

# INTER AIRLINE SLOT SWAP

19 dicembre 2019

1 APCDM

2 SLOT SWAP

## Integrating Slot Exchange, Safety, Capacity, and Equity Mechanisms Within an Airspace Flow Program

*Sherali, Hill, McCrea, Trani*

May 2011

- APCDM+ è l'integrazione di un modello di *slot exchange* all'interno del modello PL APCDM, *airspace planning and collaborative decisionmaking model* (2003, 2006) di Sherali, Staats, Trani.
- propone diverse features aggiuntive:
  - coincidenze
  - ulteriori equity constraints
  - ...

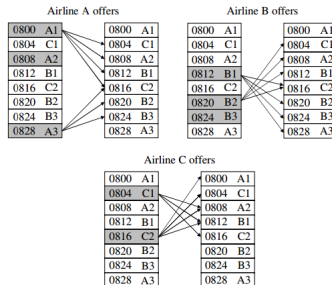
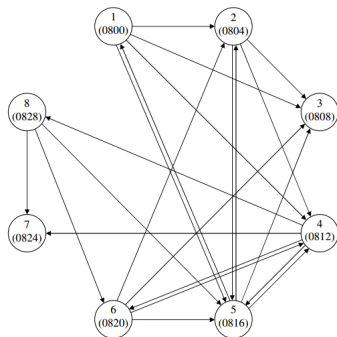
Obiettivo: integrare il CDM sotto regime di GDP

Idea generale

- Le compagnie  $a_1, a_2, \dots \in A$  possono avere interesse a ottenere riduzione nel ritardo per certi loro voli  $f_1^{a_1}, f_2^{a_1}, f_1^{a_2}$
- in cambio si chiede che le compagnie siano disposte a ricevere una maggiorazione del ritardo su altri loro voli, che possono loro stesse designare

Assunzioni:

- *"[...] airlines make firm trade offers that they commit to adopt if accepted as part of the overall exchange mechanism"*
- *"[...] equity is governed by a relative performance ratio that is based on fuel and delay costs, on the average delay per passenger, or on the on-time operation of flights"*



INTER  
AIRLINE  
SLOT  
SWAP

APCDM

SLOT SWAP

$$Obj := \min \sum_{\substack{\text{FLIGHTS} \\ \text{SLOTS}}} c_{f,s} x_{f,s}$$



Constraints:

$$\sum_{SLOTS} x_{f,s} = 1 \quad \forall \text{ FLIGHTS}$$

$$\sum_{IN} x_{f,s} = \sum_{OUT} x_{f,s} \quad \forall \text{ nodes}$$

$$\sum_{OUT} x_{f,s} \leq 1 \quad \forall \text{ nodes}$$

$$x_{f,s} = 0 \quad \forall s < ETA(f)$$

Trading constraints:

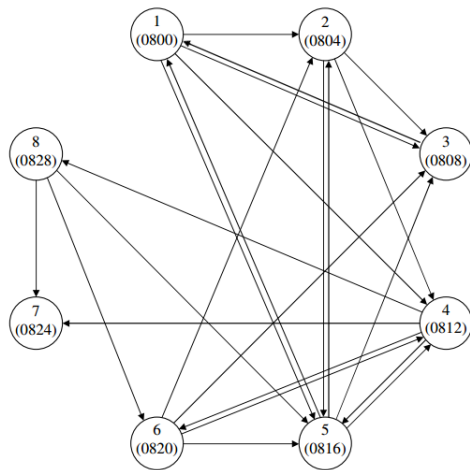
$$\sum_{s \text{ RECEIVED}} x_{f,s} \leq \sum_{f^*, s^* \text{ OFFERED}} x_{f^*, s^*} \quad \forall f \in \text{TRADES}$$

