



Széchenyi István Egyetem Győr

Passzív gyalogos érzékelő rendszerek

TDK dolgozat

Családi Judit
(U04X5E)

Közlekedésmérnök Msc. 1. évfolyam

Konzulens: Horváth Richárd, egyetemi adjunktus



2012

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék	2
1 Bevezetés	3
1.1 A jelenlegi helyzet értékelése	5
1.2 Az átkelőhelyeken történt balesetek elemzése	7
2 Passzív gyalogos érzékelő rendszerek	9
2.1 A gyalogos érzékelők vizsgálata QFD módszerrel	9
2.1.1 Ultrahangos érzékelő	11
2.1.2 Passzív infraérzékelő	12
2.1.3 Doppler radar	13
2.2 A teszteredmények átültetése a gyakorlatba	13
3 Észlelési távolság vizsgálata gyalogos átkelőhelyeknél	16
3.1 A mérés leírása.....	16
3.2 Mérési eredmények	19
4 A XVII. kerületben alkalmazott passzív érzékelő rendszer működése	22
4.1 A helyszín bemutatása	22
4.2 A rendszer felépítése.....	24
4.3 Megállási hajlandóság vizsgálata.....	29
4.3.1 A mérés célja.....	29
4.3.2 A mérés bemutatása	30
4.3.3 Mérési eredmények	31
5 Videokamerás képfeldolgozás	34
6 Összefoglalás	37
Ábrajegyzék	40
Táblajegyzék	40
Irodalomjegyzék	41

1 Bevezetés

Az infrastruktúra fogalma magában foglal minden olyan berendezést, illetve hálózatot, amely a szállításhoz és a hírközléshez szükséges, tehát ide tartozik a szárazföldi szállítás, a közutak is. A fejletlen infrastruktúra gátolja a gazdasági növekedést, ezért minden országnak érdeke fejleszteni azt, beleértve a közlekedéshez szükséges létesítményeket, úthálózatot. Magyarországon is nőtt az évek folyamán a motorizációs fok, ami magával vonta a gépjárműállomány és a forgalom növekedését is. Minél inkább nő a közlekedésben résztvevők száma, annál több konfliktus helyzet alakul ki az utakon. Azonban ez nem járhat a balesetek számának növekedésével, a szabályozásokban, a közlekedési létesítmények kialakításában alkalmazkodni kell a megváltozott feltételekhez és igényekhez.

A közlekedésben a gyalogosok a legvédtelenebb résztvevők, akiket semmilyen járműváz nem véd az ütközéstől, nincs, ami felvehetné a keletkezett energiát és a náluk sokkal nagyobb tömegű gépjárművekkel ütközve komoly egészségügyi károsodást szenvedhetnek. A balesetek kialakulásához nemcsak a résztvevők figyelmetlensége, vagy szabálytalan közlekedése vezethet, hanem a nem megfelelő figyelmeztető jelzések, útkialakítások, vagy a környezeti hatások is. Márpedig, ahogy arra az egyik aktuális Európai Unió projekt is felhívja a figyelmet, minden ember gyalogosnak születik. A projekt folyamán a közlekedésben résztvevők segítségével összegyűjtik a veszélyesnek ítélt gyalogos átkelőhelyeket, hangsúlyozva ezzel az átkelőhelyek megfelelő kialakításának fontosságát. A kijelölt gyalogátkelőhelyeknek kell biztosítani a gyalogos biztonságos áthaladását az úttesten, keresztezve a gépjárműforgalmat, mégis, az ide vonatkozó szabványok és előírások már több, mint 10 évesek és még régebbi törvényrendeletekre hivatkoznak.

Rengeteg helyen találkozhatunk kopott festékekkel, útburkolati jelzésekkel, nem megfelelő látási viszonyokkal a közvilágítás hibái, esetenként teljes hiánya miatt, amelyek baleset kialakulásához vezethetnek. Ilyen átkelőhelyet mutat az 1. ábra. Egy médium által készített felmérés szerint tízből 8 esetben fordul elő, hogy az átkelőhelyek nem felelnek meg a vonatkozó előírásoknak. [7.] A felmérésből az is kiderül, hogy átlagosan kéthetente gázolnak el gyalogost kijelölt átkelőhelyen.

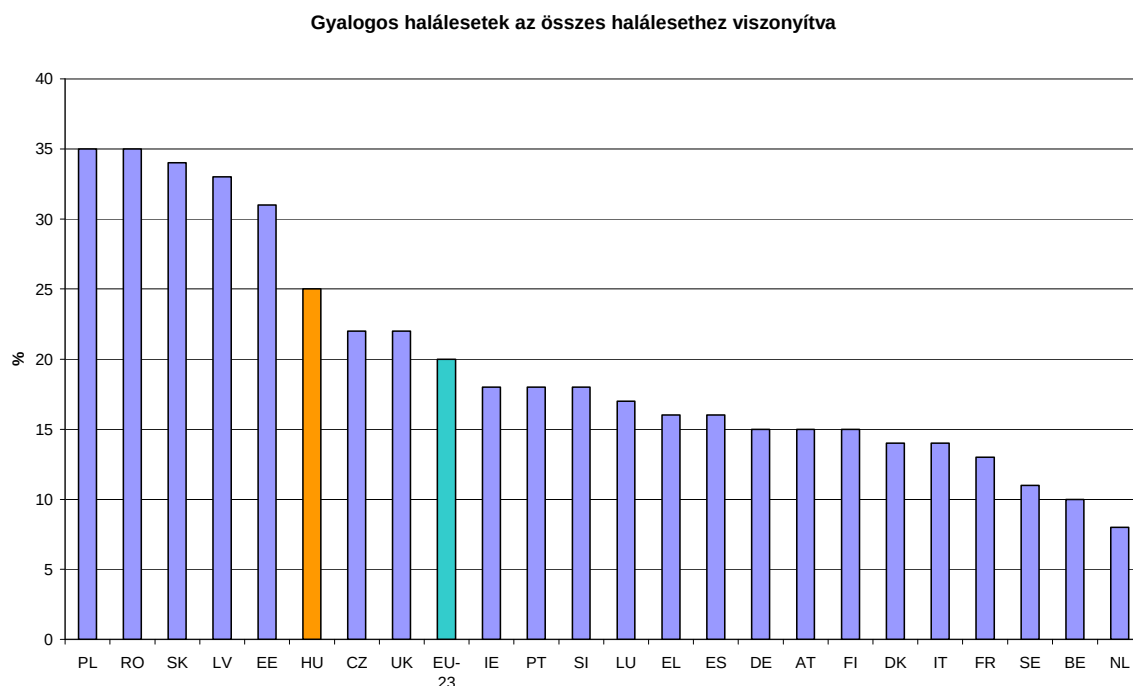
A szabályozások betartásán kívül néha nagyon egyszerű dolgok is segíthetnek a balesetek elkerülésében. Amellett, hogy a kiegészítő technikai berendezések kínálata folyamatosan bővül, bizonyos esetekben az is nagy segítség lehet, ha felhívjuk a gyalogosok figyelmét az alapos körültekintésre, amihez elég néhány felirat elhelyezése közvetlenül a padka szélén, vagy az úttesten.



1. ábra Nem megfelelő állapotú átkelőhely [12.]

A következőkben olyan kiegészítő technikai megoldásokat szeretnék bemutatni, amelyek Magyarországon egyelőre kevésbé elterjedtek. Elsősorban a gépjárművezetők szempontjából szeretném megközelíteni a problémát, és olyan kialakításokat ismertetni, amelyek kedvezőtlen időjárási körülmények között is javítják a gyalogosok észlelhetőségét, növelik az átkelőhelyek biztonságát.

1.1 A jelenlegi helyzet értékelése



2. ábra Gyalogos halálesetek száma az összes közlekedési halálesethez viszonyítva az EU-ban (2008) [2.]

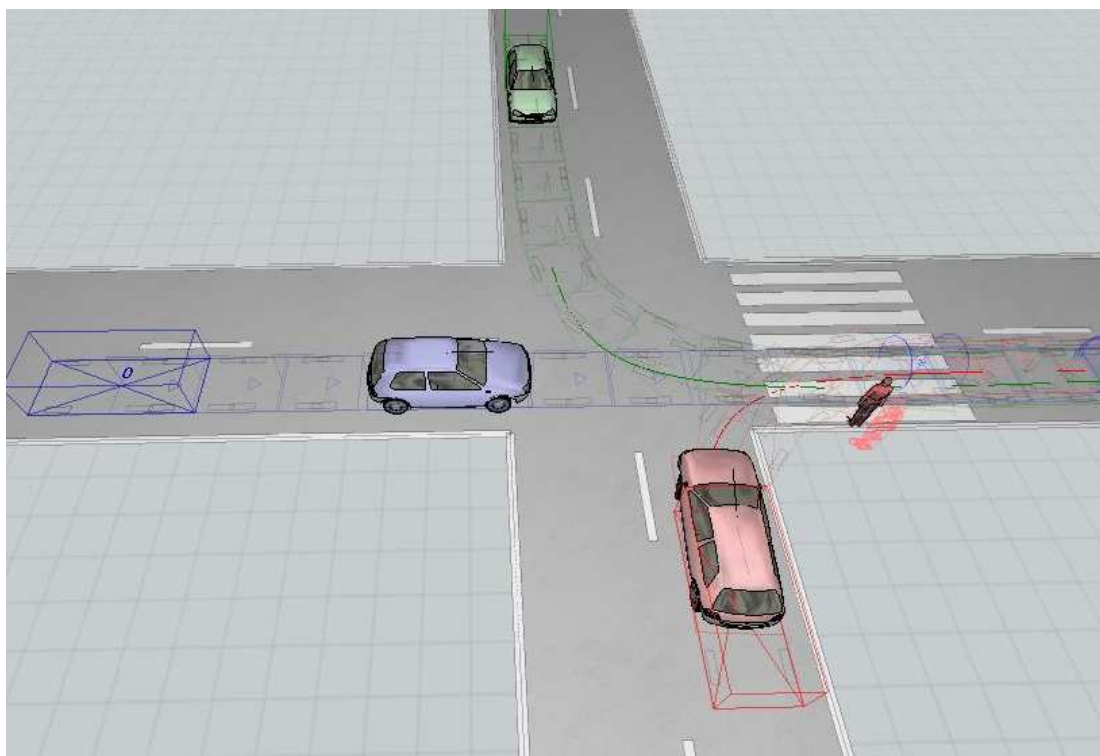
A 2. ábra mutatja a gyalogos halálesetek alakulását (százalékban) az összes közlekedési baleset során bekövetkezett halálesethez viszonyítva. Ahogy az látható, az országban minden negyedik halott gyalogos. Ezzel az Európai Unió országaihoz képest a legrosszabb statisztikával rendelkező országok között vagyunk, illetve még az átlagot (20%) sem érjük el. További vizsgálatok kimutatták, hogy nagyon sok fiatalok és gyereket érintenek a gyalogosbalesetek, ami csak tovább súlyosbítja ennek a számnak a jelentőségét.

1. Táblázat

A gyalogoselutések száma gyalogosforgalom szerint [4.]

