

La valutazione dei percorsi formativi dei laureati attraverso l'uso del modello multicriterio Electre III

Mario Enea, Ornella Giambalvo, Giovanni Morreale¹
Università degli studi di Palermo

Riassunto. La valutazione intesa come strumento strategico che ha la finalità di innescare un sistema di azioni e retroazioni teso al miglioramento dell'efficienza ed efficacia di un processo, ha assunto, in questi ultimi anni, un ruolo cruciale nel monitoraggio e miglioramento della qualità dei servizi, anche in ambito universitario.

L'obiettivo del presente lavoro è quello di effettuare delle graduatorie dei corsi di laurea in termini di efficacia sia dal punto di vista formativo sia occupazionale, ottenute attraverso l'applicazione di metodi multicriterio (MCDM: Multiple Criteria Decision Making), quali l'Electre (ELimination Et Choix Traduisant la REaltà). I dati utilizzati sono tratti dall'indagine sugli sbocchi occupazionali dei laureati negli anni 1997-2001, svolta dall'Ateneo di Palermo, finanziato dal Centro di Orientamento e Tutorato.

Parole chiave: Valutazione, Metodo multicriterio, Electre.

1. Premessa

Uno degli aspetti più delicati dell'odierna realtà accademica, a partire dall'avvio dell'autonomia finanziaria delle Università (Art.5, legge n.537, 24 dicembre 1993), è sicuramente quello riguardante la gestione delle risorse. Per affrontare e risolvere i problemi legati ad un'efficace ed efficiente gestione delle risorse risulta indispensabile tener conto della molteplicità degli obiettivi che l'organizzazione si prefigge di raggiungere; ciò rende necessario che l'ente preposto a tale gestione disponga di adeguati strumenti di supporto alle decisioni, che consentano una razionalizzazione dei processi decisionali.

A tal fine, i modelli analitici a supporto delle decisioni sviluppati negli ultimi decenni, rappresentano oggi una solida base da cui attingere per favorire l'introduzione di nuove tecniche di valutazione. L'implementazione di tali modelli su software di facile utilizzo, rende fruibili gli stessi anche da parte di utenti che non hanno il

¹ La nota è stata redatta da M. Enea (Facoltà di Ingegneria) per i paragrafi 1, 3, 3.1, 3.2; da O. Giambalvo (Facoltà di Economia) per i paragrafi 2, 3.3 e da G. Morreale (CINAP) per i paragrafi 4 e 5.

tempo o le competenze analitiche necessarie per approfondire le basi teoriche su cui si fondano.

Tenendo ben presente che la scelta dei modelli più appropriati, in funzione delle caratteristiche tecniche e decisionali del problema considerato, condiziona la validità dei risultati conseguibili, si è deciso di applicare i metodi multicriteri in ambito universitario perché convinti che in realtà sia possibile trovare delle similitudini tra la realtà accademica e la realtà aziendale nella quale tali metodi sono stati sperimentati. Tali metodi potrebbero, ad esempio, essere di supporto nel momento in cui è necessario stabilire quale Corso di Laurea ha bisogno di maggiori risorse per migliorare le sue performance, o per “premiare” quel Corso di Laurea che si è distinto per i risultati conseguiti.

Il lavoro si sviluppa in 3 paragrafi, di cui: il primo introduce i dati utilizzati per l'analisi; il secondo propone una panoramica sulla metodologia utilizzata, partendo in generale dai metodi multicriteri, fino ad arrivare ai modelli di surclassamento; nel terzo viene presentata un'applicazione di tale metodologia alla realtà accademica palermitana. Il lavoro si chiude con delle riflessioni conclusive, nelle quali si mettono in evidenza pregi e difetti della metodologia proposta e vengono proposte delle nuove linee di sviluppo.

2. I dati

Negli ultimi anni l'Ateneo palermitano ha avviato una iniziativa destinata a creare e gestire un database aggiornato dei suoi laureati, attraverso il quale è possibile conoscere gli sbocchi occupazionali, il grado di soddisfazione rispetto al percorso formativo seguito ed altre notizie utili al fine di attuare migliori strategie di programmazione ed indirizzo all'interno della struttura universitaria.

Tale iniziativa nasce dalla riflessione che compito istituzionale di una struttura didattica come l'Università è “produrre” laureati, sì capaci e preparati, ma che, altresì, siano richiesti dal mercato del lavoro.

I dati utilizzati in questo lavoro sono tratti dall'indagine pilota sugli sbocchi occupazionali dei laureati dell'Ateneo di Palermo, finanziata dal Centro di Orientamento e Tutorato, che ha coinvolto i 4617 laureati delle facoltà di Economia ed Ingegneria dal 1997 al 2001. Agli ex studenti si chiedono, tra le altre, informazioni sulle competenze ed abilità acquisite, sulla rispondenza degli studi effettuati al lavoro effettivamente svolto, sulla soddisfazione per la preparazione acquisita durante gli studi. Questi dati rappresentano un riscontro di ciò che l'Ateneo è riuscito a trasmettere del suo progetto culturale. Infatti, le conoscenze ottenute, le competenze professionali raggiunte, sono frutto sia dell'impegno personale del singolo laureato, sia dell'ef-

ficacia del progetto formativo. Misurare tale efficacia non è facile, è un obiettivo che può essere raggiunto solo con approssimazioni successive. La valutazione espressa dal laureato sul percorso formativo seguito costituisce sicuramente un dato soggettivo, ma non per questo meno importante, anzi rappresenta proprio il dato dal quale partire per le riflessioni successive. Tali riflessioni possono anche basarsi su altro tipo di riscontro, quale, ad esempio, il giudizio espresso dalle aziende che vedono all'opera i laureati ed hanno quindi modo di valutare con occhio più critico l'efficacia professionale della formazione ricevuta dal laureato.

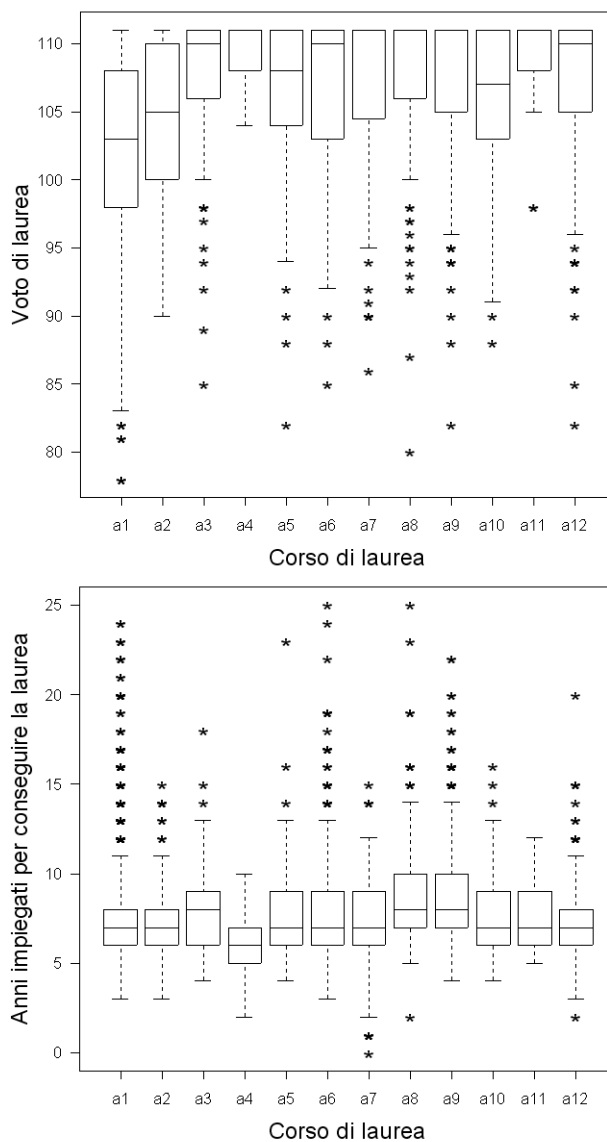
L'indagine si è svolta mediante invio, per posta, di un questionario, disponibile anche via web, strutturato in quattro sezioni: la prima sezione, di carattere generale, rivolta a tutti i laureati e diplomati, riguarda giudizi relativi all'esperienza universitaria (ai laureati più anziani, che hanno già avuto la possibilità di un riscontro della propria preparazione nell'impatto col mondo del lavoro, sono state somministrate delle domande aggiuntive, più specifiche, relative agli insegnamenti ed alla preparazione complessiva ricevuta all'Università). I questionari si differenziano, quindi, a seconda che siano rivolti ai laureati da 1 o 2 anni (2000 e 2001) o ai laureati da più di due anni (1997-1999). La seconda sezione è rivolta soltanto a coloro ancora in cerca di prima occupazione; mentre la terza e la quarta sezione sono rivolte agli occupati e ai disoccupati. L'immagine che emerge dalla ricerca è abbastanza positiva, pur non mancando critiche e suggerimenti di cambiamento in diverse direzioni.

