



PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL

“SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

OBIETTIVO REALIZZATIVO 2

**“STATO DELL’ARTE DEI SISTEMI DI PESATURA DINAMICA
NELLA GESTIONE DI SMART ROAD”**

D 2.3 Report Finale Attività:

**STATO DELL’ARTE SULLE SOLUZIONI ITS PER LA GESTIONE
DEL TRAFFICO IN PROSSIMITA’ DELLE INFRASTRUTTURE E
DI VIABILITA’ CON CRITICITA’**

CODICE PROGETTO: ARS01_00243

Coordinatore dell’OR
Consorzio TRAIN

Dot. Filippo Ragazzo

Visto del Responsabile Tecnico Scientifico

Ing. Piero De Fazio

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
 “SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

<i>Contributi dei partecipanti</i>		
<i>Responsabile</i>	<i>Contributo</i>	<i>Descrizione contributo e note</i>
TRAIN - UNISA (<i>Soggetto Attuatore</i>) (ETT)	Stesura documento	Report Tecnico sull’A.R. 2.3
<i>Partecipanti</i>		
ANAS	Commenti	
ENEA	Commenti	
TAKIUS	Commenti	

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
“SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

Sommario

1. Sintesi.....	4
2. Introduzione	5
3. Approccio metodologico e risultati conseguiti	6
4. Stato dell'arte sulle soluzioni ITS per la gestione proattiva del traffico in prossimità di nodi critici della rete.....	7
4.1 Soluzioni ITS per il controllo e monitoraggio dei flussi veicolari	8
5. Stato dell'arte sulle architetture telematiche per la progettazione di soluzioni ITS per la gestione proattiva del traffico	23
5.1.2 L'Architettura Organizzativa	26
5.1.3 Il Selection TOOL.....	26
6. Stato dell'arte delle soluzioni webGIS.....	30
6.1 Introduzione.....	30
6.2 Architettura di una soluzione webGIS	30
6.3 Modello Dati.....	32
6.3.1 Formato Vettoriale	32
6.3.2 Formato Raster	33
6.4 GeoDatabase.....	35
6.5 Mapservers	36
6.6 Client applications and frameworks	37
6.6.1 Leaflet	38
6.6.2 OpenLayers	38
6.6.3 Turf.....	39
6.6.4 Cesium	40
Riferimenti	41
Appendice A – acronimi	42

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
“SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

1. Sintesi

Il presente documento rappresenta il deliverable 2.3 dell'OR 2 “Stato dell'arte dei sistemi di pesatura dinamica nella gestione di smart road”.

Nel Capitolato Tecnico l'attività AR2.3 è denominata “Stato dell'arte sulle soluzioni ITS per la gestione proattiva del traffico in prossimità d'infrastrutture e di viabilità con criticità” ed il suo obiettivo è quello a definire criteri per l'integrazione dei dati WIM nei sistemi decisionali degli ITS, in particolare per la gestione in tempo reale dei veicoli pesanti (classificazione della sagoma, occupazione della corsia, velocità e accelerazione del mezzo) in prossimità di infrastrutture critiche o comunque in condizioni di criticità per il traffico.

Le attività dell'AR2.3 saranno focalizzate anche sullo stato dell'arte delle soluzioni webGIS webGIS che permettono di integrare delle cartografie georeferenziate (quindi es. le infrastrutture come strade e autostrade) con dei dati acquisiti in tempo reale (es. dalle postazioni WIM) e presentare questi dati all'utente in forma aggregata/sintetizzata. La stessa infrastruttura può erogare i dati ad un sistema esperto (DSS) per permettere le elaborazioni decisionali. La risposta del DSS può essere a sua volta integrata e rappresentata sinotticamente nel webGIS.

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
“SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

2. Introduzione

Il presente documento è articolato in sezioni, corrispondenti alle diverse fasi in cui è stata organizzata l'attività oggetto del work-package.

In particolare, nella prima parte si evidenzia il ruolo che le tecnologie per gli ITS ricoprono per la gestione proattiva del traffico in prossimità di nodi della rete critici. Nella seconda parte è sviluppato lo stato dell'arte sulle architetture telematiche per la progettazione di soluzioni ITS, con particolare riferimento a soluzioni ITS per il Weight in Motion (WiM) e WEBGis.

Il presente documento rappresenta il deliverable previsto al termine dell'attività AR 2.3 la cui responsabilità scientifica è affidata al Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università degli Studi di Salerno (soggetto attuatore), per conto del soggetto beneficiario del progetto Consorzio TRAIN.

L'obiettivo del documento è di fornire una chiara visione sullo stato dell'arte delle tecnologie ITS (Intelligent Transport System) asservite al progetto e un inquadramento più generale dello stesso nell'ambito delle tecnologie telematiche per i trasporti intelligenti.

Il contesto di riferimento nell'ambito del quale si sviluppa il progetto SENTINEL, e, di conseguenza, l'attività AR2.3, è quello del monitoraggio del traffico pesante e della verifica del contributo allo stress dell'infrastruttura stradale.

La particolare conformazione orografica dell'Italia, che si caratterizza dalla presenza di una dorsale montuosa - gli Appennini - che l'attraversa longitudinalmente da Nord a Sud, e una a Nord - le Alpi - da Est a Ovest, fa sì che oltre il 35% del territorio sia montuoso, la percentuale più alta in UE. Tale caratteristica, unita alla forte urbanizzazione, con alcune delle aree tra le più densamente abitate di Europa, ha determinato la crescita di una infrastruttura viaria con un elevato numero di viadotti e gallerie stradali. In particolare, il nostro Paese presenta il maggior numero di gallerie stradali con lunghezza superiore a 500 m dell'Unione Europea e anche il maggior numero di viadotti stradali. Tali opere, che hanno imposto a livello mondiale la scuola di ingegneria italiana, sono state realizzate nella maggior parte dei casi oltre 50 anni fa e, pertanto sono arrivate a fine ciclo di vita, o necessitano di rilevanti interventi di manutenzione.

In tutti i casi, tali strutture non sono state progettate per i livelli e per la tipologia di traffico dei nostri giorni, per cui risultano esposte a stress significativi.

In questo contesto, la integrazione di sistemi telematici per i trasporti e di nuove tecnologie per la pesatura dinamica dei veicoli possono offrire una soluzione al monitoraggio in tempo reale dello stato di utilizzo dei nodi critici dell'infrastruttura stradale, quali ponti e viadotti allo scopo di meglio focalizzare eventuali azioni di controllo in caso di violazioni del massimo carico transitabile, e – soprattutto, per meglio conoscere il reale stato d'uso della infrastruttura.

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
“SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

3. Approccio metodologico e risultati conseguiti

Per lo sviluppo dell'attività si è dapprima cercato di individuare un approccio unitario per l'analisi, lo studio e la progettazione di soluzioni telematiche integrate per la pesatura dinamica dei veicoli. A tale scopo sono state analizzate le architetture telematiche e le funzionalità a disposizione per la progettazione di servizi ICT dedicati allo scopo.

In fase successiva sono stati censiti i principali progetti ITS per la sicurezza stradale e il monitoraggio dei flussi di traffico, privilegiando quelli “storicamente” più rilevanti. Tale approccio ha consentito di individuare quei progetti che hanno maggiormente contribuito allo sviluppo della normativa attuale, sia nazionale che comunitaria, molto spesso basata su best practices.

Le attività svolte in codesto AR2.3 hanno consentito di individuare le soluzioni tecnologiche per il controllo dinamico del traffico e per la classificazione e caratterizzazione dei veicoli utili a valorizzare gli aspetti legati all'utilizzo delle tecnologie di identificazione e classificazione dei veicoli che si andranno a utilizzare nel progetto.

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
“SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

4. Stato dell'arte sulle soluzioni ITS per la gestione proattiva del traffico in prossimità di nodi critici della rete

A partire dalla fine degli anni '80 sono stati avviati in Italia ed in Europa alcuni progetti pilota nel settore dei sistemi intelligenti di trasporto (più noti con l'acronimo inglese ITS – *Intelligent Transport System*), molti dei quali sviluppati nell'ambito dei programmi quadro di ricerca (il primo programma quadro dell'UE parte nel 1984) dell'Unione Europea.

Fin da subito sono evidenziate le positività connesse all'integrazione dell'ICT con il settore dei trasporti, sia per la notevole quantità di servizi che possono essere messi a disposizione degli utenti e dei gestori delle infrastrutture, sia per la possibilità di migliorare il fattore di utilizzo delle infrastrutture, contribuendo ad un aumento della “capacità” di trasporto senza dover necessariamente provvedere alla realizzazione di importanti opere civili.

Le azioni avviate in Europa seguono le analoghe iniziative promosse negli Stati Uniti d'America, precursore degli ITS. Il gap iniziale che i paesi europei hanno sofferto negli anni ottanta nel settore degli ITS è stato, tuttavia, ampiamente recuperato nel decennio successivo, con l'Europa che a partire dagli anni duemila e per circa dieci anni ha conteso agli Stati Uniti il primato tecnologico nel settore. La situazione evolve oggi in modo più articolato, con un ritorno alla leadership da parte degli USA con le aziende del settore IT della Silicon Valley, come Google, Facebook e Apple, che trainano lo sviluppo di tecnologie e servizi aggredendo settori come quello dei trasporti e dell'energia.

Anche il nostro Paese ha fornito negli anni un significativo contributo allo sviluppo degli ITS in generale, e allo sviluppo di soluzioni telematiche per il monitoraggio e il controllo dei flussi di traffico e dell'infrastruttura in particolare. Sebbene riferibili a tale contesto, non sono prese in considerazione in questo studio tutte le modalità diverse da quella stradale, come ad esempio la modalità ferroviaria, che ha beneficiato di significativi contributi da parte delle tecnologie ICT per lo sviluppo del sistema europeo di sicurezza e distanziamento treno ERTMS/ETCS, oggi divenuto uno standard mondiale di riferimento.

In particolare, un ruolo guida ha assunto il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (MiIT) che a partire dalla seconda metà degli anni '90 ha iniziato a supportare nell'ambito di una strategia coordinata a livello nazionale e condivisa su scala europea, progetti ITS, con l'obiettivo di sensibilizzare gli operatori e di razionalizzare le risorse in Europa. Nel dettaglio, al fine di favorire la crescita delle aziende italiane nel settore degli ITS e di incrementarne la competitività su scenari più ampi del solo scenario nazionale, il MiIT si è fatto promotore di azioni di raccordo con gli altri Paesi dell'Unione e di guida, partecipando attivamente alla realizzazione e allo sviluppo di una architettura telematica europea prima (progetto FRAME) e di quella italiana poi (ARTIST) compatibile con gli standard europei. Tali architetture, ispirate alla architettura telematica americana per gli ITS NITSA, hanno consentito, e ancora consentono, di condividere l'impostazione di un progetto ITS tra gli esperti del dominio applicativo e gli esperti delle tecnologie ICT. L'importanza riconosciuta a livello internazionale ed accademico a tali architetture hanno suggerito di dedicare all'argomento un intero capitolo.

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
“SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

Oltre al contributo decisivo nello sviluppo dell'architettura telematica italiana per i sistemi di trasporto, il MiIT ha anche fornito un significativo contributo allo sviluppo di progetti pilota divenuti vere e proprie best practices riconosciute a livello europeo.

4.1 Soluzioni ITS per il controllo e monitoraggio dei flussi veicolari

Tra i primi progetti ITS a supporto del monitoraggio e controllo del traffico vi è quello sviluppato dalla Provincia di Milano. Tale sistema, realizzato in accordo con le linee guida fissate da ARTIST, implementa un Sistema Integrato per la Sicurezza Stradale (SISS) (Figura 1) basato su sistemi telematici per il monitoraggio sia del traffico sia di situazioni critiche per la sicurezza (congestioni, condizioni ambientali avverse, comportamenti pericolosi).



Figura 1 – Funzioni del SISS della Provincia di Milano

Il progetto integra tecnologie telematiche e di computer vision e monitorizza punti strategici dell'infrastruttura stradale di accesso ai principali nodi della rete della provincia di Milano. I dati memorizzati in un database opportunamente aggregati forniscono al gestore dell'infrastruttura informazioni ad elevato valore sugli eventi registrati relativi alla viabilità e alla incidentalità. Il sistema gestisce i dati relativi agli incidenti, raccogliendo informazioni relative a veicolo (deformazioni, manutenzione, anomalie), infrastruttura (tracciato, segnaletica) e conducente (stato fisico e psichico), relazionando gli incidenti alla rete attraverso un SIT (Sistema Informativo Territoriale).

Le funzioni avanzate di post-processing dei dati sviluppate in SISS consentono, poi, l'individuazione degli elementi critici del sistema di mobilità attraverso analisi degli incidenti di tipo statistico (cluster analysis, analisi uni-variate) e ingegneristico (analisi veicolo, analisi infrastruttura, ricostruzione dinamica), consentendo una rapida individuazione delle cause degli incidenti e supportando i pianificatori nella elaborazione di azioni utili a una razionalizzazione delle risorse e degli interventi per il miglioramento della sicurezza stradale.

Con riferimento al settore strategico della sicurezza stradale, il Consorzio TRAIN con il socio Università di Salerno e in collaborazione con ANAS, nell'ambito del progetto SITI – Safety In Tunnel Intelligent - del Consorzio TRAIN, ha ideato, ingegnerizzato e implementato un sistema

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
“SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

telematico che elabora e attua automaticamente azioni di regolazione del traffico in maniera adattativa al fine di ridurre la incidentalità su tratti di strada critici e in gallerie stradali. Il sistema è stato installato sulla SS 145 bis Sorrentina in Campania.

SITI, in accordo con le linee programmatiche fissate dalla Commissione Europea in termini di sicurezza delle gallerie, ha come obiettivo quello di incidere sul versante della prevenzione degli eventi critici agendo su gestione e utenti del tunnel, ossia due delle quattro categorie (oltre a infrastruttura e veicoli) che possono incidere sul livello di sicurezza dei tunnel stradali. Il progetto è stato sviluppato con la supervisione del Comando Regionale della Regione Campania di PolStrada e con l’Agenzia Regionale della Mobilità in Campania. In particolare, il sistema offre indicazioni agli utenti in avvicinamento alle gallerie stradali sui comportamenti più opportuni da tenere in funzione dello stato dell’infrastruttura e del traffico, in modo da prevenire un eventuale errore umano o da ridurre le conseguenze.

