

Betydningen af skiftekarakteristika for passagerers rutevalg i kollektiv transport

Morten Eltved

Otto Anker Nielsen

Marie Karen Anderson

Med betydelige bidrag fra:

Mette Berner Dyrberg, Charlotte Baastrup Christensen & Carlo G. Prato

Agenda

- Baggrund for studiet
- Udvælgelse af betydende variable for skifteoplevelsen
- Estimerede rutevalgsmodeller
- Hvordan anvender vi resultaterne?

Skift og ventetid er træls!



Men hvad er mest træls. . .

Hvor vil du helst skifte? I

Vente her?



... eller her?



Hvor vil du helst skifte? II

Skifte her?



... eller her?



Hvor vil du helst skifte? III

Skifte her?



... eller her?



Hvordan beskriver vi skifteoplevelsen?

Studier	Niveau-ændringer	Rulletrapper	Rampe-længde	Venteskure	Realtids-information	Wayfinding	Sikkerhed/tryghed	Shopping-muligheder	Stations-udtryk	Sæder ved perronen
Anderson (2013)								(x)		
Chowdhury & Ceder (2013)					X	X	X			
Chowdhury et al. (2014)				X		X				(x)
Garcia-Martinez et al. (2018)	X				X					
Gou & Wilson (2011)	X	X	X							
Iseki & Taylor (2009)	(x)	(x)		(x)	(x)	(x)	(x)		(x)	
Navarrete & Ortúzar (2013)		X				X				
Raveau et al. (2011)	X	X								
Raveau et al. (2014)	X	X								
Schakenbos et al. (2016)								X		

Udvælgelse af variable I

- Otte variable udvalgt til nærmere evaluering
- Evalueret på fire kriterier:
 - Validitet: hvor relevant er variabelen?
 - Pålidelighed: hvor objektiv er variabelen?
 - Målbarehed: hvor let er variabelen at måle?
 - Datatilgængelighed: hvor krævende er dataindsamlingen?

Udvælgelse af variable II

Stationsudtryk

Sæder ved perron

Sikkerhed/tryghed

Shoppingmuligheder

Niveauændringer

Venteskure

Wayfinding

Udvælgelse af variable III

	Validitet	Pålidelighed	Målbarhed	Data
Stationsudtryk	Lav	Lav	Lav	Lav
Sæder ved perron	Medium	Høj	Høj	Lav
Sikkerhed/tryghed	Medium	Medium	Medium	Medium
Shoppingmuligheder	Høj	Høj	Høj	Høj
Niveauændringer	Høj	Høj	Høj	Høj
Venteskure	Høj	Høj	Høj	Høj
Wayfinding	Høj	Medium	Medium	Medium

Udvælgelse af variable III

	Validitet	Pålidelighed	Målbarhed	Data
Stationsudtryk	Lav	Lav	Lav	Lav
Sæder ved perron	Medium	Høj	Høj	Lav
Sikkerhed/tryghed	Medium	Medium	Medium	Medium
Shoppingmuligheder	Høj	Høj	Høj	Høj
Niveauændringer	Høj	Høj	Høj	Høj
Venteskure	Høj	Høj	Høj	Høj
Wayfinding	Høj	Medium	Medium	Medium

Udvælgelse af variable III

	Validitet	Pålidelighed	Målbarhed	Data
Stationsudtryk	Lav	Lav	Lav	Lav
Sæder ved perron	Medium	Høj	Høj	Lav
Sikkerhed/tryghed	Medium	Medium	Medium	Medium
Shoppingmuligheder	Høj	Høj	Høj	Høj
Niveauændringer	Høj	Høj	Høj	Høj
Venteskure	Høj	Høj	Høj	Høj
Wayfinding	Høj	Medium	Medium	Medium

