

Sammendrag:

Prognosemodeller for flytrafikken

Bakgrunn

Transportøkonomisk institutt (TØI) har utviklet to modeller som kan brukes til å lage prognoser for trafikken på relasjonsnivå på stamflyrutenettet; FØNIKS og Den nasjonale Persontransportmodellen. Hensikten med denne oppgaven er å belyse alternative prognosemodeller til disse to.

Analyse på nasjonalt nivå

Analysen på nasjonalt nivå tar for seg sammenhengen mellom den avhengige variabelen (antall flyreiser) og mulige forklaringsvariabler. Antall reisende er fordelt på arbeidsbetingede reiser og private reiser. Faktoren som i stor grad beskriver utviklingen i flytrafikken er økonomisk vekst. Ut i fra årsakssammenheng og statistisk sammenheng vil sannsynligvis *BNP* være et godt mål på økonomisk utvikling for arbeidsreiser, mens både *alminnelig inntekt* og *konsum i husholdninger og ideelle organisasjoner* kan være et godt mål for private reiser. Andre aktuelle forklaringsfaktorer er befolkningsutvikling og prisutviklingen for flyreiser. Prisutviklingen for flyreiser er justert slik at den tar hensyn til utviklingen i bruken av rabatter for henholdsvis private reiser og arbeidsreiser.

Analyse på relasjonsnivå

De følgende avsnittene beskriver utviklingen av ulike modeller på relasjonsnivå. Datamaterialet som har vært benyttet til dette er delvis sammenfallende med datamaterialet som ble benyttet ved den opprinnelige estimeringen av FØNIKS.

FØNIKS-modeller

I den opprinnelige estimeringen av FØNIKS ble det ikke forsøkt å dele de reisende opp i ulike reisekategorier. Dette er blitt gjort i denne rapporten. I tillegg studeres effekten av å benytte ulike forklaringsvariabler for inntekt.

Det viser seg at parameterestimaten er svært følsomme for hvilket inntektsmål som benyttes. Dette påvirker også hvilke parametre som er forskjellig fra null. For to av modellene blir imidlertid alle parametrene signifikante. Dette er modellen for private reiser med privat konsum som inntektsmål, og modellen for arbeidsreiser med BNP som inntektsmål. Disse to modellene er gjengitt nedenfor

Private reiser

$$\begin{aligned} \ln(Y_{ijt}) = & \ln(8.175) + 0.314 \cdot \ln(B_{it} \cdot B_{jt}) + 2.603 \cdot \ln(R_{it} \cdot R_{jt}) \\ & + 1.721 \cdot \ln\left(\frac{P_{ijt}}{Q_{ijt}} / \frac{P_{ij0}}{Q_{ij0}}\right) + 2.852 \cdot \ln\left(\frac{P_{ij0}}{Q_{ij0}}\right) + 2.515 \cdot \ln\left(\frac{Q_{ijt}}{Q_{ij0}}\right) + 3.409 \cdot \ln(Q_{ij0}) \\ & - 5.574 \cdot \ln\left(\frac{T_{ijt}}{S_{ijt}} / \frac{T_{ij0}}{S_{ij0}}\right) - 3.742 \cdot \ln\left(\frac{T_{ij0}}{S_{ij0}}\right) - 3.811 \cdot \ln\left(\frac{S_{ijt}}{S_{ij0}}\right) + 4.228 \cdot \ln(S_{ij0}) \\ & + 1.431 \cdot \ln(P_{ijt}) \cdot \ln(R_{it} \cdot R_{jt}) - 1.825 \cdot \ln(T_{ijt}) \cdot \ln(R_{it} \cdot R_{jt}) + U_{ijt} \end{aligned}$$

