



Kosztolányi-Iván Gabriella

Útkategóriák megkülönböztetésének vizsgálata a  
járművezetők által látott útkialakítás alapján

Doktori értekezés

Témavezetők:

Dr. Koren Csaba, CSc, egyetemi tanár, Széchenyi István Egyetem  
Dr. Borsos Attila, PhD, egyetemi docens, Széchenyi István Egyetem

Széchenyi István Egyetem  
Infrastrukturális Rendszerek Modellezése és Fejlesztése  
Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola

Győr  
2015

## Tartalomjegyzék

Összefoglaló .....	4
Summary .....	5
Nyilatkozat .....	6
1. Bevezetés – a kutatási probléma, megválaszolandó kérdések .....	7
1.1. Az emberi tényező; ember – jármű – infrastruktúra rendszer .....	7
1.2. Kutatási célkitűzések .....	8
1.3. Alkalmazott módszerek, a disszertáció felépítése .....	10
2. Útkialakítás, útosztályozás, sebesség – szakirodalmi kitekintés .....	12
2.1. Útkialakítás és járművezetés a közlekedépszichológia szemszögéből .....	12
2.1.1. Az információ feldolgozás sajátosságai, a szubjektív útkategorizáció jelentősége ..	12
2.1.2. Motiváció szerepe a sebességválasztásban .....	14
2.2. Tervezési sebesség – megengedett legnagyobb sebesség .....	16
2.3. Sebességkorlátozás Magyarországon .....	19
2.4. Sebesség hatása a baleseti kockázatra .....	20
2.5. Emelt sebességű útjaink és azok biztonsága .....	24
2.6. Út és út menti környezet hatása a haladási sebességre .....	30
2.6.1. Az út geometriai kialakítása .....	30
2.6.2. Az út menti környezet .....	32
2.6.3. Az útkialakítás és útkörnyezet együttes hatása .....	33
2.6.4. Közúti jelzések .....	38
2.6.5. Szimulátor-kísérletek az út menti környezet elemzésére .....	40
2.7. Önmagukat magyarázó utak .....	42
2.8. Utak osztályba sorolása – úttervezési előírások .....	53
2.8.1. A holland útosztályozás .....	54
2.8.2. Német útosztályozás - külterületi utak új tervezési előírásai .....	56
2.8.3. Amerikai útosztályozás .....	57
2.8.4. A magyar útosztályozás .....	58
2.9. Képfeldolgozás, képosztályozás alkalmazási lehetőségei .....	59

2.9.1.	A képfeldolgozás módszertana.....	59
2.9.2.	Képfelismerés és képosztályozás .....	62
3.	Sebességválasztás felmérése külterületi és belterületi utakon fényképek alapján .....	66
3.1.	Online kérdőíves felmérés.....	66
3.1.1.	Résztvevők.....	66
3.1.2.	A kérdőív .....	66
3.2.	Eredmények felhasználhatósága, a módszer korlátai.....	69
3.2.1.	A választott és a mért sebességek összevetése.....	70
3.2.2.	A választott sebességek eloszlása.....	71
3.3.	Eredmények és elemzés .....	73
3.3.1.	Eredmények úttípusonként.....	74
3.3.2.	Az úttípusonkénti eredmények összehasonlítása.....	82
3.4.	Statisztikai elemzés.....	83
3.4.1.	A szórások eltérése úttípusonként – F-próba elvégzése .....	83
3.4.2.	Az átlagsebességek eltérése úttípusonként – Welch-próba elvégzése .....	85
3.4.3.	Főkomponens-analízis – úttípusok vizsgálata.....	88
3.4.4.	Az átlagsebességek eltérése úthasználói csoportonként – Welch-próba .....	90
3.4.5.	Az átlagsebességek eltérése úthasználói csoportonként –Wilcoxon-próba .....	91
3.4.6.	Úthasználói csoportok vizsgálata klaszteranalízissel .....	93
3.5.	Következtetések.....	96
4.	Lakott terület vagy külterület? Átmeneti zónák érzékelése .....	97
4.1.	Online kérdőíves felmérés a sebességválasztásról.....	97
4.1.1.	A kérdőív .....	98
4.1.2.	Eredmények és elemzés .....	99
4.2.	Képosztályozás számítógépes szoftverrel .....	100
4.2.1.	Az osztályozó tanítása a tanító képadatbázissal.....	101
4.2.2.	A tesztképek osztályozása.....	102
4.2.3.	Eredmények elemzése .....	105
4.3.	Az osztályozó működésének az emberi felismeréssel való összehasonlítása.....	107
4.4.	Következtetések.....	111

5.	Utak csoportosítása az úthasználók által .....	113
5.1.	Képcsoportosítási feladat .....	113
5.1.1.	A felmérés .....	113
5.1.2.	A felmérésben választott csoportok .....	114
5.1.3.	A válaszok feldolgozása .....	115
5.1.4.	Választott csoportok klaszteranalízise .....	118
5.1.5.	Klaszteranalízis eredménye .....	120
5.1.6.	A klaszteranalízis részleteinek elemzése .....	122
5.1.7.	A képcsoportosítási feladat eredményének másfajta grafikus ábrázolása .....	127
5.2.	Választott sebességek klaszteranalízise .....	128
5.3.	Következtetések .....	132
6.	Az értekezés téziseinek összefoglalása .....	134
1.	tézis .....	134
2.	tézis .....	136
3.	tézis .....	137
4.	tézis .....	139
5.	tézis .....	141
7.	Összegzés .....	143
7.1.	A doktori értekezés eredményei .....	143
7.2.	Javaslatok további kutatási irányokra .....	144
	Köszönetnyilvánítás .....	145
	Irodalomjegyzék .....	146
	Saját publikációk .....	146
	Mások publikációi .....	148
	Ábrajegyzék .....	165
	Táblázatjegyzék .....	168
	Mellékletek .....	170

## Összefoglaló

Disszertációmban hazai úthálózatunkra vonatkoztatva a sebességválasztás kérdéseivel, az útosztályok felismerésével foglalkoztam. Megvizsgáltam az önmagát magyarázó elv érvényesülését a jelenlegi magyar utakon. Doktori értekezésem eredményeit 5 tézisben (ezen belül 3-at altézisekre bontva) foglaltam össze.

A felmérésekhez három különböző módszert használtam.

Az úthasználók által választott sebesség meghatározásának hagyományos módszere a sebességmérés. Ezen módszer újszerűnek tekinthető alternatívájaként 45 különböző útkialakítást (road scene) bemutató fényképek alapján kérdeztem meg több mint 500 vizsgált személyt a sebességválasztásról. Statisztikai elemzéseket, klaszterelemzést és szignifikancia-szint számítást végeztem a kapott adatok felhasználásával.

Fedélzeti kamera segítségével videofelvételket készítettem hazai utakról, amelyekből fényképeket készítettem. Ezek felhasználásával egy képfelismerő szoftvert alkalmaztam a lakott területen belüli és kívüli utak felismerhetőségének elemzéséhez.

A harmadik felmérésben útkeresztmetszetek képeinek csoportosítását végeztem mintegy 100 személlyel. Ez a vizsgálat a megkülönböztethető úttípusok számának és milyenségének megállapítására irányult. Ezután egy másik oldalról megközelítve a kérdést, a fényképek alapján választott sebességekkel útkeresztmetszetek képeinek klaszter-elemzését végeztem.

Vizsgálataim eredményei szerint egyes úttípusokat jól tudnak azonosítani a járművezetők, míg más úttípusok esetén bizonytalanok, ezek a nem önmagukat magyarázó utak. Mivel a bizonytalanság mindig veszélyforrás, az ilyen utak tervezését kerülni kell.

A választott sebességek relatív szórása és az egyértelműségi tényező olyan mérőszámok, amelyek eszközt szolgáltatnak a járművezetők bizonytalanságának mértékének megállapításához, ezáltal a bizonytalan és kockázatos helyzetekhez vezető útkeresztmetszetek és útelemelek azonosíthatók.

Vizsgálataim továbbá igazolták, hogy az emberek legfeljebb 4–6 útosztályt képesek egymástól megkülönböztetni. Ezek a számok jó egyezésben vannak az új holland, ill. német előírások útosztályozásával, ezért a hazai előírások korszerűsítése során is ebben az irányban kell haladni. Így tehát indokolt a jelenleg érvényes KTSZ által alkalmazott útosztályok felülvizsgálata az önmagát magyarázó elv alapján, különös tekintettel az alkalmazott osztályok számára.

## Summary

In my PhD thesis I was dealing with the question of speed choice and recognition of road classes on the Hungarian road network. I have studied the validity of the self-explanatory principle on the current Hungarian roads. The results of my PhD dissertation are summarized in 5 theses.

In the survey three different methods were used.

The speed choice of the road users have traditionally been measured by speed cameras. A new alternative method was used: more than 500 respondents had to choose driving speed according to 45 different road scene photographs which were shown them. Statistical analysis, cluster analysis and significance level calculations were performed using the data obtained.

On-board camera videos were made on Hungarian roads and from these video recordings an appropriate amount of road scene photographs was made. Using an image recognition software, these photographs were used to analyse the recognisability of roads inside and outside built-up areas.

In the third survey a picture-sorting task was performed with about 100 respondents. The aim of this study was to explore, how many road categories road users can clearly distinguish from each other and what are these categories. From another approach, a cluster analysis was performed on the basis of chosen speeds in the questionnaire survey with road scene photographs.

The results of my investigations confirmed that some road types are recognisable for road users, while there are also roads that cause uncertainty in them, these roads are not self-explaining. As uncertainty can cause risky situations, design of this road type should be avoided.

Indicators from my studies: the standard deviation of chosen speeds and the certainty score - can serve as tools to assess the degree of uncertainty in road users, thus road scenes and road elements leading to uncertain and therefore risky situations can be identified.

My studies have also shown that road users can clearly distinguish 4–6 road categories only. These numbers are in harmony with the new German and Dutch classification, which are also based on this principle. It is proposed to upgrade the Hungarian technical guidelines according to the principles of self-explaining roads and particularly related to the number of road categories.

## Nyilatkozat

Alulírott *Kosztolányi-Iván Gabriella* kijelentem, hogy ezt a doktori értekezést saját magam készítettem, és ebben csak a megadott forrásokat használtam fel. Minden olyan részt, amelyet szó szerint, vagy azonos tartalomban, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen, a forrás megadásával megjelöltem.

Győr, 2015. május 29.

.....  
Kosztolányi-Iván Gabriella  
doktorjelölt

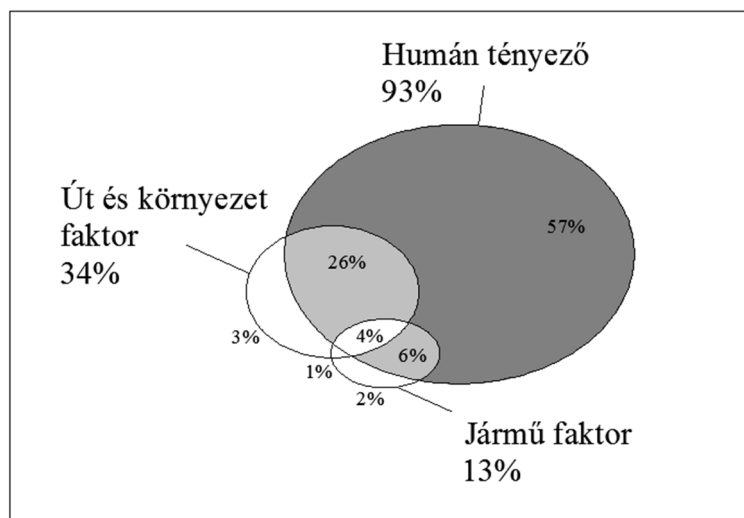
# 1. Bevezetés – a kutatási probléma, megválaszolandó kérdések

## 1.1. Az emberi tényező; ember – jármű – infrastruktúra rendszer

A közúti közlekedési rendszer három központi elemből épül fel, melyek egymásra folyamatos kölcsönhatást fejtenek ki:

- ember = a közlekedő                      humán tényező
- út és annak környezete                    közlekedési tér – infrastruktúra
- jármű faktor                                közlekedési eszköz

Számos hazai és külföldi kutatás igazolta már, hogy a humán tényező játszza a legmeghatározóbb szerepet az utakon bekövetkező közlekedési balesetknél. A közúti közlekedési balesetek közel 60%-a kizárólag emberi mulasztás következménye. Ha ezt kiegészítjük azokkal a balesetekkel, amelyekben az ember és a jármű faktor, továbbá az ember és az út és környezeti faktor kombinációja szerepel okozóként, akkor kimondható, hogy a humán tényező a balesetek több mint 90%-ában van jelen (*1.1. ábra*) [Treat et.al., 1977] [Alicandri, 2006] [Holló, 2007].



1.1. ábra: Az emberi tényező szerepe a közúti közlekedési balesetknél [Holló, 2007]

Az infrastruktúra, a közlekedési tér elemeinek tervezésénél fontos figyelembe vennünk a közlekedő ember adottságait, képességeit is. Persze ez nem jelenti azt, hogy csak ezzel a tényezővel kell foglalkoznunk, viszont a másik két faktort módosítva pozitív hatást fejthetünk ki rá. Ezért olyan paramétereket érdemes alkalmaznunk a közlekedési tér kialakítása során, amelyek a közlekedő helyes viselkedését elősegítik, a közlekedési szabályok betartására ösztönzik, sőt különösebb odafigyelés nélkül is ebbe az irányba vezetik. Így közvetve tudjuk ösztönözni, kiváltani a biztonságos közlekedési magatartást.



Az emberek, igaz az előírásoktól vezetve, de önálló döntések alapján közlekednek. A cél, hogy viselkedésük minél közelebb álljon ahhoz a modellhez, amelyre a szabályok szerinti közlekedési rendszer épül.

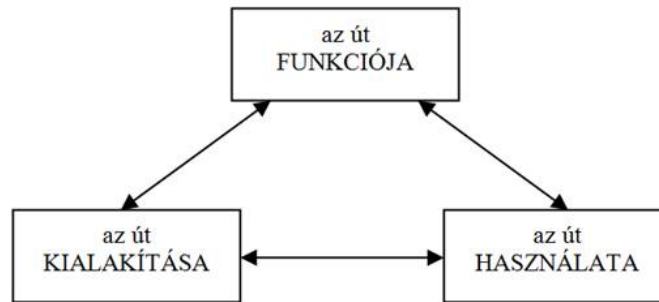
Az adott viszonyok között való közlekedést, az általánostól eltérő eseteket a közlekedőknek meg kell tanítani. A közlekedési morál, az emberi viselkedés megváltoztatása hosszú és progresszív folyamat, amelyben nem lehet egyik napról a másikra kézzel fogható eredményeket elérni. Ehhez képest az infrastruktúra, a közlekedési tér elemei sokkal könnyebben és gyorsabban változtathatók, alakíthatók. Sőt, a környezeti faktorba való beavatkozások rövid időn belül eredményeket is hoznak, amelyek számszerű adatokkal kimutathatók (pl. adott intézkedés hatására történő baleseti gyakoriság csökkenése) [Fuller & Santos, 2002] [Berta, 2007].

A közlekedési eszköz faktor tekintetében elmondható, a hogy járművek műszaki paraméterei folyamatosan változnak, korszerűsödnek. A legyártott modellek egyre nagyobb sebesség kifejtésére képesek, de ezzel egyidejűleg folyamatosan fejlődnek a gépjárművek passzív és aktív biztonsági elemei, növekszik a biztonságiöv-viselési arány is [Holló, 2008] [Holló, 2010]. Az újabb vizsgálati eredmények szerint azonban nem a biztonságiöv-viselési arány, hanem annak változási sebessége függ össze a balesetek számával [Beke et al., 2014].

## 1.2. Kutatási célkitűzések

A biztonságos úttervezés az út funkciójának, kialakításának és használatának egyensúlyára épül (1.2. ábra). A funkció nem más, mint az útkezelő által elvárt úthasználat, míg a kialakítás a pálya fizikai terve és kialakításának (helyszínrajzának) részletei, a használat pedig a pálya tényleges használata és az úthasználók viselkedése. A helyes úthasználat eléréséhez és a vezetési hibák elkerüléséhez az út kialakításának összhangban kell lennie az út funkciójával [Koren, 2012] [Koren & Kosztolányi-Iván, 2015a].

Amennyiben ellentmondás van az infrastruktúra funkciója és kialakítása között, az helytelen úthasználathoz, például nem megfelelő haladási sebesség megválasztásához vezethet (1.3. ábra).



1.2. ábra: A biztonságos úttervezés alapelve – a funkció, a kialakítás és a használat összhangja [Royal Haskoning, 2012]



1.3. ábra: A funkció, a kialakítás és a használat diszharmóniája

Doktori értekezésemben a következő, már a korábbiakban [Koren & Tóth-Szabó, 2007] szakmai körökben is felvetődő kérdések megválaszolását tűztem ki célul a magyarországi utakra vonatkozóan:

- Hogyan befolyásolja az út látványa a járművezető által választott sebességet?
- Milyen elemek befolyásolják a sebességválasztást?
- Milyenek az önmagukat magyarázó utak?
- Hány úttípust ismernek fel és különböztetnek meg a járművezetők?
- Milyen úttípusokat ismernek fel és különböztetnek meg a járművezetők?

A járművezetők által megválasztott menetsebesség leginkább a közút környezetének kialakításától és a pillanatnyi forgalmi körülményektől függ, a közlekedők elé táruló út és út menti környezet látványának van a legnagyobb befolyásoló hatása. Általánosságban elmondható, hogy a sebességválasztásra sokkal kisebb hatást tudnak kifejteni a forgalomtechnikai eszközök és az általános közlekedési szabályok. A különböző geometriai paraméterek különböző hatást gyakorolnak a gépjárművezetők által választott sebességekre. A helytelen sebességválasztás komoly biztonsági problémát jelent. Adott útkialakítás esetén szoros kapcsolati rendszer van a sebesség és a baleseti kockázat, valamint a sebesség és a

balesetek súlyossága között. A dolgozattal a magyar utakra kivetítve ezen kérdéseket szeretném megválaszolni.

Az önmagukat magyarázó utak koncepciója is abból a tényből indul ki, hogy a járművezetők magatartásukat leginkább az úthoz és az út menti környezethez igazítják. Az utak kialakításából tehát egyértelműen kell következnie az ott közlekedőktől elvárt vezetési magatartás (pl. a megválasztott haladási sebesség). Ezen követelménynek csak úgy lehet megfelelni, ha viszonylag kevés fajta, egymástól jól megkülönböztethető kialakítású úton kell közlekedni. Ezt egy meglévő, igen heterogén hálózaton nem egyszerű elérni, de legalább az új utak kialakításánál törekedni kell rá.

A jelenleg hatályos Közutak tervezése (KTSZ) útügyi műszaki előírás [KTSZ, 2008] alkalmazása mind a tervezési, mind a kivitelezési fázisban gyakran akadályokba ütközik, melynek megoldásául az előírás alóli kivétel szolgál. Az előírástól eltérő kialakítások pedig éppen a fenti elvek ellen szolgálnak, gátolják az útosztályozási rendszer egyszerűsítését, nehézségeket okoznak az úthasználóknak, közvetve negatív hatást kifejtve ezáltal a közlekedésbiztonságra. Indokolt a jelenleg érvényes KTSZ által alkalmazott útosztályok felülvizsgálata az önmagát magyarázó elv alapján, különös tekintettel az alkalmazott osztályok számára.

Disszertációmban célul tűztem ki az önmagát magyarázó utak elve alapján megvizsgálni minél többféle magyarországi úttípust, továbbá az emberi tényező oldaláról meghatározni a felismerhető és megkülönböztethető úttípusok számát.

### **1.3. Alkalmazott módszerek, a disszertáció felépítése**

A kutatást részletes szakirodalom-kutatással kezdtem, amit a továbbiakban is folyamatosan végeztem. Az önmagukat magyarázó utakkal kapcsolatos ismeretanyagtól eljutottam a sebességválasztás, közlekedépszichológia és közlekedésbiztonság témaköreikhez és ezek infrastruktúrával való összefüggéseikhez. Áttekintettem a hazai és több külföldi közutak tervezésénél használt szabványok, előírások rendszerét.

Különböző, a hazai és nemzetközi gyakorlatból ismert módszereket kutattam fel és alkalmaztam a témakör átjárásához. Ezek alapján a bevezetést követően a disszertáció 2. fejezetében rövid kivonatot készítettem a tudományterület általam vizsgált szeletére vonatkozó, legfontosabbnak vélt ismeretanyagról. Ebben a fejezetben továbbá az önmagukat magyarázó utak elveit, jelenlegi alkalmazási körét is ismertetem.

A következő fázisban adatokat gyűjtöttem saját vizsgálataimhoz. A módszerek tehát adottak voltak, viszont kevés az egységes előírás, szabvány, így ezeket a módszereket

konkrétan a magyar útkialakításokra is alkalmaznom kellett. A következő 3 módszert használtam:

- sebességválasztás felmérése fényképek alapján
- képfelismerő szoftver úttípusok felismerhetőségének elemzéséhez
- képcsoportosítási feladat úttípusok megkülönböztetésének vizsgálatához

Miután többféle különböző módszert alkalmaztam, a követhetőség szempontjából azt a felépítést láttam logikusnak, hogy egy adott módszer bemutatását a saját vizsgálat követi, majd annak eredményei a következtetésekkel együtt.

Az úthasználók által választott sebesség meghatározásának hagyományos módszere a különböző mérőműszerekkel a helyszínen történő sebességmérés. Ezen módszer újszerűnek tekinthető alternatívája, hogy egy-egy útkialakítást (road scene) bemutató fényképek alapján kérdezik meg a vizsgált személyeket a sebességválasztásról. A későbbiekben több olyan külföldi tanulmányról is szó esik majd, amelyek ezen módszert alkalmazták. A módszer alkalmazásával nyert eredményeket arra használtam fel, hogy több különböző típusú hazai utunkról megállapításokat fogalmazzak meg az emberi tényező oldaláról nézve. A módszer hitelességének alátámasztásához műszeres sebességmérési adatokkal vettem össze az eredményeket. Statisztikai elemzéseket végeztem, amelyhez kiszűrtem a szélsőséges válaszadókat, klaszterelemzést, főkomponens-analízist és szignifikancia-szint számítást végeztem. A 3. fejezet és a 4. fejezet egy része a közutakon történő sebességválasztás felmérésére készült kutatás eredményeit foglalja össze statisztikai elemzésekkel együtt.

Fedélzeti kamera segítségével videofelvételeket készítettem hazai utakról, amelyekből fényképeket készítettem. Ezek felhasználásával egy képfelismerő szoftvert alkalmaztam úttípusok felismerhetőségének elemzéséhez. Az elért eredményeket az értekezés 4. fejezete mutatja be.

A külföldi szakirodalomból ismert módszert átvéve a disszertáció 5. fejezetében útkeresztmetszetek képeinek csoportosítását végeztettem az elemzésben résztvevőkkel. A mintát összesítve emberi osztályozás alapján készült útcsoportosításhoz használtam fel annak érdekében, hogy meg tudjam válaszolni azon kérdést, hogy a járművezetők milyen és hány úttípust különböztetnek meg. Ezután egy másik oldalról megközelítve a kérdést a fényképek alapján választott sebességekkel útkeresztmetszetek képeinek klaszter-elemzését végeztem. Mindezen eredményeket összevetve a közútjaink tervezésénél használatos tervezési osztályok rendszerével javaslatokat tettem a biztonságosabb, emberközpontú tervezési osztályok összeállításához.

Az értekezés téziseit a 6. fejezetben ismertetem. A kutatási munka eredményeivel, annak alkalmazásával és a továbbfejlesztési lehetőségeivel a 7. fejezetben foglalkozom.

## 2. Útkialakítás, útosztályozás, sebesség – szakirodalmi kitékintés

A gépjárművezetők által megválasztott menetsebesség leginkább a közút környezetének kialakításától, és a pillanatnyi forgalmi körülményektől függ [Berta & Török, 2009a] [Berta & Török, 2009b] [Edquist et al., 2009] [Bella, 2013]. A különböző geometriai paraméterek különböző hatást gyakorolnak a gépjárművezetők által választott sebességekre [van Driel et al., 2004] [Ivan et al., 2012] [Vörös, 2009] [Ivan et al., 2009] [Brewer et al., 2001] [Findley et al., 2012]. A helytelen sebességválasztás komoly biztonsági problémát jelent. Adott útkialakítás esetén szoros kapcsolati rendszer van a sebesség és a baleseti kockázat, valamint a sebesség és a balesetek súlyossága között [Treat et al., 1977] [Weller et al., 2006] [Fernandes & Neves, 2013]. Számos kutatás foglalkozik a sebesség közlekedésbiztonságra kifejtett hatásával is [Mocsári, 2004] [Mocsári, 2012] [Borsos, 2010] [Gaca, 2004].

### 2.1. Útkialakítás és járművezetés a közlekedépszichológia szemszögéből

#### 2.1.1. Az információ feldolgozás sajátosságai, a szubjektív útkategorizáció jelentősége

Számos kutatási munka eredményei alapján elmondható, hogy járművezetés közben leginkább aszerint választjuk meg a haladási sebességünket, amelyet az adott közúti infrastruktúrához megfelelőnek érzékelünk. Hatással van rá továbbá saját haladási sebességünk érzékelése és nem elhanyagolható mértékben a motiváció a közlekedési szabályok betartására is [Edquist et al., 2009].

A közlekedépszichológia szakterületén belül számos olyan, a közlekedő ember viselkedése szempontjából fellépő fontos kérdés van, amelyeknek figyelembe vétele ajánlott a közlekedési infrastruktúra tervezőinek munkájához a biztonságos közlekedési rendszer eléréséhez. Sajnos a dolgozat terjedelmi korlátai nem teszik lehetővé a témakör kimerítő tárgyalását, néhány alapvető elméleti fogalmat mégis kiemelek a továbbiakban.

A járművezetés során alapvető, az emberi észlelést szolgáló biológiai alapfolyamat, az érzékelés. Az érzékelés és észlelés között lényeges különbség van. Az érzékelés során a fizikai jelek az agy számára feldolgozható jellé alakulnak át, az észlelés során viszont ezekhez az érzékleti mintázatokhoz rendeljük hozzá a környezet ingereit, eseményeit [Csépe et al., 2008].

A közvetlen, direkt vagy adatvezérelt (bottom-up) feldolgozás alapja az, hogy a környezeti ingerek az észleléshez szükséges összes információt rendezetten és egyértelmű formában hordozzák. A közvetett, indirekt vagy koncepcióvezérelt (top-down) feldolgozás

során a szenzoros ingerek az észlelést szolgáló következtetéseknek csak alapját jelentik, az észlelés számítási műveletek eredménye. Közvetett észlelésre azért van szükség, mert a környezeti ingerek a világ tárgyairól és eseményeiről pontatlan információval szolgálnak. A látás segítségével sémákat alakítunk ki, amelyekbe azután könnyen és gyorsan be tudunk sorolni egy-egy tárgyat, eseményt és „gondolkodás nélkül” tudjuk, hogy egy-egy sémához milyen értelmezés, esetleg cselekvés tartozik [Csépe et al., 2008]. A világ észleléséhez, a felismeréshez, tehát szükség van a tárgyak és események korábbi tapasztalatok alapján kialakult mentális reprezentációira, a sémákra, amelyek a hosszú távú memóriánkban tárolódnak [Siska, 2012] [Siska, 2015].

A kezdő gépjárművezetőben fokozatosan alakulnak ki a közlekedési környezet sémái. A vezetési tapasztalat gyarapodásával egyre pontosabb kép alakul ki a járművezetőben az egyes útkategóriákról. A forgalmi irányonként több sávós, osztott pályás, üzemi sávval rendelkező út képét például behelyezi az autópálya sémájába, vagy a házakkal teli útkörnyezetet a lakott területen belüli út sémájába. Elvárásai alakulnak ki arra vonatkozólag, hogy az egyes útkategóriák esetében milyen események bekövetkezésére számíthat, milyen információk észlelésére, feldolgozására kell felkészülnie. Az egyes sémákhoz viselkedési forma is társul, a járművezető tudja, hogy az adott útkategória útján való haladáskor milyen viselkedést kell tanúsítania és azt is, hogy mit várhat a többi közlekedőtől. Ez tulajdonképpen az önmagát magyarázó út koncepciójának alapja is egyben [Siska, 2012] [Siska, 2015].

Azokat az útelemeket, útjellemzőket, úthasználókat, amelyek egy adott útkategória sémájának részét képezik, könnyen fel tudjuk ismerni, viszont nehezebben észleljük, vagy egyáltalán nem is észleljük azokat, amelyek nem képezik a séma részét. A sémák előkészítik az észlelőt arra, hogy bizonyos fajta információt inkább figyelembe vegyen, mint másokat, ezáltal irányítva a figyelmet [Siska, 2012] [Siska, 2015].

Ha közlekedési környezet nem a sémának megfelelően van kialakítva, akkor előfordulhat, hogy nem a megfelelő séma aktivizálódik a járművezetőben, vagyis észlelési hiba következik be. Például egy körforgalom sémájának nem része a jelzőlámpa, a körpályán haladva megszoktuk, hogy elsőbbségünk van, ezért előfordulhat, hogy ilyen csomóponton való áthajtás során nem észleljük megfelelő időben a piros lámpát. Egy olyan csomópont esetében, ahol a keresztmetszeti kialakítás és a forgalmi jelzések alapján nem érzékeljük az elsőbbségadási kötelezettséget, tévesen a felsőbbrendű út sémájához tartozó viselkedést tanúsíthatjuk. Megszoktuk például, hogy egyenes úton, villamospályával elválasztott forgalmi sávok esetén főútvonalon haladunk, vagyis elsőbbségünk van. Ha ezzel a sémával ellentétes forgalomirányítást vezetünk be egy adott csomópontban, vagyis elsőbbséget kell adnunk a

keresztező forgalomnak, akkor az a balesetek számának növekedéséhez vezethet [Siska, 2012] [Siska, 2015].

Az emberi információfeldolgozás egyik alapjellemzője a kategorizáció. Amikor egy adott utat kategóriához rendelünk, akkor nem csak azon útelemeket, útjellemzőket és úthasználókat vesszük figyelembe, amelyek jellemzőek lesznek az adott kategóriára, hanem azokat is, amelyekben leginkább különböznek a többi kategóriától. Ezáltal kategórián belül az utak hasonlítanak egymáshoz, de eltérnek a többi kategória útjaitól. Ezt tulajdonképpen szubjektív útkategorizációnak nevezzük, amely nem feltétlenül egyezik meg az előírások útkategóriáival. Ideális esetben, önmagát magyarázó utak esetében ez az egyezés nagyon jó. A szubjektív útkategorizáció szabályozza a vezetés közbeni magatartást, hatással van elvárásainkra [Siska, 2012] [Siska, 2015] [Csépe et al., 2008] [Boross & Pléh, 2004].

Egy adott helyzetben rendelkezésünkre áll egy információfeldolgozási kapacitás, de tudjuk azt is, hogy az ember információfeldolgozási kapacitása véges és ennek ráadásul meg kell oszlania az adott pillanatban elvégzendő feladatok között. Ezen kapacitás az aktivitás emelkedésével növekszik [Csépe et al., 2008] [Siska, 2012] [Siska, 2015]. Senders elmélete szerint, ha túl kevés a rendelkezésre álló információ mennyisége, vagy éppen fordítva, túl sok a feldolgozásra váró információ járművezetés közben, akkor a járművezető ezt sebességének lecsökkentésével kompenzálja. Persze ehhez az is szükséges, hogy az információ egyértelmű, feldolgozható és világos legyen [Senders et al., 1967].

### ***2.1.2. Motiváció szerepe a sebességválasztásban***

A sebességválasztás szempontjából lényeges motiváció fogalmához három alapvető elmélet kapcsolódik.

#### ***Zéró - kockázat elmélete (Summala)***

A zéro-kockázat elmélet lényege, hogy a járművezetők tudatosan igyekeznek elkerülni az olyan közlekedési helyzetbe való kerülést, ahol a baleset bekövetkezésének szubjektív kockázata nagyobb, mint nulla. Summala megjegyezte, hogy sebességkorlátozás esetén a járművezetők reagálhatnak úgy is, hogy másfajta viselkedésbeli változással próbálnak meg alkalmazkodni a megváltozott körülményekhez, mint például kevesebb figyelmet fordítanak a vezetési feladatra, kevésbé figyelnek az előttük lévő útra és járművekre, és jobban figyelnek ún. járművön belüli feladatokra, mint pl. az utastársukkal való beszélgetésre. Ezért is fontos, hogy a járművezetők pontosan érzékeljék a kockázati szintet, vagy a feladat nehézségét [Summala, 2002] [Näätänen & Summala, 1976] idézi [Siska, 2012] [Siska, 2015].

### ***Kockázat-homeosztázis elmélete (Wilde)***

Egy kanadai pszichológus professzor, Wilde elgondolása szerint a járművezető maximálisan ki akarja használni azokat az előnyöket, amiket a választott közlekedési mód nyújthat. Ez csak úgy lehetséges, ha elfogad egy bizonyos szintű baleseti kockázatot vezetés közben, amelynek mértéke egyénenként változó. Wilde ezt a kockázati szintet elfogadott kockázatnak nevezte el. A járművezető megbecsüli, hogy az éppen adott közlekedési helyzetben mekkora a baleseti kockázat mértéke, ezt nevezi észlelt kockázatnak, és ennek az észlelt baleseti kockázatnak a mértékét viszonyítja folyamatosan az elfogadott baleseti kockázat mértékéhez.

Ha egy adott közlekedési helyzetben az észlelt baleseti kockázat szintje alacsonyabb, mint az elfogadott kockázat, akkor addig növeli az objektív baleseti kockázatot (pl. a jármű gyorsításával), amíg az észlelt kockázat mértéke el nem éri az elfogadott kockázat mértékét. Ha az észlelt baleseti kockázat nagyobb, mint az elfogadott kockázat, akkor az előbbit csökkenteni igyekszik az objektív kockázat csökkentésével (pl. lassítja járművét).

Másképpen fogalmazva: ha a járművezető bármilyen irányban eltérést tapasztal az elfogadott kockázati szint és az észlelt kockázati szint között, akkor úgy vezet, hogy az eltérés mértékét nullára csökkentse. Az észlelt kockázat feldolgozása a homeosztázis elv alapján következik be, amely az objektív kockázat változásainak kompenzációját és a kockázatvállalási készség állandóságát eredményezi [Wilde, 1982] idézi [Siska, 2012] [Siska, 2015].

### ***A vezetési feladat nehézségfokának homeosztázisa***

Az Írországban élő pszichológus, Ray Fuller módosította Wilde kockázatkompensáció elméletét. Fuller szerint minden járművezető el akarja kerülni a baleset bekövetkezését, egyáltalán nem vállalja a baleset bekövetkezésének kockázatát, viszont a járművezetés nehézségfokát egy állandó – számára optimális – szinten akarja tartani. A járművezető nem az elfogadott és az észlelt baleseti kockázat között tart fenn egyensúlyt, hanem a vezetési feladat elfogadott és az észlelt nehézségfoka között.

A járművezetés nehézségfokának homeosztázisa azt jelenti, hogy ha az észlelt nehézségi szint meghaladja vagy előreláthatólag meg fogja haladni az elfogadható mértéket, a járművezető csökkenteni igyekszik (pl. lassítással) a járművezetési feladat aktuális nehézségi szintjét az elfogadható mértékre. Másrészt, ha az elfogadható mértékhez képest csekélynek érzi a vezetési feladat éppen észlelt nehézségfokát, akkor növelni fogja azt (pl. gyorsítással) az elfogadható mértékig [Fuller, 2005] idézi [Siska, 2012] [Siska, 2015].



## 2.2. Tervezési sebesség – megengedett legnagyobb sebesség

A tervezési sebesség fogalma a különböző szabványrendszerekben eltérő jelentéssel bír [NCHRP, 2003]. A magyar előírások szerint [KTSZ, 2008] a tervezési sebesség az a sebességérték, amelyet egy jármű kedvező út és időjárási viszonyok között az út minden elemén (ívek, emelkedők, stb.) ki tud fejteni. A tervezési sebesség alapján a geometriai paraméterek szélső értékeit (pl. az alkalmazható legkisebb vízszintes körívsugarat, a legnagyobb emelkedőt) lehet meghatározni, ám a szélső értékeket csak indokolt esetben kell alkalmazni. Ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy az útvonal jelentős részén a tervezési sebességnél magasabb sebességgel (lényegesen magasabbal) való haladás is lehetséges. Ezért a tervezési sebesség semmiképpen sem azonos a ténylegesen kifejtett sebességgel [Iván, 2011] [Koren & Iván, 2014].

A megengedett legnagyobb sebesség szerepe általában az, hogy tájékoztassa a gépjármű vezetőjét az átlagos körülmények között biztonságos haladási sebesség mértékéről. Tudatosítani kell azonban azt is, hogy a korlátozás nem vezet automatikusan a kívánt sebesség betartásához. A sebességhatárok túllépése valamennyi úttípus esetén jellemző, a járművezetők 40-50%-a általában a megengedett sebességnél gyorsabban közlekedik Európában. A gyorsajtás és a baleseti kockázat közötti szoros kapcsolatból következik, hogy a balesetek nagy része megelőzhető lenne, ha járművezetők jobban betartanák a sebességhatárokat.

A sebességhatár túllépésének számos indoka közül az egyik a sebességhatárok hitelességével van összefüggésben. Ebben az összefüggésben a hitelesség azt jelenti, hogy a járművezetők a sebességhatárt logikusnak és az adott közlekedési és környezeti körülményekhez igazodónak érzik. Úgy is mondhatnánk, hogy a sebességkorlátozás „reális”, vagy „elfogadható”.

Ha a gépjárművezetők úgy vélik, hogy a megengedett sebesség hiteltelen, vagy nem megfelelő az adott útszakaszra, akkor figyelmen kívül hagyják a korlátozást és saját döntést hoznak, az alapján, hogy milyen haladási sebességet éreznek helyénvalónak. Ezen túlmenően, ha a sebességhatárok gyakran nincsenek összhangban az adott közúti infrastruktúra jellemzőivel, akkor az úthasználók megkérdőjelezzik az egész sebességkorlátozási rendszert.

Hiteles sebességhatárok bevezetésének lehetőségei:

- A sebességhatárok hitelességét nagymértékben befolyásolják az út és útkörnyezet jellemzői. Ez lehetővé teszi a határérték hitelesebbé tételét. A közút funkcióját és a kívánt biztonsági szintet figyelembe véve, ez történhet a sebességhatár útparaméterekhez való illesztésével, vagy fordítva, a paraméterek sebességhatárhoz történő alakításával.

- Nagyon sok különbség adódik a járművezetők (csoportjai) között annak tekintetében, hogy milyen sebességhatár lenne hiteles. Ez azt jelenti, hogy lehetetlen olyan sebességhatárt meghatározni, amely ugyanolyan mértékben hiteles valamennyi úthasználó szempontjából.

- Másrészt, csak kisebb eltérések jellemzőek azokra az elemekre, amelyek a sebességhatárok hitelességének megítélését befolyásolják a járművezetők különböző csoportjai esetében. Ez lehetőséget ad egy olyan határ megállapítására, amely hitelesebb mindenki számára [Goldenbeld & van Schagen, 2007].

Sok esetben a balesetek megelőzése érdekében a járművek sebességének csökkentését helyezik előtérbe mind a jogalkotók (az általános sebességszabályozás változtatásával), mind a közút kezelői (a helyi sebességkorlátozó jelzőtáblák és egyéb forgalomtechnikai elemek alkalmazásával).

A sebességhatár csökkentése nem feltétlenül hoz változást valamennyi gépjárművezető viselkedésében. Sokan túl alacsonynak tartják az érvényes sebességhatárokat és rendszeresen túl is lépik azt. Ahogy arról már korábban is szó esett, Európában ez a járművezetők 40-50%-ára jellemző. Az útkialakítást egyre inkább próbáljuk a megengedett sebességhez igazítani, úgy, hogy az hiteles legyen. Kutatások támasztják alá azonban azt is, hogy a megengedett sebesség feltüntetése és a sebességhatárok csökkentése eredményezheti az átlagsebesség csökkenését és ezzel a balesetek számának csökkenését is. Lahausse és szerzőtársai [Lahausse et al., 2010] például kimutatták, hogy az átlagsebesség 11 km/h-val magasabb volt a megengedett sebességet jelző tábla jelenléte nélkül. Ezt igazolta az is, hogy 2001-ben Victoria államban, Ausztráliában a belterületi utakon érvényes sebességhatárokat 60 km/h-ról 50 km/h-ra csökkentették, aminek a hatása a balesetek számának 13%-os csökkenésében és a súlyosan sérült gyalogosok számának 46%-os csökkenésében mutatkozott meg. Ezek az eredmények azt mutatják, hogy az alacsonyabb sebességhatárok gyakran együtt járnak a kisebb vezetési sebességekkel és a balesetek súlyosságának csökkenésével, de sok további tényező is fontos szerepet játszik a sebességkorlátozás sikeres kimenetelében.

Ausztráliában néhány évvel ezelőtt megvizsgálták az érvényes sebességhatárok elfogadottságát négy különböző útkategóriára vonatkozólag [Lahausse et al., 2010]. A kutatásba több állam lakosságát bevonták, összesen 4100 résztvevőt. A kutatás 6 blokkba rendezett kérdések sorozatából állt. Az első blokk demográfiai adatokat gyűjtött a felmérés résztvevőiről, úgy mint nem, életkor, lakóhely. A második blokk kérdései a különböző közlekedési módok használatának gyakoriságára és a leggyakrabban választott közlekedési formára kérdeztek rá. A harmadik blokkban 4 különböző úttípusról készült felvétel (2.1. ábra) alapján kellett válaszolniuk a következő kérdésekre:

- milyen haladási sebességet választana ezen az úton kis forgalom esetén?

- mennyi ezen az úttípuson megengedett sebesség?
- mit gondol, a jelenlegi sebességhatár megfelelő ezen az úttípuson?
- mit gondol, előnyösebb lenne csökkenteni a sebességhatárt ezen az úttípuson?



*2.1. ábra: Néhány kép a felmérésből*

A negyedik blokkban pedig az elmúlt 3 hónapban a választott haladási sebességekről kérdezték a válaszadókat (sebességhatár alatt, éppen a megengedett sebességgel, max. 5 km/h-val a megengedett sebesség felett, 6-10 km/h-val a megengedett sebesség felett, és több mint 10 km/h-val a megengedett sebesség felett). Az ötödik blokkban pedig arról kérdezték őket, hogy mit gondolnak, a sebességhatárok csökkentésével mérsékelhető-e az utakon történő balesetek száma és hogy mennyire támogatják a sebességhatárok csökkentését. Végül, a hatodik blokkban a közlekedési szokásaikról kellett információkat adniuk (jogosítvány érvényessége, hetente megtett utazási távolság, bel- vagy külterületen vezet-e többet), valamint a szociális és gazdasági helyzetükről (foglalkozás, végzettség, jövedelem és postai irányítószám).

A résztvevők többsége helyesen meg tudta adni a sebességhatár értékét a belterületi lakóutca és gyűjtőút esetében, viszont sokan nem voltak tisztában a külterületi utakon

érvényes sebességhatárokkal, és mindössze 8%-uk volt képes mind a négy úttípus esetében helyesen megadni a megengedett legnagyobb sebességet. A válaszadók többsége támogatta a 100 km/h megengedett legnagyobb sebességű külterületi, osztatlan pályás utakon és a külterületi burkolatlan utakon a sebességhatárok csökkentését, de mindössze egyharmaduk nem ellenezte ezt az intézkedést a belterületi utak esetében.

A résztvevőket különböző jellemzőik és a kérdésekre adott válaszaik alapján négy klaszterbe rendezték, és így elemezték őket. A sebességhatár csökkentést kisebb-nagyobb mértékben támogatók, illetve ellenzők klaszterei között lényeges különbségek voltak a demográfiai jellemzők, a közlekedési szokások és a társadalmi-gazdasági helyzet tekintetében. Az 1. klaszter kedvező hozzáállást tanúsított a jelenlegi és a csökkentett sebességhatárok irányában és kisebb sebesség jellemezte az ide tartozók közlekedési magatartását. A 3. klaszterbe azokat rendezték, akik a leginkább negatívan álltak a jelenlegi és a csökkentett sebességhatárokhoz, főként a külterületi utak esetében. A 2. és 4. klaszter magatartása kisebb eltéréseket mutatott. A 4. klaszterbe azok kerültek, akik a külterületi burkolatlan útszakasz esetében kisebb sebességeket éreztek helyénvalónak, míg a 2. klaszter azokat foglalta magába, akik mérsékelt haladási sebességeket választottak és higgadtan álltak hozzá a sebességhatárokhoz, mint a többi klaszterbe tartozó gépjárművezető.

Az említett tanulmányokon kívül még jó néhány kutatás fellelhető a külföldi szakirodalomban, amelyek a sebességválasztással, a járművezetői viselkedéssel, a megfelelő sebességhatárok bevezetésével foglalkoznak [Holland & Corner, 1996] [Stuster et al, 1998] [Haglund & Åberg, 2000] [Várhelyi & Mäkinen, 2001] [Haglund & Åberg, 2002] [Woolley, 2005] [RSA, 2008] [Warner & Åberg, 2008] [Porter et al., 2012] [DfT UK, 2013] [Munehiro et al., 2013] [Munehiro et al., 2014] [MSP, 2014] [Schmidt, 2014].

### **2.3. Sebességkorlátozás Magyarországon**

Számos, a hazai sebességkorlátozási rendszerrel kapcsolatos kérdésre kaphatunk választ a Jankó Domokos és Siska Tamás által kidolgozott „A biztonságos sebességválasztást elősegítő, a közlekedésbiztonsági propagandában felhasználható szakismeretek” című szakanyagban [Jankó & Siska, 2008]. Ebből emelnék ki néhány megállapítást.

Vannak általános és helyi, valamint állandó és ideiglenes korlátozások. Az általános korlátozást nem jelöli számértéket tartalmazó ún. sebességkorlátozó jelzőtábla, a megengedett legnagyobb sebesség az út típusától, illetve a közlekedési környezettől és a közlekedő járműtől függ, vagyis a vezetőnek tudnia kell milyen úton halad és milyen előírások vonatkoznak járművére. A KRESZ pontosan felsorolja ezeket a feltételeket.

A fentiekén kívül a járművezető személyi adottságaira (egészségi állapotára) tekintettel is előírható sebességkorlátozás.

Az általános sebességkorlátozást „rugalmassá” tették azok a jogszabályok, amelyek szerint a lakott területen belüli és kívül az általános sebességkorlátozásnál kisebb és nagyobb korlát egyaránt kijelölhető. Ezt helyi sebességkorlátozásnak nevezzük.

Hazai sebességhatár emelésekre is sor került az elmúlt évtizedekben, több ízben is.

Mocsári Tibor összefüggést talált az általános sebességkorlátozás emelése és a járművezetők sebességválasztása között lakott területen kívüli utakon, amelyet doktori értekezésében tett közzé [Mocsári, 2012]. ADR 2000 műszerek méréseit felhasználva megállapította, hogy lakott területen kívüli utakon a 2001-es KRESZ módosítást követően (sebességhatárok emelése autópályán 120 km/h- ról 130 km/h- ra, autóúton 100 km/h- ról 110 km/h- ra és lakott területen kívüli utakon 80 km/h- ról 90 km/h- ra) átlagban nézve nőtt a járművek szabad sebessége a módosítás előtti időszakhoz viszonyítva [Mocsári, 2004].

A Gazdasági és Közlekedési Minisztérium döntése alapján 2008 márciusában 25 szakaszon, összesen 122 kilométeren történt meg a sebességhatár felemelése: 31 kilométeren 100 km/h-ra, 91 kilométeren pedig 110 km/h- ra. Az ezzel kapcsolatos tapasztalatokra részletesebben a 2.5. fejezet részben térek ki.

## 2.4. Sebesség hatása a baleseti kockázatra

A forgalom átlagsebességének változása kétféle hatást gyakorol a biztonságra. Változik az ún. aktív biztonság, vagyis mérsékeltebb sebességnél nagyobb valószínűséggel lesznek elkerülhetők a balesetek, könnyebben végrehajthatók a megelőző manőverek (fékezés, kormányzás). Ennek következménye, hogy a sebesség csökkenésével kevesebb lesz a balesetek száma és fordítva, a sebesség növekedése rontja az aktív biztonságot, vagyis várhatóan több baleset fog előfordulni.

A sebesség másik hatása az ún. passzív biztonságot befolyásolja. Ez pedig azt jelenti, hogy ha már megtörtént a baleset, a következmények kevésbé lesznek súlyosak abban az esetben, ha a haladási illetve az ütközési sebesség kisebb volt. (Fontos megjegyezni, hogy ezek ún. statisztikai összefüggések, vagyis az előbbi megállapítás több – akár száz vagy ezer – baleset esetére általában igazak. Előfordulhatnak olyan egyedi esetek, amikor kisebb sebességű ütközés súlyosabb következményekkel jár, mint egy nagysebességű ütközés, ahol – ahogy mondani szokták – csodával határos módon senki sem sérül meg.) A gépjármű belső passzív védőeszközei (öv, légzsák, korszerű karosszéria), valamint a közút külső védőeszközei (korlát, oldalakadály-védelem) csak kisebb ütközési sebesség esetén képesek

hatékony védelmet nyújtani. Nyilván nem igényel külön számszerű magyarázatot, hogy az ütköző test mozgási energiájától függ a sérülés mértéke és ez az energia a sebesség négyzetével arányos. Minél nagyobb az ütközési sebesség, annál hatványozottan nagyobb a mozgási energia, ami egyre súlyosabb sérüléseket okozhat [Jankó & Siska, 2008].

A helytelen sebességválasztás súlyos közlekedésbiztonsági problémát jelent a magyar utakon. Szoros kapcsolati rendszer van a sebesség és a baleseti kockázat, csakúgy, mint a sebesség és a balesetek súlyossága között.

Ezen kapcsolat igazolásával, illetve feltárásával számos hazai és külföldi kutatás foglalkozott már és foglalkozik napjainkban is [Garber & Ehrhart, 2000] [Mocsári, 2004] [Gaca, 2004] [Holló, 2008] [Borsos, 2010] [Mocsári, 2012], hiszen a közutak biztonsága világszerte számos szervezet figyelmének középpontjában áll.

Bár a helyzet az utóbbi évtizedben sok tekintetben javult, még a legjobban teljesítő országokban sem lehetnek elégedettek az eredményekkel. Az Európai Unió 2001-ben a balesetben meghalt személyek számának tíz év alatti 50%-os csökkentését tűzte ki célul. Ez a cél 2010-re, ha nem is teljesen, de majdnem megvalósult. Az EU következő ambiciózus célja az újabb 50%-os csökkentés 2020-ig [Holló, 2012].

A hazai baleseti statisztikában a közúti balesetek okai között szerepel a „Sebesség nem megfelelő alkalmazása” meghatározás. Alapvetően kétféle helytelenül megválasztott vagy nem megfelelően megválasztott sebesség különböztethető meg:

- a megengedett sebesség túllépése,
- adott körülményekhez képest nem megfelelően megválasztott sebesség (relatív gyorsajtás) [Mocsári, 2012].

A sebességszabályozás módosítását és a betartatás szigorítását javasolta 2008-ban Rigó Mihály a svédek sebességszabályozási rendszer mintáján keresztül [Rigó, 2007] [Rigó, 2008].

A gépjárművezetők vezetési szokásai, a sebességhatárokhoz való hozzáállása és az egyének közti különbségek vizsgálatára fókuszált az a kanadai telefonos felmérés [Lahaussé et al., 2010], amely a válaszadó gépjárművezetők háromféle látásmódját tükrözte vissza a gyorsajtás tekintetében:

- Gyorsajtásnak nevezzük azt, amikor a járművezető bármilyen mértékben túllépi a sebességhatárt (pl. 101 km/h-val halad ott, ahol 100 km/h a megengedett sebesség).
- A megengedett sebességet túl lehet lépni „biztonságosan”, a baleseti kockázat növelése nélkül, ha azt bizonyos tényezők lehetővé teszik, mint például az időjárási viszonyok, a burkolatfelület, a forgalom, a jármű típusa és a vezetési tapasztalat és gyakorlat.

- Nem számít gyorsajtásnak az, ha a megengedett sebességet csak egy bizonyos mértékben lépi túl a haladási sebesség (pl. 120 km/h-val halad ott, ahol 100 km/h a megengedett sebesség, vagy 90 km/h-val ott, ahol 80 km/h a megengedett sebesség).

Még ha a helytelenül megválasztott sebesség nem is képezi a baleset közvetlen okát, egy adott helyszín kiválthatja az úthasználó biztonságostól eltérő viselkedését [Weller et al., 2006].

Régóta ismert tény, hogy a haladási sebesség növekedésével arányosan nő a jármű féktávolsága és ezzel fordított arányban van a túlélés esélye például egy gyalogos elütése esetében. Ezen témakörrel is foglalkozik a korábban már több ízben idézett 2008-as OBB kiadvány:

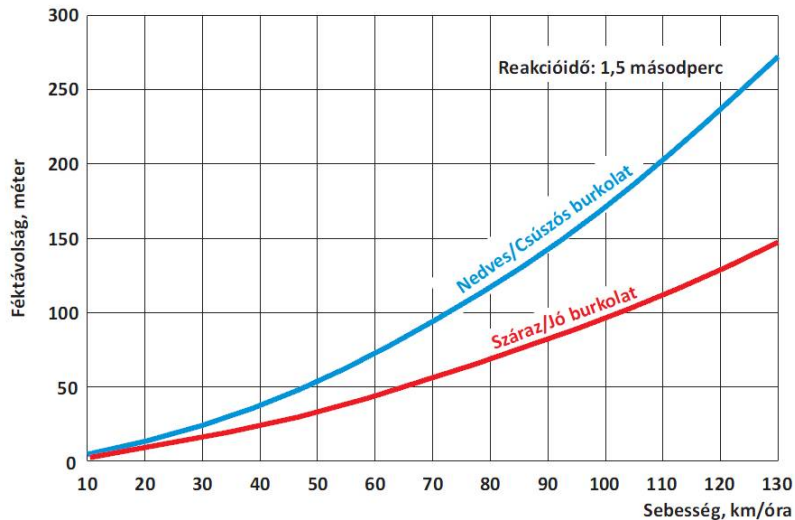
A féktávolság gyakorlatilag két távolság összege, a reakcióidő alatt megtett út, és a fékezés közben megtett út (fékút). Nagyon fontos szerepe van mindkét befolyásoló tényezőnek, a sebességtől azonban hatványozottan függ a fékút (2.2. *ábra*) [Jankó & Siska, 2008].

- Jó minőségű burkolaton, átlagos reakcióidővel (1,5 másodperc) rendelkező gépkocsiveető 90 km/óra sebességgel halad, majd a felbukkanó akadály előtt fékez. A féktávolság: 83 méter.

- A 90 helyett a 100 km/óra haladási sebességet a gépkocsiveetők nem tekintik jelentős túllépésnek, mondhatni „bocsánatos bűnnek” veszik. 100 km/óra sebességről történő fékezés esetén azonban a fékút 15 méterrel hosszabb: 98 méter. Ez a 15 méter – a fékút végén – amikor sokszor centiméterekre is szükség van, nagyon hosszú és nagyon sok veszélyt tartogat.

- Nedves, csúszós burkolaton a helyzet sokkal rosszabb. Ugyanúgy 90 km/órával haladó, ugyanolyan átlagos reakció idejű gépkocsiveető csak 144 méter hosszú fékút után tud megállni, vagyis ami jó burkolaton 83 méter volt, ilyen esetben 61 méterrel hosszabb lesz.

A bemutatott fékútak hossza alapján különösen indokolni sem kell miért szükséges a sebesség mérséklése kedvezőtlen időjárási és útviszonyok között [Jankó & Siska, 2008].

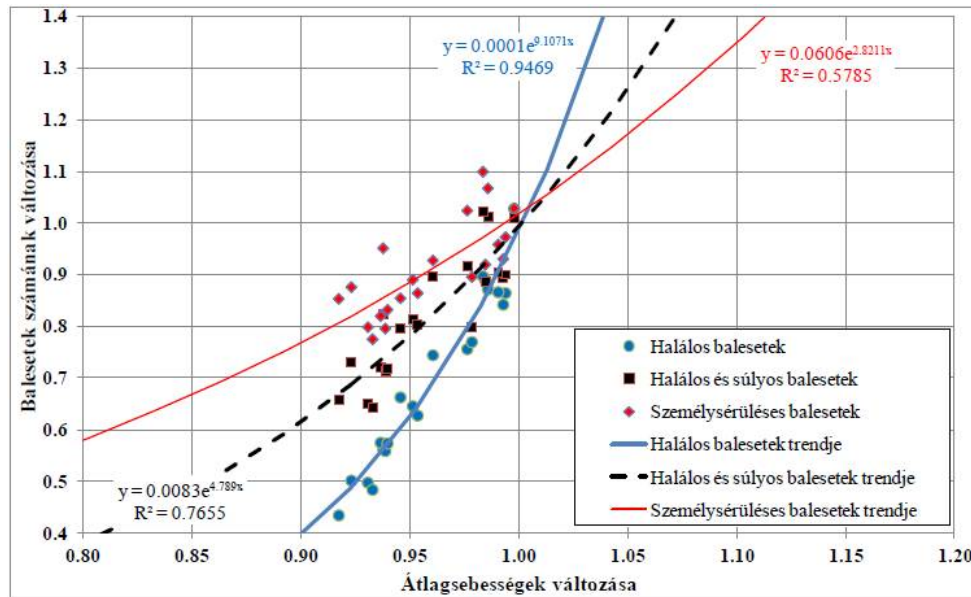


2.2. ábra: A sebesség és a féktávolság összefüggése [Jankó & Siska, 2008]

Egy adott útszakaszon az átlagsebesség változása változást hozhat a baleseti mutatók alakulásában is, nyilván, hogy ha nő a sebesség nagyobb lesz a balesetek száma és fordítva, ha csökken a sebesség kevesebb baleset fog történni az adott helyen. Az egyik legismertebb összefüggést Göran Nilsson készítette a svéd VTI Kutató Intézetben, amelyet „hatványmodellnek” (Power Model) neveznek. A modell alapján a sebesség változása maga után vonja a balesetek számának és a balesetben megsérült személyek számának változását [Nilsson, 2004].

Mocsári Tibor [Mocsári, 2012] bebizonyította, hogy a Nilsson által kidolgozott „Power modell” hazánkban is érvényes összefüggés. Az általa feldolgozott sebességadatok alapján számított átlagsebesség-változás és a balesetek számának változását mutató összefüggést lakott területen a 2.3. ábra mutatja.





2.3. ábra: Az átlagsebesség-balesetszám összefüggése lakott területen [Mocsári, 2012]

## 2.5. Emelt sebességű útjaink és azok biztonsága

Az emelt sebességű főút olyan főútszakasz, amelyet ugyan hagyományos főútnak terveztek, de a kiépítése után megemelték rajta a sebességhatárt 90 km/h-ról 100, illetve 110 km/h-ra.

A hazai közúthálózat külterületi szakaszain a főutak vonalvezetése, műszaki paraméterei nem azonosak a teljes útvonalon, hanem jobban és kevésbé jól kiépített szakaszok váltják egymást. A jobban kiépített szakaszokon az általános (90 km/óra) sebességkorlátozásnál nagyobb, 100 km/óra illetve 110 km/óra sebességkorlátozás bevezetését engedélyezte a Gazdasági és Közlekedési Minisztérium 2008. március 15. után. Ez a változás összesen 122 kilométert érintett: 31 kilométeren 100 km/órára, 91 kilométeren pedig 110 km/órára emelkedett a megengedett legnagyobb sebesség [Jankó & Siska, 2008] [Vörös, 2006].

Sebességemeléssel eredetileg érintett útszakaszok:

1. sz. főút Tata - Almásfüzitő közötti szakaszán, 4 km	100 km/h
1. sz. főút Ács - Gönyű közötti szakaszán, 7 km	100 km/h
81. sz. főút Bakonysárkány - Kisbér közötti szakaszán, 2,6 km	100 km/h
117. sz. főút Esztergom - Tát közötti 2 szakaszán, összesen 4,9 km	100 km/h
405. sz. főút Albertirsa - Újhartyán közötti szakaszán, 12 km	100 km/h
3. sz. főút Novajdrány - Tornyosnémeti közötti szakaszán, 18 km	110 km/h
4. sz. főút ceglédberceli elkerülő szakaszán, 4 km	110 km/h

4. sz. főút ceglédi elkerülő szakaszán, 6,7 km	110 km/h
4. sz. főút Surjány - Szapárfalu közötti szakaszán, 2,6 km	110 km/h
7., 8. sz. főutak Székesfehérvár elkerülő szakaszán, 11 km	110 km/h
8. sz. főút Székesfehérvár - Várpalota közötti szakaszán, 8,5 km	110 km/h
8. sz. főút Veszprém - Márkó közötti szakaszán, 2,7 km	110 km/h
8. sz. főút Csákánydoroszló - Gasztony közötti szakaszán, 1,7 km	110 km/h
21. sz. főút 5 db előzési szakaszán, összesen 7,8 km	110 km/h
37. sz. főút Felsőzsolca - Gesztely közötti szakaszán, 8,4 km	110 km/h
44. sz. főút Békéscsaba - Gyula közötti 2 szakaszán, összesen 7,6 km	110 km/h
354. sz. főút Debrecen északi elkerülő szakaszán, 2,5 km	110 km/h
67. sz. főút Somogytúr - Balatonszemes közötti 2 szakaszán, összesen 9,1 km	110 km/h

A közút kezelői azóta az elvégzett felülvizsgálatok alapján egy-két szakaszon már meg is szüntették az „emelést”, elsősorban a felmerült közlekedésbiztonsági problémák miatt, a többi úton azonban érvényben vannak az „emelt” sebességkorlátok.

Visszavonásra került az emelt sebességhatár például az 1-es és a 81-es főúton. A későbbiekben emelt sebességű szakasz lett a 710-es, 221-es, 86-os, 89-es, valamint a 8-as főút további szakaszai.

Ezen ún. emelt sebesség nagyobb az adott útszakaszra a KRESZ által korábban megengedett legnagyobb sebességnél, sőt, nagyobb ezen útszakasz tervezési sebességénél is. A tervezési sebesség definíciójából kiindulva nyilvánvaló ellentmondást találhatunk a tervezés és az alkalmazás között. Felmerül a kérdés, hogy miből adódik ez az ellentmondás. A probléma oka valószínűleg a jelenlegi tervezési szabályzatban rejlik. Nézzük például az alkalmazható ívsugarak kérdését. A jelenleg érvényben lévő KTSZ előírja ugyan a legkisebb alkalmazható ívsugár értékeket adott tervezési sebességhez vonatkozóan, viszont a legnagyobb alkalmazható értékkel nem foglalkozik. Így adott helyzetben előadódhat, hogy az útszakasz olyan alkalmazott ívsugarak összességéből áll, amelyek lényegesen nagyobbak a minimálisan alkalmazható értéknél, sőt felsőbb útkategóriák követelményeit is kiválóan teljesítik. A gépjárművek ezáltal nemcsak a megengedett sebességnél, hanem a tervezési sebességnél is nagyobb sebességgel tudnak haladni nem csak az egyenes szakaszokon, hanem a teljes útszakasz mentén.

A bevezetést megelőzően Vörös Attila [Vörös, 2003] már beszámolt olyan jellegű kutatásokról, amelyek a nem autópálya jellegű 2x2 sávós osztott és osztatlan pályás külterületi útjaink közlekedésbiztonságának elemzésére irányultak. A szolgáltatási színvonal javítása, a kapacitásnövelés és az elérhetőség javítása iránti igény indokolta és indokolja az

közúthálózat-fejlesztést. 16 útszakasz baleseti adatait elemezve próbált eloszlásokat, tendenciákat felfedezni és útszakasz-típusonként általános megállapításokat tenni a balesetek típusára vonatkozóan. Megállapítása szerint az utakon keletkezett balesetek típusaira, eloszlására nézve lényegében egyedi esetekkel állunk szemben, csak nehezen fedezhetők fel olyan tendenciák, amelyek egyértelműen egy-egy útszakasz-típusnál teendő, általános beavatkozást jelenthetnének.

Az emelt sebességű utak bevezethetőségével kapcsolatban Vörös Attila vizsgálta az útparamétereket az adott szakaszokon, a sebességválasztási szokásokat, sebességmérési adatokat dolgozott fel adott Csongrád-megyei útszakaszokra vonatkozólag [Vörös, 2007].

Vörös Attila az emelt sebességű szakaszok egy részét kiválasztva a bevezetést követő tapasztalatok elemzésével is foglalkozott [Vörös, 2009].

A bevezetést követő pár év tapasztalatait rajta kívül is többen, többféle módon próbálták elemezni, a sebességemelés biztonsági hatásait kimutatni. Ez nehéz és bonyolult feladatnak bizonyult, mivel viszonylag kevés útszakaszcsoportról van szó és nem mindig lehet más beavatkozások, intézkedések hatásától elkülöníteni az emelt sebesség bevezetésének hatását.

Borsos Attila [Borsos, 2013] a 21-es főút példáján keresztül átfogó képet adott a közúti biztonsági intézkedések hatásvizsgálati módszereiről és azok alkalmazásáról. Egy egyszerű előtte-utána vizsgálattal félrevezető eredményekre juthatunk, kontrollcsoportos vizsgálatnál a megfelelő kontrollcsoport kiválasztása nehezíti az elemzést. Az empirikus Bayes-módszer segítségével kimutatható, hogy a változás milyen mértékben tudható be az átlaghoz való visszatérésnek, a baleseti trendeknek és az adott beavatkozásnak.

Mindezek mellett tudjuk azt is, hogy a közúti balesetek véletlen jelenségek, így kevés szakasz rövid adatsorából nem igazán lehet messzemenő következtetéseket levonni. Ha mégis valamilyen formában szakszerű összehasonlításokat és elemzéseket akarok végezni, akkor ehhez segítségemre lehet a gyakran használt – kockázati mutató (a  $10^7$  járműkm-re jutó balesetszám), a relatív baleseti mutató.

A balesetszám és a forgalmi teljesítmény adatok alapján a relatív baleseti mutató számítása az alábbiak szerint történik:

$$B_r = \frac{B \cdot 10^7}{\text{ÁNF} \cdot l \cdot t \cdot 365} \quad (2.1)$$

$B_r$  – relatív baleseti mutató [baleset/ $10^7$  jmkm] (szakasz), [baleset/ $10^7$  jármű] (csomópont)

B – t időtartam alatt bekövetkezett balesetszám (például személyi sérüléssel járó balesetek száma)

ÁNF – átlagos napi forgalom [jármű/nap]

l – szakasz hossz (csomópont esetén elhagyandó) [km]

t – vizsgálati évek száma

Az elemzéshez 6 út emelt sebességű szakaszához tartozó baleseti adatait gyűjtöttem le és számítottam a relatív baleseti mutató értékét, amelyet ezután összevetettem az úttípusonként számított mutatókkal. Ezen mutatók a KSH személyes baleseti adatbázisa, az OKA forgalmi és úthálózati adatai, illetve külföldi szakirodalmi adatok alapján, becsléssel készültek a Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központban [Jankó & Orosz, 2015].

A vizsgált időtartam átlagban 6 év, vagyis a 2008-as bevezetéstől (ill. átadástól) 2013-ig álltak rendelkezésemre baleseti adatok.

Az elemzéshez használt szakaszból 3 szakasz 2x1 sávós osztatlan pályás, 3 szakasz pedig 2x2 sávós osztott pályás keresztmetszeti kialakítású volt. Valamennyi szakaszon a megengedett legnagyobb sebesség értéke 110 km/h. A vizsgált szakaszok jellemzőit foglalja össze a 2.1. táblázat.

2.1. táblázat: A vizsgált emelt sebességű szakaszok jellemzői

Megye	Közút száma	Kezdőszelvény	Végaszelvény	Szakasz hossz (m)	Forgalmi sáv	Emelt s. (km/h)
Komárom-Esztergom	117	7+943	10+289	2 346	2x1	100
	117	12+579	15+161	2 582	2x1	100
Borsod-Abaúj-Zemplén	37	0+000	8+444	8 444	2x2	110
Veszprém	710	0+285	12+095	11 810	2x1	110
Nógrád	21	21+500	22+925	1 425	2x2	110
	21	28+070	28+960	890	2x2	110
	21	32+920	35+000	2 080	2x2	110
	21	39+940	41+265	1 325	2x2	110
	21	49+121	50+600	1 593	2x2	110
Békés	44	125+800	128+781	2 981	2x2	110
	44	129+883	134+463	4 580	2x2	110
Somogy	67	78+783	80+950	2 167	2x1	110
	67	81+333	88+256	6 923	2x1	110

A 2.2. táblázat a vizsgált 2x1 sávós emelt sebességű főútszakaszok relatív baleseti mutatóit tartalmazza, a 2.3. táblázat pedig a 2x2 sávós szakaszokra vonatkozókat.

A 2x1 sávós emelt sebességű szakaszok relatív baleseti mutatói vegyes eredményt hoztak. A 710-es főút valamennyi személyi sérüléssel járó balesettípust nézve jobb mutatót adott, mint a 2x1 sávós autópályán általános mutatói. A 117-es és a 67-es főút halálos relatív baleseti mutatója jobb, mint az autópályán, viszont a súlyos és könnyű sérüléssel járó balesetek esetében ez már nem mondható el. Így összességében elmondható, hogy a személyi sérüléssel járó balesetek tekintetében a 710-es út jobban, a 117-es és 67-es főút pedig rosszabbul teljesített, mint a 2x1

sávós autót. Mindhárom út mutatója rosszabb lett, mint az autópályáé, viszont jobb, vagy közel egyenlő a 2x1 sávós külterületi főút mutatójával.

2.2. táblázat: A vizsgált 2x1 sávós emelt sebességű szakaszok relatív baleseti mutatói

RBM (baleset/10 <sup>7</sup> jmkm)				
emelt sebességű szakaszon				
út	halálos	súlyos sérülések	könnyű sérülések	összes személyi sérülések
710	0,058	0,058	0,463	0,578
117	0,000	0,899	1,198	2,097
67	0,204	0,408	1,020	1,631
típus	2x1 sávós autót, $v_{megengedett}=110\text{km/h}$			
	0,2548	0,313	0,5969	1,1647

A 2x2 sávós utak közül a 37-es és a 21-es főút halálos balesetekre vonatkozó relatív mutatója jobb, mint a 2x2 sávós osztott pályás főutak mutatója általánosságban. A 44-es útra halálos balesetek tekintetében kicsit rosszabb eredményeket kaptam. A súlyos balesetekre vonatkoztatva valamennyi út mutatója jobb összehasonlítva a 2x2 sávós osztott pályás főutakkal. A könnyű sérülések baleseteket tekintve a 21-es és 44-es út kicsit jobb, a 37-es pedig kicsit rosszabb eredményt adott. Összességében a személyi sérülések balesetek tekintetében a 21-es és 44-es kicsit jobb, a 37-es főút pedig közel azonos eredményt adott, mint a 2x2 sávós főutak általános mutatója. Ez esetben is mindhárom út mutatója rosszabb lett, mint az autópályáé, viszont jobb, mint a 2x1 sávós külterületi főút mutatója.

