületeken helyeztem el felhívást a kitöltésre. Fontosnak tartottam, hogy

10.13147/SOE.2018.017






5.2. ábra. A napi kérdőív kitöltések száma a 2017. 02. 01. - 2017. 02. 24. időszakban

az erdészeti utakon az erdőgazdálkodással kapcsolatosan közlekedők véleménye is megjelenjen, ezért az egyik legnagyobb hazai erdészeti szakmai portálon, az Erdő-Mező online híroldalon, valamint az erdőgazdaságok és egyéb erdészeti szervezetek Facebook oldalán helyeztem el felhívásokat. Egy héten át csak ezeken a felületeken keresztül volt elérhető a kérdőív, ez alatt az idő alatt 200 kitöltés érkezett. A napi kitöltésszám csökkenést látva célzott, fizetett Facebook hirdetéshez folyamodtam. A kérdőív kitöltésére irányuló felhívást a természet iránt érdeklődő, 18 évnél idősebb korosztály számára juttattam el egy héttel a kérdőív publikálása után, egy+egy hetes kampány keretében. A kérdőív kitöltésére rendelkezésre álló három hét alatt összesen 60 816 ember látta a felhívást a Facebook-on (26 442 az erdészeti oldalakon keresztül, 34 374 fizetett hirdetés útján), akik közül 2344-en kattintottak rá a felhívásra és 1790-en a kérdőív linkjére. A közösségi oldalon a kérdőív 26 hozzászólást, 197 megosztást, 89 kedvelést kapott. A Facebook hirdetési kampányok ideje alatt 967, összesen pedig 1171 kitöltés érkezett. A kitöltések időbeni eloszlását mutatja be az 5.2. ábra. Az ábráról látható, hogy a hirdetések elhelyezésétől számított 2-4 napon belül tetőzött a napi kitöltések száma. A módszerből látható, hogy a felmérés nem tekinthető országos szinten reprezentatívnak, de a célcsoportos megkérdezés miatt úgy vélem, hogy az erdészeti utakra vonatkozóan értékelhető eredménnyel szolgált. A továbbiakban a konfliktusokra vonatkozó kérdésekre kapott válaszokat, és az ezekből levezethető megállapításokat mutatom be.

### Feldolgozás

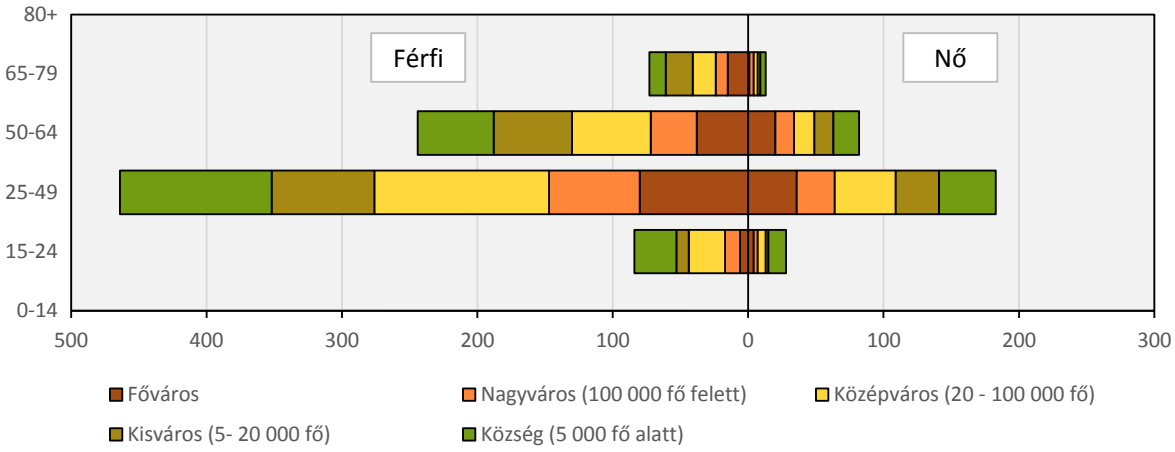
Az eredmények feldolgozását Microsoft Excel 2016 programmal végeztem. A kérdésekre adott válaszokat a Google Forms felületéről Excel táblázatba mentettem. A konfliktus elemzéshez a „Kérdőív megszerkesztése” című részben bemutatott három konfliktusra és egy úthasználatra vonatkozó kérdés mellett 4 általános kérdés eredményeit használtam fel. A kérdésekhez tartozó válaszokat számokkal kódoltam a könnyebb feldolgozás érdekében. A zavarás mértékére vonatkozó kérdésben a válaszok kódolása egyben a kapcsolat előjelét és erősségét is jellemezte. A „Nagyon zavar” válasz -1, a „Kissé zavar” -0,5, a „Semleges” és a „Nem találkozom a csoporttal” 0, míg az „Örülök a találkozásnak” válasz +1 súlyszámot kapott. Így két látogató csoport közti kapcsolatot egy -1 – 1 közötti skálán tudtam értékelni. A többi kérdésnél a válaszok kódolása csupán célszerűségből történt, ezek a válaszok viszonyát nem minősítették.

### Eredmények

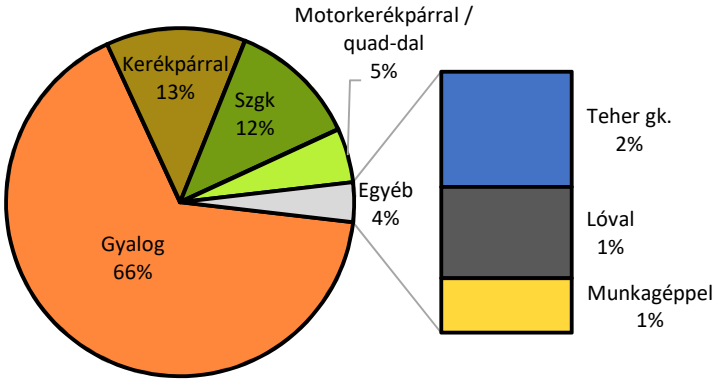
A kérdőívet 1171-en töltötték ki, 3/4-ük férfi, 1/4-ük nő volt. A kitöltők negyede 5000 főnél kevesebb lakosú településről, illetve 20-100 000 fő közötti középvárosból származott, 18% kisvárosban (5-20 000 fő), 14% nagyvárosban (100 000+), míg 17% Budapesten élt. A korosztály

10.13147/SOE.2018.017






5.3. ábra. A kérdőívet kitöltők megoszlása nemek és lakóhely szerint




5.4. ábra. A kérdőívet kitöltők jellemző közlekedési mód szerinti megoszlása

szerinti megoszlás is hasonló volt a férfiak és nők között. A kitöltők 10%-a 14-24, 55%-a 25-49, 28%-a 50-64, míg 7%-a 65-79 éves kor között volt. A válaszadók közel fele ülőmunkát végez, nagyjából 28% fizikai munkát, 13% volt a nyugdíjasok, 9% a tanulók és 2% a munkanélküliek aránya. A kitöltőkre vonatkozó legfontosabb általános adatokat összefoglalva az 5.3. ábra mutatja.

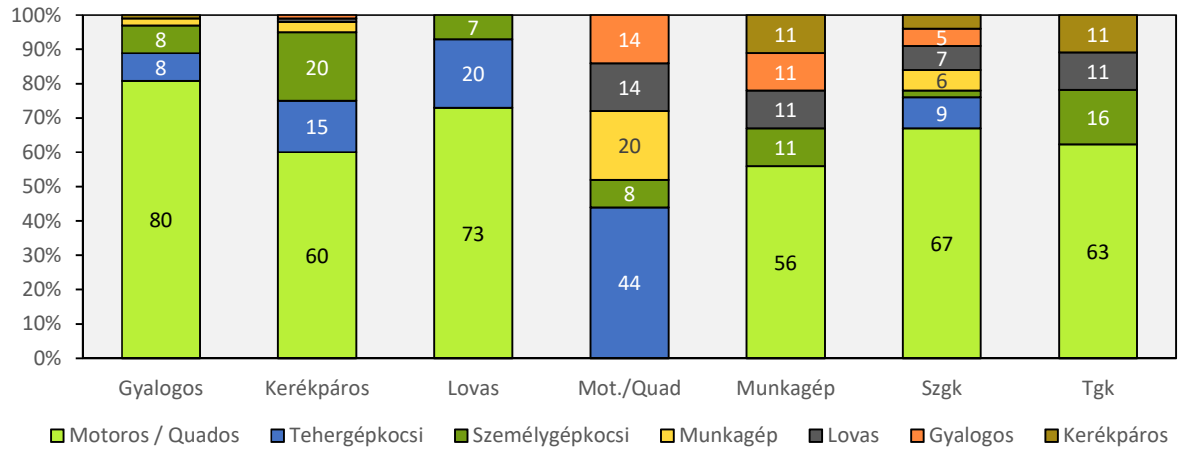
A legtöbben általában gyalog közlekednek az erdészeti utakon (66%), őket követik a kerékpárosok és a személygépkocsik 13, illetve 12%-kal. A kérdőívet kitöltők között 5% volt a motorosok és quad-osok aránya, a fennmaradó három csoport összesen 4%-ot képviselt. A kitöltők fő közlekedési módjának megoszlását mutatja az 5.4. ábra. Az ábrát összevetve a 64. oldalon található 3.2. ábrával elmondható, hogy a kérdőívet kitöltők közlekedési mód szerinti aránya nem egyezik meg az Apátkúti úton áthaladók megoszlásával, de itt is a gyalogosok vannak jelentős többségben, akik mellett a kerékpárosok és a személygépkocsival közlekedők képviseltetik magukat 10% fölötti részaránnyal.

A válaszadók megjelölték, hogy melyik úthasználó csoporttal való találkozás zavarja őket a leginkább. A kapott válaszokat az 5.5. ábra foglalja össze. Az ábráról jól látható, hogy a legtöbb erdészeti úton közlekedőt – átlagosan 71%-ukat – a motorosokkal való találkozás zavarja leginkább. Az is megállapítható, hogy a nem motorizált közlekedőknek döntően a motorizált forgalommal van bajuk. A motorizált közlekedők a többi gépjárművel nem szeretnek találkozni, ez alól kivételt képez a kitöltők saját csoportja. A gépjárművel közlekedők körében már 20% körüli azoknak az aránya, akiket a nem motorizált közlekedők zavarnak.

A konfliktusokról kialakuló képet tovább árnyalta az a kérdés, amelyben a találkozások zavaró

10.13147/SOE.2018.017






5.5. ábra. Az erdészeti úton közlekedőket leginkább zavaró úthasználó csoportok

| Kinek | Kivel | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Típus | Gyalogos | Kerékpáros | Lovas | Mot. / Quad | Szgk. | Tgk. | Munkagép |
| Gyalogos | 0,54 | 0,11 | 0,25 | -0,79 | -0,63 | -0,63 | -0,29 |
| Kerékpáros | 0,43 | 0,73 | 0,25 | -0,67 | -0,60 | -0,63 | -0,31 |
| Lovas | 0,23 | -0,10 | 0,47 | -0,70 | -0,40 | -0,50 | -0,40 |
| Mot. / Quad | 0,19 | 0,26 | 0,16 | 0,75 | -0,03 | -0,28 | -0,20 |
| Szgk. | 0,24 | 0,06 | -0,02 | -0,49 | -0,10 | -0,29 | -0,11 |
| Tgk. | 0,08 | 0,00 | 0,11 | -0,53 | -0,58 | 0,11 | 0,24 |
| Munkagép | 0,00 | -0,17 | 0,39 | -0,39 | -0,50 | -0,44 | 0,33 |

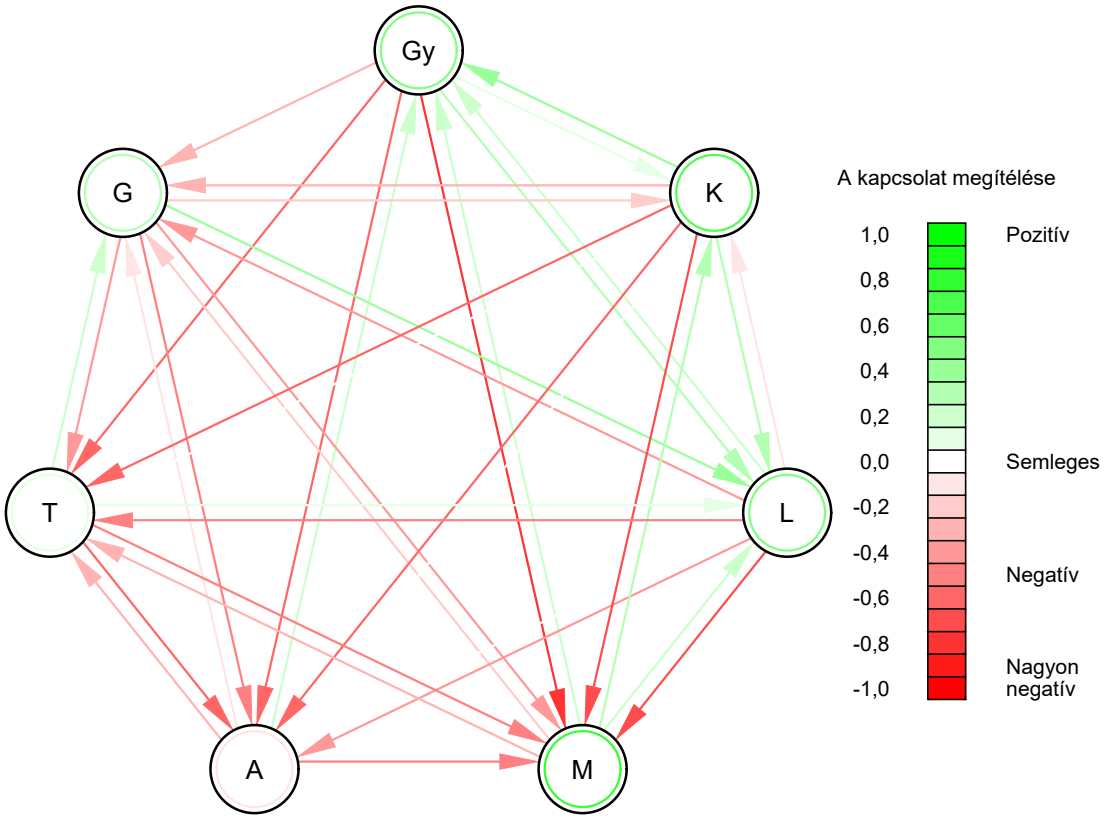
5.2. táblázat. Az úthasználó csoportok közti kapcsolat jellemző értékei a -1 és +1 közötti skálán. -1: Nagyon zavaró a találkozás, +1: örül a találkozásnak

hatását egy skála szerint kellett értékelnie a válaszadóknak. A szöveges skálát átalakítottam -1 és +1 közötti skálára, ahol a negatív értékek zavarást, a pozitív értékek kedvelést jelentenek. Az átalakított skálán értelmezett válaszokat látogató csoportonként átlagoltam, és az átlagértékkel jellemeztem a két csoport irányított kapcsolatát. Az eredményeket az 5.2. táblázat és az 5.6. ábra mutatja be. A legerősebb zavarást a gyalogosok jelezték a motorosok irányából, és itt is megfigyelhető a gépjárművekkel való találkozás negatív megítélése. Érdemes megfigyelni, hogy a kapcsolat megítélése függ annak irányától, és több esetben is aszimmetriát tapasztalhatunk, ami összhangban van a mások által publikált eredményekkel. Az aszimmetria a gyalogos-motoros, a kerékpáros-motoros, valamint a lovas-munkagép kapcsolaton figyelhető meg legjobban. Ezeknél a kapcsolatoknál jellemzően a gépjárművel közlekedők örülnek, ha a másik csoporttal találkoznak, míg azokat zavarja a gépjárművek jelenléte. Megállapítható továbbá, hogy a csoporton belüli úthasználóval találkozást a legtöbb kitöltő pozitív élményként írja le.