Il sistema si basa su una serie di portali telematici, opportunamente distanziati, attraverso i quali monitorare e identificare i veicoli in avvicinamento alla galleria (Figura 2). Per ogni veicolo identificato, SITI stima i passaggi del veicolo ai successivi punti di controllo. Il confronto tra il passaggio stimato e osservato consente a un ragionatore sviluppato in fuzzy logic di classificare i comportamenti potenzialmente pericolosi e in grado di incrementare il rischio di incidente in galleria.

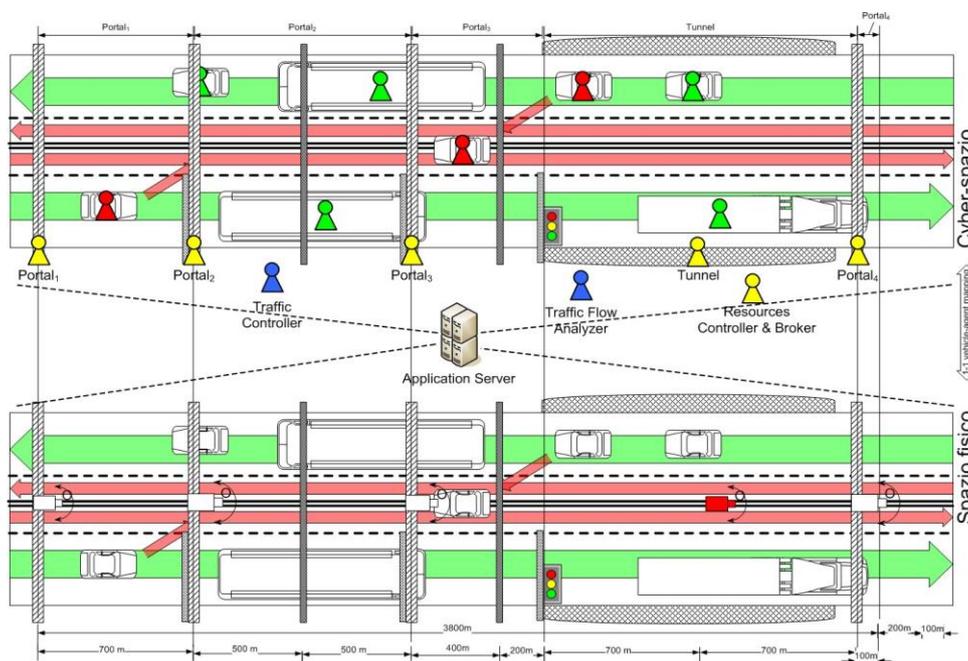


Figura 2 – Mappatura tra spazio fisico e cyber-spazio

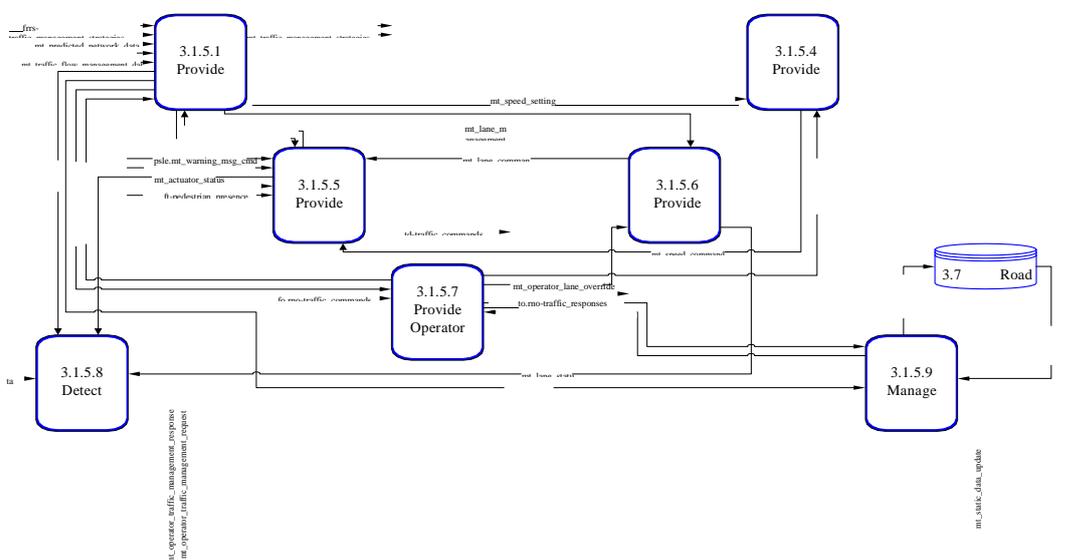
In maniera completamente automatica, quindi, SITI genera messaggi visualizzati su pannelli a messaggio variabile che avvisano lo stesso conducente del veicolo della pericolosità potenziale del suo stile di guida, suggerendo le azioni utili a regolarizzare e uniformare il flusso veicolare (in genere consigliando una velocità), diminuendo, in questo modo, la probabilità di incidente.

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
“SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”



Figura 3 – Portale del progetto SITI: fase di installazione

La velocità da tenere sia all'esterno che all'interno della galleria è determinata in modo adattativo in relazione al numero, al tipo e alla velocità dei veicoli che transitano sul tratto di strada monitorato rilevati dal sistema di sensori, nonché in ragione delle caratteristiche della strada e delle condizioni atmosferiche. Il portale di ingresso in fase di installazione è mostrato in Figura 3.



_____ftrfc-traffic_identity_da

Figura 4 – DFD - ARTIST relativo alle sottofunzioni dell'ambito funzionale 3: Gestione Traffico

Le informazioni sono proposte ai conducenti attraverso i pannelli a messaggio variabile installati sul tratto di strada che precede la galleria.

Il progetto originario prevedeva, inoltre, una guida luminosa installata all'interno della galleria che realizza un'onda follow-me che scorre alla velocità consigliata e che indica la distanza di sicurezza più opportuna da seguire. Quest'ultimo sottosistema è stato disabilitato pochi mesi dopo l'installazione in quanto la sperimentazione ha evidenziato una scarsa efficacia.

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
“SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

Il progetto rappresenta una delle prime applicazioni ai sistemi per il monitoraggio e il controllo del traffico di ARTIST (Figura 4) che ha garantito di ottenere un sistema interoperabile, modulare, scalabile e ad elevata integrabilità, compatibile con l’architettura europea FRAME.

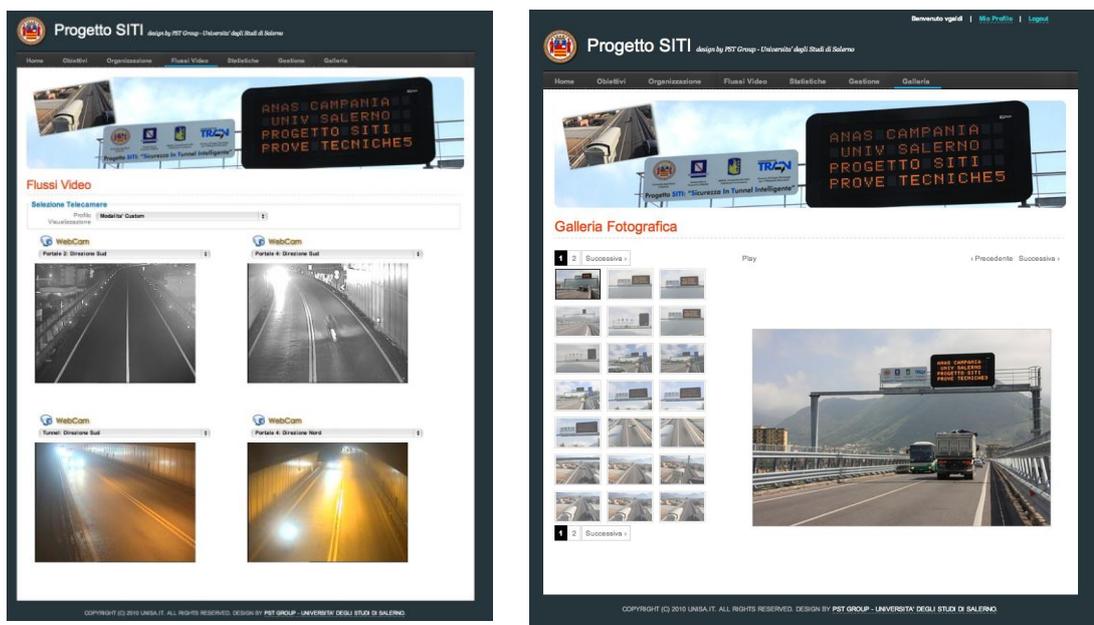


Figura 5 – Il Portale WEB di SITI: visualizzazione flussi video e galleria fotografica

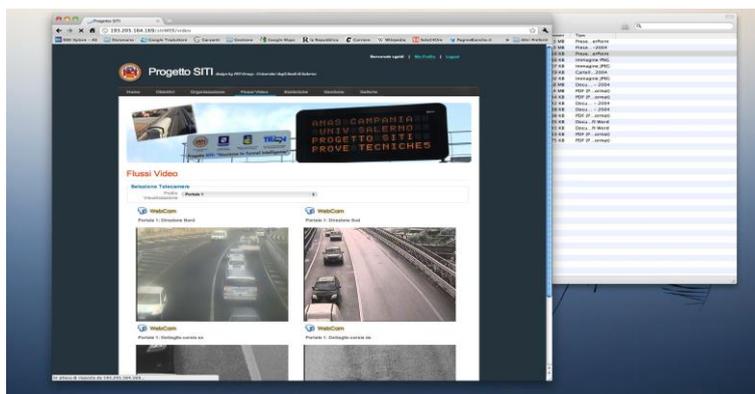


Figura 6 - SITI: visualizzazione flussi di traffico sul viadotto in avvicinamento alla galleria

Il progetto è rimasto attivo con tutte le funzionalità fino al 2014, anno in cui è stato affidato alla gestione esclusiva di ANAS che ha integrato parte delle sue funzionalità nella piattaforma gestita dalla SOC – Sala Operativa Centrale - del Compartimento della Regione Campania. Alcune immagini relative al portale WEB per la gestione del sistema e al sistema di telecamere installate sono mostrate nelle Figure 5 e 6.

Tra i sistemi di controllo del traffico in prossimità di nodi critici della rete vi sono le piattaforme di controllo del traffico di veicoli speciali. Autostrade per l’Italia dispone di un sistema per la prenotazione e il monitoraggio dei Transiti Eccezionali. La piattaforma offre servizi agli operatori

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
“SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

accessibili attraverso il sito web aperto “TE on line” (<http://teonline.autostrade.it/>). Il sito fornisce a tutti gli interessati informazioni sulla modalità di accesso al servizio, sulle normative, su limitazioni ai transiti, oltre alla documentazione per richiedere una autorizzazione. Per prenotarsi occorre una registrazione: i dati inseriti sul portale consentono ad Autostrade per l’Italia di organizzare, coordinare e monitorare i Trasporti Eccezionali.

Sempre allo stesso gruppo di soluzioni è rivolta la piattaforma ULISSE (Unified Logistic Infrastructure for Safety and SEcurity in Campania), un sistema telematico integrato realizzato per il monitoraggio delle merci pericolose in Campania finanziato a valere sul PON Trasporti 2000-2006 nell’ambito della Misura III.4 ITS. Il sistema si inserisce nel contesto nazionale ed europeo di attività utili ad incrementare la sicurezza nel trasporto delle merci pericolose, attraverso un approccio coordinato tra differenti attori e basato sull’utilizzo dell’ICT applicate al sistema del trasporto. ULISSE, in particolare, sviluppava una soluzione tecnologica per un monitoraggio dei vettori che trasportano merci pericolose sul territorio della Campania di tipo ibrido: puntuale, per una parte dei veicoli adibiti al trasporto delle merci pericolose e riconducibili alle associazioni di categoria dell’autotrasporto di rilievo nazionale attive sul territorio regionale, e discreto, in corrispondenza dei varchi autostradali al territorio regionale e in corrispondenza dei nodi logistici regionali di primo livello. Tale sistema, grazie alla capacità di storicizzare i dati, consente, inoltre, di supportare i decisori in fase di pianificazione per incrementare il livello di sicurezza del trasporto merci pericolose sul territorio.

Il progetto ha previsto tre differenti azioni, ciascuna collegata a un obiettivo realizzativo del progetto:

- monitorare i flussi di merci pericolose sul territorio, stimando o rilevando la posizione dei vettori e la tipologia di merce trasportata;
- realizzare una mappa del rischio dell’intero territorio regionale, definita in funzione delle caratteristiche demografiche, fisiche ed infrastrutturali della Campania;
- offrire agli utenti del sistema informazioni sui flussi, sul tipo e sulla presenza di merci pericolose in determinate aree, localizzando su cartografia digitale i mezzi identificati con le merci pericolose e contestualizzando la loro presenza al rischio del territorio.

