

Elosztott torlódásdetektálási és osztályozási módszer a sebesség függvény elemzésével

Medgyes Krisztián*, Kovács Tamás**

*Pallasz Athéné Egyetem – GAMF kar – Informatika tanszék, Kecskemét, Magyarország
(Tel: +36-76-516-416; e-mail: Medgyes.Krisztian@gamf.kefo.hu).

** Pallasz Athéné Egyetem – GAMF kar – Informatika tanszék, Kecskemét, Magyarország
(Tel: +36-76-516-401; e-mail: Kovacs.Tamas@gamf.kefo.hu).

Absztrakt: Egy központi vagy elosztott rendszerű intelligens közlekedés-irányítási rendszernek fontos eleme a torlódás detektálás, ami legtöbbször külső szenzorok alkalmazásával valósul meg manapság. A jelen munkában egy olyan torlódás detektáló és osztályozó módszerre teszünk javaslatot, amely a járművekben található mobiltelefon GPS szenzorának adatait használja a sebesség-idő függvény folyamatos rögzítéséhez, majd ennek a függvénynek az elemzésével osztályozza a forgalmi helyzetet. A két fontos paraméter, amely ebben segítséget nyújt: a haladás ütemét jellemző sebességparaméter, és a forgalom periodikusságát jellemző periodicitási paraméter, amit a sebességfüggvény autokorrelációjából nyerünk. A módszert ismert közlekedési situációkban mobiltelefonnal rögzített adatsorokkal teszteltük. A kapott eredmények azt mutatják, hogy a javasolt módszer működőképes és, további mérésekkel illetve algoritmikus finomításokkal, jó eséllyel a gyakorlatban is alkalmazhatóvá tehető.

1. BEVEZETÉS

A közúti járművekben alkalmazott navigációs rendszerekben lassan alapkövetelménnyé válik, hogy az indulás pillanatában ne csak az optimális útvonalat határozza meg, de tudjon alkalmazkodni menet közben a dinamikusan változó forgalmi helyzethez. Pontosabban fogalmazva: képes legyen menet közben az előttünk álló útvonalon kialakuló vagy már kialakult forgalmi dugókban araszolás helyett alternatív útvonalat javasolni, ami kis menetút növekedéssel ugyan, de jelentős idő megtakarítást eredményez.

A jelenleg elérhető rendszerek közül csak egy közösségi navigáció kínálja azt a lehetőséget, hogy a már dugóban lévő felhasználók jelezhetik néhány gomb megnyomásával a többiek számára, hogy mekkora a torlódás, ha erre hajlandók. Az egyik probléma, hogy ezt a visszajelzést a felhasználók kis százaléka teszi meg. A másik hiányossága ennek a rendszernek az, hogy nem deríti fel az esetleges torlódás okát.

A közlekedés-innovációs területen számos publikáció született, amely a járművekben lévő mobil-telefon GPS illetve egyéb szenzorainak adatait felhasználva rögzíti a sebesség-idő függvényt és ennek elemzésével jut lényeges információhoz valamilyen döntés meghozatalánál. Például Wang és munkatársai a mobil használat veszélyességének megítélésére alkalmazzák ezt a módszert (Wang, Yan, et al. 2013), Amin és munkatársai pedig az adott jármű esetleges balesetét detektálja a sebesség-idő függvény automatikus és

folyamatos kiértékelésével (Amin et al., 2013). Amennyiben a GPS szenzorok adatai nem eléggé pontosak az adott feladathoz, lehetőség van a telefonon található gyorsulás-szenzorokkal való fúzióra is (Han et al., 2014).

A sebesség folytonos monitorozása lehetőséget ad a torlódásdetektálásra is. A nemrég publikált megoldások általában egy paramétert figyelnek, a jármű haladási ütemét, amely többnyire a sebesség idő függvény átlagolásával illetve integrálásával meghatározható (Binglei et al., 2008, Terroso-Sáenz et al. 2012, La inchua et al., 2013) Ezek az egyes járműveknél detektált torlódási állapotok felhasználhatók egy elosztott és nagyobb környezetre is kiterjedő információs rendszer működtetéséhez is (Terroso-Sáenz et al. 2012, Bauza et al., 2013).

