



TECNOLOGIE  
TELEMATICHE  
TRASPORTI  
TRAFFICO  
TORINO

**5T S.R.L.**

Corso Novara 96 — 10152 Torino (IT)

T +39 011 227 4101

info@5t.torino.it / direzione5t@legalmail.it

www.5t.torino.it

C.F. - P.IVA 06360270018

C.C.I.A.A. TORINO 2825/1992

CAP. SOCIALE € 100.000,00 i.v.

## **SERVIZIO DI REALIZZAZIONE E AGGIORNAMENTO DI MODELLI DI TRAFFICO VEICOLARE NELL'AREA DELLA REGIONE PIEMONTE**

### **ALLEGATO TECNICO**

#### **1. OGGETTO DELL'APPALTO**

Per l'erogazione dei servizi per la gestione della mobilità privata, 5T si avvale di una piattaforma software per il monitoraggio, la previsione ed il controllo del traffico in tempo reale sulla rete stradale della regione Piemonte, con particolare dettaglio sull'area della città di Torino.

Tale piattaforma, definita "Supervisore Regionale PON", si avvale di modelli di traffico in grado di stimare flussi veicolari e velocità medie sugli elementi di una rete stradale di riferimento, basandosi su matrici di spostamento origine/destinazione e utilizzando misure di traffico provenienti da sensori e informazioni sulle condizioni della rete in tempo reale.

Le stime dello stato del traffico sono realizzate utilizzando un modello di assegnazione dinamica del traffico (Dynamic Traffic Assignment - DTA), che individua le condizioni base, sulle quali si innesta un algoritmo di caricamento dinamico della rete (Dynamic Network Loading - DNL) che propaga le misure real-time e che, tenendo conto degli eventi attivi (chiusure, cantieri, etc.) e dei dati semaforici, individua le condizioni di deflusso veicolare (flusso, velocità media, densità, etc.) correnti e previste (orizzonte di 1 ora).

Dal punto di vista modellistico, il Supervisore Regionale PON gestisce tre diversi segmenti di domanda di mobilità (auto private, veicoli merci, auto ZTL) ed è concepito per lavorare su un grafo trasportistico derivato da una cartografia commerciale (HERE Maps).

Il modello trasportistico del Supervisore Regionale PON comprende un grafo di assegnazione che, nella versione attualmente in esercizio, comprende circa 61.000 archi di rete, con un'estensione complessiva di circa 35.000 km, e circa 36.000 nodi; le zone di traffico sono 2009.

Il Supervisore Regionale PON consta di un ambiente off-line e di un ambiente on-line. All'ambiente off-line competono le funzionalità di creazione, aggiornamento e calibrazione dei modelli e di individuazione dello stato del traffico di base. All'ambiente on-line, invece, sono deputate le funzionalità che in tempo reale realizzano il monitoraggio e la previsione dello stato del traffico, la produzione di comandi per i sistemi di controllo, l'esposizione di dati per i servizi informativi.

## **2. AMBIENTE E STRUMENTI**

La piattaforma del Supervisore Regionale PON è realizzata in ambiente applicativo *PTV Optima*. Pertanto, le attività di aggiornamento dei modelli dovranno essere realizzate in conformità con le linee guida proprie di tale ambiente applicativo.

Per la gestione della modellistica off-line (costruzione, aggiornamento, calibrazione, etc.) sarà obbligatorio l'utilizzo del software *PTV Visum*, supportato dai tool della suite *PTV Optima*.

## **3. AGGIORNAMENTO DEL MODELLO DI OFFERTA (GRAFO TRASPORTISTICO)**

La rete di offerta del modello è derivata da una cartografia commerciale (HERE), che sarà messa a disposizione dalla Stazione Appaltante. In particolare, il modello comprenderà la rete ricadente nelle "Functional Class" (FC) da 1 a 4 e dalla porzione di FC 5 mappata dal TMC (Traffic Message Channel, riferimento standard per la localizzazione di eventi e informazioni di traffico e viabilità) e/o dalla rete delle Strade Provinciali e altri assi urbani principali.

