



# L'importanza dei big data sulla mobilità urbana

Lo sviluppo di strumenti di analisi dei big data sulla mobilità dei cittadini sarà sempre più un fattore di fondamentale importanza per l'attuazione di politiche in un'ottica di sostenibilità energetica, ambientale ed economica del trasporto urbano

*DOI 10.12910/EAI2016-026*

*di Gaetano Valenti, Carlo Liberto, Pierpaolo Mastroianni, ENEA*

**U**na sfida rilevante per le città che si prefiggono di sostenere l'efficienza energetica e, in generale, il miglioramento della qualità della vita dei cittadini, è di saper predisporre infrastrutture e servizi di trasporto affidabili e sostenibili, capaci di intercettare e soddisfare pienamente una domanda in continua evoluzione e ridurre al contempo gli impatti sociali ed economici generati dall'ampio utilizzo di veicoli privati. L'attuazione di una corretta politica di gestione e pianificazione del trasporto urbano ha come fondamento un adeguato sistema di monitoraggio capace di garantire una conoscenza approfondita del funzionamento del "sistema mobilità" e delle sue criticità. Un inquadramento realistico dello scenario di partenza costituisce, in particolare, la base per la definizione degli obiettivi da perseguire e degli indicatori più adatti a fornire una misura quantitativa nel raggiungimento degli obiettivi stessi. Inoltre l'attività di monitoraggio deve necessariamente avere caratteristiche di continuità nel tempo in modo di assicurare il controllo del processo di pianificazione e gestione della mobilità garantendo periodicamente l'aggiornamento e la disponibilità dei dati circa lo stato di attuazione e l'efficacia delle azioni intraprese a livello di città.

Oggi, tuttavia, la conoscenza del sistema mobilità nelle aree urbane è spesso molto frammentata ed incompleta ai fini di una efficace programmazione delle politiche di intervento e di valutazione in itinere dei progressi realizzati. Il grosso limite degli attuali metodi di rilevazione è determinato dall'alto costo e laboriosità delle indagini sulla domanda di mobilità in un'area urbana che ne rendono impraticabile la

ripetibilità e la continuità nel tempo. Anche gli impianti di monitoraggio fissi (spire induttive, videocamere, ecc.) presenti in molte città per la rilevazione dei flussi veicolari e delle velocità e, in alcuni casi, per la stima dei tempi di percorrenza su predefiniti percorsi, sono caratterizzati da rilevanti costi di installazione e manutenzione che ostacolano una più estesa copertura territoriale. I processi di scelta delle politiche più adatte e di verifica dell'efficacia delle misure attuate necessitano, pertanto, di un nuovo e più funzionale meccanismo di monitoraggio per l'acquisizione continua e aggiornata di una serie di informazioni sull'entità e sulla struttura della domanda di mobilità cittadina, nonché sulla variabilità, nello spazio e nel tempo, dello stato di funzionamento della rete viaria e dei servizi di trasporto.

Le ultime tendenze socio-economiche e le innovazioni tecnologiche che sempre più massicciamente spingono i cittadini a utilizzare la connessione alla rete mobile per interagire e scambiare informazioni, rendono possibile l'acquisizione, a basso costo e con maggiore efficienza, di una grande mole di dati particolarmente utili per lo studio dei comportamenti e delle abitudini dei viaggiatori nelle aree urbane e metropolitane. L'ampia diffusione di dispositivi mobili con localizzatore GPS, come smartphone, tablet e terminali a bordo dei veicoli, può inoltre contribuire alla raccolta, capillare e a basso costo, di dati fondamentali per la ricostruzione degli effettivi profili di mobilità spazio-temporale di persone e veicoli all'interno delle città. La rilevazione e l'analisi dei cosiddetti "Big data" del trasporto urbano rappresentano pertanto una frontiera estremamente importante per tutte le città che deci-

dono di innovare per soddisfare pienamente le esigenze di mobilità dei cittadini e migliorare costantemente le prestazioni delle reti e dei servizi di trasporto. Queste nuove modalità di realizzare la raccolta dati, rese possibili dai recenti progressi del settore dell'ICT, consentono di superare i limiti delle indagini tradizionali, ossia il costo elevato, la limitata periodicità, la rapida obsolescenza, l'incompletezza e l'imprecisione.

