

Università degli Studi di Napoli “Federico II”



**Dottorato di ricerca in “Economia e Management delle
Aziende e delle Organizzazioni sanitarie”**

**Utilizzo di metodologie analitiche a supporto del
Management di Servizi Sanitari: valutazione della Qualità e
della Customer Satisfaction nei processi di formazione in
ambito sanitario. Il Case Study del Centro di Biotecnologie
dell’A.O.R.N. “A. Cardarelli” di Napoli**

Relatore

Ch.mo Prof. Mario Cesarelli

Dottorando

Gianluca Parente

ANNO ACCADEMICO 2015-2016

Indice

1. Stato dell'arte.....	4
1.1. Qualità.....	4
1.1.1. Total Quality Management.....	6
1.1.2. Quality Function Deployment.....	8
1.2. Qualità in Sanità.....	10
1.2.1. Valutazione della Qualità in sanità.....	12
1.2.2. Ciclo di Deming e Triangolo della Qualità.....	13
1.2.3. Customer Satisfaction.....	14
1.2.4. Misurazione della Customer Satisfaction.....	17
2. Materiali e Metodi.....	21
2.1. Il contesto: L'A.O.R.N. "A. Cardarelli" di Napoli.....	21
2.1.1. Il Centro di Biotecnologie.....	22
2.2. Il Linear Goal Programming.....	24
2.3. L'Analytic Hierarchy Process.....	27
2.3.1. Scomposizione gerarchica del problema.....	28
2.4. Stesura del questionario.....	29
2.4.1. Formato I - Scala di Likert.....	30
2.4.2. Formato II – Constant Sum Scale.....	31
2.4.3. Formato III – Confronto a Coppie Classico.....	31
2.4.4. Formato IV – Confronto a coppie Fuzzy.....	35
2.5. Applicazione del Linear Goal Programming.....	37
2.5.1. Formato I – Scala di Likert.....	39
2.5.2. Formato II – Constant Sum Scale.....	40
2.5.3. Formato III – Confronto a Coppie Classico.....	41

2.5.4.	Formato IV - Confronto a Coppie Fuzzy	42
2.5.5.	Costruzione del modello LGP	44
2.6.	Le priorità globali	44
3.	Elaborazione Dati	45
3.1.	Creazione della Gerarchia di Dominanza	45
3.2.	Elaborazione dei dati derivanti da questionario.....	47
3.2.1.	Formato I - Scala di Likert	50
3.2.2.	Formato II – Constant Sum Scale.....	55
3.2.3.	Formato III – Confronto a Coppie Classico	59
3.2.4.	Formato IV – Confronto a Coppie Fuzzy	65
3.3.	Linear Goal Programming	70
3.3.1.	Linear Goal Programming per i Criteri Principali.....	70
3.3.2.	LGP per i CRs della dimensione Docente	74
3.3.3.	LGP per i CRs della dimensione Organizzazione	76
3.3.4.	LGP per i CRs della dimensione Struttura	78
3.4.	Gerarchia dei Bisogni	79
3.5.	Confronto tra Soddisfazione e Gerarchia dei Bisogni	81
4.	Conclusioni	86
5.	Bibliografia	89

1. Stato dell'arte

1.1. Qualità

Negli ultimi anni il mondo delle imprese ha assistito a una rivoluzione grazie alla quale è stato instaurato un “Sistema di Qualità Aziendale” in grado di essere certificato da un ente accreditato di parte terza [1].

Per molti anni la qualità è stata vista come:

- conformità alle specifiche tecniche;
- adeguatezza all'uso.

Il concetto si compone, così, di una parte fortemente oggettiva, inerente agli aspetti tecnici che devono soddisfare le specifiche del consumatore, ma anche di una parte assolutamente soggettiva, comprendente tutti gli elementi atti a soddisfare i desideri del cliente. La qualità si configura quindi agli occhi di un utente/consumatore, come rapporto tra un livello atteso e un livello raggiunto, esprimendo in tal senso il grado di corrispondenza tra i desideri del cliente e la conformità del prodotto o servizio offerto a tali desideri: più l'aspettativa e il realizzato si sovrappongono, più il prodotto/servizio sarà considerato un prodotto/servizio “di qualità”.

La qualità diviene pertanto “customer driven”, perché i livelli di performance e di conformità alle specifiche sono stabiliti dagli utenti/consumatori che sono coloro che esprimeranno una valutazione sul livello di qualità del servizio/prodotto ricevuto [2].

In senso generico, con il termine valutare si considera un concetto multidimensionale che consiste nell'operazione di calcolare il valore, stimare il costo, determinare il pregio, l'importanza di un bene o di una prestazione, al fine di attribuire un giudizio complessivo o un voto. In senso pratico, quest'operazione consiste nella definizione dei risultati ottenuti, nella determinazione dell'efficacia, dell'efficienza e delle performance raggiunte.

Robert M. Pirsig, scrittore e filosofo statunitense, sostiene che definire la qualità in termini oggettivi non è affatto facile, mentre è facile rilevarne la mancanza.

Egli dice: *“La Qualità è una caratteristica del pensiero e dell'espressione che è individuata mediante un processo non intellettuale”*.

Ciò significa che essa non può essere definita, perché definire è, appunto, un processo intellettuale [3].

La qualità rappresenta un insieme di caratteristiche che possono riguardare il prodotto, il servizio, l'organizzazione, il sistema, la persona e così via. Consiste, quindi, in un output, cioè nel risultato del Sistema di Gestione della Qualità, che traduce le esigenze del cliente in obiettivi di produzione.

La definizione oggi universalmente accettata di Qualità è quella fornita dall'American Society for Quality Control (ASQC), che riassume formalmente tutte le informazioni raccolte finora:

“La Qualità è l'insieme degli aspetti e delle caratteristiche di un prodotto, processo o servizio, da cui dipendono le sue capacità di soddisfare completamente un dato bisogno: caratteristiche fisiche, aspetto, durata, utilizzabilità, affidabilità, manutenibilità, supporto logistico, riparabilità, praticità.”

Il concetto di qualità tende inoltre ad evolversi col mutare del mercato e delle esigenze dei clienti. Nel tempo, il concetto di qualità si è esteso notevolmente, passando dal semplice soddisfacimento di specifiche tecniche prestabilite a valutazioni inerenti anche le fasi di vendita e post vendita del prodotto/servizio inglobando, così, concetti quali la soddisfazione del cliente e la qualità nel rapporto cliente-fornitore.

Dunque, secondo tale teoria, al fine di ottenere un prodotto/servizio “di qualità” tutta l'organizzazione produttiva deve essere coinvolta nel raggiungimento dell'obiettivo finale (ovvero della mission). Ciò comporta anche il coinvolgimento dei dipendenti, la riduzione degli sprechi in un'ottica di ottimizzazione degli sforzi e l'implementazione di un sistema di gestione della qualità [4][5][6].

Queste sono le motivazioni che hanno spinto molte grandi aziende in tutto il mondo ad adottare nuovi modelli organizzativi, basati sul concetto di Total Quality Management (TQM) che si basa sull'assioma secondo il quale la qualità

dell'organizzazione è uno dei migliori indicatori per la valutazione dello stato di salute dell'impresa.

Dal punto di vista normativo, la norma UNI EN ISO 9004:2000 e 9001:2008 definisce otto principi di gestione per la qualità:

- Orientamento al cliente
- Leadership
- Coinvolgimento del personale
- Approccio per processi
- Approccio sistemico alla gestione
- Miglioramento continuo dei processi e aggiornamento dei dipendenti
- Decisioni basate su analisi di vendite, statistiche di marketing incrociate con feedback del cliente ed indicatori economici
- Rapporti di reciproco beneficio con i fornitori [7].

1.1.1. Total Quality Management

Il Total Quality Management è un modello organizzativo basato su tecniche di gestione e misurazione della performance e della customer satisfaction attuale rispetto a determinati standard di qualità. Le idee cardine di questo modello sono l'aumento della soddisfazione del cliente e il miglioramento continuo del processo di produzione. Questi principi sono messi in pratica sviluppando due tematiche fondamentali: il *customer focus* e il *product design*.

Oggi l'azienda diventa competitiva sul mercato globale adottando un approccio universale e coerente che interessa tutte le funzioni aziendali. Una strategia improntata alla Qualità totale ha quindi come obiettivo la soddisfazione di tutte le parti interessate.

L'aumento della competitività aziendale porta ad enfatizzare sempre più i due aspetti cardine del TQM. Infatti essere in grado di conservare i vecchi clienti ed ottenerne di nuovi è necessario per riuscire a conservare la propria fetta di mercato e redditività, e tutto ciò può essere realizzato mediante le pratiche di customer focus e di product design. Alcuni studi focalizzano l'attenzione sulla soddisfazione del cliente e sulla

riduzione dei costi, individuando quindi come fattore primario del TQM il *customer focus*, ovvero l'orientamento di un'organizzazione al soddisfacimento dei bisogni dei propri clienti. Si ritiene, inoltre, che la strategia della Qualità Totale incentrata sul *customer focus*, abbia un impatto molto positivo sulla performance dell'organizzazione aziendale.

Deming ha affermato inoltre che, migliorando il processo di produzione, è possibile evitare errori e di conseguenza diminuire gli sprechi e ridurre i costi a lungo termine.

La seconda pratica fondamentale del TQM è il *product design*, ovvero il processo di creazione di un nuovo prodotto (che sia esso un bene o un servizio).

Waldman e Gopalakrishnan hanno affermato che prodotti e servizi migliorati grazie a tale tipologia di approccio dovrebbero portare a livelli di soddisfazione del cliente più alti, i quali a loro volta portano ad un maggior livello di prestazioni organizzative.

Chong e Rundus hanno inoltre sostenuto che maggiore è il livello di competizione di mercato, maggiore è la relazione positiva tra le pratiche del TQM (basate sul customer focus e/o sul product design) e le performance organizzative.

In figura 1 si riporta un esempio numerico di come il customer focus impatta sulla performance organizzativa. E' evidente il trend per il quale ad una maggiore applicazione del TQM corrisponda un incremento della performance organizzativa non trascurabile (oltre il 10%). Risultati analoghi si ottengono nel caso di product design.

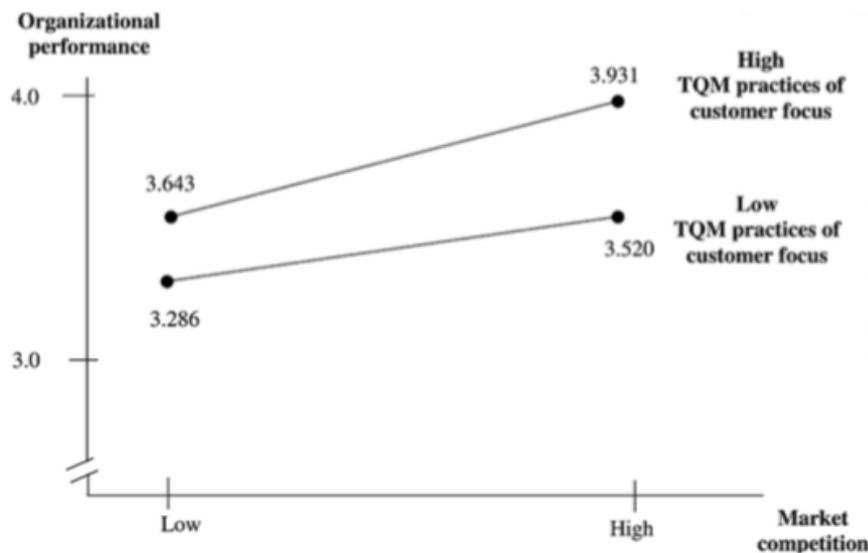


Figura 1.1 Relazioni tra le pratiche TQM focalizzate sul cliente, performance organizzativa e grado di competizione di mercato

In definitiva, è possibile affermare che l'adozione di pratiche TQM e la competizione di mercato migliorano la performance organizzativa aziendale [4] [7].

1.1.2. Quality Function Deployment

Gli attuali sistemi di gestione della qualità prevedono il controllo ex-post del prodotto/servizio (Controllo Qualità), il monitoraggio (Assicurazione Qualità) e il governo dei processi necessari alla sua realizzazione (Quality Function Deployment o QFD). Gestire la qualità, infatti, significa sviluppare ed attuare metodologie necessarie alla sua pianificazione, alla definizione della sua politica e dei suoi obiettivi, all'implementazione e al controllo delle attività necessarie per raggiungerli; significa utilizzare gli strumenti che permettano di prevedere le future evoluzioni dei processi che costituiscono il sistema ed utilizzare strategicamente queste informazioni per aumentare continuamente l'efficacia, l'efficienza e le performance dell'organizzazione.

La metodologia del Controllo Qualità è considerata il primo stadio dell'applicazione di un sistema di gestione della qualità: attraverso la sua messa in atto, l'azienda si assicura che il prodotto sia conforme alle specifiche tecniche, eliminando quei beni che si rivelano non idonei al controllo post-produzione.

La semplice applicazione del Controllo Qualità, comporterebbe però solo un controllo ex-post. Questo tipo di controllo, favorevole al produttore poiché gli consente di rispettare i vincoli di budget, non assicura il rispetto delle richieste e delle aspettative del cliente, né la competitività dell'azienda.

Gli svantaggi dell'applicazione del Controllo Qualità, oltre agli elevati costi per la risoluzione di errori o difetti, dovuti al fatto che il problema emerge solo dopo essersi verificato, sono legati proprio alla peculiarità del controllo. I lavoratori sono deresponsabilizzati, perché il controllo non coinvolge l'intera struttura aziendale ma è effettuato da un dipartimento a valle, che verificherà solo l'idoneità dei prodotti o dei servizi forniti senza risalire al "colpevole" dell'errore.

Non ci si limita più alla correzione ex-post dell'errore individuato, ma la catena di produzione è strutturata in modo che l'errore nel prodotto finale non occorra. Tutti gli sforzi aziendali volti al soddisfacimento del cliente rientrano nell'ambito dell'Assicurazione Qualità.

L'Assicurazione Qualità ha come obiettivo la fidelizzazione del cliente, che diviene strategia per competere, garantendo l'affidabilità del servizio/prodotto [1].

Per la prima volta, il concetto di qualità esce dall'ambito manifatturiero per rivolgersi a settori quali quelli della sanità e della pubblica amministrazione e, più in generale, al mondo dei servizi e non più solo al mondo della produzione.

Il Quality Function Deployment (QFD) è un particolare sistema che fornisce un modo di tradurre le esigenze degli utenti/clienti negli opportuni requisiti tecnici per ogni fase di sviluppo e realizzazione del prodotto/servizio [8].

Il QFD garantisce quindi che il controllo sia:

- totale, giacché attuato in tutti i settori dell'azienda e verso tutti i soggetti coinvolti;
- preventivo, poiché le azioni correttive sono apportate durante tutto il ciclo di produzione;
- economico, dovendo il costo essere commisurato al livello di qualità del prodotto.

Il QFD aiuta quindi ad assicurare in ogni fase di sviluppo del prodotto/servizio, la definizione delle richieste del cliente e contribuisce a tradurle in caratteristiche del prodotto/servizio, in caratteristiche di produzione e di utilizzo, toccando tutti gli

aspetti connessi con la qualità, con le prestazioni e i costi del prodotto/servizio [1] [9].

I vantaggi dell'utilizzo del Quality Function Deployment sono moltissimi perché, per la prima volta, si lavora seguendo feedback oggettivi ricavati dalla misurazione dei processi, dal benchmarking e dalle informazioni ottenute dai clienti attraverso reclami e questionari.

1.2. Qualità in Sanità

Analizzato il concetto di qualità e la sua evoluzione nel tempo, si discute in questo paragrafo il concetto di “Qualità in Sanità”.

Il Servizio Sanitario Nazionale ha subito negli ultimi decenni profonde trasformazioni. Il D.L. 502/92 ha sancito la trasformazione della Unità Sanitaria Locale o U.S.L. in Azienda Sanitaria Locale o A.S.L., ovvero in una vera e propria struttura aziendale, con lo scopo di rendere più efficiente la gestione delle risorse in sanità, indirizzandone l'utilizzo verso il raggiungimento degli obiettivi definiti dalla programmazione nazionale e regionale. Il processo di aziendalizzazione aveva come obiettivo quello di dar luogo ad imprese autonome, competitive ed efficienti nell'allocazione delle risorse a disposizione, non trascurando ovviamente l'obiettivo prioritario della tutela della salute del cittadino.

