

# Közlekedési események képi feldolgozása

Max Gyula

*Budapest Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,  
Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszék  
1521 Budapest, Pf. 91, { e-mail: max@aut.bme.hu }*

---

**Abstract.** A valós idejű forgalom megfigyelési rendszerek, mivel feldolgozási teljesítményük korlátozott, leggyakrabban ún. területalapú referencia képet alkalmaznak az előtérben folyó közlekedési események és a háttér szétválasztására. A folytonosan változó környezet miatt ezek az információk gyakran igényelnek felhasználói beavatkozást. Ebben a cikkben az automatikusan generált és frissített háttérképek kialakításának problémáit vizsgáljuk meg. Több aspektusból megvizsgáljuk a mozgó objektumokat nem tartalmazó háttérképek létrehozásának problémáit. Továbbá bemutatunk egy olyan módszert, amely automatikusan generálja a területalapú referenciaképek sorozatát.

**Kulcsszavak:** közlekedés, képfeldolgozás, háttér kialakítása, forgalomkövetés

---

## 1. BEVEZETÉS

Emberi erőforrásban szűkölködő környezetünkben legegyszerűbben automatikus eszközök segítségével lehet felismerni, irányítani vagy beavatkozni a közlekedési rendszerekbe. Ennek a rendszernek az elején teljes bizonyossággal egy képfeldolgozási folyamat áll [1]. A közlekedésben résztvevő mozgó objektumok felismeréséhez szükségünk van az egymás után érkező képkockákon legalább a statikus (háttér) és a dinamikus (közlekedési esemény) elkülönítésére, majd a dinamikus rész további feldolgozására. Azonban például egy, a buszúton haladó járműről néhány képkockányi információ alapján nehéz eldönteni, hogy az szabályosan vagy szabálytalanul halad-e az adott úton. Ahhoz, hogy pontosan ki tudjuk értékelni egy objektum mozgását, meg kell határoznunk, hogy hol és hogyan haladnak a mozgó objektumok a megfigyelt térrészben. A fenti feladatok elvégzésére véges idő áll rendelkezésünkre.

A cikk elején rövid leírást adunk a valós idejű megfigyelő, nyomkövető rendszerek fejlődéséről. A bemutatott munkák hasznos alapokat adnak a megfigyelő rendszerek fejlesztésében [2] [3] [4] [5]. A második rész azzal az alapvető kérdéssel foglalkozik, hogy legalább milyen gyakorisággal kell az objektum mozgását követnünk ahhoz, hogy értékelési szempontból pontos képet kaphassunk az objektum mozgásáról, valamint a cél elérése érdekében milyen modellezési eszközöket használhatunk fel? Más szavakkal ez azt jelenti, hogy megnövelhető-e a mai átlagosan 24-25 képkockát készítő kamerák periódusidejéből számított 40 ms-nyi adatfeldolgozási idő, és ha igen, akkor milyen eszközök segítségével? Ez a cikk azt az eljárást mutatja be, amely segítségével a statikus és a dinamikus térrészek egy hosszabb előkészítést igénylő bevezetési procedúra után egyszerű matematikai eszközökkel szétválaszthatók. Ezzel csökkenteni tudjuk a vizsgálandó térrészek számát, ami hozzájárulhat a dinamikus térrészek

feldolgozási idejének növeléséhez, elegendő időt hagyva ezzel a közlekedési helyzet értékelésére és a döntéshozásra. A cikk harmadik fejezetében a mérési eredmények alapján bemutatjuk egy egykamerás rendszer felvételeinek vizsgálatát, valamint az ezekből levonható következtetéseket.

