

Direttore

Ferdinando Corriere

Università degli Studi di Palermo

Comitato scientifico

Gianfranco Rizzo

Università degli Studi di Palermo

Giovanni Leonardi

Università Mediterranea di Reggio Calabria

Dario Ticali

Università Kore di Enna

Marian Tracz

Università di Cracovia, Polonia

Comitato di redazione

Marco Guerrieri

Università Kore di Enna

Dario Di Vincenzo

Università degli Studi di Palermo

ARCHITETTURA E SOSTENIBILITÀ DELLE INFRASTRUTTURE VIARIE

Fino ad un recente passato i criteri di progettazione delle infrastrutture viarie erano pressoché avulsi od, al più, solo indirettamente influenzati da altre problematiche quali quelle ambientali, estetiche, manutentive, gestionali e quelle connesse all'utilizzo delle risorse territoriali.

Negli ultimi anni le cose sono radicalmente cambiate ed emerge sempre più forte l'esigenza di implementare in un unico processo tutti gli aspetti sopra elencati nelle diverse fasi della progettazione, della realizzazione e dell'esercizio delle infrastrutture in una visione sistemica ed unitaria con un approccio progettuale dinamico ed integrato tra saperi e discipline finalizzato alla risoluzione delle diverse criticità riscontrabili nelle diverse fasi sopra accennate. Questo è, ad esempio, l'ambizioso obiettivo che in ambito internazionale si pongono Organismi come quello americano del "Greenroads" che propone metodologie per classificare le proposte progettuali sulla base di prefissati obiettivi raggiunti o raggiungibili in diversi ambiti con particolare riguardo al ciclo di vita dei materiali e dei manufatti ed al loro impatto energetico, economico ed ambientale. In realtà l'infrastruttura viaria, quale componente essenziale del più complesso sistema territoriale, è anche elemento di estrinsecazione del sistema socio-culturale inteso come parte identitaria delle comunità insediate e quindi, come tale, è chiamata a realizzare un più arduo obiettivo relativo alla caratterizzazione architettonica delle opere costituenti il manufatto stradale.

L'orizzonte dei trasporti, inoltre, si è enormemente ampliato con i temi legati alla logistica, alla integrazione modale, alla sicurezza, alla qualità, all'efficienza monomodale ed intermodale dei singoli dispositivi e dell'intero sistema. In definitiva, a ben vedere, gli aspetti legati all'efficienza prestazionale dell'infrastruttura (quali il comfort, la qualità e la sicurezza) ed alle variabili economiche, energetiche, ambientali ed architettoniche sono elementi di una stessa problematica che richiede soluzioni unitarie.

Questa collana editoriale si pone l'obiettivo di raccogliere proposte ed esperienze innovative di studio e di analisi di possibili percorsi progettuali che abbiano l'ambizione di tragguardare congiuntamente più aspetti valutandone le interazioni, i limiti ma anche le possibilità di offrire soluzioni sinergicamente ottimali per più elementi del complesso sistema nel quale entra a far parte l'infrastruttura viaria generando inevitabilmente nuovi rapporti, nuovi equilibri, nuovi scenari e, perché no, nuove suggestioni.

Ferdinando Corriere

Nicola Drei, Rosario Corriere, Giuseppe Sciumè, Antonio Tufano

Proposta di un modello di analisi sistematica per l'ottimizzazione dei progetti di sviluppo

Applicazioni per la rete di mobilità o di un'azienda di trasporti

Prefazione di

Ferdinando Corriere





Aracne editrice

www.aracneeditrice.it
info@aracneeditrice.it

Copyright © MMXVIII
Gioacchino Onorati editore S.r.l. – unipersonale

www.gioacchinoonoratieditore.it
info@gioacchinoonoratieditore.it

via Vittorio Veneto, 20
00020 Canterano (RM)
(06) 45551463

ISBN 978-88-255-1407-0

*I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica,
di riproduzione e di adattamento anche parziale,
con qualsiasi mezzo, sono riservati per tutti i Paesi.*

*Non sono assolutamente consentite le fotocopie
senza il permesso scritto dell'Editore.*

