

Shift Scheduling for Train Dispatchers

Tomas Lidén

Christiane Schmidt

Rabii Zahir

KAJT-Dagarna

2023-05-15

Introduktion

- Tågklarerares uppgifter:
 - Övervaka & styra tågtrafik
 - Dirigering, kommunikation, administration, ...
- Operativ 24/7: risk för trötthet
- Högt tempo: hög arbetsbelastning
- Vad kan vi göra?



Image source: <https://www.flickr.com/photos/americaspower/3418746613/>

Skiftplanering idag

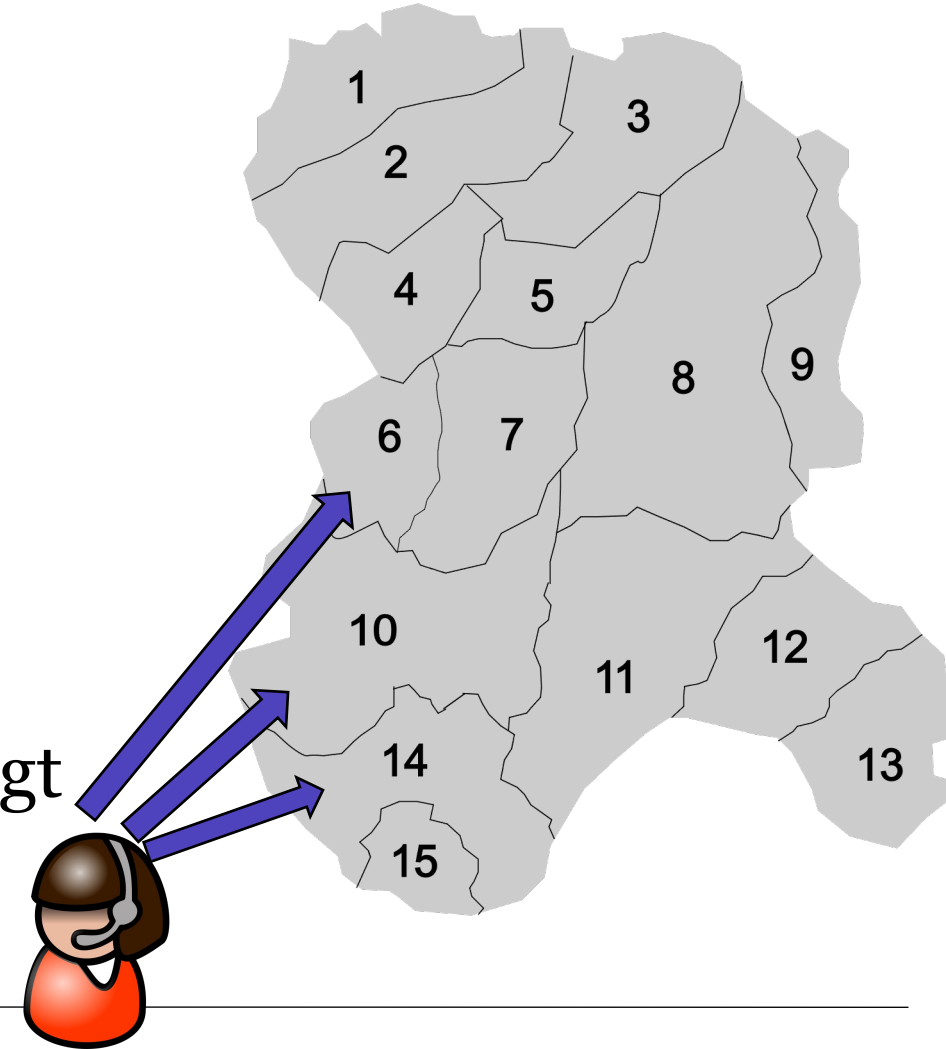
- Manuell process
- Mycket komplext och tidskrävande
- Många bivillkor: rättsliga och operativa
- Kan resultera i over/underbemannad skift: kostnad vs säkerhet

Vårt bidrag

- Automatisera skiftplanering för tågklarerare (endagsschema)
- Optimeringsramverk: heltalsprogrammering (IP)
- Övervägda aspekter: skiftlängd, tågklarerarnas kompetenser/område, områdeskombinationer och uppgiftsbelastning
- Arbetsbelastningen är subjektiv: förenklad hantering
- Uppgiftsbelastning given av antal tågrörelser/område/tidsperiod

