

Gépjármű paraméterek azonosítása¹

Max Gyula

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

Abstract: Manapság a gépjármű típus és modellazonosító (Vehicle Make and Modell Recognition - MMR) technikák fejlődése egyre dinamikusabb történik. A piacon egyre több olyan rendszer válik elérhetővé, amellyel a hagyományos értelemben vett diszpécseri szolgáltatások lecserélhetők. Azok az automatizált, elosztott paraméterű megfigyelő eszközök, amelyek autonóm módon ellátva feladatukat, meghatározott időközönként bejelentkezve a rendszerbe adatokat szolgáltatnak az aktuális forgalomról. A cikkben egy olyan elosztott paraméterű forgalom megfigyelő eszközt mutatunk be, amellyel monitorozni lehet a vizsgált terület forgalmát és következtetni lehet a várhatóan bekövetkező forgalmi eseményekre is.

1. BEVEZETÉS

Európában a gépjárművek száma évről évre nő, miközben – mint például hazánkban is – a rendelkezésre álló közutak növekedési üteme nem áll ezzel összhangban. A nagyvárosokban is szükség van az adatokra, hogy melyik járműosztály használhatja az adott autópályát vagy utcát. A járművek besorolása vagy a járműszámláló rendszer fontos adatokat szolgáltathat egy későbbi döntéshozatali rendszerben [Max, (2014)]. A cikkben bemutatott rendszer vagy az vizsgált úttest felett elhelyezkedő magas szerkezetre, vagy több villanyoszlopra szerelt kamerából áll, melyek az alattuk elhaladó forgalmat hivatottak megfigyelni. Ezeket a felvételeket akár azonnal is fel lehet használni kimutatások készítésére, a forgalmi sávokban haladó járművek minősítésére vagy egyszerűen csak egy forgalomanalízis elkészítésére. Többször megfogalmazódott már az az igény, hogy hogyan lehetne a rendelkezésre álló közterületet olyan mértékben és gyorsasággal monitorozni, hogy a rendelkezésre álló adatok alapján valós idejű forgalmi előrejelzéseket lehessen adni a közlekedésben résztvevők számára. A megoldás egyik lehetséges útját az elosztott rendszerű járműforgalom detektáló rendszerek jelentenék. Az elosztott rendszerek térhódítását a képfeldolgozás rohamos fejlődésére lehet visszavezetni. A képfeldolgozó technikák javulása és a mikroprocesszorok teljesítményének jelentős emelkedés együttesen teszi gyorsabbá és pontosabbá a videó alapú forgalmi paraméterek real-time képfeldolgozását. A beérkező képek feldolgozása általában valamilyen zajszűrő beiktatásával kezdődik. Ez a módszer lehetőséget ad arra, hogy a szűrés után létrejövő felvétel egyes képkockáit könnyebben össze lehessen hasonlítani, amivel egyszerűbbé válik a háttérszűrés, a forgalmi területek kiválasztása, ami jelentősen segíti az elmosódott vagy túl kicsi méretek miatt

keletkező pontatlanságok kiszűrését. Mindezekkel elősegíti a forgalmi paraméterek, pl. a forgalmi sávok detektálását, a vizsgált területen egységnyi idő alatt áthaladó járművek számának meghatározását, vagy az áthaladó járművek sebességének mérését. Az elosztott paraméterű rendszerek működésük közben meghatározott időnként ugyan jelentéseket küldenek a központ felé, de alapvető feladataikat autonóm módon, saját fenntarthatóságuk alatt végzik el.

A cikkben egy C++ szoftverrel valamint az OpenCV felhasználásával elkészített rendszer ismertetését tűzzük ki célul. A megvalósításától a járművek valós idejű (real-time) automatikus észlelését, valamint a számított paraméterek jármű előállítását várjuk. Budapest utcáin az utóbbi évtizedekben állandósult a zsúfoltság. Elkerülő, alternatív utak megkeresését kevesen vállalják magukra, inkább a jól bevált zsúfolt nagyforgalmú utakat választják. A legtöbb jármű ma már olyan rádióval rendelkezik, amelyen fontos – akár közlekedési – híreket is be lehet olvasni. Az adott útvonal fontosabb paramétereit mérve a vezető rádióon keresztül képet kaphat arról, hogy melyik útvonalat érdemes választani, esetleg létezik-e egerút, amelyen keresztül ki lehet kerülni a zsúfoltabb szakaszokat. Egy-egy ehhez hasonló információ megszerzéséhez azonban fontos a vizsgált útvonal több ponton történő mérése. A jármű felismerés, követés, osztályozás és számolás nagyon fontos a katonai, polgári és kormányzati alkalmazások szempontjából is, Olasz- vagy Franciaországban, ahol az autópályák többsége fizetős az autópálya felügyelet a közlekedéstervezést már a díjbeszedő pontokon elkezdheti a belépő forgalom számlálásával. áramlását. A forgalomirányítás szempontjából kényes lépés a járművek felderítése, osztályozása. Egy nagy számban, az adott útszakaszra érkező kamionkonvoj kritikus közlekedési viszonyokat idézhet elő ott is, ahol egyébként kedvező ütemben lehetett addig közlekedni. Képi információ alapuló technikák is alkalmasak a megfigyelésre és a döntés előkészítésre, mert telepítés után közvetlen fizikai kapcsolat nélkül is módosíthatjuk működésüket. Ebben a cikkben egy hordozható, kisméretű, akár a vizsgált területen elhelyezett