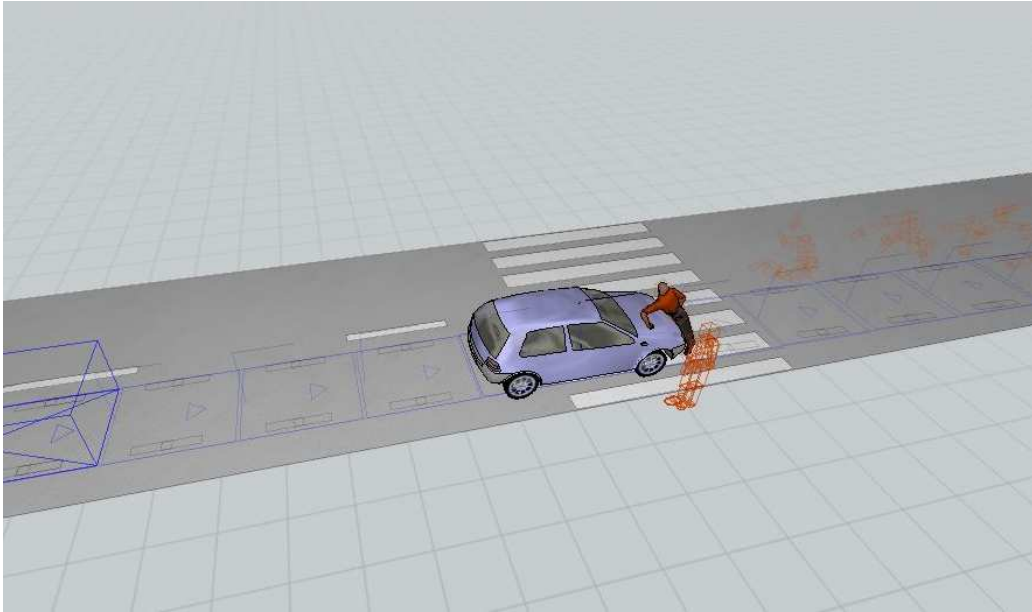
Gyalogoselutések	2006	2007	2008	2009	2010
Úttesten, álló jármű, vagy akadály mögül kilépve	262	249	193	146	132
Úttesten, tömegközlekedési jármű megállójában	73	70	61	56	54
Kijelölt gyalogos-átkelőhelyen	787	902	944	839	793
Útkereszteződésben, nem kijelölt átkelőhelyen	248	275	262	286	277
Úttesten kívül (járdán, megállóban)	100	84	94	86	88
Egyéb helyen	2021	1873	1713	1391	1334
Összesen	3491	3453	3267	2804	2678

Az 1. Táblázat a gyalogoselütéseket azok bekövetkezési helye szerint bontja csoportokra és látható, hogy az egyik leggyakoribb helyszín a kijelölt gyalogos-átkelőhely. 2006-ban az összes gyalogosbaleset 23%-a következett be ilyen körülmények között, ami 2010-re 30%-ra emelkedett.[4.] Ez tehát azt jelenti, hogy majdnem a balesetek harmada történik zebrán, aminek pedig az úton való áthaladás legbiztonságosabb módjának kellene lennie a gyalogosok számára. Természetesen azért is lehet ilyen magas ez a szám, mert valószínűsíthető, hogy a legtöbb gyalogos ilyen helyeken próbálkozik az átkeléssel, de szembeütlő a tény, hogy évek óta többszöröse a balesetek száma, mint például az egyébként veszélyesebbnek gondolható útkereszteződés, takarásból kilépés, vagy tömegközlekedési megállókban bekövetkezett balesetek számának.



3. ábra Leggyakoribb gyalogosbalesetek helyszínei 1. (saját készítés és[4.])

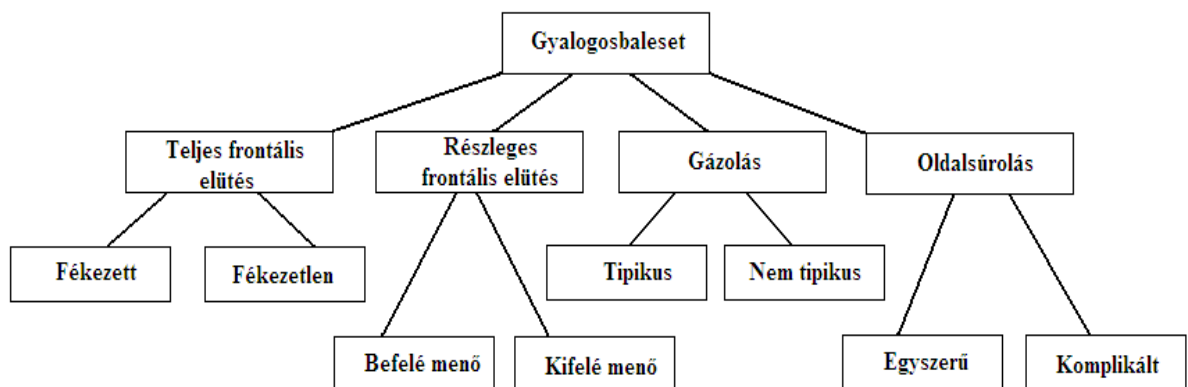
A leggyakoribb személysérüléses közúti közlekedési gyalogosbalesetek statisztikájában évek óta az első három hely között szerepel az útkereszteződésben kijelölt gyalogátkelőhelyen történt balesetek, ahogy azt a 3. ábra mutatja.[4.] Mind a kereszteződésben egyenesen haladó, mint pedig a jobbra, illetve balra kanyarodó járművek nagy veszélyt jelentenek az úton átkelni kívánó gyalogosokra. A gyalogoselütések okozói túlnyomó részben nem a gyalogosok, hanem a gépjárművezetők. A gyalogosok a balesetek alig harmadát okozzák.



4. ábra Leggyakoribb gyalogosbalesetek helyszínei 2. [saját készítés]

Szintén a leggyakoribb helyszínek egyike az útkereszteződésen kívül kijelölt gyalogosátkelőhely, ahogy azt a 4. ábra mutatja. A rendőrség elmondása szerint a menetirány szerinti jobb oldalról érkező gyalogosok a veszélyeztetettebbek, a járművezetők őket észlelik nehezebben. Nagyjából az összes gyalogosbaleset 75%-a történik a jobb oldalról érkező gyalogosokkal, míg a bal oldaliak csak 25%-ban érintettek.

1.2 Az átkelőhelyeken történt balesetek elemzése



5. ábra Gyalogos balesetek csoportosítása [1.]

A gyalogosbalesetek az 5. ábra szerint csoportosíthatóak az elütés módja, illetve a baleset lefolyása szerint.

Az oldalsúrlódás nagyon ritkán előforduló eset, mint a neve is mutatja, a gyalogos ekkor a gépjármű oldalával ütközik. A gázoláskor a jármű áthalad a gyalogos testén egy vagy több kerékkel. Ezek kevésbé jellemző baleseti módok kijelölt átkelőhely esetében.

A leggyakrabban a késői észlelés, vagy a nem megfelelően megválasztott sebesség miatt a járművezető már nem képes időben megállni és frontális ütközés történik. Teljes frontális ütközésnek az tekinthető, amikor a gyalogos egész testével a jármű körvonalai előtt és oldalainak síkján belül tartózkodik.[1.] Ezen belül megkülönböztetünk fékezett és fékezetlen ütközést. A részbeni frontális ütközés esetében a gyalogos az elütés pillanatában nincs teljes testével a jármű körvonalán belül, az ütközéskor felvett energia nagy része általában forgási energiává alakul.

A gyalogos szempontjából vizsgálva az ütközéseket három szakaszra oszthatjuk:[1.]

- 1.) A gyalogos átveszi a jármű sebességét, így jelentős mozgási energiára tesz szert
- 2.) A járműtől legtöbb esetben elváló gyalogos összetett mozgást végző repülési szakasza, amelynek végén az útfelületen csúszva, gördülve végső megállási helyére jut
- 3.) Harmadik szakasznak tekintjük, ha a gyalogos az ütközést követően még egyéb tárgynak ütközik, vagy ismételten elütik, elgázolják

Az elütés sebessége nagy szerepet játszik a baleset lefolyásában. A sebességnövekedés úgy befolyásolja a gyalogos mozgását a baleset bekövetkezése után, hogy a súlypontemelkedés növekszik és nagyobb lesz a forgó mozgás, hiszen nő a gyalogos által felvett mozgási energia. Nemcsak a járművek sebessége van hatással a balesetre, hanem a gyalogosoké is. Több felmérés után kiderült, hogy a gyalogosok sebességét a közeledő járművek sebessége határozza meg. Olyan átkelőhelynél, ahol magasabb az érkező járművek sebessége, a gyalogosok is gyorsabban kelnek át az úton.

2 Passzív gyalogos érzékelő rendszerek

A gyalogos érzékelő rendszerek arra irányulnak, hogy segítsék a járművezetőt a veszélyhelyzet felismerésében, korábban és biztonságosabban észlelhessék a gyalogost, és így gyorsabban reagáljanak a közlekedési szituációra.

Két alapvető megoldás lehetséges, az egyik módja, ha a rendszert nyomógommbal, vagy más eszközzel maga a gyalogos hozza működésbe, ezt nevezzük aktív gyalogos érzékelésnek.[10.] Ennek a legfőbb hátránya az, hogy nem számíthatunk arra, hogy minden gyalogos tudja, hogyan kell kezelni az adott berendezéseket, illetve ha egy gyalogos aktiválta, de más is megkezdte közben az átkelést, akkor ahhoz, hogy a rendszer ezt is tudja érzékelni és ennek megfelelően meghosszabbítani a kiegészítő figyelmeztető jelzések működését, további érzékelők lennének szükségesek.

A másik lehetőség a passzív gyalogos érzékelés, ennek lényege, hogy nem igényel fizikai beavatkozást a gyalogostól, anélkül is tudja detektálni az álló, vagy mozgó gyalogos megjelenését. A passzív gyalogos érzékelők általában a hőmérséklet különbség, vagy valamilyen a gyalogosról visszaérkező jelzés alapján tudják azonosítani az érzékelési zónába érkező személyt.

2.1 A gyalogos érzékelők vizsgálata QFD módszerrel [10.]

A gyalogos érzékeléshez több alkalmasnak tűnő szenzortechnológia is létezik, ezeket egy amerikai kutatás vizsgálta részletesen, melyből kiderült, hogy melyik megoldás a legmegbízhatóbb és a legmegfelelőbb a feladatra. 5 fő lehetőség volt, amelyet vizsgálatnak vetettek alá:

- passzív infraérzékelő
- ultrahang szenzor
- mikrohullámú radar
- videós képfeldolgozás
- piezotechnika

Az amerikai vizsgálat során a teljesítmény, karbantartás, költség szempontok alapján és egy döntési mátrix segítségével három technológiát választottak ki tesztelésre, amelyeket a minőségi funkciók lebontásának (QFD) módszerével vizsgáltak tovább. A teszt első lépéseként a hatékonyságot vizsgálták, az érzékelő képes-e felismerni a gyalogost, mekkora hatótávolságban képes erre, illetve milyen beállítási, elhelyezési követelményeknek kell megfelelni az adott technológiával. A megbízható azonosítás kulcsfontosságú volt, hiszen néhány téves azonosítás még elfogadható az - ez esetben a biztonság irányába - tévedő rendszertől, és későbbi fejlesztések során elképzelhető ezeknek csökkentése is, azonban a kimaradt érzékelés akár balesethez is vezethet.