Problembakgrund

- En mängd geografiska områden
- En mängd tågklarerare
- Tillåten skiftlängd
- Minimum uppehåll mellan skift
- Uppgiftsbelastning per område och tidsperiod
- Målet: använda så få tågklarerare som möjligt



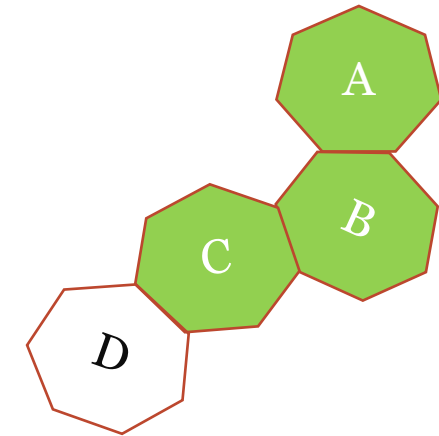
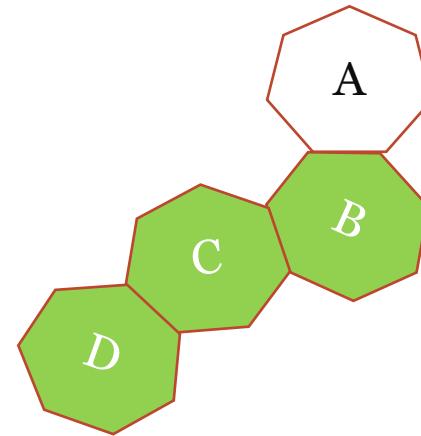
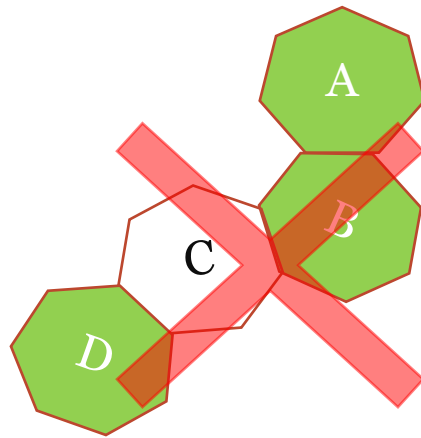
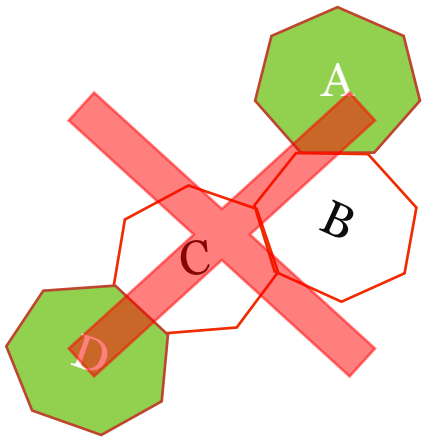
Metod

- Litteraturoversikt: rättsliga och operativa bivillkor
- IP modell baserad på Josefsson et al.*



Områdeskombinationer

- Områden kan kombineras om uppgiftbelastningen tillåter
- Bara gränsande områden kan slås ihop



Modellen: beslutsvariabler

- Tilldelning av områden per period till vilken tågklarare ($x_{i,j,k}$)
- Huruvida en given tågklarare har använts någon gång (q_i)

Variables	Description
$x_{i,j,k} \in \{0, 1\}$	=1 if dispatcher i is assigned area j during period k
$c_{i,\ell,k} \in \{0, 1\}$	=1 if dispatcher i is assigned area combination ℓ during period k
$y_{i,k} \in \{0, 1\}$	=1 if dispatcher i is at work during period k
$v_{i,k} \in \{0, 1\}$	=1 if dispatcher i starts a shift during period k
$q_i \in \{0, 1\}$	=1 if dispatcher i is used during some period

