

Analisi multicriteria per la classificazione di possibili interventi di potenziamento logistico dell'Area vasta pometina secondo le dimensioni ACIT

Fedele Iannone¹

¹ *Istituto di Ricerche sulle Attività Terziarie (IRAT), Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Via M. Schipa, 115 – 80122 Napoli. E-mail: f.iannone@irat.cnr.it*

Abstract

L'articolo affronta tematiche riguardanti il ruolo della logistica e dei trasporti nei processi di pianificazione territoriale, con riferimento all'Area vasta pometina, un'aggregazione di 18 Comuni localizzati nel Lazio meridionale.

In particolare, si è provveduto alla formulazione di alcuni esempi applicativi di analisi multicriteria per la definizione di una gerarchia di possibili leve per il potenziamento logistico del territorio indagato, secondo le dimensioni di indagine riguardanti l'*Autoregolazione*, la *Compensazione*, l'*Invarianza* e la *Trasversalità (ACIT)*, identificate a livello teorico dalla recente letteratura di Logistica economica.

Keywords: *Logistica economica, ACIT, area vasta, pianificazione strategica, analisi multicriteria*

Introduzione

Intesa in senso ampio, la logistica è un macro-sistema di nodi, assi e funzioni che interagiscono l'uno con l'altro secondo schemi di rete e in maniera integrata e razionale. Il risultato di tali interazioni sono i flussi (di persone, merci, informazioni, ecc.). La logistica è quindi la scienza dei flussi, che possono essere ottimizzati secondo criteri di efficienza e di efficacia a livello privato e sociale. Attualmente, essa rappresenta per il sistema delle imprese e degli enti pubblici un ambito d'importanza strategica in cui studiare e sperimentare innovazioni infrastrutturali, organizzative, tecnologiche, relazionali e di marketing tese a produrre efficienza e miglioramenti nella qualità degli output realizzati.

Lo sviluppo logistico di un territorio può essere considerato come un processo di promozione e realizzazione di investimenti pubblici e privati in infrastrutture e servizi logistici e trasportistici, di rete e terminali, in una specifica area (continente, nazione, regione, provincia, area vasta, ecc.). Per il segmento della logistica merci in particolare, tale processo ha come obiettivo ultimo quello di contribuire alla razionalizzazione in termini di equilibrio modale sostenibile dei flussi di trasporto e all'incremento di valore monetario dei flussi merceologici che interessano il territorio in quanto da esso generati o attratti, ma anche intermediati o subiti come puro attraversamento.

Le leve fondamentali dello sviluppo logistico di un'area possono essere diverse. Nell'ambito di questo lavoro sono state individuate e confrontate alcune delle leve ipotizzabili in via preliminare

e in termini generali per il potenziamento del sistema della logistica merci nell'Area vasta pometina, un'aggregazione di 18 Comuni del Lazio meridionale ad elevato potenziale di crescita dell'industria logistica, specie in funzione della domanda di servizi, nonché di decentramento di attività industriali e terziarie proveniente dall'area metropolitana di Roma. Le leve individuate sono le seguenti:

- promozione di interventi sulla rete stradale;
- promozione di interventi sulla rete ferroviaria;
- promozione di un polo logistico interportuale;
- promozione di un sistema di logistica di ritorno (*reverse logistics*) finalizzata al recupero e al riciclaggio di particolari prodotti dismessi (carta, vetro, lattine, elettrodomestici, ecc.) da raccogliere presso i punti vendita della grande distribuzione organizzata (GDO) e da conferire a centri di stoccaggio e trattamento opportunamente attrezzati.

In particolare, si è provveduto alla formulazione di alcuni esempi di schemi di analisi multicriteria per la definizione di una gerarchia di tali possibili leve secondo le dimensioni di indagine prese in considerazione a livello teorico da alcuni recenti contributi della letteratura di Logistica economica. Si ritiene, infatti, che le metodologie multidimensionali possano costituire un utile strumento di supporto alle decisioni nell'ambito del processo di pianificazione strategica dell'Area vasta pometina attualmente in corso e che non potrà fare a meno di considerare gli investimenti nel settore dei trasporti e della logistica come fattore fondamentale per il rilancio economico e la crescita sostenibile del territorio, nonché per l'indispensabile integrazione tra infrastrutture, aree ed attività produttive diverse, in un contesto di crescente globalizzazione e competitività dei mercati.

Nelle sezioni seguenti, dopo aver presentato i principali strumenti e le dimensioni di analisi della Logistica economica, con particolare riferimento alle dimensioni di *Autoregolazione*, *Compensazione*, *Invarianza* e *Trasversalità (ACIT)*, viene evidenziato il ruolo che la logistica e il trasporto merci potranno avere nei processi di sviluppo strategico dell'Area vasta pometina, proponendo infine alcuni esempi applicativi di analisi multicriteria per il confronto e la classificazione, secondo le dimensioni *ACIT*, delle possibili leve strategiche individuate per l'ulteriore crescita e modernizzazione in senso logistico dell'area indagata.

Logistica economica: strumenti e dimensioni di analisi

La Logistica economica è un ambito di ricerca interdisciplinare applicata sviluppatosi originariamente nella seconda metà del XX secolo negli Stati Uniti (Charnes e Cooper, 1961; Thompson e Thore, 1992; Thore, 1991, 1995) e attualmente in fase di ulteriore ampliamento del proprio ambito d'indagine e di consolidamento (Boscacci, 2003a, 2003b; 2009; Forte, 2003, 2005, 2006; Forte ed altri 2006, 2009; Iannone, 2004, 2005, 2008; Iannone ed altri, 2009; Maggi, 1998, 2007; Thore, 2009; Thore e Iannone, 2005, 2009).

Tale disciplina si occupa dell'analisi di fenomeni legati ai trasporti e alla logistica, considerati come un insieme complesso di agenti, processi, equazioni e disequazioni riguardanti il sistema economico nelle sue diverse caratterizzazioni, il sistema delle reti (materiali ed immateriali), l'ottimizzazione degli spazi e quindi anche del territorio, attribuendo ai fattori di qualità, efficienza, coordinamento ed integrazione dei vari sistemi di trasporto e produttivi un ruolo strategico per la formazione del valore e per le politiche di sviluppo.

La Logistica economica include, quindi, la valutazione, pianificazione, organizzazione e promozione di infrastrutture e servizi logistici e di trasporto pubblici e privati, l'ottimizzazione spaziale dei flussi, la valutazione e regolamentazione dei mercati logistici ed alcuni aspetti della pianificazione e delle politiche di sviluppo del territorio e delle attività produttive. Gli strumenti di analisi utilizzabili sono quelli dell'analisi economica, geografica, computazionale e simulativa, includendo, ad esempio, i modelli di analisi economica di piano e di progetto, i modelli

econometrici, i modelli di programmazione matematica e di analisi multicriteria, nonché i sistemi informativi geografici per i trasporti (*GIS-T*).

Thore (1991) ha definito la Logistica economica come un nuovo campo delle Scienze economiche avente ad oggetto l'analisi dell'allocazione ottima delle risorse nell'ambito dei sistemi di produzione e distribuzione delle merci. L'interesse principale di indagine non è soltanto il flusso logistico di filiera che si estende dall'iniziale impiego di beni e servizi primari fino alla vendita e al consumo finale di prodotti finiti, bensì anche la formazione e l'equilibrio dei mercati e dei prezzi lungo la stessa filiera. Considerando che un qualunque sistema di offerta può essere visto come un sistema logistico che converte risorse in prodotti per distribuirli ai consumatori in diversi territori e a prezzi differenti, il problema economico da risolvere è determinare l'uso delle risorse, il prezzo delle risorse, il flusso delle merci dal produttore al consumatore e il prezzo dei prodotti nelle diverse regioni.

Secondo Thore (1991), le tre dimensioni di un sistema logistico sono:

- la dimensione spaziale (trasporti e localizzazione);
- la dimensione verticale (insieme delle attività e dei processi che riguardano le unità organizzative che intervengono nella produzione e distribuzione di un bene/servizio);
- la dimensione temporale (distribuzione temporale dei flussi di beni e conseguenti variazioni dei livelli di scorte).

Per risolvere empiricamente i diversi problemi riguardanti ciascuna di queste dimensioni, lo studioso dell'Università del Texas utilizza tre metodologie di analisi economico-matematica applicata. La prima è la Programmazione matematica su reti, la seconda è l'Analisi delle attività, mentre la terza è la Programmazione matematica multiobiettivo o gerarchica. Tali tecniche hanno come presupposto quello di rappresentare un fenomeno economico con una funzione che abbia caratteristiche di continuità, derivabilità, convessità o concavità, ecc.