Sulla scia di queste innovazioni tecnologiche si è manifestato un interesse sempre crescente sull'utilizzo dei big data da parte della comunità scientifica sia per valutare le traiettorie dalle persone in movimento nell'arco della giornata, sia per valutare le condizioni di funzionamento dei sistemi di trasporto urbani.

### **Il contesto sperimentale**

L'ENEA, all'interno delle tematiche di innovazione e sostenibilità dei sistemi di trasporti, è da alcuni anni impegnata nello studio e sviluppo di nuovi metodi e strumenti di analisi, valutazione e previsione del traffico veicolare basati sull'utilizzo di raccolte estese di dati geo-referenziati sugli spostamenti effettuati da flotte di veicoli (FCD - Floating Car Data). Si tratta di una tecnica di monitoraggio di flotte di veicoli ampiamente sperimentata e conosciuta, soprattutto in Italia, che impiega un consistente numero di terminali veicolari, installati prevalentemente su autoveicoli private, capaci di registrare e inviare ad un Centro di Elaborazione Dati diverse informazioni sulla localizzazione geografica e sulle condizioni di marcia del veicolo dal momento dell'accensione a quello dello spegnimento. Nei terminali sono solitamente presenti 4 componenti

chiave: un accelerometro, un dispositivo di localizzazione satellitare (GPS), un sistema di comunicazione GSM ed un microprocessore con memoria.

I servizi FCD in Italia sono stati realizzati principalmente per le compagnie assicurative sia per contrastare le frodi e i furti, sia per la predisposizione di polizze personalizzate atte a garantire una maggiore equità nei premi. Oltre che al mercato assicurativo, i servizi FCD sono rivolti ai gestori di flotte per il monitoraggio dei veicoli e dei guidatori e ai provider di servizi di informazione sul traffico.

Rispetto ai tradizionali dispositivi fissi di monitoraggio, la tecnica FCD presenta il vantaggio di fornire specifiche informazioni sugli spostamenti effettuati da un campione di veicoli in termini di percorsi, distanze e tempi di percorrenza con una copertura completa dell'intera rete stradale. Il punto critico della tecnica FCD risiede nella consistenza della flotta di veicoli sonda da cui dipende la significatività dei dati raccolti; è inoltre di fondamentale importanza la frequenza del campionamento e della trasmissione dei dati al centro di controllo soprattutto per quanto riguarda l'affidabilità delle stime in linea dello stato del traffico.

La finalità più ampia della ricerca ENEA è di contribuire allo sviluppo di un sistema permanente di monitoraggio e valutazione della sostenibilità del trasporto di una città in grado di fornire indicazioni utili per l'intervento da parte dei policy maker e delle istituzioni. L'attività di ricerca è stata condotta prendendo a riferimento il sistema FCD gestito da Octotelematics srl, società che opera principalmente nel settore della telematica applicata ai servizi assicurativi per polizze auto e ai servizi di viabilità.

In Italia la flotta di veicoli equipaggiati con terminale Octotelematics ammonta a più di 2 milioni di unità (oltre il 6% del parco di autovetture circolante) e continua ad oggi a registrare un andamento di crescita. Il terminale registra sequenze di posizioni rilevate dal ricevitore GPS per l'intera durata del viaggio dall'accensione allo spegnimento del motore. Ad ogni traccia registrata dal terminale sono inoltre associate informazioni sull'orario, sulla velocità istantanea, sulla direzione espressa in gradi rispetto al nord, sulla qualità del segnale GPS, sullo stato di moto e sulla distanza percorsa dalla precedente traccia. La frequenza di registrazione delle posizioni e delle condizioni di marcia dei veicoli è, attualmente, programmata ogni 2 km di percorrenza oltre che negli istanti di avvio e spegnimento del motore. Quando il veicolo transita sulla rete autostradale o sulle principali arterie stradali situate in aree metropolitane le registrazioni avvengono ogni 35 secondi. L'invio delle sequenze di posizioni al Centro Servizi da parte del modulo GSM-GPRS è attualmente programmato ogni 40 registrazioni di posizione.

I dati trasmessi dalla flotta di veicoli equipaggiati con l'unità di bordo di Octotelematics sono oggi utilizzati per generare in tempo reale report sullo stato traffico sulla rete autostradale e sulle principali arterie stradali di ausilio ai servizi di infomobilità a livello nazionale e locale.