Målfunktion: minimera antal använda tågklarare

$$\min . \quad \sum_{i \in D} q_i$$

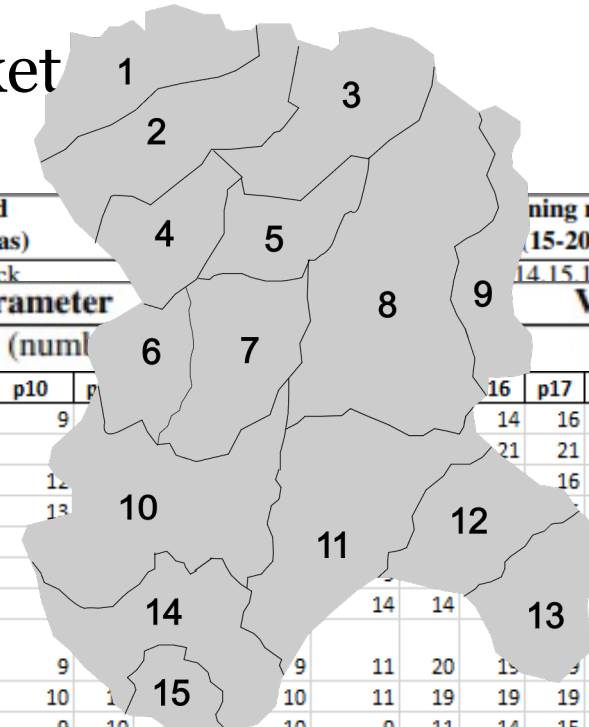
Modellen: bivillkor

- Begränsa uppgiftbelastning
- Tildela område bara till personer med rätt licens
- Min/max skiftlängd
- Min uppehåll mellan skift
- Varje område måste vara övervakad av exakt en tågklarare

Experiment

Basscenario:

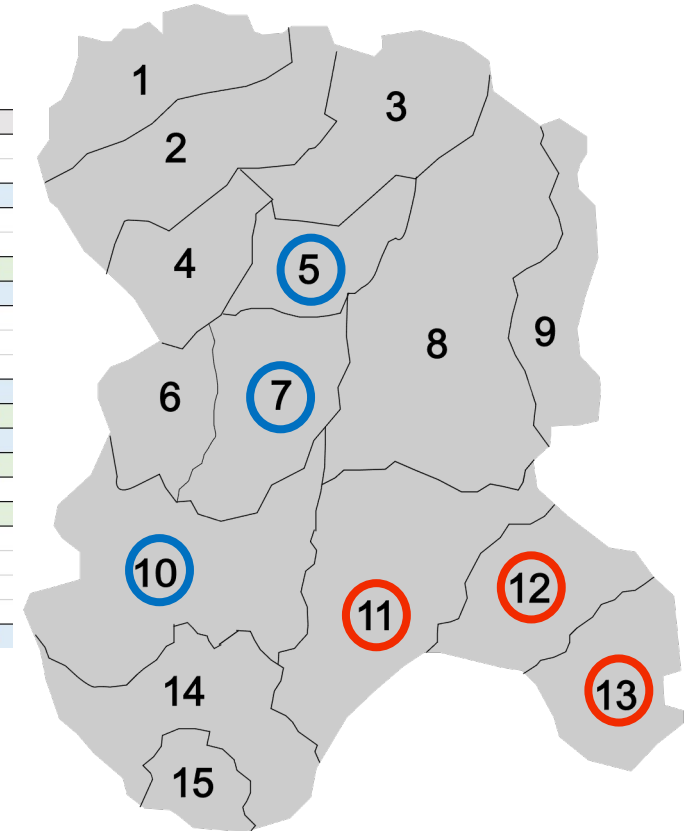
- Artificiellt data baserad på info från Trafikverket
- Uppgiftsbelastning (tågrörelser)
- 22 tågklarerare (tillgängliga) för att täcka områden
- Min/max skiftlängd: [4, 12]
- Min uppehåll mellan skift: 10 min
- Max uppgiftsbelastning: 15
- Max storlek på område: 15