Forte (2003, 2005, 2006) e Forte ed altri (2006) hanno invece definito la Logistica economica come nuova frontiera dell'Economia dei trasporti, che può così ulteriormente aprirsi al contributo di altre discipline economiche, territoriali e tecniche, per una migliore interpretazione della realtà e per la soluzione di nuovi problemi logistici e di trasporto, ma più in generale economici e produttivi, derivanti dall'evoluzione delle tecnologie, della società e dei mercati, ed in particolare dalle dinamiche legate alla globalizzazione, all'integrazione e all'evoluzione sostenibile dei sistemi economici e logistici industriali e territoriali. Tali studiosi hanno individuato a livello teorico ulteriori dimensioni di indagine della Logistica economica, nell'ambito di un possibile schema analitico di tipo multicriteriale definito "ACIT", ovvero:

- *Autoregolazione*
- *Compensazione*
- *Invarianza*
- *Trasversalità*

La dimensione di analisi dell'*Autoregolazione* serve sostanzialmente ad individuare meccanismi di regolazione (ad esempio la patente a punti o le imposte "pigouviane") che consentano di avvicinare i mercati logistici e produttivi a più accettabili equilibri di *second best*, determinando scelte comportamentali volte ad una maggiore razionalizzazione delle attività e riducendo, in particolare, le diseconomie esterne tipiche del funzionamento dei sistemi logistici (ad esempio l'inquinamento, la congestione e l'incidentalità determinati dalle attività di trasporto).

La dimensione della *Compensazione* riguarda invece l'individuazione delle possibilità di bilanciamento tra processi di produzione, logistica, trasporto e consumo in funzione dell'ottima utilizzazione di risorse, riducendo al minimo gli sprechi di beni, servizi, risorse naturali ed energetiche, e così via. Alcuni esempi possono riguardare la possibilità di creare valore dai residui fisici (ad esempio tramite la *reverse logistics* o logistica di ritorno) e da capacità produttive inutilizzate (ad esempio i ritorni a vuoto nel settore dei servizi di trasporto), oppure la possibilità di abbinare un ciclo di produzione ad una fase di trasporto (come ad esempio avviene, in alcuni casi, nell'industria della pesca).

Inoltre, la dimensione dell'*Invarianza* può essere studiata allo scopo di misurare l'attrattività localizzativa di un territorio e quindi il differenziale di costo tra diverse soluzioni di posizionamento dei fattori di produzione che può scaturire da un processo più o meno intenso di incremento di attività logistiche finalizzate ad una divisione ottimale del lavoro tra diverse unità organizzative e ad aumentare la competitività degli output realizzati. La convenienza relativa alla localizzazione produttiva in una determinata area geografica può essere valutata confrontando il tasso logistico (inteso come quota dei costi logistici sul fatturato o anche sul totale dei costi industriali) relativo a diverse ipotesi localizzative e quindi considerando le possibilità di sostituzione tra attività produttive, ad esempio tra servizi di trasporto e servizi di magazzinaggio, da svolgere in conto proprio e/o da terziarizzare. Le possibilità di sostituzione tra fattori produttivi sono peraltro confermate dalle tendenze attuali legate al *just in time*, alla "banalizzazione" dei prezzi del trasporto marittimo e di quello aereo, nonché a fenomeni come la *supply chain terminalization*, quest'ultimo di recente identificazione nell'attuale letteratura di Economia marittima e della logistica di matrice nordamericana e nordeuropea (Rodrigue e Notteboom, 2009). Nella letteratura di Economia regionale, invece, i primi modelli di analisi della localizzazione industriale basati sul costo logistico sono contenuti nei lavori di McCann (1993, 1996, 1998, 2000).

La dimensione della *Trasversalità*, infine, riguarda l'individuazione di itinerari di trasporto intermodale che concorrano a determinare nuovi equilibri dei flussi sulle reti logistiche, nonché a favorire lo sviluppo di attività di *quasi-manufacturing*, ovvero di lavorazione a valore aggiunto dei carichi unitizzati, in un'ottica più ampia di servizi logistici di completamento del ciclo manifatturiero e distributivo globale e locale di specifiche filiere di prodotti.

Queste ulteriori quattro dimensioni d'indagine della Logistica economica (*Autoregolazione, Compensazione, Invarianza e Trasversalità*, in sintesi: *ACIT*) possono essere considerate simultaneamente o alternativamente nelle diverse applicazioni di settore e spazio-territoriali, rappresentando un utile supporto alle decisioni di pianificazione, promozione e governo di nodi logistici, assi di trasporto e sistemi produttivi.

Il ruolo della logistica e del trasporto merci nei processi di sviluppo strategico dell'Area vasta pometina

L'Area vasta pometina include i seguenti 18 comuni del Lazio meridionale: Pomezia (territorio capofila), Albano Laziale, Anzio, Aprilia, Ardea, Ariccia, Castel Gandolfo, Ciampino, Frascati, Genzano, Grottaferrata, Lanuvio, Lariano, Marino, Nemi, Nettuno, Rocca di Papa, Velletri (fig. 1). Da un punto di vista geografico, il territorio in oggetto occupa una posizione di cerniera tra il Comune di Roma e la Provincia di Latina, nell'ambito di uno dei maggiori corridoi nazionali di connessione con l'Italia meridionale.

Sulla base delle informazioni fornite nel 2008 dal Comune di Pomezia – Terzo Settore, è emerso che il processo di pianificazione strategica dell'Area vasta, avviato di recente e attualmente in corso, mira alla promozione e realizzazione di valide politiche di investimento e qualificazione/riqualificazione, nonché a favorire l'allargamento dei confini di influenza dei singoli comuni del territorio mediante alleanze in grado di accrescerne il ruolo a livello metropolitano romano, provinciale e regionale. In particolare, i temi fondamentali sui cui dovrebbero essere sviluppate una serie di progettazioni e richieste di risorse finanziarie riguardano la ricerca, la formazione, l'innovazione, la logistica e i trasporti, il recupero delle aree urbane e delle aree rurali, l'ambiente e il turismo, con l'obiettivo di promuovere crescita economica e aumento dell'occupazione.

A livello infrastrutturale viario, il territorio è servito dalla strada statale Appia e da altri assi di competenza regionale (la Pontina, l'ex SS7 dir/a Via Appia, la Nettunense) e provinciale (la Severiana, la Laurentina, l'Ardeatina, l'Anagnina e un sistema trasversale di collegamento che connette le zone abitate dei Castelli Romani con quelle localizzate sulla costa e con gli altri assi regionali). Il quadro generale della viabilità risulta attualmente ancora contrassegnato da diverse

criticità, specie per quanto riguarda la messa in sicurezza delle grandi arterie stradali di collegamento e di adduzione, a partire dalla Pontina.



Figura 1: Area vasta pometina

A livello ferroviario, invece, il territorio pometino è attraversato in direzione longitudinale dalla direttrice tirrenica Roma-Napoli via Formia, che rappresenta uno dei principali assi della rete ferroviaria del Sistema Nazionale Integrato dei Trasporti (SNIT). In aggiunta a tale asse, esiste poi anche una rete ferroviaria complementare su cui sono offerti esclusivamente servizi di trasporto regionali.

L'Area vasta è inoltre dotata di un importante terminal ferroviario per il traffico merci. Tale infrastruttura nodale, gestita da una società del Gruppo Ferrovie dello Stato (FS), è localizzata a Pomezia-Santa Palomba ed è in prevalenza dedicata alla movimentazione di casse mobili e container per il mercato nazionale ed internazionale. Per quanto riguarda il segmento container in particolare, nuove prospettive di sviluppo si sono di recente evidenziate con riferimento alla logistica di supporto ai flussi di traffico tra Santa Palomba ed i principali porti e sistemi logistici territoriali del Mezzogiorno, dalla Campania, alla Puglia, alla Calabria.

Anche per quanto riguarda il quadro complessivo del sistema ferroviario, sul territorio pometino si rilevano comunque ancora numerose carenze. Nonostante l'importanza strategica del nodo merci di Santa Palomba e del sistema ferroviario più in generale per la competitività logistica e produttiva dell'Area vasta, si registrano notevoli ritardi nell'attuazione del programma di interventi strategici sulla rete ferroviaria comprensoriale e di quelli necessari per rimuovere alcune

criticità strutturali ed operative del terminal merci e promuovere lo sviluppo di un vero e proprio polo logistico avanzato di tipo interportuale. Tra l'altro, nessun centro merci ferroviario del Lazio risulta ancora inserito nella rete nazionale degli interporti.