A jelen kutatásunkban arra fektettük a hangsúlyt, hogy olyan módszerekkel támogassuk az ilyen jellegű információ áramlást, ami nem csak torlódásdetektálásra alkalmas, hanem információ adhat arra a kérdésre is, hogy ha keletkezett torlódás, akkor az milyen jellegű. A torlódás okai változatosak lehetnek: a forgalmi áram meghaladja a közlekedési lámpa kapacitását; nehéz a kijutás egy alárendelt útról; egy lassú jármű akadályozza a forgalmat, vagy akár egy komolyabb baleset miatt alakult ki az araszolás.

Munkánk első fázisában rögzítettük a különféle okokból kialakult torlódásos forgalmi helyzetekben a dugóba került jármű sebesség-idő függvényét, majd ezen függvények elemzésével egy az eddig publikált módszereknél

kifinomultabb torlódás detektáló illetve torlódást osztályozó módszert fejlesszünk ki.

A továbbiakban pedig ez az információ az autók között felépülő ad-hoc hálózat segítségével lenne képes terjedni, akár mobil internet kapcsolat nélkül is.

2. ADATGYŰJTÉS

A sebesség idő mérési adatok rögzítéséhez egy Android telefonra írt adatrögzítő alkalmazást fejlesztettünk, ami képes a GPS érzékelőjéből nyert adatok rögzítésére akár 100Hz sebességgel is. A mobiltelefonban helymeghatározó pontosságát a GPS holdak mellett a GLONASS holdak felhasználásával növeltük, ami minden esetben 1-1,5 méter alatti pontatlanságot jelentett. A készülék gyorsulás-érzékelőivel képesek voltunk az alacsony sebességű araszolást megkülönböztetni, a műholdak adatok pontatlanságából adódó úgynevezett "sodródás"-tól (drift). Különböző közlekedési helyzetekben közel azonos feltételekkel megismételtük az adatgyűjtést.

A méréseket Budapest (1757618 fő) és Kecskemét (111836 fő) lakott területén végeztük. A vizsgált forgalmi helyzetek az alábbiak:

- a körforgalom szűk áteresztő képessége miatt megfogott mintegy 800-850 méteres gépkocsi sor araszolása (8 darab mérés);
- lámpás kereszteződés által okozott torlódási helyzet (11 darab mérés);
- Kötelező elsőbbség adás vagy körforgalom által okozott torlódási helyzet (9 darab mérés);
- normál haladás, azaz torlódásmentes állapot (3 darab mérés).

A méréseket másodperc alapú feldolgozásra optimalizáltuk. A mérési időablak hossza eltérő, a kialakult forgalmi dugó időbeli hosszának függvényében (a legrövidebb 60 másodperc, a leghosszabb 1835 másodperc volt). Az összes mérés mintegy 800 km-t ölel fel, ez időben kicsivel több, mint 34 órányi nyers adatot jelent.

3. A TORLÓDÁSOSZTÁLYOZÓ MÓDSZER

A rögzített sebesség-idő függvények elemzésének célja tehát az, hogy megállapítsuk az különböző torlódásokra jellemző függvény-tulajdonságokat. Ez alapján lehetünk képesek meghatározni, hogy az éppen kialakulóban lévő, vagy már kialakult torlódás melyik típusba sorolható. A vizsgálatok alapján arra következtetünk, hogy a jelen problémánál az átlagsebesség mellett a másik lényeges paraméter sebesség rövidtávú (azaz 30-120 másodperces tartományba eső)

periodicitása A periodicitás erősségének mérésére a sebesség-függvény autokorrelációs függvényét használtuk fel, amelyet a:

$$C(T) = \sum_t (v(t) - \langle v \rangle) (v(t+T) - \langle v \rangle)$$

képlet segítségével határoztunk meg.

