

Uheldsmodeller for signalregulerede vejkryds

Nærværende paper gengiver i hovedtræk resultaterne af et eksamensprojekt udarbejdet af Jacob Kronbak og Poul Greibe. Projektarbejdet er udført ved Institut for Veje, Trafik og Byplan (IVTB) ved Danmarks Tekniske Universitet.

Projektets emne er "*Uheldsmodeller for signalregulerede vejkryds*" og hovedformålet har været at bruge Generaliserede Lineære Modeller (GLM) til beskrivelse af det forventede antal uheld i vejkryds. Det har endvidere være tanken at finde effekten af, at inddrage bløde trafikanter samt trafikens svingbevægelser som forklarende variable i uheldsmodeller. Desuden er der afprøvet en mikromodel for 410-uheld.

Hvad er en uheldsmodel ?

En uheldsmodel for vejkryds er en matematisk formel der beskriver en sammenhæng mellem det forventede antal uheld i krydset og forskellige målelige størrelser som f.eks trafikintensiteterne.

For at estimere parametre til en uheldsmodel er det nødvendigt at indsamle sammenhørende værdier for en række forklarende variable samt antallet af uheld. Disse oplysninger kan derefter behandles i et passende statistikprogram. I dette projekt er det valgt at bruge generaliserede liniære modeller (GLM) ved parameterestimationen.

En model består af flere forskellig bestanddele. For at beskrive terminologien, der er brugt i det efterfølgende, betragtes en sammenhæng mellem antallet af uheld og trafikken i primær- og sekundær retningerne, som vist i formel 1.

$$U = k \cdot N_{pri}^{p_1} \cdot N_{sek}^{p_2} \quad 1$$

Det observerede antal uheld U benævnes den **afhængige variabel**, fordi værdien afhænger af de **forklarende variable**, nemlig trafikintensiteterne N_{pri} og N_{sek} .

Konstanterne k , p_1 og p_2 benævnes modellens **parametre**, og det er værdierne af disse konstanter som beregnes ved parametreestimationen.

De uheldsmodeller som er udviklet i Danmark er baseret på et udtryk svarende til formel 1. Det har været tanken i dette projekt at afprøve modeller med andre forklarende variable der beskriver cykel/knallertrafik samt trafikens bevægelser i krydset.

I de enkelte modeller er valgt en notation, hvor U betegner uheldstætheden (antal uheld pr. år pr. kryds), M en trafikintensitet af motorkøretøjer og C en cykel/knallert-intensitet. Trafikintensiteterne vil altid være mængden af indkørende trafik i krydset opgivet i årsdøgntrafik (ÅDT). Desuden vil betegnelserne have et indeks, der beskriver hvilken trafikstrøm mængden tilhører. Der anvendes følgende typer af index:

<i>pri</i>	primærtrafikken
<i>sek</i>	sekundærtrafikken
<i>tot</i>	den samlede trafikintensitet for alle strømmene
<i>svi</i>	svingende trafik
<i>gen</i>	gennemkørende trafik

Trafikdata

Som beregningsgrundlag valgtes, at indsamle krydstællinger for 4-benede signalregulerede vejkryds beliggende i byområder. En krydstælling er en tælling af samtlige svingstrømme i krydset. Krydstællingerne blev indhentet fra 13 kommuner i Danmark¹. Kun krydstællinger fra efter 1/1 1985 er medtaget.

De benyttede krydstællinger var som oftest timetællinger hvorfor det var nødvendigt at opregne og korrigerede tællingerne til en årsdøgntrafik.

Vejdirektoratets korrektionsfaktorer til opregning af talt trafik til årsdøgntrafik, er opdelt på 5 forskellige køretøjsarter og er baseret på tællinger foretaget i åbent land. I denne undersøgelse er der valgt en opdeling på to køretøjsarter, motorkøretøjer og cykler/knallerter, samtidig med at alle tællinger er foretaget i byområder. På den baggrund er der foretaget en sammenligning mellem Vejdirektoratets opregningsfaktorer og opregningsfaktorer fundet ud fra tællinger foretaget i en række af landets større kommuner. Ved sammenligningen viste det sig, at Vejdirektoratets faktorer i visse tilfælde afveg betydeligt fra de beregnede faktorer fra kommunerne. Der er derfor valgt at benytte et sæt opregningsfaktorer baseret på data fra kommunerne, som kan bruges til opregning af timetællinger til årsdøgntrafik.