Come evidenziato da Carminucci e Chindemi (2007), le carenze del sistema dei trasporti dell'area di studio, unite ad un significativo carico delle attività antropiche sul territorio, continuano a determinare una forte pressione sugli enti locali, spingendo alla programmazione di una lista di numerosi interventi infrastrutturali. Pur riguardando i diversi livelli gerarchici di rete del sistema dei trasporti, tali progetti mirano però soprattutto all'ampliamento di capacità della rete stradale, piuttosto che all'individuazione e promozione di nuovi modelli di razionalizzazione dell'intero sistema trasportistico che siano in linea con l'obiettivo di riequilibrio modale richiamato da tutti i documenti di programmazione e di indirizzo delle politiche dei trasporti ai vari livelli di competenza in Italia e in Europa. Gli interventi relativi al potenziamento del sistema ferroviario dell'Area vasta pomatina sono quindi ancora pochi e non hanno nemmeno un'indicazione chiara di risorse finanziarie e tempi di attuazione.

A livello più strettamente produttivo, invece, il territorio pometino rappresenta ancora uno dei maggiori poli manifatturieri italiani, sebbene nel corso degli anni '90 del secolo scorso sia stato interessato da un pesante ridimensionamento delle attività, specie per quanto riguarda la filiera elettrico/elettronico/informatica, che rappresenta una delle specializzazioni tradizionali dell'area.

Importanti aspettative per la valorizzazione delle varie produzioni ed il rilancio economico ed occupazionale del territorio sono attualmente legate alla crescita del terziario avanzato e dell'industria logistica e intermodale in particolare, peraltro anche a supporto delle attività della grande distribuzione organizzata (GDO) particolarmente sviluppatasi negli ultimi anni, nonché soprattutto in funzione della domanda di servizi e di decentramento di attività industriali e terziarie proveniente dall'area metropolitana di Roma.

Il territorio pometino rappresenta attualmente la porzione del Lazio a più elevata concentrazione di attività di movimentazione merci (ISFORT, 2006). Diverse attività logistiche ed intermodali avanzate risultano quindi già presidiate da diverse imprese, che sono sicuramente interessate ad ampliare ulteriormente i propri mercati, purché un sistema razionale e funzionale di infrastrutture di rete e terminali metta in grado l'intero sistema produttivo locale di cogliere le opportunità derivanti dall'ampio bacino di domanda del territorio metropolitano romano, nonché dalla posizione baricentrica per i grandi flussi di comunicazione nazionali ed internazionali.

In definitiva, alcune delle leve che in via preliminare e in termini generali possono essere ipotizzate per il potenziamento della logistica merci nell'Area vasta pomatina sono le seguenti:

- promozione di interventi sulla rete stradale;
- promozione di interventi sulla rete ferroviaria;
- promozione di un polo logistico interportuale;
- promozione di un sistema di logistica di ritorno (*reverse logistics*) finalizzata al recupero e al riciclaggio di particolari prodotti dismessi (carta, vetro, lattine, elettrodomestici, ecc.) da raccogliere presso i punti vendita della GDO e da conferire a centri di stoccaggio e trattamento opportunamente attrezzati.

Nelle sezioni seguenti sono riportati alcuni esempi applicativi di analisi multicriteria per il confronto e la definizione di una graduatoria di tali possibili leve secondo le dimensioni *ACIT* prese in considerazione a livello teorico dalla recente letteratura di Logistica economica. L'utilizzo di metodologie multidimensionali potrà costituire un utile strumento operativo di supporto nell'ambito del processo di pianificazione strategica dell'Area vasta pomatina, al fine di individuare razionali strategie di promozione e realizzazione di investimenti, con la consapevolezza che infrastrutture, trasporti e logistica avranno un ruolo decisivo per il rilancio, la crescita economica sostenibile e l'internazionalizzazione attiva e passiva del territorio indagato.

Caratteristiche generali dell'analisi multicriteria

L'analisi multicriteria o multidimensionale è una metodologia di analisi comparata a criteri multipli che può contribuire all'efficienza ed efficacia di un processo decisionale (Fusco Girard e Nijkamp, 1997). Permette infatti:

- la sintesi delle opinioni espresse da diversi soggetti;
- la soluzione di situazioni di conflitto dovute alla scarsità di risorse;
- la determinazione di una scala di priorità;
- la formulazione di raccomandazioni e suggerimenti operativi.

Si tratta di un metodo quali-quantitativo per esaminare la validità di diverse alternative in termini di piani, programmi, progetti e processi di investimento caratterizzati da un rilevante impatto economico, sociale ed ambientale nel contesto in cui vengono realizzati.

A differenza dell'analisi costi-benefici, tecnica di valutazione monodimensionale che esprime il giudizio di convenienza in funzione del solo criterio monetario, l'analisi multicriteria cerca di simulare, guidare e razionalizzare il processo di scelta del *policy maker* attraverso l'ottimizzazione di un vettore di più criteri, pesati secondo le priorità da questo dichiarate. In questo modo è possibile far rientrare in un unico procedimento valutativo sia criteri di carattere economico, e quindi monetizzabili, sia criteri extra-economici (ad esempio ambientali ed estetici) misurabili solo in termini fisici o qualitativi, ovvero non monetizzabili e che richiedono quindi una pluralità di indicatori, sia dimensionali (cardinali) che adimensionali (ordinali o nominali), comunque incommensurabili (Pompili, 2006).

L'analisi multicriteria può essere utilizzata alternativamente o in maniera complementare all'analisi costi-benefici; può inoltre essere utilizzata sia *ex-ante* che dopo l'eventuale attuazione degli interventi. La nozione di valutazione, in tale ambito, può essere definita come un'attività che si sviluppa in due fasi successive, seppur complementari: in una prima fase devono essere ricercate quelle alternative che hanno una rilevanza oggettiva, per poi successivamente provvedere ad una classifica o ordinamento delle diverse alternative.

Sostanzialmente, la particolarità dell'analisi multicriteria consiste nella formulazione di un giudizio di convenienza di un intervento in funzione di più criteri di riferimento, esaminati in maniera autonoma o interattiva. Un criterio è uno standard di giudizio o una regola per testare la desiderabilità delle alternative decisionali. Il termine "criterio" include però sia il concetto di obiettivo che quello di attributo. Più specificamente, un obiettivo è una dichiarazione riguardo alla condizione che vorrebbe essere raggiunta dal sistema considerato. Ad un obiettivo possono essere poi assegnati uno o più attributi che rendono il criterio misurabile qualitativamente e/o quantitativamente.

Si immagini, ad esempio, un problema di scelta tra leve di sviluppo logistico (interventi infrastrutturali e/o misure di regolamentazione) in una determinata area (ad esempio l'Area vasta pometina) o per aree differenti (ad esempio tra il Sud Italia e il Centro Italia) secondo le dimensioni di analisi, criteri o obiettivi riguardanti l'*Autoregolazione*, la *Compensazione*, l'*Invarianza* e la *Trasversalità (ACIT)*. Problemi decisionali di questo tipo hanno sicuramente caratteristiche di multidimensionalità ed eventualmente anche di spazialità, in quanto potrebbero appunto anche essere caratterizzati da alternative geograficamente definite, in modo che il risultato dell'analisi (la decisione) dipenda anche dalla distribuzione spaziale delle stesse alternative.

Il punto di partenza di un'analisi multicriteria è la costruzione di una matrice in cui viene riportato il valore risultante di ogni obiettivo, espresso nella propria unità di misura, per ogni alternativa possibile. Successivamente, combinando tale matrice con il vettore dei pesi attribuiti ad ogni singolo obiettivo, è possibile ottenere una graduatoria delle alternative esaminate.

