

Trentino Trasporti, ottimizzazione dei turni del personale

di **Giancarlo Crepaldi** > giancarlo.crepaldi@ttspa.it; **Matteo Fischetti** > m.fischetti@turni.it; **Silvio Sada** > silvio.sada@ttspa.it

■ *Il software TURNI ha permesso a Trentino trasporti di migliorare l'efficienza e l'accettabilità dei turni del personale viaggiante.*

Il software TURNI ha ottimizzato i turni della Trentino trasporti e si è rivelato fondamentale anche per l'analisi di scenari normativi alternativi; lo strumento è divenuto uno dei punti di riferimento del sistema informatico aziendale, aumentando in modo significativo la produttività e la professionalità degli addetti dell'ufficio movimento.

1. Perché ottimizzare?

La definizione dei turni di servizio del personale viaggiante è un problema estremamente sentito nella gestione delle aziende di trasporto. Tipicamente tale compito viene assolto da personale specializzato in grado di individuare "manualmente" soluzioni di qualità anche molto buona, basandosi sulla propria conoscenza della normativa da applicare e dei dati specifici da elaborare. È tuttavia evidente l'interesse che ogni azienda di trasporto ha nel disporre di un sistema automatico in grado di generare in tempi brevi soluzioni di qualità confrontabile o addirittura (come è spesso possibile) migliore di quelle ottenute dagli operatori più esperti, in modo da poter simulare scenari normativi alternativi (per esempio, in sede di contrattazione sindacale) ed analizzare realtà diverse (per esempio, in fase di gara di appalto).

Inoltre, in conformità a quanto stabilito dal decreto legislativo n. 422 del 19 novembre 1997, la flessibilità è un tema di riferimento per le strategie di gestione di un'azienda che deve concentrare tutte le energie per ottenere una utilizzazione ottimale del personale ed un contenimento del costo del lavoro. Ne consegue che l'ottimizzazione nella gestione dei turni del personale diventa di fondamentale importanza in situazioni di turbolenza economica ed organizzativa che comportano un crescente livello di innovazione nella struttura d'im-



presa: l'impresa dovrà infatti essere in grado di adattarsi e di concorrere con le realtà economiche dell'ambiente di cui fa parte, adeguandosi alla accelerazione dei

cambiamenti di scenario e di mercato. La competitività non potrà dunque prescindere da un costante ed efficace controllo dei componenti aziendali in vista di obiet-

tivi primari tempestivamente aggiornati. D'altro canto, la gestione contemporanea di troppe variabili può rallentare la velocità di decisione/azione fino a compromettere i risultati voluti, a meno che i processi aziendali non siano sotto quel totale, costante ed immediato controllo che solo i mezzi informatici possono garantire. Ne consegue che la competitività dell'impresa sarà sempre più condizionata dalla competitività del suo sistema informativo, ed in particolare dalla sua capacità di ottimizzare l'uso delle risorse umane e di mezzi che costituiscono il patrimonio aziendale.

2. Il software TURNI

Il software TURNI sviluppato dalla Double-Click di Padova è uno strumento innovativo in grado di gestire in modo personalizzato ed efficiente la complessità e la specificità dei problemi di formazione turni in una azienda di trasporto italiana. Gli algoritmi (proprietary) implementati si avvalgono dei più recenti sviluppi metodologici nel campo dell'Ottimizzazione e della Ricerca Operativa, ed hanno ottenuto prestigiosi riconoscimenti internazionali. Punti di forza del programma sono la sua flessibilità, la sua velocità di esecuzione, e soprattutto la sua capacità di generare soluzioni ottimizzate anche in presenza di normative complesse come quella italiana.

Il software TURNI è attualmente utilizzato con successo da 24 aziende di trasporto italiane extra-urbane, urbane e miste, dalle ferrovie olandesi (NS Reizigers) e danesi (DSB S-tog). Ogni anno, TURNI viene utilizzato in Europa per determinare i turni di servizio di oltre 13.000 persone fra autisti di autobus, macchinisti e controllori di treni.