2.3. táblázat: A vizsgált 2x2 sávós emelt sebességű szakaszok relatív baleseti mutatói

RBM (baleset/10 <sup>7</sup> jmkm)				
emelt sebességű szakaszon				
út	halálos	súlyos sérülések	könnyű sérülések	összes személyi sérülések
37	0,041	0,247	1,027	1,315
21	0,000	0,074	0,662	0,735
44	0,171	0,228	0,456	0,855
típus	2x2 sávós főút, $v_{megengedett}=110\text{km/h}$			
	0,0876	0,4135	0,8376	1,3387

A továbbiakban balesetveszélyesség szempontjából az emelt sebességű szakaszok előtti, utáni, vagy az egyes szakaszok közötti útszakaszokat vizsgáltam. Esetenként csak a megelőző, vagy követő 1-1 km-es szakaszt vettem az elemzés alapjául, míg például a 21-es főútnál a szakaszok között 4-5 km hosszúságú 2x1 sávra leszűkülő szakaszokat is elemeztem.

A 37-es főút esetében nem állt rendelkezésre az elemzéshez megfelelő 2x1 sávós szomszédos szakasz.

A 2.4. és a 2.5. táblázatok tartalmazzák az emelt sebességű szakaszokat megelőző, illetve követő szakaszok relatív baleseti mutatóit. Mivel ezek a szakaszok 2x1 sávósak és 90 km/h a megengedett sebesség rajtuk, így a 2x1 sávós külterületi főutak mutatóival hasonlítottam össze azok számított mutatóit. A 2x1 sávós emelt sebességű szakaszok előtti-utáni szakaszok mindhárom vizsgált úton rosszabb baleseti mutatóval rendelkeznek, mint a többi 2x1 sávós szakasz általában. Ez a megállapítás csaknem minden mutatóra egyenként is igaznak bizonyul, ha egyesével nézzük a különböző személyi sérüléses baleseti mutatókat. Elmondható, hogy ezen emelt sebességű szakaszokkal szomszédos szakaszok 2-3-szor balesetveszélyesebbek, mint a külterületi 2x1 sávós főútjaink átlagban.

Meg kell jegyezni, hogy helyenként a szakaszok között csomópont is található, annak adatait sem hagytam ki az elemzés során, mivel a KKK által számított mutatók is tartalmazzák a csomópontokban történt baleseteket.

2.4. táblázat: A vizsgált 2x1 sávós emelt sebességű szakaszok előtti-utáni szakaszok relatív baleseti mutatói

RBM (baleset/10 <sup>7</sup> jmkm)				
emelt sebességű szakasz előtt-után				
út	halálos	súlyos sérüléses	könnyű sérüléses	összes személyi sérüléses
710	0,773	1,804	1,804	4,380
117	1,289	1,612	2,256	5,157
67	2,147	3,220	1,073	6,440
típus	2x1 sávós főút, $v_{\text{megengedett}}=90\text{km/h}$			
	0,1824	0,6678	1,1871	2,0373

A 2x2 sávós emelt sebességű szakaszok előtti-utáni szakaszok nem emelkednek ki balesetveszélyesség szempontjából, itt minden balesettípust nézve kisebbre adódtak a baleseti mutatók, mint a 2x1 sávós külterületi utakra vonatkozóak általánosságban.

2.5. táblázat: A vizsgált 2x2 sávos emelt sebességű szakaszok előtti-utáni szakaszok relatív baleseti mutatói

RBM (baleset/10 <sup>7</sup> jmkm)				
emelt sebességű szakasz előtt-után				
út	halálos	súlyos sérülések	könnyű sérülések	összes személyi sérülések
21	0,141	0,517	1,080	1,738
44	0,000	0,000	0,391	0,391
típus	2x1 sávos főút, v <sub>megengedett</sub> =90km/h			
	0,1824	0,6678	1,1871	2,0373

A vizsgált 2x1 és a 2x2 sávos emelt sebességű szakaszokra tehát a típusukhoz illő eredményeket kaptam, nem lettek kiugróan magas baleseti mutatóik, tehát ezen szakaszok az elmúlt pár év baleseti adatai alapján nem mondhatóak kiemelkedőnek balesetveszélyesség szempontjából. Az emelt sebességű szakaszokat megelőző és követő szakaszokra, az átmenetekre viszont fokozott figyelmet kell fordítani, ezek közül is a 2x1 sávos emelt sebességű szakaszok előtt és után nagyobb balesetveszélyességre kell számítani.

## 2.6. Út és út menti környezet hatása a haladási sebességre

Az úttervezés során alkalmazott paraméterek haladási sebességre kifejtett hatását foglalta össze egy ausztrál tanulmány [Edquist et al., 2009], amelynek lényegesebb részeit foglalják össze a következő fejezetrészek.

### 2.6.1. Az út geometriai kialakítása

A geometriai kialakítás magában foglalja valamennyi fizikai elemét az útnak.

Az érdekesebb burkolatfelület nagyobb zaj- és rezgéshatást fejt ki a járművön belül. Emiatt a járművezetők hajlamosak sebességcsökkentésre a diszkomfortérzetük minimalizálása érdekében [Martens et al., 1997]. Az érdes burkolatfelületek megnehezíthetik a jármű irányítását [Elliot et al., 2003].

A burkolatszélesség sebességválasztásra kifejtett hatása annak a burkolatfelületnek a mennyiségétől függ, amelyet a jármű vezetője használatra alkalmasnak ítél meg. Ezen felül befolyásoló tényező a forgalmi sáv szélessége, a forgalmi sávok száma, a padka szélessége, esetleg az út mentén parkoló gépjárművek jelenléte, vagy más, az út mentén elhelyezett függőleges jelzések. A szélesebb forgalmi sávokkal, vagy a sávok számának növelésével nő a rendelkezésre álló használható burkolatfelület és így a sebesség is [Elliot et al., 2003]. A padka burkolásával vagy szélesítésével hasonló hatás érhető el, míg az út mentén parkoló járművek jelenlétével csökken a folyamatos vezetéshez rendelkezésre álló hely, amit

akadályok kikerülése nélkül igénybe lehet venni [Martens et al., 1997] [Ben-Bassat & Shinar, 2011].

A burkolatszélességnek kettős hatása lehet: egyrészt ha a járművezető szélesebbnek érzékeli a burkolatot, akkor növeli a sebességét, ezáltal pedig nő a baleseti kockázat. Viszont a keskenyebb sávok kialakítása sem javasolt minden esetben sebességcsökkentő intézkedésként, mivel megnövekedet a pályaelhagyásos és a frontális ütközések kockázata [Fildes & Lee, 1993].

Gyakran a burkolat színének megváltoztatásával definiáljuk a kerékpárosok vagy a közösségi közlekedés részére fenntartott teret. Ezáltal csökken a gépjárművek részére rendelkezésre álló felület, így a sebességnek is csökkennie kellene, de egyáltalán nem biztos, hogy erre az egyszerű változásra a gépjárművezetők így fognak reagálni [Elliot et al., 2003].

Minél kisebb a helyszínrajzi ív sugara, annál lassabban fogják a gépjárművek megközelíteni azt, illetve áthajtani rajta. Ehhez az is kellene, hogy a járművezető megfelelően érzékelje az ív élességét, de a valóságban a görbület sokszor alá van becsülve [Martens et al., 1997]. Az ív élességéről kapott információ függ az ív beláthatóságától, csakúgy mint attól, hogy jobbos vagy balos az ív, vagyis, hogy a jármű a külső vagy a belső íven halad [Fildes & Lee, 1993].

A domború magassági lekerekítés korlátozza a látótávolságot (főként, ha az helyszínrajzi egyenes szakasszal társul), a járművezető nem kap elegendő információt az előtte lévő útszakasról, így lassít, ha szükséges [Fildes & Lee, 1993] [Ibrahim et al., 2012].

A gravitációnak köszönhetően a lejtőn lefelé a gépjármű nagyobb sebességgel halad, amit a járművezetők általában nem kompenzálnak lassítással [Martens et al., 1997]. Több tanulmány van összhangban azzal az olasz kutatással, amely szerint a lejtős útszakaszon megnövekedett baleseti kockázattal, míg az emelkedőn mérsékelt baleseti kockázattal kell számolni [Montella et al., 2008].

A forgalmi irányokat elválasztó terelővonal hatását a sebességválasztásra az Egyesült Államokban kutatták [Garrick, 2011]. 2011 februárjában Norman W. Garrick professzor felmérést végzett a hallgatói körében a Connecticuti Egyetemen egy előadás keretén belül. A hallgatókat két csoportra osztotta. A résztvevőknek 12-12 darab, különböző helyszíneken készült fényképet mutatott, amelyek különböző útkeresztmetszeteket ábrázoltak, a hallgatóknak pedig meg kellett adniuk azt a haladási sebességértéket, amit az adott körülmények megfelelőnek és biztonságosnak éreztek (2.4. ábra). Az egyik csoport képein középső terelővonal választotta el a forgalmi irányokat, a másik csoport ugyanezeket a fényképeket kapta, annyi különbséggel, hogy ezekről képszerkesztő program segítségével eltávolították a terelővonalakat.



A kapott válaszok átlagát számítva a páronként összetartozó fényképeket elemezte, a többi útparamétert is figyelembe véve. Az eredmények többsége azt mutatta, hogy a terelővonal jelenléte sokkal inkább külterületi jelleget ad az útnak, amelyet a nagyobb haladási sebességek mutattak. A terelővonal hiánya pedig lassabb sebességre ösztönözte a válaszadókat.



2.4. ábra: Egy képpár a felmérésből

Szintén a burkolatjelek (a forgalmi irányokat elválasztó szaggatott terelővonal és a forgalmi sáv szélét jelző folytonos vonal) hatásával foglalkozott Burdett és Nicholson [Burdett & Nicholson, 2010]. Kutatásaikkal kimutatták, hogy a középső szaggatott és szélső folytonos terelővonal jelenléte 4,5 km/h-val növeli az átlagsebességet összehasonlítva egy olyan úttal, ahol csak a középső terelővonal van jelen. A középső terelővonalnak pedig 12,5 km/h-s átlagsebesség-növekedés tulajdonítható, összehasonlítva azzal az esettel, amikor egyáltalán nincsenek burkolatjelek.

### 2.6.2. Az út menti környezet

Az út menti környezet magában foglalja valamennyi, az útról látható objektumot, főként azokat az elemeket, amik bár nem képezik az út geometriai kialakításának részét, az útról letérve akadályt jelenthetnek.

Közvetlenül az út mellett elhelyezkedő objektumok (növényzet, korlátok, falak) különféle módokon befolyásolhatják a megválasztott haladási sebességet és baleseti kockázatot. Elsősorban javíthatják az út optikai vezetését, ami várhatóan a sebességek növekedéséhez vezethet. Másrészről viszont bizonyos mintázatok (például facsoportok) a perifériás vizuális áramlást segítik, ezáltal a gépjárművezető jobban érzékeli saját sebességét,

ami a sebességek csökkenéséhez vezethet [Martens et al., 1997]. Az út melletti objektumok potenciális akadályt is jelenthetnek pályaelhagyásnál, így a járművezetők ezek jelenlétéhez is igazíthatják a sebességüket figyelembe véve a lehetséges következmények súlyosságát.

Azon út menti objektumok, amelyek távolabb helyezkednek el az úttesttől, de még láthatóak, szintén befolyásolhatják a sebességet. A nyílt terepen vezető utak kis mennyiségű, az út két oldalán elhelyezkedő objektummal viszonylag kevés ingerrel szolgálnak a perifériás vizuális áramláshoz, ami a sebességek alábecsléséhez vezethet [Fildes & Lee, 1993]. Az épületek vagy fák jelenléte az út mentén ezt a hatást tompítja, segíti a járművezetők sebességét a körülményekhez igazítani. Az épületek jelenléte magával hozza egyéb úthasználók jelenlétét is (gyalogosok, kapubejárókból kiálló gépjárművek) és ez lehet az indok, amiért az ilyen szakaszra érkeve általánosságban a lassítás jellemzi a gépjárművezetők viselkedését [Elliot et al., 2003]. A magas épületek olyan hatást kelthetnek, hogy az utat „befalazták”, így kevésbé biztonságos, lassításra ösztönöz. Ez a hatás azonban nem egységes, mivel egyes tanulmányok nem találtak összefüggést az út menti épületek magassága és a sebességek között, míg mások szerint a sebességek mérséklődnek, ha az út menti épületek (vagy egyéb függőleges objektumok) magassága meghaladja az út szélességét [Elliot et al., 2003].

Az sem elhanyagolható a sebességválasztás szempontjából, hogy az út menti objektumok milyen távolságban helyezkednek el magától az úttesttől, hiszen az úthasználó által igénybe vehető burkolatfelület szélességét befolyásolja. Ahol a járművezető úgy érzi, hogy nem elég széles a rendelkezésre álló felület, ott igyekszik távolabb húzódni az úttest szélétől. Ahol viszont az ilyen jellegű mozgás nem lehetséges, ott a vezető lassítással kompenzálhatja [Martens et al., 1997].

Az útbecsatlakozások, kiválások száma az út mentén is meghatározó a sebesség szempontjából, hiszen a járművezetők érzékelik, hogy az egyéb járművek miatt esetlegesen szükség lehet lassításra [Elliot et al., 2003] [Werneke & Vollrath, 2012]. A szervizút jelenléte az út mentén (párhuzamos a főúttal, és a kisebb útsatlakozások ezt érintik nem a főutat) az átlagsebesség növelését hozza magával [Fildes & Lee, 1993]. Egyes vizsgálatok arra utalnak, hogy ez a hatás csak akkor érvényesül, ha a csomópontok az út vezető felőli oldalán találhatóak [Martens et al., 1997].

### ***2.6.3. Az útkialakítás és útkörnyezet együttes hatása***

Több hazai szakember is végzett már a sebességválasztáshoz kapcsolódó kutatásokat. Török Ádám és Berta Tamás matematikai statisztikai módszerekkel elemezve hazai

sebességmérési adatokat azon következtetéseket támasztották alá, miszerint a gépjárművezetők által megválasztott menetsebesség leginkább a közút környezetének kialakításától és a pillanatnyi forgalmi körülményektől függ [Berta & Török, 2008] [Berta & Török, 2009a] [Berta & Török, 2009b] [Török et al., 2010] [Török, 2011]. Közlekedésgazdasági és közlekedésbiztonsági szempontból is vizsgálva a kérdést munkatársaikkal két további megállapítást is közzé tettek:

- A gépjárművezetők által megválasztott sebesség KRESZ táblákkal történő befolyásolása olcsó, gyors és hatékony megoldás lehet a megfelelő közlekedésbiztonsági célok eléréséhez amennyiben a jelzések „presztízse” javul és a szabályozási környezet következetesebbé válik.

- A tervezési osztály (tervezési sebesség) és az elvárt/kívánt hálózati funkció összhangban kell legyen, mert a szükségesnél nagyobb biztonsági tartalékkal megépített utak jelentős forrásokat emésztenek fel, miközben a közlekedésbiztonsági hozadék vitatható.

2003 nyarán az M1 és az M7 autópálya 3-3 keresztmetszetében, Raktel típusú berendezésekkel folyamatos sebességméréseket végeztek, amelynek adatait Jankó Domokos, Magyar Gábor, Csenki László és Jákli Zoltán elemezték. Kutatási eredményeikkel többek között arra mutattak rá, hogy az az autópálya egyes sávjaiban, elsősorban a három sávos pályaszakasz belső sávjában különösen nagy átlagsebességek alakulnak ki. Ezekben a keresztmetszetekben a belső és a külső sávok közötti sebességkülönbségek eléri a 40 km/h-t, a belső sávban pedig a gépjárművezetők döntő többsége úgy közlekedik, mintha semmiféle sebességi előírás sem volna érvényben erre az autópálya szakaszra. A személygépkocsin kívüli gépjárművekre érvényes sebességkorlátot (80 km/h) pedig a gépjárművezetők döntő többsége nem fogadja el, e kategóriákban a szabályszegők aránya rendkívül nagy [Jankó et al., 2004]. Szintén Raktel műszerrel korábban végzett mérések alapján az autópályára jellemző forgalomáramlás ún. fundamentális diagramjait mutatta be Jankó Domokos. [Jankó, 1999].

Hollandiában a sebességhatárok hitelességével kapcsolatos kérdéseket a 80 km/h megengedett sebességű külterületi utak vizsgálatával próbálták megválaszolni. Kérdőíves felmérést végeztek a holland lakosság körében, amely során eltérő pálya és környezeti adottságokkal rendelkező, de egyazon útosztályba tartozó útszakaszok fényképei alapján kellett döntést hozniuk. A résztvevőknek egyrészt arra kellett válaszolniuk, hogy milyen haladási sebességet választanak és milyen érzékelnek biztonságosnak az adott útszakaszon való közlekedéshez, úgy, hogy eközben az ott megengedett sebesség értékét nem ismerik [Goldenbeld & van Schagen, 2007].

A felméréshez 717 résztvevőt választottak ki, valamennyien rendelkeztek jogosítvánnyal és rendszeresen vezettek. A kérdőív kitöltése online formában, illetve CD lemezes formában történt. A 717 célszemélyből 574-en (80%) küldték vissza a kitöltött kérdőívet.

A kérdőív három részből tevődött össze. Az első rész kérdései arra vonatkoztak, hogy a válaszadó hány éve rendelkezik jogosítvánnyal, évente hány kilométert vezet, volt-e közlekedési balesete az elmúlt 3 évben és hányszor bírságolták meg az elmúlt 3 évben gyorsajtás miatt. A válaszadók életkora, neme és állandó lakóhelyük régiója adatbázisban rendelkezésre állt.

A második rész 35 darab válogatott fényképet tartalmazott, valós közúti helyszínekkel. A 35 képből 27 készült külterületi 80 km/h megengedett sebességű útszakaszon (2.5. ábra). További 3 belterületi 50, illetve 70 km/h, 5 pedig 100 km/h megengedetett sebességű útszakaszon készült. Az értékelésnél csak az elsőként említett 27 db 80 km/h-s útszakasz képei lettek felhasználva, a többi kép csak az unalom elkerülése végett került a felmérésbe.

Valamennyi felvétel mozgó jármű vezető üléséről készült kézi kamerával. A résztvevőknek pedig meg kellett válaszolni azt a kérdést, hogy milyen haladási sebességet választanának és milyen tartanak biztonságosnak az adott forgalmi szituációban, úgy hogy eközben nem ismerik az adott útszakaszon megengedett sebességet.

A kérdőív harmadik részében pedig a sebességválasztás és a vezetési élmény közötti összefüggéseket vizsgálták. Egy 1-től 5-ig terjedő skálán kellett értékelniük, hogy mennyire jellemzi a vezetési stílusukat az izgalom és kalandkeresés, a gátlástalanság, a tapasztalatgyűjtés, valamint az unalom érzése.

A felmérés második részébe a képeken keresztül 15 olyan út és útkörnyezeti jellemzőt foglalták bele, amelyek hatására viselkedésbeli különbségeket tartottak lehetségesnek:

- |                             |                               |
|-----------------------------|-------------------------------|
| • helyszínrajzi ív          | van / nincs                   |
| • pálya szélessége          | átlag / szélesebb az átlagnál |
| • látótávolság              | átlagos / átlag feletti       |
| • helyzet egyértelműsége    | átlagos / átlag feletti       |
| • láthatóság jobbra         | mérsékelt / átlagos / jó      |
| • láthatóság balra          | mérsékelt / átlagos / jó      |
| • leállósáv vagy kerékpárút | van / nincs                   |
| • épületek az út mentén     | nincs / kevés                 |
| • közvilágítási oszlopok    | van / nincs                   |
| • fák a jobb oldalon        | van / nincs                   |
| • fák a bal oldalon         | van / nincs                   |
| • növényzet a jobb oldalon  | van / nincs                   |

- |                                    |             |
|------------------------------------|-------------|
| • növényzet a bal oldalon          | van / nincs |
| • forgalom a saját forgalmi sávban | van / nincs |
| • forgalom a másik forgalmi sávban | van / nincs |



2.5. ábra: A felmérésben használt 80 km/h megengedett sebességű külterületi útszakaszok képei

Az összes vizsgált útszakasz tekintetében a választott sebesség átlaga 87,9 km/h-ra adódott (9,8 km/h szórás), a biztonságosnak megítélt sebesség átlaga pedig 83,7 km/h (8,7 km/h szórás). Tehát a résztvevők átlagban 8 km/h-val szeretnék a megengedett 80 km/h-nál gyorsabban haladni, ami 10%-os eltérést jelent. Emellett 4 km/h-val a saját maguk által biztonságosnak megítélt sebességnél is magasabbat szeretnék választani. Ennek az lehet az egyik magyarázata, hogy a saját vezetési képességeiket jobbnak érzik összehasonlítva a többi gépjárművezető képességeivel és így azt gondolják, hogy nyugodtan haladhatnak gyorsabban a megengedettnél. Egy másfajta magyarázatot ad az a fajta járművezetői látásmód, mely szerint a megengedett sebesség csak egyfajta ajánlás, amelyet túl lehet lépni, ha a kedvező időjárási és forgalmi viszonyok azt lehetővé teszik.

Nem adódtak jelentősebb eltérések a nemek viselkedése között, bár ez betudható annak is, hogy a felvételek többsége nyugodt útkörnyezetben készült, más úthasználók és sérülékenyebb közlekedők (gyalogosok, kerékpárosok) jelenléte nélkül, így nem jelent meg a -női gépjárművezetők erősebb biztonsági orientációja. A korcsoport és a korábbi bírságok mennyisége szerinti eltéréseket a 2.6. táblázat mutatja.

2.6. táblázat: Korcsoport és bírságok mennyisége szerinti eltérések [Goldenbeld &amp; van Schagen, 2007]

	kategóriák	elemszám	Választott sebesség		Biztonságos sebesség	
			átlag	szórás	átlag	szórás
Kor	18 - 25	56	91,9	11,7	85,6	10,2
	26 - 39	181	89,8	9,1	84,8	8,9
	40 - 55	190	87,6	9,2	83,4	8,0
	56+	145	84,4	9,7	82,0	8,5
Bírság	-	284	86,2	9,0	82,5	7,7
	1	135	87,7	9,4	84,1	9,3
	2	85	90,0	10,3	84,8	9,4
	>2	66	93,1	11,2	86,8	9,9

Az eredmények azt mutatják, hogy a különböző csoportok esetében általában ugyanazon út és út menti környezeti jellemzők vannak hatással a döntésekre (2.7. táblázat).

2.7. táblázat: Út és útkörnyezeti jellemzők szerinti eltérések [Goldenbeld &amp; van Schagen, 2007]

	Választott sebesség				Biztonságos sebesség			
	átl.	86,7	>átl.	92,0	van	82,5	nincs	87,7
<b>pálya szélessége</b>	átl.	86,7	>átl.	92,0	van	82,5	nincs	87,7
<b>helyszínrajzi ív</b>	van	81,9	nincs	90,9	átl.	78,1	>átl.	86,5
<b>látótávolság</b>	átl.	84,7	>átl.	91,4	átl.	80,7	>átl.	86,9
<b>helyzet egyértelműsége</b>	átl.	83,1	>átl.	89,3	átl.	79,3	>átl.	84,9
<b>láthatóság jobbra</b>	<átl.	83,6	átl.	88,5	<átl.	79,5	átl.	84,3
	>átl.	91,6			>átl.	87,1		
<b>láthatóság balra</b>	<átl.	85,7	átl.	88,6	<átl.	81,8	átl.	84,3
	>átl.	89,3			>átl.	84,9		
<b>leállósáv / kerékpárút</b>	van	87,2	nincs	88,6	van	83,0	nincs	84,3
<b>épületek az út mentén</b>	nincs	89,2	kevés	83,5	nincs	84,9	kevés	79,3
<b>közvilágítási oszlopok</b>	van	85,1	nincs	88,7	van	81,0	nincs	84,4
<b>fák a jobb oldalon</b>	van	86,3	nincs	91,0	van	82,2	nincs	86,7
<b>fák a bal oldalon</b>	van	87,3	nincs	90,0	van	83,1	nincs	85,7
<b>növényzet a jobb oldalon</b>	van	85,9	nincs	89,1	van	81,9	nincs	84,7
<b>növényzet a bal oldalon</b>	van	87,6	nincs	88,0	van	83,4	nincs	83,8
<b>forg. saját forg. sávban</b>	van	87,7	nincs	88,0	van	83,8	nincs	83,6
<b>forg. másik forg. sávban</b>	van	89,0	nincs	87,6	van	84,7	nincs	83,4

Minden csoportot befolyásoló körülményként jelent meg a helyszínrajzi ív jelenléte, a helyzet egyértelműsége, a látótávolság, valamint a legtöbb csoport esetében a jobbra való láthatóság és a pálya szélessége is kiemelkedő jelentőséggel bírt a sebesség megválasztásánál. A két idősebb korcsoport viselkedésére (40-55 és 56 +) általában több (7 db) út és útkörnyezeti jellemző fejtette ki hatását, mint a két fiatalabb korosztály (18-25 és 26-39) viselkedésére (3-4 db).

A szakirodalom további tanulmányokat tartalmaz a különböző útelemek és azokon végrehajtott változtatásokkal elért, a járművezetói viselkedésre és közvetve a közlekedés biztonságára kifejtett hatások elemzésére, a közlekedők, az emberi tényező oldaláról megközelítve a problémakört [NCHRP, 2012] [Edquist, 2008] [Pasetto & Barbat, 2012].

#### **2.6.4. Közúti jelzések**

A közúti jelzések fontos információforrást jelentenek az út használói számára. Az előzőekben tárgyalt faktorokkal ellentétben a közúti jelzések sokkal inkább explicit, mint implicit módon szolgálnak információval az úthasználó számára. Informálnak a megengedett sebesség mértékéről, várható veszélyekről, ívekről, irányokról, ami hatással lehet a megválasztott haladási sebességre.

Egy további fontos tény a jelzések tartalmán túlmenően azok formátumára vonatkozik. Amennyiben megfelelő távolságból a jelzések nem olvashatóak, úgy a vezető lassításra kényszerülhet az olvasásukhoz. Ha ezt csak a járművezetők egy része teszi meg, akkor nagyobb lesz a sebességek szórása és így a baleseti kockázat is [Edquist et al., 2009].

Magyarországon 2007-ben az akkor még önálló Állami Autópálya Kezelő Zrt. megbízásából a GfK Hungária Kft. szemkamerás vizsgálatot végzett az M1 és M7 autópálya, valamint az M0 autópályán egy szakaszán [Jákli, 2008]. A kutatás középpontjában a vezetési szokások megfigyelése állt, különös tekintettel az autóvezetés közbeni jelzések, tereptárgyak észlelésére és az információszerezési szokásokra.

A szemkamerás felvételek elemzése után egyértelműen kijelenthető, hogy a vezetők az autópályán az esetek nagy százalékában a pálya felett megtalálható táblákat nézik. Vezetés közben a fej elfordítása nélkül jutnak ezek által információkhoz, így nem esik ki a sofőr a vezetés ritmusából. Ezek közül is kiemelkedik a változtatható jelzésekű tábla megfigyelési gyakorisága (91%). A pálya felett elhelyezett táblák esetén ügyelni kell az információ, mennyiségére. A túl sok információ inkább zavaró, mint hasznos, hiszen váratlanul éri a vezetőt a sok vizuális információ és mindössze néhány másodperce van, hogy megnézze és felfogja azokat. A megszokott jelző- és útbaigazító táblák csekély figyelmet kapnak (16%).

Hasznos információs felület az útburkolat, az eddigiekhez képest jobban ki kellene használni az ebben rejlő lehetőségeket.

A vizsgálat során megerősítést nyert, hogy vezetés közben, a kézben tartott mobiltelefon jelentősen beszűkíti a figyelmet, a vezető gyakorlatilag csak arra koncentrálni, hogy az úton tartsa a járművet.

A közlekedési jelzések észlelésével és érzékelésével közlekedépszichológiai szempontból foglalkozott Siska Tamás szakpszichológus. Az általa összegyűjtött vizsgálatokból [Siska, 2012] a példa kedvéért kiemelném a következő néhány bekezdésben tárgyaltakat.

A közlekedési jelzések felismerésével kapcsolatos vizsgálatokat Johansson és Rumar végzett 1966-ban [Johansson & Rumar, 1966]. A vizsgálatok egyik célja az volt, hogy meghatározzák a közlekedési jelzések felismerésének maximális mértékét. Öt személyt utasként vittek végig egy 170 km hosszú útszakaszon, ahol 424 közlekedési jelzőtábla volt elhelyezve. Az utasok jól látták az utat, és az volt a feladatuk, hogy nyomjanak meg egy gombot, amikor felismertek egy közlekedési jelzőtáblát. Ez a kísérleti módszer biztosította, hogy a felismerést végző személyeknek a közlekedési jelzőtáblákon kívül ne kelljen másra figyelniük (pl. járműkezelésre, forgalomra). A gépkocsi sebessége nem haladta meg a 90 km/h értéket. A felismert jelzőtáblák száma 369 és 405 között változott, az átlagérték 388 volt, tehát a jelzések 91%-a felismerésre került.

Summala és Näätänen vizsgálatában [Näätänen & Summala, 1976] a gépjárművezetőknek vezetés közben meg kellett nevezniük az általuk észlelt közlekedési jelzőtáblákat. A vizsgált útszakasz 257 km hosszú, kétirányú út volt, erős forgalommal. A jelzőtáblák teljes száma 581 volt.

A vizsgálatban résztvevő kilenc gépjárművezető azt az instrukciót kapta, hogy vezessenek olyan biztonságosan, amilyen biztonságosan csak tudnak, fordítsanak fokozott figyelmet a többi közlekedőre és minden más olyan dologra, amelyik lényeges a vezetés biztonsága szempontjából (pl. az előzést tiltó sárga vonalra az úttest közepén). Végül felkérték őket arra, hogy nevezzenek meg minden egyes jelzőtáblát, amelyik mellett elhaladnak (nem kívánták meg a jelzőtáblák „hivatalos” megnevezését, a gépjárművezetők saját szóhasználatát is elfogadták).

Az eredmények azt mutatták, hogy a jelzőtáblák 97%-át felismerték. Lakott területen kívül a jelzőtábláknak mindössze 0,2%-át nem nevezték meg. A veszélyt jelző tábláknak 0,3%-át hagyták figyelmen kívül, a tiltó táblák közül egyet sem. Az útirányt jelző tábláknak 1,8%-át nem nevezték meg. Leggyakrabban a redundáns információkat tartalmazó táblákról



nem számoltak be (2,1%), ilyen pl. a főútvonal tábla, amelyet mindegyik útkereszteződés után megismételnek.

Ez utóbbi vizsgálatban a táblák felismerési aránya még magasabb volt, mint Johansson és Rumar vizsgálatában. A jobb teljesítményt valószínűleg az okozta, hogy gépjárművezetők vettek részt a vizsgálatban, akiknek az éberségi szintje és motivációja feltehetően nagyobb volt, mint az utasoké, valamint a feladat is érdekesebb volt (a tábla megnevezése, szemben a gombnyomással).

Ezen és még további számos vizsgálat eredményei azt mutatják, hogy motivált személyek lakott területen kívül, vezetés során képesek arra, hogy csaknem az összes közlekedési jelzést felismerjék. Az idegrendszer információ-felvevő és -feldolgozó kapacitása elegendő erre a feladatra. Ebből viszont azt a következtetést lehet levonni, hogy a közlekedési jelzőtáblák figyelmen kívül hagyásának hátterében általában nem a percepció kapacitás szűkössége áll. Summala vizsgálatában elért teljesítményhez azonban fokozottan kellett figyelnie a gépjárművezetőnek (amihez erős motiváltságra is szükség volt). A vizsgálat során a perceptuális és az információ-feldolgozó rendszer jobban igénybe volt véve, mint normál vezetési helyzetben, amit bizonyít az is, hogy a vizsgálat végén a gépjárművezetők nagymértékű fáradtságról számoltak be.

A városi közlekedési környezetben a megnevezett táblák aránya lényegesen kisebb, átlagosan 83%. A teljesítmény romlásában minden bizonnyal szerepet játszik a figyelmi kapacitás túlterhelődése is.

Az idézett vizsgálatok eredményei azt bizonyítják, hogy a közlekedési jelzőtáblák figyelmen kívül hagyásának általában motivációs és nem percepció okai vannak. Motivált gépjárművezetők képesek arra, hogy folyamatosan, több órán keresztül, erős forgalom mellett az útjukba eső szinte valamennyi közlekedési jelzőtáblát helyesen megnevezzék.

Aprólékos reakcióelemzésekkel ki lehetett mutatni, hogy a gépjárművezetők reagáltak a közlekedési jelzésekre, még olyan esetekben is, amikor verbálisan nem tudták felidézni a jelzést. A reakció azonban erősebb és hosszabban tartó a fontosabbnak tartott jelzések esetében. A járművezetők általában nem azért hagyják figyelmen kívül a közlekedési jelzést, mert nem észlelik, hanem azért, mert úgy gondolják, hogy az adott helyzetben nem indokolt, illetve szükségtelen a jelzések figyelembevétele [Siska, 2012].

#### **2.6.5. Szimulátor-kísérletek az út menti környezet elemzésére**

Az elmúlt évtizedekben számos szimulátor-kísérlet is készült a témában, számos szakember próbálta sokféle szempontból vizsgálni és elemezni az út menti környezet hatását a sebességválasztásra, a járművezetői viselkedésre [de Waard et al., 2004] [Kaptein &

Claessens, 1998] [Abele & Møller, 2011]. Születtek tanulmányok a szimulátor-kísérletek létjogosultságának validálására a haladási sebesség, az úthasználói viselkedés elemzésében [Bella, 2008].

Szimulátor-kísérletek alapján Godley társaival [Godley et al., 1999] arra a következtetésre jutott, hogy az út mellett elhelyezkedő fasornak nincs sebességcsökkentő hatása.

Van der Horst és de Ridder [van der Horst & de Ridder, 2007] az út menti fák, akadályok, falak, védőkorlátok sebességválasztásra kifejtett hatásait vizsgálták egyenes és íves útszakaszokon egyaránt. A járművezetők lassítottak, ha akadályt észleltek az út mellett, az út menti fák viszont csak abban az esetben gyakoroltak hatást a sebességre, ha a távolságuk az út szélétől 2 m-nél kisebb volt.

Manser és Hancock [Manser & Hancock, 2007] szimulátor-kísérletekkel azt vizsgálta, hogy az alagutak falán elhelyezett mintázat befolyásolja-e a sebességválasztást. A kísérleti eredmények alapján úgy ítélték meg, hogy az olyan függőleges mintázat, amely optikailag szűkítette a keresztmetszetet, alacsonyabb sebességet eredményezhet, míg ennek ellentettje, az olyan mintázat, amely optikailag szélesedőnek érzékeltette a tér nagyságát, összefüggésbe hozható a megnövekedett sebességgel.

Bella és D'Agostini [Bella & D'Agostini, 2010] szimulátor-kísérleteikkel az ívekben történő sebességválasztást elemezték, szakaszolva vizsgálták az ívet, a hozzá tartozó átmeneti íveket és az azt megelőző és követő egyenes szakaszt. Hasonló vizsgálatokat végzett Charlton is, aki az ívek előtt elhelyezett különféle figyelmeztető jelzések hatását elemezte [Charlton, 2004] [Charlton et al., 2010].

Ezen ismeretanyag tudatában számos információ áll rendelkezésünkre, amelyek figyelembevételével és tudatos alkalmazásával a humán tényező, a közlekedő ember oldaláról tervezőként közvetve hatást tudunk gyakorolni a közlekedésbiztonságra. Emberközpontú közlekedési rendszer, biztonságos utak tervezésével pozitív eredményt lehet elérni, ahogy azt számos hazai és külföldi példa is igazolja.

## 2.7. Önmagukat magyarázó utak

*“Az út használói hibákat követnek el: a hibák elkövetésének lehetőségeit a lehető legkisebbre kell csökkenteni. Ha ennek ellenére is előfordulnak hibák, minimálisra kell csökkenteni a következményeket!” [Gaardbo & Schelling, 1997]*

Az „önmagát magyarázó út” („self-explaining road”) fogalma az elmúlt években egyre inkább kezd beivódni a szaknyelvbe. Ezen egy-két évtized alatt a biztonságos utak rendszerének számos definíciója fogalmazódott meg.

Maga a kifejezés először az 1990-es években jelent meg a szakirodalomban. 1992-ben egy holland kutatóintézet által a Holland Közlekedési Minisztérium részére készített jelentést tett közre “Begrijpelijkheid van de weg” címmel, amely angol fordításban “Self-explaining roads”-ként jelent meg [Theeuwes & Godthelp, 1992]. A „begrijpelijkheid” szó nem szó szerinti fordításban került be az angol kifejezésbe, a „begrijpen” ige jelentése megérteni, a „begrijpelijk” melléknév pedig érthetőt jelent [van Geem et al., 2013].

Alexander és Lunenfeld (1986) javaslata szerint a közlekedési helyzetnek összhangban kell lennie az úthasználó elvárásaival. Ezen elméletet különféle vizsgálatokkal támasztották alá [Alexander & Lunenfeld, 1986]. Rajtuk kívül még számos szakember foglalkozott már korábban is az utak érthetőségével, úthasználói elvárásokkal, úthasználói viselkedéssel [Näätänen & Summala, 1976] [Mazet & Dubois, 1988].

Theeuwes és Godthelp (1995) a korábbi elméleti megfontolásokra alapozva olyan kritériumokat fogalmaztak meg, amelyek elősegítik az utak önmagukat magyarázó jellegét, amelyhez néhány könnyen felismerhető és megkülönböztethető útkategória kellett. Az a két alapvető pszichológiai elv, amelyekből kiindultak az utak kategorizálása és az úthasználó elvárásai. Megfogalmazásaik úgy hangzanak, hogy az önmagukat magyarázó utaknak a következő kritériumokat kell teljesíteniük:

- egyedi útelemelek – kategórián belül homogén, különbözik a többi kategóriától
- egyedi viselkedési forma - kategórián belül homogén, különbözik a többi kategóriától
- egyedi csomópont kialakítás, egyenes szakaszok és ívek összhangban az adott útkategóriával
- olyan kategóriákat kell választani, amelyek a viselkedés szempontjából meghatározóak
- a két egymást követő, különböző kategóriába tartozó szakaszok között ne legyen túl gyors az átmenet

- ha kategóriabeli váltás van, akkor a változást egyértelműen jelezni kell
- az útkategóriák tanításakor nem csak annak nevét kell tanítani, hanem az adott kategóriához tartozó elvárt viselkedési formát is
- a kategóriát meghatározó jellemzők legyenek éjszaka is láthatóak
- az útkialakításnak csökkentenie kell a sebességbeli és iránybeli különbségeket
- az útelemeknek és jelzéseknek teljesíteniük kell a láthatóság követelményét
- a forgalomirányítási rendszernek összhangban kell lennie az adott kategóriával

Vegyük észre a fenti kritériumok rendszerszemléletét, hiszen nem egy-egy adott útszakaszra, hanem az utak teljes rendszerére vonatkoztatva értelmezhetőek.

Theeuwes és Godthelp elvei szerint az utak nem megfelelő kategorizálása besorolása közlekedésbiztonsági szempontból veszélyes, mivel téves elvárásokat támaszt az úttal kapcsolatban az úthasználókban [Theeuwes & Godthelp, 1995].

Egy további megfogalmazás szerint az önmagát magyarázó út egy olyan módon megtervezett és kialakított út, mely a megfelelő viselkedésre ösztönözi a járművezetőket és így elkerülhetőek a vezetési hibák. Egy tökéletesen megtervezett önmagát magyarázó úton nincs szükség a megengedett legnagyobb sebességre vagy veszélyre figyelmeztető táblákra [Lippold, 2009]. Egy ilyen úton tehát a járművezetők ezek nélkül is az elvárt (és nagyjából homogén) sebességgel közlekednek, és nem találkoznak a kialakítás váratlan változásaival. A közlekedésben résztvevők már tudat alatt is értik, milyen közlekedési magatartást vár tőlük a közút tervezője, illetve üzemeltetője.

A RIPCORD-iSEREST project [Matena et al., 2006] keretein belül összehasonlításra került több európai ország (Ausztria, Belgium, Csehország, Dánia, Franciaország, Németország, Görögország, Magyarország, Olaszország, Hollandia, Norvégia, Portugália) útkategóriáinak rendszere. A kutatáshoz az adott országok útkezelői szervezetei nyújtottak támogatást. Megállapították, hogy a hivatalos útkategóriák nem feltétlenül vannak összhangban az utak tervezési jellemzőivel vagy a megengedett legnagyobb sebesség értékével. A vizsgált országok közül három - Dánia, Németország és Hollandia - már az önmagukat magyarázó utak elveinek megvalósítása felé halad. Bár a három ország koncepciója eltér egymástól, elmondható, hogy az alapkonceptió mindhármuknál ugyanaz, a különböző útkategóriák legyenek:

- felismerhetőek – az egyforma típusú utakhoz hasonló forgalmi körülményekkel, funkcióval, sebességhatárral rendelkező kialakítás tartozzon
- egymástól megkülönböztethetőek – az utak funkciója, az úthasználók csoportjai és a különböző vezetési műveletek határozzák meg az útkategóriák ésszerű számát

- könnyen értelmezhetőek, felfoghatóak és biztonságosak – maga az út informálja a közlekedőt a helyes magatartásról, így az út önmagát magyarázó jellege elősegíti a biztonság fokozását.

Az útgeometria és az útjellemzők befolyásolják az úthasználók elvárásait az adott útszakaszra megfelelő sebességről [Weller et al., 2008]. Ebből kifolyólag a sebességválasztás az út kialakításában való változtatásokkal sokkal inkább befolyásolható, mint csupán a közúti jelzésekre támaszkodva. Az önmagukat magyarázó utak koncepciója az utak olyan rendszerét foglalja magába, ahol az útkörnyezet tudat alatt összhangban van a biztonságos, megfelelő úthasználói viselkedéssel az utakon [Theeuwes & Godthelp, 1995].

Az utak osztályozása alatt nem csak az előírás szerinti útkategóriákat érthetjük, hanem azon szubjektív útkategóriákat is, amelyeket az úthasználók magukban alakítanak ki, ahogy megismerik az adott úthálózat rendszerét. A hivatalos útkategóriák következetességmentes jellemzőinek és a különböző kategóriák hasonlóságának köszönhetően a szubjektív és a hivatalos útkategóriák nem feltétlenül egyeznek meg. Minél közelebb van a hivatalos útkategória az úthasználók szubjektív kategóriáihoz, annál valószínűbb, hogy az úthasználók viselkedése az elvárthoz közelít, biztosítva a megfelelő sebességválasztást [Edquist et al., 2009].

Az önmagát magyarázó út elve gyorsan követőkre talált. Míg Hollandiában a közlekedéspolitikai részét képezi [Wegman & Aarts, 2006], addig Németországban már teljesen beivódott a külterületi utakra vonatkozó nemzeti szabványokba [Matena & Weber, 2010].

Rimersma [Riemersma, 1988] különböző holland utakon készült képsorozatok segítségével felmérést készített az utak közötti hasonlóságok és különbségek felderítésére. Felmérésének alanyai szubjektív kategóriákat hoztak létre a fizikai útkialakításokat mérlegelve. Résztevők egy másik csoportjának az útelemek, útkialakítás alapján kellett osztályozniuk a képeket, majd olyan sebességet kellett rendelni az egyes képekhez, amelyet biztonságosnak éreztek az adott szakaszon való haladáshoz, továbbá be kellett sorolniuk az adott szakaszt a hivatalos útkategóriák közé. A kialakított csoportok nem egyeztek meg a hivatalos útkategóriákkal. A levont következtetések alapján az útkialakítást meghatározó útelemeket, amelyeket a járművezetők az útkategória megítélésénél használnak, úgy kellene alkalmazni, hogy azok a jobb felismerhetőséget szolgálják és ezáltal a biztonságos sebességválasztást segítsék.

Weller [Weller et al., 2008] hasonló felmérést végzett német utakon. Az eredeti fényképeken kívül olyanokat is használt, amelyeken valamilyen útelemet módosítottak,

átszerkesztettek. Azon útelemek, amelyek a csoportosítást leginkább befolyásolták a következők voltak: útburkolat, szélesség, jelzések, látótávolság, vonalvezetés.

Szintén Weller munkásságához kötődik azon tanulmány, amely röviden összefoglalja, melyek azok a fő jellemzők, amiktől egy út önmagát magyarázó lesz [Weller & Dietze, 2010]. Az út azon objektumok közé tartozik, amellyel az ember nap-mint- nap kölcsönhatásba kerül élete során.

Az emberi érzékelés és információ-feldolgozás a következőben felsoroltak alapján történik:

- jelek és jelzések
- használati módra utalás
- optikai vezetés
- építészeti kialakítás beleértve a figyelemfelkeltő jelzéseket is
- Gestalt alapelvek
- általános tervezési elvek

Ezen témakörhöz kapcsolódó néhány kutatás már a közlekedépszichológiával foglalkozó fejezetben ismertetésre került, így itt már csak néhány fogalmat emelnék ki.

A jelek és jelzések olyan környezeti elemek, amelyeket az egyén tanulással sajátít el és ezek a viselkedésében automatikusan visszatükröződnek. Példaként említhetők a közúti jelzőtáblák, mint hivatalos jelzések – integrált diszkriminatív ingerek. Ezeknek a jelzéseknek azonban lehetnek jellemző hiányosságai:

- lehet, hogy nem érzékeljük őket,
- lehet, hogy nem értjük őket,
- lehet, hogy szándékosan figyelmen kívül hagyjuk őket.

A Gestalt alapelvek [Pléh & Boross, 2004] központi gondolata, hogy az agy az érzékelés során keletkezett információkat holisztikusan észleli, azaz nem a különálló ingerekre figyel, hanem az egész képre. Ebben a folyamatban ráadásul többféle mintafelismerő rendszer is támogatja, amelyek a háttérben mozogva elősegítik az egységes kép feldolgozását.

- Megjelenés: A dolgokat az érzékelés során nem részenként érzékeljük, és aztán a teljes képet ebből a darabokból rakjuk össze, hanem egyszerre az egész kép jelenik meg az észlelés során
- Szubjektív kontúr: Tárgyak észleléséhez azok körvonalait ismerjük fel, ehhez fizikai különbségre van szükség az érintkező felületeken. Szubjektív kontúr az, amikor ilyen különbség nélkül is észlelünk egy tárgyat

- Ábra-alap szerveződés: A kétértelmű észleléseknél a látott kép hajlamos ugrálni a két kép között
- Alakkonstancia: Egyszerűbb tárgyknál az alakot állandónak érzékeljük a különböző térbeli helyzet ellenére

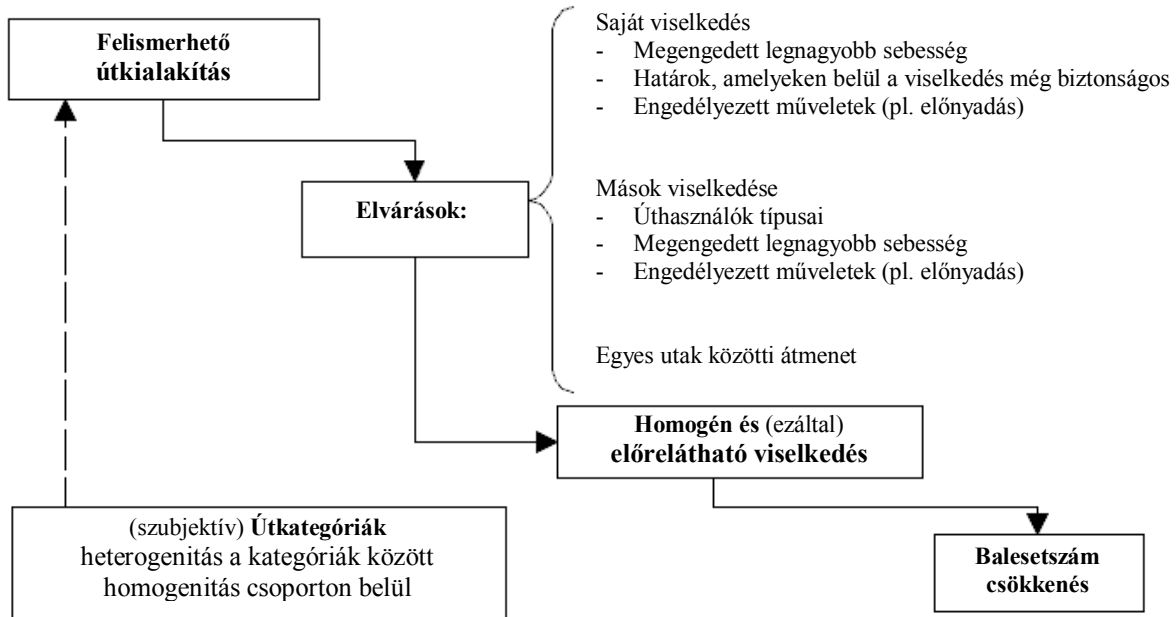
A Gestalt érzékelés következménye, hogy az emberi észlelés módja elsősorban szabályos, rendezett, szimmetrikus és egyszerű. Ennek alapján néhány elv levezethető:

- Közelség elve: azokat az elemeket, amelyek térben és időben egymáshoz közel állnak összetartozónak észleljük, vagyis az egymáshoz közeli tárgyak perceptuális egységként csoportosulnak
- Hasonlóság elve: hajlamosak vagyunk egy csoportba sorolni a hasonló elemeket, ez történhet fényesség, méret vagy irányultság alapján
- Zárttság elve: hajlamosak vagyunk befejezetlen ábrákat egésznek látni a hiányzó részek kitöltésével, vagyis olyan körvonalakat egyesítünk, amelyek nagyon közel vannak egymáshoz
- Szimmetria elve: szimmetrikus alakzatokat a távolság ellenére is egy egységként érzékeljük
- Folytonosság elve: hajlamosak vagyunk úgy látni bizonyos tárgyakat, ábrákat, hogy azok abba az irányba haladnak tovább, amely felé mutatnak.
- Közös sors elve: egymással összehangoltan mozgó összetevőket önkéntelenül is egybefüggőnek tekintjük [Pléh & Boross, 2004]

Ideális helyzet lenne, ha a megfelelő úthasználói viselkedés elérhető lenne csupán az út megjelenéséből és érzékeléséből („look and feel”) egyéb ismeretek nélkül. A valóságban azonban mindig lesznek útszakaszok, ahol nem lesz reális. Ott az út tervezőjének a szabványosítás irányába kell lépnie. A szabványosított tervezés jelentését és elveit meg kell tanulni és sokszor csak akkor válik érthetővé, ha összefüggéseiben látjuk valamennyi tervezési változatot.

Így az önmagát magyarázó út koncepciójának érvényre juttatásához nem elég bizonyos útszakaszokon helyi beavatkozásokat végrehajtani, hanem holisztikus látásmódot igényel az önmagát magyarázó utak teljes rendszerének kialakításához [Weller & Dietze, 2010].

Az önmagukat magyarázó utak hálózatának rendszerét korábban Matena és társai vázolták fel (2.6. ábra) [Matena et al., 2006].



2.6. ábra: Az önmagukat magyarázó utak rendszerének alapvető elveit ábrázoló séma [Matena et al., 2006]

A legfontosabb szempont az önmagukat magyarázó utak osztályozásánál, hogy az útkategóriáknak heterogénnek kell lennie a különböző csoportok között és homogénnek csoporton belül, továbbá felismerhetőnek kell lennie egy adott útszakaszon.

Vannak olyan jellemző közúthálózati elemek, amelyek használatával erősíthető az önmagát magyarázó jelleg. Elvileg minden egyes útelem növelheti ezen jelleget egy adott szakaszon, vagy akár az egész úthálózaton:

- vízszintes és függőleges vonalvezetés
- burkolatfelület
- útburkolati jelek
- keresztmetszvény kialakítása
- csomóponti kialakítás
- különleges jelzések
- útmenti környezet.

A felvázolt elvek alapján kidolgozásra került 2.8. táblázat javaslatot tartalmaz az ideális önmagát magyarázó útkategóriák kialakításához [Weller & Dietze, 2010].



2.8. táblázat: Javaslat az ideális önmagát magyarázó útkategóriák kialakításához [Weller &amp; Dietze, 2010]

Elhelyezkedés	Funkció	Keresztmetsze- ti szélesség	Forgalmi irányok fizikai elválasztása	Vonal- vezetés	Egyedi ismertetőjegy	Csomópont típusa	Burkolat- felület	Szabályozás (egyéb úthasználók)	Sebesség- határ
Külterületi autópálya	Átmenő I autópálya	Nagyon széles	Fizikai elválasztás Üzemi sáv	Nagyvonalú	Fizikai elválasztás Üzemi sáv	Különszintű		Nincsenek sebezhető úthasználók	130
Külterületi út	Átmenő II nem autópálya	Nagyon széles	Fizikai elválasztás vagy színes elválasztó sáv felfestve	Részben nagyvonalú	Fizikai vagy színes felfestett elválasztás Nincs üzemi sáv	Szintbeni jelzőlámpás		Sebezhető úthasználók csak külön sávban	100
	Külterületi elosztó	Széles	Középső burkolatjelek	Részben illeszkedő	Középső burkolatjelek	Szintbeni jelzőlámpás		Sebezhető úthasználók	80
	Külterületi kiszolgáló	Keskeny	Szűk keresztmetszet Nincs fizikai elválasztás Jobb és bal oldalon burkolatjelek	Illeszkedő	Szűk keresztmetszet Nincs fizikai elválasztás Jobb és bal oldalon burkolatjelek	Szintbeni vagy körforgalom		Sebezhető úthasználók	60
Belterületi út	Belterületi elosztó	Széles	Középső burkolatjelek		Középső burkolatjelek	Szintbeni vagy körforgalom		Sebezhető úthasználók külön sávban	50
	Belterületi kiszolgáló	Keskeny	Nincs fizikai elválasztás		Nincs fizikai elválasztás	Szintbeni vagy körforgalom		Sebezhető úthasználók	30
	Lakóutca		Nincs fizikai elválasztás a gépjárművek és a sebezhető úthasználók között		Színes vagy macskaköves		Színes vagy macska- köves	Sebezhető úthasználók elsőséggel	7

Egy holland kutatás a különböző útkategóriák felismerhetőségére koncentrált, különös tekintettel a kategóriák közötti átmenetre [Stelling-Konczak et al., 2011].

A SPACE projekt eredményeit 2013-ban publikálta Carl van Geem munkatársaival [van Geem et al., 2013], melynek témája a sebességadaptáció ellenőrzése az önmagukat magyarázó utak segítségével. Ez egy EU által támogatott ERANET projekt, amelynek célja kideríteni, hogy melyek azok az intézkedések, amelyek a leghatékonyabbnak bizonyultak az önmagukat magyarázó utak elveinek érvényesítésénél. Az elemzésekből kiderült, hogy az intézkedések kombinációival, intézkedéscsomagok alkalmazásával sokkal nagyobb hatás érhető el, mint csupán egy-egy intézkedés helyi alkalmazásával. Ezen intézkedéskombinációk összhangja fontos tényezőt jelent az úthasználói viselkedés szempontjából.

Képzeljünk el egy tökéletesen az útkialakításhoz illeszkedő úthasználói viselkedést. Ez valószínűleg megakadályozza a balesetek nagy részének bekövetkezését, de mégsem védi meg az adott úthasználót valamennyi balesettől. Továbbra is bekövetkezhetnek balesetek, például a többi úthasználó, az út menti akadályok, vagy a kedvezőtlen időjárási körülmények által előidézve. Tehát még az út teljesen önmagát magyarázó volta és a megfelelő viselkedési forma mellett is előfordulhatnak balesetek.

Tovább csökkenthető a balesetek előfordulásának valószínűsége és a balesetek súlyossága megbocsátó utak tervezésével. A megbocsátó út („forgiving road”) fogalma olyan utat és útkörnyezetet foglal magába, amelynek segítségével megelőzhető a baleset, illetve a baleset bekövetkezése esetén csökkenthető a következmények súlyossága még akkor is, ha a járművezető nem megfelelő viselkedést tanúsított. Az előbbinek egy jellemző példája a burkolt padka, amely megakadályozza a jármű kicsúszását még abban az esetben is, ha a jármű elhagyja a forgalmi sávot. Míg az önmagát magyarázó út a viselkedést igyekszik befolyásolni, addig a megbocsátó út célja a nem megfelelő viselkedés negatív következményeinek redukálása.

Egy fontos fogalom a holland gyakorlatból származó fenntartható biztonság koncepciója. A fenntartható biztonság koncepciójának alapelve, hogy az infrastruktúra megfelelő kialakításával csökkenjen a baleseti kockázat. Mindennek háttérében az áll, hogy az emberi tényezőt, mint értékmérőt kell figyelembe vennünk a tervezés során. A fenntarthatóság lényegében azzal a megközelítéssel él, hogy a megelőzés hatékonyabb, mint az utólagos kezelés [Borsos, 2010]. Ezen koncepció 5 alapelvből tevődik össze, amelyet a 2.9. táblázat foglal össze.

2.9. táblázat: *A fenntartható biztonság alapelvei [Wegman & Aarts, 2006]*

Alapelv	Leírás
Funkcionalitás	Egy úthoz egyfajta funkció tartozzon – átmenő, elosztó, kiszolgáló – hierarchikusan felépített úthálózat rendszere.
Homogenitás	A különböző irányú mozgások és az eltérő tömegű járművek együttes közlekedésének megelőzése, közepes és nagy sebességek esetén a viszonylag nagy sebességkülönbségek
Megbocsátó útkialakítás	Az út és környezetének kialakítása oly módon, hogy a balesetek következményeit minimalizáljuk
Kiszámíthatóság - felismerhetőség	Olyan útkörnyezet és úthasználói viselkedés, amely megfelel az úthasználó elvárásainak az egységes és folytonos útkialakítással
Az úthasználói tudatosság	Egyéni képességek felmérése a vezetési feladat kezeléséhez - a közlekedő képes legyen felmérni, hogy biztonságosan részt tud-e venni a közlekedésben

A fenti elvek a következő közlekedésbiztonsági intézkedéseken keresztül jutnak érvényre:

- mérnöki munka
- oktatás
- végrehajtás
- gazdaságosság és ösztönzés

Az útkialakításnak az önmagát magyarázó elveket kell követnie (mérnöki munka). Viszont tudjuk azt is, hogy valamennyi mérnöki intézkedés nem mondható önmagát magyarázónak a kezdetektől [Koren & Iván, 2012b] [Koren & Kosztolányi-Iván, 2015b]. Az úthasználóknak a speciális jelzéseket meg kell tanulniuk, hogy a megfelelő és elvárt módon tudjanak viselkedni (oktatás). A gazdaságosság és ösztönzés elveinek alkalmazása az önmagukat magyarázó utak rendszerében a megfelelő úthasználói viselkedést a biztonság és kényelem érzetével jutalmazza. A végrehajtás önmagában egy eszköz, amely alkalmazható az önmagát magyarázó jelleg erősítésében [Koren et al., 2012] [Koren et al., 2015]. Erre példa a rázósávok alkalmazása a forgalmi sáv szélén, amely azonnali visszacsatolás az úthasználó felé nem megfelelő viselkedés (forgalmi sáv elhagyása) esetén. Az olyan utakat, amelyek ezen elveket használják önmagukat érvényre juttató utaknak („self-enforcing roads”) nevezzük.

A példaként felhozott rázósávok alkalmazásának kedvező hatásait egy korábbi tanulmányban vizsgáltuk az akkor még önálló Állami Autópályakezelő Zrt. megbízásából [Koren et al., 2010]. Autópályáinkon számtalan olyan baleset történik, melynek oka a vezetés közbeni figyelem lankadása.

A rázósávok alkalmazásának célja felkelteni a vezető figyelmét rázó- és zajhatással a forgalmi sáv elhagyásakor, illetve váratlan akadály előtt, így csökkenteni az ebből adódó balesetek számát. A burkolaton olyan kiemelt vagy süllyesztett sávokat kell kialakítani a

forgalmi sávok mentén, illetve a fokozottan veszélyes helyeken, amelyekre való ráhajtáskor gépjármű vezetője dübörgő (morajló) hangot hall és rezgést érez, így felélénkül a figyelme és visszatér a saját forgalmi sávjába vagy felfigyel az akadályra. Ezen kívül rossz látási viszonyok mellett megkönnyíti a jármű megfelelő sávban tartását. A rázósávokat az úttest különböző helyein lehet elhelyezni attól függően, hogy milyen célt szolgálnak.

Az amerikai gyakorlat azt mutatja, hogy törekedni kell arra, hogy valamennyi épülő külterületi autópálya szakasz és 2x2 sávos külterületi autótút, ahol a megengedett sebesség 50 km/h felett van, el legyen látva rázósávval. Az úttengely mentén rázósávokat kell elhelyezni azokon a külterületi kétsávos utakon, ahol a forgalmi sáv és a padka szélessége együtt legalább 4 m széles marad a rázósávon felül, különösen azokon az utakon, ahol magas a forgalom, rosszak a geometriai adottságok, vagy gyakoriak a frontális és az oldalirányú ütközések.

A külföldi tapasztalok tekintetében elmondható, hogy a rázósávok nagyon hatékony forgalombiztonsági intézkedésnek bizonyultak világszerte. Az elvégzett kutatások közül kiemelkedik az amerikai Nemzeti Kooperációs Közúti Kutatási Program (NCHRP) széleskörű ismeretanyaga. Hasonló vizsgálatot a 2x1 sávos autóutakon a rázósávok alkalmazásának széleskörű elterjedését illetően ezen kutatás eredményeire alapozva készítettük.

Az amerikai tapasztalatok szerint a szélső rázósávok bevezetése a külterületi kétsávos utakon várhatóan 15%-kal csökkenti a pályaelhagyásos balesetek számát, valamint 29%-kal a személyi sérüléssel és halálos pályaelhagyásos balesetek számát. A középső rázósávok bevezetése a külterületi kétsávos utakon várhatóan 9%-kal csökkenti az ütközések össz mennyiségét, 12%-kal a személyi sérüléssel és halálos ütközések számát, valamint 30%-kal csökkenti a frontális és oldalirányú ütközések számát és 44%-os csökkenést jelent a személyi sérüléssel és halálos, frontális és oldalirányú ütközések mennyiségében [NCHRP, 2009].

A 2009-es hazai baleseti adatokat elemezve, valamint az amerikai tapasztalatokat a magyar 2x1 sávos utakra kivetítve három balesettípus (a figyelmetlen vezetés vagy elalvás miatt az ellentétes forgalmi sávba való áthajtás, a pályaelhagyásos és szilárd tárgynak ütközéses balesetek) számában várhatóan 29%-os csökkenést lehet előrebecsülni a szélső és középső rázósávok széleskörű elterjedését követően. Ez az összes baleset számát tekintve 25%-os csökkenést jelentene [Koren et al., 2010] [Iván & Koren, 2011b].

Ha a fenti elvek közül a műszaki szempontot figyelembe véve tudjuk, hogy számos olyan kis költségű beavatkozás végezhető el útjainkon, amelyek az önmagát magyarázó jelleget erősítik. Már az önmagát magyarázó út legelső elvei között is szerepel, hogy a két egymást követő, különböző kategóriába tartozó szakaszok között ne legyen túl gyors az

átmenet, valamint ha kategóriabeli váltás van, akkor a változást egyértelműen jelezni kell. Sok esetben az út geometriai kialakítása nem hívja fel kellőképpen az úthasználó figyelmét a funkcióra. Ilyen jellegű probléma okozhat biztonsági kockázatot a 2x1 sávós magyar autóutak esetében is [Koren et al., 2010]. Abban az esetben, ha a gépjárművezető hosszabb szakaszon osztott pályás autóúton halad, majd áttér egy osztatlan pályás útra, gyakori balesetforrást okoz az, hogy nem érzékeli a kétirányú forgalmat. Lényegében előző sávként használja a bal forgalmi sávot, aminek súlyos következménye lehet a szembejövő forgalommal történő frontális ütközés. A kialakításnak esetenként lehet megtévesztő hatása, illetve a figyelmetlen vezetés is fokozza a kockázatot.

Célszerű burkolati jelekkel felhívni a gépjárművezetők figyelmét a kétirányú forgalomra. Az Egyesült Államokban a figyelemfelkeltés érdekében burkolati jelet alkalmaznak a probléma megoldására. A helyes menetirányt jelző nyilakat az amerikai gyakorlat szerint gyakran alkalmazzák olyan csomópontokban, ahol nem egyértelmű valamennyi forgalmi sávra vonatkozó menetirány és gyakoriak a helytelen irányú mozgásokból származó balesetek. Ezeknek a burkolati nyilaknak nagy jelentőségük van olyan helyeken, ahol a közlekedők bizonytalanok a helyes irányválasztás tekintetében.

Egy texasi tanulmány szerint az intézkedés hatására a helytelen menetirányválasztásban 90%-os csökkenést tapasztaltak, a helytelen csomóponti mozgások 7,4 %-ról 0,7%-ra csökkentek a bevezetést követően. Az autópályáról való lehajtás után 2x1 sávós útra felhajtva, az ilyen helyszíneken irányjelző burkolati nyilak telepítése előtt minden 13. járművezető rossz forgalmi sávba irányította járművét. A burkolati nyilak elhelyezése után ez az arány látványosan lecsökkent, csak minden 150. járművezető választott rossz irányt.

Az amerikai kutatók ilyen irányjelző burkolati nyilak elhelyezését javasolják minden olyan helyszínen, ahol helytelen irányú mozgások fordulnak elő, főként autópályák felhajtó ágainál. Ez a kisköltségű intézkedés egyértelmű információkat közvetít a közlekedők felé a problémás helyszíneken, amelyek megkönnyítik a szabályoknak megfelelő közlekedést [TTI, 2006] [Koren et al., 2010].

Egy új-zélandi tanulmány az úthasználók viselkedésbeli változásival foglalkozik az önmagát magyarázó út elveinek alkalmazása előtt és azt követően egy aucklandi útszakaszra vonatkozó vizsgálatok elvégzésével [Mackie et al., 2013].

Walker és társai az önmagát magyarázó utakon a helyzetfelismerés elveit vizsgálták. Kutatásuk rámutat az ember-jármű-út kölcsönhatás szisztematikus jellegére és arra, hogy a helyzetfelismerés nagymértékben függ az út típusától. Az autópályák, gyorsforgalmi utak a leginkább felismerhető típusok [Walker et al., 2013].

## 2.8. Utak osztályba sorolása – úttervezési előírások

Az úttervezési előírásokban a közlekedésbiztonság mindig szerepel, mint figyelembeveendő fontos szempont. Ugyanakkor az előírások tartalma befolyásolja a biztonságot. Éppen az az egyik indítéka az előírások időnkénti felülvizsgálatának. A nemzeti előírások tanulmányozása során azt láthatjuk, hogy ezekben az előírásokban különböző tervezési megközelítésmódok tükröződnek vissza, amelyek alapvetően három csoportra oszthatók [Koren & Iván, 2010] [Koren & Iván, 2012a].

A háromféle tervezési megközelítésmód:

1. A nemzeti előírások nagy része egyes geometriai elemeket tartalmaz (ívsugár, emelkedő, forgalmi sáv szélessége stb.) és a tervező mérnök feladata összekapcsolni ezen elemeket az adott körülményeket figyelembe véve. Így az előírás geometriai paraméterek egész sorát kínálja a tervezőnek, kedvező és szélsőértékeket a tervezési sebesség függvényében. A magyar Közutak tervezése útügyi műszaki előírás [KTSZ, 2008] tipikus példája ennek a tervezési munkamódszernek.
2. A holland előírások között másféle tervezési filozófiát is találunk. Nagyobb egységeket definiálnak, pl. útcsatlakozások, keresztezések, amelyekből a tervező kiválasztja az adott helyzethez leginkább illeszkedőt. Ez a módszer bár egyszerűbbnek tűnik a tervező számára, ugyanakkor szabadsága sokkal kisebb [AASV, 1998].
3. A harmadik módszer pedig kész úttípusokat tartalmaz, amelyek már lényegében „szabványosított utak”. Ez már jelentős lépés az önmagukat magyarázó utak felé. Erre példa a legutóbbi német előírás-sorozat, amelyből a városi utakra és az autópályákra vonatkozó 2006-ban, ill. 2008-ban jelentek meg [FGSV, 2006] [FGSV, 2008], míg a külterületi előírások 2013 elején léptek érvénybe [FGSV, 2013].

Az utak tervezési osztályba sorolásának kiemelkedő jelentősége van, hiszen a tervezés legelső lépéseként határozandó meg.

Ha az utakat típusokba akarjuk rendezni, valamilyen mennyiségre van szükség, ami alapján az egyes utakat besorolhatjuk. Ez a mennyiség sok szakember és az irányelveket alkalmazók felfogása szerint eddig a tervezési sebesség volt. Vajon alkalmas-e erre a tervezési sebesség?

Az úttervezés jelenleg egyik legfontosabb bemenő adata a tervezési sebesség, amely alapvetően meghatározza az út kialakítását. Az útkategória és a tervezési sebesség

megválasztása alapvető kérdés, melynek forgalombiztonsági, műszaki, gazdaságossági következményei vannak.

Az új német úttervezési irányelvek szerint a tervezési sebesség helyére új, irányadó jellemzőnek kell lépnie, amellyel a településen kívüli utak alaptípusait le lehet írni. Ezt tervezési osztálynak nevezzük. A tervezési osztályt, mint új, a sebességtől független irányadó jellemzőt elfogadva két kérdés adódik:

Milyen tényezők alapján határozzuk meg a tervezési osztályokat?

Milyen tervezési paramétereket határoznak meg a tervezési osztályok?

A tervezési osztályok rögzítéséhez egyszerű modellt alakítottak ki. A modell azon az elképzelésen alapul, hogy az út kialakításával kapcsolatos alapkövetelményeket két tényezőre lehet redukálni, ez pedig

- az út egészének forgalmi jelentősége
- és az út menti környezet úttal szemben támasztott igényeinek az erőssége.

Mindkét befolyásoló tényező különféle erősséggel jelenhet meg és hathat egymásra, ami különböző tervezési osztályokat eredményez.

Mint tudjuk, a szabványosítás területén az egyik legkritikusabb kérdés a követendő szabványok, szabványcsoportok megválasztása. A német előírások követése napjainkra szinte tendenciává vált Európa-szerte. Így már sokakban felmerült a kérdés, hogy valóban jó irány lenne-e a tervezési sebesség elhagyása és ezzel a tervezési irányelvek új alapokra fektetése a jövőben [Hartkopf, 2004].

