



Közlekedési események automatikus felismerésének modellje

Max Gy.

Budapest Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszék, 1521 Budapest, Pf. 91

ÖSSZEFOGLALÁS

A közlekedés manapság sok kellemetlenség okozója. Ma már mindennaposak a balesetekről, a forgalomelterelésekről és a dugókról szóló hírek. A többsávos utak sem jelentenek mindenhol megoldást főleg, ha figyelembe vesszük ezek helyigényét. A rosszkedvű, arrogáns vagy ittas vezetők is egyre nagyobb veszélyt jelentenek a zsúfolt utakon. Legtöbbjük figyelembe sem veszi a közlekedési szabályokat, így okozva balesetet egy hirtelen kanyarodással vagy helytelen sebesség megválasztással. A veszélyforrást jelentő események felismerésére és kezelésére egyre hatékonyabban térfigyelő rendszereket használnak. Ezek rendszerek mind több és jobb minőségű információt adnak a megfigyelt területekről. Az automatikusan gyűjtött közlekedési információk már akár real-time módon, előfeldolgozott formában is hozzáférhetőek. A cikk azokat az alapproblémákat feszegeti, amelyek nélkül ezek az információk nem juthatnának el a forgalomirányítókig.

Kulcsszavak: (képfeldolgozás, forgalom felismerés, közlekedési szabályok)

ABSTRACT

Model of automatic recognition of traffic events

Gy. Max

Budapest University of Technology and Economics, Department of Automatization and Applied Informatics,
H-1521 Budapest, POB. 91

In recent years, the volume of traffic has become a significant problem. Consequently, accidents and traffic jams are far more likely than a century ago. Many of us living in metropolitan areas got used to the every-day traffic news about congestions. Early solutions attempted to lay more pavement to avoid jams, but adding more lanes is becoming less and less feasible. Besides, reckless, confused (e.g. ghost drivers) or drunken car drivers are more and more a source of danger and cause many terrible accidents and jams. Most of them ignore traffic rules and drive prohibitively in wrong directions or exceed speed limits. Instead of increasing the capacity of existing infrastructure, contemporary solutions of visual surveillance try to use roads more efficiently. Thereby, more and better traffic information which is automatically gathered in real-time is emphasized. Such information can be traffic parameters like traffic volume, occupancy and vehicle's speed. This paper collects basic knowledge that are necessary to complete these tasks.

Keywords: (image processing, traffic recognition, traffic rules)

BEVEZETÉS

Kamerák által rögzített közlekedési események feldolgozására már többféle elmélet és technika látott napvilágot (Dailey, 2000). Egyes szerzők a közlekedési objektumok

mozgásegyenleteinek megadásával (Hämäläinen, 2006), míg mások formális leírótechnikák felhasználásával próbálják algoritmizálni a problémát (Maniccan, 2005; Köhler, 2006), de a legtöbb megoldás képfeldolgozás területén született (Cho, 2005, Cucchiara, 2000; Hu, 2004; Park, 2006; Rabie, 2002). A tényleges információgyűjtés azonban minden esetben képi információk gyűjtésével kezdődik. A bejövő képek bitszintű adatai adják az információ forrását. Erről, a legalacsonyabb adatszintről, a különböző képfeldolgozási technikák felhasználásával kell eljutnunk a döntéshozatali szintig (Aguilar-Ponce, 2005). A mi feladatunk, hogy megtaláljuk azt a kapcsolat-rendszert, amely az input képek adataiból megalkotja a döntést.

A MODELL

Modellünkben, a közlekedési események szemléltetéséhez és a mozgások követéséhez kétdimenziós leírást használunk, amelyen tanulmányozhatjuk a közlekedés különböző mozzanatait, mint pl. az előzést, a kanyarodást, a dugókat vagy akár a közlekedésben résztvevők viselkedési mintáit. A mozgások leírásánál, a gyakorlati tapasztalatokat figyelembe véve, négy vagy hat irányban követjük a résztvevők mozgását: előre, hátra, jobbra, balra valamint jobbra előre és balra előre. Induláskor, a felületen lévő mozgó objektumok véletlenszerűen és számban helyezkednek el, akár csak egy pillanat-felvételen. Az 1. ábrán látható modell feladata, hogy ezen kezdeti értéket mellett, egyéb feltételek ismerete nélkül is, automatikusan fel tudja ismerni az éppen folyó közlekedési eseményeket és a közlekedési szabályok ismerete mellett tudja értelmezni a közlekedésben résztvevők szokásait.