Egy kérdést szenteltem arra, hogy megtudjam, hogy az erdészeti úton közlekedők milyen megoldást látnának jónak az őket leginkább zavaró csoporttal fennálló konfliktus érzet csökkentésére. Az előre megfogalmazott válaszok mellett a kitöltők javasolhattak további megoldásokat. Ezeket a válaszokat, ha lehetett, besoroltam a korábbi megoldásokhoz. Előfordult néhány olyan válasz, amelyeket új megoldásként kezeltem, így két megoldási javaslattal – „Semmit nem kell tenni” és „Szabályok betartatása” bővült a konfliktus csökkentési eszköztár. Összességében a kérdőív kitöltőinek közel fele kitiltaná az erdőből az őket leginkább zavarókat. Ezt követte a térbeli elkülönítés és a vele rokon külön út kijelölésére vonatkozó megoldás 20-20%-kal. Időbeli korlátozást a kitöltők 10%-a alkalmazna, míg a szabályok betartatására 2% fektetne nagyobb

10.13147/SOE.2018.017






5.6. ábra. Az úthasználó csoportok közti kapcsolatok gráfja. Gy: gyalogos, K: kerékpáros, L: lovas, M: motoros/quados, A: személygépkocsi, T: tehergépkocsi, G: munkagép

hangsúlyt. Szintén 2% válaszolta azt, hogy nem kell, vagy nem lehet semmit tenni. A megoldási javaslatok eltértek aszerint, hogy milyen látogatócsoporttal szemben javasolták. Az 5.3. táblázatban látható, hogy egy adott csoporttal szemben javasolt megoldások milyen arányban oszlanak meg. A legszigorúbban a motorosok és quad-osok jelenlétét korlátoznák a kérdőív kitöltői, 60%-uk kitiltaná ezt a csoportot az erdőből. Hasonló a helyzet azokkal is, akiket a lovasok zavarnak a legjobban, de itt a közel 40% kitiltásra voksoló összesen 10 embert jelent. A kerékpárosokkal és a gyalogosokkal szintén kevés kitöltőnek volt komoly baja, ők leginkább külön útvonalat jelölnének ki e csoportok számára. A térbeli korlátozást legnagyobb arányban a személygépkocsikkal szemben vezetnék be a válaszadók. A tehergépkocsik és erdészeti munkagépek közlekedését pedig időben korlátoznák a legtöbben.

| Megoldási javaslat | Leginkább zavaró csoport [csoporton belüli %] | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Gyalogos | Kerékpáros | Lovas | Mot./Quad | Szgk. | Tgk. | Munkagép |
| Kitiltás | 5 | 24 | 38 | 60 | 22 | 10 | 18 |
| Térbeli korlát | 14 | 24 | 12 | 16 | 42 | 12 | 10 |
| Külön útvonal | 52 | 35 | 31 | 17 | 18 | 28 | 28 |
| Időbeli korlát | 19 | 6 | 12 | 6 | 13 | 40 | 33 |
| Szabály betartatás | 10 | 12 | 4 | 1 | 3 | 1 | 0 |
| Semmi | 0 | 0 | 4 | 1 | 2 | 9 | 10 |

5.3. táblázat. A javasolt konfliktus csökkentő eljárások százalékos aránya a többieket leginkább zavaró csoportok szerint

10.13147/SOE.2018.017



## 5.4. Következtetések

Az Apátkúti úton a legtöbb találkozás gyalogosok és kerékpárosok között történt, ezt követték a gyalogos-személygépkocsi, majd a kerékpáros-személygépkocsi találkozások. A kérdőív elemzéséből kiderült, hogy a gépjárművel való találkozás majdnem minden csoport tagjait zavarja. Azt is megállapítottam, hogy a nem motorizált közlekedőkhöz a gépjármű vezetők általában semlegesen, vagy pozitívan állnak hozzá, így aszimmetrikus kapcsolatok alakulnak ki, általában a nem motorizált csoportok kárára. Az Apátkúti út vizsgált szakaszára legjellemzőbb gyalogos-kerékpáros találkozásnak az 5.6. ábra szerint mindkét fél kismértékben örül, tehát ezen az úton ez a találkozás várhatóan nem generál konfliktust. A gyalogos-személygépkocsi és kerékpáros-személygépkocsi találkozást aszimmetrikusan élik meg a felek. A gyalogosokat és a kerékpárosokat a közepes szintnél jobban zavarja a személygépkocsikkal való találkozás, amit konfliktusként élhetnek meg. A személygépkocsival közlekedők a gyalogosokkal való találkozást enyhén pozitívnak, míg a kerékpárosokkal való találkozást semlegesnek minősítették. Az Apátkúti úton 1000 áthaladásból 8-szor találkozik személygépkocsi gyalogossal, és 1-szer kerékpárossal. Az út 6 méteres burkolatszélessége miatt úgy vélem, hogy a gyalogosok és a kerékpárosok kényelmesen elférnek a gépkocsik mellett, ami csökkentheti a zavaró hatást. Az eddigiek ismeretében úgy gondolom, hogy a gyalogos-személygépkocsi, illetve a kerékpáros-személygépkocsi találkozás vezethet ugyan konfliktushoz az Apátkúti úton, de a találkozások kis száma miatt a helyzet külön intézkedést nem kíván. Ezek az eredmények összecsengenek Cieszewska et al. (2010) azon megállapításával, miszerint Magyarországon az erdőbe látogató különböző csoportok között általában nem jelentős a konfliktus. A konfliktusok feloldására vonatkozó javaslatokból az derül ki, hogy a gyorsan, hangosan, akár turistaösvényen is megjelenő motorkerékpárokat a legtöbben kitiltanák az erdőből, és csak kevesen elégednének meg a kompromisszumos megoldásokkal. A tehergépkocsikat és munkagépeket a válaszadók nagy valószínűséggel az erdőgazdálkodáshoz kapcsolták, és mint ilyet, szükséges forgalomnak ítélték, mert a zavarás feloldására az időbeli elkülönítésüket javasolták, ami a napi, illetve éves látogatási csúcsok ismeretében jelenleg is fennáll, illetve könnyen megvalósítható. A személygépkocsik közlekedését, még ha kapcsolják is az erdőgazdálkodáshoz, akkor sem tartják létfontosságúnak az erdészeti úthálózat minden szakaszán.

## 5.5. Összefoglalás

Az igények és kapcsolatok megismerésére kérdőíves felmérést végeztem, amelynek az úthasználók más csoportokhoz való hozzáállására vonatkozó eredményeit mutattam be ebben a részben. A kérdőívet online, önkitöltő formában készítettem el, és előzetes tesztelés után a Facebook-on terjesztettem. A fizetett hirdetéseknek is köszönhetően 1171 értékelhető kitöltés érkezett három hét alatt. A különböző csoportok közötti kapcsolatokat -1 és +1 közötti, a zavarástól a kedvelésig tartó skálán értékeltem. Általánosan elmondható, hogy a csoportok tagjai a saját csoportbeliekkel való találkozást pozitívan értékelik, mint ahogy szinte az összes csoport pozitívan értékeli, ha nem motorizált közlekedővel találkozik. Ezzel szemben a gépjárművekkel történő találkozást szinte minden csoport tagjai negatívan értékelték. A legtöbb kitöltő azt jelezte, hogy a motorosokkal / quad-osokkal történő találkozás zavarja a legjobban. Az irodalom és a kérdőívre adott válaszok alapján bemutattam a passzív és aktív konfliktuskezelésre alkalmas eljárásokat. Az Apátkúti úton a konfliktus potenciált a mérőhelyen regisztrált csoport-közi találkozások számával jellemeztem. A találkozások száma arányos volt a csoportonkénti látogatószámmal, így a gyalogos-kerékpáros-személygépkocsi találkozások voltak a leggyakoribbak. Ezek közül a gyalogos-személygépkocsi, illetve a kerékpáros-személygépkocsi találkozások zavarhatják közepes szintnél jobban a gyalogosokat és a kerékpárosokat, de a találkozások kis száma miatt nem nevezhető problémásnak a helyzet. A bemutatott módszerrel értékelni lehet az erdészeti úthálózat elemeit a rajtuk kialakuló konfliktusok szempontjából, és ahol szükséges, a megfelelő megoldás

10.13147/SOE.2018.017



megkeresésével javítani lehet a közlekedés biztonságát és a közlekedők elégedettségét.

## 5.6. Korlátok, fejlesztési lehetőségek

A bemutatott vizsgálatok a konfliktuselemzés kezdeti lépéseit jelentik, így az eredmények is előzetes eredménynek tekinthetők.

A vizsgálat alapját adó kérdőíves felmérés nem volt reprezentatív, de a tendenciák érzékeltetésére mindenképpen alkalmasnak tartom. A kérdőíves felméréssel megszerezhető információkat két irányban lenne célszerű bővíteni. A reprezentatív mintavétel biztosításával országos szintű következtetéseket lehetne levonni az erdészeti utakat használók úthálózattal, és a többi úthasználóval szemben támasztott elvárásairól. A helyszíni, vagy helyspecifikus kérdőívezés pedig a mintaterületre jellemző konfliktus potenciál pontos meghatározását tenné lehetővé.

Az útszakaszra vonatkozó találkozások számát a bemutatott eljárás a mérési szelvényben, és annak közvetlen környezetében megfigyelt találkozásokkal jellemzi, ami alulbecslést eredményez, hiszen az útszakasz egyéb részein előforduló találkozásokat nem veszi figyelembe. A találkozások számát ágens alapú szimulációval lehetne pontosabban becsülni.

A bemutatott eljárás a konfliktusok kialakulásának lehetőségét csak érzékelteti, a konfliktusveszélyt szubjektív módon lehet értékelni. A találkozások száma és a találkozások megítélése alapján ki kellene dolgozni egy olyan mutatószámot, amely szemléletesen mutatja a konfliktusveszélyt, illetve az útszakaszokat ebből a szempontból egységes rendszerben jellemzi. Ezzel az úthálózat kezelőjének rendelkezésére állna egy objektív módszer annak megállapítására, hogy melyik útszakaszokon kell beavatkozni az úthasználók elégedettségének növelésére. A módszer alkalmas lenne a beavatkozások hatásának lemérésére is.

A konfliktuskezelésre a kérdőíves felmérés alapján mutattam be megoldásokat. E megoldások konfliktus csökkentő képességére további vizsgálatokat célszerű végezni annak érdekében, hogy az erdészeti úthálózatok kezelői azokat megalapozottan tudják alkalmazni.

10.13147/SOE.2018.017

10.13147/SOE.2018.017

# Összefoglalás

A Pilisi Parkerdő területén található Apátkúti út példáján bemutattam egy folyamatot, amin keresztül az erdészeti utak forgalma megmérhető és modellezhető. A magyarországi erdészeti utakon folyamatos, hosszútávú forgalomszámlálást még nem végeztek, ezért először ennek a módszerét dolgoztam ki. Kifejlesztettem egy olyan forgalomszámlálót, amely az úthasználókról digitális állóképeket készít. A képeket kiértékelő személyek dolgozták fel az úthasználók legfontosabb tulajdonságainak rögzítésével. A feldolgozott képeket felhasználva egy mesterséges neurális hálózat alkalmazásával létrehoztam egy olyan eszközt, amely a fotókon látható, nagy számban előforduló látogatók felismerését nagy pontossággal, automatikusan el tudja végezni. A forgalomszámláló eszköz az automatikus kiértékeléssel kiegészítve alkalmas erdészeti utak forgalmának automatikus meghatározására, és így akár teljes úthálózatok adatgyűjtését is el lehet vele végezni.

A kiértékelő személyek által létrehozott forgalmi adatbázist egyszerű statisztikai eszközökkel feldolgozva megállapítottam az Apátkúti útra jellemző forgalom összetételt és forgalom nagyságot napi, heti, éves és többéves viszonylatban. Kimutattam, hogy a napi látogatószámot a hét napja, az éven belüli helyzete, valamint az időjárás befolyásolja leginkább. Munkanapokon átlagosan 180, míg munkaszüneti napon 600 látogató haladt át az Apátkúti úton. Napon belül 12 és 14 óra között a legélénkebb a forgalom az úton. Munkanapokon nyáron a legmagasabb a látogatószám, míg munkaszüneti napokon tavasszal. A forgalomban legnagyobb arányban gyalogosok vesznek részt, őket követik a személygépkocsik, majd a kerékpárosok, és végül elenyésző részaránnyal a tehergépkocsik. Munkanapokon a nyári hónapok kivételével a személygépkocsik teszik ki a forgalom több, mint felét, míg munkaszüneti napokon a gyalogosok jelenléte meghatározó. A személygépkocsik egész évben nagyjából azonos számban vannak jelen az úton, hiszen gépkocsival főleg az erdőgazdaság dolgozói, és a helyi lakosok közlekednek. A gyalogosok és a kerékpárosok száma munkanapokon nyáron a legmagasabb, amit a környéken szabadságukat töltők megjelenésével lehet magyarázni. Ezzel szemben munkaszüneti napon télen és nyáron alacsony, tavasszal és ősszel pedig magas a napi gyalogos létszám, ami azt jelzi, hogy nyáron a hétvégét inkább máshol töltik a gyalogosan kirándulók. A kerékpárosok munkaszüneti napokon mérhető száma májusban a legnagyobb, és júniusban itt is csökkenés figyelhető meg, de a gyalogosokkal ellentétben ez a változás csak kis mértékű, a nyári hónapok hétvégi kerékpáros száma magasabb mint az őszi és téli. A négy éven keresztül, hosszabb-rövidebb kihagyásokkal mért forgalmi adatok átfedő időszakainak vizsgálatából azt a következtetést vontam le, hogy nem lehet egyértelmű forgalom változási trendet meghatározni. Az Apátkúti úton tapasztalt forgalom alakuláshoz nagyon hasonló volt egy közeli kilátó látogatottsága, ezért a közjóléti forgalmat képviselő gyalogosok és kerékpárosok éven belüli eloszlását kiterjeszthetőnek gondolom a Budapest vonzáskörzetében elhelyezkedő erdészeti utakra. Az időbeli, látogató típusonkénti megoszlások ismeretében az erdőgazdaság a közjóléti programjait pontosabban tudja időzíteni, meg tudja határozni az érintett közjóléti létesítmények nyitvatartási idejét, valamint a látogatókat zavaró, és időben eltolható tevékenységét az alacsony látogatottságú időszakra tudja ütemezni.

Az erdészeti utak forgalmának egyik legalapvetőbb jellemzője az éves forgalom nagysága. E jellemző meghatározására az Apátkúti út példáján keresztül kidolgoztam egy napi látogatószám szimuláción alapuló módszert. A vizsgált négy év adataiból meghatároztam, hogy milyen eloszlást követ a munkanapok és munkaszüneti napok évszakonkénti látogatószáma. Az el-

10.13147/SOE.2018.017



oszlásokból az év 365 napjának megfelelően véletlenszerűen kiválasztottam napi látogatószám értékeket, amelyek összege megadta egy szimulált év összes látogatószámát. A szimuláció sokszori futtatásával generált éves látogatószámok eloszlására normál eloszlást illesztettem, amelynek ismeretében nem csak a látogatószám várható értékét tudtam megmondani, hanem a különböző látogatószámok előfordulásának valószínűségét is. Ennek birtokában az erdészeti utat kezelő fel tudja mérni, hogy az út mentén található közjóléti létesítmények, illetve az adott útszakasz alkalmas-e a látogatók kiszolgálására.

A vegyes használatú erdészeti utakon az út kezelőjének arra kell törekednie, hogy az úthasználók összesített elégedettsége a lehető legmagasabb legyen, amihez a forgalom összetétele és nagysága mellett ismernie kell az úton közlekedők egymáshoz való viszonyát is. Az úthasználók viszonyának felderítésére online kérdőíves felmérést végeztem. A felmérésből kiderült, hogy a gyalog, kerékpárral, vagy lóháton közlekedőket zavarja, ha gépjárművel találkoznak az erdei utakon. A gépjárművek közül kiemelkedik a motorkerékpár, aminek a jelenlétét a legtöbb válaszadó nehezményezte. Az általános vélekedéssel ellentétben a gyalogosok számára inkább pozitív volt a kerékpárosokkal történő találkozás. Megtudtam továbbá, hogy a gépjárművel közlekedőket a másik gépjárművel történő találkozás zavarja leginkább, ami valószínűleg az erdészeti utak kis szélességének köszönhető. A kérdőívből származó eredmények, valamint a forgalomszámlálásból származó úthasználó találkozások számának ismeretében meg lehet állapítani egy erdészeti út konfliktus potenciálját. Amennyiben magas egy erdészeti úton a konfliktusok kialakulásának esélye, úgy az út kezelője számos passzív és aktív konfliktus kezelési eljárás közül választhat annak tudatában, hogy a passzív eljárásokkal – pl. tájékoztatás az utak forgalmáról és a lehetséges konfliktusokról – szemben sokkal elfogadóbbak az emberek.

