



Linköpings universitet
TEKNISKA HÖGSKOLAN

TENTAMEN

TNFL01

Flygtrafik och flygtransporter

Datum:	Lördag 30 augusti 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:	15 september 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

En Boeing 737-600 ska flyga från Stockholm Arlanda till Václav Havel flygplats Prag, avgång lördagen den 18 oktober, kl 17.30, ankomst 19.20. Förklara vilka direkta kostnader inkl skatter och avgifter flygbolaget har för den resan, samt vilken i storleksordning de är. Diskutera också hur dessa kostnader inverkar på prissättningen för en biljett på resan.

Obs! Skriv max en A4 text

Lösning

Direkta kostnader är sådana som skulle kunna undvikas om flygbolaget inte skulle köra flighten. Dessa inkluderar tex driftskostnader (inkl personal), flygplatskostnader och undervägsavgifter.

Driftskostnader:

- Bränsle (antag att vi använder 1000 liter till en kostnad på 7 kr/liter -> 7000 kr)
- Personal (Dessa är inte nödvändigtvis direkta, eftersom kostnad för personal kan kvarstå även om man inte flyger. Men, antag 2 piloter (lön 60000 kr/mån) och 3 kabinpersonal (lön 25000 kr/mån) som jobbar i 3 timmar. Lägg på lönekostnadspåslag 60% -> $(60000*2+25000*3)/160*3*1,6$ -> 6000 kr)
- Övriga kostnader som mat, personal på marken etc ignoreras.

Flygplatskostnader Arlanda

- Startavgift 2000
- Terminaltjänstavgift 2000
- Bulleravgift 400
- Avgasavgift 400
- Marktjänstavgift 700

Pax-specifika flygplatskostnader (kr per pax)

- Passageraravgift 100
- Avgift för säkerhetskontroll 40
- Myndighetsavgift 6

Flygplatskostnader Václav Havel

- Landingsavgift 3500
- Bulleravgift 500

Undervägsavgift

- $R_i = \text{distans} \times \text{viktfaktor} \times \text{unit rate} = /$ räkna förenklat med samma unit rate för alla länder som passeras (60 Euro -> 540 kr), viktfaktor = $\text{rot}(\text{MTOW}/50) = \text{rot}(56/50) =$ ungefär =1, distans 1000km -> distansfaktor 10 / = $10*1*540 = 5400$ kr

I runda slängar fås alltså en kostnad på ca 30000 för att köra flighten. Dessutom tillkommer avgifter för varje pax. Givet att vi har 100 pax på flighten, behöver dessa betala ungefär $30000/100 + 150 = 450$ kr i snitt för sina biljetter för att täcka de direkta kostnaderna. Kan man inte ta ut detta pris plus lite extra för att bidra till gemensamma kostnader i bolaget är inte flighten lönsam. I vissa fall kan det dock ändå vara nödvändigt att köra den för att bibehålla balansen i flygschemat.

(3p) Uppgift 2

Skolanda flygplats har två banor och en peak-kapacitet på 70 rörelser per timme. Ett haveri har dock gjort den ena banan obrukbar, vilket begränsat kapaciteten under en tid framöver till ca 30 rörelser per timme. Under den närmaste timmen förväntas flygplatsen hantera 37 ankommande och 34 avgående flygplan. Förklara hur flygplatsen och flygledningen hanterar avgående respektive ankommande trafik, givet att det inte finns något system för Collaborative Decision Making (CDM).

Obs! Skriv max en A4 text

Lösning

Eftersom bankapaciteten inte räcker till kommer flighter att behöva bli försenade, alternativt om det är möjligt att styra om ankommande plan vissa till alternativa närliggande flygplatser och ordna med marktransport.

Annars försenas ankommande trafik typiskt genom att lägga dem i holding, såvida det inte är möjligt att nå piloterna och be dem dra ner på hastigheten (vilket är att föredra ur kostnads- och miljösynpunkt). Avgående trafik kan försenas på marken utan samma påverkan på miljö eller kostnader. Detta gör att det kan vara att föredra att prioritera inkommande trafik, och låta avgående vänta. Genom att prioritera landningarna så säkerställs också att flighter med anknytande pax och personal hinner ankomma innan det är dags att lyfta igen. Dock måste det först säkerställas att det finns plats för alla extra flygplan som kommer att befinna sig på flygplatsen.

