

LA CONDIVISIONE DEI SAPERI **1**

**LA COMUNICAZIONE DELLA SCIENZA**  
**TRIBUTO IN ONORE DI PIERO ANGELO**

*A CURA DI LUCA BUSCEMA*



**MESSINA**  
**UNIVERSITY**  
**PRESS**

**LA CONDIVISIONE DEI SAPERI**

**LA COMUNICAZIONE DELLA SCIENZA  
TRIBUTO IN ONORE DI PIERO ANGELA**

a cura di

**Luca Buscema**

Questa edizione digitale dell'opera è rilasciata con licenza Creative Commons Attribution 4.0 - CC-BY-NC-ND, il cui testo integrale è disponibile all'URL: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



ISBN 979-12-80899-10-1

© L'autore per il testo, 2025

© Messina University Press per la presente edizione

**Pubblicato da:**

Messina University Press

Piazza Pugliatti, 1 - 98121 Messina

Sito web: <https://messinaup.unime.it/>

**Prima edizione: febbraio 2025**

**Volume 1 - La condivisione dei saperi**

Le opere pubblicate vengono approvate dal Consiglio direttivo sulla base della valutazione del Comitato editoriale.

Le edizioni digitali online sono pubblicate in Open Access  
su: <https://messinaup-pubblicazioni.unime.it/index.php/mup>

## LA CONDIVISIONE DEI SAPERI

Direttore

Luca Buscema

### Comitato Scientifico

Baglio Antonio, Bonanzinga Maddalena, Calabrò Vittoria, Castrizio Daniele, Crupi Vincenzo, De Stefano Concetta, Di Bella Giuseppa, Filippello Giuseppa, Gangemi Sebastiano, Lo Giudice Alessio, Lo Schiavo Lidia, Martino Gabriella, Panzera Michele, Pellegrino Francesca, Piperopoulos Elpida, Presti Debora, Pulejo Luisa, Sapienza Daniela, Spanò Nunzia Carla, Venuti Valentina.

### Comitato Direttivo

Altadonna Alessio, Arfuso Francesca, Bellone Federica, Carbone Silvia, De Pascale Angelina, Fiore Angela, Galletta Antonino, Gangemi Chiara, Gianelli Claudia, Iuppa Claudio, Marino Maria Adele, Messina Nunziata, Mondello Cristina, Nalbone Luca, Pergolizzi Laura, Potenza Daniela, Prestipino Mauro, Raffaele Simona, Rizzo Rosalba, Schifiliti Valeria, Scimone Concetta, Scuruchi Michele, Totaro Cristina, Trifirò Caterina, Vasi Sebastiano.

Il progresso in campo scientifico e tecnologico ed il conseguimento di sempre nuovi ed affascinanti traguardi sono il frutto della dedizione di studiosi e ricercatori animati dall'intento di contribuire al processo di costruzione di una società evoluta.

I risultati delle sperimentazioni condotte e la loro analisi critica sovente divengono l'occasione per promuovere molteplici spunti di riflessione, talvolta capaci di sollecitare un approccio multidisciplinare utile a consolidare, da un lato, le conoscenze acquisite ed a consentire di varcare, dall'altro lato, nuove ed inesplorate frontiere.

Il confronto ed il dibattito che ne conseguono all'interno della comunità scientifica assumono la consistenza di potente fattore di stimolo ed apportano all'attività di studio e ricerca preziosa linfa vitale nel quadro di una impostazione metodologica incentrata sulla condivisione dei saperi.

In verità, ormai da tempo si assiste alla attivazione di molteplici e convergenti iniziative volte ad incentivare l'impiego di strumenti che permettano di favorire la completa e responsabile comunione dei saperi scientifici, unitamente ai dati e metodi che ne sono alla base.

Ciò, secondo una prospettiva che, al contempo, coniughi due differenti esigenze: rinvigorire la funzione della cooperazione nei processi di produzione della scienza ed implementare modelli di governance basati sulla condivisione delle conoscenze e finalizzati ad un maggiore coinvolgimento dei cittadini nel compimento delle scelte di fondo in campo politico e sociale. Si staglia, in questa direzione, il ruolo da ascrivere all'Accademia; le Università, difatti, perseguono sia finalità di ricerca, sia di formazione e contribuiscono a condividere, anche in favore del grande pubblico, nozioni e ricerche, sovente complesse, in forma accessibile e di facile comprensione.

Allo scopo di impedire che il dialogo tra scienziati e comunità sia rimesso ad estemporanee iniziative e, diversamente, al fine di conferire stabilità ad un virtuoso processo di divulgazione del sapere scientifico, incentrato su temi capaci di instillare curiosità e vivo interesse, è sorto l'intendimento di promuovere la realizzazione di una collana editoriale divulgativa, denominata *La Condivisione dei Saperi*, di taglio multidisciplinare, destinata ad accogliere contributi riferibili a ciascuna della 14 Aree CUN.

L'obiettivo è quello di ospitare opere di taglio monografico o collettaneo mediante le quali i docenti dell'Università degli Studi di Messina potranno far conoscere e divulgare i traguardi

ed i risultati scientifici conseguiti grazie alla passione che anima quotidianamente il proprio lavoro di studio, approfondimento e sperimentazione.

*La Condivisione dei Saperi* è pubblicata con il contributo dell'Università degli Studi di Messina.

Il Direttore

A Piero Angela,  
divulgatore di scienza e conoscenza

## INDICE

<b>Prefazione</b> LUCA BUSCEMA	17
<b>Prolusione</b> GIOVANNA SPATARI	19
<b>Introduzione</b> GIOVANNI MOSCHELLA	23
<b>Prologo</b> LUCA BUSCEMA “Prepararsi al futuro”. L’eredità morale di Piero Angela	27
<b>Alle origini...</b> DANIELA NOVARESE Aspetti dell’insegnamento scientifico nello <i>Studium Messanae</i> : il contributo dei galileiani (XVII secolo)	37

### PRIMA SEZIONE INFORMAZIONE E DIVULGAZIONE SCIENTIFICA

ALESSIO PLEBE, Demarcare la buona scienza	57
ANTONELLA CORRENTI, Le strategie di comunicazione tra scienza, diritto e divulgazione	71
SALVATORE SETTINERI, La dimensione emozionale nella divulgazione scientifica sulla salute	85
FILIPPO CAVALLARO - DEMETRIO MILARDI - GIUSEPPINA RIZZO, L’ABC della divulgazione: Angela, Barbero, ... Cervantes	101
ALESSANDRO SERGI - GABRIELLA MARTINO, Come in alto, così in basso: le strane coincidenze della vita, la Psicologia e la Meccanica Quantistica	109
FRANCESCO PIRA - CARMELA MENTO, La crisi del sapere scientifico: una lettura dei processi mediatici e delle vulnerabilità psicologiche che favoriscono le trappole delle fake news in sanità	123
ANTONIA CAVA - ALESSANDRA DIONISIO, La Rai racconta la medicina. Informazione, intrattenimento e nuovi modelli di divulgazione nello scenario post pandemico	135
KATIA TRIFIRÒ, La divulgazione scientifica sul palcoscenico del piccolo schermo. Piero Angela e “Quark”	149

DAVIDE ALIBERTI, <i>Angela e Punset: la divulgazione scientifica nella televisione italiana e spagnola. Modelli testuali e linguistici a confronto</i>	165
ANTONIO BAGLIO, <i>“Dietro le quinte della Storia”. La divulgazione storica nei libri e nei programmi televisivi di Piero Angela</i>	181
SONIA GAMBINO - GIOVANNI MESSINA - ENRICO NICOSIA - CARMELO MARIA PORTO, <i>L'indagine geografica nell'opera di divulgazione di Piero Angela</i>	193
PAOLA LABADESSA, <i>Esordi di divulgazione scientifica negli anni parigini di Piero Angela: uno sguardo sulla comunicazione bilingue</i>	201
ROSALBA RIZZO, <i>Il bilinguismo oggetto di divulgazione scientifica</i>	219

## **SECONDA SEZIONE TERRITORIO E SVILUPPO SOSTENIBILE**

### **Legalità e divari territoriali**

BRUNA PELLICANÒ, <i>Proteggere la P.A. dalle infiltrazioni criminali: enti pubblici territoriali e giogo mafioso</i>	231
FERDINANDO OFRIA - ROMANA GARGANO, <i>L'impatto criminale sulla produttività delle regioni italiane</i>	249
<b>Processi decisionali, ambiente e sviluppo sostenibile tra autorità e libertà di mercato</b>	
GIUSEPPE AVENA, <i>I metodi misti nel processo decisionale multi-attributo</i>	263
NUNZIATA MESSINA, <i>Il paesaggio e il difficile rapporto tra uomo e natura</i>	287
LAURA PERGOLIZZI, <i>Tutela dell'ambiente e attività amministrativa</i>	299
CONCETTA PARRINELLO, <i>Ambiente, mercato e sviluppo sostenibile: il temperamento tra interessi economici e ambientali</i>	309
BARBARA BOMBACI, <i>Il contratto nel prisma della tutela ambientale: spunti in tema di contratto ecologico alla luce dell'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile</i>	323
SUSANNA CAPPuccio, <i>Consumo responsabile e sviluppo sostenibile: il ruolo dell'informazione</i>	333
MICHELE CRISAFULLI, <i>E-Waste, inquinamento e tutela dell'ambiente. La «responsabilità estesa» del produttore e il diritto alla riparazione</i>	345

