

Opservacijsko istraživanje prometa

Topić, Ana Maria

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:123:308809>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-16**



Repository / Repozitorij:

[FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

ZAVRŠNI RAD

Ana Maria Topić

Split, 2015.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Opservacijsko istraživanje prometa

Završni rad

Split, 2015.

Sažetak:

Ovaj rad daje pregled različitih metoda opservacijskog istraživanja. Prikazana je i promjena načina prikupljanja i analize podataka tokom vremena.

Istraživanje koja ne zahtijeva aktivno sudjelovanje ljudi može biti nazvano opservacijskim, s tim da ono može biti izvršeno automatski ili od strane obučenih kadrova.

Ključne riječi:

Opservacijsko istraživanje, promet, protok, brzina, vrijeme putovanja, parkiranje, kretanja pješaka, kretanja biciklista, utjecaj na okoliš, cesta, vozila, trenutna brzina, pneumatska cijev, induktivna petlja, analiza, računalo.

Observational traffic surveys

Abstract:

In this paper different methods of observational traffic survey are presented. It shows how the data collection and data analysis have changed during the time.

Surveys which do not require the active involvement of the public can be termed observational surveys with the 'observation' being effected automatically or by trained survey staff.

Keywords:

Surveys, traffic, flow, speed, travel time, delay studies, parking, pedestrian movement, cyclist movement, environmental impact, road, vehicle, spot speed, pneumatic tube, inductive loop, analysis, computer.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE
Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ:	PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ
	GRAĐEVINARSTVA
KANDIDAT:	Ana Maria Topić
BROJ INDEKSA:	4089
KATEDRA:	Katedra za prometnice
PREDMET:	Ceste

ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Tema: Opservacijsko istraživanje prometa

Opis zadatka: Tema ovog rada je opservacijsko istraživanje prometa. Korištenjem britanske literature [1] navedene su i objašnjenje metode prikupljanja podataka, prilagođene situacijama i uvjetima na cesti.

U Splitu, Srpanj 2015.
Voditelj Završnog rada: prof.dr.sc. Dražen Cvitanić

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Opservacijsko istraživanje prometa	2
3. Istraživanja elemenata transportnog sustava	2
4. Istraživanje protoka vozila	3
4.1. Kada vršiti istraživanje	3
4.2. Metode ručnog prikupljanja podataka	5
4.3. Metode za “automatsko” prikupljanje podataka	5
5. Praćenje težine vozila	7
6. Istraživanja trenutne brzine	7
6.1. Proces uzimanja uzoraka	7
6.2. Metode mjerenja	8
7. Istraživanje brzine putovanja, vremena putovanja i kašnjenja	10
7.1. Metode stacionarnih istraživanja	10
7.2. Metode promatranja u kretanju	12
8. Istraživanje korištenja parkinga	13
9. Praćenje pješaka, biciklista i korištenje javnog transporta	15
10. Istraživanje utjecaja na okolinu	16
10.1. Istraživanje utjecaja buke	16
10.2. Istraživanje kvalitete zraka	18
10.3. Istraživanja utjecaja vizualnog izgleda okoline	19
10.4. Procjena prekida tokova	19
11. Literatura	20

1.Uvod

U ovom radu obrađuje se opservacijsko istraživanje prometa. Rad se sastoji od 11 poglavlja.

U trećem poglavlju objašnjen je način prikupljanja podataka za istraživanje transportnog sustava.

Četvrto poglavlje opisuje istraživanje protoka prometa. Uz karakteristike ručnog i automatskog prikupljanja podataka opisano je kada i u kakvim uvjetima je najbolje provoditi istraživanje.

U petom poglavlju je obrađeno praćenje težine koje je od velikog značaja pri projektiranju cesta, i redovito se koristi u planiranju transporta i ekonomskim studijama.

Šesto poglavlje obuhvaća istraživanje trenutne brzine, što podrazumijeva proces uzimanja uzorka, kao i metode mjerenja brzine.

Istraživanje brzine putovanja, vremena putovanja i kašnjenja obrađuje su u sedmom poglavlju i podijeljeno je na metode stacionarnih istraživanja i metode promatranja u kretanju.

Osmo poglavlje sadrži informacije o obujmu, lokaciji i trajanju parkiranja koje su veoma važne za organizaciju i ispravno upravljanje parkiralištima.

Predmet devetog poglavlja je praćenje pješaka, biciklista i korištenje javnog transporta.

U desetom poglavlju je posebno obrađeno istraživanje utjecaja na okolinu, što obuhvaća: istraživanje utjecaja buke, kvalitete zraka, utjecaja na vizualni izgled okoline te procjene prekida tokova.

2. Opservacijsko istraživanje prometa

Istraživanje koja ne zahtijeva aktivno sudjelovanje ljudi može biti nazvano opservacijskim istraživanjem, s tim da ono može biti izvršeno automatski ili od strane obučениh kadrova. Najučestalija opservacijska istraživanja su istraživanja protoka prometa, brzine, vremena putovanja, parkiranja, istraživanje putovanja, studije kretanja pješaka i biciklista i studije utjecaja na okoliš.

3. Istraživanja elemenata transportnog sustava

Istraživanje transportnog sustava podrazumijeva prikupljanje podataka o elementima mreže prometnica svih vidova. Neke od potrebnih informacija se mogu dobiti provjerom na licu mjesta, a za informacije kao što su vlasništvo, strukture naplate, javno-prijevozni park ili informacije o redu vožnje najvjerojatnije će biti potrebno kontaktirati vlasnika ili operatera. U praksi su informacije često podijeljene između različitih odjela i organizacija te je brže provesti ispitivanje na terenu, nego pronaći cjelokupnu dokumentaciju. To se mijenja razvojem geografsko-informacijskog sustava (GIS) koji omogućava da ova vrsta informacija bude sačuvana i da joj se lako pristupi po lokaciji (primjer: lista detalja kompletne infrastrukture na lokaciji 'X') ili prema nekim karakteristikama (primjer: 'lista lokacija svih prelaza'). Unatoč tome, potrebno je provesti periodična terenska istraživanja kako bi se potvrdile informacije iz dokumenata te kako bi se ustanovilo trenutno stanje infrastrukture – primjer: predvidjeti stanje pločnika i njegove funkcije – potrebno provoditi periodična istraživanja na terenu, kako bi se potvrdile ove pretpostavke.