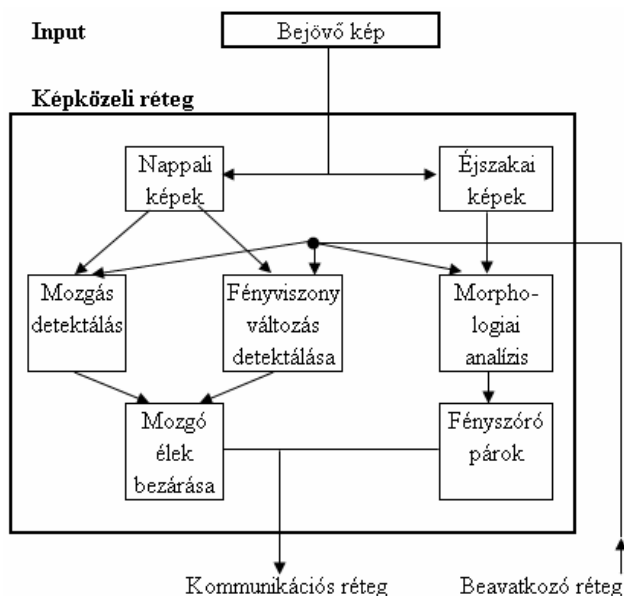
## 2. ÁTTEKINTÉS

A megfigyelési és/vagy nyomkövetési rendszerek nagy fejlődésnek indultak az évtized elején lejáró időszakban. A képi ismeretek birtokában gyakran megpróbáljuk megjósolni a mozgó objektumok valószínű helyét [2]. Ezek az eljárások nemcsak a mozgó objektumok nyomkövetését segítik, hanem a szükséges feldolgozási teljesítményt is csökkentik. A felismerés elengedhetetlen feltétele a kamera. Az események feltérképezéséhez használhatunk egy, de akár több kamerát is [6]. A kamerákat többnyire vízszintesen állítjuk be úgy, hogy vizsgált terület minél nagyobb legyen. A ma használt rendszerek legtöbbjénél szükséges a terület geometria felépítésének legalább részleges ismerete ahhoz, hogy helyesen tudják értelmezni ezek a rendszerek a közlekedési eseményeket. A térmegfigyelő rendszerek belső felépítését általában három nagy részre – képközeli rétegre, kommunikációs rétegre és beavatkozó rétegre - bonthatjuk, amelyekből az utolsó réteg ma még leggyakrabban hiányzik. Normál működés során a réteg feladata az, hogy megfigyelt térrészben meghatározza az ott jelenlévő mozgó objektumok számát, pozícióját és sebességét [7]. A normál működés megkezdése előtt azonban szükség van a megfigyelt térrész azonosítására. Ennek a szegmentáló eljárásnak lesz az eredménye az a statikus háttérkép [8] [9] [10], amelyre nem kell állandó figyelmet fordítani a folyamatos képfeldolgozások során. Ez azonban nem jelenti azt, hogy nincs tennivalónk a háttérrel. Bár statikusnak mondjuk a háttérrel, azonban itt is történnek változások, amely detektálása feltétlenül szükséges. Ezeket a képeket is ki kell igazítani, hogy figyelembe vehessük, pl. a környezeti

fényviszonyok változását, az árnyékok mozgását vagy a kamerák elmozdulásait. A szürkületi fényviszonyok különösen nagy problémát idéznek meg, mert ilyenkor a környezeti fény, árnyék és a tükröződés nagyon gyorsan változik, és ezzel egyidejűleg a közlekedésben is csúcsgorgalom tapasztalható [11]. Találhatunk olyan rendszert is, amely képes létrehozni időbeli kiegyenlítéssel egy olyan háttérrel, amellyel a vizsgált térrész statikus és dinamikus részei is nyomon követhetők [12]. Az eljárás maga az emelkedő és csökkenő összehasonlító küszöbértékek változtatásával éri el az eredményét. Ugyanakkor az is előnye ennek a technikának, hogy nem reagál például a felhők okozta gyors fény intenzitás változásokra.