Det samlede datamateriale indeholder 187 kryds med tællinger af motorkøretøjer, heraf 130 kryds med tællinger af cykel/knallertrafik.

Uheldsdata

Uheldsmaterialet består af politiregistrerede uheld minus ekstra uheld i en periode på 5 år. I alt er der fundet 1782 uheld i perioden 1/1-1988 til 31/12-1992 der kan relateres til de 187 kryds. Dette giver et gennemsnit på 9,5 uheld pr. kryds i perioden. Uheldene fordeler sig på 733 uheld med personskade og 1049 uheld med materiel skade. Alle uheld blev stedfæstet til hver enkelt svingstrøm i krydset.

Parameter estimation

Alle trafikdata og uheldsdata er efter endt behandling gemt i en database.

Parameterestimationen er foretaget i et UNIX-baseret statistikprogram *S-plus* v.h.a. en GLM (Generaliserede Lineære Modeller) procedure hvor observationsmængden (antal uheld i 5 års perioden) antages at være Poisson fordelt.

Antallet af uheld i et signalreguleret kryds kan beskrives som en kombination af en systematisk og en tilfældig variation. Den systematiske variation er et udtryk for en forskel i det forventede antal uheld *mellem* de forskellige kryds, mens den tilfældige variation er et udtryk for, at det forventede antal uheld for det *enkelte* kryds kan variere. Ved uheldsmodellering med generaliseret lineære modeller (GLM) forsøger man ganske enkelt, at beskrive den systematiske

¹ Aalborg, Esbjerg, Gentofte, Helsingør, Horsens, Københavns Amt, Københavns Kommune, Næstved, Odense, Roskilde, Silkeborg, Svendborg og Århus.

variation, under hensyntagen til den tilfældige variation.

Som navnet antyder kræves det, at modellen kan omskrives til en lineær form, dvs. at sammenhængen mellem den afhængige variabel og de forklarende variable skal være additiv.

Ved parameterestimationen er den tilhørende forklaringsprocent beregnet. Forklaringsprocenten angiver hvor stor en del af den systematiske variation modellen kan forklare. I forbindelse med generaliserede lineære modeller er forklaringsprocenten et godt mål for, hvordan modellen passer overens med observationsmængden.

Nogle af krydsene blev bortsorteret ved estimationen, idet de afveg betydeligt fra resten af observationsmængden og i værste fald kunne disse kryds "trække" modellen skæv.

Resultater

Det har været et af formålene med projektet at få afprøvet modeller af forskellig udformning. Nogle af de afprøvede modeller kunne ikke opnå signifikante parametre og disse modeller er derfor ikke medtaget her.

Alle de afprøvede modeller der opnåede signifikante parametre er vist på bilag 1.

En af de modeller der opnåede den højste forklaringsprocent og samtidig har den egenskab at være rimelig simpel er vist i formel 2. Denne model har en forklaringsprocent på 79%.

$$U = 7,82 \times 10^{-5} \cdot M_{pri}^{0,52} \cdot M_{sek}^{0,60} \quad 2$$

hvor U er uheldstæthed (antal person- og materielskade uheld pr.år pr.kryds)
 M_{pri} er trafikintensiteten (ÅDT) for primærretningen
 M_{sek} er trafikintensiteten (ÅDT) for sekundærretningen

Svingende bevægelser

Det er forsøgt at afprøve uheldsmodeller, hvor den svingende trafik indgår som forklarende variable. Umiddelbart beskriver uheldsmodellerne med sving-bevægelser ikke uheldstæthed for observationsmængden bedre end modeller, hvor svingbevægelserne ikke indgår. På den baggrund må det derfor konkluderes, at der tilsyneladende ikke opnås nogen forbedring i beskrivelsen af uheldstæthed ved brug af modeller baseret på svingstrømme.

Cykler og knallerter

Uheldsmodeller, der indeholder forklarende variable med cykel/knallertrafik, er signifikant bedre til at beskrive uheldstæthed end tilsvarende modeller uden cykel/knallertrafik. På baggrund af de afprøvede modeller må det dog konkluderes, at der tilsyneladende ikke findes nogen signifikant sammenhæng mellem uheldstæthed og cykel/knallertrafikens bevægelser i vejkryds. Det samlede antal indkørende cykel/knallerter C_{tot} er derimod en signifikant forklarende variabel i alle modeller. Forklaringsprocenten stiger som regel kun med 1-2% når variable, der beskriver cykel/knallertrafikken, medtages. En medvirkende faktor til den forholdsvis lille stigning i forklaringsprocenten er formentlig, at mængden af indkørende

cykel/knallertrafik, for observationsmængden, generelt følger mængden af indkørende motor-køretøjstrafik.

