



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar
Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszék

SZAKDOLGOZAT

**A változtatható jelzéseképű táblák alkalmazási
lehetőségei**

Balázs Péter

2015

Tartalom

1.	Bevezetés.....	2
2.	A változtatható jelzésekű táblák bemutatása, hazai és külföldi példák	8
2.1.	A VJT-k csoportosítása.....	8
2.1.1.	Mechanikus VJT-k	9
2.1.2.	Fénytechnikás VJT-k.....	9
2.1.3.	E-ink VJT-k	10
2.2.	A VJT-k felépítése	10
2.3.	Kommunikáció.....	12
2.4.	Telepítés helye	13
2.5.	Külföldi példák VJT alkalmazására.....	14
2.5.1.	Mechanikus táblák.....	15
2.5.2.	Városi környezetben használt LED VJT-k.....	16
2.5.3.	Active Traffic Management	17
2.5.4.	Active Demand Management	19
2.5.5.	E-ink kijelzők	20
2.6.	Budapesten jelenleg használatban lévő VJT-k	21
3.	Adatgyűjtési és feldolgozási módszerek	25
3.1.	Hurokdetektoros adatgyűjtés	25
3.2.	Videós adatgyűjtés	27
3.3.	Egyéb adatgyűjtési módszerek.....	31
3.3.1.	Mérógomba.....	31
3.3.2.	Ultrahangos járműérzékelő.....	31
3.3.3.	Infravörös detektorok	32
3.3.4.	Földmágneses érzékelés	32
3.4.	Intelligens adatgyűjtés	33
4.	VJT-k elhelyezhetőségének vizsgálata városi környezetben	35
4.1.	A szempontrendszer kidolgozása.....	35
4.1.1.	Infrastrukturális prioritások	35
4.1.2.	Forgalomnagyság	37
4.1.3.	Baleseti sűrűsödések.....	39
4.1.4.	Szűk keresztmetszetek.....	41
4.1.5.	Sávok száma	42
4.2.	Csomópontok vizsgálata	43
5.	Összefoglalás.....	51
	Forrásjegyzék	53
	Ábrajegyzék	55
	Táblázatjegyzék.....	56

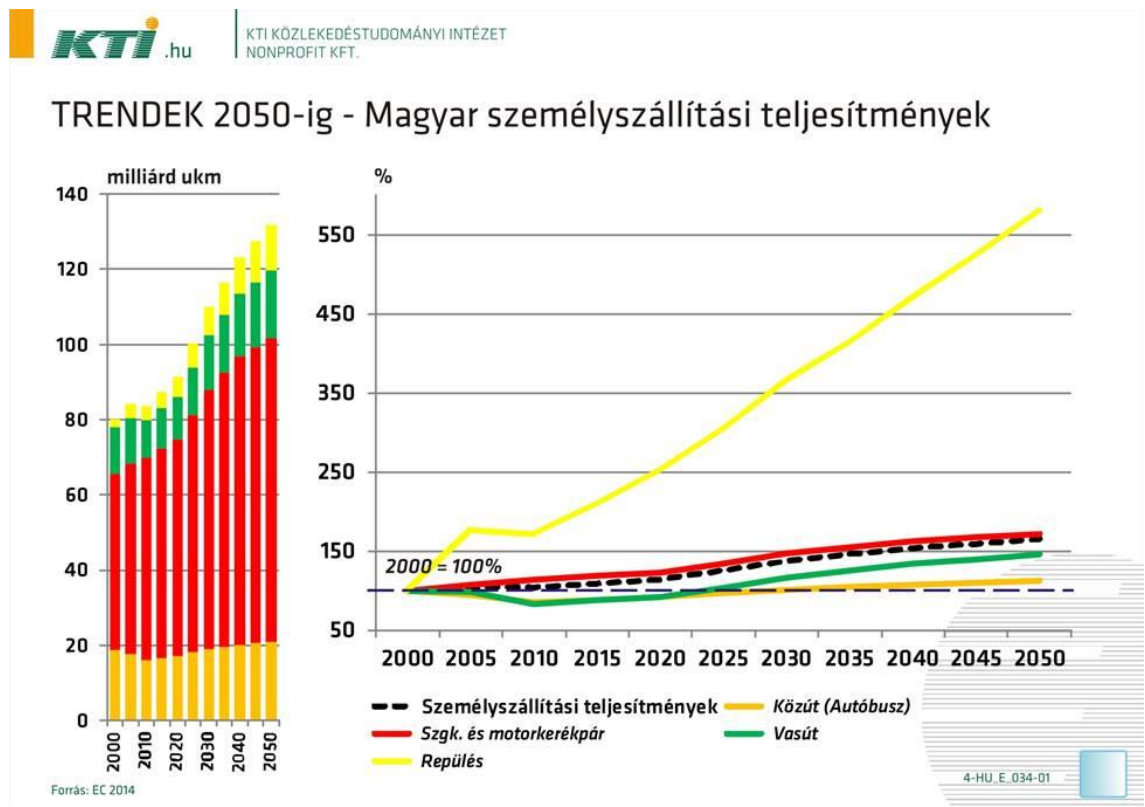
1. Bevezetés

Az intelligens közlekedési rendszereknek (Intelligent Transportation Systems – ITS) több definíciója is létezik. A legáltalánosabbat az Európai Unió 40/2010 irányelve (ITS Direktíva)[25] tartalmazza: „Az intelligens közlekedési rendszerek olyan fejlett alkalmazások, amelyek tényleges (emberi) intelligencia megtestesítése nélkül biztosítanak innovatív szolgáltatásokat a különböző közúti közlekedési módokhoz és forgalmi menedzsmenthez kapcsolódóan”. Ezt a kifejezést 1994 óta használják hivatalosan, és szinonimája a közúti telematika. Az ITS rendszereknek 5 célja van, amelyek sorrendje megfelel a prioritási szinteknek is:

1. Közlekedésbiztonság növelése: baleset számának, súlyosságának csökkentése
2. Közlekedési hálózat forgalmi hatékonyságának növelése: pl. a hálózaton eltöltött idő csökkentése, speciális járművek előnyben részesítése
3. Üzemeltetés hatékonyságának növelése: pl. energia- és tüzelőanyag-felhasználás csökkentése
4. Környezetvédelem: környezet- és zajszennyezés csökkentése
5. Utazási komfort növelése

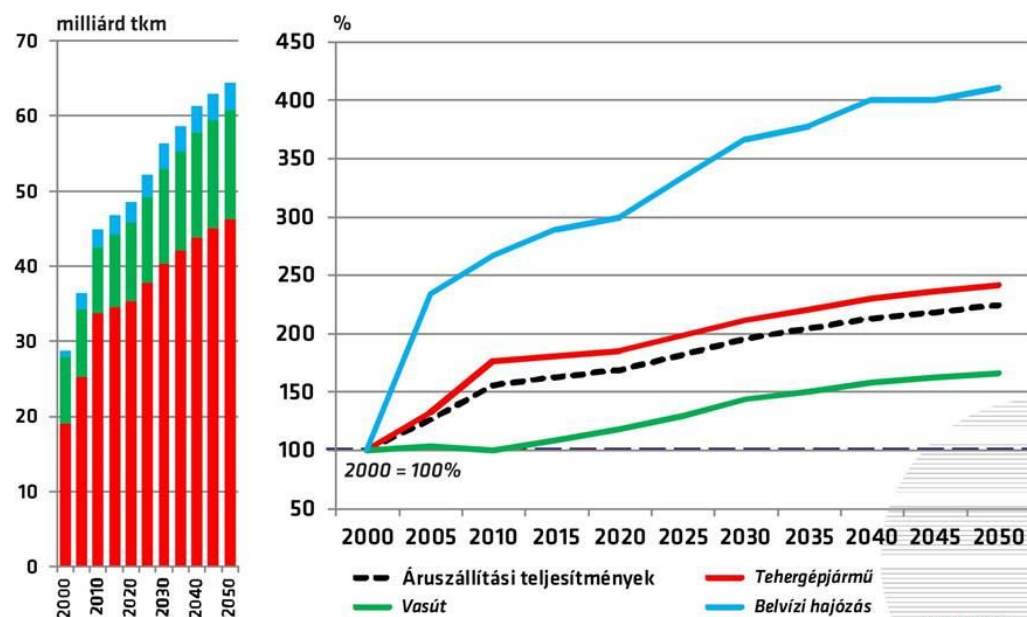
Az ITS rendszerek fogalma bővebben is értelmezhető, ennek értelmében az intelligens közlekedési rendszerek a közlekedési hálózatokon és járművekben alkalmazott információs és kommunikációs megoldások összessége, melyek dinamikus, valós idejű adatok alapján működnek. Ahhoz, hogy valós idejű (real-time) adatokat lehessen szolgáltatni adatgyűjtésre is szükség van. Néhány adatgyűjtési módszer: szenzorok, detektorok, kamerák, mozgójárműves adatgyűjtés (floating car data). A mért adatokat pedig továbbítani is kell a különböző feldolgozó egységeknek. Erre is sokféle lehetőség van, például vezeték nélküli adatátvitel, DSRC (Dedicated Short-Range Communications), NFC (Near Field Communications) vagy a V2I és V2V kommunikáció.[22] Ezekkel az adatokkal információs- és forgalomszabályozási rendszerek alakíthatóak ki, amelyeknek a lényege a meglévő infrastruktúra mellett a forgalmi folyamatok hatékonyságának növelése. A csoportosítása ezeknek többféle szempont szerint is elvégezhető. A működés módja szerint megkülönböztetünk statikus és dinamikus rendszereket, a járművezetőre gyakorolt hatás szerint vannak kollektív és individuális rendszerek, az információ megadásának helye szerint pedig útmenti és járművön belüli rendszerek.

A motorizációs fok folyamatos növekedése komoly problémát jelent a közlekedési folyamatok kezelésére és a környezetre. Fokozottan igaz ez a városokra, hiszen ott minimális lehetőségek vannak új infrastrukturális elemek, mint például utak vagy felüljárók építésére, vagy a már meglévő infrastruktúra átépítésére, annak érdekében, hogy javítsuk a forgalom lefolyását. A közúti forgalom nagysága becslések szerint 2050-re a személyszállítási szektorban másfélszeresére emelkedik (1. ábra), az áruszállítási szektorban pedig több mint négyszeresére növekszik (2. ábra). Ez pedig nyilvánvalóan nem csak a gyorsforgalmi utakat fogja jelentős mértékben terhelni, hanem a városokat is. Emiatt egyre fontosabb olyan intelligens közlekedési rendszerek létrehozása és alkalmazása, amelyek képesek kezelni ezt a folyamatosan növekedő terhelést az úthálózatokon.



1. ábra: Magyar személyszállítási teljesítmények (forrás: <http://www.kti.hu/index.php/kutatas/trendek-grafikus-adatbazis/trendek-9m/szemelyszallitas>)

TRENDEK 2050-ig - Magyar áruszállítási teljesítmények



Forrás: EC 2014

6-HU_D_062-01

2. ábra: Magyar áruszállítási teljesítmények (forrás:

<http://www.kti.hu/index.php/kutatas/trendek-grafikus-adatbazis/trendek-9m/aruszallitas-logisztika>)

Az előbb vázolt problémára nyújt egyfajta megoldást a változtatható jelzésekű táblák alkalmazása. Ezek a fenti csoportosítások szerint dinamikus, kollektív, útmenti eszközök. Hasonlóan a statikus táblákhoz, ezeknek a tábláknak is három követelménynek kell megfelelniük, amelyek a következők:

- láthatóság: a tábla a megfelelő távolságból jól látható legyen
- felismerhetőség: a járművezető felismerje a tábla jelzését, a szöveget el tudja olvasni
- érthetőség: a jelzési kép és/vagy szöveg mindenki számára (tehát idegen nyelvűeknek is) érthető legyen

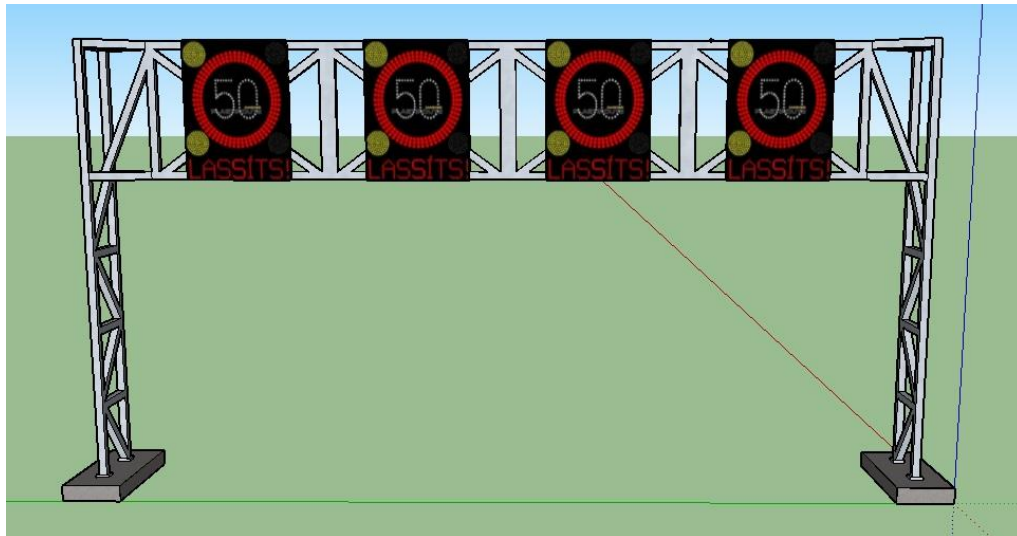
Segítségükkel a járművezetők számára olyan információk és utasítások adhatóak, amelyek különböző szituációkban elősegíthetik a forgalom jobb lefolyását. Az információk megjelenítésére is vonatkoznak irányelvek, melyeket megkülönböztetünk szöveges, képi és kombinált tartalomra vonatkozóan. [28] Ezekkel a „Practice and deployment of variable message signs (VMS) in Viking countries-potential for harmonisation” című tanulmányban is foglalkoztak. Ebben a tanulmányban az észak-európai országokban készítettek vizsgálatot azzal a céllal, hogy a megszerzett

információk segítségével növeljék a VJT-k harmonizált felhasználását. Itt háromféle VJT-t definiáltak, amiket aztán külön-külön vizsgáltak, abból a szempontból, hogy milyenek kell lennie a jelzéseknek.

- Szöveges információk
 - legyen rövid és egyértelmű
 - rövidítések mellőzése
 - lehetőleg többnyelvű megjelenítés
- Képes információk
 - nemzetközileg elfogadott piktogramok
 - a KRESZ táblák a statikus táblákkal megegyezően jelenjenek meg
- Kombinált információk
 - a kép és a szöveg összhangban legyen[1]0

Az egyik legnagyobb probléma a városokban a torlódások kialakulása, azonban jól elhelyezett VJT-kel ezek mértéke csökkenthető, egyes esetekben meg is előzhető. Erre nagyon jó megoldás az úgynevezett váltakozó irányú sávok használata [31]. De megemlíthető még a szabad parkolóhelyek keresésével eltöltött idő is, amely intelligens parkolási rendszerekkel és az ahhoz tartozó VJT-kel csökkenthető lenne. Persze a VJT-k alkalmazása önmagában nem elegendő, szükség lehet a hálózat kisebb mértékű módosítására annak érdekében, hogy a beavatkozás hatékony legyen. Ilyen infrastrukturális beavatkozás lehet a sávok újradefiniálása, ami nem jár komoly költségvonzattal.

Ugyanakkor a változtatható jelzésekű táblák használata meglehetősen költséges. A táblák önmagukban drágák lehetnek a típusuktól függően és természetesen tartószerkezetekre is szükség van hozzájuk, amik szintén nagyon költségesek lehetnek. Autópályán vagy annak bevezető szakaszán üzembe helyezni egy VJT-s rendszert elérheti akár a 100 millió forintot is. Egy ilyen rendszerhez szükség van egy a környezeti hatásokkal szemben nagyon ellenálló és nagy teherbírású tartószerkezetre (3. ábra), aminek az ára 4 sávós út esetén kb. 30 millió Ft.