### 3. A STATIKUS HÁTTÉR KIALAKÍTÁSA

A kamerákkal felvett képek ismeretében, már a rendszer működésének inicializálásakor szükség van a háttér elkülönítésére. A képközeli réteg feladata a kamerák által felvett képeken a mozgó objektumok valamint a háttér változásainak detektálása. A háttér alatt, alapesetben a statikus, mozgásoktól mentes háttérrel értjük. Az 1. ábrán a nappali és éjszakai fényviszonyok mellett elvégzendő feladatok sorát kísérhetjük végig. Nappali fényviszonyok között a mozgásdetektálással egyidőben történik meg a statikus háttér meghatározása is. Ugyanezt éjszakai körülmények között már csak morfológiai analízis segítségével végezhetjük el.



1. ábra: Mozgásdetektálás eltérő fényviszonyok között

A legegyszerűbb formában úgy alakíthatjuk ki a háttérünket, hogy időben egy-egy képet egymásután megvizsgálva megállapítjuk, hogy a kép melyik részén nem történt mozgás, majd ezeket a részeket átlagolva összeadjuk (1).

$$BG = \sum_{k=1}^n (\text{Picture}_k / n), \quad (1)$$

ahol  $|\text{Picture}_k - \text{Picture}_{k-1}| < \text{küszöbérték}$

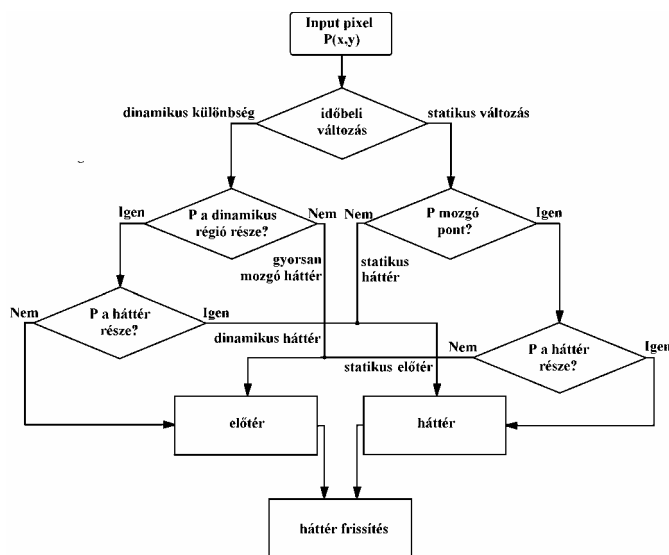
A különbségeket követő háttér kezdetben egy üres képkocka. Az elképzelés az, hogy az egymás után érkező képek különbségét képezve azok a pontok fogják a háttér elemeit képezni, amelyeknél nem történt változás. A különbségképzéshez előző elemként használhatjuk a már meglévő háttérképét is, azokban az esetekben, amikor már van a az adott képpontnak háttére. Többször megismételve a folyamatot előbb-utóbb eljutunk a háttér teljes kialakításához. Az eljárás alapvető lépéseit az alábbiakban foglaltuk össze:

*háttérkép = üres kép*  
*új kép = üres kép*  
*ismétlés*  
*régi kép = új kép*  
*új kép beolvasása*  
*különbségképzés (a régi vagy a meglévő háttér) \_*  
*és az új kép között*  
*küszöbérték különbség a vizsgált képpontok között*  
*az új képpontok hozzáfűzése a háttérképhez*  
*a háttérkép mentése*  
*amíg nem kell több képpontot hozzáadni a háttérképhez*

Az alapháttér elkészítését azonban több környezetfüggő elem nehezíti úgy, mint a fényerősség változás, a felhők mozgása, a szél erőssége. A háttérképzés részletes algoritmusát a 2. ábrán láthatjuk. Ez az eset azt mutatja, hogy ha minden a tervünk szerint történik, akkor véges időn belül eredményre juthatunk. A feladat végrehajtásánál fontos tényező a küszöbérték meghatározása. Az (1)-ből ez az érték azt határozza meg, hogy milyen eltérés mellett tekintünk két képpontot egyformának.