A dolgozatban bemutatott vizsgálatok és eredmények egy útszakasz forgalmának meghatározására vonatkoznak. Az erdészeti úthálózatok kezelőinek azonban a teljes úthálózat forgalmát ismerniük kell a hálózat megfelelő kezelése érdekében. Ezért véleményem szerint a téma további kutatását az erdészeti úthálózatok forgalmának elemzésével célszerű folytatni. Az útszakaszok forgalmának mérése, illetve becslése történhetne az országos közúthálózaton működő rendszerhez hasonlóan. Néhány, a bemutatott forgalomszámláló eszköz továbbfejlesztett változatával felszerelt állandó mérőhely adatai alapján meghatározhatóak lennének a forgalom lefolyás szabályszerűségei, az egyes útszakaszok forgalom nagyságát pedig statisztikai alapon nyugvó mintavételezéssel, egyszerű automatás méréssel, illetve kézi számlálás segítségével lehetne becsülni. A forgalmi adatok ismeretében az úthasználók mozgása az utak és az erdőállományok tulajdonságai, az időjárási paraméterek, a konfliktusok, vagy akár a terület közjóléti létesítményeinek függvényében modellezhetővé válna. A modellt felhasználva akár számlálás nélkül is becslést tudnánk adni az ismert paraméterekkel rendelkező úthálózatok forgalmára vonatkozóan. A modellt felhasználva kidolgozható lenne egy olyan mutatószám, amely az útszakaszokat összehasonlíthatóvá tenné a közjóléti forgalomra való megfelelőség szempontjából. E mutató használatával az egyes utak, illetve az úthálózatok tervezési, fejlesztési folyamatába számszerűsíthetően integrálni lehetne a közjóléti igények figyelembe vételét. Ezzel véleményem szerint az erdészeti utak, és ezzel együtt az utakat kezelő erdőgazdaságok társadalmi megítélése tovább javulna.

10.13147/SOE.2018.017

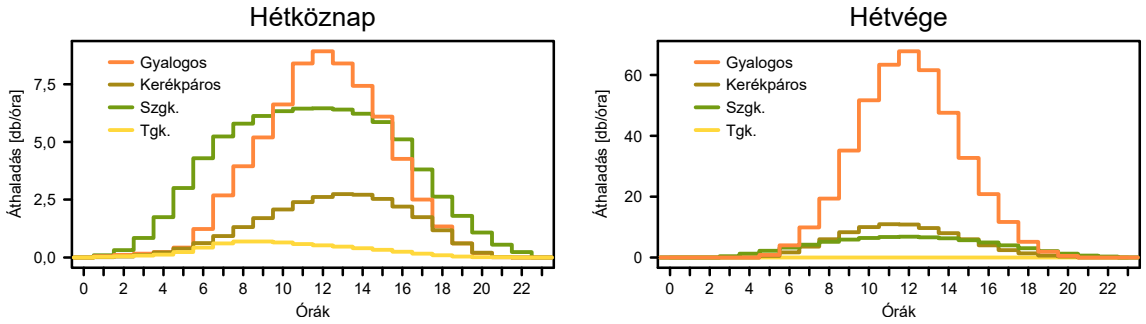
# Tézisek

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 eszközből 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.

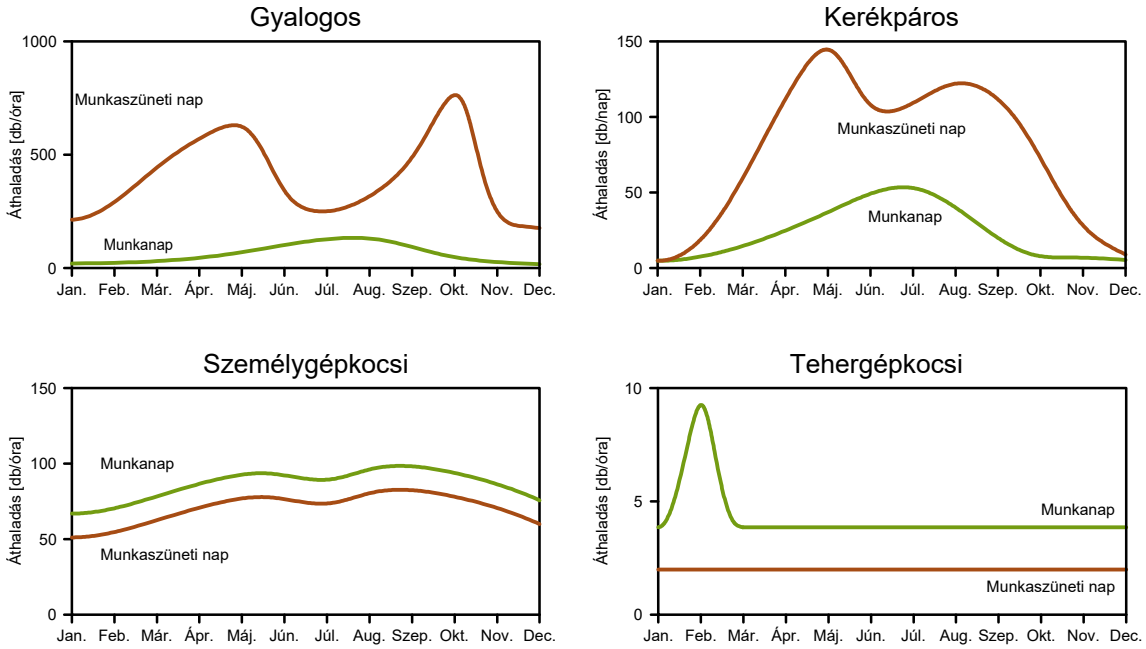
4. Az általam mért forgalmi adatok elemzésével megállapítottam, hogy az Apátkúti úton munkanapokon 11 és 16 óra között tetőzik a forgalom, míg munkaszüneti napokon 11 és 13 óra között volt a legmagasabb az áthaladások száma. Úthasználó típusonként eltérő volt a látogatószám napi alakulása, amit jelleggörbék segítségével mutatok be. A jelleggörbék felhasználhatók az erdőgazdasági és közjóléti feladatok összehangolására, illetve a forgalom szimulációjára.



10.13147/SOE.2018.017



5. Az Apátkúti út példáján bemutattam, hogy a nagyvárosok közelében 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-hisztogramok 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 semlegesen, 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


Ahlström, I. (2005). *Counting visits to natural areas - User handbook for the radio beam counter*. Tech. rep. ISBN: 91-620-8242-6, 47 p. Bromma, Svédország: Swedish Environmental Protection Agency.

Apronti, D., Ksaibati, K., Gerow, K., Hepner, J. J. (2016). "Estimating traffic volume on Wyoming low volume roads using linear and logistic regression methods". *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)* 3 (6), pp. 493–506. DOI: 10.1016/j.jtte.2016.02.004.

Arnberger, A. (2006). "Recreation use of urban forests: An inter-area comparison". *Urban Forestry & Urban Greening* 4 (3-4), pp. 135–144. DOI: 10.1016/j.ufug.2006.01.004.

Arnberger, A., Eder, R. (2006). "Assessing User Conflicts in an Urban Forest by Long-Term Video Monitoring". In: *Exploring the Nature of Management*. Vol. MMV 3 - Proceedings. Rapperswil, Switzerland: Research Centre for Leisure, Tourism, Landscape, Institute for Landscape, és Open Space, University of Applied Sciences Rapperswil, pp. 361–362.

Arnberger, A., Eder, R. (2007). "Monitoring recreational activities in urban forests using long-term video observation". *Forestry: An International Journal of Forest Research* 80 (1), pp. 1–15. DOI: 10.1093/forestry/cpl043. eprint: /oup/backfile/content_public/journal/forestry/80/1/10.1093/forestry/cpl043/2/cpl043.pdf.

Arnberger, A., Haider, W., Brandenburg, C. (2005). "Evaluating Visitor-Monitoring Techniques: A Comparison of Counting and Video Observation Data". *Environmental Management* 36 (2), pp. 317–327. ISSN: 1432-1009. DOI: 10.1007/s00267-004-8201-6.

Bauer, D., Brändle, N., Seer, S., Ray, M., Kitazawa, K. (2009). "Measurement of pedestrian movements: A comparative study on various existing systems". In: ed. by Harry Timmermans. 1st ed. Bingley, UK: Emerald Group Publishing Ltd. Chap. 15, pp. 325–344. ISBN: 978-1-848-55750-5.

Benkhard, B., Szabó, B. (2012). "Do we need mapping of tourist flows? Lessons from Börzsöny Mountain". In: *Outdoor Recreation in Change – Current Knowledge and Future Challenges*. Ed. by Peter Fredman, Marie Stenseke, Hanna Liljendahl, Anders Mossing és Daniel Laven. Vol. MMV 6 - Proceedings. Stockholm, Sweden: Institute for Landscape Architecture és Landscape Management, Bodenkultur University, pp. 374–375.

Bergman, B., Cohen, L. (2016). *Trails Count! Creating a regional program to measure trail use in the Bay area*. Tech. rep. Bay Area Trails Collaborative.

Brandenburg, C., Ploner, A. (2002). "Models to Predict Visitor Attendance Levels and the Presence of Specific User Groups". In: *Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas*. Vol. MMV 1 - Proceedings. Vienna, Austria: Institute for Landscape Architecture és Landscape Management, Bodenkultur University, pp. 166–172.

Campbell, M. J. (2006). "Monitoring Trail Use with Digital Still Cameras: Strengths, Limitations and Proposed Resolutions". In: *Proceedings of the Third International Conference on Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas*. Ed. by D. Siegrist, C. Clivaz, M. Hunziker és S. Iten. Rapperswil, Svájc: University of Applied Sciences Rapperswil, pp. 317–321.

Caputo, A. C. (2014). *Digital Video Surveillance and Security*. 2nd ed. p. 400. Butterworth-Heinemann (Elsevier). ISBN: 9780124200432.

10.13147/SOE.2018.017



Cessford, G. (2002). "Perception and Reality of Conflict: Walkers and Mountain Bikes on the Queen Charlotte Track in New Zealand". In: *Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas*. Ed. by A. Muhar A. Arnberger C. Brandenburg. Vol. MMV 1 - Proceedings. Vienna, Austria: Institute for Landscape Architecture és Landscape Management, Bodenkultur University, pp. 102–108.

Cessford, G., Burns, R. (2008). *Monitoring visitor numbers in New Zealand national parks and protected areas - A literature review and development summary*. Research rep. ISBN 978–0–478–14415–4 (web PDF). Wellington, New Zealand: New Zeland Department of Conservation.

Cessford, G., Cockburn, S., Douglas, M. (2002). "Developing new visitor counters and their applications for management". In: *Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas Conference Proceedings*. Ed. by A. Arnberger, C. Brandenburg és A. Muhar, pp. 14–20.

Cessford, G., Muhar, A. (2003). "Monitoring options for visitor numbers in national parks and natural areas". *Journal for Nature Conservation* 11 (4), pp. 240–250. DOI: 10.1078/1617-1381-00055.

Cieszewska, A., Drexler, D., Kalincsák, P., Belova, O., Prochazka, J. (2010). "Eastern Region". In: *Management of Recreation and Nature Based Tourism in European Forests*. Ed. by Ulrike Pröbstl, Veronika Wirth, Birgit H. M. Elands és Simon Bell. 1st ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Chap. 6, pp. 115–140. ISBN: 978-3-642-03145-8. DOI: 10.1007/978-3-642-03145-8.

Clawson, M. (1958). *Statistics on outdoor recreation*. Washington, USA: Resources for the future Inc.

CVC, (2011). *Lands Monitoring Program - Trail Counting Equipment*. Tech. rep. Credit Valley Conservation.

Dövényi, Z., szerk. (2010). *Magyarország kistájainak katasztere*. Budapest: MTA Földrajztudományi Kutató Intézet.

Delignette-Muller, M. L., Dutang, C. (2015). "fitdistrplus: An R Package for Fitting Distributions". *Journal of Statistical Software* 64 (4), pp. 1–34.

Duke, D., Quinn, M. (2008). "Methodological considerations for using remote cameras to monitor the ecological effects of trails users: lessons from research in Western Canada". In: *Management for protection and sustainable developement - Proceedings of the Fourth International Conference on Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas*. Ed. by Antonio Raschi és Sonia Trampetti. Montecatini Terme, Olaszország: National Research Council, Institute for Biometeorology.

Dutang, C., Wuertz, D. (2009). *A note on random number generation*. Tech. rep. R-project.

Erkkonen, J., Sievänen, T. (2002). "Standardisation of Visitor Surveys – Experiences from Finland". In: *Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas*. Ed. by A. Arnberger, C. Brandenburg és A. Muhar. Vol. MMV 1 - Proceedings. Vienna, Austria: Institute for Landscape Architecture és Landscape Management, Bodenkultur University, pp. 252–257.

FAO, (2010). *Global Forest Resources Assessment 2010: Main Report (FAO Forestry Papers)*. FAO. ISBN: 978-92-5-106654-6.

Flynn, B. S., Dana, G. S., Sears, J., Aultman-Hall, L. (2012). *Weather factor impacts on commuting to work by bicycle*. Tech. rep. TRC Report 12-006. University of Vermont Transportation Research Center.

Gastwirth, J. L., Gel, Y. R., Hui, W. L. W., Lyubchich, V., Miao, W., Noguchi, K. (2017). *lawstat: Tools for Biostatistics, Public Policy, and Law*. R package version 3.1.

Gasvoda, D. S. (1999). *Trail Traffic Counters: Update*. Tech. rep. 9E92A46. United States Department of Agriculture Forest Service.

10.13147/SOE.2018.017



Gerely, F. (2012). "Erdőkárosító sportok, hegyromboló fenegyerekek". *Erdészeti Lapok* 147 (9), pp. 278–279.

Gora, O. (2015). "A Novel Video/Photo Recorder Using an Online Motion Sensor Triggered Embedded System". *Innovative Systems Design and Engineering* 6. (4.), pp. 44–51. ISSN: 2222-2871.

Greene-Roesel, R., Diogenes, M., Ragland, D., Antonio Lindau, L. (2008). *Effectiveness of a Commercially Available Automated Pedestrian Counting Device in Urban Environments: Comparison with Manual Counts*. Tech. rep. Safe Transportation Research & Education Center, Institute of Transportation Studies, UC Berkeley.

GreenSpace, (2005). *A guide to automated methods for counting visitors to park and green spaces*. Reading, UK.

Griffin, G., Nordback, K., Götschi, T., Stolz, E., Kothuri, S. (2014). *Monitoring Bicyclist and Pedestrian Travel and Behavior*. Transportation Research Circular E-C183. 500 Fifth Street, NW Washington, D.C.: Transportation Research Board. DOI: 10.17226/22420.

Héjj, B. (1986). "Kik látogatják a soproni erdőket?" *Soproni Szemle* 15. (1.), pp. 69–78.

Héjj, B. (1987). "Az erdei kirándulóforgalom mérése elektronika felhasználásával". *Az Erdő* 36 (122). (11.), pp. 513–514.

Halász, G., szerk. (2006). *Magyarország erdészeti tájai*. Budapest: Állami Erdészeti Szolgálat. ISBN: 963-87105-1-9.

Han, H., Shan, S., Chen, X., Gao, W. (2013). "A comparative study on illumination preprocessing in face recognition". *Pattern Recognition* 46 (6), pp. 1691 –1699. ISSN: 0031-3203. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.patcog.2012.11.022.

Heering, A., Rossion, B. (2015). "Rapid categorization of natural face images in the infant right hemisphere". *eLife* 4. DOI: 10.7554/eLife.06564.

Heikkila, J., Silven, O. (1999). "A real-time system for monitoring of cyclists and pedestrians". In: *Visual Surveillance, 1999. Second IEEE Workshop on, (VS'99)*. Ed. by Lorretta Palagi. Fort Collins, Colorado, USA: IEEE Computer Society, pp. 74–81. DOI: 10.1109/VS.1999.780271.

Hinterberger, B., Arnberger, A., Muhar, A. (2002). "GIS-Supported Network Analysis of Visitor Flows in Recreational Areas". In: *Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas*. Vol. MMV 1 - Proceedings. Vienna, Austria: Institute for Landscape Architecture és Landscape Management, Bodenkultur University, pp. 28–32.

Hitesy Bartucz & Hollai kft. (2002). *A Dunakanyar Turizmusa - Stratégiai terv*.

Hollenhorst, S. J., Whisman, S. A., Ewert, A. W. (1992). *Monitoring visitor use in backcountry and wilderness: A review of methods*. Tech. rep. PSW-GTR-134. 10 p. Albany, CA, USA: United States Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station. DOI: 10.2737/PSW-GTR-134.