3. ábra: VJT tartószerkezet (forrás: saját szerkesztés)

Ehhez hozzájönnek a VJT-k, amelyek ára szintén elérheti az előbbi összeget, hiszen ezeknek a dinamikus tábláknak nagyoknak kell lenni, hogy magas sebesség mellett is felismerhető és értelmezhető lehessen a kijelzett információ, valamint egy tartószerkezeten több VJT is található. Ehhez jön hozzá még a különböző kapcsolódó tevékenységek és alkalmazandó anyagok (pl. vasbeton alap a tartószerkezetnek) költsége. Városi környezetben nincs szükség sem hatalmas tartószerkezetekre, sem nagy táblákra. Ugyanakkor még ekkor sem olcsó kiépíteni egy ilyen rendszert. Egy benyúló szerkezet, mint amin a hűvösvölgyi VJT is van, 5 millió Ft (szolgáltatás+anyag), ebből 3,5 millió maga az oszlop, a maradék meg a beállítás és a munkálatok ára. Ha benyúlós szerkezetre sincs szükség, akkor egy kisebb is használható, ennek a költsége is 1,5-2 millió Ft, plusz a szolgáltatás. Emiatt a VJT-kel megvalósítható forgalomszabályozás megvalósítása előtt érdemes felállítani egy szempontrendszert, amelynek segítségével megállapítható, hogy a változtatható jelzésekű táblával megvalósítandó irányítás ésszerű-e, hatékony-e, illetve, hogy gazdaságilag is megéri-e. Ezzel a problémakörrel, tehát hogy melyek azok a helyek, ahol a VJT-s irányítás a legjobban megvalósítható már korábban mások is foglalkoztak. A „Location configuration design for Dynamic Message Signs under stochastic incident and ATIS scenarios”[26] című cikkben Yi-Chang Chiu és Nathan Huynh egy módszertant dolgozott ki az állandó helyű VJT-k telepítésére, a táblák számának optimalizálására. [29]Ugyanakkor megemlítené még, hogy a táblák optimális helyre történő kihelyezése és az információk szolgáltatása önmagában még nem biztos, hogy elég. Szükség van megfelelő közlekedési kultúrára is ahhoz, hogy valóban hatékonyan lehessen megvalósítani a forgalomirányítást és –szabályozást.

Ezt a szempontrendszert városi környezetre, tehát a városi közúthálózatra és a hozzá tartozó infrastruktúrára állítom fel, vagyis nem veszem figyelembe az autópálya bevezető szakaszokat, azért mert azon a forgalom és pálya jellemzői is jelentősen eltérnek a városi utakétól. A szempontrendszer kidolgozásakor az alábbi jellemzőket veszem figyelembe:

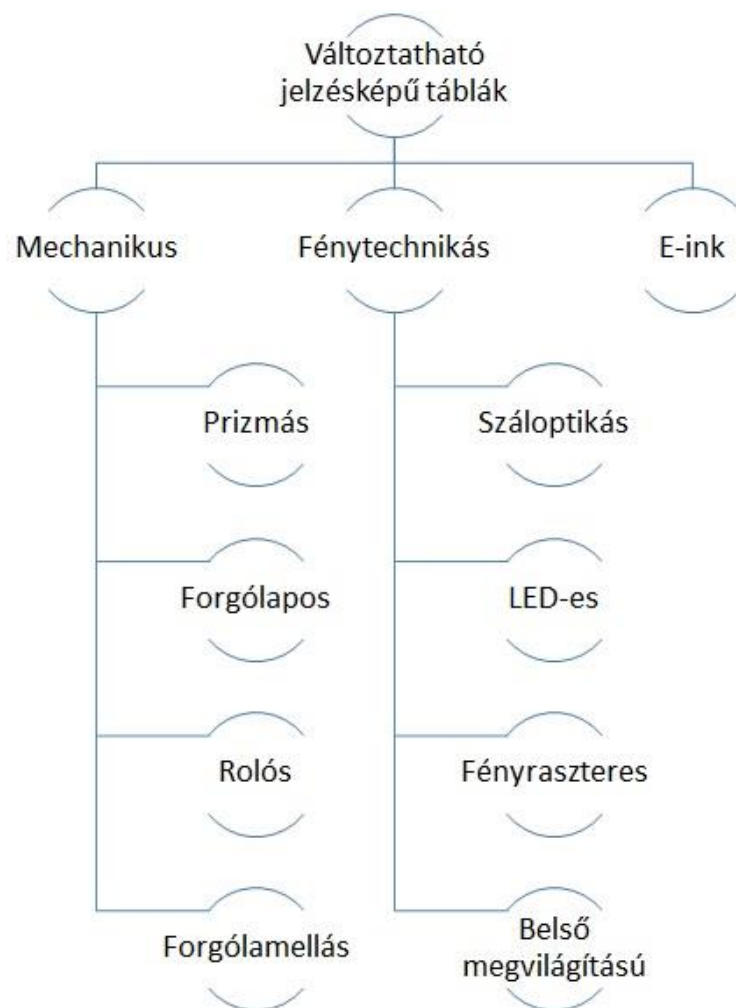
- Infrastrukturális prioritás
- Forgalomnagyság
- Sávok száma
- Szűk keresztmetszetek

Ezeknek a meghatározását a budapesti úthálózat segítségével valósítom meg. Majd ezek után a kidolgozott szempontrendszer segítségével 15 budapesti csomópont elemzését és értékelését végzem el. Majd az eredmények ismeretében korreláció analízis segítségével megnézem, hogy vannak-e összefüggések a szempontrendszer egyes változói között, és ha igen milyen mértékűek ezek.

2. A változtatható jelzéseképű táblák bemutatása, hazai és külföldi példák

2.1. A VJT-k csoportosítása

Változtatható jelzéseképű táblának azokat a táblákat nevezzük melyek jelzéseképe időben nem állandó, tehát az információtartalma dinamikusan változik. Ez azt jelenti, hogy több jelzéseképet tud mutatni a tábla. Ennek egy speciális esete, amikor a tábla csak egy jelzéseképet tud mutatni. Ebben az esetben a dinamikusság úgy jelentkezik, hogy a tábla vagy mutat információt vagy nem. A változtatható jelzéseképű táblának két fő csoportja van. Az egyik a mechanikus elven működő, a másik a fénytechnikai elven működő. Valamint egy új típus is megjelent ebben az évben, ez pedig az e-inket használó tábla (4. ábra).



4. ábra: VJT típusok (forrás: saját szerkesztés)

2.1.1. Mechanikus VJT-k

Bizonyos esetekben néhány jelzésekép is megfelelő lehet, és ekkor a mechanikus táblák jó alternatívák lehetnek. A kiépítési és fenntartási költségei is alacsonyabbak, mint a LED-es tábláknak. Megfelelő alapanyagok felhasználásával, gyártási technológiával és összeállítással a mechanikus táblák hosszú élettartamúak és ellenállóak a szélsőséges időjárási körülményekkel szemben is. Hasonlóan a fénytechnikát használó táblákhoz ezek is széleskörűen felhasználhatóak pl. parkolás irányításra, alagutaknál, autópályákon stb.. A mechanikus táblák sokféle beállítási lehetőségekkel rendelkeznek. Ezek függenek attól is, hogy az adott tábla felépítése milyen. A legegyszerűbb felépítésű a forgólapos tábla, mely csupán kétféle jelzéseképet tud mutatni. A prizmás táblák, ahogy azt a neve is mutatja három különböző jelzésekép jelzésére alkalmas. A rolós maximum 25 jelzéseképpel rendelkezik. A legtöbb jelzéseképpel a forgólamellás táblák rendelkeznek, ennek értéke elméletileg végtelen is lehet. Mindegyik típusnál szükség van egy meghajtó egységre, amely a különböző elemeket tudja mozgatni a kép megváltoztatásához. Vannak olyan mechanikus táblák, amelyek több panelből állnak, ezzel növelve a kiírható információk mennyiségét.

2.1.2. Fénytechnikás VJT-k

A mechanikus tábláknak a szerepe a közlekedésben már igen csekély, hiszen a lehetséges jelzéseképek száma alacsony (2-3 jelzésekép), de azért előfordulnak olyan helyek ahol elegendő ez is. Más területeken, mint pl. a reklámok és hirdetések jól használható. A fénytechnikai elven működő táblák nagy előnye, hogy akár elméletileg végtelen számú jelzésekép kijelzésére is alkalmasak lehetnek. A már nem igazán használt száloptikás VJT-k még „csak” 15 jelzési kép mutatására voltak alkalmasak. Ezután terjedtek el a világító diódás és a fényraszteres táblák, amelyek már végtelen jelzésekép kijelzésére alkalmasak. Ebből is a világító diódás terjedt el a legjobban. De vannak olyanok is, amelyeknek csak 1 jelzéseképe van, ezeket hívjuk belső megvilágítású tábláknak. Mindig az alkalmazási cél szabja meg, hogy milyen fajtát használunk.

Ezen kívül a táblákat csoportosíthatjuk a dinamikusság szintje szerint is, tehát az alapján, hogy a kijelzett információ már előre be van-e táplálva vagy pedig tetszőlegesen módosítható. Minél kevesebb információt akarunk kijelezni, annál egyszerűbb a VJT felépítése. A beépített jelzéseképű táblák előnye, hogy költséghatékonyak, cserébe csak néhány előre definiált üzenetet, képet lehet megjeleníteni rajtuk. Ezeket azonban

ritkábban használják, elterjedtebb megoldás a szabadon programozható táblák, amelyek fénytechnikai elven működnek. Nagy előnye ezeknek, hogy tetszőleges információt lehet velük megjeleníteni, így dinamikusabban lehet reagálni az úton történő eseményekre és a jövőben keletkező igényekre.

2.1.3. E-ink VJT-k

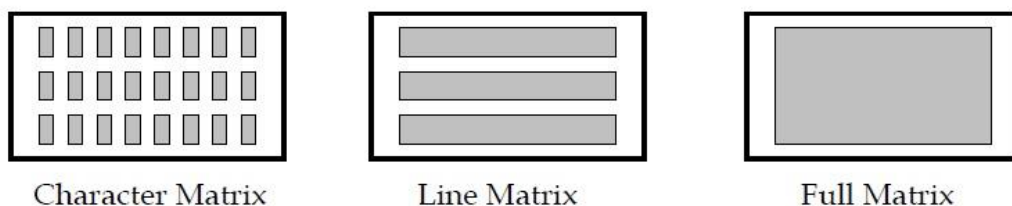
Az e-ink az elektronikus tintát jelenti.[20]. Az e-ink technológiát általában úgy nevezik, hogy „bistabil” technológia. Ez azt jelenti, hogy a kép az e-ink kijelzőn megmarad akkor is, amikor minden erőforrás kikapcsol. Tehát gyakorlatilag a kijelző csak akkor fogyaszt áramot, amikor valami megváltozik. A hagyományos pl. LCD kijelzők háttérvilágítással rendelkeznek és az innen kivetített fény jut el a kijelzőn keresztül a szemig. Ezzel szemben az e-ink-es kijelzőknél nem használnak háttérvilágítást, hanem a környezetből érkező fény tükröződik vissza a képernyőről a szembe. Tehát minél erősebb a környezetből érkező fény, annál fényesebbnek tűnik a kijelző. Mivel a technológia lényege pont az, hogy nincs háttérvilágítás, ezért ezeket a táblákat a sötétben történő láthatóság miatt külső fényforrással meg kell világítani.

2.2. A VJT-k felépítése

Ma már szinte kizárólag LED-es (Light Emitting Diode [2]= fénykibocsátó dióda) kivitelű táblákat alkalmaznak. A LED-ek elterjedésének oka, hogy energiatakarékos, hosszú élettartamú és környezetbarát, ezért az üzemeltetése gazdaságos. Ugyanakkor figyelni kell arra, hogy a LED-ek különböző világítási szöggel rendelkeznek, ezért ha kicsi világítási szöggel rendelkezőt építenek be a VJT-be, akkor fontos a megfelelő pozicionálás annak érdekében, hogy a megjelenített információ jól látható legyen.[18]

A LED-es változtatható jelzéseképű táblák mátrixos felépítésűek. A megjeleníthető üzenetek a mátrixos kijelző típusától függenek. Alapvetően háromféle változata van ezeknek a kijelzőknek (5. ábra):

- pontmátrixos
- sormátrixos
- fullmátrixos

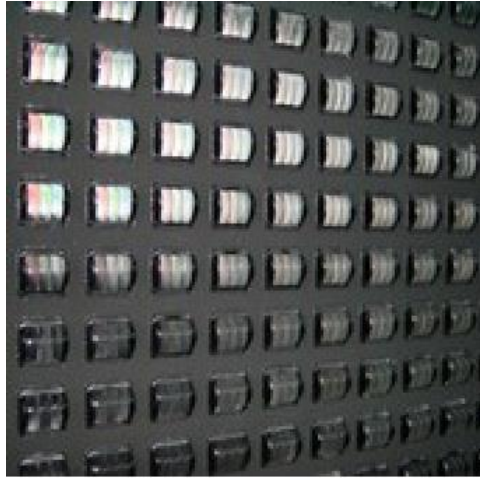


5. ábra: Mátrix kijelző típusok (forrás:[3])

A legkorszerűbb ezek közül a fullmátrixos kivitelű. Ebben az esetben nincs fizikai elválasztás az egyes karakterek és sorok között az üzenetben. Egy üzenet bármilyen méretben és elhelyezésben kiírható, amíg az belefér a kijelző fizikai méreteibe.[3] Egy kijelző méreteit a felbontás és a képpont távolság határozza meg. A felbontás attól függ, hogy mennyi pixel, vagyis képpont található függőlegesen és vízszintesen elhelyezve a VJT-n. A képpont távolság pedig ezeknek a pixeleknek a távolságát adja meg. Egy pixel állhat egy vagy három LED-ből is. Azokat a VJT-eket, amelyekben csak egy LED-ből áll egy pixel, azokat kizárólag szöveges üzenetek kiírására alkalmazzák. Ezeket monokróm kijelzőknek nevezik. Amikor képi üzenetet is ki kell jelezni, ami jellemzően valamilyen KRESZ jelzés, akkor áll egy pixel három LED-ből. A képalkotás RGB technológiával történik, vagyis az egy képpontot alkotó színek a piros-zöld-kék (Red-Green-Blue) kombinációból jönnek ki. A régebbi megoldás, hogy egy pixel három különálló fénykibocsátó diódából áll (6. ábra). Az újabb VJT-k esetén nincsenek különálló diódák, hanem egy közös tokban találhatóak meg (7. ábra). Ezáltal a kikevert színek még nagyon közlelről is jól azonosíthatók.



6. ábra: 3 LED-es panel (forrás: <http://www.dreamstime.com/stock-photo-rgb-led-screen-panel-texture-image15135090>)



7. ábra: Tokba foglalt LED-ek (forrás:[4])

2.3. Kommunikáció

Fontos, hogy a VJT nem egy nagy panelből áll, hanem kisebb modulokból, amik egymással össze vannak kapcsolva, melyek megadják a kijelző méretét. A kapcsolatot a modulok között BUS-rendszer biztosítja, annak érdekében, hogy a kommunikáció az egyes elemek között megvalósuljon.[5] A táblák vezérléséhez szükség van egy mikroprocesszoros egységre. Ez az egység kommunikál a forgalomirányító központtal. Amikor információt kap, akkor ennek felhasználásáról minden esetben értesítenie kell a központot. Az egységnek tartalmaznia kell egy EPROM (Erasable Programmable Read-Only Memory) memóriát, aminek minimum 32 üzenet tárolására alkalmasnak kell lennie, annak érdekében, hogy szükség esetén azonnal ki tudja írni a megfelelő információt. Továbbá elegendő RAM (Random Access Memory) memóriának kell benne lenni ahhoz, hogy fel- és tölthesse az üzeneteket, információkat.

Elvárás még a mikroprocesszoros egységgel szemben, hogy különböző típusú üzeneteket is ki tudjon vezérelni, mint például a villogtatás, fordított karakter megjelenítés és ütemezés, illetve képesnek kell lennie a 60 karakter/másodperc kiírására is. Annak érdekében, hogy a program kiesések ne okozzanak problémát, a rendszerben van egy úgynevezett „watchdog” időzítő, ami folyamatosan figyeli a VJT működését és szükség esetén újraindítja azt. Mivel ezeknek a tábláknak a használata biztonságkritikus, ezért fail-safe-nek kell tervezni. Ez azt jelenti, hogy hibás működés esetén (kommunikációs hiba, érvénytelen adatátvitel vagy áramellátási probléma), azonnal le kell kapcsolnia a rendszernek, hogy ne maradjon kint olyan üzenet, ami már érvényét veszítette és/vagy balesethelyzetet okozhatna.[3]

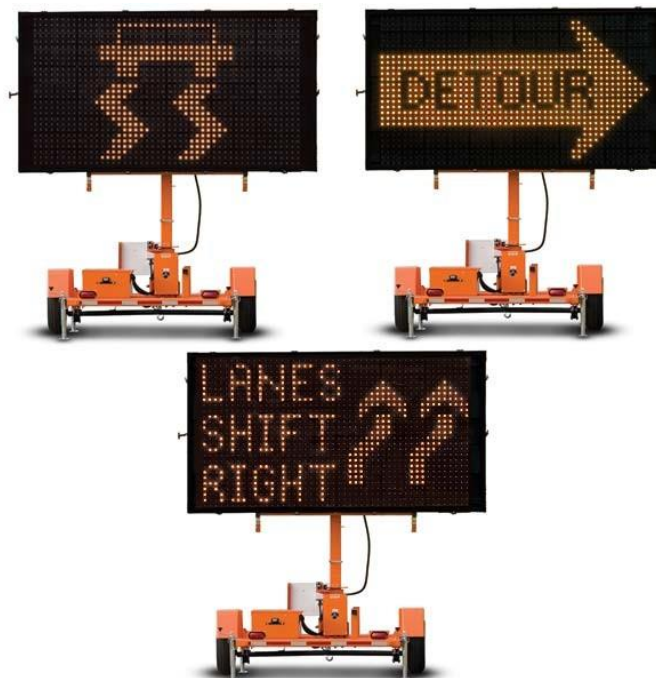
A kommunikációnak a VJT és a forgalomirányítási központ között úgy kell megvalósulnia, hogy valós idejű, friss információkat tudjon szolgáltatni az úthasználóknak. Ez többféleképpen is megvalósítható. A központ hagyományos telefonvonalon, vagy bármelyik szabványos vezetéken tud kommunikálni a VJT-vel, ugyanakkor a kommunikáció dedikáltan is megvalósulhat, ehhez használható optikai kábel, sodort rézkábel, szórt spektrumú rádiós kapcsolat vagy ezeknek a kombinációja.[3] A megvalósulás módja szerint a kapcsolat lehet állandó vagy alkalmi. Az első megoldás esetén a kommunikáció folyamatosan fennáll a központ és a VJT között. Ez a legegyszerűbben vezetékes összeköttetéssel valósítható meg, de megoldható vezeték nélküli kapcsolattal is. Ezt azonban csak nagyon indokolt esetben használják. A másik, elterjedt megoldás, hogy csak akkor létesül kapcsolat, amikor üzenetküldés vagy fogadás történik. Ennek egyszerű módja a GSM (Global System for Mobile Communications) hálózat használata, amihez egy SIM-kártyát kell a VJT-ben lévő GSM modembe illeszteni. Amikor a kapcsolat létrejön, lehetőség van az adatok le- és feltöltésére, vagy az EPROM memóriában tárolt bármely üzenet kivezérlésére.

