

Know how italiano per i turni delle ferrovie olandesi

di **Matteo Fischetti** > m.fischetti@turni.it

Leo Kroon > l.kroon@rsm.nl

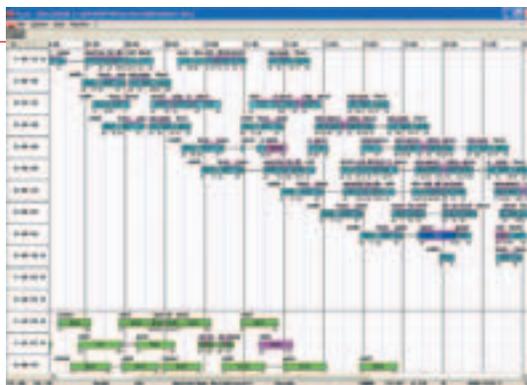
■ *Una moderna visione organizzativa ha permesso alle ferrovie olandesi di raggiungere obiettivi di puntualità, efficienza, reattività e risparmio dei costi.*

Sofisticcate tecniche di Ottimizzazione e di Ricerca Operativa sono state applicate con successo al problema della formazione dei turni del personale viaggiante (oltre 6500 agenti, fra macchinisti e controllori) del principale operatore ferroviario olandese, NS Reizigers. I turni sono stati generati seguendo nuove regole concordate con le organizzazioni sindacali con l'obiettivo di aumentare la puntualità e l'efficienza del servizio, insieme alla soddisfazione di macchinisti e controllori. A tal fine è stato sviluppato e personalizzato dalla Double-Click di Padova uno strumento software altamente innovativo, TURNI, che ha permesso ad NS Reiziger di raggiungere gli obiettivi di puntualità e di efficienza previsti, consentendo inoltre un risparmio in termini di costi del personale stimato in oltre 6 milioni di euro l'anno.

NS Reizigers (NSR) è il principale operatore ferroviario olandese per il trasporto di passeggeri, ed impiega oltre 3.000 macchinisti e 3.500 controllori in 29 depositi dislocati sul territorio olandese. Ogni giorno vengono effettuati circa 5.000 collegamenti ferroviari, per un totale di circa 14.000 tratte elementari (corse). A parte le dimensioni dell'azienda, la tipologia del servizio esercito da NSR è paragonabile a quello di una azienda italiana medio-grande di trasporto extra-urbano su gomma, con collegamenti che coprono un territorio paragonabile ad una grande regione italiana.

I principali criteri utilizzati dal dipartimento di logistica di NSR per la progettazione dei turni di servizio del personale viaggiante sono l'ammissibilità, l'efficienza e l'accettabilità. Ammissibilità vuol dire che deve essere possibile mettere in pratica i turni, e che questi devono essere sufficientemente robusti da assorbire variazioni esterne e ritardi; in quest'ottica, i parametri principali da considerare sono il tempo minimo per il cambio di treno e il numero massimo di tali cambi in un turno. Efficienza vuol dire che la percentuale del tempo di impiego produttivo dell'agente deve essere elevata, con una minimizzazione delle soste inoperose e dei trasferimenti a vuoto o come passeggero. L'accettabilità fa riferimento agli aspetti qualitativi del turno che lo rendono accettabile da parte dell'agente, e comprende aspetti quali la divisione equa delle tipologie di lavoro (treni locali, intercity, a più elevato rischio di aggressione, ecc.) fra

La rete ferroviaria olandese con i suoi 29 depositi



Una schermata del software TURNI usato da NSR per la formazione automatica dei turni.

i depositi, nonché la presenza di una sufficiente variazione della tipologia di lavoro lungo il turno (un aspetto, quest'ultimo, particolarmente sentito dalle organizzazioni sindacali olandesi, che rifiutano turni troppo "ripetitivi" lungo una stessa linea).