Variabeldefinition: Shoppingmuligheder

Butik tilgængelig på mindst ét skift på turen



Variabeldefinition: Niveauændringer

Rulletrappe tilgængelig på stationen



Variabeldefinition: Wayfinding

Niveau 1



Niveau 2



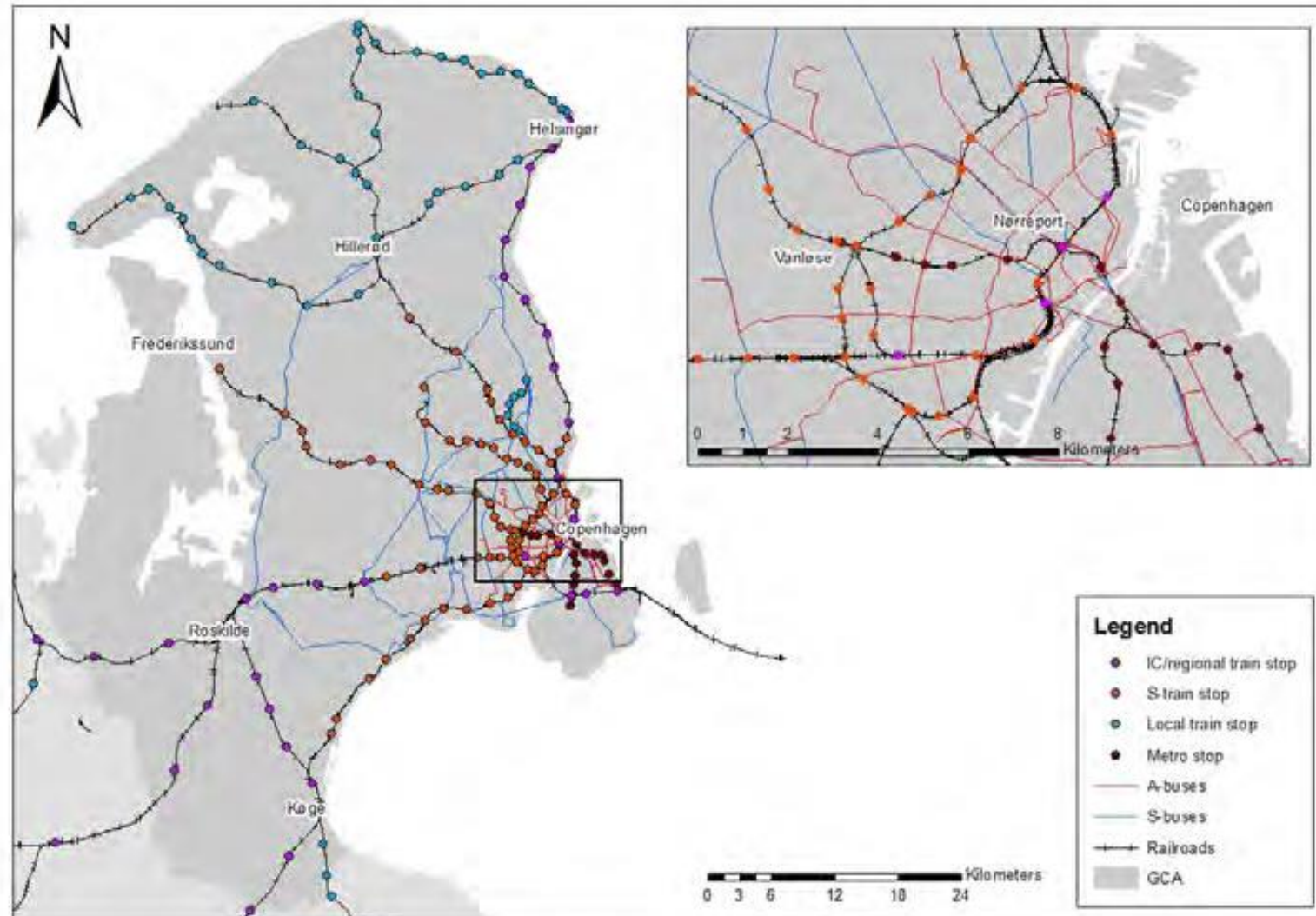
Niveau 3



Dataindsamling

- Detaljeret indsamling af variable for de 20 største skiftestationer
 - 65% af alle skift i stikprøven er foretaget her
 - Alle tilgængelige skiftemuligheder er defineret
- Mere generel indsamling for resterende stationer og stop
 - Baseret på klassifikationer af stations- og stoptyper
- Skiftekarakteristika indgår i rutevalgmodellens skiftekanter