2.4. Telepítés helye

Megkülönböztetünk fixen telepített és mozgatható változtatható jelzéseképű táblákat. A fixen telepített táblák helyhez kötöttek és valamilyen konzolra vagy oszlopra vannak felszerelve. Utóbbiakat jellemzően útépitési, útfelújítási munkálatok közben használják a forgalom irányítására és a munkaterületen dolgozó emberek védelmére. [27]Ezen kívül arra is alkalmasak, hogy egy váratlan esemény bekövetkezésekor a forgalmat eltereljék alternatív útvonalra. Arról, hogy hogyan lehet megtalálni az optimális helyét ezeknek a mozgatható VJT-knek, 2003-ban született egy tanulmány. A feladattól függően ezeknek a tábláknak is sokféle változata van. Legegyszerűbb esetben csak 1-2 jelzéseképet tudnak mutatni (8. ábra), ugyanakkor ezek ára alacsony. Komplexebb feladatokhoz itt is használható fullmátrix kijelző (9. ábra). A táblák felszerelhetőek teherautókra, de saját tartószerkezettel is rendelkezhetnek. [5]



8. ábra: Két jelzéseképű mozgatható VJT (forrás: <https://www.pinterest.com/JDTraffic/>)



9. ábra: Fullmátrixos mozgatható VJT (forrás: <http://www.wanco.com/cp/uploads/gallery-msgbd-matrix-full-graphics.jpg>)

2.5. Külföldi példák VJT alkalmazására

Külföldön, főleg a fejlettebb országokban a forgalom irányítását komplexebb rendszerként kezelik és különféle irányítási stratégiákat alkalmaznak. Ehhez az is szükséges, hogy jóval több adat kerüljön feldolgozásra, majd átadásra, mint pl. Magyarországon. Míg hazánkban főleg az autópálya bevezető szakaszokon használnak VJT-ket, addig külföldön hosszabb gyorsforgalmi útszakaszokon és városi környezetben is.

2.5.1. Mechanikus táblák

Erre a célra például a Rotapanel nevű cég gyárt prizmás változtatható jelzéseképű táblákat (PVMS=Prismatic Variable Message Signs). Alapvetően a prizmás táblák három jelzéseképet tudnak mutatni, de ha mégsem lenne elegendő ez, akkor a tábla felbontható különálló, saját motorral és irányítással rendelkező szekciókra (10. ábra). Ezáltal egy panelen többféle üzenet is megjeleníthető. Az így kialakítható egységek száma pedig korlátlan.



10. ábra: Több egységes prizmás tábla (forrás:

http://www.rotapanel.com/rotapaneltraffic.com/img-motorways/mot_big7.jpg)

A prizmák három méretben fordulnak elő: 100 mm, 125 mm és 160 mm, a hosszúságuk pedig 4750 és 6000mm között van attól függően, hogy milyen széles a prizma.

Erre a következő lehetőségek vannak (11. ábra):

- jelzések ki- és bekapcsolása a nap egy meghatározott időpontjában
- egyes jelzések letiltása
- mindhárom jelzés engedélyezése
- várakozási idő beállítása az egyes jelzésekre
- sorrend beállítás
- fények és jelzésekép idõtartamának beállítása
- újraindítás[6]

Rotapanel Control Centre	
Sign Status of Evaluatieboard	
Sign Name: Evaluatieboard	Time Sign On: 00:00 - 00:00
Sign Location: Assembla	Time Light On: 00:00 - 00:00
Location Time: 2008-05-27 09:11 GMT +2	Ad on Face A: (On)
Coordinates: N/A	Ad on Face B: (On)
Sign IMEI: 357542000032276	Ad on Face C: (On)
Current Status: Connection Timeout	Dwell time A: 0 sec
Uptime: N/A	Dwell time B: 0 sec
Signalstrength: N/A	Dwell time C: 0 sec
Temperature: N/A	Current Face: N/A
Light Status: N/A	Sequence: ABC
Manual Mode: N/A	Last Action: Enable all Faces
Last Update: 2008-04-03 15:31 GMT +2	<input type="button" value="Refresh"/>
Sign Commands for Evaluatieboard	
1. Turn Sign to Face A and Stop	<input type="button" value="Send Command"/>
2. Turn Sign to Face B and Stop	<input type="button" value="Send Command"/>
3. Turn Sign to Face C and Stop	<input type="button" value="Send Command"/>
4. Disable Face A	<input type="button" value="Send Command"/>
5. Disable Face B	<input type="button" value="Send Command"/>
6. Disable Face C	<input type="button" value="Send Command"/>
7. Enable All 3 Sign Faces	<input type="button" value="Send Command"/>
8. Set Dwell Time on Face A to <input type="text" value="0"/> Seconds	<input type="button" value="Send Command"/>
9. Set Dwell Time on Face B to <input type="text" value="0"/> Seconds	<input type="button" value="Send Command"/>
10. Set Dwell Time on Face C to <input type="text" value="0"/> Seconds	<input type="button" value="Send Command"/>
11. Set Face Sequence to <input type="text" value="ABC"/>	<input type="button" value="Send Command"/>
12. Turn on light from <input type="text" value="00:00"/> till <input type="text" value="00:00"/>	<input type="button" value="Send Command"/>
13. Turn on sign from <input type="text" value="00:00"/> till <input type="text" value="00:00"/>	<input type="button" value="Send Command"/>
14. Reboot and Reset Sign	<input type="button" value="Send Command"/>
<input type="button" value="Back"/>	

11. ábra: Rotapanel kezelőfelület (forrás:

http://www.rotapanel.com/rotapaneltraffic.com/images_internet_mon/control_centre_big.jpg

2.5.2. Városi környezetben használt LED VJT-k

A növekvő torlódások a városi és stratégiaileg fontos útvonalakon a meglévő infrastruktúra intelligensebb felhasználását igénylik. Ezeknek az igényeknek a kielégítésére a változtatható jelzésekű táblák megfelelő lehetőséget nyújtanak. Használható LED-es VJT vagy ha költségkímélő megoldásra van szükség, akkor akár egy mechanikus, néhány jelzékkel rendelkező tábla is optimális lehet.

Az Egyesült Királyság Közlekedési Minisztériuma által alapított Urban Traffic Management and Control (UTMC, városi közlekedési irányítás és ellenőrzés) Technical Standard (műszaki szabvány) azért jött létre, hogy egyetlen modern ellenőrzési rendszer irányítani tudja a különböző közlekedés irányítási és parkolási rendszereket a városban vagy a városközpontban. Az UTMC kompatibilis többféle karakteres változtatható

jelzéseképű táblával, amik ellátják a járművezetőket aktuális közlekedési információkkal és parkolási lehetőségekkel.[9]

A PEGASUS a városi forgalom irányításra alkalmas VJT-k termékcsaládja, ami magába foglalja az adat rögzítő rendszert is. A városi környezetben használatos kijelzők különböző méretekből találhatók meg, általánosságban az 50, 100, 160 és 240mm-es szövegek kijelzésére alkalmasak és a felbontásuk úgy választható meg, hogy megfeleljen az alkalmazásnak és a költségvetésnek. A táblák modulárisan is felhasználhatóak és szinte bármilyen méretben és konfigurációban előállíthatóak, támogatják az 1-től 5-ig szín (RGBWY) és az RGB (teljes színskála) formátumot. A teljes élettartam során fennálló színhelyesség és a színtabilitás eléréséhez minden színhez különálló LED-re van szükség. A városi környezethez a tábláknak alacsony súlyúaknak, szabadon programozhatóknak, költséghatékonyak és esztétikusnak kell lennie. Ilyen típusú tábla például a Variable Message Signs nevű cég PEGASUS VJT termékcsaládja (12. ábra).[10]



12. ábra: PEGASUS városi VJT (forrás: <http://www.vmslimited.co.uk/images/pegasus.jpg>)

2.5.3. Active Traffic Management

A gyorsforgalmi utak irányítására vonatkozó eljárásokat, stratégiákat az Active Traffic Management (ATM, Aktív forgalomirányítás) foglalja magába. Az ATM definíciója szerint a képesség arra, hogy az ismétlődő és nem ismétlődő torlódásokat a jellemző és előrejelzett közlekedési viszonyok szerint dinamikusan irányítsuk. A

kiszámítható és megbízható utazásokhoz maximalizálni kell az utak eredményességét és a hatékonyságát. Ahhoz, hogy a forgalom lefolyása folyamatos és biztonságos legyen a beavatkozásoknak késedelem nélkül kell megtörténniük, tehát valós idejű adatokat kell szolgáltatni. Továbbá ezek a stratégiák figyelembe veszik a sáv- és útválasztási döntéseket és műveleteket befolyásoló utazási szokásokat is. Az ATM-et fel lehet használni önálló feladatokra vagy pedig rendszerszintű irányításhoz is. Az irányítás céljai a következők: forgalmi áramlatok irányítása, torlódások megelőzése/leépítése, az utazók tájékoztatása és a forgalombiztonság növelésével egyidejűleg a forgalmi teljesítmények növelése. Ezeknek a céloknak az eléréséhez a változtatható jelzéseképű táblák nagyon jól használhatóak.

Néhány példa a VJT-vel megvalósítható stratégiákra:

- Dynamic Speed Limits (dinamikus sebességszabályozás)
- Dynamic Lane Use Control (dinamikus sáv irányítás)
- Queue Warning (torlódásra való figyelmeztetés)
- Dynamic Shoulder Lanes (dinamikus útpadka használat)[7]

A dinamikus sebesség szabályozás egy különleges fajtáját valósították meg St. Louisban az I-270-es úton. A probléma az volt, hogy a reggeli és esti órákban az országút bizonyos szakaszain a forgalom akkora volt, hogy hatalmas torlódások alakultak ki. Ennek elkerülésére a megoldás, hogy a forgalom áramlási sebességét le kell csökkenteni, így folyamatos haladást lehet megvalósítani, aminek következtében a járművek rövidebb idő alatt tudják megtenni az adott szakaszt. Ehhez 2008-ban hagyományos VJT-eket raktak ki. Azonban egy 2010-es tanulmány rávilágított, hogy ez a kötelező sebesség csökkentés sok embert csak mérgezzé tett vagy összezavart, és kevesen tartották be emiatt. A sebesség csökkentés pozitív hatásai ennek ellenére érvényesültek, mert kevesebb baleset és torlódás alakult ki. Ezért 2011 óta csak ajánlott sebesség korlátozás van érvényben. Ez nem kötelezi az úthasználókat a sebesség csökkentésre, de figyelmezteti őket arra, hogy valami miatt az előttük álló útszakaszon valami történt, ami miatt érdemes lenne lassítani. Ezt úgy valósították meg, hogy egy sárga alapú statikus táblába van beépítve egy változtatható kijelző, és a rajta kijelzett sebesség akkor van érvényben, amikor villog (13. ábra). A rendszerhez tartozik hagyományos VJT is, ami tájékoztatja az úthasználókat arról, hogy miért van ajánlva csökkentett sebesség (munkaterület, időjárás körülmények, baleset, torlódás).[8]



13. ábra: Advisory Speed (forrás: <http://www.modot.org/stlouis/links/images/varadvsign.jpg>)

2.5.4. Active Demand Management

Az Active Demand Management (ADM, Aktív igénykezelés) feladata a fellépő igények kezelése olyan információk és technológiák használatával, amelyek képesek a forgalmat elosztani a nap olyan szakában vagy útvonalára, amelyikben kisebb a forgalom, vagy az utazási mód befolyásolásával csökkenteni az átlagos utazásokat. Továbbá támogat minden olyan aktív intézkedést, amivel a forgalom elosztása vagy csökkentése a zsúfolt időszakokban megvalósítható. Az alábbi példák a VJT-vel elérhető ADM stratégiákra vonatkoznak:

- Dynamic High-Occupancy Vehicle / Managed Lanes (magas foglaltságú járművek előnyben részesítése)
- Dynamic Pricing (dinamikus árak)
- Dynamic Routing (útvonalválasztás befolyásolás)

Ezek a forgalom befolyásolási módszerek nagyon elterjedtek Amerikában. Ezek közül népszerű megoldás a HOV (High-Occupancy Vehicle) sávok használata (14. ábra), amelyet számos főútvonalon és autópályán használnak. [19] Georgia államban például már 1994 óta használják ezeket, és először egy 18 mérföldes szakaszon vezették be. A sávokat a következő járművek használhatják:

- 2 vagy több személyt szállító személygépjárművek
- sürgősségi járművek (rendőrség, mentők, tűzoltók)
- motorok
- buszok

- megfelelő rendszámmal rendelkező alternatív tüzelőanyagot használó járművek

Jogosulatlan használatért az első három alkalom után pénzbírságot kell fizetni, utána a pénzbüntetés mellett a járművezető büntető pontokat is kap.



14. ábra: HOV sáv (forrás: <http://www.trbimg.com/img-502ad074/turbine/95-hov-0814d.jpg-20120814/600>)

2.5.5. E-ink kijelzők

A változtatható jelzéképű táblák egy teljesen újfajta típusával álltak elő ezen a nyáron Ausztráliában, azon belül is Sydneyben. A világon először helyeztek itt üzembe e-ink-et használó közlekedési táblát (15. ábra).

Ezeket az e-ink táblákat az „Australian Road and Maritime Services” állította üzembe. Minden tábla kapcsolatban van a központi hatósági kormányzervekkel 3G-s kapcsolaton keresztül, így bármikor frissíthetőek, és a táblák meg vannak világítva, hogy este is olvashatóak legyenek. A táblák napenergiával működnek, ami elegendő ahhoz, hogy üzemeljenek, hiszen csak akkor fogyasztanak energiát, amikor valami változás történik. De azért rendelkeznek tápegységgel is arra az esetre, ha mégsem lenne elég a rendelkezésre álló napenergia.[11] Nagy előnye ezeknek az e-ink kijelzős tábláknak, hogy a fenntartási költségei alacsonyak, ugyanakkor a kiépítési költségei igen magasak lehetnek, ezért csak hosszú távon térül meg a befektetés.



15. ábra: E-ink tábla (forrás: <http://i.kinja-img.com/gawker-media/image/upload/s--yXk9sfLd--/1360440675550699077.jpg>)

2.6. Budapesten jelenleg használatban lévő VJT-k

Budapesten a változtatható jelzéseképű táblák legnagyobb üzemeltetője és fenntartója a BKK Közút Zrt. Jelenleg 5 nagy VJT található a Fővárosban, amik az utazásra vonatkozóan adnak információt az utazóknak, valamint van 3 parkolóház, ahol dinamikus táblákkal való tájékoztatás valósul meg. A valós idejű információk szolgáltatásának célja a dugók kialakulásának csökkentése.