Tamo gdje se postojeće informacije mogu naći na GIS-u ili sličnom sustavu, moguće je u potpunosti proći bez tiskanog plana i umjesto toga poslati istraživače na teren, opremljene prenosnim računalom, koji sadrži sve neophodne informacije. Najsofisticiraniji ovakav sustav može sadržavati automatski sustav auto-lokacije, kao što je GPS kako bi računalo moglo precizno informirati istraživače o tome gdje se nalaze i koja infrastruktura bi trebala biti vidljiva, a i svi novi uneseni podaci se automatski vežu za trenutnu lokaciju.

Najčešći oblici istraživanja uvjeta prometnica odnose se na završni sloj cesta, osvijetljenje i prometne znakove. Ova istraživanja se uobičajeno provode rutinski, po precizno sastavljenom rasporedu i već je ustanovljen standard o korištenju ručnih (mobilnih, hand-held) računala u provođenju istraživanja zadanih dionica i bilježenja svih potrebnih stavki i

podataka. Zahtjevana promatranja mogu biti provedena vizualno od strane obučenog istraživača, ali neka zahtijevaju specijalnu opremu za određena mjerenja, kao što su ugibanje ili lom pločnika, ili pogoršanje refleksije prometnih znakova itd.

Posljednjih godina je povećana upotreba polu-automatske opreme za istraživanje kao što je video nadzor, laseri i svjetlomjeri, koji ako su smješteni u specijalna vozila i ako su vožena "normalnom" brzinom duž zadane rute, mogu dati podatke o bitnim parametrima, koji se kasnije analiziraju od strane obučene ekipe u laboratoriju te se onda definiraju lokacije koje zahtijevaju detaljnija istraživanja.

4. Istraživanje protoka vozila

Informacije o protoku vozila na zadanoj lokaciji u zadano vrijeme, su presudne u provedbi planiranja, projektiranja i načina funkcioniranja transportnih sustava. Informacije mogu biti prikupljene automatski ili od ekipe. Ovisno o svrsi istraživanja, brojanje se može odnositi na promet koji se odvija duž određene trase ili na promet skretanja na križanju.

4.1. Kada vršiti istraživanje

Uobičajeno je da se zahtijevaju procjene protoka za "prosječne" dane, sate, vršne sate, iz kojih se procjenjuje prosječni godišnji protok na mjestu mjerenja, po danu (PGDP), satu (PDSP) ili vršnom satu (PPVS). Ako je brojanje bilo provedeno u vremenskom period kraćem od godine dana, onda je potrebno izvršiti približnu procjenu podataka na osnovu poznatih informacija o sezonskom protoku prometa na drugim mjernim mjestima.

Tablica 1.1 pokazuje faktore osmišljene od strane Odjela za transport za predviđanje PGDP-a iz kratkog perioda brojanja za različite periode u godini- faktori ekspanzije su različiti za različite tipove cesta i svaki ima svoj pripadajući koeficijent varijacije. I pored toga što PGDP i drugi parametri mogu biti procijenjeni i kad je prebrojavanje veoma kratko, duže prebrojavanje će uvijek dati bolju procjenu. Utvrđeno je da je protok ujednačeniji u nekim mjesecima u odnosu na druge i da su generalno najujednačeniji periodi travanj/svibanj i rujan/listopad, ali čak i u tim "neutralnim" mjesecima protok može biti poremećen zbog praznika kao što je Uskrs, promjenljivosti vremenskih uvjeta, i lokalnih faktora kao što je datum školskih semestara.

Tablica 1.1 Faktori za konverziju kratkog perioda brojanja u 24-satni PGDP

a) Faktori za proširenje(i pripadajući koeficijenti varijacije) za konverziju kratkog perioda brojanja u 16-satni protok

Length of count	Period of count	Urban/Commuter		Non-recreational low flow		Rural long-distance (Mon–Thurs)		Recreational	
2 hour	15.00–17.00	6.41		6.15		6.19		5.62	
	16.00–18.00	5.48	(9.7%)	5.50	(17.3%)	5.70	(8.8%)	5.41	(13.2%)
4 hour	14.00–18.00	3.18		3.05		3.08		2.88	
	15.00–19.00	3.13	(6.2%)	3.10	(10.2%)	3.19	(6.0%)	3.06	(9.2%)
6 hour	13.00–19.00	2.25		2.18		2.22		2.09	
	14.00–20.00	2.28	(6.2%)	2.23	(7.2%)	2.33	(4.6%)	2.20	(7.7%)
8 hour	12.00–20.00	1.79		1.73		1.78		1.66	
	13.00–21.00	1.84	(4.3%)	1.81	(6.0%)	1.90	(3.9%)	1.78	(6.7%)
10 hour	10.00–20.00	1.48		1.41		1.41		1.34	
	11.00–21.00	1.51	(3.9%)	1.50	(4.0%)	1.50	(4.0%)	1.40	(6.0%)

b) Vrsta puta M-faktori(i pripadajući koeficijenti varijacije) za konverziju 16-satnog protoka u 24-satni AADF

Month	Main/Urban		Main/Inter-urban		Recreational/Inter-urban	
April	1.016	(6.5%)	1.115	(8%)	1.271	(12%)
May	0.989	(6.5%)	1.071	(8%)	1.140	(10%)
September	1.005	(6.5%)	1.016	(8%)	0.062	(11%)
October	1.000	(6.5%)	1.068	(8%)	1.142	(12%)

4.2. Metode ručnog prikupljanja podataka

Tradicionalna metoda prikupljanja podataka o protoku prometa se provodi tako da se duž ceste postave “brojači” (ljudi koji broje) s ciljem da evidentiraju vozila koja prolaze određenom trasom. Podaci mogu biti zapisani na jedan ili više odgovarajućih listi za brojanje (posebne liste za različite pravce kretanja ili različite vrste vozila) ili na pripremljene formulare gdje su navedene različite kategorije vozila.

Na kraju istraživanja, rezultati se upisuju u zbirnu listu. Još od 1980. godine neki od istraživačkih timova su zamijenili odgovarajuće liste za brojanje i liste za praćenje s ručnim uređajima za unošenje podataka sa ugrađenim satom, da bi se vidjelo vrijeme početka i kraja praćenja, i koji imaju specifične tipke koje se odnose na različite vrste vozila ili različite tokove prometa. Uporaba ovih uređaja je osobito pogodna kada se zahtijeva praćenje nekoliko tokova prometa i kad su potrebni pojedinačni podaci o različitim kategorijama vozila.