### Risultati delle attività sperimentali

Nell'ambito delle applicazioni per la supervisione del traffico, l'ENEA ha recentemente sviluppato e sperimentato un sistema software (STREET® - Short-term TRaffic Evolution forEcasting Tool) in grado di utilizzare le stime in linea sullo stato del traffico, generate dalla piattaforma telematica di Octotelematics, per la previsione sull'evoluzione dello stato del traffico a breve termine da 15 a 60 minuti. Le previsioni costituiscono l'elemento base per determinare le strategie di regolazione del traffico da adottare per la riduzione della congestione e il contenimento dei consumi energetici e delle emissioni di inquinanti.

STREET® incorpora modelli di previsione di tipo data-driven (regres-

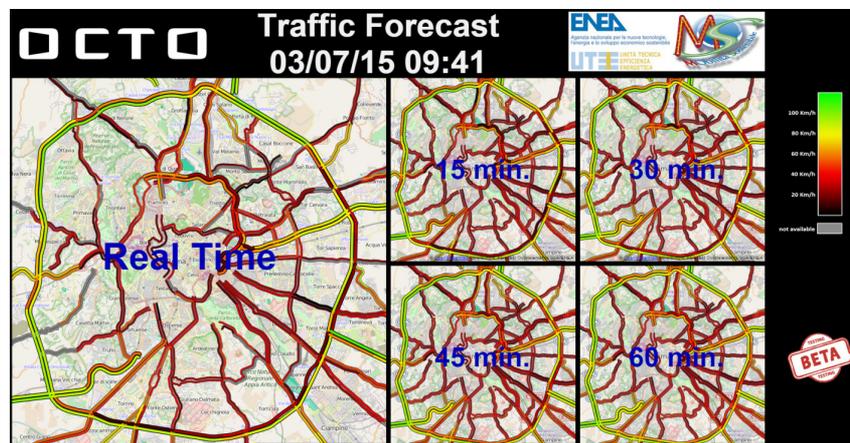


Fig. 1 Layout delle previsioni di traffico (STREET)



sivi, pattern-matching e reti neurali) con diversi gradi di complessità teorica e computazionale per la caratterizzazione spaziale e temporale degli eventi di congestione ricorrenti e non. STREET® è dotato inoltre di una funzione per l'identificazione automatica di stati del traffico anomali basata sulle trasformate "Wavelet". STREET® è stato installato e reso funzionante sui server di Octotelematics per la previsione del traffico sulla rete viaria di Roma (Figura 1). In recenti studi l'ENEA ha inoltre sviluppato algoritmi e strumenti software di analisi della mobilità veicolare basati su dati relativi agli spostamenti effettuati da flotte di veicoli sonda. Gli studi hanno preso come riferimento i dati generati nei mesi di Maggio 2011 e 2013 dalla flotta veicolare con terminale Octotelematics relativi ad un'area comprendente l'intera provincia di Roma e, in parte, le province di Viterbo, Rieti, Latina e Frosinone. La grande mole di dati grezzi, composta da circa 107 milioni di tracce per il mese di maggio 2011 e di circa 150 milioni di

tracce per il mese di maggio 2013, è stata preliminarmente sottoposta ad una procedura di filtraggio e correzione degli errori che ha permesso di estrarre i viaggi effettuati da ciascun veicolo sull'area di studio, identificati dalla sequenza di tracce comprese tra l'accensione e lo spegnimento del motore del veicolo.

La procedura di aggregazione dei dati grezzi per veicolo e viaggio, che ha portato all'identificazione di circa 24 milioni di traiettorie, ha reso possibile la stima di indicatori utili alla comprensione della mobilità veicolare nell'area di studio come la frequenza di utilizzo dell'autovettura, le distanze percorse, i tempi di percorrenza e le velocità medie per fasce orarie e per i diversi giorni della settimana.

Un importante vantaggio dato dalla conoscenza dettagliata dell'effettivo utilizzo di un campione di veicoli è inoltre quello di poter verificare nel tempo tendenze e variazioni sulle scelte di viaggio effettuate nell'area di studio. Ad esempio la stima delle percorrenze realizzate sull'area di

studio da uno stesso campione di veicoli, composto da circa 70 mila unità, a distanza di due anni ha permesso di riscontrare una significativa riduzione della percorrenza media mensile per veicolo avvenuta tra il 2011 e il 2013 (da 835 a 770 km) presumibilmente indotta dalla recente crisi economica.