[21] Miután 2009-ben lezárultak az addigi „euró-regionális” projektek szükségessé vált újabb, az intelligens közlekedési rendszerekre vonatkozó program elindítása. Ez a MIP II. (Multiannual Indicative Program), mely a fenntartható közlekedés biztosításáról szólt. Ennek egy projektje az ún. EasyWay projekt, aminek egy fontos prioritása a valós idejű információs rendszerek kiépítése. A program 2. fázisában 2012-ben a BKK és a BKK Közút telepített 3 változtatható kijelzésű táblát, amelyek a következő helyeken találhatóak meg:

- M1-M7 autópálya közös bevezető szakasza
- 6-os út (Kótár utca) (16. ábra)
- 6-os út (Szerémi út és Kitérő út csomópont előtt)

A táblák helyzete és az aktuális jelzéseképe a BKK Közút honlapján megtekinthető, ugyanúgy ahogy a helyszíneken is megjelenik. További 2 tábla az idei évben lett telepítve a BKK Zrt. és a Siemens Zrt. – AR-Elektronika Zrt. által és önálló rendszert alkotnak, így

azok egyelőre még nem jelennek meg a honlapon. Az új táblák a KÖKI terminál előtt és a Hidegkúti úton a Bástori László utca előtt helyezkednek el. A VJT-k azt mutatják meg, hogy a Dunán átvezető hidakhoz mennyi idő alatt lehet eljutni, ezzel befolyásolva az útvonalválasztást és így a forgalmasabb utakról a forgalom egy része áttevődik a kevésbé zsúfolt utakra. A táblák az alábbi hidakra, illetve az új táblák esetén utakra adnak tájékoztatást:

- EasyWay táblák: Lánchíd, Petőfi híd, Rákóczi híd
- KÖKI terminál: Könyves Kálmán körút, Ferenc körút, Kálvin tér
- Hidegkúti út: Gábor Áron utca, Széll Kálmán tér, Margit híd

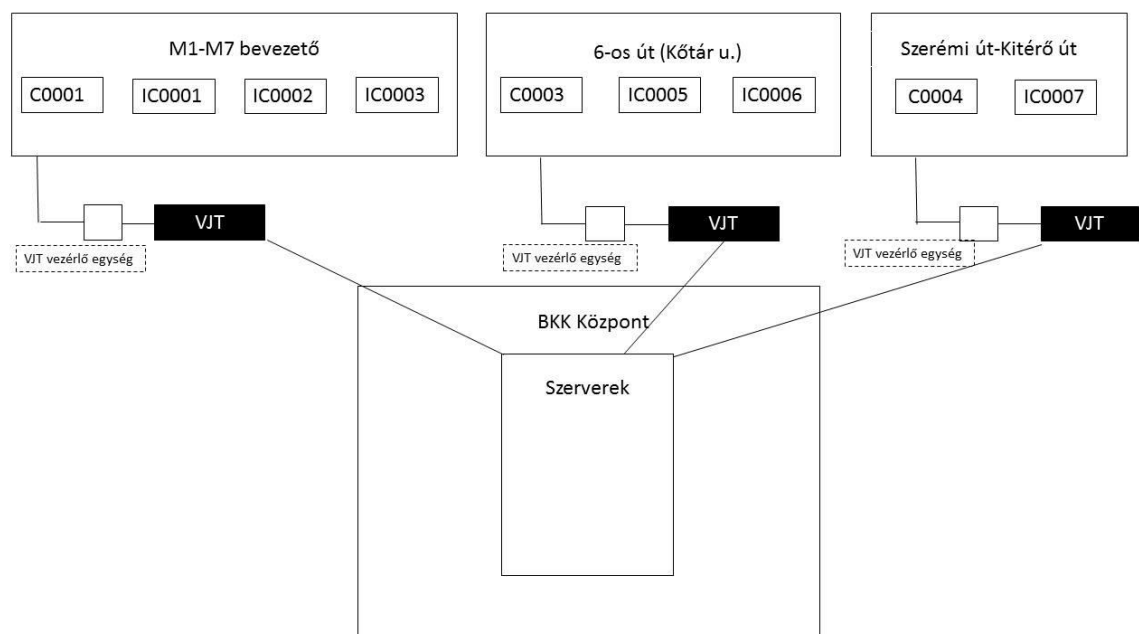


16. ábra: VJT aktuális képe (forrás: <http://szakrendszerek.bkk-kozut.hu/>)

A rendszer intelligens kamerákkal együttműködve dolgozik. A kamerák rendszám felismerést valósítanak meg. A mérés során a kamerák az egyes járművek szakaszsebességét adják meg úgy, hogy megnézik, hogy a mérési ponton (kamerás portál vagy konzol) áthaladt jármű mikor tűnik fel valamelyik hídon. A konkrét, táblákra kiírt eljutási idők azonban nem csak ez alapján kerülnek meghatározásra. Figyelembe veszik az egyes járművek pillanatnyi és szakaszsebességének átlagát továbbá a forgalomnagyságot is. A kiírt eljutási időknek van egy maximális értéke, amin túl a VJT nem ad információt, ez az érték 25 perc. Ezen kívül a táblák alkalmasak arra, hogy egyéb, az utazás során fontos információkat is adjanak például P+R parkolók esetén a szabad helyek száma vagy útlezárások. Fontos jellemzője a rendszernek, hogy a rendszámokat nem rögzíti. A régi és az új rendszer felépítése eltér egymástól, emiatt nem lehet még egységesen kezelni ezeket, de már készül az integráció.

A korábban telepített VJT-k esetében a kamera által mért nyersadatok (rendszám, sebesség, forgalomnagyság) feldolgozása a helyszínen valósul meg egy kis PC által, majd

a feldolgozott adatokat beküldi a Scala központba. A megjelenített információk nappal 6 percenként, éjszaka 15 percenként frissülnek. Azonban ha túl nagy a forgalom vagy a kamera által rögzített kép nehezen feldolgozható, akkor az integrált PC lassan tudja csak feldolgozni az adatokat, ezáltal nagy csúszások jönnek létre a rendszerben és a valósidejűség nem biztosítható. Ilyenkor a tábla nem közli az eljutási időket, hiszen azok nem pontosak és aktuálisak. Előnye ennek a rendszernek, hogy kis sávszélességű kommunikáció kell hozzá, hiszen a központba már csak a feldolgozott adatok kerülnek be. Hátránya viszont, hogy drága terepi eszközre van szükség, nehezen karbantartható és nem bővíthető. A rendszer elvi felépítése a következő ábrán látható (17. ábra).



17. ábra: Intelligens kamerás rendszer vázlatja (forrás: saját szerkesztés)

Az új rendszer ezzel szemben teljes mértékben központilag dolgozza fel a kamerák felvételeit. Ehhez a stream adatátviteli technikát használja. Ez egy olyan technika, amely lehetővé teszi a különböző média tartalmak (jelen esetben a kamera képe) gyors, internetes továbbítását, letöltését. Előnye, hogy a rendszer teljesítménye könnyen növelhető és a karbantartása is egyszerű, hiszen a feldolgozó egységek, szerverek a központban találhatóak. Ugyanakkor hátránya, hogy nagy sávszélességet igényel az adatok továbbítása. [12], [13], [5]

A parkolási rendszerben szereplő, tehát a BKK Közút központjából üzemeltetett 3 parkolóház a következő: Árva utcai P+R, Duna Pláza, NH Hotel. Ezekhez fog hamarosan 3 újabb P+R rendszer becsatlakozni: Rákóczi tér, Etele tér, KÖKI. Ennek a vezérlését is

a Scala központ végzi. A központba a foglaltsági adatok, a kapacitás és az időbélyeg kerül be, ezeknek a segítségével történik a VJT-k vezérlése. A parkolóházaknál kisméretű táblákat használnak, amiken 2-3 karakter változtatható.

3. Adatgyűjtési és feldolgozási módszerek

Ahhoz, hogy a forgalmat valamilyen módon irányítani tudjuk, valamilyen módon adatokat kell gyűjtenünk róla [14], [30]. Az adatok gyűjtése nélkülözhetetlen új létesítmények tervezéséhez és a már meglévő rendszerek üzemeltetéséhez, fejlesztéséhez és beavatkozásokhoz. A járművek érzékelésére számos megoldása létezik, amik a technika fejlődésével folyamatosan alakultak ki. Az adatokat, amiket a különböző érzékelők segítségével gyűjtünk a forgalomról, három csoportra lehet osztani a felhasználhatóságuk alapján, melyek a következők:

- forgalmi vizsgálatok
- forgalomszabályozás
- speciális alkalmazások

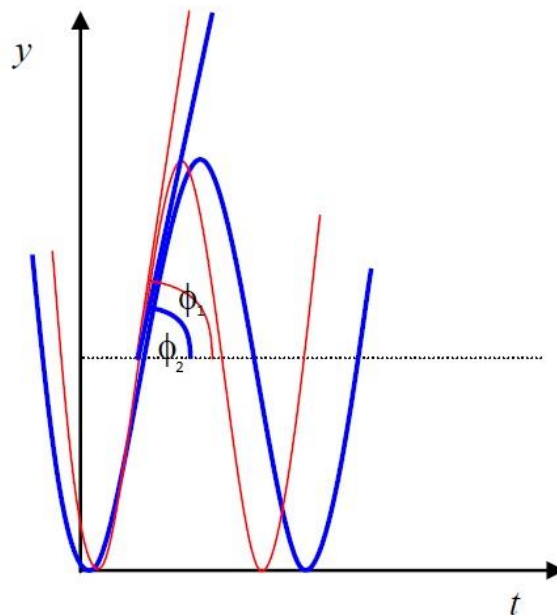
Az érzékelők/mérőberendezések lehetnek statikusak vagy dinamikusak telepítésük szerint. Előbbiek az infrastruktúra egy fix pontjára vannak telepítve és ezekkel lehet megvalósítani a „real-time” adatszolgáltatást. Az utóbbi berendezések pedig úgy működnek, hogy egy járműre telepítve a forgalommal együtt haladva mérik annak jellemzőit és utólagosan értékelik ki a felvett adatokat. A változtatható jelzésekű táblákhoz tehát statikus mérőberendezéseket kell használni. Attól függően, hogy mennyire bonyolult a felépítésük beszélhetünk járműérezékelőről, szelektív járműérezékelőről és járműazonosítóról. Valamint megkülönböztethetjük még a rendszereket az alapján, hogy a méréshez szükség van-e a fixen telepített berendezéseken kívül valamilyen járműben elhelyezett eszközre. Amennyiben nincs szükség kiegészítő eszközre akkor a rendszer passzív, ellenkező esetben pedig aktív.

3.1. Hurokdetektoros adatgyűjtés

A közúti közlekedésben legnagyobb részben használt járműérezékelő eszközök az induktív hurokdetektorok. Ezeknek az eszközöknek a telepítése, felépítése és működési elve is meglehetősen egyszerű, ezért terjedhetett el ilyen jelentősen. Többféle típusa van, amiket a megvalósítandó feladat függvényében alkalmaznak, de alapjaikban nagyon hasonlóak egymáshoz. Előnyük, hogy elegendően rugalmasak ahhoz, hogy különféle alkalmazásokhoz fel lehessen használni, kiforrt a technológia és előállíthatóak vele az alap forgalmi paraméterek. Ugyanakkor a felhasználhatósága korlátozott. Vannak olyan forgalom áramlási paraméterek, amikre csak következtetni lehet, mint például a sebesség vagy a forgalomsűrűség, azután, hogy az adatokat elemeztük. Az így kapott adatok nem

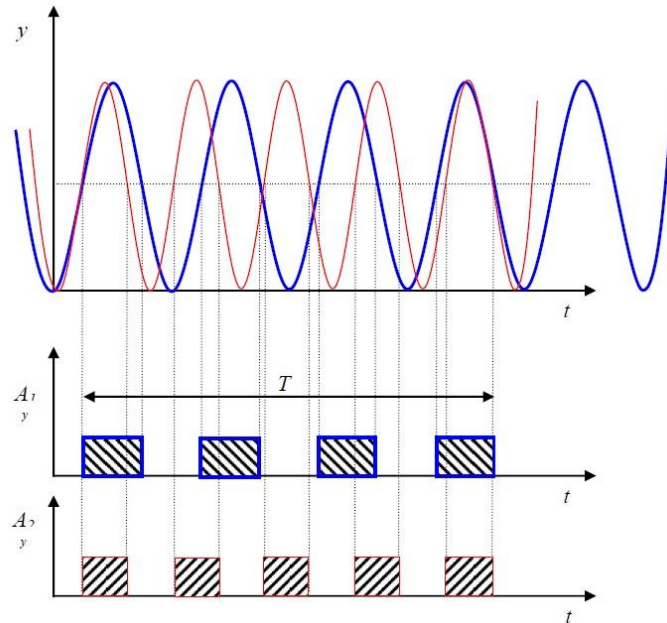
biztos, hogy elegendően pontosak egyes alkalmazásokhoz, például autópályás baleset gyors megállapításához. További hátránya, hogy már meglévő infrastruktúra esetén az útburkolatot fel kell vágni, a helytelen telepítés csökkenti a burkolat élettartamát és a hurok erősen igénybe van véve a forgalom és az időjárás által.[15]

A mérési elve a hurokdetektoroknak a következő: a hurokban keltett mágneses teret a hurok közelébe kerülő mágnesezhető anyag elhangolja. Az elhangolódást befolyásolja, hogy milyen anyagú, tömegű és a hurokhoz képest térbeli elhelyezkedésű tárgy haladt el a hurok közelében. Kétféle induktív hurokdetektort különböztetünk meg egymástól. Az egyik az analóg a másik a digitális hurokdetektor. Az analóg esetében a mérés úgy történik, hogy egy oszcillátor a megfelelő frekvenciára gerjeszti a hurkot egy meghajtó áramkörön keresztül. Amikor egy jármű elhalad a hurok felett, akkor az elhangolja a gerjesztett mágneses teret, és ezt a változást a fázisszög megváltozásán keresztül lehet érzékelni (18. ábra).



18. ábra: Fázisszög változás analóg hurokdetektoron (forrás:[14])

A digitális hurokdetektor ezzel szemben, úgy működik, hogy van egy frekvencia számláló egység és az ebben összeszámolt frekvenciát hasonlítja össze a referencia generátor frekvenciájával a digitális feldolgozó egység (19. ábra).[14]



19. ábra: Digitális hurokdetektor érzékelése (forrás: [14])

A fő komponensei egy hurokdetektoros rendszernek a következők:

- egy vagy több menetből álló szigetelt hurokvezeték, amit egy vékony vágatban helyeznek el az útburkolatban
- bevezető kábel a járdaszegély melletti továbbító egységből a forgalomirányító berendezéshez
- a közeli forgalomirányító berendezésben elhelyezett elektromos egység (pl.: vezérlő kártya)[15]

3.2. Videós adatgyűjtés

A kamerákat forgalom menedzsmentre amiatt kezdték használni, mert lehetőség volt zárt láncú képet küldeni egy operátornak, aki ez alapján be tudott avatkozni. Ezt a technológiát az 1970-es évek közepe felé kezdték kidolgozni annak érdekében, hogy ki lehessen váltani az induktív hurokdetektorokat. Manapság a videós képfeldolgozás már automatikusan megtörténik, és az így elemzett képpel pontos információkat kapunk a forgalom felügyelethez és irányításhoz. Egy videós feldolgozó rendszer tipikusan egy vagy több kamerából, egy kép digitalizálásra és elemzésére alkalmas mikroprocesszoros számítógépből és egy olyan szoftverből áll, ami képes értelmezni a képet és forgalom áramlási adatokká konvertálni azt. Egy ilyen rendszer alkalmas jármű detektálásra több sávon keresztül, és relatív alacsony a fenntartási költsége (20. ábra).

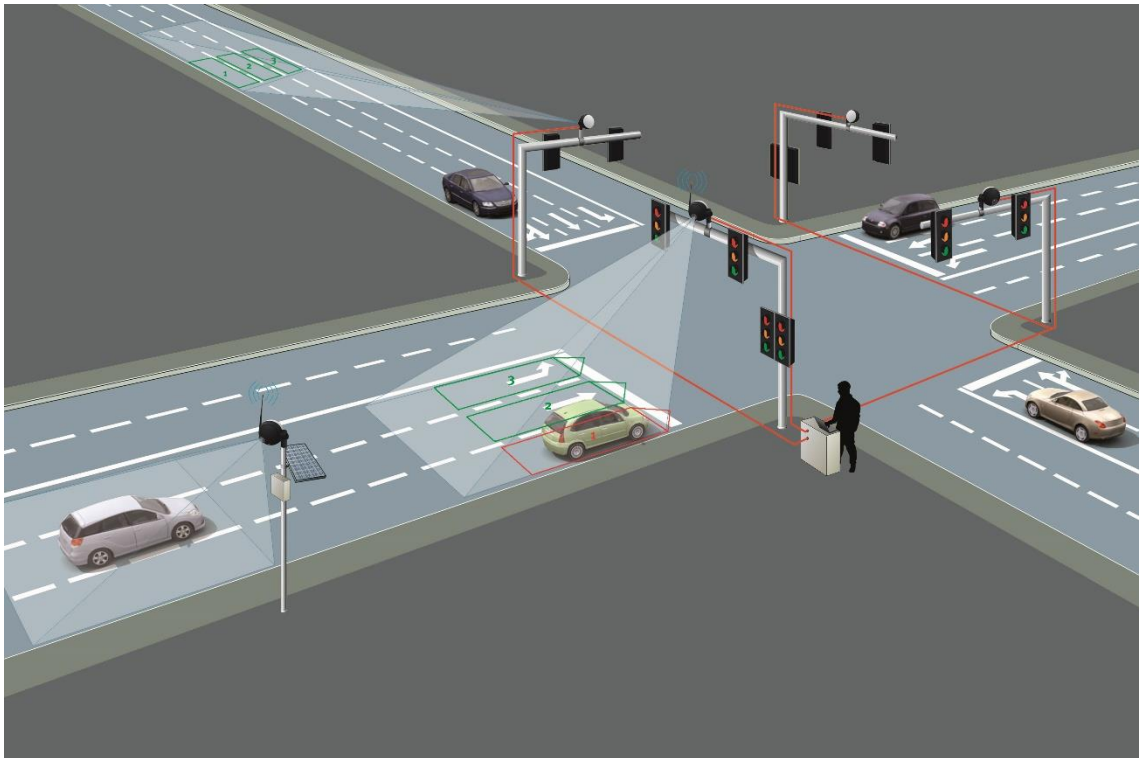
A kamerás rendszer tudja osztályozni a járműveket a méretük alapján (általában három osztályt kezelnek) és jelzi a jármű jelenlétét, a forgalomnagyságot, a sáv foglaltságát, és a sebességét az összes jármű osztálynak és a sávoknak is. Ezenkívül lehetséges vele meghatározni a kanyarodásokat és a sávváltásokat. A forgalomsűrűség, az utazási idő, és a honnan-hová adatok fontos közlekedési paraméterek, amik előállíthatók az adatok elemzésével. A forgalmi paraméterek előállítása következőképpen zajlik. A képet egy képmátrixba képezik le, aminek az elemei a képpontok. A képpontok az adott helyen lévő fény intenzitását mutatják. Ahhoz, hogy a képet fel lehessen dolgozni, előtte el kell tárolni. Ez úgy történik, hogy a fényintenzitáshoz egy számot kell rendelni, ami általában 2 valamelyik hatványa. A legsötétebb pixel értéke általában 0, a legvilágosabb meg az aktuális rendszertől függő legmagasabb érték. Ezután a járművel felismerése egy matematikai algoritmussal történik. Az egyes feldolgozott képkockákból előállított mátrixokat veti össze a rendszer a következő képkocka által előállított mátrixsal. Amikor az intenzitások nem változnak (vagy csak kicsit), tehát a mátrixok értékei közel azonosak akkor nincs jármű, ellenkező esetben pedig van. Fontos, hogy a képeket kellően rövid Δt időn belül kell előállítani, annak érdekében, hogy ne vesszen el jármű a képről.