MARIA PIA MADAUDO, Il fenomeno del greenwashing	355
LAURA NATALIA ANNA TESTA, Il ruolo degli Enti del Terzo Settore per la sostenibilità ambientale	365
<b>Rivoluzione industriale e sviluppo sostenibile</b>	
FEDERICA FAVALORO - ANTONIO DENARO - GUIDO DI BELLA - CHIARA BORSELLINO, Industria 5.0: la prossima rivoluzione industriale	381
MARIA CRISTINA CINICI - DANIELA BAGLIERI - ALBA MARINO, Transizione energetica, convergenze settoriali ed ecosistemi innovativi: quali sfide per l'Etna Valley?	397
ATTILIO AZZARELLI - FILIPPO CUCINOTTA - FRANCESCO LONGO - GABRIELE MARABELLO CANDIDA MILONE - ANTONIO PIPITONE - MARCELLO RAFFAELE - GIACOMO RISITANO Air Factories: uno sguardo verso la produzione del futuro	415
GUIDO DI BELLA - CHIARA BORSELLINO - GABRIELE MARABELLO, Stampa 3D: verso nuovi modi di produrre	439
SONIA MARRARA - SEBASTIANO VASI, L'importanza della fisica nelle celle solari per un mondo più pulito	459
<b>Sviluppo sostenibile, navigazione e tutela dell'ecosistema marino</b>	
VINCENZO CRUPI - GABRIELLA EPASTO - PASQUALINO CORIGLIANO - GIULIA PALOMBA, L'Università di Messina alla Monaco Energy Boat Challenge: sostenibilità e innovazione per la nautica del futuro	471
IOLANDA BORZÌ, Origini e prospettive future del controllo del traffico marittimo	483
ANNA LAZZARO, Pubblica amministrazione e transizione ecologica: i c.d. green ports	497
EDOARDO PROVERBIO - ROBERTO MONTANINI - CANDIDA MILONE - SALVATORE DE CARO GUIDO DI BELLA - SIMONE PANFIGLIO, La tutela dell'ambiente marino attraverso l'innovazione tecnologica e il coinvolgimento della rete del cluster tecnologico NAVTEC	513
ELPIDA PIPEROPOULOS - LUIGI CALABRESE, Marea nera: cause, conseguenze e rimedi tradizionali ed innovativi	531
<b>“Oltre i confini conosciuti”: dalle profondità della terra allo spazio extra-atmosferico</b>	
SILVIA SCOLARO - CRISTINA TOTARO - BARBARA ORECCHIO - DEBORA PRESTI, La sequenza sismica del 1968 nella Valle del Belice, Sicilia occidentale: nuove ricerche risolvono le ambiguità sulla sorgente dei terremoti	549
FRANCESCA PELLEGRINO, Lo sviluppo sostenibile dello spazio extra-atmosferico. Il fenomeno dei detriti spaziali	571

**TERZA SEZIONE**  
**LAVORO E PREVIDENZA SOCIALE TRA UNIVERSALITÀ E SOSTENIBILITÀ**

FORTUNATO FRENI, Le comunità eticamente ispirate e le nuove forme di lavoro della transizione eco-digitale	593
ANGELA MARCIANÒ, Il danno biologico del lavoratore: dalla reasonable practicability britannica alla massima sicurezza tecnologicamente possibile italiana	611
GIANNI TOSCANO, Viaggio nel sistema pensionistico italiano: un “patto tra le generazioni” in equilibrio instabile	635
LOREDANA FERLUGA, Brevi note in materia di previdenza complementare	649
ELENA GIRASELLA, “Serviranno più immigrati” (parola di Piero Angela). Contorni e limiti di una normativa anacronistica	665

**QUARTA SEZIONE**  
**CULTURA UMANISTICA, ARTE, IDENTITÀ**

<b>Alla ricerca del mito...</b>	
ROSA SANTORO, Giasone e la fuga dal mito. Scritture e riscritture di un eroe difettoso	679
FELICIANA LORELLA PENNISI, Seneca, <i>Agamennone</i> . Voci di donne	697
ANTONELLA CINZIA MARRA, I Ciclopi di Sicilia tra Mito e Storia Naturale	715
<b>Identità in dialogo, tra religione, arte, spettacolo e spazi urbani</b>	
MARIANGELA MONACA, Saper parlare di Dio, si può? La comunicazione storico-religiosa come strumento di pace e di dialogo tra i popoli	735
DANIELA POTENZA - FULVIA SARNELLI, Riflettendo sull'identità araba americana con Yussef El Guindi e Mohja Kahf	745
ALESSANDRO ARANGIO, Spazio urbano e potere: identità confliggenti nell'esperienze berlinese	761
ANGELA FIORE, «Una bellezza oscurata»: musica e divulgazione attraverso Piero Angela	773
<b>Le nuove frontiere della tutela e promozione del patrimonio culturale</b>	
ELENA DI BLASI, La valorizzazione nel paesaggio urbano della Sicilia orientale attraverso i giacimenti culturali: l'Art Nouveau	789
MARTA TIGANO, Il patrimonio culturale religioso. Musei ecclesiastici e nuove tecnologie digitali	801

<b>Trasformazioni sociali e relazioni familiari tra autonomia (patrimoniale) e istanze solidariste</b> CHIARA CAPOMOLLA, I rapporti interpersonali tra immanenza storica e tradizione giuridica	825
---	-----

**QUINTA SEZIONE  
SALUTE E STILE DI VITA**

**Cibo e salute**

ROSALIA CAVALIERI, Dimmi cosa mangi e ti dirò che animale sei. L'esperienza del gustare tra natura e cultura	845
NATASHA IRRERA - GIUSEPPE SPADARO - ANGELICA GIACOPELLO - ALESSANDRA BITTO, Nutrigenomica: implicazioni dietetiche e farmacologiche	863
GIOVANNI FICARRA - RITA LAURO - FEDERICA MANNINO - NATASHA IRRERA LAURA DE MARIA - TERESA GERVAZI - NICOLA CICERO - ALESSANDRA BITTO, Ulva Lactuca: una fonte di nuovi supplementi nutrizionali dal Lago di Ganzirri	875
MARINA RUSSO, L'olio extravergine d'oliva: il perfetto equilibrio tra nutrizione e salute	887
GIUSEPPA DI BELLA - VINCENZO NAVA - ANGELA GIORGIA POTORTÌ - VINCENZO LO TURCO AMBROGINA ALBERGAMO, Il miele e l'apicoltura dell'areale del Mediterraneo	897
FEDERICA SPINOLA - LUCA NALBONE - ALESSANDRO GIUFFRIDA - GRAZIELLA ZIINO FILIPPO GIARRATANA, Intossicazione da istamina: la sindrome sgombroide	923
GIORGIA SORRENTINO - LUCA NALBONE - ALESSANDRO GIUFFRIDA - GRAZIELLA ZIINO, Filippo Giarratana, Batteri persistenti negli alimenti	937
<b>Ambiente e salute</b>	
ANTONIO PUGLIESE, La Morte Nera e le sue sorelle. Un viaggio fra le pesti nel corso della storia	953
PAOLA DI MAURO, Albori della medicina ambientale. Walter Reed di Bertolt Brecht	963
FABRIZIO GUARNERI, Masquerade. Mimetismo molecolare: storie di microbi, sosia e inganni del sistema immune	977
STEFANIA ISOLA - SEBASTIANO GANGEMI, Ambiente e salute: le allergopatie respiratorie	995
LUISA RICCIARDI, Api, Vespe e Calabroni; stop alla paura!	1005
ELISA VENERA RUELLO - FRANCESCA MARIA SALMERI - CARLO SANSOTTA, Tatuaggi: rischi poco conosciuti	1013

<b>Salute e stile di vita tra scienza, autodeterminazione e incriminazione</b> LETIZIA VALENTINA LO GIUDICE, Il ruolo della ricerca scientifica nella codificazione degli obblighi internazionali di incriminazione: la disciplina italiana in tema di sostanze stupefacenti	1031
<b>Salute, benessere psicologico e stile di vita</b> MARIELLA VALENZISE - MALGORZATA WASNIEWSKA, Le patologie tiroidee autoimmuni in età pediatrica	1049
LUIGI DONATO - CONCETTA SCIMONE - SIMONA ALIBRANDI - DOMENICO MORDA' CARMELA RINALDI - ROSALIA D'ANGELO - ANTONINA SIDOTI, Nel labirinto delle distrofie retiniche ereditarie: alla scoperta delle Terapie innovative e delle visioni del futuro	1059
GIUSEPPE DATILO - ANTONIO MICARI - GIANLUCA DI BELLA Scompenso Cardiaco: la sindrome del XXI secolo	1073
CHIARA SPATOLA - MATTEO ALOI - GABRIELLA MARTINO, L'evitamento esperienziale e il benessere psicologico nei pazienti con malattia cardiaca	1087
ANTONINO CATALANO - FEDERICA BELLONE - GABRIELLA MARTINO NUNZIATA MORABITO, L'Ansia: un nuovo fattore di rischio per l'osteoporosi?	1097
SILVIA CARBONE, Talassemia a Messina. Un approccio sociologico alla malattia cronica	1103
LOREDANA BENEDETTO, Coltivare il benessere psicologico: il ruolo della self-compassion	1109
CLAUDIA GIANELLI, Cognizione incarnata e didattica: dal movimento all'apprendimento	1129
MATTEO ALOI - CHIARA SPATOLA - GABRIELLA MARTINO, Metacognizione e disregolazione emotiva nel gioco d'azzardo patologico	1137
MASSIMO INGRASSIA, Tra reale e virtuale. Processi di sviluppo psicologico e benessere nell'era della tecnologia digitale	1151
ANTONINO BUCCA, I linguaggi della follia	1173
<b>Diritto alla salute, principio di autodeterminazione e responsabilità</b> CATERINA ANGELINO, Il diritto di autodeterminazione terapeutica alla prova dell'intelligenza artificiale: tra vecchi dogmi e nuove prospettive	1191
<b>La sfida dei vaccini di nuova generazione: nuove traiettorie mediche, microbiologiche e giuridiche</b> FRANCESCO ASTONE, Prefazione. La sfida dei vaccini di nuova generazione: nuove traiettorie mediche, microbiologiche e giuridiche	1209

MARIA TERESA SCIORTINO - ROSAMARIA PENNISI,  
I nuovi Virus e SARS-CoV-2 nell'era globale 1213

ANTONINO ASTONE, Danno da somministrazione di vaccino anti Sars-Cov-2-  
e profili di responsabilità 1225

ADELAIDE MADERA, Vaccini anti-COVID-19 e nuove forme di obiezione di coscienza:  
nuove sfide per l'esercizio della libertà religiosa? 1253

