

ESTIMERING AF BRÆNDSTOFFORBRUG VHA. GPS DATA

Ove Andersen
xcaliber@cs.aau.dk
Institut for Datalogi
Aalborg Universitet

Harry Lahrmann
lahrmann@plan.aau.dk
Trafikforskningsgruppen
Aalborg Universitet

Kristian Torp
torp@cs.aau.dk
Institut for Datalogi
Aalborg Universitet

Introduktion

Det er simpelt og billigt at opsamle GPS målinger fra køretøjer. Når større mængder GPS data indsamles fra et passende antal køretøjer kan dataen bruges til at beregne f.eks. køretider (1) (2) (3). Det er ligeledes muligt ud fra GPS data at estimere miljøindikatorer så som hvor aggressivt kører bilister og er der nogle vejstrækninger, der har en højere (negativ) miljø påvirkning end andre (4). I denne artikel præsenterer et forsøg, hvor GPS data anvendes til at estimere brændstofforbruget ved en enkelt tur og for vejnettet generelt. Dette gøres ved at opbygge en database med GPS data. Ud fra disse data gives et konkret forslag til estimeringen af brændstofforbruget og til at finde den mest brændstoføkonomiske rute mellem to punkter.

Flere mennesker er blevet mere miljøbevidste mht. kørsel. Disse mennesker ønsker også at opnå sidegevinsten at spare penge gennem reduktion i brændstofforbruget ved miljørigtig kørsel. Derfor er ruteplanlæggere, som tager højde for brændstofforbrug begyndt at dukke op. Disse planlæggere hjælper grundlæggende med at finde en såkaldt *grøn rute* (4) (5) (6).

Problemet med de nuværende proprietære løsninger er, at det ikke er kendt hvilke algoritmer, der benyttes til at beregne brændstofforbruget (eller miljøbelastningen). I denne artikel fremlægges et bud på hvorledes brændstofforbruget kan estimeres på en generel og åben måde. Med generel menes, at den kan anvendes på flere forskellige køretøjs typer f.eks. en Ferrari og en lille Fiat. Tilsvarende er beregning ikke begrænset til f.eks. et Garmin, Nokia, eller TomTom apparat. Med åben menes, at de forskellige trin i beregningen er offentligt kendt således andre kan kommentere og vurdere på det estimerede brændstofforbrug.

Artiklen er struktureret som følgende. I næste afsnit præsenteres relateret arbejde. Herefter introduceres en metode for hvordan brændstofforbruget estimeres. Dette er efterfulgt af resultat afsnit, hvor forskellige ture sammenlignes ud fra korteste afstand, korteste tid og mest brændstoføkonomiske. En sektion diskuterer styrker og svagheder ved den forslåede metode. Slutteligt er der en opsummering og forslag til videre arbejde.

Relateret arbejde

Der er to typer af relateret arbejde fra henholdsvis firmaer og fra universiteter. Dette behandles og beskrives separat i det følgende.

Industrielt arbejde

Flere navigationsprodukter har allerede ruteplanlæggere, som tager højde for benzinforbruget. Garmin har eksempelvis introduceret funktionaliteten ecoRoute (4) (5) (6) i visse modeller af deres ruteplanlæggere. Lignende teknologier er introduceret med Vexia econav (7), Carbon Diem (8), Minorplanet VMIGreenlight (9) og Lysanda Eco-Log (10). Fælles for dem alle er, at de forsøger at give et bud på den mest økonomiske rute. Ligeledes giver disse ofte mulighed for at hjælpe til at forbedre kørestilen for bilisten.

Fælles for disse teknologier er, at de er proprietære, og det ikke umiddelbart er muligt at vurdere, hvilke aspekter der bliver taget hensyn til samt hvordan disse vægtes. Garmin siger: *"There are patents pending related to the algorithms and methods used by Garmin ecoRoute technology."* (6) Men hvorvidt dette vil åbne op for Garmin's teknologier, er uvist.

Akademisk arbejde

Der er forsket bredt i feltet navigation, men området omhandlende navigation med hensyn til brændstofforbrug er stadig ungt. Tidligere har fokus lagt på at opnå den korteste og hurtigste rute så effektivt som muligt, men når det handler om at finde den bedste brændstofmæssige rute, er kun en begrænset mængde arbejde tilgængeligt.

