

TEMPUS PECUNIA EST

COLLANA DI MATEMATICA PER LE SCIENZE ECONOMICHE, FINANZIARIE E  
AZIENDALI

I2

*Direttore*

Beatrice VENTURI  
Università degli Studi di Cagliari

*Comitato scientifico*

Umberto NERI  
University of Maryland

Russel Allan JOHNSON  
Università degli Studi di Firenze

Gian Italo BISCHI  
Università degli Studi di Urbino

Giuseppe ARCA  
Università degli Studi di Cagliari

## TEMPUS PECUNIA EST

COLLANA DI MATEMATICA PER LE SCIENZE ECONOMICHE, FINANZIARIE E  
AZIENDALI



Al suo livello più profondo la realtà è la matematica della natura.

PITAGORA

Questa collana nasce dall'esigenza di offrire al lettore dei trattati che aiutino la comprensione e l'approfondimento dei concetti matematici che caratterizzano le discipline dei corsi proposti nelle facoltà di Scienze economiche, finanziarie e aziendali.



Sabrina Lo Bosco  
Antonio Tufano

**Modelli matematici per le scienze  
economiche e applicate: strumenti  
di aiuto alla decisione**

*Prefazione di*  
Francesco Fimmanò





Aracne editrice

[www.aracneeditrice.it](http://www.aracneeditrice.it)  
[info@aracneeditrice.it](mailto:info@aracneeditrice.it)

Copyright © MMXX  
Giacchino Onorati editore S.r.l. – unipersonale

[www.giacchinoonoratieditore.it](http://www.giacchinoonoratieditore.it)  
[info@giacchinoonoratieditore.it](mailto:info@giacchinoonoratieditore.it)

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

ISBN 978-88-255-3766-6

*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: ottobre 2020

# Indice

- 9 *Prefazione*  
Francesco Fimmanò
- 13 *Capitolo I*  
*Il ruolo della moderna informazione digitale nel processo decisionale*
- 19 *Capitolo II*  
*Processi di decisione con l'ausilio del sistema di Business Intelligence*
- 31 *Capitolo III*  
*Modelli interpretativi della realtà in studio per l'aiuto alla decisione*
- 71 *Capitolo IV*  
*Il contributo di modelli fuzzy–logic per le valutazioni del decisore*
- 79 *Capitolo V*  
*Modelli matematici e Business Intelligence*
- 91 *Capitolo VI*  
*Teoria dell'utilità attesa*
- 97 *Capitolo VII*  
*Avversione, indifferenza e preferenza rispetto al rischio*
- 103 *Capitolo VIII*  
*Teoria dell'utilità e Premio al Rischio*

- 109    Capitolo IX  
*Le teorie alternative e quella del prospetto*
- 115    Capitolo X  
*Sviluppo dei metodi matematici nei processi di scelta e casi studio*
- 125    Capitolo XI  
*Il metodo della funzione di ponderazione*
- 127    Capitolo XII  
*Il modello Choquet Expected Utility*
- 133    Capitolo XIII  
*La teoria Maxmin Expected Utility*
- 135    Capitolo XIV  
*Il criterio  $\alpha$ -Maxmin*
- 137    Capitolo XV  
*Teoria Bayesiana della decisione, pattern recognition e intelligenza artificiale*
- 147    Capitolo XVI  
*La rappresentazione vettoriale in  $\mathfrak{R}^m$  del problema di scelte in condizione di incertezza*
- 171    *Bibliografia e sitografia*

# Prefazione

FRANCESCO FIMMANÒ\*

Nelle organizzazioni complesse, come le Società, i Gruppi, la pubblica amministrazione in genere, le magistrature, è sempre più importante sviluppare rigorosi criteri analitici ed appropriati strumenti matematici, idonei a governare i processi decisionali, a tutti i livelli di responsabilità, al fine di conseguire i migliori risultati complessivi, per l'intero scenario temporale dell'azione programmata. Analoga attenzione richiedono le scelte di politica economica e di *project management* per gli investimenti pubblici, ovvero per progetti complessi di tipo economico-finanziario, aziendale, ingegneristico, di risanamento ambientale, di rigenerazione urbana e, più in generale, per tutti i problemi riguardanti le scienze applicate e per quelli alla cui risoluzione sono chiamati gli operatori del diritto.

