



Il futuro dell'ATC: applicazioni della matematica

Dott. Ing. Luca Corolli

Dipartimento di Elettrotecnica,
Elettronica ed Informatica

Università degli Studi di Trieste

[Air Traffic Management]

- Due componenti:
 - Air Traffic Control (ATC)
 - Procedure di carattere tattico, in tempo reale
 - Il controllore gestisce il singolo volo
 - Air Traffic Flow Management (ATFM)
 - Procedure di carattere strategico, da attuare prima del volo
 - L'intero sistema viene considerato

[ATFM: perché?]

- Capacità: quantità di voli che un ATC può gestire in un certo periodo di tempo
- Fino agli anni '70: richieste ben al di sotto della capacità
- Dagli anni '80: le richieste iniziano a sfiorare la capacità
- Effetto: controllori sovraccaricati di lavoro!
- Soluzione: tecniche di ATFM
 - Ground holding
 - Rerouting

[Obiettivi dell'ATFM]

- Sicurezza

- Evitare congestioni e rispettare la capacità presso aeroporti e settori

- Efficienza

- Cercare di mantenere al minimo i ritardi
 - Impatto dei ritardi aerei negli U.S.A. nel 2007: 40.000.000.000\$

[Ruolo della matematica]

- Costruzione di modelli matematici per risolvere determinati problemi
- Due tipi di modelli:
 - Prescrittivi
 - Indicano quali azioni intraprendere per risolvere un problema
 - Descrittivi
 - Analizzano il sistema esistente per prevederne il comportamento

[Ricerca operativa]

“La ricerca operativa fornisce strumenti matematici di supporto alle attività decisionali in cui occorre gestire e coordinare attività e risorse limitate al fine di massimizzare o minimizzare una funzione obiettivo”

Wikipedia

[RO ed ATFM?]

- La ricerca operativa è perfetta per i modelli prescrittivi:
 - Risorse limitate: capacità presso settori ed aeroporti
 - Funzione obiettivo da minimizzare: i costi causati dai ritardi
- Traduzione matematica:
 - Risorse limitate: vincoli
 - Funzione obiettivo: funzione il cui valore dovrà essere il minimo possibile

Esempio reale

- Vincoli per far rispettare la capacità

$$\sum_{f \in \mathcal{F} : \text{orig}_f = k} co_{k,h}^f \leq D_k(h) \quad \forall k \in \mathcal{K}, \forall h \in \mathcal{H}$$

$$\sum_{f \in \mathcal{F} : \text{dest}_f = k} co_{k,h}^f \leq A_k(h) \quad \forall k \in \mathcal{K}, \forall h \in \mathcal{H}$$

$$\sum_{f \in \mathcal{F} : j \in \mathcal{S}^f} co_{j,h}^f \leq S_j(h) \quad \forall j \in \mathcal{S}, \forall h \in \mathcal{H}$$

- Funzione obiettivo: minimizzare i ritardi

$$Z_1 = \text{Min} \sum_{f \in \mathcal{F}} \sum_{t \in T_{\text{orig}_f}^f} \left((w_{\text{orig}_f, t}^f - w_{\text{orig}_f, t-1}^f) \cdot ddc^f(t) \right) +$$
$$+ \sum_{f \in \mathcal{F}} \sum_{t \in T_{\text{dest}_f}^f} \left((w_{\text{dest}_f, t}^f - w_{\text{dest}_f, t-1}^f) \cdot adc^f(t) \right)$$

Utilizzo di questi modelli

- Eseguiti poche ore prima del volo
 - Si hanno maggiori informazioni
 - Voli precedenti in ritardo
 - Maltempo
 - ecc...
- Considerano un arco di tempo limitato (circa 12 ore)
- Finalità: limitare l'impatto della congestione prevista

Il mio lavoro

- Tesi di laurea di Ingegneria Informatica “The Air Traffic Flow Management Problem with Time Windows”
- Ora: borsa di ricerca per sviluppare un modello:
 - Basato su un famoso modello esistente
 - Che faccia diminuire i ritardi
 - Che dia maggiore flessibilità
 - Che risolva “grandi” istanze in pochi minuti
 - “grandi” = 30 aeroporti, 150 settori, 6500 voli

Utilizzo attuale dei modelli

- **Modelli prescrittivi: poco usati**
 - Lasciano poco spazio decisionale esterno
 - A volte richiedono troppo tempo per essere eseguiti
 - Possono richiedere dati di input complessi
- **Modelli descrittivi: più diffusi**
 - Analizzano fatti
 - Le decisioni sono prese dagli utenti
 - Esistono pacchetti software ad hoc in commercio

[Conclusioni: il futuro]

- Modelli prescrittivi
 - Utilizzo con miglioramento tecnologia
 - Grosso potenziale economico
- Modelli descrittivi
 - Continueranno ad essere diffusi
 - Applicazioni in sempre più campi