Type and (list of areas)	Morning rush (15-20)			Day time (9-15 & 20-24)			Evening rush (18-24)			Night (0-10, 11)															
	14	15	16	9,10,11	9,10,11	9,10,11	9,10,11	9,10,11	9,10,11	9,10,11	9,10,11														
Single-track (1,10)	Parameter																								
	A (numl)																								
	p0	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10	p11	p12	p13	p14	p15	p16	p17	p18	p19	p20	p21	p22	p23	
ar.1	2	3	3	2	3	3	15	15	16	9	9	9	9	9	9	9	14	16	14	10	10	10	10	9	
ar.2	11	11	10	11	10	9	11	11	9	11	11	11	11	11	11	11	21	21	19	20	11	11	9	9	
ar.3	11	12	13	11	11	11	15	14	15	13	12	12	12	12	12	12	16	16	11	13	14	10	12	10	
ar.4	11	13	13	13	10	11	13	16	14	13	13	13	13	13	13	13	15	13	10	12	13	13	10	10	
ar.5	11	11	11	10	9	9	9	9	11	11	11	11	11	11	11	11	19	20	9	9	10	9	10	9	
ar.6	9	9	10	10	11	10	9	9	10	11	11	11	11	11	11	11	20	19	9	10	11	11	10	10	
ar.7	11	14	11	13	13	12	16	15	14	10	10	10	10	10	10	10	16	12	11	11	11	11	13	10	
ar.8	9	11	11	10	10	10	11	9	9	10	9	9	9	9	9	9	19	19	20	21	11	11	10	10	
ar.9	10	10	9	9	11	10	10	11	9	10	10	10	10	10	10	10	19	19	19	21	21	11	11	9	10
ar.10	3	2	3	2	3	3	16	14	16	11	9	10	10	10	10	10	14	15	15	9	11	11	9	11	
ar.11	2	2	2	3	3	2	14	14	15	11	9	10	10	10	10	10	14	15	16	11	11	9	11	10	
ar.12	2	3	2	2	3	2	16	14	14	9	11	9	11	10	10	10	14	14	14	9	10	10	10	9	
ar.13	3	3	2	2	3	2	14	16	14	10	9	10	10	9	11	11	15	16	16	11	11	10	11	11	
ar.14	9	11	11	9	10	10	9	9	9	11	10	11	10	11	9	21	20	20	20	20	11	9	10	10	
ar.15	9	9	10	9	11	11	10	10	10	11	10	10	9	10	11	20	19	19	19	19	10	10	9	9	

Resultat basscenario

	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
D1												5;8;9	6;1	11;12;13	2;3	1;2	12;13	9	15	3;4	6	11;12;13		
D2	15	10	4;6	3	11;14;15	5;8;9	6;7	6;7	11;12	11;12;13	8;9			4	4;5	8	14	4;7	9	12;13	12;13	3	3;5	13
D3																								
D4		3;5	1;2;3	11;12;13	12;13	1;2;3	1;2	1;2	3;4	1;2	1;2;3													
D5				10;14;15	1;2;3	4;6	10;11	10;11	14;15	6	11;12;13	10;14	1;2	15										
D6	5	4																						
D7	3	1	9	5	5;8;9	7	12;13	3;4								7	5	14	5	5	7;1	6	7	1;2;3
D8																								
D9																								
D10																								
D11	6;10;14	6;7	11;12;13	1;2;4																				
D12	12	14;15	5;7;10																					
D13																								
D14	1;2;4	2																						
D15																								
D16	13																							
D17	7	11;12;13	8	6;7	4;6	15	3;4	5;8;9	7;1	3	15													
D18																								
D19																								
D20																								
D21	8;9;11	8;9	14;15	8;9	7;1																			