L'estrazione degli spostamenti e delle soste del campione di veicoli sonda ha inoltre reso possibile la realizzazione di ulteriori studi sia per esaminare il potenziale impatto dei veicoli elettrici sulla rete elettrica in relazione a diversi tassi di penetrazione, sia per la collocazione ottimale delle stazioni di ricarica sul territorio e la dotazione energetica da assegnare a ciascuna di esse.

Le sequenze di tracce relative a ciascun viaggio sono state successivamente associate alle 136 zone in cui è stata suddivisa l'area di studio. Ciò ha consentito di caratterizzare la mobilità veicolare in termini di linee di desiderio, cioè in relazione ai luoghi di origine e destinazione degli spostamenti, e di qualificare le diverse zone della città in base alla capacità generativa ed attrattiva, ai livelli di accessibilità e alle relazioni di traffico tra coppie di zone. Questo tipo di analisi è stata importante anche per lo studio della sosta diurna e notturna nelle diverse zone della città.

A partire dai dati FCD e dalle proprietà topologiche e funzionali della rete stradale della provincia di Roma sono stati applicati gli algoritmi per il calcolo di indicatori di criticità e importanza delle strade. Gli indicatori sono associati a ciascun arco stradale e rappresentano l'aumento di costo della mobilità dovuto alla chiusura dell'arco stesso alla circolazione. Gli algoritmi di calcolo degli indicatori hanno in particolare per-

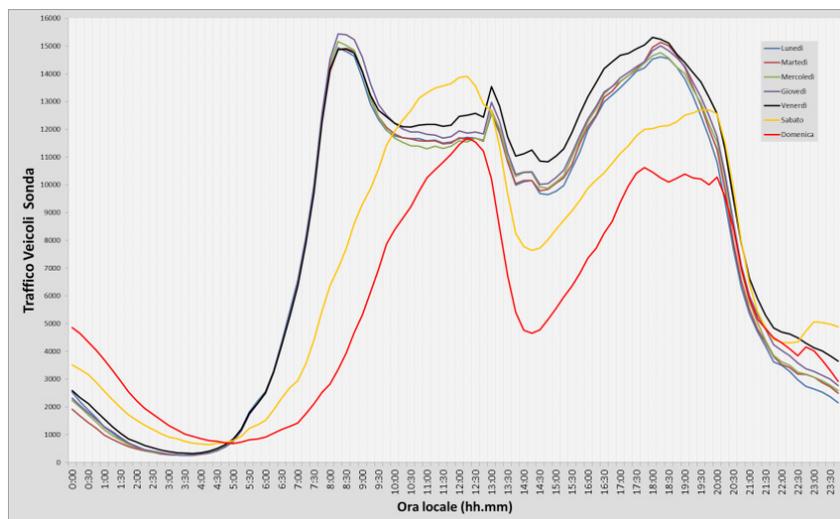


Fig. 2 Profilo del traffico di veicoli sonda per giorno tipo sulla provincia di Roma

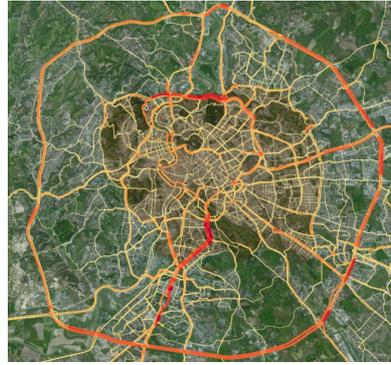
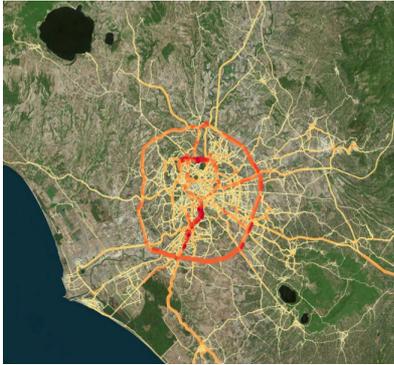