Il software TURNI

Fino al 1999, il processo di turnazione delle ferrovie olandesi veniva pianificato in modo essenzialmente manuale, con l'ausilio di semplici strumenti software per la verifica delle regole e della copertura delle corse. I sistemi disponibili non erano tuttavia in grado di fornire un supporto fattivo al processo decisionale, che dipendeva pesantemente dalla capacità ed esperienza degli oraristi. Tale situazione era ovviamente insoddisfacente per l'azienda, per almeno tre importanti motivi: (1) non era possibile valutare l'efficienza delle soluzioni individuate, in quanto era impossibile quantificare in modo affidabile i possibili margini di miglioramento; (2) non era possibile effettuare simulazioni ed analisi what-if per valutare l'impatto di possibili variazioni della normativa sulla regolarità e sull'efficienza del servizio; (3) un aspetto vitale dell'azienda, e cioè l'uso efficiente degli agenti, era delegato completamente alle capacità "manuali" degli esperti del dipartimento di logistica.

Nel 2000, NSR ha valutato la fattibilità di utilizzare un sistema di

supporto alle decisioni capace di gestire la complessità e le dimensioni del problema della formazione turni. Dopo un'analisi di mercato ed una serie di confronti su dati reali fra i principali software disponibili sulla scena internazionale, la scelta è ricaduta sul software TURNI sviluppato dalla Double-Click di Padova. Anche se originariamente sviluppato per il trasporto su gomma (o, forse, proprio per questo), tale software si è infatti dimostrato l'unico in grado di gestire, in un'unica esecuzione, i problemi con oltre 10.000 corse che caratterizzano le applicazioni in ambito NSR. La licenza d'uso del software TURNI è stata acquistata da NSR nel settembre del 2000, ed il software è stato successivamente esteso e personalizzato per adeguarsi alle normative in vigore in Olanda. E' stata inoltre sviluppata una semplice interfaccia che permette di (1) estrarre, in modo completamente automatico, i dati di input dal sistema aziendale in uso presso NSR; (2) effettuare le simulazioni richieste su di una batteria di PC dedicati; (3) re-importare i turni nel sistema aziendale, sempre in modo automatico. In questo modo l'introduzione del software TURNI è avvenuta in modo non traumatico e non ha richiesto alcuna modifica dei sistemi aziendali pre-esistenti, con notevoli risparmi in termini di investimenti e risorse (e di tempo) necessari per la transizione.

Gli algoritmi di risoluzione (proprietary) adottati da TURNI saranno



descritti con maggiore dettaglio in un prossimo numero della rivista. In sintesi, TURNI utilizza un approccio concettualmente molto diverso da quello adottato da un esperto manuale che sfrutti la propria esperienza, conoscenza del servizio e creatività per progettare, in modo mirato, direttamente i singoli turni che formeranno la soluzione finale - salvo poi rimescolarne alcune parti in una fase finale di riaggiustamento. Allo stato attuale dell'arte, infatti, risulta inefficace pretendere che un metodo automatico cerchi di mimare le modalità di ragionamento dell'esperto umano, e quindi si preferisce progettare un sistema di risoluzione che sfrutti al meglio la potenza di calcolo dei moderni elaboratori. Il meccanismo di risoluzione adottato da TURNI alterna ciclicamente una fase di generazione di turni am-



missibili ad una fase di selezione dei turni stessi. Poiché è impossibile generare tutti i turni ammissibili e selezionare fra questi quelli finali considerando tutte le possibili combinazioni, l'intero processo viene iterato sotto il controllo di un modello matematico che quantifica in modo molto preciso le conseguenze di ogni singola decisione sulla qualità della soluzione finale. Durante una tipica esecuzione di TURNI per un caso reale delle ferrovie olandesi con circa 14.000 corse, ogni fase di generazione richiede alcuni minuti (su di un notebook) e porta a generare, ad ogni iterazione, svariate migliaia di nuovi turni, scelti fra milioni di possibilità valutate implicitamente mediante il modello matematico. Dopo circa 2-3 ore di elaborazione l'algoritmo ha generato oltre 300.000 possibili turni, che permettono la definizione di soluzioni altamente efficienti con circa 900-1.000 agenti.