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
“SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

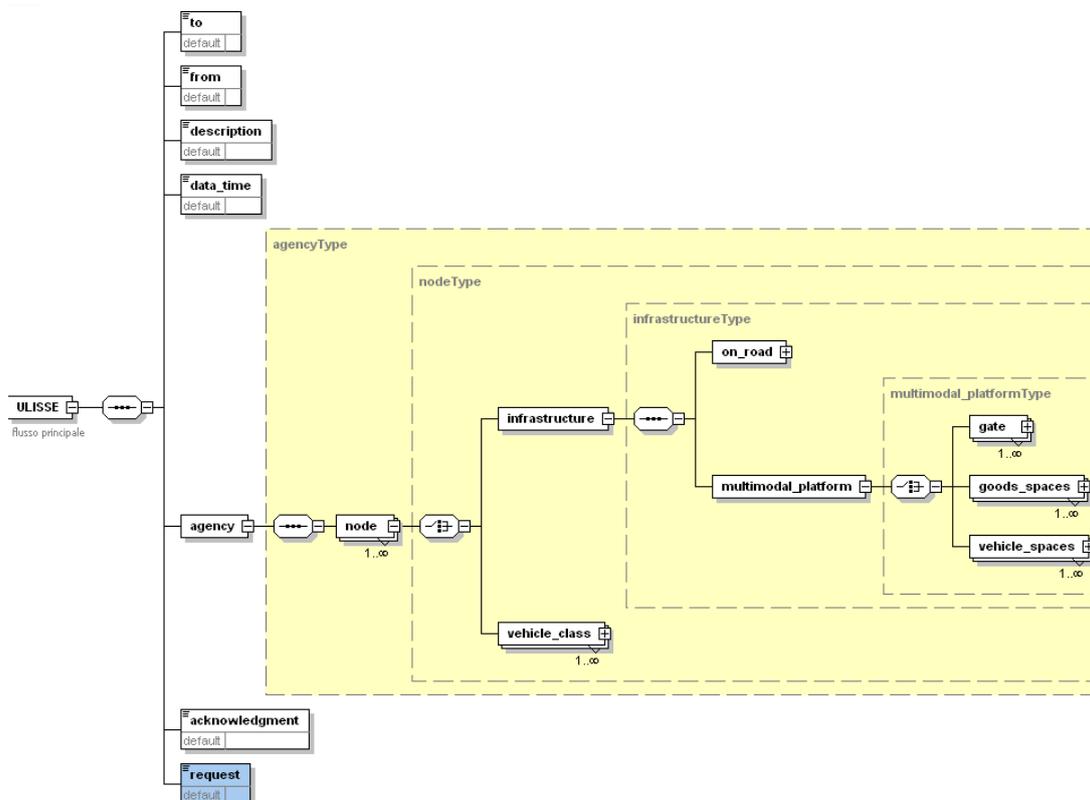


Figura 7 - Struttura XML del Flusso Dati tra Azienda/Associazione di Trasporto e Nodo Logistico

Punto di forza del progetto ULISSE è l’interoperabilità, garantita dall’utilizzo di soluzioni tecnologiche *web based* intrinsecamente interoperabili, da multimodalità, modularità, scalabilità, espandibilità (Figura 7). Il progetto propone l’utilizzo di standard internazionali per la codifica dei dati e, in mancanza di essi, propone protocolli standard aperti per la definizione e formattazione dei dati scambiati. Una schermata relativa alle mappe di rischio dinamiche per il controllo del traffico veicolare è mostrato in Figura 8.

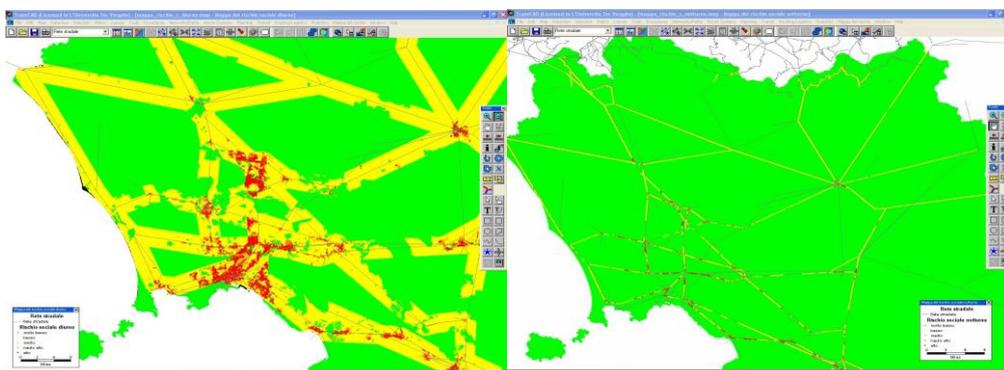


Figura 8 - Mappe del rischio dinamiche di ULISSE per il controllo del traffico in avvicinamento a nodi critici della rete stradale in ore diurne e notturne

Lo stesso approccio metodologico (utilizzo di standard aperti in grado di garantire interoperabilità, scalabilità e upgradabilità delle soluzioni) è utilizzato per la scelta delle tecnologie dei singoli

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
 “SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

sottosistemi funzionali di ULISSE e con i quali interagiranno i diversi attori coinvolti nel progetto. In Figura 9 è mostrata una fotografia di un centro di controllo per il nodo campano.



Figura 9 - Control Room di ULISSE nel nodo periferico Interporto Campano

Altro punto di forza del progetto ULISSE è stata la sua integrazione con i sistemi informativi dei nodi logistici della Regione: i porti di Napoli e Salerno e gli interporti di Marcianise e Nola, grazie al progetto ULISSE, hanno potuto disporre di informazioni puntuali sui flussi in transito, con la possibilità di monitorare anomalie e di gestire black e gray list per finalità di security.

Il successo di ULISSE ha determinato il finanziamento della sua estensione evoluta in ULISSE 2.

Una soluzione analoga a quella realizzata dalla Regione Campania è S.I.T.I.P., il Sistema Informativo e Telematico Integrato per i Porti di Bari, Brindisi e Taranto realizzato dalla Regione Puglia sempre nell’ambito di un finanziamento coordinato dal MiIT. Scopo del sistema è supportare nella gestione operativa e logistica delle catene intermodali di trasporto, tutti gli operatori economici coinvolti, sia pubblici (Enti e Autorità preposte alle diverse fasi di autorizzazione, controllo e monitoraggio dei flussi di trasporto da e verso i nodi portuali), sia privati (operatori di logistica). Il sistema controlla e regola gli accessi ai nodi logistici della Puglia e nelle aree in prossimità di essi (Figura 10).

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
 “SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”



Figura 10 - Sistema controllo accessi ai gate di S.I.T.I.P.

S.I.T.I.P. utilizza tecnologie web-based con architettura three-tier conforme alle specifiche W3C per Architetture Orientate ai Servizi (SOA – Service Oriented Architecture). I documenti sono scambiati ricorrendo allo standard XML e impiegando il protocollo SOAP supportato dal linguaggio WSDL e da registri UDDI. Per quel che riguarda i sistemi di identificazione ai varchi intelligenti di ciascun porto, si utilizzano due tecnologie integrate: tecnologie RF-Id, per i veicoli che con una certa regolarità frequentano i nodi logistici monitorati (lavoratori, operatori logistici abituali), e tecnologie basate su sistemi di riconoscimento immagini.

Per quel che concerne i sistemi di telecomunicazione, S.I.T.I.P. utilizza reti wireless 802.11x e HIPERLAN in modalità ibrida wired/wireless. Per quel che concerne il Sottosistema “esterno” di tracking/tracing dei flussi delle merci, esso è costituito da una serie di moduli funzionali ai quali è possibile accedere grazie a tecnologie web-based che fanno ricorso a Servizi Web (web services). L’applicazione sperimentale dei transponder RF-Id attivi o semi-attivi installati a bordo dei veicoli commerciali consente di identificare puntualmente i mezzi e, in una possibile estensione funzionale (non implementata), anche il carico.

Un altro progetto sperimentale di monitoraggio e controllo dei flussi veicolari in corrispondenza di nodi critici della rete stradale è stato il progetto TRINACRIA SICURA – Città metropolitane (TS-CM) della Regione Siciliana.

Il progetto offre funzioni di tracking and tracing per la distribuzione urbana delle merci nella città di Palermo. Il progetto è stato proposto e sviluppato nei primi anni 2000 ed è tra i primi che affrontava l’allora emergente fenomeno dell’ultimo miglio delle consegne legate al commercio elettronico che, oltre ad aumentare in potenza il numero degli scambi commerciali, ha la caratteristica di

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
“SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

frammentare i destinatari delle consegne. TS-CM sviluppa una piattaforma che consente, tra le altre funzionalità, di preparare e pianificare le consegne e di assegnare ai veicoli i percorsi.

4.2 Soluzioni ITS per il controllo dei flussi di traffico con funzioni sanzionatorie

Nell'ambito delle soluzioni ITS per il controllo del traffico con funzionalità sanzionatorie, come gli autovelox e i sistemi Tutor, l'“Autovelox” è il primo rilevante esempio di sistema ITS per il monitoraggio e controllo del traffico con funzionalità anche (in realtà prevalentemente) di tipo sanzionatorie. Il primo sistema risale alla seconda metà degli anni '50 e fu realizzato in Germania dalla Telefunken, mentre in Italia fanno la loro comparsa quindici anni più tardi, nel 1972, come attrezzatura destinata alle forze dell'ordine, in particolare Polizia Stradale e Polizia Municipale, per la rilevazione del superamento dei limiti di velocità sulle strade. In Italia il termine Autovelox è brevettato dall'azienda toscana Sodi Scientifica che produce sistemi elettronici per il rilievo della velocità a fini sanzionatori.

I sistemi di misurazione della velocità istantanea si basano su differenti tecnologie: fotocellula, laser, analisi delle immagini. I sistemi a fotocellula sono i più diffusi: si basano su due fasci luminosi che delimitano l'area di osservazione. L'interruzione del primo fascio fa iniziare il conteggio del timer interno, mentre quella del secondo termina la conta. Essendo nota la distanza tra i due fasci, è possibile dedurre con elevata precisione la velocità del veicolo. Il sistema con le funzionalità sanzionatorie ha, inoltre, una macchina fotografica che viene azionata solo se il veicolo ha superato la soglia definita per la postazione. La tecnologia al laser è utilizzata nei sistemi portatili/palmari (le cosiddette “pistole laser” in dotazione alle forze dell'ordine). Essa è installata, inoltre, come sistema di bordo sulle vetture delle forze dell'ordine per il rilievo “dinamico” della velocità delle vetture (Figura 11).

I sistemi laser possono utilizzare due differenti tecniche: la prima è basata sull'effetto Doppler, la seconda attraverso il rilievo della distanza ripetuta molte volte al secondo. Nel primo caso il laser utilizza la proprietà del fascio laser di ritorno dopo che ha colpito la vettura puntata: tale fascio, proprio a causa dell'effetto Doppler, presenta una frequenza/lunghezza d'onda apparente modificata in ragione della velocità del veicolo puntato. L'effetto è lo stesso utilizzato per i radar ad effetto Doppler.

Più diffusi sono i sistemi laser che misurano ripetutamente la distanza dell'automobile dall'osservatore. Conoscendo il tempo che intercorre tra due rilevamenti, è possibile calcolare rapidamente e in modo preciso la velocità del veicolo.

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
 “SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”



Figura 11 - Esempi di postazioni autovelox (removibile, fisso, pistola laser)

La terza e ultima tecnologia utilizzata si basa sull'analisi delle immagini. Tale tecnologia è la stessa utilizzata nei TUTOR e Vergilius descritti brevemente più avanti. Qui direttamente nella telecamera o attraverso un video-server esterno si elaborano le immagini rilevate dalla telecamera per calcolare la velocità dei veicoli inquadrati attraverso il rapporto tra lo spazio ripreso dalla telecamera e la differenza dei tempi tra il rilievo del veicolo in uscita dall'area e di ingresso nella stessa.

Tutti questi sistemi si prestano o per l'installazione in postazioni fisse o per il rilievo in postazioni mobili. Hanno lo svantaggio che inducono il conducente a modificare il suo comportamento bruscamente determinando una condizione di pericolo per la circolazione.

L'antesignano del TUTOR, ossia di un sistema che osserva a più riprese il traffico e ne determina il comportamento, è stato messo a punto in Svizzera per monitorare il traffico all'interno delle gallerie stradali dove il sistema rilevava le targhe delle auto in entrata e in uscita dei tunnel per stabilire se vi fossero incidenti o auto ferme all'interno di esse. Il sistema garantiva grandi risparmi in gallerie lunghe e tortuose dove era necessario installare una fitta serie di telecamere all'interno per avere una totale copertura. Fin da subito ci si rese conto che era possibile calcolare con estrema precisione la velocità media del flusso e di ogni singolo veicolo, e quindi anche di sanzionare chi percorreva la galleria a velocità superiori a quelle consentite.

Il sistema SAFETY TUTOR è un sistema di rilevamento presentato nel 2004 da Autostrade per l'Italia e gestito dalla Polizia stradale, e utilizzato dal 2005 su diversi tratti autostradali italiani gestiti dall'Azienda italo-spagnola concessionaria e da sue controllate; oggi copre circa il 50% della rete autostradale italiana, con quasi 3000 km. L'anno successivo alla prima installazione la società Craft srl di Greve in Chianti avviò una causa contro Autostrade per l'Italia per contraffazione di un proprio brevetto per il controllo della velocità media dei veicoli su strade e autostrade. Tale vertenza si è chiusa nel 2018 con la condanna di Autostrade per l'Italia che ha dovuto rimuovere – in realtà ha spento – tutti i Tutor installati per violazione di brevetto. Dopo poco più di 3 mesi, Autostrade per l'Italia riattiva i Tutor superando i vincoli di brevetto grazie a un upgrade tecnologico sull'algoritmo di identificazione delle immagini. La nuova versione del Tutor di Autostrade per

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
 “SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

l'Italia, denominata SiCVE-PM (Sistema informativo per il controllo della velocità - Plate Matching), confronta l'intera immagine e non solo più la targa (cosa che violava il brevetto), identificando il veicolo non solo dalla targa ma anche grazie ad altri tratti distintivi che consentano di identificarlo in maniera univoca anche in presenza di errori di lettura della targa (Figura 12 e Figura 13).



Figura 12 - Portale SiCVE-PM (TUTOR) di Autostrade per l'Italia SpA

Il sistema è stato installato lungo le tratte che presentavano tassi di mortalità superiori alla media e ha determinato una netta diminuzione dell'incidentalità e delle conseguenze alle persone:

- tasso di mortalità: -50%
- tasso incidentalità con feriti: -20%
- tasso di incidentalità: -37%

È opportuno evidenziare, inoltre, che il SiCVE-PM nelle installazioni su strade caratterizzate da elevati livelli di traffico, come la A56, ha determinato, oltre alla già citata significativa riduzione dell'incidentalità, anche una sensibile riduzione dei tempi di percorrenza e una maggiore fluidità e regolarità del flusso veicolare.