Fig. 3 Flusso di veicoli sonda nell'ora di punta del mattino

messo di costruire una graduatoria dei vari elementi di una rete viaria in funzione dell'incremento dei costi della mobilità che deriva dalla mancata funzionalità a causa di eventi calamitosi o incidenti rilevanti. L'attività di analisi delle traiettorie è stato completata con l'applicazione di un algoritmo di *map-matching* che ha permesso di ricostruire e caratterizzare i percorsi sulla rete stradale digitalizzata (TOMTOM-MULTINET) attraverso l'identificazione della sequenza di archi e di nodi attraversati e la stima dei tempi di percorrenza degli archi attraversati. L'assegnazione degli spostamenti ai cammini del grafo viario ha consentito una più ampia e approfondita conoscenza del funzionamento e delle prestazioni della rete stradale difficilmente realizzabile con le tradizionali tecniche di monitoraggio. Tra i risultati più rilevanti: i percorsi effettivamente utilizzati tra differenti coppie di zone della città con i tempi di percorrenza medi per fascia oraria, la provenienza del traffico in ingresso alle diverse zone della città, le zone di provenienza o destinazione del traffico in transito su specifiche strade o intersezioni, i tassi di svolta alle intersezioni della rete e le relazioni esistenti tra elementi della rete stradale in termini di tempi di colle-

gamento e flussi di traffico. I risultati ottenuti sulla distribuzione spaziale della domanda di mobilità, sui tempi di percorrenza e sulla scelta dei percorsi possono essere di grande importanza per la messa a punto degli strumenti di simulazione del traffico utilizzati per la valutazione di scenari di intervento. A partire dalle stime sulla distribuzione spaziale degli spostamenti dei veicoli sonda è possibile effettuare la correzione delle matrici origine-destinazione per fascia oraria e giornata tipo, mentre la conoscenza dei percorsi e dei tempi di viaggio è particolarmente utile per l'estrazione del grafo impiegato per rappresentare la rete stradale e la calibrazione del modello di assegnazione che riproduce i flussi sul grafo allo stato attuale. L'ampia e precisa disponibilità di dati e informazioni sui percorsi effettuati e sulle reali condizioni di marcia dei veicoli ha reso possibile applicazione del software ECOTRIP® (Emission and Consumption calculation software based on TRIP data) sviluppato per la stima accurata e puntuale dei consumi di carburante e delle emissioni inquinanti prodotte da ogni tipo di autoveicolo circolante equipaggiato con unità di bordo. ECOTRIP® ha permesso di effettuare il calcolo dei consumi di car-

burante, delle emissioni di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) e dei principali inquinanti atmosferici prodotti dalla combustione dei motori dei veicoli (monossido di carbonio, ossidi di azoto, composti organici volatili e particolato) nelle diverse condizioni di funzionamento sia nella fase di riscaldamento del motore (emissioni a freddo) che durante il funzionamento alla temperatura di esercizio (emissioni a caldo).

La possibilità di fornire stime puntuali e georeferenziate delle emissioni rende inoltre il software ECOTRIP® come un nuovo e valido strumento di ausilio alla definizione e realizzazione di interventi di limitazione (road-pricing e crediti di mobilità) dell'uso del mezzo privato basate sulla valutazione dei costi esterni.

Il lavoro di ricerca è attualmente orientato a migliorare gli algoritmi sviluppati sinora attraverso la combinazione dei dati forniti dalle flotte di veicoli sonda con le misure fornite dai rilevatori fissi che presentano il vantaggio di rilevare l'intero flusso veicolare in transito su una sezione stradale. L'obiettivo è di migliorare la valutazione dell'errore campionario e di aumentare l'affidabilità delle stime.

## Conclusioni

I recenti sviluppi tecnologici nei settori della telematica, della geolocalizzazione e della sensoristica applicata al traffico offrono già oggi enormi possibilità di trasformazione e miglioramento dei processi di monitoraggio della mobilità urbana per la pianificazione e la gestione delle reti e dei servizi di trasporto.

La chiave di questa profonda trasformazione è il paradigma dei "Big Data", cioè l'enorme quantità di in-

formazioni e dati geo-referenziati che vengono continuamente generati sia dai dispositivi mobili di vario genere, come smart-phone, tablet e scatole nere a bordo dei veicoli, sia anche attraverso il sempre più diffuso utilizzo dei social network.