Ručno evidentiranje toka prometa od strane grupe za praćenje je još uvijek uobičajeno za kratke periode ispitivanja, kao i za ona istraživanja gdje se ne isplate velika ulaganja u skupu opremu, ali ovakva praćenja sada postaju izuzetak. Sada je uobičajeno da se koristi jedna ili druga metoda za automatsko brojanje.

4.3. Metode za “automatsko” prikupljanje podataka

Automatski brojači se sastoje od jednog ili više senzora i naprave za snimanje. Ima mnogo različitih vrsta senzora i sam njihov izbor uvijek ovisi o uvjetima na terenu. Najpopularniji tipovi su: (a) *pneumatska cijev od oko 25mm* koja je fiksirana na površini prometne trake; (b) različiti *kabli* koji su pričvršćeni za površinu prometne trake koji sadrže snop žica, koje putem tribo-električnog i piezo-električnog efekta, generiraju ili variraju protok električne struje u trenutku kad su nagnječena kotačima vozila; c) *induktivne petlje* ukopane 25-50mm ispod površine prometne trake ili *detektori magnetnog polja*, postavljeni u malim kućištima na površini prometne trake, koje mogu detektirati elektromagnetne smetnje uzrokovane blizinom velikih metalnih predmeta kao što su vozila; (d) prekidi koji prouzrokuju vozila na *foto-električnim zrakama*, postavljenih preko prometne trake, mogu biti snimljeni; (e) kompjuterska analiza *video snimka*, može otkriti prisustvo vozila u pokretu.

Od navdenih, induktivne petlje su izuzetno pogodne kao trajno rješenje, jer i pored svoje visoke cijene i invazivnog i skupog načina postavljanja kao prvo, imaju dug rok trajanja uz minimalno održavanje, pa su stoga često koriste na mjestima gdje se traži kontinuirano brojanje. Mnogi stručnjaci sada usvajaju praksu da se petlje odmah ugrađuju u novoizgrađenim ili rekonstruiranim cestama.

Pneumatske cijevi su jednostavnije pri postavljanju u odnosu na petlje, ali kako su postavljene na površini podložnije su na habanje i cijepanje te na specifičnija oštećenja od strane teških vozila i vandala. Stoga je korištenje pneumatskih cijevi ograničeno na brojanja s limitiranom dužinom trajanja-najčešće za manje od dva tjedna u ovisnosti o protoku prometa i uvjetima na putu.

Najpopularniji foto-električni sustavi su infra-crvene zrake iz LIGHT EMITING DIODA (LED) ka foto-tranzistorskom prijemniku. Transmitter i prijemnik se moraju nalaziti na suprotnim stranama prometne trake ili ako je reflektor upotrijebljen na suprotnoj strani. Oprema za foto-električne zrake može biti premješтана s jedne lokacije na drugu, a može i uspješno raditi na jednoj fiksnoj lokaciji, naravno ovisno o vremenskim uvjetima.

Suvremena sredstva za snimanje mogu simultano primati podatke od nekoliko senzora i logički razvrstavati parametre kao što su pravac, brzina, rastojanje i kretanje vozila iz zone senzora, po prometnoj traci. Ova multi-senzorska područja mogu koristiti različite vrste senzora, kao i da primijene različite konfiguracije induktivnih kabela i da ustanove tip vozila te brzinu istih. Ovi podaci ili obično brojanje, ako je to sve što se zahtjeva, mogu biti uskladišteni u memoriju na samoj jedinici pored ceste, i kasnije iskorišteni od strane ekipe za praćenje ili da svi podaci budu telemetrijski poslani u centar za obradu podataka. Uporaba telemetrijskog slanja podataka postaje osnovna norma za praćenje toka prometa na lokacijama koje su od nacionalne važnosti.

Svi senzori rade najbolje kada se promet odvija umjerenim intenzitetom, bez mijenjanja putanja vozila i iznenadnih ubrzanja, kao i bez oštećenja senzora. Povremeni obilasci terena su neophodni da bi se ustanovilo da su senzori još uvijek u dobrom stanju. Uobičajen problem su oni senzori koji su postavljeni na površini trake ali su se olabavili ili su pomjereni sa svog mjesta, pneumatske cijevi koje su presječene ili su pune vlage, ili zamućeni foto-električni reflektori. Ako je senzor telemetrijski povezan s centralom, njegovo oštećenje može dati rezultate očitavanja koji se mogu tretirati kao anomalija.

5. Praćenje težine vozila

Podaci o masi (težini) vozila su od izuzetnog značaja pri projektiranju cesta, i redovito se koriste u planiranju transporta i ekonomskim studijama.

Trend je da se koristi *mjerenje težine pri kretanju*, vrsta sustava koji se ne može lako otkriti od strane vozača. Uobičajeno se koriste mjerači naprezanja postavljeni na mostovima ili se koriste piezo-električni kabeli postavljeni u traku. Kod piezo-električnih senzora, elektricitet se generira u kablu u trenutku kada kotač vozila prelazi preko njega, a količina elektriciteta je proporcionalna nanesenom pritisku. U oba slučaja se podaci direktno evidentiraju u kompjuterskoj memoriji. Ovi sustavi su često integrirani s drugim sensorima koji daju podatke o broju vozila, osovinskom opterećenju, vrsti vozila i brzini kretanja. Sustavi mjerenja težine pri kretanju imaju prednost u tome što su prikupljeni podaci o težinama vozila lako dostupni i jednostavni za analizu te se jednostavno može ustanoviti vremenski okvir u kom su prikupljeni.

Osovinsko opterećenje vozila u suštini predstavlja dinamičko opterećenje puta pa je za projektiranje važnije od statičkog opterećenja koje vozilo vrši.

6. Istraživanja trenutne brzine

Trenutna brzina vozila je brzina mjerena u jednom zadanom trenutku, na mjestu mjerenja. Često je taj podatak potreban pri analiziranju prometnih nezgoda i koristi se da bi se utvrdila potreba, kao i utjecaj organizacije prometa i mjera za kontrolu istog, kao što su ograničenje brzine kretanja, signalizacija, znakovi na putu, trake za pretjcanje, zone bez prolaza, prometni znakovi i pješački prijelazi. Istraživanje trenutne brzine se provodi što je moguće neupadljivije, da bi se minimalizirao utjecaj istraživača i opreme na praćena vozila.