Iten, S., Siegrist, D. (2006). "Monitoring of Mountain Bikers in a Sensitive Bird Area around the Tanzboden, Switzerland". In: *Proceedings of the Third International Conference on Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas*. Ed. by D. Siegrist, C. Clivaz, M. Hunziker és S. Iten. Rapperswil, Svájc: University of Applied Sciences Rapperswil, pp. 367–369.

Jackson, S. A., Haider, W., Elliot, T. (2003). "Resolving inter-group conflict in winter recreation: Chilkoot Trail National Historic Site, British Columbia". *Journal for Nature Conservation* 11 (4), pp. 317–323. DOI: 10.1078/1617-1381-00063.

James, G. A., Ripley, T. H. (1963). *Instructions for Using Traffic Counters to Estimate Recreation Visits and Use*. Research rep. SE-3. Asheville, NC, USA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station.

Janowsky, D., Becker, G. (2003). "Characteristics and needs of different user groups in the urban forest of Stuttgart". *Journal for Nature Conservation* 11 (4), pp. 251 –259. ISSN: 1617-1381. DOI: http://dx.doi.org/10.1078/1617-1381-00056.

10.13147/SOE.2018.017



Jones, M. G., Ryan, S., Donlon, J., Ledbetter, L., Ragland, D. R., Arnold, L. (2010). *Seamless Travel: Measuring Bicycle and Pedestrian Activity in San Diego County and its Relationship to Land Use, Transportation, Safety, and Facility Type*. Tech. rep. UCB-ITS-PRR-2010-12. ISSN 1055-1425. University of California, Berkeley.

Kahler, A., Arnberger, A. (2008). "A comparison of passive infrared counter results with time lapse video monitoring at a shared urban recreational trail". In: *Management for Protection and Sustainable Development*. Ed. by Antonio Raschi és Sonia Trampetti. Vol. MMV 4 - Proceedings. Montecatini Terme, Italy: Research Centre for Leisure, Tourism, Landscape, Institute for Landscape, és Open Space, University of Applied Sciences Rapperswil, pp. 485–489.

Kajala, L., Almik, A., Dahl, R., Dikšaitė, L., Erkkonen, J., Fredman, P., Jensen, F. S., Karoles, K., Sievänen, T., Skov-Petersen, H., Vistad, O. I., Wallsten, P. (2007). *Visitor monitoring in nature areas – a manual based on experiences from the Nordic and Baltic countries*. Ed. by Liisa Kajala. 205 p. Naturvårdsverket, S-106 48 Stockholm, Sweden: Swedish Environmental Protection Agency. ISBN: 91-620-1258-4.

Kalincsák, P. (2012). *Pilisi-Visegrádi erdőtervezési körzet közjóléti fejlesztési terve*. Tech. rep. KT-3/2012. 1023 Budapest, Frankel Leó utca 42-44: Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, Erdészeti Igazgatóság, Erdőtervezési és Természetvételmi Osztály.

Keresztesi, B. (1969). "FAO—EGB értekezlet az erdők közjóléti szerepének értékeléséről". *Az Erdő* 18 (104) (7), pp. 298–302.

Kleiber, O. (2001). "Valuation of Recreational Benefits and Visitor Conflicts in an Urban Forest". In: *Ecological Economic Management and Planning in Regional and Urban Systems*. Vol. Fifth International Conference of the International Society for Ecological Economics (ISEE). ISEE/RC'2001. Moscow, Russia: Institute of Control Sciences, Russian Academy of Sciences.

Klein, L. A., Mills, M. K., Gibson, D. R. (2006). *Traffic Detector Handbook: Third Edition—Volume I*. Tech. rep. FHWA-HRT-06-108. 288 p. U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration.

Koren, Cs. (2007). "Útszakaszok csoportosítása forgalomlefolyásuk alapján klaszteranalízissel". *Közúti és Mélyépítési Szemle* 57 (3), pp. 22–26.

Kosztka, M. (1999). "Erdészeti utak szerepe a gazdasági-társadalmi életben". *Közúti és Mélyépítési Szemle* 134 (10), pp. 492–494.

Kosztka, M. (2013a). "A feltáróhálózat elemei, tagolódása, felépítése". *Erdészeti Lapok* 148 (2), pp. 34–36.

Kosztka, M. (2013b). "Erdőfeltárás utakkal és közelítőnyomokkal". *Erdészeti Lapok* 148 (4), pp. 98–101.

Kosztka, M., Markó, G., Péterfalvi, J. (2004). "Erdőfeltárás tervezése a Börzsönyben dinamikus hálózattervezéssel". *Erdészeti Lapok* 139 (10), pp. 298–301.

Krämer, A., Thamm, H.-P. (2006). "Application of a Remote Controlled Ultralight Air Vehicle (UAV) for Park Management and Visitor Monitoring". In: *Proceedings of the Third International Conference on Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas*. Ed. by D. Siegrist, C. Clivaz, M. Hunziker és S. Iten. Rapperswil, Svájc: University of Applied Sciences Rapperswil, pp. 329–330.

Kuutti, J. (2012). "A Test Setup for Comparison of People Flow Sensors". Licentiate's Thesis. AALTO UNIVERSITY School of Electrical Engineering Department of Electronics.

Lane, D. M. (2017). *Online Statistics Education: A Multimedia Course of Study*. Online könyv. http://onlinestatbook.com.

Lasztovicza, L. (2003). "Neurális hálózatok a digitális képfeldolgozásban". *Elektronet magazin* 12 (3-4).

Lecun, Y., Bottou, L., Bengio, Y., Haffner, P. (1998). "Gradient-based learning applied to document recognition". *Proceedings of the IEEE* 86 (11), pp. 2278–2324. DOI: 10.1109/5.726791.

10.13147/SOE.2018.017



Lucas, R. C. (1985). “Perspectives on the history of wilderness research”. In: *Proceedings - National Wilderness research conference: Issues, state-of-knowledge, future directions*. United States Department of Agriculture, Forest Service, pp. 15–28.

Lutonszky, Z. (1983). “Gondolatok az erdőfeltárásról”. *Az Erdő* 32 (118) (6), pp. 239–241.

Magyar Közút, (2017). *Az országos közutak 2016. évre vonatkozó keresztmetszeti forgalma*. Tech. rep. VB-2017/0015550/00. Budapest: Magyar Közút Nonprofit Zrt.

Manning, R., Valliere, W. (2001). “Coping in Outdoor Recreation: Causes and Consequences of Crowding and Conflict Among Community Residents”. *Journal of Leisure Research* 33, pp. 410–426.

Matsumoto, M., Nishimura, T. (1998). “Mersenne twister: a 623-dimensionally equidistributed uniform pseudo-random number generator”. *ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation* 8 (1), pp. 3–30. DOI: 10.1145/272991.272995.

Mclean, D., Hurd, A., Anderson, D. M. (2017). *Recreation & Leisure in Modern Society*. JONES & BARTLETT PUBL INC. 550 pp. ISBN: 1284106810.

Melville, S., Ruohonen, J. (2004). “The development of a remote-download system for visitor counting”. In: *Policies, methods and tools for visitor management – proceedings of the second International Conference on Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas*. Ed. by Tuija Sievänen, Joel Erkkonen, Jukka Jokimäki, Jarkko Saarinen, Seija Tuulentie és Eija Virtanen. ISBN 951-40-1930-X. Rovaniemi, Finnország: Finnish Forest Research Institute, pp. 38–44.

Miller, A. B., Leung, Y.-F., Kays, R. (2017). “Coupling visitor and wildlife monitoring in protected areas using camera traps”. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism* 17, pp. 44 –53. ISSN: 2213-0780. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.jort.2016.09.007.

Moore, R. L. (1994). *Conflicts on Multiple-Use Trails: Synthesis of the Literature and State of the Practice*. Tech. rep. FHWA-PD-94-031. Box 8004, Raleigh, NC 27695-8004: North Carolina State University Dept. of Parks, Recreation, & Tourism Mgmt.

Muhar, A., Arnberger, A., Brandenburg, C. (2002). “Methods for Visitor Monitoring in Recreational and Protected Areas: An Overview”. In: *Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas - Conference Proceedings*. Ed. by Andreas Muhar, Arne Arnberger és Christiane Brandenburg. Vienna: BOKU, pp. 1–6.

Mutz, R., Von Janowsky, D., Becker, G. (2002). “Cyclical Visitor-Behavior Patterns of Urban Forest Recreation Environments and their Determinants – A Statistical View”. In: *Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas*. Vol. MMV 1 - Proceedings. Vienna, Austria: Institute for Landscape Architecture és Landscape Management, Bodenkultur University, pp. 218–224.

Nagy, G. M. (2015). “Soproni erdei közösségi terek vonzerőleltára”. In: *Nyugat-mgyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, V. Kari Tudományos Konferencia Absztraktkötete*. Ed. by András Bidló és Ferenc Facskó. ISBN: 978-963-334-259-. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, p. 42.

Nagy, G. M., Héjj, B. (2012). “A soproni "városi" erdők terhelésvizsgálatai”. In: *A környezettudatos települések felé: III.Települési Környezet Konferencia*. Ed. by István Fazekas és Valéria Szabó. ISBN: 978-963-08-5294-4. Debrecen: Meridián Alapítvány, p. 287.

Nagy, G. M., László, R. (2014). “A Hidegvíz-völgy turisztikai terhelés vizsgálata”. In: *Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, IV. Kari Tudományos Konferencia*. Ed. by András Bidló, Adrienn Horváth és Péter Szűcs. ISBN 978-963-359-033-1. Sopron: NymE Erdőmérnöki Kar, p. 407.

Nankervis, M. (1999). “The effect of weather and climate on bicycle commuting”. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 33 (6), pp. 417–431. DOI: 10.1016/s0965-8564(98)00022-6.

Nielsen, M. A. (2015). *Neural Networks and Deep Learning*. Determination Press.

10.13147/SOE.2018.017



Nordback, K., Piatkowski, D., Janson, B., Marshall, W., Krizek, K., Main, D. (2011). "Using inductive loops to count bicycles in mixed traffic". *Journal of Transportation of the Institute of Transportation Engineers* 2, pp. 39–56.

Noyce, D., Gajendran, A., Dharmaraju, R. (2006). "Development of Bicycle and Pedestrian Detection and Classification Algorithm for Active-Infrared Overhead Vehicle Imaging Sensors". *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 1982. ISSN: 0361-1981.

O'Connor, P. D. T., Kleyner, A. (2012). *Practical Reliability Engineering*. 5th ed. John Wiley és Sons Inc. ISBN: 9781119961277.

Pallos, J. (1983). "Erdészeti úthálózat fejlesztése és tervezése". *Az Erdő* 32 (118) (6), pp. 241–243.

Pápa, M. (1967). "Közös úton - Erdészet és turisztika". *Az Erdő* 16 (102) (5), pp. 206–209.

Péterfalvi, J. (1997). "Javaslat az erdészeti feltáróhálózatok egységes tervezési és nyilvántartási rendszerének kialakítására". *Erdészeti Lapok* 132. (6.), pp. 176–177.

P&B, (2012). *Master guide on innovative visitor management solutions within protected areas*. p. 101. Parks és Benefits.

Ploner, A., Brandenburg, C. (2002). "Modelling the Dependency between Visitor Numbers and Meteorological Variables via Regression Trees". In: *Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas*. Vol. MMV 1 - Proceedings. Vienna, Austria: Institute for Landscape Architecture és Landscape Management, Bodenkultur University, pp. 225–232.

Ploner, A., Brandenburg, C. (2003). "Modelling visitor attendance levels subject to day of the week and weather: a comparison between linear regression models and regression trees". *Journal for Nature Conservation* 11 (4), pp. 297 –308. ISSN: 1617-1381. DOI: `http://dx.doi.org/10.1078/1617-1381-00061`.

Pohlert, T. (2014). *The Pairwise Multiple Comparison of Mean Ranks Package (PMCMR)*. R package.

Pokorádi, L., Molnár, B. (2010). "Monte-Carlo szimulációs valószínűségi bizonytalanságelemzés szemléltetése". *Repüléstudományi Közlemények* 22 (2).

Potocnik, I. (2006). "Road traffic in protected forest areas - Case study in Triglav National Park, Slovenia". *Croatian Journal of Forest Engineering* 27 (2), pp. 115–121.

R Core Team, (2017). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.

Raybould, M., John Mules, T., Doris Fredline, E., Tomljenovic, R. (2000). "Counting the herd: Using aerial photography to estimate attendance at events". *Event Management* 6 (1), pp. 25–32.

Redmon, J. (2013–2016). *Darknet: Open Source Neural Networks in C*. `http://pjreddie.com/darknet/`.

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

Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., Farhadi, A. (2015). "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection". *CoRR* abs/1506.02640. arXiv: `1506.02640v5 [cs.CV]`.

Reiczigel, J., Harnos, A., Solymosi, N. (2007). *Biostatisztika nem statisztikusoknak*. 455 o. Nagykovácsi: Pars Kft. ISBN: 978-963-06-3736-7.

ReliaSoft, (2015). *Reliability Growth and Repairable System Data Analysis Reference*. Tucson, Arizona, USA: ReliaSoft Corporation.

Ross, J. (2005). *Visitor counters in parks: management practice for counter calibration*. Tech. rep. Technical Series 33. ISSN 1172–6873 ISBN 0–478–14043–6. Wellington, New Zeland: New Zeland Department of Conservation.

Ruggeri, F., Kennet, R. S., Faltin, F., eds. (2008). *Encyclopedia of Statistics in Quality and Reliability*. JOHN WILEY & SONS INC. 1800 pp. ISBN: 978-0-470-01861-3.

10.13147/SOE.2018.017



Rupf-Haller, R., Wernli, M., Filli, F. (2006). "Visitor Counting with Acoustic Slab Sensors in the Swiss National Park". In: *Proceedings of the Third International Conference on Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas*. Ed. by D. Siegrist, C. Clivaz, M. Hunziker és S. Iten. Rapperswil, Svájc: University of Applied Sciences Rapperswil, pp. 72–77.

Rupf, R., Wernli, M., Haller, R. (2008). "How to elaborate precise visitor numbers?" In: *Management for Protection and Sustainable Development*. Vol. MMV 4 - Proceedings. Montecatini Terme, Italy: Research Centre for Leisure, Tourism, Landscape, Institute for Landscape, és Open Space, University of Applied Sciences Rapperswil, pp. 161–164.

Russakovsky, O., Deng, J., Su, H., Krause, J., Satheesh, S., Ma, S., Huang, Z., Karpathy, A., Khosla, A., Bernstein, M., Berg, A. C., Fei-Fei, L. (2015). "ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge". *International Journal of Computer Vision (IJCV)* 115 (3), pp. 211–252. DOI: 10.1007/s11263-015-0816-y.

Russell, S. J., Norvig, P., eds. (2010). *Artificial Intelligence: A Modern Approach (Third Edition)*. New Jersey, USA: Prentice Hall. ISBN: 978-0-13-604259-4.

Ryan, J. A., Ulrich, J. M. (2017). *xts: eXtensible Time Series*. R package version 0.10-0.

Schneider, J., Lorencová, H. (2015). "Recreational Activities, Practices and Attitudes of Visitors to the Protected Landscape Areas as a Basis for Resolving Conflicts of Recreation and Nature Protection". *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* 63 (5), pp. 1555–1564. DOI: 10.11118/actaun201563051555.

Scipione, P. A. (1994). *A piackutatás gyakorlata*. Ed. by György Pásztor. 371 o. Budapest: Springer Hungarica Kiadó Kft. ISBN: 963 8455 69 1.

Shilling, F., Boggs, J., Reed, S. (2012). "Recreational System Optimization to Reduce Conflict on Public Lands". *Environmental Management* 50 (3), pp. 381–395. DOI: 10.1007/s00267-012-9906-6.

Skov-Petersen, H., Meilby, H., Jensen, F. S. (2008). "Applying data from automatic visitor counters to agent-based models". In: *Monitoring, Simulation and Management of Visitor Landscapes*. Ed. by Randy Gimblett és Hans Skov-Petersen. Tucson, Arizona 85721 USA: University of Arizona Press. Chap. 7, pp. 123–142. ISBN: 978-0-8165-2728-1.

SRF, (2003). *Bicycle and pedestrian detection - Final Report*. Tech. rep. Suite 150 One Carlson Parkway Minneapolis, MN 55447: SRF Consulting Group Inc.

Szabó, F. (2016). *Miniszteri tájékoztató Magyarország erdőállományának 2015. évi helyzetéről, állapotáról*.