Három csoportja van a videós adatgyűjtésnek: „tripline”, „closed-loop tracking” és „data association tracking”.

A tripline rendszer úgy működik, hogy a felhasználó meghatároz egy limitált számú egyenes detektálási zónát az úton a kamera látómezejében. Amikor egy jármű áthalad az egyik ilyen zónán, az alapján azonosítható, hogy az érintett pixelek tulajdonságai megváltoznak ahhoz képest, amikor nincs jármű. Ez a rendszer a járművek sebességét becsüli úgy, hogy az ismert zóna hosszát elosztja a jármű áthaladási idejével. Ennek a rendszernek az elterjedését alacsony költsége segítette elő.

A closed-loop tracking rendszer érzékeli és folyamatosan nyomon követi a járművet egy hosszabb útszakaszon. Azt, hogy egy kamera mekkora szakaszon tud követni egy járművet a következő tényezők befolyásolják: látómező, telepítési magasság és a kamera felbontása. Egy jármű többszörös azonosítása a követés során érvényesíti az érzékelést és pontosítja a becsült sebességet. Ez a rendszer további forgalmi adatokat nyújthat, mint például a járművek sávváltási mozgása. Ezzel lehetőség van információkat küldeni az út menti változtatható jelzéseképű tábláknak és figyelmeztetéssel ellátni a járművezetőket. Valamint ez a rendszer képes a kanyarodó mozgást is nyomon követni.

A data association tracking rendszer azonosít és nyomon követ egy önálló járművet vagy egy járműcsoportot, ahogy áthaladnak a kamerának a látómezejében. A számítógépes feldolgozó egység úgy azonosítja a járműveket, hogy a pixelek egyedi kapcsolatban álló területeit keresi. Majd ezeket a területek követi képkockáról képkockára annak érdekében, hogy a szükséges adatok előálljanak. Továbbá ezzel a rendszerrel meghatározhatók hosszú útszakaszok utazási ideje és a honnan-hová mátrix elemei azáltal, hogy a kamerák kommunikálnak egymással.

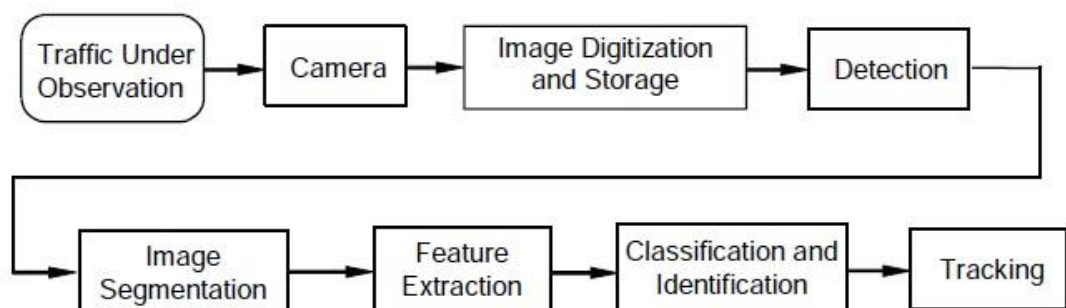


20. ábra: Kamerás járműérzékelés (forrás: <http://www.aldridgetrafficcontrollers.com.au/Products/Video-Detection>)

A modern videokamerák igényelt sávszélessége lecsökkent azáltal, hogy a mikroprocesszoros jelfeldolgozás a kamerában vagy a közelben lévő forgalomirányító berendezésben megy végbe. Az adatok felhasználhatóak helyben a jelzőlámpák időzítésére és a szolgáltatási színvonal növelésére vagy továbbíthatóak a forgalom irányító központba alacsony sávszélességű kommunikációval baleset észlelés és forgalom irányítás céljára, adatbázis frissítésre vagy utazáshoz szükséges információk előállítására. A kimeneti adatok továbbíthatóak az egyik forgalomirányító központból egy másikba, veszélyhelyzeti központba és információs szolgáltatókhoz.

Annak érdekében, hogy nagyobb távolságokon lehessen megállapítani az utazási időket és honnan-hová párokat lehessen előállítani, meg kell növelni a járművek vagy járműcsoportok azonosítási területét. Ez úgy érhető el, hogy több kamerából álló rendszert kell kiépíteni, amik képesek egymással kommunikálni.

A jelfeldolgozás folyamata a következő (21. ábra) képen látható. A megfigyelt forgalomról (Traffic Under Observation) a kamera (Camera) által rögzített képet a feldolgozó egység digitalizálja és tárolja (Image Digitization and Storage). Ezután következik a járművek detektálása (Detection). Az azonosítási folyamat létrehoz egy vagy több küszöbértéket, amelyek korlátozzák és elkülönítik a digitalizált adatokat, amiket tovább küld a képfeldolgozó algoritmusoknak. A lehetséges felismerhető járművek számát fontos szigorúan korlátozni a detektálás során annak érdekében, hogy ne legyen túl nagy a feldolgozandó adatmennyiség. Az eltávolított adatokat azonban már nem lehet újra előállítani. A hibás járműfelismerések még megengedettek ebben a szakaszban, mivel az aktuális járművek definiálása még nem az azonosítási folyamatban következik be. Inkább az algoritmusok, amelyek részei az osztályozási, azonosítási és a követési folyamatoknak, felelősek azért, hogy elkerüljük a hibás járműérzékelést és megtartsuk az igaziakat. Ezután következik a kép felszabdalása (Image Segmentation) kisebb darabokra, így a jellemzők jobban felismerhetőek. A rendszer megvizsgálja a pixeleket azért, hogy előre meghatározza a jellegzetességeket (Feature Extraction), amelyek jellemzik a járműveket. Amikor elegendő számú jellegzetesség rendelkezésre áll és felismerhető, akkor lesz a jármű definiálva és az áramlási paraméterei kiszámítva (Classification and Identification). A járművek azonosításának, osztályozásának és az áramlási paramétereiknek a meghatározására, valamint balesetek észlelésének egy újszerű, lehetséges megoldását kínálják a neurális hálózatok. Az utolsó lépés a már definiált jármű nyomon követése (Tracking).



21. ábra: Kamerás jelfeldolgozás (forrás:[15])

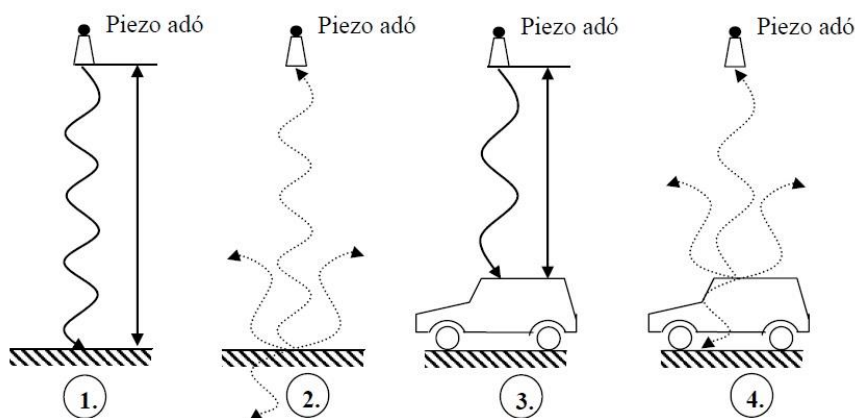
3.3. Egyéb adatgyűjtési módszerek

3.3.1. Mérőgomba

A mérőgombák a hurokdetektorokhoz nagyon hasonló mérő eszközök. Mérési elvük megegyezik. Lényeges különbség, hogy ez egy könnyen kiépíthető és mozgatható műszer. Elhelyezéséhez egy kb. 15 cm átmérőjű és 20 cm mély furatot kell készíteni. Ebbe kerül egy persely zárható sapkával annak érdekében, hogy semmiféle szennyeződés ne kerülhessen bele, amikor a mérőgomba nincs benne a perselyben. Az eszköz az elhelyezése után akkumulátorról tud üzemelni, annak nagyságától függő ideig. [14]

3.3.2. Ultrahangos járműérzékelő

A mérési elve megegyezik azzal, ahogy bizonyos állatok tájékozódnak a természetben. Ha a kibocsátott ultrahang visszaverődési ideje megváltozik, akkor arra lehet következtetni, hogy egy tárgy, jelen esetben egy jármű került a sugárzási térbe. Ennek a sematikus ábrája látszik a következő ábrán (22. ábra).



22. ábra: Ultrahangos érzékelés (forrás:[14])

A berendezés a következő elemekből épül fel:

- adó-vevő egység
- analóg csatoló áramkör
- mikrogépes feldolgozó egység
- áramforrás

A mérés a következő módon zajlik. Az adó-vevő egység adó üzemmódban egy mikrohullámú csomagot bocsát ki az út felülete felé, azután az egység már vevőként viselkedik és várja a visszaérkező hullámokat. Ha nincs jármű az úttesten, akkor a

kibocsátás és a visszaérkezés közötti időből a műszer elhelyezésének magasságát kapjuk meg. Ha viszont van jármű, akkor az előbbi időtartam rövidebb lesz és az ebből kapott magasság érték összefügg a jármű méreteivel. A mérés további információkkal is szolgálhat a járművekről, mint például haladási irány vagy sebesség, ha több érzékelőt helyezünk el egymás után, valamint ha az eszközhöz tartozó feldolgozó egység kellően precíz, akkor a járművek szelektálása is megvalósítható. Hátránya az eszköznek, hogy érzékeny a külső körülményekre (pl. hőmérséklet, páratartalom, szél), ami hamis mérési adatokat eredményezhet, például 120 km/h feletti szélnél az ultrahang olyan mértékben kitérhet a megfelelő irányból, hogy az érzékelés nem megvalósítható. Továbbá a működést zavarhatják egyéb ultrahangos eszközök. Ezeket az eszközöket a költséghatékonyság céljából érdemes már meglévő infrastrukturális elemekre telepíteni, mint például hidakra, vagy konzolokra, ugyanis egy új konzol kiépítése igen költséges. Egyébként meglehetősen egyszerű és olcsó ezeket a rendszereket kiépíteni, így nagyon jól alkalmazható például parkolóházakban a foglaltság érzékelésére.[14]

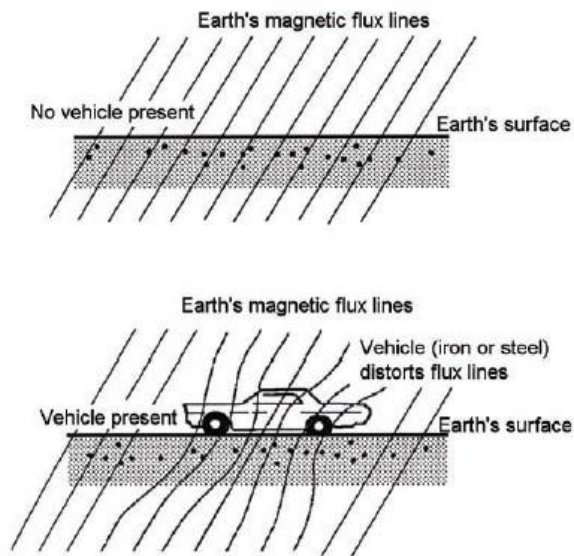
3.3.3. Infravörös detektorok

Alapvetően kétféle infravörös detektor létezik. Az egyik az aktív (IR), a másik a passzív (PIR). Az aktív rendszerek két fő elemből állnak. Van egy fixen telepített út menti eszköz, ami az adó egység és a járműveken helyezkedik el a vevő egység. Ezzel nagyon egyszerűen megvalósítható járműve előnyben részesítése vagy azonosítása. A passzív rendszerek egy érzékelőből, egy optikai egységből és egy kiértékelő elektronikából állnak. Az érzékelő a járművek által kibocsátott, az infravörös tartományba eső sugárzást érzékeli. Minden más, a környezetből érkező sugárzás kiszűrése az elektronika feladata. Ezt a detektort az út mentén helyezik el, egy olyan házban, ami képes kiszűrni a környezeti sugárzást.

3.3.4. Földmágneses érzékelés

Ennek a mérési technológiának az alapja a Föld geomágneses erőtere. A mágnesek erőteret hoznak létre maguk körül, amit a vastartalmú tárgyak megváltoztatnak. Mivel a járművek jelentős mennyiségű vasat tartalmaznak, mágneses tulajdonságokkal rendelkeznek. Ez azt eredményezi, hogy a jármű mágneses tömege megváltoztatja, torzítja a Föld mágneses erőterének erővonalait (23. ábra). Ezt a változást lehet mérni a műszerekkel, valamint arra is képes, hogy meghatározza a járművek számát, a sebességét

és a hosszát. Ezen kívül járműszelektálás is megvalósítható vele, ugyanis minden járműnek saját mágneses képe van.



23. ábra: Földmágneses érzékelés (forrás:[15])

A mérőműszer nagyon hasonló a már bemutatott mérőgombához és az elhelyezése is hasonlóan történik. Az út burkolatába magfúrással kell létrehozni egy lyukat, és ebbe helyezik el ragasztással vagy szegeccsel a szerkezetet. A lyukat a sáv közepére szokták elhelyezni, mert a szenzor 1 m-es hatósugarban működik, ezáltal lehet a járműveket a legjobb hatásokkal detektálni.[14]

Sok előnye van ezeknek az eszközöknek. Kicsi a helyigénye a műszernek, ennek köszönhetően meg lehet vele valósítani azt, hogy egy egységbe két db érzékelő kerül és így képes arra, hogy kiszámítsa a járművek sebességét. További nagy előnye, hogy nem igényel vezetékes kapcsolatot, mivel az eszköz saját akkumulátorral rendelkezik, ezért a táplálása megoldott, az adatokat pedig vezeték nélküli kapcsolattal továbbítja a feldolgozó egységnek. Így mind a kiépítése mind a fenntartása jóval gazdaságosabb a többi mérési módszernél.