Il Modello di Offerta rilasciato nell'ambito dell'attività di aggiornamento dovrà ricomprendere tutti gli assi e i collegamenti presenti nel corrispondente modello in esercizio. Sarà costituito da file Visum (.ver), costruito a partire dalla cartografia di base secondo le specifiche proprie di Optima, che verranno condivise dalla Stazione Appaltante.

### ***Basi Dati del Modello di Offerta***

Il modello di offerta sarà aggiornato utilizzando le seguenti basi dati, messi a disposizione dalla Stazione Appaltante:

- Grafo stradale HERE NavStreets;
- Storico dei flussi orari, per tipo giorno e relativi a mezzi leggeri (auto) e pesanti, rilevati sulle sezioni di conteggio connesse al Sistema 5T;
- Storico dei tempi di verde e di ciclo (su manovra), orari e per tipo giorno, delle lanterne semaforiche del sistema UTC (Urban Traffic Control);
- Storico delle velocità medie da Floating Car Data (FCD) elaborate dal modulo Aggregatore FCD di 5T sulla base dei dati messi a disposizione da Provider esterno;
- Storico dei transiti ai valichi di frontiera;
- Database delle località TMC, nella versione implementata nella cartografia HERE.

### ***Struttura del Modello di Offerta***

Il modello d'offerta è prodotto secondo la struttura dati di VISUM, i cui principali elementi sono: NODES (nodi del grafo), LINKS (archi del grafo, con le relative caratteristiche geometriche e funzionali), TURNS (manovre, con le caratteristiche funzionali delle intersezioni), CONNECTORS (archi fittizi che collegano le ZONE ai LINKS). Gli attributi funzionali consentono di riprodurre nel modello l'effettivo funzionamento dei singoli elementi e della rete.

I Modelli del SVR implementano tre distinti sistemi di trasporto (TSYS): AUTO, AUTOZTL, CAMION. Ogni TSYS è utilizzato da un corrispettivo Segmento di Domanda (DSEG) e ciascun binomio caratterizza una tipologia di interazione tra i mezzi di trasporto (es: velocità massima consentita, veicoli equivalenti), la rete (es: tipo di veicoli ammessi sull'arco) e la percezione dei costi degli utenti (es: Value of Time).

Ogni Segmento di Domanda (DSEG) è costituito dalla sovrapposizione di una serie di Classi di Mobilità (CLAS). Ogni Classe di Mobilità identifica una tipologia di spostamento ed è quantificata

attraverso una Matrice OD giornaliera degli spostamenti e un profilo di distribuzione giornaliero della domanda.

La maggior parte degli attributi è derivabile dalla cartografia di base tramite procedure e criteri che saranno messi a disposizione dalla Stazione Appaltante.

### ***Creazione e validazione del Modello di Offerta aggiornato***

La procedura di costruzione del Modello di Offerta è basata sull'utilizzo delle informazioni contenute nella cartografia di base, tenendo opportunamente in considerazione quelle relative ai modelli attualmente in esercizio, in modo da implementarne gli attributi di rete.

Altre attività riguardano l'associazione delle stazioni di conteggio e la verifica della continuità delle catene TMC, operando in modo da eliminare tutte le eventuali anomalie nell'associazione del TMC al Modello di Offerta. La Stazione Appaltante metterà a disposizione dell'Appaltatore le metodologie, nonché l'esperienza maturata nelle precedenti operazioni di aggiornamento, utili per il raggiungimento di tale scopo.

Si procederà quindi alla verifica e aggiornamento dei Connettori: si importeranno nel modello aggiornato quelli del modello attualmente in esercizio e si procederà ad esaminarli zona per zona ed eventualmente ridefinirli in base a criteri che saranno concordati con la Stazione Appaltante, anche in funzione di indicazioni provenienti da tecnici di alcuni enti gestori (Province).

Sul Modello di Offerta, comprensivo della struttura della domanda (Zone, Matrici OD, Connettori), si procederà alla verifica di connettività attraverso l'utilizzo reiterato della funzionalità "Network Check" di Visum, applicata a tutte le coppie O/D e ad ai TSYS "AUTO" e "CAMION", volta ad eliminare eventuali anomalie nei sensi di marcia, nelle svolte, nelle regolazioni di accesso a determinati mezzi, etc. Alla fine del processo, il 100% delle coppie O/D dovrà risultare connesso per entrambi i TSYS analizzati.