1. This work was partially supported by the TÁMOP-4.2.1.D-15/1/KONV-2015-0008 project.

világító testekbe is integrálható, a számítógépes látás alapjait felhasználó, egyszerű mozgásérzékelő és számoló rendszert mutatunk be. Egy kamerából érkező képsorozat adja a vizsgálat alapját. A feladat egyszerűnek tűnik. A kamera által felvett képek vizsgálata során el kell döntenünk, hogy mit látunk a képeken. Hány gyalogos, kerékpáros, motoros, autó furgon és busz vagy villamos halad át időegységenként a vizsgált területen. Az elkészített rendszer hardverében egy XXXX processzort találhatunk, amelyen egy 1 GB memóriaterülettel rendelkező Unix rendszer szolgáltatja az alapokat, amelyre ráépülnek a Qt és az OpenCV programcsomagok. Mint azt láthatjuk rendszerünk egy nyílt forráskódú rendszer, amely a tárgy kód szinten elérhető szoftverek biztonságával felel az eredményekért. A képeket jelenleg egy hordozható, vízálló, rengésmentesített kamera szolgáltatja. Rendszerünk jelenleg közvetlenül egy asztali számítógépnek adja át mért eredményeit, de a későbbiekben, a hardver bővítésével, rádiókapcsolattal rendelkező eszközöket kívánunk megvalósítani.

A képfeldolgozás során a már oly sokszor bemutatott háttér alkotás folyamatát most a szoftverre bízunk. Az OpenCV több háttér kialakító modullal is rendelkezik. Az egymás után érkező képek kivonásával, meghatározott számú kép megtartása mellett a modul kialakít egy statikus háttérrel. Ezt a háttérrel kivonjuk a beérkező képekből és ezt a kivonatolt háttérrel használják ezután a különböző elemző modulok. Az elemzés során felismerjük és osztályozzuk a mozgó járműveket. Jelenleg az alábbi osztályokat különböztetjük meg:

- könnyű járművek (autók, furgonok),
- nehéz járművek (kamion, busz, villamos),
- (motor)kerékpárok valamint
- és gyalogosok

A mindennapi közlekedési események megfigyelése kimerítő feladat, mert a beavatkozásra szolgáló események csak ritkán történnek és ezek időtartama meglehetősen rövid. Ha ezek a rendszerek humán megfigyelők segítségével ellenőrzik a közlekedést, akkor a monotonia jelentős hibaforrásként lép fel a rendszerben. Egyértelmű, hogy a közlekedési események szemmel történő ellenőrzése nagy figyelmet, és speciális megfigyelő eszközöket igényel. Mégis mindig van esély arra, hogy sürgős beavatkozást igénylő események színhelye észrevétlen marad. A közlekedési anomáliák - pl. a dugók - automatikus észlelése vagy esetleg ezek megelőzése nagyban hozzájárulhatna a biztonságos közlekedéshez és adott esetben a megfelelő beavatkozások megindításához is. A közlekedés színterének automatikus vizsgálata az anomáliák felderítése mellett a későbbi elemzésekben is fontos kiindulópontot jelentene. A szabálytalanságok, balesetek felderítésekor általában rendszám felismerő rendszert alkalmaznak. Abban az esetben azonban, ha a rendszám nem, vagy nem pontosan látható, ezek a rendszerek nem tudnak eredményt szolgáltatni. Az azonosítás kiindulópontja ezekben az esetekben a gépjármű típusának és modelljének azonosítása lehet. Ez a megoldás, a rendelkezésre álló képek alapján automatikusan kategorizálja a járműveket gyártmány, modell, sőt esetleg az év alapján

tartományában is. Rendszerünk nem az egyes járművek típusainak meghatározását tűzte ki célul, hanem csak a méreteinek meghatározását. Az egyes azonosítás formulákat többféle feladat ellátásához is fel lehet használni. A legfontosabb terület a büntető vagy szabálysértési ügyekben segíthet a bűnüldöző vagy egyéb eljáró szerveknek az azonosításban [Max, (2012)] (pl. kiemelt fontosságú körözésekben a "forró autók" azonosításában). Azonban egyszerű fogyasztói szokások azonosításában vagy célzott reklám előkészítésére (pl. a kisteljesítményű autók inkább a délelőtti időszakban használják) is alkalmas. Nem utolsósorban az adatbányászat vagy statisztikák elkészítéséhez pedig egyszerűen nélkülözhetetlen.