Case study



Data for observerede ruter

- 5.121 observerede ruter (Transportvaneundersøgelsen 2009-2011)
 - 2.667 arbejdsrelaterede ture
 - 2.454 fritidsture
- Matchet til det kollektive netværk i Anderson (2013)
- 18-200 alternativer genereret for hver observeret rute

Modelestimation – Multinomial Logit model

- Valgsandsynlighed for alternativet:

$$P_k = \frac{\exp(V_k)}{\sum_{l \in C_n} \exp(V_l)}$$

- V_j er nytten af rute k og beskrives af flg. variable:
 - Skjult ventetid
 - Til- og frabringer gangtid
 - Køretid i køretøj (bus, S-tog, Metro, lokalbane, fjern- og regionaltoget)
 - Gangtid mellem stop
 - Ventetid (fordelt på transportmidler)
 - Shoppingmulighed
 - Rulletrapper
 - Wayfinding

Resultater – Grundmodel

	Rate of substitution (ift bus køretid)	
	Work	Leisure
Til- og frabringertid	1,43	1,37
Bus + ½ * skjult ventetid	1,00	1,00
Lokaltog	0,98	0,89
Metro	0,76	0,82
Reg, and intercitytog	1,02	1,34
S-tog	0,91	0,93
Skiftestraf	5,47	5,44
Gangtid ved skift	0,33	0,49
Ventetid ved skift	0,09	0,09

Resultater – Grundmodel

	Rate of substitution (ift bus køretid)	
	Work	Leisure
Til- og frabringertid	1,43	1,37
Bus + ½ * skjult ventetid	1,00	1,00
Lokaltog	0,98	0,89
Metro	0,76	0,82
Reg, and intercitytog	1,02	1,34
S-tog	0,91	0,93
Skiftestraf	5,47	5,44
Gangtid ved skift	0,33	0,49
Ventetid ved skift	0,09	0,09

Resultater – Model med skiftekarakteristika

	Rate of substitution (ift bus køretid)	
	Work	Leisure
Til- og frabringertid	1,41	1,37
Bus + ½ * skjult ventetid	1,00	1,00
Lokaltog	0,97	0,86
Metro	0,79	0,81
Reg, and intercitytog	0,95	1,29
S-tog	0,94	0,94
Skiftestraf	5,64	5,40
Gangtid ved skift	0,40	0,55
Ventetid ved skift – Bus	0,07	0,08
Ventetid ved skift – Tog	0,14	0,10
Ventetid ved skift – Metro	0,37	0,51
Shoppingmulighed	-0,90	-0,34*
Wayfinding – medium svært	0,82	0,45*
Wayfinding – meget svært	2,19	0,49*
Rulletrapper ved skift	-1,02	-0,83

Resultater – Model med skiftekarakteristika

	Rate of substitution (ift bus køretid)	
	Work	Leisure
Til- og frabringertid	1,41	1,37
Bus + ½ * skjult ventetid	1,00	1,00
Lokaltog	0,97	0,86
Metro	0,79	0,81
Reg, and intercitytog	0,95	1,29
S-tog	0,94	0,94
Skiftestraf	5,64	5,40
Gangtid ved skift	0,40	0,55
Ventetid ved skift – Bus	0,07	0,08
Ventetid ved skift – Tog	0,14	0,10
Ventetid ved skift – Metro	0,37	0,51
Shoppingmulighed	-0,90	-0,34*
Wayfinding – medium svært	0,82	0,45*
Wayfinding – meget svært	2,19	0,49*
Rulletrapper ved skift	-1,02	-0,83