A mérés helyéül egy olyan átkelőhelyet választottak, ahol magas gyalogosforgalom volt megfigyelhető, a közvetlen közelben buszmegálló helyezkedett el, éppen úgy, ahogy a 4. fejezetben bemutatott Újlak utcai átkelő esetében is. A szenzorokat felszerelték az átkelőhelyhez tartozó jelzések oszlopaira, majd egy vezérlőegységen keresztül lámpákhoz kapcsolták őket. Amennyiben a szenzor működésbe lépett, azaz gyalogost érzékelt, a lámpák világítottak, kamerával pedig a vizsgálók nyomon követhették az érzékelők működését. Az előzetes teszteredményeket a 2. Táblázat tartalmazza.

2. Táblázat
Szenzorok megbízhatóságának előzetes teszteredményei
[10.]

Érzékelő	Hibás észlelés	Észlelés	Elmulasztott észlelés	Összes eset
Ultrahangos, nagy hatókörben	8% (7)	47% (41)	45% (39)	87
Ultrahangos, kis hatókörben	8% (8)	89% (86)	3% (3)	97
Doppler Radar	1% (1)	92% (116)	7% (9)	126
Passzív Infra, kis hatókörben	4% (3)	96% (72)	-	75
Passzív Infra, nagy hatókörben	4,5% (6)	94% (126)	1,5% (2)	134

2.1.1 Ultrahangos érzékelő

Az ultrahangos érzékelő meghatározott ütemben ultrahangot bocsát ki, amelynek a céltárgyról való visszaverődő ultrahang impulzusait érzékelik a hatótávolságukon belül. Egyes típusok az adatokból hőmérsékletkompenzálás után távolság meghatározására is képesek.

A tesztek során kiderült, hogy az érzékelő nagy hátránya, hogy a területet pontosan vízszintesen, vagy függőlegesen kell látnia, különben jelvesztés léphet fel. (2. Táblázat) Ez a felszerelés során is komoly problémákat okozhat, a költségeket is növeli. Függőleges elhelyezés esetén szükséges egy árbocszerűen a vizsgált terület fölé nyúló kar, ha viszont vízszintesen szeretnénk elhelyezni, akkor mindenképpen olyan magasságra kerül, ami a gyalogosok számára elérhető, ezzel pedig növekszik a rongálás veszélye, ráadásul könnyen blokkolhatják az érzékelését az útjába kerülő tárgyak. Az érzékelési zóna beállítása is problémás, mivel annak még a talajszint felett véget kell érnie, ellenkező esetben a földről visszavert jelek téves érzékelést okozhatnak. A környezeti hatások, hőmérséklet és páratartalom is nagy hatással vannak a szenzor működésére. Ami ennél még nagyobb gond lehet, hogy az öltözködés is befolyásolja a szenzor érzékelését. A nylon vagy más szintetikus anyagok könnyen érzékelhetőek, viszont a pamut és a természetes anyagok felveszik a hangokat, ami csökkenti a visszaverődést, és esetlegesen jelkiesést is okozhatnak.

A 2. Táblázat mutatja, hogy a méréseken a szenzor nem teljesített jól. A nagy hatókörű vizsgálatnál, ami nagyjából 7,6m-es távolságot jelentett 45%-os volt a kimaradt érzékelés. Ennek oka lehetett az is, hogy nem a tökéletesnek talált szögben szerelték fel az érzékelőt, és fellépett a jelvesztés. A kis hatókörű érzékelésnél a távolság nagyjából 4,3m volt, és a kimaradt érzékelés így 3%-ra csökkent.

2.1.2 Passzív infraérzékelő

Minden anyag, aminek hőmérséklete az abszolút nulla fok felett van, infravörös sugárzást bocsát ki magából. Az érzékelőelem a hősugárzást, illetve annak változását érzékeli és az infravörös sugárzást villamos jelekké alakítja át.

A tesztek során vizsgált érzékelőt úgy alakították ki, hogy -40 és $+49^{\circ}\text{C}$ között működőképes legyen, így tehát a hőmérsékleti hatásokat nem volt szükséges külön vizsgálni. Kétféle felépítés lehetséges, a tükrös, vagy a Fresnel-lencsét alkalmazó változat, a tesztek során az utóbbi típust vizsgálták. A lencse állításával változtatható az érzékelési tartomány, a mérések szerint a függőlegesen állított lencsékkel az érzékelés kiterjeszthető volt akár $13,7\text{m}$ -ig. Ezek a lencsék műanyagból készülnek, amiket az ultraviola fény gyengíthet, ezért átlagosan 5-7 évente cseréjük szükséges.

Az érzékelési zóna növelésével csökkent annak szélessége, a nagy hatókörű vizsgálat során csak 1m szélességre terjedt ki a szenzor érzékelése, ami azt jelenti, hogy egy teljes átkelő megfigyeléséhez legalább 3-4 szenzor felszerelése lenne szükséges. A kis hatótávnál viszont a nagyjából 4m -es érzékelési zóna 1m széles volt, ezzel ideálissá teszi a szenzort arra, hogy a gyalogátkelőnél lévő érzékelési területet belássa. A szenzor egyetlen korlátja, hogy a hőmérséklet változásait kell érzékelni az adott területen, tehát ha például egy gyalogos közvetlenül a szenzor elé lép, és csak kis részt hagy szabadon a környezet érzékelésére, akkor a szenzor nem veszi észre a jelenlétét, mert a kontraszt nem elég nagy. Elméletileg az is lehetséges, hogy a környezet és a test hőmérséklete megegyezik és ezért nem jelzi a szenzor. Ez azonban nagyon valószínűtlen, mivel a ruházat és a fizikai tevékenység eredményében a gyalogos hőmérséklete eltér a környezetétől.

Az infraérzékelő a kis és a nagy hatókörű vizsgálat során is jól teljesített. A téves érzékelések is kisebbek voltak, mint az ultrahangos szenzornál, illetve kis hatókörben egyáltalán nem, nagy hatókörben pedig $1,5\%$ -os volt az érzékelés elmulasztása.

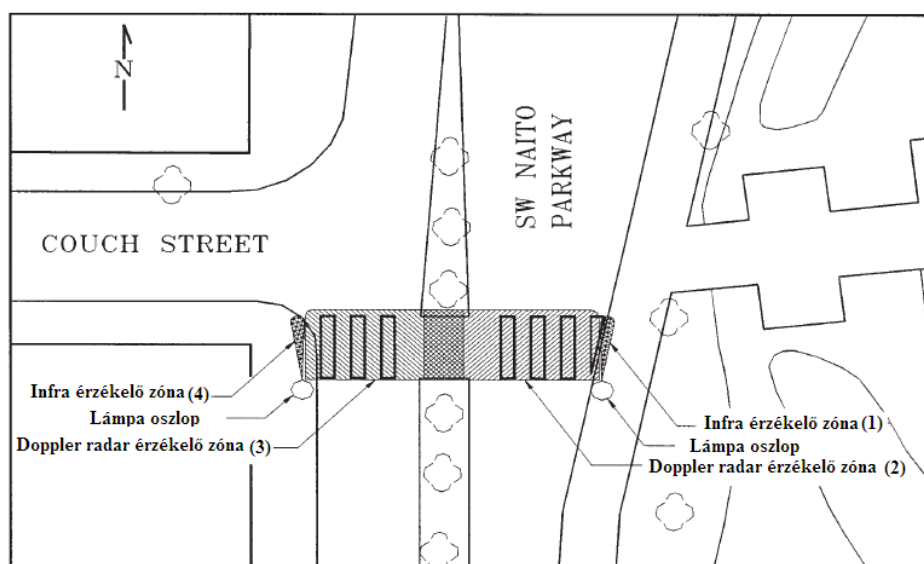
2.1.3 Doppler radar

A Doppler radar működési elve a Doppler-effektuson alapszik. Az érzékelő kibocsát egy rádióhullámot, amit az érzékelési zónában elhelyezkedő tárgyak visszavernek. Mozgó dolog esetében a visszavert hullám frekvenciája változik, ezt a változást érzékeli a szenzor.

Ennek az érzékelőnek a legnagyobb előnye, hogy az érzékelési zónája kiterjeszthető 14,9m-re, és ezzel képes lefedni egy átlagos átkelőhelyet teljes szélességében, tehát akár 3-3,7m szélességben is. A tesztelt érzékelő 10.5GHz-en működik, amit nem befolyásolnak a hőmérsékleti hatások, a heves esőzést viszont érzékelt a műszer. Az ultrahangos érzékelővel ellentétben ez a műszer akkor mutatta a legjobb eredményeket, amikor nem pontosan függőlegesen érte a gyalogost a jel, hanem valamilyen szögben. Az érzékeléshez azonban legalább minimális mozgásra van szükség. A 2. Táblázat eredményeiből látható, hogy 7%-os volt az érzékelés elmulasztása, és egyetlen téves felismerés történt.

2.2 A teszteredmények átültetése a gyakorlatba

A fent részletezett eredmények alapján elkészítettek Oregonban egy teljes tervet az adott átkelőhely átalakítására, és ehhez infraérzékelőket és Doppler-radart használtak.



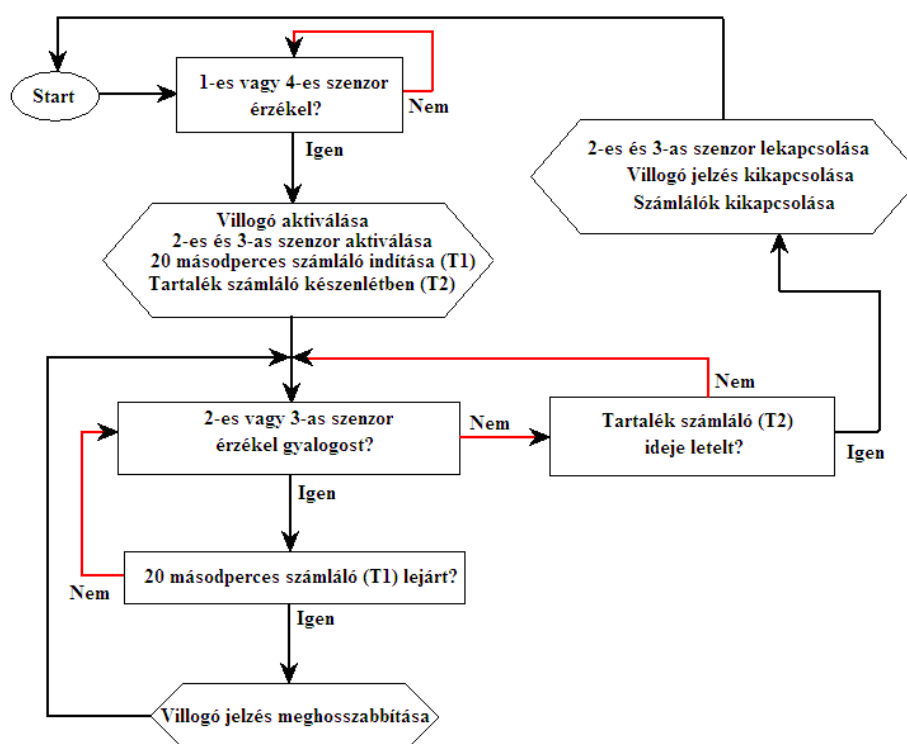
6. ábra Oregoni tesztek helyszíne [10.]