Ved estimeringen af parametre til en uheldsmodel svarende til Vejdirektoratets, men med de indkørende cykler/knallerter som forklarende variabel, blev der ved brug af GLM estimeret parametrene i formel 3, med en forklaringsprocent på 80%.

$$U = 3,30x10^{-5} \cdot M_{pri}^{0,45} \cdot M_{sek}^{0,36} \cdot C_{tot}^{0,45} \quad 3$$

hvor U er uheldstæthed (antal person- og materielskade uheld pr.år pr.kryds)
 M_{pri} er trafikintensiteten (ÅDT) for primærretningen
 M_{sek} er trafikintensiteten (ÅDT) for sekundærretningen
 C_{tot} er den totale trafikintensitet (ÅDT) for cykler/knallerter

Personskadeuheld

Forklaringsprocenten for uheldsmodeller, der beskriver personskadeuheld og personskadeuheld med cykel/knallerter, er væsentlig lavere end for modeller, der beskriver person- og materielskadeuheld. Dette kan ses som et udtryk for at sammensætningen af observationsmængden ændres, således at uheldsbilledet bliver mindre entydigt.

Ved estimeringen af parametre til en uheldsmodel svarende til Vejdirektoratets blev der ved brug af GLM fundet følgende udtryk for uheldstæthed, henholdsvis for personskadeuheld og personskadeuheld med cykler og knallerter. Forklaringsprocenten for 4 er 74% og for 4 65%.

$$U_{personskad\ euheld} = 1,49x10^{-5} \cdot M_{pri}^{0,57} \cdot M_{sek}^{0,64} \quad 4$$

hvor U er uheldstæthed (antal uheld pr.år pr.kryds)

$$U_{personskad\ euheld\ med\ C/K} = 8,27x10^{-6} \cdot M_{pri}^{0,58} \cdot M_{sek}^{0,61} \quad 5$$

M_{pri} er trafikintensiteten (ÅDT) for primærretningen
 M_{sek} er trafikintensiteten (ÅDT) for sekundærretningen

Modeller til beskrivelse af 410-uheld

Der er som en del af projektet opbygget en mikromodel til beskrivelse af det forventede antal 410-uheld. Modellen er estimeret ud fra 486 observationer idet der forekommer 4 410-situationer pr kryds.

Observationsmængden for 410-modellerne ligger desværer i et grænseområde, med hensyn til de metoder, der bruges til vurdering af modellernes forklaringsprocent. Det har derfor ikke været muligt, at bestemme præcist hvor stor en del af den systematiske variation 410-modellerne beskriver. Det medfører samtidig, at det ikke er muligt at foretage en sammenligning mellem mikro- og makromodellerne. Forklaringsprocenten for 410-modellen ligger formentlig i intervallet 47%-91%, svarende til værdierne af de to anvendte beregningsmetoder.

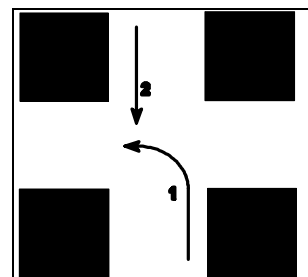


Figure 1, Uheldssituation nr. 410.

Et eksempel på en 410-model kan ses i formel 6 hvor fig 1 viser den anvendte notation.

$$U = 2,4 \times 10^{-6} \cdot M_1^{0,82} \cdot (C_2 + M_2)^{0,70} \quad 6$$

hvor	U	er uheldstætheden (antal 410 uheld med person- og materielskade pr.år for de to trafikstrømme)
	M_1	er trafikintensiteten (ÅDT) for den svingende motorkøretøjsstrøm
	M_2	er trafikintensiteten (ÅDT) for den gennemkørende motorkøretøjsstrøm
	C_2	er trafikintensiteten (ÅDT) for den gennemkørende cykel/ knallerterstrøm

Valg af eksponeringsudtryk

Der er tilsyneladende ikke nogen markant forskel på forklaringsprocenten for alle de afprøvede uheldsmodeller. Både modeller der er baseret på teoretiske overvejelser og mere intuitive modeller har en forklaringsprocent i intervallet 73%-80%.