Si pensi, ad esempio, che lo stesso momento processuale presenta tutte le caratteristiche di una situazione di interazione strategica tra le azioni del singolo e degli altri agenti coinvolti e che la maggior parte delle norme, tranne rarissimi casi, necessitano di interpretazione per poter essere applicate dal giurista, sia esso Avvocato, Magistrato, Accademico o Notaio. Ne scaturisce, dunque l'importanza di potersi riferire anche in questi casi ad un modello matematico interpretativo dei problemi in esame, che si possa rivelare di ausilio nell'attività quotidiana anche degli Operatori del diritto.

Gli Autori propongono nella loro pregevole opera un percorso strutturato di analisi sistematica delle variabili che entrano in gioco nel processo decisionale, descrivendo su base scientifica ed in modo puntuale la tipologia dei problemi, i passi più efficaci da sviluppare per arrivare ad un risultato soddisfacente (massimizzando i "flussi di

\* Ordinario di Diritto commerciale nell'Università delle Camere di Commercio "Universitas Mercatorum"; membro laico del Consiglio di Presidenza della Corte dei Conti; Presidente della Scuola di Alta Formazione della Corte dei Conti "F. Staderini" e direttore scientifico di Ateneo – Universitas Mercatorum e Università telematica PEGASO.

utilità” e minimizzando lo scenario dei rischi) e come utilizzare al meglio gli strumenti operativi e le modalità per ottimizzare le scelte, anche nel caso di problemi multiobiettivo e con un insieme di variabili aleatorie. Infine, viene sviluppato un approccio mediante la *fuzzy-logic* e definito un algoritmo su base statistica per lo studio dei problemi decisionali complessi, in un’ottica di LCCA – *Life Cycle Cost Analysis*.

La legge positiva ha natura di fatto complesso e fenomeno storico singolare, ricorsivo, ologrammatico. Un sistema sia aperto che chiuso. L’oggetto delle argomentazioni della legge è costituito da istituzioni, da condotte, dall’organizzazione del potere e posto che, in vario modo, tali oggetti sono essi stessi processi argomentativi o stratificazioni di questi, — segue che il diritto legislativo, per tale via, essendo le argomentazioni sistemi di insiemi e di regole fuzzy, sarà *creativo-adattiva* degli insiemi o delle regole linguistiche fuzzy che sono istituzioni, condotte e potere. Non solo, in senso logico, la legge è un processo di conoscenza, interpretazione e contemporanea manipolazione di quegli oggetti (istituzioni, condotte, potere, ecc.) che non adopera proposizioni assolutamente vere. Dovendo e volendo esprimere un parziale adattamento al linguaggio oggetto, sarà un sistema di proposizioni parzialmente vere, approssimate, e perciò persuasive e retoriche. La legge può essere considerata come un insieme di giudizi veri, sia pure parzialmente, per una semplice ragione. Essa esprime una valutazione ed un adattamento ad una realtà che intende manipolare, cioè il comportamento simbolico-linguistico degli esseri umani, e ciò che si adatta deve stare in un certo rapporto di corrispondenza analogica con la data realtà, corrispondenza che non può non definirsi, in maniera non privilegiata, che come “verità”, sia pure parziale.

Il Life Cycle Cost Analysis (LCCA) o analisi del costo nel ciclo di vita (anche detto Total Cost of Ownership – TCO) è uno strumento economico che permette di valutare tutti i costi relativi ad un determinato sistema. Questo strumento permette di ottimizzare i costi di una componente o di un intero sistema e il suo utilizzo per l’implementazione, il mantenimento e il miglioramento dello stesso sistema. Come spiegano gli autori la funzione primaria che svolge il *valutatore* è quella di fornire al *decisore*, cioè a colui che sceglie «cosa fare», il quadro delle *alternative possibili* (rispettose dei “vincoli”) e indirizzarlo nella identificazione di diversi possibili scenari, attraverso l’analisi sistematica delle variabili che influiscono sul progetto

in esame, nell'arco temporale di riferimento. Il *valutatore* può infine aiutare il *decisore* a costruire una propria *scala di preferenza* rispetto alle alternative individuate, sulla base di criteri appropriati al caso in studio ed a modelli interpretativi degli scenari prefigurati. Il volume infatti è anche peraltro un supporto strategico anche nel settore degli appalti e dei contratti pubblici, in quanto si presta ad affrontare con l'approccio metodologico innovativo degli strumenti matematici i problemi della valutazione dell'offerta economicamente più vantaggiosa, in applicazione delle direttive ANAC.