Modellünk két – képfelismerő és szabályfelismerő – alrendszerből áll. A képfelismerő rendszer három – képközeli, kommunikációs és beavatkozó – réteget, míg a szabályfelismerő két réteget tartalmaz.

Képközeli réteg

A felismerés elengedhetetlen feltétele a kamera. Az események feltérképezéséhez használhatunk egy, de akár több kamerát is (Horaud, 2006). A kamerákat többnyire vízszintesen álltjuk be úgy, hogy vizsgált felület minél nagyobb legyen. Számos esetben azonban, ahol ez megoldható, a függőleges kamera felfüggesztés javasolt. A terület geometria felépítésének ismerete általában nem szükséges, ha azonban rendelkezésre áll, segíthet a szokatlan közlekedési események (pl. szabálytalan sávváltás, dugó vagy baleset) feltárásánál.

A képközeli réteg feladata a kamerák által felvett képeken a mozgó objektumok detektálása. Egyszerű kocka modellt használunk hat csúcsponttal a mozgó objektumok háromdimenziós adatainak meghatározásánál. Ugyanezt a modellt használjuk a járművekhez kapcsolódó árnyékok felismerésénél is, amely hat lehetséges kapcsolatot ír le az objektum, a fényforrás és a kamera között (Mikic, 2003; Yoneyama, 2003). A 2. ábrán fényforrás iránya pirossal, a mozgó objektum kékkel, az árnyéka narancssárgával van jelölve és azt az esetet mutatja be, amikor oldalsó fényforrás veti az árnyékot. A kék vonalak, mint fényforrás irányok mentén végighaladva megkapjuk a további öt megvilágítási formát is. Ezek segítségével meghatározható az árnyék nélküli mozgó objektum geometria mérete. A réteg kimenete tehát a mozgó objektum helye, mérete és nyomvonala.

A látási viszonyok miatt alapvetően különböző eljárást használunk a nappali és az éjszakai detektáláshoz.