Då kapaciteten blir begränsad är det också extra viktigt att se till att den utnyttjas till fullo. Detta kan tex göras genom att sekvensera trafiken så att det säkerhetsavstånd som behövs pga wake vortex blir så litet som möjligt.

I det längre perspektivet kommer CFMU att skicka ut CTOT (slotar) till flighter som ännu inte startat men som ska till Skolanda, för att minska trycket.

(3p) Uppgift 3

Skolanda flygplats har två banor och en peak-kapacitet på 70 rörelser per timme. Ett haveri har dock gjort den ena banan obrukbar, vilket begränsat kapaciteten under en tid framöver till ca 30 rörelser per timme. Under den närmaste timmen förväntas flygplatsen hantera 37 ankommande och 34 avgående flygplan. Förklara hur flygplatsen kan hantera avgående respektive ankommande trafik, givet att det finns ett system för Collaborative Decision Making (CDM), samt hur interaktionen med andra aktörer kan se ut.

Obs! Skriv max en A4 text

Lösning

I princip kommer hanteringen att se liknande ut som om man inte har CDM, men det blir enklare för de olika aktörerna att påverka varandras beslut. Tex kan flygbolagen skicka önskemål till ATC om vilka flygplan de vill ska prioriteras i såväl ankommande som avgående köer.

CDM innebär att det finns ett bra system för informationsdelning på flygplatsen. Vilket innebär att eventuellt strul med många plan på backen, dålig koll på var vilket plan – eller marktjänst – befinner sig kan undvikas. Dessutom kräver dylika störningar en större mängd omplanering av

samtliga aktörer, tex gate-allokering, tankning, städning, etc. Med CDM kan denna planering baseras på mer exakta uppgifter samt kommuniceras till berörda parter. Tex om ett flygbolag ber ATC att prioritera en givet plan kan de sedan skicka info om detta till handlingbolagen som är beredda att ta hand om det när det kommer till gate.

CDM-åtgärden "substitution on cancellation" kan vara tillämplig, dvs om flygbolagen (som har flighter på väg till Skolanda men ännu inte har startat, och därmed får CTOT) ställer in flighter till flygplatsen så får de ändå behålla sina slottar.

(3p) Uppgift 4

Flygbolaget CFM har efter Fleet Assignment följande flighter som ska flygas av deras flotta av Embraer 190 flygplan:

Flightnr	Avg tid	Ank tid	Avg FP	Ank FP
4	0600	0830	C	A
5	0600	0815	D	B
8	0700	0800	A	B
12	0830	1030	B	D
13	0900	1015	B	A
17	0900	1000	A	B
21	1930	2145	A	C
22	2000	2115	B	A

Minsta vändningstid (turn around time) är 30 minuter. Underhållsstationen finns på flygplats A.

Flygplanstypen måste underhållskontrolleras var 20e flygtimme. En check tar 6 timmar.

Visualisera flygschemat. Lös aircraft routing problemet. Hur många flygplan krävs i din lösning? Diskutera fördelar och nackdelar med lösningen.

Lösning

Visualisera med tid-rymd diagram. FIFO med start flight 4 ger 4-17-22-öv (underhåll) -8-12-öv-5-13-21-öv. Tre flygplan krävs (ett per övernattning).

Om underhåll görs varje gång efter flight 22 så flyger planet 14,5 h mellan varje underhållskontroll. Det ger utrymme för ganska mycket störningar, dvs slingan blir hyggligt robust (fördel). Dock kan man diskutera om det kanske är underhåll lite väl ofta, dvs kostnaden för underhåll blir högre än nödvändigt (nackdel).

Vi har övernattande plan på tre av de fyra flygplatserna, vilket inte är så bra, eftersom det antingen kräver att vi har besättningsbaser på alla dessa flygplatser, alt att vi får betala för hotell och traktamente till besättningen. Dock går det inte att lösa i routing-fasen, utan det måste göras tidigare vid tidtabellläggning eller fleet assignment.

Annars är det bra att det enbart är en slinga; vi behöver inte flyga några tomflygningar för att komma till underhåll och planen får en jämn förslitning.

