



Linköpings universitet
TEKNISKA HÖGSKOLAN

TENTAMEN

TNFL01

Flygtrafik och flygtransporter

Datum:	Torsdag 9 januari 2014
Tid:	8-12
Hjälpmedel:	Räknedosor som ej kan lagra text, alt. med tömda minnen, är tillåtna. Inga andra hjälpmedel.
Antal uppgifter:	8, 24 poäng totalt.
Betygsgränser:	0-11: UK, 12-15: 3, 16-19: 4, 20-24: 5
Examinator:	Tobias Andersson Granberg
Jourhavande lärare:	Tobias Andersson Granberg, tel 011-363213
Resultat meddelas senast:	23 januari 2014

Tentamensinstruktioner

När Du behandlaruppgifterna

Redovisa beräkningar och lösningsmetodik noga.

Motivera alla påståenden Du gör.

*Använd alltid de standardmetoder som genomgått på föreläsningar och lektioner. **Observera att enbart fakta direkt återgiven från litteratur och föreläsningar sällan ger full poäng; diskussion, nya kopplingar och exempel krävs i svaret.***

*Skriv **max en A4 text per uppgift**. Ingår figurer och beräkningar i svaret, kan fler sidor användas.*

Skriv endast på ena sidan av lösningsbladen. Använd inte rödpenna.

Behandla ej fler än en huvuduppgift på varje blad.

Om Du använder dig av bifogade lösningsblad, glöm inte att lämna in dem!

Vid skrivningens slut

Sortera Dina lösningsblad i uppgiftsordning.

Markera på omslaget de uppgifter Du behandlat.

Kontrollräkna antalet inlämnade blad och fyll i antalet på omslaget.

(3p) Uppgift 1

Flight	TA	ETL	STL	LTL	A/C type
AC6592	44	54	65	87	M
BA963	46	56	55	83	L
GF6608	46	56	60	86	H
AA086	46	56	64	88	L
BA1523	47	57	54	83	L
CX7156	48	58	57	85	H
AY5780	48	58	73	93	H
QF3520	49	59	61	88	M
IB4224	50	60	60	87	M
AA050	51	61	63	89	L
BA1505	52	62	75	96	M

Wortex separation		
lead	follow	distance [minutes]
L	L	2
L	M	1
L	H	1
M	L	2
M	M	2
M	H	1
H	L	3
H	M	2
H	H	2

TA = Tid [minuter] då planet anropar tornet

ETL = Tidigaste landningstid

STL = Landningstid enligt tidtabell

LTL = Senaste landningstid

ATA = Tilldelad landningstid

Till Sloughville Intl Airport anländer vid en viss dag ovanstående sekvens av flygplan om att få landa. Din uppgift är att ge samtliga flighter en tilldelad landningstid (ATA), motivera dina val och diskutera vilka mål och krav som finns på landningssekvensen.

Lösningförslag

Flight	TA	ETL	STL	LTL	A/C type	ATA
BA963	46	56	55	83	L	56
BA1523	47	57	54	83	L	58
CX7156	48	58	57	85	H	59
GF6608	46	56	60	86	H	61
AC6592	44	54	65	87	M	63
IB4224	50	60	60	87	M	65
QF3520	49	59	61	88	M	67
AA086	46	56	64	88	L	69
AA050	51	61	63	89	L	71
AY5780	48	58	73	93	H	73
BA1505	52	62	75	96	M	75

I ovanstående exempel har alla plan fått en landningstid så nära den tidtabellagda som möjligt. Det viktigaste kravet är att upprätthålla säkerhetsavstånden, vilka varierar då tunga plan genererar mer wake vortex än lätta, och lätta plan är mer känsliga för dessa virvelvindar än tunga. Genom att planera sekvensen så att säkerhetsavstånden minimeras kan flödet ökas, och fler plan kan landa per

tidsenhet. En tumregel i just denna sekvens kan vara att framförallt försöka undvika att planera in ett lätt plan för landning efter ett tungt, vilket ger ett säkerhetsavstånd på 3 min. Målen blir således att försöka maximera flödet och minimera avvikelse från planerad landningstid. I ovanstående sekvens har jag valt att låta de sista planen landa senare än vad som är möjligt, för att tillfredsställa mål nr 2, i stället för att maximera flödet.