## **4. AGGIORNAMENTO DEL MODELLO DI DOMANDA**

Il Modello di Domanda del SVR rappresenta gli spostamenti con origine e/o destinazione nella Regione Piemonte e consiste nella versione attualmente implementata nei seguenti elementi fondamentali:

- 6 Giorni Tipo (Feriale, Sabato, Domenica nei periodi Invernale e Estivo);
- 3 Segmenti di domanda / Transport System (AUTO, AUTOZTL, CAMION);
- 26 Matrici di Domanda Giornaliere;
- 16 Serie Temporalì ai 15', una per ciascuna matrice giornaliera;
- 2009 Zone di Traffico (2000 Zone interne, 9 Zone di Cordone);
- Circa 12.000 Connettori (almeno tre Connettori per Zona di traffico).

Relativamente al modello di domanda, l'attività di cui alla presente fornitura riguarderà la revisione dei Connettori e l'aggiornamento della componente relativa agli spostamenti, ossia le Matrici OD con le corrispondenti Serie Temporalì.

### ***Basi Dati del Modello di Domanda***

Il modello di domanda sarà aggiornato utilizzando le seguenti basi dati, messi a disposizione dalla Stazione Appaltante:

- Modello di Domanda attualmente in operation, in formato Visum;

- Storico dei flussi rilevati sulle sezioni di conteggio connesse al Sistema 5T (come da precedente sezione "*Basi Dati del Modello di Offerta*");
- Dati di transito ai valichi di confine (Traforo del Frejus, Traforo del Monte Bianco, come da precedente sezione "*Basi Dati del Modello di Offerta*");
- Conteggi di traffico ai confini con Stati esteri (se disponibili).
- Dati di spostamento delle SIM telefoniche
- Altra modellistica esterna, in formato Visum, di livello urbano, di area metropolitana, regionale

Di concerto con l'Appaltatore, potranno essere utilizzate ulteriori basi di dati (quali, a titolo esemplificativo ma non esaustivo, storico dei transiti autostradali, dati di mobilità ISTAT, etc.), nell'ottica di migliorare le capacità del modello di riprodurre le caratteristiche della mobilità e del traffico. Il reperimento di tali ulteriori dati resterà a carico dell'Appaltatore.

### **Struttura del Modello di Domanda**

Per l'attività di aggiornamento del Modello di Domanda, sarà utilizzato come base il modello attualmente in operation e, in quest'ottica, se manterrà la struttura in tutti gli elementi essenziali (Zone, Macrozone, Matrici, Connettori, etc.). A tale scopo, la Stazione Appaltante metterà a disposizione tutti i file VISUM necessari per l'importazione del modello di domanda attuale nell'ambiente VISUM di aggiornamento.

### **Aggiornamento del Modello di Domanda di base**

Le attività di aggiornamento del modello di domanda di base o di partenza (che sarà poi oggetto di correzione / calibrazione in funzione delle misure storiche), verterà essenzialmente su due aspetti:

- Analisi dei Connettori e revisione dei punti di connessione con il grafo;
- Integrazione nelle Matrici OD del modello attuale di (eventuali) dati di domanda statici.

I dettagli di tali operazioni saranno concordati congiuntamente dall'Appaltatore e dalla Stazione Appaltante all'avvio della fornitura.

## **5. ASSEGNAZIONI STATICHE, CALIBRAZIONE E CORREZIONE DEI MODELLI**

Le attività di aggiornamento dei Modelli di Offerta e Domanda, portate avanti in parallelo e con numerose fasi reiterate, hanno lo scopo di definire gli elementi fondamentali per la costruzione dell'ambiente di Calibrazione e Correzione dei Modelli, di cui si riporta di seguito un elenco non esaustivo.

- Modello di Domanda base aggiornato;
- Connettori e CountLocation (compreso flussi medi orari) aggiornati;
- File contenenti i valori di Default di attributi del Grafo, quali:
  - Selezione del Grafo di Assegnazione;
  - Dati storici delle lanterne semaforiche, su manovra (tempo di ciclo, % di verde);
  - Costo nei pedaggi a barriera;
  - Numero di corsie (ove diverso dal dato della cartografia);
  - Velocità a vuoto (da FCD);
- Database del TMC;
- File di configurazione dell'ambiente.