(3p) Uppgift 5

Flygbolaget CFM har konstaterat att den enskilt största orsaken till störningar i deras verksamhet är vädret. Ledningen har diskuterat olika åtgärder för att lindra detta problem och kommit fram till två alternativ som skulle kunna hjälpa. Det första är att skaffa sig bättre metoder och teknik för att kunna skapa väderprognoser samt tidigt kunna upptäcka hotande väder som kan påverka verksamheten. Det andra alternativet är att investera i datorbaserade beslutsstödshjälpmedel som

kan hjälpa dem att hitta bra sätt att planera om verksamheten när en störning har inträffat. De har dock bara råd att investera i ett av alternativen.

Förklara för CFM vilka fördelar respektive alternativ medför och ge en rekommendation för vilket alternativ de bör gå vidare med.

Obs! Skriv max en A4 text

Lösning

Fördelar med att tidigt kunna upptäcka möjliga störningar är att man kan planera om verksamheten innan själva störningen har inträffat. Förhoppningsvis leder detta till påverkan på verksamheten inte blir så stor. Om man tex kan se att vädret kommer att påverka en flygplats negativt, kanske man på ett tidigt stadium hinner meddela pax så att de slipper åka till flygplatsen, eller kan ordna med effektiva alternativ transporter till och från andra flygplatser. Om man tidigt kan upptäcka hotande väder på en enskild flight har man större möjligheter att hitta en effektiv rutt kring det, i stället för att riskera att behöva flyga genom något belastat luftrum som kan orsaka förseningar.

Fördelar med beslutstödshjälpmedel gör att man på ett effektivt sätt kan hitta smarta sätt att planera om verksamheten, tex få förslag på vilka fligheter som bör ställas in, försenas, eller hur man kan swappa flygplan mellan fligheter. Dessa kan således hjälpa till att minimera de negativa konsekvenserna av den aktuella störningen. Ytterligare en fördel är att de är användbara för alla typer av störningar, och inte bara sådana som är orsakade av väder.

Personligen skulle jag förspråka beslutstödshjälpmedel, men jag är ju lite jävig. Dock beror det naturligtvis på detaljerna i hur bra beslutstöd man kan få respektive hur bra prognoserna är, samt vilka behov bolaget har.

(3p) Uppgift 6

Moderna flygplan har en FMS (flygdator) som kan beräkna det bränsleoptimala sättet att flyga från en punkt till en annan. Förklara varför det dock sällan är möjligt att fullt ut genomföra en bränsleoptimal flygning från en flygplats till en annan, och beskriv några sätt att lösa de hinder som finns.

Obs! Skriv max en A4 text

Lösning

Det huvudsakliga hindret ligger i att flygplanet måste fogas in i övrig trafik, för att inte riskera en incident. Om alla flygplan hade god RNP, och kunde följa sin inskickade färdplan till punkt och pricka, så skulle det vara möjligt att innan planen är i luften kontrollera om några hamnar för nära varandra. I dagsläget är det dock tekniknivån ombord mycket varierande, och några flygplan är direkt beroende av att flygledningen talar om för dem hur de ska flyga. För att flygledningen på ett säkert sätt ska kunna kontrollera flygtrafiken krävs att de följer väl inarbetade procedurer och rutiner, vilka i stor utsträckning innebär att flygplanen flyger på angivna höjder och med bestämda farter, vilka oftast inte är bränsleoptimala. Om det är lite trafik, och det därmed är lätt att säkerställa separation från övrig trafik är det möjligt att låta flygplanet (piloten) själv bestämma hur ut eller inflygning ska ske.

En bränsleoptimal flygning innebär också att planet får ligga på önskad höjd en-route och kan flyga den rakaste vägen utan att behöva sick-sacka mellan olika markfyror. Detta är möjligt för flygplan

som klarar RNAV, vilket återigen beror på tekniken ombord. Önskad höjd beror dock också på trafikbilden; om det är trångt i luften är det inte säkert att man kan få den höjd man vill.

Tekniken är naturligtvis en lösning och en förutsättning för att ett flygplan ska kunna flyga bränsleoptimalt. Dock krävs att "alla" plan är utrustade, för att det ska fungera fullt ut. Vidare krävs att procedurer och rutiner för flygledningen anpassas för att i större utsträckning kunna låta flygplanen följa den bästa vägen. Tex kan man behöva minska på säkerhetsavstånden i luften för att kunna ta hand om efterfrågan på luftrummet som kontinuerligt ökar.