L'oggetto della ricerca rappresenta un approccio evoluto al Legal Tech che non è il diritto delle tecnologie ovvero il settore scientifico che studia e affronta le tematiche legali connesse allo sviluppo e alla diffusione della tecnologia altri in comparti ma è viceversa il settore strategico dei *servizi giuridici tecnologici* a beneficio di tutti gli addetti ai lavori (giuristi, avvocati, giudici, direzioni affari legali, forze dell'ordine) e dei consumatori. Il *Legaltech* insomma sta al settore dei servizi legali così come il *Fintech* sta a quello dei servizi finanziari e quindi rappresenta la vera innovazione nella fenomenologia dinamica del Diritto.



## Il ruolo della moderna informazione digitale nel processo decisionale

Nelle moderne discipline economiche e nelle scienze applicate, l'importanza della valutazione sistematica e preventiva degli effetti indotti dalle decisioni in ambito aziendale, finanziario, ingegneristico, ambientale, ecc., è molto cresciuta nell'ultimo decennio, portando ad analizzare su base scientifica gli elementi dei processi decisionali, operando il più possibile una valutazione matematica dell'insieme di effetti prodotti dalle diverse alternative ed avvalendosi della *risk-analysis*.

Le decisioni di investimento, di consumo, di produzione, di scambio, di acquisto, ma anche le decisioni prese nei mercati finanziari (ad esempio, le scelte di portafoglio), ovvero altre relative alle opere pubbliche, ai piani di riqualificazione urbana o di risanamento ambientale, ecc., dipendono da valutazioni soggettive degli *operatori economici*, dal *project manager*, ovvero dal *decisore pubblico*, ovvero da possibili eventi futuri, esprimibili con variabili aleatorie e che quindi portano ad assumere importanti decisioni in *condizioni di incertezza*.

L'insieme di dati da considerare nella scelta deve essere completo, affidabile e finalizzato alla valutazione sistematica del problema in studio, perché l'insieme delle alternative possibili (rispettose dei diversi *vincoli* da rispettare) risulta generalmente vasto e i costi (diretti ed indiretti) di una scelta errata sono spesso alti e riguardano per di più uno scenario temporale rilevante.

Pertanto, la strategia corretta non può di certo essere quella di affidarsi al buon senso, all'esperienza passata o peggio al caso, ma occorre modellizzare il problema, valutare analiticamente la soluzione "ottimale", mediante appropriate metodologie e adeguati strumenti matematici.

Peraltro, nell'era moderna della tecnologia e dell'informazione avanzata, i *Big Data* offrono enormi quantità di dati precisi, strutturati

e poco costosi, che possono essere utilizzati in modo appropriato per estrarne tutte le conoscenze utili al *decisore* (pubblico o privato): i dati sono una risorsa strategica nel processo decisionale umano e senza di essi, le decisioni sono solo mere ipotesi e non sempre attendibili. Con il supporto delle informazioni derivate dai *Big Data*<sup>1</sup> le decisioni diventano invece mirate, strategiche e informate e consentono di perseguire l'obiettivo di individuare e comprendere al meglio i fenomeni che caratterizzano il problema decisionale e, in campo aziendale, di esplorare il mercato di riferimento così da anticiparne sviluppi e tendenze future, con margini di errore ridotti al minimo.

In tale contesto, tuttavia, le *Data Driven Decision* non devono sostituire valori fondamentali come intuito o esperienza del decisore ma rappresentano uno strumento in più a quest'ultimo offerto, funzionale a minimizzare il rischio di insuccesso e le connesse disutilità (economiche, sociali, ecc.): si apre così la nuova frontiera dei *big data analytics*<sup>2</sup> ottenuti da molteplici fonti diverse e la scoperta, l'interpretazione e la comunicazione di modelli ad elevata affidabilità, al fine di avviare un processo decisionale efficace e di prospettiva. Le potenzialità future di questo nuovo *sistema informativo* vanno dall'analisi dei bisogni dei consumatori per offrire prodotti e servizi migliori ai cittadini-utenti, a una maggiore razionalizzazione della spesa, ad una funzionale allocazione delle risorse umane, ovvero di quelle economico-finanziarie, ad un'ottimizzazione della produttività industriale, alla più razionale realizzazione di un progetto di intervento nel territorio o di un'opera di risanamento ambientale, ecc.