Figura 13 – Dettaglio del sensore (in 1° piano) e della telecamera (in 2° piano di spalle)

Dal giugno 2012 anche ANAS ha sviluppato un proprio sistema con finalità analoghe al Tutor, denominato Vergilius (Figura 14), che permette di misurare, oltre alla velocità media sul tratto monitorato, anche la velocità istantanea, analogamente a un autovelox. Il Vergilius è installato sia

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
 “SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

sui tratti autostradali gestiti da ANAS (come la A2 Salerno-Reggio Calabria), sia su strade statali ad altro traffico, come la SS 1 Aurelia, la SS 7 quater Domitiana e la SS 309 Romea con limiti di velocità diversi in ragione delle caratteristiche della strada sulla quale è installato.



Figura 14 – Il sistema di rilevamento della velocità media e istantanea di ANAS

Sia il SiCVE-PM che il Vergilius sono gestiti dalla Polizia Stradale per mezzo di apposite convenzioni che prevedono la cessione, a titolo gratuito, degli impianti alla Polizia Stradale che è responsabile del monitoraggio e del controllo della velocità come anche dell'accertamento delle violazioni. Tutti i proventi delle contravvenzioni sono incassati dallo Stato.

4.3 Nuove tecnologie “SOCIAL” per la gestione proattiva del traffico in prossimità di nodi critici della rete

Negli ultimi 15 anni, grazie alla rapida crescita delle reti di comunicazione dati wireless nei settori della telefonia mobile (GSM, GPRS, EDGE, 4G, LTE, ...) e dell'informatica (in particolare con le WLAN sostenute dalla famiglia di protocolli IEEE 802.11x), si è diffuso su scala planetaria un nuovo modo di comunicare sempre connessi e condividendo – più o meno consapevolmente – informazioni con un ampio numero di persone: il modello è quello dei *social*.

La rivoluzione in atto ha, ovviamente, interessato anche il mondo dei Sistemi Intelligenti di Trasporto e negli anni sono stati proposti un gran numero di strumenti basati sui dati generati dagli stessi utenti in viaggio. Il più importante strumento, per rilevanza e diffusione, figlio di questo processo evolutivo, è la funzionalità Traffic di Google Maps. Il software dell'azienda di Mountain View riesce a dedurre la condizione del traffico in tempo reale grazie alle informazioni di localizzazione che i nostri smartphone trasmettono di continuo in background ai server di Google (Figura 15). Questi, elaborando le informazioni ricevute, sono in grado di stimare il numero di veicoli, la velocità istantanea dei singoli terminali e quella media, determinando se le vetture che stanno percorrendo ciascuna strada lo stanno facendo con una velocità media normale oppure se sono ferme per un ingorgo/traffico. La piattaforma di Google™, con l'acquisizione nel 2013 di Waze, ha di recente esteso le sue funzionalità in ottica social: Traffic™, alla stregua di Wize™, offre oggi agli utenti la possibilità di “qualificare” lo stato dell'infrastruttura, descrivendo cosa sta

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
“SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

accadendo (un ingorgo, piuttosto che un incidente). Tale nuova funzionalità supera la prima impostazione di Traffic che funzionava in modo esclusivo in logica push, con l’acquisizione dei dati di localizzazione automatica e senza alcuna partecipazione attiva da parte dell’utente.

La diffusione di tali tecnologie è pervasiva: nel mondo ci sono oltre 8 miliardi di terminali mobili collegati in rete (nel 2017 si è superata la soglia di una SIM per abitante sul nostro Pianeta) e ben il 77% dei possessori di smartphone utilizza regolarmente App di navigazione. Di questi il 67% utilizza Google Maps, mentre il secondo software più diffuso è il già citato Waze (oggi, come detto, di proprietà della stessa Google) che copre una quota del 12%, quota che, ci si attende, lentamente confluirà in Google Maps. Questi dati mostrano che più di mezzo pianeta utilizza Google Maps e i suoi servizi.

Le App sul traffico “social” non sono solo diffuse (le usano in tanti), ma sono anche molto utilizzate (quei tanti le usano spesso): più di un terzo (36%) dei proprietari di smartphone utilizza le App di navigazione prima di lasciare la propria posizione, mentre il 34% le usa durante il tragitto e il restante 30% le usa sia prima di partire sia durante il viaggio; ancora più alta (87%) è la percentuale di chi usa le App di navigazione per ottenere indicazioni stradali.

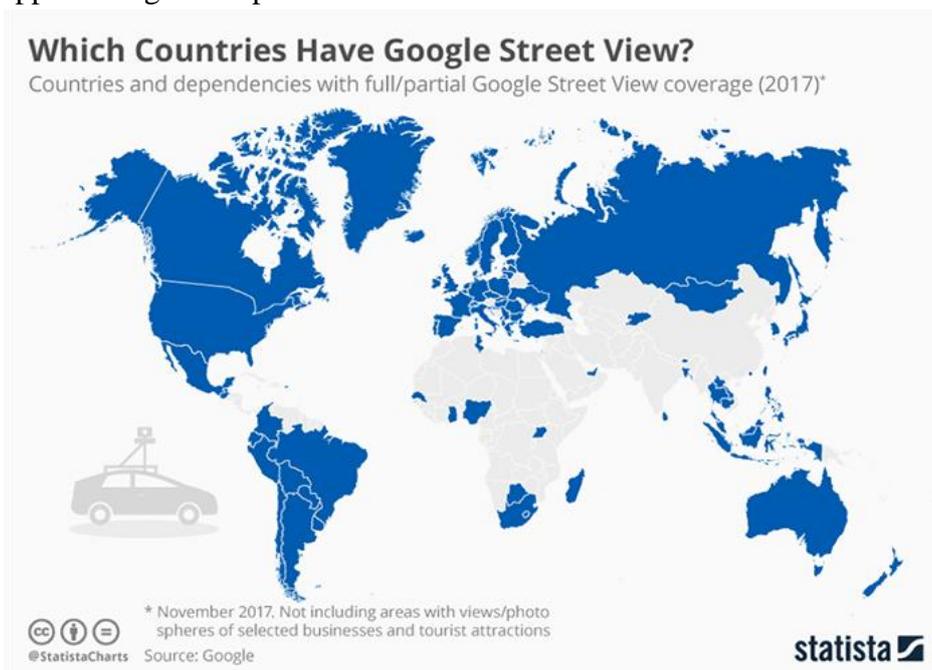


Figura 15 – Diffusione delle funzionalità street-view di Google

La pervasività di strumenti potenti come Google Maps con la funzionalità in tempo reale di Traffic sta per assegnare a tali strumenti funzioni di regolazione del traffico in prossimità dei nodi critici. Sebbene oggi non ancora implementati, tali piattaforme saranno quasi certamente “arricchite” da funzionalità che permettano agli operatori di segnalare percorsi alternativi consigliati, consentendo di utilizzare questi strumenti non solo in modo “spontaneo”, ma anche coordinati da una “intelligenza” umana. In quest’ottica, una volta superata la fase di ricerca connessa al progetto SENTINEL, per la successiva fase di ingegnerizzazione e applicazione su larga scala delle tecnologie è opportuno integrare alcune delle funzionalità di SENTINEL su piattaforme “social” diffuse come quella di Google.

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
 “SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

4.4 ITS nelle applicazioni WIM - WEIGHT IN MOTION

I sistemi di pesatura dinamica rappresentano una tecnologia in fase di consolidamento. Come visto nell'attività AR2.2, i numerosi dimostratori realizzati si basano prevalentemente su due tecnologie: quella basata sull'effetto piezoelettrico, attualmente più utilizzata e certamente consolidata da un punto di vista tecnologico, e quella basata su fibre ottiche con reticolo di Bragg.

Alcune delle soluzioni commerciali realizzate integrano il sistema di pesatura dinamica con un sistema ITS (*Intelligent Transportation System*) ANPR (*Automatic Number Plate Recognition*), ossia sistemi in grado di leggere e identificare il numero di targa: il contributo degli ITS in tali progetti risulta, tuttavia, marginale, relegato a servizi accessori quali l'identificazione del veicolo principalmente attraverso il rilievo automatico della targa e alla acquisizione di immagini.



Figura 16 – Esempio di soluzione commerciale WiM

Una volta rilevato il superamento del limite di peso e identificato il veicolo, i dati sono trasmessi a una postazione mobile delle forze dell'ordine che fermano il mezzo, ripetono la pesa con una stazione certificata in contraddittorio con l'autista del mezzo e procedono, se il caso, ad elevare la contravvenzione prevista dal Codice della Strada (CdS); questa soluzione è adottata dal sistema Bisonte™, prodotto dalla azienda italiana iWim di Trento, che offre soluzioni tecniche di riferimento nel panorama europeo.

In altre applicazioni gli ITS sono utilizzati nell'ambito dei sistemi di pesatura dinamica sempre come sistemi ausiliari a fini sanzionatori per misurare la velocità dei mezzi in corrispondenza del sensore di peso. In tal caso la tecnologia ITS fornisce al sistema di elaborazione del WiM informazioni utili a verificare il rispetto dei limiti di velocità in ragione della tara del mezzo (Figura 16).

Dallo studio effettuato si evidenzia come in tutti i casi analizzati le tecnologie ITS non ricoprono un ruolo funzionale alla rilevazione del peso, compito affidato al solo sensore, confermando l'originalità della proposta. Il progetto SENTINEL, infatti, affida agli ITS un ruolo attivo anche nella trasduzione dell'informazione di peso, attraverso la rilevazione della sagoma, del numero di assi che intercetta il sensore e sulla velocità di attraversamento della piastra.

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
“SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

4.4.1 Il ruolo degli ITS in SENTINEL

In SENTINEL le tecnologie ITS svolgono un ruolo funzionale primario per il rilievo del peso del veicolo in transito. SENTINEL, infatti, propone l'utilizzo di un sistema telematico basato su un portale con telecamere per il monitoraggio del flusso di traffico per il rilievo della sagoma del veicolo, della posizione sulla carreggiata e per il rilievo della velocità. Il portale, inoltre, analogamente a quanto proposto in altri sistemi WiM, rileva anche la targa del veicolo per la sua identificazione utile a guidare gli interventi delle forze dell'ordine per realizzare interventi selettivi. Le tecnologie che si propone di utilizzare sono disponibili commercialmente e si basano su sistemi di telecamere digitali che integrano l'elettronica e il firmware per l'elaborazione delle immagini on-board. I dati sono poi integrati con quelli provenienti dai sensori di peso per apportare le opportune correzioni in ragione della posizione sulla carreggiata e sulla velocità di transito.

SENTINEL, inoltre, utilizza gli ITS per verificare il carico cui è sottoposta l'infrastruttura determinando il peso totale che insiste sul tratto di infrastruttura monitorato, generando dati utili a guidare gli operatori per attività di manutenzione adattativa piuttosto che solo preventiva.

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
“SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

5. Stato dell’arte sulle architetture telematiche per la progettazione di soluzioni ITS per la gestione proattiva del traffico

Lo sviluppo sostenuto degli ITS che ha caratterizzato l’ultimo decennio del secolo scorso e l’inizio del terzo millennio ha portato a far convergere il mondo ICT – dominio di ingegneri elettronici ed informatici - con quello dei trasporti e della mobilità, culturalmente più vicini agli ingegneri dei trasporti e, più in generale, all’ingegneria civile. Fin dagli anni ’90 è stata evidenziata l’esigenza di creare un alfabeto comune tra questi due mondi: fin dal Piano Generale dei Trasporti e della Logistica (PGT) e dal Libro Bianco della UE (Unione Europea), fonti principali di informazioni, dati e indicazioni strategiche per lo sviluppo degli ITS, si è posto l’obiettivo di definire un’architettura telematica per il trasporto.

Il PGT assegna un ruolo importante all’innovazione tecnologica e persegue l’obiettivo di “creare un ambiente favorevole per lo sviluppo e l’utilizzazione di tecnologie e servizi innovativi che contribuiscano al miglioramento del sistema dei trasporti e, nello stesso tempo, accrescano la competitività dell’industria nazionale”. Ci si riferisce in particolare all’insieme di procedure, ai sistemi e ai dispositivi che consentono, attraverso la raccolta, la comunicazione, l’elaborazione e la distribuzione di informazioni, di migliorare il trasporto e la mobilità di persone e merci, nonché la verifica e la quantificazione dei risultati raggiunti.

Come visto nella sezione precedente, a lungo termine i benefici della telematica per i trasporti possono venire solo da una applicazione su scala sufficientemente vasta di tutto l’insieme delle possibili tecnologie, sistemi e servizi disponibili e/o implementabili: sistemi di gestione e controllo per reti e flotte, servizi di informazione individuale e collettiva, ecc.. Tutti questi componenti, sistemi e servizi sono tra loro complementari e si condizionano vicendevolmente. Nasce, quindi, l’esigenza di definire un insieme di regole per consentire l’integrazione tra le diverse applicazioni della telematica per il controllo e la gestione dei sistemi di trasporto. L’esigenza di creare un quadro di riferimento unitario, che metta in luce le opportunità della telematica per i trasporti, le relazioni tra i vari sistemi e servizi, le necessità in termini di organizzazione, regole e normative tecniche, i possibili sviluppi, ossia di disporre di una architettura di riferimento nazionale per la telematica nei trasporti è evidenziata per la prima volta nel Piano Generale dei Trasporti e della Logistica del 2001. Il PGT fa emergere l’esigenza prioritaria di un quadro di riferimento unitario, che metta in luce le opportunità della telematica per i trasporti, le relazioni tra i vari sistemi e servizi, le necessità in termini di organizzazione, regole e normative tecniche, i possibili sviluppi: in altre parole di un’architettura di riferimento.

Un’architettura costituisce la struttura che identifica le funzioni, le caratteristiche e le relazioni tra tutti gli elementi coinvolti dalla telematica nella realizzazione dei sistemi di trasporto intelligenti: servizi, sistemi tecnologici, attori e norme. Una architettura di riferimento definisce, in un quadro evolutivo, l’insieme dei servizi necessari, le relazioni funzionali, le principali caratteristiche delle relazioni organizzative, logiche e fisiche; da queste derivano le indicazioni per nuove normative, giuridiche e tecniche, necessarie affinché le proposte innovative siano fattibili, compatibili con l’esistente, capaci di utilizzare le opportunità offerte dagli sviluppi tecnologici. In questa direzione

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
“SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

va la pubblicazione dell'architettura italiana ARTIST, voluta a metà degli anni 2000 dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, e di FORMAT, l'architettura di bordo definita dal gruppo TTS Italia (Figura 17).