La matrice di valutazione richiede quindi che sia identificato, per ogni criterio, uno o più indicatori con cui misurare le prestazioni di ciascuna alternativa. La misurazione degli impatti può avvenire secondo una scala quantitativa o, laddove questo non fosse possibile, secondo una scala qualitativa. Nel primo caso, una volta effettuata la misurazione, è necessario operare una standardizzazione, in modo tale che i valori riscontrati siano ricondotti all'intervallo (0,1). Per

quanto riguarda invece le valutazioni non esprimibili mediante dati quantitativi ricavabili empiricamente, è possibile procedere con il metodo dell'esplicitazione delle "funzioni di impatto", che consiste nell'assegnare (mediante confronto a coppie) rapporti di importanza tra vari livelli di manifestazione del fenomeno valutato mediante un criterio, e nel derivare in questo modo una funzione standardizzata di utilità con valori tra 0 e 1 per ciascun livello di manifestazione o "impatto" (Keeney e Raiffa, 1993; Senn ed altri, 2007).

L'analisi multicriteria consente, in definitiva, di individuare combinazioni Pareto-ottimali nel perseguimento degli obiettivi e di ricercare la soluzione di miglior compromesso (Fusco Girard, 1987). Diverse soluzioni di compromesso sono comunque possibili in base al criterio di ottimalità paretiana. Pertanto, la scelta dovrà fondarsi su un giudizio di priorità relativa dei diversi obiettivi (Pompili, 2006).

Alcune classificazioni di modelli di analisi multicriteria

Esistono differenti tipologie e differenti classificazioni di metodi e modelli di analisi multidimensionale (Camagni e Gorla, 2006; Kapros *et al.*, 2005; Keeney e Raiffa, 1993).

Ad esempio, una prima classificazione distingue due categorie di problemi sulla base del numero di alternative di riferimento. Un numero infinito di alternative riguarda i problemi cosiddetti "multiobiettivo"; un numero finito di alternative riguarda invece i problemi "multiattributo".

L'analisi multiobiettivo supporta la soluzione di problemi di tipo continuo il cui scopo è quello di individuare la migliore alternativa considerando le interazioni che all'interno del progetto soddisfano il decisore nel raggiungimento di livelli accettabili negli obiettivi. Nell'analisi multiattributo, invece, alle diverse alternative è associato un livello di soddisfacimento degli attributi sulla base del quale si assume la decisione finale.

Un'altra classificazione distingue tre famiglie di modelli i cui confini sono però meno netti di quelli della classificazione proposta precedentemente:

- modelli di ordinamento (di matrice francese);
- modelli derivanti dalla teoria dell'utilità multiattributo (di matrice americana);
- modelli interattivi (di recente sviluppo all'interno della programmazione matematica multiobiettivo).

In ogni caso, tutti i modelli di analisi multidimensionale hanno in comune la costruzione di due elementi matriciali: la matrice di valutazione ed il vettore dei pesi o delle preferenze.

Schemi di analisi multicriteria per la definizione di una gerarchia di interventi di potenziamento logistico dell'Area vasta pometina secondo le dimensioni ACIT

Modelli di ordinamento

Un modello di ordinamento è una semplice procedura secondo cui a ciascuna alternativa di un problema decisionale è assegnato un punteggio con riferimento a ciascun criterio. In particolare, il punteggio dell'alternativa j secondo il criterio i può essere generalmente indicato con p_{ij} . È possibile inoltre indicare con w_i i pesi assegnati a ciascun criterio, ovvero l'importanza attribuita dal decisore al criterio in questione. Per ciascuna alternativa j è possibile quindi calcolare un punteggio medio ponderato pari a $\sum_i w_i p_{ij}$. Naturalmente, l'alternativa da selezionare è quella con il punteggio medio ponderato maggiore.

Si consideri, ad esempio, un problema di scelta alternativa tra due leve di sviluppo logistico secondo i quattro criteri ACIT per l'Area vasta di Pomezia nel Lazio meridionale, così come rappresentato nella tabella 1. In questo esempio numerico si è provveduto a confrontare l'alternativa riguardante la promozione di un polo logistico interportuale e l'alternativa riguardante la promozione di un sistema di logistica di ritorno legato alle attività della GDO.

In particolare, si è provveduto ad assegnare un valore compreso tra 0 e 1 a ciascuna delle due alternative di riferimento secondo ciascuna delle quattro dimensioni *ACIT*. Tali valori, riportati nella seconda e nella terza colonna della tabella 1 (escluso gli ultimi elementi di ciascuna colonna appartenenti all'ultima riga della stessa tabella), rappresentano un esempio ipotetico di valutazione, misurazione e, in definitiva, giudizio del decisore in merito all'utilità che ciascuna alternativa potrebbe fornire secondo ciascun criterio nel contesto territoriale considerato.

Tabella 1: un modello di analisi multicriteria di ordinamento.

Criteri	Polo logistico interportuale (Area vasta pometina)	Sistema di <i>reverse</i> <i>logistics</i> per la GDO (Area vasta pometina)	Peso di ciascun criterio
Autoregolazione	0,8	0,9	0,20
Compensazione	0,9	0,9	0,20
Invarianza	0,9	0,1	0,30
Trasversalità	0,9	0,2	0,30
Punteggio medio ponderato	0,88	0,45	1,00

Inoltre, nella quarta ed ultima colonna della tabella 1 si è provveduto ad assegnare un peso a ciascuna dimensione di analisi considerata. Tali pesi rappresentano, a titolo puramente esemplificativo e illustrativo, l'importanza relativa di ciascun criterio nell'ambito della pianificazione strategica del sistema territoriale e produttivo considerato. La somma di tali pesi deve essere pari a 1 (ultimo elemento della quarta ed ultima colonna della tabella 1).

Il modello di ordinamento in oggetto vede in questo caso come favorita la scelta di supportare la promozione di un polo logistico interportuale. In effetti, sembrerebbe ragionevole ipotizzare una notevole incidenza sulle dimensioni di *Invarianza*, *Trasversalità* e *Compensazione* dovuta alla presenza di una tale infrastruttura logistica terminale sul territorio pometino, mentre la realizzazione di un sistema di logistica di ritorno collegato alla GDO potrebbe invece incidere soprattutto sulle dimensioni di *Autoregolazione* e *Compensazione*.

La realizzazione di un interporto nell'Area vasta pometina favorirebbe l'insediamento di nuove imprese di trasporto e logistica sul territorio, determinando opportunità e vantaggi (economie di agglomerazione) legati alla localizzazione produttiva più in generale sullo stesso territorio e alla terziarizzazione di attività funzionali a cicli produttivi e distributivi globali a rete (*Invarianza*), nonché alla realizzazione di servizi di trasporto intermodale (*Trasversalità*); inoltre, la concentrazione di imprese di trasporto e logistica in un *hub* interportuale favorirebbe anche attività logistiche di consolidamento e bilanciamento dei carichi, al fine di utilizzare in maniera ottimale la capacità disponibile dei servizi di trasporto (*Compensazione*).

La realizzazione di un sistema di logistica di ritorno collegato alle attività della GDO potrebbe invece favorire l'implementazione di catene logistiche produttive e distributive più sensibili alle problematiche di impatto ambientale e sociale legate al corretto trattamento e riutilizzo di prodotti dismessi (*Autoregolazione*), ma anche all'utilizzo, per le operazioni di raccolta, degli stessi mezzi stradali che riforniscono quotidianamente gli stessi punti vendita della GDO e che tornano solitamente vuoti ai punti di partenza (*Compensazione*).

Un ulteriore problema decisionale che può essere affrontato mediante un modello di analisi multicriteria di ordinamento riguarda la scelta tra localizzazioni alternative di un polo logistico interportuale. In tal caso, occorrerà sottoporre ad analisi multicriteria i siti alternativi (ad esempio Pomezia-Santa Palomba e Aprilia). Uno schema di valutazione di partenza potrebbe essere ad esempio quello riportato in tabella 2. Naturalmente, anche in questo caso, lo schema, i criteri e i pesi proposti hanno un significato puramente ipotetico, sperimentale ed illustrativo.

In particolare, i pesi assegnati ai diversi criteri rispecchiano il fatto che i primi tre criteri rappresentano un vincolo, così come gli aspetti ambientali e sociali. Il minor peso attribuito al

criterio degli scenari funzionali può essere spiegato considerando tale criterio come integrazione e completamento dei criteri precedenti. Successivamente a tale schematizzazione, occorrerà poi parametrizzare/misurare gli indicatori di riferimento per ciascun sito alternativo. Inoltre, occorrerà assegnare dei punteggi per ciascun indicatore di riferimento sulla base delle misurazioni effettuate.

Tabella 2: criteri e sottocriteri di un'analisi multidimensionale per la scelta localizzativa di un polo logistico interportuale.