Tali elementi andranno a confluire nel file VISUM sul quale saranno, tra le altre, condotte analisi puntuali sulle Zone e sui Connettori di Cordone, finalizzate a distribuire la domanda nella maniera più aderente alla realtà, tenendo conto dei dati a disposizione (TGM, flussi orari, dati di domanda, etc.). Il file dovrà ovviamente contenere la versione finale dei Connettori aggiornati (cfr. "Aggiornamento del Modello di Domanda di base").

In tale ambiente saranno condotte le verifiche di consistenza della rete (Network Check per tutte le Zone e per tutti i TSYS).

### **Assegnazioni statiche e Calibrazione**

Una volta completate le verifiche sulla consistenza del modello, si procederà in ambiente VISUM alle assegnazioni statiche funzionali alla Calibrazione e Correzione delle Matrici OD, sulla base delle misure raccolte dai sensori (introdotte nel modello Visum come attributi delle CountLocation).

L'attività di Correzione delle Matrici OD sarà effettuata utilizzando le funzionalità di correzione delle Matrici messe a disposizione da Visum, secondo metodi e configurazioni concordate dalla Stazione Appaltante, e sarà realizzata sull'Ora di Punta (OdP) di ciascuna Matrice giornaliera implementata nel modello. A tale proposito, si dovrà condurre un'analisi dei profili delle misure nei sei tipi giorno (DTYP) per AUTO e CAMION, finalizzata a determinare le OdP, con il relativo peso rispetto allo specifico DTYP.

La Stazione Appaltante metterà a disposizione i file contenenti la *Sequenza di Operazioni* ed i *Parametri Generali* (impedenza, funzioni di costo, etc.) utilizzati per la produzione del modello attualmente in operation, per essere riusati dall'Appaltatore nell'ambito delle attività di calibrazione del nuovo modello. In quest'ottica, l'Appaltatore potrà a sua discrezione proporre eventuali modifiche migliorative alla Stazione Appaltante.

In generale, le Assegnazioni statiche consisteranno nei seguenti passi (elenco non esaustivo):

- Scalatura delle Matrici giornaliere AUTO, AUTOZTL, CAMION sulla corrispondente OdP;
- Assegnazione all'Equilibrio (AUTO, AUTOZTL, CAMION);
- Correzione della Matrice OD oraria (AUTO, AUTOZTL);
- Correzione della Matrice OD oraria (CAMION);
- Controllo di convergenza;
- Analisi dei risultati dell'assegnazione e salvataggio.

L'analisi dei risultati delle Assegnazioni consente di rilevare eventuali incongruenze nei Modelli, sfuggite alle precedenti verifiche, oltre che far emergere casistiche quali quelle riportate di seguito:

- a. Archi sovrasaturi (in particolare con Saturazione > 1.2-1.5);
- b. Archi con flusso stimato nullo ma con flusso misurato non nullo.

Il primo gruppo, in particolare, è abbastanza problematico in quanto, in particolari condizioni, potrebbe portare in Gridlock l'intero Modello Dinamico. In tali casi si dovrà procedere alla verifica puntuale delle caratteristiche geometriche (Larghezza, Numero di Corsie) e trasportistiche (Percentuale di Verde) fino a limitare gli archi sovrasaturi ai soli casi di congestione noti, riconosciuti o verosimili per caratteristiche viarie.

Altre verifiche potranno riguardare Svolte e TSYS abilitati al transito, percorsi comprendenti gli archi problematici (così da evidenziare eventuali scelte di percorso non coerenti con le caratteristiche viarie), Velocità a Vuoto, etc. Tutte le eventuali modifiche e correzioni puntuali

apportate al Modello dovranno essere opportunamente salvate in file di attributi VISUM (\*.att, \*.net), in modo da poter essere integrate facilmente in Progetti di aggiornamento successivi.