Arbeidsreiser

$$\begin{aligned} \ln(Y_{ijt}) = & \ln(13.15) + 0.250 \cdot \ln(B_{it} \cdot B_{jt}) + 9.471 \cdot \ln(R_{it} \cdot R_{jt}) \\ & - 1.740 \cdot \ln\left(\frac{P_{ijt}}{Q_{ijt}} / \frac{P_{ij0}}{Q_{ij0}}\right) + 0.550 \cdot \ln\left(\frac{P_{ij0}}{Q_{ij0}}\right) - 1.111 \cdot \ln\left(\frac{Q_{ijt}}{Q_{ij0}}\right) + 1.151 \cdot \ln(Q_{ij0}) \\ & - 3.971 \cdot \ln\left(\frac{T_{ijt}}{S_{ijt}} / \frac{T_{ij0}}{S_{ij0}}\right) - 1.801 \cdot \ln\left(\frac{T_{ij0}}{S_{ij0}}\right) - 0.890 \cdot \ln\left(\frac{S_{ijt}}{S_{ij0}}\right) - 2.592 \cdot \ln(S_{ij0}) \\ & + 0.510 \cdot \ln(P_{ijt}) \cdot \ln(R_{it} \cdot R_{jt}) - 2.171 \cdot \ln(T_{ijt}) \cdot \ln(R_{it} \cdot R_{jt}) + U_{ijt} \end{aligned}$$

Variablene i modellen er som følger. Y_{ijt} er antall flyreiser mellom i og j i periode t , B_{it} og R_{it} er henholdsvis innbyggertall og gjennomsnittsinntekt i influensområde i . P_{ijt} og Q_{ijt} er billettpris for henholdsvis fly og raskeste alternative kollektive transportmiddel ved tid t , mens T_{ijt} og S_{ijt} er tilsvarende for reisetid. U_{ijt} er et stokastisk restledd.

Elastisitetene som fremkommer med disse modellene får lite troverdige verdier. Årsaken til dette er at modellformuleringen er svært følsom for endringer i data-materialet. Dessuten er datagrunnlaget for flere av forklaringsfaktorene svært usikkert.

Regresjonsmodeller

I denne delen av oppgaven er det utviklet regresjonsmodeller på loglineær form. Den aktuelle regresjonsligningen kan skrives som følger

$$\ln Y_{ijt} = \mathbf{y} + \mathbf{b} \cdot \ln(B_{it} \cdot B_{jt}) + \mathbf{r} \cdot \ln(R_{it} \cdot R_{jt}) + \mathbf{p}_1 \cdot \ln(P_{ijt}) + \mathbf{p}_2 \cdot \ln(Q_{ijt}) + \mathbf{e}_{ijt}$$

der variablene har samme tolkning som i FØNIKS med unntak av billettprisene, som i regresjonsmodellen er indeksert til 1 i år 1979. Ulike representasjoner av konstanten \mathbf{y} og feilleddet \mathbf{e}_{ijt} er utprøvd. Som inntektsmål har jeg valgt å benytte *privat konsum per innbygger* og *BNP per innbygger* for henholdsvis private- og arbeidsbetingede reiser.

Tilpasning av klassiske lineære regresjonsmodeller for både private reiser og arbeidsreiser gir at alle parametrene blir signifikante med unntak av \mathbf{p}_2 som beskriver

krysspriselasiteteten. Dette leddet utelates derfor fra modellene. Imidlertid viser det seg at antagelsen om like forhold på alle relasjonene ikke holder. Den klassiske regresjonsmodellen er derfor blitt erstattet med en modell med varierende konstantledd. Både fixed effects modeller og random effects modeller er forsøkt brukt. Både for private reiser og arbeidsreiser viser Hausmans test at random effects modellen kan være et godt alternativ til fixed effects modellen.