Artiklerne (11), (12) og (13) beskriver, at der er en økonomisk og miljømæssig gevinst ved at vælge alternative ruter frem for hurtigste rute, samt at miljøbelastningen forøges på veje med højere hastigheder. Der er visse aspekter, som der ikke tages højde for, f.eks. vejtyper og hældningen af vejen. (14) er et lignende projekt, men her benyttes opsamlet GPS data fra biler. Her påvises det, at op mod næsten halvdelen af turene ikke er optimale mht. brændstofforbrug. I arbejdet tages der højde for belastning af vejen, køretøjet og vejtypen. (15) er et projekt der beskriver at det er betydeligt, hvorvidt man kører på lige eller bakkede veje. (16) har udviklet en ruteplanlægger, som beregner den bedste økonomiske og miljømæssige rute på baggrund af accelerationer, beregnet vha. GPS data, og giver to bud på forskellige metoder til beregning af ruter.

(17) har opstillet en model til beregning af brændstofforbruget for forskellige typer af biler og lastbiler, og disse beregninger tager udgangspunkt i hastighed, acceleration. Dette arbejde er reduceret og simplificeret af (18), som tilbyder en metode til at indikere brændstofforbruget for personbiler i et punkt, på baggrund af hastighed, acceleration og hældning på vejen.

Metode

Først præsenteres hvorledes brændstofforbruget for faktiske kørte ture estimeres. Herefter anvendes disse værdier til at forsyne et digitalt vejkort med et forventet brændstofforbrug for hvert vejsegment for at kunne sammenligne det estimerede brændstofforbrug for forskellige ruter mellem to punkter.

Beregning af brændstofforbrug for en tur

Til estimeringen af brændstofforbruget for en tur skal følgende data være tilgængelig for hver GPS måling: Køretøjs ID, tidspunkt længdegrad, breddegrad samt hastighed. Et eksempel på sådanne data er vist i tabellen herunder. Det er alt sammen data der kan fås fra de fleste (hvis ikke alle) GPS apparater. I tabellen vises to meget korte ture (ID=1 og ID =2).

id	Tid	Længde	Bredde	Hastighed
1	12:00:00	21	22	80
1	12:00:01	45	53	80
1	12:00:02	35	32	70
2	12:00:02	42	123	110
1	12:00:03	43	31	75
2	12:00:03	52	56	115
1	12:00:04	32	23	80

Tabel 1: GPS målinger

Brændstofforbruget estimeres ved se på hastigheden, acceleration og konteksten for hver GPS måling (18).

$$forbrug1 = v * (1,1 * a + 9,81 * h + 0,132) + 0,000302 * v^3$$

Hvor v er den aktuelle hastighed (i m/s), a er acceleration i m/s^2 og h er vejens hældning (grader). Formlen er en øjebliksformel, og beskriver kraften der bliver brugt for at drive bilen frem i et øjeblik. Hvor der tages højde for bilens øjeblikkelige hastighed, øjeblikkelige acceleration samt vej segmentets stigningsprocent. Grundet at der i projektet ikke er hældning på vejsegmenterne sættes hældning til 0 (nul) og den simple formel nedenfor anvendes.

$$forbrug = v * (1,1 * a + 0,132) + 0,000302 * v^3$$

Hvis GPS målingerne for turen med id=1 i Tabel 1 bruges til at estimere brændstofforbruget fås resultatet der er vist i Tabel 2 herunder.

Id	Start-Tid	Stop-Tid	forbrug
1	12:00:00	12:00:01	6,25
1	12:00:02	12:00:02	4,78
1	12:00:02	12:00:03	37,31
1	12:00:03	12:00:04	40,20

Tabel 2: Estimeret brændstofforbrug for en tur

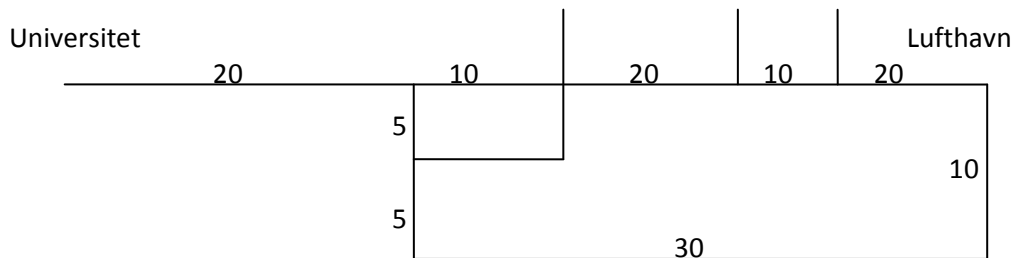
Bemærk at hvis hastighed er nul sættes forbruget til 1 (13). Den samlede brændstofforbrug estimeres ved at summere det beregnede forbrug for en tur. I eksemplet ovenover er estimatet for turen med Id = 1 således $(6,25 + 4,78 + 37,31 + 40,20) = 88,54$. Bemærk at estimatet for jævn hastighed er betydeligt lavere end estimatet for acceleration. Bemærk yderligere at det er dyrere at have den samme acceleration ved højere hastigheder.