Bűnügyek azonosításában, lopott autók keresésében ma is használnak azonosító rendszereket, de ezek legtöbbször rendszám azonosítás alapján működnek. Ha lehetőség van egy nagyobb területen, pl. egy parkolóban az összes autó egyidejű megfigyelésére, az azonosítás kérdése akkor válik érdekessé, ha megtudjuk, hogy mire lehet következtetni pl. a nyers videó felvételekből. Ha ezek alapján, a méretazonosítás segítségével gyorsabban eldönthető, hogy érdemes-e az adott területet részletesen átnézni, akkor rendszerünk segítségével jelentős idő spórolható meg. Mivel a megfigyelő rendszerek száma egyre növekszik, és az alkalmazott technikák egyre nagyobb felbontást tesznek lehetővé, egyre olcsóbb hardverek alkalmazása mellett, az egyéni azonosítási módszerek helyett a párhuzamos azonosítási technikák alkalmazása várhatóan előbb-utóbb el fog terjedni. Ez a kombináció azonban megdöbbentő mennyiségű adat termel, amelyek alapos vizsgálata jelentős időt igényel. Azonban az adatok mennyisége kizárja a humán alapú alapos keresést. Ehelyett tehát tartalom alapú keresési algoritmusokat kell használni. Az azonosítás tág határok között változhat, pl. személygépkocsi, furgon, teherautó. A leginkább fontos információk azonban a legtöbb esetben a járműtípusára, színére vagy méretére vonatkoznak.

2. KAPCSOLÓDÓ CIKKEK

A számítógépes képfeldolgozás éveken át fontos kutatási területe a mozgó járművek felismerése és követése volt. A cikkekben leírt valós idejű rendszerek többféle funkciót láttak el, az egyes sávok lezáródásától [Beymer, (1997)] kezdve a jármű követésen keresztül, a járművek forgalmi dugókba történő érkezéséig. Annak érdekében, hogy kezelni lehessen a sávelzáródásokat a járművek teljes nyomkövetése helyett, megfigyelőrendszerek járműkövető alfunkciói követi végig a vizsgált objektumot. A mozgó objektum felismerésének módszerei az [Karmann, (1990)] olvashatók. Adaptív háttérlevonás technikát segítségével térképezzük fel az előtérben mozgó járműveket. A rendszer háttérében modellezzük az időben lassan változó mozgásokat, amelyek lehetővé teszik, hogy alkalmazkodjunk a változó fényviszonyokhoz és időjárási körülményekhez. Más videó alapú forgalom számláló rendszerek magas szögű kamerákat alkalmaznak a forgalom észleléséhez, és az áthaladó járművek digitális érzékeléséhez. Amint a mozgó objektum áthalad a digitális detector alatt, felismerjük a változást, és

elindul a számolás. Az alatt az idő alatt, amíg a változás végbemegy, a kamerák alatt becsülni lehet a mozgó objektum sebességét, méretét vagy a vizsgált forgalmi terület telítettségi mértékét. Este, vezetés közben a járművezetők általában bekapcsolja a fényszórókat, hogy jól lássanak az utakon. Számunkra ezek a fényszórók mozgó fénycsóvákat állítanak elő a kamera képein, amely segítségével lokalizálni lehet az éjszakai mozgásokat, valamint a haladási régiókat. Ez a fényszóró kimutatási módszer így egyúttal magában foglalja a legforgalmasabb régió felderítését illetve ezek osztályozását is akár az autók, akár a kerékpárok esetében [Chen, 2007]. Annak ellenére, hogy a nagy mennyiségű irodalom áll rendelkezésünkre a járművek észlelése és nyomon követése során, eddig viszonylag kevés munka született ezen a terén a jármű besorolásról akár típus, akár méret tekintetében. Ez abból következik, hogy a mozgó objektumok osztályozása eredendően nehéz probléma [Kanhere, 2007].