Risultati

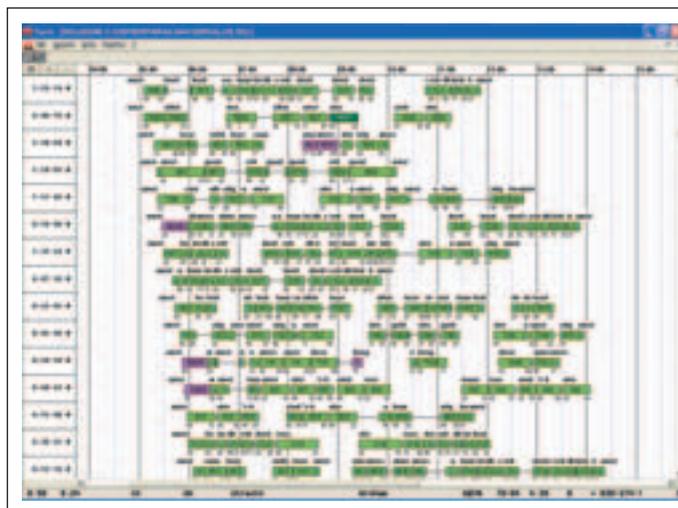
Dalla sua introduzione in ambito NSR, il software TURNI è usato sia in fase operativa che in svariati progetti per studiare gli effetti di diversi insiemi di regole. Il sistema è stato inoltre utilizzato in una gara internazionale, vinta da NSR, per la concessione di alcuni servizi ferroviari nell'area di Liverpool.

Inoltre, nel 2001 il collegio dei direttori di NSR ha raggiunto un accordo con i rappresentanti dei macchinisti e dei controllori per la definizione consensuale di un nuovo insieme di regole in cui venissero garantite, in particolare, la variabilità dei turni e l'equa ripartizione del lavoro fra i depositi, senza che questo si ripercuotesse in modo negativo sulla puntualità e robustezza del servizio e sull'efficienza delle soluzioni. La ricerca della nuova normativa è stata effettuata nella prima parte del 2002. Durante svariati mesi di trattativa, centinaia di scenari alternativi sono stati analizzati mediante il software TURNI, con esecuzioni parallele su di una batteria di PC dedicati al progetto 24 ore su 24. Dopo un lungo processo di negoziazione, si è riusciti in questo modo a definire un insieme di nuove regole che mettessero d'accordo le esigenze dei macchinisti/controllori e quelle dell'azienda - una "quadratura del cerchio" ritenuta da molti impossibile.

Questo successo ha ricevuto una notevole attenzione da parte della stampa olandese, dato che la struttura dei turni dei macchinisti e conduttori è stata per molti anni un tema caldo in Olanda. In quest'ottica, il supporto fornito da TURNI si è rivelato fondamentale per il successo del progetto, in quanto le nuove regole hanno intrinsecamente una elevata complessità che non è possibile gestire senza un valido sistema di supporto alle decisioni. Se da un lato le nuove regole hanno consentito, com'è naturale, la definizione di turni meglio accettati dai macchinisti e conduttori, dall'altro l'elevato livello di ottimizzazione

così come l'efficienza globale del servizio. In effetti, sebbene NSR ritenesse che i turni precedentemente in vigore fossero già molto ottimizzati, la nuova soluzione ha permesso un risparmio di oltre il 2% sul numero di agenti. In particolare, rispetto all'anno precedente il carico di lavoro è incrementato del 3% per l'introduzione di nuovi servizi tesi a migliorare la qualità del servizio offerto all'utenza, mentre il numero di turni si è incrementato solo dell'1%, con un risparmio sul totale di oltre 6.500 agenti valutato in 6 milioni di euro per anno.