(3p) Uppgift 2

CNS (Communication, Navigation, Surveillance) är tre viktiga komponenter för att möjliggöra flygning och flygtrafikledning. Förklara vad de innebär och ge exempel på teknik för respektive komponent.

Obs! Skriv max en A4 text

Lösningförslag

C – kommunikation – är den komponent som möjliggör kommunikation i huvudsak mellan flygledning och piloter, även om kommunikation mellan andra aktörer (tex från pilot till flygbolaget) kan möjliggöras genom samma teknik. Vanligen används röstkommunikation via radio, med standardiserad engelsk fraseologi, för att minska riskerna för missförstånd. Dock börjar datalänk, dvs meddelanden som skickas (vanligen digitalt) från dator till dator, användas i större utsträckning.

N – navigering – innebär förenklat att flygplanet vet var det är och hur det ska flyga för att ta sig till önskad destination. Äldre system som radiofyror, tex VOR, där flygplanet flyger från markstation till markstation, håller på att ersättas av RNAV vilket innebär att planet med hög noggrannhet vet sin egen position och därför kan flyga mellan fördefinierade waypoints, som inte behöver motsvaras av utrustning på marken.

S – övervakning – innebär att flygledningen vet var ett specifikt flygplan är och kan gissa var det kommer att befinna sig i framtiden. Vanligast är fortfarande sekundärradar vilken kräver att en markstation skickar en förfrågan till flygplanet vars transponder svarar med en tilldelad kod samt höjden. Avstånd och kurs fås genom mätning av hur signalen studsar mot flygplanet (på samma sätt som för en primärradar). Nyare transponddrar stöder också ADS-B, vilket innebär att flygplanet regelbundet sänder ut sin kod, position, kurs och fart, så att alla med rätt utrustning (inkl andra flygplan) kan ta emot informationen.

(3p) Uppgift 3

Snölanda är en mindre kommunalägd flygplats i norra Sverige med en måttlig mängd reguljär trafik samt lite charter. De satsar dock på att få en ökad mängd fraktflyg. I dagsläget körs en del frakt i bellyhold på den reguljära trafiken, och för att öka intresset för detta funderar Snölanda på att investera i en ny godsterminal med utrustning som skulle kunna minska godshanteringstiden med 50% (i snitt).

Diskutera hur relevanta aktörer på Snölanda flygplats skulle ställa sig till en sådan investering, och vilka för och nackdelar de kan se med den.

Obs! Skriv max en A4 text

Lösningförslag

En minskad godshanteringstid på flygplatsen kan i bästa fall innebära en kortad turn-around-tid och minskad kapitalbindningskostnad; möjligen minskade hanteringskostnader samt en kortare total leveranstid av godset. Det beror dock på var i processen tidsvinsterna kan göras. Om utgångspunkt tas i nätverket i Lindh et al, så måste tiderna för baggage transport och load baggage minskas om det ska ha någon inverkan på TA-processen. De andra aktiviteterna kräver inte att flygplanet finns på flygplatsen. Dessutom måste dessa aktiviteter ingå i den kritiska vägen för TA-processen. En minskning av kapitalbindningskostnaden fås enbart om investeringen erbjuder möjlighet till senare leverans av godset till flygplatsen (eller tidigare hämtning), dvs det spelar ingen större roll om tiderna för Document control, Unload truck, Security control, etc minskas om godset ändå ligger och väntar pga tidiga leverans eller sen upphämtning.

Fördelar: Ev minskad TA-tid, minskade kapitalbindningskostnader, minskade hanteringskostnader, korta leveranstid av gods. Intressant för flygbolagen som vill minska TA-tiden och för godstransportköparna som vill minska de andra kostnaderna och tiderna. Fördel för flygplatsen är naturligtvis en ökad godstrafik om allt går enligt plan.

Nackdelar: I princip bara investeringskostnaden; möjligen om driftkostnaderna för den nya terminalen blir högre än i dagsläget. Detta drabbar flygplatsägarna och de som driver flygplatsen, vilka måste analysera om investeringen förväntas bära sig.