La trasformazione dell'ospedale in azienda ha portato quindi l'organizzazione sanitaria a considerare l'utente come un “attore” consapevole ed informato. Il cliente, deve avere un ruolo attivo, deve essere oggetto di attenzione da parte di tutti gli operatori della Sanità, devono essere compresi i suoi bisogni e rispettati i suoi valori. L'ospedale può, quindi, competere se oltre a fornire un buon servizio, mette in campo comfort, gentilezza e cortesia, capacità d'informazione e di “condurre per mano” l'utente durante tutto il processo di erogazione del servizio [10].

Tuttavia, nel corso del tempo, il SSN ha dovuto anche fare i conti con una forte diminuzione delle risorse economiche, affiancata peraltro da una crescente domanda di prestazioni da parte dei cittadini. Pertanto, l'esigenza di continuare ad erogare prestazioni appropriate, in modo efficace ed efficiente, da una parte e la necessità di

fornire prove documentali che dimostrino il grado di raggiungimento delle finalità cui i servizi sanitari devono rispondere dall'altra, hanno reso fondamentali concetti precedentemente trascurati, quali la gestione ed il monitoraggio della soddisfazione degli utenti dei servizi offerti. Nasce così in ambito sanitario il concetto di Customer Satisfaction Management: si tratta della capacità di gestire e realizzare in modo proattivo e partecipato i diversi interventi che mirano ad assicurare nel tempo la soddisfazione di utenti e pazienti. La gestione della Customer Satisfaction va quindi intesa in una prospettiva più ampia rispetto alla sola misurazione della soddisfazione, sia perché è finalizzata al miglioramento dei servizi, sia perché si basa su un coinvolgimento degli utenti nell'intero ciclo del servizio [7].

Da quanto detto sinora, s'intuisce come nel compiere una ricerca - valutazione della qualità dei servizi sanitari non si può prescindere dalle tre dimensioni che la costituiscono. Øvretveit [2], ne distingue tre:

- *qualità organizzativa e gestionale*: uso efficace e produttivo di risorse per soddisfare le richieste del cittadino-utente, all'interno di limiti e direttive stabilite. La valutazione di questa dimensione della qualità non si realizza semplicemente attraverso la rilevazione numerica delle dotazioni, ma anche attraverso la valutazione delle modalità del loro utilizzo e dell'accessibilità;
- *qualità professionale*: riguarda il giudizio dei professionisti sulla misura della soddisfazione dei cittadini-utenti, così come stabiliti dai professionisti stessi;
- *qualità valutata dal lato del cittadino-utente*: attiene al servizio fornito ai cittadini-utenti. Non concerne solo gli aspetti tecnici del prodotto/servizio, ma si riferisce anche alla capacità relazionale degli operatori di rispondere alle esigenze degli utenti.

Le correlazioni tra queste tre branche possono essere utilizzate per costruire, (figura 2), i lati di un *triangolo della qualità*:

- *qualità erogata*: frutto della interconnessione fra la qualità organizzativo - gestionale e quella tecnico - professionale;
- *qualità percepita*: interconnessione tra la qualità tecnico - professionale e la dimensione relazionale della qualità;
- *qualità sociale*: risultato dell'interconnessione fra qualità progettata e qualità attesa.



Figura 2: Triangolo della Qualità

1.2.1. Valutazione della Qualità in sanità

La notevole complessità nel definire il concetto di qualità in sanità deriva dalla multidimensionalità del problema. Si ha, infatti, l'esigenza di determinare la prospettiva attraverso la quale compiere la valutazione di qualità e, conseguentemente, quella di definire opportuni parametri, che possono essere variabili secondo i casi considerati.

Donabedian identifica tre parametri su cui basarsi per valutare la qualità in sanità: la struttura (per l'analisi della qualità organizzativa), il processo (per la qualità professionale) e l'esito (per la qualità percepita). In particolare:

- per *Struttura* (o input) si intende ogni elemento materiale e organizzativo stabile, componente il "teatro" in cui si verifica il processo di erogazione della prestazione o del servizio. Fanno parte di tale dimensione le risorse organizzative, umane, fisiche, tecniche e finanziarie;
- per *Processo* si intende l'insieme delle azioni che gli operatori eseguono a favore degli utenti;
- per *Esito* (output e outcome) si fa riferimento al risultato ottenuto, in termini di variazione della condizione rispetto alla situazione precedente.

E' chiaro come la valutazione può essere effettuata su ogni singola dimensione. Pertanto, per ottenere un processo di qualità che non sleggi la relazione tra le tre

dimensioni è necessario costruire una rete circolare per la quale la valutazione degli esiti riesca a modificare i processi e, in sequenza, a variare anche la struttura che generi poi il tutto [2].

1.2.2. Ciclo di Deming e Triangolo della Qualità

Un modello largamente utilizzato per garantire risultati conformi agli obiettivi programmati è il Ciclo della qualità proposto da Deming e da Donabedian, e rivisto negli ultimi anni da Tonelli.

Gli elementi che costituiscono il ciclo sono quattro:

- Plan (P) - Pianificazione
- Do (D) - Esecuzione del programma
- Check (C) - Test e controllo dei risultati
- Act (A) - Azione per rendere definitivo e/o migliorare il processo.

(figura 3).

Il ciclo di Deming, o ciclo PDCA, è un modello studiato per il miglioramento continuo della qualità in un'ottica a lungo termine. Questo strumento parte dall'assunto che per il raggiungimento del massimo della qualità sia necessaria la costante interazione tra ricerca, progettazione, test, produzione e vendita. Per migliorare la qualità e soddisfare il cliente, le quattro fasi devono ruotare costantemente [2] [11] [5].

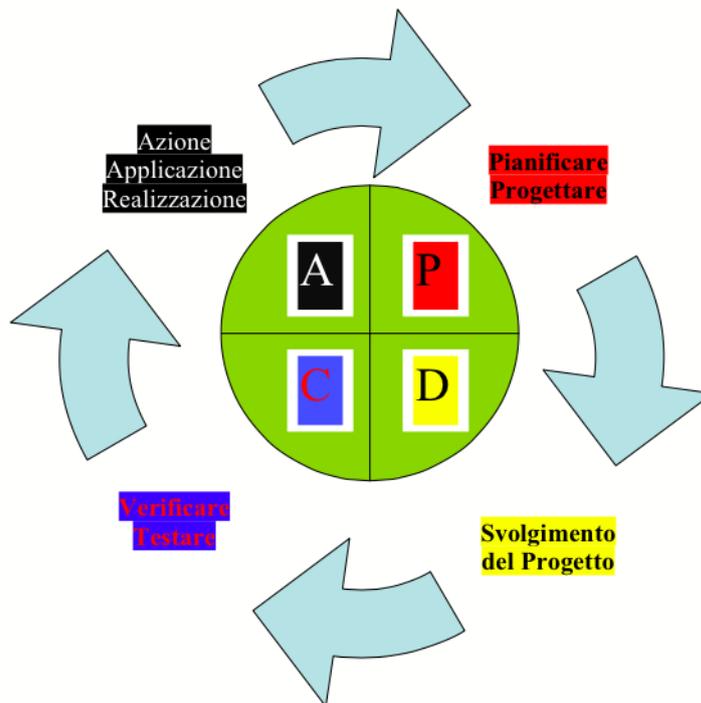


Figura 3: schema esplicativo degli elementi costituenti il ciclo di Deming

Il sistema aziendale si muove secondo un ciclo PDCA sia in senso cosiddetto “verticale” interno all’azienda, sia in senso “orizzontale”, nei rapporti con il cliente. Nella prima accezione, la direzione attiva e pianifica (plan) una gestione delle risorse al fine di realizzare un determinato prodotto, seguendo una specifica modalità (do); successivamente ne misura ed analizza gli effetti (check), riprogrammando i miglioramenti e le eventuali azioni correttive (act). Nel secondo caso, assume enfasi l’interazione con il cliente, per cui ad una fase di individuazione dei requisiti attesi dal cliente finale (plan), segue quella di realizzazione del prodotto (do) e successiva misurazione della soddisfazione (check). Anche qui il riesame dell’Alta Direzione e la pianificazione delle azioni di miglioramento (act) innescano il meccanismo del miglioramento continuo. Nell’ambito di un Sistema di Gestione di qualsiasi tipo, il ciclo PDCA rappresenta un ciclo dinamico che può essere applicato sia al singolo processo sia ad una rete dei processi [12] [13].

1.2.3. Customer Satisfaction

Le norme ISO9001 (*Sistemi di gestione per la qualità – Requisiti*) precisano come *“l’organizzazione deve rilevare e analizzare le informazioni provenienti dal cliente sulla percezione di quanto l’organizzazione stessa abbia soddisfatto i suoi requisiti; questa attività costituisce una delle misurazioni delle prestazioni del sistema di gestione per la qualità. L’attività deve essere organizzata e sistematica, devono essere identificati modalità e criteri per la raccolta dei dati e per l’uso degli stessi”* [14].

In questo contesto, il termine qualità nei servizi è complementare all’espressione *Customer Satisfaction (CS)*, poiché il giudizio sulla qualità è la misura della soddisfazione del fruitore del servizio.

La definizione di Customer Satisfaction, data dall’Enciclopedia di Psicologia [15], è *“la percezione soggettiva del cliente relativamente all’appagamento delle sue aspettative sulla base del servizio ricevuto”*; il termine soddisfazione fa quindi riferimento allo stato emotivo che accompagna il raggiungimento di un bisogno o l’appagamento di una necessità o di un desiderio.

Altro modo di definire la CS è il seguente: la qualità percepita relativamente ad un servizio/prodotto, intesa come il *grado di soddisfazione che il servizio/prodotto può dare ai bisogni, attese e desideri di uno specifico cliente* [16].

Il rilevamento del grado di soddisfazione dei clienti è, quindi, il fine principale della valutazione della CS e permette di attivare dei meccanismi che consentano un miglioramento continuo dei processi assistenziali. Gli obiettivi specifici, di un sistema per il rilevamento della Customer Satisfaction, possono essere sintetizzati nel seguente modo:

1. Evidenziazione della soddisfazione dell’utente mediante valutazione quantitativa;
2. Rilevazione di eventuali problemi o cause d’insoddisfazione;
3. Miglioramento della qualità offerta, a seguito di un processo di analisi della soddisfazione o dell’insoddisfazione;
4. Aumento della consapevolezza degli operatori sul grado di soddisfazione e su quali siano i fattori caratteristici che lo influenzano [17] [18].

La misurazione della Customer Satisfaction è quindi uno degli elementi cardine delle tecniche di Quality Function Deployment.

I motivi principali per cui è particolarmente importante la misurazione della CS sono i seguenti:

- costituisce l'informazione di mercato più affidabile, attraverso la quale un'organizzazione aziendale è in grado di valutare la sua attuale posizione nei confronti della concorrenza;
- può far emergere opportunità di mercato;
- comporta opportunità di miglioramento continuo;
- aiuta a comprendere il comportamento, i bisogni, i desideri e le aspettative dei clienti, sia rispetto al servizio/prodotto testato sia a quelli futuri;
- permette di rilevare potenziali differenze nelle percezioni di qualità tra il cliente e la gestione aziendale.

Da alcune ricerche è emerso che alcuni bisogni e desideri dei consumatori possono essere considerati trasversali a qualsiasi servizio/ prodotto. Essi sono elencati nella tabella in figura 4.

N.	Desideri	Specifiche
1	Reputazione e credibilità	desiderio di poter aver fiducia nell'erogatore e di ricevere un servizio adeguato al costo
2	Comunicazione	desiderio di avere a disposizione le informazioni di cui si hanno bisogno e desiderio di ricevere dal personale risposte chiare e esaurienti
3	Capacità di risposta	desiderio che il servizio venga erogato in tempi ragionevoli e senza inutili perdite di tempo
4	Competenza	desiderio che chi ti eroga il servizio abbia conoscenze e capacità necessarie, desiderio di professionalità
5	Cortesia	desiderio di essere trattato in modo amichevole e spontaneo, con un linguaggio comprensibile e adeguato
6	Accessibilità	desiderio che la localizzazione, gli orari del servizio, i sistemi facilitino l'accesso al servizio stesso
7	Affidabilità	desiderio che le promesse vengano rispettate
8	Sicurezza	desiderio che chi eroga il servizio abbia a cuore la sicurezza fisica e che predisponga sistemi di controllo adeguati
9	Aspetto ed estetica	desiderio che l'aspetto delle attrezzature e del personale sia curato e che l'ambiente sia accogliente e piacevole
10	Pulizia	desiderio che l'ambiente, le attrezzature e il personale siano puliti e igienici
11	Comfort	desiderio che venga garantito il minimo disturbo e massima confortevolezza
12	Capacità di recupero	desiderio che chi eroga il servizio sia in grado di tenere sotto controllo la situazione di fronte ad un evento imprevisto o inaspettato

Figura 4: desideri generici del cliente e relative definizioni

1.2.4. Misurazione della Customer Satisfaction

In letteratura, vengono descritte diverse tecniche per la misurazione della CS. Ogni tecnica ha le sue caratteristiche specifiche che la rendono più adatta a determinate circostanze piuttosto che ad altre. Per scegliere quale tecnica adottare vanno considerati gli obiettivi della ricerca, la disponibilità di risorse, di personale specializzato per condurre l'indagine e la necessità di confrontare nel tempo i risultati.

Le principali tecniche di misurazione della Customer Satisfaction sono:

- Critical Incident Technique;
- Profit Impact of Market Strategy;
- ServQual;
- Customer Satisfaction Survey.

La **Critical Incident Technique** consiste in un'intervista nella quale si registrano gli eventi e gli stati d'animo del cliente coinvolto in un "critical incident". "L'incident" è un qualsiasi episodio legato all'erogazione del servizio e viene considerato critico in quanto aumenta o diminuisce in modo significativo la soddisfazione del cliente. Tale tecnica è usata quando non si conoscono con esattezza gli aspetti del servizio realmente importanti [19].

Il **Profit Impact of Market Strategy** è una strategia piuttosto complessa che consiste:

1. nell'identificazione da parte di un gruppo di esperti degli attributi del servizio non collegati al prezzo che influiscono sulle decisioni d'acquisto del cliente;
2. nell'assegnazione, a ciascuno degli attributi, di un peso pari alla sua importanza sulla decisione d'acquisto;
3. nella valutazione, da parte del gruppo di esperti, della qualità delle prestazioni per ciascuno degli attributi individuati (per mezzo di un punteggio);
4. nella moltiplicazione tra il peso attribuito e la valutazione espressa sulla qualità del servizio.

Il valore della Customer Satisfaction è dato dalla somma dei valori così calcolati [20].

Il **ServQual** è una metodologia basata su una serie di 22 domande precodificate che permettono di misurare separatamente attese e percezioni del cliente.

Le dimensioni valutate sono:

- Elementi tangibili (strutture fisiche, attrezzature, ecc.);
- Affidabilità;
- Capacità di risposta;
- Capacità di rassicurazioni;
- Empatia.

La schematicità e la facilità di utilizzo del questionario, rendono il ServQual uno strumento particolarmente adatto a misurare la Customer Satisfaction nei casi in cui non si disponga di personale qualificato per l'indagine Customer Satisfaction Survey [7].

La **Customer Satisfaction Survey** [7] è una metodologia di rilevazione completa, che definisce tutte le modalità attraverso le quali viene effettuata l'indagine (chi intervistare, quali strumenti, quale peso dare ai diversi item e a quali intervalli di tempo effettuare la rilevazione).

Il metodo principale adottato per la raccolta delle informazioni desiderate in un'indagine di CS è il *questionario*, identificato come lo strumento per eccellenza per la misurazione quantitativa.

I questionari rappresentano uno strumento quantitativo per rilevare le percezioni e i livelli di soddisfazione di un insieme di cittadini che hanno fruito di un servizio sanitario, in modo economico, veloce e anonimo. Chiedendo direttamente ai cittadini di rileggere la propria esperienza personale rispondendo alle domande preposte, è possibile misurare il loro livello di soddisfazione in relazione ai servizi fruiti, evidenziare i punti di forza dei singoli servizi e far emergere le possibili aree di miglioramento. Tale strumento permette di realizzare sia confronti diacronici che rilevano i cambiamenti nel tempo dei livelli di soddisfazione dei cittadini, sia confronti sincronici tra livelli di soddisfazione relativi a servizi simili.

La somministrazione di un questionario permette di raccogliere in maniera uniforme le informazioni sui temi oggetto d'indagine e di confrontare le risposte tra loro.