La definizione dell'architettura ha l'intento di fornire delle linee guida generali agli enti pubblici, agli enti di normazione, alle società concessionarie, alle aziende private nello sviluppo delle proprie decisioni e delle attività e sistemi inerenti alla telematica per i trasporti, col fine di facilitare ed accelerare lo sviluppo del mercato, perseguendo risultati di efficienza, con particolare riferimento all'interoperabilità tra modi di trasporto e servizi telematici, a livello nazionale ed europeo.

In particolare, l'architettura consente di coordinare, a livello nazionale e in modo compatibile con l'Europa, lo sviluppo della Telematica per i Trasporti nel Paese.

A tale scopo, il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ha avviato a partire dal 2001 una serie attività con il coinvolgimento di tutte le maggiori realtà italiane con interessi nella telematica per i trasporti, degli operatori del settore, delle associazioni di categoria, degli enti nazionali di normazione tecnica, delle associazioni e degli esperti che si occupano di telematica per trasporti per la definizione delle caratteristiche di base dell'architettura nazionale. Alla fine del processo, mediante procedura di selezione pubblica, il Ministero ha costituito un gruppo tecnico di lavoro per la redazione di una architettura ITS nazionale che nella primavera del 2003 ha pubblicato la prima versione di ARTIST, l'ARchitettura Telematica Italiana per il Sistema di Trasporto.

Alla base dello sviluppo di ARTIST sono state poste delle priorità strategiche, per garantire la piena coerenza di ARTIST sia con il quadro internazionale che con le esigenze proprie del sistema dei trasporti italiano, tra le quali:

- assicurare la compatibilità dell'Architettura Italiana con l'Architettura Europea;
- privilegiare gli aspetti intermodali del trasporto, sia delle persone che delle merci, con particolare attenzione al trasporto strada – ferrovia - cabotaggio;
- approfondire alcuni aspetti specifici del sistema dei trasporti italiano, come quelli organizzativi, non ancora affrontati a livello Europeo.

Il progetto ARTIST ha prodotto i seguenti output:

- uno stato dell'arte;
- l'Architettura Italiana ARTIST, che si articola a sua volta in:
 - Requisiti Utente;
 - Architettura Logica;
 - Architettura Fisica;
 - Architettura Organizzativa;
- il Selection TOOL SETA (SElection Tool of ARTIST);
- un sito web;
- un glossario.

Lo stato dell'arte è il primo fondamentale passo che ha condotto al disegno di ARTIST: consiste in una vasta panoramica, a livello nazionale ed internazionale, che descrive la situazione attualmente esistente sui sistemi, i servizi e gli standard già in uso ed i loro sviluppi nel settore della telematica per i trasporti, mentre il glossario raccoglie i vocaboli comunemente utilizzati in ambito ITS.

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
 “SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

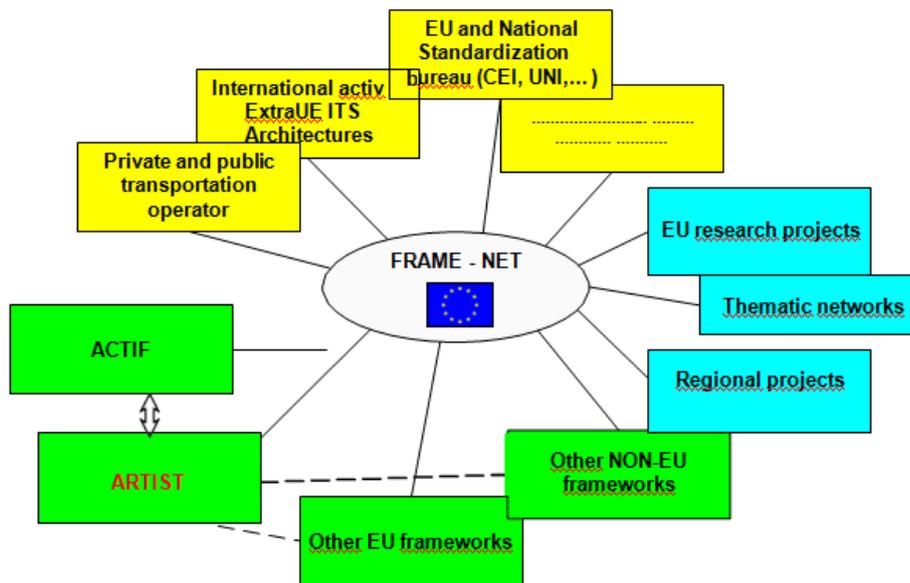


Figura 17 - ARTIST e le architetture europee

ARTIST consente di definire servizi e siti fisici relazionandoli ai bisogni degli utenti, promuovendo qualità e competitività del sistema del trasporto. ARTIST, in tal modo, favorisce l’integrazione dei sistemi e servizi ITS, permettendo all’utente finale di ottenere in ogni momento informazioni affidabili e aggiornate sulle condizioni del sistema di mobilità, aiutandolo a scegliere soluzioni di trasporto che meglio rispondono alle sue esigenze e promuovendo soluzioni a più basso impatto ambientale.

ARTIST è anche un elemento di riferimento a livello europeo, supportando i produttori di sistemi e tecnologie ITS nella competizione sui mercati europei grazie alla definizione di un linguaggio condiviso con quello delle principali architetture nazionali e con FRAME.

Il successo maggiore di ARTIST è, tuttavia, misurato dall’elevato numero di realizzazioni, pilota e non, realizzate in Italia in accordo con le linee guida dell’architettura, che fanno oggi di ARTIST la architettura europea con il maggior numero di progetti pilota realizzati.

5.1 Elementi caratteristici di ARTIST

ARTIST è sviluppata in coerenza con le linee guida di FRAME e presenta forti analogie con l’architettura nazionale francese ACTIF. Ciononostante, l’architettura italiana è stata sviluppata approfondendo aspetti e priorità tipici del sistema di trasporto nazionale quali:

- multimodalità e intermodalità, sviluppando apposite funzioni utili a supportare il trasferimento dei flussi dalla strada ad altre modalità (mare e ferro) con il fine di incoraggiare il processo di perequazione modale sia per le merci che per i passeggeri;
- aspetti organizzativi, definendo i centri di responsabilità per i differenti servizi che costituiscono il sistema ITS e la corretta relazione tra i diversi responsabili. Questa caratteristica, introdotta per la prima volta in architetture FRAME *compliance* proprio in ARTIST, offre uno strumento utile a superare una delle maggiori criticità (quella relativa

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL

“SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

alla gestione e a chi è responsabile di cosa) responsabili del buon funzionamento degli ITS;

- usabilità, fornendo strumenti telematici, un sito web e un programma *open source* (SETA) a supporto degli utilizzatori dell'architettura.

Questo ha determinato una significativa revisione sia degli User Needs sia delle funzioni, oltre che una modifica architeturale legata alla presenza del nuovo livello organizzativo sviluppato a livello architeturale.

A tali elementi strutturali nell'architettura, come detto, si affiancano, non meno importanti per le ricadute in termini di usabilità e, quindi, di diffusione di ARTIST, tools e servizi aggiuntivi quali il portale web e il Selection Tool.

5.1.1 La Multimodalità

Elemento caratteristico di ARTIST è l'attenzione verso gli aspetti multimodali. La multimodalità e la perequazione modale, specie nel settore del traffico merci, rappresentano una priorità europea ma, soprattutto nazionale. Le linee guida del Piano Generale della Mobilità del 2007 del Ministero dei Trasporti ribadiscono la necessità di sviluppare azioni a supporto di una maggiore sostenibilità del trasporto attraverso il rilancio e il potenziamento del trasporto via mare e su ferro. Lo stesso Piano assegna agli ITS un ruolo determinante nel supporto di tale politica. Il sistema ARTIST asseconda tale politica potenziando significativamente l'area multi/intermodale, sia rispetto a quanto definito in FRAME che, soprattutto, in ACTIF, offrendo soluzioni e servizi in grado favorire l'uso degli altri modi di trasporto (ferrovie, cabotaggio, ecc.) nello spostamento delle merci e dei passeggeri nei confronti della strada, a vantaggio dell'ambiente e della sicurezza.

5.1.2 L'Architettura Organizzativa

Altro elemento caratteristico di ARTIST è l'Architettura Organizzativa. Essa ha l'obiettivo di evidenziare gli aspetti organizzativi e quelli inerenti ai modelli di business in grado di rendere effettivamente erogabili i servizi definiti a livello funzionale dall'Architettura Logica. Spesso, infatti, servizi ben progettati ed erogati, non trovano poi effettiva applicazione o non sopravvivono al mercato in quanto i modelli organizzativi adottati non sono stati calibrati con la necessaria attenzione o sono stati appena delineati.

Oltre a suggerire una metodologia per il disegno del modello organizzativo di un sistema, l'Architettura Organizzativa fornisce alcuni esempi di applicazione del metodo proposto.

5.1.3 Il Selection TOOL

Al fine di supportare gli utilizzatori di ARTIST, è stato realizzato un tool informatico a supporto della progettazione di sistemi ITS basati sull'architettura telematica nazionale chiamato SETA – SElection Tool of ARTIST (Figura 18). SETA, scaricabile gratuitamente dal sito web di ARTIST, supporta i progettisti nello sviluppo di nuovi progetti ITS e gli utenti nell'analisi di progetti esistenti. SETA era sviluppato con un approccio Open Source ricorrendo alla tecnologia Java™; al fine di garantire la massima portabilità, è sviluppato con un approccio multi-piattaforma che lo rende

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
“SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

compatibile con Windows™ XP e Vista, Linux e Mac OS. Tutte le funzioni e i menù sono disponibili in tre lingue: italiano, francese e inglese. Nel corso degli ultimi anni, tuttavia, non è stato aggiornato alle nuove versioni di Java. È previsto un riaggiornamento dell'architettura e del software ma al momento non ci sono informazioni in tal senso.

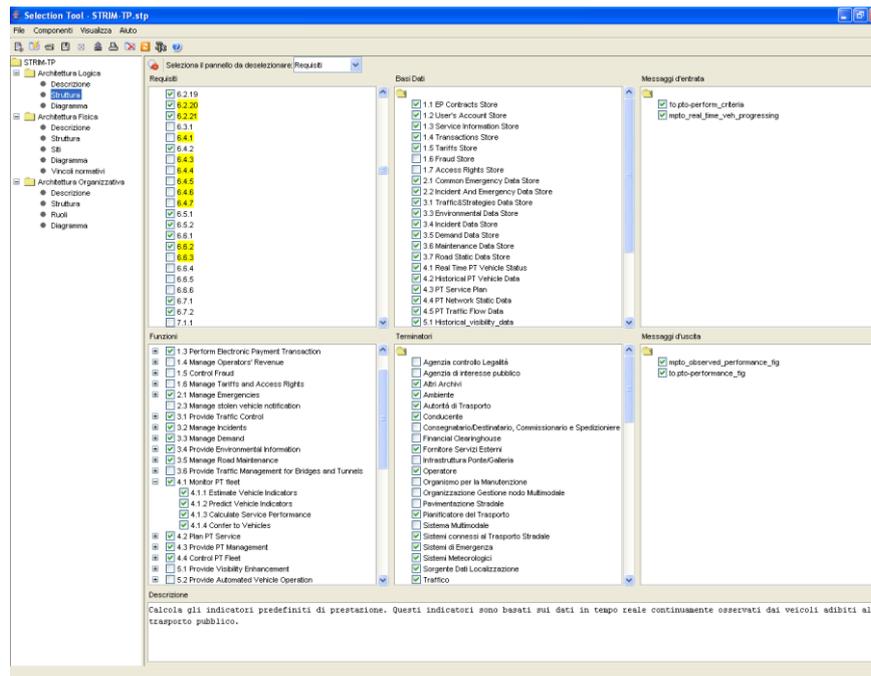


Figura 18 - SETA, il Selection Tool di ARTIST

L'approccio utilizzato per la progettazione ed implementazione di SETA consente di disporre di una piattaforma nazionale aperta e gratuita, grazie alla quale sviluppare, condividere e confrontare i progetti ITS.

5.2 La promozione di ARTIST e lo sviluppo degli ETS in Italia

Significative, sia per volumi economici che per impatto sul mondo degli ITS, sono le azioni poste in essere dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti per sensibilizzare gli operatori ad assecondare il trend di innovazione tecnologica e di razionalizzazione delle risorse già avviato nei paesi più industrializzati dell'Unione Europea.

Al fine di favorire la crescita delle aziende italiane nel settore degli ITS e di incrementarne la competitività su scenari più ampi che non quello nazionale, il Ministero si è fatto promotore di azioni di raccordo con gli altri Paesi dell'Unione e di guida, partecipando attivamente alla realizzazione e allo sviluppo di una architettura telematica europea prima (progetto FRAME) e di quella italiana poi (ARTIST) compatibile con gli standard europei.

Tale azione di indirizzo e guida è stata, poi, supportata da azioni di promozione dell'architettura: in particolare, sono stati organizzati corsi e seminari ai quali hanno partecipato, tra gli altri, referenti di Enti pubblici, di aziende di trasporto, operatori della logistica.

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
“SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

È stata curata la redazione e pubblicazione di un sito web dedicato ad ARTIST e la gestione evolutiva del Selection Tool, che ha portato alla realizzazione di un prodotto aperto, multiplatforma con supporto multilingua.

Sono state realizzate pubblicazioni scientifiche, presentate a convegni tecnici internazionali, e articoli divulgativi pubblicati su riviste specializzate italiane ed internazionali.

Il Ministero, infine, si è fatto promotore di azioni volte a supportare lo sviluppo di un mercato della telematica non frammentato e coerente con gli indirizzi europei. A tal fine sono stati siglati protocolli di intesa con Amministrazioni Locali e Dipartimenti Universitari, tra cui con il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione ed Ingegneria Elettrica dell'Università degli Studi di Salerno oggi confluito nel Dipartimento di Ingegneria Industriale della stessa Università, per lo sviluppo di sistemi telematici conformi all'Architettura Telematica Nazionale ARTIST.