A közelmúltban gyökeresen átalakított holland és német úttervezési előírások jól tükrözik az önmagukat magyarázó utak mibenlétét [Koren & Iván, 2010] [Koren, 2012] [Koren & Iván, 2012a] [Koren & Kosztolányi-Iván, 2015a] [Koren & Kosztolányi-Iván, 2015c].

### **2.8.1. A holland útosztályozás**

A holland gyakorlat korábban hasonló volt a mostani magyarhoz. Újabban azonban a „fenntartható biztonság”-nak nevezett koncepció jegyében átmenő, elosztó és kiszolgáló funkciókat és ennek megfelelően háromféle utat különböztetnek meg: [SWOV, 2010]

- átmenő funkciójú utak: az átmenő forgalom gyors haladása számára,
- elosztó funkciójú utak: a különböző körzetekből kiinduló és érkező forgalmak összegyűjtésére és elosztására,
- kiszolgáló funkciójú utak: az ingatlanok megközelítésére és utca találkozóhely szerepének ellátására.

Ezen háromféle funkciójú út jellemzőit lásd az 1. számú mellékletben.

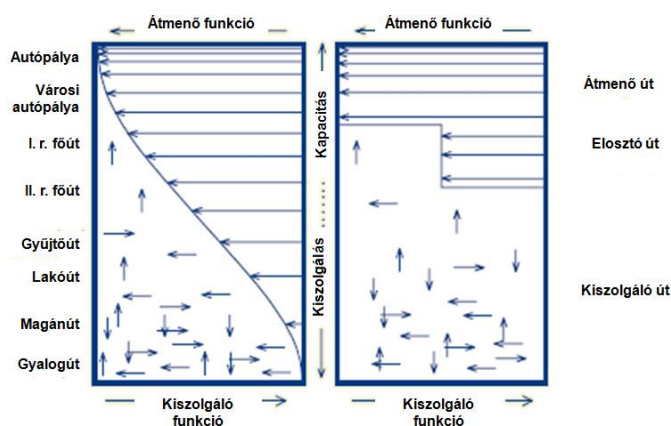
Ezzel az útosztályok számát radikálisan csökkentették, a belterület–külterület különbséget is figyelembe véve az utakat összesen öt osztályba sorolták (2.7. ábra). Belterületi autópálya azért nem szerepel az ábrán, mert azok általában fizikailag el vannak választva a környezetüktől (zajvédő fal, különszintű csomópontok stb.), így azokat szinte külterületinek lehet tekinteni. A kevés útosztállyal és a közöttük lévő markáns különbségekkel eléri, hogy az út nagyon világos információkat küld a járművezető felé.



2.7. ábra: Az új holland útosztályozás [Royal Haskoning, 2012]

A 2.8. ábra a holland hagyományos és az új útosztályozási sémát mutatja be. A függőleges tengelyen az útosztályok, a vízszintes tengelyen a funkció szerepel. Látható, hogy a hagyományos osztályozás összesen nyolc útosztályt különböztet meg, míg az új csak hármat. A hagyományos osztályozás esetén az útkialakítás az átmenő és a kiszolgáló funkció változásával egy folyamatos görbe mentén változik, nincs olyan éles határvonal az egyes útosztályok között, mint az új sémában a jobb oldalon. Az új holland úttervezési filozófia szerint biztonságosabb a kisszámú útosztály éles, világos elhatárolása, hiszen így a járművezető számára az egységes útkialakítás következtében könnyebben, önkéntelenül is felismerhető, hogy az adott útszakasz milyen funkciójú, és hogyan kell a vezetőnek viselkednie.





2.8. ábra: A holland hagyományos és új útosztályozás [Royal Haskoning, 2012]

### 2.8.2. Német útosztályozás - külterületi utak új tervezési előírásai

A témát azért tartom kiemelendőnek, mert a magyar úttervezési előírások – más közép-európai országokéhoz hasonlóan – hagyományosan a német előírásokat veszik mintául. A hosszú ideig, sok vitával előkészített előírás sok tekintetben jelentős változásokat tartalmaz, ezért érdemes az ismertetésre.

Az új szabályozás külön foglalkozik az autópályákkal, a külterületi és a belterületi utakkal (2.10. táblázat). Az autópályák és a belterületi utak előírásai 2008-ban, ill. 2006-ban jelentek meg. Az alábbiakban a külterületi utak tervezési előírásait ismertetem. A kötet címlapján a 2012-es évszám van, de csak 2013-ban jelent meg és lépett életbe [FGSV, 2013].

2.10. táblázat: Útkategóriák a kapcsolati funkció és a beépítés függvényében [FGSV, 2013]

Osztályozási csoport		Autópályák	Külterületi utak	Belterületi, de nem beépített főutak	Belterületi főutak	Kiszolgáló utak
Kapcsolati típus						
Nemzetközi	0	AS 0		-	-	-
Nagy távolságú	I	AS I	LS I		-	-
Régiók közötti	II	AS II	LS II	VS II		-
Regionális	III	-	LS III	VS III	HS III	
Kis távolságú	IV	-	LS IV	VS IV	HS IV	ES IV
Helyi	V	-	LS V	-	-	ES V

RAA Autópályák tervezési irányelvei

RAL Külterületi utak tervezési irányelvei

RASt Belterületi utak tervezési irányelvei

A szabványosított utak azt jelentik, hogy kevés, önmagában lehetőleg egységes úttípust dolgozunk ki. Az egyes úttípusok más típusoktól lehetőleg számottevően különböznek. Önmagukat magyarázóak azok az utak, amelyek úgy vannak kialakítva, hogy a közlekedésben résztvevők már tudat alatt is értik, milyen közlekedési magatartást várunk tőlük.

Ezt a két célt akkor lehet elérni,

- ha a meghatározott úttípusokra lehetőleg szűk tervezési és kialakítási előírásokat határozzunk meg;
- ha minden úttípus esetén a vonalvezetés, a keresztmetszet és a csomópont-kialakítás egymással jól össze van hangolva.

A tervezési osztályok rögzítéséhez Németországban kialakított modell azon az elképzelésen alapul, hogy az út kialakításával kapcsolatos alapkövetelményeket az út egészének forgalmi jelentősége határozza meg. Ennek függvénye a tervezési osztály (2.11. táblázat) [Lippold, 2009] [Lippold, 2012].

2.11. táblázat: A tervezési osztály meghatározása a forgalmi szerep alapján

Forgalmi szerep / Útkategória	Tervezési osztály
Nagy távolságú / LS I	EKL1
Régiók közötti / LS II	EKL2
Regionális / LS III	EKL3
Kis távolságú / LS IV	EKL4

Az egyes tervezési osztályok jellemzőit az 1. számú melléklet tartalmazza.

### 2.8.3. Amerikai útosztályozás

A funkcionális osztályozás szerepe az utak kategorizálása az úthálózatban betöltött szerepük és kialakításuk alapján. A funkcionális osztályozás különféle rendszerei más-más módszereket használnak ezen cél elérésére. A legtöbb amerikai államban a funkcionális osztályozás az AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) módszerén alapul, amely a közutakat funkció szerint főútvonalra, gyűjtő és helyi utakra osztja (2.12. táblázat) [Garrick & Kuhnimhof, 2000].

2.12. táblázat: Utak osztályozása az AASHTO rendszere alapján

Mobilitás foka	Útszakasz jellege	
	Lakott területen kívüli	Lakott területi
átmenő funkció	elsőrendű főút másodrendű főút	elsőrendű főút másodrendű főút
	gyűjtőút	elsőrendű gyűjtőút másodrendű gyűjtőút
kiszolgáló funkció	helyi út	helyi út

A főút biztosítja a legmagasabb szolgáltatási szintet, a legnagyobb sebességeket és a leghosszabb utazási távolságokat. Az átmenő funkció kerül előtérbe.

A gyűjtőutak biztosítják a főutak és a helyi utak közötti összeköttetést. A cél az átmenő és a kiszolgáló funkció megfelelő arányának biztosítása.

A helyi utak tervezésénél a fő szempont a kiszolgáló funkció biztosítása. Átmenő forgalom általában nem használja. Itt a legkisebbek a sebességek.

Néhány további külföldi útosztályozási rendszert lásd az 1. számú mellékletben.

#### 2.8.4. A magyar útosztályozás

A magyar úttervezési előírások külterületen nyolcféle tervezési osztályt határoznak meg, és mindegyiken belül még további 2-3 „alosztályt” különböztetnek meg (lásd az 1. számú mellékletben). Így – a kerékpárutakat és gyalogutakat nem számítva – 15 féle külterületi útosztályról beszélhetünk. A szomszédos kategóriák közötti különbség minimális, hiszen pl. a 80 és 90 km/h tervezési sebességhez tartozó paraméterek is alig különböznek egymástól. Ezért az egyes útosztályok egymástól való megkülönböztethetősége, az önmagát magyarázó elv sajnos nem érvényesül.

Ezzel nem vagyunk egyedül. A hagyományos útosztályozás érvényes Közép-Európa legtöbb országában, így pl. Ausztriában, Csehországban, Lengyelországban, Németországban, Romániában és Szlovákiában is [Koren & Iván, 2010] [Koren & Iván, 2012a].

A holland és a német előírások változását figyelve feltehetjük a kérdést: jó úton járunk?

Az utak teljes rendszerének átformálása költséges feladat, amelyhez hatalmas gazdasági forrásokra lenne szükség. Az ilyen jellegű változtatásokat nem lehet egyik napról a másikra véghezvinni. Viszont ha a jövőben megtervezett utaknál ezen elveket figyelembe vesszük, akkor hosszú évek alatt át tudjuk formálni és ezáltal várhatóan sokkal biztonságosabbá tudnánk tenni közúti közlekedési rendszerünket.

Az átalakulás az említett országokban is fokozatos, lassú folyamatot igényel. Van azonban számos olyan kisebb költséggel elvégezhető beavatkozás, amely a humán tényező figyelembevételével és az önmagát magyarázó elv alapján viszonylag olcsón és gyorsan elvégezhető és amelynek mérhető közlekedésbiztonsági hatása van.

A témakörrel korábban Magyarországon Török Ádám, Hlédik Erika és Lógó Emma foglalkozott, akik a közúti közlekedési infrastruktúra keresztmetszeti kialakításának értékelését végezték matematikai statisztikai módszerekkel. Kiemelkedő jelentőséggel bír az út megfelelő keresztmetszeti elrendezése a megfelelő járművezetői viselkedés (pl. a megfelelő haladási sebesség megválasztása) szempontjából. A kutatások azt igazolták, hogy a magyar külterületi utak rendszere egyszerűsítést igényelne, négyféle keresztmetszeti elrendezés lenne szükséges és elégséges. Ezen egyszerűsítéssel az úthasználótól elvárt viselkedési forma könnyebben azonosítható, ami a biztonság javára lenne fordítható [Hlédik et al., 2012] [Török, 2013].

## **2.9. Képfeldolgozás, képosztályozás alkalmazási lehetőségei**

A képfeldolgozás, képosztályozás módszerét különböző úttípusok osztályozására használtam, ezért szükségesnek láttam a terjedelmi korlátokhoz igazodva néhány bekezdés erejéig foglalkozni a témakörrel. A tudományág ismereteit a 4.2. fejezetben használtam fel.

### **2.9.1. A képfeldolgozás módszertana**

A digitális képek kezelésében három szintet különböztethetünk meg:

- digitális képfeldolgozás (digital image processing): itt létrejön a digitális kép, illetve képből kép keletkezik általában alacsony szintű algoritmusok használata következtében. Legjobb példa erre a különböző képszűrések használata.
- digitális képelemzés (digital image analysis): itt a már (elő)feldolgozott, szűrt, javított képen olyan algoritmusok futnak le, amelyek raszteresen szervezett, de már nem képi információt eredményeznek (pl. vegetációs index előállítása távérzékelt felvételtől), vagy vektoros reprezentációjú elemek kinyerése képekből (pl. élkeresés vektorizálással), esetleg egyéb képtől már függetleníthető adatok (pl. lyukátmérő, elemhossz) előállítása
- digitális képértés (digital image understanding): itt olyan algoritmusokat használunk, amelyek révén absztrakt információ állítható elő. Jó példa erre az éldetektálással nyert útszélekből összeállított úthálózat, amely takart részekben is értelmezett, topológiailag korrekt hálózat.

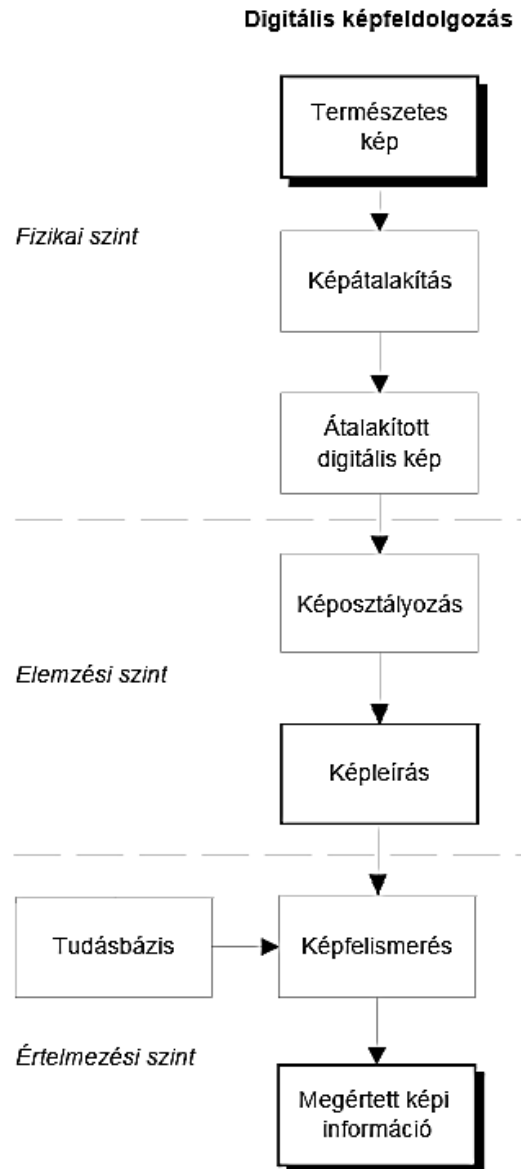
A digitális képfeldolgozás interdiszciplináris tudomány, amely számos más tudományterületről vette át azok előnyös vonásait, eszközeit, módszereit.

A mai technikai eszközökkel, számítógépes algoritmusokkal sem triviális feladat, hogy a természetes képből megértett vizuális információt állítunk elő. A digitális képfeldolgozás jelenleg legintenzívebben kutatott, s ezért várhatóan legdinamikusabban fejlődő fázisa a képértés témakörére tehető. Ehhez azonban a folyamat utolsó rétegéhez (értelmezési szint) tartozó tudásbázist kell megfelelő tartalommal – szabályokkal, paraméterekkel – feltölteni (2.9. ábra) [Barsi, 2004].

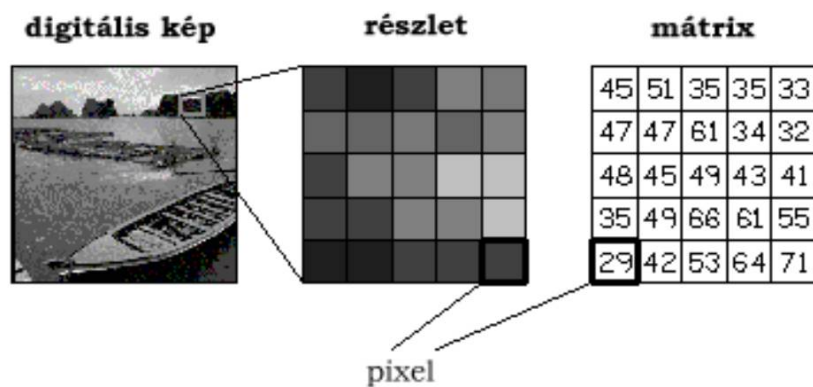
A digitális kép képpontokból, ún. pixelekből áll hasonlóan, mint egy fotópapír vagy filmnegatív kristályszemcséi, de ezek a pixelek alapvetően szabályos rácsszerkezetben helyezkednek el egymás mellett.

A mátrixként tárolt digitális képhez néhány járulékos információra is szükség van. A mátrix méretét – sorainak és oszlopainak számát – a kép geometriai felbontása határozza meg. Azt, hogy a képelem mátrixbeli helyére milyen számérték kerülhet, a képkötő eszköz radiometriai felbontása határozza meg. E fogalom a digitális kép adott sávjában elméletileg előfordulható árnyalatok számát, másképpen a színmélységet vagy pixelmélységet adja meg (2.10. ábra).

A digitális kép sávjainak (csatornáinak) számát a spektrális felbontás jellemzi. Színes képeknél egy képpont tipikusan 3 komponensből (csatornából) áll, amik a szemünkben és agyunkban színi érzetet ill. észleletet generálnak (természetesen mindenkinél kicsit másképpen).



2.9. ábra: A digitális kép mint sokdimenziós adat [Barsi, 2004]



2.10. ábra: A kép mint mátrix [Barsi, 2004]

A tartalom alapú képviszakeresést támogató rendszerek fejlesztése már a kilencvenes években elkezdődött. A felhasználás sokrétű volta miatt többféle típust lehet megkülönböztetni:

- kategória alapú: A képeket osztályokba soroljuk és az adott osztályba tartozó képeket kell megtalálni
- célzott keresés: Pontos elképzelésünk van a keresendő kép tartalmáról, pl. egy konkrét kép másolatait szeretnénk megkeresni
- asszociatív: A keresés elején nincs pontos elképzelés a keresés tárgyáról, interaktív folyamat során alakul ki a kép a felhasználóban, hogy pontosan mire is kíváncsi. Fontos lehet a felhasználói értékelések folyamatos visszacsatolása a keresési motor irányába.

Érdekes és ígéretes törekvés a szöveges és vizuális információ összekapcsolása a képi adatbázisok indexelésében. Az ilyen módszerek alacsony szintű vizuális tulajdonságokat emelnek ki, majd pedig összekapcsolják azokat szöveges megjegyzésekkel manuális bevétel, vagy tanítási módszerek segítségével.

A "bag of words" módszer a nyelvi visszakereső rendszerek analógiájára olyan képi elemeket keres és rendszerez, amelyek egyfajta vizuális szótárt hoznak létre. A rendszer tanításakor képi jellemzőket keresünk (pl. élek, sarkok), majd ezeket olyan leírókkal tároljuk, amelyek lehetőleg invariánsak lesznek a kép nagyítására, elforgatására. A vizuális szótár a leírók csoportosítása során jön létre. A képeket, a rajtuk szereplő vizuális szavak előfordulásának gyakorisága modellez, legegyszerűbben egy hisztogrammal lehet mindezt szemléltetni, és a keresés során felhasználni. [Czúni & Tanács, 2011] [Fazekas & Hajdu, 2004] [Kató & Czúni, 2011]

### **2.9.2. Képfelismerés és képosztályozás**

Stuart Russel és Peter Norvig Mesterséges intelligencia modern megközelítésben c. könyvében [Russel & Norvig, 2005] többek között átfogó leírást találunk az objektumfelismerés problémakörére vonatkozólag. Az alakfelismerés (pattern recognition), és ezen belül is a képosztályozás a neurális hálózatok egyik tipikus alkalmazási területe. Számos sikeres megoldás született különböző problémákra (pl. arcfelismerés, irányítószám-felismerés, rendszámfelismerés).

A vizuális objektumok felismerésének feladata általában könnyű az emberek számára, de a számítógépek számára igen nehéznek bizonyult. Fel akarjuk ismerni egy ember arcát függetlenül a megvilágítás, a kamerához képesti helyzet és az arckifejezés különböző variációitól. Ezen variációk bármelyike széles körű változásokat eredményez a képpontok fényességértékeiben, így a képpontok közvetlen összehasonlítása valószínűleg nem fog

működni. Ha valaki egy kategória (például az „autó”) példányait szeretné felismerni, akkor a kategórián belüli variációkat is figyelembe kell vennie. Még a postai irányítószámoknál a kézzel írt számjegyek felismerésének igen korlátozott feladata is komoly kihívásnak bizonyult.

A felügyelt tanulás vagy a mintaosztályozás természetes keretet biztosít az objektumfelismerés tanulmányozásához. Pozitív („arcok”) és negatív példaként („nem arcok”) adott képek esetében a cél egy olyan függvény megtanulása, amely az új képeket felcímkézi az „arc” és a „nem arc” jelölésekkel.

Az első kihívás a kép szegmentálása. Minden kép tipikusan több objektumot fog tartalmazni, így először olyan képpont-részhalmozokra kell osztanunk, amelyek egy-egy objektumnak felelnek meg. Miután a képet régiókra osztottuk, utána a régiókat vagy az azokból összeállított egységeket átadjuk egy osztályozónak, hogy meghatározza az objektumok címkéit. A második kihívás annak biztosítása, hogy a felismerés folyamata kellően robusztus a megvilágítás és az elhelyezkedés változásaira. Az emberek fel tudnak ismerni objektumokat a képpontok fényességértékeivel mért pontos megjelenés jelentős változásai ellenére is. Például egy barát arcát különböző fényviszonyok mellett vagy különböző látószögekből is felismerjük.

A szín és a mintázat hisztogramok vagy empirikus frekvenciaeloszlások segítségével reprezentálható. Ha adott egy tigris képe mintaként, akkor megmérhetjük a különböző színű képpontok arányát. Ezután, ha egy ismeretlen példát látunk, összevethetjük a szín hisztogramját a korábbi tigrispéldáknál látottakkal.

Az alak felhasználása az objektumfelismerésben sokkal bonyolultabbnak bizonyult. Nagyjából két irányzatot különböztethetünk meg: fényességalapú felismerést (brightness-based recognition), ahol a képpontok fényességértékeit direkt módon használjuk, és jellemzőalapú felismerést (feature-based recognition), ahol kiemelt jellemzők, mint például az élek vagy a kulcspontok részleges elrendezését használjuk. E két megközelítésen felül fontos még a pozícióbecslés (pose estimation), azaz az objektum helyzete és iránya a jelenetben [Russel & Norvig, 2005].

A témakört kutató számos szakember sokféle módon próbálta felhasználni a képfelismerésben és a képosztályozásban rejlő lehetőségeket. Ezekből emelnék ki néhányat, a következő bekezdésekben röviden, amit a sokszínűség érzékeltetése szempontjából tartok fontosnak.

Kató Zoltán és társai [Kató et al., 2001] szín-alapú képosztályozási rendszert publikáltak, amely Markov-féle valószínűségi teret használ.



Grossbeg és Huang [Grossbeg & Huang, 2009] neurális hálót használatával textúra alapján algoritmust hozott létre különböző típusú tájképek osztályozására. Az algoritmus alapvetően négyféle kategóriát különböztetett meg (vízpart, erdő, hegyvidék és vidéki táj).

Kong és munkatársai [Kong et al., 2009] különböző típusú utak képeit osztályozó algoritmust hoztak létre, amely színek, textúra és fényesség alapján végzi az osztályozást. Ez a rendszer az útfelismerés folyamatát két részre bontja: az első lépés a fókuszpont meghatározása összekapcsolva az út fő (egyenes) részével, ezt pedig a megfelelő útterület szegmentálása követi a meghatározott fókuszpont alapján.

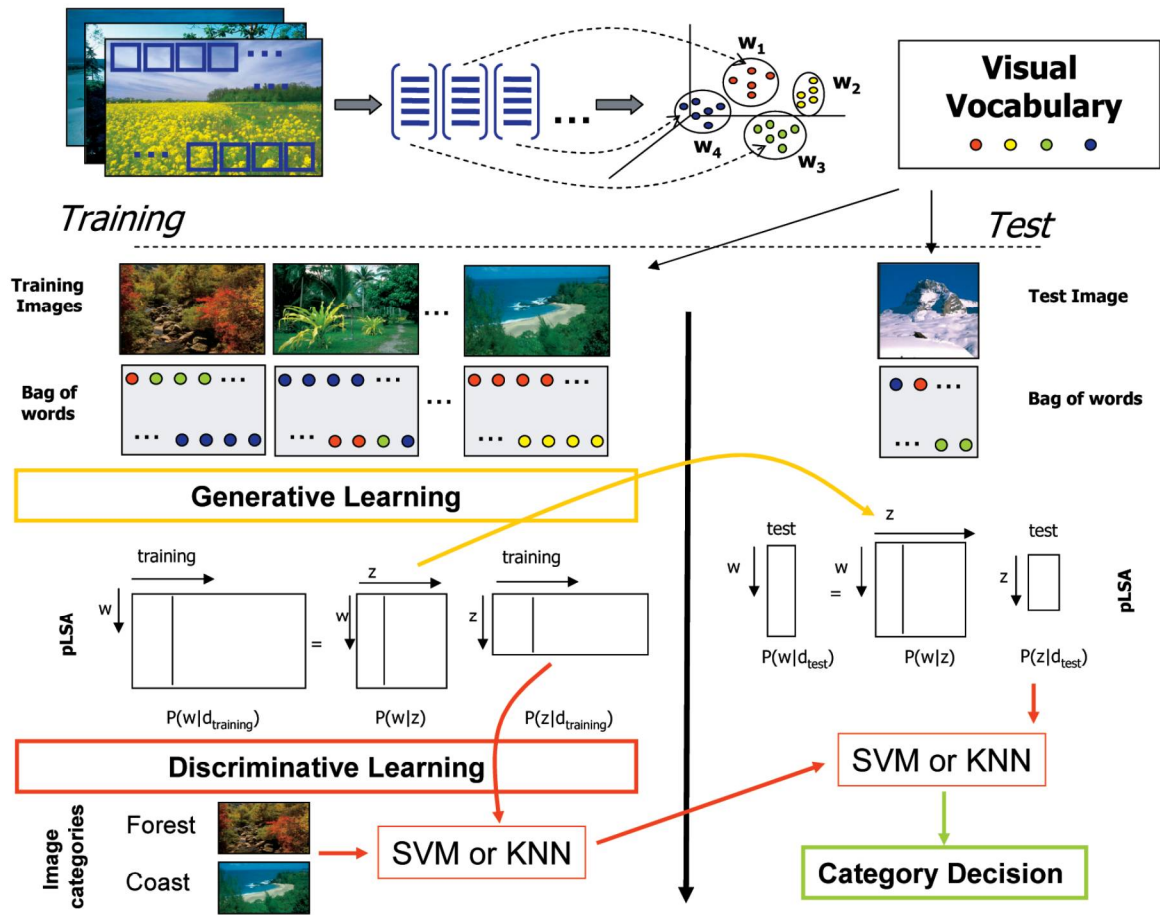
Vivarelli és Williams [Vivarelli & Williams, 2001] Bayes-tanulást alkalmazva neurális hálót használt szegmentált kültéri képek régióinak felcímkezésére. Két különböző Bayes-féle módszert alkalmaztak a neurális háló tanításánál, majd ezek hatékonyságát hasonlították össze.

Bosch és társai [Bosch et al., 2008] különböző kültéri képek osztályozását végezték hibrid generatív/diszkriminatív megközelítésmóddal. A „bag of words” módszert alkalmazva, olyan kategóriákba soroltattak be képeket, mint az erdő, vízpart, hegyvidék, folyó, ég-felhők, vidéki táj, autóút, városi utca, belváros, magas épület. Ezen módszer folyamatábrája látható a *2.11. ábrán*, melynek bal oldala az osztályozó tanítási fázisát, míg a jobb oldala a tesztelési fázist mutatja.

Chen és Tai a neurális hálózatok és a fuzzy logikán alapuló rendszerek előnyeinek ötvözését alkalmazták kutatásuk során útfelismeréshez [Chen & Tai, 2010].

Rengeteg további alkalmazás lelhető fel a téma szakirodalmát kutatva, amely évről évre folyamatosan bővül, nagy jelentőséggel bír ezáltal az intelligens közlekedési rendszerek fejlesztésénél is [Riesenhuber & Poggio, 2000] [Chen et al., 2003] [Jähne, 2005] [Kaya, 2005] [van Kaick & Mori, 2006] [Bosch et al., 2007] [Walker et al., 2008] [Danescu & Nedevschi 2010] [Szeliski, 2010] [Fritsch et al., 2013]

Hasonló módszert alkalmaztam útfelismerésre, amelyet részletesen a 4.2. fejezetben ismeretetek.



2.11. ábra: Az osztályozó algoritmus tanítása és tesztelése [Bosch et al., 2008]

### **3. Sebességválasztás felmérése külterületi és belterületi utakon fényképek alapján**

#### **3.1. Online kérdőíves felmérés**

A készített felmérésben azt kívántam megtudni, mennyire ismerik fel a közlekedők a különböző külterületi úttípusokat, különös tekintettel az emelt sebességű utakra. Más szóval arra voltam kíváncsi, önmagukat magyarázó-e külterületi útjaink. Továbbá arra is irányult a vizsgálat, hogy vajon van-e különbség a megengedett legnagyobb sebesség és a választott sebességek között, és hogy mekkora ez a különbség.

##### **3.1.1. Résztvevők**

Az elemzéshez használt mintát 725 fő képezte. Átlagéletkoruk 30 év, a résztvevők 74%-a férfi, 26%-a nő. A minta 95%-a rendelkezett gépjárművezetői engedéllyel, birtoklásának átlagos ideje 11 év.

A felmérést megelőzte egy kisebb létszámú (169 fő), az egyetemi hallgatók körében készült ún. próbafelvétel (pilot study) [Iván & Koren, 2011a] [Koren & Iván, 2011] [Iván, 2012a] [Iván, 2012b] [Iván & Koren, 2012a] [Iván & Koren, 2013a]. Később annak elemzése után született a döntés, hogy a felmérést tágabb úthasználói körben is kiterjesztem az eredmények megbízhatóságának ellenőrzéséhez [Kosztolányi-Iván, 2015].

A felhasznált minta nem reprezentatív a magyar járművezetői társadalom egészét nézve sem életkor, sem nem tekintetében, de az úttípusok közötti különbségek megállapításához alapul szolgálhat.

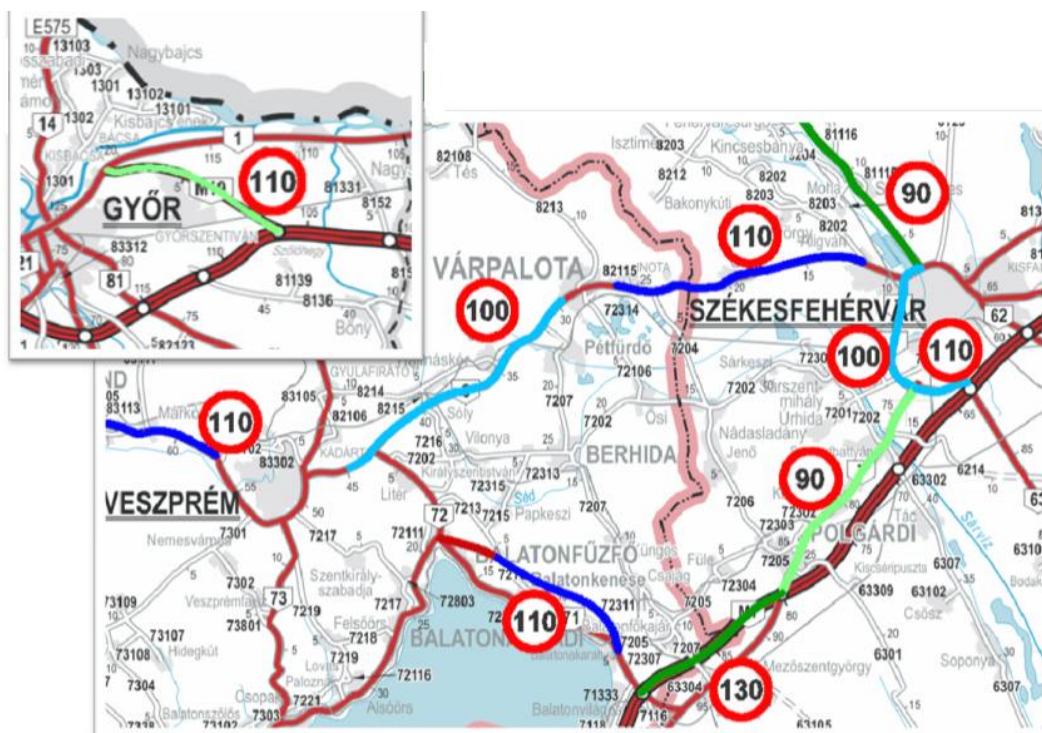
##### **3.1.2. A kérdőív**

A vizsgálatot online kérdőíves felméréssel végeztem, amely során a résztvevőknek a számítógépük képernyőjén megjelenő, 45 különböző közúti helyszínen készített fénykép alapján kellett megítélniük, hogy milyen menetsebességet választanának az adott helyzetben (a felhasznált képeket lásd a 2. számú mellékletben).

A vizsgálatban egyaránt szerepeltek külterületi és belterületi utak. A fényképeken ábrázolt úttípusok között van „hagyományos” kategóriába tartozó úttípus, amely már jól ismert az úthasználók előtt és vannak kevésbé ismert típusok is, amelyek nem annyira ismertek. A jól ismert úttípusok között vizsgáltam autópályát, autótutat és hagyományos külterületi főutat. Kevésbé ismert kategória az emelt sebességű főút, amely olyan főútszakasz, amelyet ugyan hagyományos főútnak terveztek, de a kiépítése után megemelték rajta a


sebességhatárt 90 km/h-ról 100, illetve 110 km/h-ra. Egyes utakon az irányok elválasztása fizikai elválasztással valósult meg, máshol csak burkolati jelekkel. Volt továbbá belterületi út és a települések határán gyakorta előforduló ún. átmeneti zóna is. Ez utóbbiakhoz használt fényképek különböző Győr, Komárom, illetve Székesfehérvár közelében elhelyezkedő településeken készültek. A külterületi útszakaszokról készült képek pedig a következő helyszíneken készültek (3.1. ábra):

- Győr-Moson-Sopron megye
  - M19 autótút Győr – Gyórszentiván közötti szakasz (9,7 km)
- Komárom-Esztergom megye
  - 13. sz. főút
- Fejér megye
  - 81. sz. főút
  - 7., 8. sz. főutak Székesfehérvár elkerülő szakasz (8,5 km)
  - M7 autópálya
- Veszprém megye
  - 710. sz. főút Balatonakarattya – Balatonfüzfő közötti szakasz (17,3 km)
  - 8. sz. főút Veszprém - Márkó közötti szakasz (2,7 km)
  - 8. sz. főút Székesfehérvár - Várpalota közötti szakasz (8,5 km)




3.1. ábra: A vizsgálatnál használt külterületi utak és a hozzájuk tartozó megengedett legnagyobb sebességek

A kérdőívet kitöltőket nem tájékoztattam az útszakaszokhoz tartozó megengedett legnagyobb sebesség értékéről. A felvételek azonos időjárási viszonyok között (nappal, derült ég, száraz úttest) készültek. A válaszadók a képeket véletlenszerű sorrendben kapták meg, annak érdekében, hogy kizárható legyen a sorrend hatása. A képeken a közelben alig láthatók járművek, így burkoltan a szabad sebességre kérdeztem rá (3.2. ábra). A kérdőív további személyes jellemzőkre is kitért, úgymint nem, életkor, jogosítványbirtoklás, vezetési gyakorlat és vezetési stílus.



**KÉRDŐÍV**  
A KÉRDŐÍV CÉLJA A SEBESSÉGVÁLASZTÁSI SZOKÁSOK FELMÉRÉSE

I. - Ön milyen haladási sebességet választana az útszakaszon való vezetés során?  
(A fényképekhez sorban adja meg a választott sebességértéket km/h-ban.)



1/45

- 50 km/h
- 60 km/h
- 70 km/h
- 80 km/h
- 90 km/h
- 100 km/h
- 110 km/h
- 120 km/h
- 130 km/h
- 140 km/h
- 150 km/h

Kérem, jelöljön meg egy sebességértéket!

Következő >>

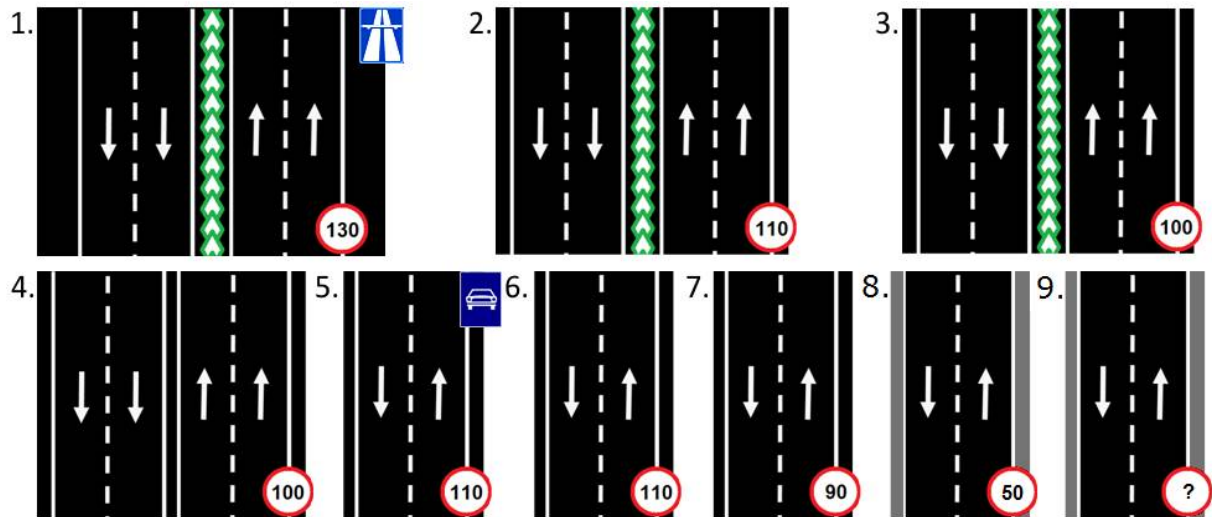
©SZE - BGI - KTI - 2011

3.2. ábra: Egy képernyő a felmérésből

Az úttípusokat kilenc kategóriába rendeztem az elválasztás módja, a sávok száma és a megengedett legnagyobb sebesség alapján. Ezt foglalja össze a 3.3. ábra és a 3.1. táblázat.

3.1. táblázat: A vizsgált úttípusok fő jellemzői

	Úttípus	Megengedett legnagyobb sebesség	Forgalmi sávok száma	Irányok fizikai elválasztása	Helyszínek száma
1	autópálya	130	2x2 sáv	igen	5
2	emelt sebességű főút	110	2x2 sáv	igen	5
3	emelt sebességű főút	100	2x2 sáv	igen	5
4	emelt sebességű főút	100	2x2 sáv	nem	5
5	autóút	110	2x1 sáv	nem	5
6	emelt sebességű főút	110	2x1 sáv	nem	5
7	külterületi főút	90	2x1 sáv	nem	5
8	belterületi út	50	2x1 sáv	nem	5
9	átmeneti zóna	?	2x1 sáv	nem	5



3.3. ábra: A vizsgált útkategóriák sémája és a hozzájuk tartozó megengedett legnagyobb sebesség

Az 1. típusnál 2,5 m széles üzemi sáv, illetve jobb oldali szalagkorlát a jellemző. A 2., 3. és 4. típus 1,5 m széles stabilizált padkával rendelkezik, helyenként burkolatszél túlnyújtás is előfordult. A 2. és 4. típusnál egy helyszín esetében, a 3.-nál csaknem minden helyszín esetében volt jobb oldali szalagkorlát. Egy-egy esetben út feletti műtárgy is megjelent. A képek többsége egyenesben vagy jól belátható ívben készült. Az 5. típusnál 1-1 m burkolatszél túlnyújtás látható általában, a 6.-nál stabilizált padka a jellemző min. 1 m szélességben, míg a 7.-nél szinte alig látható padka. A mintanagyság sajnos nem tette lehetővé hogy az egyes típusokon belül különféle variációkat vizsgáljak (a felhasznált képeket lásd a 2. számú mellékletben).

A kérdőíves felmérésben összesen 794 magyar úthasználó vett részt. Az elemzés a minta szűrésével kezdődött, amelyet első lépésben az SPSS Statistics 20 program segítségével hajtottam végre. Második lépésben pedig számítottam a válaszadók által megadott sebességértékek átlagát és az egész minta átlagát. A mintából kiemeltem azokat, akiknél adott válaszaik átlaga legalább a szórás kétszeresével tért el a minta egészére vett átlagtól. Így az elemzésnél felhasznált minta 725 főre redukálódott.

### 3.2. Eredmények felhasználhatósága, a módszer korlátai

A kérdőíves felmérés eredményeit megkíséreltem összevetni a valóságos helyzettel. Sajnos az utóbbi időben a sebességmérési adatok elég hézagosan állnak rendelkezésre, így nem mindig tudtam a legfrissebb adatokra támaszkodni. A hét úttípus közül öt esetben tudtam összehasonlítható adatokat kapni a Magyar Közút Nzrt. és az Állami Autópályakezelő Zrt. jóvoltából. Miután nem minden mérőhelyen állt rendelkezésre járműfajta szerint bontott

sebességmérési adat, a hétvégi (vasárnapi vagy szombat-vasárnapi) adatokat használtam. Az összevetést a 3.2. táblázatban láthatjuk.

3.2. táblázat A mért és a kérdőívből kapott sebességek összehasonlítása

Típus	Útszám	Mérési idő	Jellemző	Mérés	Kérdőív
1.	M7 85+660	2011.03.05. 10:00-11:00	Átlagsebesség (km/h)	120,8	122,0
			Szórás (km/h)	17,8	14,1
			v <sub>85</sub> (km/h)	139,2	136,7
2.	8. sz. főút 21+050	2008.04.02. - 2008.04.30.	Átlagsebesség (km/h)	103,6	107
			Szórás (km/h)	17,7	13,8
			v <sub>85</sub> (km/h)	121,0	122,1
4.	8. sz. főút 34+950	2008.08.01. - 2008.08.18.	Átlagsebesség (km/h)	99	100,5
			Szórás (km/h)	15,5	11,4
			v <sub>85</sub> (km/h)	116,0	112,4
5.	M15 10+100 M19	2010.05.16	Átlagsebesség (km/h)	96,2	99,8
			Szórás (km/h)	12,9	11,5
			v <sub>85</sub> (km/h)	109,6	111,7
6.	710. sz. főút 11+057	2008.08.05. - 2008.08.31.	Átlagsebesség (km/h)	102,6	96,7
			Szórás (km/h)	15,6	10,9
			v <sub>85</sub> (km/h)	118,0	108,0

A mért és a kérdőív alapján kapott adatok összevetése csak tájékoztató jellegű lehet, hiszen a mérések egy-egy adott keresztmetszetben történtek, a kérdőív fényképei pedig különböző helyeken, így teljes azonosság nem várható el.

### 3.2.1. A választott és a mért sebességek összevetése

A 3.2. táblázat adatai alapján megállapítható, hogy a mért és a kérdőíven kapott sebességek átlaga általában csak 2–4%-kal tér el egymástól. Úgy is mondhatjuk, hogy csupán 2–4 km/h-s átlagsebesség-eltérés adódott a képek alapján történő sebességválasztás és a valós élethelyzetben tanúsított gépjárművezetői magatartás között.

A szórás értékei viszont a valós élethelyzetben mindenütt érzékelhetően nagyobbak, mint a felmérésben kaptak. Ez az eltérés azzal magyarázható, hogy a kérdőíves mintában egy szűkebb vezetői réteg volt, a valóságos járművezetők közötti eltérések nagyobbak lehetnek, mint a mintában.

Egyedül a 710. sz. főút esetében tapasztaltam nagyobb eltérést a mérés és a kérdőíves felvétel eredményei között (5,9 km/h). Ezt azzal magyarázom, hogy az erről az útról használt öt kép közül kettő olyan helyszínt ábrázol, ahol egy-egy szintbeli csomópont, vadveszélyt jelző tábla vagy vízszintes ív miatt a válaszadók „visszavették” a sebességet. Ha ezt a két képet nem tekintjük, akkor az átlagsebességek közötti különbség már csak 3,2 km/h.

### 3.2.2. A választott sebességek eloszlása

A mért sebességek megfelelően nagy minta esetében, homogén forgalmi viszonyok között a valóságban általában normális eloszlást tükröznek [Hustim & Ramli, 2013] [Helbing, 1996] [Helbing, 1997a] [Helbing, 1997b].

A minta normális eloszlását az SPSS program egy-mintás Kolmogorov-Smirnov tesztje segítségével ellenőriztem [Balogh, 2005] [Mirabella, 2006]. A vizsgálandó változók a választott sebességek az egyes képek esetén. A nullhipotézis az, hogy a vizsgált változó eloszlása nem különbözik a normális eloszlástól.

Az analízis eredményét a 3.3. táblázat mutatja. Az Asymp. Sig. részhez 0,000 került valamennyi kép esetében, ez a szignifikancia szint, vagy p érték. A p érték annak a valószínűsége, hogy a próbastatisztika a mintából kiszámított értéket veszi fel. Minél kisebb a p érték, annál nagyobb a valószínűsége, hogy a nullhipotézis hamis. Megegyezés alapján 0,05 felett elfogadjuk, 0,05 alatt elvetjük a nullhipotézist. Itt  $p < 0,05$ , vagyis elvettem a nullhipotézist, ami a normális eloszlás fennállása volt. A választott sebességek tehát nem tükröznek normális eloszlást.

3.3. táblázat: A változó ( $v_n$ ) eloszlásának vizsgálata Kolmogorov-Smirnov próbával

Kép	2	3	12	22	27	9	15	21	31	33	6	34	35	42	43
Kolmogorov-Smirnov Z	7,15	8,11	7,36	5,80	7,65	4,78	3,98	5,34	5,45	3,63	4,55	4,05	3,47	4,46	4,86
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kép	5	16	19	26	29	1	10	32	38	44	14	17	18	23	24
Kolmogorov-Smirnov Z	4,36	4,03	4,25	4,43	4,08	5,67	4,82	4,27	5,97	4,73	5,78	4,85	6,19	6,74	5,55
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kép	4	7	36	39	40	8	13	20	30	41	11	25	28	37	45
Kolmogorov-Smirnov Z	6,24	5,20	7,01	6,44	7,35	10,79	7,20	8,93	6,91	6,45	5,81	3,57	8,08	6,06	3,96
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



A fényképes felmérésből esetében tehát a minta nem mutat normális eloszlást, aminek többféle magyarázata lehet.

Az eloszlás normálistól való eltérését befolyásolhatta az is, hogy a kérdőív kitöltésénél 10 km/h-s lépcsőkben lehetett sebességet választani, tehát a választott sebességértékek diszkrét értékeket vehettek fel.

A gépjárművezetők járművezetés közben különféle mentális állapotban lehetnek, ami kihat a választott haladási sebességükre. Számos, a felmérés során nem reprodukálható érzés vagy tevékenység lehet hatással sebességválasztásukra. Siethetnek, ráérősen haladhatnak, lehetnek idegesek vagy fáradtak, előfordul, hogy telefonálnak, esznek, beszélgetnek utastársukkal, cigarettáznak, vagy éppen a rádiót hallgatnak. Az így becsült szabad sebességek más eredményt adhatnak, mint a valós, mért szabad sebességek, hiszen a szabad sebességgel haladók is forgalomban haladnak: előznek, sávot váltanak, kocsisort vezetnek, figyelik a visszapillantó tükörben a követő járműveket és látják a szemből érkezőket is, továbbá érzékelik a burkolat-állapotot, tehát folyamatosan fel kell dolgozniuk az útról, az útkörnyezetből és a forgalom többi résztvevőjéről kapott információt. A felmérés során a képek statikus információt nyújtanak a válaszadók felé, így sokkal kevesebb információ áll a rendelkezésükre a döntés meghozatalához, mint a valós élethelyzetben. Mivel a felmérés az önmagát magyarázó jelleget vizsgálta, a válaszadókat nem tájékoztatták a képek a megengedett legnagyobb sebesség értékéről, sem az úttípusról, amin haladnak. Valós élethelyzetben esetén ez nem mondható el.

A fényképes felmérés képeinek sebességválasztáshoz tartozó gyakorisági hisztogramjait és eloszlásfüggvényeit típusonként és képenként tartalmazza a 3. és 4. számú melléklet.

Az eredmények mindezek ellenére jó egyezést mutatnak az átlagok tekintetében a valós mérési adatokkal, viszont ezekre az adatokra az elemzés során nem tekinthetünk sebességadatokként, csak becsült, választott sebességértékeként.

Ezzel összefüggésben a  $v_{85}$  sebesség is kétféle módon határozható meg. Normális eloszlás esetén szokásos módon számolva az átlaghoz hozzáadva a szórás 1,036433-szorosát kapom meg a számolt értékét. Amennyiben az eredmények nem tükröznek normális eloszlást, a valós eloszlásfüggvényből interpolálással tudom a  $v_{85}$  sebességeket becsülni (3.4. táblázat).

A számított értékre azért van szükség, mert a valós sebességeloszlás normális lenne. Az eloszlásfüggvényből interpolált érték megbízhatósága is korlátozott a 10 km/h-s sebességérték lépcsők miatt, de azért összehasonlításra mindkét  $v_{85}$  érték alkalmas lehet.

3.4. táblázat: Számított és eloszlásfüggvényből becsült  $v_{85}$  sebességértékek

Típus	$v_{85}$ (km/h)	Helyszín					
		1.	2.	3.	4.	5.	$\Sigma$
1	számított $v_{85}$	137,3	138,6	137,0	133,0	137,4	<b>136,7</b>
	$v_{85}$ grafikonból	129,1	129,8	128,9	127,1	129,2	<b>128,8</b>
2	számított $v_{85}$	120,5	117,5	124,8	128,8	118,6	<b>122,1</b>
	$v_{85}$ grafikonból	116,1	112,5	122,8	125,7	113,9	<b>118,2</b>
3	számított $v_{85}$	131,9	120,2	124,3	130,3	131,2	<b>127,6</b>
	$v_{85}$ grafikonból	127,2	116,2	122,7	126,3	127,0	<b>123,9</b>
4	számított $v_{85}$	110,5	112,2	113,6	114,1	111,7	<b>112,4</b>
	$v_{85}$ grafikonból	106,1	107,3	108,1	108,2	106,7	<b>107,3</b>
5	számított $v_{85}$	110,3	111,9	118,5	105,8	111,9	<b>111,7</b>
	$v_{85}$ grafikonból	106,3	107,3	116,0	101,7	107,4	<b>107,7</b>
6	számított $v_{85}$	110,8	112,7	102,0	104,4	110,3	<b>108,0</b>
	$v_{85}$ grafikonból	106,5	107,6	96,4	99,5	105,9	<b>103,2</b>
7	számított $v_{85}$	96,1	92,4	96,8	97,6	95,9	<b>95,8</b>
	$v_{85}$ grafikonból	89,3	87,4	89,7	90,7	89,2	<b>89,3</b>
8	számított $v_{85}$	56,8	54,5	55,1	65,3	52,3	<b>56,8</b>
	$v_{85}$ grafikonból	51,8	48,6	48,9	58,8	47,5	<b>51,1</b>
9	számított $v_{85}$	73,4	86,4	65,8	70,5	84,5	<b>76,1</b>
	$v_{85}$ grafikonból	68,22	87,33	59,88	66,07	86,65	<b>73,63</b>

### 3.3. Eredmények és elemzés

Minden egyes kép esetében meghatároztam a választott sebességek átlagát, valamint annak eltérését a megengedett legnagyobb sebességtől. Ezt az eltérést pozitívnak vettem az olyan esetekben, ahol az átlag túllépte a megengedett sebességet, és negatívnak azokban a helyzetekben, ahol lefelé tért el a megengedettől. Továbbá meghatároztam minden egyes útkeresztszemet esetében a szórás és a relatív szórás értékét is, amely jellemzi az egyes válaszok és az átlag közötti eltérés mértékét.

A táblázatok legalsó sorába a  $v_{85}$  sebesség értéke került, amelyet a gépjárművezetőknek csak 15 százaléka lépi túl. Ezek után csoportba rendeztem az egy kategóriába tartozó képeket, és kategóriánként megadtam valamennyi számított érték átlagát is.

A továbbiakban az elemzést két részre osztva folytattam. Már a pilot study-ban is szereplő hét külterületi úttípus eredményeit tartalmazzák a következő fejezetrészek. Az 5. fejezet pedig tartalmazza a 8. és 9. kategória eredményeinek feldolgozását.

### 3.3.1. *Eredmények úttípusonként*

#### *2×2 sávós autópálya*

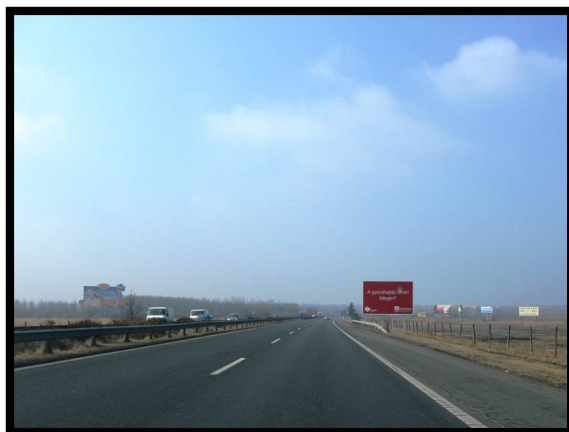
Az autópálya a legmagasabb osztályú közút, amelynek feladata az átmenő forgalom lebonyolítása, a nagy járműforgalom gyors közlekedésének biztosítása. A hagyományos útkategóriák közé tartozik, amelyeket évek óta tervezünk és építünk Magyarországon. Így ezt a kategóriát viszonylag jól ismerik a járművezetők. A megengedett legnagyobb sebesség 130 km/h ezen az úttípuson. Az általunk vizsgált típus forgalmi irányonként két forgalmi sávval rendelkezik. A forgalmi irányokat középső elválasztó sáv különíti el. A menetirány szerinti jobb oldalon leállósávval rendelkezik. Minden kereszteződése különszintű, a forgalmi csomópontokban és a pihenőhelyeknél a gépjárművek fel- és lehajtására gyorsító- és lassítószáv szolgál.

Ebben a kategóriában a vizsgálathoz az M7-es autópálya Polgárdi és Balatonvilágos közötti szakaszán készült fényképeket használtam fel.

3.5. táblázat: *Az 1. úttípus képenkénti és összesített eredményei*

Megengedett legnagyobb sebesség (km/h)	130					átlag
Helyszín	2	3	12	22	27	1.
Átlag (km/h)	120,8	126,4	123,5	<b>115,0</b>	124,6	122,0
Eltérés (km/h)	-9,2	-3,6	-6,5	-15,0	-5,4	-8,0
Szórás (km/h)	15,9	11,8	13,1	17,3	12,4	14,1
Relatív szórás (%)	<b>13%</b>	9%	11%	<b>15%</b>	10%	12%
Számított $v_{85}$ (km/h)	137,3	138,6	137,0	133,0	137,4	136,7

A 3.5. táblázat eredményei szerint az átlagsebesség az öt kép alapján 122 km/óra adódott. A 3.4. ábra egy olyan keresztmetszetet mutat, ahol tipikus eredmények adódtak. A  $v_{85}$  sebesség jól illeszkedik a kategória megengedett legnagyobb sebességéhez, vagyis kicsi azoknak az aránya, akik a megengedett legnagyobb sebességnél jóval gyorsabban szerettek volna haladni. A szórás abban az esetben adódott a legnagyobbra, ahol az átlag is eltér a többitől. A 3.5. ábra esetében bizonytalanabbak voltak a válaszadók, mint a többi helyszín esetében. Ez adódhatott a pihenőhely utáni becsatlakozó felhajtósáv jelenlétéből, ami ezen a szakaszon lassabb haladásra ösztönözhetette a megkérdezetteket.



3.4. ábra: M7 autópálya  
( $v_{\text{át}} = 125 \text{ km/h}$ )



3.5. ábra: M7 autópálya  
( $v_{\text{át}} = 115 \text{ km/h}$ )

### ***2×2 sávós emelt sebességű főút középső elválasztással***

Ebben a kategóriában a vizsgálathoz a 7. és 8. sz. főutak Székesfehérvárt elkerülő, 110 km/h megengedett sebességű szakaszán, valamint a 8. sz. főút Veszprém–Márkó közötti szakaszán készült fényképeket használtam fel.

3.6. táblázat: A 2. úttípus képenkénti és összesített eredményei

Megengedett legnagyobb sebesség (km/h)	110					átlag
Helyszín	9	15	21	31	33	2.
Átlag (km/h)	106,2	102,7	110,8	<b>115,4</b>	103,4	107,7
Eltérés (km/h)	-3,8	-7,3	+0,8	+5,4	-6,6	-2,3
Szórás (km/h)	13,8	14,3	13,5	13,0	14,7	13,8
Relatív szórás (%)	<b>13%</b>	<b>14%</b>	12%	11%	<b>14%</b>	<b>13%</b>
Számított $v_{85}$ (km/h)	<b>120,5</b>	117,5	<b>124,8</b>	<b>128,8</b>	118,6	<b>122,1</b>

Ebben a kategóriában csaknem minden kép esetében viszonylag nagy relatív szórás adódott, ami azt mutatja, hogy ennek az úttípusnak a megítélésében már bizonytalanabbak voltak a válaszadók, ugyanis a középső elválasztást hangsúlyosabbá teszi a forgalmi sávok között épült szalagkorlát, amelyre vakításgátló elemek is kerültek. Leállósáv viszont nincs kialakítva a jobb oldalon, mint az autópályák esetében. A viszonylag nagy választott sebességek arra utalnak, hogy a válaszadók mégis magasabb kategóriába tartozónak érezték ezt a nem hagyományos úttípust (3.6. táblázat). A  $v_{85}$  sebesség öt képre vett átlaga itt már 14 km/órával nagyobb a kategória megengedett legnagyobb sebességénél, vagyis

ebben az esetben már sűrűbben fordult elő, hogy a válaszadó a megengedett legnagyobb sebességnél sokkal nagyobb sebességet választott. A 3.6. ábra a kategória megengedett legnagyobb sebességéhez igazodó eredményeket szolgáltató kialakítást mutat. A 3.7. ábrán látható helyszínen a számított átlag több mint 5 km/órával meghaladja a megengedett legnagyobb sebességet. Érdeemes megemlíteni, hogy ugyanakkora átlagsebesség adódott, mint az előző típusnál, az autópálya legkisebb átlagsebességet adó helyszínénél. A leállósáv hiánya látszólag nem befolyásolta túlzott mértékben a megkérdezetteket. Ez a keresztmetszet helyszínrajzilag egyenes szakaszba esik, a szakasz jó beláthatósága nyilván hatással volt a nagyobb sebesség választására.



3.6. ábra: 8. sz. főút (Veszprém–Márkó)

( $v_{\text{át}} = 103 \text{ km/h}$ )



3.7. ábra: 8. sz. főút (Várpalota–Székesfehérvár)

( $v_{\text{át}} = 115 \text{ km/h}$ )

### **2×2 sávós emelt sebességű főút középső elválasztással**

Ebben a kategóriában a vizsgálathoz a 7. és 8. sz. főutak Székesfehérvárt elkerülő, 100 km/h megengedett sebességű szakaszán készült fényképeket használtam fel.

Ebben a kategóriában is minden kép esetében 10% feletti relatív szórás adódott, két kép esetében pedig kimagaslóan nagy, 14-15%, tehát a válaszok magas szórása ebben az esetben is a válaszadók bizonytalanságára utal (3.7. táblázat). A középső elválasztás a forgalmi sávok között szalagkorláttal és az arra elhelyezett vakításgátló elemekkel valósul meg. Leállósáv itt sincs kialakítva. A  $v_{85}$  sebesség minden kép esetében jelentősen túllépte a kategória megengedett legnagyobb sebességét, az öt képre vett  $v_{85}$  sebességek átlaga 28 km/órával haladta túl ezt az értéket. A választott sebességek arra utalnak, hogy a válaszadók a 2. típushoz hasonlóan itt is magasabb kategóriába tartozónak érezték az úttípust. A 3.8. ábra esetében adódott a legkisebb átlagsebesség. Már ez is meghaladja a kategória megengedett legnagyobb sebességét. A 3.9. ábrán látható egyenes, jól belátható szakasz esetében a

számított átlag több mint 17 km/órával meghaladja a megengedett legnagyobb sebességet. Meg kell említeni, hogy itt már az öt felhasznált képre vett átlag is túllépi a megengedett legnagyobb sebességet, méghozzá elég nagy mértékben, 12,5 km/órával.

3.7. táblázat: A 3. úttípus képenkénti és összesített eredményei

Megengedett legnagyobb sebesség (km/h)	100					átlag
Helyszín	6	34	35	42	43	3.
Átlag (km/h)	117,8	104,6	107,5	115,1	117,3	112,5
Eltérés (km/h)	+17,8	+4,6	+7,5	+15,1	+17,3	+12,5
Szórás (km/h)	13,6	15,1	16,2	14,7	13,4	14,6
Relatív szórás (%)	12%	14%	15%	13%	11%	13%
Számított $v_{85}$ (km/h)	131,9	120,2	124,3	130,3	131,2	127,6



3.8. ábra: 7. és 8. sz. főút (Székesfehérvár elkerülő),

( $v_{\text{át}} = 105 \text{ km/h}$ )



3.9. ábra: 7. és 8. sz. főút (Székesfehérvár elkerülő),

( $v_{\text{át}} = 117 \text{ km/h}$ )

### 2×2 sávos emelt sebességű főút középső elválasztás nélkül

Ebben a kategóriában a vizsgálathoz a 8. sz. főút Veszprém–Várpalota közötti szakaszán készült fényképeket használtam fel.

Ez az eset annyiban tér el az előzőtől, hogy a forgalmi irányok elválasztása itt csak burkolati jelekkel van érzékeltetve, kettős záróvonallal valósul meg. A 2. és 3. típushoz hasonlóan itt is magasabb kategóriába tartozónak érzékelték az úttípust. Az átlagsebesség 0,5 km/órával adódott magasabbra, mint a kategória megengedett legnagyobb sebessége. A  $v_{85}$  sebesség öt képre vett átlaga 12 km/órával nagyobb a kategória megengedett legnagyobb

sebességénél, vagyis itt is elég sűrűn fordult elő, hogy a válaszadó a megengedett legnagyobb sebességnél sokkal nagyobb sebességet választott (3.8. táblázat). A 3.10. ábra esetében adódott a legkisebb átlagsebesség, ez 2 km/órával marad a kategória megengedett legnagyobb sebessége alatt. A 3.11. ábrán látható egyenes, jól belátható szakasz esetében a legmagasabb a számított átlag, amely ugyan csak 2,5 km/órával, de túllépi a megengedett sebességet. A relatív szórás értéke viszonylag átlagosra adódott, a két legalacsonyabb átlagot adó kép esetében kicsit magasabb, 12-13% lett.

3.8. táblázat: A 4. úttípus képenkénti és összesített eredményei

Megengedett legnagyobb sebesség (km/h)	100					Átlag
	5	16	19	26	29	
Helyszín	5	16	19	26	29	4.
Átlag (km/h)	98,1	101,0	102,5	102,2	98,8	100,5
Eltérés (km/h)	-1,9	+1,0	+2,5	+2,2	-1,2	<b>+0,5</b>
Szórás (km/h)	11,9	10,8	10,7	11,4	12,4	11,4
Relatív szórás (%)	12%	11%	10%	11%	<b>13%</b>	11%
Számított $v_{85}$ (km/h)	110,5	<b>112,2</b>	<b>113,6</b>	<b>114,1</b>	<b>111,7</b>	<b>112,4</b>



3.10. ábra: 8. sz. főút (Veszprém–Várpalota),  
( $v_{\text{át}}$  = 98 km/h)



3.11. ábra: 8. sz. főút (Veszprém–Várpalota),  
( $v_{\text{át}}$  = 103 km/h)

## 2×1 sávos autóút

Ebben a kategóriában a vizsgálathoz az M19 autóút Győr–Györszentiván közötti szakaszán készült fényképeket használtam fel.

3.9. táblázat: Az 5. úttípus képenkénti és összesített eredményei

Megengedett legnagyobb sebesség (km/h)	110					átlag
Helyszín	1	10	32	38	44	5.
Átlag (km/h)	98,9	100,5	104,0	<b>95,2</b>	100,2	99,8
Eltérés (km/h)	-11,1	-9,5	-6,0	-14,8	-9,8	<b>-10,2</b>
Szórás (km/h)	11,0	11,0	14,0	10,2	11,2	11,5
Relatív szórás (%)	11%	11%	<b>14%</b>	11%	11%	11%
Számított $v_{85}$ (km/h)	110,3	111,9	118,5	105,8	111,9	111,7



3.12. ábra: M19 autóút

( $v_{\text{át}} = 101 \text{ km/h}$ )



3.13. ábra: M19 autóút

( $v_{\text{át}} = 95 \text{ km/h}$ )

Érdekes helyzet adódott ebben az esetben, mivel a számított átlagsebesség nagyon alulmúlja a megengedett sebességet. Ez több mint 10 km/h negatív irányú eltérést jelent. Az átlag 100 km/óra-ra adódott, viszont volt olyan eset is, ahol csak 95 km/h lett a válaszok számított átlaga (3.9. táblázat). Ezt a keresztmetszetet mutatja a 3.13. ábra, ahol feltehetőleg a helyszínrajzi ív jelenléte és az út menti fásítás indukált alacsonyabb haladási sebességet, mint a többi kép esetében. A  $v_{85}$  sebesség egy kép kivételével a kategória megengedett legnagyobb sebességénél kicsit magasabb volt, az öt képre vett  $v_{85}$  sebességek átlaga is éppen hogy csak elérte annak értékét. A szórás csak egy kép esetében mutat kiugró értéket. Ezekből az eredményekből olyan következtetés vonható le, hogy az úthasználók alacsonyabb kategóriába tartozónak érzékelik ezt a típust, vagyis nem igazán érzik biztonságosnak a nagyobb sebességgel való haladást.



### 2×1 sávós emelt sebességű főút

A 710. sz. másodrendű főút eredetileg egy leendő autópálya elsőként megépült egyik pályája („fél autópálya”), 110 km/h megengedett legnagyobb sebességgel. Kialakítása jelenlegi állapotában nagyon hasonló a 2×1 sávós autópályához, mivel vonalvezetése, geometriája valójában autópálya-jellegű.

3.10. táblázat: A 6. úttípus képenkénti és összesített eredményei

Megengedett legnagyobb sebesség (km/h)	110					átlag
Helyszín	14	17	18	23	24	6.
Átlag (km/h)	98,9	100,3	<b>90,6</b>	<b>94,8</b>	99,2	96,7
Eltérés (km/h)	-11,1	-9,7	-19,4	-15,2	-10,8	<b>-13,3</b>
Szórás (km/h)	11,5	12,0	11,0	9,2	10,7	10,9
Relatív szórás (%)	12%	12%	12%	10%	11%	11%
Számított $v_{85}$ (km/h)	110,8	112,7	102,0	104,4	110,3	108,0

Hasonlóan érdekes helyzet adódott itt is, mint a 2×1 sávós autópályánál, mivel a számított átlagsebesség itt is alulmúlja a megengedett sebességet. Ez több mint 13 km/h negatív irányú eltérést jelent (3.10. táblázat). Az átlag 97 km/óra adódott, ami nagyon hasonló az ugyancsak 110 km/h megengedett sebességű autópályához, itt viszont volt olyan eset is, ahol csak 91 km/h lett a válaszok számított átlaga. Ez a keresztmetszet látható a 3.15. ábrán, ahol feltehetőleg a földút-becsatlakozás és a vadveszélyre figyelmeztető tábla indukált még alacsonyabb haladási sebességet, mint a többi kép esetében.



3.14. ábra: 710-es főút

( $v_{\text{át}} = 99 \text{ km/h}$ )



3.15. ábra: 710-es főút

( $v_{\text{át}} = 91 \text{ km/h}$ )

A  $v_{85}$  sebesség a képek többségénél, sőt még azok átlagánál is a kategória megengedett legnagyobb sebessége alá esett. A megkérdezettek tehát ezt a típust is alacsonyabb kategóriába tartozónak érzékelték.

### **2×1 sávós külterületi főút**

Ebben a kategóriában a vizsgálathoz a 13., 81., és 7. sz. főúton készült fényképeket használtam fel.

A 3.11. táblázat eredményei szerint az átlagsebesség az öt kép alapján 86 km/h-ra adódott.

3.11. táblázat: A 7. úttípus képenkénti és összesített eredményei

Megengedett legnagyobb sebesség (km/h)	90					átlag
<b>Helyszín</b>	4	7	36	39	40	7.
<b>Átlag (km/h)</b>	85,5	<b>81,1</b>	87,6	87,8	86,2	85,7
<b>Eltérés (km/h)</b>	-4,5	-8,9	-2,4	-2,2	-3,8	-4,3
<b>Szórás (km/h)</b>	10,2	10,9	8,8	9,5	9,4	9,8
<b>Relatív szórás (%)</b>	12%	<b>13%</b>	10%	11%	11%	11%
<b>Számított <math>v_{85}</math> (km/h)</b>	96,1	92,4	96,8	97,6	95,9	95,8



3.16. ábra: 81. sz. főút

( $v_{\text{át}} = 88 \text{ km/h}$ )



3.17. ábra: 81. sz. főút

( $v_{\text{át}} = 81 \text{ km/h}$ )

A 3.16. ábra egy olyan keresztmetszetet mutat, ahol tipikus eredmények adódtak. A  $v_{85}$  sebesség jól illeszkedik a kategória megengedett legnagyobb sebességéhez, vagyis kicsi volt azoknak az aránya, akik a megengedett legnagyobb sebességnél sokkal nagyobb sebességet választottak. Ez arra utal, hogy az autópályához hasonlóan ezt a típust könnyedén fel tudták ismerni a megkérdezettek. A szórás is átlagosra adódott. A 3.17. ábra esetében a viszonylag

kis haladási sebességek és a választott sebességek nagyobb szórásának háttérében a rossz burkolatállapot vagy a buszmegálló jelenléte állhat, ami ezen a szakaszon lassabb haladásra ösztönözhetette a megkérdezettek nagy részét.

### 3.2.2. Az úttípusonkénti eredmények összehasonlítása

A továbbiakban a hét külterületi típus eredményeit összevetve elemzem. A kategóriánkénti eredményeket a 3.12. táblázat foglalja össze.

3.12. táblázat: A hét külterületi úttípus összesített eredményei

Kategória	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Megengedett legnagyobb sebesség (km/h)	130	110	100	100	110	110	90
Átlag (km/h)	122,0	107,7	112,5	100,5	99,8	96,7	85,7
Eltérés (km/h)	-8,0	-2,3	+12,5	+0,5	-10,2	-13,3	-4,3
Szórás (km/h)	14,1	13,8	14,6	11,4	11,5	10,9	9,8
Relatív szórás (%)	12%	13%	13%	11%	11%	11%	11%
Számított $v_{85}$ (km/h)	136,7	122,1	127,6	112,4	111,7	108,0	95,8

Az eredmények összegezve azt mutatják, hogy a hagyományos úttípusokat, amelyeket jól megszoktak már a gépjárművezetők, könnyen fel tudják ismerni. Ez jellemző a vizsgált autópálya és külterületi főutak esetében, amit igazol is az alacsonyabb (11-12% körüli) relatív szórás és az, hogy a  $v_{85}$  csak néhány km/h-val haladja meg a megengedett legnagyobb sebességet (3.12. táblázat 1. és 7. oszlopa).