Nel presente lavoro ci limiteremo a considerare soltanto i laureati, trascurando i diplomati i cui percorsi formativi si differenziano talvolta in maniera sostanziale rispetto a quelli dei laureati, ed in particolare i Corsi di Laurea delle facoltà di Economia ed Ingegneria nei quali si è registrato un sufficiente numero di rispondenti (maggiore o uguale a 10). I Corsi di laurea considerati sono stati così codificati:

a₁: "Economia e commercio"	a₇: "Ingegneria edile"
a₂: "Scienze statistiche ed economiche"	a₈: "Ingegneria elettrica"
a₃: "Ingegneria aeronautica"	a₉: "Ingegneria elettronica"
a₄: "Ingegneria ambiente e territorio"	a₁₀: "Ingegneria gestionale"
a₅: "Ingegneria chimica"	a₁₁: "Ingegneria informatica"
a₆: "Ingegneria civile"	a₁₂: "Ingegneria meccanica"

In Figura 1 vengono riportati due boxplot che rappresentano la distribuzione dei laureati nei suddetti Corsi rispetto agli anni impiegati per conseguire la laurea (fig. 1A) e al voto di laurea (fig. 1B), suddivisi per Corso di laurea. E' possibile osservare una notevole differenza tra i Corsi di laurea delle due facoltà: i Corsi di laurea della facoltà di Economia (a_1 e a_2), presentano un voto medio di laurea notevolmente inferiore rispetto a quello dei Corsi di laurea di Ingegneria; per quanto riguarda il numero medio di anni impiegati per conseguire la laurea si nota una sostanziale uniformità, ma anche in questo caso bisogna tener conto del fatto che i Corsi di Economia sono quadriennali mentre quelli di Ingegneria quinquennali.

Figura 1. Distribuzione dei laureati per Corso di laurea e Voto di laurea e Anni impiegati per conseguire la laurea



Nelle figure 2, 3 e 4 vengono riportate le distribuzioni delle variabili utilizzate per l'applicazione del modello Electre, distinte per facoltà².

² Per un approfondimento sui risultati delle analisi svolte si consulti: il rapporto: "Indagine sul profilo e gli sbocchi occupazionali dei laureati dell'Ateneo di Palermo dal 1997 al 2001", curato da Mario Enea, Ornella Giambalvo e Giovanni Morreale, in fase di pubblicazione; il sito del CINAP (Centro Informativo dell'Ateneo di Palermo), www.sif.unipa.it e (Enea, Giambalvo, 2002).

Figura 2. Distribuzione dei laureati per facoltà e Voto di laurea, Anni impiegati per conseguire la laurea e condizione occupazionale

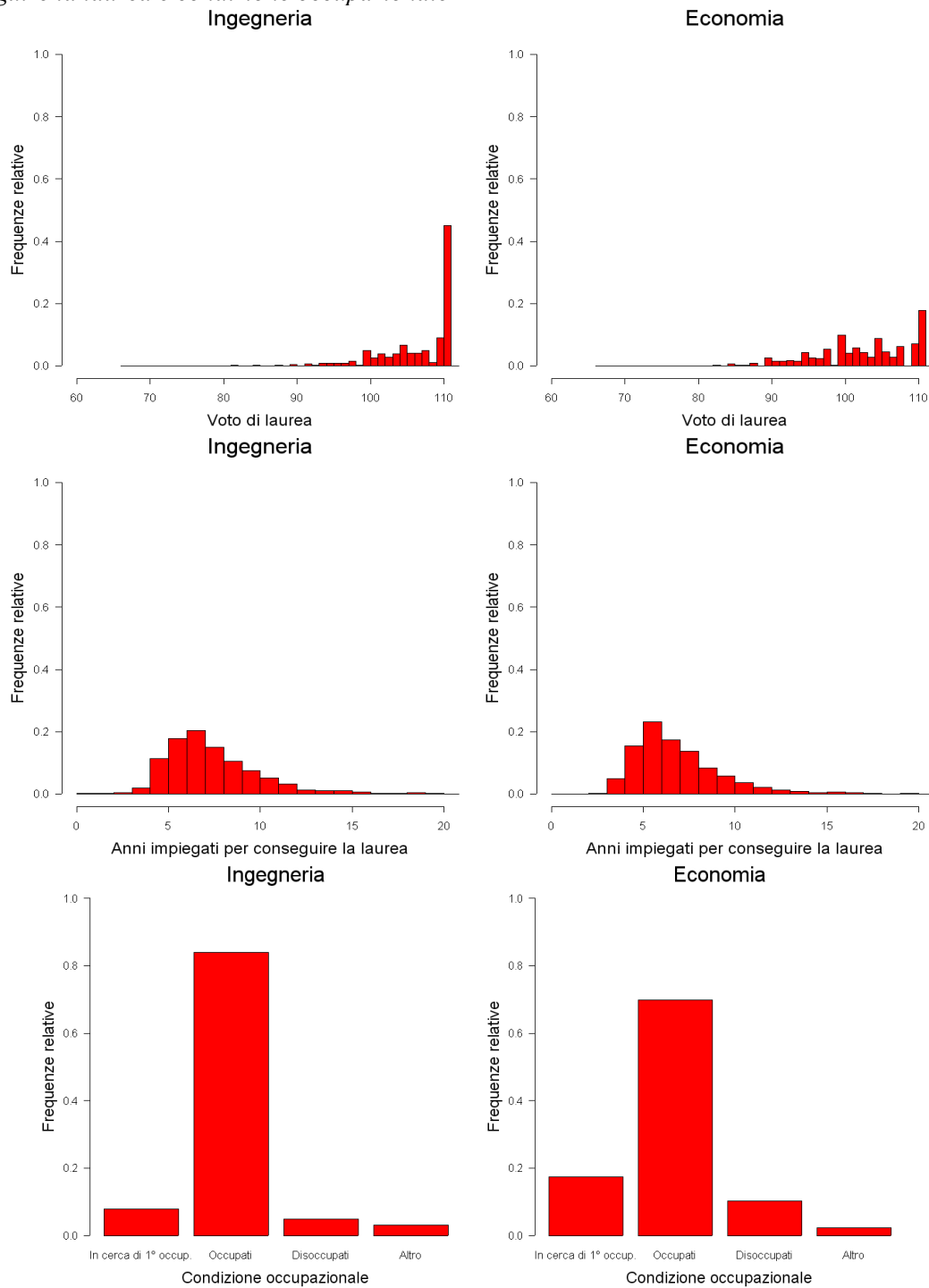


Figura 3. Distribuzione dei laureati per facoltà e rispettivamente soddisfazione per il percorso di studi, il lavoro svolto e l'utilità del percorso formativo