Munkánk során fontos szempont a volt, hogy a rendszer teljesen automatikusan tudjon működni. Eszerint a háttérképzés folyamatát be kell fejezni, ha az általunk meghatározott térrészben, amit háttérnek tekintünk, már nem történik további változás, azaz ebben a térrészben már nincs mozgás. Az időszakos mozgások miatt azonban számos új képpont keletkezik és tűnik el a kialakítás alatt. Ezek beazonosításában az iterációs eljárások segítenek. Ha az új pixel állandónak bizonyul, akkor benne marad a háttérben. Ez esetben azonban az álló járművek jelentik a problémát. A környezeti változók mozgása jelentős „háttérzaj” érzetét keltheti. Ezt már a fényerősség változás egy kisarányú megváltozása esetén is tapasztalhatjuk, ha az egymásután következő képeken, pl. a felhők mögül előbújik a nap. Ezért az egyes háttérpontok kialakítása során érdemes minden lépés egy ún. simítási műveletet elvégezni, amely segítségével közelebb húzhatjuk a háttérkép színeit az aktuális értékekhez. Az iterációs eljárást érdemes egy magasabb szinten is megvalósítani. A pixelenkénti kialakítás egyik hátránya ugyanis az, ha mozgó objektumok állónak, vagy álló

objektumok mozognak tétélezünk fel. Ez utóbbira kiváló példa lehet, egy nagyforgalmú iroda bejáratánál elhelyezkedő forgóajtó. Ha azonban több háttérképek hozunk létre, és ezek eredményeiből következtetünk a tényleges háttérre, jobb eredményeket érhetünk el. Ezt a folyamatot könnyen leképezhetjük úgy, hogy az időszakosan keletkező eredményeket elmentjük, vagy többször megismételjük a kialakítás folyamatát. Ez azonban jelentős időtöbbletet jelent a kialakítás során. Számításaink azt mutatják, hogy jó eredményt, a megfelelő környezeti változók megléte esetén is, mintegy 10 és 20 perc közé tehető.



2. ábra: A háttér kialakítás lépései

#### 4. EREDMÉNYEK

A 3. fejezetben leírtak egy laboratóriumi körülmények között létrehozott esetet reprezentálnak. A valóságban azonban más a helyzet. A folyamat alatt technikai és környezeti problémák is felmerülnek.

A technikai problémák alapvetően a véges feldolgozási időhöz köthetők. Ezek alapvetően abból adódnak, hogy 40 ms áll rendelkezésünkre egy-egy képpáros feldolgozására. Bár a mai modern számítógépek már akár 4 GHz frekvenciával is működhetnek, a hozzájuk tartozó memóriák még a néhány 100 MHz-es kategóriába tartoznak. Márpedig hiába a gyors processzor, ha a hozzátartozó memória relatíve lassú. Egy teljesen hagyományos minőségű 2.5 GHz-es processzort használva és átlagosan 8 órajel/utasítást feltételezve 312,5 MIPS eredményt érhetünk el. Mivel 333 MHz-es memóriát használtunk a mérések során így a két sebesség egészen jól fedte egymást.

Számítógépünk egy 40 ms-os feldolgozási időt tekintve közel 13 millió utasítás végrehajtását teszi lehetővé, ami még egy 640 x 480-as igen alacsony felbontású képet is csak 14 utasítás végrehajtását teszi lehetővé 3 byte-os képpontok esetén. Még egy byte-os képpontok esetén is csak 42 gépi kódú utasításra marad idő. A képpontok feldolgozása során

két memória olvasásra biztosan szükségünk lesz, amit szükség esetén még ki kell egészíteni egy írással is. Ez azt jelenti, hogy magasszintű nyelven megírt program, pl. MatLab vagy C, egy komolyabb felbontású kép esetén szóba sem jöhet.