1. Le attività che ogni giorno sono svolte sui *dispositivi digitali* producono dati che generano una grandissima quantità di informazioni che possono essere raccolte, analizzate e valorizzate, anche dal punto di vista economico. La particolare definizione *big data* nasce dal fatto che tale consistente quantità di dati andrà moltiplicandosi in futuro. Esempi di *big data* provengono dai dispositivi *IoT-Internet of Things* così come dalle *smart car* in circolazione, ma anche dall'utilizzo dei *social network* e così via. Il concetto di *big data* implica più fattori, dall'infrastruttura per raccogliarli e archivarli, agli strumenti per analizzarli sino alle figure professionali necessarie per gestirli (*big data analyst*).

2. I *big data analytics* si sono già rivelati strategici per la riduzione del rischio nelle analisi finanziarie ed in altri ambiti dove sono rilevanti efficienza e *risk reduction*, quali l'*asset management* (anche per l'*analisi delle frodi*), la gestione del personale e la *supply chain*, dove emergono le applicazioni *big data* per i programmi di *manutenzione preventiva*. Un approccio sistematico in nella gestione d'impresa deve portare alla condivisione dei dati ed allo scambio di idee con i *business partner*, nonché al *tracciamento* dei risultati operativi in seguito a dette analisi, in modo da avviare un ciclo virtuoso di ottimizzazione dei processi.

La pubblica amministrazione ha già efficacemente attivato esperienze di *Application programming interface* (API) che hanno avuto esiti positivi in ambiti metropolitani di eccellenza come quello di Milano (v. schema seguente), ma nei processi di modernizzazione della PA, le opportunità fornite dalla *data analysis* risulteranno sempre più strategiche ed essenziali: in una realtà sociale ed economica sempre più complessa e articolata in cui gli attuali modelli e strumenti interpretativi sono in crisi nell'interpretare i cambiamenti in atto essa è destinata a diventare nel prossimo futuro lo strumento principale per governare il territorio con politiche in grado di rispondere efficacemente ai bisogni concreti dei cittadini e delle imprese, favorendone anche sempre più l'internazionalizzazione.

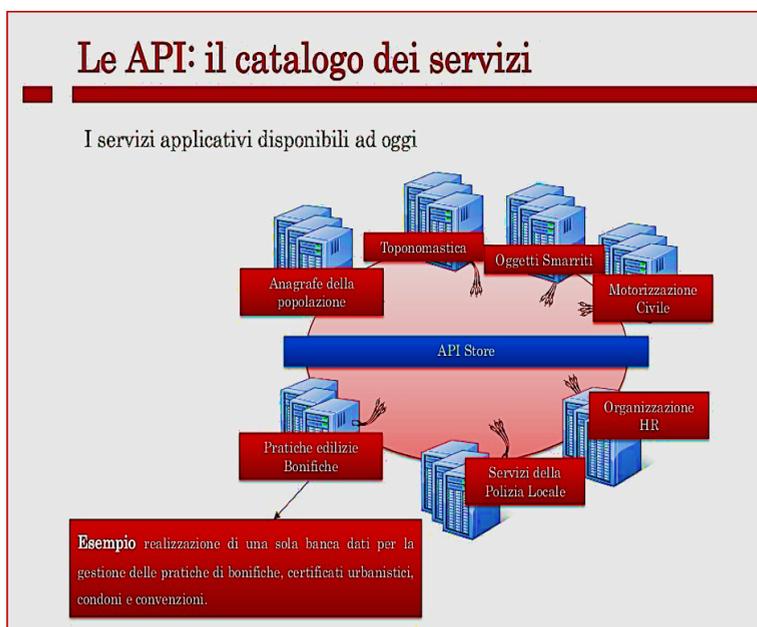


Figura 1.1.