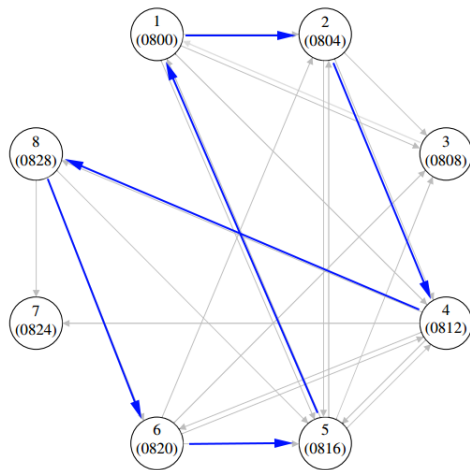
- Abbastanza complessa l'interazione
- Utilizzare i costi porta molteplici drawbacks
- Non differenzia priorità
- Vincolante
- Ancora molto è lasciato ad una *black box*

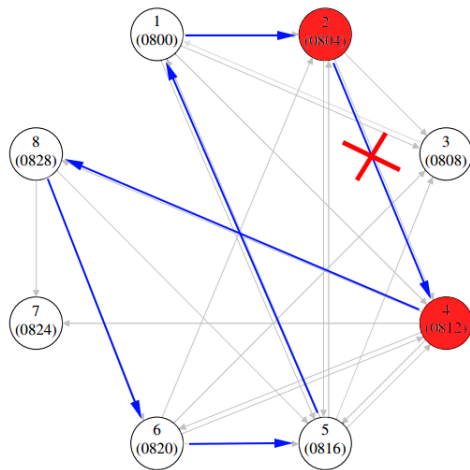
Vincolante

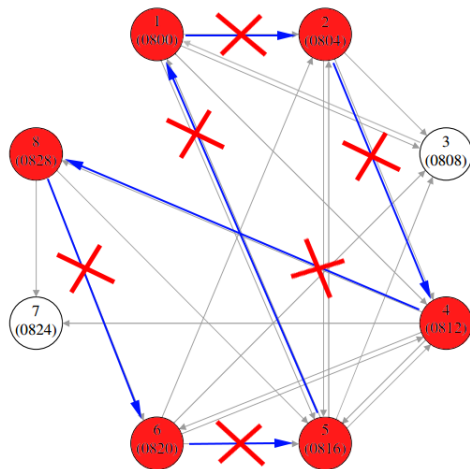
**"[...] airlines make firm trade offers that they commit to adopt if accepted as part of the overall exchange mechanism"**

Rimuoviamo la prima assunzione

INTER  
AIRLINE  
SLOT  
SWAPAPCDM  
SLOT SWAP

INTER  
AIRLINE  
SLOT  
SWAPAPCDM  
SLOT SWAP

INTER  
AIRLINE  
SLOT  
SWAPAPCDM  
SLOT SWAP

INTER  
AIRLINE  
SLOT  
SWAPAPCDM  
SLOT SWAP



- se voglio trovare un'altra soluzione devo ricomputare tutto solo togliendo un vincolo
- tutti vorranno il meglio, la discriminante sarà data da cosa si offre in cambio (più complesso)

Non differenzia priorità

**"[...] equity is governed by a relative performance ratio that is based on fuel and delay costs, on the average delay per passenger, or on the on-time operation of flights"**

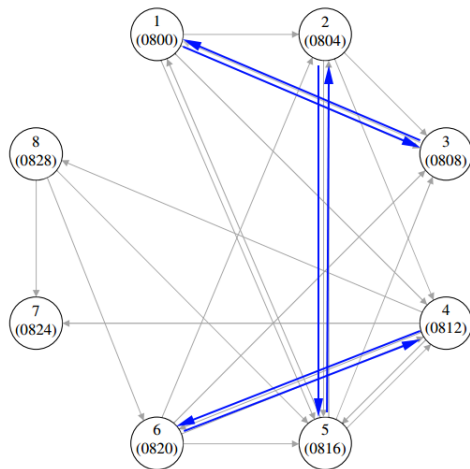
## Principi:

- Facile interazione
- Non utilizzare costi
- Considerare le priorità
- Non vincolante
- Lasciare alla *black box* il meno possibile