3. AZONOSÍTÁSI TECHNIKÁK

A forgalom nagysága, a mozgó objektumok sebessége és a járművek osztályozása a különböző közlekedési projektek alapvető adatai, közlekedési projektek tervezésétől kezdve, a modern intelligens közlekedési rendszerekig [Uke, (2007)]. Mégis a "Forgalmi megfigyelő és információs rendszerek" forgalombecslési feladatok során csak ritkán támaszkodnak érzékelők, mérőműszerek által szolgáltatott jelekre. Jelenleg leginkább mágneses hurok detektorokat használnak gépjármű szám meghatározásához. A hurkokon áthaladó objektumok adják a számítások végeredményét. [Kun, (2009)]. A képi alapú, videó megfigyelő rendszerek azonban számos előnyt kínálnak a korábbi módszerekkel szemben. Amellett, hogy a jármű szám meghatározható, még több más forgalmi paramétert, mint például a gépjármű besorolást, sávváltást, parkolást stb, lehet mérni az ilyen típusú rendszerekkel.

I. A kamera alrendszer

A mozgó objektumok azonosítását olyan környezetben kell végrehajtani, ahol a fény és a forgalom viszonyok nem állandóak. Az általunk javasolt rendszerben átvesszük a forgalom detektáló kamera által készített képeket és az egymást követő képkockákból kivonva a referencia háttérből előállítjuk a vizsgált mozgó objektumokat. A rendszer működése három alapvető részből tevődik össze:

1) Rendszerinicializáló: A rendszerparaméterek inicializálása után a kamera folyamatosan rögzíti a vizsgált terület felől érkező képeket, majd elemzésre az adatfeldolgozó egységhez továbbítja azokat. A rendszer munkáját csak a kamera kalibrációs paraméterek beállítása és a vizsgálandó közlekedési irány megadása után tudja elkezdni.

2) Háttér készítés: Ebben a szakaszban az adatfeldolgozó program az első néhány képkocka (keret) felhasználásával elkészíti az első háttérképet, amit meghatározott számú keret figyelembe vételével állandóan frissít. Ezzel mind a fényviszonyok, mind az időjárás változásait ki lehet küszöbölni a háttérképben. Az eljárás „hibája” az, hogy a vizsgált területen megálló vagy parkoló járművek is a háttér

részévé válnak egy idő után. Az aktuális képkocka és az aktuális háttérkép egymásból történő kivonása után, a mozgó objektumokat tartalmazó előtér a mozgás detektáló részhez kerül át.

3) A mozgó objektumok detektálása: Az adatfeldolgozás ezen szakaszban, az előtérben folyó mozgások nyomon követése és az aktuális számítások elvégzése történik meg. Rendszerünk két módon működik. Akár előre felvett videó felvételeket is fel tud dolgozni a rendszer, amely a fejlesztő munkát jelentősen segíti, de real-time módban is működik a kamera. Az előre rögzített forgalmi videók nagy előnye, hogy többször is lefutathatjuk, és ellenőrizhetjük a rendszerünk működését. A mért és számított adat összevetésével, a számítások pontossága ellenőrizhető.

Real-time kamera módban a rendszer alapvető feladata a kamera által készített képek folyamatos fogadása és feldolgozása, amellyel a forgalom alakulását követjük nyomon. A besorolási rendszer feladata mozgó objektumok méretének meghatározása és osztályozása, egy megadott forgatókönyv szerint. Rendszerünk jelenleg egyetlen villanyoszlopra szerelt kamerával vizsgálja az alatta elmenő forgalmat. Az itt keletkező adatokat akár kimutatások készítésére, akár a járművek osztályozására, de akár a forgalmi sávok meghatározására is fel lehet használni.

II. Mozgó objektumok feldolgozása az OpenCV segítségével

OpenCV egy nyílt forráskódú Számítógépes Látás Könyvtár, melynek célja C és C++ környezetben kifejlesztett, kifejezetten nagy számú számítási igényekkel rendelkező képfeldolgozó programok és rendszerek számítási hatékonyságának támogatása. Számítógépes Látás (CV) alkalmazások alapos ismerete mellett természetesen szükséges a digitális jelfeldolgozás, a matematika, a statisztika és az látás fokozott ismerete is. Az OpenCV könyvtár példa alkalmazásai bemutatják például az ember-számítógép interakció, a tárgyak azonosítása, a szegmentálás, az arcfelismerés, a kézmozdulatok felismerése, kamera és mozgás követés alapvető mozzanatait. Az OpenCV könyvtár több mint 500 függvényt tartalmaz, amelyet fel lehet használni a fenti alkalmazási területeken. OpenCV sok nagy teljesítményű képfeldolgozó funkciót is tartalmaz, melyek közül néhány egy-egy adott processzorra optimalizálva is van.