Med denne information kan det således estimeres hvor meget brændstof, der er brugt til at køre en tur. Det næste trin er at estimere hvilken rute vil være den mest brændstoføkonomiske baseret på hastighedsadfærden på de faktisk kørte ture, der er tilgængelige.

Estimering af brændstofforbrug

Det næste trin er ud fra brændstofforbruget for allerede kørte ture at estimere brændstofforbruget for en tur, der endnu ikke er kørt. Som et eksempel: En chauffør sætter sig ind i sin bil og vil køre fra universitet til lufthavnen. I stedet for at optimere for den kortest eller den hurtigste rute ønsker chaufføren at optimere for den mest brændstoføkonomiske rute.

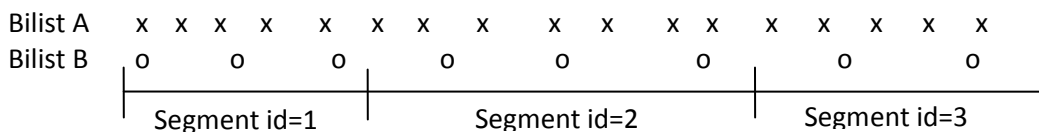
Brændstofforbruget findes ved at forsyne et digitalt vejkort med det estimerede brændstofforbrug for allerede kørte ture. Et eksempel er vist herunder. Den korteste vej fra universitet er den direkte linje. Men de to ekstra kryds gør, at det er hurtigere at køre den lange vej. Dette er eksemplificeret ved at tilføje værdier til hvert segment, og det vises her, at den korteste vej har en værdi af $20 + 10 + 20 + 10 + 20 = 80$, mens den længere rute har en værdi af $20 + 5 + 5 + 30 + 10 = 70$. Disse værdier på et segment kan være gennemsnits brændstofforbruget for segmentet.



Figur 1: Forbrugsvægte på vejkort

Brændstofforbruget for hvert segment estimeres ved at finde alle turene, der har brugt segmentet, og tage gennemsnittet af det estimerede brændstofforbrug. Eksemplet i Figur 2 viser to ture, der har passeret over tre segmenter. Begge ture logger et GPS punkt hvert sekund. Herudfra kan det ses, at bilist A har kørt langsommere end bilist B, da bilist A har flere GPS punkter på samme strækning.

For hver gang en bilist har passeret et segment, summeres brændstofforbruget for dette segment, og disse summeringer er vist tabellen herunder, så summen af bilist A's brændstofforbrug på segment 1 er 40. For at finde brændstofforbruget for hvert segment beregnes gennemsnittet af brændstofforbruget for hvert segment. Det vil sige, at brændstofforbruget for segment 1 bliver $(40 + 50) / 2 = 45$, da bilist A havde et brændstofforbrug på 40 og Bilist B havde et brændstofforbrug på 50 for segment 1.