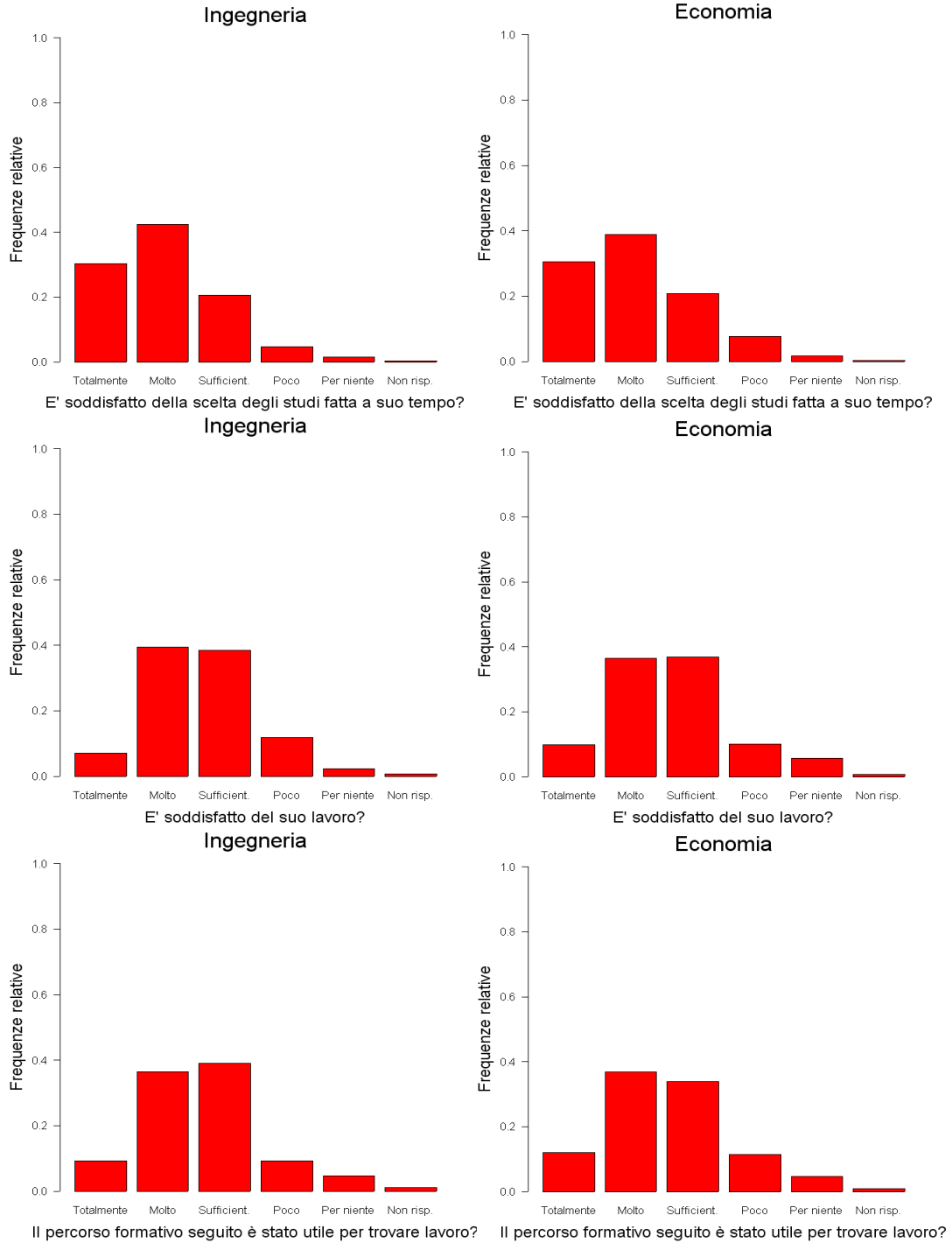
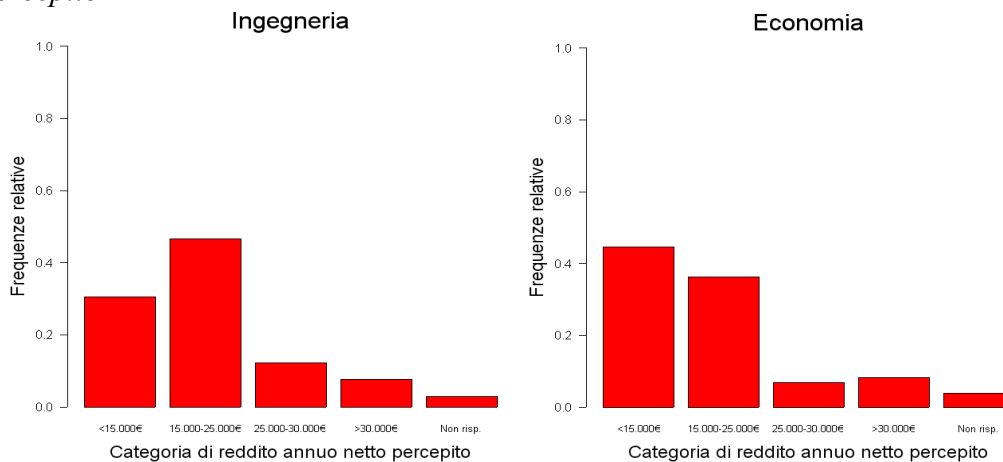


Figura 4. Distribuzione dei laureati per facoltà e categoria di reddito annuo netto percepito



3. L'analisi multicriteri

La complessità della realtà circostante rende sempre più difficile il lavoro del *policy maker*, il quale sente la necessità di individuare delle metodologie valutative che gli siano di supporto nell'attività di selezione di progetti e di scelta delle strategie.

Molti approcci alla valutazione di progetti e strategie, in sostanza, fanno riferimento alla nota teoria dell'utilità che presuppone l'esistenza di una funzione di utilità univoca. Tuttavia, ricondurre il problema multiobiettivo alla massimizzazione di una funzione di utilità pone problemi al decisore per quanto riguarda la normalizzazione dei fattori considerati e la scelta dei pesi che dovrebbero esprimere l'importanza di ciascun criterio; inoltre, tale approccio mira all'individuazione della "soluzione ottima", non sempre ottenibile e, comunque, non sempre significativa.

Altra tipologia di approccio al problema si basa sull'impiego del metodo *AHP* (*Analytic Hierarchy Process*) per la selezione delle alternative. Tuttavia, anche l'*AHP* è un metodo compensativo e quindi può condurre a considerare migliore una soluzione che lo è per tutti gli attributi, tranne per uno rispetto al quale è talmente scadente da dovere invece essere considerata inaccettabile.

Di recente Yang, T. ed altri (2003) hanno proposto di impiegare *AHP* per la valutazione dei criteri qualitativi accoppiato al metodo *DEA* (*Data Envelopment Analysis*) per la selezione delle soluzioni migliori tra quelle generate.

Nel presente lavoro è proposto l'impiego della tecnica *Electre III* (Roy B. 1978); tale approccio consente di tenere conto dell'imprecisione e dell'incertezza con

la quale sono spesso valutati gli attributi e nello stesso tempo di evitare che una soluzione inaccettabile per un solo requisito possa prevalere su un'altra; ciò è ottenuto attraverso l'uso di soglie di veto nel confronto tra due soluzioni per ciascun criterio di valutazione considerato.

E' all'inizio degli anni '60, nell'ambito della ricerca operativa, che viene espressa, per la prima volta, la necessità di prendere in considerazione una molteplicità di criteri, anche conflittuali, per definire un problema e provare a fornire una soluzione. Questa soluzione non ha più le caratteristiche di "ottimo" della programmazione matematica; anche se è ancora una soluzione ammissibile del problema in esame, poiché rispetta tutti i vincoli che ne modellizzano la struttura, non è però l'ottimo perché, avendo sostituito ad un singolo obiettivo da ottimizzare una pluralità di obiettivi anche conflittuali, non esistono più le condizioni logico-matematiche per garantire l'esistenza di una soluzione ottima. E' stato, pertanto, introdotto il concetto di dominanza della soluzione, per cui, date due alternative A_i e A_k , diremo che A_i non è dominata da A_k se e solo se per ogni attributo il suo valore per A_i non è minore del valore dello stesso attributo per A_k .

Si può dire che, in generale, non esiste una decisione possibile (una soluzione del problema o comunque un'azione che possa essere intrapresa) che sia contemporaneamente la migliore da tutti i punti di vista ritenuti significativi per trattare il problema decisionale nella sua globalità.

Come specifico ambito disciplinare, l'analisi multicriteri si sviluppa soprattutto a partire dagli anni '80, trovando applicazione in contesti di decisione sia individuali che collettivi. E', quindi, una tecnica estremamente giovane, la quale deriva essenzialmente da problematiche reali di varia natura e che si estrinseca in un insieme di metodologie diversificate e non ancora omogeneizzate in una comune base teorica. La ricerca più recente sta colmando il divario tra empirismo e sistematizzazione teorica nell'ambito di tale tipo di analisi.

Il paradigma dell'ottimizzazione è stato ormai abbandonato in molti ambienti della ricerca teorica e viene spesso criticato nella recente letteratura; una di queste critiche è stata mossa, ad esempio, da Herbert Simon (premio Nobel per l'economia nel 1978), secondo il quale non è l'alternativa "migliore" che deve essere raggiunta (anche perché potrebbe essere oggettivamente impossibile raggiungerla), ma devono invece essere identificate alternative che "soddisfano" un certo numero di requisiti esplicitamente definiti (approccio della *scelta soddisfacente*) (Simon H.A. (1997)).

Più di recente, è emerso un altro tipo di approccio, secondo il quale le soluzioni scelte devono essere "giustificate". Tale approccio assume una particolare rilevanza nell'analisi multicriteri; infatti, le decisioni finali dipendono comunque dalle condizioni iniziali poste dallo stesso decisore; è quindi importante che tali decisioni possano essere definite e giustificate.

3.1 Approccio al metodo multicriteri

Nell'analisi multicriteri la procedura decisionale sfocia, normalmente, nella scelta tra diversi elementi che il decisore si trova ad esaminare e a valutare rispetto ad una serie di criteri. Tali elementi vengono detti *azioni* o *alternative* e costituiscono l'insieme A delle azioni tra le quali il decisore si trova a dover operare una scelta. La definizione di A non solo dipende dallo specifico problema che deve essere risolto e dai soggetti coinvolti nella procedura di decisione, ma interagisce fortemente anche con la modellizzazione delle preferenze, la definizione dei criteri, l'enunciazione del problema e, infine, con la scelta dei metodi di aiuto alla decisione che vengono applicati.