Et problem med regresjonsmodellene ovenfor er imidlertid at feilleddene er autokorrelerte. Dette vil kunne medføre forventningsskjevhet i parameterestimaterne. Det er derfor inkludert en AR(1)-modell for feilleddene for å løse dette problemet. For private reiser er da ikke lenger random effects modellen et bra alternativ til fixed effects modellen. Den endelige modellen for private reiser blir dermed

$$\ln Y_{ijt} = \mathbf{y}_{ij} + 0.873 \cdot \ln(B_{it} \cdot B_{jt}) + 0.954 \cdot \ln(R_{it} \cdot R_{jt}) - 0.845 \cdot \ln(P_{ijt}) + \mathbf{e}_{ijt}$$

$$\mathbf{e}_{ijt} = 0.718 \cdot \mathbf{e}_{ij,t-1} + \mathbf{h}_{ijt}$$

For arbeidsreiser blir modellen

$$\ln Y_{ijt} = \mathbf{y}_{ij} + 0.652 \cdot \ln(B_{it} \cdot B_{jt}) + 0.918 \cdot \ln(R_{it} \cdot R_{jt}) - 0.676 \cdot \ln(P_{ijt}) + \mathbf{e}_{ijt}$$

$$\mathbf{e}_{ijt} = 0.751 \cdot \mathbf{e}_{ij,t-1} + \mathbf{h}_{ijt}$$

Testing av modellantagelser for disse modellene har ikke avdekket brudd.

Dynamiske regresjonsmodeller

Det er forsøkt utviklet en dynamisk regresjonsmodell på formen

$$y_t = \mathbf{a} + \mathbf{B}\mathbf{x}_t + \mathbf{d}y_{t-1} + \mathbf{e}_t$$

Verdien på den avhengige variabelen ved tid t vil være avhengig ikke bare av verdien på de eksogene variablene ved tid t , men også alle tidligere verdier av disse. Dette kommer fram ved kontinuerlig substitusjon for y_{t-1} .

Estimatet for \mathbf{d} blir ikke signifikant verken for private reiser eller arbeidsreiser. Det er med andre ord ingen grunn til å inkludere det dynamiske leddet $y_{i,t-1}$ på måten det er gjort her. En mulig årsak til at \mathbf{d} ikke blir signifikant, kan være at \mathbf{d} ikke er lik for de ulike relasjonene, noe som kan føre til at effekten av dette leddet utjevnes.

ARIMA-modeller

ARIMA-modeller er utviklet på relasjonsnivå for relasjonene Oslo-Bergen og Tromsø-Kirkenes. Resultatene fra utvikling av modeller for private reiser og arbeidsreiser på disse relasjonene er deretter overført til de andre relasjonene. Det er benyttet logaritmisk transformasjon av variablene.

Med unntak av arbeidsreiser på relasjonen Tromsø-Kirkenes, er seriene klart ikke-stasjonære med en stigende trend. Seriene blir derfor differensiert. ACF og PACF

til de transformerte seriene viser ikke noe klart mønster. De endelige modellene blir derfor I(1)-modeller

$$(1-B)\ln Z_t = \mathbf{q}_0 + a_t$$

For tidsseriene for arbeidsreiser på relasjonen Tromsø-Kirkenes, kunne det alternativt vært benyttet en AR(1)-modell. Jeg ønsker imidlertid å benytte samme modell for alle tidsseriene og har derfor valgt å benytte en I(1)-modell som beskrevet over.

Testing av modellantagelser avdekket ikke noen brudd for de fire I(1)-modellene på relasjonene Oslo-Bergen og Tromsø-Kirkenes.

Sammenligning av elastisiteter

I rapporten sammenlignes elastisiteter fra de reestimerte FØNIKS-modellene og fixed effects modellene med tilsvarende elastisiteter fra den opprinnelig estimerte FØNIKS-modellen og Persontransportmodellen. Fixed effects modellene gir gjennomgående relativt troverdige elastisiteter. Befolknings- og inntekts-elastisitetene er imidlertid noe høye, henholdsvis 1.75 og 1.91 for private reiser og 1.30 og 1.84 for arbeidsreiser. Dette skyldes trolig at disse inkluderer effekten av aktuelle forklaringsfaktorer som ikke er inkludert eksplisitt i modellen. Priselastisitetene blir troverdige med en elastisitet på -0.85 for private reiser og -0.65 for arbeidsreiser. Dette støtter opp om antagelsen om at private reiser er mer følsomme for prisendringer enn arbeidsreiser.