L'approccio metodologico per lo svolgimento di un'indagine di Customer Satisfaction può essere schematizzato mediante le seguenti fasi:

1. individuazione delle dimensioni di analisi;
2. campionamento;
3. sviluppo dei questionari;
4. somministrazione dei questionari;
5. elaborazione dei dati.

Secondo Grönroos [21] la qualità deve essere definita nello stesso modo in cui è percepita dagli utenti e, quindi, per un'efficace progettazione dell'indagine occorre porre la massima attenzione ai criteri e alle dimensioni della qualità percepita dai clienti, tenendo bene a mente che tutti, operatori in primis, ma anche utenti, contribuiscono alla qualità del servizio.

Risulta, quindi, necessario ipotizzare una standardizzazione delle dimensioni da studiare, che permetta di costruire variabili misurabili e confrontabili.

I criteri proposti da Grönroos, sintetici ma esaustivi, sono i seguenti:

- a. Professionalità e competenza;
- b. Atteggiamento e comportamento;
- c. Accessibilità e flessibilità;
- d. Capacità di rimediare;
- e. Reputazione e credibilità;
- f. Affidabilità e fiducia.

I primi due requisiti sono riferiti al personale; l'accessibilità e la flessibilità si riferiscono alla tipologia di servizio erogato (per esempio la localizzazione e l'orario); il quarto requisito si riferisce alla capacità dell'organizzazione di rispondere all'eventualità di un errore o danno; gli ultimi requisiti sono, invece, riferiti sia al personale che all'organizzazione.

In questo lavoro, le dimensioni di analisi sono state scelte sulla base di quanto già proposto in letteratura e, successivamente, strutturate secondo i principi dell'*Analytic Hierarchy Process*, strumento di supporto al processo decisionale sviluppato dal matematico Thomas Lorie Saaty.

Dopo aver valutato le dimensioni di analisi, è necessario prestare molta attenzione alla scelta del campione che deve essere il più rappresentativo possibile delle diverse caratteristiche dei clienti, affinché i risultati possano essere generalizzabili.

Successivamente, è necessario formulare i relativi quesiti o item per la rilevazione delle opinioni e delle percezioni dei rispondenti [22] [23].

2. Materiali e Metodi

Dopo aver evidenziato l'importanza della misurazione della Customer Satisfaction nelle valutazioni inerenti la "qualità" di un servizio, in questo lavoro si espone un metodo per la sua stima. La metodologia è stata sviluppata al fine di valutare il livello di qualità raggiunto nell'erogazione di un servizio di Alta Formazione Sanitaria erogato presso il Centro di Biotecnologie dell'A.O.R.N. "A. Cardarelli" di Napoli.

Durante la fase iniziale del progetto sono state individuate le dimensioni di analisi mediante scomposizione gerarchica del problema; in seguito, la rilevazione dei giudizi in merito a tali dimensioni è avvenuta attraverso la somministrazione di opportuni questionari. In particolare, si è scelto di utilizzare quattro metodologie analitiche differenti per la costruzione dei rispettivi questionari e la successiva analisi dei dati.

Infine, dopo aver elaborato i dati con la tecnica del Linear Goal Programming, è stata ricomposta la gerarchia realizzata sulla base di quanto previsto dall'Analytic Hierarchy Process in modo da ricavare il risultato finale dell'indagine.

2.1. Il contesto: L'A.O.R.N. "A. Cardarelli" di Napoli

L'Azienda Ospedaliera di Rilievo Nazionale "Antonio Cardarelli" di Napoli è una grande azienda erogatrice di servizi sanitari, cui competono funzioni e responsabilità rilevanti, nell'esercizio di assicurare l'assistenza sanitaria su un ampio territorio, che abbraccia un bacino di utenza esteso e rappresenta un punto di riferimento per altre regioni d'Italia, in particolar modo del Meridione.

L'Azienda Ospedaliera ha acquisito il ruolo di rilevanza nazionale, in base ai riconoscimenti di funzione attribuiti con il DPCM 08.04.93 e con il Decreto n°12255 del 22.12.1994 della Regione Campania.

L'Ospedale "Cardarelli" svolge un ruolo di primo piano per quanto riguarda l'assistenza sanitaria di urgenza: è infatti sede di Dipartimento di Emergenza-Accettazione di secondo livello, assicurando prestazioni di pronto soccorso in molteplici specialità. Presso tale dipartimento è ubicata la Centrale Operativa "118". Il Cardarelli è fra l'altro sede del Centro Grandi Ustionati, del Centro Antiveleni e del Centro per i Trapianti di Fegato, (Centri di Emergenza Regionali); è presente altresì il Centro di Terapia Iperbarica.

L'attività assistenziale produce un elevato numero di ricoveri annui ordinari ed in day-hospital, mediamente superiori a 90.000, nonché di prestazioni erogate in regime ambulatoriale nell'ambito delle diverse specialità.

L'ospedale possiede una struttura "a padiglioni" che occupa nel complesso una superficie di 250.000 metri quadrati. Nell'ambito della superficie dell'Azienda è situato un eliporto che costituisce il fulcro dei trasferimenti rapidi nell'ambito dell'emergenza intra ed extraregionale, ove sia richiesto l'intervento di eliambulanza.

2.1.1. Il Centro di Biotecnologie

La storia del Centro di Biotecnologie inizia nei primi anni ottanta e si sviluppa progressivamente, attraverso Leggi Regionali e delibere della Direzione Generale dell'A.O.R.N. "A. Cardarelli", fino ad arrivare alla sua attuale organizzazione, con delibera di istituzione n. 228 del 08/03/2000.

Il Centro occupa un'area di 850 m² ed include uno stabulario che ospita topi, ratti, cavie e conigli. La struttura comprende inoltre due sale riunioni, due camere operatorie, un laboratorio dedicato alla diagnosi dell'ipertermia maligna ed una camera bianca.

Nel 1998 è stato istituito il Centro di Documentazione Biomedica che, nel corso degli anni, ha acquisito banche dati e strumenti dedicati all'informazione. Lo stabulario, autorizzato dal Ministero della Salute, ospita attualmente animali coinvolti in numerosi programmi di ricerca afferenti a diverse istituzioni quali il Tigem, la Seconda Università di Napoli e l'Università degli studi di Napoli "Federico

II". Ciascun progetto di ricerca ed evento formativo che preveda l'impiego di animali viene sottoposto al parere del Comitato Etico per la Sperimentazione Animale.

Il Centro di Biotecnologie sviluppa inoltre le sue attività nel campo della Ricerca, della Formazione e della Cooperazione Internazionale. Nel campo della ricerca e della formazione, il Centro di Biotecnologie ha dato grande impulso all'attività per conto di terzi, una prestazione a pagamento attraverso la quale l'Ospedale Cardarelli mette a disposizione le proprie conoscenze tecnologiche e scientifiche, nonché le professionalità presenti al suo interno, per lo svolgimento di attività di ricerca, formazione, consulenza professionale e di laboratorio secondo le richieste del committente.

La mission del Centro si articola nelle seguenti azioni:

- Contribuire allo sviluppo scientifico in campo biomedico;
- Sostenere la formazione medico-scientifica;
- Promuovere studi e ricerche nel campo medico;
- Promuovere convenzioni e stringere rapporti di collaborazione ed interazione con enti, istituzioni universitarie, centri studi pubblici e privati;
- Promuovere lo studio di metodi e sistemi atti a sviluppare e migliorare l'attività chirurgica e diagnostica delle patologie anche attraverso tecniche sperimentali;
- Promuovere le iniziative finalizzate alla divulgazione scientifica, all'educazione continua ed all'aggiornamento del personale sanitario;
- Organizzare attività sperimentali, a carattere nazionale ed internazionale, per lo sviluppo della chirurgia e di tecnologie innovative;
- Offrire alle PMI, grazie alle Facilities di cui è dotato, servizi a supporto della ricerca nei settori di competenza;
- Sviluppare la salute nei paesi del Mediterraneo;
- Promuovere campagne a favore della salute.

Il Centro di Biotecnologie svolge una serie di attività che possono essere raggruppate in 5 grandi aree:

- Relazioni Internazionali
- Formazione

- Attività di Ricerca
- Centro di Ipertermia maligna: diagnosi e ricerca
- Centro di Informazione e Documentazione Biomedica

In questo lavoro ci si è occupati dell'analisi dell'attività di "Formazione".

Lo scenario futuro che il Centro di Biotecnologie si propone di realizzare origina dal riconoscere e comprendere i cambiamenti che, modificando profondamente gli assetti organizzativi e trasformando la tradizionale logica di domanda di salute, ridefiniscono il mandato del Servizio Sanitario Nazionale. Questi cambiamenti non sono semplici azioni correttive, ma sottendono indirizzi di carattere generale che vanno oltre la sanità stessa, e si inquadrano in una più ampia trasformazione culturale e politica, che coinvolge la società e le sue istituzioni. Le innovazioni del sistema sanitario, in continua e rapida evoluzione, richiedono lo sviluppo di capacità e programmi di formazione in grado di verificare l'efficacia, le implicazioni organizzative e l'appropriatezza d'uso delle tecnologie e delle prestazioni offerte dall'Azienda "Salute".

Il Centro di Biotecnologie, struttura innovativa in Italia, mira a diventare un riferimento nazionale ed internazionale grazie alla ricerca ed alla sperimentazione continua di nuove modalità operative, nuove soluzioni terapeutiche, nuove capacità, tese a valorizzare le risorse ed affrontare le importanti sfide dell'organizzazione della Salute.

Le attività del Centro di Biotecnologie si collocano nel contesto generale delle azioni messe in essere dalla Regione Campania al fine di attrarre nuove aziende sul territorio. Tali azioni, utilizzando progettualità diverse, mirano a stimolare la diffusione di nuove tecnologie sul territorio, a sperimentare il loro impiego nell'ambito della sanità, della formazione e della ricerca, e dunque a generare crescita economica incoraggiando le azioni di start-up, le procedure brevettuali, la creazione di nuove imprese.

2.2. Il Linear Goal Programming

La mole di dati elaborati e gestiti nei vari processi organizzativi deve poter essere trasformata tempestivamente in informazioni e conoscenze, finalizzate a supportare il processo decisionale. Generalmente i problemi decisionali sono governati da una pluralità di soggetti decisionali, ciascuno con i propri obiettivi e le proprie priorità; gli impatti su tali obiettivi sono necessariamente espressi in unità di misura diverse [24][25].

Si tratta, pertanto, di un'analisi decisionale multi-criterio (MCDA), in cui le informazioni disponibili sono rappresentate da una matrice di dati mista, con valori quantitativi e qualitativi.

Tali problemi di valutazione sono di solito analizzati individuando ed inserendo in un modello decisionale i seguenti elementi (figura 5):

- 1) Un *goal*, che rappresenta l'obiettivo generale da raggiungere;
- 2) Un *decisore* o un gruppo di decisori, che esprimono le proprie preferenze;
- 3) I *criteri di valutazione*, sulla base dei quali vengono valutate le alternative;
- 4) Le *alternative*, che rappresentano l'oggetto della valutazione e che devono essere ordinate;
- 5) I *punteggi*, che esprimono il valore dell'alternativa rispetto a un criterio [25].
- 6)

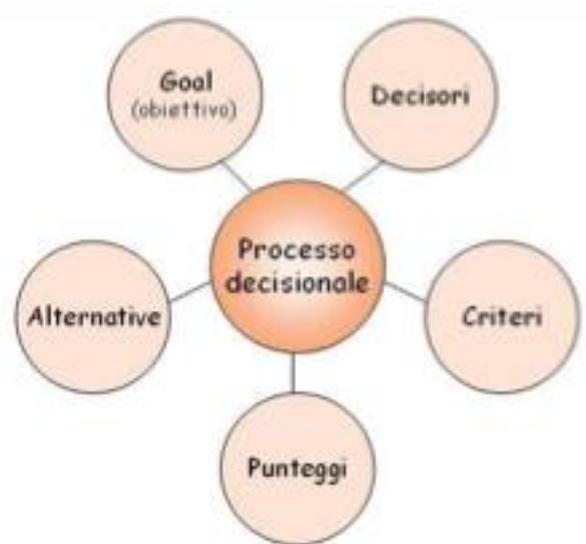


Figura 5: elementi di un modello decisionale

Una delle principali implicazioni dell'approccio multicriteriale è stata la rinuncia al *paradigma dell'ottimalità*: data la presenza di obiettivi eterogenei, spesso anche in

conflitto tra loro, in genere non è possibile individuare soluzioni che perseguano contemporaneamente tutti gli obiettivi e il problema decisionale si risolve cercando la soluzione più soddisfacente con la logica dei decisori. La scelta va, quindi, effettuata all'interno dell'insieme delle soluzioni che realizzano un certo livello di conseguimento dei vari obiettivi tale che non è possibile migliorare il livello di uno di essi senza provocare un peggioramento del livello di almeno un altro obiettivo [25].

Il Linear Goal Programming (LGP) è una branca dell'ottimizzazione multi-obiettivo, le cui basi furono tracciate da Carlos Romero nel 1992 e da uno studio di Abraham Charnes, William W. Cooper e Thomas S. Ferguson nel 1995. Nel libro di Charnes e Cooper il linear goal programming è presentato come un'estensione del Linear Programming. Quindi, essendo un'estensione della programmazione lineare, consente di trovare una soluzione ottima il più vicino possibile all'obiettivo (goal) preposto. Il Goal Programming è usato solitamente per risolvere tre tipi di problemi:

- determinare le risorse richieste per un obiettivo desiderato;
- determinare il grado di raggiungimento di un obiettivo;
- fornire la soluzione più soddisfacente variando le risorse impiegate e la priorità degli obiettivi.

Per la soluzione di questi tipi di problemi, devono essere rispettate cinque ipotesi:

1. Risorse limitate;
2. Obiettivo esplicito;
3. Linearità;
4. Omogeneità;
5. Divisibilità.

[25][26]

Linear Programming

La programmazione lineare, sviluppata con l'algoritmo del simplesso da George B. Dantzig nel 1947 [27][28], assegna un valore singolo ad una funzione obiettivo da ottimizzare rispettando rigidi vincoli lineari.

La *forma canonica* di LP è la seguente:

$$Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

dove Z rappresenta la funzione obiettivo che deve essere massimizzata o minimizzata. Questa funzione deve rispettare dei vincoli:

- $\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i$
- $x_j \geq 0$

per $j = 1, \dots, n$.

x_1, x_2, \dots, x_n sono variabili di decisione non negative e c_1, c_2, \dots, c_n sono coefficienti che rappresentano il contributo marginale di ogni variabile di decisione sulla funzione Z , mentre a_{ij} , con $i = 1, \dots, n$ e $j = 1, \dots, m$, sono gli m vincoli della funzione.

I coefficienti c_j, a_{ij} e b_i sono costanti date dal problema, ed il rapporto tra di esse può essere contrassegnato anche dal segno (\geq) oppure (=).

Questo modello comporta come input un numero finito di alternative tra le quali va individuata una scala di preferenza per poter giungere alla scelta della soluzione più soddisfacente nel rispetto dell'obiettivo generale [20].

2.3. L'Analytic Hierarchy Process

L'*Analytic Hierarchy Process (AHP)* è uno strumento di supporto al processo decisionale sviluppato dal matematico Thomas Lorie Saaty, verso la fine degli anni settanta.

L'AHP consente di determinare il rapporto benefici/costi di un progetto, quando i vantaggi e gli svantaggi derivanti dalla sua realizzazione non si possono valutare in termini esclusivamente monetari, essendo le informazioni a disposizione di natura estremamente eterogenea.

Tale metodo consente, infatti, di trattare problemi caratterizzati da dimensioni di analisi differenti tra loro e non altrimenti paragonabili, fornendo uno strumento di supporto forte ad un ipotetico decision maker.

Si analizza di seguito il significato dei termini:

- *analytic*: indica la possibilità offerta dal metodo di scomporre qualunque problema complesso nei suoi elementi costitutivi. L'AHP è sia un processo di analisi che di sintesi, in quanto prevede dapprima una scomposizione del problema nei suoi elementi costituenti e, successivamente, una ricomposizione funzionale alla definizione del risultato del processo decisionale;
- *hierarchy*: indica la possibilità offerta dal metodo di creare una gerarchia, ovvero una piramide al cui vertice è posto l'obiettivo generale e sotto di esso, disposti in livelli successivi, i criteri, i sub-criteri e le alternative che dovranno essere priorizzate;
- *process*: indica che l'AHP è un processo, che permette a chi prende le decisioni di arrivare alla soluzione che meglio soddisfa gli obiettivi prefissati.

In questo lavoro è stato utilizzato questo metodo per semplificare l'analisi del problema trattato, mediante *scomposizione gerarchica*.