Vagyis három megoldás marad

- assemblerben kell megírni a kritikus részt,
- célhardvert kell építeni
- ki kell hagyni a néhány következő képkockát

Az első megoldási lehetőség esetén természetesen figyelembe kell venni a kép méretét is, mert ez a megoldási mód sem jöhet számításba 3-4 millió színes képkockát tartalmazó képek vizsgálata esetében. Itt ki kell emelni a képek szót, mivel filmek esetében, amennyiben lehetőség van arra, hogy hozzáférjünk a kamerát közvetlenül elhagyó digitális jelekhez, akkor pl. MPEG esetében egy teljes félkép elküldése után néhány képkocka erejéig a videó rendszer csak a különbségeket továbbítja. Vagyis azokat az eredményeket, melyeket mi éppen ki akarunk számítani. 64 bites Pentium esetében kihasználhatjuk, azt is, hogy nem egy 24 bites pixelt, hanem kettőt olvasunk be a memóriából. Megjegyezzük, hogy MMX utasítások esetében a kétszer két képpont beolvasása 2x6, azaz 12 órajelre csökkenthető, viszont ebben az esetben a regiszter áttöltésekre is gondolnunk kell. Az alábbi programrészlet megmutatja, hogy még így sem sikerült 28 utasításból megoldani a feladatot, nembeszélve a sorozatos shiftlések jelentős ciklusidejéről. Az azonban látható, hogy a feladat már a megoldhatóság határán áll már tisztán csak képes feldolgozás esetében is. Egy gyorsabb processzor vagy a 128 bites XMM regiszterek használata, adott képméret esetében már áttörést hozhat.

```
#64 bites mód
OP1:  ADD    address1, 6
      ADD    address2, 6
      MOV    RAX, [address1]
      MOV    RBX, [address2]
      AND    RAX, 00 00 FF FF FF FF FF FFh
      PUSH  RAX
      AND    RBX, 00 00 FF FF FF FF FF FFh
      RCR    RAX, 24
      RCR    RBX, 24
      MOVSXD RAX, ECX
      MOVSXD RBX, EDX
      RCR    RAX, 40
      RCR    RBX, 40
      MOVSXD RAX, EAX
      MOVSXD RBX, EBX
      CMP    EAX, ECX
      JNZ   OP2
      XOR    RAX, RAX
      CDQE
      SAL   RAX, 24
```

```

MOV RCX,RAX
OP2: CMP EBX,EDX
      JNZ OP3
      MOV EAX,EBX
      CDQE
      ADD RAX,RCX
OP3: POP RBX
      ADD RAX,RBX
      SAL RAX
      MOV [address1], RAX
      RET

```

A második lehetőség egy célhardver építése. Ez egy FPGA használatával megoldható. Dupla szavas felépítésű memóriából itt is elérhető az adatok két órajel alatti kiolvasása és beírása, míg a többi utasítást az FPGA párhuzamos programozhatóságát kihasználva akár egy órajellel is megoldhatjuk. A Megoldást megkönnyíti az FPGA-k órajelének nagymértékű változtathatósága, amellyel könnyen igazodhatunk a felhasznált memóriákhoz. Helyes ütemezés mellett pedig előkészíthetjük a következő képpontok összehasonlításához szükséges adatokat.

Bár a harmadik megoldási mód tűnik a legegyszerűbbnek, eleinte mégis viszolyogva fogadják ezt a lehetőséget. Ha azonban végiggondoljuk ezt az esetet, rájöhethetünk, hogy sok esetben segítségünkre is lehet. Ha maradunk a 40 ms-os képek mellett, adott esetben a következő események is lejátszódhatnak: egy hosszú egyszínű járművet (pl. egy sárga villamost) könnyen háttérnek tekinthetünk, mert adott pontjait vizsgálva mindig ugyanazokat a színeket kapjuk eredményül. Ezért érdemes a háttér kialakításnak periódusában lassan mintavételezési frekvenciával élni. Így ellentétben a [12] leírtakkal, ahol a számítások szerint 10-20 mintavételezési periódus alatt megkaphatjuk a háttérrel, a pontos háttér felvételéhez sokszor percekre van szükség.