Resultater – Model med skiftekarakteristika

	Rate of substitution (ift bus køretid)	
	Work	Leisure
Til- og frabringertid	1,41	1,37
Bus + ½ * skjult ventetid	1,00	1,00
Lokaltog	0,97	0,86
Metro	0,79	0,81
Reg, and intercitytog	0,95	1,29
S-tog	0,94	0,94
Skiftestraf	5,64	5,40
Gangtid ved skift	0,40	0,55
Ventetid ved skift – Bus	0,07	0,08
Ventetid ved skift – Tog	0,14	0,10
Ventetid ved skift – Metro	0,37	0,51
Shoppingmulighed	-0,90	-0,34*
Wayfinding – medium svært	0,82	0,45*
Wayfinding – meget svært	2,19	0,49*
Rulletrapper ved skift	-1,02	-0,83

Resultater – Model med heterogenitet

- Test af forskellige præferencer mellem passagererne
- Stor heterogenitet for skiftestraffen
 - Forskellige opfattelser af hvor slemt skift er
- Også heterogenitet for wayfinding
 - Nogen tillægger det ingen betydning

Sammenligning af modeller

	Base model	Multinomial model	Mixed logit model
Log(likelihood)	-2.735	-2.697	*-2.340
AIC	5.489	5.426	4.731
BIC	5.542	5.520	4.878

Konklusion

- Intuitive fortegn på parametre for skiftekarakteristika
 - Indkøbsmulighed - positivt
 - Sværere wayfinding - negativt
 - Rulletrapper - positivt
- Skiftekarakteristika mere relevant for arbejdsrelaterede ture
- Skiftestraf:
 - 2,7 minutter for bedst mulige skift
 - 7,8 minutter for værst mulige skift

Hvordan anvender vi resultaterne?

- Forbedring af rutevalgsmodeller
- Anlæg af nye stationer
- Optimere passagerflows på stationer

Fremtidigt arbejde

- Inkludere første og sidste station/stop i modellen
- Bruge nye indsamlede ture fra 2011-2019
- Indsamle mere data om stationskarakteristika
- Evt. benytte rejsekortdata i stedet for TU observationer

DTU



Results – Multinomial Logit Model

Parameters	Work		Leisure		Rate of substitution (to bus IVT)	
	Coef.	Rob. t-test	Coef.	Rob. t-test	Work	Leisure
In-vehicle time						
Bus + ½ * hidden waiting time	-0.371	-26.06	-0.336	-27.15	1.00	1.00
Local train	-0.360	-6.97	-0.289	-6.14	0.97	0.86
Metro	-0.292	-12.52	-0.274	-11.49	0.79	0.81
Reg. and intercity train	-0.353	-14.24	-0.434	-14.94	0.95	1.29
S-train	-0.347	-21.87	-0.316	-20.03	0.94	0.94
Transfer components						
Transfer penalty	-2.088	-13.09	-1.814	-12.01	5.64	5.40
Transfer waiting time Bus	-0.026	-4.50	-0.026	-4.56	0.07	0.08
Transfer waiting time Train	-0.050	-8.23	-0.035	-5.03	0.14	0.10
Transfer waiting time Metro	-0.137	-5.14	-0.170	-4.9	0.37	0.51
Transfer walking time	-0.147	-5.71	-0.186	-6.35	0.40	0.55
Shop available at any transfer	0.332	2.47	0.115	0.85*	-0.90	-0.34
Ease of wayfinding – Lit./Mod.	-0.306	-2.61	-0.150	-1.12*	0.82	0.45
Ease of wayfinding - Difficult	-0.811	-2.44	-0.165	-0.59*	2.19	0.49
Escalators at transfer points	0.376	4.48	0.278	2.67	-1.02	-0.83
Other components						
Access/egress	-0.523	-19.41	-0.460	-20.98	1.41	1.37
First boarding is on a bus	-0.897	-4.60	-0.607	-2.36	2.42	1.81
No. of est. parameters:	16		16			
Number of observations:	2,667		2,454			
Null log-likelihood:	-13,063		-11,659			
Final log-likelihood:	-2,697		-3,258			
Likelihood ratio test:	20,733		16,803			
Adjusted rho-square:	0.792		0.719			