- 21 tågklarerare användes
- Körtiden: 57s

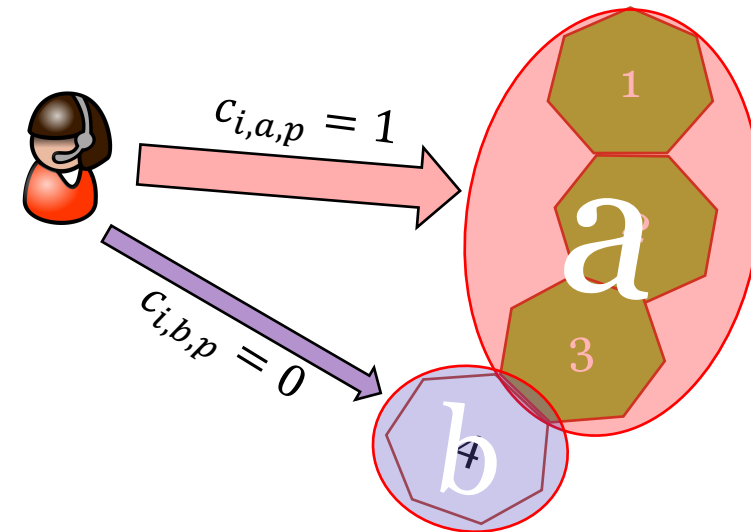
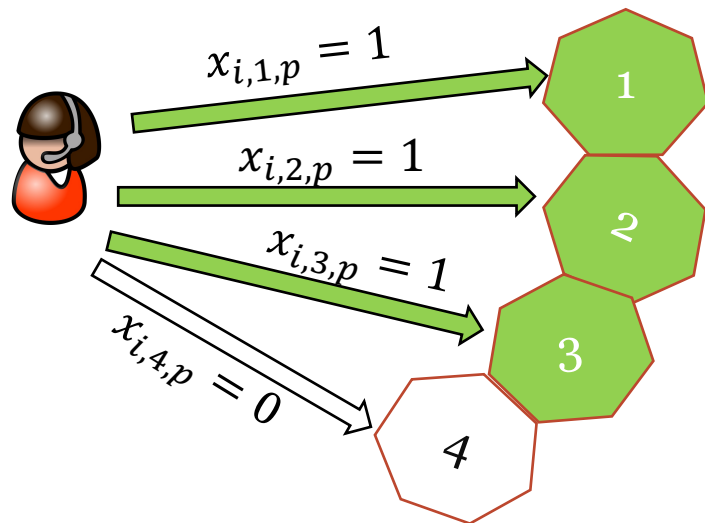
Vad kan vi förbättra?

	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
D1												5;8;9	6;1	11;12;13	2;3	1;2	12;13	9	15	3;4	6	11;12;13		
D2	15	10	4;6	3	11;14;15	5;8;9	6;7	6;7	11;12	11;12;13	8;9													
D3														4	4;5	8	14	4;7	9	12;13	12;13	3	3;5	13
D4		3;5	1;2;3	11;12;13	12;13	1;2;3	1;2	1;2	3;4	1;2	1;2;3													
D5				10;14;15	1;2;3	4;6	10;11	10;11	14;15	6	11;12;13	10;14	1;2	15										
D6	5	4														7	5	14	5	5	7;1	6	7	1;2;3
D7	3	1	9	5	5;8;9	7	12;13	3;4														10	6;8;10	12
D8						11;12;13	14;15	12;13	1;2	14;15	14	1;2	8;9	1	1									
D9						10;14	5;8;9	14;15	5;8;9	7;8;9	6;7	3;4	4;7	8;9	6;8;10	12;13								
D10									6	10	10	6;7	12;13	2;3	11;14;15	14	4;7	8	11					
D11	6;10;14	6;7	11;12;13	1;2;4															12;13	14	3;4	1;2	14;15	10
D12	12	14;15	5;7;10														3	10;11	6	15	11	4	13	8;11
D13																15	2	15	3	9	5;8	8	1;2	7
D14	1;2;4	2														5	6	1	10	8	9	7	11;12	4;5;6
D15									13	4;5	4;5	11;12;13	5	5	7	9	15	6	14					
D16	13															3;4	1	5	2	10	15	14;15	9	9
D17	7	11;12;13	8	6;7	4;6	15	3;4	5;8;9	7;1	3	15													
D18												15	11;14;15	7	12;13	10;11	8	3	8	1;2	14	9		
D19																	9	12;13	7	11				
D20													3	6;10;14	9	6	10;11	2	4	7				
D21	8;9;11	8;9	14;15	8;9	7;1														1	6	1;2	5	4	14;15

- Förbjuda obekväma start/sluttider
- Förkorta körtiden
- Minimera antal överlämningar