Criteri	Peso di ciascun criterio	Sottocriteri	Peso di ciascun sottocriterio	
Caratteristiche del sito	0,22	Forma del lotto/lay out	0,30	1,00
		Possibilità di espansione nel tempo secondo modularità adeguata	0,37	
		Insedimenti adiacenti	0,33	
Accessibilità	0,30	Viabilità attuale	0,48	1,00
		Viabilità prevista	0,13	
		Ferrovia attuale	0,12	
		Ferrovia prevista	0,07	
		Collegamenti con la portualità	0,12	
		Collegamenti con l'aeroportualità	0,08	
Domanda potenziale	0,22	Tessuto imprenditoriale area interessata	0,35	1,00
		Stima traffici area interessata	0,42	
		Concorrenza con altre piattaforme/rischio di <i>vacancy</i>	0,23	
Scenari funzionali	0,11	Locale	0,35	1,00
		Globale	0,65	
Aspetti ambientali e sociali	0,15	Impatto paesaggistico/ambientale	0,20	1,00
		Prossimità siti protetti	0,20	
		Impatto sulle aree urbane	0,35	
		Accettabilità sociale (posizione enti locali, gruppi di opinione, ecc.)	0,20	
		Ecc.	0,05	
	1,00			

Adattamento e rielaborazione da C-log/LIUC e TRT, 2007

Tale assegnazione consentirà il calcolo dei punteggi totali per ciascun sito e la conseguente compilazione della graduatoria dei siti. È possibile infine prevedere l'effettuazione di un'analisi di sensitività per rilevare le variazioni dei punteggi al variare del peso dei singoli criteri di valutazione, verificando quindi la robustezza dei risultati dell'analisi multicriteria e che il punteggio finale di ciascuna delle alternative non dipenda esclusivamente dall'elevato livello di punteggio ottenuto secondo un solo criterio.

Il metodo AHP (Analytic Hierarchy Process)

A volte potrebbe risultare difficile per i decisori determinare in maniera soggettiva i punteggi e i pesi dei criteri necessari per un modello di analisi multidimensionale di ordinamento. In tal caso, è possibile ricorrere al metodo "AHP" (*Analytic Hierarchy Process*)¹, utilizzato per la prima volta da Saaty (1980) e oggetto di numerosi studi (ad esempio: De Montis e Lai, 2006; Fusco Girard e Nijkamp, 1997; Saaty, 2001; Zahedi, 1986). Tale metodo è caratterizzato da un approccio più strutturato per la determinazione di punteggi e pesi.

In particolare, il primo passo di un "processo gerarchico analitico" è la realizzazione di tante matrici di confronto a coppie delle diverse alternative quanti sono i criteri presi in considerazione.

Per realizzare operativamente una matrice di confronto a coppie, ad esempio come quella riportata in tabella 3 per quanto riguarda un contesto di scelta alternativa - secondo la dimensione della *Compensazione* - tra le quattro leve logistiche ipotizzate per lo sviluppo strategico dell'Area vasta pometina, è possibile utilizzare i valori riportati in tabella 4. Si indichi inoltre con P_{ij} il grado di preferenza dell'alternativa i rispetto all'alternativa j secondo uno specifico criterio e con $P_{ji} = 1/P_{ij}$ il grado di preferenza dell'alternativa j rispetto all'alternativa i secondo lo stesso criterio.

¹ Processo gerarchico analitico.

Tabella 3: matrice dei confronti a coppie delle leve di sviluppo logistico dell'Area vasta pometina secondo la dimensione della *Compensazione*.

CONFRONTI A COPPIE DELLE 4 LEVE DI SVILUPPO LOGISTICO TERRITORIALE SECONDO IL CRITERIO DELLA COMPENSAZIONE	Potenziamento della rete stradale (Area vasta pometina)	Potenziamento della rete ferroviaria (Area vasta pometina)	Polo logistico interportuale (Area vasta pometina)	Sistema di <i>reverse logistics</i> per la GDO (Area vasta pometina)
Potenziamento della rete stradale (Area vasta pometina)	1,00	0,25	0,13	0,13
Potenziamento della rete ferroviaria (Area vasta pometina)	4,00	1,00	0,20	0,20
Polo logistico interportuale (Area vasta pometina)	8,00	5,00	1,00	1,00
Sistema di <i>reverse logistics</i> per la GDO (Area vasta pometina)	8,00	5,00	1,00	1,00
Somma	21,00	11,25	2,33	2,33

Tabella 4: scala di riferimento per i confronti a coppie secondo il metodo *AHP*.

Valore	Preferenza
1	Ugualmente preferito
2	Da ugualmente a moderatamente preferito
3	Moderatamente preferito
4	Da moderatamente a fortemente preferito
5	Fortemente preferito
6	Da fortemente a molto fortemente preferito
7	Molto fortemente preferito
8	Da molto fortemente a estremamente preferito
9	Estremamente preferito

Supponendo che la scelta del polo logistico interportuale risulti per il decisore da molto fortemente a estremamente preferita rispetto alla scelta del potenziamento della rete stradale secondo il criterio della *Compensazione*, $P_{interporto\ rete\ stradale} = 8$, mentre $P_{rete\ stradale\ interporto} = 1/8 = 0,13$. In tabella 3 si inserisce inoltre il valore 1 lungo la diagonale principale, in modo da indicare che se un'alternativa è confrontata con sé stessa, il decisore preferirà ugualmente ciascuna delle due alternative.

Un'ulteriore fase di un'analisi multidimensionale secondo il metodo *AHP* consiste nel normalizzare la matrice dei confronti a coppie. Per far ciò occorre innanzitutto calcolare la somma di ciascuna colonna, come già effettuato in tabella 3. Successivamente, si provvede a dividere ciascun elemento della matrice per il valore somma del vettore colonna a cui appartiene tale elemento. La tabella 5 mostra il risultato della normalizzazione delle preferenze riportate nella tabella 3.

Tabella 5: matrice dei confronti a coppie normalizzati delle leve di sviluppo logistico secondo la dimensione della *Compensazione*.

CONFRONTI A COPPIE NORMALIZZATI DELLE 4 LEVE DI SVILUPPO LOGISTICO TERRITORIALE SECONDO IL CRITERIO DELLA COMPENSAZIONE	Potenziamento della rete stradale (Area vasta pometina)	Potenziamento della rete ferroviaria (Area vasta pometina)	Polo logistico interportuale (Area vasta pometina)	Sistema di <i>reverse logistics</i> per la GDO (Area vasta pometina)	PUNTEGGI (media delle preferenze normalizzate)	MISURA DI CONSISTENZA
Potenziamento della rete stradale (Area vasta pometina)	0,05	0,02	0,05	0,05	0,04	4,01
Potenziamento della rete ferroviaria (Area vasta pometina)	0,19	0,09	0,09	0,09	0,11	4,07
Polo logistico interportuale (Area vasta pometina)	0,38	0,44	0,43	0,43	0,42	4,18
Sistema di <i>reverse logistics</i> per la GDO (Area vasta pometina)	0,38	0,44	0,43	0,43	0,42	4,18

Si utilizza poi la media delle preferenze normalizzate di ciascuna riga della tabella 5 come punteggio di ciascuna alternativa secondo il criterio di analisi in oggetto (*Compensazione*). Tali punteggi, riportati nella sesta colonna della tabella 5, indicano quindi la relativa desiderabilità per il decisore di ciascuna delle quattro leve logistiche sulla base di tale criterio e sulla base delle preferenze espresse mediante il confronto a coppie effettuato in partenza e riportate nella tabella 3.

Occorre inoltre effettuare anche una verifica di consistenza (o coerenza) di tali preferenze espresse dal decisore. Ad esempio, se per il decisore fosse estremamente preferita, secondo il criterio della *Compensazione*, la scelta riguardante il polo logistico interportuale rispetto alla scelta riguardante il sistema di logistica di ritorno collegato alle attività della GDO, così come secondo lo stesso criterio potrebbe essere estremamente preferita (sempre per ipotesi) la scelta riguardante il sistema di logistica di ritorno collegato alle attività della GDO rispetto alla scelta riguardante il potenziamento stradale, risulterebbe allora inconsistente per il decisore esprimere un giudizio di indifferenza (o uguale preferenza) secondo il criterio della *Compensazione* tra le alternative “polo logistico interportuale” e “potenziamento della rete stradale”.