Figur 2: Estimering af brændstofforbrug for ture

Segment id	Bilist A	Bilist B	Gennemsnit
1	40	50	45
2	60	80	70
3	50	60	55

Tabel 3: Estimering af brændstofforbrug fra ture til estimering af rute på kort

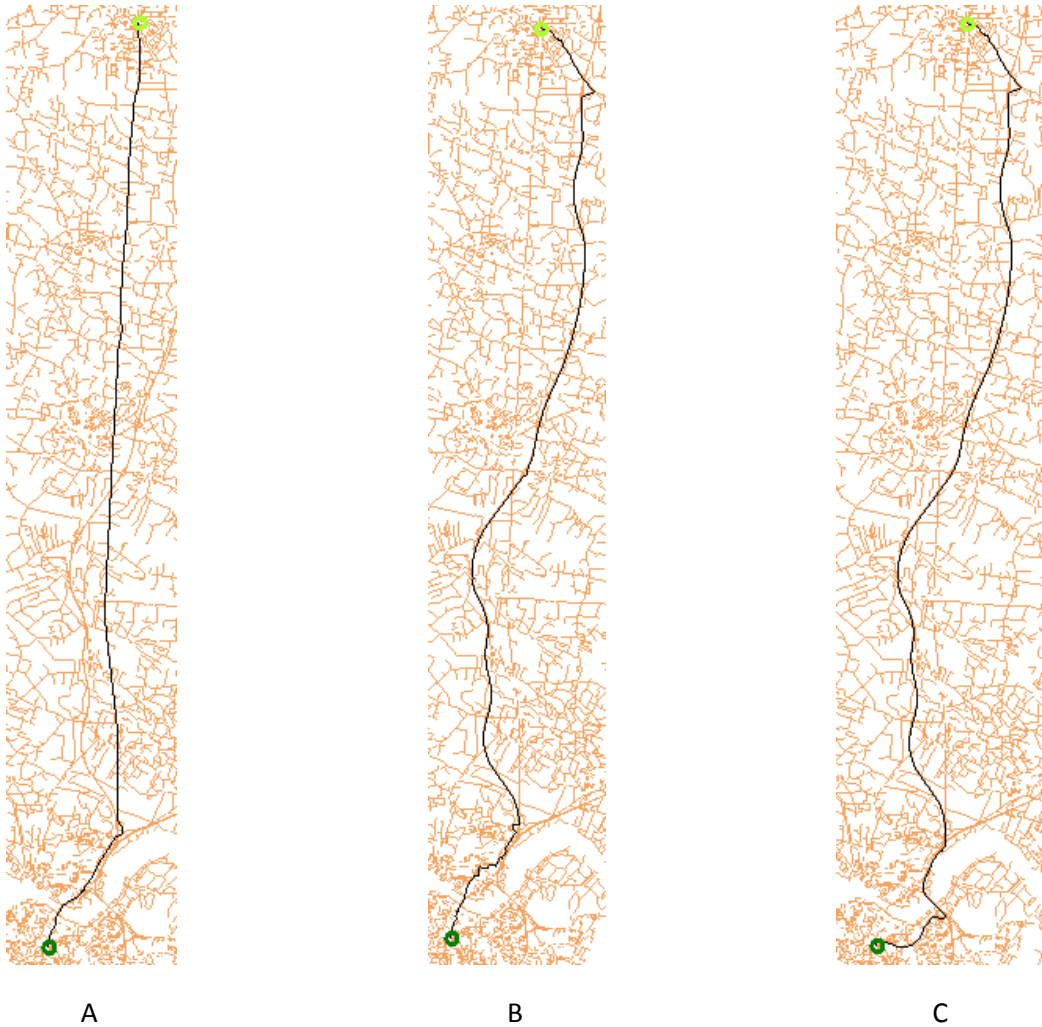
Det vil sige at det ud fra estimatet af brændstofforbruget for tidligere kørte ture nu er muligt at estimere brændstofforbruget for nye ture.

Resultater

De resultater der præsenteres i dette afsnit er fremkommet ved at bruge GPS data fra projektet *Spar på Farten* (19) (20). I dette projekt har cirka 150 bilister i perioden 2007-2008 kørt rundt med GPS udstyr. Positionen for hver bil er blevet logget hvert sekund hvilket har produceret cirka 330 millioner GPS målinger. Disse målinger er alle hentet ind i en database og for hvert segment er et gennemsnitligt brændstofforbrug fundet ud fra de faktiske kørte ture.

I Figur 3 vises forskellige ruter mellem Sygehus Syd i Aalborg og sygehuset i Hjørring. Der er mange ture mellem disse destinationer da det er de to hoved sygehuse i Region Nord. Ruten vist i Figur 3A har den korteste afstand. Ruten vist i Figur 3B er den mest brændstoføkonomisk og i ruten Figur 3C er den hurtigst (tidsmæssigt). Den korteste rute er fundet ved at lægge længderne for vejsegmenterne sammen fra det underliggende kort. Den mest brændstoføkonomiske er fundet som beskrevet i det foregående afsnit. Den hurtigste rute er fundet vha. de kørte ture. Den hurtigste rute er som den mest brændstoføkonomiske fundet vha. det samme sæt GPS data.