3.4. Intelligens adatgyűjtés

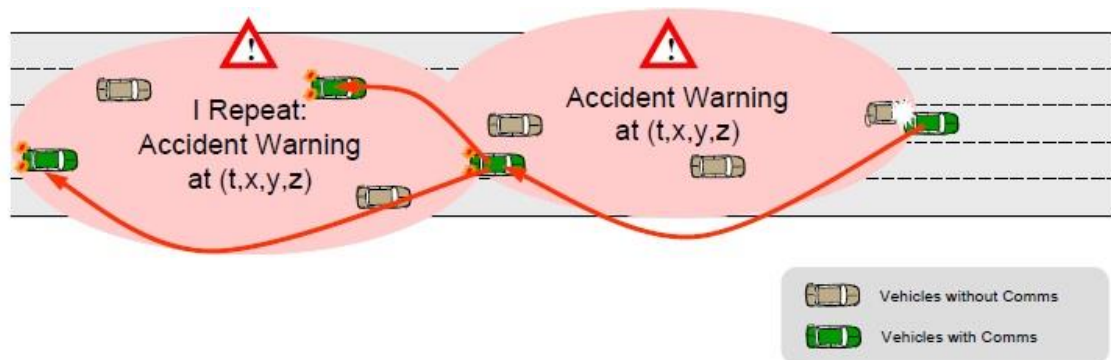
A hagyományos szenzoroknak megvannak a természetes hátrányaik, amelyek lehatárolják a forgalom irányítás lehetőségeit. Ezek a hátrányok a következők:

- csak a járművek közvetlen környezetét érzékelik
- nincs kommunikáció az egyes érzékelő eszközök között

- viszonylag drágák és jellemzően nem sokoldalúak

Ennek a problémának a kiküszöbölésére fejlesztettek ki a jármű-infrastruktúra (V2I, Vehicle to Infrastructure) és a jármű-jármű (V2V, Vehicle to Vehicle) kommunikációt. Ha a járműveket összekapcsoljuk egy infrastruktúra mellett elhelyezett adó-vevő állomással, akkor lehetőség van diagnosztikai adatokat kinyerni belőlük. Ha a járműveket egymással és az infrastruktúrával is összekapcsoljuk, akkor információkat tudnak megosztani és cserélni egymással valamint az infrastruktúrával. Ezért ezt a kommunikációs lehetőséget egy új, forgalmi adatgyűjtésre is alkalmas szenzornak tekinthetjük. Ezáltal lehetőség van időben és térben kiterjeszteni a járművezetők horizontját és újfajta biztonsági intézkedéseket megvalósítani. A járművek viselkedhetnek információ forrásként, információ továbbítóként és információ fogadóként is.

A közlekedés során leggyakrabban a releváns információk nem a jármű közvetlen közelében állnak elő, hanem a hálózat egy távolabbi pontjában. Ezek a helyek általában kívül esnek a hagyományos érzékelők hatókörén. Ugyanakkor ezen információk megszerzéséhez nincs feltétlenül szükség nagy területet lefedő kommunikációra. A V2I és V2V (24. ábra) kommunikáció elősegíti az aktív közlekedésbiztonság és forgalomirányítás megvalósítását. Azáltal, hogy a járművek egymásnak, illetve a környezetnek is tudják továbbítani az információkat, jóval előre lehet figyelmeztetni az azon az útvonalon haladókat például úgy, hogy egy változtatható jelzéseképű táblán felhívják a figyelmet a veszélyre. Ahhoz, hogy ez a fajta információtovábbítás működjön, rövid hatótávolságú kommunikációra képes eszközöket kell használni. Ehhez pedig szükség van egy közös kommunikációs eljárásra. Egy ilyen eljárás a DSRC (Dedicated Short Range Communication). Ez a fajta kommunikáció ráadásul gyorsabb és pontosabb is, mint a hagyományos módszerek.



24. ábra: V2V kommunikáció (forrás:[17])

4. VJT-k elhelyezhetőségének vizsgálata városi környezetben

4.1. A szempontrendszer kidolgozása

A bevezetőben leírtak szerint, a változtatható jelzésekű táblák költségessége miatt komolyan meg kell fontolni, hogy hol helyezünk el ilyen ITS elemeket. Ezért ebben a fejezetben egy olyan szempontrendszert dolgoztam ki, amely támpontot ad a változtatható jelzésekű tábláknak a városi környezetben való elhelyezhetőségéhez. Ennek a főbb szempontjait tartalmazza az első alfejezet, amelyek a következők: infrastrukturális prioritások, forgalomnagyság, baleseti sűrűsödések, szűk keresztmetszetek és a sávok száma. Ezeket vizsgálva kialakítottam egy osztályozási rendszert, amelynek segítségével pontozhatóak a csomópontok és szakaszok. A második alfejezetben budapesti csomópontokra és szakaszokra végeztem el az osztályozást a szempontrendszer alapján. Majd ezek ismeretében statisztikai módszerrel megvizsgáltam, hogy van-e valamilyen összefüggés az egyes paraméterek között.

4.1.1. Infrastrukturális prioritások

Érdemes figyelembe venni a következő helyszíneket és a hozzájuk vezető utakat, mert ezeknél időszakosan megjelenhet olyan nagyságú és típusú forgalom, melynek irányítása illetve a járművezetők informálása fontos lehet:

- gazdasági létesítményeket (pl. bevásárló központok, nagyobb piacok)
- turisztikai érdekltségű helyeket (pl. nagyobb szállodák, látványosságok)
- politikai érdekltségű helyek (pl. parlament, nagykövetségek)

A gazdasági létesítmények esetében elsősorban ez a többlet forgalom ünnepekkor jön létre. A politikai érdekltségű helyeknél a járművezetők tájékoztatása olyankor célszerű, ha például egy fontos külföldi politikai személy miatt bizonyos útvonalakat lezárnak. A pontozás az alábbi módon zajlik a gazdasági létesítmények és a politikai érdekltségű helyek esetében (1. táblázat). A turisztikai érdekltségű helyeknél, abban az esetben, ha a megjelenített információk nem csak piktogramok formájában jelennek meg, akkor a szöveges információt feltétlenül meg kell jeleníteni egy másik nyelven, célszerűen angolul. A turisztikai helyek esetében az osztályozás a látogatottság mértéke szerint valósul meg. Ennek az alapjául a 2014-es turisztikai adatok szolgálnak.[23], [24] Ez

alapján, a Magyarországon megforduló turisták száma a 2014-es évben meghaladta a 15 millió főt (külföldi és belföldi turisták összesen). Ezeknek a turistáknak az aránya Budapesten 42,3%, tehát kb. 6,5 millió ember fordult meg itt turisztikai céllal. Ez alapján az osztályozását a turisztikai helyeknek a 2. táblázat mutatja. Ezt azonban az értékelésnél nem tudom jelen körülmények között figyelembe venni, mert nem állnak rendelkezésre róla adatok.

1. táblázat: Gazdasági és politikai helyek osztályozása *(forrás: saját szerkesztés)*

Távolság a csomóponttól/szakasztól	Pontszám
0-500 m	5
500-1000 m	4
1000-2000 m	3
2000-3000 m	2
3000 m-	1

2. táblázat: Turisztikai helyek osztályozása *(forrás: saját szerkesztés)*

Turisztikai hely látogatottsága	Pontszám
5.000.000 fő-	5
3.000.000-5.000.000 fő	4
1.000.000-3.000.000 fő	3
100.000-1.000.000 fő	2
0-100.000 fő	1

További lényeges szempont az út kategóriája, ami belterületen három nagy csoportra oszlik. Ezek a gyorsforgalmi utak, főutak és mellékutak. Ennél a felosztásnál a pontozást csak erre a 3 kategóriára végeztem el a következő táblázat szerint (3. táblázat). Az infrastrukturális prioritás végleges pontszámát az eddig felvázolt négyből három

(turisztikai adatok hiányában) nagy szempontra átlagoltam. A kapott pontszámot 1 tizedesre kerekítettem a végén.

3. táblázat: Útkategória szerinti osztályozás *(forrás: saját szerkesztés)*

Belterületi útkategória	Pontszám
Gyorsforgalmi utak	5
Főutak	3
Mellékutak	1

4.1.2. Forgalomnagyság

Az úthálózat hatékonyabb kihasználáshoz meg kell találni azokat a részeket, amelyek fontos szerepet játszanak a budapesti forgalom levezetésében. Ezzel szorosan összefügg az adott hálózati elemeken fellépő forgalom nagysága is. Összességében megfigyelhető, hogy Budapesten a reggeli, illetve a délutáni csúcsidőszakban az úthálózat főbb útvonalai erősen terheltek. A város bizonyos útjain a forgalom nagysága elérheti akár a 70000-80000 jármű/napot is. Ennek következtében gyakoriak a torlódások. A főbb útvonalak a külső kerületekből érkező főutak, az autópályák bevezető útjai, valamint a városközpont főútjai és körútjai. A város külső kerületeiből, illetve az agglomerációból érkező forgalmak értékeit mutatja a következő táblázat (4. táblázat), amelyben néhány ilyen útvonalnak a detektor adatait összesítettem. Mindegyik út esetében egy hétre vonatkozó detektor adatot kértem le, majd ezt átlagolva megkaptam az átlagos napi forgalmakat. Az adatok lekérését nehezítette, hogy ezeken az utakon sok esetben forgalomfüggő vezérlés van, és mivel a főpálya áramlását kell minél kevésbé akadályozni, ezért sok esetben csak a mellékirányokban találhatóak detektorok. Ezekben az esetekben másik csomópontot kerestem, ahol a szükséges adatok rendelkezésre álltak. Azoknál a csomópontoknál, ahol nincs a főirányon detektor forgalomszámlálásokat kell végezni. Megemlítendő még, hogy a forgalomnagyságot a sávok száma is jelentősen befolyásolja.

4. táblázat: Külső utak forgalma *(forrás: saját szerkesztés)*

Út	Hétfő [jm/nap]	Kedd [jm/nap]	Szerda [jm/nap]	Csütörtök [jm/nap]	Péntek [jm/nap]	Szombat [jm/nap]	Vasárnap [jm/nap]	Átlagos napi forgalom [jm/nap]
Helsinki út	14674	13205	14207	14438	14674	11465	9599	13104
Hidegkúti út	8148	8190	8232	7790	8047	6558	4913	7411
Hűvösvölgyi út	15078	9030	13792	14024	15424	14209	13374	13613
Jászberényi út	15278	15358	16407	11019	8874	15481	15181	13943
Budaörsi út	19967	20320	20765	20830	21243	13997	8075	17885

A belváros útjainak forgalomnagyságáról egy terheléses ábra áll rendelkezésemre, amelyet a BKK Zrt.-től kaptam (25. ábra). Az alapján a legterheltebb utak a következők (min.-max. értékek):

- Nagykörút és a hídjai: kb. 35.000-80.000 jármű/nap
- Üllői út: kb. 33.000-83.000 jármű/nap
- Kossuth Lajos utca, Erzsébet híd: kb. 53.000-67.000 jármű/nap
- Váci út – Bajcsy-Zsilinszky út – Múzeum krt.: kb. 42.000-65.000 jármű/nap
- Rákóczi út – Kerepesi út: kb. 35.000-48.000 jármű/nap

Ezek alapján az egyes osztályok a következőképpen alakulnak (5. táblázat).

5. táblázat: Forgalomnagyságok osztályozása *(forrás: saját szerkesztés)*

Forgalomnagyság [jármű/nap]	Pontszám
40000-	5
30000-40000	4
20000-30000	3
10000-20000	2
0-10000	1

Ahol az átlagos forgalomnagyságok meghaladják a 40000 jármű/nap értéket, ott az átlagosan 1667 jármű/órás értéket jelent, ugyanakkor figyelembe kell venni, hogy az éjszakai órákban elhanyagolható a járművek száma, továbbá a csúcsidőszakokban az

átlagosnál jóval nagyobb forgalomnagyság jelenik meg. Ez 1,4-1,5-szörös órás forgalomnagyságot jelent, így az 1667 jármű/óra csúcsidőben kb. 2500 jármű/óra is lehet.

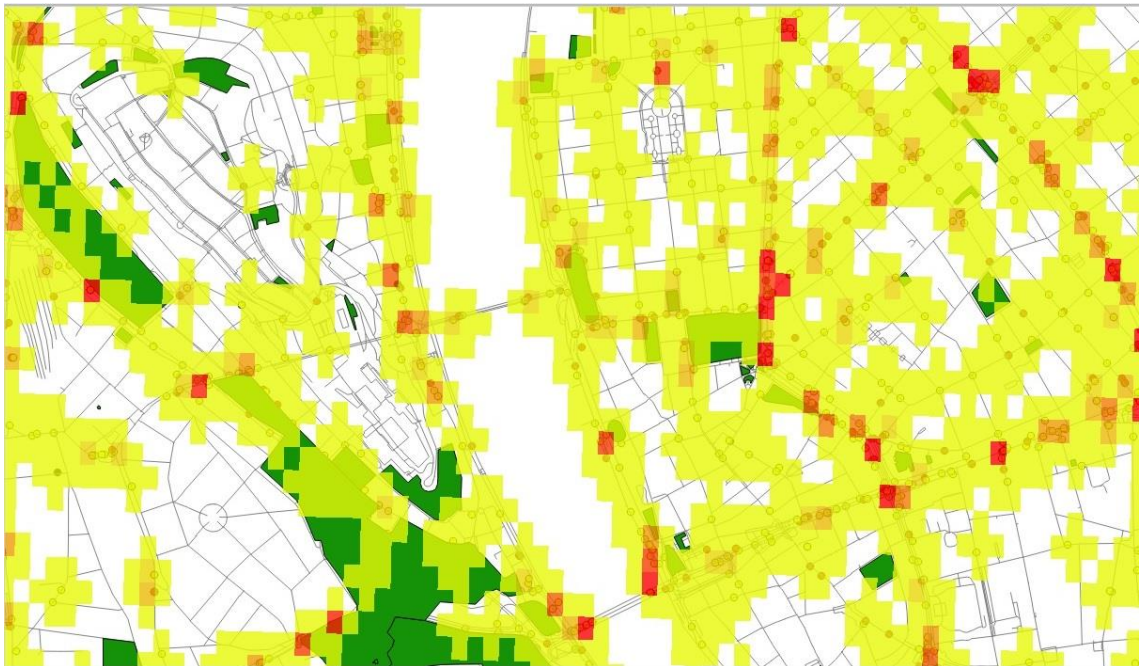


25. ábra: Terheléses ábra a belvárosról (forrás: BKK)

4.1.3. Baleseti sűrűsödések

Javasolt még azokat a helyeket is figyelembe venni, ahol baleseti sűrűsödés található. Balesetek esetén ugyanis fennáll a torlódások kialakulásának a lehetősége. Ez fokozottan veszélyes lehet, hiszen előfordulhat, hogy emiatt a mentő járművek és a személyzet idővesztéssel tudja csak megközelíteni a helyszínt. A baleseti sűrűsödések megtalálásához készítettem egy térképet, amelyen a KSH baleseti adatait használtam fel. A térképen először felvettem a 2011-2014-ben történt baleseteket, majd színekkel elkülönítettem azokat a súlyosságuk szerint (sárga-könnyű sérülés, piros-súlyos sérülés, fekete-halálos). Ezután létrehoztam egy „hőkép” réteget, amelyen látszódik, hogy hol van baleseti sűrűsödés. Ennek egy részlete látszódik a következő ábrán (26. ábra). A térképen látszódnak még a baleseti azonosítók is. Ezután a hőképet vizsgálva készítettem el az osztályozását a baleseti sűrűsödéseknek. A térképen 5 különböző szín van a sűrűségnek megfelelően. A szoftverben lehetőség van meghatározni az egyes

osztályközök nagyságát, amiket a jellemző baleseti értékek alapján határoztam meg (6. táblázat). Mivel a balesetek három súlyossági kategóriába vannak sorolva, ezeket is figyelembe vettem, oly módon, hogy a könnyű baleseteket egyszeres szorzóval, a súlyos baleseteket tízszeres szorzóval, a halálos kimenetelű baleseteket pedig százszoros szorzóval számoltam, azonban a térképen ezt nem tudtam megjeleníteni. Ezek az értékek az általánosan elfogadottak, de megemlíteném, hogy nincs egységes előírás erre vonatkozóan. Ezek alapján az osztályozás ebben az esetben a következőképpen történik (7. táblázat).