Peraltro, l'AGID (*Agenzia per l'Italia Digitale*) operante in Italia presso la Presidenza del Consiglio, ha già previsto appositi indirizzi per tutte le realtà della PA, disponendo che:

Le API dovranno rifarsi alle migliori pratiche di gestione (*API management*), prevedendo in particolare:

- tracciabilità delle diverse versioni delle API, allo scopo di consentire evoluzioni non distruttive (*versioning*);
- documentazione coordinata con la versione delle API (*documentation*);
- gestione degli utilizzatori, in particolare autenticazione e autorizzazione (*user management, authentication, authorization*);
- limitazioni di utilizzo collegate alle caratteristiche delle API stesse e della classe di utilizzatori (*throttling*);
- tracciabilità delle richieste ricevute e del loro esito (*logging e accounting*), anche al fine della non ripudiabilità della comunicazione;
- pacchetti software per l'interfacciamento per i servizi strategici di terze parti (SDK);
- un adeguato livello di servizio in base alla tipologia del servizio fornito (SLA);
- configurazione scalabile delle risorse;
- pubblicazione di metriche di utilizzo (*analytics*).

La rilevanza per l'interesse pubblico dei *Big data* ha portato la stessa Agenzia ad avviare a marzo 2020 in Italia la sperimentazione della *Web Analytics*, coinvolgendo circa trenta pubbliche amministrazioni, in modo da realizzare una piattaforma da rendere disponibile a tutte le PA per consentire di migliorare l'analisi dei siti web e costruire servizi digitali sempre più a misura di cittadino e nel rispetto del GDPR – *General Data Protection Regulation*, già introdotto in UE dal Regolamento UE/2016/679 per la protezione dei dati personali e per la libera circolazione dei dati.

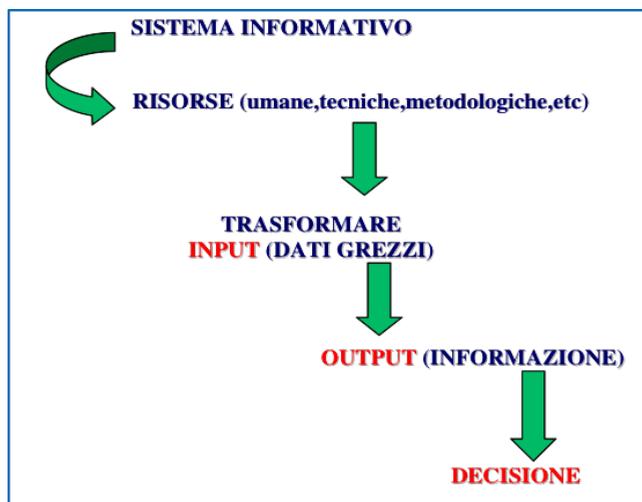


Figura 1.2.

Dal punto di vista aziendalistico, invece, in un mercato sempre più globalizzato, non solo le grandi Imprese (GI) ma anche le Piccole e Medie Imprese (PMI) per restare competitive, devono investire nel Digitale, rendendo più efficace la *customer experience* e gestendo la *digital transformation* per portare in azienda le competenze necessarie: *know-how* sul prodotto, statistica, IT, visione di business. Si tratta di coniugare, attraverso l'osservazione analitica dei mercati, le esigenze delle diverse tipologie di clienti con la tradizione del *brand*, sfruttando le tecnologie innovative, ovvero di innovare le strategie industriali, anche in tema di *marketing del prodotto* e della comunicazione, per ottimizzare i profili di competitività e massimizzare le *performances* economico-finanziarie.

Fondamentale risulta, dunque, garantire la piena efficienza del *sistema informativo aziendale* (SIA) per raccogliere, organizzare, elaborare e gestire i dati necessari per l'azienda e che possono generarsi durante lo svolgimento dei vari processi d'impresa o essere acquisiti come risultato delle relazioni con soggetti esterni<sup>3</sup>.



Figura 1.3. Le componenti del Sistema Informativo Aziendale.

3. Il SIA si compone di una parte informatizzata costituita dal sistema informatico aziendale ed una non automatizzata come le conversazioni frontali e telefoniche, i documenti cartacei, l'organigramma aziendale, la prassi operativa, quella decisionale, ecc.