I edizione: giugno 2018

INDICE

<i>PREFAZIONE</i>		9
<i>CAPITOLO I</i>	<i>Un modello di analisi delle variabili caratterizzanti un progetto infrastrutturale o la qualità dell'offerta di servizi di un'impresa di trasporti</i>	11
<i>CAPITOLO II</i>	<i>La rappresentazione geometrica del problema nello spazio di dimensione m</i>	15
<i>CAPITOLO III</i>	<i>L'analisi sistematica del progetto di investimento</i>	17
<i>CAPITOLO IV</i>	<i>Le tecniche di programmazione reticolari e il controllo esecutivo del progetto</i>	23
<i>BIBLIOGRAFIA</i>		35

PREFAZIONE

La collana di *architettura e sostenibilità delle infrastrutture viarie* si arricchisce di nuove memorie che proseguono ed ulteriormente sviluppano gli intenti di ricerca già delineati nelle precedenti pubblicazioni.

In particolare il modello di ottimizzazione per lo sviluppo della rete di mobilità o di un'azienda di trasporto (*Corriere R., Drei N., Sciumè G. e Tufano A.*), il modello per gli investimenti nei trasporti ferroviari e stradali (*Giranda R. e Lo Bosco D.*) e soprattutto quello sulla utilità globale di un intervento pubblico (*Lo Bosco S.*) sottolineano la inscindibile unitarietà che va perseguita nelle analisi degli aspetti tecnici, economici ed ambientali ai fini di una corretta pianificazione e gestione degli interventi.

Infatti gli obiettivi fondamentali che riguardano *l'efficienza, la sicurezza e la qualità ambientale* possono essere perseguiti solo in una visione unitaria delle dinamiche del sistema infrastrutturale nelle sue diverse fasi di progettazione, realizzazione ed esercizio.

I percorsi individuati definiscono, pertanto, un unico paradigma teorico che di fatto comprende tutte le attuali tematiche della ricerca sulle infrastrutture viarie che, orientata a perseguire il *Global Comfort* dell'utente, deve realizzare un sistema di offerta che declini in forma sinergica, anche nelle sue articolazioni più innovative, gli obiettivi sopra descritti in una logica di gestione unitaria pur nelle sue diverse fasi ed attribuzioni (*efficiency, safety and quality management*). Il tema dell'efficienza economica e della sostenibilità degli investimenti sul sistema dei trasporti riveste oggi particolare interesse e, proprio su tale argomento, la ricerca nel settore delle infrastrutture a rete e dei sistemi di mobilità e trasporto, approfondendo anche gli aspetti economici e finanziari degli investimenti, contribuisce a minimizzare la spesa complessiva a carico della finanza pubblica e ad ottimizzare i risultati di politica economica.

In qualità di direttore scientifico della collana, nell'esprimere compiacimento e soddisfazione per queste nuove ricerche sviluppate, auspico la prosecuzione degli approfondimenti teorici su tale complessa tematica al fine di rendere sempre più concreta ed evidente ai progettisti l'azione relativa alle scelte strategiche loro riservate per il continuo miglioramento delle *performance* dei sistemi infrastrutturali.

Ferdinando Corriere

CAPITOLO 1

UN MODELLO DI ANALISI DELLE VARIABILI CARATTERIZZANTI UN PROGETTO INFRASTRUTTURALE O LA QUALITÀ DELL'OFFERTA DI SERVIZI DI UN'IMPRESA DI TRASPORTI

La fase di pianificazione degli interventi infrastrutturali nel territorio e delle politiche di efficientamento industriale e dei programmi di esercizio delle Imprese di mobilità e trasporto, per tutte le azioni e gli interventi complessi, ha oggi più che mai un'importanza fondamentale per ottimizzare i risultati globali di ottimizzazione dell'*offerta* e per accelerare i processi di sviluppo socio-economico delle macroaree di pertinenza, contribuendo anche a migliorare la qualità e la sicurezza dei servizi resi all'utenza interessata.