3. ábra: Nem használt sáv felismerhetetlensége

A lassabb kiértékelés másik előny az, hogyha pl. egy háromsávú úton, főleg csak a két belső sávban megy a forgalom, előfordulhat olyan háttér kialakítási szakasz is, amikor a nem használt sáv is a háttér részévé válik, mint ahogy ezt a 3. ábra mutatja. Erre Ahhoz, hogy ezt az esetet el tudjuk kerülni szintén a hosszabb vizsgálati idő a javasolt.

A környezeti problémák esetében szintén három fontos tényezőt kell figyelembe vennünk:

- a szélereősség változását
- a felhők mozgása
- a fényereősség változást

A környezeti problémák vizsgálatánál komoly gondot okozhat, még mereven rögzített kamerák esetén is a szélereősség jelentős változása. Ahhoz, hogy ez hasson a kamerára, nem kell feltétlenül erős szélnek lenni. Képzeljük el azt az esetet, amikor egy felüljáró alá rögzített kamera alatt egy kamion halad el. A jelentős légörvények megmozdíthatják a kamerát. Ezeknek az elmozdulásoknak nem kell nagyméretűeknek, hiszen vegyük figyelembe, hogy egy-két képpont elmozdulás egy 30-50 méteres távolságra illesztett kamera esetében csak a fok ezredrészében mérhető. Egy erős, kb. 50 km/h-s szél esetében készült képsorozat eredményét mutatja a 4. és 5. ábra.



4. ábra Az erős szél hatása a kialakítandó háttérképre (a)

A 4. ábrán a kialakított háttérrel látjuk, míg az 5. ábrán egy, a kialakítás közben létrejövő átmeneti eredményt láthatunk. Látható, hogy a kép egyes részein fehér pontok jelennek meg, amit a rendszer mozgó objektumoknak érkekel. Azt is fel lehet ismerni a képből, hogy ezek az elmozdulások nemcsak néhány, hanem akár 10-12 pixelnyi méretűek is lehetnek.



5. ábra Az erős szél hatása a kialakítandó háttérképre (b)

Ennek kiküszöbölésére a 3. fejezetben bemutatott simítási eljárások adnak lehetőséget. A megfelelő környezetben végzett simítások nagymértékben csökkenthetik a háttér kialakítás hibáit.

A legnagyobb problémát a fényerősség változása okozza. Itt nemcsak a nappali és az éjszakai fényerősség változásokra kell gondolnunk, hanem a napközi felhősödésből adódókra is. Szabadtéri felvételek esetében óhatatlanul felhők is megjelennek a képeinken, melyek mozgása zavaró tényező lehet. A felhők mozgásának kiszűrésére viszonylag egyszerű eszközökkel fel lehet készülni. Először is az esetek legtöbbszörében a felhők a létrejövő kép felső részében található. Másodszor a felhőknek sincs egyetlen tartós egyenesvonalú kontúrja sem. Vagyis a kép felső részében található görbevonalú és változó méretű kontúrokkal rendelkező mozgó objektumokat felhőknek tekinthetjük. A 3. ábrán jól látszik a felhők vonulása, de azt is észrevehetjük, hogy az egyik jobboldali kis felhőcsomag felső kontúrja bizony közel egyenesnek tekinthető.