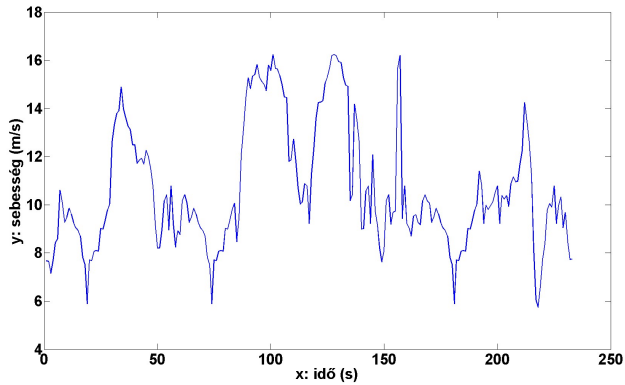
További információt jelenthet számunkra a második autokorrelációs függvény, azaz az első autokorrelációs függvény autokorrelációs függvénye. Ez segít eldönteni, hogy a kialakult periodicitás mennyire véletlenszerű illetve szabályos, ez a közlekedési lámpa által okozott torlódás megítélésénél fontos lehet. Azaz a közlekedőt egy előre beprogramozott fix periódus idővel rendelkező forgalomirányító berendezés (közlekedési lámpa) vezérli-e és az előtt torlódik, vagy sem. Ebben a munkában a második autokorrelációs függvényt nem használtuk. A másik vizsgált jellemző az átlagsebesség volt, ahol egy felül-áteresztő szűrő alkalmazására volt szükség a sebességre vonatkozóan, hiszen ha ugyan azt a távot ugyan annyi idő alatt teszi meg nagy sebességgel de közben várakozással együtt, mintha araszolna, akkor ugyanaz az átlagsebesség adódik. A felül-áteresztő szűrő alkalmazásával elkülöníthetővé vált az a jelenség, ha lámpától lámpáig lépésben haladunk, illetve az, ha a forgalomirányító berendezések nem megfelelően vannak beállítva a „zöld hullámhoz” és lámpától lámpáig nagy sebességgel haladhatunk, de a lámpa helytelen beállítása miatt sokat várunk az újabb szabad jelzésre. A felüláteresztő szűrő küszöbértékét itt 1 m/s-nak választottuk. Ez a küszöb kiszűri a nulla értékeket, de a lassú előrehaladáshoz (araszoláshoz) tarozó értékeket meghagyja.

Az átlagsebesség és az autokorreláció eredménye alapján 4 osztályba soroltuk a forgalmi torlódásokat:

- Dinamikusan haladó, torlódásmentes
- Lámpától-lámpáig dinamikus, de nincs zöldhullám
- Közlekedési lámpa miatt kialakult torlódás
- Egyéb torlódás (elsőbbség-adás, körforgalom, műszaki hibás jármű, úton végzett munka) miatt kialakult torlódás

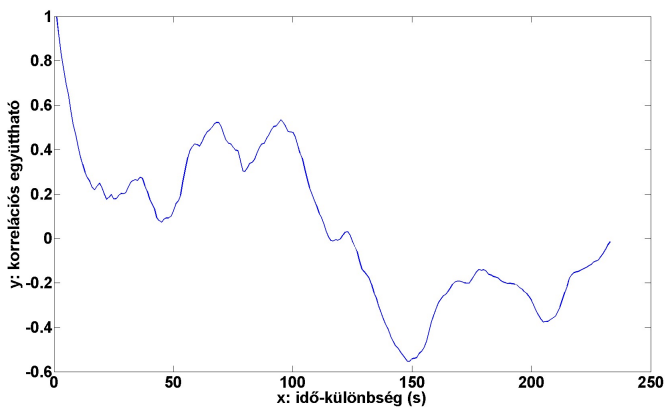
3.1 Dinamikusan haladó, torlódásmentes

A közlekedésben a leoptimálisabb állapot, ha –közel– az útra megengedett maximális sebességgel tudunk biztonságosan haladni és ezt sem közlekedési lámpa, szintbeni kereszteződés, körforgalom, vagy más akadály nem nehezíti. Ebbe az állapotba soroltuk az olyan közlekedési körülményeket, amikor az adott útvonalra megengedett maximális sebesség legalább felével halad folyamatosan, hosszabb megállások és sűrű lassítások nélkül (1. ábra).



1. Ábra Egy dinamikus haladási periódus sebesség függvénye

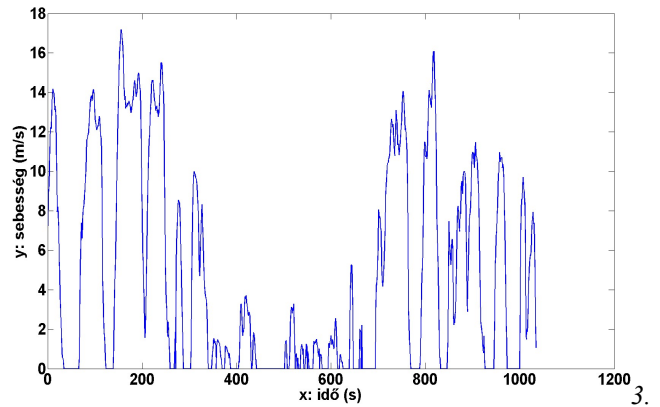
A vízszintes tengely az idő (másodperc), függőleges tengely pedig a pillanatnyi sebesség (méter/másodperc) változását követhetjük figyelemmel: A korreláció vizsgálata felesleges ebben az esetben, mert nem hordoz számunkra jelenleg értékelhető információt de az autokorrelációs görbéje anti-korrelációt mutat(2. ábra).