6.1. Proces uzimanja uzoraka

Ručno mjerenje trenutne brzine se uobičajeno zasniva na brzinama slučajno odabranih vozila, u kratkom vremenskom intervalu. Ako je cilj ustanoviti brzinu prosječnog toka prometa, istraživanje bi trebalo provoditi van perioda “špica”, kada je lako moguće izmjeriti brzine, kako pojedinačnih vozila, tako i predvodnika kolona. Ako se zahtijeva mjerenje brzina kompletnog prometa, treba obratiti pažnju da se izvrši mjerenje brzine vozila koja idu jedno za drugim; ako nije moguće uraditi ovo mjerenje, na primjer kad je

rastojanje između vozila malo, mjerenje može biti smatrano nepristranim, tako što se izmjeri vrijeme dolaska drugog vozila nakon kompletiranja mjerenja za prvo.

Minimalan broj vozila koji treba uzeti u obzir, a da se dobiju pouzdani rezultati i točnost u mjerenju, može se odrediti iz :

$$n = \frac{s^2 k^2 (2 + u^2)}{2e^2} \quad (1.1)$$

gde je n =minimalan broj izmjerenih brzina; s =procijenjena standardna devijacija uzorka; e =dozvoljena greška u procjeni brzine; k = konstanta koja ovisi o standardnoj devijaciji koja ovisi o željenom stupnju točnosti i u = normalna statistička greška koja ovisi o procijenjenom postotku pod pretpostavkom da se brzina ravna po normalnoj raspodijeli.

Procijenjenu standardnu devijaciju dobijamo iz prethodnih studija za slične ceste. Ako nije dostupna pouzdana procjena, s bi trebalo dobiti iz probnog promatranja (koje isto može biti upotrebljeno kao provjera ispravnosti izabrane metode uzimanja uzoraka, efikasnost u organizaciji i slično).

6.2. Metode mjerenja

Tri najčešće metode koje se koriste za utvrđivanje trenutne brzine su (1) elektronski izmjereno vrijeme potrebno da vozilo pređe preko dva paralelna detektora postavljenih blizu jedan do drugog, uređaji koji se koriste su dvije pneumatske cijevi, kabeli, induktivne petlje ili infra-crvene zrake; (2) korištenje video snimanja ili televizije kratkog dometa (CCTV), da se izmjeri vrijeme trajanja prolaska vozila u zadatom vremenskom intervalu ili vrijeme potrebno da se prijeđe zadana razdaljina; (3) i ručno, radarom za mjerenje brzine.

Ako se koriste *metode paralelnog detektiranja*, veoma je važno omogućiti da detektori budu točno paralelno postavljeni i dovoljno udaljeni da bi se očitavanje uspješno provelo.

Video snimanja i *CCTV* postaju sve popularniji kao metoda “automatskog” mjerenja trenutne brzine. Pogodan način dobijanja podataka o brzini kretanja sa video slika je taj da ako se zabilježi rastojanje koje su vozila prešla između dva točno definirana kadra, može se procijeniti *srednja prostorna brzina* kao:

$$\bar{x} = \frac{\sum l_j}{nt}$$

(1.2)

gdje je l_j rastojanje koje je j -to vozilo prešlo, n je broj vozila koja se pojavljuju u uzastopnim kadrovima, t je proteklo vrijeme između kadrova. Moguće je odrediti prosječno vrijeme, posebno ako je promatrani promet spor. *Srednju vremensku brzinu izražavamo* kao:

$$\bar{x} = \frac{dn}{\sum t_j}$$

(1.3)

gdje je d zadano rastojanje, t je vrijeme koje je bilo potrebno j -tom vozilu i n je broj uzoraka vozila. Srednja vremenska brzina je varijanta trenutne brzine dobivene pomoću parova detektora.

Srednja vremenska brzina i srednja prostorna brzina će uvijek biti međusobno različite, osim u skoro nemogućem slučaju, kada bi se sva vozila kretala istom brzinom.

Ručno praćenje se obično provodi korištenjem radarskih brzinomjera. Radari su veoma praktični za korištenje i daju točne podatke, ali je potrebno poduzeti mjere da se izbjegne da vozači vide istraživače, jer je uobičajeno da se radar povezuje sa prometnom policijom, što prouzrokuje da vozači uspore. Isto tako treba primjetiti da se u nekim vozilima nalazi, oprema koja detektira prisustvo radara, pa tako bude praćenje otkriveno i pored neupadljivosti istraživača.

Domet radarskog brzinomjera može dostići i 2-3 km u ravnici, ali je uobičajeni domet oko 500 m. Njefikasniji su kada se vozila kreću slobodno bez međusobnog zaklanjanja. Na ovaj način izmjerene brzine su manje od stvarnih.

7. Istraživanje brzine putovanja, vremena putovanja i kašnjenja

Tipična istraživanja brzine putovanja, vremena putovanja i kašnjenja se provode na dijelovima cestovne mreže da bi se: identificirali razlozi i locirala mjesta stvaranja prometnih gužvi.

Za razliku od istraživanja trenutne brzine, ova istraživanja daju informacije o brzinama na velikom dijelu puta ili čak duž jednog cijelog puta. *Brzina putovanja* po definiciji je pređeni put podijeljen s *kompletnim vremenom putovanja*. Vrijeme putovanja obuhvaća vrijeme provedeno u vožnji i vrijeme kad vozilo stoji, na primjer kad stoji zbog prometne signalizacije, prometne gužve, itd. U ukupno vrijeme putovanja također ulazi i *kašnjenje*, što je razlika između stvarnog vremena putovanja i vremena putovanja koje je izmjereno kada nema prometne gužve.

Istraživači mogu prikupiti podatke istraživanja sa zadanih lokacija duž ceste (“stacionarna promatranja”) ili pomoću vozila za promatranje (“pokretna promatranja”).