Rendszerünk a fenti függvények egy részét fel is használja. A kamerák inicializációját a kamera kalibrációs függvények segítségével, míg a háttér azonosítás és frissítés funkcióját a beépített háttér leválasztó függvény segítségével oldottuk meg. Rendszerünk alapvetően abból a feltételezésből indulnak ki, hogy ha a képi tartalom felhasználásával megismerhető az egyes mozgó objektumok fizikai paraméterei, akkor a besorolási és a dugó figyelés problémák megoldhatók. Egy robusztus forgalom megfigyelő rendszertől azonban azt is elvárjuk, hogy képes legyen felismerni a jármű méretei mellett a változó környezet változásainak azonosítására is. A legtöbb meglévő gépjármű felismerő rendszer ezek alapján először szegmentálja a vizsgálandó objektumot, majd ellenőrzött feltételek

felhasználása mellett megpróbálják azonosítani a különböző gyártmányokat és modelleket. Magát az azonosítás műveletét is legalább két csoportba kell sorolni, úgymint statikus és dinamikus azonosítás. Az első csoportba tartoznak azok a technikák, amelyek fénykép vagy videó felvételek alapján kísérlik meg az azonosítást. Ez a módszer alapvetően eltér a dinamikus módszertől. A statikus módszerek alkalmazása során ugyanis lehetőség van a képek időben nem limitált, többszöri ellenőrzésére is, míg egy térfelnyelő kamera folytonosan érkező képein történt baleset során a roncsolódott gépkocsi azonosítására az előző módszerhez képest meglehetősen kevés idő áll rendelkezésünkre. A statikus módszerek alapvető tulajdonságát tehát a megismételhetőségben lehet összefoglalni. Ez egyben azt is jelenti, hogy olyan információkat is fel tudnak használni az azonosításra, amelyek a kép készítésének pillanatában még nem álltak rendelkezésre. Ezzel szemben a dinamikus – real-time – felismerési módszerek csak azokkal az információkkal rendelkeznek, amelyek a felvétel készítésének pillanatában a rendszer számára hozzáférhetőek voltak. Mivel a statikus azonosítási technikák időkorlát nélkül képi adatfeldolgozási műveletekre vezethetők vissza, ezért ezzel a kérdéssel ebben a cikkben nem foglalkozunk.

A real-time azonosítási technikák alkalmazása során az időkorlát mellett számos más problémát is meg kell oldani. Nehézséget jelent a felismerésben például:

- a másodpercenként készített felvételek száma
 - a képfelbontás minősége
- vagy
- a változó megjelenés

A másodpercenként készített felvételek száma még az azonosítás első fázisában, a szegmentálásban jelent problémát. Egy 72 km/h sebességgel haladó jármű másodpercenként 20 métert tesz meg. Ha kameránk másodpercenként csak 4-5 képet készít, mert például a képfeldolgozási idő nem tesz lehetővé ennél gyorsabb felvételkészítést, akkor ez azt jelenti, hogy a vizsgált járművet minden egyes felvétel után újra meg kell keresni, és azonosítani a képen, mert az előző felvételhez képest járművünk helyén már egy másik gépjármű állhat. Ez egyértelműen megnöveli az adatfeldolgozás idejét, míg ha normál, másodpercenként 24-25 képkockás felvételeket tudunk készíteni a vizsgált objektumról, akkor az ilyen rövid idő elteltével, még biztosan fedésbe hozható az előző felvételen található gépjárművel, vagyis az objektum környezetétől való szegmentálása egyszerűbben elvégezhető. A képfelbontás minősége a későbbi azonosítási folyamatban játszik fontos szerepet. Egy nagyfelbontású képen, nagyobb esélye van egy MMR rendszernek tipikus azonosítási pontokat találni egy alacsonyabb felbontású képhez képest. A viszonylag finom (kis méretű) azonosítási pontok, például a gyártó emblémájának a gépjárművön elfoglalt helye, nagyon sokat segítenek a különböző járműtípusok megkülönböztetésében. A változó megjelenés tudja legerőteljesebben gátolni a felismerés folyamatát.

Például egy tetőcsomagtartó, vagy a csomagtartóban elhelyezett nagyméretű, látható tárgyak jelentősen rontják az azonosíthatóságot. Egy tetőcsomagtartón elhelyezett mosógép alapvetően megváltoztatja a gépjármű fizikai paramétereit. Egy kombi csomagtartójában elhelyezett doboz felismerhetetlenné teheti például a gépjármű hátsó ablakát, aminek hiányában a jármű azonosíthatatlanná válik. Ugyanilyen problémát jelentenek az időjárás tényezők is. A jármű színének meghatározása a megvilágítás erősségétől függően ezért meglehetősen széles tartományban mozog, ami szélsőséges esetben pontatlan színmeghatározást is jelenthet.