2. Ábra Az előző ábra autokorreláció függvénye

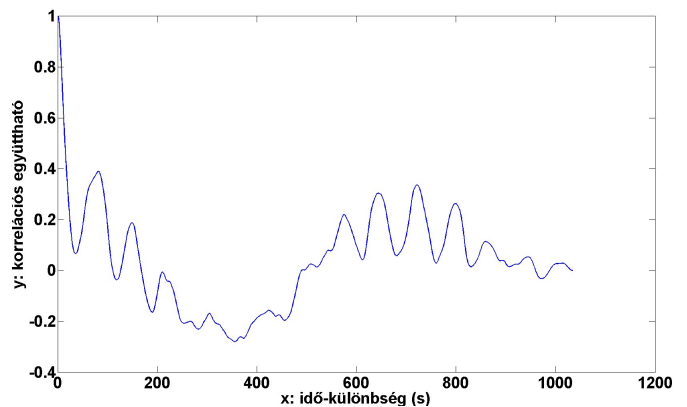
3.2 Lámpától-lámpáig dinamikus, zöldhullám nélkül

Nagy városokban, ha tehetik, a közlekedés szervezői, figyelnek a járművek lendületes terelésére az ú.n. „zöldhullámok” kialakításával, amikor dinamikusan tudják legalább az egyik irányba mozgatni jelentősebb forgalom áramot. Bizonyos esetben sajnos ez nem megoldható, és a forgalom a 45-50 km/h átlagsebességhez képest jelentősen alacsonyabb mintegy 25-30 km/h körüli átlagsebességhez igazított zöldhullámot tudnak csak kialakítani.



3. Ábra: Egy lámpától-lámpáig dinamikus haladási periódus sebesség függvénye

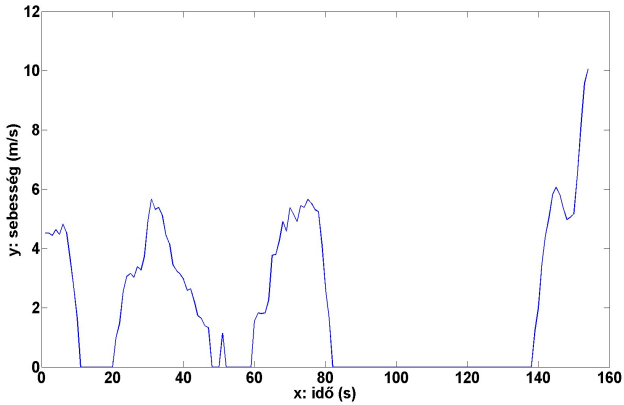
Ebben az esetben megfigyelhető a járművek mozgásában az, hogy a két lámpa között a megengedett 50 km/h körül sebességgel közlekednek, majd jelentős várakozás következik a soron következő közlekedési lámpánál, hangsúlyozom a nem megfelelően kialakított közlekedési forgalomvezérlés miatt. A sebesség-idő alakulására az 3. ábrán láthatunk példát. Az ugyanehhez a méréshez tartozó autokorrelációt tartalmazó grafikont a 4. ábrán láthatjuk. A korreláció maximális értéke 0,4 körül van az első lokális maximumnál, ami periodikus mozgást feltételez.



4. Ábra Az előző ábra autokorrelációs függvénye

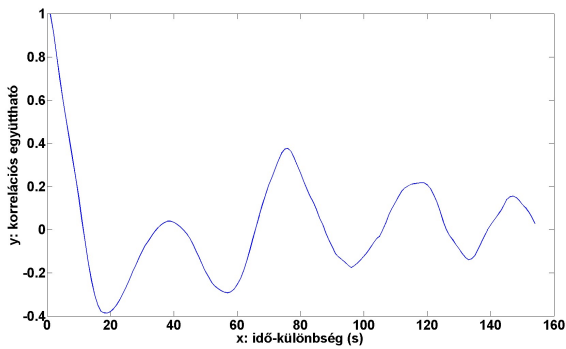
3.3 Közlekedési lámpa miatt kialakult dugó

Sok esetben, ha az útkereszteződésben található lámpás forgalomirányító berendezés áteresztő képességét nem méretezik megfelelően egyes időszakokban egyik irányból megnövekedő forgalom áramra, akkor abból az irányból jelentősen szűkítheti az út áteresztő képességét, ami közlekedési dugó kialakulásával jár a kérdéses időszakokban. Az 5. ábrán láthatunk egy lámpás forgalomirányító berendezés által megállított járműsor sebességének alakulását. Megfigyelhető, hogy a sebesség alakulása alacsony marad (maximálisan 5 m/s körüli), ellentétben az előző esetben, ahol 13 m/s feletti volt ez az érték.