Su ciascuna delle azioni vengono misurati degli attributi. Un attributo può fornire direttamente indicazioni sul livello di un criterio (ad esempio, l'attributo "il profitto netto" in euro rispetto al criterio "massimizzare il profitto"), ma in altri casi un criterio può non avere un attributo direttamente corrispondente (ad esempio, il criterio "migliorare la qualità di un sistema di trasporto pubblico urbano"). Può esistere in questi casi un attributo (o un insieme di attributi), detto *Proxy Attribute* o *driver*, che, indirettamente, fornisce indicazioni su tale criterio (ad esempio, attributi quali il "rapporto tra il tempo medio di percorrenza e la lunghezza del tragitto").

Nell'analisi multicriteri entrano in gioco i seguenti componenti basilari: Criteri e relativi attributi; Decisore/i ed eventuali supporti per l'elaborazione dell'informazione; Regola decisionale (*decision rule*), ovvero quella regola usata per ordinare le alternative secondo le informazioni acquisite e le preferenze del decisore.

L'approccio generale ad un problema decisionale consiste nell'utilizzare le informazioni note insieme ai giudizi espressi dal decisore per determinare una decisione di compromesso, ovvero aiutare il decisore a selezionare quella alternativa maggiormente coerente con la sua struttura di preferenza.

3.2 Metodi di surclassamento

Tra i metodi multicriteri di supporto alla decisione merita particolare attenzione la classe dei *metodi di surclassamento*, sviluppata per affrontare problemi di scelta (azione migliore tra più alternative), di classificazione (attribuzione delle azioni considerate a più classi di cui si conoscono le caratteristiche) e di ordinamento (costruzione di un ordine di preferenza sull'insieme di possibili azioni da intraprendere). L'obiettivo è quello di fornire ai decisori strumenti per affrontare problemi decisionali caratterizzati da una molteplicità di punti di vista e, spesso, da un limitato livello di strutturazione che si sviluppano in ambito organizzativo. Tali metodi mirano a costruire una relazione tra le azioni, detta di "surclassamento", e ad utilizzare questa relazione per aiutare il decisore ad affrontare il problema specifico.

In tutti i metodi di surclassamento coppie di azioni potenziali vengono confrontate su ogni singolo criterio per stabilire se una delle due è preferibile all'altra o se sono indifferenti. Il problema dell'aggregazione dei risultati dei confronti è affrontato mediante la costruzione della relazione di surclassamento (S), intesa come l'unione delle relazioni elementari di indifferenza (I), preferenza debole (Q) e preferenza stretta (P). E' inoltre considerata anche l'eventualità dell'incomparabilità tra azioni (N), diversa dall'indifferenza poiché causata dall'esistenza di preferenze contrastanti sui diversi criteri, che rendono impossibile stabilire quale delle due azioni sia migliore, sapendo che non sono uguali.

Si può dire che l'azione a surclassa l'azione a' (aSa') se, in relazione a ciò che si conosce delle preferenze del decisore ed alla qualità delle valutazioni delle azioni, "esistono ragioni sufficienti per ritenere che a sia almeno altrettanto buona di a' e non esistono buone ragioni per rifiutare tale affermazione". Il surclassamento si basa sul principio di *concordanza/discordanza*³, cioè sulla verifica dell'esistenza di una concordanza dei criteri a favore di un'azione piuttosto che di un'altra e sul controllo che non esistano situazioni di forte discordanza tra valutazioni, in grado di mettere in discussione (espressione del veto) la concordanza.

Il surclassamento può essere: "definito" o "*crisp*", quando la relazione aSa' corrisponde ad un surclassamento certo e si può indicare con sicurezza la preferenza di un'azione sull'altra, la loro indifferenza o l'incomparabilità; "sfumato o *fuzzy*", quando si associa al surclassamento un *grado di credibilità* compreso tra 0 ed 1, con cui esprimere una differente credibilità nell'affermare che esiste una relazione di surclassamento tra due specifiche azioni.

Tutti i metodi di surclassamento propongono una stessa struttura in fasi, in cui una è dedicata al confronto a coppie sui singoli criteri ed all'aggregazione di questi risultati con la modellizzazione del surclassamento (mediante test o elaborazione di indici di concordanza e discordanza); la fase successiva utilizza le relazioni di surclassamento per arrivare ad un risultato finale, adottando una procedura che renda operativa una regola di decisione coerente per affrontare il problema decisionale.

Esistono diversi metodi di surclassamento; la scelta tra i differenti metodi è motivata da indicazioni connesse sia alla natura dei dati a disposizione e quindi dei criteri che si possono utilizzare, che alla precisa regola di decisione che si vuole rendere operativa. Tra i metodi di surclassamento alcuni adottano criteri senza soglie, altri con soglie, alcuni solo scale quantitative, altri ogni tipo di scala, permettendo quindi di trattare sostanzialmente ogni situazione, mediante differenti procedure di modellizzazione del surclassamento.

³ Gli indici di concordanza e discordanza utilizzati in questo tipo di modelli differiscono dagli usuali indici di associazione utilizzati in statistica, nel senso che la concordanza non va intesa tra le variabili, i criteri in questo caso, ma tra le alternative. Due alternative sono concordanti se risulta indifferente, per il decisore la scelta dell'una o dell'altra, discordanti quando non sono confrontabili.

Due sono le famiglie principali che costituiscono la categoria dei metodi di surclassamento: i metodi Electre, orientati alla *scelta* (Electre I) o all'*ordinamento* (Electre II, III e IV), ed i metodi di *selezione/segmentazione*, che affrontano la problematica della classificazione (come Electre Tri). I primi vengono utilizzati per analizzare e confrontare a coppie tutti gli elementi di un insieme A, finito, di azioni possibili, per identificare un sottoinsieme di azioni con le caratteristiche di efficienza, per scegliere, o per ottenere una graduatoria che fornisca indicazioni a proposito di tutte le azioni esaminate e che consenta, se necessario, la selezione di un ristretto insieme di azioni da sottoporre ad uno studio più dettagliato. I metodi di selezione/segmentazione analizzano un insieme di azioni che non sono necessariamente in competizione tra di loro ma che devono essere attribuite a categorie definite. Le azioni, in questo caso, non sono confrontate le une con le altre, ma con gli elementi di un insieme di riferimento che deve essere definito, tenendo conto ad esempio di norme e procedure a vari livelli, di specifiche, livelli di aspirazione e modelli di rischio. Il confronto con il riferimento deve fornire indicazioni per accettare o rifiutare l'azione candidata o per attribuirgli ad una precisa classe.

3.3 I metodi Electre

I metodi Electre (ELimination Et Choix TRaduisant la REaltà) sono metodi multicriteri di aggregazione parziale delle preferenze mediante surclassamento e sono stati sviluppati da Roy e dai suoi collaboratori dell'Università Dauphine di Parigi a partire dalla fine degli anni '60. Questi metodi si differenziano per le problematiche affrontate (scelta per il primo, ordinamento per gli altri), la natura dei dati trattati e quindi il tipo di criteri (*criteri* per il primo ed il secondo, con scale cardinali il primo e cardinali o ordinali il secondo; *pseudo-criteri* invece per gli ultimi due, che utilizzano scale cardinali con soglie) e per la procedura di modellizzazione del surclassamento.

Tutti i metodi Electre sono strutturati in due fasi: nella prima (di modellizzazione del surclassamento) si confrontano a coppie le azioni su ogni criterio e si aggregano i risultati ottenuti, mediante la costruzione di indici o l'applicazione di test che verificano la presenza di condizioni di concordanza e di non concordanza, alla base del concetto di surclassamento; nella seconda fase si attiva la procedura di classificazione delle azioni relativa alla problematica in esame ed alla regola decisionale modellizzata. La scelta tra i differenti metodi è motivata da indicazioni connesse sia alla natura dei dati a disposizione, quindi dei criteri che si possono utilizzare, sia alla precisa regola di decisione che si vuole rendere operativa.