7.1. Metode stacionarnih istraživanja

Najpopularnija tehnika stacionarnog istraživanja je praćenje registarskih tablica, gdje se vrijeme potrebno da neko vozilo prijeđe put između dvije točke uzima kao razlika između vremena koje je izmjereno kada su registarske tablice bile snimljene na tim točkama. U najjednostavnijem obliku ovog praćenja, posmatrač sa sinkroniziranim satovima i listama za upisivanje podataka, točno bilježe broj registarske tablice i vrijeme prolaska svih vozila. Upis podataka je pojednostavljen ako se koriste digitalni satovi. Ako je promet previše gust da bi se zapisale sve registarske tablice, po dogovoru se može zapisivati samo jedan dio registarske tablice (na primjer prve 4 znamenke) kao i samo određena vrsta uzorka (na primjer neparne registarske tablice). Jedan promatrač može s točnošću zabilježiti oko 90% registarskih tablica ako je protok prometa do 600 vozila/sat. Pri većem prometu (do 1100 vozila/sat) bilo bi poželjno da budu dva istraživača na svakom mjernom mjestu, jedan samo iščitava brojeve dok ih drugi samo zapisuje ili ako je samo jedan istraživač, da iščitava i snima podatke na audio kazetu. Problem s metodom snimanja na audio kazeti je u tome što je potrebna velika količina vremena da bi se podaci sa kazeta prepisali.

Ako je protok prometa koji se ispituje, manji od 500 vozila/sat onda je najefikasnija metoda sakupljanja podataka o registracijskim tablicama, direktno upisivanje podataka u prijenosno računalo ili pohranjivač podataka, koji automatski daje točnu vremensku

oznaku za svako vozilo i koji može direktno poslati sve podatke u kompjuter koji ih analizira.

Brzi razvitak softvera koji može locirati i očitati registracijske tablice sa digitalne slike riješio je problem prepisivanja te je sada ekonomski izvodljivo postavljanje automatskih sustava za video nadzor i snimanje registarskih tablica.

Uspjeh praćenja registarskih tablica kao izvor podataka o vremenu putovanja, ovisi o dovoljno velikom broju zapisa koji su “upareni” između dva mjesta istraživanja. Metoda je najuspješnija na cestama gdje je mali broj vozila koja se uključuju ili isključuju sa njih.

Tamo gdje je broj uključenih i isključenih vozila zanemariv ili ravan nuli (kao što je na cestama između dva križanja) može se koristiti pojednostavljena metoda praćenja, poznata kao input-output metoda. Metoda uobičajeno koristi grupu od 50-tak vozila, koji se nalaze između dva označena vozila ili par prepoznatljivih vozila, s kojima postoji radio ili telefonska veza od početne do krajnje točke ispitivanja, pomoću kojih se bilježi vrijeme polaska sa početne točke i vrijeme stizanja na krajnju točku. Primjenjuje se sljedeća formula:

$$\bar{t} = \frac{\sum cd_j}{n} - \frac{\sum cu_i}{n} \quad (1.4)$$

gde je cu_i vrijeme polaska i -tog vozila na početnoj poziciji i cd_j je vrijeme dolaska vozila. Metoda input-output također se može koristiti pri procjeni vremena čekanja u koloni, ali slična tehnika poznata kao *metoda analize čekanja* se češće koristi kod procjene srednjeg vremena čekanja u koloni. Jednostavno se koristi broj vozila koja su u koloni u određenim intervalima i bilježenje broja vozila koja se probiju do kraja reda. Prosječno kašnjenje ($\bar{d}$) se izračunava pomoću sljedeće formule:

$$\bar{d} = t \frac{\sum q_i}{n} / f \quad (1.5)$$

gdje je t trajanje perioda praćenja, q_i je broj vozila koja su u koloni u i -tom interval, n je broj intervala i f je ukupni protok vozila za vrijeme perioda praćenja. Kad se ova metoda

primjenjuje, bitno je definirati dužinu praćene kolone, da se ne bi multiplicirao podatak o njenoj stvarnoj dužini zbog stajanja između susjednih semafora.

Ova metoda *praćenja puta* zahtjeva puno rada i mora se veoma pažljivo provoditi da bi se izbjegla pristrasnost, ipak to može biti uspješna metoda pri prikupljanju podataka o brzini kretanja i kašnjenjima na relativno kratkim potezima gradskih ulica.

7.2. Metode promatranja u kretanju

Ove metode koriste vozila s promatračima koji mjere vrijeme potrebno da njihovo vozilo prijeđe određeni put. Najjednostavnija i najpopularnija je *metoda plivajućeg automobila* kada vozač test-vozila ima zadatak da vozi tako da sigurno zaobiđe što više vozila duž puta. Kada se uspije u ovome, za test-vozilo se kaže da “pliva” u prometnom toku i njegovo vrijeme putovanja može biti korišteno kao procijenjeno vrijeme kretanja cijelog prometa.

Na gradskim ulicama, sa velikim brojem prometnih znakova, a i iz sigurnosnih razloga se najvjerojatnije ne može postići savršeno “plivanje”. U ovakvim slučajevima, vozaču se nalaže da vozi dozvoljenom brzinom; ovo se naziva *metoda maxima*. Sigurniji rezultati se mogu dobiti prikupljanjem dodatnih podataka sa kojima se korigira nemogućnost postizanja savršenog “plivanja”. *Metoda točnog promatranja u pokretu* zahtijeva vožnju test-vozilom sigurnom i ugodnom brzinom po naznačenoj cesti, dok se drugo vozilo kreće istim putem, ali iz suprotnog smjera. Sljedeće formule se tada koriste da bi se preračunalo vrijeme trajanje putovanja (t) :

$$\bar{t} = t_w - \frac{y(t_a + t_w)}{x + y} \quad (1.6)$$

$$\bar{v} = l / \bar{t} \quad (1.7)$$

gdje je t_w = izmjereno vrijeme putovanja za određeni smjer, t_a = izmjereno vrijeme putovanja u suprotnom smjeru, x = broj vozila u prometu određenog smjera, koje je ispitivač sreo vozeći u suprotnom smjeru, y = broj vozila koja su obišla ispitivača

umanjenog za broj vozila koja je ispitivač zaobišao dok je prelazio zadatu udaljenost, l = dužina puta i v = prosječna srednja brzina u zadanom smjeru. Uobičajeno je sasvim dovoljno proći 12-16 puta svaki pravac da bi se dobili prilično točni rezultati, dok je kod gustog prometa potreban manji broj prolazaka.

Metode promatranja u pokretu mogu se koristiti pri utvrđivanju ne samo obujma već i razloga kašnjenja. Na primjer, pri kretanju test-vozila izabranim putem, posmatrač može unijeti vrijeme zaustavljanja i polazanja, kao i lokacije gdje se dogodilo kašnjenje iz razloga kao što su uparkiravanje/isparkiravanje, prolazak pješaka, susret sa vozilima na nereguliranim križanjima ceste ili stajanje zbog prometne signalizacije.