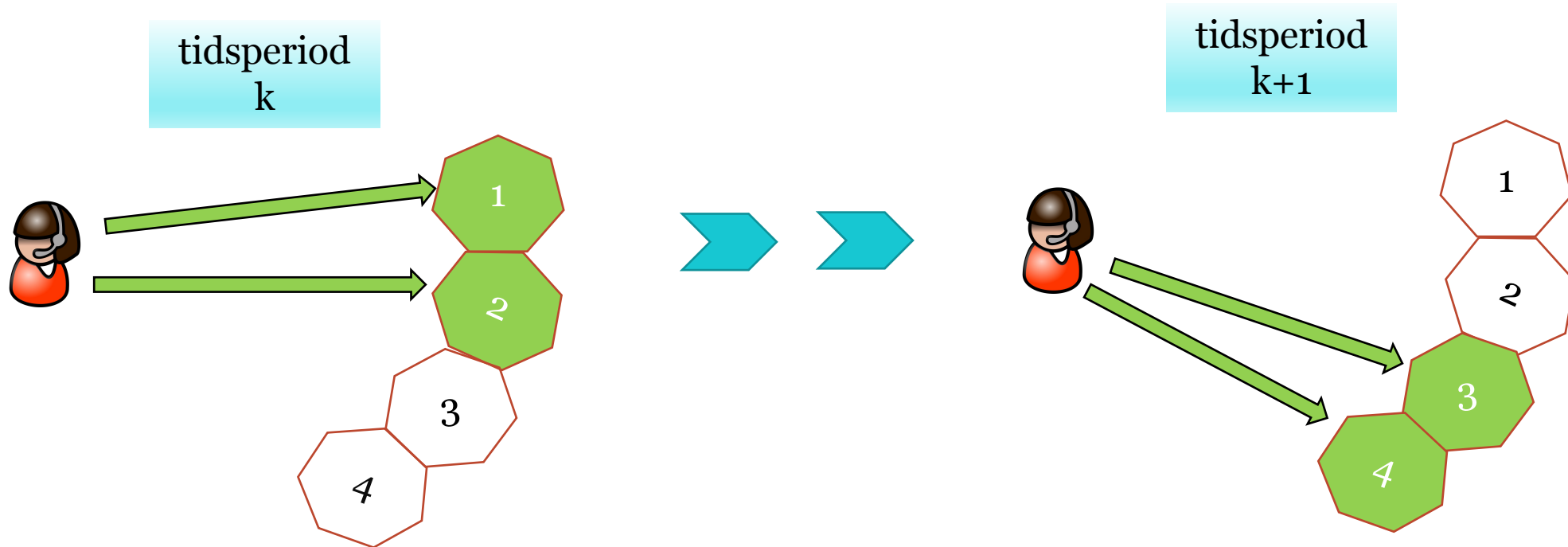
Förkorta körtiden

- Förbättra modulering (områdestilldelning)
- Bort med $x_{i,j,p}$ variabler. Tilldelningen är bestämt per områdeskombinationer $c_{i,l,p}$