L'azione di supporto, infine, ha anche portato a finanziare nell'ambito del PON Trasporti, attraverso una specifica misura per gli ITS, progetti di ampio respiro nel settore della logistica, della mobilità sostenibile, della sicurezza e del TPL per 20 milioni di euro. Tutti i progetti saranno sviluppati in accordo con l'architettura ARTIST.

In tale scenario si ritiene necessario, più che opportuno, garantire anche al Sistema Italia di poter partecipare con un ruolo significativo allo sviluppo di un settore nuovo, ad elevato contenuto tecnologico e con positività dirette e indirette notevoli sulla qualità della vita dei cittadini. La possibilità di generare azioni utili a supportare una crescita armonica del settore anche e soprattutto non orientata al solo mercato italiano, ma anche a quello europeo, in settori critici come quello della sicurezza stradale, della logistica e della mobilità urbana rappresenta, pertanto, una priorità.

5.3 ARTIST per le applicazioni ITS di WIM

I servizi telematici connessi ai sistemi per la pesa dinamica dei veicoli sono riconducibili, oltre ai requisiti generali di un ITS, ai seguenti requisiti utente di primo livello:

2. *PIANIFICAZIONE E INFRASTRUTTURE*, con particolare riferimento, ma non solo, ai seguenti requisiti:

2.2 Gestione del mantenimento delle infrastrutture

2.2.2 Mantenere statistiche sull'utilizzo dell'infrastruttura di trasporto per valutare la necessità di eventuali manutenzioni

2.2.8 Rilevare e trasmettere in tempo reale ai centri di manutenzione e ai centri di informazione i dati relativi allo stato dei dispositivi sensibili

3. *LEGGI E REGOLAMENTI*, con particolare riferimento, ma non solo, ai seguenti requisiti:

3.1.1 Raccogliere automaticamente le prove di un'infrazione di leggi o regolamenti su traffico e trasporti, in modo da poter applicare le sanzioni previste dalla legge

3.1.2 Misurare le caratteristiche di un veicolo (ad esempio lunghezza, peso ecc.) in modo automatico, mentre il veicolo è in movimento (“Weigh in Motion”)

3.1.3 Comunicare con i sistemi delle autorità preposte al controllo della legge e dei regolamenti per trasmettere i dati relativi alle infrazioni, ad esempio: luogo, data, ora, numero o codice identificativo del veicolo, natura dell'infrazione, prove (foto,

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
“SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

video ed altri media accettati dalla legge)

3.1.5 Utilizzare i dispositivi per il rilevamento delle prove di infrazione anche per altri scopi, quali ad esempio la gestione del traffico

6. INFORMAZIONI ALL'UTENZA, con particolare riferimento, ma non solo, ai seguenti requisiti:

6.4.3 Fornire raccomandazioni di sicurezza che possono influenzare positivamente il comportamento degli utenti in qualsiasi condizione di viaggio

7. GESTIONE DEL TRAFFICO, con particolare riferimento, ma non solo, ai seguenti requisiti:

7.1.21 Informare gli utenti circa le condizioni meteorologiche, le restrizioni alla circolazione, le chiusure dei ponti, la sosta nei parcheggi (in superficie, sotterranei, o aree di sosta in autostrada), l'accesso ai porti per condizioni meteo, l'indicazione di rotte preferenziali

7.1.22 Gestire i tunnel tenendo conto delle misure legate alle restrizioni di circolazione, alla rilevazione di incendi, all'inquinamento dell'aria e alla chiusura degli accessi

9. MERCI E FLOTTE DI VEICOLI COMMERCIALI, con particolare riferimento, ma non solo, ai seguenti requisiti:

9.3.1 Pesare un veicolo commerciale mentre è in marcia

9.3.5 Raccogliere automaticamente dati comprovanti che un veicolo ha infranto la regolamentazione

9.7.6 Pesare i veicoli, comparare il peso rilevato con quello previsto e riportare ogni eccesso o variazione di peso

Ovviamente non tutti questi requisiti saranno oggetto del progetto SENTINEL. È opportuno, in ogni caso, evidenziare come gran parte dei servizi sopra riportati sono comuni sia all'architettura italiana ARTIST che alla cugina francese ACTIF, sviluppata agli inizi degli anni 2000.

In conclusione, si nota come i sistemi telematici per i trasporti e la loro più alta “formalizzazione teorica”, ossia le architetture telematiche, da oltre 20 anni evidenziano tra i requisiti che un ITS deve soddisfare quello di pesatura dinamica.

Sarà oggetto della fase successiva, già avviata, progettare, sviluppare l'architettura e implementare i servizi ITS che soddisfano i requisiti evidenziati in questo studio.

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
“SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

6. Stato dell'arte delle soluzioni webGIS

6.1 Introduzione

Una applicazione GIS si può definire come un sistema informativo distribuito che comprende una parte server (il server GIS – Geographical Information System) e una parte client (un browser web o una applicazione desktop/mobile) per la gestione e visualizzazione di dati georeferenziati. Questa tecnologia integra quindi permette di integrare in un unico ambiente le normali operazioni legate all'uso di database (interrogazioni, query specifiche, statistiche) con l'analisi geografica consentita dalle cartografie digitali.

La possibilità di fruire di queste informazioni via web, esplosa negli ultimi anni, grazie al maggiore supporto tecnologico, librerie specifiche supportate da tutti i browser, hanno permesso di utilizzare internet per accedere a queste informazioni introducendo le cosiddette soluzioni webGIS che presentano una serie di vantaggi rispetto alle tradizionali applicazioni desktop:

- *Bacino di utenza*: normalmente una applicazione GIS desktop vien utilizzata da un solo utente alla volta, mentre un webGIS è inerentemente multiutente e può essere usato da molti utenti contemporaneamente.
- *Compatibilità*: la maggior parte dei client webGIS sono i normali browser web: Internet Explorer, Mozilla Firefox, Google Chrome, Apple Safari, etc.. Poiché questi browser web rispettano in gran parte gli standard HTML e Javascript i sistemi webGIS che sfruttano questi browser sono quindi utilizzabili su molti sistemi operativi da Microsoft Windows a Linux o MacOS.
- *Facilità di utilizzo*: le applicazioni desktop GIS sono normalmente destinate ad utenti professionisti con formazione specifica. Le applicazioni webGIS invece sono destinate ad un pubblico più vasto senza particolare conoscenza tecnica che utilizzano questi sistemi come un qualunque altro servizio web. In quest'ottica i sistemi webGIS sono progettati con particolare focus sulla semplicità e praticità di utilizzo rendendolo generalmente più semplice di un sistema GIS desktop professionale.

Questi fattori hanno contribuito alla diffusione delle applicazioni webGIS ed al loro utilizzo in svariati ambiti sia pubblici che privati: dalle applicazioni per il monitoraggio ambientale all'osservazione di fenomeni antropici, dalla visualizzazione di percorsi turistici fino alla geolocalizzazione di foto e contenuti personali.

6.2 Architettura di una soluzione webGIS

Per creare, distribuire e visualizzare una mappa sul web attraverso un browser è necessaria una architettura hardware e software costituita da diversi sistemi e servizi. La Figura 19 mostra i vari elementi che la costituiscono.

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
 “SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

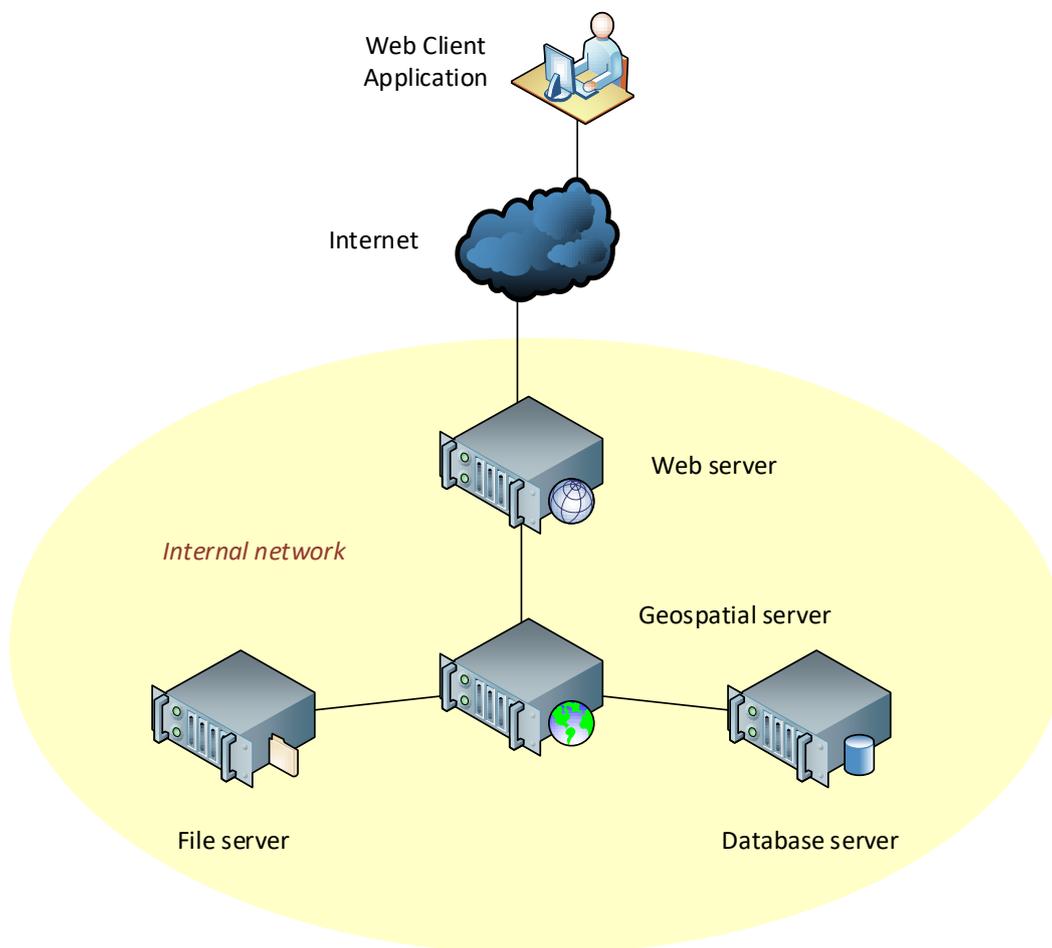


Figura 19 – Architettura di un sistema webGIS

Nella figura sono indicati diverse componenti hardware che ospitano i diversi servizi. La separazione è soprattutto logica pertanto se le risorse e i carichi computazionali lo permettono è possibile anche utilizzare un'unica macchina su cui caricare i diversi software utili per realizzare il sistema webGIS.

A prescindere dalla realizzazione fisica le componenti del sistema sono:

- *Database e/o File Server*: il loro compito è quello di memorizzare tutti i dati georeferenziati. Sono macchine normalmente equipaggiate con meccanismi di storage veloci e ridondanti e che prevedono sistemi di backup e di sicurezza a prova di guasto per prevenire la perdita di dati. Dal punto di vista applicativo si possono utilizzare diversi sistemi commerciali come database per le informazioni a seconda delle esigenze e dei servizi utilizzati. Questi sistemi devono poter gestire dati georeferenziati (Spatially Enabled Database) ovvero essere ottimizzati per memorizzare e filtrare dati che rappresentano oggetti definiti in uno spazio geometrico.

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
“SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

- *Geospatial Web Service Server*: è un software specifico che basandosi sui dati georeferenziati è in grado di creare mappe, rispondere a query di tipo geografico e operare analisi spaziali. Esistono in commercio molte soluzioni sia proprietarie che gratuite
- *Web Server*: è il punto di accesso alla rete dove è installato il server GIS e fa da proxy verso le applicazioni GIS. È normalmente installato nella rete interna e protetto da un firewall che lo protegge da accessi non desiderati. Sul web server è comunemente installata l'applicazione web (quindi l'insieme di file html, javascript e il codice applicativo) che eroga il servizio verso gli utenti e che viene fruito dal client attraverso la rete internet.
- *Client application*: molte applicazioni client possono usare le mappe generate dal sistema GIS. Queste applicazioni possono essere residenti sul pc dell'utente o essere app installate su dispositivi mobile. Queste applicazioni devono essere collegate a Internet e poter eseguire richieste http.

6.3 Modello Dati

I dati utilizzati nei sistemi GIS sono dati di tipo spaziale e per essere gestiti e memorizzati come in un geodatabase devono essere definiti con un modello dati particolare. Una informazione geografica è codificata tipicamente attraverso due strutture di dati digitali:

- *Formato Vettoriale (Vector)*: utilizzata per rappresentare oggetti discreti
- *Formato Raster*: utilizzata per rappresentare fenomeni continui

Nei prossimi due paragrafi saranno approfondite questi due modelli dato.

6.3.1 Formato Vettoriale

Nella struttura vettoriale la memorizzazione dell'informazione spaziale è data dalle coordinate dei punti significativi che costituiscono gli oggetti geometrici. Gli oggetti geografici sono quindi descritti non in termini di pixels ma da unità spaziali quali punti, linee e poligoni (Figura 20):

- *Punti*: i punti sono semplici coordinate xy che rappresentano generalmente la latitudine e la longitudine in un sistema di coordinate spaziali. I punti sono usati quando si devono rappresentare feature troppo piccole per cui non si possono utilizzare poligoni. Ad esempio su una mappa un punto può rappresentare una città.
- *Linee*: le linee sono definite da punti connessi da segmenti. Il punto iniziale e finale sono denominati nodi, mentre ogni punto intermedio è un vertice. Sono utilizzate per rappresentare fenomeni che sono di tipo lineare in natura quali ad esempio strade, fiumi. Un insieme di linee connesse può costituire una rete.
- *Poligoni*: sono linee chiuse su sé stesse dove il punto di inizio e quello finale coincidono (sono lo stesso nodo). Hanno una posizione nello spazio, una lunghezza e un'area. Il baricentro del poligono si definisce centroide.