Det skal bemærkes at både data og kort senest er opdateret i 2008. Det vil sige at ændringer i vejnettet siden sidste opdatering ikke er taget med (de er ikke tilgængelige for projektet). I praksis betyder dette at de større ændringer i vejnettet der har været på havnefronten i Aalborg ikke er med.



Figur 3: Aalborg Sygehus Syd til Hjørring Sygehus: A) Minimal distance B) Minimalt brændstof C) Minimum tid

I Tabel 4 set i rækken med navnet "Mindst brændstof" først længden for ruten der er mest brændstoføkonomiske (52,8 km). Dette er ruten vis i Figur 3A. Den næste celle viser det beregnede brændstofforbrug for en tur på denne rute (6892). Slutteligt viser den næste celle den beregnede køretider (34:53 minutter). Rækken med navnet "Mindst distance" viser de tre metrikker distance, brændstof og tid for ruten i Figur 3B og række med navnet "Mindst tid" viser de tre metrikker for ruten i Figur 3C.

Sygehus Syd til Hjørring	Distance (km)	Brændstof	Tid
Mindste brændstof	52,8	6892	34:53
Mindste distance	48,3	6960	48:26
Mindste tid	54,0	6978	31:02

Tabel 4: Metrikker for ruterne Aalborg Sygehus Syd til Hjørring Sygehus

Den korteste rute krydser Limfjorden via broen og følger hovedvejen mellem Aalborg og Hjørring. Den hurtigste krydser Limfjorden via tunnelen og kommer på motorvejen hurtigst muligt. Den mest

brændstoføkonomiske krydser Limfjorden via broen og tager motorvejen nord for Limfjorden. Det er interessant, at de tre ruter er forskellige. Det giver andre ruter at optimere for brændstof sammenlignet med optimering for distance eller tid. Bemærk at den korteste rute er betydelig langsommere end de to andre ruter. Det er den længere køretid og den mere ujævne hastighed på hovedvejen frem for den mere jævne fart på motorvejene der gør at den korteste rute ikke er den mest brændstoføkonomiske.



Figur 4: Motorvej til Vestbyen: A) Minimal distance B) Minimalt brændstof C) Minimum tid

I Figur 4 vises forskellige ruter mellem motorvejen og Vestbyen i Aalborg. Den rute er interessant fordi bilister fra Vendsyssel, der arbejder i Vestbyen, kan køre via ringvejen Øster Allé eller via havnen. Trafikplanlæggere vil gerne at bilisterne kører via Øster Allé. Tabel 5 viser de tre metrikker for de tre forskellige ruter i Figur 4.

Motorvej til Vestbyen	Distance (km)	Brændstof	Tid
Mindste brændstof	4,13	840	08:53
Mindste distance	3,96	879	09:12
Mindste tid	4,44	894	08:24

Tabel 5: Metrikker for ruten motorvejen til Vestbyen

Ruterne starter alle på Øster Allé, men ingen af ruterne følger denne. Den kortest og den hurtigste kører via havnen. Den mest brændstof økonomiske rute kører igennem Aalborg by på mindre veje.



Figur 5: Aalborg Universitet til Aalborg Lufthavn A) Minimal distance B) Minimalt brændstof C) Minimum tid

I Figur 5 vises forskellige ruter mellem Aalborg Universitet og Aalborg Lufthavn. Den rute er interessant fordi bilister kan vælge at krydse Limfjorden via tunnelen eller via broen. Tabel 5 viser de tre metrikker for de tre forskellige ruter fra Figur 5.

Universitet til lufthavn	Distance (km)	Brændstof	Tid
Mindste brændstof	13,75	1875	14:04
Mindste distance	11,50	2343	21:21
Mindste tid	13,75	1875	14:04

Tabel 6 Metrikker for ruten universitet til lufthavn.

Bemærk først at den hurtigste rute og den mest brændstof økonomiske rute er identisk. Bemærk også at der er en betydelig forskel på alle tre metrikker distance (20 %), brændstof (25 %) og tidsforbrug (52 %).

Diskussion

I dette afsnit diskuteres styrker og svagheder ved den foreslåede metode til brændstofestimering. Herefter diskuteres de udfordringer der har været ved at anvende et eksisterende sæt af GPS målinger til estimering af brændstofforbrug.