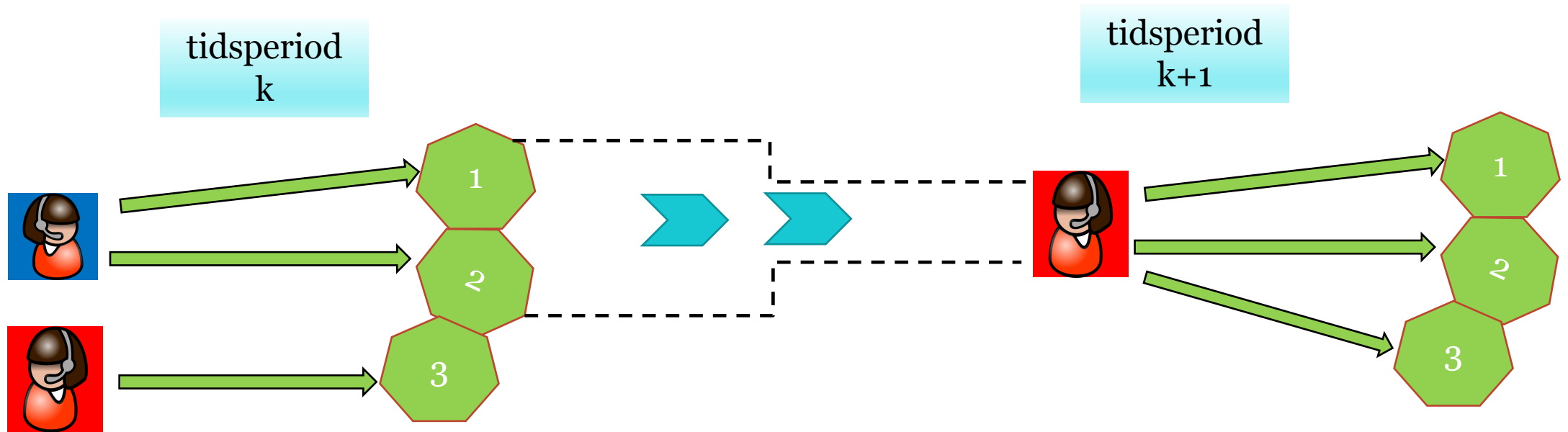
Antal överlämningar

- Strategi 1: Tågklarareares perspektiv



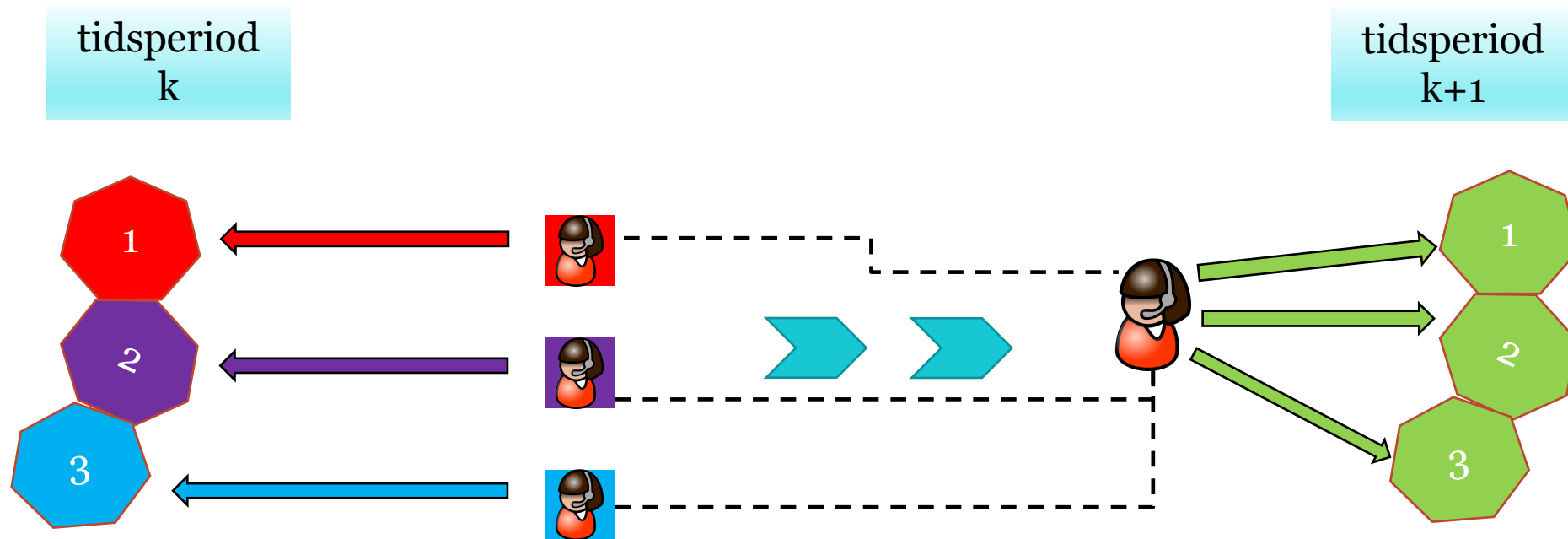
Antal överlämningar

- Strategi 2: Antal **nya** områden en tågklarerare får



Antal överlämningar

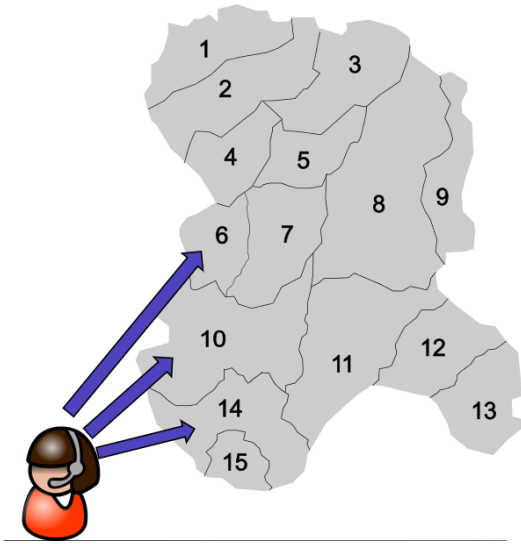
- Strategi 3: Antal givare baserat på områdeskombination