Per quanto ci è dato sapere, è questa la prima volta che una grande ferrovia europea usa in modo intensivo le tecniche dell'Ottimizzazione e della Ricerca Operativa come supporto alle decisioni nell'ambito della formazione dei turni del suo personale viaggiante. Fino a pochi anni fa, infatti, la dimensione e complessità dei problemi di formazione turni in campo ferroviario era ritenuta proibitiva. L'applicazione di nuove ed innovative tecniche di ottimizzazione ha dimostrato il contrario, e permette oggi ad NSR di risolvere in modo efficace, su di un PC, problemi con 14.000 corse (una giornata dell'intera rete olandese) e soluzioni con circa 1.000 turni. Una stima conservativa del dipartimento di logistica valuta in 25 milioni di euro il risparmio ottenuto nei prossimi 5 anni per merito dell'introduzione della nuova tecnologia. Altri importanti vantaggi derivanti dall'uso di un sistema automatico sono il fatto che l'azienda è diventata meno dipendente dall'esperienza ed abilità dei suoi oraristi, e la drastica contrazione dei tempi necessari per elaborare



Output grafico (diagramma di Gantt) di una soluzione trovata con il software TURNI

ha addirittura aumentato l'efficienza e robustezza del servizio. Fin dalla prima applicazione dei nuovi turni, infatti, la puntualità dei treni è aumentata (come conseguenza della maggiore robustezza dei turni stessi),

una nuova soluzione è cosa molto importante per una moderna azienda di trasporto, che deve adattarsi in modo tempestivo ed ottimale alle variazioni delle condizioni al contorno.



E il futuro?

Solo pochi anni or sono si riteneva impossibile risolvere problemi di formazione turni per il trasporto su rotaia (o extra-urbano su gomma) con più di 1.000 corse e 100 turni. Lo sviluppo di nuovi algoritmi di risoluzione basati sulle più moderne tecniche di Ottimizzazione e di Ricerca Operativa permette oggi al software TURNI di elaborare senza difficoltà problemi con dimensioni di un ordine di grandezza superiori (14.000 corse e 1.000 turni). Non ci risulta che nessun altro software sul mercato sia in grado di gestire problemi di questa dimensione.

A partire dal 2005, inoltre, NSR ha messo a punto insieme a Double-Click un approccio ancora più ambizioso, che consiste nel considerare in un'unica ottimizzazione le corse dell'intera rete olandese per tutta la settimana (invece che per un solo giorno). In pratica, si tratta di gestire in un'unica esecuzione le corse in orario nell'intera settimana, imponendo per ciascun deposito valori medi per il tempo di lavoro relativi alla settimana (e non al singolo giorno). In questo modo si aumentano i gradi di libertà della soluzione, e quindi si ottengono maggiori margini di ottimizzazione. Le simulazioni effettuate con il software TURNI sui dati dell'orario invernale 2005-2006 mostrano che il nuovo approccio consente risparmi effettivi di oltre l'1.5% sul numero di turni rispetto all'approccio classico. Dal punto di vista tecnologico, le nuove elaborazioni hanno richiesto la risoluzione di problemi monster con circa 100.000 corse e soluzioni con oltre 9.000 turni, spingendo TURNI oltre la barriera (mai tentata prima) delle 100.000 corse.

Il presente lavoro ha ricevuto il premio internazionale "Daniel H. Wagner Prize for Excellence in Operations Research Practice - Finalist paper, 2004" della società americana di Ricerca Operativa INFORMS; il lavoro esteso, "Reinventing Crew Scheduling at Netherlands Railways (scritto insieme a E. Abbink, G. Timmer e M. Vromans, in inglese) può essere richiesto agli autori.

Autori

Matteo Fischetti

Professore ordinario di Ottimizzazione presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Padova. E' considerato uno dei maggiori esperti a livello internazionale dei problemi di ottimizzazione relativi alla formazione dei turni. Ha pubblicato più di 70 lavori scientifici sulle più prestigiose riviste internazionali, ed ha ricevuto alcuni premi internazionali per le sue ricerche nel campo dei trasporti.

Leo Kroon

Professore ordinario di Logica Quantitativa presso l'Erasmus University di Rotterdam, nonché coordinatore della ricerca e consulente per l'ottimizzazione presso il Dipartimento di Logistica delle ferrovie olandesi. Ha pubblicato oltre 20 lavori internazionali su problemi di ottimizzazione nell'ambito dei trasporti.

CDB-5 Console autista intelligente



smart card
tasti illuminati
fino a 4G byte FLASH
programmabile in C/C++
interfacce GPS, odometro, seriali



www.aep-italia.it
0039/055/87.32.606