8. Istraživanje korištenja parkinga

Informacije o obujmu, lokaciji i trajanju parkiranja su veoma važne za organizaciju i ispravno upravljanje parkiralištima. Važan početni podatak u svakom istraživanju parkiranja je pažljivo definiranje mjesta i najboljeg vremena za provođenje istog. Često je neophodno da istraživano područje bude prošireno u odnosu na ono koje je bilo prvobitno planirano, jer vozači možda prelaze pješice značajnu udaljenost od mjesta parkiranja do svoje krajnje destinacije. Sezonske potrebe za parkiranjem su prosječne tijekom rujna i listopada. Prvi dani neposredno prije i poslije praznika, posebni dani kupovine i sl. obično se ne uzimaju u obzir za istraživanje; ipak, mogu se uzeti u obzir kada se provode posebne studije za sajamske dane ili u posebnim periodima godine u odmaralištima. Najjednostavniji oblik istraživanja upotrebe parkinga je *accumulation survey* (akumulacijsko ispitivanje) ponekad nazvano *concentration survey* (koncentracijsko ispitivanje). Broj vozila koja se akumuliraju na parkinzima u nekom vremenu (obično na svakih sat vremena) predstavlja se kao prethodno procijenjen broj vozila kojem se dodaju ona koja ulaze u okruženo područje, a zatim oduzmu ona koja su ga napustila te se dodaju vozila za koja se procjenjuje da kruže unutar istraživanog područja.

Gore navedeno akumulacijsko istraživanje pruža informacije o ukupnom broju parkiranih vozila, ali ne pruža i informacije o dužini boravka. Da bi se dobili ovi podaci, neophodno je provesti *istraživanje vremena trajanja*. Najdirektnija metoda za ovo je, *dežurno istraživanje*, gdje su ispitivači postavljeni tamo gdje mogu bilježiti registracijske oznake, ulazno i izlazno vrijeme svih vozila koja ulaze ili izlaze iz zone parkinga, olovkom i papirom, diktafonom ili ručnim računalima. Softver za uparivanje može se koristiti kako bi

se odredila dužina boravka svakog vozila na isti način kao što se radi kad bi se određivala dužina putovanja. Ova tehnika je veoma efikasna za istraživanje velikih parkirališta, s ograničenim brojem ulaza i izlaza, ili za istraživanja područja koja su ograničena zamišljenom linijom i imaju ograničeni broj istih.

Ako su podaci o parkiranju potrebni za pojedinačna ulična parking mjesta ili mala parkirališta, metoda dežuranja nije efikasna i bolja metoda je *istraživanje ritma parkiranja*. Ova metoda zahtijeva da istraživači patroliraju u zadanoj dinamici u fiksnim intervalima i da bilježe registarske tablice vozila koja su parkirana. Vrijeme stajanja svakog vozila na određenoj lokaciji može onda biti procijenjeno množenjem broja slučaja kada je vozio bilo viđeno i evidentirano na tim lokacijama u skladu sa zadanom dinamikom patroliranja. Ukoliko je interval dinamike patroliranja predugačak da bi se registrirala kratkotrajna parkiranja, metoda nije u potpunosti točna i može proizvesti nerealno niske procjene korištenja parkinga i nerealno visoke procjene prosječnog trajanja istog.

Tradicionalna verzija istraživanja ritma parkiranja zasnivanog na podacima zapisanim olovkom i papirom zahtijeva od istraživača da provjeravaju te podatke prilikom svakog obilaska, da bi ustanovili, je li određeno vozilo novopridošlo ili ne - registracijske tablice od novopridošlih vozila su zabilježena, dok je ostalim vozilima dodan marker, da bi se znalo da je bio prisutan u drugom intervalu. Skorija praksa uključuje ubacivanje jedinstvenih identifikatora svih registraskih tablica u prenosiva računala prilikom svake posjete, nakon čega poseban softver omogućava sve neophodne analize i uspoređivanja.

Istraživanje ritma parkiranja mogu biti još detaljnija ako se od istraživača zahtijeva da evidentiraju ne samo registraski broj već i vrstu prostora, tip vozila, je li vozilo propisno parkirano, ima li zalijepljenu naljepnicu za invalide ili druga odobrenja itd. Prikupljanje ovakvih podataka omogućuje različite vrste procjena ponašanja tokom parkiranja, od strane različitih kategorija korisnika i korištenje različitih vrsti prostora za parkiranje.

U okviru sve većeg broja mjesta za parkiranje koja se naplaćuju ili se ulazak i izlazak kontroliraju iz drugih razloga, moguće je dobiti podatke o upotrebi parkinga i možda o trajanju boravka, direktno od operatera parkirališta. Priznanice za parkiranje mogu ukazati na broj parkiranja i iznose plaćenog vremena za parkiranje. Tamo gdje se plaćanje vrši prilikom izlaska podaci o preciznom vremenu provedenom na parkingu, su dostupni. Potrebno je ukupno vrijeme parkiranja korigirati na više, zbog vozača koji ne kupuju parking karte, kao i da se korigiraju slučajevi u kojima je parkiranje preplaćeno na

parkiralištima gdje se plaćanje obavlja prilikom ulaska na parking, gdje se plaća putem parkingmetra ili drugih vidova avansnog plaćanja parkiranja. Potrebni podaci mogu biti procijenjeni uspoređujući podatke dobijene iz analiza priznanica za parkiranja, dobijenih pri tradicionalnim neprimjetnim praćenjem, kako se ne bi promijenilo ponašanje posjetilaca i onih koji se parkiraju na duži rok.

9. Praćenje pješaka, biciklista i korištenje javnog transporta

Planiranje i projektiranje prostora i okruženja za pješake i/ili bicikliste, kao i javni transport bi trebalo da zadovoljava njihovu osnovnu namjenu. Istraživanja koja pružaju informacije o tekucem stanju u tom području, se često provode na raskrižjima, uređenim pješačkim prijelazima, duž staza ili na javnim stajalištima. Parametri koji su dobijeni u observacijskom promatranju pješaka i biciklista, uobičajeno sadrže: obujam i klasifikaciju, lokalnu ciljnu destinaciju, vrijeme putovanja i kašnjenje, putanja kretanja, brzina, vrijeme dolaska i ponašanje kolone. Većina istraživanja se provodi ručno uz pomoć posmatrača koji bilježe podatke na papiru, diktafonu ili prijenosnom računalu. Prebrojavanje može biti razvrstano po starosti i spolu pješaka i biciklista ili po bilo kom vidljivom hendikepu ili po nekim smetnjama koje imaju. Prebrojavanje se može provesti automatski u slučaju prebrojavanja biciklista ili čak upotrebom foto električnog zraka kad su pješaci u pitanju, ako se oni kreću kroz kontroliran prolaz koji može imati rotirajuću ogradu i koja se ne može zaobići.