Szilágyi, Zs. (2004). "Regulation of Visitor Activities in the DINP". In: *Policies, Methods and Tools for Visitor Management*. Vol. MMV 2 - Proceedings. Rovaniemi, Finland: Finnish Forest Research Institute, pp. 202–207.

Takahashi, M. (2004). "Actual condition and problem of visitor use in Jozankei National Forest, Japan". In: *Policies, Methods and Tools for Visitor Management*. Vol. MMV 2 - Proceedings. Rovaniemi, Finland: Finnish Forest Research Institute, pp. 65–68.

Tóth, S. (1974). "Erdészeti közvéleménykutatás az erdők üdülési funkciójának vizsgálata céljából". *Az Erdő* 23 (109) (9), pp. 385–391.

Taylor, G. D., Edwards, R. Y. (1960). "A survey of summer visitors to wells gray park, british columbia". *The forestry chronicle* 36 (4), pp. 346–354.

Terletzky, P. A., Ramsey, R. D. (2016). "Comparison of Three Techniques to Identify and Count Individual Animals in Aerial Imagery". en. *Journal of Signal and Information Processing* 07 (03), p. 123. DOI: 10.4236/jsip.2016.73013.

Turner, S., Lasley, P., Pourteau, C. (2013). *Monitoring trail use: Case study applications at San Antonio MissionsNational Historical Park and Guadalupe Mountains National Park*. Tech. rep. Texas A&M Transportation Institute.

Veal, A. J. (2017). *Leisure, Sport and Tourism, Politics, Policy and Planning, 4th Edition*. en. Google-Books-ID: QyndDgAAQBAJ. CABI. ISBN: 978-1-78064-803-3.

10.13147/SOE.2018.017



Vuorio, T., Emmelin, L., Sandell, K. (2003). *Methods for monitoring outdoor recreation and tourism in large nature areas - The case of Södra Jämtlandsfjällen*. Research rep. European Tourism Research Institute.

Walterné, Cs. E. (1987). "Erdei üdülési igények és szokások a Pilisben és a Budai-hegységben". *Az Erdő* 36 (122) (7), pp. 325–327.

Wolf, I. D., Hagenloh, G., Croft, D. B. (2012). "Visitor monitoring along roads and hiking trails: How to determine usage levels in tourist sites". *Tourism Management* 33 (1), 16–28. DOI: 10.1016/j.tourman.2011.01.019.

Xia, J., Arrowsmith, C. A. (2008). "Techniques for counting and tracking spatial and temporal movement of visitors". In: *Monitoring, Simulation and Management of Visitor Landscape*. Ed. by Randy Gimblett és Hans Skov-Petersen. Tucson, USA: University of Arizona Press. Chap. 5, pp. 85–105. ISBN: 978-0-8165-2728-1.

Yuan, S., Maiorano, B., Yuan, M. (1995). *Techniques and Equipment for Gathering Visitor Use Data on Recreation Sites*. 9523-2838-MTDC. United States Department of Agriculture, Forestry Service.

Zar, J. H. (2010). *Biostatistical Analysis*. 5th ed. 944 p. Pearson Education Limited. ISBN: 1-292-02404-6.

Zeiler, M. D., Fergus, R. (2014). "Visualizing and Understanding Convolutional Networks". In: *Computer Vision – ECCV 2014*. Springer International Publishing, pp. 818–833. DOI: 10.1007/978-3-319-10590-1_53.

10.13147/SOE.2018.017

# Ábrák jegyzéke

1.1. Mérőhely az Apátkúti úton . . . 27
1.2. A számlálási koncepció kiválasztása . . . 30
1.3. Vivotek IP 8332 . . . 32
1.4. A Carlo Gavazzi PA 18 CAR 65 típusú optikai érzékelő . . . 34
1.5. A FEZ Cobra lap . . . 35
1.6. A forgalomszámláló eszköz rendszerterve . . . 36
1.7. A tervezett forgalomszámláló eszköz látványterve . . . 37
1.8. A 2012. július 15-én telepített forgalomszámláló eszköz . . . 38
1.9. Fém szenzortartó oszlop a) Terv, b) Megvalósítás . . . 39
1.10. A szenzortartó oszlopok végleges kialakítása . . . 39
1.11. A forgalomszámláló berendezés kialakításának menete . . . 42

2.1. A kiértékelő személyek számára legnagyobb problémát okozó két képtípus. a.: Látogatók tömege, b.: Árnyékban lévő úthasználó . . . 45
2.2. A perceptron elvi felépítése . . . 46
2.3. Mesterséges neurális háló kialakítása . . . 46
2.4. A perceptron (a) és a szigmoid neuron (b) aktivációs függvényének általános alakja 48
2.5. Egyszerű konvolúciós hálózat . . . 49
2.6. A konvolúció értelmezése raszterképen . . . 50
2.7. A konvolúciós lépés . . . 50
2.8. Az egymást követő konvolúciós lépések által kinyert jellegzetességek megjelenítése. Zeiler és Fergus (2014) nyomán. . . . 50
2.9. A nagy adatbázison tanított modell felhasználási lehetőségei az egyedi feladat megoldásához . . . 51
2.10. A YOLO működési modellje . . . 52
2.11. A YOLOv2 rendszer felépítése . . . 53
2.12. Túltanítás . . . 54
2.13. A hálózat detektálási pontosságát kifejező mérőszámok értelmezése . . . 54
2.14. Példa saját adatokkal meghatározott úthasználóra . . . 55
2.15. Az IOU változása a tanítási ciklusok függvényében . . . 56
2.16. Az IOU változása az első lépésben beállított felbontás függvényében . . . 56
2.17. A megbízhatósági küszöbérték hatása a jó találatok arányára . . . 56
2.18. Két példa a saját adatokkal tanított hálózat kontextuson kívüli működésére. Forrás: a: www.robinoneillphotography.com, b: www.eeuroparts.com . . . 57

3.1. A működési idő alatt készített fotók száma . . . 63
3.2. A látogatószám megoszlása típusok szerint . . . 64
3.3. A forgalom összetétele a nap jellege szerint . . . 65
3.4. A forgalom összetétele munkanapokon évszakok szerint . . . 65
3.5. A forgalom összetétele munkaszüneti napokon évszakok szerint . . . 65
3.6. Az áthaladások irányának megoszlása látogatótípusonként . . . 67

10.13147/SOE.2018.017



3.7. A teljes adatsorból kirajzolódó óránkénti látogatószám . . . . . 69
3.8. A teljes adatsorból kirajzolódó óránkénti látogatószám átlaga (barna), mediánja (zöld), 5%-os és 95%-os percentilise (szaggatott) . . . . . 69
3.9. Munkanapok és munkaszüneti napok átlagos óránkénti látogatószáma . . . . . 70
3.10. A jó napokon mért óránkénti látogatószámok munkanapokon és munkaszüneti napokon . . . . . 71
3.11. A munkanapok átlagos óránkénti látogatószámai évszakonként . . . . . 71
3.12. A munkaszüneti napok átlagos óránkénti látogatószámai évszakonként . . . . . 72
3.13. A munkanapok átlagos óránkénti látogatószámai látogató típusok szerint . . . . 73
3.14. A munkaszüneti napok átlagos óránkénti látogatószámai látogató típusok szerint 73
3.15. Óránkénti látogatószám típusonként. Befelé: zöld, kifelé: narancssárga . . . . . 74
3.16. A látogatószám alakulása a hét napjai szerint . . . . . 75
3.17. A látogatószám alakulása évszakonként a hét napjai szerint . . . . . 76
3.18. Az Apátkúti út éven belüli látogatószámának alakulása havi bontásban . . . . . 78
3.19. Az Apátkúti út éven belüli látogatószámának alakulása havonta, munkanap és munkaszüneti nap szerinti bontásban . . . . . 78
3.20. Gyalogosok napi darabszámának alakulása havonta, munkaszüneti és munkanapok szerint . . . . . 80
3.21. Kerékpárosok napi darabszámának alakulása havonta, munkaszüneti és munkanapok szerint . . . . . 80
3.22. Személygépkocsik napi darabszámának alakulása havonta, munkaszüneti és munkanapok szerint . . . . . 81
3.23. Tehergépkocsik napi darabszámának alakulása havonta, munkaszüneti és munkanapok szerint . . . . . 81
3.24. A Boldog Özséb kilátóba tervezett számláló eszköz elvi felépítése . . . . . 83
3.25. Napi látogatószám a Boldog Özséb kilátóban a számláló működési időtartama alatt 87
3.26. Havi átlagos látogatószám a Boldog Özséb kilátóban . . . . . 87
3.27. Átlagos látogatószám óránként a Boldog Özséb kilátóban . . . . . 87
3.28. A napi látogatószámok alakulása az átfedő időszakokban . . . . . 89
3.29. Az időszakok napi látogatószámainak összehasonlítása évenként . . . . . 89
3.30. A látogatószám alakulása évenként . . . . . 91

4.1. A 2012-2016 közötti adatokból származó tavaszi hétköznapok Cullen & Frey diagramja . . . . . 103
4.2. Tavaszi munkanapok mért adatainak (bal felső diagram), valamint a kiválasztott Weibull eloszlásból mintavétellel nyert adatainak Q-Q ábrája . . . . . 107
4.3. A kiszorításos módszer . . . . . 108
4.4. A Monte-Carlo szimuláció eredménye . . . . . 109
4.5. A 2012-2016 időszak modelljével szimulált éves látogatószám Cullen & Frey diagramja . . . . . 110
4.6. A 2012-2016 időszak modelljével szimulált éves áthaladásokra illesztett nevezetes eloszlások . . . . . 111
4.7. Az Apátkúti út éves látogatószám modelljének meghatározása a három vizsgált időszak adataiból generált látogatószámok alapján . . . . . 112
4.8. Az Apátkúti mérőhely éves áthaladásszám modelljének eloszlásfüggvénye . . . . 112

5.1. Az úthasználó csoportok közti találkozások gyakorisága. Gy: gyalogos, K: kerékpáros, L: lovas, M: motoros/quados, A: személygépkocsi, T: tehergépkocsi, G: munkagép . . . . . 118
5.2. A napi kérdőív kitöltések száma a 2017. 02. 01. - 2017. 02. 24. időszakban . . . 120
5.3. A kérdőívet kitöltők megoszlása nemek és lakóhely szerint . . . . . 121
5.4. A kérdőívet kitöltők jellemző közlekedési mód szerinti megoszlása . . . . . 121

10.13147/SOE.2018.017



5.5. Az erdészeti úton közlekedőket leginkább zavaró úthasználó csoportok . . . . . 122
5.6. Az úthasználó csoportok közti kapcsolatok gráfja. Gy: gyalogos, K: kerékpáros, L: lovas, M: motoros/quados, A: személygépkocsi, T: tehergépkocsi, G: munkagép 123

10.13147/SOE.2018.017

10.13147/SOE.2018.017

# Táblázatok jegyzéke

1.1. A terepi forgalomszámlálás lehetséges módjai Cessford és Muhar (2003) nyomán, kiegészítve és átalakítva az azóta megjelent kutatások alapján . . . . . 25
1.2. Az IP minősítési rendszer kódjainak jelentése. Forrás: wikipedia.com . . . . . 32
1.3. A Vivotek IP 8332 tulajdonságai . . . . . 32
1.4. Az optikai érzékelő legfontosabb tulajdonságai . . . . . 34
1.5. A FEZ Cobra lap tulajdonságai . . . . . 35

2.1. Az úthasználók tulajdonságai . . . . . 44
2.2. A tanító adatbázis úthasználóinak megoszlása típus szerint . . . . . 53
2.3. A megbízhatósági küszöbérték hatása az algoritmus felismerési pontosságára . . 57
2.4. A 0,35-ös megbízhatósági küszöbértékhez tartozó tévesztési mátrix . . . . . 57
2.5. A tényleges forgalmi adatok meghatározásához ajánlott szorzószámok úthasználó csoportonként . . . . . 59

3.1. Az Apátkúti út forgalom százalékos összetétele . . . . . 66
3.2. A négy leggyakoribb látogatótípus befelé és kifelé irányuló forgalmának százalékos különbsége . . . . . 67
3.3. Az átlagos óránkénti látogatószámok . . . . . 69
3.4. A típusokra jellemző óránkénti kerekített értékek . . . . . 72
3.5. A Shapiro-Wilk normalitás teszt eredménye a hét napjaira . . . . . 76
3.6. A szimmetria teszt eredménye a hét napjaira . . . . . 76
3.7. A hét napjai közötti összefüggés vizsgálat eredménye . . . . . 77
3.8. Átlagos áthaladás szám a hét napjai és az évszakok szerint . . . . . 77
3.9. A munkanapok látogatószámai közötti kapcsolat kimutatása hónapok szerint . . 77
3.10. A munkaszüneti napok látogatószámai közötti kapcsolat kimutatása hónapok szerint . . . . . 79
3.11. Lehetséges számlálási módok a Boldog Özséb kilátóban . . . . . 84
3.12. Az ellenőrző számlálás eredménye . . . . . 86

4.1. A Shapiro-Wilk normalitás teszt eredménye évszakonként és a nap jellege szerint 99
4.2. A szimmetria vizsgálat eredménye évszakonként és a nap jellege szerint . . . . . 99
4.3. A látogatószám adatok közti összefüggés valószínűsége évszakok szerint, munkanapokon . . . . . 99
4.4. A látogatószám adatok közti összefüggés valószínűsége évszakok szerint, munkaszüneti napokon . . . . . 99
4.5. A Cullen & Frey diagram alapján lehetséges eloszlások a vizsgált időszakok modellezésére . . . . . 102
4.6. Az illeszkedésvizsgálat alapján az egyes időszakok napi látogatószámainak modellezésére nem kizárható eloszlások. Jelmagyarázat: + : nem kizárható eloszlás, - : kizárható eloszlás, szürke háttér: a legjobban illeszkedő eloszlás, vastag keret: a modellezésre kiválasztott eloszlás . . . . . 105
4.7. A kiválasztott eloszlások paraméterei . . . . . 106

10.13147/SOE.2018.017



4.8. A 2012-2016 időszak modelljével szimulált éves látogatószám adatokra illesztett eloszlások paraméterei és az illeszkedés minőségét jellemző statisztikai mérőszámok . . . 111
4.9. Annak a valószínűsége a 2012-2016 időszak generált éves látogatószámaira illesztett eloszlások szerint, hogy az éves látogatószám nagyobb lesz adott értéknél . . . 111
4.10. Az Apátkúti úton az adott értéket meghaladó éves forgalom bekövetkezési valószínűségei a módosított modell szerint . . . 113

5.1. 1000 áthaladásra vetített találkozások száma az Apátkúti úti mérőhelyen . . . 118
5.2. Az úthasználó csoportok közti kapcsolat jellemző értékei a -1 és +1 közötti skálán. -1: Nagyon zavaró a találkozás, +1: örül a találkozásnak . . . 122
5.3. A javasolt konfliktus csökkentő eljárások százalékos aránya a többieket leginkább zavaró csoportok szerint . . . 123

10.13147/SOE.2018.017

# Függelék

10.13147/SOE.2018.017



# 1. Kritikus érték táblázatok az eloszlás illesztés megfelelőségének ellenőrzésére

**Anderson-Darling teszt kritikus értékei**

**Weibull**

| Szignifikancia szint | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **0,01** | **0,03** | **0,05** | **0,10** | **0,25** |
| 1,038 | 0,877 | 0,757 | 0,637 | 0,474 |

**gamma**

| Alak paraméter | Szignifikancia szint | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **0,01** | **0,03** | **0,05** | **0,10** | **0,25** |
| **1** | 1,092 | 0,917 | 0,786 | 0,657 | 0,486 |
| **2** | 1,062 | 0,894 | 0,786 | 0,643 | 0,477 |
| **3** | 1,052 | 0,886 | 0,762 | 0,639 | 0,475 |
| **4** | 1,048 | 0,883 | 0,759 | 0,637 | 0,473 |
| **5** | 1,045 | 0,881 | 0,758 | 0,635 | 0,472 |
| **6** | 1,043 | 0,880 | 0,757 | 0,635 | 0,472 |
| **8** | 1,041 | 0,878 | 0,755 | 0,634 | 0,471 |
| **10** | 1,040 | 0,877 | 0,754 | 0,633 | 0,471 |
| **12** | 1,038 | 0,876 | 0,754 | 0,633 | 0,471 |
| **15** | 1,038 | 0,876 | 0,754 | 0,632 | 0,470 |
| **20** | 1,037 | 0,875 | 0,753 | 0,632 | 0,470 |
| **>20** | 1,035 | 0,873 | 0,752 | 0,631 | 0,470 |