La terza versione del modello rappresenta il primo tentativo di *surclassamento sfumato* apparso in letteratura e risale al 1978 (Roy B.). Per utilizzare il modello Electre III, l'utente deve disporre sia dei dati di base del problema di scelta (alternative e criteri) che delle preferenze del decisore; tali preferenze si sostanziano in un

peso e tre valori di soglia per ogni criterio. Il peso associato a ciascun criterio rappresenta un coefficiente di importanza relativa, che costituisce una delle parti più delicate del modello perché è l'espressione più diretta ed esplicita delle preferenze decisionali e può influenzare i risultati del metodo in modo significativo. Le soglie rappresentano dei valori che vengono introdotti per ridurre due tipi di rischio: quello di considerare distinte due situazioni corrispondenti a condizioni e valutazioni molto prossime e sostanzialmente equivalenti e quello di non considerare distinte situazioni preferenziali differenti. In particolare: la soglia di indifferenza (q_j) esprime la differenza minima, tra i valori assunti dal criterio j , a cui il decisore attribuisce significato in termini di indifferenza. Ad esempio, se due Corsi di laurea differiscono di 2 punti rispetto al voto di laurea medio e la soglia di indifferenza su tale criterio è pari a 3, allora i due Corsi di laurea saranno, di fatto, indifferenti rispetto a tale criterio. Solo una differenza superiore a 3 sarà considerata rilevante; la soglia di preferenza (s_j) esprime la differenza minima, tra i valori assunti dal criterio j , a cui il decisore attribuisce significato in termini di preferenza stretta. Ad esempio, se due Corsi di Laurea differiscono di 5 punti rispetto al voto di laurea medio e la soglia di preferenza fissata dal decisore su tale criterio è pari a 4, allora il Corso di laurea con il voto più alto sarà strettamente preferito all'altro; la soglia di veto (v_j) esprime la differenza minima, tra i valori assunti dal criterio j , oltre la quale il decisore ritiene che il divario tra i punteggi non sia più compensabile con le prestazioni degli altri criteri. Ad esempio, se il Corso di laurea A supera il Corso di laurea B di 8 punti, rispetto al voto di laurea medio, e la soglia di veto fissata dal decisore su tale criterio è pari a 5, allora B non può surclassare A, qualunque sia il valore relativo degli altri attributi.

Questo metodo si distingue da Electre I e II principalmente perché utilizza gli pseudo-criteri, cioè criteri a cui sono associabili elementi di incertezza informativa e preferenziale, e quindi modella, nella prima fase del metodo, un *surclassamento sfumato*, o "fuzzy", che associa a ciascuna relazione, tra coppie ordinate di azioni, una funzione caratteristica $\delta(a, a')$, che esprime il *grado di credibilità* della relazione di surclassamento.

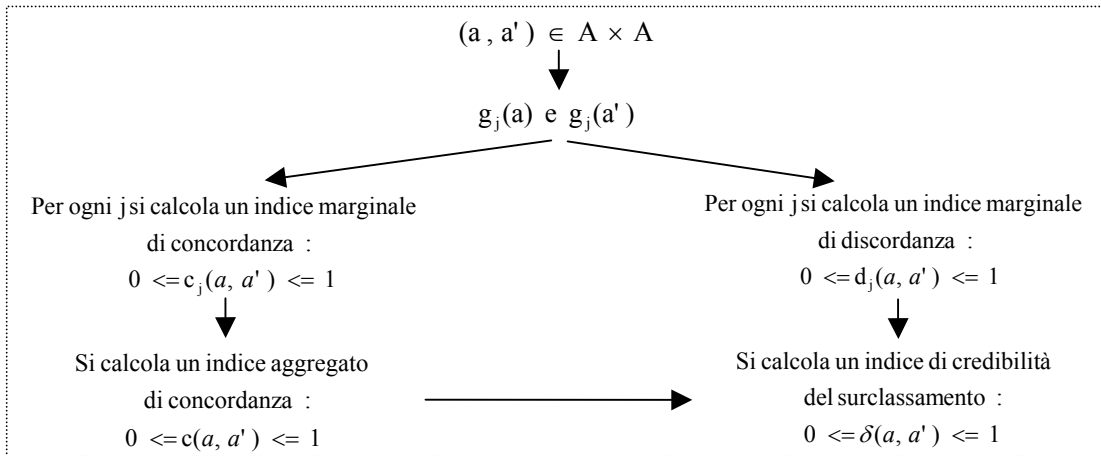
Sia $A = \{a_i: i \in I\}$ un insieme finito di alternative, valutate su una famiglia di pseudo-criteri $g = \{g_j: j \in J\}$. Sulla scala E_j di ogni criterio, vengono definite 3 soglie (q_j, s_j, v_j):

$$0 \leq q_j \leq s_j \leq v_j$$

rispettivamente di indifferenza, di preferenza e di veto; ad ogni criterio viene assegnato un peso, in modo da ottenere un vettore di pesi normalizzati $p = \{p_j: j \in J\}$, tale che:

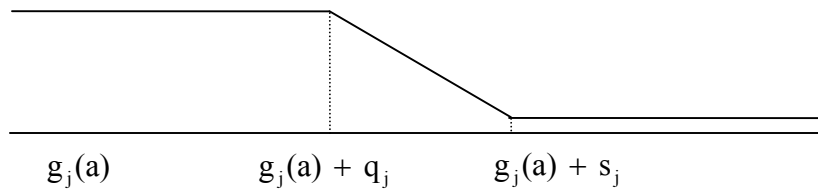
$$\forall j \quad 0 \leq p_j \leq 1 \quad \text{e} \quad \sum_{j \in J} p_j = 1$$

Il modello Electre III si basa, nella prima fase, sulla definizione di indici marginali di concordanza e discordanza per ogni criterio $j \in J$, e può essere così schematizzato:



Per ogni coppia di alternative (a, a') e per ogni criterio, l'indice marginale di concordanza è definito in base al confronto tra l'ampiezza degli scarti di valutazione $g_j(a) - g_j(a')$ e le soglie q_j ed s_j , distinguendo i casi in cui il criterio è crescente (all'aumentare dei valori del criterio migliora il giudizio sull'alternativa) e decrescente (all'aumentare dei valori del criterio peggiora il giudizio sull'alternativa).

Se il criterio è crescente, allora:



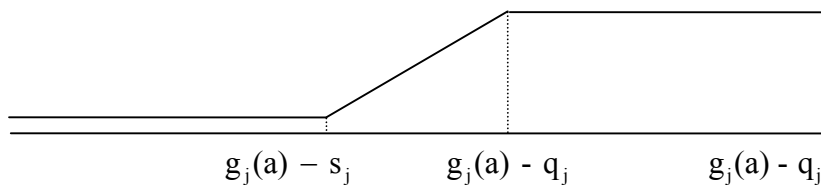
se $g_j(a') \leq g_j(a) + q_j \Rightarrow c_j(a, a') = 1$ le due alternative sono indifferenti;

se $g_j(a') \geq g_j(a) + s_j \Rightarrow c_j(a, a') = 0$ l'alternativa a' surclassa l'alternativa a ;

se $g_j(a) + q_j < g_j(a') < g_j(a) + s_j$ si procede ad una interpolazione e si può affermare che l'alternativa a' surclassa "debolmente" l'alternativa a . Considerando, ad esempio, tra le possibili interpolazioni, una interpolazione di tipo lineare si avrà:

$$c_j(a, a') = \frac{s_j - (g_j(a') - g_j(a))}{s_j - q_j}$$

Se, invece, il criterio è decrescente, allora:



se $g_j(a') \geq g_j(a) - q_j \Rightarrow c_j(a, a') = 1$ le due alternative sono indifferenti;

se $g_j(a') \leq g_j(a) - s_j \Rightarrow c_j(a, a') = 0$ l'alternativa a' surclassa l'alternativa a ;

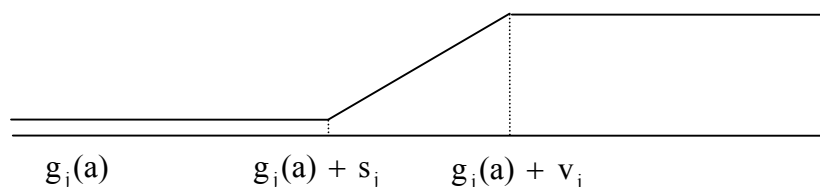
se $g_j(a) - s_j < g_j(a') < g_j(a) - q_j$ si procede ad una interpolazione e si può affermare che l'alternativa a' surclassa "debolmente" l'alternativa a . Considerando sempre una interpolazione di tipo lineare si avrà:

$$c_j(a, a') = \frac{g_j(a') - (g_j(a) - s_j)}{s_j - q_j}$$

In questo modo si ottiene una matrice di concordanza per ognuno dei criteri considerati; gli elementi di ogni matrice sono i coefficienti di concordanza tra tutte le coppie di alternative, rispetto al criterio considerato.

Analogo il ragionamento per quanto riguarda gli indici marginali di discordanza, con l'unica differenza che in questo caso viene introdotta la soglia di veto.