Tali dati, se accuratamente raccolti, elaborati ed interpretati, possono aiutare le Autorità locali a definire ed attuare politiche efficaci volte a migliorare la mobilità dei cittadini in un'ottica di sostenibilità energetica, ambientale ed economica. Gli effetti positivi sui processi decisionali sono direttamente collegati a una più completa conoscenza dei comportamenti e delle abitudini dei viaggiatori e delle condizioni operative dei sistemi di trasporto.

L'innovazione dei processi di monitoraggio risiede pertanto nella possibilità di superare i limiti delle tecniche di indagine tradizionali (indagini campionarie e conteggi di traffico) che hanno fino ad oggi fortemente condizionato e reso più difficile sia le attività di progettazione degli interventi all'interno dei piani in materia di mobilità urbana, sia le attività di valutazione del livello di attuazione degli interventi e conseguimento degli obiettivi dei piani stessi.

L'enorme mole di informazioni e dati geo-referenziati, che si prevede continueranno a crescere a ritmi esponenziali nei prossimi anni, deve

essere ovviamente opportunamente gestita ed elaborata al fine di valutare correttamente le condizioni reali del sistema mobilità. Va evidenziato che la raccolta dei dati costituisce solo un'informazione grezza e non la vera conoscenza del fenomeno che essi rappresentano e che il corretto utilizzo degli strumenti per memorizzare ed elaborare le informazioni saranno oggetto di sfida dei sistemi informatici nei prossimi anni.

Alcune possibili aree di intervento necessarie per la transizione verso nuovi modelli di monitoraggio basati sui Big Data della mobilità dei cittadini potrebbero essere le seguenti:

- Il sostegno alla diffusione degli "Open-Data" nel settore della mobilità urbana, vale a dire l'accesso aperto a dati e informazioni di carattere pubblico sul traffico, sulle infrastrutture e sui servizi di trasporto prodotti da Istituzioni, aziende e gestori di infrastrutture e servizi di trasporto; il modello "Open-Data" rappresenta un passaggio chiave per lo sviluppo di app e servizi utili ai cittadini e per la realizzazione e gestione permanente di sondaggi online sulle scelte di viaggio e sulla qualità dei servizi (survey).
- L'attivazione di contratti specifici con operatori e gestori per l'accesso ai dati geo-referenziati prove-

nienti dalla rete mobile, da flotte di veicoli sonda e dalle piattaforme di social network.

- Lo sviluppo di adeguate tecniche di tutela delle informazioni personali minacciate dalla vasta produzione di tracce digitali che gli utenti forniscono direttamente o lasciano inconsapevolmente su internet quando interagiscono con reti sociali.
- La realizzazione di *data warehouse* per l'integrazione dei dati sulla mobilità dei cittadini provenienti da fonti eterogenee e l'estrazione di informazioni di supporto al processo decisionale. La raccolta organizzata e la pubblicazione di dati e indicatori di prestazioni dei piani e delle politiche ha il vantaggio di aumentare il livello di trasparenza, credibilità e vicinanza degli organi istituzionali ai cittadini.
- Lo sviluppo di metodologie di analisi per l'estrazione dei pattern di mobilità dei cittadini e dello stato di funzionamento del trasporto. Rientrano in questo ambito anche l'aggiornamento degli strumenti modellistici di simulazione del sistema di trasporto urbano per la valutazione ex-ante degli impatti degli scenari di intervento (modelli di scelta modale e dei percorsi, modelli di assegnazione e calcolo dei flussi, calibrazione e validazione) e per la stima e previsione in linea dello stato del traffico.

#### BIBLIOGRAFIA

[1] G. Valenti, S. Mitrovich (2009), "Tecnologie ITS per i Sistemi di Trasporto" ENEA/TBo7/01/2009

[2] Liberto C., Ragona R., Valenti G. (2010), Traffic Prediction in Metropolitan Freeways. *Proceedings of the 7th Int. Conference on Traffic and Transportation Studies*

[3] G. Messina, G. Valenti, M. P. Valentini, "Nuove opportunità tecnologiche per la mobilità sostenibile", maggio-giugno 2012, *Energia Ambiente e Innovazione*, rivista edita da ENEA

[4] V. Morabito (2015), "Big Data and Analytics", Springer

[5] R. Sabbatini (2014), "Scatole Nere, l'Italia leader nel mondo", Dossier ANIA