Az átkelőhely 22,6m hosszú, 4m széles és a közepén van egy járdasziget. A szenzorok egy sárga villogót aktiválnak, amelyeket a lámpaoszlopon helyeztek el.

Ennél az átkelőhelynél több szempontból is problémás a szenzorok elhelyezése:

- A hosszú átkelés miatt olyan érzékelő kell, amelynek nagy a hatótávolsága.
- A gyalogosok félúton a járdaszigetnél megállhatnak, emiatt nem érzékelhetőek.
- A forgalom ezen a területen nagy és a szenzorok nem érzékelik a különbséget a járművek és a gyalogosok között, ezért mindegyik esetben jelez és aktiválja a jelzőkészüléket.

Összesen 4 szenzort szereltek fel az átkelőhöz, 2 infraérzékelőt az érkezési helyek ellenőrzésére és 2 Doppler radart az átkelő felületéhez, ahogy azt az 6. ábra mutatja.



7. ábra Gyalogos detektálás egy lehetséges folyamatábrája [10.]

A 7. ábra mutatja az oregoni átkelőhelyhez telepített kiegészítő berendezések működésének folyamatábráját. Amikor gyalogos érkezik az átkelőhelyhez, az 1-es és 4-es szenzorok (az infraérzékelők) aktiválódnak, és jelet küldenek a sárga villogó berendezéshez. Elindul a T1-es időzítő, 20 másodperces időintervallummal, és készenlétbe kerül a T2-es tartalék számláló, valamint a 2-es és 3-as érzékelők. Amikor a gyalogos megkezd az átkelést, kilép az infraérzékelők zónájából és belekerül a doppler radar látókörébe. Ekkor érzékeli őt a radar, a rendszer pedig ellenőrzi, hogy a 20 másodperces időkorlátot már túllépte-e, azaz aktív-e még a sárga villogó jelzés. Amennyiben szükséges, meghosszabbítja a számláló és a villogó jelzés aktivitását, egészen addig, amíg érzékel gyalogost valamelyik radar. Ha egyik radar sem jelzi gyalogos jelenlétét az átkelőhelyen, akkor elindul egy tartalék időzítő (T2), ez egy 6 másodperces biztonsági tartalék, ami alatt továbbra is aktívak a figyelmeztető jelzések. Ennek letelte után, ha továbbra sem jelez a doppler radar, akkor kikapcsolnak a figyelmeztető jelzések, a számlálók, a 2-es és 3-as szenzor, és az infraérzékelők újabb jelzése hatására az egész folyamat kezdődik előről.

A 6 másodperces biztonsági tartalék idő azért szükséges, mert előfordulhat, hogy a gyalogos megáll a járdaszigeten, és közben a radar elveszti a jelét. A biztonsági tartalék alatt azonban a szenzorok aktív állapotban vannak, tehát elindulásakor újra érzékelik a gyalogost. Amikor a két radar aktív, akkor a gyalogosok és járművek egyaránt érzékelhetőek, aminek nagy előnye van. Ugyanis, ha a gyalogos a járdaszigeten tovább várakozik, mint a biztonsági tartalék idő, akkor a szenzorok elvesztik a jelét. Mivel azonban a várakozás oka feltételezhetően a járműforgalom, így egy érzékelt jármű újraindítja a rendszer aktivitását, és a biztonsági időkorlát nem tud befejeződni.

A rendszer tesztelése során nagyon jól teljesített, egyetlen egy alkalommal sem fordult elő, hogy a rendszer elmulasztotta volna a gyalogos érzékelését.

3 Észlelési távolság vizsgálata gyalogos átkelőhelyeknél

A győri átkelőhelyek vizsgálatára kidolgoztam egy mérési eljárást, aminek segítségével a járművezetők észlelési távolságát lehet megállapítani. A mérés azért jelentett problémát, mert az észlelés ideje és távolsága nagyon szubjektív dolog. Így természetesen a kapott mérési eredményeket sem lehet objektívnak tekinteni, de próbáltam a kritériumokat és a módszert úgy felállítani, hogy azok átlagából következtetéseket lehessen levonni az átlagos észlelési távolságokra a kijelölt gyalogos-átkelőhelyeken.

3.1 A mérés leírása

A méréseket 2012. 03. 24-én végeztük, 20:00 után. A mérés során 4 gépjárművezető közelített a gyalogátkelőhelyhez adott távolságból, 40 km/h állandó sebességgel. A résztvevők 5 alkalommal ismételték meg a műveletet, ami alatt az átkelőhelynél legalább egyszer egy gyalogos várakozott. A gyalogos mindegyik esetben ugyanaz a személy volt, ugyanolyan ruházatban, a mérések pedig 2 órán belül lezajlottak, így a fényviszonyok és időjárási körülmények nem változtak, tehát amennyire lehetséges volt azonos körülmények között hajtottuk végre a vizsgálatokat. A járművezető amint észrevette a várakozó gyalogost hangosan jelezte a mellette ülő személynek. Miközben GPS berendezéssel mértük a megtett távolságot, videofelvételt készítettünk. Így egyrészt a GPS mérései adataiból, másrészt pedig utólag a videofelvételekből ellenőriztem a távolságot, amikor a járművezető érzékelte a gyalogost.

Azért kértem fel 4 különböző járművezetőt, hogy az emberi érzékelés és a reakcióidő szubjektivitása ne befolyásolja a mérési eredményeket. Azonban a mérésben résztvevők fel voltak készülve az átkelőhely és a gyalogos jelenlétére, ezért reakcióidejük és érzékelésük valószínűsíthetően gyorsabb volt, mint egy átlag járművezetőé, aki az adott útvonalon sötétedés után közlekedik. Emiatt ismételtük meg a mérést minden vezetővel 5 alkalommal, közölve velük, hogy legalább egyszer lesz gyalogos az átkelőhelynél. Azt nem tudták, hogy az első alkalommal minden alany nál állt gyalogos a zebránál. Így a következő négy alkalomnál már nem voltak biztosak benne, hogy várakozik-e gyalogos az átkelőnél. Utólag az első mérés eredményeit nem vettem figyelembe, csak a 4 bizonytalan alkalmat, hogy ezzel a mérési eredményeket ne befolyásoljam pozitív irányba.



8. ábra Bácsai úti gyalogátkelőhely [saját készítés]

A mérést 3 különböző átkelőhelynél hajtottuk végre. Az első átkelőhely a Bácsai út és a Ciklámen utca kereszteződésében található. Az átkelőhelyet útburkolati jel és tábla jelzi, illetve 2011-ben a Bácsai utat teljes hosszában modern, fémhalogén fényforrással szerelték fel.



9. ábra Gyalogátkelőhely a Radnóti Miklós utcában
[saját készítés]

A 2. mérési helyszínt a 9. ábra mutatja. Ahogy az a képen is látható, a parkoló autók nehezítik az esetlegesen ott várakozó gyalogos észlelését. Az átkelőhely mindkét oldalán alárendelt útszakasz található, ami nem kötelezi lassításra a járművezetőt, viszont az útszegély vonalvezetését megtöri. A zebrát éppen az íves részhez kapcsolódva festették fel, így ahhoz, hogy a gyalogos felmérhesse a forgalmi helyzetet, már ki kell lépnie az úttestre, ami fokozza a balesetveszélyt. A fénykép még a teljes sötétedés előtt készült, de a mérést a korábban megadott időpontban, éjszaka hajtottuk végre.



10. ábra Gyalogátkelőhely a Zöld utcában [saját készítés]

A 10. ábra mutatja a vizsgálat utolsó helyszínét, a Zöld utcában. Az átkelőhely egy hosszú, egyenes útszakaszon található, lakóépületek között, ahol óvoda is üzemel, így még indokoltabbá válik a zebra biztonságának növelése. Az utcában látszólag megfelelő a közvilágítás, azonban a gyalogos indulási helye alig látható.

3.2 Mérési eredmények

A mérés eredményeit az alábbi táblázatok tartalmazzák.

3. Táblázat
1. Mérés eredményei

Bácsai úti átkelőhely					
		1. vezető	2. vezető	3. vezető	4. vezető
1.	Átkelőhely	X	180,32m	177,83m	-
	Gyalogos		97,8m	100,55m	-
2.	Átkelőhely	213,4m	-	-	172,65
	Gyalogos	147,76m	-	-	94,32
3.	Átkelőhely	221,16m	178,4	-	196,3
	Gyalogos	101,2m	98,6	-	110,74
4.	Átkelőhely	-	-	197,23	-
	Gyalogos	-	-	94,739	-

4. Táblázat
2. Mérés eredményei

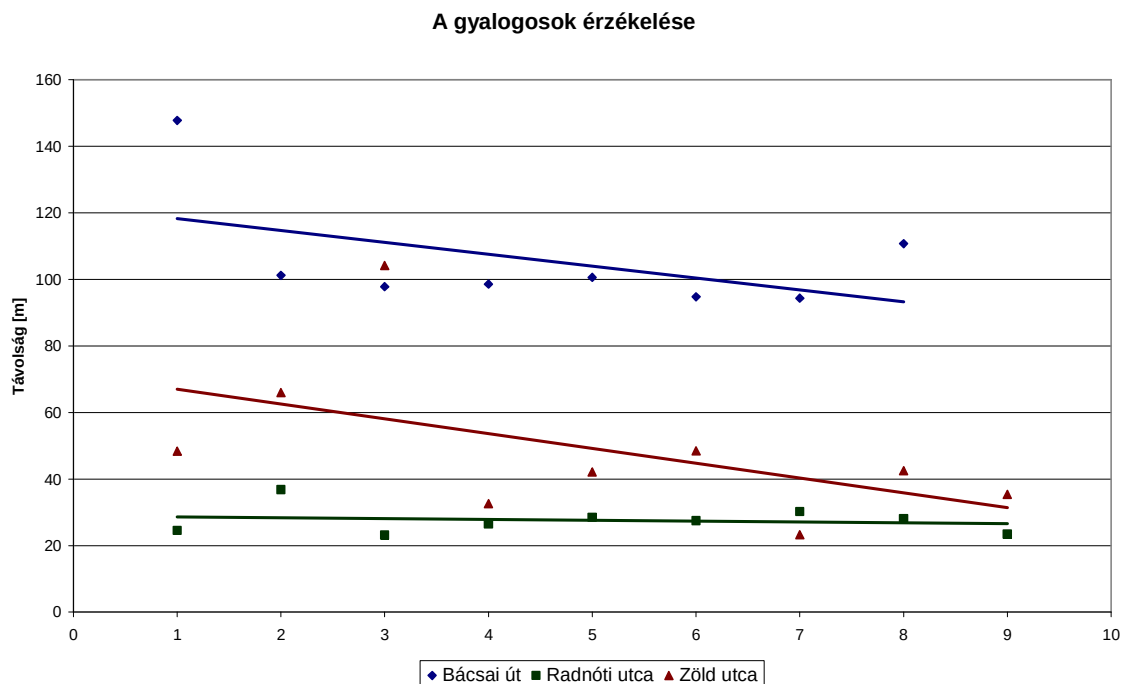
Radnóti utcai átkelőhely					
		1. vezető	2. vezető	3. vezető	4. vezető
1.	Átkelőhely	113,48m	102,38m	-	98,76m
	Gyalogos	24,57m	23,12m	-	30,21m
2.	Átkelőhely	-	-	104,43m	103,72m
	Gyalogos	-	-	28,46m	28,12m
3.	Átkelőhely	102,17m	-	100,23m	-
	Gyalogos	36,8m	-	27,48m	-
4.	Átkelőhely	-	106,92m	-	101,23m
	Gyalogos	-	26,43m	-	23,42m

5. Táblázat
3. Mérés eredményei

Zöld utcai átkelőhely					
		1. vezető	2. vezető	3. vezető	4. vezető
1.	Átkelőhely	174,33m	-	199,17m	163,42m
	Gyalogos	48,32m	-	48,5m	42,51m
2.	Átkelőhely	-	X	-	198,22m
	Gyalogos	-		-	35,41m
3.	Átkelőhely	162,45m	187,34m	201,11m	-
	Gyalogos	65,94m	32,56m	23,28m	-
4.	Átkelőhely	218,57m	196,77m	-	-
	Gyalogos	104,11m	42,13	-	-

A táblázatokban külön feltüntettem azt a távolságot, ahonnan a járművezető érzékelte az átkelőhelyet jelző táblát, és azt a távolságot, ahol azonosította a várakozó gyalogost. X-szel jelöltem a téves azonosításokat, ebből összesen kettő fordult elő. A táblázat adataiból is kitűnik, hogy az átkelőhelyet a vezetők nagy távolságból érzékelték, ehhez képest viszont a gyalogosokat sokkal később. A gyalogosok érzékelésének időpontjai láthatóak a következő diagramon. A Bácsai úti fémhalogén megvilágítású átkelőhelyhez képest mindkét hagyományos eszközökkel felszerelt átkelőhely jelentősen rosszabbul teljesített, főként a Radnóti utcai zebra.