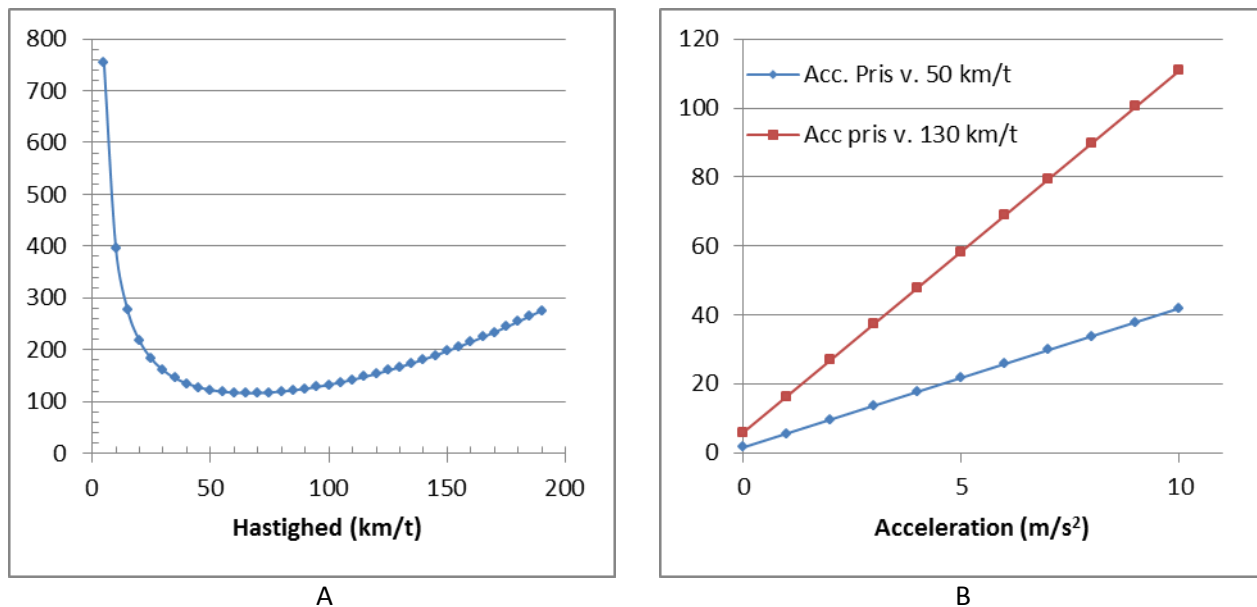
Metode

I det efterfølgende diskuteres fordele og ulemper ved brændstofestimeringsmetoden.

Fordele

En fordel ved estimeringsmetoden er, at den er "gratis", hvis firmaer eller det offentlige alligevel opsamler GPS målinger fra køretøjer. Med gratis menes, at metoden blot anvender GPS målinger til et nyt formål: estimering af brændstofforbrug. Det er altså ikke nødvendigt at installere et nyt apparat i køretøjerne.

I selve estimeringen af brændstofforbruget straffes både for lav hastighed og for høj hastighed. Dette er vist i Figur 6A. Her vises det estimerede brændstofforbrug ved at køre 1.000 meter med konstant fart ved forskellige hastigheder. Tilsvarende straffes ujævn kørsel, hvor der er mange accelerationer. Dette er vist i Figur 6B hvor brændstofforbruget ved forskellige accelerationer er vist for 50 km/t og 130 km/t.



Figur 6: A) Brændstofforbrug for at køre 1.000 meter B) Brændstofforbrug ved acceleration

Det er ligeledes meget interessant at estimering af brændstof er en metrik, hvor en dobbelt så høj værdi svare til et dobbelt så stort brændstofforbrug. Det er altså muligt overfor f.eks. flådeejere at komme med estimater på, hvad de kan spare i brændstof procentvis, hvis der optimeres for minimalt brændstof i stedet for hurtigste rute (bemærk her ses bort fra timelønnen for at have en chauffør i køretøjet).

Ulemper

En ulempe ved estimeringsmetoden er at den ikke beregner det faktiske brændstofforbrug f.eks. at en rute kræver 3.1 liter brændstof. Et sådan tal er naturligvis stærkt afhængigt af det konkrete køretøj, f.eks., VW Polo BlueMotion versus en ældre Cadillac. Yderligere er det nødvendigt at kende bilens vedligeholdelsestilstand f.eks. dæktrykket. Set i dette lys vurderes det kun at være muligt at beregne det faktiske brændstofforbrug, hvis disse data indsættes med GPS målingerne. Dette vil kræve at data fra bilens elektroniske indsprøjtning logges samtidig med GPS målingerne. Derfor er det estimeret brændstofforbrug det bedste der kan opnås vha. GPS målinger som dem, der anvendes i denne artikel, og som der generelt er nem adgang til.