1. ábra

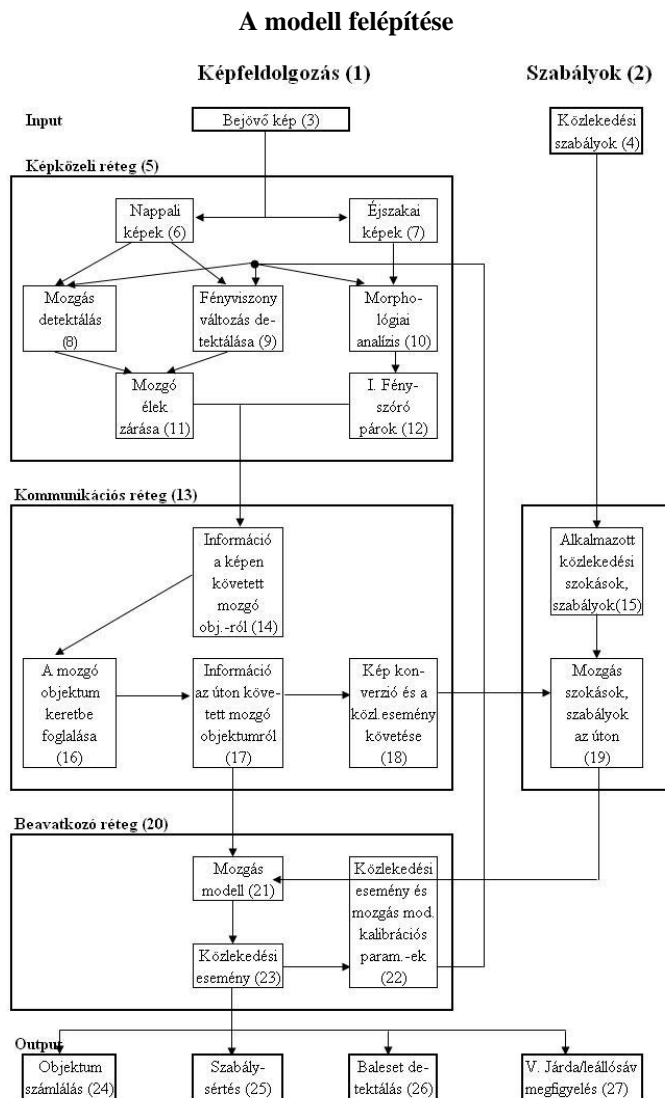


Figure 1: Structure of the model

Image processing(1), Rules(2), Incoming image(3), Traffic rules(4), Image layer(5), Daylight images(6), Night images(7), Motion detection(8), Luminance variation detection(9), Morphological analysis(10), Moving edge closure(11), Headlight pairing(12), Communication layer(13), Tracking object information on image plane(14), Applied habits and traffic rules(15), Moving vehicle in frame(16), Tracking object information on road plane(17), Image plane conversion and traffic flow(18), Motion habits and rules on the road plane(19), Layer of intervention(20), Motion model(21), Traffic event and motion model plane calibration parameters(22), Traffic events(23), Count vehicles(24), Rule violation(25), Accident detection(26), Pavement monitoring(27)

Kommunikációs réteg

A kommunikációs réteg megpróbálja analizálni bejövő kép és az útfelület külvilág kapcsolatát. Igazi kapcsolat nincs a külvilág és a kép között, mivel nincsenek ismereteink a külvilágról. Nem tudjuk pl. a felfestett közlekedési sáv helyét, csak a forgalom alapján tudunk következtetni vagy becslést adni rájuk. Ha egy a kétdimenziós képen látható $p_k=(x_p, y_p)$ pontot meg akarjuk feleltetni az útfelszín $p_r=(x_r, y_r)$ pontjának, az a következő reláció segítségével oldhatjuk meg. A feladat megoldásához legalább négy képpont pár ismerete szükséges a kép és az útfelület között, hogy meg lehessen határozni az (1) összefüggés „a” paramétereit.

$$x_r = \frac{a_{00} \cdot x_p + a_{01} \cdot y_p + a_{02}}{a_{20} \cdot x_p + a_{21} \cdot y_p + 1}, \quad y_r = \frac{a_{10} \cdot x_p + a_{11} \cdot y_p + a_{12}}{a_{20} \cdot x_p + a_{21} \cdot y_p + 1} \quad (1)$$

Az egyik lehetséges megoldás az, hogy választunk egy útjelekkel jelzett téglalapot az út felületén. Ez a megoldás akkor használható, ha a kamera tisztán látja ezeket a pontokat. A réteg kimenete az útfelületen követett objektum adatai, amelyet a bejövő képről kaptunk. A kapott információkat a kiegészítő modulon keresztül visszacsatoljuk.

2. ábra

Oldalról megvilágított objektum



Figure 2: Side-lightened moving object

Beavatkozó réteg

Ez a réteg felelős a kommunikációs réteg és a kiegészítő modul által összegyűjtött információk alapján a közlekedési esemény azonosításáért. A kiegészítő modul analizálja a helyszíni információkat, mint pl.: az egyes sávok helyét vagy a sávok számát. Bár számos technika ismert a sávokra vonatkozó információk feldolgozására, az általunk választott módszer statisztikai feldolgozásnak számít. A mozgó objektumok középvonalának átlagolását használjuk erre a célra, mivel a legtöbb detektált mozgó objektum útjának legnagyobb részét ugyanabban a sávban teszi meg. Miután azonosítottuk a helyszínt a kiegészítő modul a közlekedési szabályokat az adott helyszínhez tartozó hely és mozgás információkra fordítja le.

Két egyszerű példán - sávváltoztatás és dugó esetében – bemutatjuk az elvégzendő feladatokat. A kiválasztott mozgó objektum a fentiek szerint lesz detektálva a következő feltételek szerint:

1. Minden mozgó járművek besorolunk valamelyik, a modell által detektált sávba. Ha az aktuális képen a besorolt sáv különbözik az előzőtől, akkor az sávváltást jelent.
2. Dugót akkor detektálunk, ha a különböző sávokban álló mozgó objektumok átlagsebessége az aznapi átlagsebességhez tartozó, előredefiniált érték alatt marad. Bár ezt az értéket előre kell definiálni, az egyes közlekedési eseményeket már könnyű megfigyelni miután beállítottuk ezt az értéket. Bár a határértékeket ez a réteg generálja, a kapott értékeket visszacsatoljuk a kiegészítő modulon keresztül az összes azonosított mozgó objektumra. Ha ez az érték minden mozgó objektumra igazgá válik, akkor bekövetkezett a megfigyelni kívánt közlekedési esemény.