Resultater – Heterogenitet (mixed model)

Parameters	Work		Leisure		Rate of substitution (to bus IVT)	
	Coef.	Rob. t-test	Coef.	Rob. t-test	Work	Leisure
In-vehicle time						
Bus + ½ * hidden waiting time (μ)	-0.437	-8.14	-0.405	-8.23	1.00 [1.00-1.00]	1.00 [1.00-1.00]
Bus + ½ * hidden waiting time (σ)	-0.351	-11.52	-0.492	-12.18		
Local train (μ)	-0.587	-7.48	-0.993	-4.37	0.97 [0.46-1.81]	0.72 [0.14-2.23]
Local train (σ)			-0.511	-2.64		
Metro (μ)	-0.388	-10.17	-0.814	-7.10	0.64 [0.30-1.19]	0.84 [0.17-2.57]
Metro (σ)			0.480	3.61		
Reg. and intercity train (μ)	-0.659	-8.94	-0.463	-5.29	0.89 [0.32-2.00]	1.27 [0.21-4.31]
Reg. and intercity train (σ)	-0.309	-6.08	-0.597	-12.92		
S-train (μ)	-0.664	-11.62	-0.638	-10.10	0.86 [0.37-1.70]	0.93 [0.26-2.39]
S-train (σ)	0.163	3.39	0.276	2.78		
Transfer components						
Transfer penalty (μ)	1.252	15.83	1.203	12.34	5.79 [2.63-11.10]	6.16 [1.41-17.71]
Transfer penalty (σ)	-0.107	-3.49	0.420	4.99		
Transfer waiting time Bus	-0.040	-3.72	-0.059	-5.47	0.06 [0.03-0.12]	0.10 [0.03-0.23]
Transfer waiting time Train	-0.083	-6.58	-0.061	-5.16	0.14 [0.06-0.26]	0.10 [0.04-0.24]
Transfer waiting time Metro	-0.292	-5.46	-0.338	-4.40	0.48 [0.23-0.90]	0.57 [0.19-1.33]
Transfer walking time	-0.242	-5.74	-0.267	-5.89	0.40 [0.19-0.74]	0.45 [0.15-1.05]
Shop available at any transfer (μ) (positive log-norm. distribution)	-0.742	-1.78	0.434	0.85	-1.35 [(-6.35)-(-0.09)]	-0.74 [(-1.71)-(-0.25)]
Shop available at any transfer (σ)	1.040	5.81				
Ease of wayfinding – Lit./Mod. (μ) (normal distribution)	-0.514	-2.61	-0.342	-1.41	0.84 [-2.02-4.20]	0.58 [0.20-1.35]
Ease of wayfinding – Lit./Mod. (σ)	0.739	3.27				
Ease of wayfinding – Difficult (μ) (normal distribution)	-2.141	-2.90	-0.383	-0.88	3.53 [-1.65-10.75]	0.65 [0.22-1.51]
Ease of wayfinding – Difficult (σ)	2.654	3.93				
Escalator at transfer point (μ) (positive log-norm. distribution)	-1.020	-4.15	-1.088	-2.55	-0.91 [(-3.91)-(-0.08)]	-0.78 [(-3.16)-(-0.08)]
Escalator at transfer point (σ)	-0.931	-13.12	0.795	7.53		
Other components						
Access/egress (σ)	-0.143	-2.75	-0.148	-3.52	1.54 [0.48-3.76]	1.57 [0.38-4.37]
Access/egress (σ)	0.391	14.46	0.379	12.29		
First boarding is on a bus	-0.897	-5.84	-1.477	-3.73	2.85 [1.35-5.32]	2.51 [0.85-5.82]
No. of est. parameters:	25		24			
Number of observations:	2,667		2,454			
Null log-likelihood:	-13,063		-11,659			
Final log-likelihood:	-2,340		-2,626			
Adjusted rho-square:	0.819		0.773			