Érdekes eredmények adódtak a 2×1 sávós autót és a 2×1 sávós emelt sebességű főút esetében. A válaszadók hagyományos külterületi útként érzékelték ezeket az utakat annak ellenére, hogy bizonyos fényképek különszintű csomópontokat is ábrázoltak, ami nem szokványos a hagyományos külterületi utaknál. Az átlagsebesség több mint 10 km/h-val alacsonyabbra adódott a megengedett sebességnél és a  $v_{85}$  közelítőleg azonos a megengedett legnagyobb sebességgel (3.12. táblázat 5. és 6. oszlopa).

A 2×2 sávós osztott pályás 100, ill. 110 km/h emelt sebességű főutakon a nagyobb relatív szórásból arra lehet következtetni, hogy a válaszadók bizonytalanok ennek az úttípusnak a felismerésében, ezért a válaszok skálája szélesebb (3.12. táblázat 2. és 3. oszlopa).

Aggodalomra ad okot az a tény, hogy a 2×2 sávós emelt sebességű főutakon akár van fizikai elválasztás, akár nincs, a  $v_{85}$  értéke több mint 10, esetenként több mint 20 km/h-val

meghaladja a megengedett legnagyobb sebességet, vagyis a megkérdezettek nagy része a sebességhatár értékét túl alacsonynak érzi és annál nagyobb haladási sebességet is biztonságosnak érez (3.12. táblázat 2. 3. és 4. oszlop). Hasonló eredményekre jutott járműkövetéses sebességmérésekkel Vörös Attila is [Vörös, 2009]. Az út kialakítása itt nagyobb haladási sebességet sugall a járművezetőknek, ebből biztonsági problémák adódhatnak.

### 3.4. Statisztikai elemzés

#### 3.4.1. A szórások eltérése úttípusonként – F-próba elvégzése

E fejezetben azt vizsgálom, hogy szignifikáns-e a választott sebességek szórása, ill. relatív szórása között az egyes úttípusok szerinti különbség (3.12. táblázat). Az F-próba alkalmazásával dönthetjük el, hogy két normális eloszlású, ismeretlen várható értékű statisztikai sokaság szórásnégyzete ill. szórása azonos-e vagy sem. Sajnos a normalitás feltétele itt nem teljesül, ezt azonban ellensúlyozza a minta nagy elemszáma, így a próba mégis alkalmazható.

Legyen  $X \in N(m_1; \sigma_1)$  és  $Y \in N(m_2; \sigma_2)$ , ahol  $m_1$  és  $m_2$  a várható értékek,  $\sigma_1$  és  $\sigma_2$  a szórások, továbbá  $X_1, X_2, \dots, X_n$  az  $X$ -hez és  $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$  az  $Y$ -hoz tartozó egymástól független minták.

A nullhipotézis:

$$H_0: D^2(X) = D^2(Y), \text{ azaz } \sigma_1^2 = \sigma_2^2 \text{ ill. } \sigma_1 = \sigma_2;$$

az ellenhipotézis pedig:

$$H_1: D^2(X) \neq D^2(Y), \text{ azaz } \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 \text{ ill. } \sigma_1 \neq \sigma_2.$$

Jelölje  $s_n^2$  az  $X$ ,  $s_k^2$  pedig az  $Y$  minta empirikus szórásnégyzetét. Jelölje  $s_{max}^2$  a két szórásnégyzet közül a nagyobbat és  $s_{min}^2$  a kisebbet, azaz  $s_{max}^2 = \max(s_n^2, s_k^2)$ ;  $s_{min}^2 = \min(s_n^2, s_k^2)$ .

Az  $s_{max}^2$  szabadságfoka legyen  $f_1$  az  $s_{min}^2$  szabadságfoka legyen  $f_2$ . Képezzük az:

$$F = \frac{s_{max}^2}{s_{min}^2} \quad (3.1)$$

statisztikát, amely  $(f_1; f_2)$  szabadságfokú F-eloszlás. A képletbe való behelyettesítéssel képezzük az  $F_{sz}$  számított értéket és összehasonlítjuk az F-táblázat 100(1-p)% szignifikancia szintű  $f_2$ -edik sorának  $f_1$ -edik oszlopából vett  $F_t$  értékkel. Az F-táblázat értékeit  $p=0,05$ -ra, azaz 95%-os biztonsági szinthez vesszük.  $f_1$  a nagyobb empirikus szórású,  $f_2$  pedig a kisebb empirikus szórású változó mintaelemszámának 1-gyel csökkentett. Pl. ha  $s_n^2 > s_k^2$ , akkor  $f_1 = n - 1$ , és  $f_2 = k - 1$ .

Tehát a döntés, ha:

- a)  $F_{sz} \leq F_t$ , akkor a  $H_0$  hipotézist 95%-os szinten elfogadjuk ( $\sigma_1 = \sigma_2$ ); az eltérést véletlennek tulajdonítjuk,  
 b)  $F_{sz} > F_t$ , akkor pedig a  $H_0$  hipotézist 95%-os szinten elvetjük ( $\sigma_1 \neq \sigma_2$ ); az eltérést szignifikánsnak tekintjük [Obádovics, 2009] [Meszéna & Ziermann, 1981].

A próbát elvégeztem a szórásokra, illetve az átlaghoz viszonyított szórásokra (relatív szórás) egyaránt. Ezen próbák  $F_{sz}$  értékeit a 3.13. táblázat és a 3.14. táblázat tartalmazzák.

Ezeket az értékeket az F-eloszlás táblázatával összevetve meghatározhatóak azok az úttípusok, amelyek között szignifikáns eltérés van a választott sebességek alapján. A 3.13. táblázatban és a 3.14. táblázatban azon  $F_{sz}$ -statisztika értékek, amelyek 95%-os szignifikancia szint mellett szignifikáns eltéréseket adnak, **félkövér** betűtípussal vannak kiemelve.

3.13. táblázat: Az  $F_{sz}$ -statisztika értékei az F-próbából a szórás alapján

Úttípus	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1		1,04	1,07	<b>1,52</b>	<b>1,51</b>	<b>1,68</b>	<b>2,09</b>	<b>3,17</b>	<b>1,21</b>
2	1,04		<b>1,11</b>	<b>1,46</b>	<b>1,45</b>	<b>1,62</b>	<b>2,01</b>	<b>3,05</b>	<b>1,17</b>
3	1,07	<b>1,11</b>		<b>1,63</b>	<b>1,62</b>	<b>1,80</b>	<b>2,24</b>	<b>3,40</b>	<b>1,30</b>
4	<b>1,52</b>	<b>1,46</b>	<b>1,63</b>		1,01	<b>1,10</b>	<b>1,38</b>	<b>2,09</b>	<b>1,25</b>
5	<b>1,51</b>	<b>1,45</b>	<b>1,62</b>	1,01		<b>1,11</b>	<b>1,39</b>	<b>2,10</b>	<b>1,24</b>
6	<b>1,68</b>	<b>1,62</b>	<b>1,80</b>	<b>1,10</b>	<b>1,11</b>		<b>1,24</b>	<b>1,89</b>	<b>1,39</b>
7	<b>2,09</b>	<b>2,01</b>	<b>2,24</b>	<b>1,38</b>	<b>1,39</b>	<b>1,24</b>		<b>1,52</b>	<b>1,73</b>
8	<b>3,17</b>	<b>3,05</b>	<b>3,40</b>	<b>2,09</b>	<b>2,10</b>	<b>1,89</b>	<b>1,52</b>		<b>2,62</b>
9	<b>1,21</b>	<b>1,17</b>	<b>1,30</b>	<b>1,25</b>	<b>1,24</b>	<b>1,39</b>	<b>1,73</b>	<b>2,62</b>	

3.14. táblázat: Az  $F_{sz}$ -statisztika értékei az F-próbából a relatív szórás alapján

Úttípus	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1		<b>1,23</b>	<b>1,26</b>	1,04	1,02	1,07	1,04	<b>1,97</b>	<b>3,03</b>
2	<b>1,23</b>		1,03	<b>1,28</b>	<b>1,26</b>	<b>1,31</b>	<b>1,28</b>	<b>1,60</b>	<b>2,46</b>
3	<b>1,26</b>	1,03		<b>1,31</b>	<b>1,29</b>	<b>1,35</b>	<b>1,31</b>	<b>1,56</b>	<b>2,40</b>
4	1,04	<b>1,28</b>	<b>1,31</b>		1,02	1,02	1,01	<b>2,05</b>	<b>3,16</b>
5	1,02	<b>1,26</b>	<b>1,29</b>	1,02		1,04	1,01	<b>2,02</b>	<b>3,10</b>
6	1,07	<b>1,31</b>	<b>1,35</b>	1,02	1,04		1,03	<b>2,10</b>	<b>3,23</b>
7	1,04	<b>1,28</b>	<b>1,31</b>	1,01	1,01	1,03		<b>2,04</b>	<b>3,14</b>
8	<b>1,97</b>	<b>1,60</b>	<b>1,56</b>	<b>2,05</b>	<b>2,02</b>	<b>2,10</b>	<b>2,04</b>		<b>1,54</b>
9	<b>3,03</b>	<b>2,46</b>	<b>2,40</b>	<b>3,16</b>	<b>3,10</b>	<b>3,23</b>	<b>3,14</b>	<b>1,54</b>	

Figyelembe véve ezen számításokat a félkövérral szedett esetekben a nullhipotézist 95%-os szinten elvetjük és az egyes úttípusokon választott sebességek szórása, ill. relatív szórása közötti különbséget szignifikánsnak tekintjük. A 2x2 sáv oszított pályás emelt

sebességű utak (2. és 3. úttípus) szórása különbözik minden többi típustól (csak egymástól nem különböznek). Ugyanez igaz a belterületi útra és az átmeneti zóna útjára is (8. és 9. típus).

### **3.4.2. Az átlagsebességek eltérése úttípusonként – Welch-próba elvégzése**

E fejezetben azt vizsgálom, hogy szignifikáns-e a választott sebességek átlaga között az egyes úttípusok szerinti különbség (3.12. táblázat). A Welch-próba vagy más néven d-próba a statisztikai hipotézisvizsgálatok közül a paraméteres próbák közé tartozik. A próba azt vizsgálja, hogy két külön mintában egy-egy valószínűségi változó átlagai egymástól szignifikánsan különböznek-e [Obádovics, 2009].

A próba alkalmazásának feltételei: a vizsgált valószínűségi változók

- normális eloszlásúak
- intervallum vagy arányskálán mértek
- függetlenek.

Ezen 3 feltételt ellenőrizve elmondható, hogy az utóbbi két feltétel teljesül a választott sebességek tekintetében, a normalitás feltétele azonban nem teljesül, ahogy azt a 3.2.2. fejezetrészben bemutatott, az SPSS program egy-mintás Kolmogorov-Smirnov tesztje igazolta.

Egyes esetekben eltekinthetünk a normalitás feltételétől. Ilyenkor mindig gondosan kell eljárunk. Például a kétmintás t-próba érvényessége akkor sérül jelentősen nem normális eloszlás esetén, ha kis elemszámmal dolgozunk vagy a két csoport elemszáma különböző. Tehát ha elég nagy mintát és egyenlő elemszámot tudunk biztosítani a vizsgálatunkban, akkor jelentősen megnő az esélye, hogy normálistól eltérő eloszlás esetén is megbízható eredményeket kapunk. Persze nem szabad figyelmen kívül hagynunk a próba másik feltételét sem, a szórás egyezést. Ha a szórás egyezés feltétele sem teljesül és az elemszámok sem egyenlők, a kétmintás t-próba helyett kiváló alternatíva a Welch-féle d-próba, amelynek érvényességét az említett problémák nem befolyásolják.

Kimondható tehát, hogy a normalitás, mint feltétel megsértése nem nagyobb gond, mint ha olyan nem paraméteres próbát használunk, amelynek nem feltétele a normalitás, de vannak egyéb negatív tulajdonságai. Végző soron az eredmények tartalmi interpretációja az érdekes, az egyes csoportok közötti különbségek egymáshoz viszonyított nagyságai. Ráadásul a különböző tesztek végeredményének az eltérése többnyire nagyon kicsi [Guiard & Rasch, 2004], [Rasch & Guiard, 2004].

Ezt figyelembe véve a próba elvégzése mellett döntöttem, annak tudatában, hogy az eredmények nem teljes mértékben lesznek megbízhatóak, viszont mégis mutatnak valamit az az egyes úttípusokon való sebességválasztás közötti különbségekről.

A Welch-próba nullhipotézise:

a két mintában a két átlag statisztikai szempontból megegyezik.

A Welch-próba ellenhipotézise:

a két mintában a két átlag statisztikai szempontból nem egyezik meg.

$H_0$ : Az  $X$  és  $Y$  valószínűségi változók várható értékei megegyeznek, ( $M(X) = M(Y)$ ).

$H_1$ : Az  $X$  és  $Y$  valószínűségi változók várható értékei nem egyeznek meg, ( $M(X) \neq M(Y)$ ).

Welch a kétmintás  $u$ -próba formulájához hasonló próbastatisztikát javasolt, azzal a különbséggel, hogy az ottani elméleti szórások helyére az empirikus szórásokat helyettesítette.

A Welch-próba próbastatisztikája:

$$t = \frac{\overline{X}_n - \overline{Y}_m}{\sqrt{\frac{s_{xn}^2}{n} + \frac{s_{ym}^2}{m}}} \quad (3.2)$$

ahol

$\overline{X}_n, \overline{Y}_m$  a mintákból számított mintaközépek;

$n, m$  a minták elemszámai;

$s_{xn}^2, s_{ym}^2$  a mintákból számított empirikus szórásnégyzetek

A próba végrehajtásának lépései

- A  $t$  próbastatisztika értékének kiszámítása.
- A  $p$  szignifikancia szint megválasztása: 0,05 (95%)
- A  $p$  szignifikancia szinttől függő  $t_p$  érték kiválasztása a Student-féle  $t$ -eloszlás táblázatából
- Az  $f$  szabadsági fok számítása a

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{n-1} \cdot \left( \frac{\frac{s_{xn}^2}{n}}{\frac{s_{xn}^2}{n} + \frac{s_{ym}^2}{m}} \right)^2 + \frac{1}{m-1} \cdot \left( \frac{\frac{s_{ym}^2}{m}}{\frac{s_{xn}^2}{n} + \frac{s_{ym}^2}{m}} \right)^2 \quad (3.3)$$

összefüggés alapján a jobb oldal reciprokaként adódik.

- A nullhipotézisre vonatkozó döntés meghozása.

- Ha  $|t| \geq t_p$ , akkor a nullhipotézist elvetjük, az ellenhipotézist tartjuk meg, és az eredményt úgy tekintjük, hogy a két mintában a valószínűségi változók átlagai szignifikánsan eltérnek egymástól 95%-os szignifikancia szint mellett.
- Ha  $|t| < t_p$ , akkor a nullhipotézist megtartjuk, amit úgy tekintünk, hogy a Welch-próba nem mutat ki szignifikáns különbséget a két mintában a valószínűségi változók átlagai között 95%-os szignifikancia szint mellett [Obádovics, 2009].

Úttípusonként számítottam tehát az adott válaszok átlagát, és elvégeztem a Welch-próbát. A 3.15. táblázat az  $f$  szabadságfok értékeit, a 3.16. táblázat pedig a  $t$ -próbatisztika értékeit mutatja. Ezeket az értékeket a Student-eloszlás táblázatával összevetve meghatározhatóak azok az úttípusok, amelyek között szignifikáns eltérés van a választott sebességek alapján. A 3.16. táblázatban azon  $t$ -próbatisztika értékek, amelyek 95%-os szignifikancia szint mellett szignifikáns eltéréseket adnak, **félkövér** betűtípussal vannak kiemelve.

3.15. táblázat: Az  $f$  szabadságfok értékei a Welch-tesztből

Úttípus	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1		1447	1447	1385	1388	1354	1283	1176	1247
2	1447		1444	1397	1400	1368	1299	1188	1237
3	1447	1444		1369	1372	1336	1262	1161	1257
4	1385	1397	1369		1448	1444	1413	1266	1122
5	1388	1400	1372	1448		1443	1411	1265	1125
6	1354	1368	1336	1444	1443		1432	1276	1084
7	1283	1299	1262	1413	1411	1432		1275	1008
8	1176	1188	1161	1266	1265	1276	1275		925
9	1247	1237	1257	1122	1125	1084	1008	925	

3.16. táblázat: A  $t$ -próbatisztika a Welch-tesztből

Úttípus	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1		<b>19,3</b>	<b>12,6</b>	<b>31,5</b>	<b>32,6</b>	<b>37,8</b>	<b>56,5</b>	<b>116,8</b>	<b>77,8</b>
2	<b>19,3</b>		<b>6,3</b>	<b>10,7</b>	<b>11,8</b>	<b>16,6</b>	<b>34,8</b>	<b>95,6</b>	<b>59,7</b>
3	<b>12,6</b>	<b>6,3</b>		<b>17,2</b>	<b>18,3</b>	<b>23,1</b>	<b>40,8</b>	<b>99,5</b>	<b>64,4</b>
4	<b>31,5</b>	<b>10,7</b>	<b>17,2</b>		1,3	<b>6,4</b>	<b>26,5</b>	<b>95,5</b>	<b>54,5</b>
5	<b>32,6</b>	<b>11,8</b>	<b>18,3</b>	1,3		<b>5,1</b>	<b>25,1</b>	<b>93,8</b>	<b>53,3</b>
6	<b>37,8</b>	<b>16,6</b>	<b>23,1</b>	<b>6,4</b>	<b>5,1</b>		<b>20,4</b>	<b>91,4</b>	<b>50,0</b>
7	<b>56,5</b>	<b>34,8</b>	<b>40,8</b>	<b>26,5</b>	<b>25,1</b>	<b>20,4</b>		<b>74,7</b>	<b>34,8</b>
8	<b>116,8</b>	<b>95,6</b>	<b>99,5</b>	<b>95,5</b>	<b>93,8</b>	<b>91,4</b>	<b>74,7</b>		<b>22,2</b>
9	<b>77,8</b>	<b>59,7</b>	<b>64,4</b>	<b>54,5</b>	<b>53,3</b>	<b>50,0</b>	<b>34,8</b>	<b>22,2</b>	



Ezen számítások alapján a nullhipotézist tehát elvetjük és kimondható, hogy az egyes úttípusokon választott sebességek átlagai úttípusonként szignifikánsan eltérnek egymástól 95%-os szignifikancia szint mellett. Ezen megállapítás alól csak egy esetben láthatunk különbséget, a 2x2 sávós osztatlan pályás emelt sebességű főút és az autóút esetében (4. és 5. úttípus).

### 3.4.3. Főkomponens-analízis – úttípusok vizsgálata

Ebben a fejezetben az SPSS program segítségével azt vizsgáltam, hogy a vizsgált 9 úttípus a hozzájuk tartozó 556 elemű sebességvektorok alapján, hogyan sűríthető kisebb számú úttípus-komponensbe. Az elemzést a klaszteranalízis során is használt 556 válaszadó választott sebességeire végeztem.

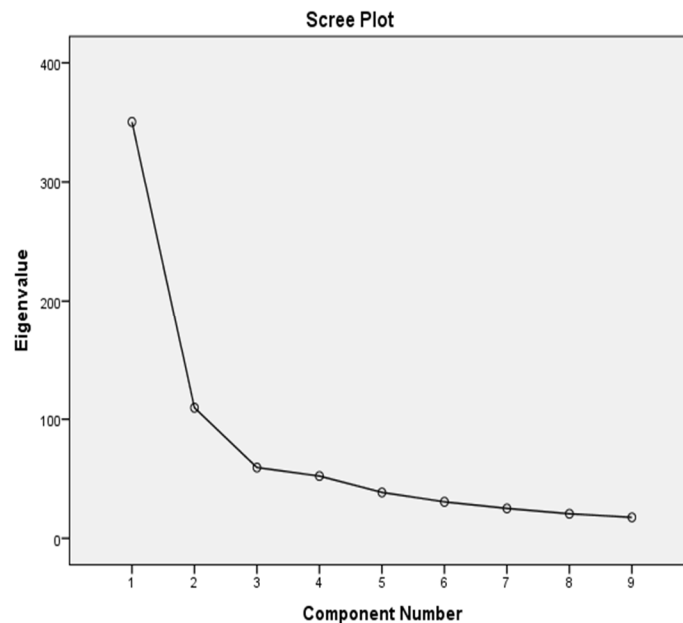
Az eljárás alap gondolata az, hogy az egymással páronként lineárisan korreláló változók együtteséből ortogonális transzformáció révén előállítjuk a korrelálatlan főkomponenseket úgy, hogy az első néhány komponens leírja a változók összes szórásnégyzetének elég nagy hányadát, és így alacsonyabb dimenzióba képezhetjük le megfigyeléseinket. Ha az induló változók közötti korrelációk gyengék, akkor az eredeti változókkal többé-kevésbé megegyező számú és tartalmú komponenseket kapunk [Kovács, 2014].

A kilencdimenziós térből képzett egykomponensű térben a megmagyarázott variancia hányada közel 50% lett. 4 komponenssel ugyanez már 80% feletti értéket ad, így kevesebb, mint 20%-át veszítjük el az eredeti információból. Ha 90% feletti megmagyarázott variancia hányadot akarunk elérni, akkor 6 komponensig kell felmennünk. A további komponensek már jóval kevesebb információt hordoznak, mint egy eredeti változó, mivel varianciájuk 5 % alatti (3.17. táblázat).

3.17. táblázat: A főkomponensek sajátértékei és relatív fontosságuk

Komponens	$\Sigma$	Variancia %-a [%]	Kumulált variancia % [%]
Úttípus	<b>1</b>	<b>350,450</b>	<b>49,763</b>
	<b>2</b>	<b>109,649</b>	<b>15,570</b>
	<b>3</b>	<b>59,453</b>	<b>8,442</b>
	<b>4</b>	<b>52,277</b>	<b>7,423</b>
	<b>5</b>	<b>38,523</b>	<b>5,470</b>
	<b>6</b>	<b>30,645</b>	<b>4,352</b>
	7	25,054	3,558
	8	20,587	2,923
	9	17,594	2,498
			<b>49,763</b>
			<b>65,333</b>
			<b>73,776</b>
			<b>81,199</b>
			<b>86,669</b>
			<b>91,021</b>
			94,578
			97,502
			100,000

A sajátértékek monoton csökkenő sorozatát, vagyis az egyes főkomponensek fontosságának csökkenését mutatja a „könyök-ábra”. Ez esetben tehát az első 6 főkomponenst érdemes megtartani ahhoz, hogy a sebességadatok 90%-át meg tudjam magyarázni.



3.18. ábra: Sajátértékek sorozata

3.18. táblázat: A változók és a főkomponensek közötti korrelációk

Úttípus	Normalizált komponens			
	1	2	3	4
1	0,754	-0,314	0,341	-0,450
2	0,806	-0,326	-0,155	0,241
3	0,827	-0,386	-0,032	0,289
4	0,761	0,097	-0,220	-0,109
5	0,692	0,385	-0,211	-0,234
6	0,603	0,506	-0,431	-0,072
7	0,568	0,493	0,081	-0,050
8	0,396	0,412	0,296	0,291
9	0,502	0,546	0,533	0,294

A 3.18. táblázat pedig mutatja az átviteli mátrixot, amely megadja, hogy az egyes változók előállításában az egyes faktorok milyen súllyal vesznek részt.

A későbbi fejezetekben az úttípusok számának csökkentésével kapcsolatos további vizsgálatok is azt jelzik, hogy az úttípusok ideális száma a sebességválasztás alapján legfeljebb 6 lenne.

### 3.4.4. Az átlagsebességek eltérése úthasználói csoportonként – Welch-próba elvégzése

E fejezetben azt vizsgálom, hogy szignifikáns-e a választott sebességek átlaga között az egyes úthasználói csoportonkénti különbség. Az egyes vezetői csoportok közötti különbségek elemzéséhez a kérdőívet kitöltőket több szempontból csoportokra osztottam:

- gépjárművezető több mint öt év vezetési tapasztalattal
- gépjárművezető kevesebb mint öt év vezetési tapasztalattal
- nő több mint öt év vezetési tapasztalattal
- nő kevesebb mint öt év vezetési tapasztalattal
- férfi több mint öt év vezetési tapasztalattal
- férfi kevesebb mint öt év vezetési tapasztalattal.

A normalitási feltétel nem teljesülését figyelembe véve, az előzőekben tárgyalt okokból kifolyólag mégis a próba elvégzése mellett döntöttem, annak tudatában, hogy az eredmények itt sem lesznek teljes mértékben megbízhatóak, viszont mégis mutatnak valamit az úthasználói csoportok közötti különbségekről.

Csoportonként számítottam tehát az adott válaszok átlagát, és elvégeztem a Welch-próbát. A 3.19. táblázat az  $f$  szabadságfok értékeit, a 3.20. táblázat pedig a  $t$ -próbat statisztika értékeit mutatja. Ezeket az értékeket a Student-eloszlás táblázatával összevetve meghatározhatóak azon csoportok, amelyek között szignifikáns eltérés van az adott válaszaik alapján. A 3.20. táblázatban azon  $t$ -próbat statisztika értékek, amelyek 95%-os szignifikancia szint mellett szignifikáns eltéréseket adnak, **félkövér** betűtípussal vannak kiemelve.

3.19. táblázat: Az  $f$  szabadságfok értékei a Welch-tesztből

Úttípus (nem, ill. vezetési tapasztalat)	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
férfi - nő	4,8	4,9	5,0	4,7	5,3	4,9	4,5	4,7	5,2
férfi $<$ 5 - férfi $\geq$ 5	3,4	4,0	4,1	4,0	3,9	3,9	4,4	4,1	4,4
nő $<$ 5 - nő $\geq$ 5	3,0	4,1	4,1	3,5	3,8	3,5	4,1	3,3	4,2
nő $\geq$ 5 - férfi $\geq$ 5	5,0	5,3	5,3	5,5	5,6	5,7	5,5	4,9	5,2
nő $<$ 5 - férfi $<$ 5	4,5	4,5	4,4	4,4	4,7	4,6	3,9	3,4	3,6
összes $<$ 5 - összes $\geq$ 5	3,4	4,0	3,9	3,9	4,1	4,1	4,3	3,5	3,7

3.20. táblázat: A t-próbastatisztika a Welch-tesztből

Úttípus (nem, ill. vezetési tapasztalat)	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
férfi - nő	<b>3,9</b>	<b>2,4</b>	<b>3,0</b>	<b>4,0</b>	<b>3,0</b>	1,2	<b>4,3</b>	<b>2,3</b>	<b>3,5</b>
férfi<5 - férfi≥5	<b>4,0</b>	1,8	<b>2,4</b>	1,7	-0,2	-0,8	0,8	-1,1	<b>2,3</b>
nő<5 - nő≥5	<b>3,8</b>	<b>2,5</b>	<b>2,6</b>	1,9	1,0	-0,1	1,2	0,1	1,3
nő≥5 - férfi≥5	<b>2,8</b>	1,8	<b>2,3</b>	<b>3,3</b>	<b>2,7</b>	<b>2,1</b>	<b>3,7</b>	1,5	<b>3,3</b>
nő<5 - férfi<5	<b>3,6</b>	<b>3,1</b>	<b>3,1</b>	<b>3,9</b>	<b>3,3</b>	<b>2,2</b>	<b>3,8</b>	1,9	1,5
összes<5 - összes≥5	<b>5,4</b>	<b>3,2</b>	<b>3,7</b>	<b>2,6</b>	0,9	-0,3	1,5	-0,2	<b>2,4</b>

Az eredmények azt mutatják, hogy azon feltevés, mely szerint a tapasztaltabb gépjárművezetők nagyobb sebességeket választanak, csak a 2×2 sávós utakra (függetlenül az irányok közötti fizikai elválasztás jelenlététől, vagy hiányától), valamint az átmeneti zóna útjaira érvényes. A többi út esetében nem adódtak szignifikáns különbségek a vezetői tapasztalat függvényében.

Hasonló különbségeket véltem felfedezni a férfi és női vezetői csoportok között, csaknem valamennyi úttípus esetén szignifikáns eltérések adódtak a választott sebességekben a nem függvényében.

Az 5 évnél kevesebb és az 5 évnél több vezetési tapasztalattal rendelkező férfi járművezetői csoport esetében szignifikáns különbségek adódtak az autópályán, a 2x2 sávós osztott pályás emelt sebességű főút esetében, valamint az átmeneti zóna útjain történő sebességválasztásnál. Hasonlóan az 5 évnél kevesebb és az 5 évnél több vezetési tapasztalattal rendelkező női járművezetői csoport esetében szignifikáns különbségek adódtak az autópályán, a 2x2 sávós osztott pályás emelt sebességű főutaknál való sebességválasztásnál.

Ha csak a nagyobb tapasztalattal rendelkező gépjárművezetői csoportot nézzük, szignifikáns különbség van a nem függvényében csaknem valamennyi úttípus esetében. Ugyanúgy, ha a kisebb vezetési tapasztalattal rendelkezőket vesszük, szintén szignifikáns különbséget tapasztalhatunk a férfi és a női csoport között.

#### 3.4.5. Az átlagsebességek eltérése úthasználói csoportonként –Wilcoxon-próba elvégzése

Az úthasználói csoportok közötti különbségek vizsgálati eredményeit megerősítendő egy nemparaméteres eljárást is alkalmaztam. A nemparaméteres eljárások általában nem kívánnak meg különösebb feltételt a változók eloszlásáról, továbbá nem a tényleges értékekkel, hanem azok sorrendjével, ún. rangjával dolgoznak.

A kétmintás Wilcoxon-próbát másnéven Mann-Whitney próbának is nevezik. Ezen próba ténylegesen a két független minta mediánjának egyenlőségét teszteli, ahol  $X$  és  $Y$  a két független minta, melyekben az elemszámok nem feltétlenül egyeznek meg. A próba

működése azon alapul, hogy a két független minta egyesítésével nyert új mintát rendezve, az eredeti  $X$  és  $Y$  mintára visszavetített rangszámok átlagai hasonlóak. Ha az egyik minta nagyobb eredeti mintaértékekkel szerepel, akkor az egyesített rangsorban is magasabban helyezkedik el (nagyobb rangszámokkal szerepel), ez azt jelenti, hogy a mediánja is nagyobb [Király, 2007] [Meszéna & Ziermann, 1981].

A Wilcoxon-próba nullhipotézise:

a két csoport mediánja azonos.

A Wilcoxon-próba ellenhipotézise:

a két csoport mediánja különbözik.

$H_0$ : med  $(X-Y)=0$

$H_1$ : med  $(X-Y)\neq 0$

A számítás standardizált próbastatisztikához vezet:

$n_1$  = a kisebbik rangösszegű csoport elemszáma

$n_2$  = a nagyobbik rangösszegű csoport elemszáma

Mintaelemszám:  $N = n_1 + n_2$

A próbastatisztika alapja a kisebbik rangösszegű csoport rangösszege:  $W$

$$U = W - \frac{n_1(n_1+1)}{2}, \quad \mu = \frac{n_1 \cdot n_2}{2}, \quad \sigma_U = \sqrt{\frac{n_1 n_2 (N+1)}{12}}, \quad Z = \frac{U - \mu}{\sigma} \quad (3.4)$$

$$\text{Kapcsolt rangok esetén: } \delta_{Ut} = \sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2 (N+1)}{12} \cdot \left(1 - \frac{\sum_{j=1}^k t_j^3 - t_j}{N^3 - N}\right)} \quad (3.5)$$

$$\text{Így: } Z = \frac{U - \frac{n_1 \cdot n_2}{2}}{\sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2 (N+1)}{12} \cdot \left(1 - \frac{\sum_{j=1}^k t_j^3 - t_j}{N^3 - N}\right)}} \quad (3.6)$$

A nagy elemszámra való tekintettel a számítást az SPSS Statistics 20 program segítségével végeztem.  $Z$ -statisztika értékeit a 3.21. táblázat,  $p$  szignifikancia szint értékeit pedig a 3.22. táblázat tartalmazza az egyes úttípusok esetén az úthasználói csoportokra vonatkoztatva. Azon  $p$  értékek, amelyek 0,05 alatt vannak (95%-os szignifikancia szint) **félkövér** betűtípussal vannak kiemelve. Ezen esetekben, ahol  $p < 0,05$ , vagyis a  $Z$ -statisztikák markánsan különböznek, 95%-os szinten elvetjük a nullhipotézist és az ellenhipotézist tartjuk meg: a két csoport rangszámainak mediánja szignifikánsan különbözik.

3.21. táblázat: Z-statisztika értékei a Wilcoxon-próbából

Úttípus (nem, ill. vezetési tapasztalat)	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
férfi - nő	-9,92	-1,89	-3,38	-7,95	-6,32	-3,11	-5,74	-5,30	-6,37
férfi<5 - férfi≥5	-7,58	-0,27	-1,45	-2,92	-0,20	-0,72	-1,01	-0,63	-4,90
nő<5 - nő≥5	-7,24	-5,58	-4,47	-4,13	-1,73	-0,57	-2,35	-1,87	-1,48
nő≥5 - férfi≥5	-3,22	-1,74	-3,27	-1,67	-2,90	-4,97	-2,79	-5,60	-5,76
nő<5 - férfi<5	-7,60	-2,05	-2,34	-5,01	-5,27	-3,79	-4,07	-3,79	-3,25
összes<5 - összes≥5	-12,13	-3,41	-3,01	-5,82	-3,64	-1,04	-1,52	-1,56	-4,40

3.22. táblázat: p értékei a Wilcoxon-próbából

Úttípus (nem, ill. vezetési tapasztalat)	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
férfi - nő	<b>0,000</b>	0,059	<b>0,001</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,002</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
férfi<5 - férfi≥5	<b>0,000</b>	0,789	0,147	<b>0,004</b>	0,844	0,472	0,314	0,529	<b>0,000</b>
nő<5 - nő≥5	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	0,084	0,567	<b>0,019</b>	0,061	0,138
nő≥5 - férfi≥5	<b>0,001</b>	0,082	<b>0,001</b>	0,095	<b>0,004</b>	<b>0,000</b>	<b>0,005</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
nő<5 - férfi<5	<b>0,000</b>	<b>0,040</b>	<b>0,019</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,001</b>
összes<5 - összes≥5	<b>0,000</b>	<b>0,001</b>	<b>0,003</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	0,301	0,130	0,119	<b>0,000</b>

A Wilcoxon-próba eredményei összhangban vannak a Welch-próba eredményeivel (3.20. táblázat). Így a próba eredményei megerősítik azon feltevést, mely szerint a tapasztaltabb gépjárművezetők csak a 2×2 sávú utakon, valamint az átmeneti zóna útjain választanak nagyobb sebességeket. Ugyanez érvényes a férfi és női vezetői csoportok között, csaknem valamennyi úttípus esetén szignifikáns eltérések vannak a választott sebességekben a nem függvényében.

### 3.4.6. Úthasználói csoportok vizsgálata klaszteranalízissel

A vizsgálat folytatása során elvégzett elemzés célja olyan vezetői csoportok azonosítása, amelyekbe tartozók a különböző vizsgált úttípusokon hasonló sebességeket választanak. A feladat megoldása során a klaszteranalízis módszerét használtam a táblázatosan feldolgozott kérdőíves adatok elemzéséhez. A számítások elvégzéséhez az SPSS Statistics 20 programot használtam.

A klaszteranalízis olyan matematikai eljárás, melynek során az adott  $m$  elemű halmaz szétválogatható  $n$  osztályba. Az osztályok száma optimalizálható, vagy tetszés szerint előre is meghatározható – eljárástól függően.

A klaszteranalízis tehát a rendelkezésre álló adatok hierarchikus osztályozására szolgál, a közöttük levő távolság alapján. Az osztályozás a mérési adatok olyan csoportosítási folyamatát jelenti, melynek során a csoportok tagjai tulajdonságait tekintve hasonlítani

fognak egymásra. Az elemzés során az egyes válaszadók által választott sebességértékekből kiindulva vezetőtípusok csoportosítására használtam, a hasonlóság mértéke az egyes adatok koordinátakülönbségeinek összege (négyzetes euklideszi távolsága) volt. Az osztályok optimális számának meghatározása az eljárás része. Az osztályokba sorolás folyamata, vagyis az egyes klaszterek kialakulása nyomon követhető az eredményként kapott, táblázatos formájú „besorolási menetrend”-ben, valamint a menetrendben számszerűsített változásokat képszerűen megjelenítő dendrogram, azaz fagráf elrendezésén. A program először az egymáshoz „legközelebbi” adatsorokat sorolja egy osztályba, majd az így képzett osztályokat nagyobb osztályokba foglalja össze az egyes osztályokba tartozó elemek között meghatározott távolságok alapján [Kovács, 2013].

Az egyes adatsorok elemei közötti távolságot különböző eljárások alapján lehet számolni. A vizsgálatban a K-közép módszert választottam, mely a csoportokon belüli eltérés-négyzetösszeg minimálásával alakítja a csoportokat. Az összevonás az eredeti  $m$  pontból indulva lépésenként történik, egészen a minimális két klaszterig. Közben minden lépésben kiszámítódik egy ún. heterogenitási mérőszám, amelynek pontos definíciója az összevonási módszertől függ. Ez a mérőszám alkalmas arra is, hogy meghatározzuk a klaszterek célszerű számát. Addig érdemes a klasztereket összevonni, ameddig a heterogenitás nem nő jelentősen. A folyamatot a másik oldalról nézve: addig érdemes a klaszterek számát szaporítani, ameddig az a heterogenitás csökkenését eredményezi.

Az adatokat klaszter-analízisnek vettem alá, 2–3–4–5–6 klasztert képezve (3.23. táblázat). A klaszterek optimális számát az elemszámok alapján határoztam meg. Kettőtől öt klaszterig haladva az elemek még arányosan osztódtak el, viszont hat klaszter esetében már adódtak kisebb elemszámú klaszterek. Ez alapján, valamint a klaszterközéppontok távolsága alapján a négy klasztert éreztem optimális klaszter-darabszámnak, ezt a verziót elemzem a továbbiakban.

3.23. táblázat: Klaszterek elemszáma

<b>Klaszter sorszáma</b>	<b>1.</b>	<b>2.</b>	<b>3.</b>	<b>4.</b>	<b>5.</b>	<b>6.</b>
2 klaszter	335	221				
3 klaszter	183	234	139			
4 klaszter	163	194	108	91		
5 klaszter	99	162	73	118	104	
6 klaszter	11	187	87	52	96	123

A minta, amelyet a klaszterezésnél használtam 556 válaszadót tartalmazott (mivel a pilot study csak 7 úttípust - 35 képet tartalmazott, így azt nem lehetett összevonva elemezni a későbbi mintával).

Az eredményektől leginkább azt vártam, hogy a gyors és lassú, illetve a kockázatos és óvatos gépjárművezetői típusok különülnek majd el egymástól. Ennél komplexebb eredményeket kaptam (3.24. táblázat).

3.24. táblázat: Klaszterjellemezők számszerűsítve

	1. klaszter	2. klaszter	3. klaszter	4. klaszter
Személyek száma	163	194	108	91
Átlagéletkor	29	33	31	27
Vezetési gyakorlat átlaga (év)	11	14	11	7
Férfi/nő arány	81/19	75/25	65/35	58/42
Átlagsebesség az 1. kategóriában	128	126	120	105
Átlagsebesség a 2. kategóriában	114	111	103	96
Átlagsebesség a 3. kategóriában	119	118	106	98
Átlagsebesség a 4. kategóriában	107	101	95	91
Átlagsebesség az 5. kategóriában	109	98	96	93
Átlagsebesség a 6. kategóriában	106	94	93	93
Átlagsebesség a 7. kategóriában	92	85	81	81
Átlagsebesség a 8. kategóriában	52	48	45	47
Átlagsebesség a 9. kategóriában	70	62	57	59

Az 1. klaszter a leginkább kockázatos, legnagyobb sebességértékeket választó gépjárművezetőket foglalja magában. Tapasztalt, átlagosan 11 év vezetési tapasztalattal rendelkező 81%-ban férfiakat tartalmazó klasztert jelent.

A 2. klaszterben a legmagasabb az átlagéletkor és az átlagos vezetési tapasztalat is (14 év), a nemek aránya pedig jól megközelíti az összes kérdőívet kitöltő arányát. Osztott pályás utakon a választott haladási sebességeik majdnem ugyanolyan magasak, mint az 1. klaszter esetében, viszont osztatlan pályás utak esetén 6–10 km/órával lassabban haladnak, mint az 1. klaszterbe tartozó válaszadók.

A 3. klaszter átlagosan tapasztalt gépjárművezetőket tartalmaz (11 év vezetési tapasztalat), és ebben a klaszterben még átlagosnak mondható a férfi - nő arány a minta egészével összevetve. Belterületi úton a legkisebb sebességeket választották, külterületen kicsit gyorsabbnak mondhatók, mint a 4. klaszterbe tartozó gépjárművezetők.

A 4. klaszter vezetési gyakorlata az egész minta vezetési gyakorlatának átlaga alatt marad. A nők aránya valamivel nagyobb az egész minta arányával összehasonlítva. Valamennyi külterületi út esetében lényegesen kisebb haladási sebességek jellemzik, mint a minta egészét. A 2x1 illetve 2x2 sávú külterületi emelt sebességű utak tekintetében



elmondható róluk, hogy nem sok különbséget észleltek az egyes útkategóriák között. 91–98 km/h sebességeket választottak valamennyi ilyen út esetében.

Ezeket a jellemzőket foglalja össze a 3.25. táblázat is.

3.25. táblázat: Klaszterjellemzők szövegesen

<b>1. klaszter</b>	Minden úttípuson a leggyorsabb	átlagosan tapasztalt	átlagosnál több férfi
<b>2. klaszter</b>	Osztott pályán majdnem ugyanolyan gyors, de elválasztás nélkül jóval lassabb, mint az 1.	nagyon tapasztalt	átlagos férfi-nő arány
<b>3. klaszter</b>	Osztott pálya esetén gyorsabb, mint a 4.	átlagosan tapasztalt	átlagos férfi-nő arány
<b>4. klaszter</b>	A legtöbb helyen a leglassabb. Nem használja ki a sebességhatárt.	kevésbé tapasztalt	átlagosnál több nő

### 3.5. Következtetések

Ezen fejezetben azt vizsgáltam meg, hogy a járművezetők képesek-e a különböző úttípusokhoz megfelelő haladási sebességet választani. A kérdőíves felmérés eredményei azt mutatták, hogy a megszokott úttípusokon (autópálya, külterületi 2×1 sávós út) jól választanak sebességet, a nem megszokott úttípusokon viszont (irányonként két forgalmi sávós emelt sebességű utakon) a sebességhatárok túllépése jelentős. A nem megszokott úttípusokon továbbá a sebességek relatív szórása nagyobb, ezek nagyobb bizonytalanságot okoznak az úthasználók számára a sebességválasztásban. A sebességválasztás eltéréseiből arra lehet következtetni, hogy ezek az úttípusok nem felismerhetőek, vagyis nem önmagát magyarázóak.

A felmérés eredményeinek a műszeres sebességmérésekkel való összevetése azt mutatta, hogy a fényképes kérdőíves módszer alkalmas a járművezetők sebességválasztásának íróasztal melletti szimulálására.

## 4. Lakott terület vagy külterület? Átmeneti zónák érzékelése

Az utak forgalomszabályozásáról és a közúti jelzések elhelyezéséről szóló rendelet szerint [20/1984 KM] a lakott területre vonatkozó közlekedési szabályok hatályát a „Lakott terület kezdete” jelzőtáblával kell elrendelni és a „Lakott terület vége” jelzőtáblával kell megszüntetni. A lakott területek kijelölésénél figyelemmel kell lenni a közút forgalmának és a szabályozásba bevonandó terület lakóinak biztonságára, a beépítettség jellegére, az útkörnyezet lakott területre jellemző kiépítettségére (például járda, közvilágítás, útsatlakozások és kapubehajtók sűrűsége). Ebből a megfogalmazásból látható, hogy a lakott terület kijelölése - ami egyben sebességkorlátozást jelent - sok tényező mérlegelését követeli meg és nem mindig egyszerű feladat.

Ahogy az már korábbiakban többször is említésre került, tudjuk, hogy a gépjárművezetők által megválasztott menetsebesség leginkább a közút környezetének kialakításától, és a pillanatnyi forgalmi körülményektől függ [Berta és Török, 2009]. Az úthasználók által választott sebesség meghatározása hagyományosan sebességméréssel történik. Az utóbbi időben viszont több külföldi tanulmány alkalmazta azt a módszert, hogy egy-egy útkialakítást (road scene) bemutató fényképek alapján kérdezik meg a vizsgált személyeket a sebességválasztásról [Garrick, 2011; Goldenbeld and van Schagen, 2007, Lahausse et.al., 2010] [Houtenbros et al., 2011].

A vezetési hibák elkerülése érdekében az útnak és az út menti környezetnek önmagát magyarázóknak kell lennie. A tipikus külterületi és lakott területi útkialakítás között általában éles különbségek vannak, ezért a járművezetők könnyen meg tudják különböztetni azokat egymástól. A települések be- illetve kivezető szakaszán, az ún. átmeneti zónában viszont gyakran előfordul olyan útszakasz, mely nem egyértelmű, a járművezetők felé nem küld egyértelmű jeleket arról, hogy milyen haladási sebességet kell választaniuk az adott útszakaszon. Ez a bizonytalanság a sebességek szórásában tükröződik vissza, ami önmagában egy rizikófaktor.

Ez a fejezet két különböző módszert mutat be az átmeneti zónákban a járművezetők bizonytalanságának számszerűsítésére [Iván & Koren, 2012b] [Iván, 2013] [Iván & Koren, 2014a] [Iván & Koren, 2014b].

### 4.1. Online kérdőíves felmérés a sebességválasztásról

Az említett kutatásokhoz hasonlóan a sebességeket és azok szórását online kérdőíves felméréssel tanulmányoztam, amelynek kiértékelését a 3. fejezet tartalmazza. Korábban rámutattam, hogy mind az átlagsebességek, mind a sebességek szórása tekintetében jó

egyezés van a kérdőíves felmérés és a műszeres sebességmérések között [Iván és Koren, 2011].

#### 4.1.1. A kérdőív

A teljes kérdőív 45 fényképet tartalmazott, de a kutatás ezen részéhez a vizsgált kilenc kategóriából csak hármat használtam fel (15 útkeresztmetszetben készült kép). Ezen három kategóriára mutatnak egy-egy példát a 4.1. - 4.3. ábrák. A 4.1. ábra egyértelmű külterületi, míg a 4.2. ábra egyértelmű lakott területi útszakaszt mutat. A települések be- vagy kivezető szakaszán gyakorta előforduló kialakításra mutat példát az 4.3. ábra, ahol az egyik oldali útkörnyezet lakott területi, míg a másik oldali útkörnyezet külterületi jellegre utal, így a megengedett sebesség az útkialakításból nem állapítható meg. A kérdőív ezen részét 624 fő töltötte ki, mivel a hároomból csak az egyik kategória szerepelt a pilot studyban.



4.1. ábra: egyértelmű külterületi útszakasz,  
 $v_{\text{megengedett}} = 90 \text{ km/h}$



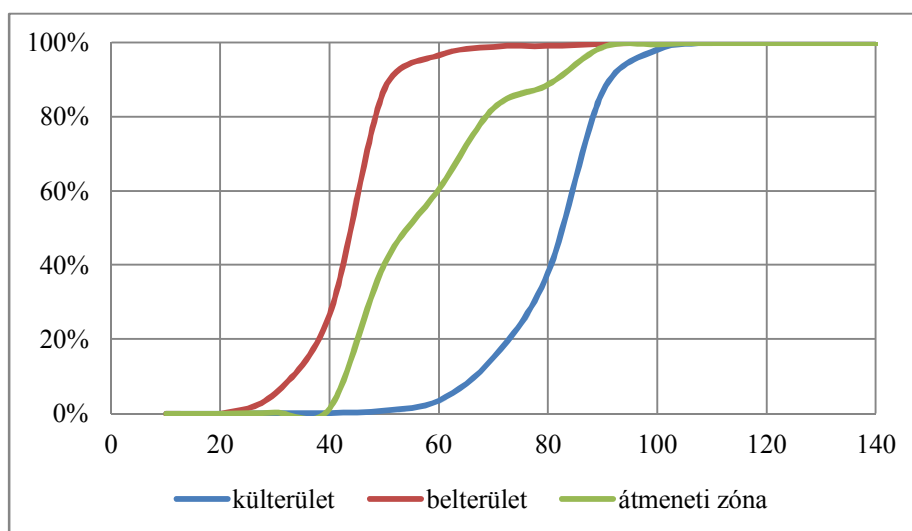
4.2. ábra: egyértelmű lakott területi útszakasz,  
 $v_{\text{megengedett}} = 50 \text{ km/h}$



4.3. ábra: átmeneti zóna útja,  
 $v_{\text{megengedett}} = ? \text{ km/h}$

#### 4.1.2. Eredmények és elemzés

Minden kép esetében meghatároztam a választott sebességek átlagát és a  $v_{85}$  sebesség értékét. Továbbá meghatároztam minden egyes útkeresztszmet esetében a szórás és a relatív szórás értékét is, amely jellemzi az egyes válaszok és az átlag közötti eltérés mértékét. Ezek után csoportba rendeztem az egy kategóriába tartozó képeket, és kategóriánként megadtam az eloszlásgörbét (4.4. ábra) és valamennyi számított érték átlagát is (4.1. táblázat).



4.4. ábra: Eloszlás függvények: egyértelmű külterületi útszakasz, egyértelmű lakott területi útszakasz, átmeneti zóna

4.1. táblázat: A kérdőíves felmérés eredményei

Egyértelmű külterületi útszakasz (90 km/h megengedett legnagyobb sebesség)						
helyszín	4	7	36	39	40	öt helyszín átlaga
átlagsebesség (km/h)	85,5	81,1	87,6	87,8	86,2	<b>85,7</b>
szórás (km/h)	10,2	10,9	8,8	9,5	9,4	<b>9,8</b>
relatív szórás (%)	12%	13%	10%	11%	11%	<b>11%</b>
$v_{85}$ (km/h)	96,1	92,4	96,8	97,6	95,9	<b>95,8</b>
Egyértelmű lakott területi útszakasz (50 km/h megengedett legnagyobb sebesség)						
helyszín	8	13	20	30	41	öt helyszín átlaga
átlagsebesség (km/h)	51,7	46,4	48,6	52,2	44,0	<b>48,6</b>
szórás (km/h)	4,9	7,8	6,3	12,6	8,0	<b>7,9</b>
relatív szórás (%)	9%	17%	13%	24%	18%	<b>16%</b>
$v_{85}$ (km/h)	56,8	54,5	55,1	65,3	52,3	<b>56,8</b>
Átmeneti zóna (? km/h megengedett legnagyobb sebesség)						
helyszín	11	25	28	37	45	öt helyszín átlaga
átlagsebesség (km/h)	60,8	70,6	55,4	59,2	68,0	<b>62,8</b>
szórás (km/h)	12,1	15,2	10,0	10,9	15,9	<b>12,8</b>
relatív szórás (%)	20%	22%	18%	18%	23%	<b>20%</b>
$v_{85}$ (km/h)	73,4	86,4	65,8	70,5	84,5	<b>76,1</b>

Az eredmények azt mutatják, hogy a választott sebességek szórása és relatív szórása a nem egyértelmű szakaszokon jóval magasabb, mint az egyértelmű lakott területi és külterületi szakaszokon. A sebességek az egyértelmű külterületi és lakott területi kategória esetében a sebességeloszlási görbe alapján viszonylag jól közelítik a normális eloszlást, míg az átmenti zóna eloszlása szokatlan és kisebb ugrások is láthatóak benne.

A felmérésben az átmeneti zónákban tapasztalt nagyobb szórás azt mutatja, hogy a járművezetők bizonytalanabbak annak megítélésében, hogy milyen sebességet kell az adott helyszínen választaniuk. Ez a nagyobb szórás a valóságban pedig nagyobb veszélyt is jelent a nagyobb sebességkülönbségek miatt.

## 4.2. Képosztályozás számítógépes szoftverrel

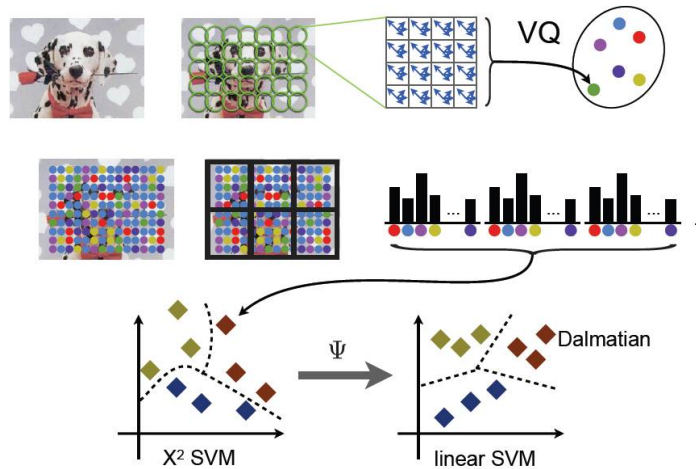
A szakirodalomból ismert módszert, a digitális képfeldolgozást és képosztályozást (amelynek alapismereteit a 2.9. fejezetben mutattam be) alkalmazva, képfelismerő szoftvert használtam lakott területi és külterületi utak azonosítására. A képosztályozási folyamat alapvetően két részre osztható, a tanító és az osztályozó fázisra. A tanító fázisban egyértelmű lakott- és külterületi képeket töltöttem fel a programba bemenetként. Megfelelő számú tanító kép használatával a program képes további képek lakott-, vagy külterületi jellegének meghatározására. Valamennyi kép kap egy osztályzatot, ez az ún. egyértelműségi tényező, amely az egyik, vagy másik kategóriába való tartozás mértékét hivatott jelezni. Ezen értékelési folyamat segítségével a nem egyértelmű útszakaszok azonosíthatók, megelőző intézkedések hajthatók végre a közúti biztonság növelésére.

A vizsgálat célja a fényképek vizuális tartalma alapján megállapítani, hogy a fénykép az adott objektumot tartalmazza vagy sem. Továbbá arra a kérdésre is kerestem a választ, hogy a szoftver működése, az általa végzett felismerés mennyire hasonlít az emberi felismerésre.

A vizsgálathoz nagy mennyiségű fényképre volt szükség, amelyet fedélzeti kamera videofelvételeiből nyertem. A képek olyan útkeresztmetszeteket ábrázolnak, amelyek a gépjárművezető elé vezetés közben tároló látómezőt ábrázolják. A vizsgálathoz az adatbázis képeit osztályokba kell sorolni és valamennyi osztályhoz szükség van tanító és tesztképek sorozatára is

A felismeréshez használt program a VLFeat program, amelyhez a keretprogramot a Matlab szolgáltatja. A használt program, illetve a kidolgozott mintafeladat készítői Andrew Zisserman és Andrea Vedaldi, az Oxfordi egyetem munkatársai [Vedaldi & Fulkerson, 2010; Vedaldi & Zisserman, 2011]. A program az egyes képeken részletesen feltérképezi a jellemző pontokat szabályos rácsszerkezetben, amelyekből leíró információt képez, majd ezeket a leíró adatokat, ún. „vizuális szavakat” egy szótárban gyűjti össze. A „vizuális szavak” sűrűségéről

képenként hisztogramot képez, majd rácsonként újabb, térbeli hisztogramokat készít. Ezt foglalja össze a 4.5. ábra.



4.5. ábra: A szoftver működése [Vedaldi & Zisserman, 2011]

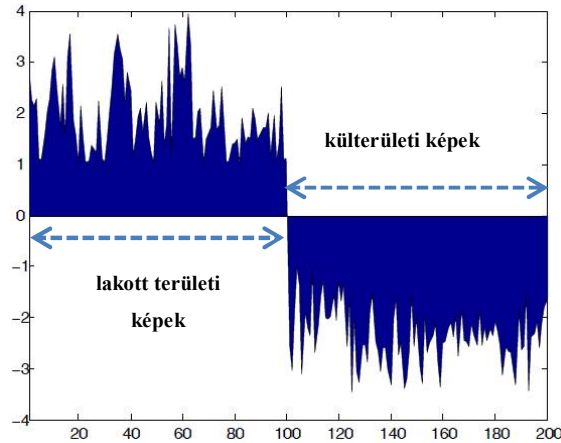
#### 4.2.1. Az osztályozó tanítása a tanító képadatbázissal

Az osztályozó a tanító képek sorozatából a kigyűjtött „vizuális szavak” sorozatából olyan szótárat épít fel a hisztogramok segítségével, amely ismerni fogja a felismerni kívánt kategóriára leginkább jellemző „vizuális szavakat” és a legkevésbé jellemzőeket is. Ez alapján elkészül a modell.

A tanító képek két csoportját használtam, az egyikben a pozitív tanító képek vannak, amelyek a felismerni kívánt kategóriát ábrázolják, míg a másik, a negatív képcsoport, olyan képek sorozatát adja, amely nem a felismerni kívánt kategóriát mutatja. Ez alapján tehát pozitív és negatív modell is készül. A modellhez viszonyítva minden egyes kép kap egy pontszámot, amely annál nagyobb lesz (abszolút értékben), minél közelebb van az adott kép a modellhez. A pontszám tehát negatív lesz azon képekre, amelyek nem a felismerni kívánt osztályt tartalmazzák.

A kísérleteknél a lakott területi útkategóriát vettem pozitívnak, a külterületit pedig negatívnak. 100 pozitív és 100 negatív tanító, valamint ugyanennyi tesztképet vittem be a programba. A bevitt képek optimális darabszámát előzetes kísérletekkel határoztam meg. A tanító képek különböző külterületi utakon, illetve különböző települési utakon készített videofelvételekből vegyesen kerültek a tanító adatbázisba. A tanító adatbázist szándékosan úgy válogattam össze, hogy az csak egyértelműen megkülönböztethető lakott- és külterületi keresztmetszetekben készült képeket tartalmazzon. A lakott területi képek egy része sűrűn, másik része pedig ritkábban beépített városi vagy falusi útkörnyezetet ábrázol. A külterületi tanító képek között egyaránt található olyan kép, ahol az útkörnyezet sűrű növényzetet ábrázol és olyan is, ahol ritkább a növényzet. A képek között vegyesen található erős, jól látható

burkolatjelekkel ellátott szakaszok és kopott, vagy burkolati jelek nélküli szakaszok is. A 4.6. ábra vízszintes tengelyén a 100+100 db tanító kép, a függőleges tengelyen pedig a hozzájuk tartozó osztályzatok láthatók. A pozitív értékek lakott területi, a negatívak külterületi jelleg érzékelésére utalnak.



4.6. ábra: A tanító adatbázisba tartozó képek osztályzatai

#### 4.2.2. A tesztképek osztályozása

A már betanított osztályozót alkalmaztam tesztképek osztályozására. A tanító képekhez hasonlóan a tesztképeknek is két csoportját, pozitív és negatív képhalmazt alkalmaztam. Az osztályozó a kép tartalma alapján a modellhez viszonyítva ugyanúgy pontszámokkal értékeli az egyes képeket, mint a tanító képek esetében. A képek két csoportban beküldésére azért van szükség, hogy az eredmény megszületése után az osztályozó értékelni tudja a saját munkáját, tehát azt, hogy milyen pontossággal dolgozott.

Az első kísérletnél a tesztadatbázis a tanító képekhez hasonlóan vegyesen, több útszakaszon készült képeket tartalmaz, viszont itt is ügyelem arra, hogy ez a képhalmaz egyértelműen megkülönböztethető lakott- és külterületi képeket tartalmazzon. A tesztből kapott eredmények alapján azt látjuk, hogy a betanított osztályozó viszonylag jól fel tudta ismerni a két kategória közötti különbséget, csak 12 olyan kép volt, amely nem a saját kategóriájába, lakott területi helyett külterületibe került. A képek 94%-át sikerült helyesen besorolni (4.2. táblázat).

4.2. táblázat: Az 1. kísérlet eredményei

1.	Pozitív	Negatív	Σ	
Típus	Lakott területi út	Külterületi út		
Tanító kép	100	100	200	
Tesztkép	100	100	200	
Ide sorolt tesztkép	88	112	200	
Helyesen ide sorolt tesztkép	88	100	188	
Tévesen ide sorolt tesztkép	0	12	12	
Helyesen ide sorolt tesztképek aránya	88%	100%	94%	
Tévesen ide sorolt tesztképek aránya	0%	12%	6%	

Ezután a tanító képadatbázist változatlanul hagytam, míg a tesztadatbázist teljesen lecseréltem. A tesztképeket egy adott szakaszból választottam, Herendről egyértelmű lakott területi képeket és a 8. sz. főút egy szakaszáról külterületi képeket alkalmaztam. A vizsgálattól azt reméltem, hogy hasonlóan jó felismerési arány adódik majd, mint az 1. kísérletnél vegyes helyszíneken készült képek esetében. A várakozásom beigazolódott, ebben az esetben is magasra adódott a helyesen besorolt képek aránya, a képek 91%-át sikerült helyesen besorolni (4.3. táblázat).

4.3. táblázat: A 2. kísérlet eredményei

2.	Pozitív	Negatív	Σ	
Típus	Lakott területi út	Külterületi út		
Tanító kép	100	100	200	
Tesztkép	100	100	200	
Ide sorolt tesztkép	84	116	200	
Helyesen ide sorolt tesztkép	83	99	182	
Tévesen ide sorolt tesztkép	1	17	18	
Helyesen ide sorolt tesztképek aránya	83%	99%	91%	
Tévesen ide sorolt tesztképek aránya	1%	17%	9%	

A továbbiakban a tanító képadatbázist ismét változatlanul hagytam. A tesztképeket egy újabb szakaszból választottam, az 1. sz. főútról, a Komárom és Tata közötti szakaszból. A lakott területi képek Komárom, Szöny és Almásfüzitő településen készültek. Készültek több olyan útkeresztmetszetben is képek, amelyekről nem lehet egyértelműen eldönteni, hogy lakott-, vagy külterületen helyezkedik-e el, mivel az egyik oldali útkörnyezet lakott területi,



míg a másik oldali útkörnyezet külterületi kialakítást sugall. A felismerési arány jelentősen vissza is esett ez esetben, tehát az osztályozónak nehézségeket okozott a nem egyértelmű képek besorolása, hiszen a tanulási folyamat során csak olyan képekkel találkozott, amelyek egyértelműen egyik, vagy másik osztályba sorolhatóak voltak. Így már csak a képek 65%-át sikerült helyesen besorolni. A lakott területi képek esetében 42%-ot sikerült felismerni (4.4. táblázat).

4.4. táblázat: A 3. kísérlet eredményei

3.	Pozitív	Negatív	Σ
Típus	Lakott területi út	Külterületi út	
Tanító kép	100	100	200
Tesztkép	100	100	200
Ide sorolt tesztkép	54	146	200
Helyesen ide sorolt tesztkép	42	88	130
Tévesen ide sorolt tesztkép	12	58	70
Helyesen ide sorolt tesztképek aránya	42%	88%	65%
Tévesen ide sorolt tesztképek aránya	12%	58%	35%

Ezután ismét lecseréltem a tesztadatbázist, ezúttal a lakott területi képek Mórton készültek, a külterületiek pedig a 81. sz. főút egy szakaszán. A település beépítési jellegéből adódóan az előző kísérlethez hasonlóan ebben az esetben is előfordultak nem egyértelmű keresztmetszeti képek. A várakozásokat igazolva tehát hasonló eredmények születtek, mint a 3. esetben, tehát itt is nagyon eltorzult a felismerési arány. A képosztályozó mindössze a képek 60%-át volt képes helyesen besorolni. A lakott területi képek esetében, mindössze 20%-ot sikerült felismerni (4.5. táblázat).

4.5. táblázat: A 4. kísérlet eredményei

4.	Pozitív	Negatív	Σ
Típus	Lakott területi út	Külterületi út	
Tanító kép	100	100	200
Tesztkép	100	100	200
Ide sorolt tesztkép	20	180	200
Helyesen ide sorolt tesztkép	20	100	120
Tévesen ide sorolt tesztkép	0	80	80
Helyesen ide sorolt tesztképek aránya	20%	100%	60%
Tévesen ide sorolt tesztképek aránya	0%	80%	40%

### 4.2.3. *Eredmények elemzése*

A felismerési folyamatot tehát nagyon megzavarhatja, ha a tesztadatbázis nagyon eltér a tanuló adatbázisból, akár teljesen más irányba is elviheti. Hasonlóképpen van ez az emberi tanulással is, hiszen az ember is sémákban gondolkodik. Olyan objektumot, amelyhez hasonlót már látott korábban, azt könnyebben fel tudja ismerni, hiszen azt a sémát elő tudja hívni a hosszú-távú memóriájából. Viszont ami teljesen ismeretlen, azt a meglévő sémái alapján akár teljesen tévesen is besorolhatja.

Az ismeretlen útkialakítás bizonytalanságot okoz a gépjárművezetőkben. Az egyes járművezetők különbözően érzékelhetnek egy adott útszakaszt, így eltéréseket lehet tapasztalni a sebességválasztásukban is, ezáltal tehát nagyobb lesz a sebességek szórása, a sebességek inhomogén eloszlása pedig növelheti a baleseti kockázatot. Elmondható tehát, hogy esetenként a nem egyértelmű, vagy félrevezető útkialakítás közvetve növelheti a baleseti kockázatot.

Ha megnézzük az osztályozó által a képekre kiosztott egyértelműségi tényezőket (4.6. táblázat), világos, hogy az első két kísérlet esetében a képek több mint 70%-a biztosan volt besorolva (egyértelműségi tényező 0,5 vagy 1 fölött). A külterületi képek felismerése esetében a pontosság 100%-os volt. Az összes kép nagyjából 11%-a került a bizonytalan zónába (egyértelműségi tényező  $-0,5$  és  $0,5$  között). A 3. és 4. kísérlet esetében átlagban a képek 23 %-a került ebbe a bizonytalan zónába. A lakott területi képeknek mindössze 20%-a volt biztosan besorolva.

4.6. táblázat: A 4 kísérlet során a képekre kapott pontszámok eloszlása

egyértelműségi tényező	1.	2.	3.	4.
1 fölött (egyértelműen lakott terület)	39	67	20	1
0,5 és 1 között (inkább lakott terület)	33	9	14	3
$-0,5$ és $0,5$ között (bizonytalan)	26	17	54	36
$-1$ és $-0,5$ között (inkább külterület)	2	7	26	24
$-1$ alatt (egyértelműen külterület)	100	100	86	136
$\Sigma$	200	200	200	200

A 4.7. ábrán helyesen besorolt képek közül láthatunk néhány példát. A helytelenül besorolt képekre pedig a 4.8. ábra mutat példákat.

## Lakott területi tesztképek



## Külterületi tesztképek



4.7. ábra: Néhány példa a helyesen besorolt tesztképekből

## Külterületiként besorolt lakott területi tesztképek



4.8. ábra: Néhány példa a helytelenül besorolt tesztképekből

A 4.9. ábrán olyan képeket láthatunk, amelyeknek besorolása bizonytalan volt, vagyis a program által kiosztott egyértelműségi tényező 0 körüli értéket adott. A bizonytalan besorolás okait keresve ezeken a képeken felfigyelhetünk a rossz fényviszonyokra - esetenként túl sötét képek, ahol az út és az út menti objektumok nem különülnek el elegendő mértékben. Más képeken pedig olyan objektumokat vehetünk észre, amelyek ismeretlenek lehettek az osztályozó számára, mint például egy híd, vagy New Jersey elemek a padkán, és volt olyan is, ahol csak néhány építmény látható a képen.



4.9. ábra: Néhány példa a bizonytalanul besorolt tesztképekből (egyértelműségi tényező  $-0,5$  és  $0,5$  között)

### 4.3. Az osztályozó működésének az emberi felismeréssel való összehasonlítása

A 3. fejezetben tárgyalt módszerhez hasonlóan itt is egy online kérdőíves felméréssel, képek alapján történő sebességválasztással próbáltam megfigyelni a szoftver működésének az emberi felismeréssel való hasonlóságát. A kérdőívben használt képeket a 4 kísérletben használt képekből válogattam ki. Mivel a fenti kísérletekben nagy mennyiségű fényképet használtam fel (200 tanító kép, 4x200 tesztkép), a kérdőíves felmérésben ezen képeknek csak

egy részét alkalmaztam, összesen 50 db képet. A válogatást a szoftver által kiosztott pontszámok alapján végeztem, úgy hogy a pontok egész skálája szakaszosan megjelenjen a választott képek csoportjain, valamint egyaránt legyenek lakott területi és külterületi képek is, olyan képek, amelyeket a szoftver helyesen sorolt be és olyanok is, amelyeket helytelenül.

A felméréshez itt egy kisebb mintát használtam, 86 fő töltötte ki ezt a fényképes kérdőívet. A kitöltők átlagéletkora 28 év, a kitöltők 70%-a férfi, 30%-a nő volt. Valamennyi válaszadó rendelkezett jogosítvánnyal, a jogosítványuk megszerzése óta eltelt idő átlagos időtartama 10 év volt.

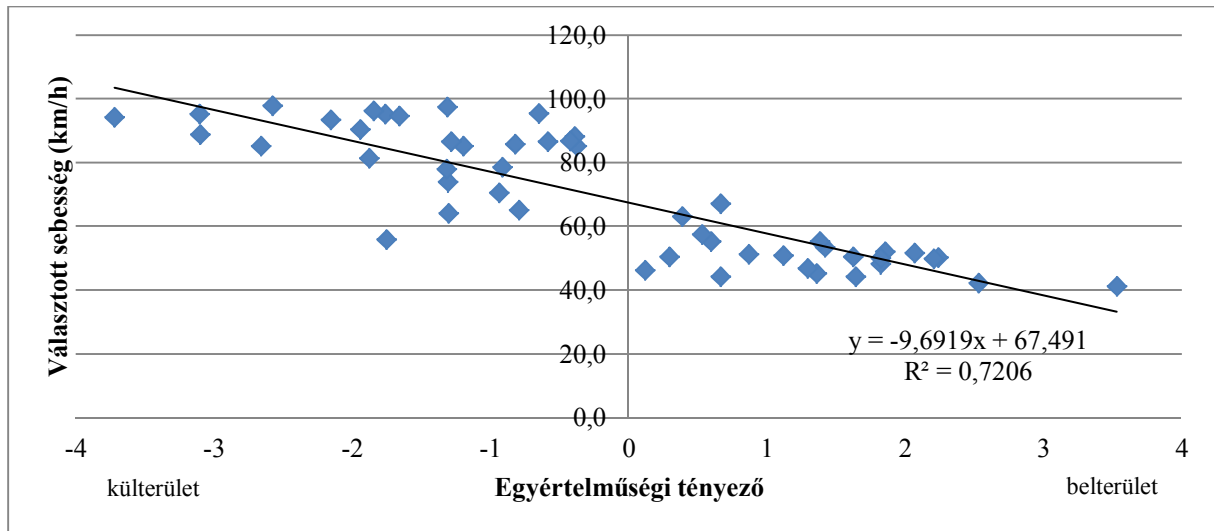
A résztvevők tehát 50 különböző közúti keresztmetszetben készült fényképet kaptak. A képek véletlenszerű sorrendben következtek egymás után, annak érdekében, hogy kizárható legyen a sorrend hatása. A korábbi felméréshez hasonlóan a válaszadóknak haladási sebességet kellett választaniuk minden egyes kép esetében. A sebességválasztás itt is 10km/h-s lépcsőkben történt. A válaszadókat nem tájékoztattam az útszakaszon érvényes megengedett legnagyobb sebességről, sem annak lakott területi vagy külterületi jellegéről.