**In sala operatoria...professionalità, qualità e sicurezza delle cure**

MARIACRISTINA VADALÀ - VINCENZO FRANCESCO TRIPODI - ANNA TERESA MAZZEO,  
Il ruolo fondamentale dell'Anestesista-Rianimatore in una società vitale 1267

RICCARDO LAUDICELLA - SERGIO BALDARI,  
Teragnostica in medicina nucleare: verso la medicina di precisione 1283

FRANCESCO TOMAIUOLO - CARMELO VICARIO - CRISTINA FOTI - GIADA GARUFI  
ANTONINO GERMANÒ - SALVATORE MASSIMILIAO CARDALI, Circonvoluzioni e solchi cerebrali  
come punti di repere strategici per la localizzazione e rimozione  
dei tumori cerebrali sottocorticali 1295

**SESTA SEZIONE**

**IL REGNO ANIMALE - GLI ANIMALI DA COMPAGNIA ED IL LORO BENESSERE**

DANIELA ALBERGHINA - FABIOLA GIUNTA - MICHELE PANZERA,  
Consigli al futuro proprietario per una scelta più consapevole del cucciolo da acquisire 1309

ALESSANDRA LANDI - VITO BIONDI - SALVATORE MONTI - ANNAMARIA PASSANTINO  
MICHELA PUGLIESE, Cardiopatie congenite nel cucciolo:  
dalla gestione alle conseguenze medico-legali 1323

GABRIELE CERVINO - LUCA FIORILLO - FILIPPO SPADOLA - MAURO CAVALLARO - MATTEO PEDITTO  
- GIACOMO OTERI, Biomateriali innovativi per la riparazione dei gusci di tartaruga 1337

**SETTIMA SEZIONE  
IN FONDO AL MAR...**

ALEX CARNEVALE, Zonazione e caratterizzazione ambientale dei fondali marini  
del Mar Mediterraneo 1355

MARIACHIARA COSTANZO, La sorprendente biodiversità dello Stretto di Messina 1363

CLAUDIO D'IGLIO, Otoliti: la carta d'identità dei pesci 1371

SERGIO FAMULARI, La plastica: minaccia alla vita subacquea 1387

DARIO DI FRESCO, Come la plastica modella l'ambiente: Plastisfera 1403

**OTTAVA SEZIONE  
MATEMATICA E....**

Presentazione 1414

GIOVANNI ANELLO, Matematica e curve piane 1415

ELVIRA BARBERA - ANNAMARIA POLLINO - EMANUELE SGROI,  
Matematica e le sue macchine 1427

MADDALENA BONANZINGA - DAVIDE GIACOPELLO, Matematica e musica 1443

GIANCARLO CONSOLO - GABRIELE GRIFÒ, Matematica e biologia 1459

ANTONIO FICARRA - GIANCARLO RINALDO, Matematica e crittografia 1477

PIERANDREA VERGALLO - ALESSANDRA RIZZO, Matematica e cartografia 1487

**NONA SEZIONE  
LE NUOVE TECNOLOGIE TRA AFFIDABILITÀ E PROSPETTIVE INEDITE**

GRAZIELLA SCANDURRA - CARMINE CIOFI, L'affidabilità dell'Elettronica 1501

FRANCESCO ASTONE, L'intelligenza artificiale applicata alle decisioni amministrative 1521

MARIA FRANCESCA TOMMASINI, Le opere d'arte NFT ed il mercato digitale 1535

Profilo biografico degli autori 1549

## PREFAZIONE

Per lungo tempo, Piero Angela, “facendo ingresso” nelle case degli italiani attraverso programmi televisivi di successo, ha rappresentato, con garbo e pacatezza, l’emblema del processo di comunicazione della scienza capace di consentire la comprensione di concetti complessi ed articolati mediante l’impiego di un eloquio semplice ed accessibile.

Fulgido esempio della passione nutrita per lo studio, l’approfondimento, la conoscenza, per tali motivi, il 24 novembre 2017, è stato insignito dall’Università degli Studi di Messina del dottorato di ricerca *honoris causa* in “Biologia Applicata e Medicina Sperimentale”.

Ispirandosi ai suoi insegnamenti e con l’intento di rendere omaggio alla sua memoria, a distanza di pochi mesi dalla sua scomparsa, è stata indetta una “call for papers” rivolta nei confronti del personale docente dell’Ateneo peloritano al quale è stato domandato di redigere un saggio che, traendo spunto dal modello narrativo promosso da Piero Angela, potesse compiutamente perseguire il fine di illustrare, adoperando un lessico facilmente intellegibile, pur non rinunciando al dovuto rigore scientifico, contenuti culturali, financo complessi, ma, in ogni caso, di possibile interesse generale.

Sono pervenute dissertazioni riferibili a molteplici settori scientifico-disciplinari grazie alla partecipazione di una vasta platea di esperti del settore della comunicazione e di dottorandi, dottori ed assegnisti di ricerca, ricercatori, professori associati ed ordinari, in servizio ed in quiescenza, dell’Università di Messina.

Il volume è composto da 105 contributi, frutto dell’impegno profuso da 198 autori, in alcune sue parti risultato della rielaborazione e dell’approfondimento di indagini e studi già contenuti all’interno di saggi in precedenza pubblicati in riviste, opere collettanee o monografie, espressione dell’intendimento di coinvolgere la società civile nell’ambito di una riflessione incentrata sull’importanza della disseminazione della cultura, scientifica ed umanistica.

“*La comunicazione della scienza. Tributo in onore di Piero Angela*” costituisce un’opera editoriale sorretta dal desiderio di conferire ai temi della divulgazione e della condivisione dei saperi il valore di condizione essenziale per la partecipazione ai processi di costruzione democratica di una società evoluta che, in verità, «*non può basarsi sull’ignoranza dei problemi, perché uno dei suoi grandi obiettivi è proprio quello di rendere i cittadini responsabili e consapevoli, in modo che possano esercitare i loro diritti utilizzando al meglio la loro capacità di capire*» (Piero Angela, *Viaggi nella scienza*, 1982, 46).

Luca Buscema

Giovanna Spatari

## PROLUSIONE

Nel contesto di una società complessa, dove, a velocità costantemente crescente, il progresso scientifico e tecnologico si dimostra inarrestabile, l'intero ciclo della ricerca e della produzione di nuova conoscenza postula che l'Università assuma le vesti di protagonista stimolando la curiosità dei ricercatori e incoraggiandone il desiderio di conseguire nuovi traguardi.

La divulgazione del sapere, lo sviluppo del pensiero critico e la disseminazione culturale divengono, in quest'ottica, fattore di propulsione dell'azione accademica, comprensiva, in verità, del ricorso a metodi innovativi per la misurazione dell'impatto e per la valutazione della ricerca e dei suoi prodotti, unitamente all'impiego di nuove forme di co-produzione e di condivisione dei risultati con i diversi, possibili attori sociali.

Si innestano, in questa direzione, *inter alia*, processi formativi tesi a sviluppare nuove competenze e a generare la formulazione di programmi di pubblico interesse, l'attivazione di iniziative di democrazia partecipativa e l'organizzazione e promozione di attività di pubblica utilità contraddistinte, quest'ultime, da un indiscusso valore educativo e culturale e prioritariamente rivolte a beneficio di un uditorio non (necessariamente) accademico.

Ne consegue l'instaurazione di un costante dialogo tra l'Università e la società civile, incentrato su metodi volti a enfatizzare interazione e confronto, sintonia e condivisione.

Il tutto, nell'intento di generare e favorire un'autentica innovazione culturale non ristretta al campo tecnico-scientifico, bensì declinata nella prospettiva di un "novello umanesimo", da intendersi quale tratto caratterizzante di una comunità sociale realmente progredita ed inclusiva.

Centrale è, in tal senso, l'impegno profuso nella direzione di incoraggiare il dibattito, il rapporto dialettico, il raffronto, non preconcepito, tra "tesi ed antitesi", nell'ottica della comprensione della profondità e complessità sia del pensiero scientifico, sia della cultura

umanistica, ambiti del sapere chiamati ad interagire in vista di un costante, reciproco arricchimento, sovente frutto di una “non occasionale”, vicendevole contaminazione.

Prospettiva che viene rimessa ad un modello di trasmissione della conoscenza incentrata su metodi divulgativi che sappiano garantire integrità e correttezza dei contenuti condivisi pur ricorrendo a un linguaggio semplificato e accessibile, ovviamente prestando attenzione a non scadere in banalità o, peggio ancora, nel travisamento del significato delle nozioni rappresentate.

Obiettivi e finalità perseguiti, come noto, nel corso di diversi decenni, da parte di Piero Angela, personaggio poliedrico, pioniere ed emblema del ricorso ad un lessico capace di soddisfare il desiderio di conoscenza “dell’uomo comune”, traducendo in un “gergo noto ai più” concetti sovente complessi e sorretti da (apparentemente) inestricabili tecnicismi, non rinunciando, tuttavia, in nessun caso al rigore e alla serietà scientifica.

In ciò, essenzialmente, il debito di riconoscenza e gratitudine nei riguardi di Piero Angela, simbolo di una “consapevolezza culturale diffusa” capace di far riflettere su temi scientificamente cruciali e di far crescere e maturare su di essi l’attenzione dell’intera comunità.

Per questa ragione, il 24 novembre 2017, Piero Angela è stato chiamato a far parte della nostra comunità accademica in seguito al conferimento del dottorato di ricerca *honoris causa* in “Biologia Applicata e Medicina Sperimentale”.

Ed oggi, a distanza di circa un anno dalla sua scomparsa, l’Università degli Studi di Messina vuole confermare e rinnovare quel debito tributandogli un doveroso ringraziamento mediante la pubblicazione di un volume collettaneo, in sua memoria, ove si trovano raccolti i risultati delle ricerche condotte, in chiave multidisciplinare e con un approccio, per così dire, “trasversale”, da molti dei nostri colleghi e giovani ricercatori.

È questa una ulteriore testimonianza che porta ad affermare e consolidare il senso di appartenenza ad una comunità accademica, qual è la nostra, vivace, dinamica, competente e, soprattutto, animata dal desiderio di condividere ideali e valori comuni, attraverso attività di ricerca scientifica che possano contribuire al progresso, materiale e spirituale, dell’intera società civile.