Lokalne informacije o ciljnim destinacijama, vrijeme putovanja, brzine, putanje, kašnjenja i razlozi za sve to, mogu biti istraživani od istraživača postavljenih na zgodnim mjestima. Video nadzor je posebno koristan, usprkos visokoj cijeni analize podataka, jer pruža kompletnu sliku događaja koja može da bude analizirana i rekonstruirana bez opsanosti od bilo kakvih propusta.

Procjena uporabe određenih javnih transportnih vozila ili službi, može biti provedeno procjenom popunjenosti vozila promatrajući pokraj puta ili točnije brojanjem onih koji ulaze i izlaze iz javnog prijevoza na svakoj stanici. U zavisnosti o kapacitetu vozila i broju stajališta ovo se najbolje postiže postavljanjem ekipe za praćenje na svakom stajalištu ili u svakom vozilu. Tehnologija foto zraka je dostupna za automatsko prebrojavanje onih koji ulaze i koji izlaze, ali je još uvijek preskupo za primjenu, osim na malom uzorku voznog parka. U zavisnosti o načinu naplate karata moguće bi bilo napraviti statistiku o broju

putnika iz analize broja karata, ali rast upotrebe jedinstvene tarife prijevoza i pretplatnih karata, čini ovo veoma teškim za izvođenje (s druge strane, primjena karata koja funkcionira po principu pametnih kartica koje se mogu očitati kako pri ulasku u, tako i pri izlasku iz vozila, omogućavaju obilan izvor podataka). Veliki izvor podataka koji je već dostupan je kontrola u samom vozilu, kada se od putnika traži da pokažu svoju kartu i pruže podatke o svom putovanju.

10. Istraživanje utjecaja na okolinu

Štetni utjecaj određenih faktora na našu okolinu, kao što su buka i zagađenje zraka, se mogu kvantitativno izmjeriti.

10.1. Istraživanje utjecaja buke

Buka je neželjeni zvuk. Zvuk je osjećaj stvoren u uhu kao rezultat variranja zračnog tlaka. Osnovni tlak, nula decibela (dB) je nivo najslabijeg zvuka od 1000 Hz koji je jedva čujan osobi sa dobrim sluhom na ekstremno tihom mjestu. Ljestvica decibela je logaritamska, tako da povećanje od jednog dB znači da se udeseterostručila razina zvučnog tlaka. Energija zvuka se emitira sa različitim frekvencijama. Stoga je decibel sam po sebi ograničen kao mjera zvuka, jer ne uzima u obzir umanjenu osjetljivost uha na niske frekvencije. Kao posljedica ovoga, instrumenti za mjerenje zvuka su opremljeni specijalnim priključcima koji omogućavaju da se različit opseg frekvencije zvuka, analizira. Jedan takav priključak je A-filter, koji naglašava zvukove srednje i visoke frekvencije, na koje je ljudsko uho najosjetljivije. A-filter se koristi u studijama istraživanja prometne buke, a očitavanja se bilježe kao vrijednost decibela na logaritamskoj ljestvici.

U praksi, nivo zvuka duž ceste kontinuirano varira. Stoga, da bi se ustanovila razina zvuka, koriste se različita mjerenja.

Najčešće se smatra da je izvor buke kompletan prometni tok, a ne pojedinačna vozila. Shodno tome, smatra se da je izvor buke pojas udaljen 3.5 m od ruba prometnice u pravcu kretanja vozila (izuzev na autobilskim stajalištima, zaustavnoj traci i sigurnosnoj zoni pored ceste) i visine 0.5 m iznad nivoa prometnice. Oprema za mjerenje koja se koristi u ovim istraživanjima se sastoji od mikrofona sa štitnikom od vjetra i predpojačala, pojačala mjernog instrumenta, prigušivača, magnetnog snimača zvuka (za naknadne analize),

mjernog instrumenta za vizualno predstavljanje očitavanja i kalibracije nivoa buke. Uobičajeno se mikrofoni postavlja na visini od 1.2m i udaljen najmanje 4m od ruba prometnice, u pravcu kretanja vozila, uz ograničenja pri postavljanju koja su diktirana od ispitivane lokacije. U slučaju da se istraživanja vrše u naseljenom mjestu, mjerni instrumenti se postavljaju na 1m udaljenosti od fasada objekata, prema prometnici.

Vremenski uvjeti, osobito brzina vjetra i njegov pravac, su od presudne važnosti pri mjerenju buke. Zato, mikrofoni treba biti postavljeni tako da (a) pravac vjetra daje jednu komponentu od najbližeg dijela puta prema točki mjerenja, koja je veća od komponente koja je paralelna sa putem, (b) prosječna brzina vjetra na polovini rastojanja između puta i mjerne točke ne smije biti veća od 7.2 km/h ka mikrofoni i (c) brzina vjetra kod mikrofona ne smije biti veća od 36 km/h, u bilo kom pravcu. Na mikrofoni uvijek treba postaviti štitnik od vjetra i mjerenje se može obaviti samo ako je najveća jačina buke vjetra manja, bar 10 dB od izmjerene. Također, osim ako ne postoje neki specijalni razlozi, mjerenje buke se obavlja samo kad su prometnice suhe.

Vrijeme trajanja očitavanja koje daje važeća mjerenja se dobija iz sljedeće jednačine:

$$t = \left(\frac{4000}{q} + \frac{120}{r} \right) \quad (1.8)$$

gdje je t =minimalno vrijeme trajanja mjerenja (u minutama) , q = ukupni broj vozila u prometnom toku (vozilo/sat) i r =registracijska stopa, (broj uzoraka/minut). Ova jednačina se može primijeniti ako je q veće ili jednako 100 vozila/sat i r veće od 5 uzoraka u minuti, također t nikad ne smije biti manje od 5 minuta za svaki sat. Ako je q manje od 100 vozila/sat, onda bi r trebao biti najmanje jedan uzorak u sekundi i mjerenje bi trebalo trajati cijeli sat.