Il processo di Assegnazione e analisi dei risultati, iterato un numero consistente di volte, ha lo scopo di correggere e calibrare progressivamente i Modelli. La fase di Calibrazione statica sarà considerata completata una volta raggiunti, per tutte le Assegnazioni statiche all'Equilibrio, valori soddisfacenti dei Coefficienti R<sup>2</sup><sup>1</sup> in presenza di percentuali di archi con GEH<sup>2</sup> < 5 prossime all'80%.

L'output del processo è costituito dalle nuove Matrici OD corrette e Calibrate con i flussi misurati, relative alle OdP. Tali matrici andranno poi riscalate, utilizzando i relativi FHP, così da ottenere le nuove corrispondenti Matrici OD giornaliere.

## 6. CARICAMENTO DINAMICO E ANALISI DEI RISULTATI

Una volta completata la fase di *Assegnazione statica, Calibrazione e Correzione* si procederà a costruire il nuovo modello Optima, esportando tramite una procedura automatica, configurata mediante parametri messi a disposizione dalla Stazione Appaltante, i dati VISUM in un Database locale PostgreSQL appositamente predisposto. Successivamente, saranno importati in tale Database anche i risultati delle assegnazioni statiche, seguendo una apposita procedura.

Una volta popolato il Database, è possibile procedere al Caricamento Dinamico della Rete (DNL - Dynamic Network Loading) dei diversi giorni tipo, utilizzando l'applicazione Optima eseguita in ambiente locale. Preliminarmente all'esecuzione dei Caricamenti, occorrerà effettuare due distinte verifiche, volte ad accertare l'adeguatezza della rete al DNL:

- Individuazione e bonifica dei link di rete con JDEN = 0 e CAPA > 0 (con queste caratteristiche non avverrebbe il caricamento / propagazione);
- Individuazione e bonifica dei link di rete con Capacità nominale maggiore di quella permessa dal Diagramma Fondamentale.

La Stazione Appaltante fornirà dettagli adeguati all'individuazione e la bonifica di tali casistiche.

Il caricamento produce delle "mappe di stato" dinamiche della rete, con risoluzione ai 15' e relativa a ciascuno specifico giorno tipo, visualizzabili tramite un apposito tool che permette l'utilizzo di differenti tematismi. L'esame di tali mappe consentirà l'analisi puntuale degli stati di traffico (in particolare il livello di congestione) e della insorgenza, lunghezza e propagazione delle code.

L'analisi delle mappe di stato di ciascun tipo giorno sarà finalizzata ad esaminare e risolvere i casi di code anomale, code sovrastimate (sia in termini di lunghezza che di durata temporale), o code non presenti, esaminando eventuali anomalie sui nodi critici, ed altre eventuali situazioni che innescano dei Gridlock (code che si retropropagano fino a bloccare una porzione

---

<sup>1</sup> R<sup>2</sup> è il Coefficiente di Determinazione, che misura quanta parte della devianza complessiva viene spiegata dal modello. Tanto più il valore di R<sup>2</sup> si avvicina all'unità, tanto più il modello si adatta bene ai dati misurati.

<sup>2</sup> La statistica GEH è una formula utilizzata per confrontare due serie di volumi di traffico:

$$GEH = \sqrt{\frac{2(M - C)^2}{M + C}}$$

In cui *M* è il flusso orario stimato dal modello e *C* il corrispondente flusso orario misurato. Un GEH inferiore a 5 rappresenta una buona corrispondenza dei volumi orari modellati rispetto a quelli osservati.

consistente della rete). L'attività di analisi dovrà in sostanza mirare a rendere le mappe di stato il più possibile aderenti alle condizioni di traffico effettive nei tipi giorno modellati.

## **7. FINALIZZAZIONE DEGLI AGGIORNAMENTI**

L'Appaltatore e la Stazione Appaltante fisseranno preliminarmente dei momenti di revisione in cui esamineranno congiuntamente determinati prodotti intermedi, al fine di valutarne tutti gli aspetti di rilievo e concordare i dettagli per la prosecuzione dell'attività.

Al completamento dell'aggiornamento dei modelli, prima della messa in esercizio definitiva si prevede una adeguata fase di monitoraggio del funzionamento e dei risultati (mappe di stato) in un ambiente di test online, alimentato con dati real-time.