Az eredményeket a 4.7. táblázat mutatja egyértelműségi tényező szerinti csoportosításban.

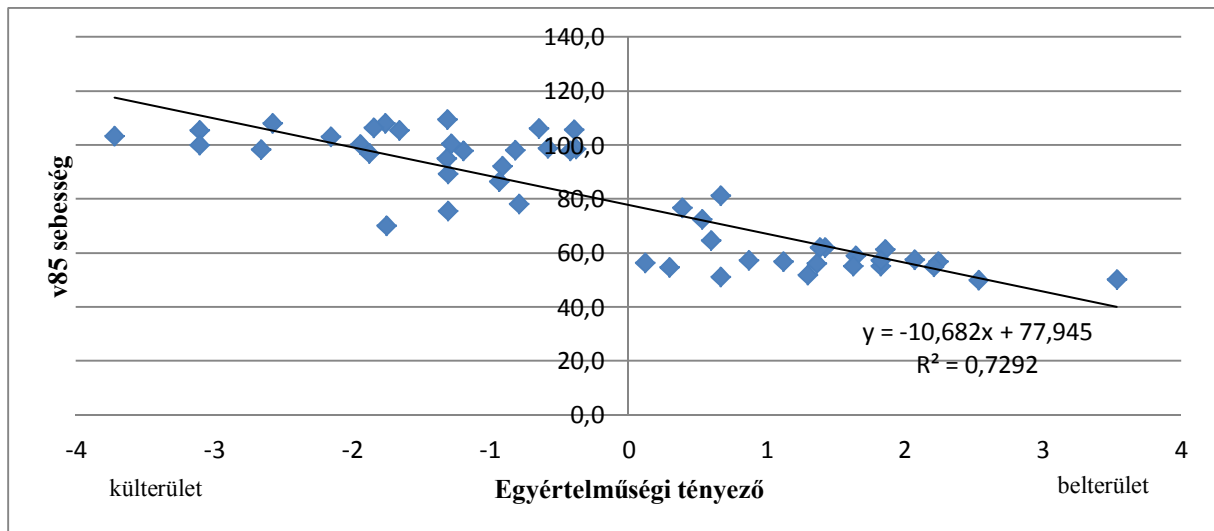
4.7. táblázat: A felmérés eredményei – egyértelműségi tényező szerint csoportosítva

egyértelműségi tényező	$c > -2$	$-1,5 > c > -2$	$-1 > c > -1,5$	$-0,5 > c > -1$	$0,5 > c > -0,5$	$1 > c > 0,5$	$1,5 > c > 1$	$2 > c > 1,5$	$c > 2$
<b>C</b> átlag	-2,9	-1,8	-1,3	-0,8	-0,1	0,7	1,3	1,8	2,5
<b>választott sebesség</b> átlaga	92,6	85,8	81,0	80,4	70,1	55,2	50,5	49,1	47,2
<b>v<sub>85</sub> sebesség</b> átlaga	103,2	97,9	94,7	93,4	81,8	65,5	57,9	57,7	53,9
<b>szórás</b> átlaga	10,2	11,7	13,2	12,5	11,2	10,0	7,2	8,3	6,5
<b>relatív szórás</b> átlaga	11%	15%	17%	16%	16%	18%	14%	17%	14%

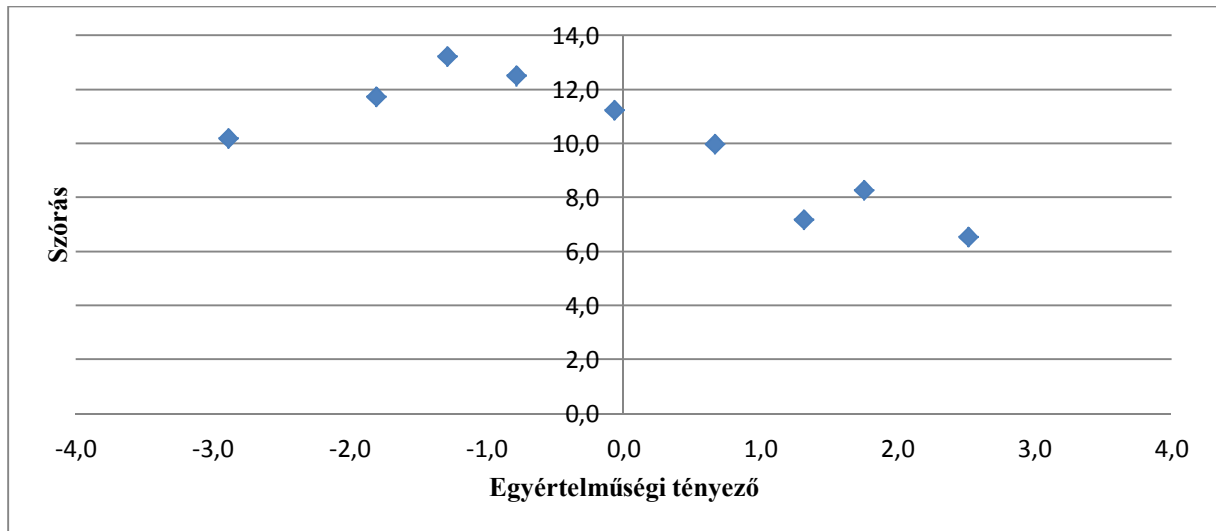
A 4.10. ábra és a 4.11. ábra a választott sebességek, illetve a  $v_{85}$  sebességének átlagát mutatja az egyértelműségi tényező függvényében. Elmondható, hogy a sebességek és a szoftver által megítélt egyértelműségi tényező kapcsolata lineáris függvénnyel írható le.



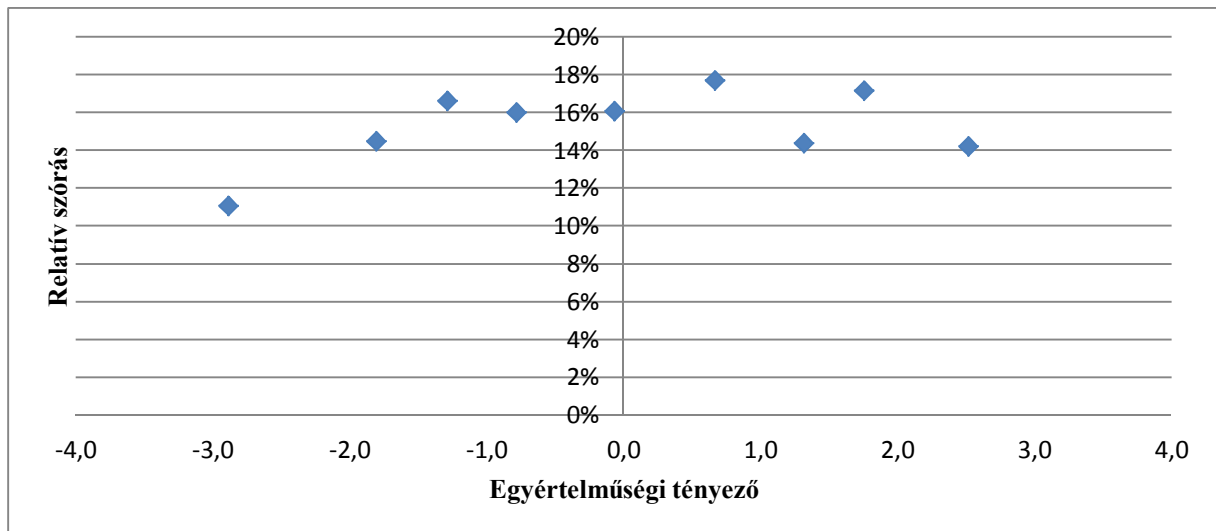
4.10. ábra: Választott sebesség képenként

4.11. ábra: v<sub>85</sub> sebesség képenként

A 4.12. és a 4.13. ábra sebességek szórását, illetve relatív szórását mutatja az egyértelműségi tényező függvényében. Elmondható, hogy abszolút értékben nagyobb egyértelműségi tényezőhöz kisebb szórás párosul, vagyis ahol a program biztos volt a besorolásnál, ott a válaszadók is biztosabban választottak sebességet, kisebbek voltak a válaszok közötti különbségek.



4.12. ábra: Sebességek szórása csoportonként





4.13. ábra: Sebességek relatív szórása csoportonként

A 4.14. ábrán egy képpárt választottam ki az elemzéshez. Mindkét kép lakott területen, átmenti zónában készült és mindkét képet tévesen külterületinek sorolt be a szoftver. A bal oldali kép kisebb bizonyossággal került a külterületi képek közé  $c = -0,937$  egyértelműségi tényezővel, míg a jobb oldali kép elég magas pontszámot kapott abszolút értékben, ami nagyobb bizonyosságra utal ( $c = -2,153$ ).

A felmérésben a résztvevők által adott válaszok nagyon hasonlóan alakultak a szoftveres eredményekhez. A bal oldali képnél sokkal nagyobb relatív szórás adódott, mint a jobb oldali kép esetében, tehát elmondható, hogy a válaszadók sokkal nagyobb bizonyossággal választottak nagyobb sebességet a jobb oldali képnél, vagyis biztosabbak voltak a szakasz külterületi jellegében. A választott sebességek átlaga is erre utal.

A jobb oldali képet szemlélve érezhetjük, hogy a bal oldali útkörnyezet valóban egyértelműen külterületi jellegre utal, a házakat eltakaró sűrű növényzet a jobb oldalon pedig tovább fokozza a megérzés helyességét, teljesen félrevezetve ezáltal az úthasználót. A bal oldali kép pedig a településre bevezető átmeneti zónák gyakori hibáját hordozza magában, hiszen az egyik oldali útkörnyezet lakott területi, míg a másik oldali útkörnyezet külterületi jelleget sugall.

Láthatóan tehát nem a szoftver hibájából történt a téves besorolás, amelyhez ráadásul nagy egyértelműségi tényező is társult, hiszen az emberi érzékelés is ugyanolyan eredményeket hozott.

külterületinek sorolt lakott területi kép, $c = -0,937$ $v_{\text{átlag}} = 70,6 \text{ km/h}$ , relatív szórás 22%	külterületinek sorolt lakott területi kép, $c = -2,153$ $v_{\text{átlag}} = 93,6 \text{ km/h}$ , relatív szórás 10%
	

4.14. ábra: Néhány példa a képekből

#### 4.4. Következtetések

Régóta ismeretes, hogy a járművezetők sokkal inkább az eléjük táruló út látványa alapján választanak haladási sebességet, mint a megengedett legnagyobb sebességet jelző táblák alapján. Az ismeretlen útkialakítás bizonytalanságot okoz a gépjárművezetőkben. Amennyiben az útkialakításból nem következik, hogy az adott szakasz bel-, vagy külterületen helyezkedik el, az úthasználók felé nem küld egyértelmű utasításokat arról, hogy mekkora itt a megfelelő haladási sebesség. Az egyes járművezetők különbözően érzékelhetnek egy adott útszakaszt, így eltéréseket lehet tapasztalni a sebességválasztásukban is.

Ezen fejezetben kétféle megközelítésmódot mutattam be a járművezetők bizonytalanságának feltárására. Az elsőben a különböző útkeresztszettekben választott sebességek tanulmányozása rámutatott, hogy a nem egyértelmű kialakítás esetén a sebességek szórása nagyobb, mint az egyértelmű szakaszokon és tudjuk, hogy a sebességek inhomogén



eloszlása növelheti a baleseti kockázatot. Elmondható tehát, hogy esetenként a nem egyértelmű, vagy félrevezető útkialakítás közvetve növelheti a baleseti kockázatot.

A második módszerrel a járművezetők felismerési folyamatát szimuláltam egy képosztályozó szoftver segítségével. Azon útkeresztszettek esetén, amelyek egyértelműen besorolhatók bel-, vagy külterületi útkörnyezetükből adódóan, az osztályozó elég jól működik. Továbbá, amint az várható volt, a nem egyértelmű helyzeteknél az osztályozó bizonytalan osztályzatot ad. Ezen módszer alkalmazhatóságát újabb felméréssel, képek alapján történő sebességválasztással támasztottam alá.

A két bemutatott módszer kimenete egy-egy mérőszám, a sebességek relatív szórása és az egyértelműségi tényező. Mindkét mérőszám eszközt szolgáltat a járművezetők bizonytalanságának mértékének megállapításához, ezáltal a bizonytalan és kockázatos helyzetekhez vezető útkeresztszettek és útelemek azonosíthatók. A módszer a későbbiekben közúti biztonsági felülvizsgálatok elvégzését segítheti.

## 5. Utak csoportosítása az úthasználók által

### 5.1. Képcsoportosítási feladat

A szakirodalomból ismert módszert [Weller et al., 2008] alkalmazva a kutatás további lépéseként 104 egyetemi hallgatóval képcsoportosítási feladatot végeztem [Iván & Koren, 2013b] [Iván, 2014] [Kosztolányi-Iván et al., 2015].

#### 5.1.1. A felmérés

A kutatásban szereplő képek megegyeztek a korábban bemutatott kérdőíves felmérésben alkalmazottakkal. Ezen képeket a résztvevők nyomtatott formában kapták kézhez a következő feladatléírással:

*„A kapott 45 db különböző útkeresztmetszetben készült képet csoportosítsa tetszőlegesen (3, 4, 5, 6, 7, 8, vagy 9 csoportba). Próbálja magát beleélni, hogy az adott útszakaszon vezet, képzelje el, hogy hogyan viselkedne, és milyen viselkedést várna a többi közlekedőtől. A csoportokat úgy alakítsa ki, hogy az egy csoportba kerülő utakhoz hasonló viselkedési forma tartozzon, ami eltér a többi csoport útjain való viselkedéstől. Nincs jó vagy rossz osztályozás, úgy alakítsa ki a csoportokat, ahogy megfelelőnek érzi. Csinálja gyorsan, túl sok gondolkodás nélkül. Az egyes csoportokba kerülő képek számát szabadon megválaszthatja, csakúgy, mint a csoportok számát 3 és 9 között.*

*Ha készen van a csoportokkal, a lap hátoldalára jegyezze fel az egyes csoportokat külön-külön oszlopokba, a képeket a hátoldalukon látható számmal jelölve! Minden csoporthoz írjon legalább egy – esetleg több – kifejezést, amit az adott csoportra jellemzőnek tart.”*

A készített felmérésben azt kívántam megtudni, hogyan csoportosítják a közlekedők a különböző úttípusokat és mennyire egyeznek ezek az útosztályok a ma érvényes előírásokban alkalmazottakkal.

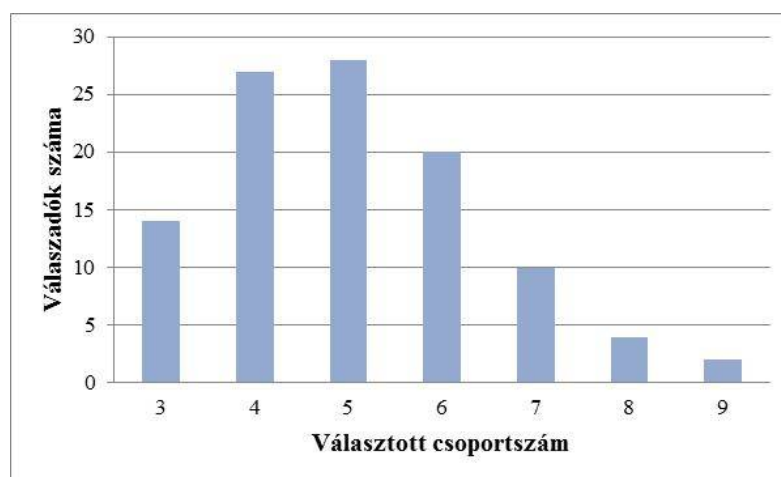
A témakörrel a műszaki paraméterek szempontjából magyar szakemberek már foglalkoztak korábban. Kutatásaik igazolták, hogy a magyar külterületi utak rendszere egyszerűsítést igényelne, négyféle keresztmetszeti elrendezés lenne szükséges és elégséges. [Hlédik et al., 2012] [Török, 2013]. Jelen kutatás során az emberi tényező szempontjából közelítettem meg a problémakört.

### 5.1.2. A felmérésben választott csoportok

Az 5.1. ábrából látható, hogy a válaszadók leggyakrabban 4 vagy 5 csoportot alakítottak a képekből, a 6 klaszter gyakorisága még jelentős, de a 7 klasztert választók száma már csak 10% körüli. A továbbiakban külön vizsgáltam az eltérő csoportszámot választottakat.

Azon válaszadók, akik 3 csoportot alakítottak ki, jellemzően az alábbi szavakkal írták le a csoportokat:

- autópálya, nagy sebesség, gyorsítás, figyelem, rutin, több sáv, szalagkorlát, zavartalan vezetés
- lakott területen kívüli, viszonylag gyors, kellő odafigyelés, 2x1 sáv, útminőség rosszabb, mint autópályán, sűrűn járt út
- belterület, lakott terület, fokozott figyelem, kis sebesség, lassú, nyugodt, fékezés, kerékpárosok, gyalogosok, sebességkorlátozás



5.1. ábra: A válaszadók száma a választott csoportszám függvényében

A leggyakrabban előforduló kifejezés, ami a leírásnál függetlenül a csoportok számától megjelent, az a lakott terület vagy belterület volt, csakúgy, mint az autópálya vagy a nagy sebesség. Az autópálya jellemzővel ellátott csoportba nagyon gyakran kerültek az autópályán készült képeken felül a 2x2 sávos emelt sebességű főutak is. A jellemzők között sokszor szerepelt a sebességre való utalás, kis, közepes vagy nagy sebesség, gyorsítás, lassítás, fékezés, vagy a típushoz rendelt sebességhatár. Voltak, akik a biztonságra vagy a balesetveszélyre is utaltak.

A négy csoportra osztásnál jellemzően a két egyértelműen elkülönülő csoport az autópálya és a belterületi út volt. A másik két csoport változóan alakult, voltak, akik jó és rossz burkolatminőségű utakra osztották, míg mások az egyik csoportot autóútként, a másikat

főútként jellemezték. Akadtak olyanok is, akik a sávok számára vagy az út menti fákra hivatkoztak, mint a csoport jellemzői.

Az 5 csoportra bontásnál jellemzően megjelent a forgalom nagyságára való utalás is, ami a kisebb csoportszámnál nem volt jellemző. Itt a láthatóság vagy az ívek jelenléte is egyre nagyobb befolyásoló tényezőként jelentkezett. Egyik jellemző csoportosítás volt: autópálya – autóút – főút – mellékút – lakott terület, másik ilyen: autópálya – külterületi nagy forgalmú utak – normál forgalmú – kis forgalmú – belterületi utak. Utaltak a sávok számára, néhányan elkülönítették az átmeneti zónát a belterülettől: autópálya – 2x2 sávós út – 2x1 sávós út – településbe be-kivezető út – lakott terület. Akadt, aki csak a sebesség nagysága alapján jelölte meg a csoportokat: nagyon gyors – gyors – közepes – lassú – nagyon lassú. Sokan utaltak a vadveszélyre, gyalogosokra vagy a kerékpárosokra.

A 6 csoportos verzióban jellemzően a sávok száma szerinti osztályozást tovább bontotta a középű elválasztás jelenléte vagy hiánya.

Azon válaszadók, akik a 7 vagy annál több csoportot választottak a korábban felsoroltakon túl gyakran utaltak a képeken megjelenő felüljárókra, a leállósávra vagy éppen annak hiányára.

### **5.1.3. A válaszok feldolgozása**

A választott csoportokat 45x45-ös mátrixok formájában dolgoztam fel. 7-nél több csoportot a résztvevők kevesebb, mint 5%-a készített, így ezeket a szimmetrikus mátrixokat a 3-7 csoportszámot választottakhoz készítettem. A mátrix egyes elemei megmutatják, hogy a hány résztvevő helyezte egy csoportba az  $i$  és  $j$  képeket. A főátló elemei pedig az adott csoportszámot választottak számát mutatják. Az így adódott mátrixból elkészítettem annak normalizált változatát. Ezen mátrix főátlójának elemei 1-el egyenlőek és a többi elem 0 és 1 közötti értéket vesz fel, és az egy csoportba helyezés arányát mutatja  $i$  és  $j$  képek esetében.

$\tau$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1,00	0,23	0,11	0,39	0,30	0,12	0,47	0,00	0,20	0,66	0,14	0,12	0,01	0,51	0,29
2	0,23	1,00	0,76	0,08	0,31	0,55	0,05	0,01	0,66	0,29	0,01	0,70	0,02	0,22	0,41
3	0,11	0,76	1,00	0,04	0,27	0,62	0,03	0,01	0,63	0,19	0,00	0,84	0,01	0,24	0,37
4	0,39	0,08	0,04	1,00	0,15	0,11	0,86	0,03	0,06	0,26	0,16	0,04	0,04	0,20	0,14
5	0,30	0,31	0,27	0,15	1,00	0,29	0,13	0,00	0,37	0,26	0,05	0,30	0,03	0,27	0,28
6	0,12	0,55	0,62	0,01	0,29	1,00	0,00	0,00	0,62	0,27	0,01	0,63	0,03	0,43	0,67
7	0,47	0,05	0,03	0,86	0,13	0,00	1,00	0,04	0,05	0,24	0,18	0,04	0,04	0,19	0,12
8	0,00	0,01	0,01	0,03	0,00	0,00	0,04	1,00	0,01	0,00	0,65	0,01	0,86	0,01	0,01
9	0,20	0,66	0,63	0,06	0,37	0,62	0,05	0,01	1,00	0,24	0,02	0,62	0,02	0,28	0,52
10	0,66	0,29	0,19	0,26	0,26	0,27	0,24	0,00	0,24	1,00	0,11	0,21	0,01	0,67	0,44
11	0,14	0,01	0,00	0,16	0,05	0,01	0,18	0,65	0,02	0,11	1,00	0,01	0,54	0,11	0,04
12	0,12	0,70	0,84	0,04	0,30	0,63	0,04	0,01	0,62	0,21	0,01	1,00	0,04	0,24	0,40
13	0,01	0,02	0,01	0,04	0,03	0,03	0,04	0,86	0,02	0,01	0,54	0,04	1,00	0,00	0,03
14	0,51	0,22	0,24	0,20	0,27	0,43	0,19	0,01	0,28	0,67	0,11	0,24	0,00	1,00	0,56
15	0,29	0,41	0,37	0,14	0,28	0,67	0,12	0,01	0,52	0,44	0,04	0,40	0,03	0,56	1,00



5.2. ábra: Egy részlet a hasonlósági mátrixból – helyesen, nagy arányban csoportosított képpár

Az 5.2. ábrán látható 4. és 7. képpár egyazon útkategóriához tartozik, mindkettő külterületi főúton készült. A mátrix részletéből látható, hogy a felmérés résztvevői fel is ismerték ezen azonosságot, hiszen a két képet a válaszadók 86%-a egy csoportba helyezte.

Szintén elég magas arányban, a válaszadók 63%-a helyezte egy csoportba az 5.3. ábrán látható 6 és 12 képeket. Láthatóan ez hibás csoportosítás, hiszen a 6. kép egy emelt sebességű főutat mutat, ahol 100 km/h a megengedett legnagyobb sebesség, míg a 12. kép autópályán készült. A két típus közötti hasonlóság érezhetően félrevezette a járművezetőket, a válaszadók 2/3-a nem tudta megkülönböztetni az autópályát az emelt sebességű főúttól.

I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1,00	0,23	0,11	0,39	0,30	0,12	0,37	0,00	0,20	0,66	0,14	0,12	0,01	0,51	0,29
2	0,23	1,00	0,76	0,08	0,31	0,55	0,05	0,01	0,66	0,29	0,01	0,70	0,02	0,22	0,41
3	0,11	0,76	1,00	0,04	0,27	0,62	0,03	0,01	0,63	0,19	0,00	0,34	0,01	0,24	0,37
4	0,39	0,08	0,04	1,00	0,15	0,01	0,86	0,03	0,06	0,26	0,16	0,04	0,04	0,20	0,14
5	0,30	0,31	0,27	0,15	1,00	0,29	0,13	0,00	0,37	0,26	0,05	0,30	0,03	0,27	0,28
6	0,12	0,55	0,62	0,01	0,29	1,00	0,30	0,00	0,62	0,27	0,01	0,63	0,03	0,43	0,67
7	0,37	0,05	0,03	0,86	0,13	0,00	1,00	0,04	0,05	0,24	0,18	0,04	0,04	0,19	0,12
8	0,00	0,01	0,01	0,03	0,00	0,00	0,04	1,00	0,01	0,00	0,65	0,01	0,86	0,01	0,01
9	0,20	0,66	0,63	0,06	0,37	0,62	0,05	0,01	1,00	0,24	0,02	0,62	0,02	0,28	0,52
10	0,66	0,29	0,19	0,26	0,26	0,27	0,24	0,00	0,24	1,00	0,11	0,21	0,01	0,67	0,44
11	0,14	0,01	0,00	0,16	0,05	0,01	0,18	0,65	0,02	0,11	1,00	0,01	0,54	0,11	0,04
12	0,12	0,70	0,84	0,04	0,30	0,63	0,04	0,01	0,62	0,21	0,01	1,00	0,04	0,24	0,40
13	0,01	0,02	0,01	0,04	0,03	0,03	0,04	0,86	0,02	0,01	0,54	0,04	1,00	0,00	0,03
14	0,51	0,22	0,24	0,20	0,27	0,43	0,19	0,01	0,28	0,67	0,11	0,24	0,00	1,00	0,56
15	0,29	0,41	0,37	0,14	0,28	0,67	0,12	0,01	0,52	0,44	0,04	0,40	0,03	0,56	1,00



5.3. ábra: Egy részlet a hasonlósági mátrixból – helytelenül, nagy arányban csoportosított képpár

Az 5.4. ábra olyan képpárt mutat, ahol a keresztmetszetben is érezhető különbség van, a 9. kép 2x2 sávós utat ábrázol, míg a 14. kép 2x1 sávost. Mindkét úton 110 km/h emelt sebesség van érvényben. A meghatározó keresztmetszeti különbség ellenére a résztvevők 28 %-a összekapcsolta ezen két képet, egy kategóriába tartozónak érezve a képeket.

I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1,00	0,23	0,11	0,39	0,30	0,12	0,37	0,00	0,20	0,66	0,14	0,12	0,01	0,51	0,29
2	0,23	1,00	0,76	0,08	0,31	0,55	0,05	0,01	0,66	0,29	0,01	0,70	0,02	0,22	0,41
3	0,11	0,76	1,00	0,04	0,27	0,62	0,03	0,01	0,63	0,19	0,00	0,34	0,01	0,24	0,37
4	0,39	0,08	0,04	1,00	0,15	0,01	0,86	0,03	0,06	0,26	0,16	0,04	0,04	0,20	0,14
5	0,30	0,31	0,27	0,15	1,00	0,29	0,13	0,00	0,37	0,26	0,05	0,30	0,03	0,27	0,28
6	0,12	0,55	0,62	0,01	0,29	1,00	0,00	0,00	0,62	0,27	0,01	0,63	0,03	0,43	0,67
7	0,37	0,05	0,03	0,86	0,13	0,00	1,00	0,04	0,05	0,24	0,18	0,04	0,04	0,19	0,12
8	0,00	0,01	0,01	0,03	0,00	0,00	0,04	1,00	0,01	0,00	0,65	0,01	0,86	0,01	0,01
9	0,20	0,66	0,63	0,06	0,37	0,62	0,05	0,01	1,00	0,24	0,02	0,62	0,02	0,28	0,52
10	0,66	0,29	0,19	0,26	0,26	0,27	0,24	0,00	0,24	1,00	0,11	0,21	0,01	0,67	0,44
11	0,14	0,01	0,00	0,16	0,05	0,01	0,18	0,65	0,02	0,11	1,00	0,01	0,54	0,11	0,04
12	0,12	0,70	0,84	0,04	0,30	0,63	0,04	0,01	0,62	0,21	0,01	1,00	0,04	0,24	0,40
13	0,01	0,02	0,01	0,04	0,03	0,03	0,04	0,86	0,02	0,01	0,54	0,04	1,00	0,00	0,03
14	0,51	0,22	0,24	0,20	0,27	0,43	0,19	0,01	0,28	0,67	0,11	0,24	0,00	1,00	0,56
15	0,29	0,41	0,37	0,14	0,28	0,67	0,12	0,01	0,52	0,44	0,04	0,40	0,03	0,56	1,00



5.4. ábra: Egy részlet a hasonlósági mátrixból – kis arányban csoportosított nem összetartozó képpár

#### **5.1.4. Választott csoportok klaszteranalízise**

Az adatok elemzéséhez ez esetben is az SPSS programot használtam. Itt a feladat elvégzésére a hierarchikus klaszterezés módszere tűnt a legalkalmasabbnak. Az összevonáson alapuló algoritmus először minden egyes elemet külön klaszternek tekint és összekapcsolja őket egyre nagyobb elemszámú klaszterekbe, míg a végén egyetlen, az összes elemet tartalmazó klasztert kapunk.

Az összevonáson alapuló klaszterelemzésen belül különböző csoportosítási módszereket léteznek, ebből a program az „átlagos láncmódszert”(Average linkage clustering) alkalmazta, vagyis két klaszter távolságát az összes elem páronkénti távolságának átlaga alapján határozza meg, ahol a pár egyik eleme az egyik klaszterbe, a másik eleme pedig a másik klaszterbe tartozik.

A klaszteranalízis bemenő adata a hasonlósági mátrix (lásd az 5. számú mellékletben). A mátrix egyes sorait kiemelve észlelhetjük, hogy azon képekhez, amelyek összetartoznak, hasonló mátrix oszlopok (ill. sorok) tartoznak, hiszen közel ugyanolyan arányban helyezték őket egy csoportba a többi képpel. A dendrogram készítésénél azon képek kerültek a klaszterezéssel egy csoportba, amelyekhez jellemzően hasonló mátrix-sorok társulnak (5.5. ábra). Zöld színskála szerinti feltételes formázással érzékeltetem az egy csoportba helyezés mértékét, minél zöldebb az adott cella, vagyis az értéke minél közelebb van 1,00-hez, annál többen helyezték egy csoportba. Minél inkább hasonló két képhez tartozó sor, annál korábbi lépésben kapcsolódik majd össze a klaszterezésnél, ahogy azt a dendrogramon is látni fogjuk. Az ábra bal oldali részén a 8-13-20-28-30-41-45 képcsoporthoz tartozó oszlopok kiemelésével a sorok színerősségéből érezhető, hogy mely képeket helyezték leggyakrabban és melyeket legritkábban közös csoportba. Az ábra jobb oldala a 2-3-12-27-42 képcsoporthoz tartozóan mutatja az egy csoportba helyezés mértékét.

1	8	13	20	28	30	41	45
1	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,03	0,01
2	0,01	0,02	0,00	0,04	0,01	0,01	0,00
3	0,01	0,01	0,00	0,04	0,01	0,01	0,00
4	0,03	0,04	0,04	0,03	0,06	0,04	0,13
5	0,00	0,03	0,02	0,01	0,04	0,03	0,02
6	0,00	0,03	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00
7	0,04	0,04	0,06	0,04	0,06	0,04	0,14
8	1,00	0,86	0,91	0,82	0,79	0,91	0,73
9	0,01	0,02	0,00	0,03	0,03	0,01	0,01
10	0,00	0,01	0,00	0,03	0,01	0,02	0,01
11	0,65	0,54	0,58	0,71	0,58	0,58	0,68
12	0,01	0,04	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02
13	0,86	1,00	0,94	0,71	0,88	0,87	0,70
14	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
15	0,01	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03
16	0,00	0,03	0,01	0,01	0,04	0,02	0,01
17	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
18	0,02	0,02	0,01	0,03	0,04	0,01	0,04
19	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,00
20	0,91	0,94	1,00	0,75	0,86	0,90	0,72
21	0,02	0,03	0,00	0,04	0,02	0,01	0,01
22	0,01	0,02	0,00	0,04	0,01	0,00	0,00
23	0,01	0,04	0,02	0,01	0,04	0,03	0,02
24	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02
25	0,49	0,48	0,49	0,58	0,53	0,44	0,54
26	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
27	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01
28	0,82	0,71	0,75	1,00	0,70	0,78	0,78
29	0,02	0,05	0,04	0,01	0,04	0,06	0,04
30	0,79	0,88	0,86	0,70	1,00	0,81	0,66
31	0,01	0,03	0,01	0,01	0,00	0,01	0,03
32	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01
33	0,00	0,04	0,01	0,00	0,04	0,03	0,02
34	0,00	0,04	0,01	0,00	0,04	0,03	0,02
35	0,00	0,04	0,01	0,01	0,04	0,03	0,02
36	0,03	0,02	0,02	0,03	0,05	0,04	0,10
37	0,69	0,59	0,59	0,75	0,57	0,60	0,74
38	0,01	0,04	0,03	0,04	0,04	0,06	0,04
39	0,04	0,04	0,04	0,06	0,04	0,01	0,12
40	0,13	0,10	0,10	0,13	0,12	0,11	0,21
41	0,91	0,87	0,90	0,78	0,81	1,00	0,68
42	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01
43	0,00	0,03	0,01	0,01	0,03	0,02	0,01
44	0,03	0,04	0,03	0,05	0,03	0,05	0,04
45	0,73	0,70	0,72	0,78	0,66	0,68	1,00
1	2	3	12	27	42		
1	0,23	0,11	0,12	0,16	0,14		
2	1,00	0,76	0,70	0,70	0,66		
3	0,76	1,00	0,84	0,82	0,76		
4	0,08	0,04	0,04	0,02	0,02		
5	0,31	0,27	0,30	0,26	0,35		
6	0,55	0,62	0,63	0,64	0,65		
7	0,05	0,03	0,04	0,01	0,01		
8	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		
9	0,66	0,63	0,62	0,67	0,74		
10	0,29	0,19	0,21	0,18	0,20		
11	0,01	0,00	0,01	0,04	0,02		
12	0,70	0,84	1,00	0,81	0,76		
13	0,02	0,01	0,04	0,01	0,02		
14	0,22	0,24	0,24	0,28	0,25		
15	0,41	0,37	0,40	0,44	0,42		
16	0,25	0,25	0,26	0,25	0,23		
17	0,20	0,17	0,12	0,19	0,15		
18	0,15	0,10	0,10	0,09	0,09		
19	0,24	0,28	0,32	0,34	0,27		
20	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01		
21	0,50	0,56	0,55	0,54	0,65		
22	0,61	0,66	0,64	0,67	0,66		
23	0,16	0,12	0,18	0,15	0,12		
24	0,15	0,13	0,11	0,19	0,14		
25	0,05	0,01	0,04	0,00	0,01		
26	0,22	0,28	0,33	0,28	0,30		
27	0,70	0,82	0,81	1,00	0,79		
28	0,04	0,04	0,03	0,00	0,02		
29	0,24	0,26	0,32	0,30	0,31		
30	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01		
31	0,63	0,67	0,67	0,75	0,74		
32	0,43	0,46	0,44	0,47	0,42		
33	0,51	0,49	0,55	0,50	0,59		
34	0,57	0,60	0,62	0,63	0,71		
35	0,60	0,67	0,67	0,68	0,80		
36	0,08	0,02	0,03	0,06	0,06		
37	0,07	0,04	0,01	0,01	0,01		
38	0,18	0,10	0,11	0,08	0,10		
39	0,09	0,04	0,02	0,03	0,01		
40	0,07	0,05	0,05	0,04	0,05		
41	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00		
42	0,66	0,76	0,76	0,79	1,00		
43	0,64	0,72	0,70	0,78	0,76		
44	0,23	0,21	0,22	0,22	0,21		
45	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01		

5.5. ábra: Két részlet a hasonlósági mátrixból – hasonlóság a mátrix-oszlopok között

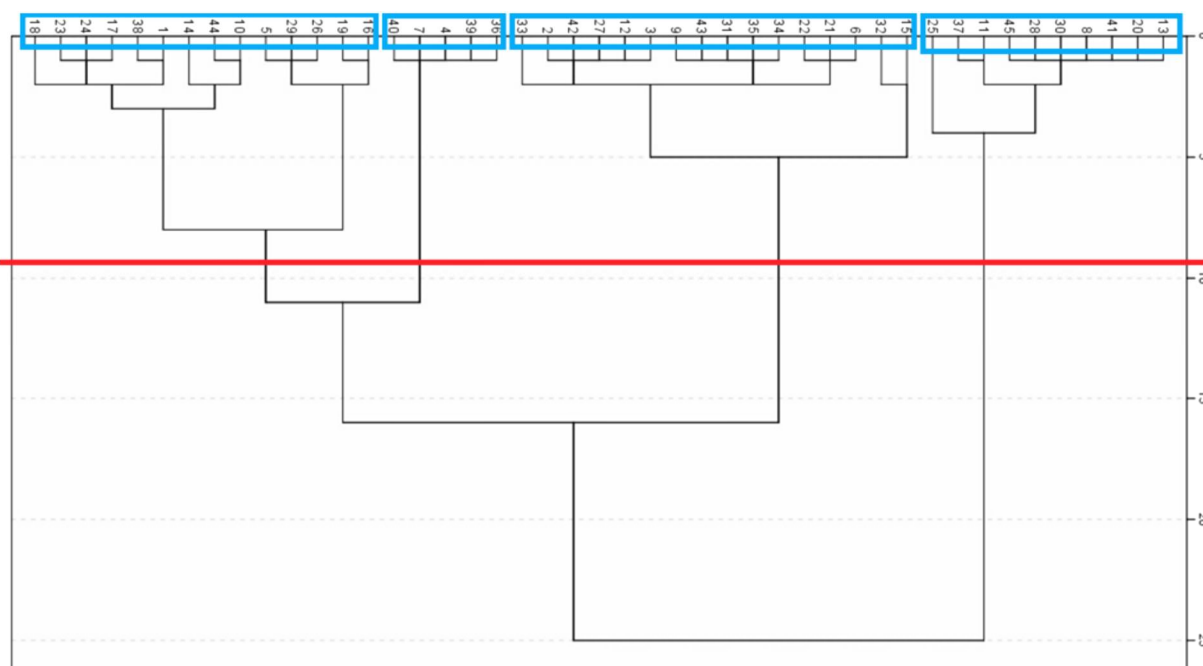


### 5.1.5. Klaszteranalízis eredménye

A klaszteranalízis eredményét fastruktúra (dendrogram) formájában is szokták ábrázolni, ahol az egyik végén az egyes elemek találhatóak, a másik végén pedig egyetlen klaszter, ami az összes elemet tartalmazza. Ha elvágjuk a fát egy bizonyos magasságban, akkor azon az adott ponton megpróbálhatjuk értelmezni a klaszterezés eredményét.

Elkészült tehát a hasonlósági mátrixhoz tartozó dendrogram. Az 5.6. és 5.7. ábrákon ezen dendrogramot látjuk 4, illetve 5 csoportnál elvágva, mivel a legtöbb válaszadó ezt a két csoportszámot választotta (részletesebben lásd a 6. számú mellékletben).

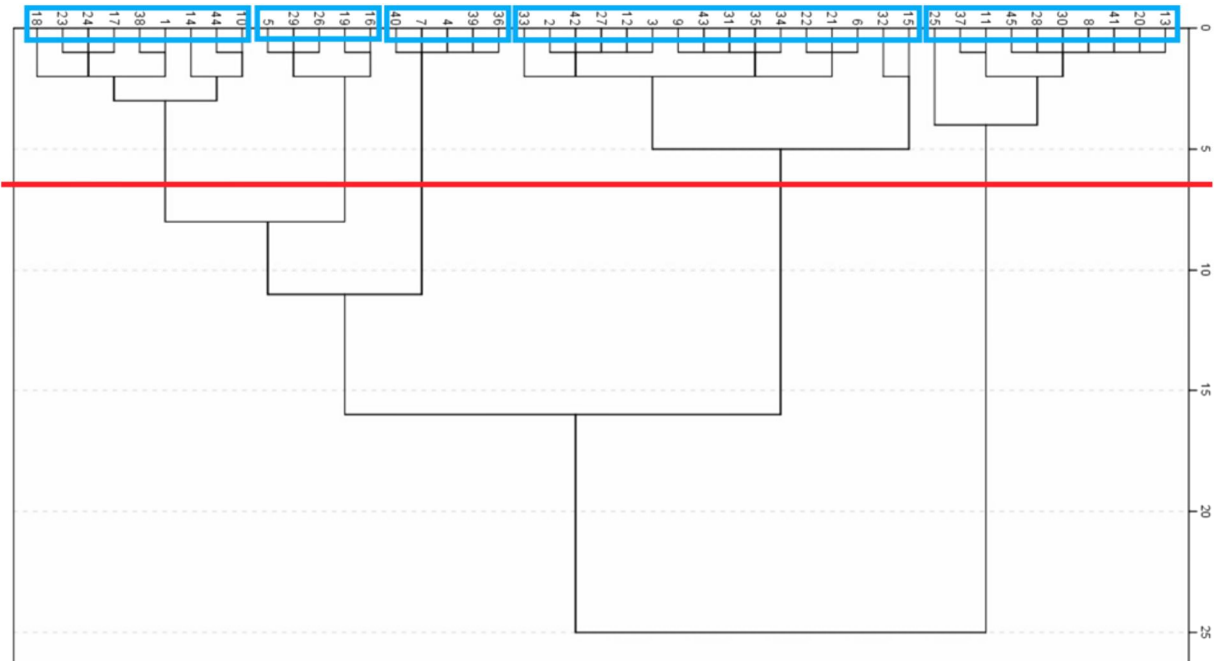
A dendrogram vízszintes tengelyében a képek sorszámát láthatjuk 1-től 45-ig. A függőleges tengelyen az arányosított klasztertávolságok láthatóak 1-től 25-ös skálán, így a valódi klaszterközéppont távolságok nem láthatóak. A vízszintes vonalak az összetartozó klasztereket mutatják. A vonalak függőleges elhelyezkedéséből lehet következtetni azon távolságok arányára, ahol az adott klaszterek összevonásra kerültek.



5.6. ábra: Dendrogram 4 csoporttal

Az 5.7. ábrán balról jobbra haladva az első klaszterbe kerültek a 2x1 sávos emelt sebességű utak és a szintén 2x1 sávos autótűt. A 2x2 sávos emelt sebességű utak az irányok közötti fizikai elválasztás nélkül alkotják a második csoportot. Valamennyi hagyományos 2x1 sávos külterületi főút a harmadik csoportba került. A negyedik klaszter olyan utakat tartalmaz, amelyeknél az irányok között fizikai elválasztás van: autópályát és 2x2 sávos emelt sebességű főutakat. Az ötödik klaszter a belterületi utakat és az átmeneti zóna útjait tartalmazza.

A négy klaszteres (5.6. ábra) változat ettől annyiban tér el, hogy az első két klaszter tartalmazza valamennyi emelt sebességű fizikai elválasztás nélküli utat és az autóutat.

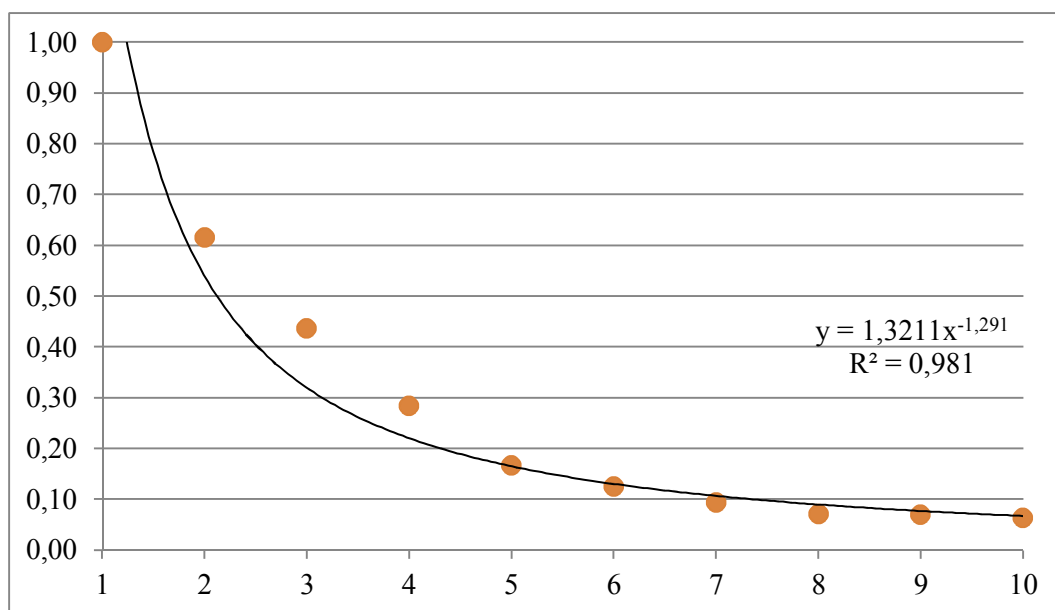


5.7. ábra: Dendrogram 5 csoporttal

5.1. táblázat: A klaszterezés lépéseinél a az elemek átlagos négyzetes távolsága a saját klaszterközepontjuktól

Lépés	3-7 csoport	Lépés	3-7 csoport
1	0,024	23	0,272
2	0,047	24	0,274
3	0,047	25	0,303
4	0,055	26	0,309
5	0,058	27	0,328
6	0,067	28	0,334
7	0,082	29	0,461
8	0,089	30	0,463
9	0,094	31	0,476
10	0,101	32	0,477
11	0,103	33	0,633
12	0,111	34	0,647
13	0,115	35	0,680
14	0,116	36	0,746
15	0,126	37	0,757
16	0,170	38	1,007
17	0,178	39	1,341
18	0,199	40	1,782
19	0,200	41	3,036
20	0,246	42	4,679
21	0,267	43	6,596
22	0,271	44	10,714

Az összevonáson alapuló klaszterezés elején tehát minden egyes kép külön klaszterbe tartozik és ezek lépésenként kapcsolódnak össze egyre nagyobb elemszámú klaszterekbe. Az utolsó lépéssel egyetlen, az összes képet tartalmazó klasztert kapunk (5.1. táblázat). Grafikonon az utolsó 10 lépéshez tartozó klaszterávolságok változását ábrázoltam, ami tulajdonképpen nem más, mint a 10 klaszteres verzióig látható csoportosítás (5.8. ábra). Az 5. lépéstől már 20% alatti a változás, 7 klaszter felett pedig 10% alatt van.



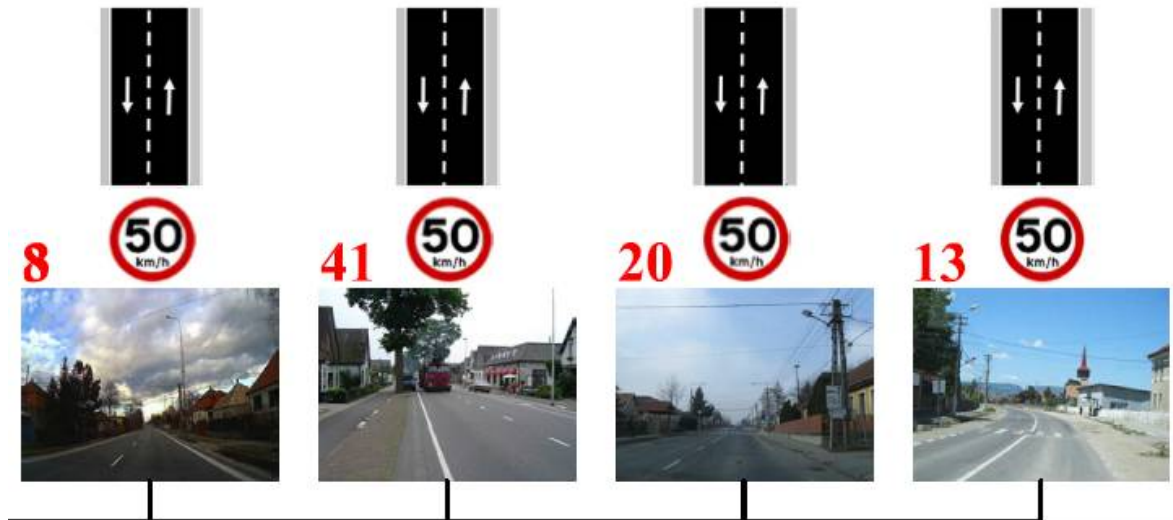
5.8. ábra: Klaszterávolságok változása 10 klaszterig

A dendrogramból néhány részletet kiemelve fogom a továbbiakban elemezni az eredményeket. Minél több résztvevő sorolta egyazon csoportba az adott képpárt, annál korábbi lépésben kerültek ezek egy csoportba az összesítésben, ebből adódóan minél távolabb van két kép egymástól, annál kevesebben sorolták egyazon csoportba, így későbbi lépésben kerül csak egyazon csoportba a két kép.

#### 5.1.6. A klaszteranalízis részleteinek elemzése

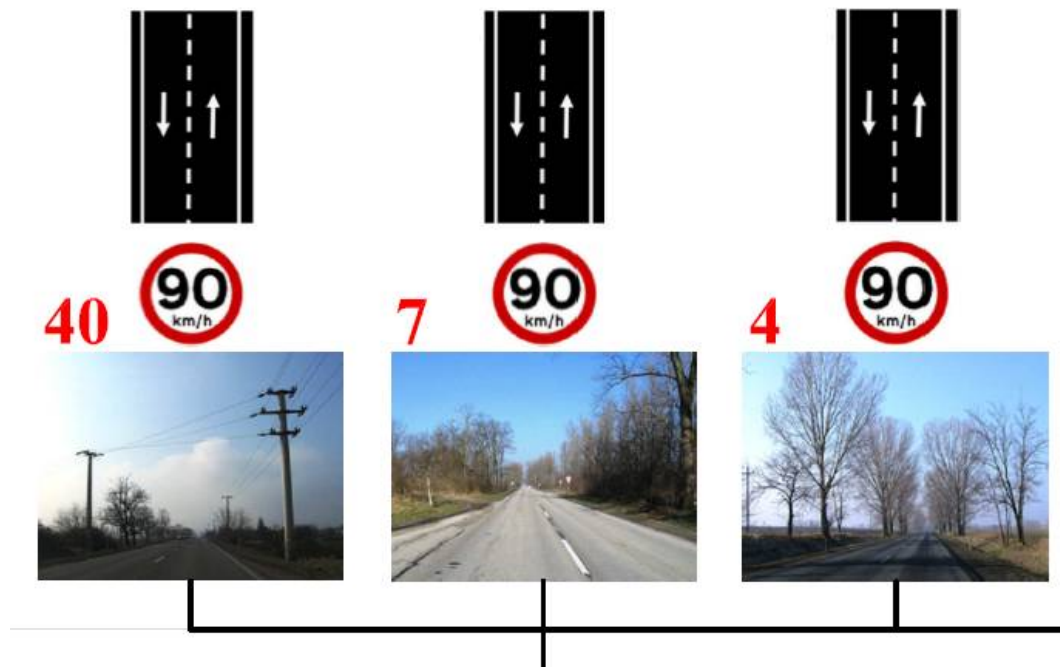
Az 5.9. ábrán látható 8–41–20–13 képsorozatról elmondható, hogy valamennyi kép az belterületi utak közé tartozik. A dendrogramból kiderül, hogy nem csupán útosztályozási rendszerünk mutatja, hanem a válaszadók is így gondolták, hiszen ezek a képek rögtön első lépésben egy csoportba kerültek, vagyis a legtöbb válaszadó egy csoportba sorolta őket.

Ugyanez az eredmény elmondható, ha a külterületi főutak csoportját figyeljük meg. Az 5.10. ábra a 40–7–4 képhármast mutatja, amelyek szintén első lépésnél sikeresen összekapcsolódtak, csakúgy, mint az autópályán készült 27–12–3 képhármas esetében, amely az 5.11. ábrán látható.

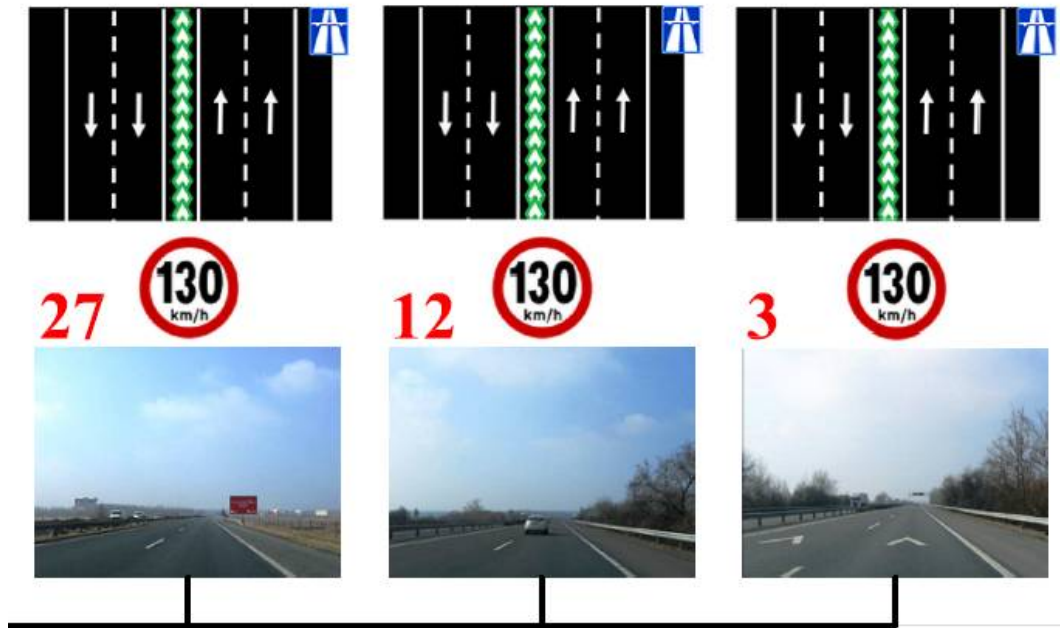


5.9. ábra: Egy részlet a dendrogramból – belterületi utak helyesen összekapcsolva első lépésben

Az 5.12. ábrán látható 2–42–27 képcsoport szintén első lépésben került össze, ami azt jelenti, hogy a felmérés résztvevői szerint elég egyértelműen összetartoznak. Láthatóan ez hibás csoportosítás úthálózatunkat nézve, hiszen a 2 és 27 képpár valóban autópályán készült, viszont a 42-es kép egy 2x2 sávós osztott pályás emelt sebességű főút keresztmetszetét ábrázolja, ahol 100 km/h a megengedett legnagyobb sebesség. Így érezhetően, 30 km/h-s sebességkülönbségnek kellene lennie a két úttípus között.



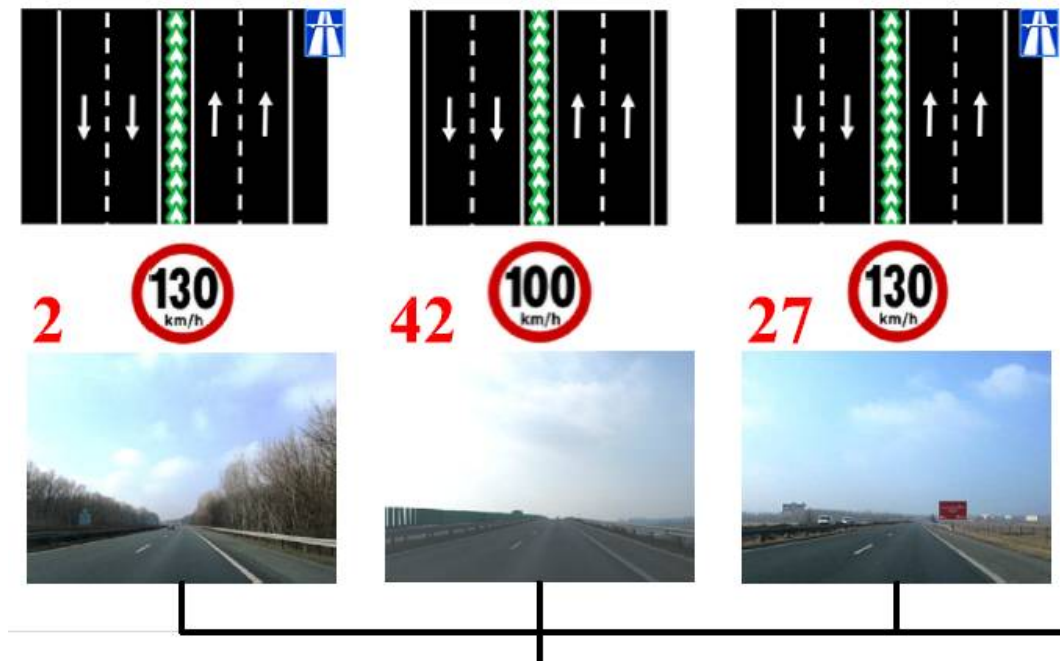
5.10. ábra: Egy részlet a dendrogramból - külterületi főutak helyesen összekapcsolva első lépésben



5.11. ábra: Egy részlet a dendrogramból – autópályák helyesen összekapcsolva

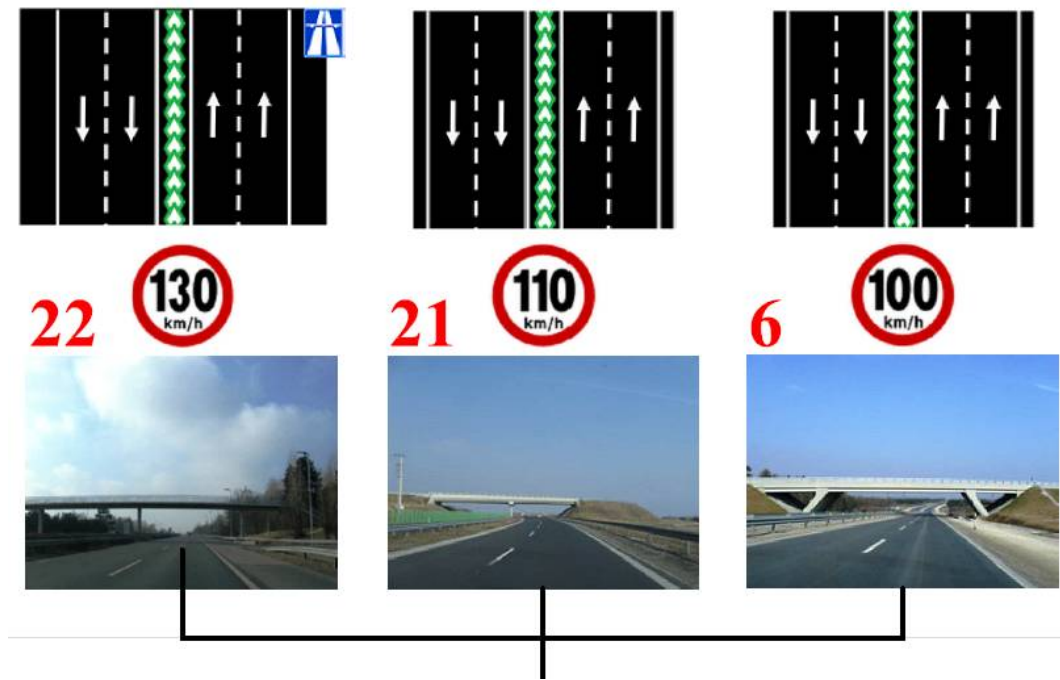
A hasonlósági mátrix számeredményeiből (lásd az 5. számú mellékletben) kiderül, hogy a 2–27 képeknél az egy csoportba helyezés aránya 0,70; a 2–42 képeknél 0,66; míg a 27–42 képpárnál ez az arány 0,79 volt. Mindezek alapján arra a következtetésre jutottam, hogy a válaszadók kb. kétharmada – háromnegyede nem tudja megkülönböztetni az emelt sebességű utat az autópályától (5.12. ábra).

Az 5.13. ábrán látható 22–21–6 képhármas alapján látható, hogy milyen nagymértékben befolyásolják egyes útelemek a csoportosítást. A három kép három különböző típust ábrázol, viszont valamennyi képen különszintű keresztezés látható, ezek a képek első lépésben összekapcsolódtak és csak második lépésben kerültek be a többi osztott pályás út közé. A 22–21 képeknél az egy csoportba helyezés aránya 0,74; a 22–6 képeknél 0,76; míg a 21–6 képpárnál ez az arány 0,81 volt. A csak második lépésnél ezekkel összekapcsolt 2-es képnél ezen arány a várakozásoknak megfelelően már valamivel kisebb lett, 0,56 és 0,61 közötti érték.

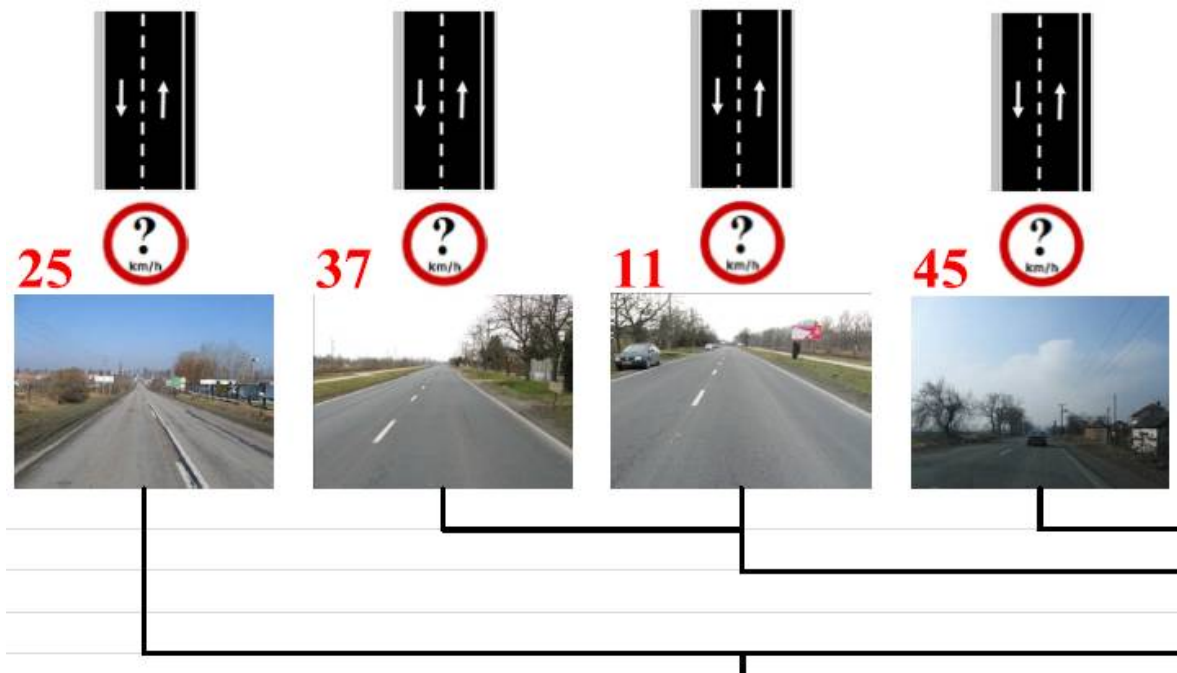


5.12. ábra: Egy részlet a dendrogramból – különböző úttípusok helytelenül összekapcsolva első lépésben

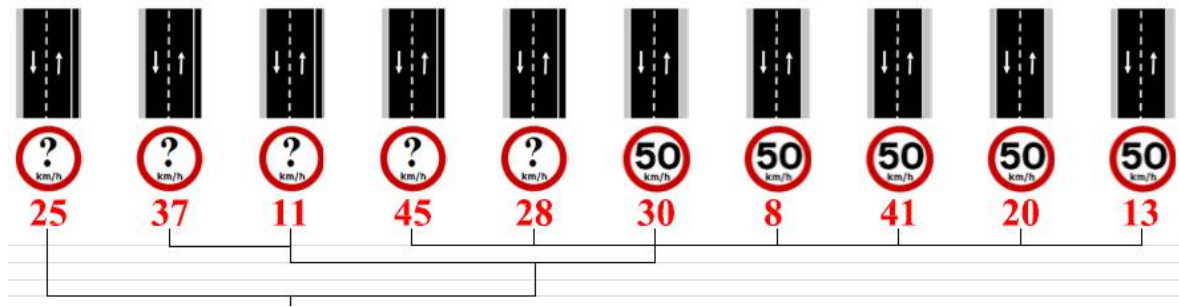
Az átmeneti zóna útjaihoz tartozó dendrogram-részeket böngészve láthatóan szintén nehéz helyzetbe kerültek a válaszadók, az 5.14. ábrán látható 25–37–11–45 képnégyest még egymással sem tudták első lépésben összecsoportosítani. A 45-ös kép első lépésben bekerült a belterületi utak közé. A 37–11 képpár első lépésben összekapcsolódik és második lépésben kerül a belterületi utak közé. A 25-ös kép pedig csak a negyedik lépés magasságában kerül be a többi, itt már belterületi és átmeneti zóna útjainak keverék csoportjába (5.15. ábra).



5.13. ábra: Egy részlet a dendrogramból – különböző úttípusok helytelenül összekapcsolva első lépésben a hasonlóútelemeknek köszönhetően



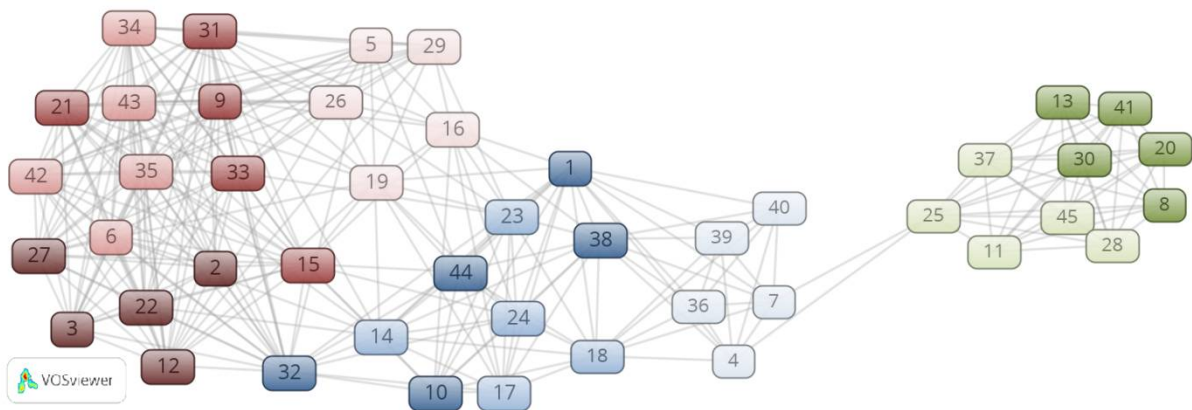
5.14. ábra: Egy részlet a dendrogramból – összetartozó utak, amelyek csak későbbi lépésekorán kapcsolódtak össze



5.15. ábra: Egy részlet a dendrogramból – utak, amelyek későbbi lépések során kapcsolódtak össze

### 5.1.7. A képcsoportosítási feladat eredményének másfajta grafikus ábrázolása

A képcsoportosítási vizsgálat eredményét a klasszikus dendrogramos ábrázoláson kívül egy másfajta ábrázolási móddal is megjelenítettem. A képek csoportosításából adódó hálózatot egy ingyenesen elérhető VOSviewer nevű program segítségével ábrázoltam (5.16. ábra). Minden egyes kép egy csomópontot képez, az élek pedig a köztük lévő kapcsolatot ábrázolják. A képek egymáshoz való közelsége az egy csoportba sorolásuk gyakoriságának függvénye. Az egyes képeket a számuk jelöli, a színük pedig a valós úttípust jelöli, amely jelölést a későbbiekben az 5.2. fejezetben is alkalmaztam (5.2. táblázat). Jól látható az autópálya és az osztott pályás főutak, ill. a belterületi és az átmeneti zónák útjainak keveredése, míg a többi úttípus jól elkülönül egymástól.



5.16. ábra: A képcsoportosítási feladat eredményeinek grafikus ábrázolása

Az ábra nagyobb és olvashatóbb verzióját a 7. számú melléklet, a felhasznált képekkel megjelenített verziót pedig a 8. számú melléklet tartalmazza.

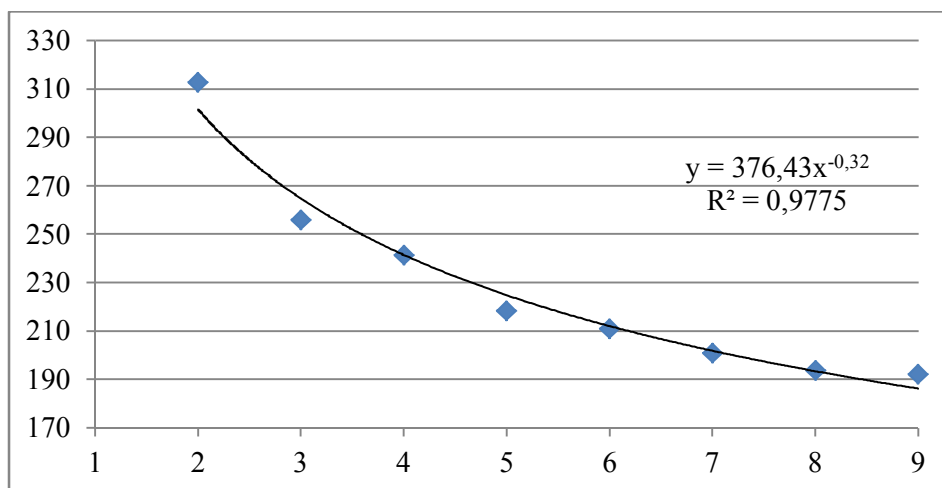


## 5.2. Választott sebességek klaszteranalízise

A választott sebességek klaszteranalízisével azt határoztam meg, hogy az egyes képek hogyan csoportosulnak a választott sebességek alapján, és ez a csoportosítás mennyire felel meg az útkategóriáknak. A sebességadatok feldolgozása során a klaszteranalízis módszerét használtam. A számítások elvégzéséhez itt is az SPSS Statistics 20. programot használtam.