Lasciare alla *black box* il meno possibile  $\implies$  Non vincolante

Proposta: swap tra due compagnie

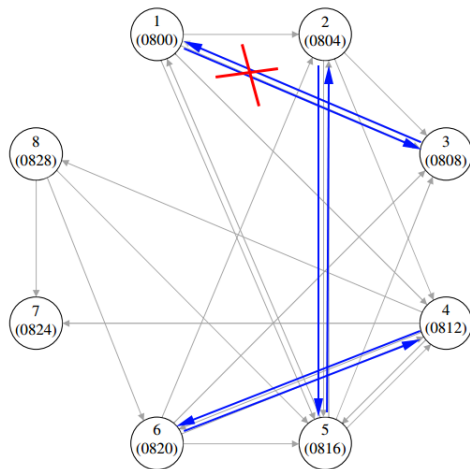
# SLOT SWAP



INTER  
AIRLINE  
SLOT  
SWAP

APCDM  
SLOT SWAP

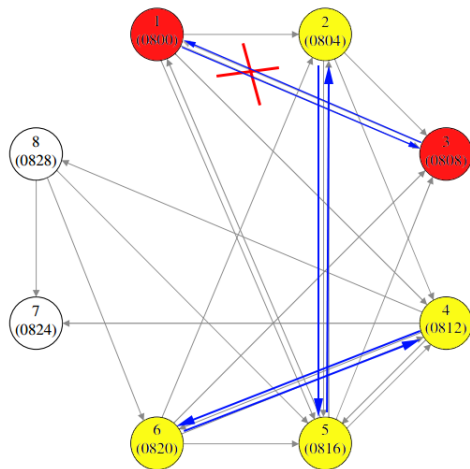
# SLOT SWAP



INTER  
AIRLINE  
SLOT  
SWAP

APCDM  
SLOT SWAP

# SLOT SWAP



INTER  
AIRLINE  
SLOT  
SWAP

APCDM  
SLOT SWAP

Constraints:

$$\sum_{SLOTS} x_{f,s} + x_{f,s_0} = 1 \quad \forall \text{ FLIGHTS}$$

$$\sum_{FLIGHTS} x_{f,s} + x_{f,s_0} = 1 \quad \forall \text{ SLOTS}$$

$$\sum_{\substack{f_j \in A_j \\ s_k \in A_k}} x_{f_j, s_j} = \sum_{\substack{f_k \in A_k \\ s_k \in A_j}} x_{f_k, s_k} \quad \forall \text{ airline pair } (j,k),$$

$$x_{f,s} = 0 \quad \forall s < ETA(f)$$

APCDM

SLOT SWAP



- Facile interazione
- Non utilizzare costi
- Considerare le priorità

Proposta: considerare nella funzione obiettivo le priorità

$$Obj := \min \sum_{\substack{\text{FLIGHTS} \\ \text{SLOTS}}} p_f \cdot (d_f \cdot x_{f,s})$$

$$\sum_{f \text{ TRADES by } a_k} p_f = N$$

$N = \text{NUM FLIGHTS TRADES BY } a_k$

APCDM

SLOT SWAP

Una compagnia può usare la scala che preferisce

$V_1 = \text{valore flight 1}$ ,  $V_2 = \text{valore flight 2, ...}$

$$\frac{\sum_k V_k}{N} = \frac{V_j}{p_j} \implies p_j = \frac{V_j}{\sum_k V_k} \cdot N$$

Anche potenzialmente i costi o il valore economico stimato, la liceità è garantita dalla standardizzazione

Le priorità possono anche essere assegnate preventivamente

- Si ovvia al problema dei costi
- se uno swap viene invalidato il ricalcolo è meno oneroso
- Le LVUCs possono giocarsela

Si possono comunque integrare vincoli temporali

$$x_{f,s} = 0 \quad \forall s > limit$$

L'assegnazione delle preferenze può essere affinato

$$Obj := \min \sum_{\substack{\text{FLIGHTS} \\ \text{SLOTS}}} c(p_f, |A|) \cdot (d_f \cdot x_{f,s})$$

con  $C$  funzione di ribilanciamento

## Drawbacks

- I vincoli crescono come  $\binom{|A|}{2}$
- Volendo includere più giri d'offerta occorrono probabilmente recomputazioni