2.3.1. Scomposizione gerarchica del problema

Il problema da affrontare viene scomposto nei suoi elementi costituenti secondo un ordine gerarchico. Si definisce dapprima l'obiettivo generale da soddisfare, successivamente i criteri per raggiungere tale obiettivo, i possibili sottocriteri in cui i criteri possono eventualmente essere scomposti e così via fino ad arrivare al livello più basso della gerarchia, ovvero alle alternative che dovranno essere priorizzate. I vari elementi sono quindi organizzati in diversi livelli che godono della proprietà di dipendenza: ogni livello è dipendente dal livello superiore e gli elementi di uno stesso livello sono invece indipendenti tra loro (figura 6) [30].

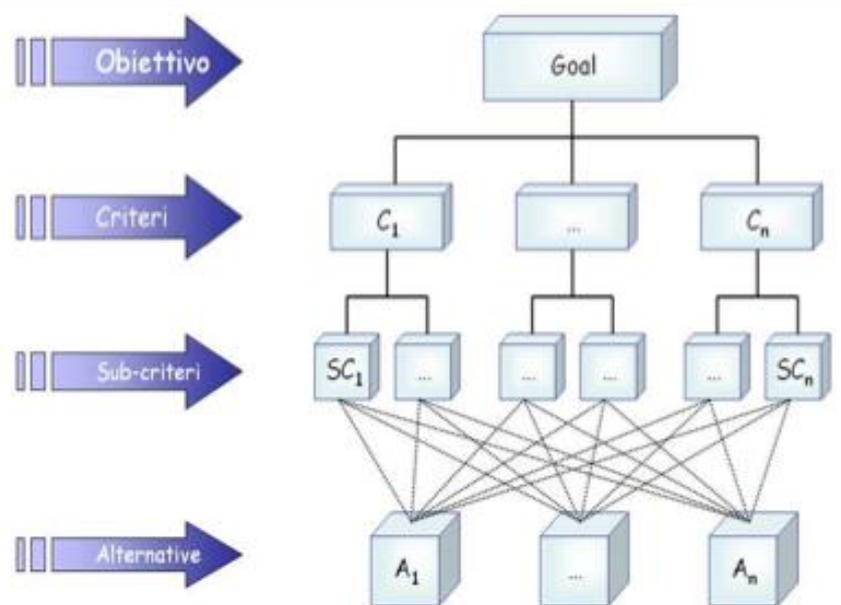


Figura 6: gerarchia piramidale dell'Analytic Hierarchy Process

Strutturare una gerarchia può risultare complesso. In merito Saaty suggerisce di procedere per passi successivi, identificando i seguenti elementi:

- obiettivo generale ed eventuali sotto-obiettivi;
- criteri che soddisfano l'obiettivo generale o i sotto-obiettivi;
- i sottocriteri di ciascun criterio;
- i decisori coinvolti considerando i loro obiettivi e le loro politiche;
- le opzioni di scelta (alternative).

Nello strutturare la gerarchia il numero di livelli dipende dalla complessità del problema e dal livello di dettaglio che l'analisi richiede per risolverlo. Inoltre è importante che ogni livello della gerarchia non contenga un numero di elementi maggiore di 9, altrimenti la valutazione attraverso un confronto a coppie diventa un'operazione molto complicata; è stato infatti dimostrato che la mente umana non riesce a confrontare più di nove elementi contemporaneamente, a meno di incorrere in errori di giudizio talmente rilevanti da rendere i risultati matematicamente inaccettabili [30] [31] [32].

2.4. Stesura del questionario

Solitamente, per la misurazione della Customer Satisfaction si utilizza una sola tipologia di questionario, ma come suggerito da G. Büyüközkan e T. Feyzioğlu [33], gli utilizzatori di un servizio possono avere caratteristiche molto differenti, come l'età, il tasso di scolarizzazione, la professione, l'appartenenza geografica, ecc. Risulta, quindi, opportuno dare la possibilità ad ogni utente di scegliere la modalità di espressione, e quindi il tipo di questionario, ritenuto più idoneo.

Gli autori sopra citati propongono di convertire i dati raccolti con differenti questionari in un unico formato finale. Tale approccio, però, implica distorsione e perdita delle informazioni. Per questo motivo è stato seguito in tale lavoro il metodo di Y. M. Wang e K. S. Ching [33], che prevede l'utilizzo di formati differenti di questionari senza utilizzo di conversioni e l'elaborazione dei dati, così come ricavati da ogni questionario, tramite l'utilizzo del *Linear Goal Programming*.

Di seguito, sono elencate le metodologie scelte, in ordine crescente di complessità:

- I. Scala di Likert;
- II. Constant Sum Scale;
- III. Confronto a Coppie Classico;
- IV. Confronto a Coppie Fuzzy.

Si procede con la trattazione di ognuna delle metodologie.

2.4.1. Formato I - Scala di Likert

La tecnica fu ideata nel 1932 dallo psicologo Rensis Likert con lo scopo di elaborare un nuovo strumento per la misurazione di opinioni e atteggiamenti.

Tale tecnica consiste nel mettere a punto un certo numero di affermazioni, definite item, che esprimono un atteggiamento positivo o negativo rispetto ad uno specifico oggetto. La somma di tali giudizi tenderà a delineare in modo ragionevolmente preciso l'atteggiamento del soggetto nei confronti dell'oggetto.

A ciascun discente è stato chiesto di indicare, in corrispondenza di ogni alternativa, il grado di importanza che assegna ad ogni dimensione principale ed ad ogni sottodimensione.

Per ciascun item sono previste 5 possibili alternative di risposta:

1. Estremamente importante;
2. Molto importante;
3. Leggermente importante;
4. Poco importante;
5. Per niente importante

L'attribuzione dei punteggi avviene attraverso un processo che Likert definì il *metodo semplice*:

- Si procede alla suddivisione degli item favorevoli all'oggetto di cui si vuole misurare il giudizio dagli item sfavorevoli;
- Si attribuiscono dei punteggi, da 1 sul polo "per niente importante" a 5 sul polo "Estremamente importante";
- Il punteggio totale di un soggetto indicherà il suo atteggiamento verso gli item trattati [34] [35].

2.4.2. Formato II – Constant Sum Scale

In questo tipo di questionario al discente è chiesto di allocare 100 punti, proporzionalmente al grado d'importanza, all'interno di ognuno dei livelli individuati. In particolare, l'utente dovrà assegnare zero punti quando il CRs è considerato per niente importante e 100 quando si ritenga sia l'unico importante [36] [37] [38].

2.4.3. Formato III – Confronto a Coppie Classico

Questa tecnica prevede il confronto di un set di alternative $W = (w_1, \dots, w_n)$, due alla volta. Per ogni confronto, è stato chiesto ai rispondenti di stabilire quale dei due parametri comparati avesse, secondo la propria esperienza, maggiore importanza ai fini della determinazione della qualità del servizio.

In particolare è stato chiesto di esprimere il proprio giudizio all'interno della scala semantica riportata in figura 7.

Scala fondamentale di Saaty		
Intensità di importanza	Definizione	Spiegazione
1	Importanza uguale	I due elementi contribuiscono in pari modo al raggiungimento dell'obiettivo
3	Moderata importanza	Il giudizio è leggermente a favore di un elemento rispetto all'altro
5	Importanza forte	Il giudizio è decisamente a favore di un elemento rispetto all'altro
7	Importanza molto forte	La predominanza dell'elemento è ampiamente dimostrata
9	Estrema importanza	L'evidenza a favore di un elemento è del massimo ordine
2, 4, 6, 8	Valori intermedi tra due giudizi adiacenti	Quando è necessario un compromesso
Reciproci	Se l'attività i assume un certo valore quando è confrontata con l'attività j , quando j viene confrontata con i assumerà il corrispondente valore reciproco	

Figura 7: scala semantica di Saaty (1980)

I risultati di tali confronti vengono inseriti all'interno di una *matrice di confronto a coppie* $A = (a_{ij})$, tale che $A \subset W \times W$.

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}$$

L'elemento a_{ij} , detto *coefficiente di dominanza*, rappresenta il rapporto di preferenza dell'alternativa w_i rispetto l'alternativa w_j .

Per determinare i valori dei coefficienti a_{ij} , occorre utilizzare la scala semantica di Saaty (figura 7) che mette in relazione i primi nove numeri interi con altrettanti giudizi che esprimono, in termini qualitativi, i possibili risultati del confronto.

I coefficienti di dominanza della matrice $A = (a_{ij})$, devono rispettare le seguenti proprietà:

- $\forall a_{ij} > 0 \forall i, j \in \{1, \dots, n\}$
- $a_{ii} = 1 \forall i \in \{1, \dots, n\}$
- $a_{ij} * a_{ji} = 1 \forall i, j \in \{1, \dots, n\}$
- $a_{ij} * a_{jk} = a_{ik} \forall i, j, k \in \{1, \dots, n\}$

Considerando, quindi, le suddette proprietà, sarà necessario compilare solo metà della matrice, ovvero gli indicatori al di sopra della diagonale principale, effettuando $[n(n - 1)/2]$ valutazioni; gli indicatori sulla diagonale principale hanno valore unitario e quelli al di sotto della diagonale principale sono reciproci di quelli al di sopra della stessa. Una proprietà, che invece dovrà essere successivamente verificata, è quella di *consistenza*, secondo la quale deve essere rispettato il principio di transitività tra gli elementi della matrice del confronto a coppie. Consideriamo le seguenti due matrici dei confronti a coppie, una consistente e una inconsistente:

MATRICE CONSISTENTE

	A	B	C
A	1	5	7
B	1/5	1	3
C	1/7	1/3	1

MATRICE INCONSISTENTE

	A	B	C
A	1	5	1
B	1/5	1	3
C	1	1/3	1

è possibile notare che nella matrice consistente è rispettato il principio di transitività per il quale si ha che:

$$se A > B e B > C \Rightarrow A >> C$$

[39].

La matrice **A** si può esplicitare al modo seguente:

$$A = \begin{pmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \frac{w_3}{w_1} & \frac{w_3}{w_2} & \dots & \frac{w_3}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}$$

Moltiplicando a destra la matrice **A** con il vettore di pesi $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ dei Customer Requirements si ottiene nW , dove n è l'*autovalore* di **A** mentre W è l'*autovettore*:

$$\begin{pmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \frac{w_3}{w_1} & \frac{w_3}{w_2} & \dots & \frac{w_3}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix} = n \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix}$$

Quindi si può scrivere:

$$AW = nW$$

ricordando che, il rango di una matrice è uguale al numero di autovalori diversi da zero associati alla matrice stessa.

In questo caso, \mathbf{A} ha rango 1, poiché ogni riga è un multiplo della prima riga, quindi tutti gli autovalori sono uguali a zero tranne uno.

La somma degli autovalori di una matrice è uguale alla sua traccia, quindi alla somma degli elementi sulla diagonale che, in questo caso, è uguale a n .

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = Tr(\mathbf{A}) = n$$

Allora n è l'autovalore maggiore o principale di \mathbf{A} .

L'equazione caratteristica della matrice di confronto a coppie può essere, in questo caso, scritta come:

$$\det(\mathbf{A} - \lambda\mathbf{I}) = \det(\mathbf{A} - n\mathbf{I}) = 0$$

La condizione necessaria e sufficiente per la consistenza è che l'autovalore principale di \mathbf{A} sia uguale a n .

In generale, è difficile trovare una matrice di confronto a coppie perfettamente consistente. Si cerca quindi di ottenere una condizione di consistenza accettabile.

Si scriva il problema nella seguente forma:

$$AW = \lambda_{max}W$$

dove λ_{max} è l'autovalore principale della matrice di confronto a coppie.

Inoltre, \mathbf{A} è non perfettamente consistente, ma rispetta la proprietà di reciprocità, condizione necessaria ma non sufficiente per la consistenza perfetta.

L'inconsistenza della matrice può essere stimata dal valore di un indice detto *indice di consistenza* (CI):

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

Il metodo prevede che l'indice di consistenza sia confrontato con un indice di consistenza media casuale (*IR- random index*). Questo indice ha un valore fissato per ogni valore n della dimensione della matrice dei confronti a coppie. I suoi possibili valori, riportati in figura 8, sono stati ricavati da un gruppo di esperti dell'Oak Ridge National Laboratory e della Wharton School calcolando la media dei CI di varie matrici reciproche dello stesso ordine create in modo casuale [41].

<i>Dimensione matrice (n)</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Indice random (IR)</i>		0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Figura 8: Random Index per diversi valori di n

Per misurare la consistenza di una matrice si calcola quindi il *rapporto di consistenza*

$$CR = \frac{IC}{IR}$$

La matrice ha un grado di consistenza accettabile se $CR < 0,1$. Se CR supera il 10% (ovvero 0,10), conviene rivedere i valori inseriti nella matrice del confronto a coppie e cercare di aumentare la coerenza dei giudizi modificando i valori a_{ij} [31][32] [40].

2.4.4. Formato IV – Confronto a coppie Fuzzy

Il Confronto a Coppie Fuzzy prevede, anch'esso, un confronto a coppie. Quindi il questionario è identico a quello utilizzato nel Formato III.

La manipolazione dei dati ottenuti, al fine della costruzione della matrice di confronto a coppie, è però differente poiché utilizza insiemi di tipo Fuzzy.

Con il termine *Logica Fuzzy* s'intende la teoria degli *insiemi Fuzzy* concretizzata da Lofti Zadenh tra gli anni 1960 e 1970, ispiratasi al lavoro di Jan Lukasiewicz, come teoria logica matematica alternativa a quella classica.

Nella logica classica sono utilizzati i *crisp set* in cui gli elementi di un dato universo X sono suddivisi in due gruppi: membri (che certamente appartengono all'insieme, quindi $x \in X$), e non membri (che sicuramente non vi appartengono ovvero $x \notin X$), e tra di loro esiste una netta distinzione.

Il metodo attraverso il quale si determina l'appartenenza o la non appartenenza degli elementi dell'insieme universo ad un particolare insieme può essere definito mediante una *funzione caratteristica*. Per cui, dato un insieme A , tale funzione assegna un valore $\mu_A(x)$ ad ogni $x \in X$ tale che

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{se e solo se } x \in A \\ 0 & \text{se e solo se } x \notin A \end{cases}$$

Dunque, la funzione fa corrispondere gli elementi dell'insieme universo con gli elementi contenuti nell'insieme $\{0,1\}$; questo può essere indicato come

$$\mu_A: X \rightarrow \{0,1\}$$

Tuttavia, nella pratica non si ha quasi mai a che fare con categorie che presentano queste caratteristiche; i *fuzzy set* introducono quindi un'impresione, eliminando il netto confine tra elementi membri e non membri di un dato insieme.

Infatti, la funzione caratteristica può essere generalizzata in modo che i valori assegnati agli elementi dell'insieme universo cadano all'interno di un range specifico ed indichino il grado di appartenenza di questi elementi all'insieme in esame; valori maggiori indicano gradi di appartenenza maggiori.

Una funzione del genere è detta *funzione di appartenenza*, per cui

$$\mu_A: X \rightarrow [0,1]$$

dove $[0,1]$ rappresenta l'intervallo dei numeri reali compresi tra 0 e 1 inclusi [41].

Per una maggiore comprensione, si riporta di seguito un esempio semplice e pratico: si vuole valutare il grado di verità dei predicati $X = \{ \textit{neonato}, \textit{diciottenne}, \textit{settantenne} \}$ appartenenti all'insieme $A = \textit{giovane}$.

È possibile esprimere ciò tramite la funzione di appartenenza μ_A , nel seguente modo:

- $\mu_A(\textit{neonato}) = 1$
- $\mu_A(\textit{diciottenne}) = 0,8$
- $\mu_A(\textit{settantenne}) = 0,15$

Ciò significa che il predicato *neonato* appartiene maggiormente all'insieme A rispetto al predicato *diciottenne*, il quale a sua volta appartiene all'insieme A in modo maggiore rispetto a *settantenne*, come si riscontra nella realtà.

Questo esempio chiarifica che in casi pratici può essere riduttivo usare solo due valori di verità (vero e falso).

Nel formato IV, il questionario è lo stesso del confronto a coppie classico; si confrontano quindi un set di alternative $W = (w_1, \dots, w_n)$ due alla volta.