En begrænsning ved metoden er, at estimatet kun er gældende for en gennemsnitlig personbil (en VW Jetta er brugt i (13)). I den nuværende implementation af metoden tages der ikke højde for om det der en personbil, busser, lastbiler, eller varevogne. Dette er udelukkende pga. data mangel. Er der tilstrækkeligt data tilgængeligt for f.eks. varevogne kan disse implementeres med den samme metode, der foreslås i denne artikel. Det kræver naturligvis at brugeren vælger mellem de forskellige køretøjs typer når en optimal brændstoføkonomisk rute skal findes.

Som allerede omtalt er estimeringsmetoden meget data krævende og den kræver, at GPS målinger er opsamlet med en meget høj frekvens (en måling per sekund). Det er altså ikke muligt at anvende eksisterende GPS målinger, der er opsamlet f.eks. hver 15 sekund.

Det estimerede forbrug for at køre på et segment, der er en del af et vejkryds, er det samme om man kører lige ud eller drejer. Det vil sige at estimering af brændstofforbruget kun i begrænset omfang tager højde for, at det er dyrere at dreje til venstre og højre i et kryds end at køre lige ud. Det betyder, at de ruter der er optimale mht. estimeret brændstofforbrug kan have for mange sving og at dette føre til upraktiske ruter. På den anden side har optimering for distance akkurat det samme problem.

Brændstofforbruget afhænger f.eks. af om der er regn eller sne på kørebanen. Metoden tager kun dette med i betragtningen, hvis det fører til forlængelse af køretiden eller til ujævn kørsel. At tage højde for vejret vil være store udfordringer set med både data tilgængelighed og data integration. En realistisk tilgangsvinkel er at estimere brændstofforbruget f.eks. måneds eller kvartal vis for på den måde at se på om der er forskel i det estimerede brændstofforbrug f.eks. om sommeren versus om vinteren.

Resultater

Resultaterne i denne artikel er fremkommet ved at bruge det kort og de GPS målinger der er tilgængelige fra projektet *Spar på Farten*. Dette kort og data har oprindeligt været brugt til at lave intelligent hastighedstilpasninger. I denne artikel er kortet og data brugt til et andet formål og dette har skabt et par udfordringer.

Den første udfordring er at der ikke er nogen højdeangivelse på kortet. I de oprindelige formler som bruges til estimering af brændstofforbruget er højde med i beregningerne. Det er valgt at neutralisere bidraget fra højdeændringer i beregninger ud fra den betragtning at der ikke er større højdeændringer i det nordjyske.

Som det næste er kortet ikke helt nøjagtigt som et eksempel er den skiltede hastighed i alle gågader i Aalborg 15 km/t. Det betyder at disse gader i første omgang indgik i beregninger af korteste rute. Dette fører til ruter, der er direkte ulovlige. Vi medtager derfor ikke veje med en skiltet hastighed på 15 km/t eller derunder. Tilsvarende er der busveje, hvor det ifølge kortet er tilladt at køre. Vi har efter bedste overbevisning modificeret kortet så disse veje ikke anvendes i nogle af de foreslåede ruter.

En tredje udfordring har været at der har været vejsegmenter, hvor der ikke er nogle biler der har kørt. Hvis dette er tilfældet kan der ikke estimeres et brændstofforbrug for segmentet. Vi har i de tilfælde hvor der kun er få vejsegmenter på en rute der mangler data sat brændstofforbruget til 0. Dette er fordi nogle af disse vejsegmenter er meget korte (under 20 meter).

Opsummering

Denne artikel har brugt eksisterende GPS målinger til at estimere brændstofforbruget for forskellige ruter mellem to destinationer. I estimeringen er en eksisterende metode til beregning af brændstofforbrug for en tur brugt. Ud fra disse ture er det estimerede brændstofforbrug tilføjet vejsegmenterne i et digitalt kort.

Dette kort er brugt til at finde den korteste rute, den hurtigste rute og den mest brændstoføkonomiske rute mellem to punkter. Disse ruter er blevet sammenlignet for tre forskellige scenarier med både by og land kørsel.