## 5. KÖVETKEZTETÉSEK

A cikkben bemutatott a valós idejű forgalom megfigyelési rendszerek működésbe lépésének problémáit. A statikus háttér leválasztás szempontjából megvizsgáltuk az inicializálás technikai és környezeti problémáit. A technikai problémák megoldására biztos, hogy véges időn belül pontos megoldást lehet találni, mert a 4 fejezetben megadott feldolgozási forma, már teljesíteni tudja egy 640x480 pixelméretnél kisebb képekből sorozat valóban valós idejű képfeldolgozását. Megmutattuk azt is, hogy a pontosság érdekében nem kell a 40 ms-os feldolgozási időhöz ragaszkodni. A környezeti problémák a fényviszonyok és a mindig változó időjárás következményei. Ezek tényleges kiküszöbölése nem lehetséges, hatásuk mindig meg fog jelenni a folyamatban. Ezért nem elkerülni, hanem felkészülni kell rájuk. Hatásuk csökkentésének egyik eszköze a simító eljárások használata. A másik fontos eszköz az időbeli késleltetés, mellyel a nagyobb időbeli lépésközzel, tehát a nem egymás után érkező képek feldolgozása történik meg. Ezzel egyszerre két dolgot nyerhetünk, mert egyrészt megnövelhetjük ezzel a 40 ms-os feldolgozási időt, másrészt jobb rálátásunk lesz ettől a folyamatra.

## 6. IRODALOM

- [1] DAILEY, D.J., CATHEY, F., PUMRIN S. (2000). An Algorithm to Estimate Mean Traffic Speed Using Uncalibrated Cameras. *IEEE Transactions on intelligent transportation systems*, vol. 1, no. 2, June 2000, pp.98
- [2] R. JIANG, Q. WU, Z. ZHU. (2002). A new continuum model for traffic flow and numerical tests. *Transportation Research-B* 36, pp. 405–419 (2002)
- [3] PARK, D., KIM, J.U., KIM, J.A., CHO, S., CHUNG, S. . (2006). Motion Detection in Complex and Dynamic Backgrounds, *PSIVT 2006, LNCS 4319*, pp. 545 – 552, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006
- [4] CUCCHIARA, R, PICCARDI, M., MELLO, P. (2000). Image analysis and rule-based reasoning for a traffic monitoring system, *IEEE Trans. on Intelligent Transportation Systems*, vol.1, no.2, pp.119-130
- [5] MIKIC, I., COSMAN, P. C., KOGUT G.T., TRIVEDI, M.M. (2003). Moving Shadows and Object Detection in Traffic Scenes, *Proceedings of the 15th International Conference on Pattern Recognition*, Barcelona, Spain, Vol.1, pp.321-324
- [6] HORAUD, R., KNOSSOW, D., MICHAELIS, M. (2006). Camera cooperation for achieving visual attention, *Machine Vision and Applications* 16(6), pp. 331–342
- [7] THOMSON, M. S., WAN, C. L., BINNIE T. D. (1993). Development of a Real-Time Image Analysis System for Traffic Monitoring Applications. *Knowledge-Based Systems for Civil and Structural Engineering*, pp.189-195
- [8] NICCHIOTTI, G., OTTAVIANI, E. (1994). Automatic Vehicle Counting from Image Sequences. *Proceedings, 4th Int. Workshop, Time Varying Image Proc. Moving Obj. Recognition* 3, pp.410-417
- [9] SETHI, I. K., BRILLHART, W. L. (1991). Traffic Analysis Including Non-Conforming Behaviour via Image Processing. *Proceedings - Society of Automotive Engineers p-253 pt:1*, pp.193-201
- [10] DAGLESS, E. L., ALI, A. T., CRUZ, J. B. (1993). Visual Road Traffic Monitoring and Data Collection. *Proceedings of the IEEE-IEE Vehicle Navigation and Information Systems Conf.*, pp.146-149
- [11] CHOU, Y. J., SETHI, V. (1993). Machine Vision Based Traffic-Adjusted Intersection Signal Control. *Proc. Conf. Digital Image Tech. Appl. Civ. Eng.*, pp.150-157
- [12] CORNISH M. T., WAKEFIELD J.P. (1995). Automatically Locating an Area of Interest and Maintaining a Reference Image to Aid the Real-Time Tracking of Objects