Con questo spirito, nella qualità di Rettore dell'Università degli Studi di Messina, manifesto il mio personale e più vivo compiacimento per un'iniziativa editoriale che ha quale ulteriore obiettivo quello di contribuire a far comprendere a tutti la complessità e la bellezza della scienza.

**Processi decisionali, ambiente e sviluppo sostenibile  
tra autorità e libertà di mercato**

I METODI MISTI NEL PROCESSO DECISIONALE MULTI-ATTRIBUTO

1. Introduzione. – 2. L'analisi multicriterio nei sistemi di supporto alle decisioni. – 3. Il processo decisionale. – 4. I metodi MCA e MCDA. – 5. Le diverse tipologie di metodi misti. – 6. Considerazioni conclusive. – 7. Bibliografia.

1. Introduzione

L'obiettivo di questo contributo è fornire una panoramica esaustiva dell'analisi multicriterio per le decisioni (MCDA), una disciplina finalizzata a fornire supporto ai decisori di fronte a valutazioni numerose e conflittuali, agevolando il raggiungimento di una soluzione di compromesso in modo trasparente.

Inizialmente viene descritta una panoramica complessiva di quella che è l'analisi multicriterio, incentrandosi sui principali aspetti tecnici, per poi addentrarsi in modo più sostanziale e tecnico su quelli che sono gli aspetti più rilevanti del processo decisionale. Fornendo preventivamente concetti propedeutici per spiegare le fasi di un'analisi multicriterio per lo sviluppo di un processo decisionale.

Questa forma di analisi consiste in una serie di procedure utilizzate per confrontare diverse alternative, ciascuna basata su criteri distinti, con particolare attenzione all'importanza relativa attribuita a ciascun criterio.

Successivamente vengono esposti in maniera generale e analitica i seguenti metodi:

- MULTI CRITERIA ANALYSIS (MCA) è un insieme di strumenti quantitativi utilizzati per valutare alternative caratterizzate da criteri multipli e in conflitto.
- MULTIPLE-CRITERIA DECISION AID (MCDA) hanno conosciuto un notevole sviluppo negli ultimi 30 anni, definendo numerosi metodi e strumenti per individuare quelli più opportuni per la soluzione del problema decisionale preso in esame.

Infine, approfondendo l'analisi sui metodi misti, dove saranno descritte le caratteristiche, i principali metodi ed il livello di attuazione.

## 2. L'analisi multicriterio nei sistemi di supporto alle decisioni

L'analisi multicriterio comprende un insieme di tecniche utilizzate per valutare alternative considerando diversi criteri eterogenei e valutando esplicitamente l'importanza relativa di ciascuno di essi. A differenza dell'analisi costi-benefici, in cui gli elementi rilevanti vengono resi commensurabili attraverso la loro conversione in valori monetari (o considerando gli impatti monetari associati), nell'analisi multicriterio i criteri decisionali sono espressi su una scala normalizzata e confrontati sulla base di un peso che può essere determinato attraverso diversi metodi. La determinazione dei criteri e la loro pesatura non possono avvenire senza la partecipazione della parte decisionale, la quale deve stabilire quali sono i risultati attesi. La sola attività tecnica si deve confrontare con gli aspetti strettamente tecnico-normativi, ma l'applicazione delle norme lascia spazio, in genere, a tante soluzioni, per questo sono necessari gli indirizzi progettuali che devono trovare riscontro nell'analisi multicriterio. In pratica, le fasi principali di un'indagine multicriterio sono:

- identificare le alternative;
- identificare i criteri di valutazione (esempio: costo, impatti ambientali, ricadute occupazionali, ecc.);
- stimare i pesi da attribuire ai criteri;
- misurare le caratteristiche di ogni alternativa relativamente ad ogni criterio (esempio: costo di ogni alternativa, impatti ambientali di ogni alternativa);
- normalizzare le misure secondo una scala confrontabile;
- calcolare i valori sintetici.

Nel processo decisionale (*decision making*) è possibile identificare 3 diversi step:

1. la formulazione di alternative o scenari;
2. La valutazione delle alternative, si concentra sulle conseguenze future, basandosi su uno o più criteri che possono essere eventualmente quantificati tramite indicatori;
3. la scelta, implica la selezione di un'opzione tra quelle considerate, basandosi sull'esito della valutazione condotta.

Si può definire una decisione quando chi deve decidere si trova di fronte a diverse alternative tra cui scegliere. Lo studio delle decisioni può avvenire in due modi: descrittivo o normativo. Chi segue un approccio descrittivo cerca di comprendere come le decisioni vengono

effettivamente prese in vari contesti, mentre chi segue un approccio normativo cerca di determinare come le decisioni dovrebbero essere prese, basandosi su ideali di razionalità (come nella teoria economica delle decisioni).

Per prendere decisioni in modo razionale, chi decide deve essere consapevole delle opzioni disponibili e delle loro possibili conseguenze. Tuttavia, spesso chi decide non dispone di tutte le informazioni necessarie, potendo non conoscere tutte le opzioni o non essere in grado di prevedere tutte le conseguenze possibili. Inoltre, le conseguenze di una decisione dipendono non solo dalle azioni scelte, ma anche dalle condizioni del contesto in cui si svolge il processo decisionale, note come *stato di natura*.

Di conseguenza, una decisione è caratterizzata dall'azione scelta, dallo *stato di natura* e dalle conseguenze dell'azione (ovvero il risultato). A seconda del livello di conoscenza dello *stato di natura* da parte di chi decide, si possono distinguere diversi casi:

- decisioni in situazioni di certezza, quando il decisore è a conoscenza dello *stato di natura*;
- decisioni in situazioni di rischio, quando il decisore, sebbene non abbia una conoscenza diretta dello *stato di natura*, possiede una valutazione delle probabilità associate a ciascuna eventualità.
- decisioni in situazioni di incertezza, quando il decisore non ha conoscenza né dello *stato di natura* né delle probabilità associate ai vari stati possibili.

Nell'ambito aziendale, i processi per raggiungere una decisione ottimale non possono dipendere esclusivamente dall'analisi multicriterio; è essenziale considerare anche i processi aziendali coinvolti e, soprattutto, i dati derivanti da essi. Integrare l'analisi multicriterio in strumenti informatici di supporto decisionale, che includono database, modelli matematici, simulazioni aziendali e MCDA, può risultare vantaggioso. Questi strumenti, noti come Sistemi di Supporto alle Decisioni (DSS), offrono una vasta gamma di tecnologie per assistere il decisore nel processo decisionale. Il concetto di DSS è molto vasto e non c'è una definizione univoca. Keen (1980) sostiene che non sia possibile dare una definizione esatta che includa tutti gli aspetti di un DSS. Tuttavia, in letteratura, numerosi autori propongono definizioni sia concettuali che pratiche a livello tecnico. Secondo Finlay (1994) il DSS è «un sistema *computer-based* che aiuta il processo decisionale». Più precisamente per Turban (1995) il DSS è «un sistema informatico *computer-based* interattivo, flessibile e adattabile, sviluppato

principalmente per supportare la soluzione di un processo decisionale non strutturato...». Sprague e Carlson (1982), considerano i sistemi di supporto alle decisioni come «sistemi interattivi *computer-based* che aiutano il decisore ad utilizzare dati e modelli per risolvere problemi non strutturati». Per Power (1997) il DSS è un sistema informativo interattivo progettato per agevolare le attività decisionali, fornendo assistenza ai manager nell'individuare, sintetizzare e analizzare informazioni cruciali. Questo sistema accelera e facilita il processo decisionale e facilita la comunicazione e l'apprendimento delle decisioni. Infine, i modelli di ottimizzazione e simulazione sono riconosciuti come *reale DSS*.

In generale, un DSS agisce sia come un processo che come uno strumento per affrontare questioni troppo intricate per essere gestite completamente da una mente umana ma troppo qualitative per essere elaborate dai computer. La presenza di obiettivi multipli può rendere ancor più complesso il compito del decisore, soprattutto quando sono in conflitto tra loro. Come processo, un DSS rappresenta un approccio metodico per guidare decisori e *stakeholder* attraverso l'esplorazione di tutte le alternative possibili, la valutazione delle opzioni disponibili e l'identificazione della soluzione ottimale per risolvere il problema. Inoltre, come strumento, il DSS fornisce funzionalità per individuare alternative e mezzi per condurre un'analisi comparativa, stabilire precedenze ed effettuare scelte basate su criteri, obiettivi e vincoli specifici richiesti dall'utente.

Un approccio partecipativo in grado di coinvolgere gli utenti, i pianificatori e i decisori a tutti i livelli è considerato un elemento cruciale per il successo di un DSS. Infatti, spesso gli utenti non riescono a definire appieno i requisiti e le aspettative del processo decisionale fin dall'inizio; il loro coinvolgimento costante consente di valutare attentamente il problema e partecipare efficacemente alla sua risoluzione.

Un'interfaccia *user-friendly* rappresenta un'altra proprietà cruciale per il successo di un DSS, poiché le interfacce complesse scoraggiano l'utilizzo dei sistemi di supporto decisionale. Basandosi sugli strumenti o sui componenti che svolgono le funzioni principali all'interno di un DSS, Power (1997) ha classificato i sistemi di supporto decisionale, in: *communication-based*, *data-based*, *document-based*, *knowledge-based* e *model-based*. Nella realtà, le decisioni si sviluppano attraverso processi complessi che coinvolgono molteplici attori, ognuno con obiettivi e interessi divergenti. Il primo passo cruciale per lo sviluppo di un DSS efficace è

individuare il problema decisionale, comprendere il processo decisionale attuale e identificare gli *stakeholder*, le loro responsabilità, i loro interessi e i meccanismi legali e gestionali coinvolti, nonché i vincoli politici, istituzionali e socio-economici che influenzano il processo decisionale.

Generalmente, il processo decisionale è strutturato in:

- opzioni di controllo, ossia azioni, strategie e/o regole che possono essere adottate per controllare il comportamento del sistema;
- criteri, utilizzati per valutare le prestazioni del sistema;
- obiettivi, che comprendono il tipo di ottimizzazione da applicare per ciascun criterio;
- vincoli, che sono soglie imposte per alcuni o tutti i criteri allo scopo di rendere le diverse alternative accettabili o raggiungibili.