10.2. Istraživanje kvalitete zraka

Najvažniji zagađivači koje motorna vozila emitiraju su ugljikov monoksid, dušikovi oksidi, sulfidi, ugljikovodici, olovo i druge tvari. S obzirom da su svi različiti po kemijskom sastavu, svaki treba mijeriti drugačije.

Istraživanja ispušnih plinova i materija iz vozila se mogu provoditi ili u laboratoriju ili na samoj cesti. Laboratorijska testiranja koja obuhvaćaju ubrzavanje, usporavanje i različite brzine kretanja vozila u prometnom toku, pri kojima se zbog preračuna vrši zahvaćanje ispušnih plinova, imaju tu prednost, da su uvjeti testiranja strogo kontrolirani i daju mogućnost ponavljanja istraživanja. Nezgodna su, jer dovode u pitanje direktnu povezanost sa uvjetima stvarnom prometu. Pri testiranju koja se obavljaju na samoj cesti, koriste se vozila opremljena instrumentima, koja sudjelujući u prometu, mjere potrošnju goriva. Količina ispušnih plinova je u korelaciji sa utroškom goriva pa može biti procijenjena.

Kada se zahtijeva procjena kvalitete zraka na nekoj određenoj lokaciji, mogu biti postavljeni detektori koji će očitati tražene podatke. Na puno lokacija se sada nalaze stalne stanice za istraživanje zagađenosti zraka, postavljene u gradskoj jezgri. Ovi mjerni sustavi postavljeni na širokom području, mjere kompletno zagađivanje zraka, iz različitih izvora, a ne samo iz prometa. Zato, kada se poromatraju efekti zagađivanja zraka različitih prometnih struktura i zagađivača, potrebno je provesti mjerenja “prije i poslije” na većem broju referentnih točaka na cestama.

Kao odgovor rastućoj zainteresiranosti za kvalitetu zraka, veliki broj proizvođača proizvodi opremu za mjerenje specifičnih zagađivača. U posljednje vrijeme se razvija oprema koja trenutno daje rezultat analize plinova pa se tako mogu analizirati i pojedinačna vozila u prolazu, kao i oprema za kontrolu kvalitete zraka, koja je kombinirana sa opremom za brojanje i klasificiranje učesnika u prometu pa se tako mogu dobiti kombinirani rezultati o prometnom toku i sastavu istog, zajedno sa količinom glavnih zagađivača.

10.3. Istraživanja utjecaja vizualnog izgleda okoline

Procjena utjecaja vizualnog izgleda infrastrukture se odnosi na utjecaj novo- postavljene infrastrukture i uzrokuje formiranje mišljenja o kvalitativno-estetskim osobinama iste. Moguće je pretpostaviti, u kvantitativnom smislu, obujam promijena prizora koji je ranije postojao, a koji će biti ili bi trebalo biti izmijenjen novom infrastrukturom. Ovakve pretpostavke se mogu izrađivati za karakteristične lokacije, koristeći se fotografijama ili u slučaju da planirana nova infrastruktura još nije izgrađena, fotomontažom.

Metoda se sastoji od fotografiranja postojećeg prizora i utvrđivanja u kojem je obujmu planirana infrastruktura zaklonila stari prizor. Ako je spomenuta infrastruktura već izgrađena, onda je postupak jednostavan; ako nije, onda je neophodno da se, kao prvi korak, napravi fotomontaža, da bi se vidjelo kako će sve izgledati nakon izgradnje nove infrastrukture.

10.4. Procjena prekida tokova

Metoda koja se preporučuje da bi se ustanovio prekid tokova, je bazirana na prikazivanju obujma ranije-postojećih tokova, korištenjem različitih vidova kretanja, uključujući i hodanje, na koje će utjecati postavljanje nove infrastrukture, i procjenjivanjem dodatne neudobnosti (neudobnost koja proizilazi iz povećanja udaljenosti i vremena putovanja), za svaki pojedinačni tok.

Stoga se, prije početka bilo kakvih radova na novoj infrastrukturi, na licu mjesta pribavljaju podaci o tokovima kretanja. Pribavljanje podataka se može uraditi ručno, pomoću video snimaka ili automatskim brojanjem, ovisno o vrsti i intenzitetu tokova.

11. Literatura

1. CA O'Flaherty, Transport Planning and Traffic Engineering, poglavlje 8., G.R.Leake, Birmingham, 1997.
2. Bonsall, P.W., Ghahri-Saremi, F., Tight, M.R., and Marler, N.W., The performance of hand held data-capture devices in traffic and transport sector surveys. *Traffic Engineering and Control*, 1988, 29 (1), 10-19.
3. Garner, J.E., Lee, C.E., and Hwuang, L., Photoelectric sensors for counting and classifying vehicles. *Transportation Research Record* 1311, 1991, 79-84.
4. Taylor, M.A.P., Young, W., and Bonsall, P.W., *Understanding traffic systems*. Aldershot: Avebury, 1995.
5. *Traffic data collection and analysis: Methods and procedures*. NCHRP Synthesis of Highway Practice 130. Washington, DC: Transportation Research Board, 1986.
6. Bennett, C.R., and Dunn, R.C.M., Error considerations in undertaking vehicle speed surveys. *Proceedings of the 16th Australian Road Research Board*. 1992, Part 7, 182-196.
7. Dew, A.M., and Bonsall, P.W., Evaluation of automatic transcription of audio tape for registration tape surveys. In E.S. Ampt, A.J. Richardson, and A.H. Meyburg (eds), *Selected readings in transport survey methodology*. Melbourne: Eucalyptus Press, 1992, 147--61.
8. Gibson, T.G., Vehicle identification by automatic licence plate reading. *Traffic Technology International '95*. Dorking: UK and International Press, 1995.
9. Robertson, H.D., Hummer, J.E., and Nelson, D.C., *Manual of transportation Engineering Studies*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1994.
10. Hauer, E., Correction of licence plate surveys for spurious matches. *Transportation Research A*, 1979, 13A (1), 71-8.
11. Dean, G., *Parking surveys- A comparison of data collection techniques*. Research Report 222. Crowthorne, Berks: Transport Research Laboratory, 1989.
12. Bonsall, P.W., The changing face of parking related data collection and analysis: The role of new technologies. *Transportation*, 1991, 18, 83--106.