Pertanto, prima di utilizzare definitivamente i punteggi derivanti dalla matrice dei confronti a coppie normalizzati, è necessario considerare le misure di consistenza per ciascuna alternativa riportate nella settima ed ultima colonna della tabella 5 e calcolate come segue:

Misura di consistenza per l’alternativa “Potenziamento sistema stradale” =

$$\frac{[(0,04 \times 1,00) + (0,11 \times 0,25) + (0,42 \times 0,13) + (0,42 \times 0,13)]}{0,04} \quad (1)$$

Misura di consistenza per l’alternativa “Potenziamento sistema ferroviario” =

$$\frac{[(0,04 \times 4,00) + (0,11 \times 1,00) + (0,42 \times 0,20) + (0,42 \times 0,20)]}{0,11} \quad (2)$$

Misura di consistenza per l’alternativa “Polo logistico interportuale” =

$$\frac{[(0,04 \times 8,00) + (0,11 \times 5,00) + (0,42 \times 1,00) + (0,42 \times 1,00)]}{0,42} \quad (3)$$

Misura di consistenza per l’alternativa “Sistema di reverse logistics per la GDO” =

$$\frac{[(0,04 \times 8,00) + (0,11 \times 5,00) + (0,42 \times 1,00) + (0,42 \times 1,00)]}{0,42} \quad (4)$$

Ciascuna misura di consistenza relativa a ciascuna alternativa è il risultato della divisione tra la somma dei prodotti dei punteggi ottenuti dalla media delle preferenze normalizzate (tab. 5) per le preferenze espresse in ciascuna delle righe della matrice originaria (tab. 3) e il punteggio dell’alternativa in oggetto (tab. 5).

Se il decisore è perfettamente consistente nella manifestazione delle preferenze, ciascuna misura di consistenza uguaglia il numero delle alternative in questione. Dopo aver verificato che il grado di inconsistenza non sia elevato, si possono quindi ritenere significativi i punteggi ottenuti dalla matrice normalizzata. Non sono comunque ritenute inusuali le situazioni di inconsistenza in esercizi di valutazione di questo tipo.

Per verificare che il grado di inconsistenza delle preferenze del decisore non sia elevato è possibile inoltre calcolare anche i seguenti indici:

$$\text{Indice di Consistenza (IC)} = \frac{\gamma - n}{n - 1} \quad (5)$$

$$\text{Rapporto di Consistenza (RC)} = \frac{IC}{IR} \quad (6)$$

Dove:

γ = misura di consistenza media di tutte le alternative

n = numero di alternative

IR = indice *random*

Se la matrice dei confronti a coppie è perfettamente consistente, allora $\gamma = n$ e il rapporto di consistenza è pari a 0. I valori dell'indice *random* in tabella 6 rappresentano il valore medio dell'indice di consistenza nell'ipotesi che tutti gli elementi della matrice dei confronti a coppie siano scelti in maniera casuale, tutti gli elementi della diagonale principale siano pari a 1 e $P_{ji} = 1/P_{ij}$.

Tabella 6: valori dell'indice random (IR) da utilizzare nel metodo *AHP*.

n	IR
2	0,00
3	0,58
4	0,90
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45

Se $RC \leq 0,10$, il grado di consistenza della matrice dei confronti a coppie è soddisfacente ed è possibile quindi assumere che i punteggi ottenuti (dalla matrice normalizzata) secondo lo specifico criterio per le diverse alternative siano significativi. Se $RC > 0,10$, potrebbero invece sussistere serie inconsistenze nei confronti a coppie e l'analisi potrebbe quindi non portare a risultati significativi.

Per quanto riguarda l'esempio riportato nelle tabelle 3 e 5, RC è pari a 0,04, ovvero i punteggi assegnati risultano consistenti.

Il procedimento fin qui esposto va naturalmente ripetuto per ciascuna delle altre 3 dimensioni di confronto (*Autoregolazione*, *Invarianza* e *Trasversalità*) delle leve di sviluppo logistico ipotizzate per l'Area vasta pometina (tabb. 7-12). I risultati così ottenuti risultano consistenti ed indicano come le alternative sono alternativamente preferibili secondo i vari criteri considerati. Tali risultati costituiscono inoltre i dati di input per l'implementazione di un modello finale di ordinamento.

Prima di far ciò, occorre però determinare anche i pesi che indicano la relativa importanza di ciascuna delle quattro dimensioni obiettivo (*ACIT*) per il decisore. È possibile a tal proposito utilizzare lo stesso metodo di confronto a coppie utilizzato in precedenza per calcolare i punteggi delle leve alternative secondo il criterio della *Compensazione*.

Un esempio di matrice di confronti a coppie delle dimensioni *ACIT* con valori ipotetici di preferenza per il contesto logistico territoriale considerato è riportato in tabella 13. Tali valori sono successivamente normalizzati al fine di calcolare i pesi di ciascun criterio e le varie misure di consistenza (tab. 14) e rapporti di consistenza.

Tabella 7: matrice dei confronti a coppie delle leve di sviluppo logistico dell'Area vasta pometina secondo la dimensione dell'*Autoregolazione*.

CONFRONTI A COPPIE DELLE 4 LEVE DI SVILUPPO LOGISTICO TERRITORIALE SECONDO IL CRITERIO DELL'AUTOREGOLAZIONE	Potenziamento della rete stradale (Area vasta pometina)	Potenziamento della rete ferroviaria (Area vasta pometina)	Polo logistico interportuale (Area vasta pometina)	Sistema di <i>reverse logistics</i> per la GDO (Area vasta pometina)
Potenziamento della rete stradale (Area vasta pometina)	1,00	0,11	0,13	0,11
Potenziamento della rete ferroviaria (Area vasta pometina)	9,00	1,00	2,00	1,00
Polo logistico interportuale (Area vasta pometina)	8,00	0,50	1,00	0,50
Sistema di <i>reverse logistics</i> per la GDO (Area vasta pometina)	9,00	1,00	2,00	1,00
Somma	27,00	2,61	5,13	2,61

Tabella 8: matrice dei confronti a coppie normalizzati delle leve di sviluppo logistico dell'Area vasta pometina secondo la dimensione dell'*Autoregolazione*.

CONFRONTI A COPPIE NORMALIZZATI DELLE 4 LEVE DI SVILUPPO LOGISTICO TERRITORIALE SECONDO IL CRITERIO DELL'AUTOREGOLAZIONE	Potenziamento della rete stradale (Area vasta pometina)	Potenziamento della rete ferroviaria (Area vasta pometina)	Polo logistico interportuale (Area vasta pometina)	Sistema di <i>reverse logistics</i> per la GDO (Area vasta pometina)	PUNTEGGI (media delle preferenze normalizzate)	MISURA DI CONSISTENZA
Potenziamento della rete stradale (Area vasta pometina)	0,04	0,04	0,02	0,04	0,04	4,00
Potenziamento della rete ferroviaria (Area vasta pometina)	0,33	0,38	0,39	0,38	0,37	4,06
Polo logistico interportuale (Area vasta pometina)	0,30	0,19	0,20	0,19	0,22	4,04
Sistema di <i>reverse logistics</i> per la GDO (Area vasta pometina)	0,33	0,38	0,39	0,38	0,37	4,06

Tabella 9: matrice dei confronti a coppie delle leve di sviluppo logistico dell'Area vasta pometina secondo la dimensione dell'*Invarianza*.

CONFRONTI A COPPIE DELLE 4 LEVE DI SVILUPPO LOGISTICO TERRITORIALE SECONDO IL CRITERIO DELL'INVARIANZA	Potenziamento della rete stradale (Area vasta pometina)	Potenziamento della rete ferroviaria (Area vasta pometina)	Polo logistico interportuale (Area vasta pometina)	Sistema di <i>reverse logistics</i> per la GDO (Area vasta pometina)
Potenziamento della rete stradale (Area vasta pometina)	1,00	2,00	1,00	9,00
Potenziamento della rete ferroviaria (Area vasta pometina)	0,50	1,00	0,50	8,00
Polo logistico interportuale (Area vasta pometina)	1,00	2,00	1,00	9,00
Sistema di <i>reverse logistics</i> per la GDO (Area vasta pometina)	0,11	0,13	0,11	1,00
Somma	2,61	5,13	2,61	27,00

Tabella 10: matrice dei confronti a coppie normalizzati delle leve di sviluppo logistico dell'Area vasta pometina secondo la dimensione dell'*Invarianza*.