Közlekedési szabályok réteg

Ez a réteg tartalmazza az alkalmazható közlekedési szabályokat. Ezek a szabályok általános érvényűek. Pl. Piros lámpánál a mozgó objektumoknak meg kell állni vagy jobbra kanyarodni csak a legszélső sávból lehet. Itt történik meg az egyes mozgásformák azonosítása, a forgalomirányító berendezések értelmezése, de a hibák azonosítása ennek a rétegnek a feladata.

Szokások réteg

Ez a réteg tartalmazza a megfigyelt területen alkalmazott közlekedési szabályokat. Az információgyűjtés után itt történik meg a szabálymintákkal történő összehasonlítás, amelyekből új mozgásformákra következtethetünk. Pl. Sarok előtt balra húzódás egy sávon belül, legtöbbször jobbra fordulási szándékot (vagy sávváltás kezdetet) jelez. Ez a réteg, a beavatkozó réteggel együttműködve, szűri ki a szabálytalanságokat.

MÉRÉSI EREDMÉNYEK

Ebben a fejezetben néhány mérési eredményt mutatunk be. A 3. ábrán a képközeli és kommunikációs réteg által azonosított mozgó objektumot mutatjuk be az árnyék eltüntetésének után. Minden detektált objektumot a saját sávjában követünk. A vörös vonal a követett objektum mozgás útvonalt, trajektóráját mutatja be, a méreteket sárga vonal jelzi. A trajektóra a mozgó objektum számított középvonalának mértani helyét adja meg.

3. ábra

Mozgó objektumok detektálása

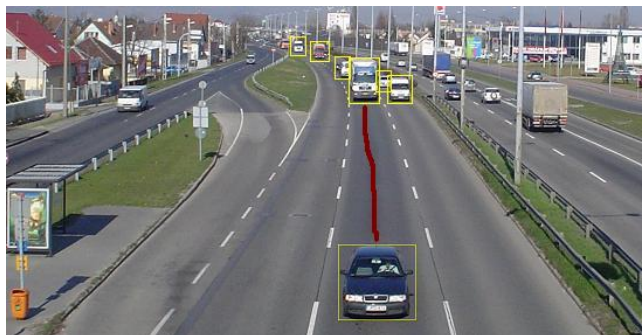


Figure 3: Detecting moving objects

A 4. és 5. ábra egy sávváltoztatás kezdetét és végét mutatja be. A manőver során a mozgó objektum sávváltásának követése is megvalósul.