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
 “SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

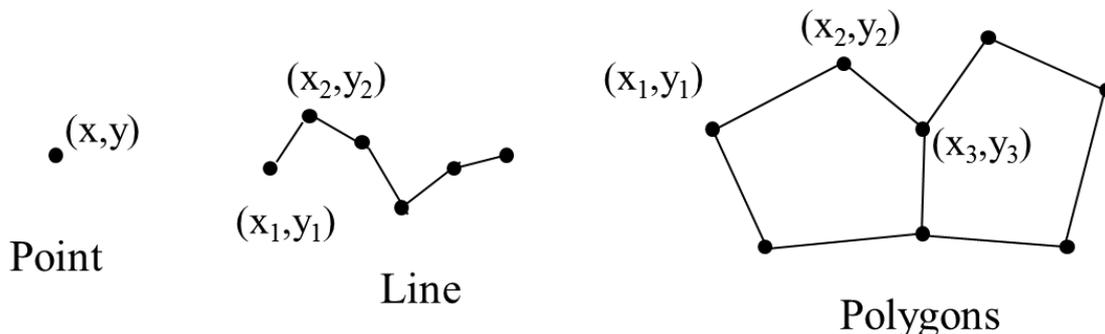


Figura 20 – Oggetti in formato vettoriale

Le informazioni in formato vettoriale possono essere archiviate in un come elementi di una tabella (Figura 21):

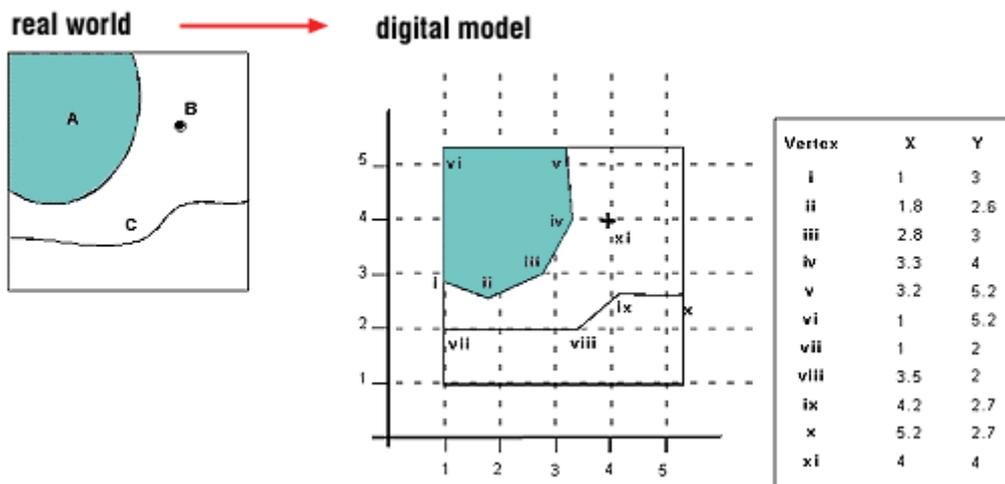


Figura 31 – Archiviazione dati in formato vettoriale

6.3.2 Formato Raster

Nella struttura raster gli oggetti geografici sono descritti da una griglia regolare di celle che rappresentano le unità spaziali minime. Le dimensioni di una griglia sono definite dal numero di celle mentre la sua risoluzione è definita dalla dimensione della cella. Questo modello è spesso usato per descrivere variabili continue quali gradienti, dati topografici, etc..

I modelli raster possono essere (Figura 22):

- *Discreti:* una modello raster discreto contiene celle i cui valori sono numeri interi, che rappresentano un codice associato ad una particolare categoria. Ad esempio, in una griglia che rappresenta l'uso del territorio, ogni categoria è codificato da un numero intero diverso, e molte celle possono avere lo stesso codice. Le griglie discrete hanno associato una tabella che lega i valori delle celle ed il corrispondente attributo.
- *Continui:* il modello raster continuo viene utilizzato per rappresentare fenomeni continui. Ogni cella in una griglia continua può avere un valore in virgola mobile diverso. Ad

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
 “SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

esempio, in una griglia continua che rappresenta l’altezza, una cella può assumere il valore di altezza di 123,3 metri, mentre la cella a sinistra potrebbe avere un valore di 124,1 metri. In questo caso, a differenza delle griglie discrete, non esiste una tabella degli attributi in quanto il valore della cella rappresenta già l’informazione nel suo complesso.

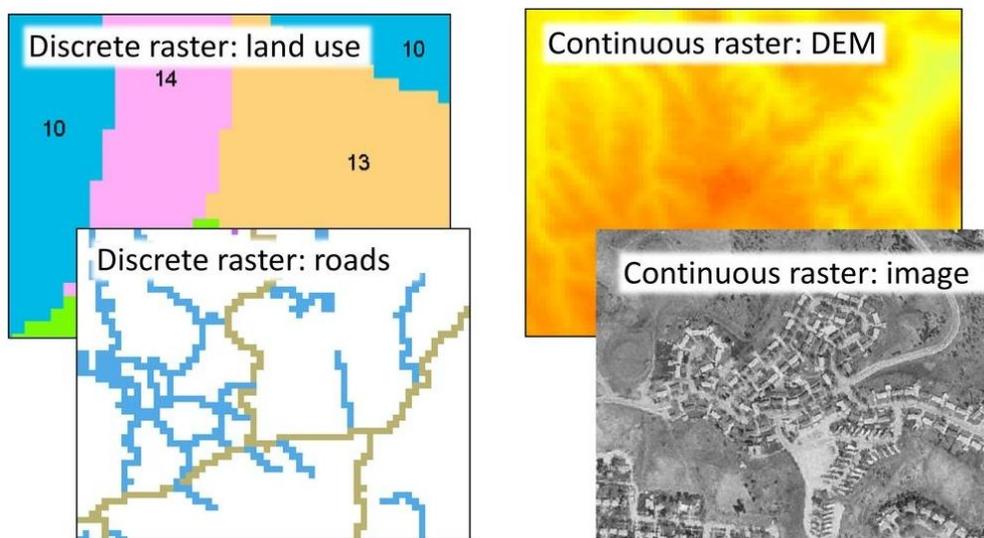


Figura 22 – Oggetti in formato raster

I dati geografici rappresentati come modello raster sono tipicamente archiviate o in formato grafico (immagini georeferenziate, vedi foto aeree, satellitari o da scanner) dove il pixel rappresenta il valore del modello RGB, o in formato grid dove il valore di ogni cella è contenuto in una tabella VAT (Value Attribute Table).

Entrambi i modelli sono efficaci e utili, la scelta dell’utilizzo di uno rispetto all’altro dipende dal contesto operativo e dalle esigenze dell’utente. La seguente tabella confronta i due modelli in base alle diverse caratteristiche:

Tabella 1 - Vector model e Raster model

PARAMETRI	MODELLO VETTORIALE	MODELLO RASTER
Volume di dati	Struttura dati più compatta	Struttura dati meno compatta
Generalizzazione	La generalizzazione è complessa	La semplificazione del dato è immediata
Aspetti topologici	La struttura topologica è molto efficiente per l’analisi dei dati	Le relazioni topologiche sono difficili da gestire
Accuratezza	Accuratezza elevata	Accuratezza condizionata dalla discretizzazione del dato
Efficienza di elaborazione	La manipolazione del dato può essere complessa	La manipolazione è più semplice e intuitiva
Tecniche di overlay	La sovrapposizione di layer è complessa ma accurata	La sovrapposizione di layer è intuitiva ma approssimata

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
 “SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

Tecniche di buffering	Molto efficienti ed accurate	Imprecise, poco usate
Map Algebra	Struttura dati non idonea per la Map Algebra	Ideale per lo sviluppo di analisi avanzate tramite operatori e funzioni
Image processing	Struttura dati non idonea per la gestione di immagini	L’elaborazione di immagini è propria della struttura dati raster
Modelli digitali di elevazione	La creazione di DEM è complessa ma più accurata	La creazione di DEM è più semplice ma approssimata
Visualizzazione	Veloce	Più lenta

6.4 GeoDatabase

Il geodatabase è la struttura di memorizzazione deputata alla gestione dei dati georeferenziati (siano essi in formato vettoriale o raster) all’interno di un DBMS. In un geodatabase ogni oggetto rappresenta una entità spaziale e entità del mondo reale che deve essere gestita dal sistema GIS. Un insieme costituito da *Feature* (oggetti) memorizzate in una tabella di un DBMS è chiamata *Feature Class*. Insieme di *Feature Class* collegate tra loro che condividono lo stesso sistema di riferimento spaziale possono essere memorizzate in strutture a livello gerarchico superiore, chiamate *Feature Dataset*. Ogni *Feature* (oggetto) in un Geodatabase contiene l’informazione sulla geometria (*Shape*) e può esistere come una entità a sé stante. La capacità di memorizzare in modo completo la geometria è uno dei vantaggi del modello geodatabase, rendendo sempre disponibile la *Feature* per la visualizzazione o per analisi.

Le funzionalità di un geodatabase sono quindi:

- Conservare una ricca collezione di dati spaziali in una posizione centralizzata.
- Applicare ai dati, regole sofisticate e relazioni.
- Definire modelli relazionali geospaziali avanzati (ad esempio, topologie, reti).
- Mantenere l’integrità dei dati spaziali con un coerente ed accurato database.
- Lavorare all’interno di un ambiente DB con accesso e modifica multiutente
- Integrare i dati spaziali con altre banche dati non GIS.
- Dimensionamento a scalare, del DB semplice
- Supporto a comportamenti e funzioni personalizzate.
- Sfruttamento dei dati spaziali nel suo pieno potenziale.

Alcuni esempi di GeoDatabase che possono essere utilizzati, sia free che proprietari, sono:

- MySql
- SQLServer
- ESRI
- ArcSDE
- CouchDB (attraverso il plugin GeoCouch)
- CartoDB
- PostGIS

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
 “SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

- Oracle Spatial

La soluzione PostGIS (basata su PostgreSQL) è probabilmente la soluzione più usata in quanto open, robusta e conforme alle specifiche dell’Open Geospatial Consortium (OGC) ed è supportata da una ampia fetta di prodotti software GIS.

6.5 Mapservers

Un map server è una applicazione software che produce mappe che rappresentano dati spaziali georeferenziati (Figura 23). È l’interfaccia che permette di interagire con il geodatabase. Fornisce diversi protocolli che permettono di interrogare il geodatabase ottenendo in risposta una mappa in formato immagine (gif, png, etc..) o in forma vettoriale (KML, GML,etc..)

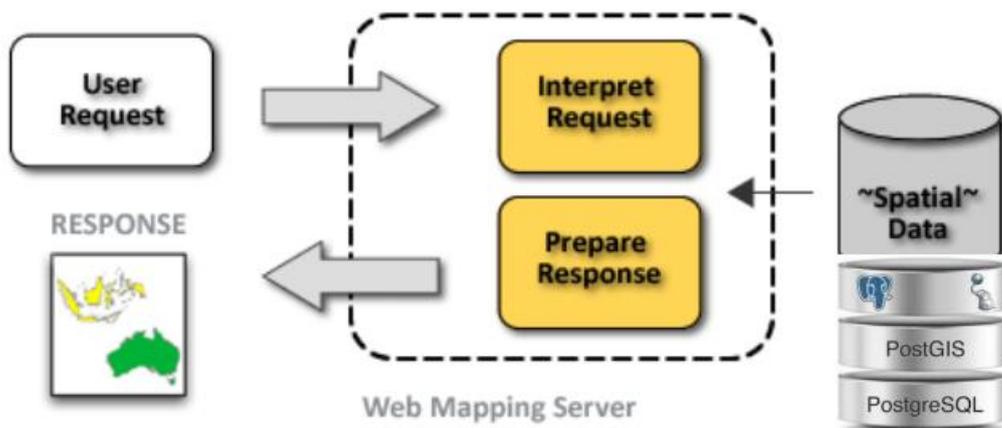


Figura 23 – Funzionamento di un Map Server

Esistono molte soluzioni sul mercato che offrono i servizi di un map server sia free che proprietari. Alcuni tra i più utilizzati Map Services gratuiti sono:

- MapServer (<https://mapserver.org/>)
- Geoserver (<http://geoserver.org/>)
- MapNik (<https://mapnik.org/>)
- FeatureServer (<http://www.featureserver.org/>)

Tra quelli proprietari invece i più diffuse sono:

- ArcGIS server (<http://enterprise.arcgis.com/en/server/>)
- GeoMedia (<https://www.hexagongeospatial.com>)

Pur essendo diversi questi software supportano una serie di protocolli base che permettono agli utenti di fare richieste per ottenere i dati georeferenziati. I servizi di base sono i seguenti:

- *Web Map Service (WMS)*: è un protocollo standard definito dall’OGC per fornire mappe geo-referenziate in formato immagine (tipicamente in formato PNG, GIF o JPEG). Il funzionamento prevede che il client mandi una richiesta al map server in formato URL via

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
“SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

http il quale genera l'immagine basandosi sui parametri della richiesta (che possono includere quali informazioni devono essere visualizzate sulla mappa, quale porzione della Terra deve essere rappresentata, il sistema di coordinate preferito, il formato e le dimensioni dell'immagine di output). Il servizio WMS genera immagini a partire da dati sia in formato raster che vettoriale.

- *Web Feature Service (WFS)*: questo protocollo definito dall'OGC permette la richiesta di oggetti geografici. Questi oggetti permettono all'utente di creare le proprie mappe e applicazioni, di convertire i dati tra formati diversi e eseguire alcuni tipi di processing geografico. I dati che transitano tra WFS e client sono tipicamente codificati in formato GML (Geography Markup Language) che gestisce informazioni su coordinate e geometrie.
- *Web Coverage Service (WCS)*: è un protocollo standard che definisce una interfaccia per lo scambio di dati geospaziali su web. WCS fornisce i dati disponibili sul server insieme alle loro descrizioni dettagliate implementando tre tipologie di chiamate: *GetCapabilities*, *GetCoverage* e *DescribeCoverage*. I dati possono essere definiti in termini di caratteristiche spaziali o temporali e possono essere forniti al client in diversi formati di tipo raster (GeoTiffs, .img, ENVI, etc..).
- *Web Processing Service (WPS)*: è un protocollo che definisce le regole per standardizzare i processi di elaborazioni dei dati spaziali in termini di input e output (richiesta e risposta). Lo standard definisce inoltre come un client possa richiedere l'esecuzione di una procedura e come questa procedura è gestita dal server. Definisce una interfaccia per facilitare la pubblicazione di procedure di processing geospaziale e come i client possono accedere a questi servizi.