(3p) Uppgift 4

Hur skulle ett system med dynamisk prissättning och annan typ av yield management (av den typ som används av många flygbolag) kunna fungera vid prissättning av flygtrafikledning och flödeskontroll (av den typ CFMU utför)?

Lösningförslag

Exempel på dynamisk prissättning och YM är olika priser beroende på hur stor del av kapaciteten som finns kvar, olika klasser, peak-prissättning och överbokning. Prissättning av flygtrafikledning görs främst som en del av landnings/startavgifter samt överflygningsavgifter. Typiskt skulle peak-prissättning vara direkt applicerbart på landnings- och startavgifter, möjligen som ett alternativ till det slot-system som IATA nu använder för att fördela flygplatsernas kapacitet. Likaså skulle det vara möjligt att justera priset för överflygning på ett sätt som jämnar ut efterfrågan (det är dyrare att flyga över när många vill göra det, och billigare annars) och därmed minskar kostnaderna för flygledningen.

Också operativ flödeskontroll skulle teoretiskt kunna styras med ekonomiska medel i stället för det slot-system som CFMU använder. Om det blir kapacitetsbrist i systemet, skulle principiellt den som betalar bäst kunna få förtur. Detta medför dock en del svårigheter med rättviseaspekter, att bolagen redan blivit lovade tjänsten etc. Ett sätt att komma runt detta skulle kunna vara att bolagen på förhand får köpa en premiumtjänst (tex för reguljär trafik) eller en budgettjänst (för charter och lågpris), där flygplan som har premiumtjänsten har företräde vid kapacitetsminskningar.

Obs! Skriv max en A4 text

(3p) Uppgift 5

På flighten Arlanda – Luleå (sträcka 800 km) hade FlygOla AB en vecka nedanstående underlag.

	Pax	Intäkt
Måndag	50	60000
Tisdag	45	49500
Onsdag	32	41600
Torsdag	43	38700
Fredag	23	32200
Lördag	12	9600
Söndag	43	43000

Sträckan trafikerades av en F50 med kapacitet för 50 passagerare.

Beräkna genomsnittlig kabinfaktor och yield för den aktuella veckan.

FlygOla AB har också konstaterat att efterfrågan på lördagar är för låg för att sträckan i dagsläget ska vara lönsam att trafikera den dagen. Diskutera möjliga åtgärder.

Lösningförslag

Kabinfaktor = andel av stolarna som upptas av betalande pax = $(50+45+32+43+23+12+43)/50/7 = 71\%$

Yield = intäkt per paxkm = $(60000/50 + \dots 43000/43)/800/7 = 1,375$ kr/paxkm

Alternativ på lördagar är tex att lägga ner flighten och använda planet på en mer lönsam linje eller använda ett mindre plan. Dock måste balansen upprätthållas, så om det finns flighter tex Luleå – Arlanda på lördagar så måste också en sådan läggas ner, eller köras med det mindre planet. Andra alternativ är att försöka öka efterfrågan tex genom att flytta avgångstiden, minska priset (dock inte troligt att det blir lönsamt), eller med marknadsföringsåtgärder. Alternativt kanske man kan höja priset utan att tappa alltför mycket efterfrågan och därigenom öka lönsamheten.

(3p) Uppgift 6

Förklara vilka aspekter man måste ta hänsyn till när man bestämmer vid vilken gate ett flygplan ska få parkera. Diskutera också hur denna planering förändras vid ett fullt utbyggt CDM (Collaborative Decision Making) system.

Obs! Skriv max en A4 text

Lösningförslag

Gaten måste kunna ta emot flygplan av den typen och storleken; om planet är för stort eller för litet kanske inte bryggan kan anslutas. Vissa bolag har avtal/önskemål om vilka gater de vill stå vid, som bör uppfyllas om möjligt. Om det finns anslutande pax/crew/bagage/gods är det bra om det inte är alltför långt från gaten till anslutningarna, i alla fall samma terminal. Beroende på vilka land planet kommer från ska pass och/eller tullkontroll genomföras, och det måste gå att styra pax-flödet från gaten till nödvändiga kontrollen. Dessutom bör också gaten vara tillgänglig när planet ska parkera så att det inte behöver vänta. Likaså bör andra flighter inte vara inplanerade på samma gate innan planet har pushat.