4. MATEMATIKAI ALAPOK

A méret meghatározás műveletei alapvetően a perspektivikus ábrázolás szabályain alapulnak. Az OpenCV lehetőséget ad arra, hogy a kamera kalibráció során nyert ismereteink felhasználásával elő tudjuk állítani a szükséges adatokat. Érthető módon ez a számítás meglehetősen időigényes, ezért olyan módszert próbáltunk keresni, amely segítségével legalább a számítások egy részét a feladat megkezdése előtt el lehet végezni.

A módszer alapötletét az adja, hogy a kamerák egy rögzített beállítás mellett, általában ugyanazt a háttérképet szolgáltatják, a fényviszonyok változása mellett. Amennyiben ismert lenne a vizsgált terület vagy legalább annak egy részének fizikai paramétere, a számítások idejét jelentősen lehetne rövidíteni. A megoldás során egy 3x3 méteres négyzetet helyeztünk el a vizsgált terület közepére a kalibráció után. Mivel a kamerák általában szimmetrikus képet továbbítanak, ezért feltételezhetjük, hogy a jobb és a baloldali torzítások mg fognak egyezni.

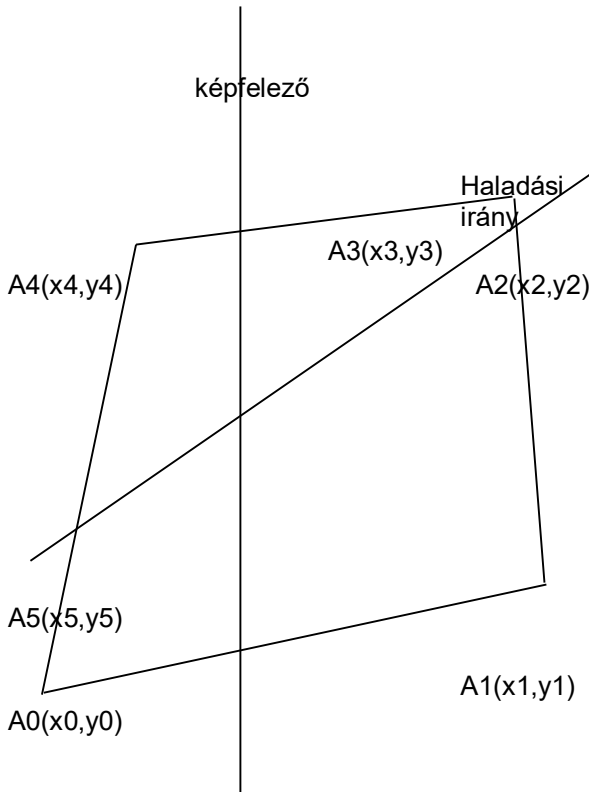
A továbbiakban olyan felismerési technikák fejlesztését tűzték ki célul, amely képes azonosítani invariáns jellemzőket és amelyek lépték, elforgatás invariánsak valamint robusztusak a torzítások, a zaj, a megvilágítás és a térbeli változások szempontjából [Max, (2007)]. A problémát jól szemlélteti az 1. ábra, ahol egy korrekciós leképezés lépéseit követhetjük végig.



1. ábra: A korrekciós leképezés lépései

Az 1. ábra első részében a 3D-s térrészletről készült 2D-s kép látható, mindenféle kiegészítő nyújtás vagy forgatás nélkül. Ezen a képen még érzékelhetők a távolságok, a rövidülések, viszont a jármű jellegzetes tulajdonságai csak részben kivehetőek. A perspektivikus hatás kiküszöbölése után keletkező képen a gépjárművek frontális alakjai már jól látszanak, míg a harmadik képrészleten az első jármű azonosításához felhasznált ábrát rekonstruáltuk.

Egy azonosítási algoritmus tehát a következő lépéseket tartalmazza. Először is, a felismerő algoritmusnak a jármű mozgását kell beazonosítani a felvétel minden képkockáján, feltételezve, hogy a jármű halad előre. Ezután a jármű tulajdonságait kell meghatározni.



2.ábra A vizsgált terület perspektivikus képe

A 3x3-as négyzet vetületi képét a 2. ábra mutatja. A perspektivikus rövidülések miatt mind az oldalak mérete, mind a szögek mérete eltér az eredetitől. A négyzet oldalait rendre az A_0 , A_1 , A_3 és az A_4 pontok határozzák meg. A 2. ábrán feltüntettük a kép közepén futó felező merőleget is. Az alapfeladat az A_2 és A_5 pontok által meghatározott egyenes metszéspontjainak – és egyben osztás pontjainak – meghatározása az eredeti négyzetben.