I sistemi di supporto alle decisioni aiutano a scegliere la migliore opzione di controllo, bilanciando il rispetto dei vincoli con l'ottimizzazione degli obiettivi. La fase di definizione e progettazione di queste opzioni è fondamentale. Le variabili incontrollabili sono fattori esterni non influenzabili che impattano comunque sulle performance del sistema. Il fine ultimo del DSS è ottenere una decisione finale sensibile e robusta. I criteri di scelta si traducono in indicatori che misurano le performance del sistema in base alle diverse opzioni di controllo. Gli obiettivi da raggiungere sono associati ad alcuni indicatori, per i quali è necessario minimizzare o massimizzare il valore. I vincoli definiscono dei limiti minimi o massimi per gli indicatori e possono essere stabiliti da regole o esperienze precedenti sul problema, escludendo di conseguenza le alternative che non possono essere accettate. Le variabili aggiuntive, non considerate criteri di scelta ma comunque importanti per il decisore, sono definite come variabili interne. I vincoli fisici e pratici del sistema si gestiscono con l'introduzione di valori soglia, sia per le variabili controllabili che per quelle non controllabili. Questo processo consente di generare un set di possibili opzioni di controllo per il sistema, variando i valori delle variabili di controllo. Ciascuna opzione di controllo determina una specifica risposta del sistema, che viene sintetizzata e misurata attraverso gli indicatori. Le risposte o le performance del sistema vengono esaminate, valutate e confrontate utilizzando strumenti di analisi multicriterio per ottenere un *ranking* finale delle alternative e, eventualmente, selezionare l'alternativa preferita come soluzione del processo decisionale. È importante evidenziare che i criteri multipli e conflittuali necessitano l'introduzione di pesi,

che possono essere assegnati sia direttamente che indirettamente, per consentire un confronto univoco tra i criteri stessi. Questi pesi definiscono l'importanza relativa dei vari criteri rispetto alla funzione obiettivo, consentendo una valutazione differenziata di ciascun criterio. Dopo aver identificato e strutturato il problema decisionale in termini di azioni di controllo, criteri, obiettivi e vincoli, i pilastri fondamentali di tale processo comprendono la formalizzazione delle aspettative, la valutazione delle alternative possibili e la selezione della soluzione (possibilmente ottimale) dall'insieme di alternative precedentemente individuate. Quest'ultimo step può essere affrontato mediante l'applicazione dell'analisi multicriterio.

Gli esiti di una valutazione, in un dato contesto decisionale possono essere espressi attraverso la seguente funzione valutativa:

$$V = f(O, C, A)$$

In cui  $O$  rappresenta gli obiettivi,  $C$  i criteri, ed  $A$  le alternative.

I criteri rappresentano l'operazionalizzazione degli obiettivi, cioè il modo di esprimere gli obiettivi in termini misurabili per poter confrontare le alternative tra loro. La creazione di un criterio richiede la precisa definizione di tre elementi:

- **semantica:** la chiara definizione del significato del criterio;
- **metrica:** il metodo utilizzato per misurare il criterio;
- **funzione di risposta del criterio:** come il criterio reagisce nel giudicare le alternative.

Per essere considerata una *famiglia*, un insieme di criteri in una valutazione deve soddisfare alcuni requisiti:

1. **esaustività:** tutti gli obiettivi devono essere rappresentati e tradotti in criteri operativi, non ci devono essere aspetti rilevanti non coperti dai criteri;
2. **non ridondanza:** i criteri non devono sovrapporsi o avere lo stesso significato, ciascuno deve aggiungere informazioni uniche e non replicare quanto già espresso da altri.

In numerosi metodi di analisi multicriterio, il cuore del processo è rappresentato dalla matrice di valutazione. Questa matrice consente di valutare diverse alternative, che sono elencate nelle righe, in base a vari obiettivi o criteri, disposti nelle colonne. La Tabella 1 riporta una matrice di valutazione delle alternative A1 e A2 basata su tre criteri, C1, C2 e C3.

Tabella 1 – Matrice di valutazione delle alternative

	C1	C2	C3
A1	0.4	30	...
A2	0.5	65	...

L'assegnazione dei pesi agli obiettivi è un passo fondamentale nell'analisi multicriterio. I pesi, infatti, riflettono l'importanza relativa di ciascun obiettivo nel processo decisionale. In pratica, è comune assumere che i termini *priorità* e *peso* siano sinonimi. Esistono diverse tecniche per assegnare i pesi, alcune semplici e altre più complesse; quelle più semplici e diffuse sono: l'assegnazione diretta e la tecnica del confronto a coppie.

Le tecniche più complesse si basano sull'ordine di priorità degli obiettivi, anche se incompleto. Queste tecniche includono:

1. Valore atteso: si calcola la media ponderata dei valori degli obiettivi, dove i pesi sono le probabilità che ciascun obiettivo sia il più importante.
2. Valore estremo: si considera il valore del miglior obiettivo o del peggior obiettivo, a seconda del caso.
3. Pesi casuali: si assegnano pesi casuali agli obiettivi e si ripete l'analisi multicriterio più volte. I risultati di queste analisi vengono poi utilizzati per calcolare i pesi finali.

In tutti questi metodi, il decisore non fornisce valutazioni quantitative sull'importanza di un criterio rispetto ad un altro, ma indica semplicemente l'ordine di importanza, assumendo che la somma dei pesi sia normalizzata a uno. Nell'*assegnazione diretta*, si attribuisce un peso o un giudizio a un criterio o obiettivo, seguendo una scala di valutazione definita precedentemente. Nella *tecnica del confronto a coppie*, ogni criterio o obiettivo viene confrontato con tutti gli altri. I risultati di questi confronti vengono riportati in una matrice quadrata, chiamata matrice dei confronti a coppie che è sempre positiva, ossia tutti i valori sono numeri positivi, e reciproca per cui per ogni coppia di criteri (A e B), il valore nella matrice che confronta A con B è l'inverso del valore che confronta B con A. Questa reciprocità rende la matrice simmetrica rispetto alla diagonale principale.

La Tabella 2 mostra un esempio di matrice dei confronti a coppie.

Tabella 2 - Matrice dei confronti a coppie

	C1	C2	C3
C1	1	6	$\frac{1}{4}$
C2	$\frac{1}{6}$	1	3
C3	4	$\frac{1}{3}$	1

Successivamente, tali valori vengono aggregati in un vettore finale di pesi relativi a ciascun criterio o obiettivo. Al fine di verificare l'accuratezza della valutazione degli obiettivi del problema, è possibile effettuare un'*analisi di sensitività*. Esistono tre principali tipologie di analisi di sensitività:

- 1) Sensitività sul metodo: viene applicato un metodo di standardizzazione dei dati diverso e, quando possibile, un metodo di calcolo dei punteggi finali differente. Questo serve a controllare l'impatto dei risultati dovuto al metodo di calcolo utilizzato.
- 2) Sensitività sui criteri: si assicura la validità dello schema adottato aggiungendo o rimuovendo alcuni criteri decisionali.
- 3) Sensitività sui pesi (la più comune): i giudizi relativi all'importanza di alcuni criteri vengono modificati per valutare l'influenza di ciascun fattore sulla decisione finale.

### 3. Il processo decisionale

Il processo decisionale può avvenire automaticamente, ossia senza esplicitare l'opportunità stessa di prendere una decisione. Questo ci porta al primo elemento di una definizione del processo decisionale: la presenza di almeno due alternative tra cui scegliere. Se c'è una sola opzione disponibile, non si configura una vera decisione, poiché non c'è nulla da decidere. Pertanto, non avendo alternative, si procede automaticamente con l'unica azione possibile.

Da ciò possiamo dedurre che il processo decisionale implica la scelta tra azioni alternative. Un processo decisionale razionale è complesso e coinvolge diversi elementi essenziali, che possiamo delineare in otto passaggi:

- Identificazione del problema.

- Definizione degli obiettivi.
- Raccolta dei dati pertinenti.
- Identificazione delle alternative praticabili.
- Selezione del criterio per la valutazione dell'alternativa migliore.
- Costruzione del modello (stabilire le relazioni tra l'obiettivo, le alternative, i dati raccolti e il criterio di valutazione).
- Stima dei risultati previsti di ciascuna alternativa.
- Scelta dell'alternativa migliore con riferimento all'obiettivo dato.

Ogni processo decisionale razionale parte dal riconoscimento dell'esistenza di un problema da affrontare. È solo quando si identifica chiaramente un problema che può iniziare in modo razionale la ricerca di una soluzione. Spesso, il riconoscimento di un problema è immediato e evidente: un incidente d'auto, un assegno scoperto, un motore che si surriscalda o una fornitura di componenti difettosi sono tutte situazioni che richiamano immediatamente l'attenzione sul problema. Una volta che ci rendiamo conto della sua presenza, possiamo intraprendere azioni mirate per risolverlo nel modo più efficace possibile.

In un certo senso, ogni problema rappresenta una situazione che ostacola il raggiungimento di obiettivi stabiliti in precedenza. Ad esempio, se l'obiettivo di un individuo è vivere una vita piacevole e soddisfacente, qualsiasi circostanza che interferisca con questo obiettivo è considerata un problema. Allo stesso modo, in un contesto *business*, se l'obiettivo di un'impresa è generare profitto, i problemi sono quelle situazioni che impediscono all'azienda di conseguire i suoi obiettivi di redditività. Non tutti gli obiettivi devono essere ampi e generali. È possibile avere anche obiettivi più circoscritti e specifici, come ad esempio: «Restituire entro giugno il finanziamento ottenuto per comperare la mia automobile» oppure «Lo stabilimento industriale deve produrre 10.000 mazze da golf entro due mesi». Questi obiettivi sono più focalizzati e permettono di concentrarsi su un risultato preciso e misurabile. Definire un obiettivo significa descrivere in modo chiaro e conciso ciò che si vuole raggiungere. Inoltre, un obiettivo ben definito deve essere specifico, misurabile, raggiungibile, ossia realistico e possibile da raggiungere, rilevante e tempestivo con scadenza precisa.