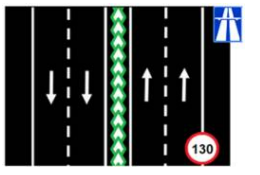
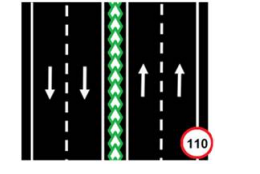
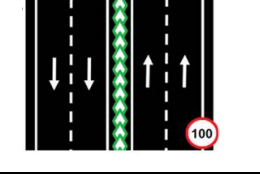
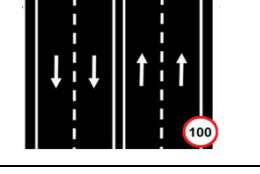
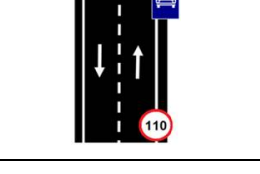
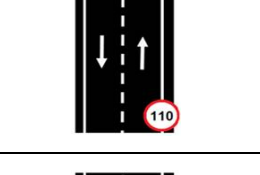
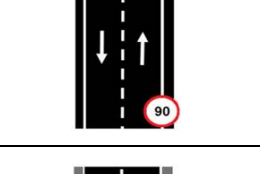
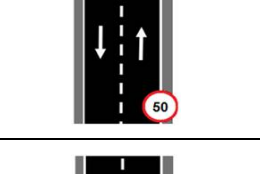
A klaszteranalízishez bemenő adatként a 3. fejezetben bemutatott online kérdőíves felmérést használtam. Az elemzésben tehát 9 úttípushoz tartozó 45 útkeresztmetszetben készült kép szerepelt. Egy kép egy elemnek felelt meg. Az egyes elemekhez tartozó változók pedig a kérdőíves felmérésben résztvevők által megadott sebességértékek voltak. Így a program azon képeket helyezte egy klaszterbe, amelyekre hasonló sebességválasztás volt jellemző.

A klaszterek számát 2-től növeltem felfelé egészen 9-ig. A klaszterközéppontok távolságát ábrázolja az 5.17. ábra. A felmérésben használt képek sorszámait típus szerint rendezve, színekkel jelölve tartalmazza az 5.2. táblázat.

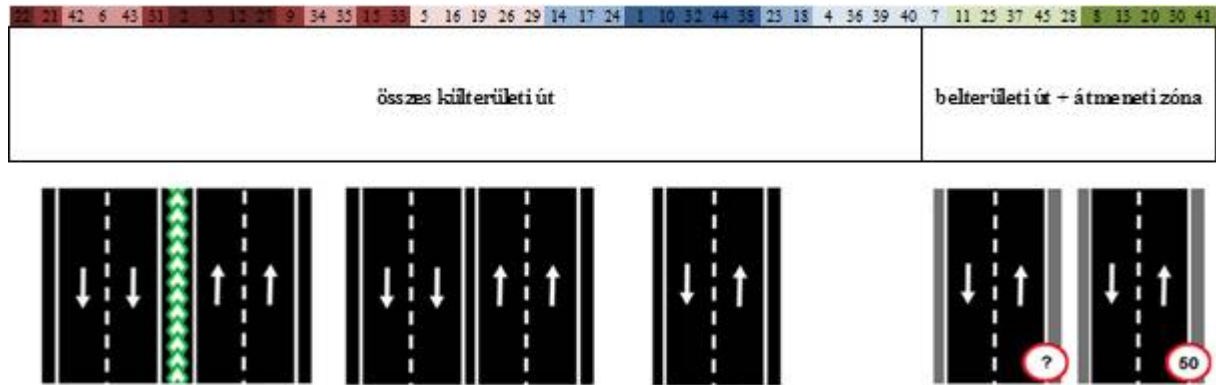


5.17. ábra: Klaszterközéppontok távolsága 2-től 9 klaszterig

5.2. táblázat: A felmérésben használt képek típus szerint rendezve, színekkel jelölve

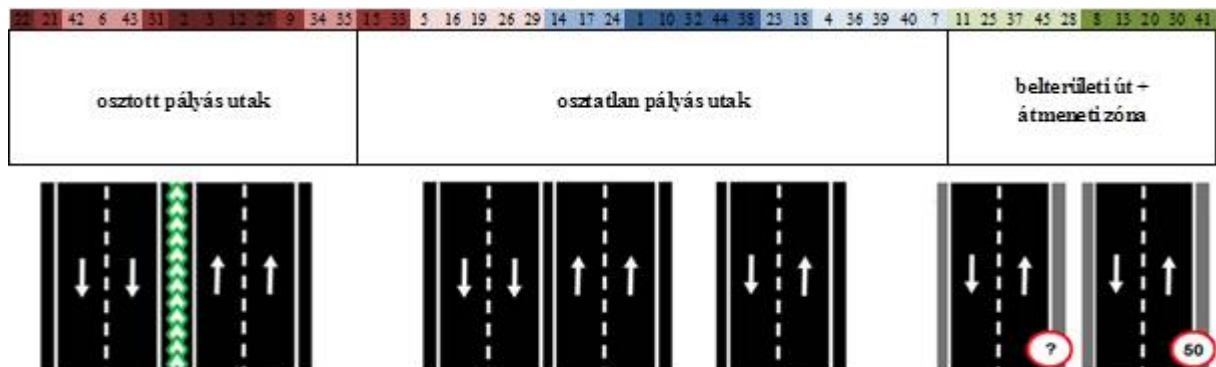
1.		autópálya	2x2 sáv fizikai elválasztással	2 3 12 22 27
2.		emelt sebességű főút	2x2 sáv fizikai elválasztással	9 15 21 31 33
3.		emelt sebességű főút	2x2 sáv fizikai elválasztással	6 34 35 42 43
4.		emelt sebességű főút	2x2 sáv fizikai elválasztás nélkül	5 16 19 26 29
5.		autóút	2x1 sáv fizikai elválasztás nélkül	1 10 32 38 44
6.		emelt sebességű főút	2x1 sáv fizikai elválasztás nélkül	14 17 18 23 24
7.		külterület főút	2x1 sáv fizikai elválasztás nélkül	4 7 36 39 40
8.		belterületi út	2x1 sáv fizikai elválasztás nélkül	8 13 20 30 41
9.		bizonytalan	2x1 sáv fizikai elválasztás nélkül	11 25 28 37 45

Két klaszter kialakításakor (5.18. ábra) megfigyelhető, hogy a külterületi út és a belterület + átmeneti zóna útja jól különválnak. A meghatározó útkörnyezeti elem az épületek jelenléte.



5.18. ábra: Utak csoportosítása két klaszterbe

Három klaszter készítésénél az 5.19. ábrán látható, hogy a belterületi út és az átmeneti zóna még mindig együtt maradt, viszont az osztott pálya és az osztatlan pálya a sebességválasztás szempontjából ezen a ponton különvált. Az elem, amely ezt befolyásolta, a középső elválasztás volt.

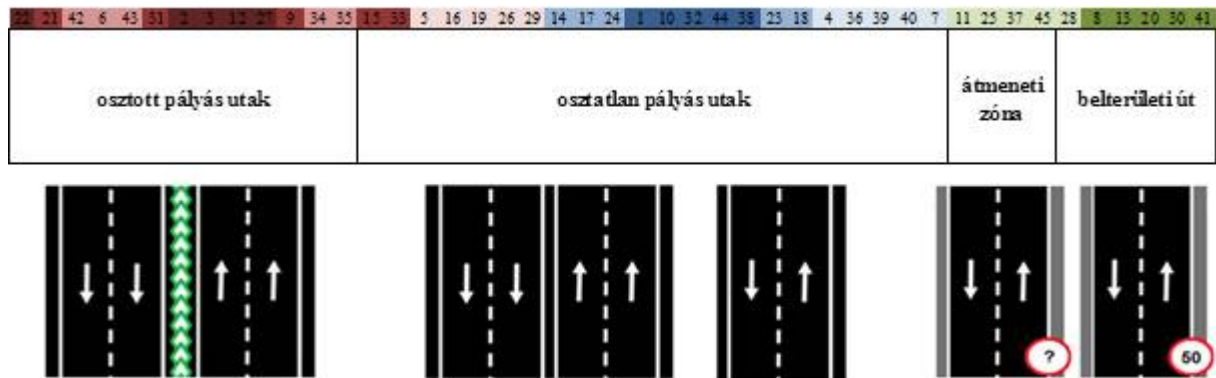


5.19. ábra: Utak csoportosítása három klaszterbe

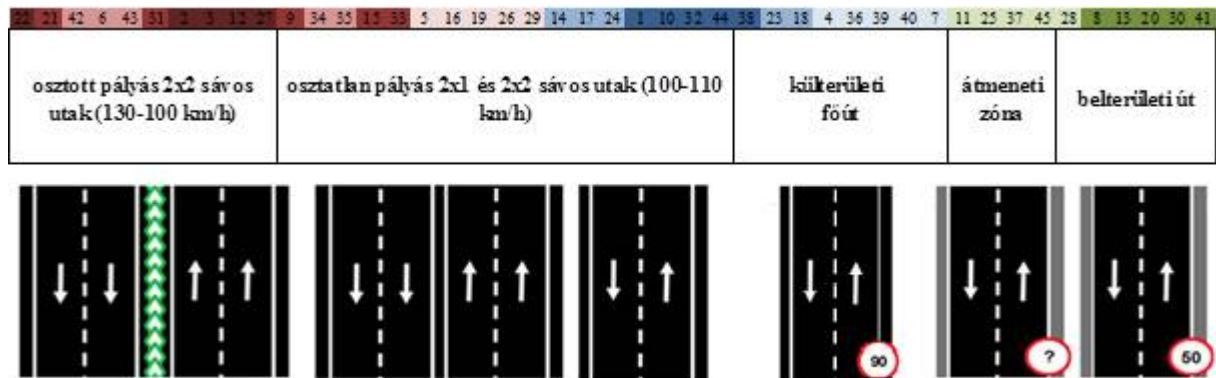
Négy klaszterre osztásnál már külön klaszterbe került a belterületi út és az átmeneti zóna, itt a fő tényező az, hogy a beépítettség sűrű vagy ritka. A többi út a korábbiakhoz hasonlóan a fizikai elválasztás jelenléte alapján csoportosult osztott és osztatlan pályás utakra (5.20. ábra).

Amikor a klaszterszámot 5-re választottam, külön klaszterbe került a külterületi 2x1 sávós főút keveredve a 2x1 sávós emelt sebességű főúttal. A belterület és az átmeneti zóna

változatlanul külön-külön csoportot alkotott. Itt már kis mértékben keveredett a 2x2 és 2x1 sáv, az osztott és az osztatlan pálya (5.21. ábra).



5.20. ábra: Utak csoportosítása négy klaszterbe

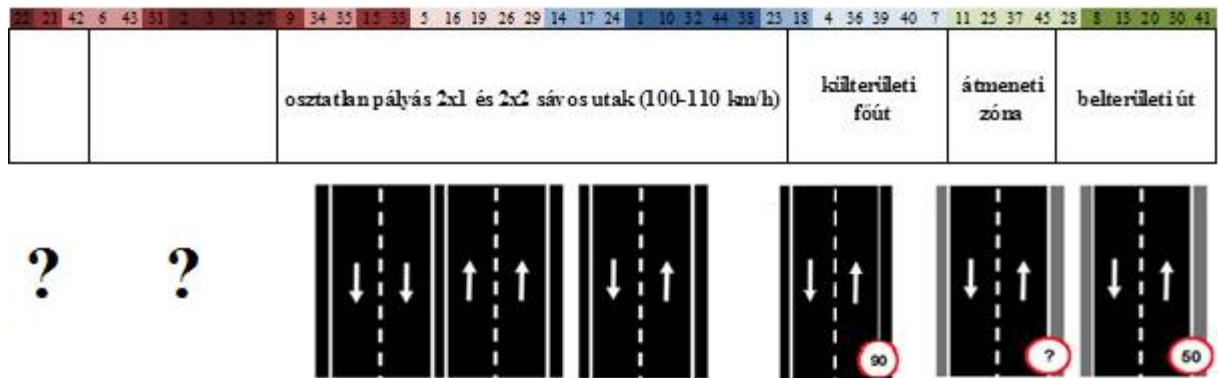


5.21. ábra: Utak csoportosítása öt klaszterbe

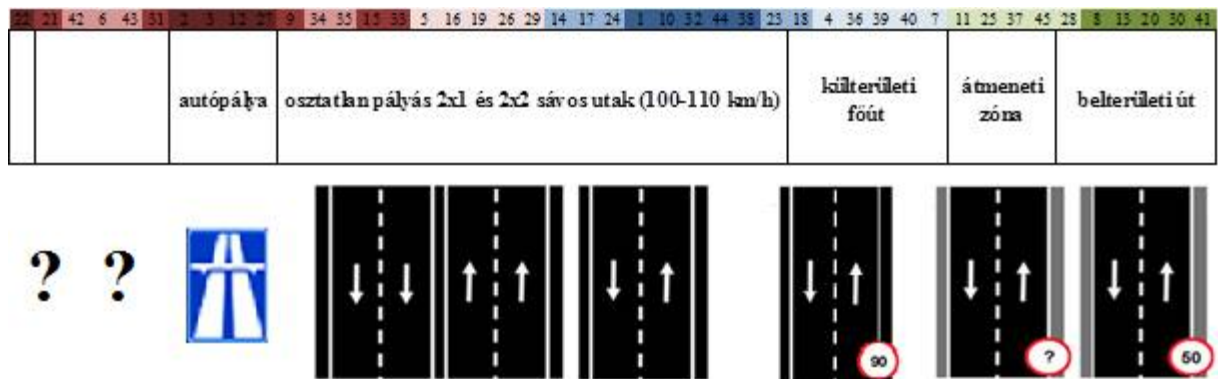
6 klaszter készítésénél sem válik szét élesen az osztott és az osztatlan pálya, valamint a 2x1 és a 2x2 forgalmi sáv. Még mindig 3 db 2x2 sáv os osztott pályás emelt sebességű főút 110 km/h megengedett sebességgel és 2 db 2x2 sáv os osztott pályás emelt sebességű főút 100 km/h megengedett sebességgel keveredett az osztatlan pályás utak közé. A külterületi 2x1 sáv os főút itt viszont jobban elkülönült, mint az 5 klaszteres verzióban. A belterület és az átmeneti zóna változatlanul külön-külön csoportban van. A két bal oldali klasztert a szélén már nem igazán lehet megfelelő csoportnévvel ellátni (5.22. ábra).

A 7 klaszteres változatban az autópálya elég jól különvált, a külterületi főút is jól elkülönült, tehát ezek jól azonosíthatóak a sebességválasztás alapján, a belterületi út és az átmeneti zóna is jól elkülönült, viszont továbbra is keveredett a 2x2 és 2x1 sáv, az osztott és az osztatlan pálya. A két bal oldali klasztert a szélén itt sem igazán lehet megfelelő csoportnévvel ellátni, ezekből az egyik egy elemű klaszter (5.23. ábra). Az ennél több

klaszteres verzió esetében már egyre több a keveredés, egyre több klaszter nem nevezhető meg egyértelműen.



5.22. ábra: Utak csoportosítása hat klaszterbe



5.23. ábra: Utak csoportosítása hét klaszterbe

### 5.3. Következtetések

Vizsgálataim eredményei megerősítették a korábbi megállapításaimat, miszerint egyes úttípusokat jól tudnak azonosítani a járművezetők, míg más úttípusok esetén bizonytalanok, ezek a nem önmagukat magyarázó utak. Mivel a bizonytalanság mindig veszélyforrás, az ilyen utak tervezését kerülni kell.

Mind a sebességek alapján, mind a képcsoportosításos vizsgálatnál kapott eredmények összhangban vannak a műszaki paraméterek elemzésével kapott korábbi vizsgálatok eredményeivel [Hlédik et al., 2012] [Török, 2013].

Mind a sebességek alapján végzett klaszterelemzésnél, mind a képcsoportosításos vizsgálatnál arra az eredményre jutottam, hogy az emberek legfeljebb 4–6 útosztályt képesek egymástól megkülönböztetni. Ezek a számok jó egyezésben vannak az új holland, ill. német

előírások útosztályozásával, a hazai előírások korszerűsítése során is ebben az irányban kell haladni.

A kétféle vizsgálat eredményeit összegezve megállapítottam, hogy esetenként az alábbi útosztályok keverednek egymással:

- autópálya – 2x2 sávós osztott pályás emelt sebességű főút (100 v. 110 km/h)
- autóút – 2x1 sávós emelt sebességű főút (110 km/h)
- 2x2 sávós emelt sebességű főút (100 v. 110 km/h) – 2x1 sávós emelt sebességű főút (110 km/h)
- belterületi út – átmeneti zóna.

## 6. Az értekezés téziseinek összefoglalása

### 1. tézis

#### *A sebességadatok elemzéséből az egyes úttípusokra megállapított eredmények*

*1.1: A választott sebességek szórásának elemzésével megállapítottam, hogy a 2x2 sávos osztott pályás emelt sebességű utak az úthasználók számára nagyobb bizonytalanságot okoznak a sebességválasztásban, mint a „hagyományos” úttípusok.*

A 6.1. táblázat szerint a hagyományos úttípusokon, amelyeket jól megszoktak már a járművezetők (autópálya, külterületi 2×1 sávos út) a sebességek relatív szórása alacsonyabb (11% körüli), míg a 2×2 sávos osztott pályás emelt sebességű főutakon a relatív szórás nagyobb (13%). Ez arra utal, hogy a válaszadók bizonytalanok ezen az úttípuson a sebességválasztásban.

Az olyan út, mely nem egyértelmű, nem önmagát magyarázó, a járművezetők felé nem küld egyértelmű jeleket arról, hogy milyen haladási sebességet kell választaniuk az adott útszakaszon. Ez a bizonytalanság a sebességek szórásában tükröződik vissza, ami önmagában egy rizikófaktor.

6.1. táblázat: A hét külterületi úttípus összesített eredményei

Kategória	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Megnevezés	autópálya	emelt sebességű főút osztott pálya	emelt sebességű főút osztott pálya	emelt sebességű főút osztatlan pálya	autóút	emelt sebességű főút osztatlan pálya	külterületi főút
Sávok száma	2x2	2x2	2x2	2x2	2x1	2x1	2x1
Megengedett legnagyobb sebesség (km/h)	<b>130</b>	<b>110</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>110</b>	<b>110</b>	<b>90</b>
Átlag (km/h)	122,0	107,7	112,5	100,5	99,8	96,7	85,7
Eltérés (km/h)	-8,0	-2,3	<b>+12,5</b>	<b>+0,5</b>	<b>-10,2</b>	<b>-13,3</b>	-4,3
Szórás (km/h)	14,1	<b>13,8</b>	<b>14,6</b>	11,4	11,5	10,9	9,8
Relatív szórás (%)	12%	<b>13%</b>	<b>13%</b>	11%	11%	11%	11%
Számított $v_{85}$ (km/h)	136,7	<b>122,1</b>	<b>127,6</b>	<b>112,4</b>	<b>111,7</b>	<b>108,0</b>	95,8

**1.2: A választott sebességek statisztikai elemzésével megállapítottam, hogy a 2x2 sávos emelt sebességű utakon a gépjárművezetők sokkal nagyobb arányban és mértékben lépnék túl a megengedett sebességet, mint a „hagyományos” úttípusokon (autópálya, autóút, külterületi főút).**

A 6.1. táblázat a felmérés kategóriánkénti eredményeit tartalmazza (a kategóriákat lásd a 3. ábrán a 69. oldalon). Aggodalomra ad okot az a tény, hogy a 2x2 sávos emelt sebességű főutakon akár van fizikai elválasztás, akár nincs (2., 3. és 4. kategória), a  $v_{85}$  értéke több mint 10, esetenként több mint 20 km/órával meghaladja a megengedett legnagyobb sebességet, vagyis a megkérdezettek nagy része a sebességhatár értékét túl alacsonynak érzi és annál nagyobb haladási sebességet is biztonságosnak érez.

**1.3: A választott sebességek szórásának elemzésével igazoltam, hogy a belterület és külterület határán előforduló átmeneti zónák az úthasználók számára nem egyértelműek, bizonytalanságot okoznak a járművezetők sebességválasztásában.**

A 6.2. táblázat az elemzéshez használt három kategória eredményeit tartalmazza. Az átmeneti zónákban (9. kategória) tapasztalt nagyobb szórás azt mutatja, hogy a járművezetők bizonytalanabbak annak megítélésében, hogy milyen sebességet kell az adott helyszínen választaniuk. Ez a nagyobb szórás a valóságban pedig nagyobb veszélyt is jelent a nagyobb sebességkülönbségek miatt.

6.2. táblázat: A három vizsgált úttípus összesített eredményei

Kategória	7.	8.	9.
Megnevezés	külterületi főút	belterületi út	átmeneti zóna
Sávok száma	2x1	2x1	2x1
Megengedett legnagyobb sebesség (km/h)	<b>90</b>	<b>50</b>	<b>?</b>
Átlag (km/h)	85,7	48,6	62,8
Szórás (km/h)	9,8	7,9	<b>12,8</b>
Relatív szórás (%)	11%	16%	<b>20%</b>
Számított $v_{85}$ (km/h)	95,8	56,8	76,1

A tézishoz kapcsolódó publikációk: [Iván & Koren, 2011a] [Iván & Koren, 2011b] [Iván, 2012a] [Iván, 2012b] [Iván & Koren, 2012a] [Iván & Koren, 2013a] [Koren & Iván, 2011] [Kosztolányi-Iván, 2015]



## 2. tézis

### *A sebességadatok elemzéséből az egyes úthasználói típusokra levont következtetések*

#### *2.1: Klaszteranalízissel bizonyítottam a járművezetők csoportosíthatóságát és a sebesség szempontjából homogén járművezetői típusok létezését.*

Az egyes csoportok tulajdonságait a 6.3. táblázat foglalja össze. A nemek arányát és a vezetési tapasztalatot a minta átlagához viszonyítottam.

6.3. táblázat: Klaszterjellemezők

<b>1. klaszter</b>	Minden úttípuson a leggyorsabb	átlagosan tapasztalt	átlagosnál több férfi
<b>2. klaszter</b>	Osztott pályán majdnem ugyanolyan gyors, de elválasztás nélkül jóval lassabb, mint az 1.	nagyon tapasztalt	átlagos férfi-nő arány
<b>3. klaszter</b>	Osztott pálya esetén gyorsabb, mint a 4.	átlagosan tapasztalt	átlagos férfi-nő arány
<b>4. klaszter</b>	A legtöbb helyen a leglassabb. Nem használja ki a sebességhatárt.	kevésbé tapasztalt	átlagosnál több nő

#### *2.2: Kimutattam, hogy a tapasztaltabb gépjárművezetők csak a 2×2 sávú utakon és az átmeneti zóna útjain választanak magasabb haladási sebességet, mint a kevésbé tapasztaltak. Igazoltam továbbá, hogy szignifikáns különbségek vannak a férfi és női vezetői csoportok között a sebesség útkategóriánkénti megítélésében.*

Az elemzéshez a járművezetőket nem és vezetési tapasztalat függvényében csoportokra osztottam. Tapasztalt járművezető alatt a mintában azon válaszadókat értem, akik több mint 5 év vezetési tapasztalattal rendelkeznek. A 6.4. táblázatban **félkövér** betűtípussal jelöltem meg azon *t*-próbastatisztika értékeket, amelyek 95%-os szignifikancia szint mellett szignifikáns eltéréseket adnak.

6.4. táblázat: A *t*-eloszlás a Welch-tesztből

Kategória	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Megengedett legnagyobb sebesség (km/h)	<b>130</b>	<b>110</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>110</b>	<b>110</b>	<b>90</b>	<b>50</b>	<b>?</b>
vezetési tapasztalat: <5 év- ≥5 év	<b>5,4</b>	<b>3,2</b>	<b>3,7</b>	<b>2,6</b>	0,9	-0,3	1,5	-0,2	<b>2,4</b>
férfi - nő	<b>3,9</b>	<b>2,4</b>	<b>3,0</b>	<b>4,0</b>	<b>3,0</b>	1,2	<b>4,3</b>	<b>2,3</b>	<b>3,5</b>

*A tézishoz kapcsolódó publikációk: [Iván, 2012a] [Iván, 2012b] [Iván & Koren, 2012a] [Iván & Koren, 2013a]*

### 3. tézis

#### *Képfelismerő szoftver alkalmazásának eredményei*

**3.1: Számítógépes képfelismerésen alapuló eljárást alkalmaztam a lakott területen belüli és kívüli útkialakítások felismerhetőségének, egyértelműségének minősítésére. A számítógépes szoftver által adott számszerű adatokat elemezve értelmeztem az egyértelműségi mutatót. Az eljárás segítségével azonosítottam az egyértelmű és a nem egyértelmű útkialakításokat. Meghatároztam azon zavaró tényezőket, amelyek negatív irányban befolyásolhatják az osztályozó működését.**

A 6.5. táblázat szerint, ha a tesztadatbázis a tanítóhoz hasonlóan egyértelműen megkülönböztethető bel- és külterületi képeket tartalmazott, akkor a betanított osztályozó viszonylag jól fel tudta ismerni a két kategória közötti különbséget, a képek több mint 90%-át sikerült helyesen besorolni. Ha a tesztadatbázis nem egyértelmű képeket is tartalmazott, jelentősen leromlott a felismerési arány. A felismerési folyamatot tehát nagyon megzavarta, ha a tesztadatbázis nagyon eltért a tanuló adatbázisból. Hasonlóképpen az emberhez, a szoftver is könnyebben felismeri az olyan objektumot, amelyhez hasonlót már látott korábban. Viszont ami teljesen ismeretlen, azt a meglévő sémái alapján akár tévesen is besorolhatja. Hasonlóképpen az emberhez, a szoftver is könnyebben felismeri az olyan objektumot, amelyhez hasonlót már látott korábban. Viszont ami teljesen ismeretlen, azt a meglévő sémái alapján akár tévesen is besorolhatja.

6.5. táblázat: Képfelismerő szoftver felismerési aránya

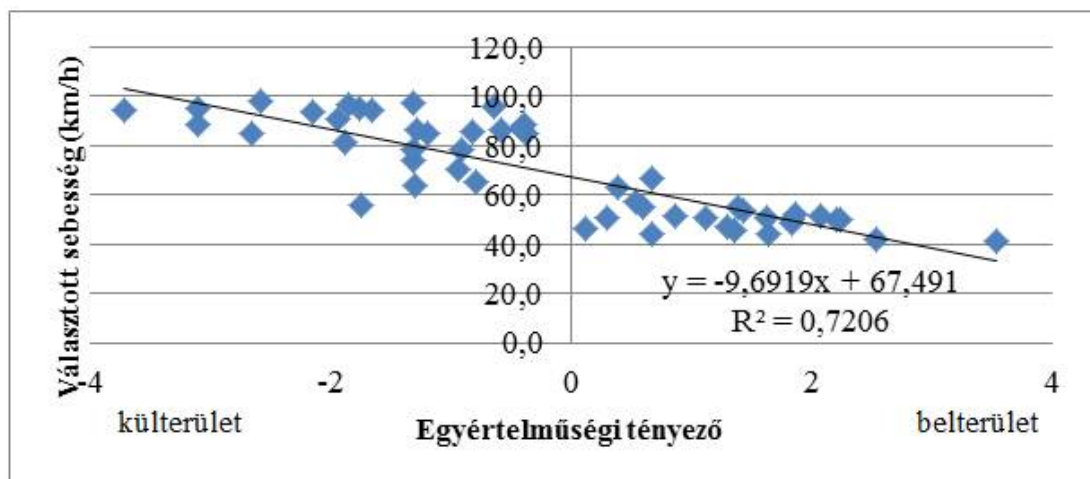
Felhasznált képsorozat		helyesen besorolt	tévesen besorolt
1.	200 db vegyes – egyértelmű	94%	6%
2.	200 db Herend – egyértelmű	91%	9%
3.	200 db Komárom – megtévesztő	65%	35%
4.	200 db Mór – megtévesztő	60%	40%

A képfelismerést zavaró tényezők az alábbiak:

- rossz fényviszonyok, esetenként túl sötét képek, ahol az út és az út menti objektumok nem különülnek el elegendő mértékben
- olyan objektumok, amelyek ismeretlenek az osztályozó számára, mint pl. egy híd, vagy New Jersey elemek a padkán (ilyeneket nem, vagy csak kis mennyiségben tartalmazott a tanító adatbázis).

**3.2: *Bebizonyítottam, hogy összefüggés van az emberi sebességválasztás és a szoftver által számított külterület—belterület egyértelműségi mutató között.***

A 6.1. ábra szerint a sebességek és a szoftver által megítélt egyértelműségi tényező kapcsolata lineáris függvénnyel írható le. Az abszolút értékben nagyobb egyértelműségi tényezőhöz kisebb szórás párosul, vagyis ahol a program biztos volt a besorolásnál, ott a válaszadók is biztosabban választottak sebességet, kisebbek voltak a válaszok közötti különbségek.



6.1. ábra: A választott sebesség és az egyértelműségi tényező összefüggése

A tézishez kapcsolódó publikációk: [Iván & Koren, 2012b] [Iván, 2013] [Iván & Koren, 2014a] [Iván & Koren, 2014b] [Kosztolányi-Iván, 2015].

#### 4. tézis

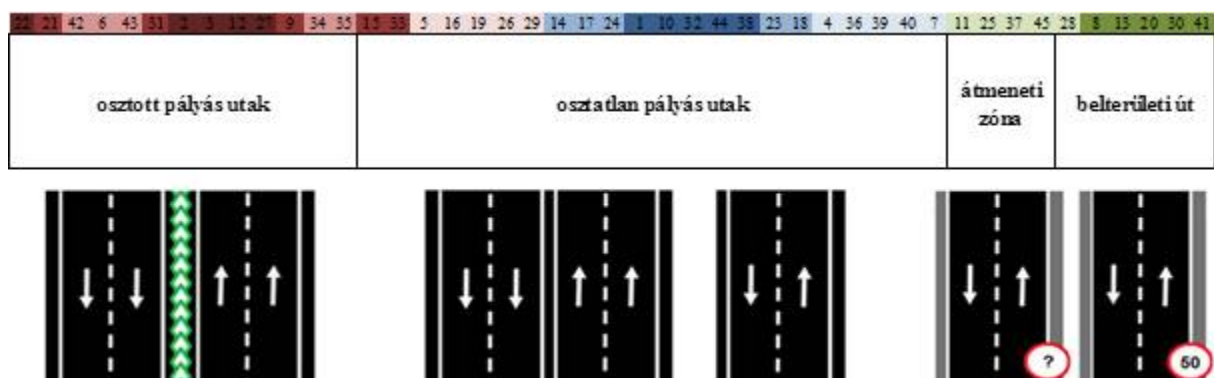
### *Úttípusok megkülönböztetésének vizsgálata klaszteranalízissel és képcsoportosításos vizsgálattal*

*Klaszteranalízissel sebességválasztás alapján és képcsoportosításos vizsgálat eredményei alapján megállapítottam, hogy a járművezetők legfeljebb 4–6 útosztályt képesek egymástól egyértelműen megkülönböztetni.*

*Az elemzés során alkalmazott kétféle módszer ugyanazon eredményre vezetett. Ezek alapján indokolt olyan új, kevesebb tervezési osztály megfogalmazása, amelyek az úthasználók számára könnyen felismerhetők, egyértelműek és egymástól élesen elkülöníthetők. Az ilyen tervezési útosztályok száma az elért eredmények alapján legfeljebb 6 lehet.*

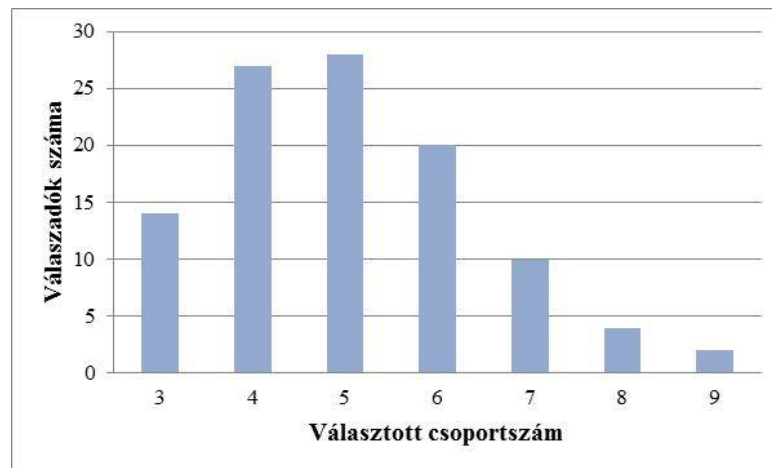
Mind a sebességek alapján, mind a képcsoportosításos vizsgálatnál - az emberi tényező oldaláról vizsgálva – a kapott eredmények összhangban vannak a műszaki paraméterek elemzésével kapott korábbi hazai vizsgálatok eredményeivel.

A kérdőíves felmérés eredményeit sebességválasztás alapján történő klaszterezéshez használtam. Négy klaszterre osztásnál (6.2. ábra) külön klaszterbe került a belterületi út és az átmeneti zóna, mely a beépítettség különbségeire vezethető vissza. A többi út a fizikai elválasztás jelenléte alapján csoportosult osztott és osztatlan pályás utakra. Öt klaszterre osztásnál is elég jól beazonosítható csoportokat kaptam, hat klaszternél már voltak kisebb bizonytalanságok.



6.2. ábra: Utak csoportosítása négy klaszterbe (a színek az eredeti útkategóriákat jelölik)

A képcsoportosításos vizsgálatban részt vevők leggyakrabban 4 vagy 5 csoportot alakítottak a képekből, a 6 klaszter gyakorisága még jelentős. A válaszadók több mint 70%-a 4, 5, vagy 6 útosztályt különböztetett meg a vizsgálatban (6.3. ábra).



6.3. ábra: A válaszadók száma a választott csoportszám függvényében

*A tézishoz kapcsolódó publikációk: [Iván & Koren, 2013b] [Iván, 2014] [Koren & Iván, 2010] [Koren & Iván, 2012] [Koren & Iván, 2014] [Koren & Kosztolányi-Iván, 2015a] [Koren & Kosztolányi-Iván, 2015c] [Kosztolányi-Iván et al., 2015].*

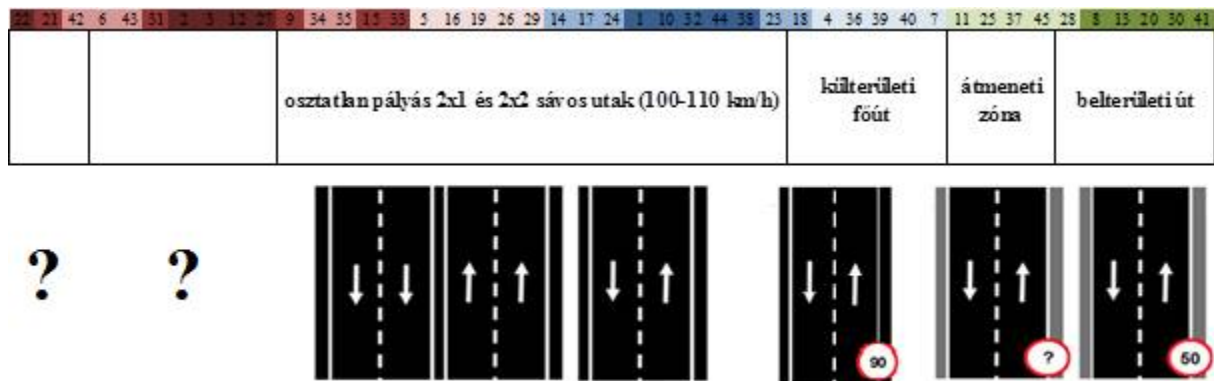
## 5. tézis

### *Úttípusok megkülönböztetésének vizsgálata a nem egyértelmű útosztályok meghatározásához*

*Klaszteranalízissel sebességválasztás alapján és képcsoportosításos vizsgálat eredményei alapján megállapítottam, hogy melyek azok az útosztályok, amelyeket a gépjárművezetők nem képesek egymástól egyértelműen megkülönböztetni. A kétféle vizsgálat eredményeit összegezve esetenként az alábbi útosztályok keverednek egymással:*

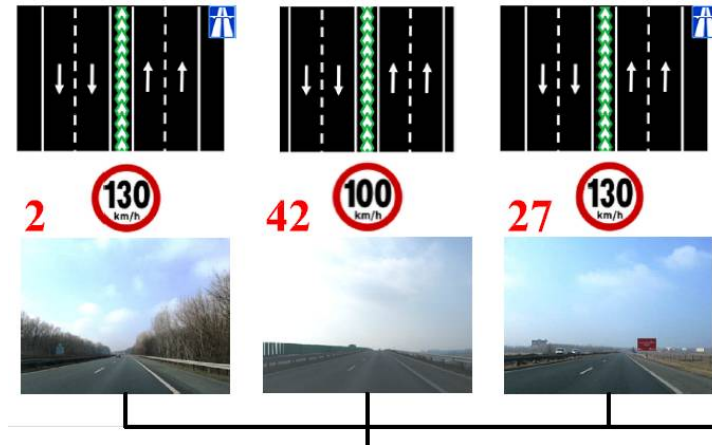
- autópálya – 2x2 sávós osztott pályás emelt sebességű főút (100 v. 110 km/h)
- autóút – 2x1 sávós emelt sebességű főút (110 km/h)
- 2x2 sávós főút (100 v. 110 km/h) – 2x1 sávós emelt sebességű főút (110 km/h)
- belterületi út – átmeneti zóna

A klaszteranalízis esetén a 6.4. ábra alapján 6 klaszterre osztásnál a belterületi út és az átmeneti zóna viszonylag jól különvált, csakúgy, mint a külterületi főút. A legnagyobb elemszámú klasztert főként osztatlan pályás utak alkotják, 5 db osztott pályás úttal keveredve itt már érezhető bizonytalanság van a csoportosításban, valamint nem váltak szét élesen a 2x1 és a 2x2 sávós utak sem.



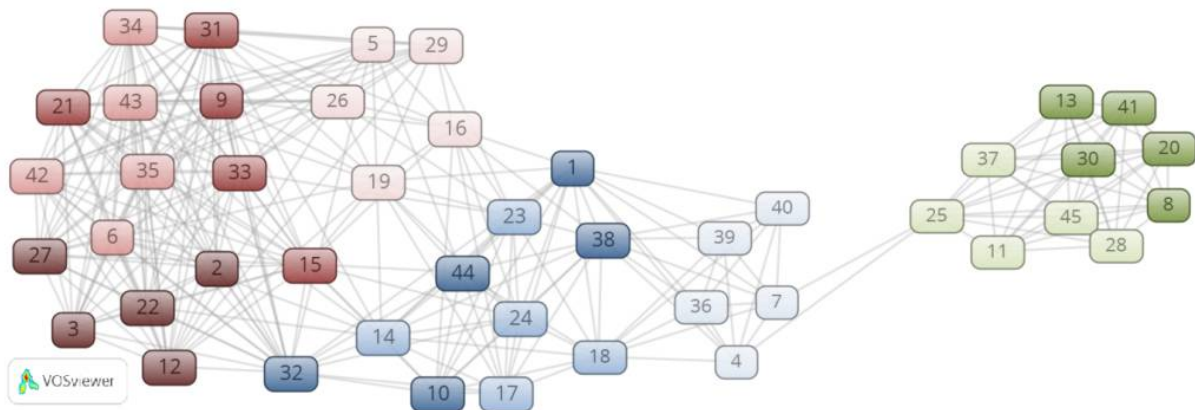
6.4. ábra: Utak csoportosítása hat klaszterbe

A képcsoportosításos vizsgálatnál a 6.5. ábra szerint például a 2-42-27 képcsoport a klaszteranalízis első lépésében került össze, ami azt jelenti, hogy a felmérés résztvevői szerint egyértelműen összetartoznak. Láthatóan ez hibás csoportosítás úthálózatunkat nézve, hiszen a 2 és 27 képpár valóban autópályán készült, viszont a 42-es kép egy 2x2 sávós osztott pályás emelt sebességű főút keresztmetszetét ábrázolja, ahol csak 100 km/h a megengedett legnagyobb sebesség.



6.5. ábra: Egy részlet a dendrogramból – különböző úttípusok helytelenül összekapcsolva első lépésben

A 6.6. ábra is a képcsoportosítási vizsgálat eredményeit ábrázolja, csak más feldolgozásban. A képek egymáshoz való közelsége az egy csoportba sorolás gyakoriságának függvénye. Jól látható az autópálya és az osztott pályás főutak, ill. a belterületi és az átmeneti zónák útjainak keveredése.



6.6. ábra: A képcsoportosítási feladat eredményeinek grafikus ábrázolása (a képek közötti hasonlóság ábrázolása - a színek az eredeti útkategóriákat jelölik)

A tézishoz kapcsolódó publ.: [Iván & Koren, 2013b] [Iván, 2014] [Koren & Iván, 2010] [Koren & Iván, 2012] [Koren & Iván, 2014] [Koren & Kosztolányi-Iván, 2015a] [Koren & Kosztolányi-Iván, 2015c] [Kosztolányi-Iván et al., 2015].

## 7. Összegzés

### 7.1. A doktori értekezés eredményei

Disszertáciomban hazai úthálózatunkra vonatkoztatva a sebességválasztás kérdéseivel, az útosztályok felismerésével foglalkoztam. Megvizsgáltam a jelenlegi viszonyok között az önmagát magyarázó elv érvényesülését a magyar utakon. Doktori értekezésem eredményeit 5 tételben (ezen belül 3-at altézisekre bontva) foglaltam össze.

Vizsgálataim eredményei szerint egyes úttípusokat jól tudnak azonosítani a járművezetők, míg más úttípusok esetén bizonytalanok, ezek a nem önmagukat magyarázó utak. Mivel a bizonytalanság mindig veszélyforrás, az ilyen utak tervezését kerülni kell.

A sebességek relatív szórása és az egyértelműségi tényező olyan mérőszámok, amelyek eszközt szolgáltatnak a járművezetők bizonytalanságának mértékének megállapításához, ezáltal a bizonytalan és kockázatos helyzetekhez vezető útkeresztszettek és útelemelek azonosíthatók. A bemutatott módszerek a későbbiekben közúti biztonsági felülvizsgálatok elvégzését segíthetik.

Vizsgálataim igazolták, hogy az emberek legfeljebb 4–6 útosztályt képesek egymástól megkülönböztetni. Ezek a számok jó egyezésben vannak az új holland, ill. német előírások útosztályozásával, a hazai előírások korszerűsítése során is ebben az irányban kell haladni.

Így tehát indokolt a jelenleg érvényes KTSZ által alkalmazott útosztályok felülvizsgálata az önmagát magyarázó elv alapján, különös tekintettel az alkalmazott osztályok számára.

Tudomásom szerint jelenleg is napirenden van az útosztályok felülvizsgálata, a KTSZ átdolgozása, amely reményeim szerint figyelembe veszi majd ezen eredményeket és az útosztályok számának növelése helyett azok csökkentésére fog törekedni.

Ezen szempontok érvényesítéséhez javasolt a különböző útparaméterek útosztályhoz rendelése. A tervezésnél ne lehessen szabadon paramétereket választani, ezek választható intervalluma legyen szűkebb adott osztályon belül és az egyes tervezési osztályok paraméterei között ne legyenek túl nagy átfedések.

A képosztályozás módszere a későbbiekben közúti biztonsági felülvizsgálatok elvégzését segítheti. Adott út felülvizsgálatának elvégzésekor az arról készült képsorozat segítségével könnyen kiszűrhetőek azon útszakaszok, ahol beavatkozásra van szükség.

További gyakorlati hasznosítás lehet a településbe be-kivezető szakaszok egyértelművé tétele.



## 7.2. Javaslatok további kutatási irányokra

Hasonló vizsgálatokat az útosztályok felismerésére videofelvételek elemzésével is lehet kivitelezni. Ehhez megfelelő videó elemző programra lenne szükség.

Megfelelő technikai felszereltség mellett érdemes szimulátor-kísérleteket végezni magyar járművezetők részvételével jellemző, illetve kevésbé jellemző konkrét magyar útkialakítások tesztkörnyezetbe való betöltésével.

További lépésként érdemes kiemelni bizonyos útelemeket, részleteket és ezek felismerésére kiélezni a kísérleteket. Az egyes részletek hatását egymás mellé állítva pedig következtetések vonhatóak le arra vonatkozólag, hogy mely útelemek bírnak a legnagyobb befolyásoló hatással a sebességválasztás, vagy az útfelismerés tekintetében.

Szimulátor-kísérletek segítségével megvizsgálható a holland vagy a német úttípusok hazai alkalmazásának lehetősége, ezek adaptálhatósága. Ilyen, az új tervezési elveknek megfelelő útkörnyezet alkalmazásával képet kaphatunk arról, hogy a magyar járművezetők viselkedésében egy holland vagy egy német új típusú útkeresztmetszet milyen hatást vált ki, milyen sémát aktivál.

Ezen a vonalon tovább haladva különböző járművezetői típusok szimulátor-kísérletekbe való bevonásával lehet megvizsgálni, hogy milyen mértékben mutatnak viselkedésbeli eltéréseket ezeken az új típusú utakon a kockázatvállaló, a kevésbé kockázatvállaló és a megfontolt, óvatos járművezetők. Hasonlóképp lehetséges nem, illetve korcsoport szerinti elemzést végezni.

A kérdőíves felmérést érdemes megismételni például osztrák útkeresztmetszetekben készült fényképekkel, változatlanul magyar járművezetők részvételével. Ezen vizsgálattal összehasonlítási alapot kaphatnánk arra vonatkozólag, hogy más országok útjai egyértelműbb kialakítással bírnak-e, mint hazai útjaink.

Hasonlóan érdekes eredményeket kaphatunk, ha a külterületi útkörnyezet helyett a kérdőíves felmérést kizárólag a belterületi, városi utakra koncentrálva végezzük.

## Köszönetnyilvánítás

Köszönetet szeretnék mondani mindazoknak, akik segítségemre voltak a kutatómunkám során, valamint az értekezésem elkészítésében.

Köszönetemet szeretném kifejezni témavezetőimnek, Dr. Koren Csaba egyetemi tanárnak és Dr. Borsos Attila egyetemi docensnek a munkám szakmai irányításáért. Szaktudásukkal, javaslataikkal felbecsülhetetlen mértékben segítettek munkámat.

Köszönöm tudományági vezetőm Dr. habil Gáspár László egyetemi tanár, professor emeritus segítségét, mindenkori biztatását és a hasznos tanácsokat, mellyel ellátott doktori tanulmányaim és a kutatásom folyamán.

Meg szeretném köszönni tanszékvezetőmnek, Dr. Makó Emese egyetemi docensnek a támogatást, folyamatos biztatást és megértést.

Hálával tartozom kollégámnak, Horváth Zsolt tanszéki mérnöknek, az online felmérések informatikai háttérének biztosításáért.

Köszönöm mindazon tanszéki és nem tanszéki munkatársaimnak, akikkel a kutatásaim során együtt dolgoztam az együttműködést és a részükről tapasztalt segítőkészséget.

Köszönöm családomnak, édesapámnak, édesanyámnak, férjemnek a türelmet és biztatást, amellyel segítettek munkám elkészítésében.

## Irodalomjegyzék

### Saját publikációk

- Iván G. (2011): Sebességhatárok és azok szerepe a közúti közlekedés rendszerében, In: Kóczy T László (szerk.): Műszaki és informatikai rendszerek és modellek IV., Győr: Széchenyi István Egyetem, 2011. pp. 101–114., ISBN 978-963-7175-67-1
- Iván G. (2012a): Survey of free speeds on rural roads based on road scene photographs, Pollack Periodica, Vol. 7, No. 1, pp. 65–74., ISSN 1788-1994
- Iván G. (2012b): Az út látványának hatása a járművezetők sebességválasztására külterületi utakon, In: Koren Cs. (szerk.): A közúti infrastruktúra biztonsága, Győr, Universitas Győr Nonprofit Kft., pp. 131–152., ISBN 978-963-9819-86-3
- Iván G. (2013): Assessing uncertainty of driver's distinguishing between built-up and non-built up areas, Pollack Periodica, Vol. 8, No. 2, pp. 87–96., ISSN 1788-1994
- Iván G (2014): Distinction of road categories by road users compared to road classification in design guidelines, Pollack Periodica, Vol. 9, No. 3, pp. 23–34., 2014 ISSN 1788-1994
- Iván G., Koren Cs. (2011a): Önmagukat magyarázóké-e az emelt sebességű utak?, Közlekedésépítési Szemle, 61. évf. 5. sz., pp. 30–36., HU ISSN 2060-6222
- Iván G., Koren Cs. (2011b): Safety problems of two-lane expressways, 11<sup>th</sup> International Scientific Conference, MOBILITA '11, Faculty of Civil Engineering STU Bratislava, Pozsony, Szlovákia, 2011. május 26–27., pp. 239–244., ISBN 978-80-227-3514-8
- Iván G., Koren Cs. (2012a): Az út képének hatása a sebességválasztásra külterületi utakon, Mobilitás és környezet, 173. évf. 7. sz., a Magyar Tudomány különszáma, pp. 48–55., ISSN 0025-0325
- Iván G., Koren Cs. (2012b): Built-up or non-built-up? Driver's perception of transition zones, Transport infrastructure in cities, 8th International Conference, Zsolna, Szlovákia, 2012. október 3–4., pp. 1–6., ISBN 978-80-554-0577-3
- Iván G., Koren Cs. (2013a): Survey of free speeds on roads outside built-up areas with elevated speed limits in Hungary, Journal of Society for Transportation and Traffic Studies, 4 (2). pp. 8–17., ISSN 1906-8360

- Iván G., Koren Cs. (2013b): Útosztályok megkülönböztetése a tervezési előírásokban és a járművezetők szemszögéből, XVII. Nemzetközi Építéstudományi Konferencia, Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, Csíksomlyó, Románia, pp. 130–137., ISSN1843-2123
- Iván G., Koren Cs. (2014a): Recognition of built-up and non-built-up areas from road scenes, Transport Research Arena 2014: TRA 2014: Innovate Mobility, Mobilise Innovation, Paris, Franciaország, 2014. április 14–17., Paper no. 18069., pp. 1–9.
- Iván G., Koren Cs. (2014b): Lakott terület vagy külterület? Hogyan érzékelik az úthasználók az átmeneti zónákat?, Közlekedéstudományi Szemle, Vol. 64, No. 2, pp. 4–16., 2014
- Koren Cs., Horváth Zs., Iván G., Körmendi I., Miletics D. (2010): Gyorsforgalmi utak forgalombiztonsági beavatkozásainak optimalizálása, megrendelő: Állami Autópályakezelő Zrt., pp. 1–156.
- Koren Cs., Borsos A., Miletics D., Iván G. (2012): Részletek egy közúti biztonsági audit jelentésből, In: Koren Cs. (szerk.): A közúti infrastruktúra biztonsága, Győr, Universitas Győr Nonprofit Kft., pp. 153–162., ISBN 978-963-9819-86-3
- Koren Cs., Borsos A., Miletics D., Kosztolányi-Iván G. (2015): Részletek a 86. és 76. sz. főutak egy szakasza engedélyezési tervének audit jelentésből, In: Koren Cs. (szerk.): Biztonságosabb közúti infrastruktúra, Győr, Universitas Győr Nonprofit Kft., pp. 257–266., ISBN 978-615-5298-47-9
- Koren Cs., Iván G. (2010): Design philosophies reflected in the guidelines of urban roads, Transport infrastructure in cities, 7th International Conference, Zsolna, Szlovákia, 2010. október 21–22., pp. 61–68., ISBN 978-80-554-0254-3
- Koren Cs., Iván G. (2011): A sebességválasztás felmérése külterületi utakon fényképek alapján, XV. Nemzetközi Építéstudományi Konferencia, Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, Csíksomlyó, Románia, pp. 303–309., ISSN1843-123
- Koren Cs., Iván G. (2012a): Az úttervezési előírások megközelítésmódjai, In: Koren Cs. (szerk.): A közúti infrastruktúra biztonsága, Győr, Universitas Győr Nonprofit Kft., pp. 317–332., ISBN 978-963-9819-86-3

Koren Cs., Iván G. (2012b): Közutak biztonsági hiányosságai, In: Koren Cs. (szerk.): A közúti infrastruktúra biztonsága, Győr, Universitas Győr Nonprofit Kft., pp. 107–120., ISBN 978-963-9819-86-3

Koren Cs., Iván G. (2014): Önmagukat magyarázó utak, Kötelező szakmai továbbképzés oktatási anyaga, Magyar Mérnöki Kamara, Közlekedési Tagozat, pp 1–27.

Koren Cs., Kosztolányi-Iván G. (2015a): Utak osztályozása, önmagukat magyarázó utak, In: Koren Cs. (szerk.): Biztonságosabb közúti infrastruktúra, Győr, Universitas Győr Nonprofit Kft., pp. 57–65., ISBN 978-615-5298-47-9

Koren Cs., Kosztolányi-Iván G. (2015b): Útszakaszok és csomópontok biztonsági hiányosságai, In: Koren Cs. (szerk.): Biztonságosabb közúti infrastruktúra, Győr, Universitas Győr Nonprofit Kft., pp. 207–219., ISBN 978-615-5298-47-9

Koren Cs., Kosztolányi-Iván G. (2015c): Az úttervezési előírások szemléletének változásai, In: Koren Cs. (szerk.): Biztonságosabb közúti infrastruktúra, Győr, Universitas Győr Nonprofit Kft., pp. 393–405., ISBN 978-615-5298-47-9

Kosztolányi-Iván G. (2015): Az út látványának hatása a járművezetők sebességválasztására, In: Koren Cs. (szerk.): Biztonságosabb közúti infrastruktúra, Győr, Universitas Győr Nonprofit Kft., pp. 230–247., ISBN 978-615-5298-47-9

Kosztolányi-Iván G., Koren Cs., Borsos A. (2015): Distinction of road categories by road users, *Acta Technica Jaurinensis*, Vol. 8, No. 1, pp. 23–35.

## **Mások publikációi**

20/1984. (XII. 21.) KM rendelet az utak forgalomszabályozásáról és a közúti jelzések elhelyezéséről, [http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy\\_doc.cgi?docid=98400020.KMB](http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=98400020.KMB)

AASV (1998): Recommendations for traffic provisions in built-up areas, CROW, 1998

Abele L., Möller M. (2011): Relationship Between Road Design and Driving Behavior: A Simulator Study 3rd International Conference on Road Safety and Simulation, Indianapolis Indiana, 2011. szeptember 14–16., pp. 1–16.

- AboutCivil.org (2013): Design & Functional Classification of Roads and Highways  
<http://www.aboutcivil.org/classification-of-roads-highways.html> [olvasva: 2014. december 10.]
- Alexander G., Lunenfeld H. (1986): Driver expectancy in highway design and traffic operations, Report No FHWA-TO-86-1, Washington, DC: Federal Highways Administration
- Alicandri E. (2006): Cross-Disciplinary Communications: Human Factors and Traffic Engineering, <http://www.ite.org/Membersonly/annualmeeting/2001/AB01H5501.pdf> [olvasva: 2014. szeptember 1.]
- Balogh P. (2005): Statisztikai hipotézisvizsgálatok, Paraméteres statisztikai próbák, [http://www.agr.unideb.hu/~balogh/p/UzletiStat/Hipotezis\\_vizsgalat.pdf](http://www.agr.unideb.hu/~balogh/p/UzletiStat/Hipotezis_vizsgalat.pdf) [olvasva: 2015. május 19.]
- Barsi Á (2004): Digitális képanalízis – BMEEOFTASJ5 segédlet a BME Építőmérnöki Kar hallgatói részére, HEFOP/2004/3.3.1/0001.01, pp. 1–62.
- Beke B. M., Sipos T., Török Á. (2014). The Mathematical Modelling of the Road Safety Equipment's Market Penetration, American Journal of Vehicle Design, 2(1), pp. 1–6.
- Bella F. (2008): Driving simulator for speed research on two-lane rural roads, Accident Analysis and Prevention, Vol. 40, pp. 1078–1087.
- Bella F., D'Agostini G. (2010): Driving simulation for design consistency, 4th International Symposium of Highway Geometric Design, 2–5 June 2010, Valencia, pp. 1–16.
- Bella F. (2013): Driver perception of roadside configurations on two-lane rural roads: Effects on speed and lateral placement, Accident Analysis and Prevention, Vol. 50, pp. 251–262.
- Berta T. (2007): Az ember, mint a közlekedési rendszer része, Közúti és Mélyépítési Szemle, Vol. 57, No. 12, 2007, pp. 20–24.
- Berta T., Török Á. (2008): Útpálya kiépítésének hatása a közúti járművek haladási sebességére, Közlekedéstudományi Intézet Non-Profit Kft., pp. 1–9.

- Berta T., Török Á. (2009a): Layout effect of roadway on road vehicle speeds, *Pollack Periodica*, Vol. 4, No. 1, pp. 115–120.
- Berta T., Török Á. (2009b): Azonos útpálya kialakítás esetében a szabályozás megváltoztatásának hatása a közúti járművek haladási sebességére. *Közlekedéstudományi Szemle*, 59 (2). pp. 49–52., ISSN 0023-4362
- Ben-Bassat T., Shinar D. (2011): Effect of shoulder width, guardrail and roadway geometry on driver perception and behavior, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 43, pp. 2142–2152.
- Brewer J., German J., Krammes R., Movassaghi K., Okamoto J., Otto S., Ruff W., Sillan S., Stamatiadis N., Walters R. (2001): Geometric design practices for European roads, American Trade Initiatives, Technical Report, No. FHWA-PL-01-026, pp. 1–63.
- Bosch A., Zisserman A., Muñoz X.(2007): Image Classification using Random Forests and Ferns, *IEEE 11th International Conference on Computer vision*, 14–21 October 2007, Rio de Janeiro, pp. 1–8.
- Bosch A., Zisserman A., Muñoz X.(2008): Scene Classification Using a Hybrid Generative/Discriminative Approach, *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, Vol. 30, No. 4, pp. 1–16.
- Boross O., Pléh Cs. (2004): *Bevezetés a pszichológiába*, Osiris Kiadó, 2004, pp.1–674.
- Borsos A. (2010): Közúti infrastrukturális beavatkozások biztonsági hatásának modellezése és optimalizálása, doktori értekezés, *Infrastrukturális Rendszerek Modellezése és Fejlesztése Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola*, Széchenyi István Egyetem, pp. 1–126.
- Borsos A. (2013): Közúti infrastrukturális beavatkozások biztonsági hatásmérésének módszertani kérdései, *Közlekedéstudományi Szemle*, Vol. 63, No. 1, pp. 6–16.
- Burdett B., Nicholson A. (2010): Speed management on rural roads: The effect of pavement markings, Technical paper, *IPENZ Transportation Group Conference*, Christchurch, 14–17 March 2010, pp. 1–12.
- Charlton S. G. (2004): Perceptual and attentional effects on drivers' speed selection at curves, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 36, pp. 887–884.

- Charlton S. G., Mackie H. W., Baas P. H., Hay K., Menezes M., Dixon C.(2010): Using endemic road features to create self-explaining roads and reduce vehicle speeds, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 42, pp. 1989–1998.
- Chen Y., Wang J. Z., Krovetz R. (2003): Content-based image retrieval by clustering, *Proceedings of the 5th ACM SIGMM international workshop on Multimedia information retrieval*, pp. 193–200.
- Chen Ch., Tai Ch. (2010): Adaptive fuzzy color segmentation with neural network for road detections, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Vol. 23, pp. 400–410.
- Csépe V., Gyóri M., Ragó A. (2008): *Általános pszichológia 1-3.-1. Észlelés és figyelem*, Osiris Kiadó, ISBN 978 963 389 918 2, 2008, pp.1–418.
- Czúni L., Tanács A. (2011): *Képi információ mérése, egyetemi tananyag*, ISBN 978-963-279-494-5, pp. 1–144.
- Danescu R., Nedevschi S. (2010): Detection and Classification of Painted Road Objects for Intersection Assistance Applications 13th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 19–22 September 2010, Funchal, pp. 433–438.
- de Waard D., Steyvers F. J.J.M., Brookhuis K. A. (2004): How much visual road information is needed to drive safely and comfortably? *Safety Science*, Vol. 42, pp. 639–655.
- Department for Transport, United Kingdom (2013): Setting local speed limits, pp. 1–42.  
[https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/63975/circular-01-2013.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/63975/circular-01-2013.pdf) [olvasva: 2014. augusztus 18.]
- Edquist J. (2008): The effects of visual clutter on driving performance, Monash University Accident Research Centre, pp. 1–236.
- Edquist J., Rudin-Brown Ch. M., Lenné M. (2009): Road design factors and their interactions with speed and speed limits, Monash University Accident Research Centre, Report No. 298., pp. 1–30.
- Elliot M. A., Mccoll V. A., & Kennedy J. V. (2003). Road design measures to reduce drivers' speed via 'psychological' processes: A literature review (No. TRL564): Transport Research Laboratory



- European Commission (2014): Mobility and Transport, Road Safety, [http://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/specialist/knowledge/road/designing\\_for\\_road\\_function/road\\_classification\\_en.htm](http://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/knowledge/road/designing_for_road_function/road_classification_en.htm) [olvasva: 2014. december 29.]
- Fazekas G., Hajdu A. (2004): Képfeldolgozási módszerek, egyetemi jegyzet, Debreceni Egyetem, Informatikai Intézet, pp. 1–59.
- Fernandes A., Neves J. (2013): An approach to accidents modeling based on compounds road environments, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 53, pp. 39–45.
- FGSV (2006): Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln, pp. 1–136.
- FGSV (2008): Richtlinien für die Anlage von Autobahnen – RAA, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln, pp. 1–119.
- FGSV (2013): Richtlinien für die Anlage von Landstraßen RAL, Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Köln.
- Fildes B., & Lee S. J. (1993): The Speed Review: Road Environment, Behaviour, Speed Limits, Enforcement and Crashes (No. CR 127 (FORS); CR 3/93 (RSB)): MUARC, for Federal Office of Road Safety (FORS) and Road Safety Bureau, Roads and Traffic Authority NSW (RSB)
- Findley D. J., Hummer J. E., Rasdorf W., Zegeerd Ch. V., Fowler T. J. (2012): Modeling the impact of spatial relationships on horizontal curve safety, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 45, pp. 296–304.
- Fritsch J., Kuhn T., Geiger A. (2013): A New Performance Measure and Evaluation Benchmark for Road Detection Algorithms, 16th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 6–9 October 2013, The Hague, pp. 1693–1700.
- Fuller R., Santos J. A. (2002): *Human factors for highway engineers*, Oxford: Elsevier Science Ltd., pp. 1–231., ISBN:0-080-43412-6
- Fuller R. (2005). Towards a general theory of task behaviour. *Accident Analysis & Prevention*, 37, pp. 461–472.

- Gaardbo A., Schelling A. (1997): Manual of Road Safety Audit, 2<sup>nd</sup> edition, Road Directorate, Denmark, pp. 1–56., ISBN 87 7491 885 0
- Gaca S. (2004): Sebességek, látótávolságok, látómezők az úttervezésben – hatásuk a közlekedésbiztonságra, Közúti és Mélyépítési Szemle, Vol. 54, No. 9, pp. 9–13.
- Garber N. J., Ehrhart A. A. (2000): The effect of speed, flow and geometric characteristics on crash rates for different types of Virginia highways, Virginia Transportation Research Council, Final report, VTRC 00-R15, pp. 1–32.
- Garrick N. W., Kuhnimhof T. (2000): Street Design and Community Livability, Proceedings of Urban Transportation 2000, Cambridge, UK, 26–28 July 2000, <http://contextsensitivesolutions.org/content/reading/street-design-2/resources/3927-street-design-and-community-livability/> [olvasva: 2014. december 29.]
- Garrick N. W. (2011): Speeds and street design results UConn and UCD, Highway design class, University Lecture, University of Connecticut
- Godley S., Fildes B., Triggs T., & Brown L. (1999): Perceptual countermeasures experimental research (No. 0642255555 1445–4467): Monash University, Australia/Roads and Traffic Authority NSW/Australian Transport Safety Bureau
- Goldenbeld Ch., van Schagen I. (2007): The credibility of speed limits on 80 km/h rural roads: The effects of road and person(ality) characteristics, Accident Analysis and Prevention, Vol. 39, pp. 1121–1130.
- Guiard V., Rasch D. (2004): The Robustness of two sample tests for Means, A Reply on von Eye's Comment, Psychology Science, Vol. 46, No. 4, 2004, pp. 549–554.
- Grossbeg S., Huang T. (2009): ARTSCENE: A neural system for natural scene classification, Journal of Vision, Vol. 9, No. 4, pp. 1–19.
- Haglund M., Åberg L. (2000): Speed choice in relation to speed limit and influences from other drivers, Transportation Research Part F 3, pp. 39–51.
- Haglund M., Åberg L. (2002): Stability in drivers' speed choice, Transportation Research Part F 5, pp. 177–188.

- Hartkopf G. (2004): Új német úttervezési irányelvek – egy lépés az „önmagukat magyarázó” utak felé Közúti és Mélyépítési Szemle, Vol. 54, No. 9, pp. 33–36.
- Helbing D. (1996): Derivation and empirical validation of a refined traffic flow model, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Vol. 223, No. 1-2., 1996, pp. 253–282.
- Helbing D. (1997a): Empirical traffic data and their implications for traffic modeling, *Physical Review E*, Vol. 55, R25–R28.
- Helbing D. (1997b): Fundamentals of traffic flow, *Physical Review E*, Vol. 55, 3735–3738.
- Hlédik E., Lógó E., Török Á. (2012): Közúti közlekedési infrastruktúra keresztmetszeti kialakításának értékelése matematikai módszerekkel, *Közlekedéstudományi Szemle*, Vol. 62, No. 6, pp. 15–20.
- Holland C. A., Corner M.T. (1996): Exceeding the speed limit: An evaluation of the effectiveness of a police intervention, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 28, pp. 587–597.
- Holló P. (2007): Gondolatok az emberi tényező közlekedésbiztonsági szerepéről, *Közúti és Mélyépítési Szemle*, Vol. 57, No. 12, pp. 25–26.
- Holló P. (2008): Gondolatok a hazai közúti közlekedés biztonságáról, *Magyar Tudomány*, 169. évf. 2. sz., pp. 175–185.
- Holló P. (2010): A közúti biztonság javulásának néhány háttértényezője, *Közlekedéstudományi Szemle*, Vol. 60, No. 4, pp. 31–34.
- Holló P. (2012): Magyarország közúti közlekedésbiztonsági helyzete, In: Koren Cs. (szerk.): *A közúti infrastruktúra biztonsága*, Győr, Universitas Győr Nonprofit Kft., pp. 17–26., ISBN 978-963-9819-86-3
- Houtenbos M, Weller G., Aarts L., Laureshyn A., Ardö H., Svensson A., Dietze M. (2011): Road User Pilots in Different European Countries; Testing the self-explaining nature of roads: the effects of combinations of road features in different European countries, WP02-01. ERASER, Project Nr. SRO1 AF, pp. 1–67.

- Hustim M., Ramli M. I. (2013): The vehicle speed distribution on Heterogeneous Traffic: Space Mean Speed Analysis of Light Vehicles and Motorcycles in Makassar – Indonesia, *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol.9, 2013, pp. 1–16.
- Ibrahim S. E., Sayed T., Ismail K. (2012): Methodology for safety optimization of highway cross-sections for horizontal curves with restricted sight distance, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 49, pp. 476–485.
- Ivan J. N., Thomas J., Borsos A. (2012): Motor vehicle speeds: Recommendations for urban sustainability, *Transportation Research Record*, Vol. 2301, pp. 1–8.
- Ivan J. N., Garrick N. W., Hanson G. (2009): Designing roads that guide drivers to choose safer speeds, Connecticut Transportation Institute of the University of Connecticut, Technical Report, No. JHR 09-321, pp. 1–107.
- Jankó D. (1999): Közúti forgalomtechnikai alapösszefüggések az M7 autópályán végzett mérések alapján. *Közlekedéstudományi Szemle*. XLIX évfolyam, 11. szám. 1999. november, pp. 418–423.
- Jankó D., Magyar G., Csenki L., Jákli Z. (2004): Sebesség az M1 és az M7 autópályán, *Közúti és Mélyépítési Szemle*, Vol. 54, No. 10, pp. 25–26.
- Jankó D., Orosz Gy. (2015): Baleseti adatok nyilvántartása és elemzése. In: Koren Cs. (szerk): *Biztonságosabb közúti infrastruktúra*, Universitas-Győr Nonprofit Kft. 2015. 79. p.
- Jankó D., Siska T. (2008): A biztonságos sebességválasztást elősegítő, a közlekedésbiztonsági propagandában felhasználható szakismeretek (Kérdések és válaszok), megbízó: ORFK-OBB, konzulens: Kiss Csaba, Kézirat, 2008.
- Jáklí Z. (2008): Úttartozékok észlelése és a vezetési szokások vizsgálata autópályán szemkamerás módszerrel, *Közúti és Mélyépítési Szemle*, Vol. 58, No. 9, 2008, pp. 9–14.
- Jähne B. (2005): *Digital Image Processing*, 6th revised and extended edition, Springer, pp. 1–639.