A német közlekedési jogászok által elfogadott átlagos reakcióidőértékek alapján a felismerés és az izomtevékenységek ideje együttesen adja a késedelmi időt, ami összesen nagyjából 0,86s. Ez az idő nem tartalmazza a tekintet irányváltását, ami további 0,48s-ot jelentene. A járművek fékezése során a kerekek blokkolhatnak, ami újabb veszélyhelyzetet idézhetnek elő. Ez különböző burkolatok esetében eltérő érték, azonban 6 m/s^2 -es lassulásnál még a legkedvezőbb körülmények között is bekövetkezhethet a blokkolás. Így tehát az észlelésnél és a reakcióidőnél a legkedvezőbb esetet figyelembe véve, valamint egy intenzív, de még nem blokkoló 5 m/s^2 -es lassulást feltételezve kiszámítható, hogy 30 méter az a távolság, ahonnan a jármű még képes megállni az átkelőhely előtt 50 km/h megengedett sebességgel haladva. A 11. ábra adatain jól látható, hogy több esetben is 30 méter alatt volt az észlelés távolsága, ami már nem teszi lehetővé a biztonságos megállást, és balesethez vezethet.



11. ábra Gyalogosok érzékelése
[saját készítés]

Ezekben az esetekben a passzív gyalogos érzékelő rendszerek alkalmazása nemcsak a járművezetők érzékelését segítené, hanem az átkelők biztonságérzetét is jelentősen javítaná, hiszen a képeken jól látható, hogy nekik is komoly problémát okozhat a járművek érzékelése és a közlekedési helyzetek felmérése. Azonban ha a gyalogos érkezését, illetve átkelési szándékát passzív érzékelő, vagy nyomásérzékelő lap detektálná, ami aktiválna útburkolatba épített szegeket, vagy sárga villogót, esetleg egy kiegészítő megvilágítást, ami kimondottan a járdán várakozó gyalogosra irányulna, akkor a járművezető észlelési távolsága többszörösére növekedne.

Egy passzív gyalogosérzékelő rendszerrel felszerelt átkelőhelyet vizsgáltam a budapesti XVII. kerületben, ahol a járművezetők megállási hajlandóságának mérése egyértelműen alátámasztotta a rendszer hatékonyságát.

4 A XVII. kerületben alkalmazott passzív érzékelő rendszer működése

4.1 A helyszín bemutatása



12. ábra Gyalogosátkelő a XVII. kerületben [Google Earth]

A 12. ábra mutatja azt az átkelőt, amelyet a Swarco Traffic Hungaria Kft. (továbbiakban STH) 2008-ban kiegészítő berendezésekkel látott el. Az átkelőhely a 67-es és a 198-as buszok megállóinak közelében van, mindkettő nagyon forgalmas útvonal. A képen is látható, hogy az átkelő egyik oldalán a buszmegálló, a másikon egy iskola helyezkedik el, az iskola mögött pedig az Újlak utcai lakótelep található. A lakótelepen olyan intézmények helyezkednek el, mint óvoda, bölcsőde, gyógyszertár, orvosi rendelők, amelyek nagy gyalogos forgalmat generálnak. A kép déli részén látható, hogy a buszmegálló oldalán tovább haladva egy újabb lakótelepet, a Madárdomb lakóterületet találhatjuk. Az itt élőket is kiszolgálja az említett átkelő, így naponta nagyjából 5-600 fő átkelését biztosítja. A biztonság javításának indoka tehát egyfelől az itt áthaladó nagyszámú gyerek volt, másrészt pedig látható, hogy kelet felől egy több, mint 500m-es beépítetlen terület található, és erről az oldalról a járművek egy bukkanó mögül érkeznek a zebrahoz. Ezen körülmények miatt érthető, hogy az ide érkező gépjárművek

átlagsebessége magas, átlagosan 42 km/h, ami már benne tartalmazza a lassító, majd megálló járműveket is.

Mindezek indokolták tehát, hogy 2008 októberében az átkelőhelyet kiegészítő berendezésekkel szereljék fel, amelyek javítják annak észlelhetőségét és jobban felhívja rá a járművezetők figyelmét.

A már meglévő gyalogátkelőhely biztonsági problémáit felmérve a STH az önkormányzattal együttműködve olyan eszközök telepítését valósította meg 2008-ban, amelyek felhívják a járművezetők figyelmét a kijelölt átkelőre, segítik az érzékelést, láthatóbbá teszik a zebrát. A burkolatszegek már elég elterjednek számítanak, nemcsak gyalogátkelőkhöz alkalmazzák őket, hanem általánosságban az útburkolati jelek megerősítésére, vagy egyéb figyelemfelkeltésre, például forgalomelterelésnél. Ebből következik, hogy többféle fajtájuk létezik; ideiglenes és állandó, hálózati táplálású vagy napelemmel működtethető, mindegyiknél szempont azonban, hogy könnyen használható legyen, adott esetben könnyen beépíthető. Kialakításuk is az alkalmazás céljától függ, hiszen az ideiglenesen elhelyezhető burkolati szegeknél az elsődleges szempont a gyors alkalmazhatóság, könnyű telepítés, ugyanakkor a beépítésre kerülő útburkolati szegeknél tekintettel kell lenni arra, hogy azok mekkora, milyen jellegű terhelést kapnak az állandó forgalom miatt, illetve az időjárási körülményeket is el kell viselniük, aminek része, hogy havazás esetén az utat hókézni kell. Ezek a beépíthető elemek ezt is elviselik, szemben az ideiglenes kihelyezhetőkkel, hiszen azokat általában nem téli időjárásban szükséges alkalmazni.

A sárga villogó figyelmeztető fénnel is egyre több helyen lehet találkozni, útépítésnél, forgalomterelésnél, és egyre gyakrabban gyalogátkelőhelyeknél is. Ezek bármikor felszerelhetők már meglévő átkelőhelyekre, az semmilyen átalakítást nem igényel. A gond azonban az ezekkel a megoldásokkal, hogy azok a járművezetők, akik nem először közlekednek az adott útvonalon, idővel hozzászoknak a forgalmi jelekhez, így a fényjelzésekhez is, és már nem lesz akkora figyelmeztető ereje, mint azt a rendszertől elvárnánk, esetenként figyelmen kívül is hagyják azokat. Tehát az állandóan villogó kiegészítő jelzés nem feltétlenül hozza meg a várt eredményt, sokkal hatékonyabb azonban akkor, ha nem állandó működésű rendszert telepítünk az ilyen helyekre, hanem olyat, ami csak időnként jön működésbe. Ezzel nemcsak felhívja a vezetők figyelmét a

veszélyes helyekre, hanem azt is jelezheti, hogy éppen abban a helyzetben tartózkodik-e gyalogos az átkelőhely közelében.

4.2 A rendszer felépítése



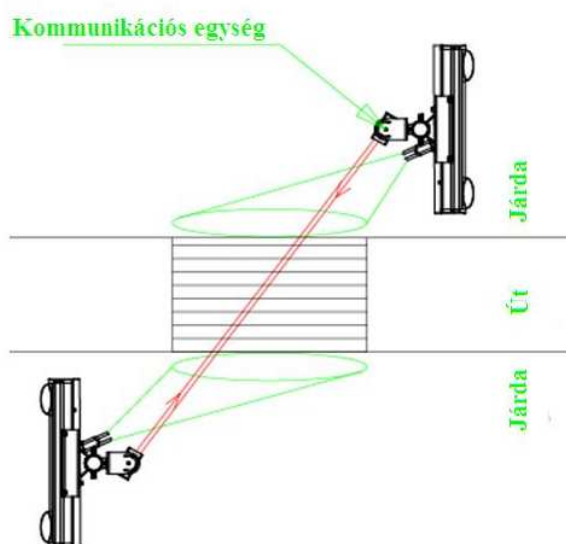
13. ábra Az Újlak utcai gyalogátkelőhely az átalakítás után [saját készítés]

A 13. ábra mutatja az Újlak utca és a Füstifecske utca kereszteződésében elhelyezkedő átkelőhelyet a jelenlegi formájában. A lámpaoszlopokra mindkét oldalon egy sárga Led-es villogó, egy infraérzékelő és napelemes működtetéshez szükséges panel került felszerelésre, az útburkolatba mindkét oldalra 3-3 darab útburkolatba épített LED-es burkolatszeget helyeztek el. A beépítetlen oldal felé továbbá egy sebességmérő radart is elhelyeztek az oszlopra kiegészítésként, amit szintén összekötöttek a kiegészítő figyelmeztető rendszerrel. Ezt a felépítést mutatja a 14. ábra.



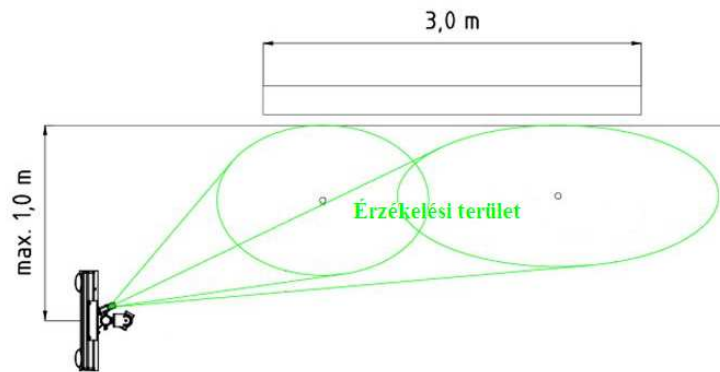
14. ábra Kiegészítő felszerelés [3.]