Questo ci restituirà degli elementi $a_{ij} \in [1/9, 9]$, come spiegato nel formato III. Tali elementi vanno trasformati per mezzo della seguente equazione in elementi fuzzy:

$$r_{ij} = g(a_{ij}) = \frac{1}{2}(1 + \log_9 a_{ij})$$

Ciò permette di creare una *matrice di confronto a coppie* $\mathbf{R} = (r_{ij})$, tale che $\mathbf{R} \subset W \times W$.

$$\mathbf{R} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nn} \end{pmatrix}$$

Questa matrice è caratterizzata da una funzione membro

$$\mu_{\mathbf{R}}: W \times W \rightarrow [0,1]$$

L'elemento r_{ij} , rappresenta il rapporto di preferenza dell'alternativa w_i rispetto all'alternativa $w_i + w_j$, piuttosto che w_i/w_j come nel caso del confronto a coppie classico.

Gli elementi della matrice devono rispettare le seguenti proprietà:

$$r_{ij} + r_{ji} = 1 \quad \forall i, j \in \{1, \dots, n\}$$

$$r_{ii} = 0,5 \quad \forall i \in \{1, \dots, n\}$$

Inoltre, una condizione necessaria e sufficiente per la consistenza è che:

$$r_{ij} + r_{jk} + r_{ik} = \frac{3}{2} \quad \forall i, j, k \in \{1, \dots, n\}$$

questa condizione, detta *consistenza additiva*, è utilizzata per trovare gli elementi mancanti della matrice. Pertanto, la matrice di confronto a coppie fuzzy è consistente per costruzione [42][43][44][45][46][47][48][49].

2.5. Applicazione del Linear Goal Programming

Raccolti i dati per mezzo dei questionari, essi devono essere trattati con la tecnica del Linear Goal Programming. Da ogni formato di questionario deve essere estrapolata una funzione obiettivo; la somma di queste funzioni obiettivo restituirà una funzione obiettivo finale da minimizzare. Come suggerito da Wang e Chin, si ipotizza che da ogni formato si possa creare un vettore di importanza relativo, che rifletta la gerarchia dei customer requirements trattati. Le preferenze degli utenti sono solo una stima dei pesi d'importanza relativa dei CRs; i pesi veri e le loro stime solitamente non sono uguali. Dunque, il vettore, trovato per tutte le metodologie, si scosterà di un ε piccolo dal vettore di importanza relativo che esprime il peso reale dei CRs. La funzione obiettivo J da minimizzare rappresenta lo scostamento tra i vettori

d'importanza relativi trovati tramite i questionari ed il vettore d'importanza finale, che delinea le preferenze dei discenti rispetto ai requisiti che gli sono stati sottoposti. Il modello è applicato quattro volte, la prima per le dimensioni principali ed in seguito per ognuno dei tre sotto livello individuati nella scomposizione gerarchica del problema, al fine di trovare una gerarchia dei sottocriteri o customer requirements. Questo approccio restituisce delle *priorità locali* che, una volta ribaltate sulla gerarchia delle dimensioni principali, consente di calcolare delle *priorità globali*.

Di seguito il problema in maniera formale.

Dato $CR = \{CR_1, \dots, CR_n\}$ un set finito di Customer Requirements valutati da m discenti $CM = \{CM_1, \dots, CM_m\}$, il vettore peso d'importanza relativo $W = (w_1, \dots, w_n)^T$ degli n CRs deve soddisfare le condizioni:

- $w_i > 0 \forall i \in \{1, \dots, n\}$
- $\sum_{i=1}^n w_i = 1$

Si suppone assegnato il vettore peso d'importanza relativo degli m discenti $\lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_m)^T$, che rappresenta il peso dato da ogni singolo gruppo di discenti alla funzione obiettivo finale. Esso deve soddisfare i vincoli

- $\lambda_i \geq 0 \forall i \in \{1, \dots, m\}$
- $\sum_{i=1}^m \lambda_i = 1$.

I formati di preferenza trattati sono quattro:

- I. Scala di Likert
- II. Constant Sum Scale
- III. Confronto a Coppie Classico
- IV. Confronto a Coppie Fuzzy

Senza perdere di generalità, si raggruppano i discenti in quattro insieme secondo il formato ad essi somministrato. I quattro gruppi sono indicati con G_j per ogni $j \in \{1, \dots, 4\}$, dove $|G_j| = m_j$ è il numero di discenti facenti parte del gruppo G_j . Le condizioni da rispettare sono:

- $m_j \geq 0 \forall j \in \{1, \dots, 4\}$
- $\sum_{j=1}^4 m_j = m$.

2.5.1. Formato I – Scala di Likert

Le preferenze fornite dall'utente possono essere normalizzate restituendo il vettore dei pesi d'importanza relativo $W^{(l)} = (w_1^{(l)}, \dots, w_n^{(l)})^T$, dove l'apice l indica il tipo di formato utilizzato (in questo caso $l \in G_1$).

La differenza tra i pesi veri e le loro stime può essere espressa tramite *variabili di deviazione* ε , definite come:

$$\varepsilon_i^{(l)} = w_i - w_i^{(l)}, i = 1, \dots, n; l \in G_1$$

dove w_i ($i = 1, \dots, n$) sono i pesi veri degli n CRs.

Si desidera che queste variabili siano il più piccole possibile, quindi la funzione obiettivo da minimizzare è la seguente:

$$J_1 = \sum_{l \in G_1} \lambda_l \left(\sum_{i=1}^n |\varepsilon_i^{(l)}| \right)$$

che può essere anche scritta come:

$$J_1 = \sum_{l \in G_1} \sum_{i=1}^n \lambda_l |w_i - w_i^{(l)}|$$

dove $\lambda_l \geq 0$ per ogni $l \in G_1$ sono i pesi d'importanza relativi degli m_1 discendenti del gruppo G_1 , soddisfacenti la relazione $\sum_{l \in G_1} \lambda_l \leq 1$.

Dati

$$\varepsilon_{i+}^{(l)} = \frac{|\varepsilon_i^{(l)}| + \varepsilon_i^{(l)}}{2}$$

$$\varepsilon_{i-}^{(l)} = \frac{|\varepsilon_i^{(l)}| - \varepsilon_i^{(l)}}{2}$$

con $i = 1, \dots, n$ ed $l \in G_1$.

Così $\varepsilon_{i+}^{(l)} \geq 0$, $\varepsilon_{i-}^{(l)} \geq 0$ e $\varepsilon_i^{(l)} = \varepsilon_{i+}^{(l)} - \varepsilon_{i-}^{(l)} \forall i \in \{1, \dots, n\}$ e $\forall l \in G_1$.

Conseguentemente si può scrivere:

$$w_i - \varepsilon_{i+}^{(l)} + \varepsilon_{i-}^{(l)} = w_i^{(l)}$$

Da cui, per sostituzione, si ottiene la funzione obiettivo da minimizzare:

$$J = \sum_{l \in G_1} \sum_{i=1}^n \lambda_l (\varepsilon_{i+}^{(l)} + \varepsilon_{i-}^{(l)})$$

2.5.2. Formato II – Constant Sum Scale

In questo formato, i pesi possono essere legati da tre tipi di relazioni:

- $w_j^{(l)} > w_k^{(l)}$, ordine preferenziale *stretto*
- $w_j^{(l)} \geq w_k^{(l)}$, ordine preferenziale *lasco*
- $w_j^{(l)} = w_k^{(l)}$, ordine preferenziale *indifferente*.

È possibile introdurre anche qui una *variabile di deviazione* $\varepsilon_{jk} \geq 0$ che permette di correlare i pesi di preferenza con il vettore di pesi di importanza relativa finale.

Nel caso di ordine preferenziale *stretto* $w_j^{(l)} > w_k^{(l)}$ allora:

$$w_j - w_k + \varepsilon_{jk}^{(l)} \geq \delta$$

con δ molto piccolo.

Similmente, nel caso di ordine preferenziale *lasco* $w_j^{(l)} \geq w_k^{(l)}$ si ha:

$$w_j - w_k + \varepsilon_{jk}^{(l)} \geq 0$$

Nel caso di ordine preferenziale *indifferente* $w_j^{(l)} = w_k^{(l)}$ si ha invece:

$$\varepsilon_{jk}^{(l)} = w_j - w_k.$$

Date:

$$\varepsilon_{jk+}^{(l)} = \frac{|\varepsilon_{jk}^{(l)}| + \varepsilon_{jk}^{(l)}}{2}$$

$$\varepsilon_{jk-}^{(l)} = \frac{|\varepsilon_{jk}^{(l)}| - \varepsilon_{jk}^{(l)}}{2}$$

Allora, $\varepsilon_{jk+}^{(l)} \geq 0$, $\varepsilon_{jk-}^{(l)} \geq 0$ e $\varepsilon_{jk}^{(l)} = \varepsilon_{jk+}^{(l)} - \varepsilon_{jk-}^{(l)}$.

Dunque:

$$w_j - w_k - \varepsilon_{jk+}^{(l)} + \varepsilon_{jk-}^{(l)} = 0.$$

Senza perdere di generalità, raggruppando i tre tipi di relazioni in tre insiemi, rispettivamente, $\Omega_1^{(l)}$, $\Omega_2^{(l)}$ e $\Omega_3^{(l)}$, è possibile introdurre la funzione obiettivo da minimizzare:

$$J_2 = \sum_{l \in G_3} \lambda_l \left(\sum_{(j,k) \in \Omega_1} \varepsilon_{jk}^{(l)} + \sum_{(j,k) \in \Omega_2} \varepsilon_{jk}^{(l)} + \sum_{(j,k) \in \Omega_3} (\varepsilon_{jk+}^{(l)} + \varepsilon_{jk-}^{(l)}) \right)$$

dove $\lambda_l \geq 0$ per $\forall l \in G_2$ sono i pesi d'importanza relativi degli m_2 discenti del gruppo G_2 , soddisfacenti la relazione $\sum_{l \in G_2} \lambda_l \leq 1$.

2.5.3. Formato III – Confronto a Coppie Classico

La matrice di confronto a coppie fornita dai discenti facenti parte del gruppo G_3 , è indicata di seguito:

$$\mathbf{A}^{(l)} = \begin{bmatrix} a_{11}^{(l)} & a_{12}^{(l)} & \dots & a_{1n}^{(l)} \\ a_{21}^{(l)} & a_{22}^{(l)} & & a_{2n}^{(l)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1}^{(l)} & a_{n1}^{(l)} & \dots & a_{nn}^{(l)} \end{bmatrix}$$

Questa matrice deve rispettare le seguenti condizioni:

- $a_{ii}^{(l)} = 1$ per ogni $i \in \{1, \dots, n\}$
- $a_{ij}^{(l)} = 1/a_{ji}^{(l)} > 0$ per ogni $i, j \in \{1, \dots, n\}$
- $a_{ij}^{(l)} a_{jk}^{(l)} = a_{ik}^{(l)}$ per ogni $i, j, k \in \{1, \dots, n\}$

Si introduce anche in questo caso un *vettore di deviazione* $E^{(l)} = (\varepsilon_1^{(l)}, \dots, \varepsilon_n^{(l)})$, tale che:

$$E^{(l)} = \mathbf{A}^{(l)}W - nW = (\mathbf{A}^{(l)} - n\mathbf{I})W$$

dove \mathbf{I} è la matrice identità.

Introducendo due vettori $E_+^{(l)} = (\varepsilon_{1+}^{(l)}, \dots, \varepsilon_{n+}^{(l)})^T$ e $E_-^{(l)} = (\varepsilon_{1-}^{(l)}, \dots, \varepsilon_{n-}^{(l)})^T$, possiamo riscrivere la precedente equazione come:

$$(\mathbf{A}^{(l)} - n\mathbf{I})W - E_+^{(l)} + E_-^{(l)} = 0$$

dove $\varepsilon_{i+}^{(l)} = \frac{1}{2}(|\varepsilon_i^{(l)}| + \varepsilon_i^{(l)}) \geq 0$, $\varepsilon_{i-}^{(l)} = \frac{1}{2}(|\varepsilon_i^{(l)}| - \varepsilon_i^{(l)}) \geq 0$, e $\varepsilon_i^{(l)} = \varepsilon_{i+}^{(l)} - \varepsilon_{i-}^{(l)}$ per $\forall i \in \{1, \dots, n\}$ e $\forall l \in G_3$.

La funzione obiettivo da minimizzare può essere scritta come segue:

$$J_3 = \sum_{l \in G_3} \lambda_l \left(\sum_{i=1}^n |\varepsilon_i^{(l)}| \right) = \sum_{l \in G_3} \sum_{i=1}^n \lambda_l |\varepsilon_i^{(l)}|$$

dove $\lambda_l \geq 0$ per $\forall l \in G_3$ sono i pesi d'importanza relativi degli m_3 discenti del gruppo G_3 , soddisfacenti la relazione $\sum_{l \in G_3} \lambda_l \leq 1$.

2.5.4. Formato IV - Confronto a Coppie Fuzzy

Le relazioni fuzzy sono caratterizzate da una matrice $\mathbf{R}^{(l)} = (r_{ij}^{(l)})_{n \times n}$ che soddisfa le seguenti proprietà:

- $r_{ij}^{(l)} + r_{ji}^{(l)} = 1$
- $r_{ii}^{(l)} = 0,5$
- $r_{ik}^{(l)} r_{jk}^{(l)} r_{ji}^{(l)} = r_{ki}^{(l)} r_{kj}^{(l)} r_{ij}^{(l)}$

per ogni $i, j, k \in \{1, \dots, n\}$.

Essendo l'elemento $r_{ij}^{(l)}$ una stima del giudizio di $w_i/(w_i + w_j)$, si può scrivere l'equazione:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{w_1}{w_1 + w_2} (w_1 + w_2) + \dots + \frac{w_1}{w_1 + w_n} (w_1 + w_n) = (n - 1)w_1 \\ \frac{w_2}{w_2 + w_1} (w_2 + w_1) + \dots + \frac{w_2}{w_2 + w_n} (w_2 + w_n) = (n - 1)w_2 \\ \vdots \\ \frac{w_n}{w_n + w_1} (w_n + w_1) + \dots + \frac{w_n}{w_n + w_{n-1}} (w_n + w_{n-1}) = (n - 1)w_n \end{array} \right.$$

Riscrivendo il sistema, sostituendo $r_{ij}^{(l)} = w_i/(w_i + w_j)$ si ottiene:

$$\left\{ \begin{array}{l} r_{12}^{(l)} (w_1 + w_2) + \dots + r_{1n}^{(l)} (w_1 + w_n) = (n - 1)w_1 \\ r_{21}^{(l)} (w_2 + w_1) + \dots + r_{2n}^{(l)} (w_2 + w_n) = (n - 1)w_2 \\ \vdots \\ r_{n1}^{(l)} (w_n + w_1) + \dots + r_{n,n-1}^{(l)} (w_n + w_{n-1}) = (n - 1)w_n \end{array} \right.$$

Da cui:

$$\begin{cases} \left(\sum_{j \neq 1} r_{1j}^{(l)} \right) w_1 + r_{12}^{(l)} w_2 \dots + r_{1n}^{(l)} w_n = (n-1)w_1 \\ r_{21}^{(l)} w_1 + \left(\sum_{j \neq 2} r_{2j}^{(l)} \right) w_2 \dots + r_{2n}^{(l)} w_n = (n-1)w_2 \\ \vdots \\ r_{n1}^{(l)} w_1 + r_{n2}^{(l)} w_2 \dots + \left(\sum_{j \neq n} r_{nj}^{(l)} \right) w_n = (n-1)w_n \end{cases}$$

Riscrivendo il sistema in forma vettoriale si ottiene:

$$\mathbf{B}^{(l)}W = (n-1)W$$

Dove:

$$\mathbf{B}^{(l)} = \begin{bmatrix} \sum_{j \neq 1} r_{1j}^{(l)} & r_{12}^{(l)} & \dots & r_{1n}^{(l)} \\ r_{21}^{(l)} & \sum_{j \neq 2} r_{2j}^{(l)} & \dots & r_{2n}^{(l)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1}^{(l)} & r_{n2}^{(l)} & \dots & \sum_{j \neq n} r_{nj}^{(l)} \end{bmatrix}$$

Come nei casi precedenti, è possibile introdurre un *vettore di deviazione* $E^{(l)} = (\varepsilon_1^{(l)}, \dots, \varepsilon_n^{(l)})^T$, tale che:

$$E^{(l)} = \mathbf{B}^{(l)}W - (n-1)W = (\mathbf{B}^{(l)} - (n-1)\mathbf{I})W$$

Introducendo due vettori $E_+^{(l)} = (\varepsilon_{1+}^{(l)}, \dots, \varepsilon_{n+}^{(l)})^T$ e $E_-^{(l)} = (\varepsilon_{1-}^{(l)}, \dots, \varepsilon_{n-}^{(l)})^T$, è possibile riscrivere la precedente equazione come:

$$(\mathbf{B}^{(l)} - (n-1)\mathbf{I})W - E_+^{(l)} + E_-^{(l)} = 0$$

dove $\varepsilon_{i+}^{(l)} = \frac{1}{2}(|\varepsilon_i^{(l)}| + \varepsilon_i^{(l)}) \geq 0$, $\varepsilon_{i-}^{(l)} = \frac{1}{2}(|\varepsilon_i^{(l)}| - \varepsilon_i^{(l)}) \geq 0$, e $\varepsilon_i^{(l)} = \varepsilon_{i+}^{(l)} - \varepsilon_{i-}^{(l)}$ per $\forall i \in \{1, \dots, n\}$ e $\forall l \in G_4$.