Il controllo di esecuzione dei processi produttivi, sia che si tratti di investimenti per il potenziamento e la riqualificazione della flotta di un'azienda ovvero di interventi sul sistema di mobilità e dei trasporti (costruzione di nodi o reti stradali ferroviarie, centri intermodali, etc.), o, ancora della realizzazione di componenti industriali ad altissima complessità tecnologica, rappresenta oggi più che mai uno strumento strategico ed indispensabile per garantire il rispetto puntuale dei tempi e del budget relativo e, quindi, volto ad assicurare la migliore salvaguardia dell'interesse generale e per migliorare i profili di efficacia dell'allocazione della risorse e quelli pubblici di trasparenza e di anticorruzione.

Scopo principale di un'adeguata pianificazione, con l'ausilio di metodologie appropriate e di apposite tecniche di programmazione per la migliore gestione operativa dell'intervento in studio, è infatti l'ottimizzazione globale dei processi realizzativi ed ingegneristici necessari per il raggiungimento degli obiettivi già prefissati ad un primo livello di politica economica (sia pubblica che industriale); ciò, anche in tema di prevenzione, verifica e controllo dell'evoluzione dell'intervento, con un costante monitoraggio dello stesso, utile pure ad accertare tecnicamente ed in modo oggettivo la reale necessità o meno di *varianti in corso d'opera*; ciò, per garantire il puntuale rispetto dei limiti di spesa e del *cronoprogramma* relativo e, quindi, sia la massima efficienza economica che i profili di legalità nell'esecuzione dell'iter dell'appalto (fin dal suo concepimento).

Pertanto, nella moderna analisi degli investimenti sia di un'azienda di trasporti che nelle realizzazione di opere complesse a rete, come, ad esempio, per i sistemi su rotaia o su gomma, ovvero intermodali, al fine di riuscire ad ottimizzare in concreto gli *standard globali* dei progetti o dei piani di investimento, per lo scenario temporale relativo all'intera durata della vita utile, occorre analizzare una serie di variabili atte a descrivere compiutamente le differenti fasi di avvio delle attività, della costruzione e della gestione operativa, con le correlate refluenze di contesto che l'azione progettuale comporta anche nell'*indotto* (Cfr. figure 1 e 2 nel caso infrastrutturale e figure 3 e 4 per un investimento sulla flotta di un'impresa o tecnologico).

In particolare, ai fini dell'ottimizzazione dei progetti di investimento occorre sempre analizzare i *benefici/costi* materiali ed immateriali generati per nell'*area vasta* di interesse (ambiente, struttura socio-economica, mercato, etc.), con l'inevitabile conseguenza della necessità di procedere all'analisi di *classi di variabili*, caratterizzate da differente origine e natura.

Sotto il profilo metodologico, qualunque sia il caso dell'investimento preso in esame dall'*équipe multidisciplinare* di studio (direzione societaria *dedicata*, economisti, tecnici, ambientalisti, etc.), a ciascuna alternativa *compatibile* (per i diversi vincoli da considerare : tecnici, economici, finanziari, ecosistemici, etc.) analizzata potrà essere associato un apposito *indicatore di utilità* U_g che esprima, per l'intero *sistema di variabili* considerato l'*utilità globale relativa* per la *i-esima* opzione in esame.



Fig.1 Fattori di rischio per il comfort e la sicurezza d'esercizio nel caso ferroviario.