Om CDM finns på flygplatsen, finns det bättre kommunikationskanaler och informationsdelningsmöjligheter mellan flygbolag, flygplats, handlingbolag och andra relevanta aktörer. Speciellt kan detta vara behjälpligt om den planerade gatetilldelningen inte går att genomföra, tex pga förseningar, ändrade flygplanstyper etc. Då bör gateplaneringen snabbare

kunna information om vilka förändringar som väntas, tex en försenad ankomst. De kan då planera om gatetilldelningen och meddela den nya planen till flygbolaget och handlingbolag som kan anpassa sin egen planering.

(3p) Uppgift 7

Ett flygbolag har fått en CTOT från CFMU som innebär 60 minuters försenad avgång på en av sina prioriterade flighter. Bolaget har för närvarande inga andra störningar att hantera. Ett antal av bolagets andra flighter ska avgå ifrån samma flygplats i närtid. Givet att det finns ett fullt utvecklat CDM system på flygplatsen, förklara vilka alternativ flygbolaget har för att hantera störningen.

Obs! Skriv max en A4 text

Lösningsförslag

Några alternativ som används även utan CDM att försena flighten eller ställa in flighten. Om försening används måste man bla tänka på följdförseningar som uppkommer och på transfer av pax/crew etc. att ställa in kan vara aktuellt om det finns en senare flight som pax kan flyttas till. Dock måste balansen iaktas och man måste antagligen ställa in fler flighter.

Givet CDM kanske bolaget kan byta slot med en av sina mindre prioriterade flighter, dvs låta en annan flight få den långa förseningen, och få en kortare försening på den prioriterade. Det beror dock på var den sk Most penalising regulation uppkommer; om bolaget har andra flighter som också påverkas av samma störning så går det att swappa. Ev kan bolaget byta slot med ett annat flygbolag, möjligen med ersättning emellan. Ytterligare ett alternativ är att begära en rerouting förbi den trånga sektorn om detta är möjligt.

(3p) Uppgift 8

Tidtabellsplaneraren hos Sveaflyget har kommit fram till ett förslag på en ny tidtabell och vill nu ha hjälpa att utvärdera om den går att köra.

Flightnr	Avg tid	Ank tid	Avg FP	Ank FP	E[Pass]
1	450	900	A	L	16
2	1000	1230	A	G	18
3	900	1115	A	U	22
4	1810	2200	A	L	49
5	1030	1225	L	U	21
6	1510	1810	L	G	55
7	2020	2350	L	A	24
8	615	800	U	A	21
9	1745	1930	U	L	19
10	2000	2310	U	G	17
11	640	920	G	A	22
12	920	1250	G	U	24
13	1330	1640	G	U	53

Avg FP = Avgångsflygplats

E[Pass] = Förväntat antal passagerare

Tidtabellen är cyklisk, med en cykeltid på en dag. Detta innebär att varje flight i tabellen ska flygas varje dag (inklusive helger). Bolaget har för närvarande två stycken J31 som tar 18 pax och fyra

stycken F50 med kapacitet för 50 passagerare. F50 kräver 50 min mellan landning och avgång, medan J31 klarar sig på 30 minuter.

Undersök om det är möjligt att konstruera ett flygschema, eller föreslå eventuella förändringar som krävs för att få det att fungera.

Lösningsförslag

Visualisera tidtabellen tex genom ett tid-rymd diagram.

Balanskravet är inte tillgodosett; tex finns 4 avgångar per dag från A men bara 3 ankomster. U har i stället 3 avgångar och 4 ankomster. Detta kan åtgärdas tex genom en flight från U till A: gärna en som kommer in senast 17.20 till A och därmed kan slingas ihop med Flight 4 även om den körs av en F50. Då U har tre inkommande flighter kring lunchtid, bör det gå bra att skicka iväg en mellan 14-15.

Man kan vilja slinga ihop flight 11 och flight 2 eller 3, varför det skulle vara bra om man försköt avg. tiden för 2 och 3 till 10.10 om det inte påverkar efterfrågan alltför mycket. Alt lägg flight 11 lite tidigare.

Givet ovanstående skulle det vara möjligt att köra flight 10-12 med en J31, och resten av flighterna i en slinga med F50. Underhållsvillkor och mycket annat dock ej kontrollerat.