La funzione obiettivo da minimizzare può essere, infine, scritta come:

$$J_4 = \sum_{l \in G_4} \lambda_l \left(\sum_{i=1}^n |\varepsilon_i^{(l)}| \right) = \sum_{l \in G_4} \sum_{i=1}^n \lambda_l (\varepsilon_{i+}^{(l)} + \varepsilon_{i-}^{(l)})$$

2.5.5. Costruzione del modello LGP

Secondo le logiche del modello LGP, la funzione obiettivo finale da minimizzare è la seguente:

$$J = \sum_{k=1}^4 J_k$$

dove $J_k (k = 1, \dots, 4)$ sono le funzioni obiettivo definite precedentemente. Esse sono soggette ai seguenti vincoli:

- $w_i > 0 \forall i \in \{1, \dots, n\}$
- $\sum_{i=1}^n w_i = 1$
- $\lambda_i > 0 \forall i \in \{1, \dots, n\}$
- $\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1.$

Nel caso trattato, senza perdere di generalità è stato ipotizzato che ogni gruppo abbia un uguale peso λ_i .

Questa semplificazione può essere giustificata dal fatto che ai discenti sono stati sottoposti i questionari in maniera casuale, quindi $\lambda_i = 1/4$. Conseguentemente, i vincoli si riducono:

- $w_i > 0 \forall i \in \{1, \dots, n\}$
- $\sum_{i=1}^n w_i = 1$

[33].

2.6. Le priorità globali

I vettori dei pesi d'importanza dei sottocriteri, precedentemente trovati, esprimono le *priorità locali* dei sottocriteri rispetto al criterio di appartenenza posto al livello superiore; per ottenere le *priorità globali*, cioè per ottenere un ordinamento globale delle alternative rispetto all'obiettivo finale, si procede per aggregazione, pesando ogni sottocriterio con il peso d'importanza del rispettivo criterio principale di appartenenza. I pesi globali rappresentano il risultato finale della valutazione, in quanto consentiranno di effettuare un ranking di preferenza: un'alternativa sarà tanto più preferibile quanto maggiore è il suo peso globale [31][32].

3. Elaborazione Dati

3.1. Creazione della Gerarchia di Dominanza

In accordo con il modello dell'AHP, in primo luogo è stato definito l'obiettivo (goal) dell'indagine, ossia valutare la qualità del servizio di formazione offerto presso il Centro di Biotecnologie dell'A.O.R.N. "A.Cardarelli" di Napoli. Sulla base delle considerazioni riportate precedentemente, sono state individuate 3 *dimensioni principali* rappresentative di un servizio di formazione e 3 corrispondenti *sottodimensioni* che nell'insieme compongono la cosiddetta gerarchia di dominanza. Le sottodimensioni, o sottocriteri, rappresentano i Customer Requirements. Una rappresentazione schematica della composizione gerarchica è riportata in figura 9. In particolare sono state scelte come dimensioni (criteri) principali la *struttura*, il *docente* e l'*organizzazione*.

Alla dimensione *struttura* sono state associate le seguenti sottodimensioni (sottocriteri):

- *Ubicazione*: intendendo la posizione dell'edificio sia all'interno dell'Azienda ospedaliera, che nelle vicinanze di parcheggi, metropolitane ed altri mezzi che possano consentirne il raggiungimento;
- *Attrezzature*: intendendo la presenza e l'idoneità delle attrezzature fornite ai fini del raggiungimento degli obiettivi dei corsi di formazione;
- *Comfort degli ambienti*: intendendo quelle caratteristiche estetiche che rendano gli spazi a disposizione gradevoli e comodi.

Alla dimensione *docente* sono state associate le seguenti sottodimensioni:

- *Preparazione*: intendendo l'adeguatezza del livello di formazione e preparazione del docente ai fini didattici;

- *Disponibilità*: intendendo la capacità del docente a relazionarsi con i discenti interpretando le loro richieste e provvedendo a fornire risposte chiare ed esaurienti;
- *Efficacia*: intendendo la capacità del docente di trattare argomenti finalizzati al raggiungimento degli obiettivi del corso.

Infine, l'*organizzazione* è il criterio che include gli aspetti generali che caratterizzano l'intero processo di formazione che possono essere meglio definiti attraverso i seguenti sottocriteri:

- *Costo*: si intende il costo sostenuto per il corso in esame;
- *Durata*: si intende la durata del corso in esame;
- *Contenuti*: si intende la corrispondenza degli argomenti trattati nel corso in esame alle aspettative dell'utente.

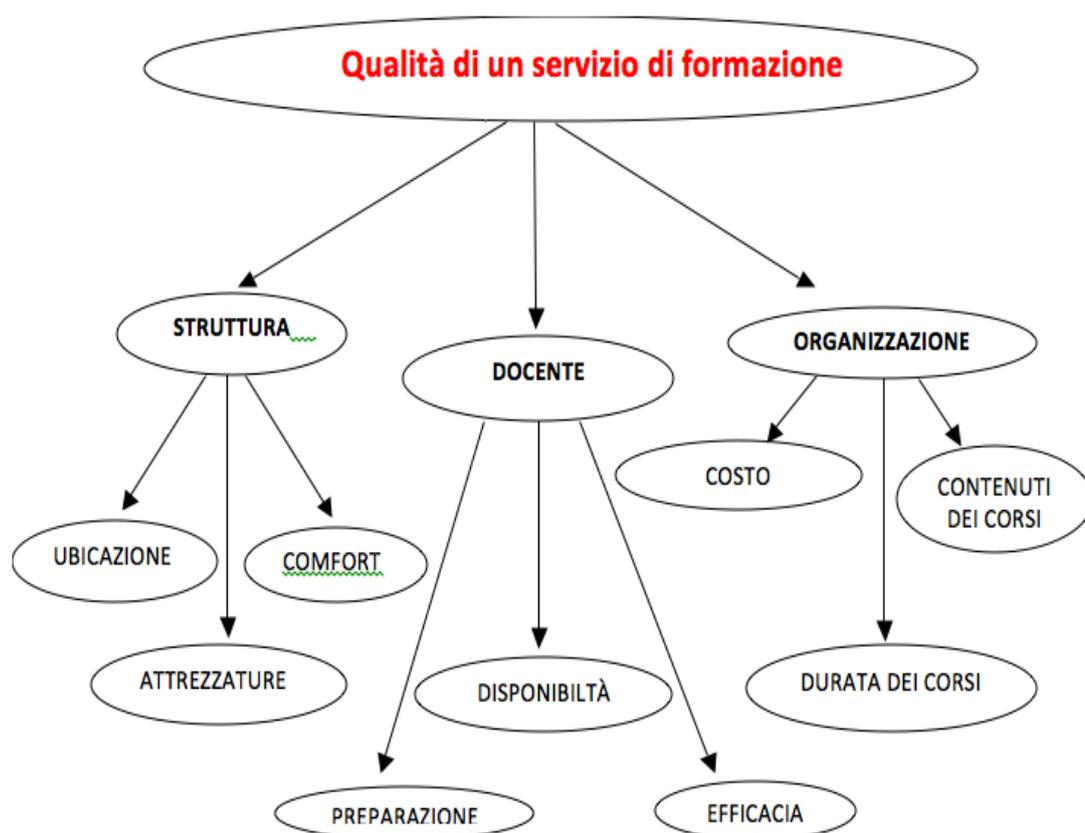


Figura 9: gerarchia di dominanza dei bisogni degli utenti.

3.2. Elaborazione dei dati derivanti da questionario

I questionari, in figura 10, 11 e 12, sono stati sottoposti a 341 discenti che hanno seguito i seguenti corsi di Alta Formazione presso il Centro di Biotecnologie dell'A.O.R.N. "A.Cardarelli" di Napoli. I corsi analizzati sono i seguenti:

- Master Class: Gestione dell'addome aperto e della ferita chirurgica
- Corso avanzato Microchirurgia Sessione II
- La formazione chirurgica applicata alle nuove tecnologie
- 5th European course "Brain AVM-DAVF-ENT"
- Videocapillaroscopia: dai fondamenti teorici alle applicazioni cliniche
- Corso Triennale sull'Infertilità maschile
- Clinical Competence, Fibrillazione atriale e Ictus
- Perspectives in Skull Base Surgery
- Corso di Neuronavigatori
- Corso base per il personale tecnico che opera nel settore della sperimentazione animale
- Corso avanzato Microchirurgia Sessione II
- International Spine Week of the ESNR
- BPCO: come ottimizzare la gestione di un paziente complesso
Corso base per il personale tecnico che opera nel settore della sperimentazione animale
- Scuola di riferimento Nazionale SIC di Chirurgia laparoscopica
- Advanced laparoscopic Gynecological Surgery: Hands-on training porcine model
- Corso Scompenso acuto
- Workshop sul Basicranio: approcci alla fossa cranica posteriore

Una parte dei questionari è stata eliminata dall'analisi finale poiché si è supposto fosse soggetta al fenomeno di *response effect*. I restanti 291 questionari sono stati analizzati al modo seguente:

- 58 con la *Scala di Likert*;
- 100 con la metodica *Constant Sum Scale*;
- 66 con il *Confronto a Coppie Classico*;

- 67 con il *Confronto a Coppie Fuzzy*.

Valutazione della qualità dei corsi di formazione

Indichi con una crocetta il **grado di importanza** che lei attribuisce ad ogni requisito

	Estremamente importante	Molto importante	Leggermente importante	Poco importante	Per niente importante
Docente adatto all'insegnamento					
Organizzazione adeguata					
Struttura conforme alle esigenze					
Buona Preparazione del Docente					
Durata del Corso adeguata all'obiettivo formativo					
Contenuti del Corso corrispondenti a quelli dichiarati					
Attrezzatura fornita idonea					
Capacità del docente di insegnare e relazionarsi ai discenti					
Basso Costo					
Comfort delle Aule					
Luogo in cui è tenuto il Corso semplice da raggiungere					
Efficacia del Corso					

Figura 9: questionario Scala di Likert

Valutazione della qualità dei corsi di formazione

Ripartire **100 punti** tra le dimensioni principali in proporzione all'importanza assegnando zero punti ove si ritenga l'attributo non importante e 100 punti ove venga reputato l'unico importante tra quelli con cui viene confrontato

Dimensioni principali

Docente	
Organizzazione	
Struttura	
Totale	100 punti

Ripartire ora **100 punti** tra le sottodimensioni (Customer Requirements) di ogni dimensione principale in proporzione all'importanza assegnando zero punti ove si ritenga l'attributo non importante e 100 punti ove venga reputato l'unico importante tra quelli con cui viene confrontato

Docente

Preparazione del Docente	
Capacità relazionali del Docente	
Efficacia del Corso	
Totale	100 punti

Organizzazione

Durata del Corso idonea	
Contenuti del Corso corrispondenti a quelli dichiarati	
Costo	
Totale	100 punti

Struttura

Attrezzatura idonea	
Comfort	
Ubicazione	
Totale	100 punti

*Chiarimento significato di ciascuna sottodimensione

Ubicazione: posizione del centro rispetto alla sua raggiungibilità; **Comfort:** comodità e adeguatezza delle aule in cui si svolge il corso; **Attrezzature:** idoneità delle attrezzature fornite; **Capacità relazionali:** capacità del docente di insegnare e relazionarsi ai discenti; **Efficacia:** capacità del docente di trattare argomenti finalizzati al raggiungimento degli obiettivi del corso; **Preparazione:** adeguatezza del livello di formazione e preparazione del docente; **Durata del corso:** congruenza tra la durata dei corsi e il raggiungimento dell'obiettivo formativo; **Contenuti del corso:** corrispondenza tra i contenuti del corso e gli obiettivi dichiarati; **Costo:** costo del corso.

Figura 10: questionario Constant Sum Scale

Valutazione della qualità dei corsi di formazione

Indichi con una crocetta il **grado di importanza** del primo elemento rispetto a quello con cui è confrontato.

(Inserire la crocetta nella colonna rispondente al valore di importanza che si vuole assegnare, le colonne senza intestazione indicano un'importanza intermedia tra le due colonne ed essa adiacenti).

Qualità del servizio

	Estremamente meno importante	Molto meno importante	Meno importante	Leggermente meno importante	Ugualmente importante	Leggermente più importante	Più importante	Molto più importante	Estremamente più importante	
Docente										Struttura
Organizzazione										Struttura
Organizzazione										Docente

Struttura

	Estremamente meno importante	Molto meno importante	Meno importante	Leggermente meno importante	Ugualmente importante	Leggermente più importante	Più importante	Molto più importante	Estremamente più importante	
Ubicazione										Attrezzatura
Comfort										Ubicazione
Comfort										Attrezzatura

Docente

	Estremamente meno importante	Molto meno importante	Meno importante	Leggermente meno importante	Ugualmente importante	Leggermente più importante	Più importante	Molto più importante	Estremamente più importante	
Capacità relazionali										Efficacia
Preparazione Docente										Efficacia
Preparazione Docente										Capacità relazionali

Organizzazione

	Estremamente meno importante	Molto meno importante	Meno importante	Leggermente meno importante	Ugualmente importante	Leggermente più importante	Più importante	Molto più importante	Estremamente più importante	
Durata del Corso										Contenuti del Corso
Costo										Contenuti del Corso
Costo										Durata del Corso

*Chiarimento significato di ciascuna sottodimensione

Ubicazione: posizione del centro rispetto alla sua raggiungibilità; *Comfort:* comodità e adeguatezza delle aule in cui si svolge il corso; *Attrezzature:* idoneità delle attrezzature fornite; *Capacità relazionali:* capacità del docente di insegnare e relazionarsi ai discenti; *Efficacia:* capacità del docente di trattare argomenti finalizzati al raggiungimento degli obiettivi del corso; *Preparazione:* adeguatezza del livello di formazione e preparazione del docente; *Durata del corso:* congruenza tra la durata dei corsi e il raggiungimento dell'obiettivo formativo; *Contenuti del corso:* corrispondenza tra i contenuti del corso e gli obiettivi dichiarati; *Costo:* costo del corso.

Figura 11: questionario Confronto a Coppie

Di seguito, per ogni metodologia si riportano i dati estrapolati dai questionari. Tali dati sono stati successivamente utilizzati per costruire le equazioni da inserire nel modello di Linear Goal Programming, risolto con l'ausilio di Excel Linear Solver.

3.2.1. Formato I - Scala di Likert

Per questa metodologia, i dati raccolti per le dimensioni principali sono mostrati dall'istogramma in figura 12:

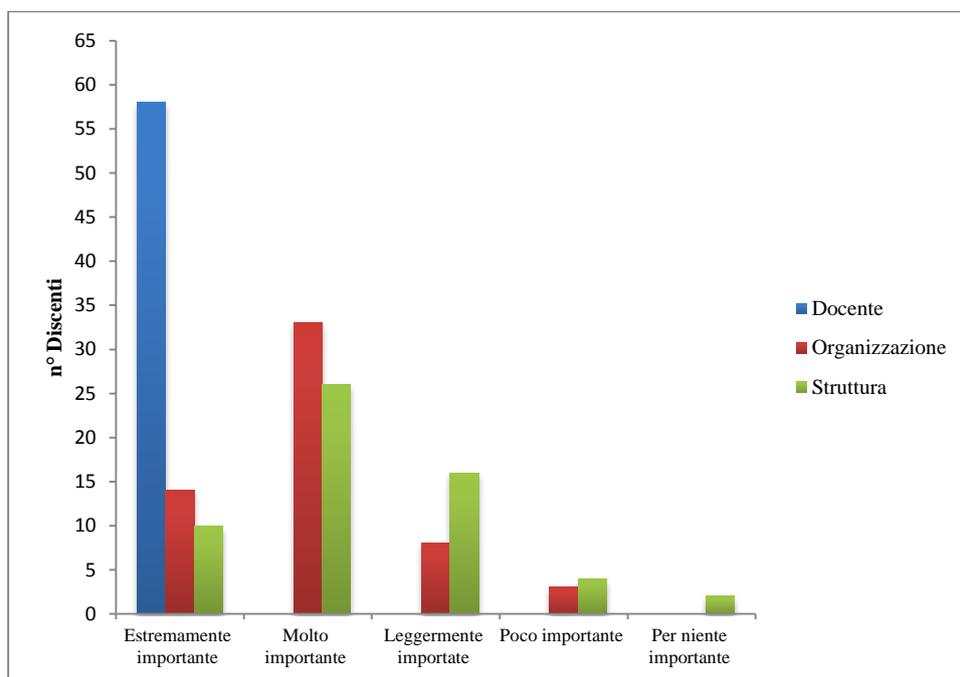


Figura 12: Dati raccolti per i Criteri Principali

Tali dati sono stati poi elaborati per restituire un vettore d'importanza relativa normalizzato da inserire nel modello di Linear Goal Programming.