CONFRONTI A COPPIE NORMALIZZATI DELLE 4 LEVE DI SVILUPPO LOGISTICO TERRITORIALE SECONDO IL CRITERIO DELL'INVARIANZA	Potenziamento della rete stradale (Area vasta pometina)	Potenziamento della rete ferroviaria (Area vasta pometina)	Polo logistico interportuale (Area vasta pometina)	Sistema di <i>reverse logistics</i> per la GDO (Area vasta pometina)	PUNTEGGI (media delle preferenze normalizzate)	MISURA DI CONSISTENZA
Potenziamento della rete stradale (Area vasta pometina)	0,38	0,39	0,38	0,33	0,37	4,06
Potenziamento della rete ferroviaria (Area vasta pometina)	0,19	0,20	0,19	0,30	0,22	4,04
Polo logistico interportuale (Area vasta pometina)	0,38	0,39	0,38	0,33	0,37	4,06
Sistema di <i>reverse logistics</i> per la GDO (Area vasta pometina)	0,04	0,02	0,04	0,04	0,04	4,00

Tabella 11: matrice dei confronti a coppie delle leve di sviluppo logistico dell'Area vasta pometina secondo la dimensione della *Trasversalità*.

CONFRONTI A COPPIE DELLE 4 LEVE DI SVILUPPO LOGISTICO TERRITORIALE SECONDO IL CRITERIO DELLA TRASVERSALITA'	Potenziamento della rete stradale (Area vasta pometina)	Potenziamento della rete ferroviaria (Area vasta pometina)	Polo logistico interportuale (Area vasta pometina)	Sistema di <i>reverse logistics</i> per la GDO (Area vasta pometina)
Potenziamento della rete stradale (Area vasta pometina)	1,00	0,11	0,11	0,50
Potenziamento della rete ferroviaria (Area vasta pometina)	9,00	1,00	1,00	8,00
Polo logistico interportuale (Area vasta pometina)	9,00	1,00	1,00	8,00
Sistema di <i>reverse logistics</i> per la GDO (Area vasta pometina)	2,00	0,13	0,13	1,00
Somma	21,00	2,24	2,24	17,50

Tabella 12: matrice dei confronti a coppie normalizzati delle leve di sviluppo logistico dell'Area vasta pometina secondo la dimensione della *Trasversalità*.

CONFRONTI A COPPIE NORMALIZZATI DELLE 4 LEVE DI SVILUPPO LOGISTICO TERRITORIALE SECONDO IL CRITERIO DELLA TRASVERSALITA'	Potenziamento della rete stradale (Area vasta pometina)	Potenziamento della rete ferroviaria (Area vasta pometina)	Polo logistico interportuale (Area vasta pometina)	Sistema di <i>reverse logistics</i> per la GDO (Area vasta pometina)	PUNTEGGI (media delle preferenze normalizzate)	MISURA DI CONSISTENZA
Potenziamento della rete stradale (Area vasta pometina)	0,05	0,05	0,05	0,03	0,04	4,01
Potenziamento della rete ferroviaria (Area vasta pometina)	0,43	0,45	0,45	0,46	0,45	4,07
Polo logistico interportuale (Area vasta pometina)	0,43	0,45	0,45	0,46	0,45	4,07
Sistema di <i>reverse logistics</i> per la GDO (Area vasta pometina)	0,10	0,06	0,06	0,06	0,07	4,01

Tabella 13: matrice dei confronti a coppie delle dimensioni *ACIT* ipotizzabili nell'ambito della pianificazione strategica dell'Area vasta pometina.

CONFRONTI A COPPIE DELLE 4 DIMENSIONI ACIT COME OBIETTIVI DI SVILUPPO LOGISTICO STRATEGICO DELL'AREA VASTA POMETINA	Autoregolazione	Compensazione	Invarianza	Trasversalità
Autoregolazione	1,00	1,00	0,50	0,50
Compensazione	1,00	1,00	0,50	0,50
Invarianza	2,00	2,00	1,00	1,00
Trasversalità	2,00	2,00	1,00	1,00
Somma	6,00	6,00	3,00	3,00

Tabella 14: matrice dei confronti a coppie normalizzati delle dimensioni *ACIT* ipotizzabili nell'ambito della pianificazione strategica dell'Area vasta pometina.

CONFRONTI A COPPIE NORMALIZZATI DELLE 4 DIMENSIONI ACIT COME OBIETTIVI DI SVILUPPO LOGISTICO STRATEGICO DELL'AREA VASTA POMETINA	Autoregolazione	Compensazione	Invarianza	Trasversalità	Peso del criterio	MISURA DI CONSISTENZA
Autoregolazione	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	4,00
Compensazione	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	4,00
Invarianza	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	4,00
Trasversalità	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	4,00

A questo punto sono disponibili tutti gli elementi necessari per analizzare il problema di classificazione delle quattro leve di sviluppo logistico territoriale mediante un modello finale di ordinamento. Pertanto, l'ultima fase del metodo *AHP* prevede il calcolo del punteggio medio ponderato di ciascuna delle alternative decisionali e l'individuazione dell'alternativa con il maggior punteggio (tab. 15).

Tabella 15: modello finale di ordinamento delle leve di sviluppo logistico dell'Area vasta pomatina secondo le dimensioni *ACIT*.

Criteria	Potenziamento della rete stradale (Area vasta pomatina)	Potenziamento della rete ferroviaria (Area vasta pomatina)	Polo logistico interportuale (Area vasta pomatina)	Sistema di <i>reverse logistics</i> per la GDO (Area vasta pomatina)	Peso di ciascun criterio
Autoregolazione	0,04	0,37	0,22	0,37	0,17
Compensazione	0,04	0,11	0,42	0,42	0,17
Invarianza	0,37	0,22	0,37	0,04	0,33
Trasversalità	0,04	0,45	0,45	0,07	0,33
Punteggio medio ponderato	0,15	0,30	0,38	0,17	1,00

In definitiva, i risultati ottenuti evidenziano la seguente graduatoria finale delle quattro leve ipotizzate per lo sviluppo logistico strategico dell'Area vasta pomatina secondo le dimensioni *ACIT*:

- 1) Polo logistico interportuale
- 2) Potenziamento della rete ferroviaria
- 3) Sistema di *reverse logistics* per la GDO
- 4) Potenziamento della rete stradale

Sembra comunque opportuno ribadire che gli schemi e i valori numerici riportati in precedenza vanno più opportunamente considerati come esempi preliminari scelti prevalentemente per fini metodologico-illustrativi e sperimentali.

Conclusioni

Gli strumenti e le dimensioni di analisi della Logistica economica possono contribuire alla soluzione di diversi problemi industriali e territoriali legati a fenomeni riguardanti la logistica e i trasporti. Nell'ambito di questo lavoro sono stati presentati alcuni esempi applicativi di analisi multicriteria basata sulle dimensioni *ACIT* per la valutazione strategica di alcune leve di sviluppo logistico ipotizzabili in termini generali per l'Area vasta pomatina, un'aggregazione di 18 Comuni localizzati nel basso Lazio.

In particolare, il modello di ordinamento richiede che il *decision maker* attribuisca un peso a ciascuna dimensione per misurarne l'importanza relativa ed assegni inoltre un punteggio alle diverse leve secondo ciascuna dimensione. Le leve sono infine classificate sulla base del loro punteggio medio ponderato.

Il metodo *AHP* consiste invece in un approccio più strutturato per la determinazione di pesi e punteggi da adottare nell'analisi multicriteria di ordinamento. Tale metodo è utilizzabile quando il decisore ha difficoltà a specificare i valori riguardanti i pesi e i punteggi.

Considerando la complessità delle problematiche sistematizzate in questa sede in via preliminare e sperimentale, i risultati delle applicazioni presentate non intendono definire una gerarchia normativa delle leve di sviluppo logistico prese in considerazione, ma si propongono solamente di offrire uno spunto iniziale di confronto e di sintesi da cui partire per lo sviluppo di analisi di approfondimento che prevedano anche un coinvolgimento diretto e la partecipazione attiva degli *stakeholder* attualmente impegnati nel processo di pianificazione strategica del territorio indagato. Del resto, le metodologie proposte potranno naturalmente essere utilizzate per la valutazione strategica di ulteriori e più specifiche leve ed interventi per lo sviluppo logistico da individuare e confrontare in sede di piano.