26. ábra: budapesti baleseti hő térkép részlet (forrás: saját szerkesztés)

6. táblázat: Hő térkép baleset számai (forrás: saját szerkesztés)

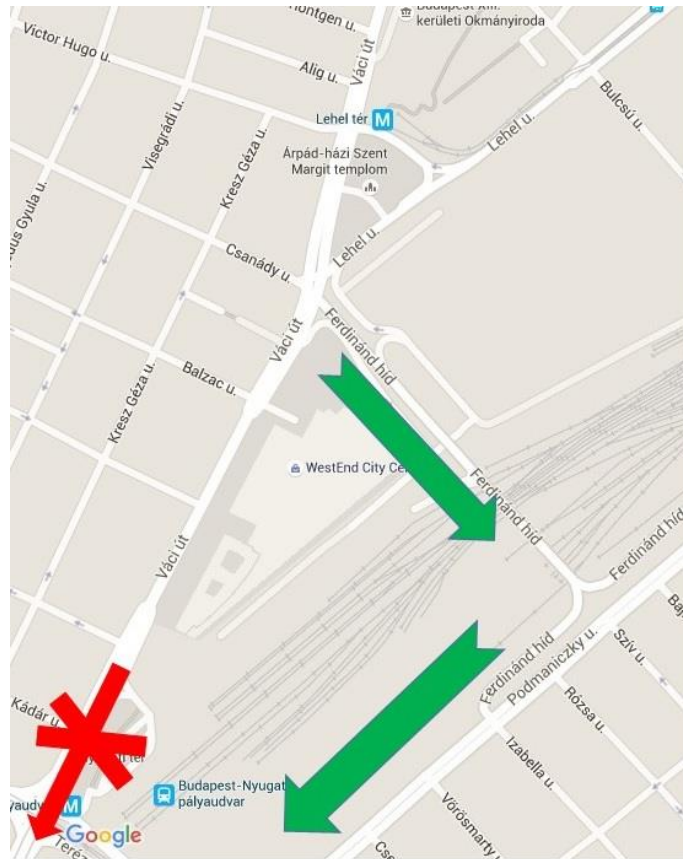
Szín	Baleset szám
citromsárga	2
halvány narancssárga	4
sötétebb narancssárga	6
halvány piros	8
piros	10+

7. táblázat: Balesetek osztályozása (forrás: saját szerkesztés)

Veszélyességi szint	Baleseti számok	Pontszám
Elhanyagolható	0-20	1
Csekély	21-40	2
Közepesen veszélyes	41-60	3
Veszélyes	61-80	4
Különösen veszélyes	80-	5

4.1.4. Szűk keresztmetszetek

A forgalom zavartalan lefolyásának szempontjából a szűk keresztmetszetek meglehetősen problémásak. Azokat a helyeket értem ez alatt, ahol valamilyen forgalmi zavar (pl. baleset) esetén a járművezetőknek nincs lehetősége vagy csak korlátozottan elkerülni a torlódást. Ezeknél elsősorban a felüljárók és hidak jönnek szóba. Ezt a problémát szemléltetem egy megtörtént esemény alapján. A Váci utat a Bajcsy-Zsilinszky úttal összekötő felüljárón a Bajcsy-Zsilinszky út irányába kisebb ráfutasos baleset történt a híd kb. 1/3-ánál. A híd 2x1 sávós, forgalma pedig igen nagy, tavalyi mérés alapján napközben kb. 800 jármű/óra/irány, csúcsidőben pedig kb. 1100 jármű/óra/irány. Emiatt a baleset hatására az autósor visszatorlódott majdnem a Váci út – Balzac utca kereszteződésig. Ami még jobban megnehezíti itt a sor felbomlását, hogy a Váci útról a Bajcsy-Zsilinszky utca nehezen közelíthető meg más útvonalon, nagy kerülőt kell hozzá tenni. A legjobb megoldás a Ferdinánd hídon át a Podmaniczky utcát használni arra, hogy eljussunk a Bajcsy-Zsilinszky útra (27. ábra). Ahhoz azonban, hogy a forgalom elterelhető legyen arra, szükség van egy VJT-re a Váci út Csanády utca kereszteződésben vagy még eggyel hátrébb a Lehel térnél, ami felhívja a figyelmet a torlódásra az előttük álló szakaszon. A szempontrendszerben ezt úgy vettem figyelembe, hogy egy adott csomópont vagy szakasz környezetében milyen távol lehet találni egy ilyen szűk keresztmetszetet (8. táblázat).



27. ábra: Torlódás elkerülése a Váci úton (forrás: saját szerkesztés)

8. táblázat: Szűk keresztmetszetek osztályozása (forrás: saját szerkesztés)

Távolság a csomóponttól/szakasztól	Pontszám
0-100 m	5
100-200 m	4
200-300 m	3
300-400 m	2
400 m-	1

4.1.5. Sávok száma

Mivel az Active Traffic Management illetve az Active Demand Management beavatkozási stratégiái nagy részben a sávok dinamikus felhasználását valósítják meg (pl. HOV sáv, Dynamic Lane Use Control), ezért olyan helyeken célszerű változtatható jelzésekű táblával irányítani a forgalmat, ahol legalább 3 sáv áll rendelkezésre. Ekkor egy vagy több sáv a forgalom nagyságától függően különböző módokon felhasználható.

Persze vannak olyan alkalmazásai is a VJT-knek, amelyek nem igényelnek dinamikus sávokat, ekkor elegendő a kétsávós út is. Ebben a szempontban szintén nem lenne értelme 5 kategóriát használni, hiszen a városban a sávok száma korlátozott. Így ebben az esetben is az útkategóriás osztályozási szisztémát alkalmaztam (9. táblázat).

9. táblázat: Sávszámok osztályozása (forrás: saját szerkesztés)

Sávok száma	Pontszám
3+ sáv	5
3 sáv	3
1-2 sáv	1

4.2. Csomópontok vizsgálata

A felállított szempontrendszer segítségével ebben a fejezetben budapesti csomópontok vizsgálatát végeztem el. A pontszám (jelölése: P), amit egy csomópont kaphat, azt a következőképpen számolhatjuk ki:

$$(1) P = \frac{\sum I}{3} + F + B + Sz + S, \text{ ahol:}$$

- I: Infrastrukturális prioritás
- F: Forgalm nagyság
- B: Baleseti sűrűsödések
- Sz: Szűk keresztmetszetek
- S: Sávok száma

Az egyes tagok az adott a szempontra kapott pontszámokat reprezentálják. Ennek értelmében a maximális pontszám 25 pont, a minimum pedig 5 pont. Így a csomópontokat 3 kategóriába lehet sorolni abból a szempontból, hogy a VJT elhelyezése mennyire ésszerű ott. A kategóriák a következők:

1. 5-15 pont: Jelentéktelen
2. 15-20 pont: Másodlagos
3. 20-25 pont: Elsődleges

Az egyes csomópontokat külön-külön megvizsgáltam a szempontok szerint majd egy összesített táblázatban (10. táblázat) mutattam meg az eredményeket, ami alapján el lehet dönteni, hogy mennyire fontos egy-egy adott csomópont. Az értékelésnél a forgalomnagyságokat úgy számítottam, hogy azoknál a csomópontoknál, ahol a nagy forgalmú főirányba becsatlakozó út forgalma 10.000 jármű/nap alatt van, ott csak a főirány forgalmát vettem figyelembe. Ellenkező esetben a csomópontba érkező utak forgalmát átlagoltam. Hasonló volt a helyzet a sávszámok meghatározásánál. Eltérő sávokkal rendelkező utak esetén a jellemzőbb számot választottam. Továbbá a gazdasági és politikai érdekeltségű helyek esetén mindig a legközelebbit választottam. Fontos még kiemelni, hogy utóbbinál csak a nagykövetségeket illetve a Parlamentet vettem figyelembe, az önkormányzatokat és egyéb helyeket nem, mert azoknak sokkal kisebb a jelentősége ebben az esetben. Megemlíteném még, hogy a távolságokat minden esetben légvonalban mértem.

A vizsgált csomópontok területi bontásban a következők:

- Észak-Pest:

A Nyugati téri csomópont kb. 250 m-re található a WestEnd bevásárlóközponttól, kb. 840 m-re a Parlamenttől. Ez a tér köti össze a Váci utat, a Bajcsy-Zsilinszky utat, a Szent István körutat, valamint a Teréz körutat, mely utak többnyire kétsávosak (kiegészülve kanyarodó sávokkal). A Váci utat a Bajcsy-Zsilinszky úttal összekötő felüljáró szűk keresztmetszetnek tekinthető. A csomópont forgalma 40.000 jármű/nap felett van és 14 baleset történt itt az elmúlt 4 évben.

A Teréz krt.–Andrássy út csomópont kb. 950 m-re található a WestEnd bevásárlóközponttól, valamint 500 m-en belül található hozzá nagykövetségi épület is. Ez a két út a csomópontnál 2x2 sávos, a Teréz körúton pedig villamos sínek is vannak. A napi forgalom kb. 37.000 jármű/nap. A baleseti statisztikák meglehetősen rosszak, 28 baleset történt az elmúlt 4 évben.

A Blaha Lujza téri csomópont a Rákóczi út, a József körút és az Erzsébet körút találkozásánál helyezkedik el. Itt található az Europeum nevű bevásárlóközpont, politikai érdekeltségű hely azonban innen 1-1,5 km-re található csak. A forgalom értéke meghaladja a 40.000 jármű/nap, ami 2x2 illetve 2x3 sávon folyik le. A csomópontot a 4-es 6-os villamos vonal keresztezi. Ami a baleseti számokat illeti, itt sem megfelelő a

helyzet, ugyanis 15 baleset történt a vizsgált időszakban. Szűk keresztmetszeti hely a közelben nem található.

A József krt.- Baross utca csomópont a Corvin-negyed és Rákóczi tér között található. Itt 33.000 jármű halad át naponta 2x2 sávon. A Corvin Plaza található hozzá a legközelebb (kb. 500 m). Politikai érdekeltségű hely csak másfél km-re található innen. Balesetek szempontjából nem kedvező ez a hely sem, 12 incidens történt itt.

A Rákóczi út, a Thököly út, a Kerepesi út, a Rottenbiller utca és a Fiumei út kapcsolódásánál található a Baross tér. A csomóponton 34.500 jármű halad át átlagosan naponta, jellemzően 2x3 sávon. Azonban a Rottenbiller utcát a Fiumei úttal összekötő felüljáró miatt a hely szűk keresztmetszetnek minősül. 2011-2014 között 13 baleset történt, így ez sem kifogástalan közlekedésbiztonsági szempontból. Az Aréna Plaza kb. 850 m-re van ettől a kereszteződéstől, nagykövetség pedig több mint egy km-re.

A turisták és fiatalok körében népszerű Deák Ferenc tér forgalma 50.000 jármű/nap, ami jellemzően 2x2 sávon tud lebonyolódni a Bajcsy-Zsilinszky út, a Károly körút, a Király utca és az Erzsébet tér találkozásánál. Azonban mivel a mellékirányok forgalma kisebb, mint 10.000 jármű/nap, ezért csak a főirány forgalom nagyságát vettem figyelembe. Meglehetősen közel, kb. 250 m-re van innen egy nagykövetségi épület, bevásárlóközpontot pedig már kicsit több mint egy km-re találunk innen. A Lánchíd, mint szűk keresztmetszet 640 m-re helyezkedik el a csomóponttól. A baleseteket tekintve pedig 13 eseményt lehet találni.

Dózsa György út–Ajtósi Dürer sor a városliget mellett található. A csomópontba becsatlakozó István utca forgalma nem éri el a 10.000 jármű/napot, így azt nem vettem figyelembe. A főirányban kicsivel több, mint 30.000 jármű/napos forgalom mérhető, és emellett mindössze 2 baleset történt. Az Aréna Plaza kb. 1 km-re, nagykövetség pedig 500 m-re található innen. A forgalom irányonként 2-3 sávon tud haladni, az értékelésnél 3-mal számoltam.

Desseffy utca–Nagymező utca: Ez a csomópont az eddigieknél jóval kisebb forgalmú és mellékutak kereszteződése. A napi forgalom csak kb. 2.500 járműből áll és balesetből is csak 2 történt. A csomóponttól majdnem 1 km-re van a WestEnd bevásárló központ, kb. 500 m-re egy nagykövetség és 600 m-re a Váci út Bajcsy-Zsilinszky út közötti felüljáró. A Desseffy utca egysávos és egyirányú, a Nagymező utca pedig 2x1 sávos és utóbbit vettem figyelembe a pontozásnál.

- Dél-Pest:

A Ferenc krt.–Üllői út találkozásának a közelében van a Corvin Plaza, azonban politikai érdekeltségű helyet másfél km-re találunk innen. A sávok számát az értékeléshez nehéz volt megválasztani, mert kanyarodó sávok, sávnyílások, buszsávok találhatóak itt, ami miatt néhol 4 sáv is rendelkezésre áll egy iránynak, de a József körút a Rákóczi tér irányában csak 2 sáv. Végül 3 sávval számoltam az értékelésben. A forgalom nagyság itt is 40.000 ármű/nap felett van és 12 baleset történt 2011-2014 között. A Petőfi híd, ami tekinthető szűk keresztmetszetnek kb. 700 m-re van innen.

A Soroksári út–Boráros tér kereszteződés közvetlen közelében nem található az infrastrukturális prioritások szempontjából fontos hely. A Corvin Plaza majdnem 1 km-re van innen, nagykövetség pedig másfél km-re. A 2x3 sávon naponta kb 39.000 jármű halad át. A balesetek száma itt is magas, 17 incidens történt a vizsgált időszakban. A Petőfi híd viszont nagyon közel van, a felhajtója a Soroksári útról pedig csak egy sáv, ami így szűk keresztmetszetnek tekinthető.

- Észak-Buda:

A Krisztina krt.–Vérmező út a Széll Kálmán tér közelében helyezkedik el. A csomópontban 31.000 jármű/napos forgalom nagyság jelentkezik a többnyire 2x2 sávú utakon. Baleset kevés van, mindössze 12 történt a 4 év alatt. A Mammút Bevásárló- és Szórakoztató Központ illetve egy nagykövetség is található a csomópont 400 m-es környezetében.

Clark Ádám tér: A Széchenyi Lánchíd budai hídfőjénél, ahol a Lánchíd utca (7947 jármű/nap a forgalma, ezért nem vettem figyelembe), a Fő utca és az Alagút utca egy körforgalomban találkozik, található a csomópont, melynek átlagos forgalma 23.000 jármű/nap. Annak ellenére, hogy körforgalom található itt 13 baleset történt a vizsgált időszakban. A Duna másik oldalán található az Országház innen 1 km-re, a MOM Park pedig másfélre. A pontozásnál 2 sávval számoltam ezen a helyen. A Lánchídat pedig szűk keresztmetszetnek vettem, mert csak 2x1 sáv.

- Dél-Buda:

A Kosztolányi Dezső tér az Allee Bevásárlóközponttól kb. 700 m-re, egy nagykövetségtől pedig kicsit több, mint 1 km-re található a Bartók Béla út és a Bocskai út találkozásánál. A sávszámok itt is változóak, így az osztályozásnál 3 sávval számoltam.

A csomópont forgalma kb. 31.000 jármű/nap. A vizsgált 4 évben 26 baleset történt, ami meglehetősen magas érték.

A BAH csomópontban, vagyis a Budaörsi út, az Alkotás utca és a Hegyalja út találkozásánál az átlagos napi forgalom 41.000 jármű. Innen mindössze 300 m-re helyezkedik el a MOM Park, valamint a közelben (kb. 400 m) nagykövetségi épület is van. A baleseti adatok kedvezőtlenek, 18 baleset történt itt. A csomópont összetett a különböző utak találkozási miatt, így a sávszám meghatározása ebben az esetben is megfontolandó volt, végül itt is 3 sávval számoltam. A hely egyben szűk keresztmetszet is, hiszen egy 2x1 sávós felüljáró is van itt.

Budafoki út–Karinthy Frigyes út: Ez a csomópont szintén a kisebb forgalmúak közé tartozik, mert csupán 9.500 jármű halad át rajta naponta 2x1 sávon. A vizsgált 4 évben 3 baleset történt. Az Allee Bevásárlóközponttól kb. 400 m-re helyezkedik el, nagykövetségi épület pedig kb. 800 m-re található innen. Szűk keresztmetszet 600 m-re található innen, ez pedig a Petőfi híd.

10. táblázat: Csomópontok értékelése (forrás: saját szerkesztés)

Csomópont	Infrastrukturális prioritás	Forgalom nagyság	Baleseti sűrűsödések	Szűk keresztmetszetek	Sávok száma	Összesítés
Nyugati tér	4	5	3	5	3	20
Teréz krt. – Andrássy út	4	4	4	1	1	14
Blaha Lujza tér	3,7	5	5	1	3	17,7
Ferenc krt. – Üllői út	3,7	5	1	1	3	13,7
Soroksári út –Boráros tér	3,3	4	2	4	3	16,3
Kosztolányi Dezső tér	3,3	4	5	1	3	16,3
BAH csomópont	4,3	5	5	5	3	22,3

Krisztina krt.– Vérmező út	4,3	4	2	1	1	12,3
József krt.- Baross utca	3,7	4	4	1	1	13,7
Baross tér	3,3	4	3	5	3	18,3
Deák Ferenc tér	3,7	5	5	1	1	15,7
Dózsa György út– Ajtósi Dürer sor	4	4	1	1	3	13
Dessewffy utca– Nagymező utca	3,3	1	2	1	1	8,3
Clark Ádám tér	3,3	3	2	5	1	14,3
Budafoki út– Karinthy Frigyes út	4	1	1	1	1	8

A vizsgált csomópontok közül, elsődleges fontosságú helyszín csak kettő született, név szerint a Nyugati tér (20 pont) és a BAH csomópont (22,3 pont). A csomópontok harmada került csupán a másodlagos kategóriába, a maradék 8 jelentéktelen minősítést kapott. Ezeket ábrázoltam egy térképen is, ahol a sárga szín jelzi a jelentéktelen, a narancssárga a másodlagos és a piros az elsődleges csomópontot (28. ábra). De ez a lista csak egy része volt Budapest csomópontjainak, tetszőleges csomópontot kiválasztva elvégezhető ez a kategorizálás, sőt további szempontokkal is bővíthető, pl. megfelelő adatok birtokában a turisztikai helyek figyelembe vétele is ajánlott.



28. ábra: Csomópontok kategóriájuk szerint *(forrás: saját szerkesztés)*

Végezetül elvégeztem a kapott eredményekre egy korreláció analízist, aminek segítségével megállapítható, hogy van-e, illetve hogy milyen erős az egyes tényezők közötti összefüggés. Ezt az Excel beépített adatelemzőjével végeztem el. A korreláció számításakor -1 és 1 közötti értékeket kapunk. Minél szorosabb az összefüggés, annál jobban tart az egyhez a korrelációs együttható értéke, és minél inkább nullához tart, annál gyengébb a kapcsolat. A korreláció megállapításakor a kapott értékeket abszolút értékben kell nézni és az alábbiak szerint történik:

- 0-0,2: nincs korreláció, elhanyagolható kapcsolat
- 0,2-0,4: alacsony, gyenge kapcsolat
- 0,4-0,7: közepes korreláció, jelentős kapcsolat
- 0,7-0,9: magas korreláció, markáns kapcsolat
- 0,9-1: nagyon magas korreláció, erős függő kapcsolat

A csomópontokra elvégezve ezt az elemzést a következő korrelációs együttható értékeket kaptam (11. táblázat).