**Normál, lognormál**

| Eset | Szignifikancia szint | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **0,01** | **0,03** | **0,05** | **0,10** | **0,25** |
| **a** | 1,035 | 0,873 | 0,751 | 0,631 | 0,509 |
| **b** | 1,063 | 0,881 | 0,795 | 0,750 | 0,756 |
| **c** | 1,340 | 0,940 | 0,890 | 0,800 | 0,390 |

Forrás: http://www.real-statistics.com/statistics-tables/anderson-darling-test-table/

10.13147/SOE.2018.017



**A Cramér - von Mises próba kritikus értékei**

| Elemszám | Szignifikancia szint | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **0,20** | **0,15** | **0,10** | **0,05** | **0,01** |
| **2** | 0,138 | 0,149 | 0,162 | 0,175 | 0,186 |
| **3** | 0,121 | 0,135 | 0,154 | 0,184 | 0,230 |
| **4** | 0,121 | 0,134 | 0,155 | 0,191 | 0,280 |
| **5** | 0,121 | 0,137 | 0,160 | 0,199 | 0,300 |
| **6** | 0,123 | 0,139 | 0,162 | 0,204 | 0,310 |
| **7** | 0,124 | 0,140 | 0,165 | 0,208 | 0,320 |
| **8** | 0,124 | 0,141 | 0,165 | 0,210 | 0,320 |
| **9** | 0,125 | 0,142 | 0,167 | 0,212 | 0,320 |
| **10** | 0,125 | 0,142 | 0,167 | 0,212 | 0,320 |
| **11** | 0,126 | 0,143 | 0,169 | 0,214 | 0,320 |
| **12** | 0,126 | 0,144 | 0,169 | 0,214 | 0,320 |
| **13** | 0,126 | 0,144 | 0,169 | 0,214 | 0,330 |
| **14** | 0,126 | 0,144 | 0,169 | 0,214 | 0,330 |
| **15** | 0,126 | 0,144 | 0,169 | 0,215 | 0,330 |
| **16** | 0,127 | 0,145 | 0,171 | 0,216 | 0,330 |
| **17** | 0,127 | 0,145 | 0,171 | 0,217 | 0,330 |
| **18** | 0,127 | 0,146 | 0,171 | 0,217 | 0,330 |
| **19** | 0,127 | 0,146 | 0,171 | 0,217 | 0,330 |
| **20** | 0,128 | 0,146 | 0,172 | 0,217 | 0,330 |
| **30** | 0,128 | 0,146 | 0,172 | 0,218 | 0,330 |
| **60** | 0,128 | 0,147 | 0,173 | 0,220 | 0,330 |
| **100** | 0,129 | 0,147 | 0,173 | 0,220 | 0,340 |

Forrás: ReliaSoft (2015)

10.13147/SOE.2018.017



**A Kolgomorov-Smirnov próba kritikus értékei**

| Elemszám | Szignifikancia szint | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **0,10** | **0,05** | **0,02** | **0,01** |
| **1** | 0,950 | 0,975 | 0,990 | 0,995 |
| **2** | 0,776 | 0,842 | 0,900 | 0,929 |
| **3** | 0,636 | 0,708 | 0,785 | 0,829 |
| **4** | 0,565 | 0,624 | 0,689 | 0,734 |
| **5** | 0,509 | 0,563 | 0,627 | 0,669 |
| **6** | 0,468 | 0,519 | 0,577 | 0,617 |
| **7** | 0,436 | 0,483 | 0,538 | 0,576 |
| **8** | 0,410 | 0,454 | 0,507 | 0,542 |
| **9** | 0,387 | 0,430 | 0,480 | 0,513 |
| **10** | 0,369 | 0,409 | 0,457 | 0,489 |
| **11** | 0,352 | 0,391 | 0,437 | 0,468 |
| **12** | 0,338 | 0,375 | 0,419 | 0,449 |
| **13** | 0,325 | 0,361 | 0,404 | 0,432 |
| **14** | 0,314 | 0,349 | 0,390 | 0,418 |
| **15** | 0,304 | 0,338 | 0,377 | 0,404 |
| **16** | 0,295 | 0,327 | 0,366 | 0,392 |
| **17** | 0,286 | 0,318 | 0,355 | 0,381 |
| **18** | 0,279 | 0,309 | 0,346 | 0,371 |
| **19** | 0,271 | 0,301 | 0,337 | 0,361 |
| **20** | 0,265 | 0,294 | 0,329 | 0,352 |
| **21** | 0,259 | 0,287 | 0,321 | 0,344 |
| **22** | 0,253 | 0,281 | 0,314 | 0,337 |
| **23** | 0,247 | 0,275 | 0,307 | 0,330 |
| **24** | 0,242 | 0,269 | 0,301 | 0,323 |
| **25** | 0,238 | 0,264 | 0,295 | 0,317 |
| **26** | 0,233 | 0,259 | 0,290 | 0,311 |
| **27** | 0,229 | 0,254 | 0,284 | 0,305 |
| **28** | 0,225 | 0,250 | 0,279 | 0,300 |
| **29** | 0,221 | 0,246 | 0,275 | 0,295 |
| **30** | 0,218 | 0,242 | 0,270 | 0,290 |
| **31** | 0,214 | 0,238 | 0,266 | 0,285 |
| **32** | 0,211 | 0,234 | 0,262 | 0,281 |
| **33** | 0,208 | 0,231 | 0,258 | 0,277 |
| **34** | 0,205 | 0,227 | 0,254 | 0,273 |
| **35** | 0,202 | 0,224 | 0,261 | 0,269 |
| **36** | 0,199 | 0,221 | 0,247 | 0,265 |
| **37** | 0,196 | 0,218 | 0,244 | 0,262 |
| **38** | 0,194 | 0,215 | 0,241 | 0,258 |
| **39** | 0,191 | 0,213 | 0,238 | 0,255 |
| **40** | 0,189 | 0,210 | 0,235 | 0,252 |
| **> 40** | $\frac{1,22}{\sqrt{N}}$ | $\frac{1,36}{\sqrt{N}}$ | $\frac{1,51}{\sqrt{N}}$ | $\frac{1,63}{\sqrt{N}}$ |

Forrás: O'Connor és Kleyner (2012)

10.13147/SOE.2018.017



## 2. A napi látogatószám eloszlásokra illesztett nevezetes eloszlások

A táblázatokban található rövidítések magyarázata:

- KS: Kolgomorov-Smirnov próba
- CM: Cramér – von Mises próba
- AD: Anderson-Darling teszt
- AIC: Akaike információs kritérium
- BIC: Bayesian információs kritérium

A modellezésre kiválasztott eloszlásokat vastag keret jelzi.

10.13147/SOE.2018.017



## TAVASZ

| | Munkanap | | | | | | Munkaszüneti nap | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2016 n= 61 | | 2012-2016 n= 79 | | 2012-2015 n= 18 | | 2016 n= 29 | | 2012-2016 n= 38 | | 2012-2015 n= 9 | |
| **Normál** | | | | | | | | | | | | |
| | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** |
| **Átlag** | 176,87 | 7,56 | 179,13 | 6,57 | 186,78 | 13,08 | 852,72 | 72,13 | 817,50 | 62,13 | 704,00 | 113,60 |
| **Szórás** | 59,05 | 5,35 | 58,41 | 4,65 | 55,51 | 9,25 | 388,46 | 51,01 | 382,97 | 43,93 | 340,81 | 80,33 |
| | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** |
| **KS** | 0,074 | 0,174 | 0,058 | 0,153 | 0,161 | 0,309 | 0,094 | 0,246 | 0,091 | 0,213 | 0,219 | 0,430 |
| **CM** | 0,073 | 0,220 | 0,042 | 0,220 | 0,082 | 0,217 | 0,034 | 0,218 | 0,052 | 0,219 | 0,060 | 0,212 |
| **AD** | 0,524 | 0,751 | 0,420 | 0,751 | 0,498 | 0,751 | 0,222 | 0,751 | 0,306 | 0,751 | 0,360 | 0,751 |
| **AIC** | 675 | | 871 | | 200 | | 432 | | 564 | | 135 | |
| **BIC** | 679 | | 876 | | 201 | | 435 | | 567 | | 135 | |
| **Lognormál** | | | | | | | | | | | | |
| | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** |
| **lg(Átl.)** | 5,12 | 0,05 | 5,13 | 0,04 | 5,18 | 0,08 | 6,57 | 0,13 | 6,54 | 0,11 | 6,42 | 0,18 |
| **lg(Szór.)** | 0,36 | 0,03 | 0,36 | 0,03 | 0,35 | 0,06 | 0,72 | 0,09 | 0,69 | 0,08 | 0,55 | 0,13 |
| | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** |
| **KS** | 0,109 | 0,174 | 0,089 | 0,153 | 0,231 | 0,309 | 0,221 | 0,246 | 0,180 | 0,213 | 0,155 | 0,430 |
| **CM** | 0,086 | 0,220 | 0,152 | 0,220 | 0,182 | 0,217 | 0,265 | 0,218 | 0,238 | 0,219 | 0,036 | 0,212 |
| **AD** | 0,607 | 0,752 | 1,001 | 0,752 | 0,983 | 0,752 | 1,650 | 0,752 | 1,518 | 0,752 | 0,267 | 0,752 |
| **AIC** | 675 | | 875 | | 203 | | 449 | | 580 | | 134 | |
| **BIC** | 680 | | 880 | | 205 | | 451 | | 583 | | 135 | |
| **Weibull** | | | | | | | | | | | | |
| | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** |
| **Alak** | 3,24 | 0,32 | 3,35 | 0,29 | 3,88 | 0,73 | 2,25 | 0,35 | 2,22 | 0,30 | 2,23 | 0,60 |
| **Lépték** | 197,44 | 8,25 | 199,66 | 7,07 | 206,70 | 13,19 | 954,34 | 81,91 | 917,80 | 70,18 | 797,91 | 125,90 |
| | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** |
| **KS** | 0,078 | 0,174 | 0,061 | 0,153 | 0,152 | 0,309 | 0,136 | 0,246 | 0,110 | 0,213 | 0,190 | 0,430 |
| **CM** | 0,077 | 0,220 | 0,052 | 0,220 | 0,076 | 0,217 | 0,068 | 0,218 | 0,073 | 0,219 | 0,046 | 0,212 |
| **AD** | 0,515 | 0,757 | 0,439 | 0,757 | 0,487 | 0,757 | 0,481 | 0,757 | 0,460 | 0,757 | 0,288 | 0,757 |
| **AIC** | 674 | | 870 | | 199 | | 434 | | 564 | | 134 | |
| **BIC** | 678 | | 875 | | 201 | | 437 | | 568 | | 134 | |
| **Gamma** | | | | | | | | | | | | |
| | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** |
| **Alak** | 8,52 | 1,51 | 8,69 | 1,35 | 9,47 | 3,09 | 4,379 | 0,93 | 4,08 | 0,76 | 3,82 | 1,49 |
| **Arány** | 0,05 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 0,05 | 0,02 | 0,005 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
| | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** |
| **KS** | 0,091 | 0,203 | 0,071 | 0,134 | 0,208 | 0,309 | 0,154 | 0,309 | 0,134 | 0,205 | 0,159 | 0,430 |
| **CM** | 0,049 | 0,219 | 0,077 | 0,220 | 0,144 | 0,217 | 0,093 | 0,217 | 0,106 | 0,219 | 0,039 | 0,212 |
| **AD** | 0,381 | 0,755 | 0,572 | 0,755 | 0,789 | 0,753 | 0,549 | 0,759 | 0,599 | 0,759 | 0,262 | 0,754 |
| **AIC** | 673 | | 871 | | 202 | | 417 | | 549 | | 134 | |
| **BIC** | 677 | | 876 | | 203 | | 420 | | 552 | | 134 | |

10.13147/SOE.2018.017



## NYÁR

| | Munkanap | | | | | | Munkaszüneti nap | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2016 n= 45 | | 2012-2016 n= 103 | | 2012-2015 n= 58 | | 2016 n= 18 | | 2012-2016 n= 44 | | 2012-2015 n= 26 | |
| **Normál** | | | | | | | | | | | | |
| | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** |
| **Átlag** | 288,62 | 12,60 | 265,90 | 8,50 | 248,28 | 10,97 | 617,39 | 59,51 | 529,55 | 30,50 | 468,73 | 24,87 |
| **Szórás** | 84,49 | 8,91 | 86,30 | 6,01 | 83,52 | 7,75 | 252,50 | 42,08 | 202,31 | 21,57 | 126,82 | 17,59 |
| | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** |
| **KS** | 0,103 | 0,203 | 0,071 | 0,134 | 0,107 | 0,179 | 0,149 | 0,309 | 0,141 | 0,205 | 0,160 | 0,267 |
| **CM** | 0,059 | 0,219 | 0,044 | 0,220 | 0,103 | 0,220 | 0,040 | 0,217 | 0,154 | 0,219 | 0,113 | 0,219 |
| **AD** | 0,316 | 0,751 | 0,310 | 0,751 | 0,698 | 0,751 | 0,316 | 0,751 | 0,785 | 0,751 | 0,736 | 0,751 |
| **AIC** | 531 | | 1215 | | 682 | | 254 | | 596 | | 330 | |
| **BIC** | 535 | | 1220 | | 686 | | 256 | | 600 | | 332 | |
| **Lognormál** | | | | | | | | | | | | |
| | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** |
| **lg(Átl.)** | 5,61 | 0,06 | 5,52 | 0,04 | 5,46 | 0,04 | 6,277 | 0,16 | 6,18 | 0,07 | 6,12 | 0,05 |
| **lg(Szór.)** | 0,37 | 0,04 | 0,36 | 0,03 | 0,34 | 0,03 | 0,658 | 0,11 | 0,47 | 0,05 | 0,26 | 0,04 |
| | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** |
| **KS** | 0,176 | 0,203 | 0,093 | 0,134 | 0,089 | 0,179 | 0,295 | 0,309 | 0,149 | 0,205 | 0,110 | 0,205 |
| **CM** | 0,250 | 0,219 | 0,139 | 0,220 | 0,055 | 0,220 | 0,270 | 0,217 | 0,201 | 0,219 | 0,046 | 0,219 |
| **AD** | 1,456 | 0,752 | 0,794 | 0,752 | 0,268 | 0,752 | 1,617 | 0,752 | 1,336 | 0,752 | 0,307 | 0,752 |
| **AIC** | 547 | | 1223 | | 675 | | 266 | | 607 | | 326 | |
| **BIC** | 551 | | 1229 | | 679 | | 268 | | 610 | | 328 | |
| **Weibull** | | | | | | | | | | | | |
| | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** |
| **Alak** | 3,93 | 0,47 | 3,36 | 0,25 | 3,12 | 0,30 | 2,58 | 0,51 | 2,77 | 0,32 | 3,79 | 0,54 |
| **Lépték** | 318,60 | 12,68 | 296,21 | 9,17 | 277,36 | 12,36 | 688,68 | 65,35 | 593,45 | 34,01 | 517,22 | 28,47 |
| | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** |
| **KS** | 0,096 | 0,203 | 0,059 | 0,134 | 0,086 | 0,179 | 0,179 | 0,309 | 0,120 | 0,205 | 0,173 | 0,205 |
| **CM** | 0,049 | 0,219 | 0,035 | 0,220 | 0,101 | 0,220 | 0,065 | 0,217 | 0,136 | 0,219 | 0,142 | 0,219 |
| **AD** | 0,284 | 0,757 | 0,270 | 0,757 | 0,699 | 0,757 | 0,584 | 0,757 | 0,740 | 0,757 | 0,872 | 0,757 |
| **AIC** | 531 | | 1214 | | 681 | | 256 | | 596 | | 331 | |
| **BIC** | 534 | | 1219 | | 686 | | 258 | | 600 | | 333 | |
| **Gamma** | | | | | | | | | | | | |
| | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** |
| **Alak** | 8,98 | 1,84 | 8,66 | 1,17 | 9,16 | 1,66 | 3,514 | 0,99 | 5,68 | 1,11 | 14,69 | 3,95 |
| **Arány** | 0,03 | 0,01 | 0,03 | 0,00 | 0,04 | 0,01 | 0,006 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,03 | 0,01 |
| | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** |
| **K-S** | 0,154 | 0,203 | 0,070 | 0,134 | 0,085 | 0,179 | 0,248 | 0,309 | 0,117 | 0,205 | 0,126 | 0,205 |
| **Cramer** | 0,166 | 0,219 | 0,072 | 0,220 | 0,051 | 0,220 | 0,162 | 0,217 | 0,121 | 0,219 | 0,060 | 0,219 |
| **A-D** | 0,935 | 0,755 | 0,386 | 0,755 | 0,278 | 0,752 | 1,050 | 0,759 | 0,780 | 0,757 | 0,403 | 0,752 |
| **AIC** | 539 | | 1216 | | 676 | | 260 | | 599 | | 327 | |
| **BIC** | 543 | | 1221 | | 680 | | 262 | | 603 | | 329 | |