De reestimerte FØNIKS-modellene gir lite troverdige elastisitetestimater. De får for eksempel inntektselastisiteter på rundt 3. Disse modellene ser ikke ut til å være særlig bra.

Sammenligning av prognoseegenskaper

Sammenligningen av prognoseegenskaper er gjort ved å se hvor godt modellene treffer den faktisk observerte veksten i flytrafikken for årene 1991 til 1996. Dette er gjort både for de aktuelle estimerte modellene og for tilsvarende reestimerte modeller der perioden 1991 til 1996 er utelatt ved estimeringen. Anslag på prognoseavviket er målt ved hjelp av kvadratrotten av gjennomsnittlig kvadratfeil (RMSE), og gjennomsnittlig absolutt prosentfeil (MAPE). Skjevheten i prognosene studeres gjennom gjennomsnittlig prosentfeil (MPE).

Det viser seg at alle modellene overestimerer trafikken. Dette skyldes at veksten i flytrafikken i denne perioden har vært noe svakere enn for resten av perioden. Ingen av modellene klarer å fange opp dette. For FØNIKS og fixed effects modellene kan dette skyldes mangel på relevante forklaringsfaktorer samt at elastisitetene neppe er konstante over tid.

Den modelltypen som treffer best er ARIMA-modellene. Hovedårsaken til dette er at disse er tilpasset på relasjonsnivå. Dessuten viser tidligere studier at slike modeller ofte treffer bra. Imidlertid kan ikke slike modeller si noe om hva som

forklarer etterspørselen etter flyreiser. Det er heller ikke mulig å lage forskjellige scenarier for å studere for eksempel effekten av ulik økonomisk utvikling.

Med unntak av ARIMA-modellene treffer fixed effects modellene og den opprinnelige estimerte FØNIKS-modellen best. De reestimerte FØNIKS-modellene treffer dårlig.

Prognoser

Prognosene fra de forskjellige modellene i denne rapporten er sammenlignet med prognoser fra Persontransportmodellen på relasjonsnivå. Det er derfor i hovedsak benyttet samme forutsetninger på utviklingen i eksogene variabler som de som tidligere er benyttet ved kjøring av Persontransportmodellen.

For private reiser ligger prognosene fra FØNIKS, fixed effects modellen og ARIMA-modellen alle over prognosene fra Persontransportmodellen for de aller fleste relasjonene. Når det gjelder arbeidsreiser er bildet noe forskjellig. Her veksler Persontransportmodellen og fixed effects modellen på å gi de laveste prognosene. Også FØNIKS gir relativt lave prognoser. Årsaken til dette er at både fixed effects modellen og FØNIKS for arbeidsreiser bruker BNP som inntektsmål, mens Persontransportmodellen benytter realdisponibel husholdningsinntekt. Prognosene for veksten i BNP er mye lavere enn prognosene for veksten i realdisponibel husholdningsinntekt.

Konklusjon og forslag til videre arbeid

De viktigste konklusjonene er

- FØNIKS ustabil. Parameterestimer, elastisiteter og prognoser er svært følsomme for endringer i datamaterialet.
- I de aktuelle regresjonsmodellene som er utviklet i denne rapporten, må man benytte varierende konstantledd og autokorrelerte feilledd for å unngå forventningsskjevheter i parameterestimatene.
- Flere relevante forklaringsvariabler bør inkluderes i regresjonsmodellene og FØNIKS.
- Elastisitetene er neppe konstante over tid.
- Prognosene fra modellene overestimerer trolig veksten i flytrafikken.