11. táblázat: Korreláció analízis a csomópontokra (forrás: saját szerkesztés)

	<i>Infrastrukturális prioritás</i>	<i>Forgalomnagyság</i>	<i>Baleseti sűrűsödések</i>	<i>Szűk keresztmetszetek</i>	<i>Sávok száma</i>
Infrastrukturális prioritás	1				
Forgalomnagyság	0,248220518	1			
Baleseti sűrűsödések	0,012543455	0,492843698	1		
Szűk keresztmetszetek	-0,136621496	0,191713655	0,024516481	1	
Sávok száma	-0,080754542	0,538263065	0,08875895	0,360064924	1

Azt látjuk, hogy a legtöbb érték nagyon alacsony, tehát majdnem elhanyagolható, illetve gyenge kapcsolat áll fent az egyes tényezők között. Valamint magas és nagyon magas korreláció sincs. Közepes, jelentős kapcsolata a baleseti sűrűsödéseknek és a sávok számának van a forgalomnagysággal. Az egyértelmű, hogy a sávok számának növekedésével a forgalom nagysága is nőni fog, hiszen az út kapacitását a sávok száma is befolyásolja. Ez pedig azzal jár, hogy megnő a valószínűsége is a baleseteknek. A kialakult balesetek súlyossága azonban független ettől, bárhol és bármikor történhet olyan esemény, ami a legsúlyosabb kimenetellel végződik. Az előbbi három tényezővel részben összefügg az infrastrukturális prioritás is, de csak részben, mert ott több összetevő is jelen van, azonban ez a korreláció analízisből nem derül ki. Véleményem szerint a gazdasági létesítmények elhelyezkedése összefügg a forgalomnagysággal és a sávok számával, hiszen ezeket olyan helyre építik, aminek a vonzáskörzete nagy, sokan mennek arra, miután pedig megépül maga a létesítmény is forgalomvonzó hatásúvá válik. Különösen igaz ez például a már említett ünnepi időszakban. Ugyancsak az elemzésből nem leszűrhető állítás az, hogy a turisztikai helyek részben kapcsolatban állnak a fenti tényezőkkel. Szállodák esetében lehet kapcsolat a forgalomnagyságokkal, és ez a kapcsolat lehet egyenesen és fordítottan arányos is. A látványosságok azonban nagyrészt függetlenek a többi tényezőtől, hiszen sok esetben több száz éve fennálló épületekről van szó, amelyek a város olyan részein vannak, ahol korlátozott a forgalom (pl. Citadella). Véleményem szerint a nagykövetségek, amelyeket figyelembe vettem, mint kiemelkedő fontosságú politikai helyek, fordított arányosságban állnak a fenti tényezőkkel, mert inkább a nyugodtabb, kisebb forgalmú helyeken vannak, kivétel ez alól az Andrássy úton található nagykövetségek.

5. Összefoglalás

A szakdolgozatom keretében egy olyan szempontrendszert igyekeztem kidolgozni és felállítani, aminek segítségével eldönthető, hogy városi környezetben milyen helyekre célszerű, érdemes változtatható jelzéseképű táblákat elhelyezni. Erre azért van szükség, mert egy ilyen intelligens közlekedési rendszer kiépítési költsége meglehetősen magas, attól függően, hogy milyen méretű és típusú táblát használunk.

Először bemutattam, hogy milyen fajta táblákat lehet alkalmazni a hagyományos mechanikustól kezdve, a fénytechnikai elven működőkön át, és még egy meglehetősen új technológiát is megmutattam, ez volt az e-ink-es közlekedési tábla. Ezután azzal foglalkoztam, hogy milyen módszerekkel lehet a VJT-khez szükséges adatokat a forgalomról előállítani. Itt is volt szó a hagyományos adatgyűjtési módszerekről és korszerűbb eljárásokról (V2V és V2I).

A szempontrendszer kidolgozásakor először el kellett dönteni, hogy melyek azok a tényezők, amik lényeges szerepet játszanak a változtatható jelzéseképű táblák elhelyezhetőségénél. Végül a következő 5 szempontot határoztam meg: infrastrukturális prioritások, forgalomnagyság, baleseti sűrűsödések, szűk keresztmetszetek és a sávok száma. Mindegyik esetében a jellemző adatok értékei alapján osztályokat alakítottam ki és 1-5 közötti pontszámot rendeltem hozzá. Így egy csomópont 5-25 pont között értékelhető. Ez alapján három csoportját állapítottam meg a csomópontoknak: jelentéktelen (5-15 pont), másodlagos jelentőségű (15-20 pont) és elsődleges jelentőségű (20-25 pont).

A legösszetettebb szempont az első volt, vagyis az infrastrukturális prioritások meghatározása. Ezt sokféle irányból meg lehet közelíteni, az általam választott tényezők mellett biztosan lehet még találni más szempontokat is és ezáltal még komplexebbé tenni a vizsgálatot. Amiket figyelembe vettem ebben az esetben azok a gazdasági és politikai érdekeltségű helyek, az út kategóriája valamint a turisztikai helyek. Az utóbbi adatok hiányában nem tudtam figyelembe venni a pontozásnál, de a 2014-es általános turisztikai statisztika alapján erre is meghatároztam a pontozási rendszert.

Nagyon lényeges szempont a forgalmak nagysága az egyes hálózati elemeken, hiszen minél több jármű jelenik meg egy adott helyen, annál nagyobb terhelést jelent az úthálózatnak, a környezetnek, a balesetek kialakulásának is nagyobb az esélye és torlódások kialakulása könnyebben fordul elő. Ehhez a szemponthoz detektor adatokat

illetve egy, a belvárost tartalmazó terheléses ábrát használtam fel. Ezeknek az ismeretében olyan helyekre lehet kihelyezni VJT-eket, ahol gyakoriak a torlódások és ezeknek a leépülését lehet velük elősegíteni.

Szintén nem elhanyagolható szempont a balesetek száma. Ugyanis az intelligens közlekedési rendszereknek az egyik feladata a közlekedésbiztonság növelése, amit VJT-k segítségével is el lehet érni bizonyos esetekben. Azoknak a helyeknek a meghatározásához, ahol baleseti sűrűsödés van, a KSH adatai alapján készítettem egy térképet. Majd ezek alapján meghatároztam az osztályokat és a hozzájuk tartozó pontszámokat.

A szűk keresztmetszeteket ebben a szempontrendszerben a hidak és felüljárók reprezentálják, mert ezek általában olyan tulajdonságokkal rendelkeznek, amelyeknél forgalmi zavarok esetén a forgalom nagyobb mértékű zavartatást szenved el. Ugyanakkor ez már kevésbé lényeges szempont, mint az előzőek, ezért itt az osztályozásnál jóval kisebb léptékeket választottam.

Végezetül a sávok számát is megvizsgáltam, mert a bemutatott ATM illetve ADM eljárások nagyrészt a sávok dinamikus felhasználását valósítják meg, ezért ezt sem lehetett figyelmen kívül hagyni.

Végül az elkészített szempontrendszer segítségével elvégeztem 15 csomópont elemzését és értékelését. Amit megfigyelhettünk az elemzésből, hogy vannak olyan tényezők, amelyek összefüggenek egymással. Az elemzés természetesen tetszőleges csomópontra elvégezhető, így ennek segítségével egy jövőbeni fejlesztéskor vagy tervezéskor egyszerűen el lehet dönteni, hogy megéri-e változtatható jelzésekű táblákat kitelepíteni a magas árak ellenére. Az, hogy ezek után mit jelenítünk meg a VJT-n az már egy másik, részletesebb elemzést kíván meg az adott csomópontra.

Forrásjegyzék

- [1] *Dr. Tóth János: Közúti informatika jegyzet*
<http://kukg.bme.hu/kukg/oktatas/bsc/tantargy/BMEKOKUA212/segedlet.pdf>
- [2] *Dr. Veres György: Védelmi elektronika* <http://unike.hu/downloads/bsz/bszemle2010/4/14.pdf>
- [3] *Wisconsin Department of Transportation: Intelligent Transportation Systems Design Manual* <http://www4.uwm.edu/cuts/itsdm/chap6.pdf>
- [4] <https://www.swarco.com/sthu/Megold%C3%A1sok/Orsz%C3%A1gutak-forgalomir%C3%A1ny%C3%ADt%C3%A1sa/LED-es-v%C3%A1ltoztathat%C3%B3-jelz%C3%A9sk%C3%A9p%C5%B1-t%C3%A1bl%C3%A1k>
- [5] *Lember Mátyás: Szakdolgozat*
- [6] <http://www.rotapaneltraffic.com/>
- [7] <http://ops.fhwa.dot.gov/atdm/approaches/atm.htm>
- [8] <http://www.modot.org/stlouis/links/VariableSpeedLimits.htm>
- [9] <http://www.vmslimited.co.uk/urban.htm>
- [10] <http://www.vmslimited.co.uk/pegasus.htm>
- [11] <http://gizmodo.com/sydney-has-rolled-out-the-worlds-first-e-ink-traffic-si-1720544684>
- [12] <http://www.bkk.hu/fejleszteseink/easyway-projekt/>
- [13] <http://www.bkk.hu/2015/04/ujabb-segitseg-az-autosoknak/>
- [14] *Tettamanti Tamás, Luspay Tamás, Dr. Varga István: Közúti közlekedési automatika jegyzet*
http://kjit.bme.hu/images/stories/targyak/kozutir1/kozuti_automatika_ver2.pdf
- [15] **Traffic Detector Handbook, Third Edition, Volume I.**
- [16] **Traffic Detector Handbook, Third Edition, Volume II.**
- [17] <http://aswsd.ucsd.edu/2004/pdfs/V2VandV2ICommunication-Slides-WHolfelder.pdf>
- [18] <http://ledes.hu/tudasbazis/mit-jelent-a-led-izzo-sugarzasi-szoge>
- [19] <https://dps.georgia.gov/high-occupancy-vehicle-lanes>
- [20] <http://www.eink.com/technology.html>
- [21] www.its-hungary.hu/dokumentumok/EASYWAY_osszefoglalo.doc+&cd=1&hl=hu&ct=clnk&gl=hu

- [22] *Dr. Csiszár Csaba és Sándor Zsolt Péter: Közlekedési informatika jegyzet*
http://kukg.bme.hu/kukg/oktatas/bsc/tantargy/BMEKOKUA201/kozlinfo_jegyzet.pdf
- [23] http://szakmai.itthon.hu/documents/28123/4083489/Magyarország_turizmusa_2014_vegleges_adatok.pdf/ff22726e-151c-48f9-8350-e7f8186fe0e5
- [24] http://itthon.hu/documents/28123/8118959/StatElo_2014_HU_oldalankent.pdf/dda853ce-c385-4fa3-ac56-1c271ee102ca
- [25] http://www.its-hungary.hu/index.php?option=com_content&view=article&id=254:201040eu-direktiva-specifikacioi&catid=28:hivatalos-dokumentumok&Itemid=97
- [26] *Yi-Chang Chiu, Nathan Huynh: Location configuration design for Dynamic Message Signs under stochastic incident and ATIS scenarios*
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968090X0600101X>
- [27] *Yi-Chang Chiu, Nathan Huynh, Hani S. Mahmassani: Finding Near-Optimal Locations for Variable Message Signs for Real-Time Network Traffic Management*
https://www.researchgate.net/publication/228900339_Finding_Near-Optimal_Locations_for_Variable_Message_Signs_for_Real-Time_Network_Traffic_Management
- [28] *Pirkko Rama, Anna Schirokoff, Juha Luoma: Practice and deployment of variable message signs (VMS) in Viking countries-potential for harmonisation*
http://www.durbit.se/Archives/ExternalPDF/MIP2005/Domain3/Deliverables/VikingVMS_report_final.pdf
- [29] *A. Richard, M.McDonald: Questionnaire surveys to evaluate user response to variable message signs in an urban network* http://digital-library.theiet.org/content/journals/10.1049/iet-its_20060046
- [30] *Tettamanti Tamás, Horváth Márton Tamás, Varga István: Road traffic measurement and related data fusion methodology for traffic estimation, Transport and Telecommunication. Vol. 15(4), pp. 269-279.*
- [31] *Bede Zsuzsanna, Péter Tamás: Optimal control with the dynamic change of the structure of the road network, TRANSPORT (VILNIUS) 29: (1) pp.36-42. (2014)*

Ábrajegyzék

1. ábra: Magyar személyszállítási teljesítmények (forrás: http://www.kti.hu/index.php/kutatas/trendek-grafikus-adatbazis/trendek-9m/szemelyszallitas).....	3
2. ábra: Magyar áruszállítási teljesítmények (forrás: http://www.kti.hu/index.php/kutatas/trendek-grafikus-adatbazis/trendek-9m/aruszallitas-logisztika).....	4
3. ábra: VJT tartószerkezet (forrás: saját szerkesztés).....	6
4. ábra: VJT típusok (forrás: saját szerkesztés).....	8
5. ábra: Mátrix kijelző típusok (forrás:[3]).....	11
6. ábra: 3 LED-es panel (forrás: http://www.dreamstime.com/stock-photo-rgb-led-screen-panel-texture-image15135090).....	11
7. ábra: Tokba foglalt LED-ek (forrás:[4]).....	12
8. ábra: Két jelzéképű mozgatható VJT (forrás: https://www.pinterest.com/JDTraffic/).....	14
9. ábra: Fullmátrixos mozgatható VJT (forrás: http://www.wanco.com/cp/uploads/gallery-msgbd-matrix-full-graphics.jpg).....	14
10. ábra: Több egységes prizmás tábla (forrás: http://www.rotapanel.com/rotapaneltraffic.com/img-motorways/mot_big7.jpg).....	15
11. ábra: Rotapanel kezelőfelület (forrás: http://www.rotapanel.com/rotapaneltraffic.com/images_internet_mon/control_centre_big.jpg).....	16
12. ábra: PEGASUS városi VJT (forrás: http://www.vmslimited.co.uk/images/pegasus.jpg).....	17
13. ábra: Advisory Speed (forrás: http://www.modot.org/stlouis/links/images/varadvsign.jpg).....	19
14. ábra: HOV sáv (forrás: http://www.trbimg.com/img-502ad074/turbine/95-hov-0814d.jpg-20120814/600).....	20
15. ábra: E-ink tábla (forrás: http://i.kinja-img.com/gawker-media/image/upload/s--yXk9sfLd--/1360440675550699077.jpg).....	21
16. ábra: VJT aktuális képe (forrás: http://szakrendszerek.bkk-kozut.hu/).....	22
17. ábra: Intelligens kamerás rendszer vázlata (forrás: saját szerkesztés).....	23
18. ábra: Fázisszög változás analóg hurokdetektoron (forrás:[14]).....	26
19. ábra: Digitális hurokdetektor érzékelése (forrás: [14]).....	27
20. ábra: Kamerás járműérzékelés (forrás: http://www.aldridgetrafficcontrollers.com.au/Products/Video-Detection).....	29
21. ábra: Kamerás jelfeldolgozás (forrás:[15]).....	30
22. ábra: Ultrahangos érzékelés (forrás:[14]).....	31
23. ábra: Földmágneses érzékelés (forrás:[15]).....	33
24. ábra: V2V kommunikáció (forrás:[17]).....	34
25. ábra: Terheléses ábra a belvárosról (forrás: BKK).....	39
26. ábra: budapesti baleseti hőtérekép részlet (forrás: saját szerkesztés).....	40
27. ábra: Torlódás elkerülése a Váci úton (forrás: saját szerkesztés).....	42
28. ábra: Csomópontok kategóriájuk szerint (forrás: saját szerkesztés).....	49

Táblázatjegyzék

1. táblázat: Gazdasági és politikai helyek osztályozása (forrás: saját szerkesztés) ..	36
2. táblázat: Turisztikai helyek osztályozása (forrás: saját szerkesztés)	36
3. táblázat: Útkategória szerinti osztályozás (forrás: saját szerkesztés)	37
4. táblázat: Külső utak forgalma (forrás: saját szerkesztés)	38
5. táblázat: Forgalomnagyságok osztályozása (forrás: saját szerkesztés)	38
6. táblázat: Hőtérkép baleset számai (forrás: saját szerkesztés)	40
7. táblázat: Balesetek osztályozása (forrás: saját szerkesztés)	41
8. táblázat: Szűk keresztmetszetek osztályozása (forrás: saját szerkesztés).....	42
9. táblázat: Sávszámok osztályozása (forrás: saját szerkesztés).....	43
10. táblázat: Csomópontok értékelése (forrás: saját szerkesztés).....	47
11. táblázat: Korreláció analízis a csomópontokra (forrás: saját szerkesztés)	50