10.13147/SOE.2018.017



## ŐSZ

| | Munkanap | | | | | | Munkaszüneti nap | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2016 n= 64 | | 2012-2016 n= 141 | | 2012-2015 n= 77 | | 2016 n= 27 | | 2012-2016 n= 58 | | 2012-2015 n= 31 | |
| **Normál** | | | | | | | | | | | | |
| | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** |
| **Átlag** | 155,11 | 9,05 | 157,70 | 5,19 | 159,86 | 5,80 | 776,85 | 78,31 | 659,17 | 49,67 | 556,68 | 57,08 |
| **Szórás** | 72,41 | 6,40 | 61,65 | 3,67 | 50,91 | 4,10 | 406,89 | 55,37 | 378,31 | 35,13 | 317,81 | 40,36 |
| | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** |
| **KS** | 0,116 | 0,170 | 0,069 | 0,115 | 0,070 | 0,155 | 0,120 | 0,254 | 0,110 | 0,179 | 0,147 | 0,238 |
| **CM** | 0,164 | 0,220 | 0,144 | 0,220 | 0,075 | 0,220 | 0,057 | 0,218 | 0,111 | 0,220 | 0,137 | 0,218 |
| **AD** | 1,052 | 0,751 | 1,021 | 0,751 | 0,600 | 0,751 | 0,385 | 0,751 | 0,760 | 0,751 | 0,895 | 0,751 |
| **AIC** | 734 | | 1566 | | 828 | | 405 | | 857 | | 449 | |
| **BIC** | 738 | | 1572 | | 832 | | 408 | | 861 | | 452 | |
| **Lognormál** | | | | | | | | | | | | |
| | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** |
| **lg(Átl.)** | 4,94 | 0,06 | 4,98 | 0,04 | 5,02 | 0,04 | 6,47 | 0,13 | 6,30 | 0,09 | 6,16 | 0,11 |
| **lg(Szór.)** | 0,47 | 0,04 | 0,42 | 0,03 | 0,37 | 0,03 | 0,68 | 0,09 | 0,65 | 0,06 | 0,59 | 0,07 |
| | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** |
| **KS** | 0,065 | 0,170 | 0,063 | 0,115 | 0,088 | 0,155 | 0,196 | 0,254 | 0,112 | 0,179 | 0,166 | 0,238 |
| **CM** | 0,061 | 0,220 | 0,103 | 0,220 | 0,138 | 0,220 | 0,191 | 0,218 | 0,148 | 0,220 | 0,155 | 0,218 |
| **AD** | 0,356 | 0,752 | 0,729 | 0,752 | 1,148 | 0,752 | 1,097 | 0,752 | 0,919 | 0,752 | 0,783 | 0,752 |
| **AIC** | 721 | | 1565 | | 843 | | 409 | | 850 | | 441 | |
| **BIC** | 725 | | 1571 | | 848 | | 412 | | 854 | | 444 | |
| **Weibull** | | | | | | | | | | | | |
| | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** |
| **Alak** | 2,28 | 0,21 | 2,68 | 0,16 | 3,26 | 0,27 | 1,98 | 0,31 | 1,83 | 0,19 | 1,86 | 0,25 |
| **Lépték** | 175,66 | 10,19 | 177,23 | 5,88 | 177,54 | 6,56 | 874,85 | 89,34 | 743,70 | 56,28 | 629,62 | 64,16 |
| | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** |
| **KS** | 0,090 | 0,170 | 0,059 | 0,115 | 0,091 | 0,155 | 0,157 | 0,254 | 0,065 | 0,179 | 0,112 | 0,238 |
| **CM** | 0,082 | 0,220 | 0,099 | 0,220 | 0,092 | 0,220 | 0,091 | 0,218 | 0,045 | 0,220 | 0,099 | 0,218 |
| **AD** | 0,586 | 0,757 | 0,838 | 0,757 | 0,816 | 0,757 | 0,530 | 0,757 | 0,337 | 0,757 | 0,583 | 0,757 |
| **AIC** | 726 | | 1561 | | 830 | | 403 | | 847 | | 442 | |
| **BIC** | 730 | | 1567 | | 835 | | 406 | | 851 | | 445 | |
| **Gamma** | | | | | | | | | | | | |
| | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** |
| **Alak** | 4,82 | 0,82 | 6,36 | 0,73 | 8,73 | 1,38 | 2,82 | 0,58 | 2,82 | 0,42 | 3,25 | 0,71 |
| **Arány** | 0,03 | 0,01 | 0,04 | 0,00 | 0,05 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
| | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** |
| **KS** | 0,087 | 0,203 | 0,040 | 0,134 | 0,072 | 0,134 | 0,180 | 0,309 | 0,071 | 0,205 | 0,128 | 0,238 |
| **CM** | 0,064 | 0,219 | 0,041 | 0,220 | 0,068 | 0,220 | 0,132 | 0,217 | 0,067 | 0,219 | 0,106 | 0,218 |
| **AD** | 0,378 | 0,758 | 0,314 | 0,757 | 0,606 | 0,757 | 0,730 | 0,762 | 0,458 | 0,762 | 0,576 | 0,762 |
| **AIC** | 721 | | 1555 | | 831 | | 405 | | 846 | | 441 | |
| **BIC** | 726 | | 1561 | | 836 | | 408 | | 851 | | 443 | |

10.13147/SOE.2018.017



**TÉL**

| | Munkanap | | | | | | Munkaszüneti nap | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2016 n= 34 | | 2012-2016 n= 60 | | 2012-2015 n= 26 | | 2016 n= 17 | | 2012-2016 n= 28 | | 2012-2016 n= 11 | |
| **Normál** | | | | | | | | | | | | |
| | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** |
| **Átlag** | 106,56 | 5,90 | 118,05 | 5,59 | 133,08 | 9,57 | 374,65 | 57,58 | 329,25 | 39,06 | 259,09 | 35,10 |
| **Szórás** | 34,38 | 4,17 | 43,30 | 3,95 | 48,82 | 6,77 | 237,40 | 40,71 | 206,71 | 27,62 | 116,42 | 24,82 |
| | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** |
| **KS** | 0,091 | 0,227 | 0,117 | 0,176 | 0,164 | 0,259 | 0,136 | 0,318 | 0,152 | 0,250 | 0,181 | 0,391 |
| **CM** | 0,055 | 0,218 | 0,208 | 0,220 | 0,193 | 0,217 | 0,049 | 0,217 | 0,113 | 0,218 | 0,057 | 0,214 |
| **AD** | 0,362 | 0,751 | 1,222 | 0,751 | 1,151 | 0,751 | 0,377 | 0,751 | 0,684 | 0,751 | 0,370 | 0,751 |
| **AIC** | 341 | | 626 | | 280 | | 238 | | 382 | | 140 | |
| **BIC** | 344 | | 631 | | 282 | | 240 | | 385 | | 141 | |
| **Lognormál** | | | | | | | | | | | | |
| | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** |
| **lg(Átl.)** | 4,62 | 0,06 | 4,71 | 0,04 | 4,84 | 0,06 | 5,64 | 0,21 | 5,57 | 0,14 | 5,45 | 0,14 |
| **lg(Szór.)** | 0,33 | 0,04 | 0,34 | 0,03 | 0,32 | 0,04 | 0,88 | 0,15 | 0,75 | 0,10 | 0,47 | 0,10 |
| | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** |
| **KS** | 0,102 | 0,227 | 0,072 | 0,176 | 0,116 | 0,259 | 0,235 | 0,318 | 0,167 | 0,250 | 0,131 | 0,391 |
| **CM** | 0,027 | 0,218 | 0,033 | 0,220 | 0,060 | 0,217 | 0,154 | 0,217 | 0,127 | 0,218 | 0,035 | 0,214 |
| **AD** | 0,182 | 0,752 | 0,193 | 0,752 | 0,371 | 0,752 | 0,877 | 0,752 | 0,757 | 0,752 | 0,248 | 0,752 |
| **AIC** | 339 | | 612 | | 270 | | 240 | | 379 | | 139 | |
| **BIC** | 342 | | 616 | | 273 | | 241 | | 382 | | 139 | |
| **Weibull** | | | | | | | | | | | | |
| | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** |
| **Alak** | 3,32 | 0,43 | 2,77 | 0,25 | 2,77 | 0,37 | 1,57 | 0,30 | 1,65 | 0,24 | 2,37 | 0,54 |
| **Lépték** | 118,80 | 6,49 | 132,32 | 6,54 | 149,31 | 11,27 | 415,13 | 67,46 | 368,48 | 44,35 | 293,01 | 39,47 |
| | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** |
| **KS** | 0,091 | 0,227 | 0,110 | 0,176 | 0,164 | 0,259 | 0,155 | 0,318 | 0,105 | 0,250 | 0,166 | 0,391 |
| **CM** | 0,055 | 0,218 | 0,207 | 0,220 | 0,181 | 0,217 | 0,053 | 0,217 | 0,055 | 0,218 | 0,045 | 0,214 |
| **AD** | 0,351 | 0,757 | 1,294 | 0,757 | 1,109 | 0,757 | 0,366 | 0,757 | 0,331 | 0,757 | 0,280 | 0,757 |
| **AIC** | 341 | | 625 | | 279 | | 235 | | 375 | | 139 | |
| **BIC** | 344 | | 629 | | 282 | | 237 | | 378 | | 140 | |
| **Gamma** | | | | | | | | | | | | |
| | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** | **Becsült** | **Hiba** |
| **Alak** | 9,35 | 2,26 | 8,33 | 1,50 | 9,14 | 2,48 | 1,92 | 0,56 | 2,35 | 0,56 | 4,98 | 2,02 |
| **Arány** | 0,09 | 0,02 | 0,07 | 0,01 | 0,07 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,01 |
| | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** | **Teszt** | **Kritikus** |
| **K-S** | 0,084 | 0,203 | 0,077 | 0,134 | 0,123 | 0,259 | 0,181 | 0,309 | 0,121 | 0,205 | 0,132 | 0,391 |
| **Cramer** | 0,024 | 0,219 | 0,059 | 0,220 | 0,094 | 0,217 | 0,077 | 0,217 | 0,059 | 0,219 | 0,033 | 0,214 |
| **A-D** | 0,163 | 0,754 | 0,332 | 0,755 | 0,575 | 0,752 | 0,471 | 0,768 | 0,370 | 0,768 | 0,223 | 0,754 |
| **AIC** | 329 | | 605 | | 273 | | 236 | | 375 | | 138 | |
| **BIC** | 332 | | 609 | | 275 | | 238 | | 378 | | 139 | |

10.13147/SOE.2018.017



# 3. Kérdőív az erdészeti úthasználati szokásokról

## Erdei úthasználati szokások

A Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézetének tudományos felmérése az erdőbe látogatók elvárásait vizsgálja, az erdei utakkal kapcsolatban.
Ez a kérdőív nem teszt, tehát nincsenek jó, vagy rossz válaszok. Kérjük, őszinte válaszaival segítse munkánkat!
Minden válasz névtelenül kerül regisztrálásra és kiértékelésre.
A kérdőív kitöltése 10-15 percet vesz igénybe.
Amennyiben kíváncsi a kiértékelés eredményére, a kérdőív végén megtekintheti az eddigi válaszokat.

Köszönjük a segítségét!

*Required

1. **Milyen gyakran jár erdei úton az alábbi módokon?** *
   *Mark only one oval per row.*

| | Naponta legalább egyszer | Hetente legalább egyszer | Havonta legalább egyszer | Ritkábban | Soha |
|---|---|---|---|---|---|
| Gyalog | | | | | |
| Kerékpárral | | | | | |
| Lóval | | | | | |
| Motorkerékpárral / quaddal | | | | | |
| Személygépkocsival | | | | | |
| Tehergépkocsival | | | | | |
| Munkagéppel | | | | | |

2. **Általában milyen hosszú látogatást tesz az erdőben?** *
   *Mark only one oval per row.*

| | 0-2 km | 2-5 km | 5-10 km | 10-15 km | 15-20 km | Több, mint 20 km | Nincs válasz |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gyalog | | | | | | | |
| Kerékpárral | | | | | | | |
| Lóval | | | | | | | |
| Motorkerékpárral / quaddal | | | | | | | |
| Személygépkocsival | | | | | | | |
| Tehergépkocsival | | | | | | | |
| Munkagéppel | | | | | | | |

10.13147/SOE.2018.017



3. **Általában milyen hosszú látogatást tesz az erdőben?** *
*Mark only one oval per row.*

| | 0-1 óra | 1-2 óra | 2-3 óra | 3-4 óra | 4-5 óra | Több, mint 5 óra | Nincs válasz |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gyalog | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ |
| Kerékpárral | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ |
| Lóval | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ |
| Motorkerékpárral / quaddal | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ |
| Személygépkocsival | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ |
| Tehergépkocsival | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ |
| Munkagéppel | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ |

4. **Milyen céllal jár leggyakrabban az erdőben?** *
*Mark only one oval.*

- ◯ Kikapcsolódás
- ◯ Munkavégzés

5. **Általában mivel közlekedik az erdőben?** *
Kérjük, azt a közlekedési módot jelölje meg, amelyet erdei látogatása során általában a leghosszabb ideig használ. A további kérdések erre a közlekedési módra fognak vonatkozni. Kérjük, amennyiben több közlekedési mód jellemző Önre, és ideje engedi, a válaszait a kérdőív újbóli kitöltésével rögzítse!
*Mark only one oval.*

- ◯ Gyalog *Skip to question 6.*
- ◯ Kerékpárral *Skip to question 8.*
- ◯ Lóval *Skip to question 10.*
- ◯ Motorkerékpárral / quad-dal *Skip to question 12.*
- ◯ Személygépkocsival *Skip to question 14.*
- ◯ Tehergépkocsival *Skip to question 16.*
- ◯ Munkagéppel *Skip to question 18.*

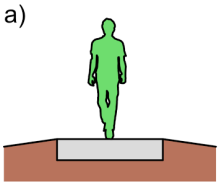
*Skip to question 5.*

10.13147/SOE.2018.017

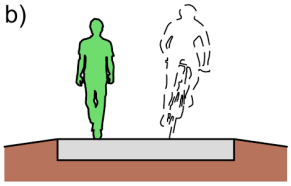


6. **Milyen szélességű utakon jár leggyakrabban?** *

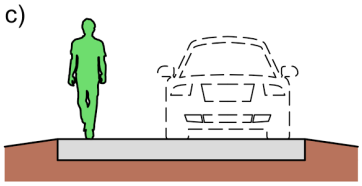
a)



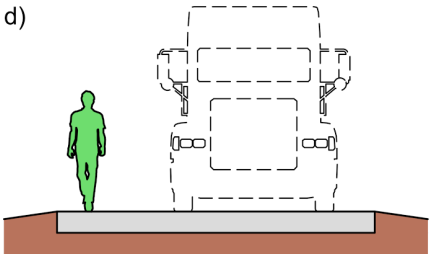
b)



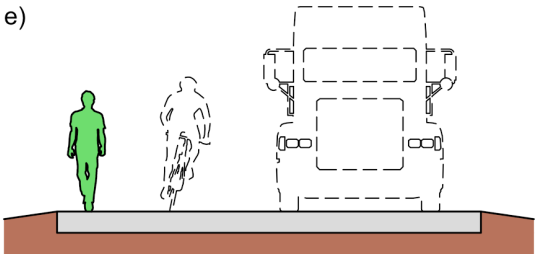
c)



d)



e)



*Mark only one oval.*

- a
- b
- c
- d
- e

7. **Milyen szélességű utat használna legszívesebben?** *

*Mark only one oval.*

- Ne legyen út
- a
- b
- c
- d
- e

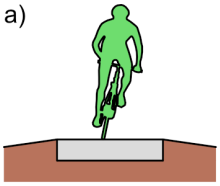
*Skip to question 20.*

10.13147/SOE.2018.017

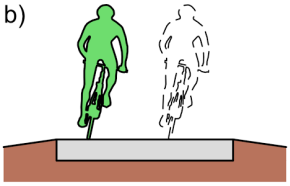


8. **Milyen szélességű utakon jár leggyakrabban?** *

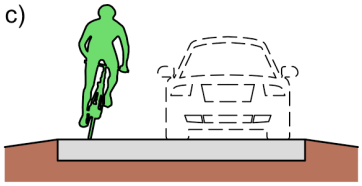
a)