Per prendere decisioni adeguate, è essenziale acquisire informazioni appropriate. Tuttavia, la crescente quantità di dati pubblicati rende la raccolta delle informazioni più impegnativa.

Oltre ai dati ufficiali, esiste un vasto patrimonio di conoscenze informali e esperienze personali che possono essere altrettanto preziosi. Allo stesso tempo, esistono informazioni ancora non documentate che possono richiedere ricerche specifiche per essere ottenute. La sfida principale risiede nel discernere tra questa vastità di informazioni quale sia veramente rilevante per il processo decisionale in questione. Questa selezione può essere un compito arduo, poiché potrebbe non essere immediatamente chiaro quali dati siano cruciali e quali siano meno significativi. La vasta disponibilità di dati aggiunge un ulteriore livello di complessità a questo compito: alcuni dati sono facilmente accessibili e a basso costo in forma pubblicata, mentre altri possono essere ottenuti consultando esperti nel campo. Altri ancora richiedono ricerche specifiche o raccolte di dati personalizzate, che possono essere costose e richiedere molto tempo. Queste ultime modalità di raccolta delle informazioni possono rappresentare un costo significativo e richiedere notevoli risorse. Pertanto, nell'operare la selezione dei dati pertinenti, l'analista deve spesso valutare attentamente se il valore aggiunto di una particolare informazione giustifichi il suo costo. Questo processo rappresenta un ulteriore ostacolo nel processo decisionale razionale, in cui la raccolta dei dati rilevanti è spesso una delle fasi più complesse e delicate.

Perché il processo decisionale sia efficace, è essenziale avere a disposizione diverse alternative di azione. Di solito, si possono individuare diversi percorsi potenziali per raggiungere un determinato obiettivo. Tuttavia, esiste sempre il rischio di trascurare l'opzione migliore assoluta. Se questo accade, ci troviamo in una situazione in cui possiamo selezionare la migliore tra le alternative identificate, ma il risultato potrebbe non rappresentare la soluzione ottimale. Non è possibile garantire che l'alternativa migliore sia inclusa tra quelle prese in considerazione; pertanto, è importante assicurarsi di esplorare tutte le soluzioni *convenzionali* e poi sforzarsi di proporre idee innovative. A volte, potrebbe risultare vantaggioso ricorrere a una sessione di *brainstorming*, in cui un gruppo di persone esamina alternative possibili in un ambiente creativo e innovativo. Tuttavia, è importante notare che non tutte le alternative discusse sono necessariamente praticabili. Pertanto, sarebbe poco utile analizzare dettagliatamente le opzioni che non possono essere effettivamente adottate. Un'alternativa potrebbe risultare impraticabile per diverse ragioni, ad esempio se contravviene a principi scientifici fondamentali o se non può essere attuata entro i tempi

richiesti dagli obiettivi stabiliti. Dopo aver eliminato le opzioni non fattibili, sarà necessario esaminare con attenzione le alternative rimanenti che risultano praticabili.

La parte essenziale di un processo decisionale consiste nella selezione tra diverse alternative disponibili. Logicamente, l'obiettivo è scegliere l'opzione ottimale, ma questo può avvenire solo dopo aver definito cosa intendiamo con *migliore*. È fondamentale stabilire criteri specifici o un insieme di criteri per valutare quale alternativa si adatti meglio alle nostre esigenze. È importante riconoscere che il concetto di *migliore* è relativo e si colloca su un *continuum* che può includere i seguenti termini:

- peggiore;
- cattivo;
- sufficiente;
- buono;
- più che buono;
- migliore.

Spesso ci troviamo di fronte a due alternative spiacevoli, nessuna delle quali è desiderabile in assoluto. In questi casi, la scelta ricade sull'opzione relativamente più preferibile. Prendiamo ad esempio un automobilista multato per eccesso di velocità; il giudice gli offre due alternative: una sanzione di € 200 o due giorni di galera. In termini assoluti, nessuna delle due opzioni è allettante. Tuttavia, in senso relativo, l'automobilista sceglierà la pena che ritiene meno spiacevole. In questo caso, si applica il famoso detto «trarre il meglio da una brutta situazione». Esistono diversi modi per valutare le alternative in tali situazioni, alcuni criteri da considerare includono:

- Limitare i danni all'ambiente.
- Migliorare la distribuzione del benessere tra la popolazione.
- Utilizzare le risorse in modo efficiente.
- Ridurre le spese.
- Garantire che i benefici per alcuni, superino le perdite per altri (criterio Kaldor).
- Minimizzare il tempo per raggiungere un obiettivo.
- Ridurre la disoccupazione.

La scelta dell'alternativa migliore dipenderà dai criteri specifici che si considerano più importanti. In alcuni casi, potrebbe essere necessario utilizzare un metodo di analisi multicriterio per ponderare i diversi criteri e ottenere una decisione più precisa.

La scelta del criterio per selezionare l'alternativa migliore potrebbe essere complessa. Se applichiamo i sette criteri menzionati in una situazione in cui ci sono diverse alternative, è ragionevole ritenere che criteri differenti conducano a decisioni differenti. Per esempio, potrebbe risultare impossibile ridurre contemporaneamente la disoccupazione e tagliare le spese. Il disaccordo tra lavoratori e dirigenti durante le trattative salariali e sulle condizioni di lavoro spesso deriva proprio dalla scelta di criteri diversi per selezionare l'alternativa migliore. In una fase cruciale del processo decisionale, è essenziale unire insieme l'obiettivo, i dati pertinenti, le alternative praticabili e il criterio di selezione. Le relazioni tra questi elementi possono essere intricate e complesse, specialmente quando si cerca, per esempio, di valutare l'impatto di una decisione di politica interna sulla pace mondiale. Esplicitare tali relazioni in modo significativo può rappresentare una sfida.

D'altra parte, quando affrontiamo problemi di complessità intermedia, come la decisione di richiedere un prestito per acquistare un'automobile, emergono relazioni matematiche tra variabili chiave come l'importo del prestito, il tasso di interesse, la durata e i pagamenti mensili. L'identificazione di queste relazioni è chiamata *costruzione del modello*. Per un ingegnere, la modellazione può assumere due forme: creazione di una rappresentazione fisica in scala dell'oggetto o del sistema; elaborazione di un'equazione matematica o di un insieme di equazioni che descrivono le relazioni desiderate. Nelle decisioni economiche, il modello solitamente adottato è di natura matematica, mentre i modelli fisici sono più utilizzati in contesti di laboratorio. Nella fase di modellizzazione, è fondamentale includere solo la parte del sistema importante per il caso in esame. Ad esempio, per analizzare la capacità di un'aula in termini di studenti, potremmo utilizzare un modello matematico semplice come:

$$\text{Capacità} = \text{lunghezza} \times \text{larghezza} / \text{fattore di riempimento}$$

In questo caso, la lunghezza e la larghezza dell'aula sono variabili chiave, mentre il fattore di riempimento ossia la superficie occupata da uno studente è un parametro costante. La modellazione matematica ci permette quindi di semplificare la realtà e di concentrarci sugli

aspetti essenziali per la nostra analisi. Tuttavia, in altre situazioni, potrebbero essere necessari modelli matematici molto più complessi.

Il modello sviluppato serve a stimare anticipatamente i risultati di ciascuna alternativa praticabile. Come accennato in precedenza, ogni alternativa può generare una serie di esiti differenti. Ad esempio, scegliere di utilizzare un ciclomotore anziché una bicicletta potrebbe soddisfare il mio benzinaio, ma allo stesso tempo infastidire i miei vicini e aumentare l'inquinamento ambientale, oltre a pesare sul mio portafoglio.

Per semplificare, consideriamo un processo decisionale basato su un unico criterio per valutare le diverse alternative. In questo caso, ignoriamo le altre conseguenze o risultati e ci concentriamo solo sul criterio selezionato.

Utilizzando il modello matematico, calcoliamo per ogni alternativa il valore dell'indicatore che rappresenta il criterio scelto. In questo modo, otteniamo una valutazione numerica di ciascuna opzione, che ci permette di confrontarle e di scegliere quella più vantaggiosa.

Una volta completati i sette passaggi del processo decisionale, l'ultimo step è la selezione dell'alternativa ottimale. Se tutti gli altri passaggi del processo sono stati eseguiti accuratamente, possiamo scegliere l'alternativa migliore (ovvero quella che meglio soddisfa il criterio di selezione adottato) con una certa fiducia che sia effettivamente la soluzione più adatta per il problema specifico.

È noto che il processo decisionale inizia con il riconoscimento di un problema. Da quel momento, non esiste una sequenza rigida da seguire per giungere alla scelta ottimale. I problemi raramente si risolvono con un approccio sequenziale: spesso è difficile o impossibile completare un passo senza considerare l'impatto sugli altri. La raccolta di dati può suggerire alternative attuabili, ma a volte è necessario acquisire ulteriori informazioni per identificarle tutte. In altre parole, il processo decisionale è un ciclo iterativo in cui la raccolta di informazioni, la valutazione delle alternative e la scelta finale si influenzano a vicenda. È importante essere flessibili e pronti ad adattare il proprio approccio in base all'evolversi della situazione.

Dopo aver esaminato la struttura di un processo decisionale, diviene pertinente considerare quando e da chi viene effettivamente presa una decisione. Chiunque completi tutti i passaggi di un processo decisionale può essere considerato il decisore. Tuttavia, il momento esatto in

cui la decisione viene presa è meno definito. Potrebbe sembrare che la scelta delle alternative praticabili sia il punto cruciale, in quanto il resto dell'analisi dovrebbe portare alla scelta finale. In realtà, il modo in cui viene condotto il processo decisionale può influenzare drasticamente o addirittura predeterminare la scelta stessa. Pertanto, è importante prestare attenzione a tutti i passaggi del processo decisionale, non solo al momento in cui viene scelta l'alternativa finale, poiché il modo in cui si conduce il processo può avere un impatto significativo sulla qualità della decisione.