(3p) Uppgift 7

Tankningen på Skolanda sköts av Pumpab som förfogar över två tankbilar. För en viss period ser deras uppdrag ut enligt nedan:

Flight	Tidigast start	Senast slutfört	Uppskattad tankningsmängd [kg]
2	06.00	06.35	7200
5	06.10	06.30	2400
6	06.15	06.50	12000
8	06.35	07.00	4000
12	06.35	07.05	6400
13	07.00	07.20	4000
16	07.15	07.40	8000
18	07.30	08.05	12000
21	07.55	08.15	5600

Den mindre bilen har en kapacitet på 8 m³ medan den större klarar 12 m³.

Uppskattad tid att förflytta sig mellan två flighter, eller från en flight till depån där bilarna fyller på med bränsle i tankarna, är 5 min.

Båda bilarna kan användas vid en och samma flight, men enbart en bil i taget kan fylla på bränsle.

Tankningshastighet 1 m³ per minut, både för att tanka planen och fylla på bränsle i depån.

Bränsledensiteten är 0,8 kg/liter.

Visualisera uppdragen i ett Gantt-schema. Bestäm hur de två bilarna ska betjäna de aktuella flighterna. Diskutera för och nackdelar med din lösning.

Lösning

Tiden det tar att tanka en flight fås genom att beräkna hur många m³ bränsle den kräver, vilket är lika med tankningstiden i minuter, tex flight 2: $7200 / 0,8 = 9000$ liter = 9 m³ → 9 min.

Ett Gantt-schema visas nedan där mörka fält visar tidsfönstret för tankning. Inskrivna tider i schemat (tex 00 09(3)) är starttid för tankning (00 = 06.00), sluttid för tankning (09 = 06.09) samt antal m³ bränsle kvar i tanken (3 = 3 m³). Svart text = stor bil, röd text = liten bil.

Ur schemat framgår också hur bilarna kan tanka planen; i vissa fall behövs båda bilarna på en och samma flight, tex flight 6 där den lilla bilen tömmer sin tank mellan 06.15 och 06.23, medan den större bilen fyller på de sista 7 m3 mellan 06.39 och 06.46.

Flight	Tanktid [min]	0600	0610	0620	0630	0640	0650	0700	0710	0720	0730	0740	0750	0800	0810
2	9	00	09(3)												
5	3		14	17(0)											
6	15			15	23(0)		39		46(5)						
8	5							51	56(0)						
12	8						41	49(0)							
13	5								06	11(3)					
16	10									18	28(2)				
18	15										30	33(0)		50	02(0)
21	7													55	02(1)

I lösningen får alla flighter bränsle inom tidsfönstren, i vissa fall är det dock väldigt tight, tex flight 6, 8 och 18. En smärre försening vid tankning av dessa flighter skulle kunna försena hela turn-around processen.

(3p) Uppgift 8

ICAO, IATA, ECAC, Eurocontrol, EASA, EU och Transportstyrelsen är samtliga organisationer som påverkar flygtrafiken i Sverige. Förklara kort på vilket sätt och hur de anknyter till varandra.

Obs! Skriv max en A4 text

Lösning

ICAO (International civil aviation organisation) är ett FN-organ som tar fram internationella trafikregler för luftfart vilka Transportstyrelsen i Sverige sedan skapar nationella lagar och förordningar av. Transportstyrelsen certifierar, ger tillstånd och utövar dessutom tillsyn på flygbolag, flygplatser och flygledningsleverantörer, detta dock tillsammans med EASA (European Aviation Safety Agency) som har liknande uppgifter kring regelutveckling och certifiering. Transportstyrelsen verkar också i ECAC (European Civil Aviation Conference), som är ett samrådsorgan för Europeiska luftfartsmyndigheter. EASA inrättades av EU, men har även medlemsstater som inte är medlemmar i EU, tex Norge. EU inrättar förordningar och direktiv för luftfarten, ofta med stöd av arbete som gjorts av Eurocontrol, som har fokus på att effektivisera luftfarten i Europa. På EU's initiativ är Eurocontrol den största drivkraften bakom Single European Sky. Slutligen, IATA (International Air Transport Association) är en sammanslutning av flygbolag som kan föra sina medlemmars talan gentemot de andra organisationerna, och hjälper till att skapa standarder, tilldela flygplatskoder, hantera flygplatskapacitet etc.