Egy átkelőhöz mindenképpen két rendszer felszerelése szükséges, mindkét oldalra telepíteni kell a berendezéseket. A táplálás kétféleképpen is megoldható: napenergiával, vagy hálózati táplálással[3.]. Az Újlak utcánál napenergiás táplálást alkalmaztak, természetesen minden ilyen rendszer rendelkezik egy akkumulátorral is, amely szélsőséges esetben a rendszert adott ideig működtetni képes. (Ez az akkumulátor a hálózati táplálás mellé is jár, áramkimaradás esetén itt is működő képes marad a rendszer akár néhány napig is.) A két oldal felépítése nem tökéletesen egyezik meg, mivel a központi irányító és áramellátó egység csak az egyik oldalon található meg, innen kapja az energiát és az utasításokat a teljes berendezés. A két oldal azonban kapcsolatban van egymással, ehhez szükséges a kommunikációs egység.



15. ábra A kommunikációs egység szerepe [3.]

A 15. ábra mutatja a kommunikációs egység szerepét. A két berendezést úgy kell elhelyezni, hogy egymásra közvetlenül rálássanak, ez a kapcsolat nem szakadhat meg. Ennek az a feladata, hogy ha bármelyik oldal is aktiválódik, azonnal továbbítja a jelet a másikhoz és minden figyelmeztető berendezést aktivál. Belátható, hogy az érzékelő nem tudja felmérni a közeledő járműforgalmat, tehát ha a gyalogos egyik oldalról megközelíti az átkelőhelyet, nem elég, ha csak az egyik oszlop jelzései aktiválódnak, szükséges, hogy minden irányba jelezze a lehetséges veszélyforrást.



16. ábra A mozgásérzékelő területi lefedettsége [3.]

A korábbi képeken látható volt, hogy oszloponként 2-2 mozgásérzékelő infra szenzor került felhelyezésre. Ennek okát a 16. ábra mutatja. Az adott területet a két, különböző szögben beállított érzékelő fedi le, így biztosítható, hogy az átkelőhelyet szabályosan használó gyalogos mindenképpen beleesik az érzékelési területbe, tehát a szenzor aktiválja a figyelmeztető rendszert.

A sárga villogó berendezéssel szinkronban villognak az útburkolatba épített LED-ek is. Ezek már akár 1km távolságból láthatóak, tehát az átkelőhely észlelhetőségét kiemelt mértékben javítják.



17. ábra Útburkolatba épített burkolatszeg [3.]

A 17. ábra egy útburkolatba épített LED-es burkolatszeget mutat, ilyenek kerültek beépítésre az Újlak utcában is. Nagy előnye, hogy a már kész útburkolatba is könnyedén beépíthető. Az időjárási körülményeknek ellenáll, a nyomószilárdsága nagyon nagy, az általában polikarbonát háznak köszönhetően. Általában oldalanként 3-3 beépítése javasolt, szélesebb útszakasz esetén ez a szám bővíthető. Létezik állandó világítású kivitel, folyamatosan villogó megoldás, illetve amint az ennél az átkelőnél is történt, a rendszerbe is integrálható. Az Újlak utcánál a LED-ek villogása szinkronban történik a sárga villogóval.

Amiért akár önálló egységként is alkalmazható figyelemfelkeltő jelzésként átkelőhelyekhez, forgalomterelésekhez, hogy élettartama nagyon magas. Természetesen ez függ az alkalmazott típustól és akkumulátortól, de nagyságrendileg 100 000 üzemórán mérhető, tehát nincs fenntartási költség. Ellenáll a mechanikai ütéseknek és a vibrációnak is. A napenergiával működtetett kivitelek teljes feltöltéssel akár 100 órán keresztül képesek folyamatosan világítani és a töltési hatásfok 10 év alatt kevesebb, mint 20%-kal csökken. A töltési idő kivitelezés típusától függ, néhány óra napfényben, ennek pedig nagyjából 2-3-szorosa árnyékban vagy esőben. Hőűrésük nagyon széles skálájú.



Érzékelő típusa:	CW sztereo Doppler Radar
Érzékelés típusa:	mozgás
Radar frekvencia:	24.125 Ghz/5mW
Érzékelési távolság:	250m
Sebességérzékelési korlát:	5/10-255m/h

18. ábra Járműérzékelő radar jellemzői [3.]

Az Újlak utcánál kialakított átkelőnél a balesetveszély egyik legnagyobb forrása, hogy a beépítetlen terület felől a gépjárművek nagyon magas sebességgel érkeztek a zebrához. Ennek a mérséklésére nemcsak a gyalogos érzékelők aktiválhatják a LED-es burkolatszegeket és a sárga villogókat, hanem egy K-sávú járműérzékelő radar is felszerelésre került az említett irányban, ezt a berendezést mutatja a 18. ábra.

A sebesség mérése a Doppler-eltolódáson alapszik. [11.] Ahogy az ábrán is látszik, ez egy CW-radar, ami annyit jelent, hogy folyamatos üzemű, amely folyamatos, állandó frekvenciájú és amplitúdójú szinusz jeleket sugároz ki a céltárgy irányába. A Doppler-eltolódás miatt a visszavert jel frekvenciája változik, amiből a sebesség nagy pontossággal érzékelhető. A K-sáv megjelölés a frekvenciatartományt jelenti, K-sávú radarok Európában 24,025-24,235 GHz között működnek.

A radart úgy állították be, hogy 50km/h sebesség felett aktiválja a kiegészítő berendezéseket. Ezzel felhívja az autósok figyelmét a lehetséges veszélyforrásra, és a sebességük csökkentésére ösztönzi őket. Ez azonban azt is jelenti, hogy adott esetben úgy aktiválódik a jelzés, hogy nincsen gyalogos az átkelőhelynél.

A rendszer a gyalogosok érzékelésében rendkívül megbízhatónak bizonyult, nagy előnye, hogy téves érzékelés esetén a biztonság irányába téved.

4.3 Megállási hajlandóság vizsgálata

4.3.1 A mérés célja

A STH Kft. kérésére végeztem egy megállási hajlandóság vizsgálatot a gyalogátkelőhelynél, 3 évvel a telepítés után. (2011 őszén) A mérés körülményei megegyeztek a korábbi mérés részleteivel, így azokat összehasonlítás céljára fel lehet használni.

A mérést a csúcsórákban, reggel 6⁴⁵-8⁰⁰-ig, és délután 15⁴⁵-17⁰⁰-ig végeztem. Az átkelőhelytől távolabb helyezkedtem el, hogy se az infraérzékelőt, se a járművezetőket ne zavarjam, vagy befolyásoljam a közlekedésben, egyértelművé téve, hogy nem szándékozom használni az átkelőhelyet.

Konfliktushelyzetnek tekintettem azokat az eseteket, amikor a gyalogosok és a járművezetők útvonala befolyással volt egymásra, tehát az úton való átkelés és a gépjárművezetők haladása időben keresztezte egymást, és valamelyik félnek szükséges volt változtatni a közlekedési jellemzőin a baleset elkerülése érdekében. Ebből következik, hogy az adott időszakokban az itt említetteknél sokkal több gyalogos átkelés történt az úton, ám ezek olyan időszakban zajlottak le, amikor az egyetlen jármű közlekedését sem befolyásolta (tehát nem volt jármű a közelben).

A kialakult konfliktushelyzeteket a gyalogosok szempontjából vizsgáltam és két csoportba osztottam. A mérőlapon a két csoportnak a 'konfliktus-helyzetben a jármű megállt', illetve a 'konfliktus-helyzetben a jármű nem állt meg' nevet adtam. Előbbibe soroltam azokat a helyzeteket, amelyekre a gépjárművek pozitívan reagáltak, tehát a gyalogosoknak valamilyen módon elsőbbséget adtak, ez lehetett megállás, vagy a haladási sebesség látható csökkentése, az elsőbbségadás egyértelmű jelzése villantással, kézzel, stb. Utóbbiba minden olyan egyéb esetet, amikor a járművek már érzékelték a gyalogosok áthaladási szándékát, ám elsőbbséget semmilyen módon nem biztosítottak, így a gyalogos várakozásra kényszerült. A mérés során igyekeztem az eseteket úgy kezelni, hogy a végleges eredmény ne pozitív irányba tévedjen, tehát az összes olyan esetet, amely kétesen értékelhető volt inkább a negatív esetek közé soroltam, vagy egyáltalán nem vettem figyelembe, de semmiképp nem növelhette a pozitív reakciók számát. Az értékelt esetek részletes besorolási feltételeit a következőkben ismertetem.

4.3.2 A mérés bemutatása

Pozitív reakcióként értékeltem:

- A gépjármű megállt a zebra előtt
- A gépjármű lassított, időt biztosítva a gyalogosnak az úton való áthaladáshoz, esetlegesen villantással jelzi is ezen szándékát
- A kereszttutcából az átkelő felé kanyarodni kívánó autó esetén a kikanyarodás késleltetését, amennyiben a forgalmi helyzet lehetővé tette volna az indulást, de a gyalogos miatt várakozott vele
- Több gyalogos különböző idejű áthaladása esetén külön pozitív eseménynek csak azt értékeltem, amikor az egyik gyalogos már elhagyta a jármű forgalmi sávját, a másik még nem kezdte meg az átkelést, tehát a járműnek lehetősége lett volna ismét elindulni, ám újra megadva az elsőbbséget tovább várakozott. Amennyiben a második gyalogos úgy kezdte meg az átkelést, hogy a várakozó járműnek egyáltalán nem volt lehetősége folytatni az útját, akkor sem az említett jármű további várakozását, sem az esetlegesen másik sávban érkező jármű megállását nem tekintettem újabb pozitív esetnek.
- Amennyiben az egyik sávban (általában a gyalogoshoz közelebbi sávban) egy jármű elsőbbséget adott a gyalogosnak, majd később a másik sávban is megtette egy másik jármű ugyanezt, akkor azt egyetlen pozitív eseményként értékeltem. Azonban ha a gyalogos az egyik irányból megkapta az elsőbbséget, a másik sávban pedig nem és a jármű továbbhaladt, akkor azt negatív reakcióként minden esetben hozzászámoltam a mért értékekhez.

Negatív reakcióként értékeltem:

- Ha a gyalogos egyértelmű átkelési szándékkal odaért az átkelőhelyhez, annak jelzése aktiválódott is, de a gépjármű, bár lehetősége lett volna rá, elsőbbség adás nélkül haladt tovább, a gyalogost várakozásra kényszerítette

Mivel a vizsgálattal elsősorban a járművezetők reakcióját szerettem volna felmérni, illetve ebben a kiegészítő felszerelések hatékonyságát, ezért csak azokat az eseteket vettem figyelembe, amikor az átkelőhelyet szabályosan használták. Minden egyéb helyzetet nem tekintettem konfliktus helyzetnek.