Uomo	Ambiente	Sistema veicolo - infrastruttura
<i>Conducente</i>	<i>Condizioni atmosferiche avverse</i>	<i>Carenze attribuibili ad opere tecnologiche e ad apparati di linea e di stazione</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Problemi psico-fisici e/o errate valutazioni nella marcia; - inosservanza dei segnali, di limitazioni o prescrizioni, etc.; - 	<ul style="list-style-type: none"> - Neve, gelo, turbolenze, nebbia, etc.; - escursioni termiche eccessive; - 	<ul style="list-style-type: none"> - Anomalie tecnologiche degli impianti fissi; - inadeguatezza del materiale rotabile rispetto alle condizioni tipologiche della linea; -
<i>Personale addetto e operatori</i>	<i>eventi calamitosi ed altri imprevisti</i>	<i>Dissesti ed ammaloramenti del corpo stradale</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Deficit manutentivi; - carenza nelle procedure di esercizio ed operazioni connesse (inosservanza di norme, regolamenti, etc.); - 	<ul style="list-style-type: none"> - Movimenti tellurici, smottamenti di terreno, frane, caduta massi, etc.; - presenza di ostacoli sulla linea, anche a seguito di raffiche di vento o di trambe d'aria, etc.; - 	<ul style="list-style-type: none"> - Problemi connessi alle tipologie costruttive dei manufatti, etc.; - carenza di appositi protocolli manutentivi, etc.; -
<i>Passeggeri</i>	<i>Incendi nel territorio interessato ed altre cause esterne</i>	<i>Problemi di funzionamento degli equipaggiamenti fissi e mobili</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Conseguenze derivanti da imprudenze, sabotaggi, etc.; - trasporto di sostanze pericolose; - 	<ul style="list-style-type: none"> - Vulnerabilità specifiche del territorio, etc.; - pedologia e gestione agronomica dei suoli, etc.; - 	<ul style="list-style-type: none"> - Deficit del materiale rotabile; - affidabilità dei componenti del sistema di equipaggiamento e segnalamento per i distanziatori di linea, etc.; -



Fig.2 Fattori di rischio per il comfort e la sicurezza d'esercizio per un'infrastruttura stradale.

Uomo	Ambiente	Sistema veicolo - infrastruttura
<i>Conducente</i>	<i>Condizioni atmosferiche avverse</i>	<i>Deficit dell'infrastruttura</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Comportamenti a rischio, eccessiva velocità di guida, etc.; - ridotte capacità psico-fisiche per stress, assunzione di alcolici, etc.; - 	<ul style="list-style-type: none"> - Presenza di pioggia, di neve, di gelo, di ghiaccio, ovvero di turbolenze, nebbia, etc.; - escursioni termiche eccessive; - 	<ul style="list-style-type: none"> - Caratteristiche funzionali inadeguate alle prestazioni richieste (aderenza, visibilità, tortuosità, pendenze); - funzionalità ed efficienza in esercizio della pavimentazione (portanza, regolarità e rugosità); -
<i>Enti gestori preposti ed operatori</i>	<i>Eventi calamitosi ed altri imprevisti</i>	<i>Problemi di efficienza del veicolo</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Mancata o carente definizione di regolamenti per l'esercizio e/o di controllo della circolazione; - carenza nelle politiche di controllo della domanda e nel protocollo di informazione per l'utenza; - 	<ul style="list-style-type: none"> - Dissesti idrogeologici del territorio, smottamenti di terreno, frane, caduta massi, etc.; - movimenti tellurici; - 	<ul style="list-style-type: none"> - Condizioni e qualità dei pneumatici; - funzionalità ed efficacia dell'impianto frenante; -
<i>Passeggeri</i>	<i>Incendi ed altre cause esterne</i>	<i>Carenze attribuibili alla segnaletica</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Imprudenze durante la marcia - distrazioni del conducente, etc.; - 	<ul style="list-style-type: none"> - Elementi di rischio di incendio, specifica vulnerabilità del territorio; - pedologia, gestione agronomica dei suoli e intrusioni di fauna selvatica; - 	<ul style="list-style-type: none"> - Leggibilità della segnaletica; - carenza nella gestione e nel controllo dell'efficienza e problemi di manutenzione della segnaletica; -



Fig. 3 – Fase di costruzione di un treno AV/AC.

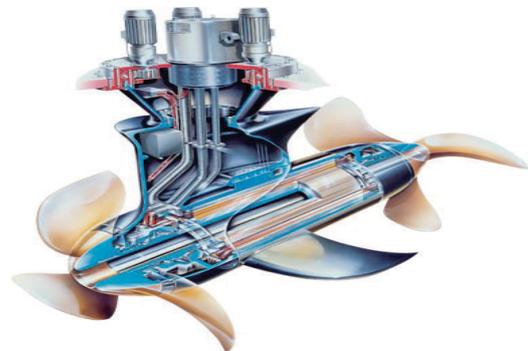


Fig. 4 – Schema di propulsione a capsule orientabili per una nave.