In definitiva, le valutazioni basate su approcci multidimensionali potranno contribuire all'efficienza e all'efficacia del processo di pianificazione strategica dell'Area vasta pometina considerato nella sua globalità, sia in fase di predisposizione, tramite l'individuazione delle risorse, degli obiettivi e delle scelte possibili, sia in fase di decisione, mediante la scelta delle soluzioni più soddisfacenti nell'insieme delle possibili alternative considerate. In ogni caso, l'eventuale scelta delle metodologie di valutazione più appropriate sarà condizionata non solo da preferenze metodologiche e/o concettuali, ma soprattutto da considerazioni di implementabilità operativa, di flessibilità, di fruibilità da parte dei decisori e sulla natura delle decisioni da prendere.

Bibliografia

- Boscacci F. (2003a), *La nuova logistica. Una industria in formazione tra territorio, ambiente e sistema economico*, Egea, Milano.
- Boscacci F. (2003b), The Evolution of the Logistics Services Supply in Europe: Towards the Logistics Industry, *Proceedings of the International Conference of the International Federation of Warehousing and Logistics Association*, S. Francisco (CA).
- Boscacci F. (2009), "La funzione logistica per la competitività di sistema", in Borruso G., Forte E., Musso E. (a cura di), *Economia dei trasporti e Logistica economica: ricerca per l'innovazione e politiche di governance*, Giordano Editore, Napoli.
- Camagni R., Gorla G. (a cura di) (2006), *Valutazione economica e strategica di programmi e progetti territoriali*, FrancoAngeli, Milano.
- Carminucci C., Chindemi A. (2007), *Sistema della mobilità e relazioni con la città metropolitana romana: per una nuova prospettiva di sviluppo dell'area di Pomezia*, Istituto per la Formazione Superiore nei Trasporti (ISFORT), Roma.
- Charnes A., Cooper W.W. (1961), *Management Models and Industrial Applications of Linear Programming*, Vols. I-II, Wiley.
- C-log/LIUC, TRT (2007), *Progetto PIVOT. Studio di fattibilità per la realizzazione di una piattaforma logistica del Varesotto*, CCIAA di Varese.
- De Montis A., Lai S. (2006), "Analisi multicriteri e supporto al piano : una sperimentazione riferita ad un'area protetta della Sardegna ", in Camagni R., Gorla G. (a cura di), *Valutazione economica e strategica di programmi e progetti territoriali*, FrancoAngeli, Milano.
- Forte E. (2003), "Logistica Economica ed equilibri spazio-territoriali", working paper presentato al seminario "I fondamenti concettuali della Logistica Economica", Politecnico di Milano, Dipartimento di Architettura e Pianificazione, 29 maggio.
- Forte E. (2005), "Logistica Economica: globalizzazione e urbanizzazione", in Borruso G., Polidori G. (a cura di), *Riequilibrio e integrazione modale nel trasporto delle merci. Gli attori e i casi italiani*, FrancoAngeli, Milano.
- Forte E. (2006), "Logistica Economica e strumenti di analisi: obiettivi e condizioni per l'ottimo", in Polidori G., Musso E., Marcucci E. (a cura di) *I trasporti e l'Europa. Politiche, infrastrutture, concorrenza*, FrancoAngeli, Milano.
- Forte E., Iannone F., Maisto L. (2009), "Logistica Economica e aree dismesse: aspetti generali del problema e analisi di accessibilità dell'area orientale di Napoli", in Borruso G., Forte E., Musso E. (a cura di), *Economia dei trasporti e Logistica economica: ricerca per l'innovazione e politiche di governance*, Giordano Editore, Napoli.
- Forte E., Iannone F., Siviero L. (2006), "Economic Logistics for Competitiveness and Development", in *Proceedings of the 3rd Scientific-Technical Conference "Science for Education, Industry and Economics"*, Faculty of Marketing, Management and Entrepreneurship, Belarusian National Technical University (BNTU), Minsk, Belarus.
- Fusco Girard L. (1987), *Risorse architettoniche e culturali: valutazioni e strategie di conservazione. Un'analisi introduttiva*, FrancoAngeli, Milano.

- Fusco Girard L., Nijkamp P. (1997) (a cura di), *La valutazione per lo sviluppo sostenibile della città e del territorio*, FrancoAngeli, Milano.
- Iannone F. (2004), “Aspetti pubblici e privati di un modello di logistica sostenibile”, in Marcucci E. (a cura di), *Trasporti e Politiche Economiche. Atti della VI Riunione Scientifica Annuale della Società Italiana degli Economisti dei Trasporti*, Palermo.
- Iannone F. (2005), “Economia della logistica e dello spazio-territorio: innovazioni organizzative ed approcci modellistici”, in Borruso G., Polidori G. (a cura di), *Riequilibrio ed integrazione modale nel trasporto delle merci. Gli attori e i casi italiani*, FrancoAngeli, Milano.
- Iannone F. (2008), “Logistica economica e modellistica computazionale per l’ottimizzazione dei trasporti”, in Forte E., *Trasporti Logistica Economia*, CEDAM, Verona.
- Iannone F., Thore S. A., Forte E. (2009), “Inland Container Logistics and Interports. Goals and Features of an Ongoing Applied Research”, in Borruso G., Forte E., Musso E., (a cura di), *Economia dei trasporti e Logistica economica: ricerca per l’innovazione e politiche di governance*, Giordano Editore, Napoli.
- ISFORT (2006), *Studio sul sistema della logistica della regione Lazio – Volume I*, Roma.
- Kapros S., Panou K., Tsamboulas D. A. (2005), “Multicriteria Approach to the Evaluation of Intermodal Freight Villages”, in *Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board*, no. 1906.
- Keeney R., Raiffa H. (1993), *Decision With Multiple Objectives*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Maggi E. (1998), “Study on The Location of Logistics Nodes”, *I Quaderni scientifici di Trasporti Europei*, Istiee, Trieste.
- Maggi E. (2007), *La logistica urbana delle merci. Aspetti economici e normativi*, Polipress Editore, Milano.
- McCann P. (1993), “The Logistics-Costs Location-Production Problem”, in *Journal of Regional Science*, Vol. 33, No. 4.
- McCann P. (1996), “Costs and the Location of the Firm: A One-Dimensional Comparative Static Approach”, *Location Science*, Vol. 4, No. 1-2.
- McCann P. (1998), *The Economics of Industrial Location: A Logistics-Costs Approach*, Springer-Verlag, Heidelberg.
- McCann P. (2000), “Industrial Logistics and Regional Competitiveness”, in Batey P., Friedrich P. (eds.), *Regional Competition*, Springer, Heidelberg.
- Pompili T. (2006), “Metodologie di valutazione economica: una rassegna sistematica”, in Camagni R., Gorla G. (a cura di), *Valutazione economica e strategica di programmi e progetti territoriali*, FrancoAngeli, Milano.
- Rodrigue J.-P., Notteboom T. (2009), “The Terminalization of Supply Chains: Reassessing the Role of Terminals in Port / Hinterland Logistical Relationships”, in *Maritime Policy & Management*, Vol. 36, No. 2.
- Senn L., Bianchi L., Grea G., Milotti A. (2007), “Proposta di uno schema di definizione di una gerarchia infrastrutturale a servizio dei processi decisionali pubblici”, in Polidori G., Borruso G., Danielis R. (a cura di), *I trasporti ed il mercato globale*, FrancoAngeli, Milano.
- Saaty T. L. (1980), *The Analytical Hierarchy Process*, Wiley, New York.
- Saaty T. L. (2001), *Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*, 3rd Edition. RWS Publications, Pittsburgh.
- Thompson G. L., Thore S. A. (1992), *Computational Economics: Economic Modeling with Optimization Software*, Scientific Press, San Francisco.
- Thore S. A. (1991), *Economic Logistics: The Optimization of Spatial and Sectoral Resource, Production and Distribution Systems*, Quorum Books, Westport, Connecticut.
- Thore S. A. (1995), *The Diversity, Complexity, and Evolution of High Tech Capitalism*, Kluwer Academic Publishers, Boston.

- Thore S. A. (2009), “Some Thoughts on the Past and the Future of Economic Logistics”, in Borruso G., Forte E., Musso E. (a cura di), *Economia dei trasporti e Logistica economica: ricerca per l'innovazione e politiche di governance*, Giordano Editore, Napoli.
- Thore S. A., Iannone F. (2005), “The Hub-and-Spoke Model. A Tutorial”, mimeo.
- Thore S. A., Iannone F. (2009), “An Economic Logistics Model for the Inland Multimodal Distribution of Maritime Containers through Campania Ports and Interports”, mimeo.
- Zahedi F. (1986), “The Analytic Hierarchy Process – A Survey of the Method and Its Applications”, in *Interfaces*, no. 4.