Maggiori dettagli su questi standard e interfacce sono disponibili sul portale dell'Open Geospatial Consortium (OGC) all'indirizzo <https://www.opengeospatial.org/standards>.

6.6 Client applications and frameworks

Per accedere ai dati di un map server è quindi necessario implementare le chiamate secondo i protocolli descritti nel paragrafo precedente e utilizzare gli strumenti adatti per la visualizzazione su browser di questi dati.

Una applicazione client quindi non sarà altro che una applicazione web che implementa una interfaccia di chiamate al map server per creare le chiamate nel formato corrispondente conoscendo gli indirizzi del map server da interrogare e interfaccia di visualizzazione del dato geografico. In quest'ultimo caso esistono librerie specifiche (tipicamente basate su JavaScript) per gestire mappe e dati geografici ed altre per uso generale o per scopi specifici, ma che possono essere utili anche per il web mapping. Quindi generalmente possiamo parlare di:

- librerie specifiche per gestire mappe e dati geografici (es. Leaflet, OpenLayers);
- librerie generali per RIA (es. Bootstrap, ExtJS);
- librerie per scopi specifici ma utili anche nel campo geospaziale (es. D3)

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
 “SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

Queste librerie sono delle cosiddette *API* (Application Program Interface) ovvero raccolte di classi e funzioni definite e organizzate per rappresentare delle entità e svolgere determinate azioni. Grazie ad esse è possibile evitare la scrittura di codice JavaScript di basso livello e si possono utilizzare elementi già pronti da assemblare per costruire la propria applicazione webgis.

Qui di seguito una breve descrizione delle librerie più utilizzate ad oggi.

6.6.1 Leaflet

Si tratta di una libreria open source javascript rilasciata per la prima volta nel 2011 che supportando gli standard HTML5 e CSS3 è utilizzabile dalla stragrande maggioranza delle applicazioni client desktop e mobile. Include nel suo core tutte le funzionalità di base che servono per rappresentare mappe e geodati ed interagire con essi: gestione dei layer, vestizione dei geodati , tiles, WMS, zoom, panning , pop-up e tooltip, barra della scala, conversioni, misura di distanze, ecc (Figura 24). Pur non coprendo nativamente tutti i servizi OGC esistono numerosissimi plugin free che permettono di estenderne le potenzialità. Ha comunque il suo punto di forza nella semplicità e nella leggerezza del codice sorgente.

È disponibile all'indirizzo: <https://leafletjs.com/>

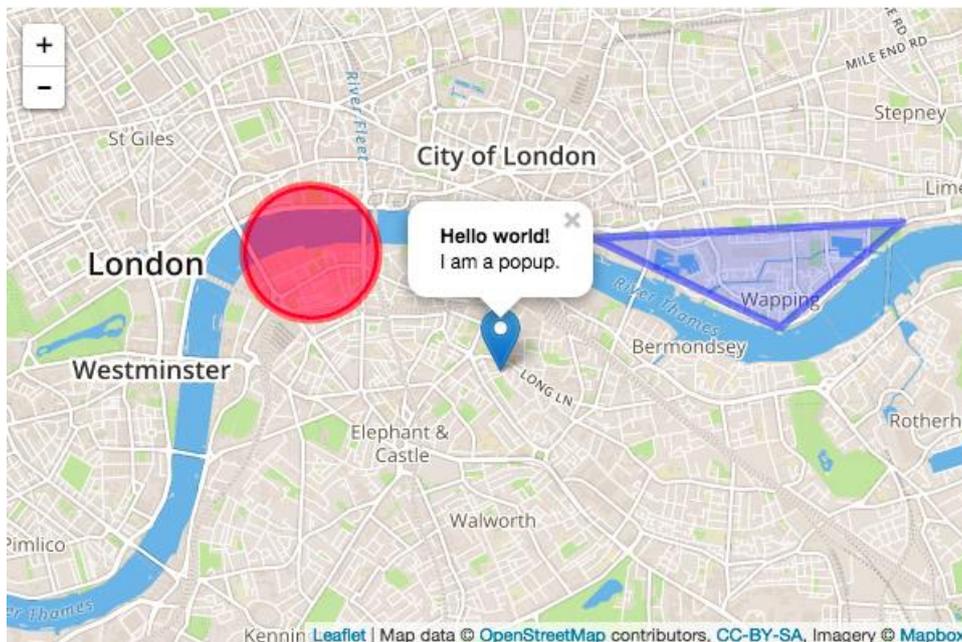


Figura 24 – Elementi base di Leaflet.js

6.6.2 OpenLayers

È anch'essa una libreria open source javascript coperta da licenza FreeBSD per la visualizzazione di mappe interattive nei browser web. Nasce nel 2006 e supporta nativamente GeoRSS, KML (Keyhole Markup Language), Geography Markup Language (GML), GeoJSON e più

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
 “SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

genericamente dati georeferenziati provenienti da fonti compatibili con gli standard OGC quali WMS e WFS.

È probabilmente la libreria più completa ad oggi ed è infatti utilizzata dalla maggior parte delle soluzioni webGIS ad oggi disponibili permettendo anche dalle ultime versioni la possibilità di sfruttare le nuove tecnologie dei moderni browser (webGL, Canvas) e quindi permettere più efficaci modalità di rendering dei layer vettoriali ed integrazione dei dati 3D (Figura 25).

Il sito ufficiale è all'indirizzo <https://openlayers.org/>



Figura 25 – Visualizzazione layer con OpenLayers

6.6.3 Turf

Si tratta di una potente libreria open-source creata e mantenuta dal gruppo di Mapbox per effettuare analisi geospaziali e statistiche direttamente sul browser. Questa libreria fornisce strumenti per effettuare direttamente su una pagina web operazioni quali (Figura 26):

- buffering
- aggregazione e clustering
- trasformazione ed interrogazione spaziale
- filtri per dati
- interpolazioni
- join spaziali
- classificazioni

Lavora con dati in formato GeoJSON ed ha la caratteristica di essere modulare garantendo efficienza e semplicità di manutenzione.

Il sito ufficiale è all'indirizzo <http://turfjs.org>

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
“SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

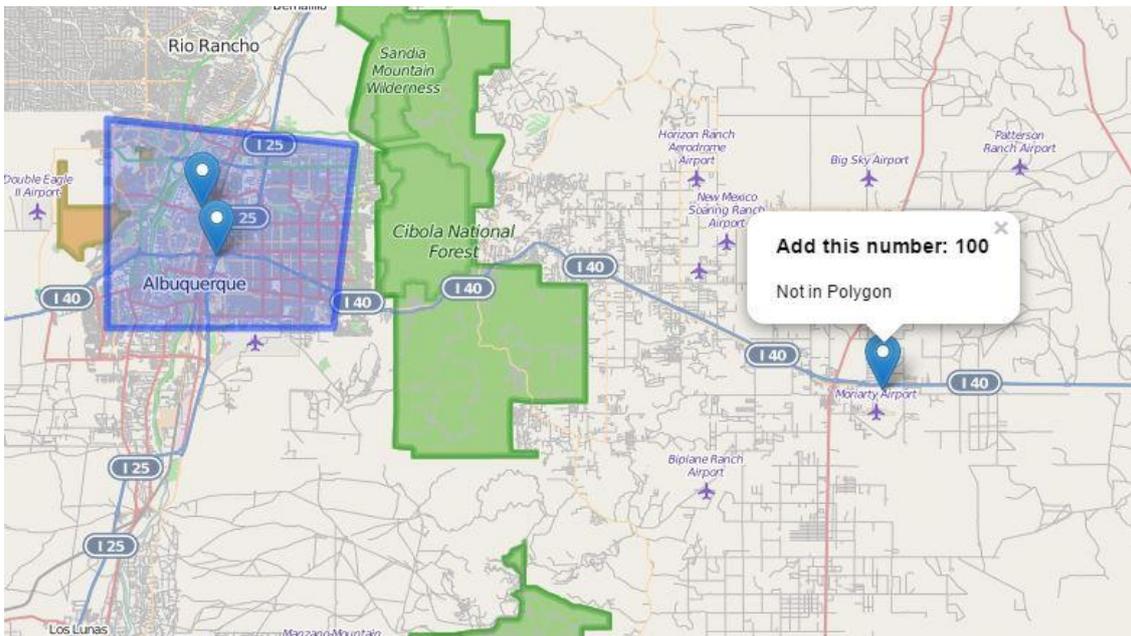
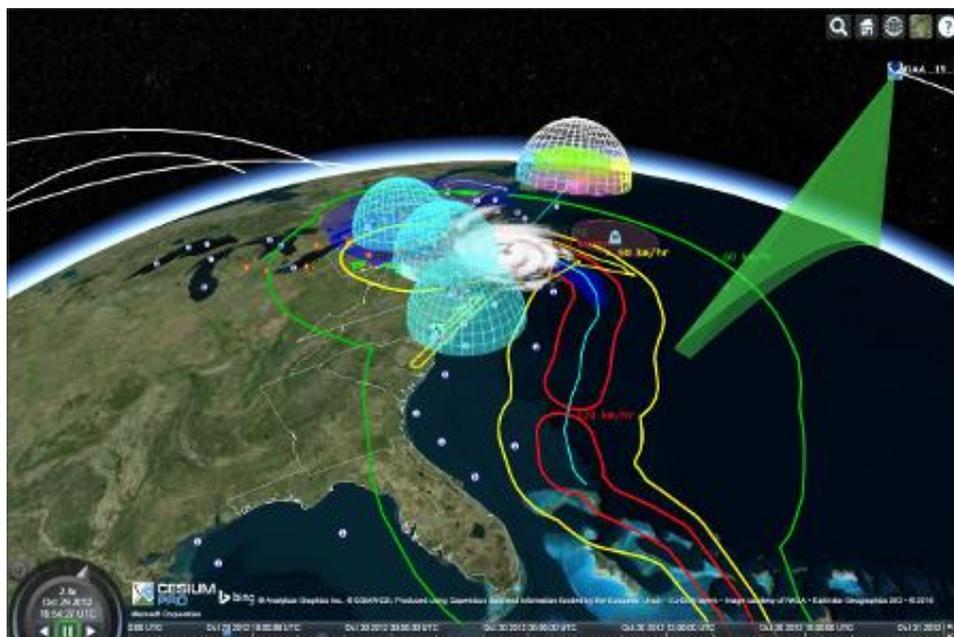


Figura 26 – Elementi base di Turfjs

6.6.4 Cesium

Questa libreria (sito ufficiale: cesiumjs.org) consente di rappresentare tiles e dati geografici su un globo 3D. È possibile visualizzare differenti mappe-base (imagery layers) ed elementi vettoriali 2D inclusi etichette ed icone personalizzate; ma è anche possibile rappresentare dei modelli 3D come per esempio edifici, alberi, rilievi, etc. In particolare si possono caricare le rappresentazioni tridimensionali del terreno fornite da appositi terrain service provider.

Supporta tutta una serie di standard emergenti per la modellazione di dati 3D quali: 3D Tiles, gITF, quantized-mesh e CZML (Figura 27).



PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
“SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

Figura 27 – Esempio di visualizzazione 3D con Cesium

Riferimenti

- WebGis: <https://dev.solita.fi/2018/01/05/gis-services.html>
- Raster vs Vector: <https://www.gislounge.com/geodatabases-explored-vector-and-raster-data/>
- Geodatabase: <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/geodatabases/the-architecture-of-a-geodatabase.htm>
- W3C Working Group Note 28 September 2017: Spatial Data on the Web Best Practices - <https://www.w3.org/TR/sdw-bp/>
- Leaflet: <https://leafletjs.com/>
- OpenLayers: <https://openlayers.org/>
- Turf: <http://turfjs.org>
- Cesium: <https://cesiumjs.org/>

PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO SENTINEL
 “SISTEMA DI PESATURA DINAMICA INTELLIGENTE PER LA GESTIONE DEL TRAFFICO PESANTE”

Appendice A – acronimi

Di seguito sono riportate le descrizioni per alcuni acronimi impiegati nel testo.

SIGLA	DESCRIZIONE
WiM	<i>Weight in Motion</i>
SEET	<i>Sistemi Elettrici per l'Energia e i Trasporti</i>
OR	<i>Obiettivo Realizzativo</i>
AR	<i>Attività Realizzativa</i>
ITS	<i>Intelligent Transport System</i>
ANPR	<i>Automatic Number Plate Recognition</i>
ICT	<i>Information and Communication Technology</i>
MiIT	<i>Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti</i>
ARTIST	<i>ARchitettura Telematica Italiana per il Sistema dei Trasporti</i>
SISS	<i>Sistema Integrato per la Sicurezza Stradale</i>
SIT	<i>Sistema Informativo Territoriale</i>
SITI	<i>Safety In Tunnel Intelligent</i>
SOC	<i>Sala Operativa Centrale</i>
TE	<i>Transiti Eccezionali</i>
ULISSE	<i>Unified Logistic Infrastructure for Safety and SEcurity in Campania</i>
S.I.T.I.P.	<i>Sistema Informativo e Telematico Integrato per i Porti pugliesi</i>
SOA	<i>Service Oriented Architecture</i>
XML	<i>eXtensible Markup Language</i>
SOAP	<i>Simple Object Access Protocol</i>
UDDI	<i>Universal Description Discovery and Integration</i>
RF-ID	<i>Radio-Frequency Identification</i>
TS-CM	<i>TRINACRIA SICURA – Città metropolitane</i>
SiCVE-PM	<i>Sistema informativo per il controllo della velocità - Plate Matching</i>
CdS	<i>Codice della Strada</i>
PGT	<i>Piano Generale dei Trasporti e della Logistica</i>
UE	<i>Unione Europea</i>