## Processi di decisione con l'ausilio del sistema di *Business Intelligence*

Il processo di *Business Intelligence* è uno strumento efficace per ottimizzare le scelte del decisore pubblico o quelle del *management* di impresa, orientando le soluzioni al successo. L'architettura tipica di un sistema di *Business Intelligence* ha lo scopo di:

- acquisire e trasmettere dati e valutazioni analitiche alle competenti funzioni, nel momento giusto ed in modo puntuale, per garantire un'elaborazione consapevole della decisione, attraverso la definizione di un quadro puntuale e d'insieme delle diverse problematiche e dei vincoli da analizzare per il successo delle attività *in fieri*;
- aiutare il *decisore* (o i decisori) a scegliere una soluzione fra le diverse alternative possibili, ma anche a giustificare la scelta finale sulla base di parametri di ordine tecnico, economico-finanziario, ambientale, ecc., tenendo conto dello scenario storico e di quello di contesto;
- consentire all'impresa di adeguarsi in modo dinamico alle normative sulla certificazione dei processi;
- contribuire ad ottimizzare i profili di efficienza, qualità e di sicurezza dell'informazione e della trasmissione dei dati.

Nel dettaglio, il processo di *BI* comprende tutte le metodologie, le procedure algoritmiche, i sistemi tecnologici, le applicazioni informatiche e le attività funzionali a conseguire i seguenti obiettivi:

- i. implementazione ed aggiornamento del *Data management*, con connesso trattamento e gestione dei dati in relazione alle necessità della P.A., ovvero dell'impresa;

2. *Transformation tools and processes*, con procedure adeguate ad estrarre, correggere, trasmettere e conservare i dati (*Extract–Transform–Load*);
3. *Repository*, mediante accorgimenti idonei a custodire in sicurezza dati e *metadati*;
4. *Analytics*, eseguendo ottimizzazioni, simulazioni, stime, previsioni, inferenze, identificazioni di *pattern* e *mining* di informazioni, funzionali alla formazione delle migliori decisioni da assumere da parte delle figure preposte nella P.A., ovvero del management aziendale;
5. *User interface*, pervenendo alle analisi da effettuare senza danneggiare gli archivi dei dati ed assicurandone il completo utilizzo anche per le proiezioni future;
6. *Procedure amministrative*: gestire al meglio sicurezza, errori, auditing, privacy.

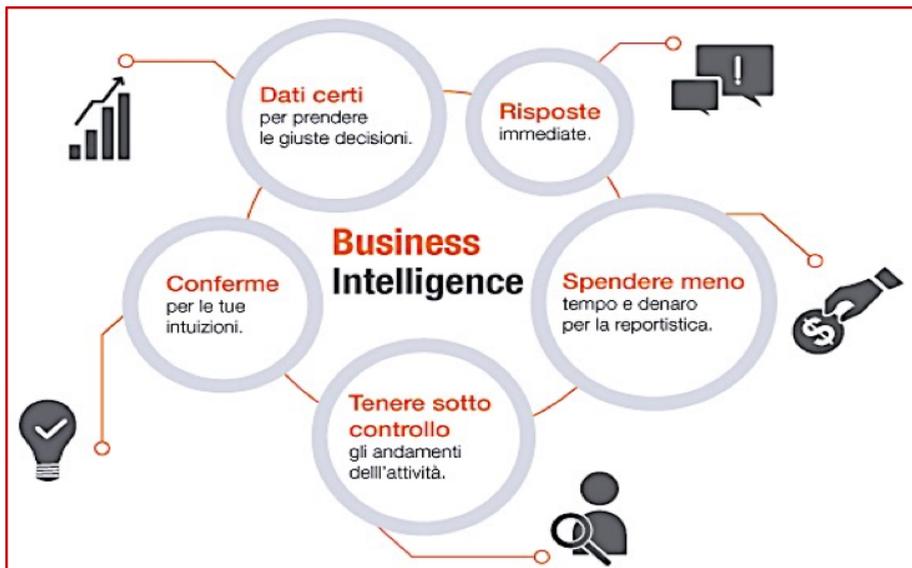


Figura 2.1.

Sistemi di questo tipo fanno uso di strutture ad architettura complessa che contengono al loro interno *sottosistemi* più semplici, con compiti specifici e convergenti con l'obiettivo finale (di tipo *tattico* o