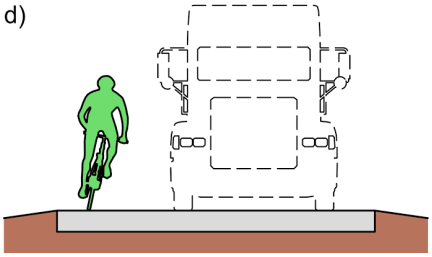
b)



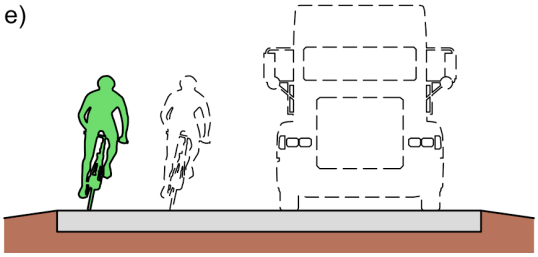
c)



d)



e)



*Mark only one oval.*

- a
- b
- c
- d
- e

9. **Milyen szélességű utat használna legszívesebben?** *

*Mark only one oval.*

- Ne legyen út
- a
- b
- c
- d
- e

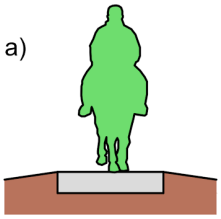
*Skip to question 20.*

10.13147/SOE.2018.017

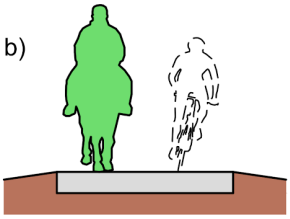


10. **Milyen szélességű utakon jár leggyakrabban?** *

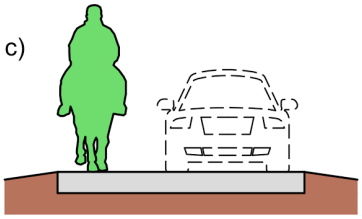
a)



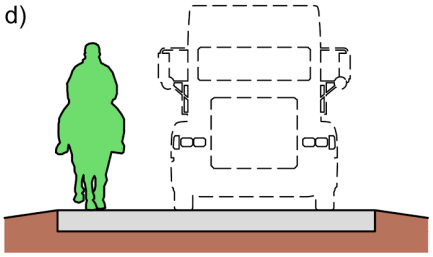
b)



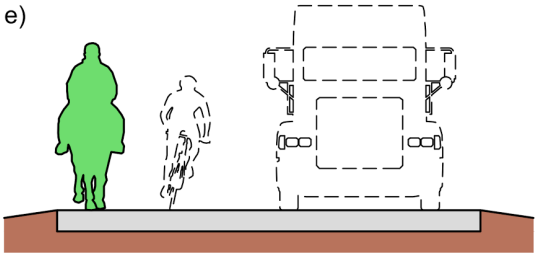
c)



d)



e)



*Mark only one oval.*

- a
- b
- c
- d

11. **Milyen szélességű utat használna legszívesebben?** *

*Mark only one oval.*

- a
- b
- c
- d

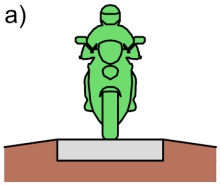
*Skip to question 20.*

10.13147/SOE.2018.017

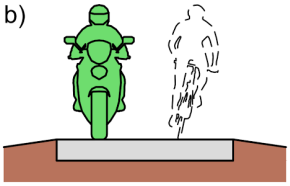


12. **Milyen szélességű utakon jár leggyakrabban?** *

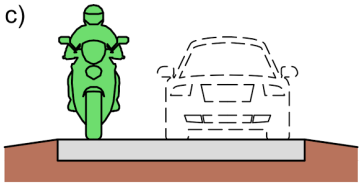
a)



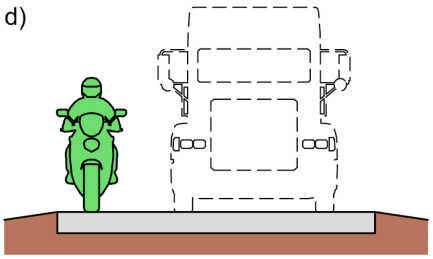
b)



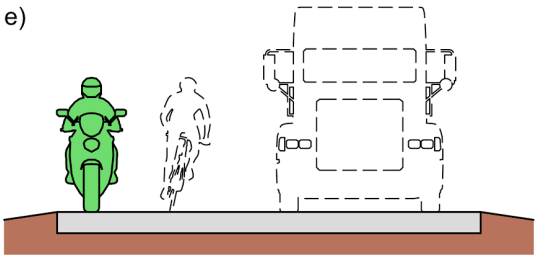
c)



d)



e)



*Mark only one oval.*

- a
- b
- c
- d

13. **Milyen szélességű utat használna legszívesebben?** *

*Mark only one oval.*

- a
- b
- c
- d

*Skip to question 20.*

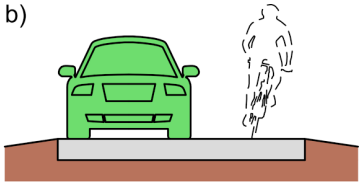
10.13147/SOE.2018.017



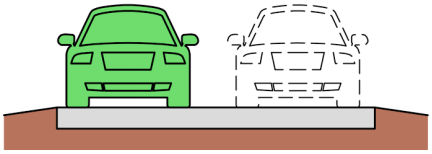
14. **Milyen szélességű utakon jár leggyakrabban?** *

a)

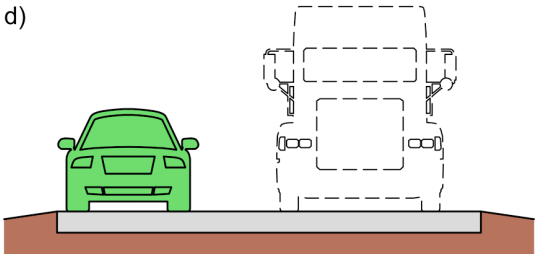
b)



c)



d)



*Mark only one oval.*

- a
- b
- c
- d

15. **Milyen szélességű utat használna legszívesebben?** *

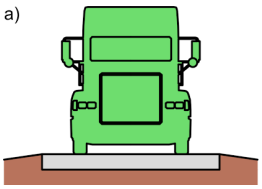
*Mark only one oval.*

- a
- b
- c
- d

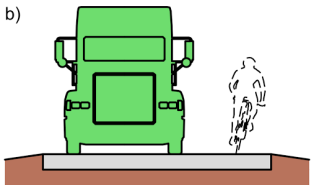
*Skip to question 20.*

16. **Milyen szélességű utakon jár leggyakrabban?** *

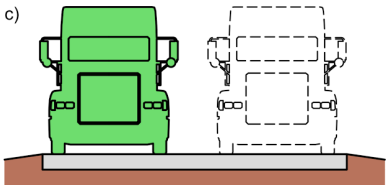
a)



b)



c)



*Mark only one oval.*

- a
- b
- c

17. **Milyen szélességű utat használna legszívesebben?** *

*Mark only one oval.*

- a
- b
- c

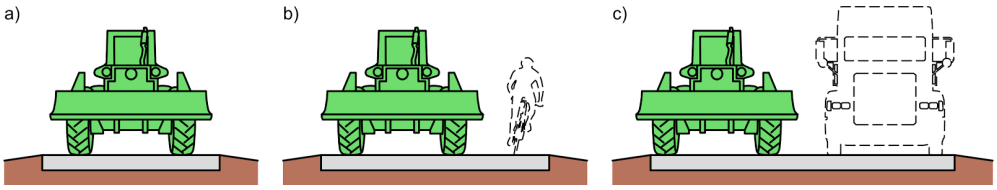
10.13147/SOE.2018.017



*Skip to question 20.*

18. **Milyen szélességű utakon jár leggyakrabban?** *

a) b) c)



*Mark only one oval.*

- a
- b
- c

19. **Milyen szélességű utat használna legszívesebben?** *

*Mark only one oval.*

- a
- b
- c

*Skip to question 20.*

20. **Milyen gyakran használja a következő úttípusokat erdei látogatása során?** *

Kérjük, a választ az Ön által megadott jellemző közlekedési módra vonatkoztassa!
*Mark only one oval per row.*

| | Mindig | Gyakran | Ritkán | Soha |
|---|---|---|---|---|
| Aszfalt út | | | | |
| Makadám út (kavicsos, murvás) | | | | |
| Földút | | | | |
| Ösvény | | | | |

21. **Milyen kiépítési szintet tart megfelelőnek erdőterületen?** *

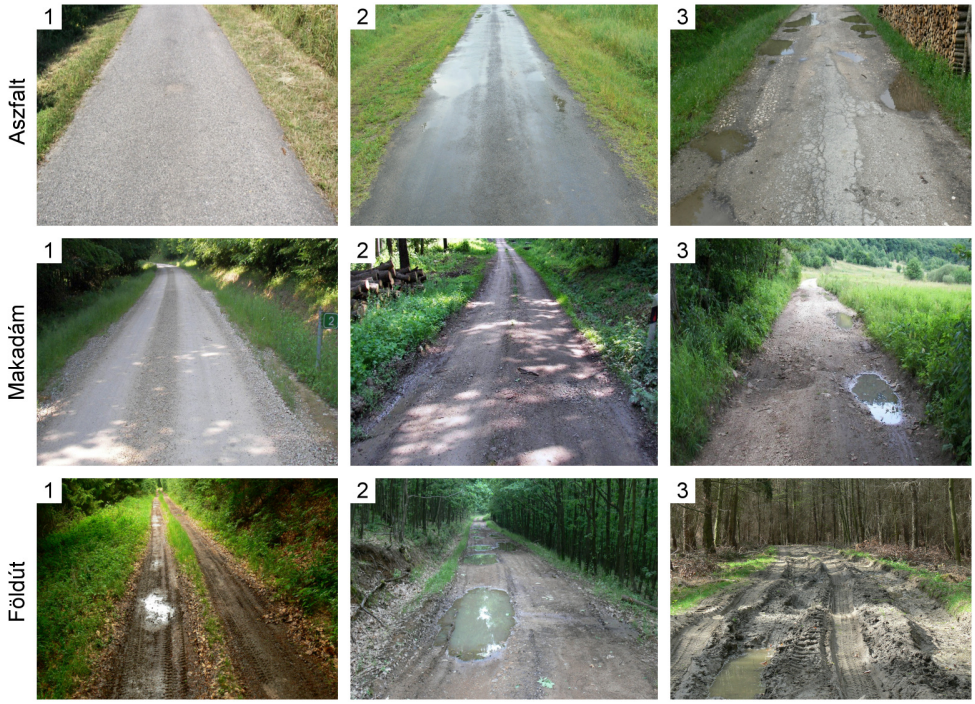
Kérjük, a választ az Ön által megadott jellemző közlekedési módra vonatkoztassa!
*Mark only one oval.*

- Aszfalt út
- Makadám út (kavicsos, murvás)
- Földút
- Ösvény
- Ne legyen út

10.13147/SOE.2018.017

22. **Milyen útállapotot mellett venné még igénybe az erdei utat?** *

Kérjük, az alábbi fotók alapján válasszon. A választ az Ön által megadott jellemző közlekedési módra vonatkoztassa!




*Mark only one oval per row.*

| | 1 | 2 | 3 | Nem venném igénybe |
|---|---|---|---|---|
| Aszfalt út | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ |
| Makadám út (kavicsos, murvás) | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ |
| Földút | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ |

23. **Az erdei tájékozódásban milyen jelzésekre támaszkodik leginkább?** *

*Mark only one oval.*

- ◯ Irányjelző tábla
- ◯ Turistajelzés
- ◯ Térképen jelzett útvonal
- ◯ Egyik sem
- ◯ Egyéb:

24. _____

10.13147/SOE.2018.017



25. **Mennyire zavarják erdei látogatása során az alábbiakkal való találkozások?** *

*Mark only one oval per row.*

| | Nagymértékben zavar | Kis mértékben zavar | Semleges | Örülök a találkozásnak | Nem találkozom ezzel a csoporttal |
|---|---|---|---|---|---|
| Gyalogos | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ |
| Kerékpáros | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ |
| Lovas | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ |
| Motorkerékpáros / Quados | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ |
| Személygépkocsi | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ |
| Tehergépkocsi | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ |
| Erdészeti munkagép | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ |

26. **Kérjük válassza ki, hogy melyik látogatócsoport zavarja önt leginkább!** *

*Mark only one oval.*

- ◯ Gyalogos
- ◯ Kerékpáros
- ◯ Lovas
- ◯ Motorkerékpáros / Quados
- ◯ Személygépkocsi
- ◯ Tehergépkocsi
- ◯ Erdészeti munkagép

27. **Milyen megoldást tartana a legmegfelelőbbnek az önt leginkább zavaró csoporttal való konfliktus elkerülésére?** *

*Mark only one oval.*

- ◯ Külön útvonal kijelölése a különböző csoportok számára
- ◯ Időbeli korlátozások alkalmazása (Pl.: Hétköznapi közlekedés megengedett, hétvégi nem)
- ◯ Térbeli korlátozások alkalmazása (Pl. útlezárás sorompóval)
- ◯ A csoport kitiltása az erdőből
- ◯ Other: _____

10.13147/SOE.2018.017



28. **Kérjük, állítsa sorrendbe fontosság szerint az erdei utak feladatait!** *
A számok azt jelölik, hogy az öt feladat közül az adott feladatot hányadik helyre tenné. Ezért kérjük, egy sorszámot csak egy feladathoz rendeljen!
*Mark only one oval per row.*

| | A legfontosabb | Nagyon fontos | Fontos | Kevésbé fontos | Legkevésbé fontos |
|---|---|---|---|---|---|
| Közjólét (Pl. Kirándulás, sportolás) | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ |
| Kármérséklés (Pl.: Tűzoltóság gépjárműveinek közlekedése) | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ |
| Erdőgazdálkodás lehetővé tétele (Pl.: Faanyag szállítás) | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ |
| Települések összekötése | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ |
| Természetvédelmi felügyelet biztosítása | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ |

29. **Erdei látogatása során mekkora kitérőt tenne az alábbi célpontok felkereséséért?** *
*Mark only one oval per row.*

| | Nem tennék kitérőt | Maximum fél órás kitérő | Maximum 1 órás kitérő | Több, mint 1 órás kirérő | Főcél |
|---|---|---|---|---|---|
| Forrás | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ |
| Tó | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ |
| Patak | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ |
| Vízesés | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ |
| Szikla | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ |
| Hegytető, magaslat, kilátópont | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ |
| Barlang | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ |
| Kilátó | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ |
| Pihenőhely, tűzrakóhely | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ |
| Rom | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ |
| Tanösvény, tornapálya | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ |
| Esőbeálló | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ |
| Játszótér | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ | ◯ |

30. **Mi az a minimális megközelíthetőségi feltétel, amelynek megléte esetén felkeresné a legvonzóbbnak jelölt látnivalót?** *
*Mark only one oval.*

- ◯ Táblával jelzett útirány
- ◯ Jelzett turistaút
- ◯ Térképen jelzett út
- ◯ Nem jelzett út
- ◯ Út, ösvény nélkül is felkeresném

## Általános adatok

10.13147/SOE.2018.017



Most arra kérnénk, hogy osszon meg velünk néhány önre vonatkozó adatot.

31. **Neme:** *
*Mark only one oval.*

- Nő
- Férfi

32. **Életkora:** *

_____

33. **Lakóhelye:** *
*Mark only one oval.*

- Főváros
- Nagyváros (100 000 fő felett)
- Középváros (20 - 100 000 fő)
- Kisváros (5- 20 000 fő)
- Község (5 000 fő alatt)

34. **Foglalkozása:** *
*Mark only one oval.*

- Ülőmunka
- Fizikai munka
- Tanuló
- Nyugdíjas
- Munkanélküli

35. **További észrevételek**
Kérjük ossza meg velünk a témával kapcsolatos, de a kérdőívből kimaradt véleményét, észrevételeit. Köszönjük!

_____

_____

_____

_____

_____

Powered by
Google Forms