Il programma TURNI viene commercializzato in una versione base in grado di soddisfare le esigenze tipiche delle aziende di trasporto italiane, in quanto gestisce in modo parametrico tutti i vincoli normativi in uso nelle aziende che già lo utilizzano. Eventuali estensioni per la gestione di contratti integrativi aziendali sono tipicamente possibili semplicemente agendo sui parametri disponibili; estensioni più complesse possono comunque essere sviluppate su richiesta del cliente.

I tempi di esecuzione tipici su notebook Pentium Centrino 1.6Ghz con 512 MB di RAM per problemi con circa 2000-3000 corse sono dell'ordine di 1-2 ore. Elaborazioni più lunghe possono essere utili per raffinare ulteriormente le soluzioni individuate. Il cuore del programma è formato da un "motore" centrale che ha il compito



di definire i turni ottimali per il personale. Il motore comunica con l'esterno mediante file (in formato testo o Excel) che contengono i dati di input e di output, i cui formati possono essere facilmente modificati in fase di installazione del programma in modo da rendere immediata la sua integrazione nel sistema aziendale preesistente; viene inoltre fornita un'interfaccia grafica per l'input/output su PC con sistemi operativi Windows. Su richiesta, il programma può essere fornito insieme ai pacchetti gestionali necessari per una totale informatizzazione dell'ufficio movimento.

Una caratteristica importante del programma TURNI è quella di permettere di ottenere

soluzioni alternative sulla base della diversa importanza attribuita preventivamente alle voci di costo che compongono un turno di servizio. Questa impostazione permette al tecnico orarista di decidere "ad alto livello", su indicazione della direzione, le caratteristiche desiderate, lasciando al programma il compito di generare automaticamente i turni che meglio si adattano ai requisiti richiesti. L'esperienza dell'operatore si rifletterà quindi nella sua capacità di interagire con il software, variandone se necessario i parametri principali in modo da raggiungere l'obiettivo richiesto, piuttosto che nella sua conoscenza dell'orario e degli allacciamenti che la sua esperienza passata ha dimostrato essere utili.

L'elaborazione effettuata dal programma TURNI è articolata in "passate" analitiche, in ciascuna delle quali il programma tenta di migliorare la miglior soluzione correntemente disponibile. Tipicamente le soluzioni ottimali vengono determinate durante le primissime passate, ma in alcuni casi particolarmente complessi anche le passate successive possono individuare soluzioni via via migliori. Durante ciascuna passata si alternano ciclicamente due distinte fasi di elaborazione: la fase di generazione dei turni (in cui viene generato un ampio ventaglio di possibili turni "candidati") e la fase di selezione (in cui vengono selezionati i turni



La Trentino trasporti S.p.A.

La Società Trentino trasporti nasce nel 2002 in seguito alla fusione delle due Società di Trasporto pubblico operanti nella Provincia Autonoma di Trento (provincia con circa 400.000 abitanti insediati su un territorio montagnoso e frastagliato): la Società Atesina e la Società Ferrovia Trento-Malè. Trentino trasporti è una società per azioni a capitale misto pubblico e privato; la partecipazione azionaria è sud-



Servizi erogati dalla Trentino Trasporti nel 2004	Bus.km/anno	Passeggeri trasportati	N° bus	Personale viaggiante
Servizio extraurbano gomma	13.189.681	15.058.545	482 bus	491
Ferrovia Trento-Malè-Marilleva	699.515	2.073.199	(13 treni)	38
Servizio urbano (Trento+Rovereto)	6.665.779	21.208.979	233 bus	287
Servizi urbani turistici	705.173			
Noleggio	2.263.500		63 bus	
Totali	23.523.648	38.340.723	778 bus	816