Ud fra de beregnede ture kan det ses at er en klar forskel mellem ruter der optimere for kortest rute, hurtigste rute og mindst brændstoføkonomiske rute. Det vil sige at estimering af brændstofforbrug giver en ny parameter at optimere for i GPS navigationsanlæg

Der er en række interessante retninger for videre arbejde. Estimeringen af brændstofforbrug er meget data krævende. Det er derfor relevant at se på hvordan veje, hvor der er ingen eller få GPS målinger på kan indgå i beregninger. Tilsvarende er der store mængder GPS data med lav opsamlingsfrekvens som ikke er benyttet.

Acknowledgement

Vi vil gerne takke Daisy Innovation for finansielle støtte og Bektra for at levere data.

Referencer

1. *Detailed Speed and Travel Time Surveys using Low Cost GPS Equipment*. **Belliss, Graeme**. s.l. : IPENZ Transportation Group Technical Conference, 2004.
2. *GPS pilotprojekt*. **Holm, J. and Foller, Jens**. 2008. Trafikdage på Aalborg Universitet.
3. *Analyse af trængsel og hastigheder vha. GPS-data*. **Nielsen, Otto A**. 2003. Trafikdage på Aalborg Universitet.
4. **Garmin**. ecoRoute. [Online] <http://www.garmin.com/garmin/cms/us/services/ecoRoute>.
5. —. ecoRoute flash application. [Online] <http://www8.garmin.com/buzz/ecoroute/>.
6. —. ecoRoute overview. [Online] <http://www.staples.com/sbd/img/rebates/pdfs/ecoroute.pdf>.
7. **Vexia**. econav. [Online] <http://www.vexia.co.uk/>.
8. **Carbon Diem**. Carbon Diem. [Online] <http://www.carbondiem.com/>.
9. **Minorplanet**. VMIgreenlight. [Online] <http://www.minorplanet.com/>.
10. **Lysanda**. Eco-Log. [Online] <http://www.lysanda.com/>.
11. *Environmentally-Friendly Navigation*. **Barth, Matthew, Boriboonsomsin, Kanok and Vu, Alex**. 2007, Intelligent Transportation Systems Conference, 2007. ITSC 2007. IEEE, pp. 684 -689.
12. *Fuel use and emissions comparisons for alternative routes, time of day, road grade, and vehicles based on in-use measurements*. **Frey, H. Christopher, Zhang, Kaishan and Roupail, Nagui M**. 2008, Environ Sci Technol, Vol. 42, pp. 2483–2489.

13. *The effects of route choice decisions on vehicle energy consumption and emissions.* **Ahn, Kyoungcho and Rakha, Hesham.** 2008, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Vol. 13, pp. 151 - 167.
14. *Optimizing route choice for lowest fuel consumption - Potential effects of a new driver support tool.* **Ericsson, Eva, Larsson, Hanna and Brundell-Freij, Karin.** 2006, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Vol. 14, pp. 369 - 383.
15. *Impacts of Road Grade on Fuel Consumption and Carbon Dioxide Emissions Evidenced by Use of Advanced Navigation Systems.* **Barth, Matthew and Boriboonsomsin, Kanok.** 2009 : s.n., Transportation Research Record, Vol. 2139, pp. 21-30.
16. **Andersen, Ove.** *Økonomisk og miljøhensigtsmæssig ruteplanlægning.* 2010.
17. *Estimating Vehicle Fuel Consumption and Emissions Based on Instantaneous Speed and Acceleration Levels.* **Ahn, Kyoungcho, et al.** 2002, Journal of Transportation Engineering, Vol. 128.
18. *Aggregate Fuel Consumption Model of Light-Duty Vehicles for Evaluating Effectiveness of Traffic Management Strategies on Fuels.* **Song, Guohua, Yu, Lei and Wang, Ziqianli.** 9, 2009, Journal of Transportation Engineering, Vol. 135, pp. 611-618.
19. Spar På Farten. [Online] 8 17, 2010. [Cited: 08 17, 2010.] <http://www.sparpaafarten.dk>.
20. *Spar på Farten-et forsøg med Intelligent Farttilpasning baseret på incitament (forsikringsrabat).* **Lahrmann, Harry, et al.** s.l. : Trafikdage på Aalborg Universitet, 2007.