#### 4. I metodi MCA e MCDA

Il metodo di analisi multicriterio (MCA) è un insieme di strumenti quantitativi utilizzati per valutare alternative caratterizzate da multipli e conflittuali criteri. Esistono diverse varianti di approcci classificati sotto l'ampio termine di analisi multicriterio, tutti condividono alcuni elementi fondamentali. Questi includono un insieme finito di azioni (come alternative o soluzioni), almeno due criteri di valutazione e almeno un decisore coinvolto nel processo decisionale. La MCA è un'attività progettata per assistere nella presa di decisioni, spesso focalizzandosi sulla scelta, il *ranking* o l'ordinamento delle azioni in base ai criteri stabiliti. Gli elementi basilari della MCA comprendono:

- la finalità o l'insieme di obiettivi da perseguire;
- i decisori che sono gli attori interessati alla valutazione delle alternative e alla scelta;
- le alternative stesse che sono oggetto della valutazione;
- i criteri che rappresentano i fattori di valutazione delle alternative;
- le preferenze che riflettono l'importanza attribuita a ciascun criterio.

È importante sottolineare che un metodo di valutazione delle alternative non fornisce una soluzione definitiva attraverso un algoritmo predefinito, ma piuttosto guida il decisore attraverso un'analisi sistematica delle opzioni disponibili. Alla fine, la responsabilità della decisione rimane completamente nelle mani del decisore.

Negli ultimi trent'anni, i metodi MCDA (Multi-Criteria Decision Analysis) hanno subito un notevole sviluppo, dando vita a una vasta gamma di metodologie e strumenti correlati. Questo ha reso necessario confrontare i diversi approcci MCDA al fine di individuare quelli più appropriati per il problema decisionale specifico. Numerosi ricercatori hanno evidenziato

l'importanza di creare una tassonomia dei metodi MCDA, che funga da punto di partenza per il processo di selezione. Esistono diverse tassonomie basate su criteri diversi, tra cui:

- Il numero di alternative considerate: distribuzione discreta vs. distribuzione continua delle alternative.
- Il livello di informazioni sui criteri di misurazione: qualitativo vs. quantitativo e il grado di incertezza associato.
- I metodi utilizzati per costruire il modello di preferenza: approccio matematico all'analisi decisionale vs. approccio di intelligenza artificiale.
- Le modalità di aggregazione dei criteri: completa, parziale o locale.
- Il grado di compensazione tra i criteri.
- La natura descrittiva, prescrittiva, costruttiva o normativa del processo decisionale.

L'utilizzo di una tassonomia aiuta a organizzare e comprendere la vasta gamma di metodi MCDA disponibili, consentendo ai decisori di selezionare il metodo più adatto alle loro esigenze.

Una delle tassonomie più complete è stata sviluppata da Hwang e Yoon nel 1981 che genera la distinzione tra metodi di *Multiple-Objective Decision-Making* (MODM) – Metodi decisionali multi-obiettivo - e quelli *Multiple-Attribute Decision-Making* (MADM) – Multi-attributo decisionale - nell'ambito del MCDA.

I metodi MODM si rivelano strumenti eccezionali per gestire situazioni complesse che richiedono la valutazione di un'ampia gamma di alternative. La loro forza risiede nell'utilizzo di modelli di programmazione matematica multi-obiettivo, i quali permettono di ottimizzare contemporaneamente una serie di obiettivi, tenendo conto di eventuali vincoli. In questo modo, è possibile identificare la soluzione che meglio soddisfa le esigenze del problema decisionale in esame. D'altra parte, i metodi MADM sono utilizzati quando il numero di alternative è limitato e si devono valutare più attributi conflittuali. Questi metodi si basano sull'aggregazione delle valutazioni per ciascun criterio e alternativa, con l'obiettivo di posizionare le alternative secondo le preferenze del decisore. L'Analisi *Multicriteria Decisional Approach*, come comunemente usata in molti studi pubblicati, si riferisce principalmente a MADM, soprattutto a causa della vasta gamma di metodi che appartengono a questa categoria. Infatti, una revisione della letteratura degli ultimi 30 anni ha evidenziato un

aumento significativo di nuovi metodi MADM e di approcci ibridi, contribuendo così a una notevole diversità di tassonomie. Tuttavia, è possibile sintetizzare la maggior parte dei metodi MADM più utilizzati in una delle tre seguenti categorie:

- metodi *multi-attribute utility* (utilità multi-attributo);
- metodi *outranking*;
- metodi misti.

Questi approcci si fondano principalmente sulla teoria dell'utilità multi-attributo, la quale si origina dalla dottrina filosofica dell'utilitarismo. Quando la decisione viene presa in condizioni in cui gli attributi sono noti e certi (approccio deterministico), il termine *utilità* è sostituito con *valore* (Metodo di Analisi dei Valori Multi-Attributo - MAVT). Il metodo MAUT prevede tre fasi principali:

- normalizzazione e valutazione delle prestazioni di ogni alternativa in termini di utilità;
- identificazione dei pesi che rappresentano le priorità del decisore per ciascun criterio in modo statistico;
- aggregazione delle valutazioni (basata su metodi additivi, moltiplicativi o altri formalismi distributivi) e classificazione delle alternative in base ai risultati aggregati.

L'*Analytic Hierarchy Process* (AHP) – Processo analitico gerarchico – sviluppato da Saaty nel 1980, rappresenta un altro approccio che, pur condividendo i principi del MAUT, si distingue per il modo in cui affronta il problema decisionale. L'AHP è strutturato in quattro fasi fondamentali:

- Suddivisione del problema complesso in una gerarchia, dove ogni livello rappresenta specifici elementi. L'obiettivo primario della decisione è situato al vertice della gerarchia, mentre criteri, sotto-criteri e alternative decisionali sono disposti nei vari livelli della gerarchia.
- Confronto a coppie tra tutti gli elementi allo stesso livello, utilizzando un metodo di conversione verbale e valutazione soggettiva per attribuire punteggi o pesi. La conversione avviene in base alle risposte fornite dal *decision-maker* a domande come ad esempio: quanto è importante il criterio A rispetto al criterio B? Le risposte vengono quindi convertite in punteggi da 1 a 9. Tutti i confronti a coppie tra gli obiettivi individuali vengono utilizzati per creare una matrice di confronto a coppie.

- Verifica della consistenza della matrice e delle priorità derivanti da essa.
- Aggregazione di criteri, attraverso un metodo additivo o funzione di utilità moltiplicativa.

I metodi *outranking* si basano sulla teoria della scelta sociale, un campo di studi che si occupa di aggregare le preferenze individuali per arrivare a decisioni collettive. Sebbene manchino delle basi assiomatiche come nei metodi di attributo *multi-utility*, i metodi *outranking* si dimostrano utili nell'applicazione pratica. Il concetto di *outranking* è stato originariamente sviluppato da Roy nel 1985 ed implica un confronto diretto tra tutte le possibili coppie di opzioni considerate per stabilire relazioni binarie, come ad esempio: se l'alternativa A è almeno altrettanto valida quanto l'alternativa B. Le procedure di *outranking* si articolano in due fasi:

- FASE 1: I decisori forniscono inizialmente informazioni sulle loro preferenze per i singoli criteri, esprimendole attraverso indifferenza e soglie di preferenza.
- FASE 2: Successivamente, vengono calcolati i rapporti binari parziali per tutti i criteri, considerando le preferenze tra criteri espresse in termini di coefficienti che indicano l'importanza relativa. A differenza dei metodi MAUT, i coefficienti non riflettono un compromesso tra i criteri, ma servono a combinare i rapporti di preferenza.

Il Metodo ELECTRE (*élimination et choix traduisant la réalité*, ovvero eliminazione e scelta traducendo la realtà) è stato pioniere nell'utilizzo dell'approccio *outranking*. Questo metodo ha dato origine a diverse versioni, tra cui ELECTRE I, II, III, IV, IS e tri, ciascuna con caratteristiche specifiche per adattarsi a contesti decisionali differenti. Inoltre, sono stati sviluppati anche altri approcci, come i metodi PROMETHEE (*preference ranking organization method for enrichment evaluations*, ovvero metodo di organizzazione della classifica di preferenza per le valutazioni di arricchimento), che offrono alternative valide per la valutazione e la classificazione delle opzioni decisionali. L'ampia gamma di approcci disponibili riflette la complessità dei problemi decisionali reali e la diversità delle esigenze dei decisori. Ogni metodo ha le proprie peculiarità e limitazioni, e la scelta del metodo più appropriato dipende dalla natura del problema, dalle preferenze del decisore e dalle risorse disponibili. La ricerca continua nel campo dell'analisi decisionale mira a sviluppare e

migliorare ulteriormente i metodi esistenti, nonché a introdurre nuove tecniche per affrontare sfide emergenti e complessità crescenti nei processi decisionali.

#### 5. Le diverse tipologie di metodi misti

I metodi misti nell'ambito dell'analisi decisionale multicriterio (MCDA) rappresentano un insieme di approcci che non si collocano esclusivamente né nei metodi *multi-attribute utility* né negli approcci *outranking*. Questi metodi non hanno una definizione uniforme all'interno della comunità MCDA, ma condividono la capacità di gestire informazioni eterogenee, sia qualitative che quantitative, e di applicare modelli di preferenza differenti rispetto a quelli tradizionalmente utilizzati.

Un primo gruppo significativo di metodi MADM, che rientra nella categoria dei metodi misti, è costituito dagli approcci *outranking* che trattano informazioni di natura mista o qualitativa. Questo gruppo include diverse varianti, come i metodi QUALIFLEX, REGIME, ORESTE, ARGUS, EVAMIX, TACTIC e MELCHIOR.

Questi approcci si distinguono per la loro capacità di gestire criteri eterogenei, consentendo ai decisori di valutare e confrontare opzioni decisionali che possono essere descritte da una combinazione di informazioni qualitative e quantitative. La varietà di metodi disponibili riflette la complessità dei problemi decisionali reali e offre agli utenti una gamma di strumenti per affrontare le sfide specifiche dei loro contesti decisionali. La ricerca continua nel campo dell'analisi decisionale multicriterio mira a sviluppare e affinare ulteriormente questi metodi misti per migliorare la capacità dei decisori di affrontare la complessità e l'eterogeneità delle decisioni reali.