4.3.3 Mérési eredmények

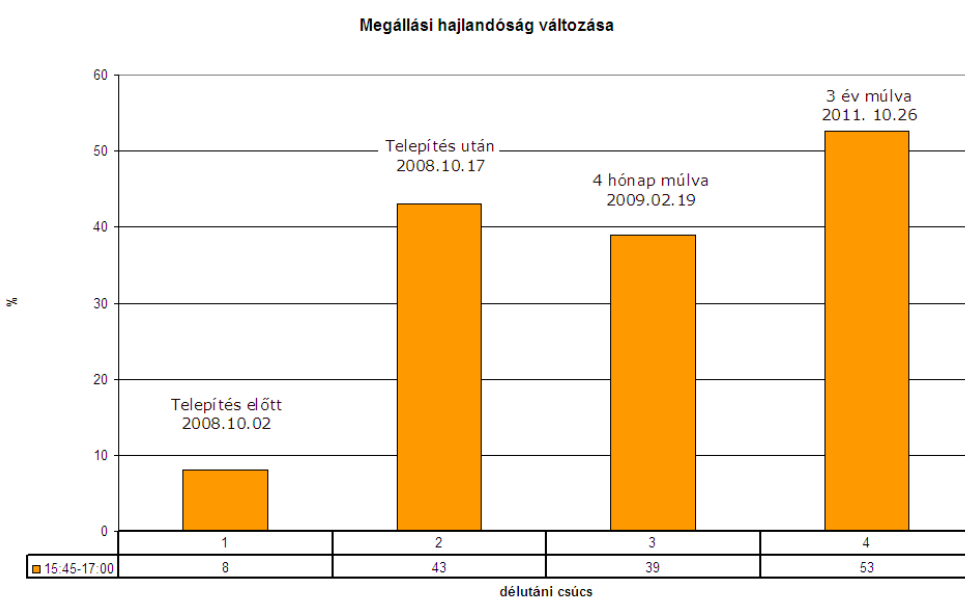
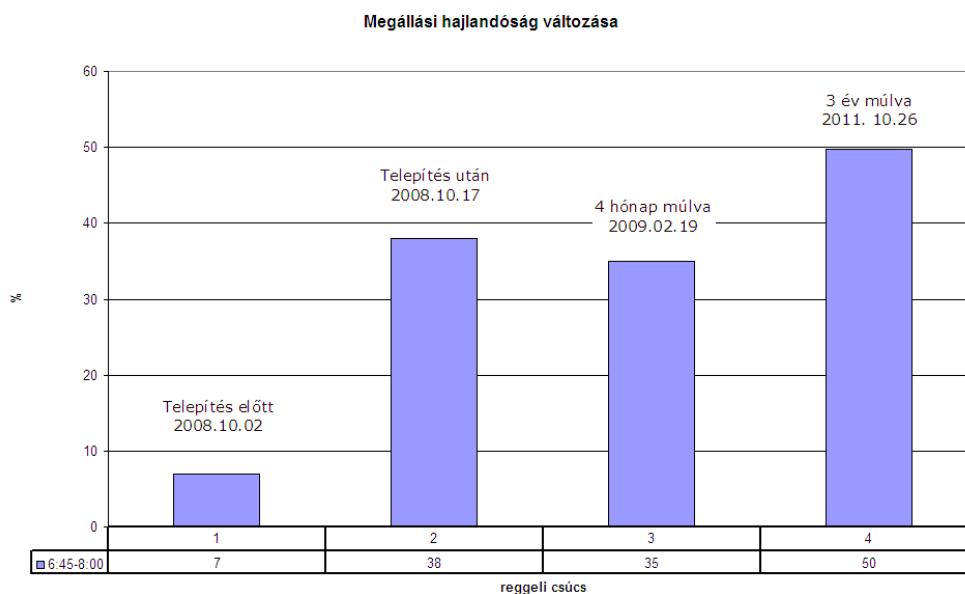
A két nap mérési eredményeit a 6. Táblázat tartalmazza.

6. Táblázat
Megállási hajlandóság mérés eredményei
(saját készítés)

	6 ⁴⁵ -8 ⁰⁰			15 ⁴⁵ -17 ⁰⁰		
	Konfliktus helyzetben megállt	Konfliktus helyzetben NEM állt meg	Összes eset	Konfliktus helyzetben megállt	Konfliktus helyzetben NEM állt meg	Összes eset
2011. Okt. 25.	35	37	72	38	35	73
2011. Okt. 26.	45	44	89	34	30	64
Összesen	80	81	161	72	65	137

A STH Kft. már korábban végzett méréseket, hasonló körülmények között, a kiegészítő berendezések telepítése előtt, közvetlenül a telepítés után, majd pedig a telepítés után négy hónappal. Ezen adatok mellett ábrázoltam az általam, a telepítés után 3 évvel mért értékeket is. Ezeket az értékeket mutatja a19. ábra.

Látható, hogy a hagyományos átkelőnél, ami pusztán az útburkolati festésből és az út menti jelzőtáblákból állt a megállási hajlandóság kiemelkedően alacsony volt. Figyelembe véve, hogy a közelben lévő iskola és buszmegálló miatt túlnyomó részben gyerekek veszik igénybe az átkelőt, a hagyományos jelzésekkel felszerelt zebránál mért 7, illetve 8%-os megállási hajlandóság szinte már veszélyesen kevésnek tekinthető. Várható volt, hogy miután felszerelik a figyelmeztető lámpákat nagyobb mértékben emelkedni fognak ezek az értékek.



19. ábra Megállási hajlandóság változása a gyalogos-átkelőhelynél ([6.]és saját készítés)

Az általam végzett méréstől előzetesen azt vártam, hogy az eredmény megközelíti a 2009-ben mért értékeket, és csak kis mértékben, vagy egyáltalán nem csökkent. Ennél azonban sokkal kedvezőbb eredményre jutottam, hiszen jól látható, hogy a megállási hajlandóság tovább nőtt, megközelítve, délutáni időszakban pedig meg is haladva az 50%-ot. Tehát az eredeti 7-8%-hoz képest jelenleg az átkelőhelynél a konfliktus-helyzetek közel felében az autósok pozitívan reagálnak, és elsőbbséget biztosítanak a gyalogosok számára. Ezek az eredmények bizonyítják a felszerelések hatékonyságát, bár az eltelt idő

alatt sok más dolog is közrejátszhatott a jelentős javulás elérésében. Az Európai Unió sok közlekedési, nevelési programot támogat, a reklámok és egyéb propagandák is befolyásolhatták a közlekedésben résztvevők döntéseit, de a felszerelés kezdetétől érzékelhető látványos javulás arra enged következtetni, hogy ez mindenképpen nagyban köszönhető a kiegészítő jelzéseknek, figyelmeztető eszközöknek.

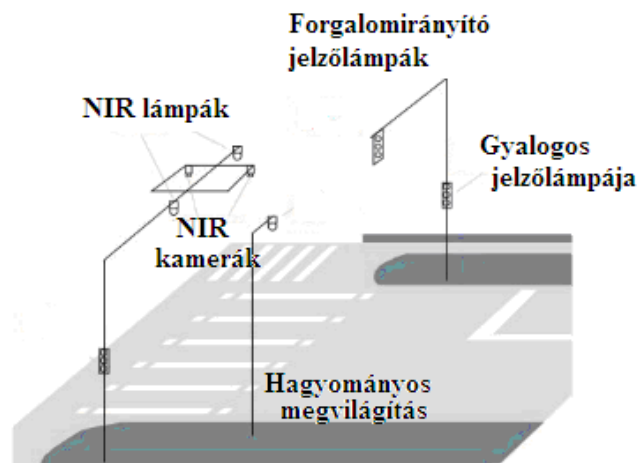
5 Videokamerás képfeldolgozás

Az egyik legdinamikusabban fejlődő technológia a videokamerás képfeldolgozás. Manapság már elterjednek nevezhetőek azok a rendszerek, amelyek videokamerákkal figyelt útszakaszon „ismerik” a közlekedési jellemzőket, érzékelni tudják a baleseteket, a forgalomnagyság bármilyen változását, akár egyszerre több forgalmi sáv esetében is. Példa erre a Dolphio Consulting Kft. egyik projektje, a közlekedési szabálysértés automatizált felismerése.[8.] A rendszer valós idejű információkat szolgáltat, amelyet a forgalomirányítás is hasznosítani tud. Képes közúti kamerák képén szabálysértések automatikus detektálására, amelyekből hitelesített videók készíthetők. Ezek bizonyítékként felhasználhatóak bírósági eljárás során.

Ugyanez a cég foglalkozik optikai utasszámláló rendszerrel is, amely egy speciális alakfelismerő algoritmus segítségével akár nagy tömegben, vagy szokatlan helyzetekben is képes nagy pontosságú számlálásra.[9.] Kamerák képeit használja fel, azonban ezeket a rendszer valós időben dolgozza fel, tehát nem rögzít képet. Ráadásul a számláló a járművek egyéb szenzorjainak adatait is begyűjtő fedélzeti egységekkel összekapcsolható, amelyeket továbbítja a központi szerverre.

Ilyen technológiák mellett természetesen felmerül annak a lehetősége, hogy infra-, ultrahang és doppler effektuson alapuló érzékelők helyett akár videokamerákat is lehetne alkalmazni a gyalogátkelőkhöz, amelyek összekapcsolhatók a kiegészítő figyelmeztető berendezésekkel.

Olasz egyetemen készült tanulmány videokamerás rendszeren alapuló gyalogátkelőhelyről.[13.] Ez a rendszer érzékeli a zebra „foglaltságát”, vagyis, hogy tartózkodik-e rajta éppen gyalogos, és ezt továbbítja a forgalmi jelzőlámpának. Ezek a jelzések szabályozzák a zöldidő hosszát is, ezáltal egyrészt csökkenthetik a gépjárművek veszteségidejét, másrészt biztonságosabbá tehetik az úton való átkelést a gyalogosok zöldidejének meghosszabbításával, ami különösen hasznos idős emberek, vagy mozgássérültek esetén.



20. ábra Az infrakamerás rendszer felépítése [13.]

A rendszer két infraérzékelős kamerából áll, amelyek közvetlenül a zebra felett vannak elhelyezve. Ez minden átkelőhely számára megfelelő, még akkor is, ha távol helyezkednek el az épületektől, vagy fák takarásában vannak. A kamerák érzékelik az átkelőhelyen megjelenő és az úttestből kiemelkedő testeket. Mivel az árnyékok az út síkjában vannak, így nem okoznak téves érzékelést. Az infraérzékelők teszik lehetővé, hogy sötétben is működjön a berendezés. [13.]

A kamerákat egy L-alakú oszlopon függesztik az átkelőhelyek fölé, nagyjából 6 méter magasan, így halszem lencsét alkalmaznak, amivel az egész átkelőhely belátható. A képek természetesen torzulást szenvednek a lencse miatt, amit azonban a rendszer korrigál. Egyelőre ez a korrigálás még nem automatikusan történik, ez a rendszer még fejlesztés alatt van. A lencsétől és a kalibrációtól függően alkalmaznak egy pixel térképet, aminek segítségével helyreállítják a képet.

A gyalogosokat a járművektől a mozgásuk alapján tudja megkülönböztetni a berendezés. Ha a mozgás merőleges az útra, akkor gyalogosként, ha párhuzamos, járműként érzékeli a felbukkanó tárgyat. Az érzékelésnek természetesen van egy minimális késedelme, de miután a rendszert 23Hz-en üzemeltetik, ez a késedelem elhanyagolhatóan kicsi. [13.]

A rendszerrel nagyjából 7000 képsort készítettek különböző időjárási és látási viszonyok között, és egyetlen hibás gyalogos érzékelés sem történt ezek során, tehát rendkívül megbízhatónak mondható. Ez a megoldás annyiban különbözik a korábban ismertetett rendszerek céljaitól, hogy itt forgalmi jelzőlámpás átkelőhelyhez alkalmazták a berendezést, így a gépjárművek számára aktivált kiegészítő figyelmeztető jelzésnek kisebb szerepe volt a zöldidő változtatása mellett.