che definiscono la soluzione finale). Se richiesto, durante la fase di generazione dei turni vengono anche generate opportune corse a vuoto. Entrambe le fasi utilizzano internamente algoritmi di ottimizzazione (propriari) particolarmente efficienti, basati su opportuni modelli matematici che permettono di quantificare in modo molto preciso l'utilità di possibili nuovi turni in base alle caratteristiche della soluzione corrente. Tipicamente, durante la fase di generazione vengono implicitamente valutati milioni di turni possibili, mentre durante la fase di selezione vengono considerate e valutate decine di migliaia di soluzioni alternative. Durante una stessa passata, le due fasi di generazione e di selezione vengono applicate per un certo numero di iterazioni, aggiornando di volta in volta la miglior soluzione individuata dal programma. Viene quindi attivata una opportuna procedura di fissaggio che sceglie alcuni turni ritenuti particolarmente "efficienti" e decide di fissarli come facenti parte della soluzione definitiva. Il procedimento viene quindi ripetuto sulle corse non coperte dai turni fissati, sui quali vengono applicate nuovamente le fasi di generazione e di selezione. Il procedimento viene iterato fissando nuovi turni, fino ad arrivare ad un punto in cui la soluzione corrente non risulta ulteriormente migliorabile. In questa situazione il programma

divisa tra la Provincia Autonoma di Trento (73,75%), la Trentino trasporti S.p.A. (azioni proprie, 6,91%), il Comune di Trento (18,75%) ed altri Comuni e Comprensori della Provincia di Trento (6,58%), ed altri soci privati (0,008%). La società conta 1180 dipendenti e una flotta di 778 autobus (urbani, extraurbani e da noleggio) e 13 treni. Le attività sono organizzate in molteplici unità di gestione: la sede centrale di via Innsbruck n. 65 a Gardolo di Trento, le sedi operative di via Marconi n. 3 (movimento urbano) e di via Secondo da Trento n. 2 (officina ferrovia) a Trento; le sedi periferiche di Rovereto, Borgo Valsugana, Cles, Fiera di Primiero, Fondo, Lavis, Malè, Predazzo, Riva del Garda e Tione.

La Trentino trasporti promuove e realizza un sistema di mobilità che assicura a tutti i cittadini l'accessibilità al servizio, avendo cura di ridurre l'inquinamento ed i fenomeni di impatto ambientale, con l'obiettivo di incrementare l'utilizzo dei servizi di trasporto pubblico rispetto al mezzo privato. L'azienda, tenendo conto della particolare situazione ambientale in cui opera (zone di montagna a spiccata vocazione turistica) è impegnata nella sperimentazione e nell'utilizzo di mezzi e tecnologie innovative per lo sviluppo di una mobilità "pulita" e "sostenibile". Oltre ai normali servizi di linea urbani ed extraurbani Trentino trasporti garantisce la mobilità turistica con servizi dedicati ("Skibus" in inverno), veri e propri servizi urbani in alta montagna, contribuendo al contenimento dell'inquinamento atmosferico in località di particolare pregio e vulnerabilità ambientale (si calcola che i servizi urbani turistici evitano lo spostamento di 700.000 vetture private in montagna ogni anno).

La sensibilità ambientale di Trentino trasporti è dimostrata dal fatto che la Società, oltre che Vision 2000 (UNI EN ISO 9001:2000), è certificata UNI EN ISO 14001:1996 per il Sistema di Gestione Ambientale. La Società ha recentemente ottenuto un lusinghiero rating AA dall'agenzia FitchRatings, che la pone al primo posto tra le società di trasporto in Italia e in primissimo piano anche in Europa.

Il rinnovo del parco rotabile (urbano, extraurbano e noleggi), in atto già da alcuni anni in Atesina e FTM, ha permesso di abbassare l'età media del parco dei veicoli su gomma in maniera considerevole: 7,6 anni per bus extraurbani e da noleggio, 6,6 per bus urbani (a fine 2005).