A bal oldali (A_0 - A_4) egyenes egyenlete (1), míg

$$y_b = \frac{y_4 - y_0}{x_4 - x_0} \cdot (x - x_0) + y_0 \quad (1)$$

míg a jobb oldali (A_1 - A_3) egyenes egyenlete (2) szerint adható meg.

$$y_j = \frac{y_3 - y_1}{x_3 - x_1} \cdot (x - x_1) + y_1 \quad (2)$$

A haladási irány egyenesének A_2 és A_5 pontja nincs szükségképpen metszéspontja az y_b illetve y_j egyeneseknek,

de az ezeken a pontokon áthaladó egyenesnek vannak metszéspontjai az y_b és y_j egyenesekkel. Az A_2 és A_5 pontokkal meghatározott haladási irány egyenesének egyenletét a (3) adja.

$$y_{irány} = \frac{y_5 - y_2}{x_5 - x_2} \cdot (x - x_2) + y_2 \quad (3)$$

Az $y_{irány}$ és az y_b egyenesek metszéspontjának $M_b(x,y)$ koordinátái a (4) alapján számíthatók.

$$M_b(x) = \frac{\frac{y_5 - y_2}{x_5 - x_2} \cdot x_2 - y_2 - \frac{y_4 - y_0}{x_4 - x_0} \cdot x_0 + y_0}{\frac{y_5 - y_2}{x_5 - x_2} - \frac{y_4 - y_0}{x_4 - x_0}} \quad (4)$$

$$M_b(y) = \frac{y_5 - y_2}{x_5 - x_2} \cdot (M_b(x) - x_2) + y_2$$

Hasonló megfontolások alapján az $y_{irány}$ és az y_j egyenesek metszéspontjának $M_j(x,y)$ koordinátáit az (5) adja meg.

$$M_j(x) = \frac{\frac{y_5 - y_2}{x_5 - x_2} \cdot x_2 - y_2 - \frac{y_3 - y_1}{x_3 - x_1} \cdot x_1 + y_1}{\frac{y_5 - y_2}{x_5 - x_2} - \frac{y_3 - y_1}{x_3 - x_1}} \quad (5)$$

$$M_j(y) = \frac{y_5 - y_2}{x_5 - x_2} \cdot (M_j(x) - x_2) + y_2$$

$$k = \frac{M_b A_0}{A_4 A_0} = \frac{P_1 A_0}{A_4 A_0} \quad (6)$$

Az osztásarány meghatározása után az y_j egyenes A_1 és A_3 pontok közé eső szakaszát kell a k osztásnak megfelelően feldarabolni úgy, hogy a P_2 pont rajta kell hogy legyen az y_j egyenesen is. A számításokat a (7) mutatja.

$$k = \frac{P_2 A_1}{A_3 A_1} = \frac{\sqrt{(P_2(y) - A_1(y))^2 + (P_2(x) - A_1(x))^2}}{\sqrt{(A_3(y) - A_1(y))^2 + (A_3(x) - A_1(x))^2}} \quad (7)$$

$$P_2(y) = \frac{A_3(y) - A_1(y)}{A_3(x) - A_1(x)} \cdot (P_2(x) - A_1(x)) + A_1(y)$$

Bevezetve (8)-at a (7) összefüggés a következőképpen alakul (9):

$$K = k^2 \cdot ((A_3(y) - A_1(y))^2 + (A_3(x) - A_1(x))^2) \quad (8)$$

$$T = \frac{A_3(y) - A_1(y)}{A_3(x) - A_1(x)} \quad R = P_2(x) - A_1(x)$$

$$K = (T \cdot R)^2 + R^2$$

$$R = \sqrt{\frac{K}{1+T^2}} \quad (9)$$

A P_1 - P_2 egyenes szakasz hossza 3 méter. Az y_j egyenesen található P_2 és M_j pontok közötti távolság egy derékszögű háromszöget határoz meg, amelynek az átfogója a haladási irány egyenese. A derékszögű háromszög hosszabbik befogója 3 méter, rövidebbik befogójának hossza pedig (10) szerint megegyezik az M_j - P_2 szakasz hosszával.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{M_j - P_2}{P_1 - P_2} \quad (11)$$

$$\alpha = \arctg\left(\frac{M_j - P_2}{P_1 - P_2}\right) \quad \text{vagyis} \quad (12)$$

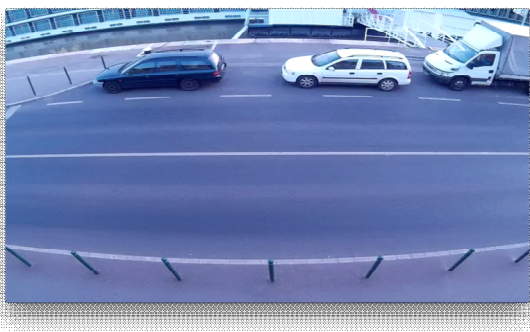
$$M_b - M_j = \frac{P_1 - P_2}{\cos \alpha}$$