Se il criterio è crescente, allora:



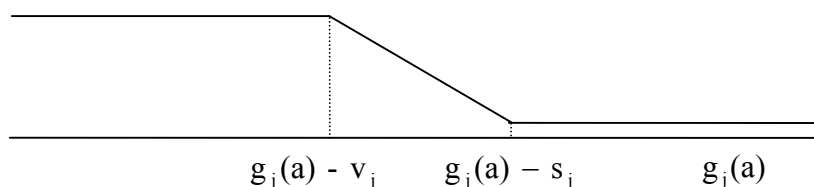
se $g_j(a') \leq g_j(a) + s_j \Rightarrow d_j(a, a') = 0$ le due alternative sono indifferenti;

se $g_j(a') \geq g_j(a) + v_j \Rightarrow d_j(a, a') = 1$ l'alternativa a non può surclassare la a' ;

se $g_j(a) + s_j < g_j(a') < g_j(a) + v_j$ si procede all'interpolazione e si può affermare che l'alternativa a' surclassa "debolmente" l'alternativa a . Considerando l'interpolazione lineare si avrà:

$$d_j(a, a') = \frac{(g_j(a') - g_j(a)) - s_j}{v_j - s_j}$$

Se, invece, il criterio è decrescente, allora:



se $g_j(a') \geq g_j(a) - s_j \Rightarrow d_j(a, a') = 0$ le due alternative sono indifferenti;

se $g_j(a') \leq g_j(a) - v_j \Rightarrow d_j(a, a') = 1$ l'alternativa a non può surclassare la a' ;

se $g_j(a) - v_j < g_j(a') < g_j(a) - s_j$ si procede alla solita interpolazione e si può affermare che l'alternativa a' surclassa “debolmente” l'alternativa a . Con l'interpolazione lineare si avrà:

$$d_j(a, a') = \frac{(g_j(a) - g_j(a')) - s_j}{v_j - s_j}$$

Una volta ottenute J matrici di concordanza e J matrici di discordanza, entrambe di dimensione $I \times I$, si procede al calcolo della matrice di concordanza aggregata, sempre di dimensioni $I \times I$, i cui elementi sono la somma ponderata, con i pesi inizialmente assegnati ai criteri, degli indici marginali di concordanza:

$$c(a, a') = \sum_{j \in J} p_j c_j(a, a')$$

A partire dalla matrice di concordanza aggregata e dalle singole matrici di discordanza si procede al calcolo della matrice di credibilità del surclassamento, i cui elementi sono così ottenuti:

se $\forall j : d_j(a, a') = 0 \Rightarrow \delta(a, a') = c(a, a')$;

se $\exists j : d_j(a, a') > 0$ allora :

se $d_j(a, a') < c(a, a') \Rightarrow \delta(a, a') = c(a, a')$

se $d_j(a, a') \geq c(a, a') \Rightarrow \delta(a, a') = c(a, a') \times \prod_{j^* \in J^*} \left(\frac{1 - d_{j^*}(a, a')}{1 - c(a, a')} \right)$

A questo si procede con la costruzione del preordine finale, ossia l'ordinamento globale delle alternative. A tal fine viene impiegato un algoritmo di *distillazione*⁴ che, a partire dall'individuazione di una soglia di discriminazione $s(\delta)$ cioè la distanza massima tra due credibilità, in modo da essere ancora considerate dello stesso ordine di grandezza, permette di estrarre dalla matrice di credibilità le alternative che entreranno a far parte dell'ordinamento. In realtà vengono applicati due algoritmi di distillazione, uno dall'alto, che estrae dalla matrice le alternative, dalla migliore alla peggiore, ed uno dal basso che le estrae invece dalla peggiore alla migliore. Si ottengono, quindi, due preordini; soltanto dall'intersezione di questi due preordini sarà possibile pervenire all'ordinamento finale.

Per l'estrazione delle alternative si individua, nella matrice di credibilità del surclassamento, il grado di credibilità massimo δ_0 , pari a:

$$\delta_0 = \max_{(a, a') \in A_i} \delta(a, a')$$

⁴ Con questo termine si indica la procedura di estrazione delle alternative dalla matrice di credibilità del surclassamento e di collocazione delle stesse in una graduatoria.

cioè il massimo tra i valori $\delta(a, a')$ al passo i -esimo (A_i è la matrice di credibilità al passo i); esso determina un “valore di credibilità” tale che saranno considerati solo i valori di $\delta(a, a')$ che sono sufficientemente vicini a δ_0 . Si sottrae, quindi, la soglia di discriminazione $s(\delta)$ e così si calcola δ'_0 :

$$\delta'_0 = \delta_0 - s(\delta)$$

e si calcola il primo livello di separazione, δ_i , relativo all'insieme A_i :

$$\delta_i = \max_{(a, a') \in \Omega} \delta(a, a')$$

dove $\Omega = \{(a, a') : \delta(a, a') < \delta'_0\}$, e si definisce la qualificazione di ogni azione $q(a_i)$ come il numero di azioni che sono surclassate dall'azione a_i meno il numero di azioni che la surclassano, cioè:

$q(a_i) = p(a_i) - d(a_i)$ dove:

$$p(a_i) = |\{a' \in A_i : \delta(a, a') > \delta_i \text{ e } (\delta(a, a') - \delta(a', a)) > s(\delta)\}|$$

$$d(a_i) = |\{a' \in A_i : \delta(a', a) > \delta_i \text{ e } (\delta(a', a) - \delta(a, a')) > s(\delta)\}|$$

L'algoritmo di distillazione dall'alto classifica le azioni in base alla qualificazione massima, secondo la regola:

$$q^+ = \max_{a_i \in A_i} q(a_i)$$

ottenendo il seguente sottoinsieme di A_i :

$$D_1^+ = \{a_i \in A_i : q(a_i) = q^+\}$$

dove D_1^+ sarà il primo distillato dall'alto, ed ogni classe C_i^+ sarà costruita partendo dall'alto su questo distillato. Qualora D_1^+ contenga soltanto una azione, si pone $C_i^+ = D_1^+$ e si ripete la procedura finora descritta sull'insieme delle azioni rimanenti per l'iterazione successiva, altrimenti si applica l'algoritmo all'insieme delle azioni di D_1^+ generando così una sottodistillazione finché esso non conterrà che un'azione. La procedura è poi ripetuta partendo da A_{i+1} e termina quando non c'è più alcun elemento dell'insieme A delle azioni che non sia stato attribuito ad una classe. Il risultato ottenuto è la distillazione dall'alto. Nella distillazione dal basso, il procedimento è simile al precedente però la selezione è effettuata in base alla qualificazione minima secondo la regola:

$$q^- = \min_{a_i \in A_i} q(a_i) \quad D_1^- = \{a_i \in A_i : q(a_i) = q^-\}$$

In questo caso D_1^- sarà il primo distillato dal basso, e ciascuna classe C_i^- sarà costruita partendo dal basso. Ottenuti i due preordini $P(A)^+$ e $P(A)^-$ dagli algoritmi di distillazione, si procederà all'individuazione del preordine finale. Il procedimento proposto da Schärli (1996) per definire un preordine finale è una “intersezione”, se-

condo il significato della teoria degli insiemi, che si basa sulle seguenti tre regole: un'azione del preordine finale non può essere posta prima di un'altra se non nel caso in cui essa è prima di quest'ultima in uno dei due preordini $P(A)^+$ o $P(A)^-$ e prima di questa oppure ex aequo nell'altro; due azioni non possono essere ex aequo nel preordine finale se non nel caso in cui appartengono alla stessa classe in entrambe le classificazioni dall'alto e dal basso; due azioni sono incomparabili nel preordine finale se l'una è prima dell'altra in una classificazione (o dall'alto o dal basso) e la segue nell'altra. Il risultato può essere rappresentato sotto forma di un grafo.

4. Un'applicazione

Il metodo Electre III è stato applicato ai corsi di Laurea (*cf.* par.2), valutandoli rispetto ai seguenti criteri: **g₁**: Voto di laurea; **g₂**: Durata effettiva del Corso di studi; **g₃**: Percentuale di occupazione; **g₄**: Soddisfazione per il percorso formativo; **g₅**: Soddisfazione per il lavoro svolto; **g₆**: Utilità del percorso formativo seguito per trovare occupazione; **g₇**: Reddito annuo.

Da notare che la durata effettiva del Corso di studi è calcolata come rapporto tra la media del numero di anni impiegati per conseguire la laurea e la durata legale del Corso di studi. La matrice delle performance ottenuta è la seguente:

	g₁	g₂	g₃	g₄	g₅	g₆	g₇
a ₁	102,8	1,86	49,10	2,0	3	3	13.240
a ₂	104,2	1,81	48,48	2,0	2	3	13.150
a ₃	107,8	1,59	49,28	1,0	3	2	15.590
a ₄	109,5	1,15	48,82	1,5	3	3	10.830
a ₅	106,4	1,52	48,83	2,0	2	3	17.350
a ₆	106,7	1,57	48,96	2,0	2	2	13.640
a ₇	107,2	1,47	48,93	3,0	3	3	11.580
a ₈	107,7	1,81	49,29	2,0	3	2	16.750
a ₉	107,8	1,77	51,35	2,0	3	3	18.270
a ₁₀	105,9	1,53	49,82	2,0	3	3	17.080
a ₁₁	109,2	1,47	48,63	2,0	3	3	19.440
a ₁₂	107,2	1,42	49,47	2,0	2	3	17.580

Per quanto riguarda **g₁**, **g₂** e **g₇** si è considerato il valore medio; per **g₄**, **g₅** e **g₆** si è considerato il valore mediano dei giudizi espressi dai laureati sul questionario, giudizi espressi su una scala da 1 a 5, con valori che vanno da “Totalmente soddisfatto” a “Per niente soddisfatto”.