Nel parco circolante sono aumentati gli autobus a basso impatto ambientale: sul servizio urbano di Trento stanno entrando in servizio 28 nuovi bus a metano, per un totale di 36 bus a metano che saranno riforniti nell'impianto interno alla nuova sede. Sempre sul servizio urbano di Trento i bus a gasolio Euro 4 ed Euro 3 sono 69, mentre 44 Euro 2 sono utilizzati solo come riserva o per corse bis nell'ora di massima punta.

Per quanto riguarda la ferrovia Trento-Malè, recentemente prolungata fino a Marilleva, il 20 dicembre 2004 è stato consegnato il primo (prototipo) dei 14 elettrotreni commissionati alla società Alstom Ferrovia S.p.A. di Savigliano, che sono ora in consegna al ritmo di uno al mese. I nuovi elettrotreni potenzieranno l'offerta di Trentino trasporti, trasformando la tratta ferroviaria Trento-Mezzolombardo in una vera e propria metropolitana di superficie, garantendo maggiore sicurezza e comfort per i passeggeri ed una migliore efficienza dei mezzi a salvaguardia e tutela dell'ambiente.

esegue una procedura di raffinamento che prevede la possibilità di opportuni scambi di pezzi di turno, e termina la passata corrente. La successione delle passate continua finché non viene raggiunto il tempo di esecuzione massimo specificato dall'utente; l'utente può comunque interrompere in qualsiasi momento l'esecuzione del programma se ritiene soddisfacente la soluzione corrente oppure, in base alla soluzione ottimizzata attualmente disponibile, ritiene utile/necessario modificare alcuni parametri. Questo schema di elaborazione ha il vantaggio di individuare rapidamente soluzioni molto buone del problema (tipicamente già dopo i primi minuti le soluzioni sono paragonabili a quelle manuali), e di migliorarle man mano che l'elaborazione procede. Come già accennato, il programma TURNI memorizza internamente un numero molto elevato di turni potenziali (circa 150.000, scelti fra quelli più efficienti) e di corse a vuoto (fino ad alcune migliaia). Questi turni/vuoti possono essere memorizzati su file ed utilizzati, insieme alla miglior soluzione ottenuta, come base di partenza per una successiva elaborazione, in modo da ridurre ulteriormente i tempi di elaborazione - caratteristica questa molto utile in fase di taratura dei parametri o di analisi di scenari alternativi. La Trentino trasporti SpA, già Atesina SpA, è da sempre molto attenta all'utilizzo dell'informatica per la gestione ottimizzata dei suoi processi produttivi ed è stata tra le prime aziende italiane ad adottare il software TURNI per il servizio extraurbano (1988) e successivamente anche per i servizi urbani (2003) e ferroviari (2005).

3. La pianificazione delle risorse

Nel seguito verranno descritte, a titolo esemplificativo, le modalità operative di utilizzo del software TURNI nell'ambito della pianificazione dei turni uomo per il servizio urbano di Trento (5.497.477 bus.km/anno e 17.592.220 passeggeri nel 2004 con 240 agenti).

Il software TURNI è oggi completamente integrato nel sistema gestionale aziendale: dal database degli orari vengono generati, in modo completamente automatico, i file di input per TURNI. Vengono quindi eseguite su di un PC le simulazioni richieste, variando se necessario i parametri dell'ottimizzatore. Una volta ottenuto il risultato definitivo, i file di output di TURNI con la composizione dei turni uomo vengono importati in modo automatico nel programma gestionale, e rientrano quindi nel flusso aziendale. Le modifiche apportate manualmente ai turni generati da TURNI sono minime e riguardano principalmente la numerazione dei turni e l'inserimento di tempi di "disposizione". La calibrazione iniziale dei parametri ha



Figura 1. Esempio di rappresentazione grafica dei turni urbani della Trentino trasporti.

richiesto l'effettuazione di alcune decine di simulazioni, sviluppate autonomamente dalla Trentino trasporti e con la collaborazione (per via telematica) degli esperti della Double-Click.