Némi továbbgondolással ezt a módszert is kiválóan lehetne alkalmazni a gyalogosok érzékelésére, amennyiben a kamerákat nemcsak az átkelőhely fölé helyezzük el, hanem már korábban, az úttestre lépés előtt is képesek lennének detektálni az átkelni szándékozó gyalogost. Az így továbbított jellel ugyanúgy aktiválná a kiegészítő berendezéseket, mint a nyomógomb, vagy az infraérzékelős rendszer.

6 Összefoglalás

A baleseti statisztikák indokolják, hogy egyre nagyobb hangsúlyt fektessünk a közlekedésbiztonságra, hiszen a balesetek és személyi sérülések nemcsak a résztvevők számára okoznak komoly problémákat, hanem az ország gazdaságára is hatással vannak, értékük pénzben kifejezhető. Bár az utóbbi években jelentős előrelépést értünk el a személyi sérülések visszaszorításában, de nemzetközi viszonylatban még mindig nagyon kedvezőtlenek az eredményeink ezen a téren.

A gyalogosbalesetnek legfőbb problémája, hogy a gyalogost semmilyen jármű, vagy szerkezet nem védi a baleset során, a keletkezett energiákat semmi nem csillapítja a tömegében és sebességében egyébként is nagyobb gépjárművel szemben. Az átkelőhelyeken, ahol a gyalogosoknak a legnagyobb biztonságban kellene lennie az úton való átkelés során, nagyon rosszak a baleseti statisztikák. A biztonság javításának három alapvető módja lenne:

- A gyalogosok figyelmeztetése a körütekintésre (útburkolatra felfestett figyelmeztető felhívással, átkelőhely melletti táblákkal, feliratokkal)
- A járművek felszerelése modern technológiával, gyalogosdetektáló rendszerekkel, azaz intelligens járművek alkalmazása
- A járművezető figyelmeztetése, észlelés javítása, speciális megvilágítással, vagy gyalogosérzékelő rendszerekkel.

Mindhárom út járható lenne, azonban a statisztikák egyértelműen megmutatták, hogy a balesetek nagy részét nem a gyalogos, hanem a járművezető hibája okozza, így az első csoportba tartozó eszközöktől jelentős javulást nem várhatunk. Az intelligens járművekkel a fő probléma, hogy tényleges bevezetésük nemcsak költséges, de jelentős időbe is kerül, addig azonban mindenképp csökkenteni kellene a balesetek ilyen magas számát. Amellett pedig sok rendszer gyakorlati alkalmazása jogi problémákba is ütközik, ami tovább lassítja az alkalmazás, és az elterjedés folyamatát. Így tehát a harmadik csoport alkalmazásának elterjedése tűnik a leggyorsabb és a leghatékonyabb megoldásnak, amelynek eszközei az aktív és passzív gyalogos érzékelők.

Olyan helyszínekre, ahol a forgalomnagyság nem indokolja, nem érdemes jelzőlámpát alkalmazni, mivel az csak lassítaná a haladást. Ezeken a területeken lévő gyalogátkelőknél a gyalogosoknak és a járművezetőknek együttműködve, technikai segítség nélkül kell megoldaniuk a fellépő konfliktushelyzeteket. Ilyen esetben kulcsfontosságú az észlelés ideje, hiszen ez határozza meg, hogy mikor indítható el az a reakció folyamat, amellyel megakadályozható a baleset.

A forgalmi jelzőkészülékeken kívül egyre több technikai berendezés áll rendelkezésre az ilyen átkelőhelyek biztonságosabbá tételére. A járművezetők észlelését különböző figyelemfelkeltő jelzésekkel, vagy kiemelt megvilágítással segíthetjük elő. Az állandóan működő kiegészítő berendezések egy idő után már nem nyújtják a tőlük elvárt hatékonyságot, mivel a járművezetők hozzászoknak a jelenlétükhöz. Ezzel szemben sokkal hatékonyabb módszernek számítanak azok a megoldások, amikor a gyalogos jelenléte aktiválja a jelzést. Ennek két fajtája van, az aktív és a passzív érzékelés, a jelzőlámpa nélküli átkelőhelyekhez utóbbit célszerű alkalmazni. A passzív gyalogos érzékelésnél szükség van egy szenzorra, ami hőmérsékletkülönbség, vagy kibocsátott hullámok visszaverődése alapján érzékelni tudja a gyalogos jelenlétét. Ilyen érzékelőkkel kapcsolatban Oregonban végeztek kutatást, melynek eredményéből kiderült, hogy a feladatra az infra érzékelő és a Doppler-radar a legalkalmasabb megoldások, bizonyos speciális helyzetekben azonban az ultrahangos detektor is alkalmazható.

Budapesten a XVII. kerületben található egy gyakorlatban is alkalmazott megoldása a passzív gyalogos érzékelésnek, ezzel kapcsolatban végeztem méréseket annak megállapítására, hogy a rendszer mennyire hatékony a járművezetők figyelmeztetésében, illetve azok mennyire veszik figyelembe a jelzést és adnak elsőbbséget az átkelni kívánó gyalogosoknak. Az eredményekből kiderült, hogy a kiegészítő berendezések felszerelése előtti állapothoz képest sokat javult a helyzet a gyalogosok és gépjárművezetők konfliktusainak kezelésében, többszörösére nőtt a megállási hajlandóság az átkelőhelynél, ami egyértelműen mutatja a rendszer hatékonyságát.

Az egyik legígéretesebb és legdinamikusabban fejlődő technológia a videokamerás képfeldolgozás, amit a járművek érzékelésére már elterjedten alkalmaznak, a gyalogosátkelőkhöz azonban még ritkán. Egyelőre a kutatások arra irányulnak, hogy hogyan lehet integrálni a videokamerás rendszert a forgalmi jelzőlámpás irányításhoz, de a lámpa nélküli átkelőhelyeknél is hasznosítani lehetne az eljárást.

Az említett megoldások, berendezések természetesen többletköltséget igényelnek, de láthattuk, hogy többségükhöz semmilyen karbantartás nem szükséges, ezért ezek a beruházások csak egyszeri alkalomról szólnának. Némelyik megoldás még gazdaságosabb is, mint egy teljes, új jelzőlámpás rendszer kiépítése. A felmerülő költségekben pedig megoldást jelenthetne, ha az üzleti szféra is részt venne a biztonság növelésében, egy-egy átkelőhelynél részt vállalhatna egy vállalat a költségekből, ami reklámforrást jelenthetne az adott cég számára.

Jelen helyzetben a magyarországi gyalogos-átkelőhelyek nagy része nem felel meg sem az előírásoknak, sem a felénk támasztott biztonsági elvárásoknak, ami szükségessé teszi az intézkedést mind az előírásokkal, mind a kivitelezésükkel kapcsolatban.

Ábrajegyzék

1. ábra Nem megfelelő állapotú átkelőhely	4
2. ábra Gyalogos halálesetek száma az összes közlekedési halálesethez viszonyítva az EU-ban (2008)	5
3. ábra Leggyakoribb gyalogosbalesetek helyszínei 1.....	6
4. ábra Leggyakoribb gyalogosbalesetek helyszínei 2.....	7
5. ábra Gyalogos balesetek csoportosítása	7
6. ábra Oregoni tesztek helyszíne	13
7. ábra Gyalogos detektálás egy lehetséges folyamatábrája	14
8. ábra Bácsai úti gyalogátkelőhely	17
9. ábra Gyalogátkelőhely a Radnóti Miklós utcában	17
10. ábra Gyalogátkelőhely a Zöld utcában	18
11. ábra Gyalogosok érzékelése.....	21
12. ábra Gyalogosátkelő a XVII. kerületben	22
13. ábra Az Újlak utcai gyalogátkelőhely az átalakítás után	24
14. ábra Kiegészítő felszerelés.....	24
15. ábra A kommunikációs egység szerepe	25
16. ábra A mozgásérzékelő területi lefedettsége.....	26
17. ábra Útburkolatba épített burkolatszeg	26
18. ábra Járműérzékelő radar jellemzői	27
19. ábra Megállási hajlandóság változása a gyalogos-átkelőhelynél.....	32
20. ábra Az infrakamerás rendszer felépítése	35

Táblajegyzék

1. Táblázat A gyalogoselutések száma gyalogosforgalom szerint.....	5
2. Táblázat Szenzorok megbízhatóságának előzetes eredményei.....	10
3. Táblázat 1. Mérés eredményei	19
4. Táblázat 2. Mérés eredményei	19
5. Táblázat 3. Mérés eredményei	20
6. Táblázat Megállási hajlandóság mérés eredményei.....	31

Irodalomjegyzék

Könyv

- [1.] Dr. Melegh Gábor: **Gépjárműszakértés**. Budapest, 2004 (ISBN 963 9005 66 5)

Kutatási Jelentések, Céges Tájékoztatók

- [2.] European Road Safety Observatory: **Traffic Safety Basic Fact** 2010, http://ec.europa.eu/transport/road_safety/pdf/statistics/dacota/bfs2010_dacota-kfv-1-3-pedestrians.pdf
- [3.] Swarco Traffic Hungaria Kft. prezentációja, **Increasing Security On Zebra Crossings**, 2006
- [4.] Központi Statisztikai Hivatal: **Közlekedési Balesetek** 2010, 2009, 2008, 2007, 2006; interneten elérhető kiadványtár , http://portal.ksh.hu/pls/ksh/ksh_web.shop.lista?p_lang=HU&p_session_id=56370626&p_query=baleset
- [5.] Családi Judit: **A gyalogos átkelőhelyek biztonságos kialakítása**, Szakdolgozat, 2012.

Elektronikus Dokumentumok

- [6.] Swarco Traffic Hungaria Kft. tájékoztatója, **Gyalogátkelők biztosítása Signflash és Levelite készülékek kombinált alkalmazásával**; <http://www.swarco.com/hungary-hu/H%C3%ADrek,-esem%C3%A9nyek/H%C3%ADrek/aktu%C3%A1lis>
- [7.] **Gyalogátkelőhelyek, miért kell félnünk?** <http://www.csaladhalo.hu/cikk/hatter/gyalogatkelohelyek-miert-kell-felnunk>

- [8.] Dolfio consulting: **Közlekedési szabálysértés automatizált felismerése;**
<http://www.dolfio.hu/index.php?page=projects&spage=Szabalysertes&lang=hu>
- [9.] Dolfio consulting: **Optikai utasszámlálás;**
<http://www.dolfio.hu/index.php?page=products&spage=PassengerCounter&lang=hu>
- [10.] Dana M. Bechwith: **Passive Pedestrian Detection at Unsignalized Crossings;** <http://www.enhancements.org/download/trb/1636-016.PDF>
- [11.] Dr. Oláh Ferenc, Sági Péter: **Radarberendezések, -detektorok,** Autotechnika magazin 2006/2, <http://traffipax.preventio.hu/traffipax.pdf>
- [12.] Lővei Gergely: **Síralmas a hazai gyalogátkelők állapota,** AutóMotor magazin, 2011. szeptember 2.; <http://www.automotor.hu/fairvezeto/siralmas-a-hazai-gyalogatkelok-allapota-398029>
- [13.] Alessandra Fascioli, Rean Isabella Fedriga, Stefano Ghidoni: **Vision-based monitoring of pedestrian crossings;**
http://rse.academia.edu/IsabellaReanFedriga/Papers/880048/Vision-based_monitoring_of_pedestrian_crossings