La matrice dei pesi e delle soglie associate ai criteri è, invece, la seguente⁵:

	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7
Verso	C	D	C	D	D	D	C
Peso	0,04	0,08	0,17	0,21	0,17	0,21	0,12
Soglia di indifferenza (q)	1	0,2	5	1	1	1	1.200
Soglia di preferenza (s)	2	0,4	15	2	2	2	2.400
Soglia di veto (v)	4	0,6	25	3	3	3	3.000

I pesi e le soglie sono stati attribuiti sulla base di considerazioni che scaturiscono dalla conoscenza del territorio, sia dal punto di vista del mercato del lavoro che dal punto di vista universitario (Enea e Giambalvo, 2002).

A partire dalla matrice delle performance, e tenendo conto delle soglie fissate rispetto a ciascun criterio, vengono calcolati gli indici di concordanza e di discordanza marginali tra tutte le possibili coppie di alternative, rispetto a ciascun criterio.

In relazione al criterio g_1 , voto di laurea, con verso di preferenza crescente e soglie $q_1=1$ e $s_1=2$, supponiamo di voler calcolare gli indici $c_1(a_1, a_i)$ rispetto al sottoinsieme (a_1, a_2, a_4, a_8) . I valori del criterio g_1 su tutte le alternative sono riportate nella tabella sottostante:

Alternative	a_1	a_2	a_4	a_8
$g_1(a_i)$	102,8	104,2	109,5	107,7

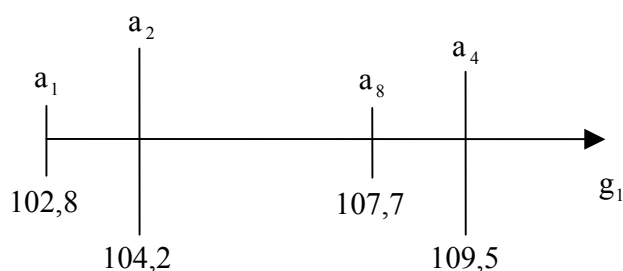
La figura 5 mostra le alternative ed i corrispondenti stati di valutazione sulla scala associata al criterio.

La Figura 6 mostra, invece, come si dispongono le valutazioni al fine di ottenere gli indici di concordanza $c_1(a_1, a_i)$. In essa compaiono: la valutazione di a_1 sul criterio g_1 ($g_1(a_1)=102,8$) ed i valori ottenuti aggiungendo le soglie:

$$g_1(a_1)+q_1(a_1)=102,8+1=103,8$$

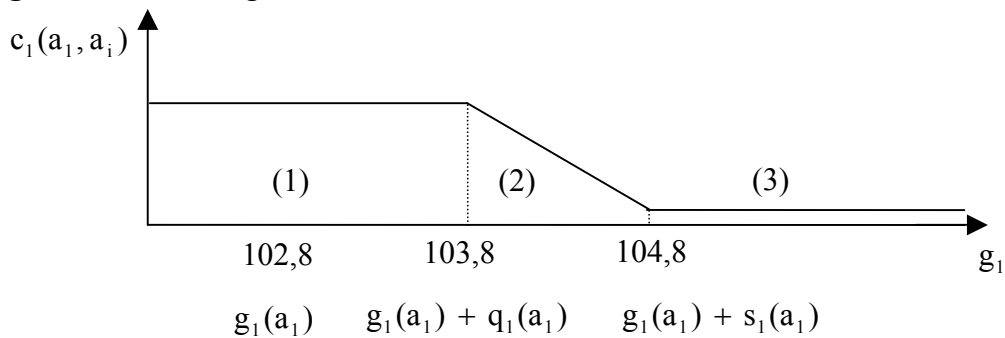
$$g_1(a_1)+s_1(a_1)=102,8+2=104,8.$$

Figura 5. Alternative valutate sul criterio g_1



⁵ C=crescente, D=decrescente

Figura 6. Indici marginali di concordanza



Al variare della posizione delle altre alternative (zone 1, 2, 3), si ottengono i seguenti valori per gli indici di concordanza marginale:

Zona (1): alternative per cui lo scarto tra le valutazioni non è tale da superare la soglia di indifferenza, in questo caso $c_1(a_1, a_i)=1$. Nell'esempio considerato, nessuna delle alternative si trova in questa zona.

Zona (2): alternative debolmente migliori rispetto ad a_1 , il cui scarto è compreso tra soglia di indifferenza e la soglia di preferenza, $0 < c_1(a_1, a_i) < 1$. Nell'esempio considerato, si trova nella zona (2) l'alternativa a_2 ; si procede, pertanto, all'interpolazione lineare, ottenendo:

$$c_1(a_1, a_2) = \frac{s_1(a_1) - (g_1(a_2) - g_1(a_1))}{s_1(a_1) - q_1(a_1)} = \frac{2 - (104,2 - 102,8)}{2 - 1} = 0,6$$

Zona (3): alternative migliori di a_1 con uno scarto tra le valutazioni superiore alla soglia di preferenza, $c_1(a_1, a_i)=0$. Nell'esempio considerato, si trovano in questa zona le alternative a_4 ed a_8 , per cui $c_1(a_1, a_4)=0$ e $c_1(a_1, a_8)=0$.

Dalle matrici di concordanza marginale, tenendo conto dei pesi specificati inizialmente dal decisore, si costruisce la matrice di concordanza aggregata (Tabella 1), i cui elementi sono, come abbiamo visto, la somma ponderata degli indici di concordanza marginale.

Gli elementi della matrice di concordanza aggregata vengono poi utilizzati, insieme alle matrici di discordanza marginale per calcolare gli indici di credibilità del surclassamento (Tabella 2), che servirà come base di partenza per la costruzione dell'ordinamento finale.

Tabella 1. Matrice degli indici di concordanza aggregata

	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇	a ₈	a ₉	a ₁₀	a ₁₁	a ₁₂
a ₁	0,00	0,98	0,81	0,87	0,77	0,92	0,87	0,83	0,83	0,78	0,75	0,75
a ₂	1,00	0,00	0,82	0,87	0,80	0,94	0,90	0,83	0,83	0,81	0,77	0,75
a ₃	1,00	1,00	0,00	0,89	0,94	1,00	1,00	1,00	0,87	0,97	0,86	0,92
a ₄	0,87	0,88	0,87	0,00	0,87	0,87	1,00	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
a ₅	1,00	1,00	0,98	0,88	0,00	1,00	1,00	0,99	0,98	1,00	0,86	1,00
a ₆	1,00	1,00	0,92	0,87	0,87	0,00	1,00	0,87	0,87	0,87	0,83	0,87
a ₇	0,95	0,96	0,67	0,81	0,87	0,91	0,00	0,87	0,87	0,87	0,83	0,87
a ₈	1,00	1,00	0,99	0,88	0,96	0,98	0,94	0,00	0,97	0,97	0,79	0,92
a ₉	1,00	1,00	1,00	0,89	0,98	1,00	0,95	1,00	0,00	0,98	0,94	0,94
a ₁₀	1,00	1,00	0,96	0,88	1,00	1,00	0,99	0,97	0,96	0,00	0,84	0,99
a ₁₁	1,00	1,00	1,00	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00
a ₁₂	1,00	1,00	1,00	0,93	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,89	0,00

Tabella 2. Matrice degli indici di credibilità del surclassamento

	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇	a ₈	a ₉	a ₁₀	a ₁₁	a ₁₂
a ₁	0,00	0,98	0,00	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
a ₂	1,00	0,00	0,82	0,00	0,00	0,94	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
a ₃	1,00	1,00	0,00	0,89	0,94	1,00	1,00	1,00	0,87	0,97	0,00	0,92
a ₄	0,87	0,88	0,00	0,00	0,00	0,87	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
a ₅	1,00	1,00	0,98	0,88	0,00	1,00	1,00	0,99	0,98	1,00	0,86	1,00
a ₆	1,00	1,00	0,92	0,87	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
a ₇	0,95	0,96	0,00	0,81	0,00	0,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
a ₈	1,00	1,00	0,99	0,00	0,96	0,98	0,94	0,00	0,97	0,97	0,79	0,92
a ₉	1,00	1,00	1,00	0,00	0,98	1,00	0,95	1,00	0,00	0,98	0,94	0,94
a ₁₀	1,00	1,00	0,96	0,88	1,00	1,00	0,99	0,97	0,96	0,00	0,84	0,99
a ₁₁	1,00	1,00	1,00	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00
a ₁₂	1,00	1,00	1,00	0,93	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,89	0,00

Applicando gli algoritmi di distillazione dall'alto e dal basso a questa matrice, si ottengono due ordinamenti parziali, dai quali scaturisce quello finale. Limitandosi alla prima iterazione si applichi l'algoritmo di distillazione dall'alto, fissando una soglia di discriminazione $s(\delta) = 0,10$ e partendo dall'insieme $A = \{a_1, a_2, \dots, a_{12}\}$. Si ottengono i seguenti risultati:

Iterazione K=1

$$A_1 = A \neq \emptyset$$

$$\delta_0 = \max(\delta(a, a')) = 1$$

$$\delta'_0 = \delta_0 - s(\delta) = 0,90$$

$$\delta_1 = 0,89$$

$$p(a_1) = 0$$

$$d(a_1) = 9$$

$$q(a_1) = -9$$

$$p(a_2) = 0$$

$$d(a_2) = 7$$

$$q(a_2) = -7$$

$$p(a_3) = 3$$

$$d(a_3) = 2$$

$$q(a_3) = 1$$

$$p(a_4) = 1$$

$$d(a_4) = 2$$

$$q(a_4) = -1$$

$$p(a_5) = 4$$

$$d(a_5) = 1$$

$$q(a_5) = 3$$

$$p(a_6) = 1$$

$$d(a_6) = 6$$

$$q(a_6) = -5$$

$$p(a_7) = 1$$

$$d(a_7) = 8$$

$$q(a_7) = -7$$

$$p(a_8) = 4$$

$$d(a_8) = 1$$

$$q(a_8) = 3$$

$$p(a_9) = 5$$

$$d(a_9) = 0$$

$$q(a_9) = 5$$

$$p(a_{10}) = 4$$

$$d(a_{10}) = 1$$

$$q(a_{10}) = 3$$

$$p(a_{11}) = 10$$

$$d(a_{11}) = 0$$

$$q(a_{11}) = 10$$

$$p(a_{12}) = 5$$

$$d(a_{12}) = 1$$

$$q(a_{12}) = 4$$

$$q^+ = \max(q(a_i)) = q(a_{11}) = 10$$

$$D_1^+ = \{a_{11}\}$$

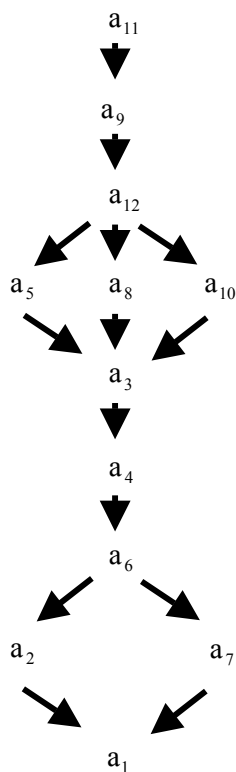
Alla prima iterazione, viene estratta dalla matrice di credibilità, attraverso l'algoritmo di distillazione dall'alto, l'alternativa a_{11} . Proseguendo con le iterazioni, vengono estratte tutte le altre alternative, fino ad ottenere i due seguenti preordini:

$$P(A)^+ = \{a_{11}\} \succ \{a_9, a_{12}\} \succ \{a_5, a_8, a_{10}\} \succ \{a_3\} \succ \{a_4, a_6\} \succ \{a_7\} \succ \{a_1, a_2\}$$

$$P(A)^- = \{a_{11}, a_9\} \succ \{a_{12}, a_5, a_8, a_{10}\} \succ \{a_3, a_4\} \succ \{a_6\} \succ \{a_2\} \succ \{a_7\} \succ \{a_1\}$$

In base ai criteri proposti da Schärflig (1996), dall'intersezione dei due preordini, si ottiene il seguente preordine finale, rappresentato attraverso il grafo in Figura 7.

Questo grafo si costruisce osservando, per ogni alternativa, come essa è posta in relazione alle altre nei due preordini. Ad esempio, a_{11} è in prima classe in entrambi i preordini ed in $P(A)^-$ è ex aequo con a_9 , di conseguenza la si può porre in testa al preordine finale. Dopo a_{11} viene posta a_9 poiché una volta è ex aequo con a_{11} e l'altra è in seconda classe, e così via. L'unica eccezione è rappresentata dalle alternative a_2 e a_7 , che si surclassano a vicenda nei due preordini, in questo caso diremo che le due alternative non sono confrontabili.

Figura 7. Rappresentazione del preordine finale.

Da questo ordinamento si evince che il Corso di laurea in Ingegneria Informatica è quello che ottiene una valutazione migliore da parte dei laureati (alle variabili “oggettive”, che non rappresentano un giudizio espresso dai laureati è stato attribuito un peso inferiore rispetto alle altre). Anche Ingegneria Elettronica e Meccanica ricevono un giudizio soddisfacente, rispetto agli altri Corsi. Ingegneria Chimica, Elettrica e Gestionale si collocano insieme al 4° posto. I Corsi di laurea che occupano gli ultimi posti in graduatoria sono, invece, quelli della facoltà di Economia, insieme al Corso di laurea in Ingegneria Edile, che è risultato non confrontabile col Corso di laurea in Scienze Statistiche ed Economiche. La collocazione dei corsi di laurea di Economia agli ultimi posti della graduatoria è probabilmente dovuta al fatto che, rispetto ad alcune variabili, quali il voto di laurea, durata effettiva del corso di studi e il reddito annuo, le due facoltà differiscono in maniera evidente (Figg. 1, 2, 4).

5. Considerazioni conclusive

Il metodo proposto in questo lavoro presenta, indubbiamente, dei difetti, quali la soggettività nell'attribuzione dei pesi ai criteri e nell'individuazione delle soglie e l'impossibilità di "misurare" la distanza tra le alternative nell'ordinamento finale. Tuttavia, presenta anche molti pregi: la possibilità di attribuire i pesi e di individuare le soglie gli conferisce un'estrema flessibilità, che consente di adattarlo alle diverse situazioni e alle diverse esigenze che possono presentarsi; fissati pesi e soglie, si dispone di una metodologia standard che consente di prendere delle decisioni senza ambiguità; è facilmente implementabile su software statistici (ad esempio, R).

L'approccio sviluppato costituisce un primo passo per la realizzazione di uno strumento strategico che possa essere utilizzato, al fine del miglioramento della qualità, da parte di chi deve pianificare i corsi di studio; pertanto un'ulteriore fase della ricerca sarà quella di fare derivare, dall'analisi effettuata, le azioni strategiche per il miglioramento della qualità in funzione delle risorse disponibili e delle preferenze dei portatori d'interesse, tra i quali i più importanti sono gli allievi e le aziende.

Riferimenti bibliografici

- BAZZANI G.M. (1995) La teoria della decisione multicriteriale: un'introduzione, *Rivista di Economia Agraria*, **1**, pp. 123-148.
- ENEA M., GIAMBALVO O. (2002) The Statistical Informative System for the University, *atti della 23th Conference on Regional and Urban Statistics and Research*, Lisbona Portugal 12-15 June.
- KEENEY R.L., RAIFFA H. (1976) *Decision with Multiple Objectives; preferences and value trade-offs*, John Wiley and Sons, New York.
- OSTANELLO A., NORESE M.F. (2003) *Metodi e modelli per il supporto alle decisioni*, Politeko, Torino.
- ROY B. (1978) *ELECTRE III: Un algorithme de classements fondé sur une représentation floue des préférences en présence de critères multiples*, Cahiers du Centre d'Etudes de Recherche Opérationnelle, **20**, pp. 3-24.
- ROY B. (1996) *Multicriteria Methodologie for Decision Aiding*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- SIMON H.A. (1997) *Models of Bounded Rationality*, The MIT Press, New York.
- SCHÄRLIG A. (1996) *Pratiquer Electre et Prométhée. Un complément à dèdicier sur plesieurs critères*, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne.

- SPERA S. (2003) *L'analisi multicriteri di processi logistici industriali mediante il metodo Electre: l'applicazione nell'ambito della sicurezza*, Tesi di laurea in Ingegneria Gestionale, Università degli studi di Palermo.
- YANG T. e KUO C. (2003) A hierarchical AHP/DEA methodology for the facilities layout design problem, *European Journal of Operational Research*, **147**: pp.128-136.

***The evaluation of educational training for graduates
through the use of the Electre III multiple criteria model***

Summary: *Evaluation seen as a strategic tool with the objective of triggering a system of actions and retro-actions aimed at the improvement of the efficiency and effectiveness of a trial or an organisation, has assumed, in recent years, a crucial role in the monitoring and improvement of the quality of the services, above all in the university sector. The objective of the present paper is to create some classifications of degree programmes in terms of effectiveness both from the formative point of view and from the occupational one, obtained through the application of multiple criteria methods (MCDM: Multiple Criteria Decision Making), such as Electre (ELimination Et Choix Traduisant the REaliti ). The data used are extracted from the investigation on the occupational results of graduates in the years 1997-2001, carried out by the Palermo athenaeum, financed by the Orientation and Tutorial Centre.*

Keywords: *Evaluation, Multiple criteria method, Electre.*