L'introduzione del software TURNI ha portato ad una nuova e più moderna organizzazione dell'ufficio movimento ed ha significativamente aumentato la sua capacità di rispondere in tempo reale (in genere dopo poche ore, o al massimo dopo qualche giorno per i casi completamente nuovi da ricalibrare) sia alle esigenze operative quali cambi di orario, copertura di nuove corse, ecc., che alle necessità di simulazione della direzione quali analisi di possibili nuove linee, valutazione dell'impatto di nuove regole, gare per l'acquisizione di nuovi servizi, ecc.. I risultati ottenuti relativamente all'ambito urbano possono essere sintetizzati come segue.

Utilizzo operativo – Ottimizzazione dei turni per il servizio base e per le sue varianti (ad esempio, per i giorni invernali non scolastici, ecc.). Rispetto alle soluzioni manuali, si è ottenuto un risparmio di circa il 2% sul numero di turni: nei turni festivi è stato risparmiato 1 turno su 52, nei turni feriali invernali scolastici si è ottenuto un risparmio potenziale di 3 turni su 180.

Inserimento di nuove corse – Vista la possibilità data dal software TURNI di avere un miglioramento dell'offerta a parità di risorse impiegate, miglioramento prima ottenibile solo con un aumento di organico, il Comune di Trento, ente concedente il servizio, ha deciso di potenziare l'offerta nelle ore di punta dei giorni scolastici a partire dalle situazioni di sovraccarico rilevate più critiche. La situazione attuale per il servizio urbano di Trento è infatti al limite per quanto riguarda la concentrazione di corse nelle ore di punta: mentre una nuova corsa in orario di morbida potrebbe essere inserita nei turni attuali, una nuova corsa in orario di punta comporta necessariamente l'aggiunta di un nuovo turno, oppure una completa riorganizzazione dei turni attuali (cosa improponibile utilizzando un approccio manuale). L'utilizzo del software TURNI consente invece una risposta immediata alle eventuali richieste di nuove corse che arrivano dagli enti concedenti, con turni sempre ottimizzati rispetto alla nuova situazione del servizio. Nella fattispecie, sono stati inseriti 4 nuovi gruppi di corse bis (primi impieghi) che nel caso di soluzione manuale avrebbero comportato l'aggiunta di 4 nuovi turni e che invece l'uso del software ha reso possibile a parità di turni.

Valutazione di nuove ipotesi contrattuali – Per la sua velocità e flessibilità, il software TURNI è particolarmente adatto a valutare le proposte di modifica delle regole contrattuali in uso, consentendo una quantificazione accurata e pressoché immediata delle conseguenze che le nuove regole produrrebbero sull'efficienza dei turni.



Utilizzando un comune PC Pentium 4/2,8 GHz con 512 MB ram, il software TURNI permette di ottenere le prime indicazioni già dopo circa mezz'ora di calcolo (per simulazioni con 180 turni), mentre risultati definitivi si ottengono dopo circa 2 ore di elaborazione, a fronte dei giorni necessari per una analogo analisi manuale. Un risultato molto interessante di queste analisi riguarda il diverso peso che alcune regole hanno nel caso di generazione automatica dei turni rispetto al caso di una loro definizione manuale. In particolare, regole che apparivano molto vincolanti nella soluzione manuale, come ad esempio il limite massimo di durata di una ripresa nel caso di turni con 2 riprese, appaiono ampiamente ininfluenti nel caso delle soluzioni ottimizzate generate da TURNI (stesso numero di turni anche con limiti più stringenti), una conseguenza questa dell'enorme numero di soluzioni alternative che il modello ottimizzato riesce a prendere in considerazione. Le regole con maggiori ripercussioni sul numero di turni nel caso di soluzioni automatiche sono invece quelle che riguardano il tempo complessivo di guida. Anche in questo caso, però, il risultato dipende strettamente dall'organizzazione del servizio e dai dati del problema, e può essere quantificato solo disponendo di un affidabile metodo automatico di valutazione. Aumentando gradualmente il tempo di guida in diverse simulazioni, infatti, si nota dapprima una diminuzione del numero di turni, poi oltre un certo limite tale numero non diminuisce più nonostante l'aumento del tempo di guida consentito - in questo caso, il vincolo che impedisce l'ulteriore diminuzione del numero di turni è dato dalla concentrazione delle corse nelle ore di punta. La determinazione esatta del punto di discontinuità (break point) consente quindi di definire in modo molto accurato il limite ottimale che consente di massimizzare la soddisfazione degli autisti e la regolarità del servizio, senza che questo si ripercuota su di una minor efficienza dei turni e quindi su di un maggior costo per l'azienda.