A koordinátákat célszerű a kép aljához rögzített koordináta-rendszert használva, pixelben megadni. Ebben az esetben a négyzetbe eső haladási irány hosszát is pixelben kapjuk meg. Ezt normalizálva megkapjuk egy pixel hosszát a képen. A pixelhossz természetesen az osztópont függvényében változik, a perspektivikus eltolódás függvényében. Elegendő számítási kapacitás és idő, valamint mozdulatlan kameraállás mellett a kép összes pixelének hossza meghatározható és szükség esetén tárolható is. Ezeket a számításokat egyszer kell elvégezni az inicializálás során, de a számítások során bármikor fel lehet ezeket használni.

Ha haladási iránynak a kép aljával párhuzamos egyenest adunk meg, akkor a képhez illesztett derékszögű koordináta-rendszerből végezhetjük számításainkat.

5. ELÉRT EREDMÉNYEK

A 4. fejezetben bemutatott számítások igazolják, hogy a képfeldolgozás során optimalizálni lehet a számításokat. Lehetőség van a nagy számítási kapacitást igénylő adatok előállítását a folyamat elejére helyezni, amikor még nem



3. ábra Egy lehetséges helyszín

kezdődik meg a képfeldolgozás, csak a rendszer inicializációja folyik. Az inicializálás után azonban az értékek közvetlenül felhasználhatók újabb bonyolultabb számítások elvégzése nélkül. Vegyük azt az egyszerű példát, amikor a haladási irány a 3. ábrán található kép alsó szélével párhuzamos ($\alpha=0$), vagyis az A_2 - A_5 szakasz a kép vízszintes oldalával párhuzamos. A felvett négyzet koordinátái pedig A_0, A_1, A_3, A_4 rendre $(0,0), (300,0), (300,300)$ és $(0,300)$. A Számításainkból adódóan ebben az esetben a pixelhossz 1 cm-rel egyenlő. A 2. ábra ezeket az állapotokat tükrözi. Amennyiben tehát a képen látható járművek hosszára vagyunk kíváncsiak, a haladási irányba eső, a jármű két végpontját megadó pont koordinátáiból kiindulva, az x irányú pixelszám szorozva az 1 cm/pixeles arányszámmal, azonnal leolvasható az eredmény.

Ugyancsak könnyen meg lehet határozni a járművekkel telített útszakasz kitöltési tényezőjét. Ha ismerjük a vizsgált útszakasz hosszát, akkor telítettségi tényező a képen látható járművek hosszának aránya adja, a vizsgált útszakasz hosszához képest.

FELHASZNÁLT IRODALOM

Max, G., (2007). *Képfeldolgozó eljárások a közlekedésben*, Alkalmazott Informatikai Kongresszus, Kaposvár

Max, G., (2012). *Közlekedési szabálytalanságok*, IFFK 2012, Budapest, ISBN 978-963-88875-2-8

Max, G. (2014). *Gépjárműtípus felismerés beépített SW segítségével*, IFFK 2014, Budapest, ISBN 978-963-88875-2-8

Beymer, D, McLauchlan, P., Coifman, B., Malik, J. (1997). A real-time computer vision system for measuring traffic parameters, in Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition, Puerto Rico, June 1997, pp. 496–501

Karmann, K.P., von Brandt, A., (1990). Moving object recognition using an adaptive background memory, in Proc. Time-Varying Image Processing and Moving Object Recognition, vol. 2, V. Capellini, Ed.

Chen, T.H., Chen, J.L., Chen C.H., Chang C.M. (2007). Vehicle Detection and Counting by Using Headlight Information in the Dark Environment in IEEE 2007 International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing IIHMSP07, Kaohsiung, Taiwan, Nov. 26-28, 2007. pp. 519-522

Kanhere, Birchfield, Sarasua, Whitney, (2007). Real-Time Detection and Tracking of Vehicle Base Fronts for Measuring Traffic Counts and Speeds on Highways in Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, D.C., January 2007. TRB Paper Number: 07-3308

Uke, N.J., Thool, R. (2007). Moving Vehicle Detection for Measuring Traffic Count Using OpenCV

Gupte, S., Masoud, O., Martin, R.F., Papanikolopoulos, N.P.,(2002). Detection and Classification of Vehicles, in Proc. IEEE Transactions On Intelligent Transportation Systems, Vol. 3, NO. 1.

Kun, A.J., Vamossy, Z., (2009). Traffic monitoring with computer vision," Proc. 7th Int. Symp. Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI 2009)