- Johansson G., Rumar K. (1966): Drivers and road signs: a preliminary investigation of the capacity of car drivers to get information from road signs, *Ergonomics*, 9., pp. 57–62.
- Kaptein N., Claessens M. (1998): The effects of cognitive road classification on driving behaviour: A driving simulator study, MASTER Report Deliverable 5, Contract No RO-96-SC.202, pp. 1–47.
- Kató Z., Pong T., Lee J. Ch. (2001): Color image segmentation and parameter estimation in a markovian framework, *Pattern Recognition Letters*, Vol. 22, pp. 309–321.
- Kató Z., Czúni L. (2011): Számítógépes látás, egyetemi tananyag, ISBN 978-963-279-512-6, pp. 1–88.
- Kaya M. (2005): An Algorithm for Image Clustering and Compression, *Turk J Elec Engin*, Vol. 13, No. 1, pp. 79–91.
- Király Z. (2007): Statisztika II., pp. 1–20.  
[http://psycho.unideb.hu/munkatarsak/hidegkuti\\_istvan/targyak/Kiraly\\_Zoltan\\_Statisztika\\_2\\_jegyzet\\_2.pdf](http://psycho.unideb.hu/munkatarsak/hidegkuti_istvan/targyak/Kiraly_Zoltan_Statisztika_2_jegyzet_2.pdf) [olvasva: 2015. május 22.]
- Kong H., Audibert J., Ponce J., Superieure E. N. (2009): General road detection from a single image, *IEEE Signal Processing Society*, Vol. 19, No. 9, pp. 2211–2220.
- Koren Cs., Tóth-Szabó Zs. (2007): Helyzetkép és aktuális kutatási feladatok az utak kialakítása és a forgalombiztonság összefüggései témakörében, *Közúti és Mélyépítési Szemle*, Vol. 57, No. 10, pp. 19–23.
- Koren Cs. (2012): Utak osztályozása. In: Koren Cs. (szerk.) *A közúti infrastruktúra biztonsága*, Győr: Universitas-Győr Non-profit Kft, pp. 87–96., ISBN:978-963-9819-86-3
- Kovács E. (2014): Többváltozós adatelemzés, Budapesti Corvinus Egyetem, Typotex, pp. 1–245, ISBN 978 963 279 243 9
- Kovács P. (2013): Elméleti összefoglalók, Szegedi Tudományegyetem, <http://www.eco.u-szeged.hu/oktatas/marketing-szak-ma/matstat-elméleti> [olvasva: 2013. november 12.]
- KRESZ: 1/1975. (II. 5.) KPM-BM együttes rendelet a közúti közlekedés szabályairól

- KTSZ (2008): Útügyi műszaki előírás: Közutak tervezése (KTSZ) No. e-UT 03.01.11, Magyar Útügyi Társaság, Közlekedési, Hírközlési és Energiaügyi Minisztérium, pp. 1–140.
- Lahausse J. A., van Nes N., Fildes B. N., Keall M. D. (2010): Attitudes towards current and lowered speed limits in Australia, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 42, pp. 2108–2116.
- Lippold Ch. (2009): Egységes és felismerhető úttípusok – Új tervezési elvek Németországban, Konferencia-előadás, Budapest, 2009. október 15., pp. 1–16.
- Lippold, Ch. (2012): Die neuen „Richtlinien für die Anlage von Landstraßen RAL“ Standardisierte und wiedererkennbare Landstraßen in Deutschland. 3. Deutsch-Russische Verkehrssicherheits-Konferenz am 14. und 15.05.2012 auf der Zugspitze, [http://www.bast.de/nm\\_789794/DE/Publikationen/Veranstaltungen/Russisch-Deutsche-Konferenz-2012/Lippold-Vortrag.templateId=raw.property=publicationFile.pdf/Lippold-Vortrag.pdf](http://www.bast.de/nm_789794/DE/Publikationen/Veranstaltungen/Russisch-Deutsche-Konferenz-2012/Lippold-Vortrag.templateId=raw.property=publicationFile.pdf/Lippold-Vortrag.pdf) [olvasva: 2013. december 17.]
- Manser M., & Hancock P. (2007): The influence of perceptual speed regulation on speed perception, choice, and control: Tunnel wall characteristics and influences, *Accident Analysis & Prevention*, 39(1), pp. 69–78.
- Martens M., Comte S., Kaptein N. (1997): The effects of road design on speed behaviour: A literature review, MASTER Report 2.3.1, Contract No RO-96-SC.202, pp. 1–38.
- Martens M. H., Kaptein N. A., Claessens F. M. M., van Hattum T. (1998): Road design, cognitive road classification and driving behaviour, 9th International Conference: Road safety is Europe, 21-23 September 1998, Bergisch Gladbach, Germany, pp. 1–15.
- Matena S., Weber R., Louwse R., Drolenga H., Vaneerdewegh P., Pokorny P., Gaitanidou L., Holló P., Mocsári T., Elvik R., Cardoso J. (2006): Road categorisation and design of self explaining roads, RIPCORDER-ISEREST project, Sixth Framework programme, pp. 1–132.
- Matena S., Weber R. (2010): Selbsterklärende Straßen – Vergleich der Ansätze in Europa, *Straße und Autobahn*, 2010 (1), pp. 25–33.

- Mackie, H. W., Charlton, S. G., Baas, P. H., Villasenor, P. C. (2013): Road user behaviour changes following a self-explaining roads intervention, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 50, pp. 742–750.
- Mazet C., Dubois D. (1988): Mental organisation of road situations: theory of cognitive categorisation and methodological consequences, *Proceedings of the Conference on Road Safety Theory and Research Methods*, Leischendam: SWOV.
- Meszéna Gy., Ziermann M. (1981): *Valószínűség-elmélet és matematikai statisztika*, Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, pp. 1–554.
- Michigan State Police, Office of Highway Safety Planning (2014): Establishing realistic speed limits, pp. 1–21.,  
[http://www.michigan.gov/documents/Establishing\\_Realistic\\_Speedlimits\\_85625\\_7.pdf](http://www.michigan.gov/documents/Establishing_Realistic_Speedlimits_85625_7.pdf)  
[olvasva: 2014. december 4.]
- Mirabella J. (2006): Hypothesis testing with SPSS: A non-statistician's guide & tutorial,  
<http://www.drjimmirabella.com/ebook/excerpt%20from%20Hypothesis%20Testing%20with%20SPSS%20ebook%20%28Jim%20Mirabella%29.pdf> [olvasva: 2015. május 19.]
- Mocsári T. (2004): Minden baj forrása: a sebesség, *Közúti és Mélyépítési Szemle*, Vol. 54, No. 9, pp. 14–18.
- Mocsári T. (2012): A gépjárművek sebességének hatása a közúti közlekedés biztonságára, doktori értekezés, *Infrastrukturális Rendszerek Modellezése és Fejlesztése Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola*, Széchenyi István Egyetem, pp. 1–117.
- Montella A., Colantuoni L., & Lamberti R. (2008): Crash prediction models for rural motorways. *Transportation Research Record*, 2083, pp. 180–189.
- Munehiro, K., Kageyama, H., Takahashi, N., Ishida, T., Asano, M. (2013): Test on Driving Behavior and Judgement of Appropriate Speed with Different Road Surfaces Conditions in Curve Sections, *Transportation Research Board 92nd Annual Meeting*, Washington DC, January 13–17, 2013

- Munehiro, K., Takada, T., Kageyama, H., Takahashi, N., Ishida, T.(2014): Judgment of Appropriate Speed and Driving Behavior with Different Road Surface Conditions in Curve Sections, Transportation Research Board 93rd Annual Meeting, Washington DC, January 12–16, 2014, pp. 1–18.
- NCHRP (2003): National Cooperative Highway Research Program, Report 504: Design Speed, Operating Speed and Posted Speed Practices, Transportation Research Board, Washigton, D.C., pp. 1–103.
- NCHRP (2009): National Cooperative Highway Research Program, Report 641: Guidance for the Design and Application of Shoulder and Centerline Rumble Strips, Transportation Research Board, Washigton, D.C., pp. 1–284.
- NCHRP (2012): National Cooperative Highway Research Program, Report 600: Human Factors Guidelines for Road Systems, Transportation Research Board, Washigton, D.C., pp. 1–319.
- Näätänen R.; Summala H. (1976): Road-user behaviour and traffic accidents. North-Holland, Publishing Company
- Nilsson G. (2004): Traffic safety dimensions and Power model to describe the effect of speed on safety, Doctoral thesis, Lund Institute of Technology, pp. 1–120.
- Obádovics J. Gy. (2009): Valószínűségszámítás és matematikai statisztika, 6. bővített kiadás, Budapest, Sclar kiadó, pp. 1–334.
- Pasetto M., Barbati S. D. (2012): When the road layout becomes persuasive for the road users: A functional study on safety and driver behaviour, Procedia – Social and Behavioral Sciences 48, pp. 3274–3283.
- Pléh Cs., Boross O. (2004): Bevezetés a pszichológiába. Budapest: Osiris Kiadó
- Porter, R. J., Donnell, E. T., Mason, J. M. (2012): Geometric Design, Speed, and Safety, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Vol. 2309, Highway design 2012, pp. 39–47.
- Rasch D., Guiard V. (2004): The robustness of parametric statistical methods, Psychology Science, Vol. 46, No. 2, 2004, pp. 175–208.



- Riemersma J. B. J. (1988): An empirical study of subjective road categorisation, *Ergonomics*, 31(4), pp. 621–630.
- Riesenhuber M., Poggio T. (2000): Models of object recognition, *Nature Neuroscience Supplement*, Vol. 3, pp. 1199–1204.
- Rigó M. (2007): A svéd sebességszabályozás, *Közúti és Mélyépítési Szemle*, Vol. 57, No. 6, pp. 27–28.
- Rigó M. (2008): Sebességszabályozás és sebességbetartatás a 43-as úton, *Közúti és Mélyépítési Szemle*, Vol. 58, No. 3–4, pp. 27–29.
- Richter T., Zierke B. (2008): Safe design of rural roads by normalized road characteristics, *DFG-Zwischenbericht*, Berlin, pp. 1–7.
- Royal Haskoning (2012): Functional classification of roads, training material of Royal Haskoning in the framework of Partners for Roads, Győr, 2012
- RSA (2008), Road Safety Authority, Ireland, Free Speed Survey 2008 (Urban and Rural), pp. 1–62.
- Russel S., Norvig P. (2005): Mesterséges intelligencia modern megközelítésben, Második, átdolgozott, bővített kiadás, Panem Kft., pp. 1–1206.
- Senders J., Kristofferson A., Levison W., Dietrich C., Ward J. (1967): The attentional demand of automobile driving, *Highway Research Record*, 195, pp. 15–32.
- Schmidt, A. T. (2014): Setting realistic speed limits to meet the needs of all road users, *Highway Engineering Australia*, Vol. 45, No. 5, Feb/Mar 2014: 4, ISSN: 0046-7391
- Siska T. (2012): Az emberi tényező, In: Koren Cs. (szerk.): A közúti infrastruktúra biztonsága, Győr, Universitas Győr Nonprofit Kft., pp. 69–86, ISBN 978-963-9819-86-3
- Siska T. (2015): Az emberi tényező szerepe a közlekedésben, In: Koren Cs. (szerk.): Biztonságosabb közúti infrastruktúra, Győr, Universitas Győr Nonprofit Kft., pp. 39–56., ISBN 978-615-5298-47-9

- Stelling-Konczak A., Aarts L., Duivenvoorden K., Goldenbeld Ch. (2011): Supporting drivers in forming correct expectations about transitions between rural road categories, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 43, pp. 101–111.
- Stuster J., Coffman Z., Waren D. (1998): *Synthesis of Safety Research Related to Speed and Speed Management*, Publication No. FHWA-RD-98-154
- Summala, H. (2002). Behavioural adaption & driver's task control. In: R. Fuller & J. Santos , *Human factors for highway engineers*, Oxford: Elsevier Science Ltd., pp. 1–231., ISBN:0-080-43412-6
- SWOV (2010): Fact sheet Sustainable Safety: principles, misconceptions, and relations with other visions. SWOV, Leidschendam, the Netherlands, February 2010, [http://www.swov.nl/rapport/Factsheets/UK/FS\\_Sustainable\\_Safety\\_principles.pdf](http://www.swov.nl/rapport/Factsheets/UK/FS_Sustainable_Safety_principles.pdf) [olvasva: 2013. december 20.]
- Szeliski R. (2010): *Computer Vision: Algorithms and Applications*, pp. 1–886.
- Theeuwes J., Godthelp, H (1992): *Begrijpelijkheid van de weg (Self-explaining roads)*, Report IZF 1992 C-8. Soesterberg: TNO Institute for Perception
- Theeuwes, J., Godthelp, H. (1995). Self-explaining roads, *Safety Science*, 19, pp. 217–225.
- Török Á., Berta T., Juhász J. (2010): Investigation of road network effects in choice of driving speed, 12th World Conference on Transport Research, July 11–15, 2010, Lisbon, Portugal, pp. 1–8.
- Török Á. (2011): Investigation of road environment effects on choice of urban and interurban driving speed, *International Journal for Traffic and Transport Engineering*, Vol. 1, No. 1, pp. 1–9.
- Török Á. (2013): Simplification of road transport infrastructure layout for better self-explanation, *American Journal of Vehicle Design*, Vol. 1, No. 1, pp. 16–20.
- Treat, J. R., Tumbas, N. S., McDonald, S. T., Shinar, D., Humme, R. D., Mayer, R. E. (1977): *Tri-level study of the causes of traffic accidents, Volume I: Casual factor tabulations and assessment. Final report (No. DOT-HS-034-3-534)*, Washington: National Highway Traffic Safety Administration

- TTI (2006): Research Recommendations for Pavement Marking Words and Symbols, Project Summary Report 0-4471-S, Texas Transportation Institute, The Texas A&M University System, pp. 1–4.
- van der Horst, R., Kaptein, N. (1998): Self-explaining roads, Proceedings of the 11th ICTCT Workshop :15–32. Vienna, Austria, pp. 1–18.
- van der Horst R., de Ridder, S. (2007). Influence of roadside infrastructure on driving behavior: driving simulator study. Transportation Research Record, 2018, pp. 36–44.
- van Driel C. J.G., Davidse R.J., van Maarseveen M. F.A.M. (2004): The effects of an edgeline on speed and lateral position: a meta-analysis, Accident Analysis and Prevention, Vol. 36, pp. 671–682.
- van Geem C., Charman S., Ahern A., Anund A., Sjögren L., Pumberger A., Grayson G., Helman S.(2013): Speed Adpatation Control by Self-Explaining Roads (SPACE), Proceedings of the 16th International Conference on Road Safety on Four Continents, Beijing, China, 15–17 May, 2013, VTI Swedish National Road and Transport Research Institute, pp. 1–13.
- van Kaick O., Mori G. (2006): Automatic Classification of Outdoor Images by Region Matching, The 3rd Canadian Conference on Computer and Robot Vision, 7–9 June 2006, pp. 1–9.
- Várhelyi A., Mäkinen T. (2001): The effects of in-car speed limiters: field studies, Transportation Research Part C 9, pp. 191–211.
- Vedaldi, A., Fulkerson, B. (2010): VLFeat, an Open and Portable Library of Computer Vision Algorithms, Proceedings of the 18th annual ACM international conference on Multimedia, Firenze, Italy, 25–29 October 2010, (Winner of the ACM Open Source Software Competition 2010) pp. 1469–1472.
- Vedaldi, A., Zisserman, A. (2011): Image Classification Practical, 2011, <http://www.robots.ox.ac.uk/~vgg/share/practical-image-classification.htm> [olvasva: 2013. május 10.]
- Vivarelli F., Williams Ch. K. I. (2001): Comparing Bayesian neural network algorithms for classifying segmented outdoor images, Neural Networks, Vol. 14, pp. 427–437.

- Vörös A. (2003): A nem autópálya jellegű 2x2 és 4 forgalmi sávú gyorsforgalmi utak közlekedésbiztonsága, Közlekedésképzési Szemle, 53. évf. 11. sz., pp. 6–11, HU ISSN 2060-6222
- Vörös A. (2006): Az emelt szintű főút jellemzői és alkalmazási lehetőségei a hazai közúthálózaton, Útépítési Akadémia 6., Balatonföldvár, 2006. május 23-24.
- Vörös A. (2007): Sebességválasztási szokások vizsgálata Csongrád megye közúthálózatának néhány kiemelt szakaszán az emelt sebesség bevezethetőségének megalapozására, Közúti és Mélyépítési Szemle, Vol. 57, No. 1, pp. 11–17.
- Vörös A. (2009): A sebességválasztási szokások vizsgálata néhány emelt sebességű, vegyesforgalmú, külsőségi útszakaszon, Közlekedéstudományi Szemle, Vol. 59, No. 1., 2009, pp. 37–48.
- Walker S., Stafford P., Davis G. (2008): Ultra-rapid categorization requires visual attention: Scenes with multiple foreground objects, *Journal of Vision*, Vol. 8 (4), No. 21, pp. 1–12.
- Walker, G. H., Stanton, N. A., Chowdhury, I. (2013): Self Explaining Roads and situation awareness, *Safety Science*, Vol. 56, pp. 18–28.
- Warner H. W., Åberg L. (2008): Drivers' beliefs about exceeding the speed limits, *Transportation Research Part F* 11, pp. 376–389.
- Weller, G., Schlag, B., Gatti, G., Jorna, R., van de Leur, M. (2006): Human Factors in Road Design. State of the art and empirical evidence, *Road Infrastructure Safety Protection – Core-Research and Development for Road Safety in Europe; Sixth Framework Programme*
- Weller G., Schlag B., Friedel T., Rammin C. (2008): Behaviourally relevant road categorisation: A step towards self-explaining rural roads, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 40, pp. 1581–1588.
- Weller G., Dietze M. (2010): SER and SER Approaches: State-of-the-art; Definition, Comparison and Evaluation of Existing Self-explaining Road Approaches in Europe, WP01-01. ERASER, Project Nr. SRO1 AF, pp. 1–41.

- Wegman F., Aarts L. (2006): Advancing sustainable safety. National Road Safety Outlook for 2005–2020. SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam, The Netherlands. Retrieved 2008, from [http://www.swov.nl/rapport/DMDV/Advancing\\_Sustainable\\_Safety.pdf](http://www.swov.nl/rapport/DMDV/Advancing_Sustainable_Safety.pdf) [olvasva: 2014. december 17.]
- Werneke J., Vollrath M. (2012): What does the driver look at? The influence of intersection characteristics on attention allocation and driving behavior, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 45, pp. 610–619.
- Wilde G.J.S. (1982): The theory of risk homeostasis: implications for safety and health. *Risk Analyses*, 2, pp. 209–225.
- Woolley J. (2005): Recent advantages of lower speed limit sin Australia, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 6, pp. 3562 – 3573.

## Ábrajegyzék

1.1. ábra: Az emberi tényező szerepe a közúti közlekedési baleseteknél [Holló, 2007].....	7
1.2. ábra: A biztonságos úttervezés alapelve – a funkció, a kialakítás és a használat összhangja [Royal Haskoning, 2012].....	9
1.3. ábra: A funkció, a kialakítás és a használat diszharmóniája .....	9
2.1. ábra: Néhány kép a felmérésből .....	18
2.2. ábra: A sebesség és a féktávolság összefüggése [Jankó & Siska, 2008] .....	23
2.3. ábra: Az átlagsebesség-balesetszám összefüggése lakott területen [Mocsári, 2012] .....	24
2.4. ábra: Egy képpár a felmérésből .....	32
2.5. ábra: A felmérésben használt 80 km/h megengedett sebességű külterületi útszakaszok képei.....	36
2.6. ábra: Az önmagukat magyarázó utak rendszerének alapvető elveit ábrázoló séma [Matena et al., 2006] .....	47
2.7. ábra: Az új holland útosztályozás [Royal Haskoning, 2012].....	55
2.8. ábra: A holland hagyományos és új útosztályozás [Royal Haskoning, 2012] .....	56
2.9. ábra: A digitális kép mint sokdimenziós adat [Barsi, 2004] .....	61
2.10. ábra: A kép mint mátrix [Barsi, 2004].....	61
2.11. ábra: Az osztályozó algoritmus tanítása és tesztelése [Bosch et al., 2008].....	65
3.1. ábra: A vizsgálatnál használt külterületi utak és a hozzájuk tartozó megengedett legnagyobb sebességek .....	67
3.2. ábra: Egy képernyő a felmérésből .....	68
3.3. ábra: A vizsgált útkategóriák sémája és a hozzájuk tartozó megengedett legnagyobb sebesség .....	69
3.4. ábra: M7 autópálya .....	75
3.5. ábra: M7 autópálya .....	75
3.6. ábra: 8. sz. főút (Veszprém– Márkó).....	76
3.7. ábra: 8. sz. főút (Várpalota–Székesfehérvár) .....	76
3.8. ábra: 7. és 8. sz. főút (Székesfehérvár elkerülő),.....	77
3.9. ábra: 7. és 8. sz. főút (Székesfehérvár elkerülő),.....	77
3.10. ábra: 8. sz. főút (Veszprém–Várpalota), .....	78
3.11. ábra: 8. sz. főút (Veszprém–Várpalota), .....	78
3.12. ábra: M19 autót.....	79
3.13. ábra: M19 autót.....	79
3.14. ábra: 710-es főút .....	80

3.15. ábra: 710-es főút .....	80
3.16. ábra: 81. sz. főút .....	81
3.17. ábra: 81. sz. főút .....	81
3.18. ábra: Sajátértékek sorozata.....	89
4.1. ábra: egyértelmű külterületi útszakasz, $v_{\text{megengedett}} = 90 \text{ km/h}$ .....	98
4.2. ábra: egyértelmű lakott területi útszakasz, $v_{\text{megengedett}} = 50 \text{ km/h}$ .....	98
4.3. ábra: átmeneti zóna útja, $v_{\text{megengedett}} = ? \text{ km/h}$ .....	98
4.4. ábra: Eloszlás függvények: egyértelmű külterületi útszakasz, egyértelmű lakott területi útszakasz, átmeneti zóna.....	99
4.5. ábra: A szoftver működése [Vedaldi & Zisserman, 2011].....	101
4.6. ábra: A tanító adatbázisba tartozó képek osztályzatai .....	102
4.7. ábra: Néhány példa a helyesen besorolt tesztképekből.....	106
4.8. ábra: Néhány példa a helytelenül besorolt tesztképekből.....	106
4.9. ábra: Néhány példa a bizonytalanul besorolt tesztképekből (egyértelműségi tényező $-0,5$ és $0,5$ között).....	107
4.10. ábra: Választott sebesség képenként.....	109
4.11. ábra: $v_{85}$ sebesség képenként.....	109
4.12. ábra: Sebességek szórása csoportonként.....	110
4.13. ábra: Sebességek relatív szórása csoportonként.....	110
4.14. ábra: Néhány példa a képekből.....	111
5.1. ábra: A válaszadók száma a választott csoportszám függvényében.....	114
5.2. ábra: Egy részlet a hasonlósági mátrixból – helyesen, nagy arányban csoportosított képpár .....	116
5.3. ábra: Egy részlet a hasonlósági mátrixból – helytelenül, nagy arányban csoportosított képpár .....	117
5.4. ábra: Egy részlet a hasonlósági mátrixból – kis arányban csoportosított nem összetartozó képpár .....	117
5.5. ábra: Két részlet a hasonlósági mátrixból – hasonlóság a mátrix-oszlopok között.....	119
5.6. ábra: Dendrogram 4 csoporttal.....	120
5.7. ábra: Dendrogram 5 csoporttal.....	121
5.8. ábra: Klasztertávolságok változása 10 klaszterig.....	122
5.9. ábra: Egy részlet a dendrogramból – belterületi utak helyesen összekapcsolva első lépésben .....	123
5.10. ábra: Egy részlet a dendrogramból - külterületi főutak helyesen összekapcsolva első lépésben .....	123

5.11. ábra: Egy részlet a dendrogramból – autópályák helyesen összekapcsolva .....	124
5.12. ábra: Egy részlet a dendrogramból – különböző úttípusok helytelenül összekapcsolva első lépésben .....	125
5.13. ábra: Egy részlet a dendrogramból – különböző úttípusok helytelenül összekapcsolva első lépésben a hasonlóútelelemeknek köszönhetően.....	126
5.14. ábra: Egy részlet a dendrogramból – összetartozó utak, amelyek csak későbbi lépésekorán kapcsolódtak össze .....	126
5.15. ábra: Egy részlet a dendrogramból – utak, amelyek későbbi lépések során kapcsolódtak össze.....	127
5.16. ábra: A képcsoportosítási feladat eredményeinek grafikus ábrázolása .....	127
5.17. ábra: Klaszterközéppontok távolsága 2-től 9 klaszterig .....	128
5.18. ábra: Utak csoportosítása két klaszterbe .....	130
5.19. ábra: Utak csoportosítása három klaszterbe .....	130
5.20. ábra: Utak csoportosítása négy klaszterbe .....	131
5.21. ábra: Utak csoportosítása öt klaszterbe.....	131
5.22. ábra: Utak csoportosítása hat klaszterbe .....	132
5.23. ábra: Utak csoportosítása hét klaszterbe .....	132
6.1. ábra: A választott sebesség és az egyértelműségi tényező összefüggése .....	138
6.2. ábra: Utak csoportosítása négy klaszterbe (a színek az eredeti útkategóriákat jelölik)...	139
6.3. ábra: A válaszadók száma a választott csoportszám függvényében.....	140
6.4. ábra: Utak csoportosítása hat klaszterbe .....	141
6.5. ábra: Egy részlet a dendrogramból – különböző úttípusok helytelenül összekapcsolva első lépésben .....	142
6.6. ábra: A képcsoportosítási feladat eredményeinek grafikus ábrázolása (a képek közötti hasonlóság ábrázolása - a színek az eredeti útkategóriákat jelölik).....	142
1-1. ábra: Az EKL 1 tervezési osztály jellemzői [Lippold, 2009] .....	1/5
1-2. ábra: Az EKL 2 tervezési osztály jellemzői [Lippold, 2009] .....	1/5
1-3. ábra: Az EKL 3 tervezési osztály jellemzői [Lippold, 2009] .....	1/6
1-4. ábra: Az EKL 4 tervezési osztály jellemzői [Lippold, 2009] .....	1/6



## Táblázatjegyzék

2.1. táblázat: A vizsgált emelt sebességű szakaszok jellemzői.....	27
2.2. táblázat: A vizsgált 2x1 sávos emelt sebességű szakaszok relatív baleseti mutatói.....	28
2.3. táblázat: A vizsgált 2x2 sávos emelt sebességű szakaszok relatív baleseti mutatói.....	28
2.4. táblázat: A vizsgált 2x1 sávos emelt sebességű szakaszok előtti-utáni szakaszok relatív baleseti mutatói .....	29
2.5. táblázat: A vizsgált 2x2 sávos emelt sebességű szakaszok előtti-utáni szakaszok relatív baleseti mutatói .....	30
2.6. táblázat: Korcsoport és bírságok mennyisége szerinti eltérések [Goldenbeld & van Schagen, 2007].....	37
2.7. táblázat: Út és útkörnyezeti jellemzők szerinti eltérések [Goldenbeld & van Schagen, 2007].....	37
2.8. táblázat: Javaslat az ideális önmagát magyarázó útkategóriák kialakításához [Weller & Dietze, 2010].....	48
2.9. táblázat: A fenntartható biztonság alapelvei [Wegman & Aarts, 2006].....	50
2.10. táblázat: Útkategóriák a kapcsolati funkció és a beépítés függvényében [FGSV, 2013]	56
2.11. táblázat: A tervezési osztály meghatározása a forgalmi szerep alapján .....	57
2.12. táblázat: Utak osztályozása az AASHTO rendszere alapján.....	58
3.1. táblázat: A vizsgált úttípusok fő jellemzői.....	68
3.2. táblázat A mért és a kérdőívből kapott sebességek összehasonlítása .....	70
3.3. táblázat: A változó ( $v_v$ ) eloszlásának vizsgálata Kolmogorov-Simirnov próbával .....	71
3.4. táblázat: Számított és eloszlásfüggvényből becsült $v_{85}$ sebességértékek.....	73
3.5. táblázat: Az 1. úttípus képenkénti és összesített eredményei.....	74
3.6. táblázat: A 2. úttípus képenkénti és összesített eredményei .....	75
3.7. táblázat: A 3. úttípus képenkénti és összesített eredményei .....	77
3.8. táblázat: A 4. úttípus képenkénti és összesített eredményei .....	78
3.9. táblázat: Az 5. úttípus képenkénti és összesített eredményei.....	79
3.10. táblázat: A 6. úttípus képenkénti és összesített eredményei .....	80
3.11. táblázat: A 7. úttípus képenkénti és összesített eredményei .....	81
3.12. táblázat: A hét külterületi úttípus összesített eredményei.....	82
3.13. táblázat: Az $F_{sz}$ -statisztika értékei az F-próbából a szórás alapján.....	84
3.14. táblázat: Az $F_{sz}$ -statisztika értékei az F-próbából a relatív szórás alapján .....	84
3.15. táblázat: Az $f$ szabadságfok értékei a Welch-tesztből .....	87
3.16. táblázat: A t-próbastatisztika a Welch-tesztből .....	87

3.17. táblázat: A főkomponensek sajátértékei és relatív fontosságuk.....	88
3.18. táblázat: A változók és a főkomponensek közötti korrelációk.....	89
3.19. táblázat: Az f szabadságfok értékei a Welch-tesztből.....	90
3.20. táblázat: A t-próbastatisztika a Welch-tesztből.....	91
3.21. táblázat: Z-statisztika értékei a Wilcoxon-próbából.....	93
3.22. táblázat: p értékei a Wilcoxon-próbából.....	93
3.23. táblázat: Klaszterek elemszáma.....	94
3.24. táblázat: Klaszterjellemzők számszerűsítve.....	95
3.25. táblázat: Klaszterjellemzők szövegesen.....	96
4.1. táblázat: A kérdőíves felmérés eredményei.....	99
4.2. táblázat: Az 1. kísérlet eredményei.....	103
4.3. táblázat: A 2. kísérlet eredményei.....	103
4.4. táblázat: A 3. kísérlet eredményei.....	104
4.5. táblázat: A 4. kísérlet eredményei.....	104
4.6. táblázat: A 4 kísérlet során a képekre kapott pontszámok eloszlása.....	105
4.7. táblázat: A felmérés eredményei – egyértelműségi tényező szerint csoportosítva.....	108
5.1. táblázat: A klaszterezés lépéseinél a az elemek átlagos négyzetes távolsága a saját klaszterközéppontjuktól.....	121
5.2. táblázat: A felmérésben használt képek típus szerint rendezve, színekkel jelölve.....	129
6.1. táblázat: A hét külterületi úttípus összesített eredményei.....	134
6.2. táblázat: A három vizsgált úttípus összesített eredményei.....	135
6.3. táblázat: Klaszterjellemzők.....	136
6.4. táblázat: A t-eloszlás a Welch-tesztből.....	136
6.5. táblázat: Képfelismerő szofver felismerési aránya.....	137
1-1. táblázat: Útkategóriákhoz tartozó szokásos forgalomnagyságok.....	1/2
1-2. táblázat: Tervezési osztályhoz tartozó keresztmetszeti kialakítás.....	1/3
1-3. táblázat: Csomóponti kialakítások megoldási módjai.....	1/4
1-4. táblázat: Körívsugarak javasolt alsó és felső értékei, javasolt minimális ívhosszak.....	1/4
1-5. táblázat: Az előzési elv.....	1/5
1-6. táblázat: Utak tervezési osztályba sorolása Thaiföldön.....	1/7
1-7. táblázat: Külterületi és belterületi utak osztályba sorolása Malajziában.....	1/8
1-8. táblázat: Tervezési sebesség Malajziában.....	1/8
1-9. táblázat: A tervezési osztály és a funkcióosztály közötti kapcsolat.....	1/9
1-10. táblázat: A tervezési osztályhoz tartozó keresztmetszeti méretek.....	1/9
1-11. táblázat: Utak osztályozása Pakisztánban.....	1/10

1-12. táblázat: Külterületi utak tervezési osztályba sorolása [KTSZ, 2008] .....	1/10
1-13. táblázat: Belterületi utak tervezési osztályba sorolása [KTSZ, 2008].....	1/11

## **Mellékletek**

1. számú melléklet: Utak osztályba sorolása – úttervezési előírások
2. számú melléklet: A felmérésekben használt útkeresztmetszetek
3. számú melléklet: A fényképes felmérés képeinek sebességválasztáshoz tartozó gyakorisági hisztogramjai
4. számú melléklet: A fényképes felmérés képeinek sebességválasztáshoz tartozó eloszlásfüggvényei
5. számú melléklet: Hasonlósági mátrix a képcsoportosítási vizsgálathoz
6. számú melléklet: Dendrogram a képcsoportosítási vizsgálathoz
7. számú melléklet: A képcsoportosítási vizsgálat eredményének grafikus megjelenítése (1)
8. számú melléklet: A képcsoportosítási vizsgálat eredményének grafikus megjelenítése (2)

### ***A holland útosztályozás***

Az önmagukat magyarázó utak kialakítását a holland útosztályozás alapján lehet jó megvilágítani. A kevés útosztályhoz jól definiált alapvető tervezési jellemzők tartoznak az alábbiak szerint.

Az átmenő utak jellemzői a holland tervezési elvek szerint:

- különszintű csomópontok
- nincs ingatlankiszolgálás
- irányok fizikai elválasztása
- legalább 2×1 sáv
- leállóöböl, leállósáv
- megengedett sebesség: 100 vagy 120 km/h
- lassú járművek nem használhatják

Az átmenő utakon a burkolat széleit jelző vonal mindig folyamatos.

Az elosztó utak jellemzői a holland tervezési elvek szerint:

- sebesség külterületen: 60–80 km/óra
- sebesség belterületen: 50–70 km/óra
- a két irány felfestéssel vagy fizikailag általában el van választva
- lassú járművek nem használhatják

A külterületi elosztó utak általános jellemzője, hogy a burkolat szélét jelző vonal szaggatott. Ez egyrészt határozottan megkülönbözteti az út képét az átmenő úttól, másrészt optikailag szűkíti az utat, ezáltal csökkentve a sebességet.

A külterületi elosztó utakon a két forgalmi sávnak megfelelő szélesség és 80 km/óra sebesség esetén (kettős) záróvonalat alkalmaznak, míg a 60 km/óra sebességre a középső terelővonal hiánya és két szélső szaggatott vonal optikai szűkítő hatása utal. Ebben az útosztályban sincs csupán középső szaggatott vonallal elválasztott keresztmetszet.

A belterületi elosztó utak általában kiemelt szegéllyel készülnek, ez önmagában hangsúlyozza a belterületi jelleget.

A középső fizikai elválasztást a magyarországitól eltérő módon irányonként egy sávos utakon is alkalmazzák új építésű utakon és meglévő utcák átalakításánál egyaránt. A keresztmetszetből adódóan az ilyen utakon nem alakulnak ki nagy sebességek, és a gyalogosok átkelése is biztonságos.

A középső elválasztósáv korlátozhatja a csomóponti mozgásokat, sok helyütt csak jobbra kis íves mozgásokat tesz lehetővé. A balra nagy íves mozgásokat ilyenkor az elválasztósáv helyenkénti megszakításával teszik lehetővé.

A kiszolgáló utak jellemzői a holland tervezési elvek szerint:

- ingatlan kiszolgálás megengedett
- sebesség külterületen: 60 km/h
- sebesség belterületen: 30 km/h
- az irányok nincsenek szétválasztva
- minden jármű használhatja

A sebességek csökkentése érdekében küszöbök, szigetek, sávelhúzások, sávszűkítések készülnek.

### ***A német útosztályozás***

Szokásos forgalomnagyságként az *1-1. táblázat* szerinti értékeket határozták meg. Az olyan utakat, amelyek az adott kategóriához képest aránytalanul nagy forgalmi jelentőségűek, pl. különösen nagy forgalmuk van vagy szokatlanul nagy távolságú utazásokat bonyolítanak le, az eggyel magasabb kategória szerint kell kialakítani. Hasonlóképpen, a szokásosnál kisebb forgalmú utakat eggyel alacsonyabb tervezési osztályba lehet sorolni.

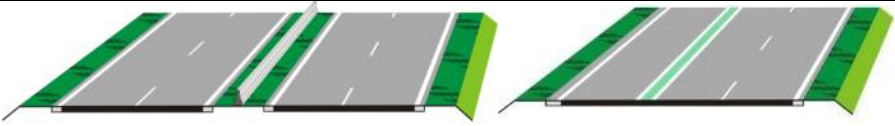


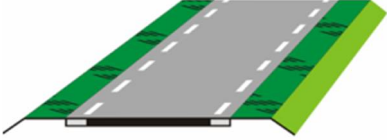
*1-1. táblázat: Útkategóriákhoz tartozó szokásos forgalomnagyságok*

Útkategória	Forgalomnagyság [jármű/nap]	
	Kis forgalom	Nagy forgalom
LS I	< 12.000	
LS II	< 8.000	> 15.000
LS III		> 13.000
LS IV		> 3.000

A tervezési osztályok határozzák meg az összes tervezési és üzemi jellemzőt, úgymint:

- a megkívánt keresztmetszet (*1-2. táblázat*),
- a megkívánt csomóponti kialakítás,
- a megkívánt ívsugarak tartománya,
- a megkívánt maximális hosszesés,
- a domború és a homorú lekerekítések
- a csomópontok forgalomirányítása.

1-2. táblázat: Tervezési osztályhoz tartozó keresztmetszeti kialakítás

Tervezési osztály	Keresztmetszeti kialakítás
EKL1	
EKL2	
EKL3	
EKL4	

Egy tervezési osztályban legfeljebb kétféle mintakeresztmetszet alkalmazható.

Az erősebb szabványosítás szellemében az egyes csomóponttípusok alkalmazási lehetőségét is megszabták. A keresztmetszetekhez hasonlóan egy tervezési osztályban csak egy-két csomóponttípust lehet alkalmazni. A csomóponttípus a csomópont formája és a forgalomirányítási mód kombinációját jelenti.

A csomópontok fajtái a következők:

- különszintű,
- részben különszintű,
- körforgalom,
- szintbeni.

A forgalomirányítás módjai:

- elsőbbségszabályozás jelzőtáblával,
- elsőbbségadás jelzőlámpával.

Az egyes tervezési osztályokra megvannak a legjellemzőbb csomóponttípusok. Az egyazon vagy különböző tervezési osztályba tartozó utak kereszteződésénél a csomópontok kialakítási lehetőségeit foglalja össze az 1-3. táblázat.

1-3. táblázat: Csomóponti kialakítások megoldási módjai

	EKL1	EKL2	EKL3	EKL4
EKL1				
EKL2				
EKL3				
EKL4				

A vonalvezetésben fontos változás a korábbi előíráshoz képest, hogy a legkisebb sugár ajánlott érték lett. Kényszerhelyzetben az ajánlott értékeknél kisebb sugarakat is lehet alkalmazni, ha az egymás után következő ívek sugarainak viszonya kielégíti az előírásokat. Ugyanakkor az ajánlott legnagyobb ívsugarakat is megadják (1-4. táblázat).

1-4. táblázat: Körívsugarak javasolt alsó és felső értékei, javasolt minimális ívhosszak

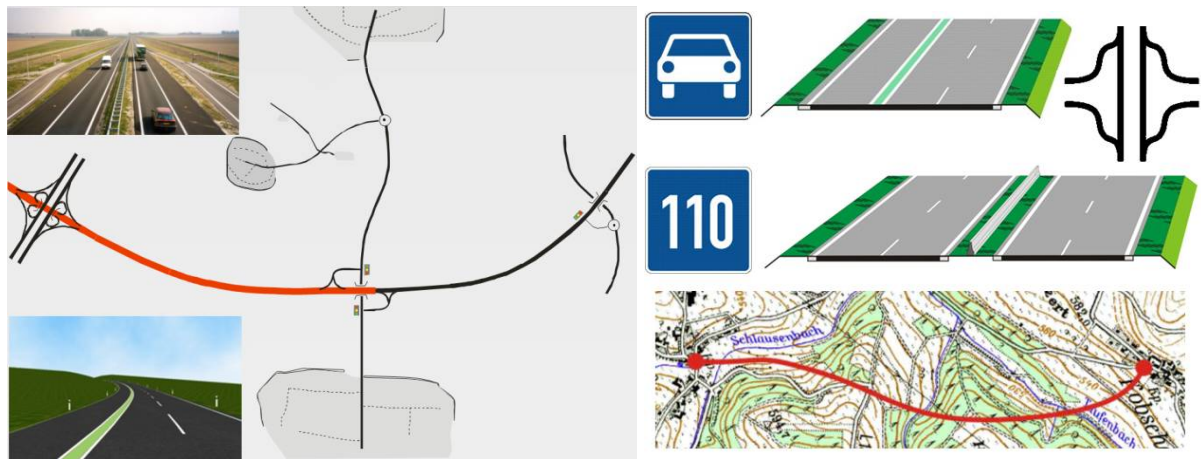
Tervezési osztály	Ívsugár tartomány R [m]	Minimális ívhossz L [m]
EKL1	$\geq 500$	70
EKL2	400 – 900	60
EKL3	300 – 600	50
EKL4	200 – 400	40

A korábbiaktól eltérően ebben az irányelvben nincs előírva az előzési látótávolsággal rendelkező útszakaszok kötelező aránya. Ezt a gyakorlatban nem ellenőrizték, és többnyire nem is teljesítették. Indoklásul két szempontot lehet felhozni. Az EKL1 és az EKL2 tervezési osztálynál az előzéseket a biztonságosabb előzési sávokon lehet végezni. Az olyan előzéseket, ahol az ellenirányú forgalmi sávot is igénybe kellene venni, útburkolati jelekkel tiltani kell. Az EKL3 és az EKL4 tervezési osztályok esetén – a kis utazási távolságok miatt – az előzési látótávolságokkal a tervezés során nem kell foglalkozni (1-5. táblázat).

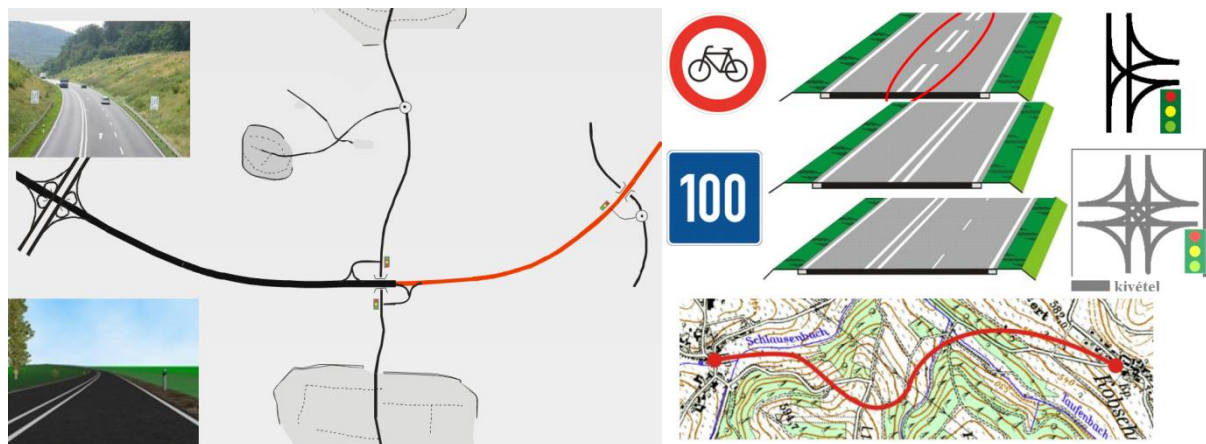
1-5. táblázat: Az előzési elv

Tervezési osztály	Előzés kezelése
EKL1	Előzési sávok folyamatosan váltakoztatva
EKL2	Helyenként előzési sáv
EKL3	Nincs tervezett előzési szakasz
EKL4	Az előzés nem kívánatos

Ezek a megfontolások az egyes tervezési osztályokon belül az elemeknek az 1-1. –1-4. ábrákon szereplő kombinációját eredményezik.

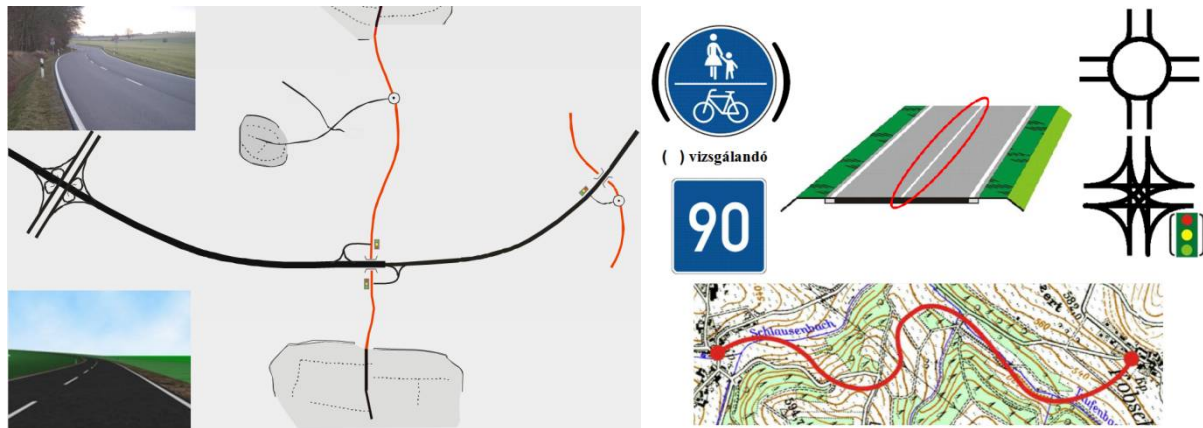


1-1. ábra: Az EKL 1 tervezési osztály jellemzői [Lippold, 2009]

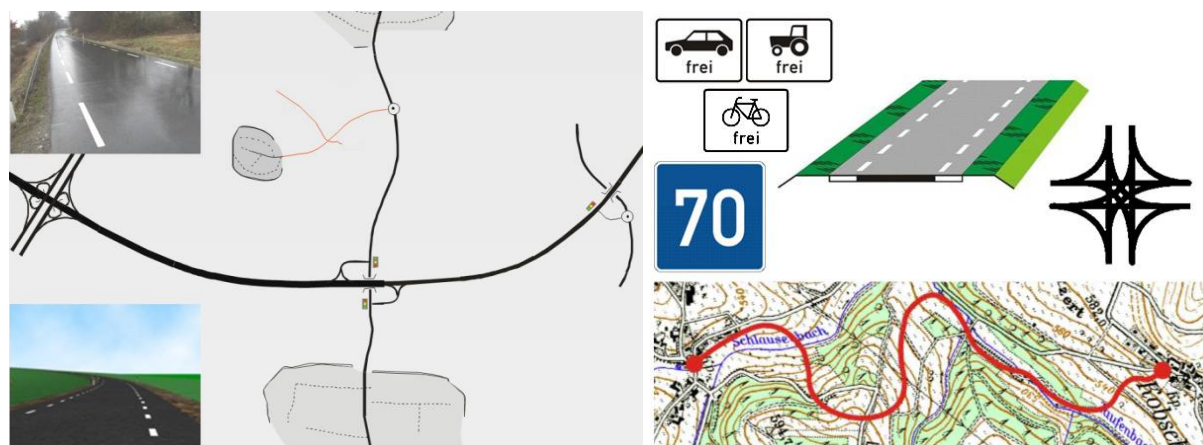


1-2. ábra: Az EKL 2 tervezési osztály jellemzői [Lippold, 2009]





1-3. ábra: Az EKL 3 tervezési osztály jellemzői [Lippold, 2009]



1-4. ábra: Az EKL 4 tervezési osztály jellemzői [Lippold, 2009]

Remélhetőleg a szabványosított és az „önmagukat magyarázó” utak itt leírt koncepciója az utak forgalombiztonságát növelő megoldás lesz.

### **További külföldi útosztályozások**

Az Európai Bizottság honlapján a mobilitással és közúti közlekedésbiztonsággal foglalkozó rész is kifejti, hogy az utakat úgy kell megtervezni, hogy azok megfeleljenek egy meghatározott funkciónak. Ezt kimondottan az utazási távolságokra, a forgalomnagyságra és a kívánt haladási sebességekre vonatkoztatva kell biztosítani. Az úthálózat ezáltal a legtöbb országban az utak hierarchikus rendszerének fejlődését tükrözi, amelynek legmagasabb szintjét az autópályák, legalacsonyabbat pedig a helyi bekötő utak képviselik. A gyakorlatban az alapvető hierarchia leginkább abban nyilvánul meg, hogy a legnagyobb forgalmat lebonyolító közutakat magasabb követelmények alapján, szigorúbb előírásoknak megfelelően tervezik meg. Fontos azonban az is, hogy a hierarchia úgy jöjjön létre, hogy az előírásoknak megfelelően összehangolja az út kialakítását a funkciójával az egész hálózaton

keresztül. Ez különösen fontos akkor, amikor különböző funkcionális szinteket vagy különböző földrajzi egységeket más-más közúti hatóságok kezelnek [European Commission, 2014].

Thaiföldön az utaknak az átlagos napi forgalom alapján hat tervezési osztályát különböztetik meg: D (osztott pályás), 1, 2, 3, 4, 5. A tervezési sebesség ebből az osztályozásból adódik (1-6. táblázat):

1-6. táblázat: Utak tervezési osztályba sorolása Thaiföldön

Osztály		D	1	2	3	4	5
ÁNF		>8000	4000-8000	2000-4000	1000-2000	300-1000	<300
Tervezési sebesség (km/h)	Síkvidék	90-110			70-90	60-80	
	Dombvidék	80-110			55-70	50-60	
	Hegyvidék	70-90			40-55	30-50	

Malajziában a külterületi utak 5 kategóriáját különböztetik meg:

- Autópálya: osztott pályás gyorsforgalmi út átmenő forgalom lebonyolítására, valamennyi csomópontja külön szintű
- Autóút: regionális hálózati elem, a hosszabb utak lebonyolítására, az autópálya hálózat kiegészítése
- Elsőrendű főút: főúthálózat a szövetségi államon belül
- Másodrendű főút: főúthálózat a kisebb közigazgatási egységen belül
- Mellékút: helyi utak

Tervezési osztályok:

- R6/U6: legmagasabb geometriai tervezési normák, utazási sebesség  $\geq 90$  km/h, osztott pályás út, a felhasználók körének korlátozásával
- R5/U5: magas geometriai tervezési normák, utazási sebesség  $\geq 80$  km/h, osztott pályás és osztatlan pályás szakaszok váltakozva, a felhasználók körének részleges korlátozásával
- R4/U4: átlagos geometriai tervezési normák, utazási sebesség  $\geq 70$  km/h, általában a felhasználók körének részleges korlátozásával
- R3/U3: alacsony geometriai tervezési normák a helyi forgalom lebonyolítására, a felhasználók körének részleges korlátozásával vagy korlátozás nélkül, sebesség 60 km/h
- R2/U2: alacsony geometriai tervezési normák a helyi alacsony forgalom lebonyolítására, a felhasználók körének korlátozása nélkül, sebesség 50 km/h
- R1/U1: legalacsonyabb geometriai tervezési normák, sebesség  $\leq 40$  km/h

A tervezési osztályt a forgalomnagyság szerint az 1-7. táblázat alapján választják ki.

1-7. táblázat: Külterületi és belterületi utak osztályba sorolása Malajziában

Terület és útkategória	Átlagos napi forgalom					
	Bármekkora forgalom	>10000	3000-10000	1000-3000	150-1000	<150
<b>KÜLTERÜLET</b>						
autópálya	R6	-	-	-	-	-
autóút	R5	-	-	-	-	-
elsődrendű főút	-	R5	R4	-	-	-
másodrendű főút	-	-	R4	R3	-	-
mellékút	-	-	-	-	R2	R1
<b>BELTERÜLET</b>						
autópálya	U6	-	-	-	-	-
átmenő út	-	U5	U4	-	-	-
elosztó út	-	U5	U4	U3	-	-
kiszolgáló út	-	-	U4	U3	U2	U1

A tervezési sebesség pedig a tervezési osztály és a terepviszonyoktól függően az 1-8. táblázat alapján alakul.

1-8. táblázat: Tervezési sebesség Malajziában

Útosztály	Tervezési sebesség (km/h)		
	Terep		
	Síkvidék	Dombvidék	Hegyvidék
R6	110	100	80
R5	100	90	70
R4	90	80	60
R3	80	60	50
R2	60	50	40
R1	50	50	30

Tanzániában az útosztályokat és a hozzájuk tartozó keresztmetszeti elrendezés méreteit tartalmazza az 1-9. táblázat és 1-10. táblázat.

1-9. táblázat: A tervezési osztály és a funkcióosztály közötti kapcsolat

Tervezési osztály	ÁNF (jármű/nap) a tervezés évében	Funkcióosztály				
		A	B	C	D	E
DC1	>8000	X	X			
DC2	4000-8000	X	X			
DC3	1000-4000	X	X			
DC4	400-1000	XM	X	X		
DC5	200-400		XM	X		
DC6	50-200			X	X	
DC7	20-50			X	X	X
DC8	<20				X	X

X – sík és dobvidéki utakra alkalmazva

M – minimális előírás a megfelelő funkcióosztályra vonatkoztatva

1-10. táblázat: A tervezési osztályhoz tartozó keresztmetszeti méretek

Tervezési osztály	Útfelület	Útterület szélessége (m)	Útpálya szélessége (m)	Útpálya			Padka szélesség (m)	Középső elválasztás szélessége (m)
				Burkolat szélesség (m)	Forg. sáv szélesség (m)	Sávok száma		
DC1	Burkolt	60	28-31	2 x 7,0	3,5	≥4	2 x 2,5*	9-12
DC2		60	11,5	7,5	3,75	2	2 x 2,0	-
DC3		60	11,0	7,0	3,5	2	2 x 2,0	-
DC4		60	9,5	6,5	3,25	2	2 x 1,5	-
DC5		60	8,5	6,5	3,25	2	2 x 1,0	-
DC6	Murva vagy burkolt	40	8,0	6,0	3,0	2	2 x 1,0	
DC7	Murva	30	7,5	5,5	2,75	2	2 x 1,0	
DC8	Földút vagy murva	20	6,0	4,0	4,0	1	2 x 1,0	

\* a belső padka szélességét (2 x 0,9m) a középső elválasztás tartalmazza

A pakisztáni útosztályozási rendszer

- a forgalomnagyság és a szolgáltatási szint alapján,

- a geometriai tervezés jellege alapján:

8 alapvető úttípust különböztet meg (1-11. táblázat) [AboutCivil.org, 2013].

1-11. táblázat: Utak osztályozása Pakisztánban

<i>Lakott területen kívüli:</i>	<i>Lakott területi:</i>
Helyi út	Helyi út
Gyűjtőút	Gyűjtőút
Főút	Főút
Autópálya	Autópálya

### A magyar útosztályozás

A magyar utakat a Közutak tervezése (KTSZ), e-UT 03.01.11 számú útügyi műszaki előírás az 1-12. táblázat és az 1-13. táblázat szerint osztályozza [KTSZ, 2008].

1-12. táblázat: Külterületi utak tervezési osztályba sorolása [KTSZ, 2008]

Külterületi utak		Tervezési osztály	Környezeti körülmény	Tervezési sebesség $v$ (km/h)
Gyorsforgalmi utak	Autópálya	K.I.	A	130
			B, C	110
	Autóút	K.II.	A	90
			B, C	90
Főutak	I. rendű	K.III.	A, B	90
			C	80
	II. rendű	K.IV.	A	90
			B	70
			C	60
Mellékutak	Összekötő út, bekötőút, állomáshoz, révhez, repülőtérhez vezető út	K.V.	A	90
			B	70
			C	50
Egyéb közút	Pl. mezőgazdasági út, szervizút stb.	K.VI.	Hálózati szerep szerint	60 50 30
	Kerékpárút	K.VII.	ÚT 2-1.203 szerint	
	Gyalogút	K.VIII.		

Megállapíthatjuk, hogy a (hálózati) funkció csak a belterületi utaknál szerepel az osztályozásban az alábbi értelmezésben:

- meghatározó településszerkezeti elemek: kapcsolati funkció előnyben a feltáró és kiszolgáló funkcióval szemben.
- jelentős településszerkezeti elemek: a kapcsolati funkció előnyben részesítése mellett feltáró funkció is
- lokális területszerkezeti elemek: a feltáró és kiszolgáló funkció közötti helyes arány a kapcsolati funkció korlátozásával.

- d) a területszerkezet szempontjából nem jelentős: a kiszolgáló funkciót biztosítani, a feltáró funkciót szabályozni, a kapcsolati funkciót tiltani.

1-13. táblázat: Belterületi utak tervezési osztályba sorolása [KTSZ, 2008]

Belterületi utak		Tervezési osztály	Hálózati funkció	Környezeti körülmény	Tervezési sebesség v (km/h)	
Gyorsforgalmi utak	Autópálya	B.I.		A B, C	110 90	
	Autóút	B.II.		A B, C	90 80	
Főutak	I. rendű főút	B.III.	a	A B C	80 70 60	
				II. rendű főút	B.IV.	b
	Gyűjtőút	B.V.	c			
				Mellékutak	B.VI.	d
Lakóút, kiszolgáló út, vegyes használatú út	B.VI.					
Kerékpárút	B.VII.					
	Gyalogút	B.VIII.				

A két táblázatban a tervezési osztályok száma összesen 16, míg a környezeti körülmények és a hálózati funkció belépésével összesen 37 sort számolhatunk össze. Bár az előírás nem így nevezi, tulajdonképpen 37 tervezési alosztályt határoz meg. Ehhez még hozzászámolhatjuk a korábban tárgyalt négyféle emelt sebességű utat és a különböző fórumokon felmerülő javaslatokat újabb úttípusok bevezetésére.

*A felmérésekben használt útkeresztmetszetek – 1. úttípus*



*A felmérésekben használt útkeresztmetszetek – 2. úttípus*





*A felmérésekben használt útkeresztmetszetek – 3. úttípus*



*A felmérésekben használt útkeresztmetszetek – 4. úttípus*



*A felmérésekben használt útkeresztmetszetek – 5. úttípus*



*A felmérésekben használt útkeresztmetszetek – 6. úttípus*



*A felmérésekben használt útkeresztmetszetek – 7. úttípus*

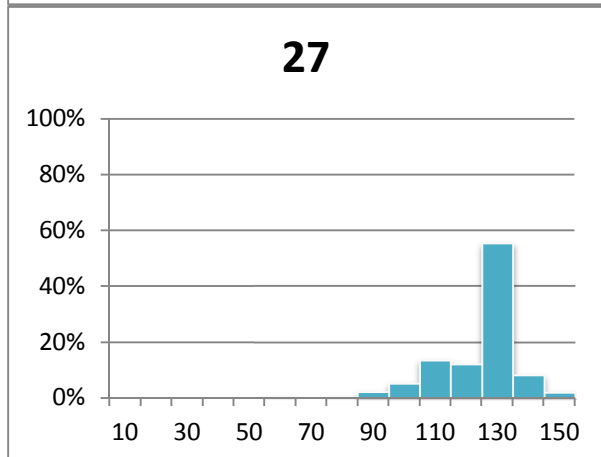
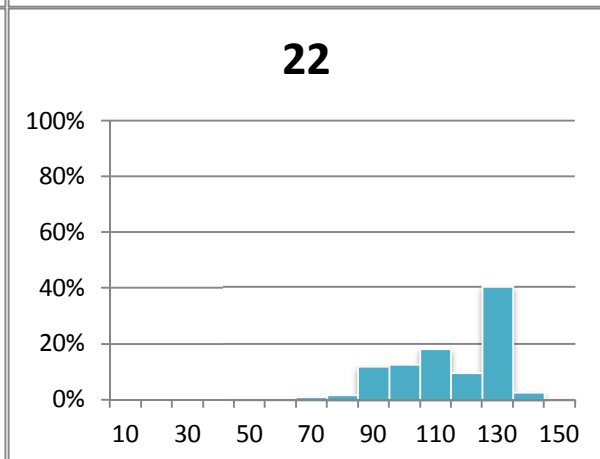
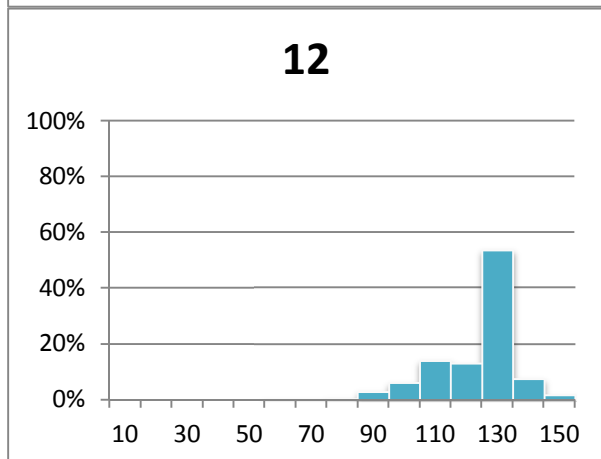
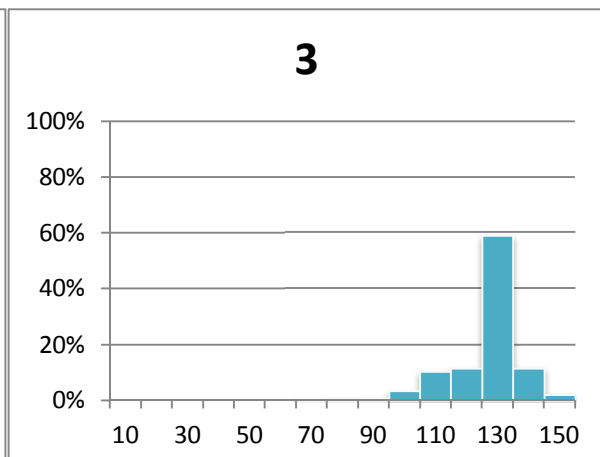
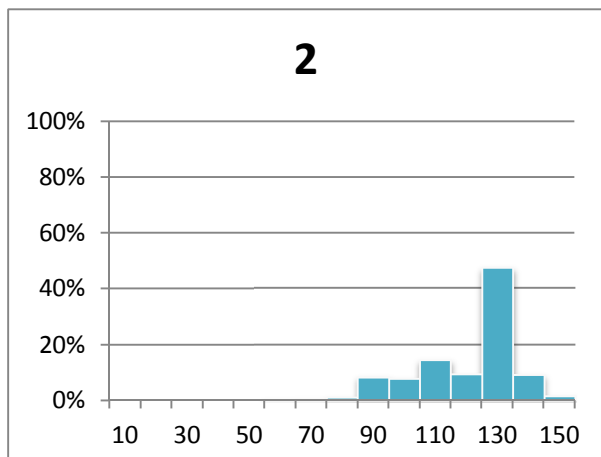
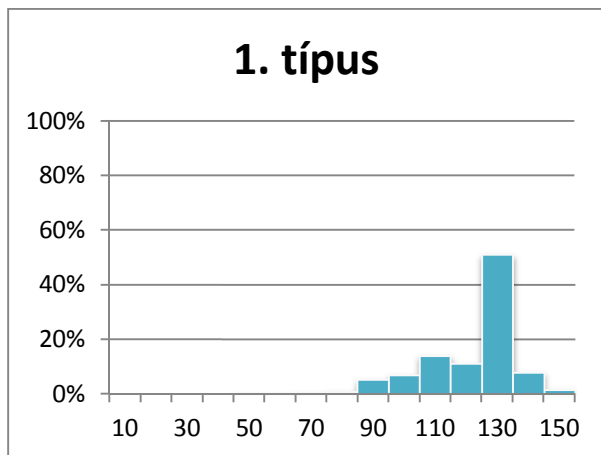


*A felmérésekben használt útkeresztmetszetek – 8. úttípus*

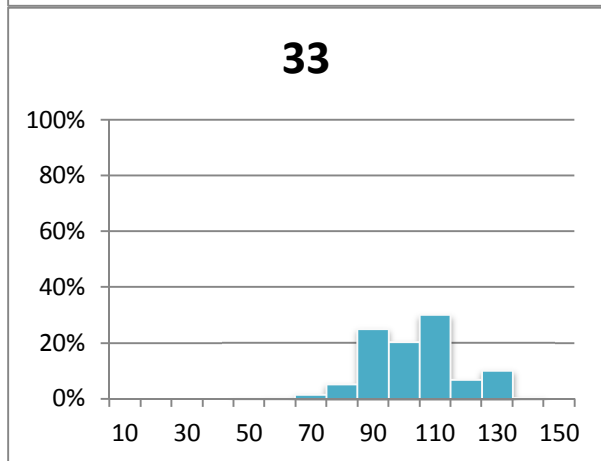
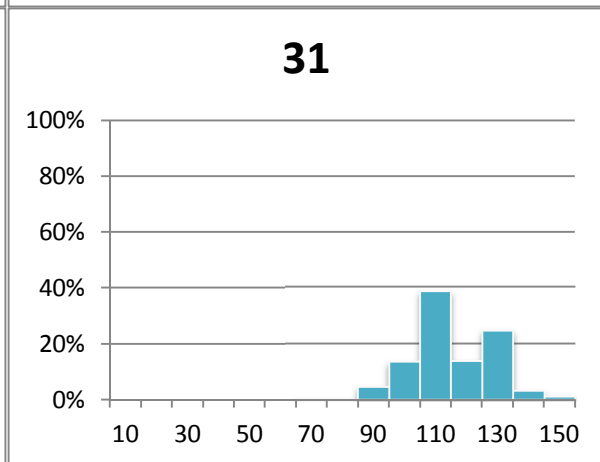
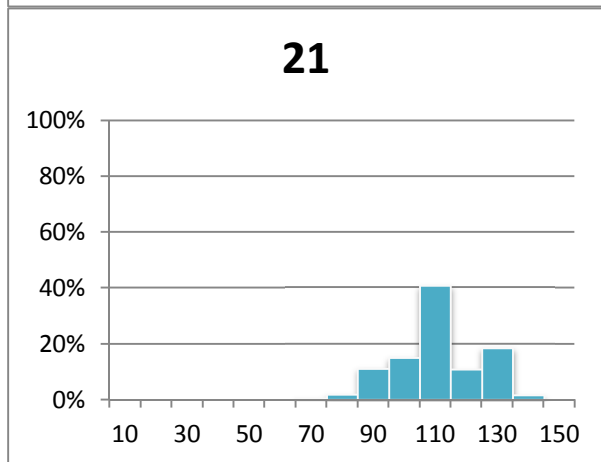
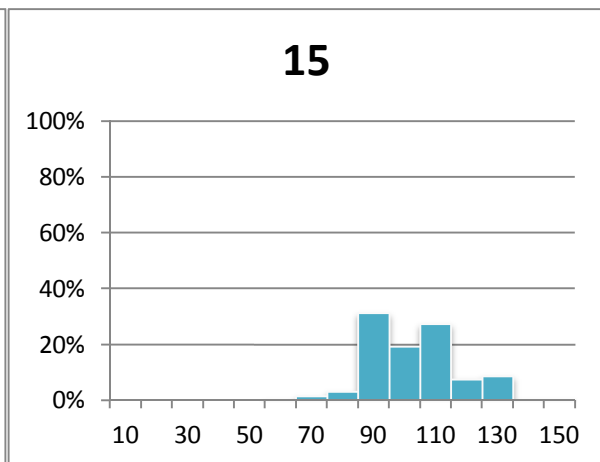
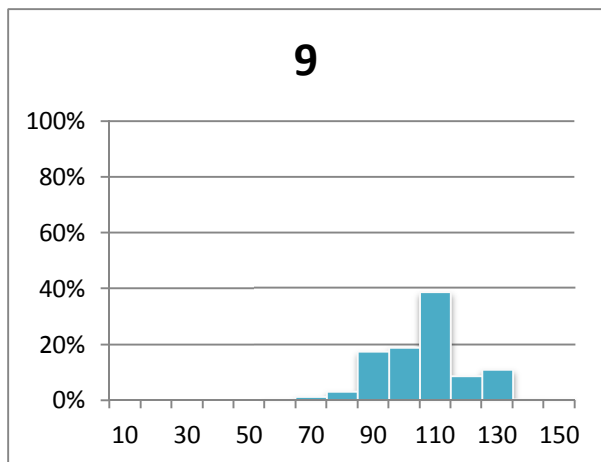
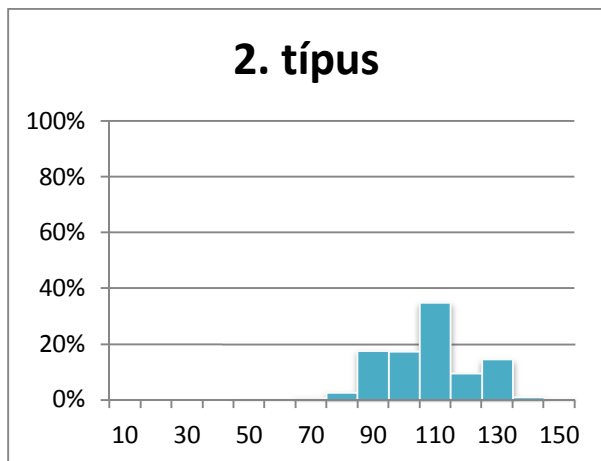


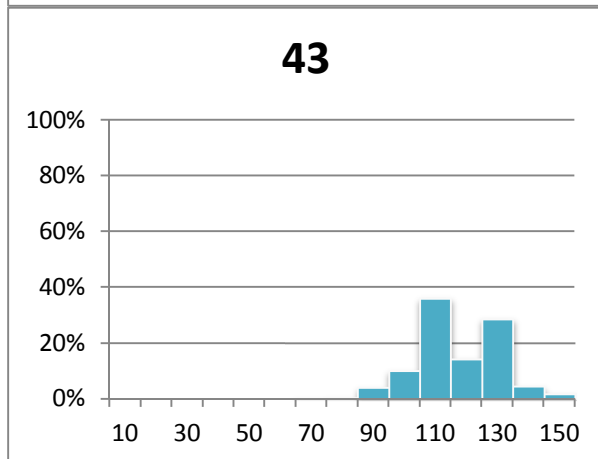
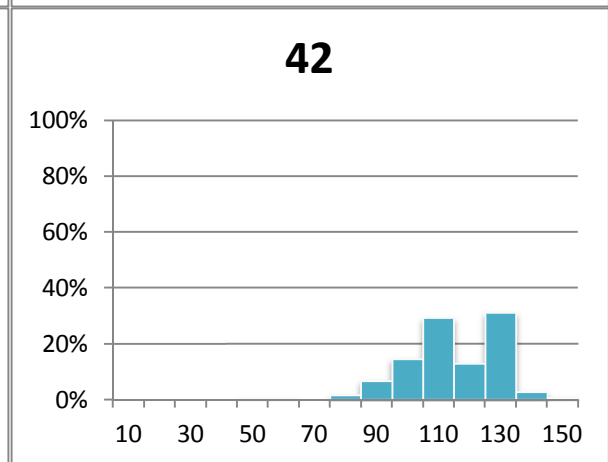
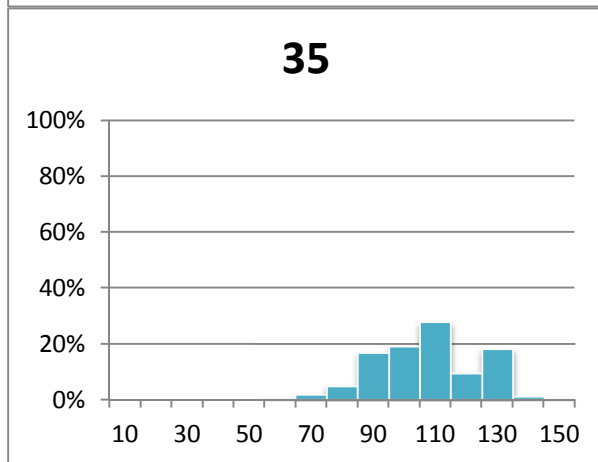
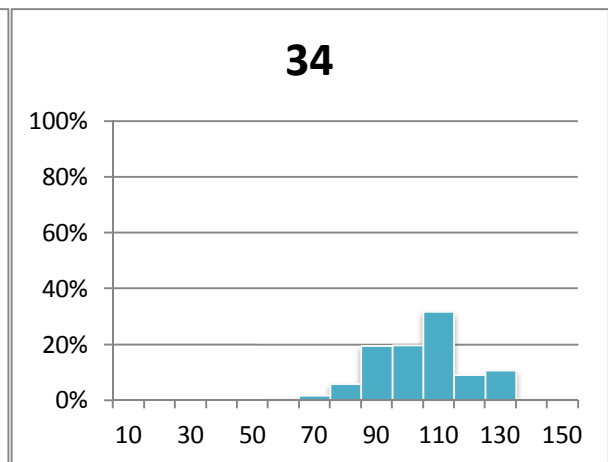
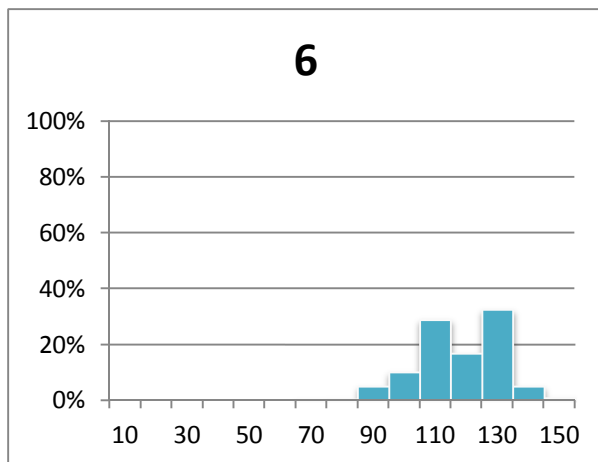
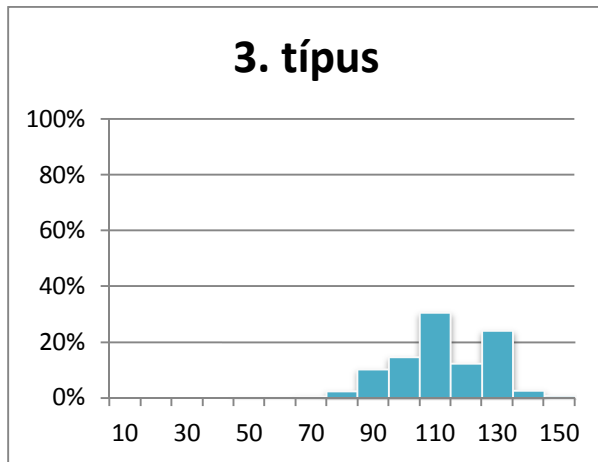
*A felmérésekben használt útkeresztmetszetek – 9. úttípus*