4. Conclusioni

L'ottimizzazione dei turni con strumenti informatici riveste un ruolo fondamentale in aziende, come quelle di trasporto pubblico locale, per le quali il costo del personale rappresenta il 65% dei costi complessivi. La rilevanza dell'uso del software non si limita ai risparmi ottenibili, ma va ben oltre essendo determinata anche dalla aumentata velocità di risposta alla variazione delle condizioni al contorno (richiesta di nuovi



servizi o modifica delle regole contrattuali) e dalla trasparenza e certificabilità nelle operazioni di creazione dei turni e nel successivo rapporto con le Organizzazioni Sindacali.

I turni infatti non sono più frutto del lavoro di un tecnico orarista esperto che si basa su nozioni e capacità tramandate oralmente nel chiuso degli uffici movimento, ma derivano dalla applicazione di una procedura automatizzata (e quindi "neutrale") che lavora sulla base di sole regole certificabili

in quanto fornite come parametri di input al programma stesso.

L'elemento fondamentale resta comunque il fatto che gli esercizi di Trasporto Pubblico Locale sono in continua evoluzione a causa della forte dinamica della domanda cui deve seguire una adeguata risposta nell'offerta di trasporto e solo con l'utilizzo di un software di ottimizzazione si è in grado di modificare in tempi rapidi orari e turni di servizio per rispondere in maniera efficace ed efficiente alle varie situazioni che si presentano.

Autori

Giancarlo Crepaldi

Ingegnere elettronico specializzato in telecomunicazioni e trasporti, già Direttore Generale di Atesina SpA dal 1993, è Direttore Generale Gestione-Esercizio di Trentino trasporti SpA dalla sua fondazione. È membro di commissioni tecniche dell'Associazione di categoria ASSTRA - ROMA. È autore di numerose pubblicazioni sui trasporti pubblici locali ed in particolare sulle nuove tecnologie e sui nuovi veicoli a basso impatto ambientale. È coordinatore di vari progetti dell'Unione Europea a Bruxelles, ne ha conclusi sette nel campo dell'energia e dello studio sulla sperimentazione e la messa in esercizio di nuovi sistemi di propulsione nei veicoli di pubblico trasporto per i recuperi energetici e per la salvaguardia dell'ambiente.

Matteo Fischetti

Professore ordinario di Ottimizzazione presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Padova. È fra i 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.

Silvio Sada

Dottore di ricerca in Ingegneria dei Trasporti con una ricerca svolta presso il Politecnico di Milano sulle emissioni inquinanti da traffico in prossimità delle intersezioni semaforizzate. Ha lavorato presso ATM di Milano, occupandosi tra l'altro del Piano di Risanamento Acustico del Comune di Milano. Dal 2001 lavora presso il Servizio Urbano di Atesina e quindi Mobility Manager di Trentino trasporti SpA. Ha collaborato con il prof. Husler per la definizione di linee e orari della "Rete Forte" del nuovo servizio urbano di Trento (novembre 2002). Sta seguendo l'implementazione in azienda (servizi urbano, extraurbano e ferrovia) del progetto MITT di bigliettazione elettronica e telecontrollo della flotta.