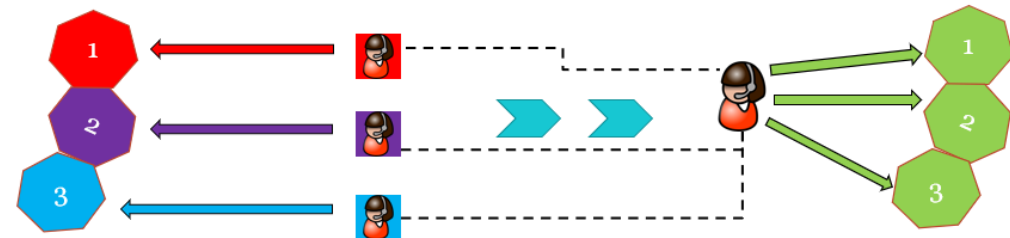
Slutsats och framtida studier

- Optimeringsramverk för skiftplanering av tågklarare
- Körtiden för en dagsplanering är acceptabel
- Förbjuda obekväma start/sluttider
- Vi tar hänsyn till områdeskombinationer
- Olika strategier för överlämningar
- Nästa steg:
 - Spåra antal överlämningar (olika strategier)
 - Överväga olika strategier för överlämningar
 - Testa nya målfunktioner: min antal överlämningar, min antal licens/tågklarare
 - Expandera tidshorisonten

Tack för uppmärksamheten!



	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
D1												5;8;9	6;1	11;12;13	2;3	1;2	12;13	9	15	3;4	6	11;12;13			
D2	15	10	4;6	3	11;14;15	5;8;9	6;7	6;7	11;12	11;12;13	8;9														
D3														4	4;5	8	14	4;7	9	12;13	12;13	3	3;5	13	
D4		3;5	1;2;3	11;12;13	12;13	1;2;3	1;2	1;2	3;4	1;2	1;2;3														
D5				10;14;15	1;2;3	4;6	10;11	10;11	14;15	6	11;12;13	10;14	1;2	15											
D6	5	4														7	5	14	5	5	7;1	6	7	1;2;3	
D7	3	1	9	5	5;8;9	7	12;13	3;4														10	6;8;10	12	
D8						11;12;13	14;15	12;13	1;2	14;15	14	1;2	8;9	1	1										
D9						10;14	5;8;9	14;15	5;8;9	7;8;9	6;7	3;4	4;7	8;9	6;8;10	12;13									
D10									6	10	10	6;7	12;13	2;3	11;14;15	14	4;7	8	11						
D11	6;10;14	6;7	11;12;13	1;2;4															12;13	14	3;4	1;2	14;15	10	
D12	12	14;15	5;7;10														3	10;11	6	15	11	4	13	8;11	
D13																15	2	15	3	9	5;8	8	1;2	7	
D14	1;2;4	2														5	6	1	10	8	9	7	11;12	4;5;6	
D15									13	4;5	4;5	11;12;13	5	5	7	9	15	6	14						
D16	13															3;4	1	5	2	10	15	14;15	9	9	
D17	7	11;12;13	8	6;7	4;6	15	3;4	5;8;9	7;1	3	15														
D18												15	11;14;15	7	12;13	10;11	8	3	8	1;2	14	9			
D19																3	6;10;14	9	6	10;11	2	4	7		
D20																									
D21	8;9;11	8;9	14;15	8;9	7;1															1	6	1;2	5	4	14;15



This work is part of the Trafikverket-funded project Capacity Modeling and Shift Optimization for Train Dispatchers (CAPMO-Train) (TRV 2020/99267)

Email: rabii.zahir@liu.se

Project's homepage: <https://weber.itn.liu.se/~chrsc91/projects/CAPMO-Train/>