Un secondo insieme di approcci decisionali, denominati *expert systems*, comprende metodi come MAPPAC, PRAGMA, IDRA e PACMAN. Queste metodologie sono state inizialmente sviluppate per affrontare situazioni complesse che non possono essere gestite efficacemente tramite i modelli di preferenza fondati sulle tecniche matematiche convenzionali, come le medie, le somme o i modelli di ponderazione. In questi approcci, il modello di preferenza si può costruire apprendendo dagli esempi. La preferenza globale è determinata selezionando gli oggetti di interesse in categorie predefinite (ad esempio, accettazione o rifiuto) utilizzando una serie di affermazioni logiche, tipicamente espresse con la logica *if/then* e organizzate

comunemente in alberi decisionali o tabelle di decisione. Tali regole decisionali vengono formulate in base alla conoscenza reale o euristica degli esperti, ottenuta da interviste, letteratura e/o attraverso l'utilizzo di strumenti di *data-mining* e acquisizione di conoscenza.

Il metodo QUALIFLEX, sviluppato da Legrèze nel 1978, è una procedura metrica che si basa sulla valutazione di tutte le possibili permutazioni di rango per le alternative considerate, valutate sotto ciascun criterio. Questo metodo si avvale della regola di Kemeny e Snell e utilizza matrici di impatto e indicatori di concordanza per effettuare confronti a coppie tra le alternative.

REGIME, introdotto nel 1990, è un metodo MCDA che si avvale di confronti a coppie e analisi di concordanza. La matrice REGIME permette di classificare le alternative tramite confronti multicriteriali a coppie utilizzando valori di concordanza, discordanza e indifferenza.

Il metodo ORESTE, sviluppato nel 1982, determina il *ranking* complessivo delle alternative dopo aver stabilito i *ranking* parziali sia per le alternative che per i criteri. Questa metodologia prevede tre fasi: la prima consiste nella proiezione della matrice di posizione con indicazioni numeriche sulle relazioni di preferenza, indifferenza e non comparabilità; la seconda fase riguarda il *ranking* delle proiezioni; infine, la terza fase comprende l'aggregazione delle proiezioni e il *ranking* complessivo per ciascuna alternativa.

Il metodo ARGUS (1984) è un approccio di analisi multicriteriale decisionale che valuta i criteri su una scala qualitativa ordinale a 5 livelli. Le alternative possono essere valutate su scale qualitative ordinali o quantitative (intervalli o rapporti). Il processo di creazione della matrice di preferenza e il metodo di sintesi per il *ranking* globale dipendono dal tipo di scala utilizzata.

Il metodo EVAMIX, ideato nel 1983, è una generalizzazione dell'analisi di concordanza multicriteriale. Attraverso il confronto a coppie tra le alternative, vengono determinati indici di concordanza e discordanza. Il *ranking* globale delle alternative è ottenuto combinando tali indici, aggregati per i criteri quantitativi espressi su scala cardinale e per quelli qualitativi su scala ordinale.

Il metodo TACTIC, introdotto nel 1998, si avvale dei concetti di vero criterio e pseudo criterio con soglia per definire relazioni binarie di *outranking*. La condizione di concordanza

stabilisce la presenza della relazione di preferenza tra le alternative quando si applicano i veri criteri, mentre la condizione di concordanza e di non veto determina la presenza della relazione di preferenza quando si usano i pseudo criteri.

MELCHIOR (1988) è una tecnica MCDA che utilizza pseudo criteri con soglie di preferenza e indifferenza. Non assegna pesi ai criteri, basandosi su relazioni binarie che li considerano tutti ugualmente importanti. Tuttavia, suggerisce un confronto per identificare discordanze o veti. Un criterio è favorevole all'*outranking* se mostra una preferenza netta su un altro, sfavorevole. L'analisi di concordanza identifica relazioni nascoste tra i criteri.

Il metodo MAPPAC, introdotto nel 1990, costituisce un approccio MCDA fondato sui principi degli *expert systems*, che consente di valutare situazioni complesse attraverso l'apprendimento per esempi, utilizzando la metodologia *Pairwise Criterion Comparison Approach* (PCCA). Questo metodo si basa sul concetto di relazioni di dominanza, caratterizzate da indici di credibilità *fuzzy* compresi in un intervallo specifico.

PRAGMA (*Preferences Ranking Global frequencies in Multicriteria Analysis*), ideato nel 1988, adotta anch'esso la metodologia PCCA. La sua flessibilità gli consente di utilizzare indici di preferenza per fornire informazioni specifiche a supporto delle decisioni, senza ricorrere a relazioni binarie. PRAGMA fa uso di frequenze parziali e globali valutate in base alla differenza, normalizzata e ponderata, delle valutazioni rispetto ai criteri.

IDRA (*Intercriteria Decision Rule Approach*), noto anche come metodo di Laplace, è stato sviluppato nel 1997 ed è un'applicazione della metodologia PCCA. Questo metodo enfatizza i concetti di coerenza di giudizio e coerenza metodologica, collegati rispettivamente all'importanza relativa delle informazioni fornite dal decisore e alle informazioni teoriche di natura assiomatica. IDRA facilita il *trade-off* e i confronti tra criteri per ottenere indici di preferenza di base e globali.

Il metodo PACMAN (*Passive and Active Compensability Multicriteria Analysis*), introdotto nel 1998, si basa sul concetto di compensazione tra coppie di criteri per una classificazione teorica basata sui giudizi del decisore. Questo approccio opera attraverso tre fasi: prima, analizza la compensabilità per modellare i criteri; successivamente, valuta il grado di preferenza attiva e passiva di ciascuna alternativa utilizzando un indice binario; infine,

determina le relazioni binarie di preferenza rigorosa, preferenza debole o indifferenza per ciascuna coppia di alternative.

Il metodo Martel e Zara è un approccio *outranking* per la gestione dei problemi di MCDA che coinvolgono dati non deterministici. Questo metodo associa una distribuzione di probabilità a ciascuna alternativa per ogni criterio e definisce la dominanza stocastica delle alternative attraverso confronti a coppie di queste distribuzioni. I criteri sono considerati indipendenti e soggetti a un'analisi di concordanza/discordanza. Tale metodologia può determinare situazioni chiare e non chiare in base al soddisfacimento delle condizioni teoriche di dominanza stocastica.

## 6. Considerazioni conclusive

Per molto tempo, l'ottimizzazione lineare a singolo criterio ha rappresentato il metodo risolutivo d'elezione per i problemi decisionali in ambito gestionale. Questo approccio matematico mirava a individuare la soluzione ottima, sia essa un massimo o un minimo, per problemi caratterizzati da un unico obiettivo e vincoli lineari. Attraverso tali tecniche, era possibile esplicitare e quantificare l'obiettivo, definire con precisione ogni elemento del problema e applicare la programmazione lineare. Il risultato era un modello razionale della realtà che offriva la soluzione migliore possibile per la funzione da minimizzare o massimizzare.

Tuttavia, la realtà gestionale è spesso più complessa, con molteplici obiettivi che possono entrare in conflitto tra loro. In questi casi, si rende necessario l'utilizzo dell'analisi multicriterio (MCDM), che consente di confrontare e ordinare le alternative in base a dati relativi a differenti e, a volte, contrastanti obiettivi. A differenza delle tecniche tradizionali di ricerca operativa, gli approcci multicriterio non forniscono soluzioni *oggettivamente ottime*.

L'obiettivo dell'analisi multicriterio è di supportare il decisore nel raggiungimento di un compromesso accettabile tra i diversi obiettivi perseguiti. Innanzitutto, gli obiettivi del decisore devono essere trasformati in criteri che permettano di valutare le diverse alternative presenti nel problema. Questa fase è di fondamentale importanza, in quanto è necessario evitare di specificare obiettivi e criteri con differenti livelli di dettaglio, in modo da non influenzare implicitamente i risultati dell'analisi. I criteri possono essere variabili

quantitative o qualitative che misurano le prestazioni e gli impatti delle alternative considerate.

In conclusione, è importante sottolineare che individuare un'alternativa che risulti essere la migliore in assoluto in relazione ad ogni criterio considerato è un'impresa estremamente difficile. L'analisi multicriterio fornisce al decisore un quadro completo e strutturato per la valutazione delle diverse alternative, supportandolo nella scelta di una soluzione che tenga conto di tutti gli obiettivi in gioco e che sia, di conseguenza, più vicina alle sue reali esigenze.

## 7. Bibliografia

- Casini M., Mocenni C., Paoletti S., Pranzo M. (2007) *Model-based decision support for integrated management and control of coastal lagoons*, in Proc. European Control Conference, Kos, Greece.
- Figueira J., Greco S., Ehrgott M. (2005), *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, International Series in Operations Research and Management Science, vol. 78, Springer-Verlag, Boston, MA.
- Finlay P.N. (1994), *Introducing Decision Support Systems*, Blackwell Publishers, Cambridge Mass., USA.
- Giovannoni E. (2008), *La misurazione dei risultati aziendali tra redditività e valorialità*, Knowità Editore, Arezzo.
- Hwang C.L. and Yoon K. (1981), *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*, Springer-Verlag, New York.
- Keen P.G.W. (1980), *Adaptive Design for Decision Support System*, Data Base, vol. 12, n. 1-2, pp. 15-25.
- Latora, A.G. (2018), *Value-analytic hierarchy process. Una metodologia quali-quantitativa di multiple criteria decision analysis a supporto dei processi di procurement*, Casa Editrice Universitas Studiorum, Mantova.
- Power, D.J. (1997), *What Is DSS? DSstar*, The Online Executive Journal for Data-Intensive Decision Support, 2, 15-20.
- Roy B. (1985), *Méthodologie multicritère d'aide à la décision*, Paris, Economica.
- Saaty T.L. (1980), *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York.

Sprague R.H. and Carlson E.D. (1982), *Building Effective Decision Support Systems*, Prentice-Hall International Inc., London, 329 pp.

Turban E. (1995), *Decision Support and Expert Systems: Management Support Systems*, Prentice Hall, Upper Saddle River.