I uheldsmodeller hvor eksponeringen er udtrykt ved mulige konflikter mellem alle de skærende trafikstrømme af både motorkøretøjer og cykler/knallerter, opnås ikke en forklaringsprocent, der er væsentlig højere end modeller med et mere simpelt eksponeringsudtryk. Det må derfor konkluderes, at det er vanskeligt at formulere et præcist eksponeringsudtryk, selv ved kendskab til trafikintensiteterne i alle svingstrømmene for alle trafikanttyper.

Nye perspektiver

Da intentionen med dette projekt er en introduktion af de generaliserede lineære modeller, vil det være naturligt at foretage tilsvarende undersøgelser for andre krydstyper end de 4-benede signalregulerede kryds.

I modelarbejdet er der ikke taget hensyn til en del faktorer, der kunne have indflydelse på uheldstætheden. I fremtidige undersøgelser kunne det være interessant, at foretage en vurdering af variable, der beskriver f.eks. geometrisk udformning, hastighed og signalstyring.

I forbindelse med mikromodeller vil det være interessant at få afprøvet modeller for andre uheldssituationer end 410. I den forbindelse bør der findes andre validitetsmetoder, således at det er muligt at foretage en sammenligning af mikromodellerne indbyrdes.

Endelig kunne det være interessant at foretage en nærmere undersøgelse af trafikmønsteret i

byområder m.h.t. en revurdering af opregningsfaktorerne fra timetællinger til årsdøgntrafik.

Bilag

Parameterværdier for uheldsmodeller med motorkøretøjer. Antal person- og materiel skadeuheld pr. år pr kryds.

Model		Model værdier				
Model	Modeludtryk	Forklaring-procenten	Antal kryds ved estimering	$k \cdot 10^{-3}$	p_1	p_2
Fejl! Bogmærke er ikke defineret	$U = k \cdot M_{tot}^{p_1}$	73	178	3,08	1,12	-
Fejl! Bogmærke er ikke defineret	$U = k \cdot M_{pri}^{p_1} \cdot M_{sek}^{p_2}$	78	179	7,82	0,52	0,60
Fejl! Bogmærke er ikke defineret	$U = k \cdot M_{tot}^{p_1} \cdot \left(\frac{M_{pri}}{M_{tot}} \right)^{p_2}$	79	178	2,38	1,10	-1,16
Fejl! Bogmærke er ikke defineret	$U = k \cdot \left(\frac{M_{pri} \cdot M_{sek}}{M_{tot}} \right)^{p_1}$	73	177	33,0	1,05	-
Fejl! Bogmærke er ikke defineret	$U = k \cdot M_{svi}^{p_1} \cdot M_{gen}^{p_2}$	75	178	6,12	0,53	0,61
Fejl! Bogmærke er ikke defineret	$U = k \cdot M_{tot}^{p_1} \cdot M_{svi}^{p_2}$	75	178	2,80	0,92	0,23
Fejl! Bogmærke er ikke defineret		79	174	7,16	0,57	-

defineret	$U = k \cdot Q^{p_1}$					
-----------	-----------------------	--	--	--	--	--

Parameterværdier for modeller med motorkøretøjer og cykler/knallerter. Antal person- og materielska deuheld pr. år pr. kryds.

Model		Model værdier					
Model	Modeludtryk	Forkla- rings- procen- ten	Antal kryds ved esti- mering	k * 10 ⁻³	p ₁	p ₂	p ₃
Fejl! Bogmærke er ikke defineret	$U = k \cdot M_{tot}^{p_1} \cdot C_{tot}^{p_2}$	78	114	1,02	0,87	0,46	-
Fejl! Bogmærke er ikke defineret	$U = k \cdot M_{pri}^{p_1} \cdot M_{sek}^{p_2} \cdot C_{tot}^{p_3}$	80	120	3,30	0,45	0,36	0,45
Fejl! Bogmærke er ikke defineret	$U = k \cdot Q_1^{p_1} \cdot Q_2^{p_2}$	80	124	5,28	0,30	0,31	-

Model 10 og 15 indeholder nogle variable Q som er et eskponeringudtryk der fremkommer ved at sumerer trafikprodukterne af krydsende strømme i krydset.