4. ábra

Sávváltoztatás kezdete

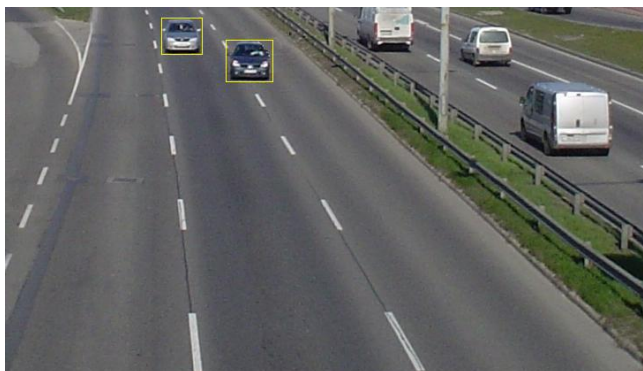


Figure 4: Start of lane change

5. ábra

Sávváltoztatás befejezése

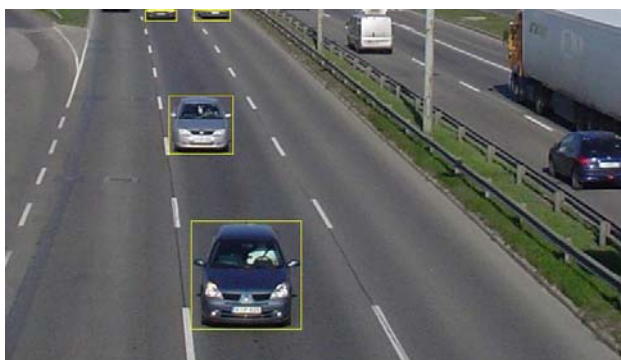


Figure 5: End of lane change

KÖVETKEZTETÉSEK

A cikkben megadtuk egy lehetséges közlekedési megfigyelő modell alapjait. Bemutattuk a modellben kialakítandó rétegek felépítését. Rámutattunk arra, hogy a modellnek nem szükséges pontosan ismernie a megfigyelése alá tartozó helyszínt, mert enélkül is el tudja végezni méréseit és kiértékelő munkáját. A mozgási folyamatokat megfigyelve a modell képes összerakni a megfigyelni kívánt folyamatokat. A kiértékelési folyamatokat a jövőben nemcsak nappali, hanem éjszakai, esős vagy ködös időjárási viszonyok mellett is biztosítani szeretnénk.

IRODALOM

- R. Cucchiara, M. Piccardi, P. Mello (2000). Image analysis and rule-based reasoning for a traffic monitoring system. *IEEE Trans. on Intelligent Transportation Systems*, 1. 2. 119-130.
- A. Yoneyama, C.H. Yeh, C.-C. Jay Kuo (2003). Moving cast shadow elimination for robust vehicle extraction based on 2D joint vehicle/shadow models. *IEEE Proc. International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance*, 229-236.
- R. Aguilar-Ponce, A. Kumar, J.L. Tecpanecatl-Xihuitl, M. Bayoumi (2005). Autonomous Decentralized Systems Based Approach to Object Detection in Sensor Clusters. *IEICE/IEEE Joint Special Section on Autonomous Decentralized Systems*. 4462-4469.
- J. Cho, T. Kwon, D. Jang, Ch. Hwang (2005). Moving Cast Shadow Detection and Removal for Visual Traffic Surveillance. S. Zhang and R. Jarvis (Eds.): *AI 2005, LNAI 3809*, pp. 746 – 755, Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- T. Rabie, A. Shalaby, B. Abdulhai, A. El-Rabbany (2002). Mobile Vision-based Vehicle Tracking and Traffic Control. *IEEE 5th Int’l Conference on Intelligent Transportation Systems*, Singapore
- D. J. Dailey, F. W. Cathey, S. Pumrin (2000). An Algorithm to Estimate Mean Traffic Speed Using Uncalibrated Cameras. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 1. 2. 98-107.
- S. Maniccam (2005), Effects of back step and update rule on congestion of mobile objects. *Physica A* 346. 631–650.
- W. Hu, T. Tan, L. Wang, S. Maybank (2004). A Survey on Visual Surveillance of Object Motion and Behaviors. *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics. Part C: applications and reviews*, 34. 3. 334-351.
- D. Park, Ju. Kim, Ja. Kim, S. Cho, S. Chung (2006), Motion Detection in Complex and Dynamic Backgrounds. *PSIVT 2006, LNCS*, Springer-Verlag : Berlin Heidelberg, 4319. 545-552.
- R. Horaud, D. Knossow, M. Michaelis (2006). Camera cooperation for achieving visual attention. *Machine Vision and Applications* 16. 6. 331–342.
- A. Hämaläinen (2006). *Studies of Traffic Situations Using Cellular Automata*. Laboratory of Physics, Helsinki University of Technology : Helsinki, ISBN 951-22-8368-9
- I. Mikic, P.C. Cosman, G.T. Kogut, M.M. Trivedi (2003). Moving Shadows and Object Detection in Traffic Scenes. *Proceedings of the 15th International Conference on Pattern Recognition*, Barcelona, Spain, 1. 321-324.
- J. Köhler, J. Tapamo (2006). Formal specification of region-based model for semantic extraction in road traffic monitoring. *Association for Computing Machinery, ACM* 1-59593-288-7/06/0001, 155-159.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Max Gyula

Budapest Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszék
1521 Budapest, Pf. 91.

*Budapest University of Technology and Economics,
Department of Automation and Applied Informatics,
H-1521 Budapest, POB. 91*

Tel: 36-1-463-2870, fax: 36-1-463-2871

e-mail: max@aut.bme.hu