5. Ábra: Egy közlekedési lámpa miatti torlódás sebesség függvénye

Az 5. ábrán található mért adatokhoz tartozó korrelációs grafikonon (6. ábra) is megfigyelhető a periodikus jellegű mutató 0,4 körüli korrelációs érték megléte a második lokális maximumnál 80 mp körül, ami egy 80 mp-es ciklusú lámpára utal.

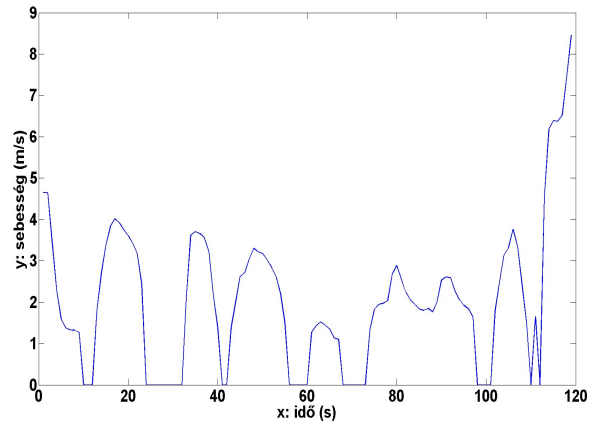


6. ábra – Az előző ábra korrelációs függvénye

3.4 •Egyéb torlódásos forgalmi helyzet

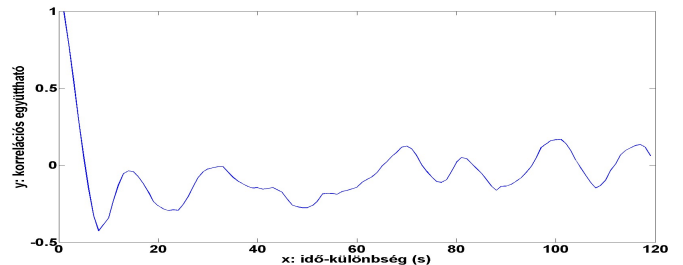
Az eddigiektől eltérő forgalmi helyzet (STOP tábla, úton veszteglő lerobbant jármű, baleset, úton végzett munka) miatt kialakult forgalom sebesség csökkenésére megállapítható, hogy jellemzően nem periodikus, mint az előző esetben ismertetett példák. Erre a korrelációs görbe első illetve második emelkedő szakaszát követő maximum adja a megerősítést. Jelen esetben a 0,2-es (illetve a negatív irányba akár 0,5-ös) érték (8. ábra) egyértelműen jelzi a periódus hiányát.

A kocsisor alacsony 3-4 m/s maximális sebessége (7. ábra) pedig egyértelműen araszolást feltételez.



7. ábra – Egy „STOP! táblás” torlódás sebesség függvénye

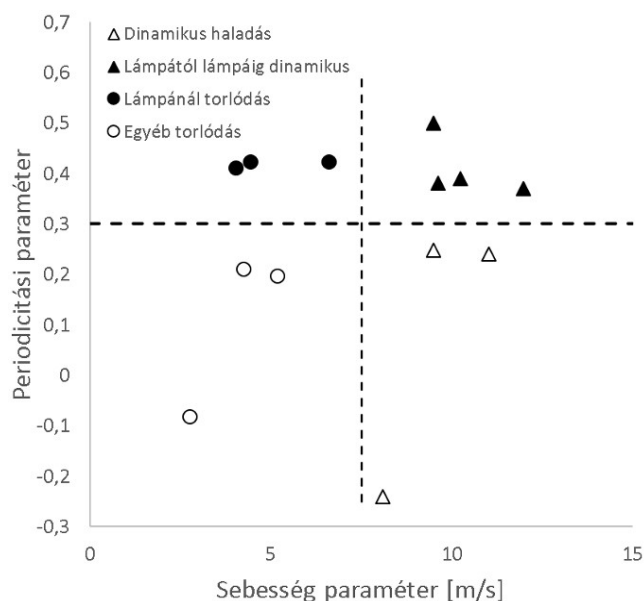
A hozzá tartozó korrelációt a 8. ábrán láthatjuk:



8. Ábra Az előző ábra korrelációs függvénye

4. EREDMÉNYEK

A rögzített sebesség-idő függvények elemzésének célja tehát az, hogy megállapítsuk az különböző torlódásokra jellemző függvény-tulajdonságokat. Ez alapján lehetünk képesek olyan osztályozási algoritmus megalkotására, ami autonóm módon és elfogadható hibával képes osztályozni egy előre nem ismert forgalmi helyzet illetve torlódást.



9. ábra A mérési situációk elhelyezkedése a sebesség paraméter – periodicitási paraméter fázistérben

Ehhez két paramétert választunk ki a fenti adatok alapján. Az egyik a sebesség paraméter, amelyet a

$$V = \Phi(v(t))$$

képlet segítségével kaptunk, ahol a Φ egy felül-áteresztő szűrő, jelen esetben 1 m/s küszöbértékkel, a $\langle \rangle$ pedig egy fix hosszúságú időablakban számolt átlagolást jelent. Az időablak hossza jelen esetben a minta hossza volt. A másik paraméter a periodicitást jellemzi, ami jelen esetben az autokorrelációs függvény legnagyobb lokális maximumértéke volt, ha az a 40 – 150 másodperces tartományba esett (a közlekedési lámpák ciklusértékei alapján).

A 9. Ábrán egy „sebesség paraméter” – „periodicitási paraméter” grafikonon ábrázoltuk a mért és ismert forgalmi helyzeteket. Látható, hogy a mérési situációk négy típusa többé-kevésbé elkülöníthető egymástól egy sebesség és egy periodicitási küszöb-értékkel, azaz besorolhatók az így keletkezett négy-osztatú terület valamelyik kvadránsába. Ez lehetőséget ad számunkra, hogy a módszer további finomításával egy megbízható torlódás detektáló és osztályozó módszert dolgozzunk ki.

8. KONKLÚZIÓ ÉS TOVÁBBI MUNKA

Egy átlagsebességre épülő sebességparaméter és egy a sebesség autokorrelációjára épülő periodicitási paraméter segítségével teszteltük egy lehetséges torlódásdetektáló és osztályozó módszer elvi alapjait. A kapott eredmények azt mutatják, hogy a módszer használható: nem csupán a torlódás tényének megállapítására ad lehetősége, hanem utal arra is, hogy a torlódás egy túlterhelt közlekedési lámpa vagy valami egyéb, nem periodikus üzemű akadály okozza.

A módszer megbízható teszteléséhez az összegyűjtött mérési minták száma még nem elegendő, további mérési munka szükséges szélesebb variációjú forgalmi helyzetben. Ezek alapján nemcsak a pontos tesztelés válik lehetővé, de a módszer további finomítás és robusztusabbá tétele is.

REFERENCES

- Amin, Md Syedul, et al. "GPS and Map matching based vehicle accident detection system." Research and Development (SCORED), 2013 IEEE Student Conference on. IEEE, 2013.
- Bauza, Ramon, and Javier Gozávez. "Traffic congestion detection in large-scale scenarios using vehicle-to-vehicle communications." Journal of Network and Computer Applications 36.5 (2013): 1295-1307.
- Binglei, Xie, Hu Zheng, and Ma Hongwei. "Fuzzy-logic-based traffic incident detection algorithm for freeway." 2008 International Conference on Machine Learning and Cybernetics. Vol. 3. IEEE, 2008.
- Han, Haofu, et al. "Senspeed: Sensing driving conditions to estimate vehicle speed in urban environments." IEEE INFOCOM 2014-IEEE Conference on Computer Communications. IEEE, 2014.
- La-inchua, Jaraspat, Sorawat Chivapreecha, and Suttipong Thajchayapong. "A new system for traffic incident detection using fuzzy logic and majority voting." Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), 2013 10th International Conference on. IEEE, 2013.
- Terroso-Sáenz, Fernando, et al. "A cooperative approach to traffic congestion detection with complex event processing and VANET." IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems 13.2 (2012): 914-929.
- Wang, Yan, et al. "Sensing vehicle dynamics for determining driver phone use." Proceeding of the 11th annual international conference on Mobile systems, applications, and services. ACM, 2013.