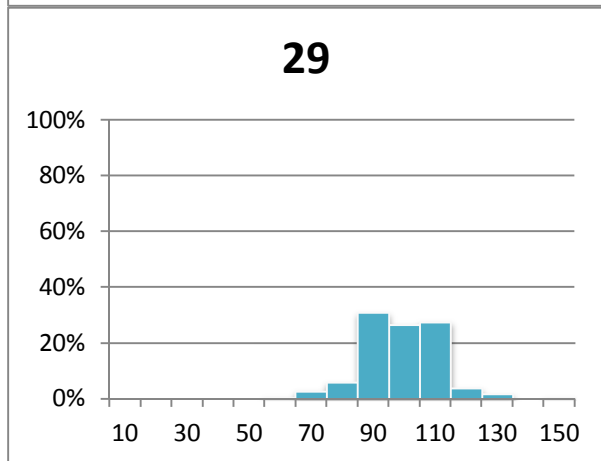
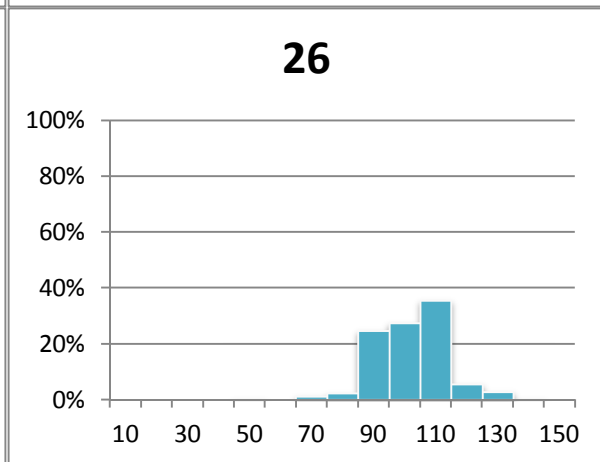
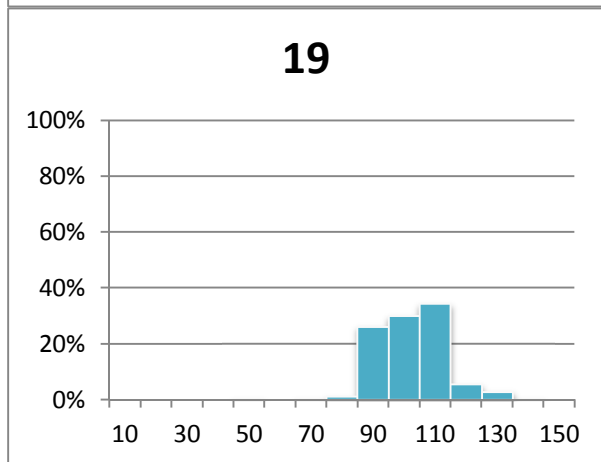
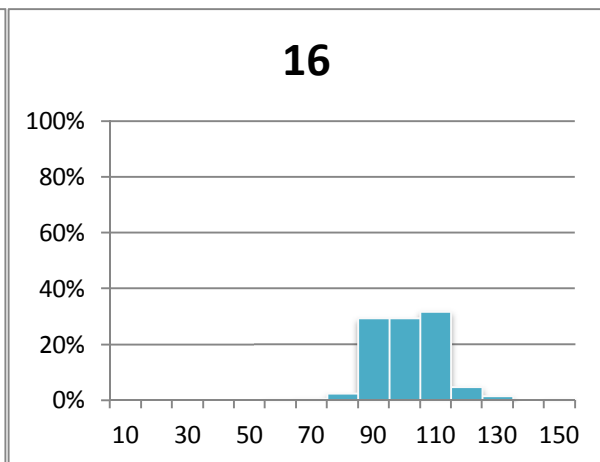
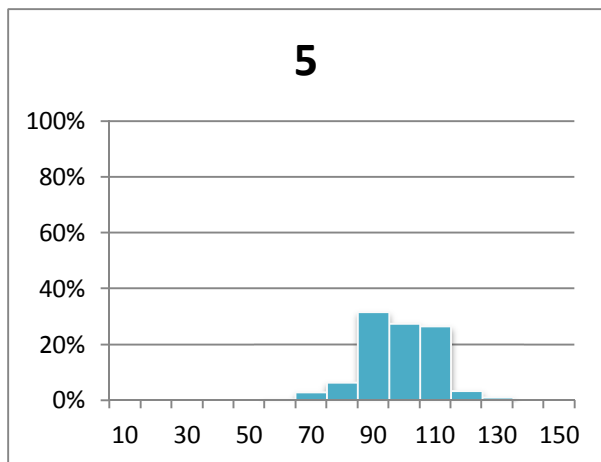
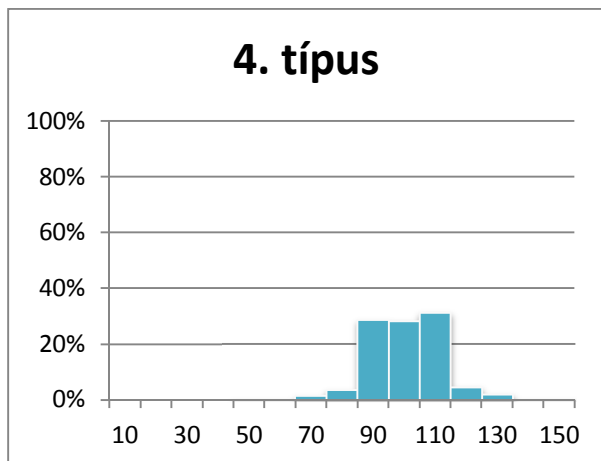


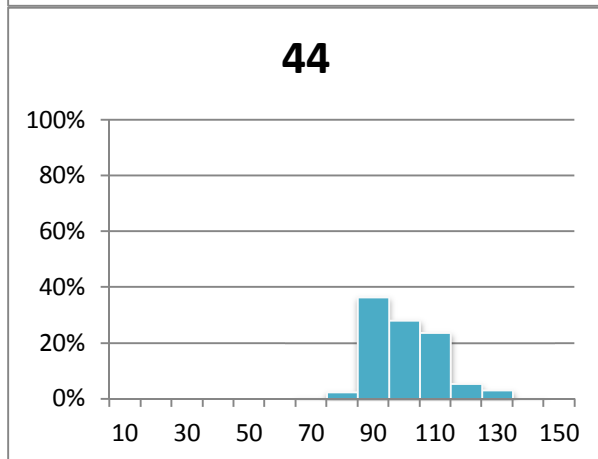
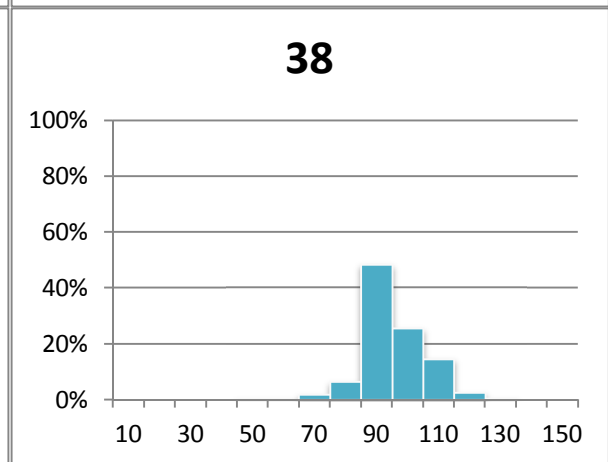
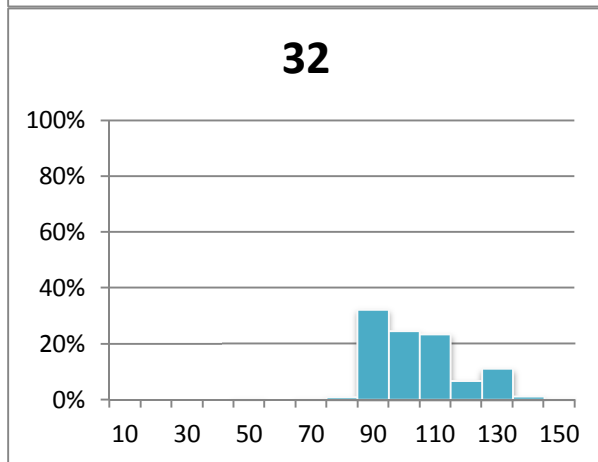
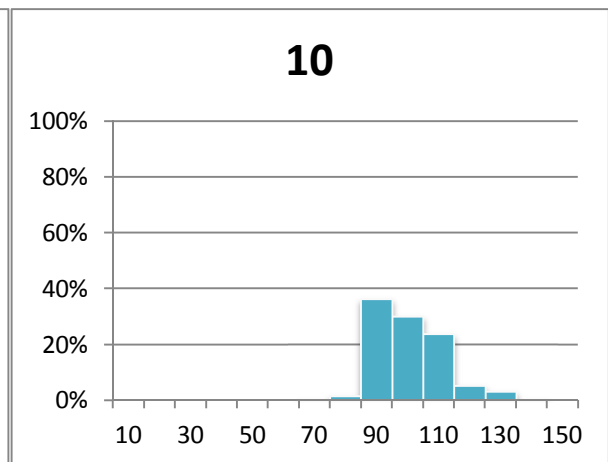
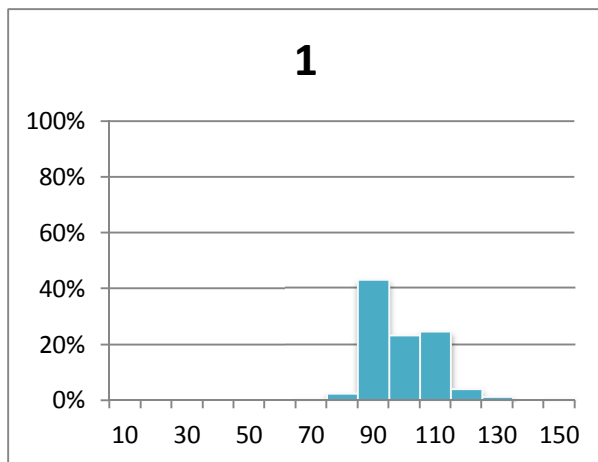
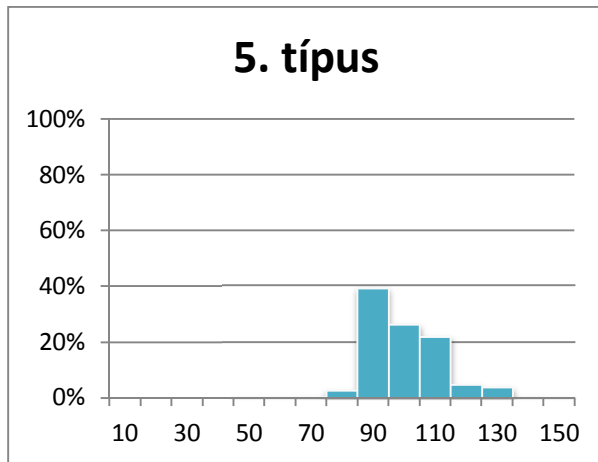


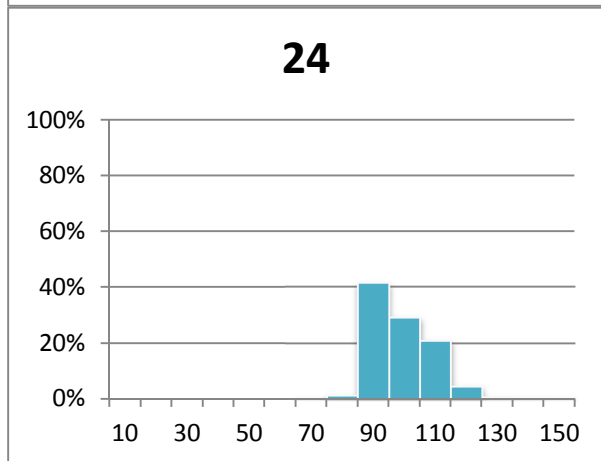
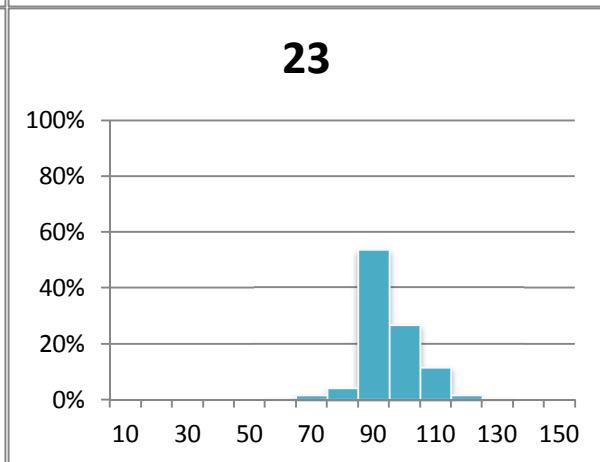
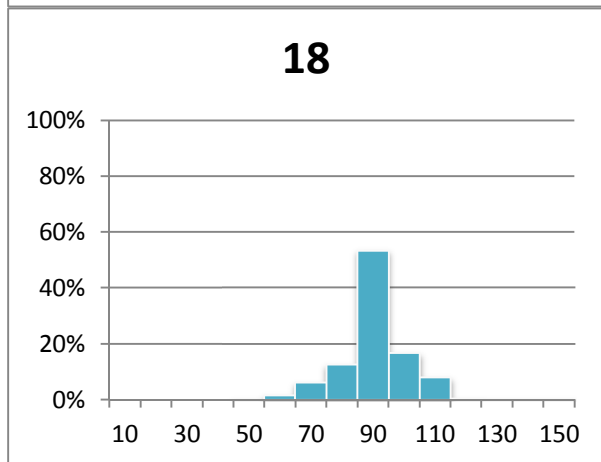
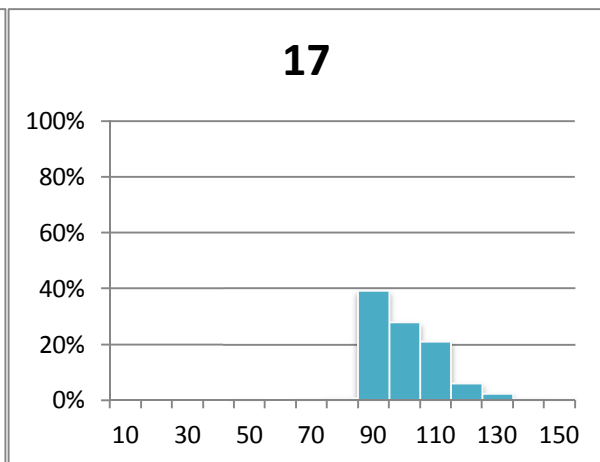
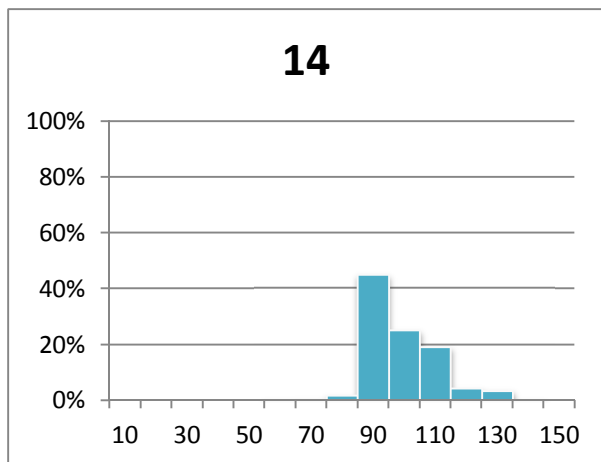
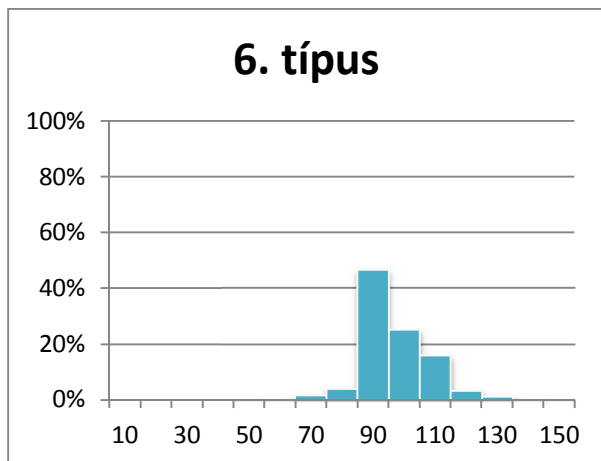


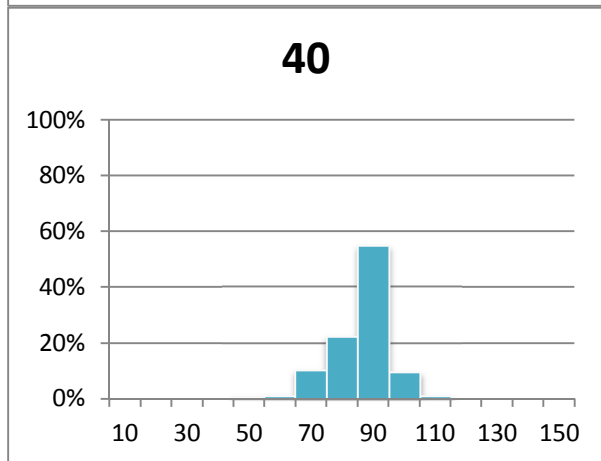
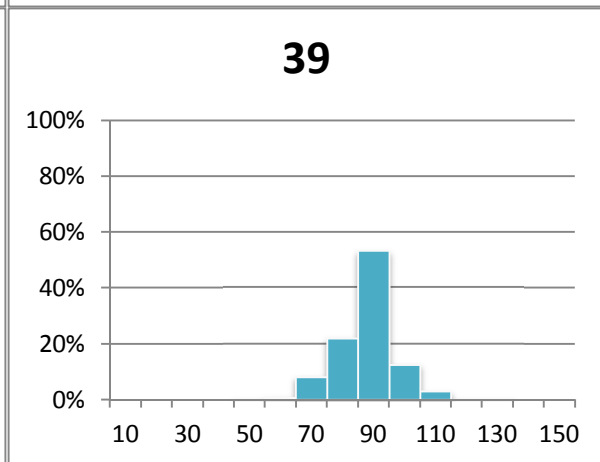
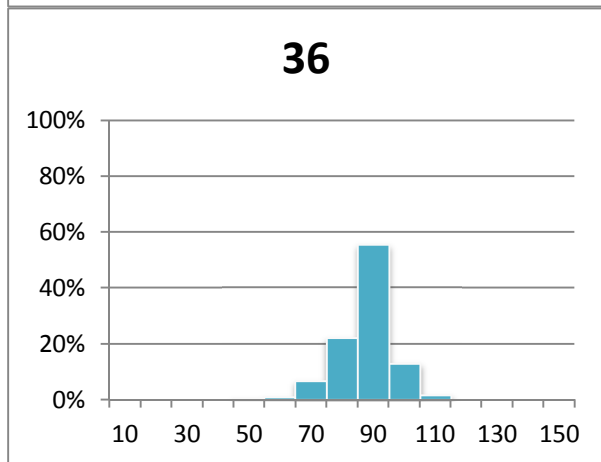
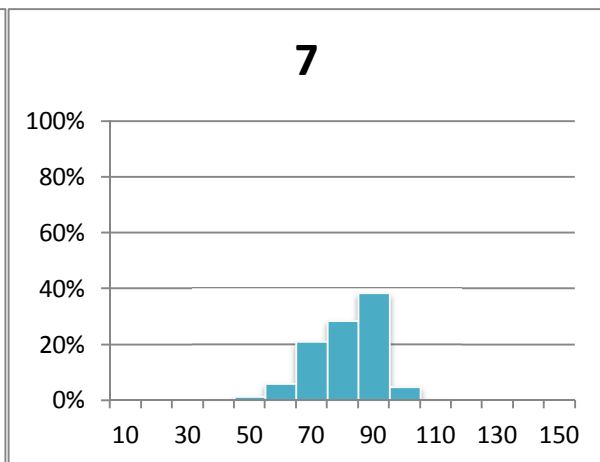
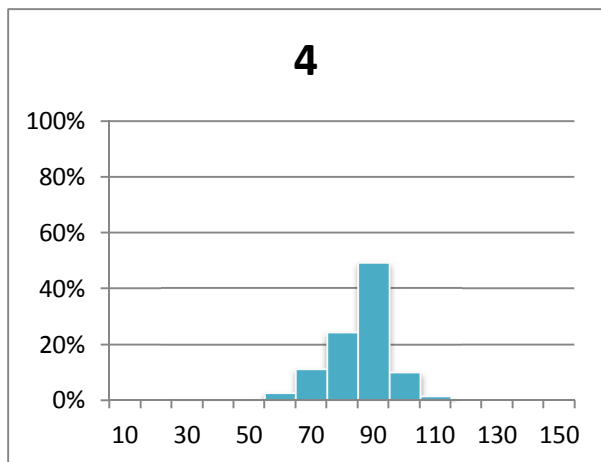
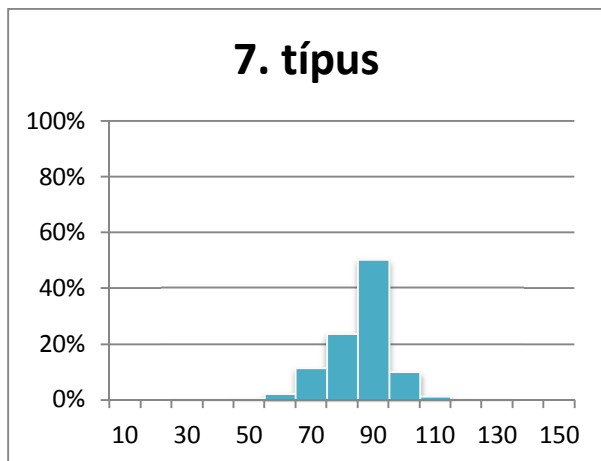


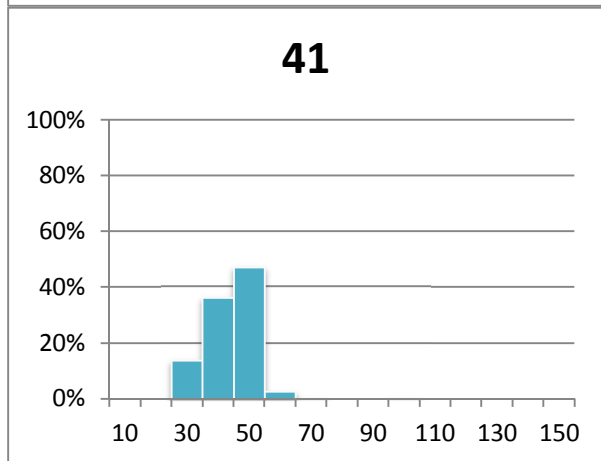
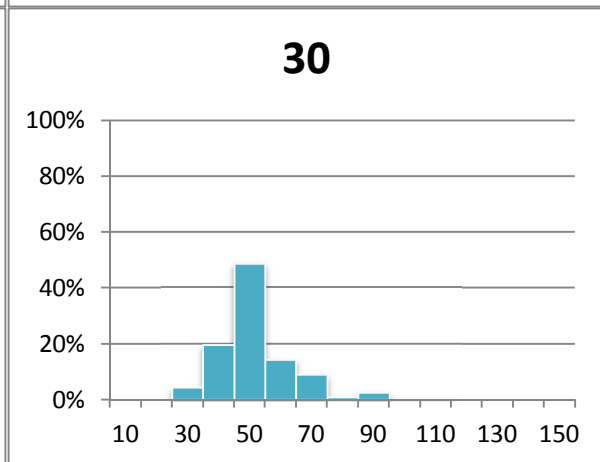
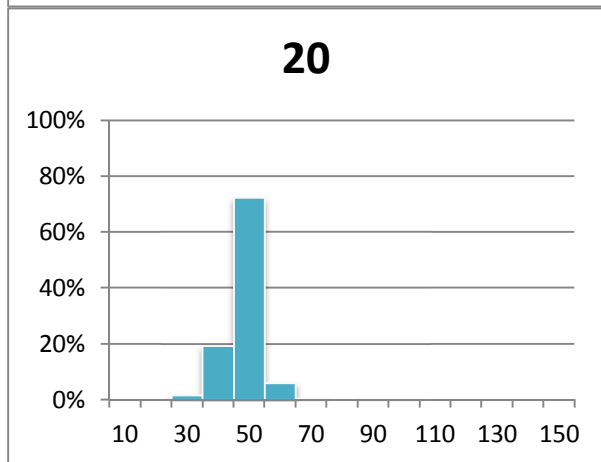
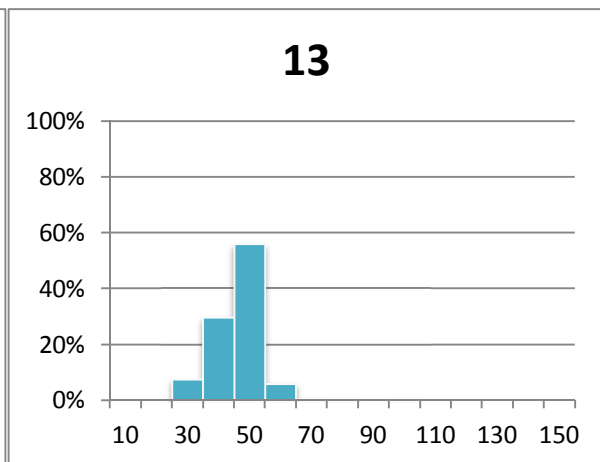
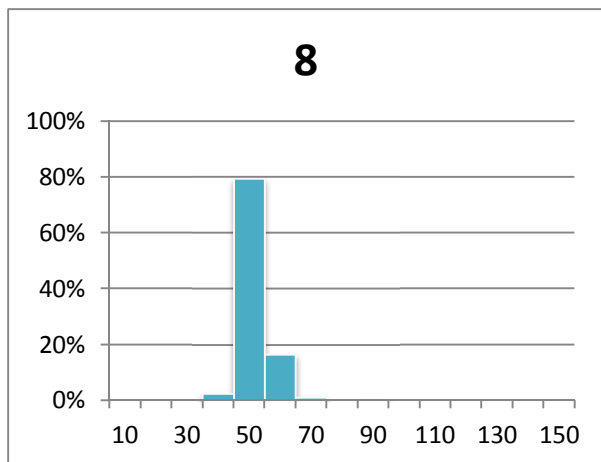
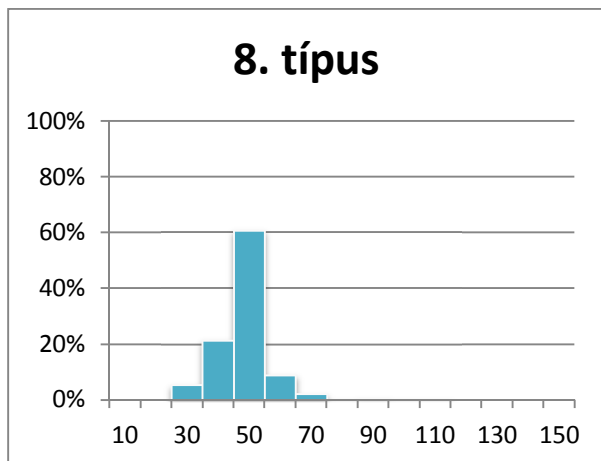


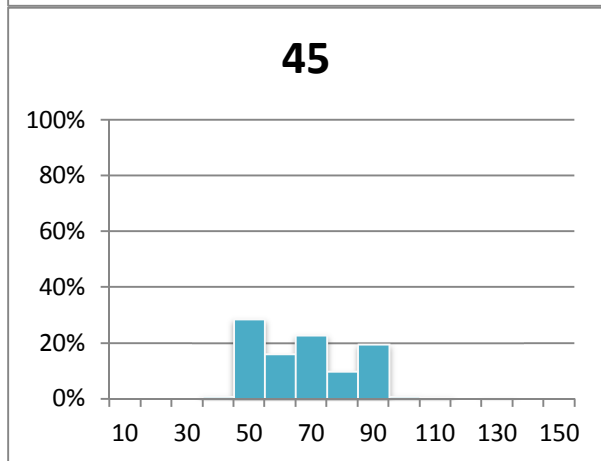
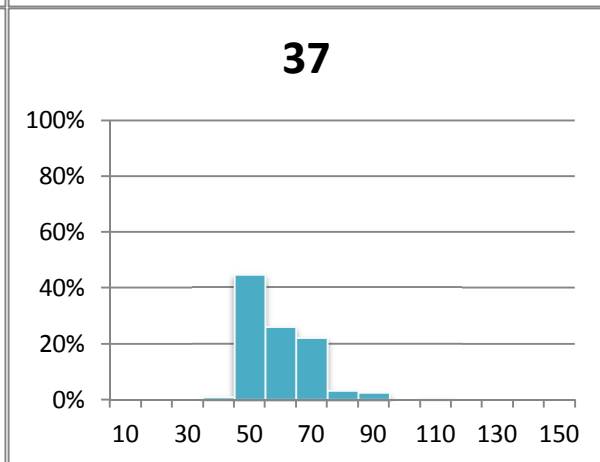
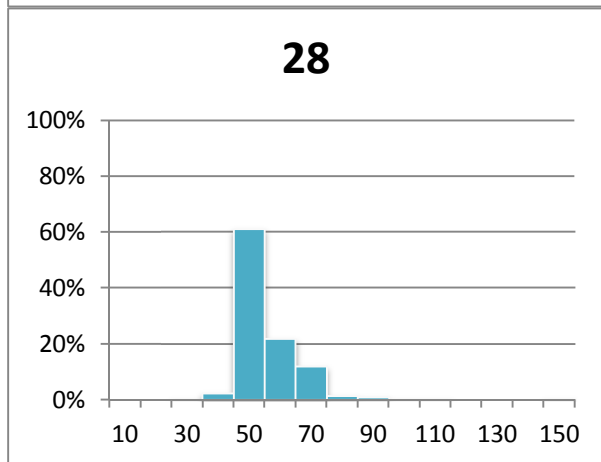
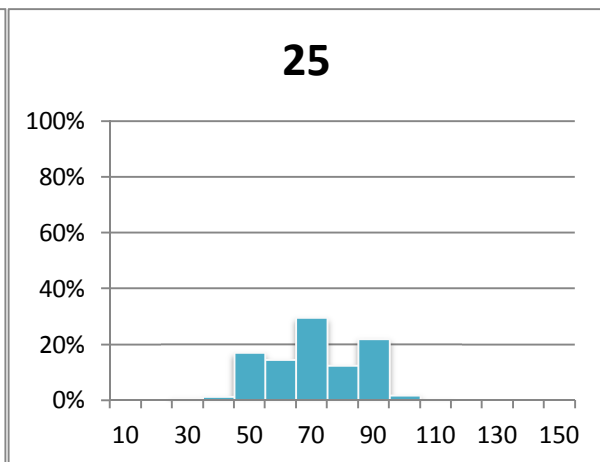
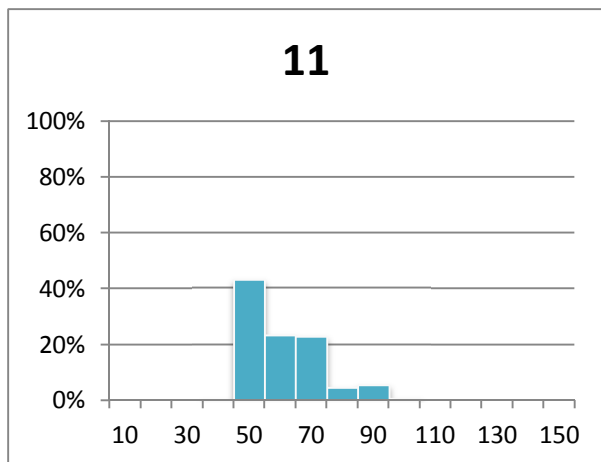
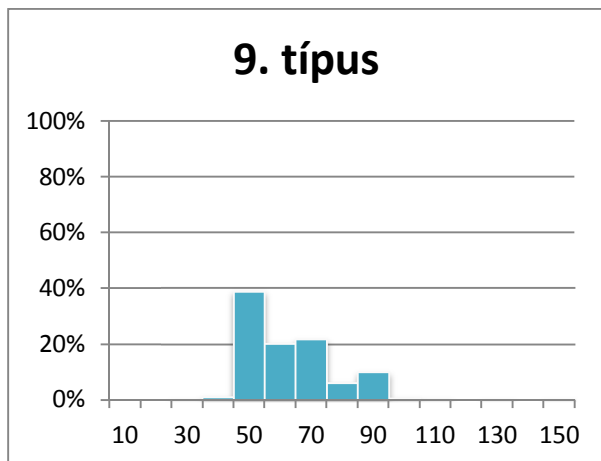




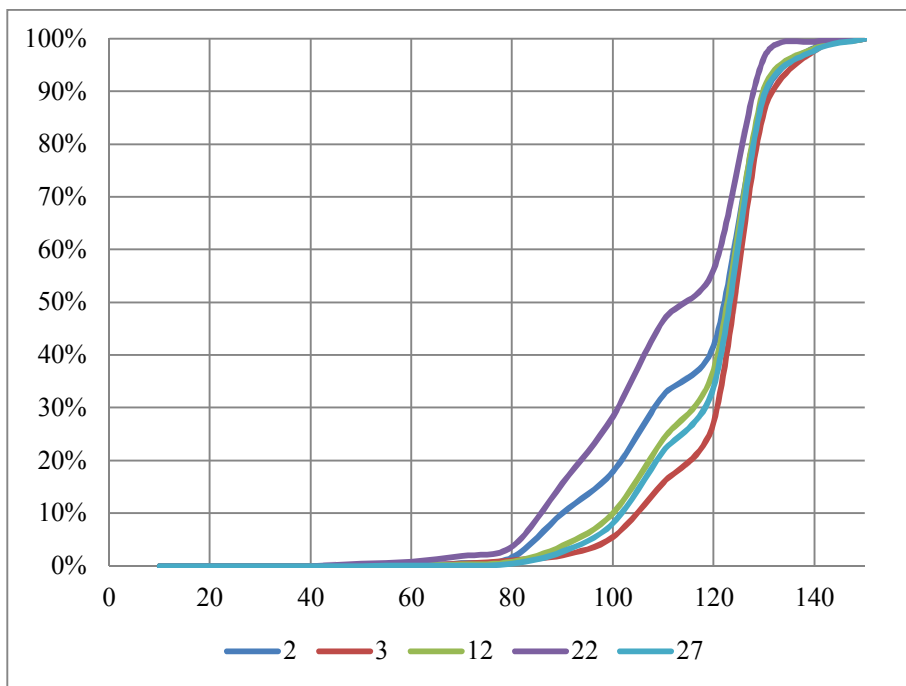
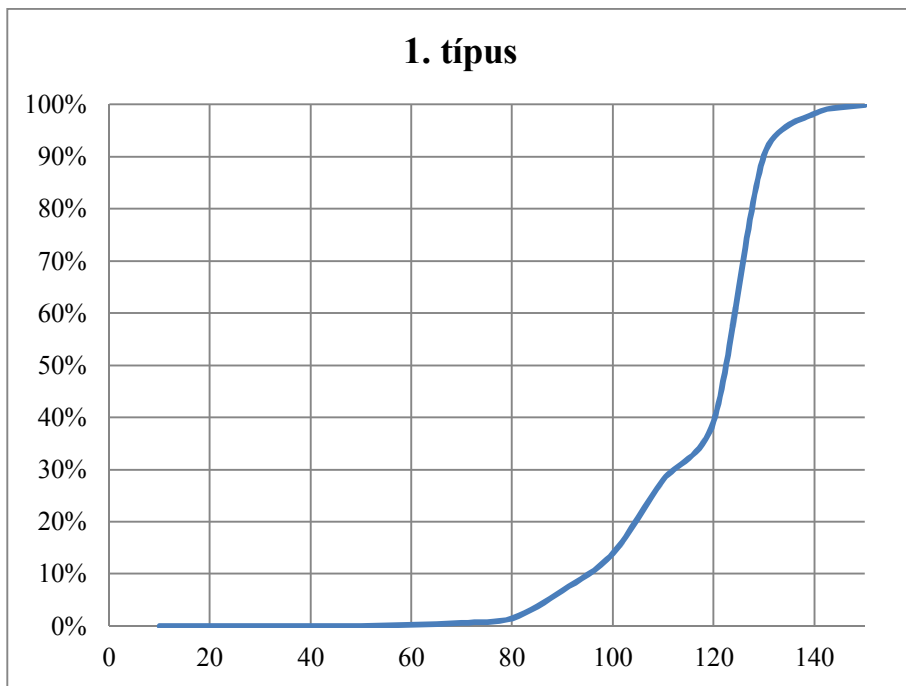


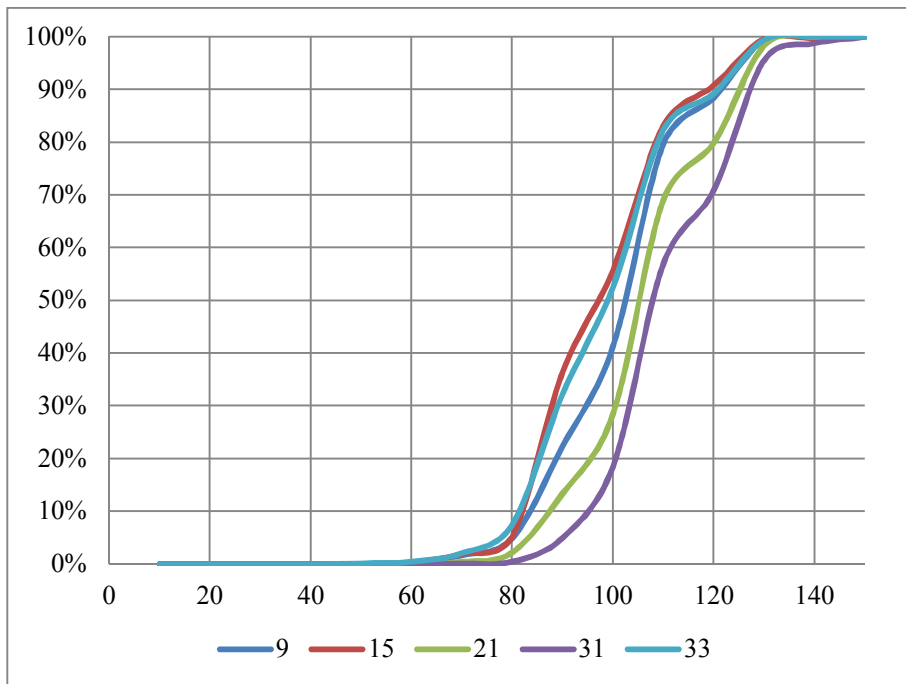
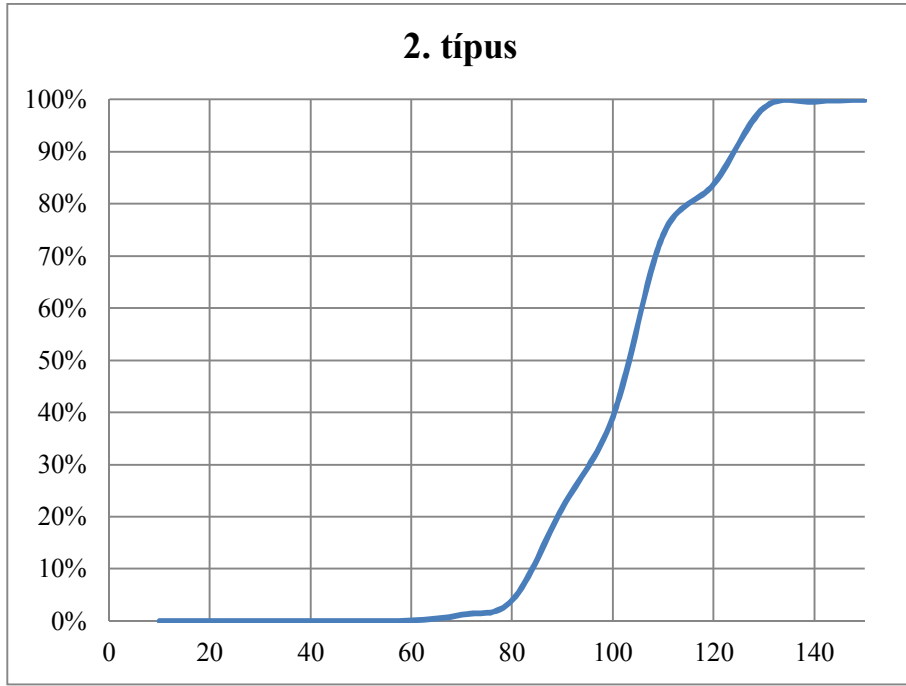


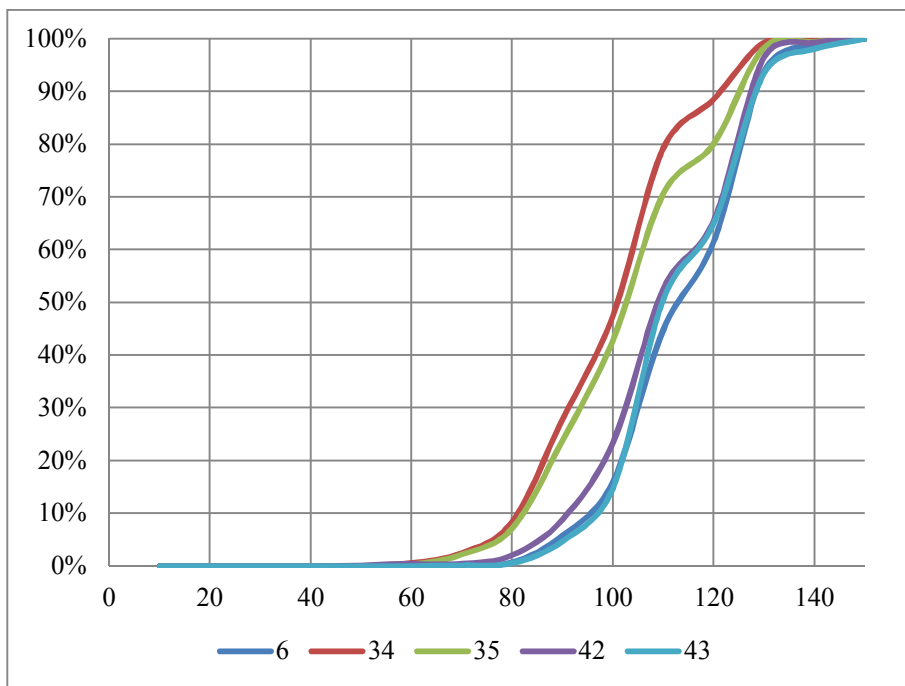
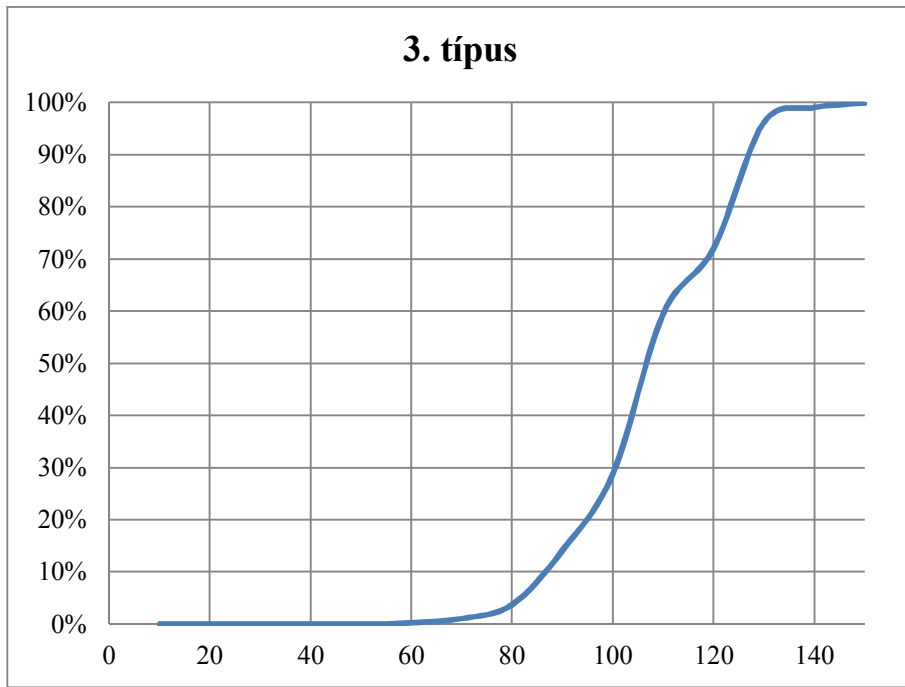


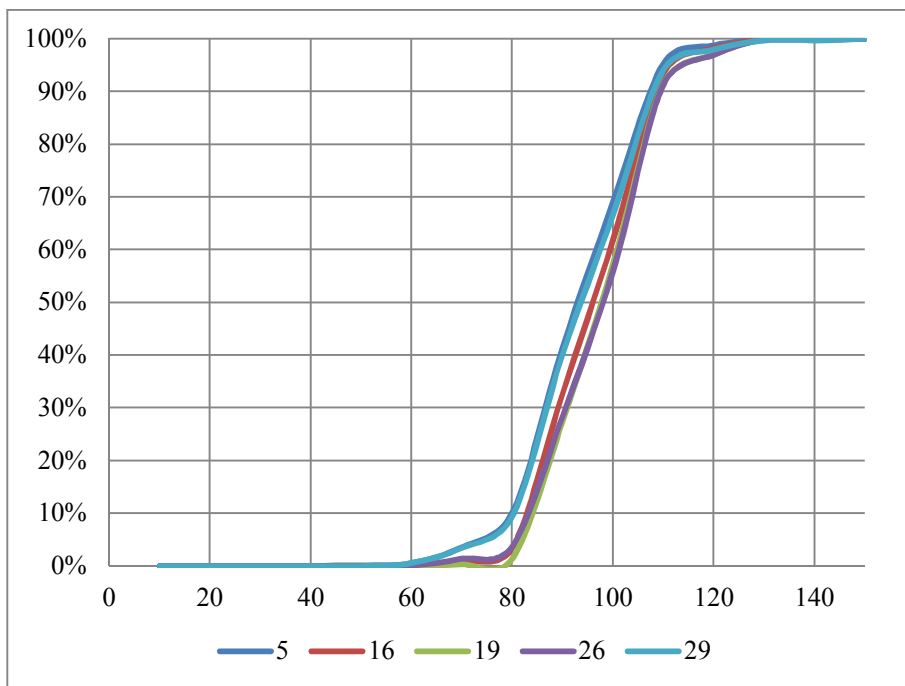
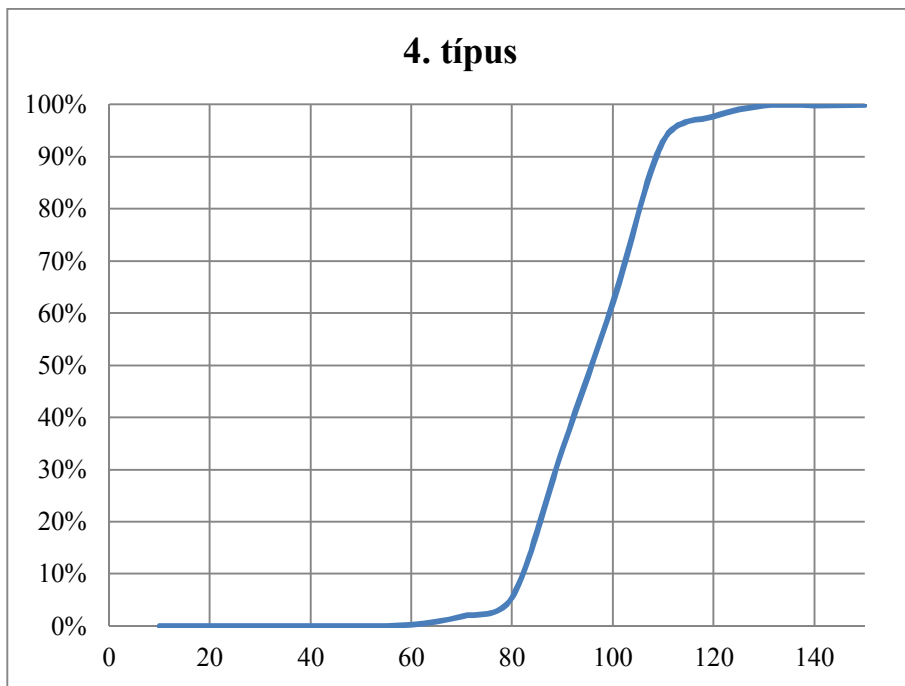


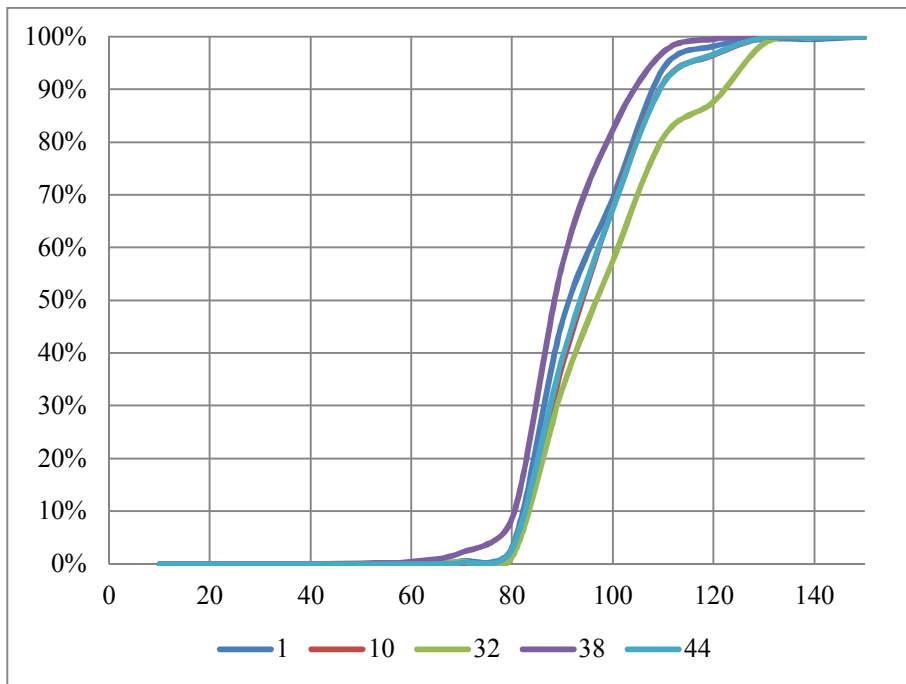
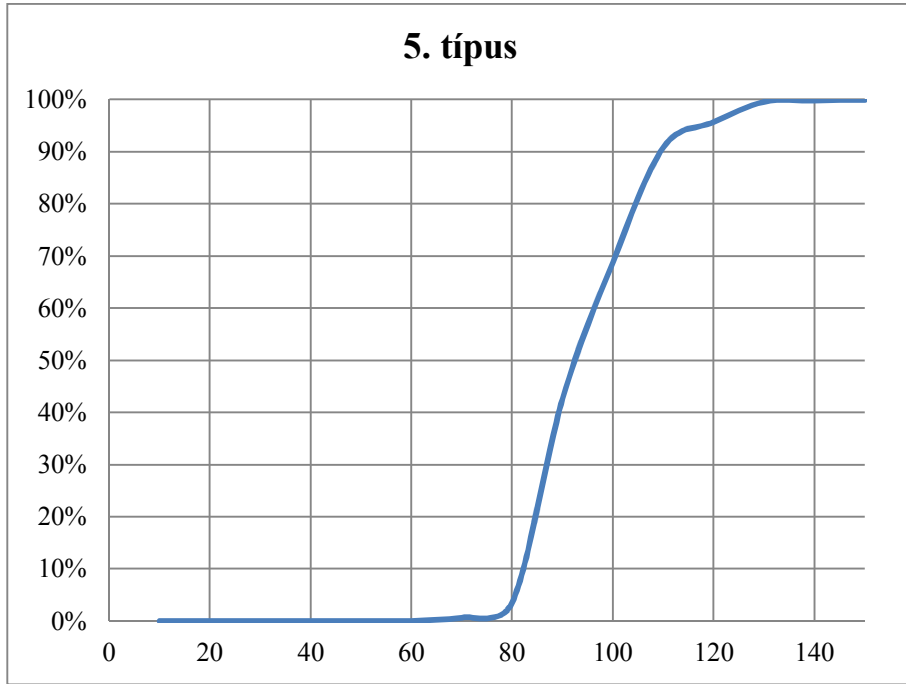


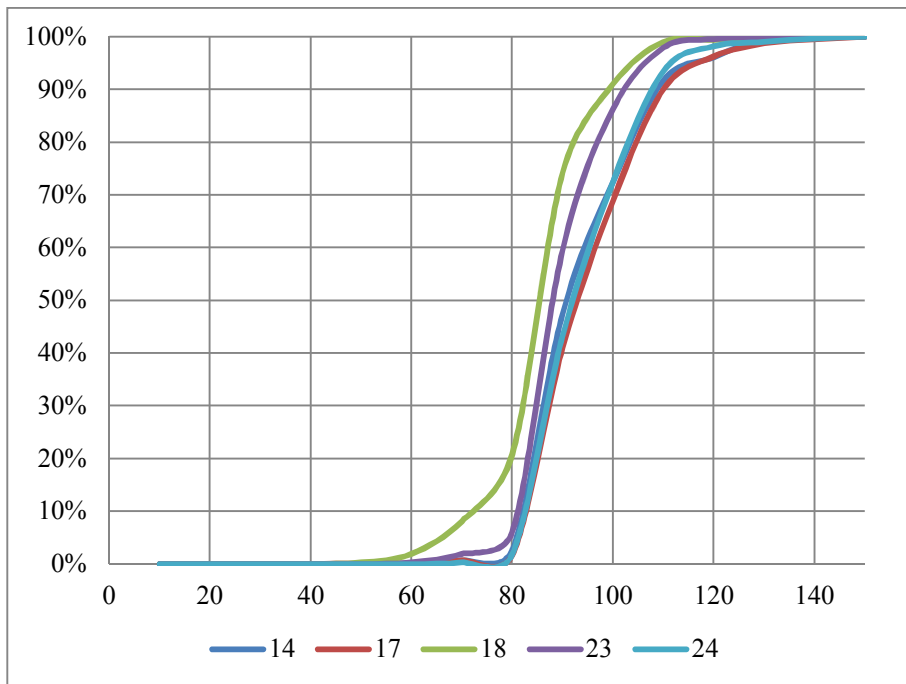
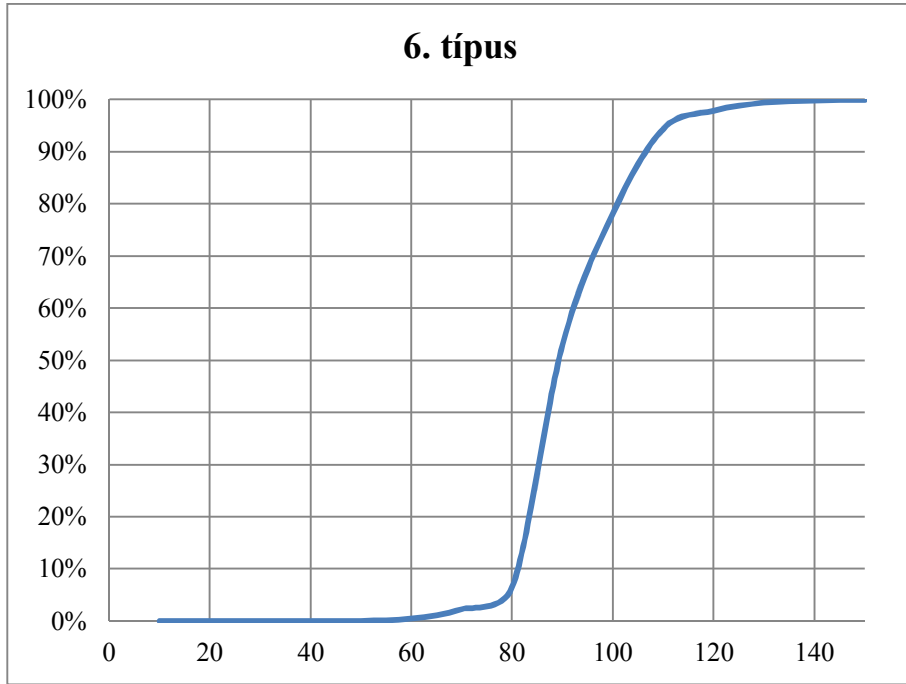


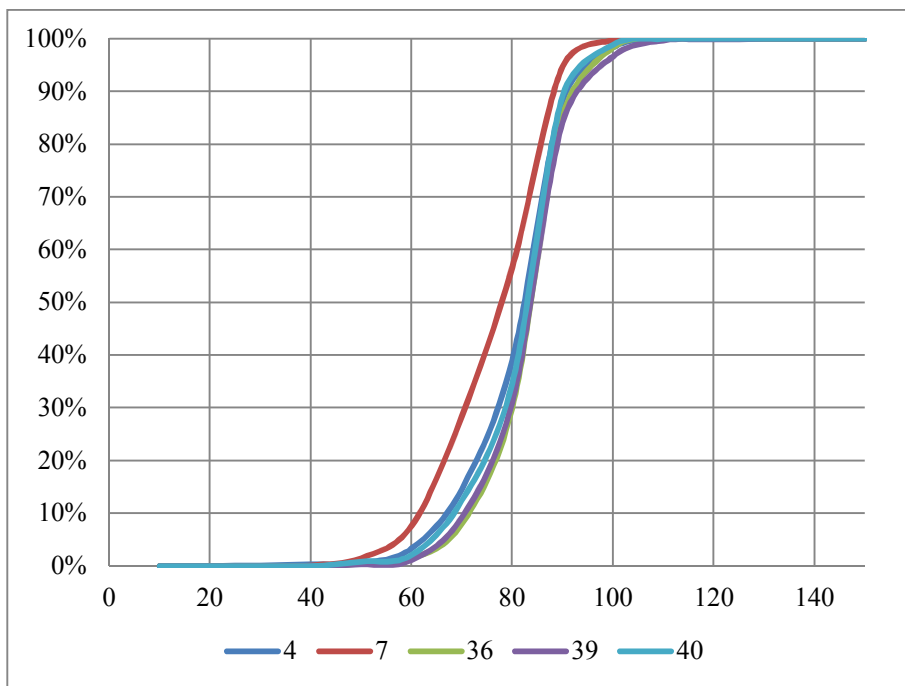
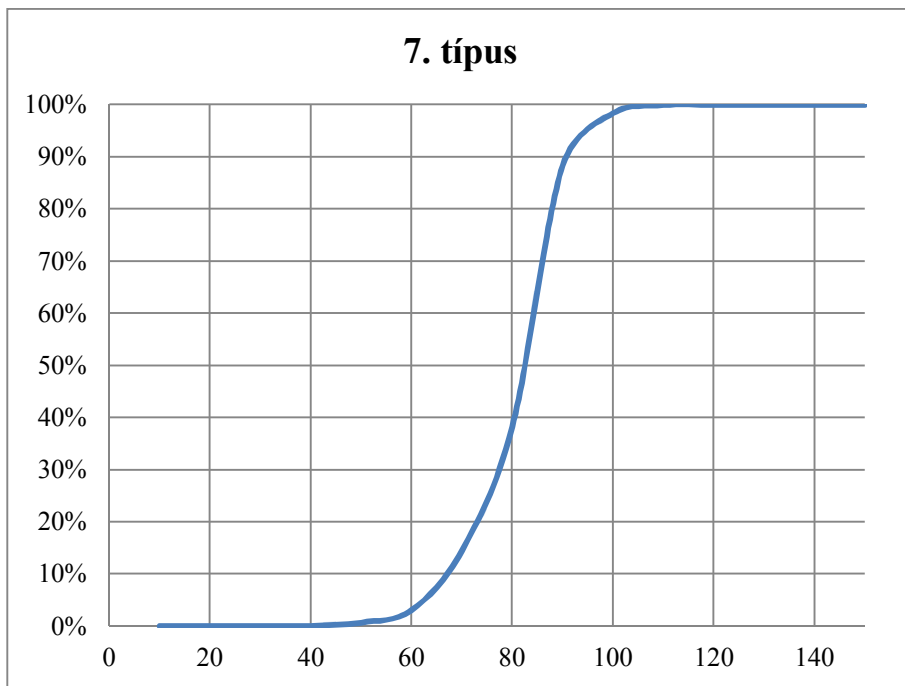


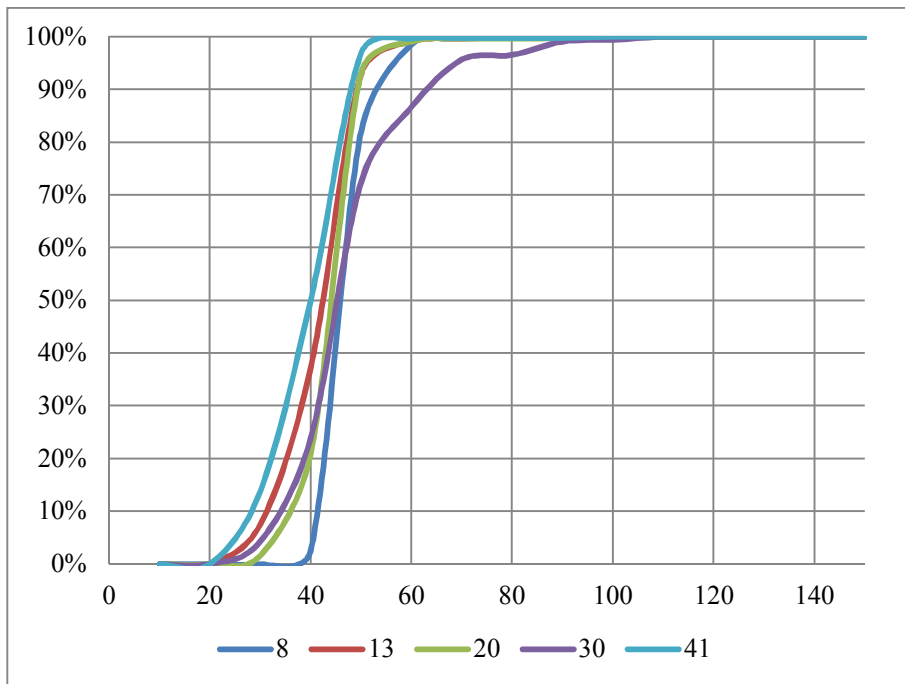
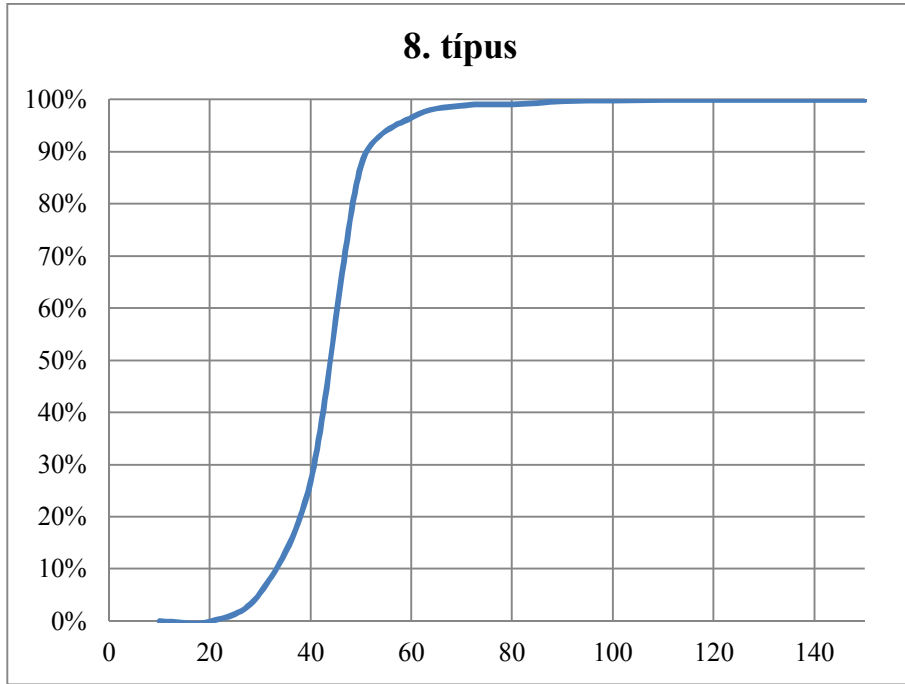




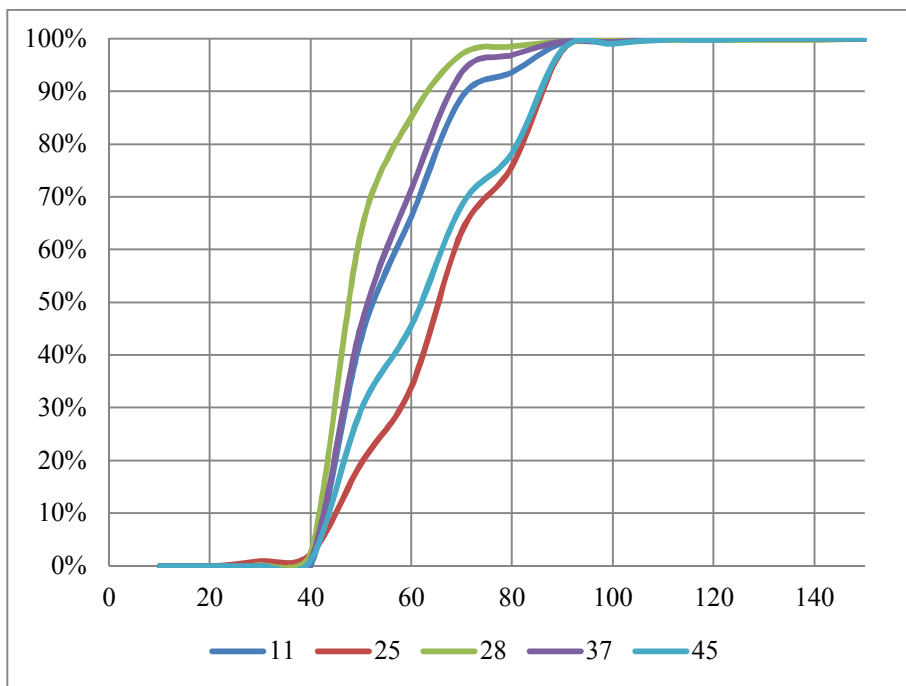
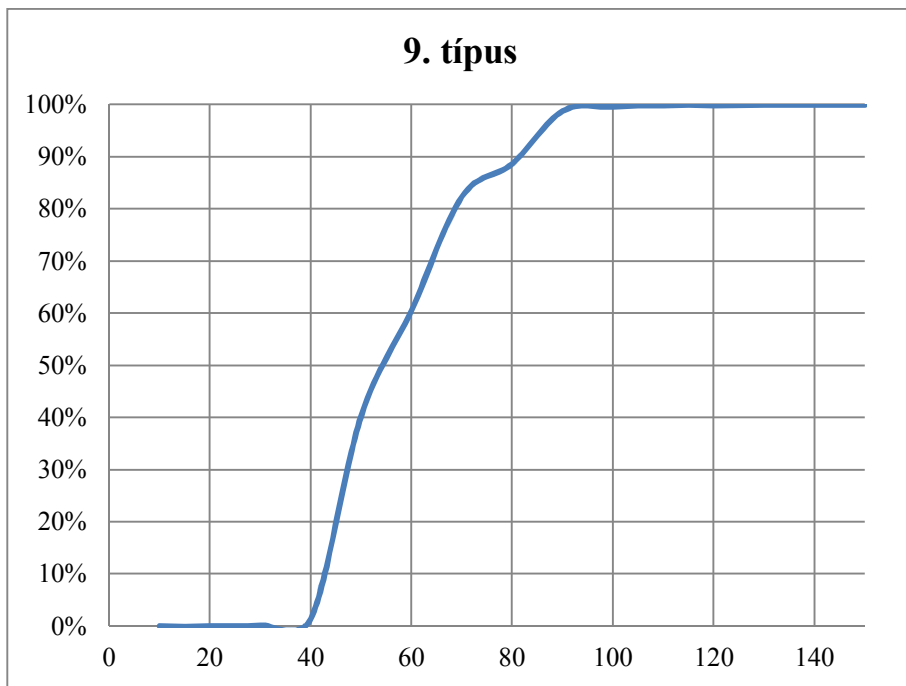














Dendrogram a képcsoportosítási vizsgálathoz 6. számú melléklet