Tale indicatore può essere opportunamente costruito sulla base dei *flussi di utilità attualizzati*⁽¹⁾ associati alla specifica alternativa progettuale, rapportati all'*ipotesi neutra*, cioè al "*non intervento*".

Per l'analisi sistemica del problema, si può metodologicamente fare opportuno ricorso ad una delle applicazioni più importanti della statistica matematica nel settore della programmazione e pianificazione degli interventi pubblici e d'impresa, la quale consiste nella caratterizzazione della *significatività* dei molteplici indicatori utilizzati nei *processi allocativi* delle risorse (*scarse*) per la descrizione degli *effetti diretti, indiretti ed associati* generati sul territorio e nel contesto produttivo.

Infatti, per ottimizzare le dinamiche di spesa, il decisore pubblico ed il management devono analizzare i diversi *profili di utilità* (incremento dell'occupazione, maggiore competitività ed efficienza dell'area, incisività nel mercato, ritorno economico, etc.) e di *disutilità* (impatti sull'ambiente, oneri finanziari, etc.) che l'azione esaminata globalmente comporta; in particolare, poi, nel caso di un'impresa occorre previamente valutare anche le variazioni di percezione di affidabilità e qualità del "prodotto" da parte delle clientela, la redditività dell'investimento, etc.

Occorre, allora, effettuare un opportuno confronto fra diverse soluzioni progettuali alternative per individuare quella che massimizza lo scenario di interesse ed operativamente procedere alla *standardizzazione* degli indicatori utilizzati nella valutazione comparativa, rendendoli rappresentabili in un'omogenea unità (*standard*) di misura, proprio per effettuare i relativi confronti fra tali ipotesi.

A tal fine, è possibile considerare la matrice $R \equiv \parallel r_{ij} \parallel$ dei dati acquisiti con l'analisi sistemica intrapresa e trasformare le *variabili originarie* r_{ij} in opportune *variabili standardizzate* x_{ij} , una volta calcolati la media aritmetica \bar{r}_j e lo scarto quadratico medio s_j :

$$x_{ij} = (r_{ij} - \bar{r}_j) / (\sigma_j / \sqrt{n}),$$

dando luogo ad una nuova matrice $X \equiv \parallel x_{ij} \parallel$, avente lo stesso numero n di righe e m di colonne della precedente $R^{(*)}$.

Calcolata la trasposta tX di X (ottenuta, come è noto, cambiando le righe e le colonne fra di loro) è possibile effettuare il prodotto

$$C = {}^tX \cdot X^{(**)}$$

pervenendo ad una nuova matrice simmetrica, definita, positiva, di ordine $m \times m$ (nell'ipotesi che risulti il numero m di colonne risulti minore del numero n delle righe), avente nella *diagonale principale* elementi c_{ii} unitari (*devianze*) e formata da elementi c_{ij} , con $i \neq j$, pari alle *codevianze* e, dunque, esprimenti il *grado di correlazione* fra le coppie di variabili osservate, con

⁽¹⁾ In particolare, nel caso di effetti indotti su talune risorse ecosistemiche non risulta possibile fare riferimento all'usuale indicatore di scarsità e di utilità rappresentato dal prezzo di mercato; inoltre, nel caso di impatti (positivi o negativi) permanenti non è neanche applicabile il criterio classico dell'attualizzazione, basato sul ricorso alla nota formula dell'interesse composto. In tali circostanze, sarà pertanto necessario ricorrere ad appositi criteri "suppletivi del mercato", fondati sulle diverse teorie per il calcolo delle "esternalità" [18].

^(*) Tale algoritmo si fonda sul TEOREMA DEL LIMITE CENTRALE, secondo cui, le medie dei campioni estratti casualmente da una popolazione comunque distribuita, purchè i campioni siano sufficientemente grandi ($n \geq 10$) e la distribuzione abbia media \bar{r}_j e varianza σ_j^2 finite, si distribuiscono *normalmente*, con varianza σ_j^2/n , ove n è la dimensione del campione.

^(**) Il prodotto fra le due matrici tX e X è sempre possibile, in quanto l'ordine delle colonne della prima risulta, proprio per costruzione della trasposta, pari a quello delle righe della seconda.