A questo scopo, il primo passo è pesare ogni voto con il punteggio associato: quindi, ad esempio, ogni voto “Estremamente importante” deve essere moltiplicato per cinque, ogni voto “Molto importante” per quattro e così via. Sommando i voti pesati è possibile ricavare il punteggio per ogni dimensione:

	Estremamente importante	Molto importante	Leggermente importante	Poco importante	Per niente importante	Totale
Docente	290	/	/	/	/	290
Organizzazione	70	132	24	6	/	232
Struttura	50	104	48	8	2	212

Per ottenere il vettore dei pesi d'importanza relativa i punteggi vanno normalizzati. Quindi, assegnando alla dimensione Docente il peso $w_1^{(1)}$, all'Organizzazione $w_2^{(1)}$, ed alla Struttura $w_3^{(1)}$, si può scrivere:

$$w_1^{(1)} = \frac{290}{734} = 0,40$$

$$w_2^{(1)} = \frac{232}{734} = 0,32$$

$$w_3^{(1)} = \frac{212}{734} = 0,28$$

Quindi,

$$W = (w_1^{(1)}, w_2^{(1)}, w_3^{(1)})^T = (0,40, 0,32, 0,28)^T$$

Ripetendo quanto sopra esposto per i CRs della dimensione Docente, sulla base dei punteggi raccolti (figura 13) si ottiene:

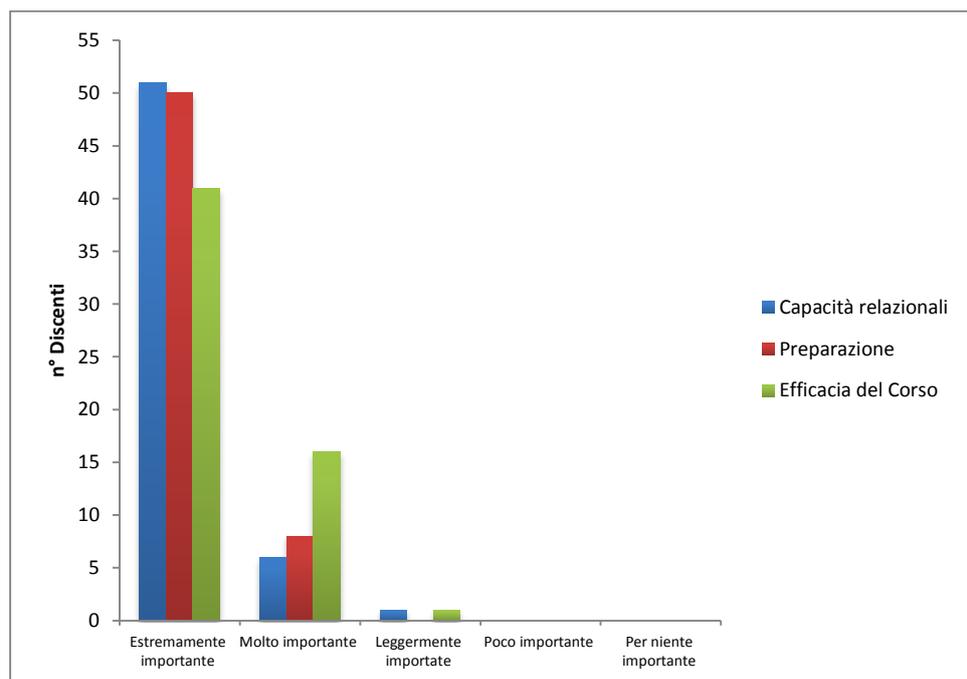


Figura 13: dati raccolti per i CRs della dimensione Docente

	Estremamente importante	Molto importante	Leggermente importante	Poco importante	Per niente importante	Totale
Capacità relazionali	255	24	3	/	/	282
Preparazione	250	32	/	/	/	282

Efficacia corso	205	64	3	/	/	272
-----------------	-----	----	---	---	---	-----

Assegnando, rispettivamente, al CRs Capacità relazionali il peso $w_1^{(1)}$, alla Preparazione $w_2^{(1)}$, ed all'Efficacia $w_3^{(1)}$, a seguito della normalizzazione si ottiene:

$$w_1^{(1)} = \frac{282}{836} = 0,34$$

$$w_2^{(1)} = \frac{282}{836} = 0,34$$

$$w_3^{(1)} = \frac{272}{836} = 0,32$$

Da cui:

$$W = (w_1^{(1)}, w_2^{(1)}, w_3^{(1)})^T = (0,34, 0,34, 0,32)^T$$

Per i CRs della dimensione Organizzazione, sulla base dei punteggi ottenuti (figura 14) si ottiene:

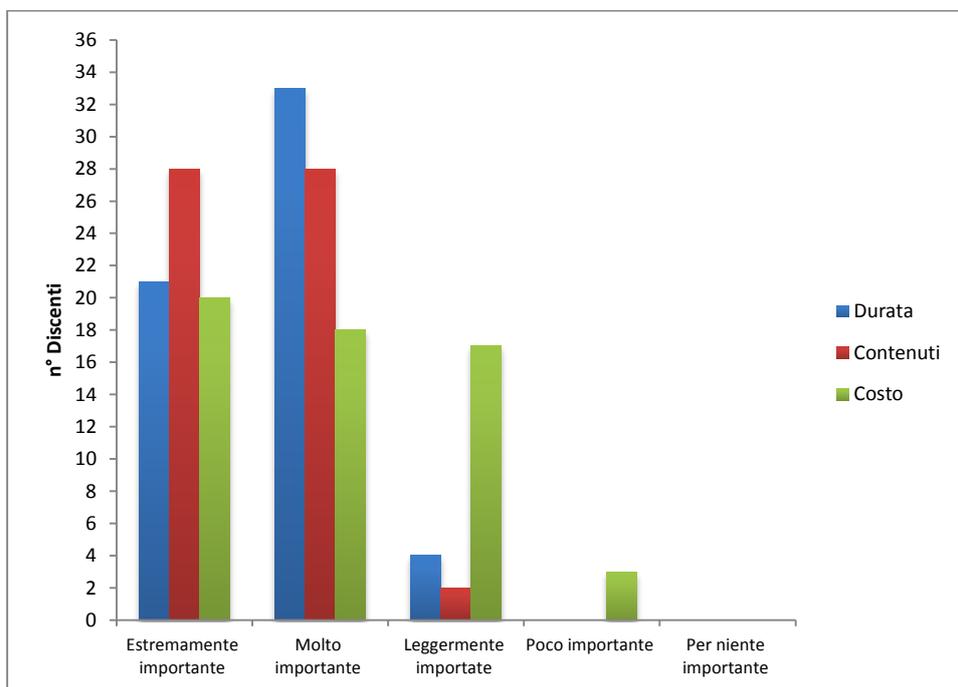


Figura 14: dati raccolti per i CRs della dimensione Organizzazione

	Estremamente importante	Molto importante	Leggermente importante	Poco importante	Per niente importante	Totale

Durata	105	132	12	/	/	249
Contenuti	140	112	6	/	/	258
Costo	100	72	51	6	/	229

Assegnando, rispettivamente, ai CRs Durata relazionali il peso $w_1^{(1)}$, ai Contenuti $w_2^{(1)}$, ed al Costo $w_3^{(1)}$, a seguito della normalizzazione si ottiene:

$$w_1^{(1)} = \frac{249}{736} = 0,34$$

$$w_2^{(1)} = \frac{258}{736} = 0,35$$

$$w_3^{(1)} = \frac{229}{736} = 0,31$$

Da cui:

$$W = (w_1^{(1)}, w_2^{(1)}, w_3^{(1)})^T = (0,34, 0,35, 0,31)^T$$

Infine, per i CRs della dimensione Struttura sulla base dei punteggi ottenuti (figura 15) si ottiene:

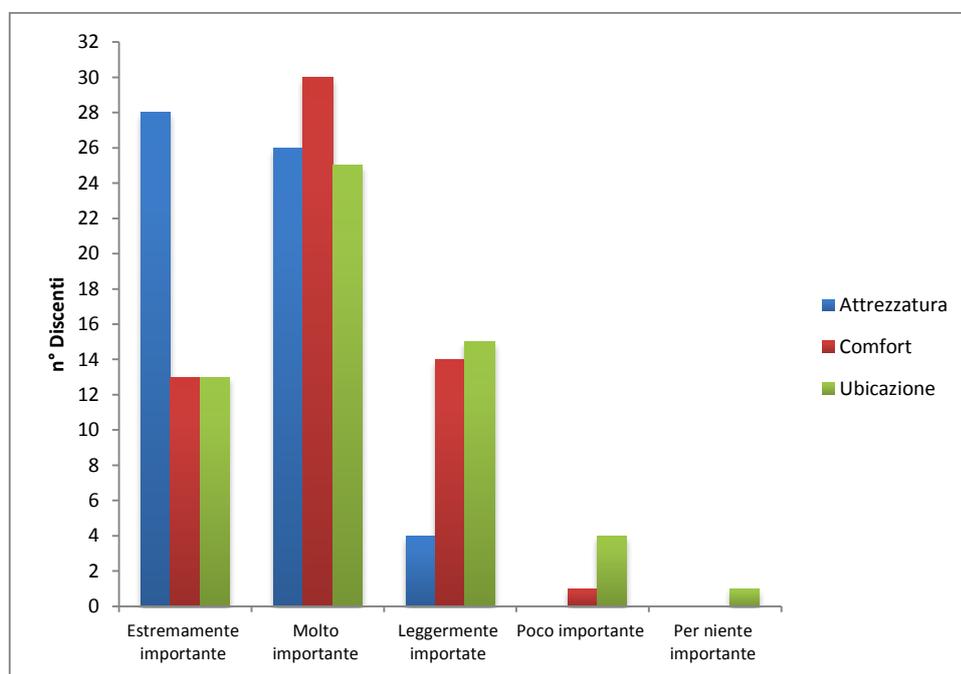


Figura 15: dati raccolti per i CRs della dimensione Struttura

	Estremamente importante	Molto importante	Leggermente importante	Poco importante	Per niente importante	Totale
--	-------------------------	------------------	------------------------	-----------------	-----------------------	--------

Attrezzatura	140	104	12	/	/	256
Comfort	65	120	42	2	/	229
Ubicazione	65	100	45	8	1	219

Assegnando, rispettivamente, al CRs Attrezzatura il peso $w_1^{(1)}$, al Comfort $w_2^{(1)}$, ed all'Ubicazione $w_3^{(1)}$, a seguito della normalizzazione si ottiene:

$$w_1^{(1)} = \frac{256}{704} = 0,36$$

$$w_2^{(1)} = \frac{229}{704} = 0,33$$

$$w_3^{(1)} = \frac{219}{704} = 0,31$$

Da cui:

$$W = (w_1^{(1)}, w_2^{(1)}, w_3^{(1)})^T = (0,36, 0,33, 0,31)^T$$

3.2.2. Formato II – Constant Sum Scale

I dati raccolti dai questionati basati su questa metodologia, nel caso delle dimensioni principali, sono riassunti in figura 16:

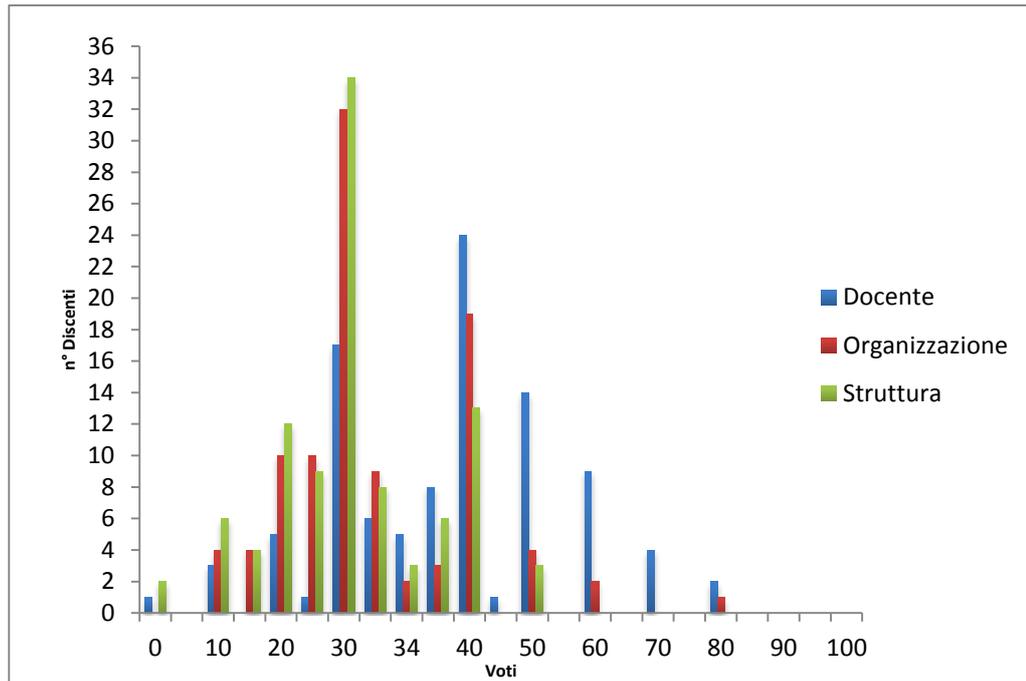


Figura 16: dati raccolti per i Criteri Principali

Il calcolo del valore medio è stato eseguito tramite mediana ed i risultati sono i seguenti:

$$w_1^{(2)} = 40$$

$$w_2^{(2)} = 30$$

$$w_3^{(2)} = 30$$

Quindi,

$$w_1^{(2)} > w_2^{(2)} = w_3^{(2)}$$

Allo stesso modo, per i CRs della dimensione Docente è stato ottenuto quanto riportato in figura 17:

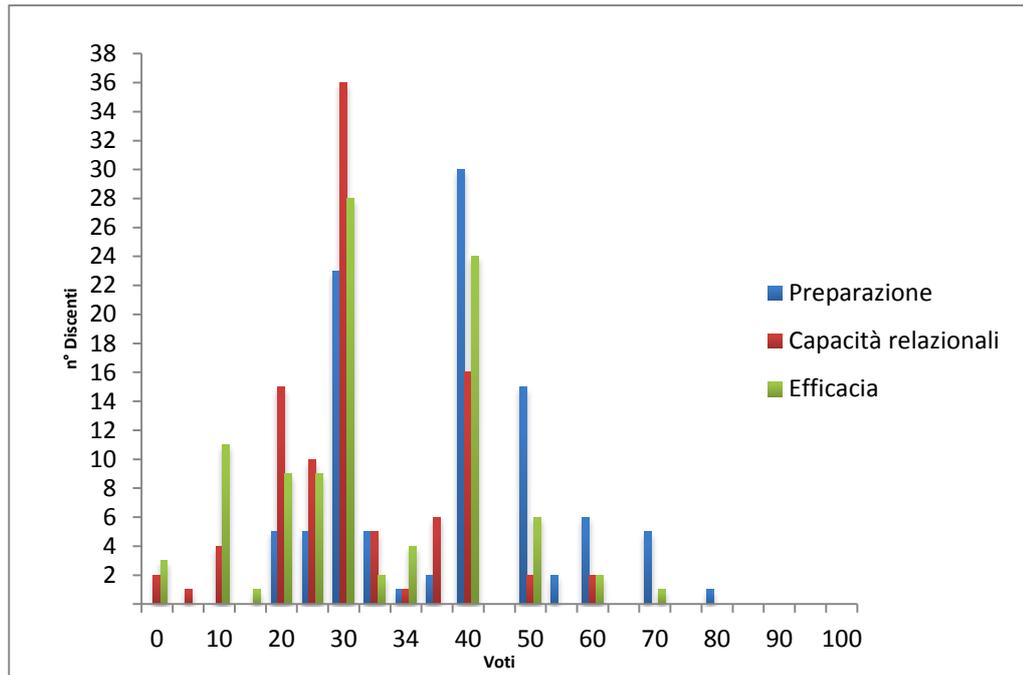


Figura 17: dati raccolti per i CRs della dimensione Docente

Quindi:

$$w_1^{(2)} = 30$$

$$w_2^{(2)} = 40$$

$$w_3^{(2)} = 30$$

Da cui:

$$w_2^{(2)} > w_1^{(2)} = w_3^{(2)}$$

Nel caso dei CRs della dimensione Organizzazione è stato ottenuto quanto riportato in figura 18:

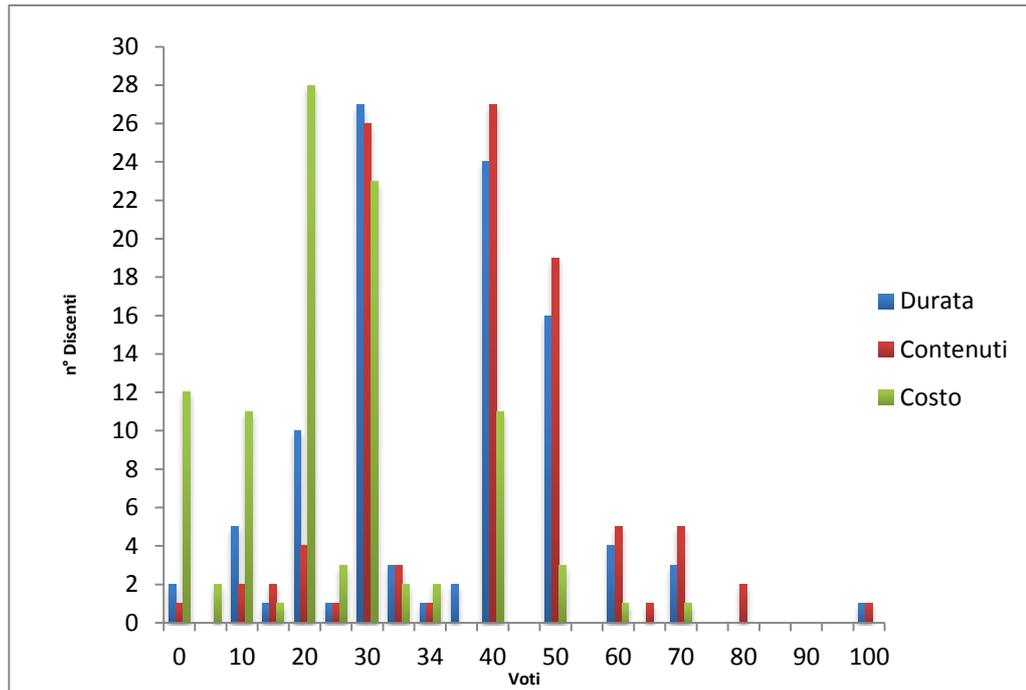


Figura 18: dati raccolti per i CRs della dimensione Organizzazione

I valori medi calcolati sono i seguenti:

$$w_1^{(2)} = 34,5$$

$$w_2^{(2)} = 40$$

$$w_3^{(2)} = 20$$

Da cui:

$$w_2^{(2)} > w_1^{(2)} > w_3^{(2)}$$

Infine, per la dimensione Struttura è stato ottenuto quanto riportato in figura 19:

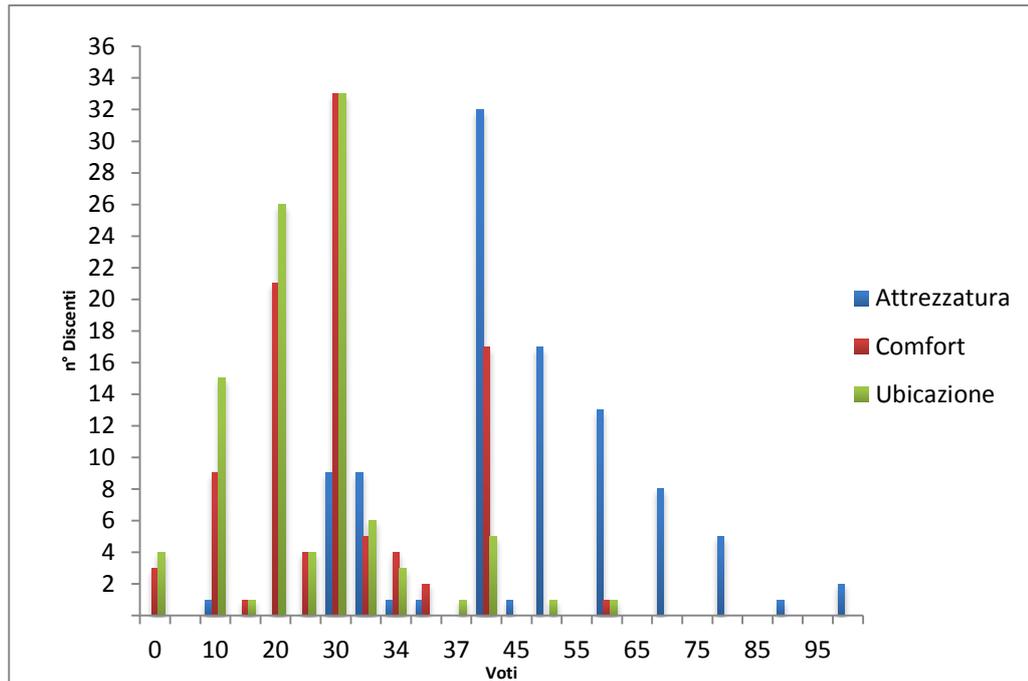


Figura 19: dati raccolti per i CRs della dimensione Struttura

I valori medi calcolati sono i seguenti:

$$w_1^{(2)} = 40$$

$$w_2^{(2)} = 30$$

$$w_3^{(2)} = 27,5$$

Da cui:

$$w_1^{(2)} > w_2^{(2)} > w_3^{(2)}$$

3.2.3. Formato III – Confronto a Coppie Classico

Nel caso del Confronto a Coppie Classico, si riportano i risultati dei questionari relativi alle dimensioni principali in figura 20:

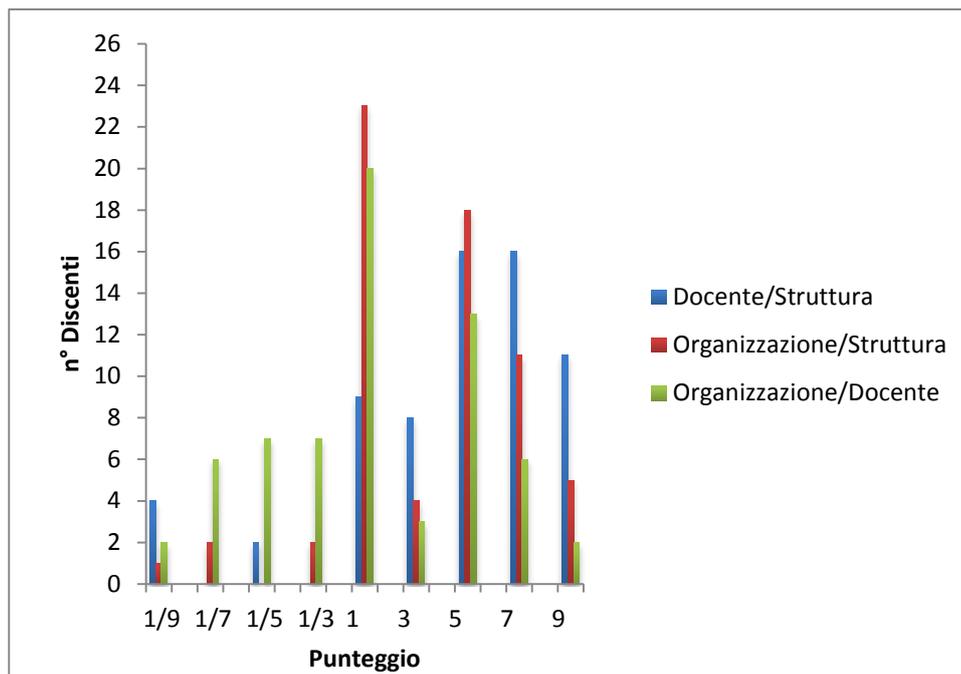


Figura 20: dati raccolti per i Criteri Principali

E' stata utilizzata la regola della media geometrica logaritmica per calcolare il valore medio da inserire nella matrice:

$$a_{ij} = 10^{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \log p_k^{n_k}}$$

dove N è il numero totale di discenti, in questo caso 66, p_k è il punteggio della scala di Saaty assegnato dai discenti e, infine, n_k è il numero di discenti che hanno assegnato quel punteggio.

Applicando questa formula, nel caso del confronto Docente/Struttura si ottiene:

$$a_{13} = 3,25$$

Da cui:

$$a_{31} = 0,31$$

Nel caso del confronto Organizzazione/Struttura si ottiene:

$$a_{23} = 2,39$$

Da cui:

$$a_{32} = 0,42$$

Nel caso del confronto Organizzazione/Docente:

$$a_{21} = 1,08$$

Da cui:

$$a_{12} = 0,93$$

È possibile, a questo punto, definire la matrice A :

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0,93 & 3,25 \\ 1,08 & 1 & 2,39 \\ 0,31 & 0,42 & 1 \end{pmatrix}$$

Si verifica di seguito la consistenza della matrice nel modo esplicito in precedenza.

L'autovalore massimo della matrice è $\lambda_{max} = 3,02$

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{3,02 - 3}{2} = 0,01$$

$$RC = \frac{IC}{IR} = \frac{0,01}{0,52} = 0,02 \leq 0,1$$

dove il Random Index per $n = 3$ è $IR = 0,52$.

Da cui, la matrice riguardante le categorie principali è accettabilmente consistente.

Si ripetono di seguito i calcoli per i CRs di ognuna delle tre dimensioni principali.

Per il criterio Docente, i dati raccolti dai questionari sono riportati in figura 21:

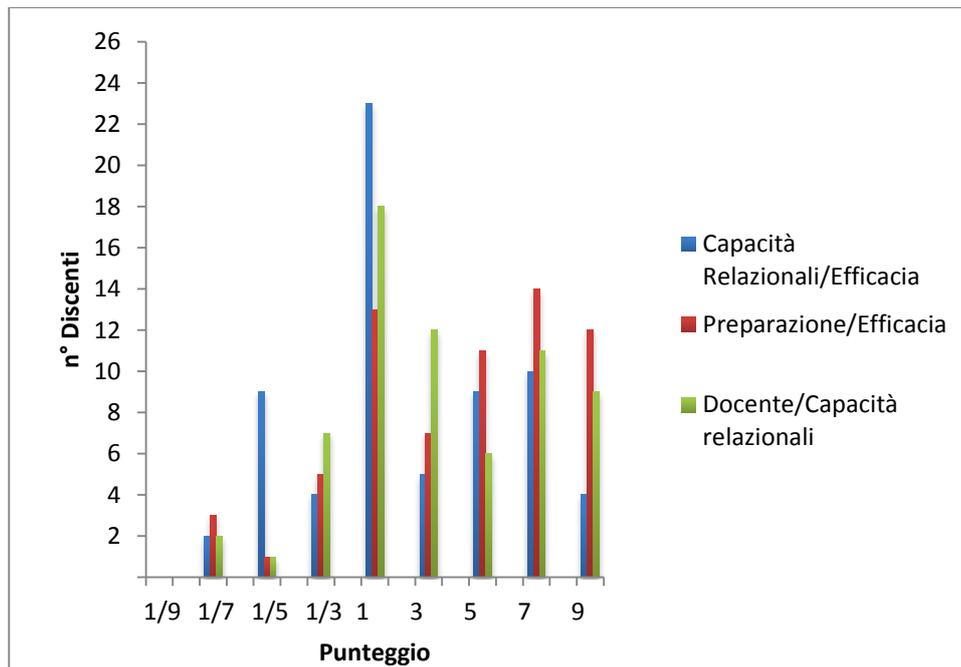


Figura 21: dati raccolti per i CRs della dimensione Docente

Da cui, nel caso del confronto Capacità relazionali/Efficacia si ottiene:

$$a_{13} = 1,47$$

$$a_{31} = 0,68$$

Nel caso del confronto Preparazione/Efficacia:

$$a_{23} = 2,72$$

$$a_{32} = 0,37$$

Nel caso del confronto Preparazione/Capacità relazionali:

$$a_{21} = 2,16$$

$$a_{12} = 0,46$$

Dunque, è possibile costruire la matrice relativa alla dimensione Docente:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0,46 & 1,47 \\ 2,16 & 1 & 2,72 \\ 0,68 & 0,37 & 1 \end{pmatrix}$$

Si verifica di seguito la consistenza della matrice:

l'autovalore massimo di questa matrice è $\lambda_{max} = 3,00$

$$IC = \frac{3 - 3}{2} = 0$$

quindi, la matrice dei CRs relativi alla dimensione Docente è perfettamente consistente.

Per il criterio Organizzazione, i dati raccolti dai questionari sono riportati in figura 22:

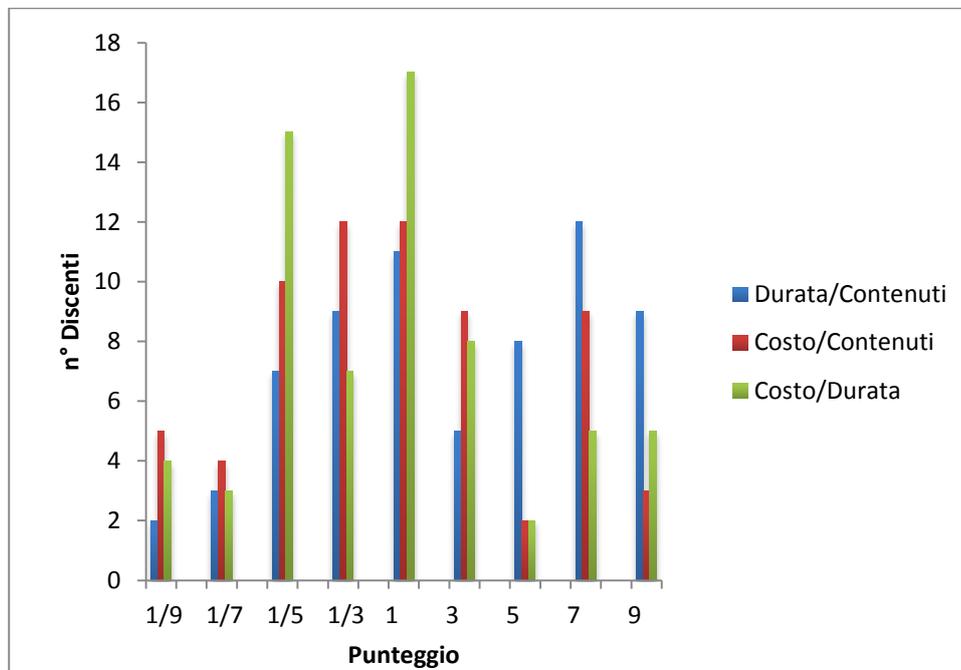


Figura 22: dati raccolti per i CRs della dimensione Organizzazione

Da cui, nel caso del confronto Durata/Contenuti si ottiene:

$$a_{12} = 1,68$$

$$a_{21} = 0,59$$

Nel caso del confronto Costo/Contenuti si ottiene:

$$a_{32} = 0,84$$

$$a_{23} = 1,19$$

Nel caso del confronto Costo/Durata si ottiene:

$$a_{31} = 0,81$$

$$a_{13} = 1,23$$

Dunque, è possibile costruire la matrice relativa alla dimensione Organizzazione:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1,68 & 1,23 \\ 0,59 & 1 & 1,19 \\ 0,81 & 0,84 & 1 \end{pmatrix}$$

Si verifica di seguito la consistenza della matrice:

$$\lambda_{max} = 3,03$$

Da cui:

$$IC = \frac{3,03 - 3}{2} = 0,015$$

$$RC = \frac{IC}{IR} = \frac{0,015}{0,52} = 0,03 \leq 0,1$$

Da cui si ricava che risulta verificata la consistenza della matrice dei CRs della dimensione Organizzazione.

Per il criterio Struttura, i dati raccolti dai questionari sono riportati in figura 23:

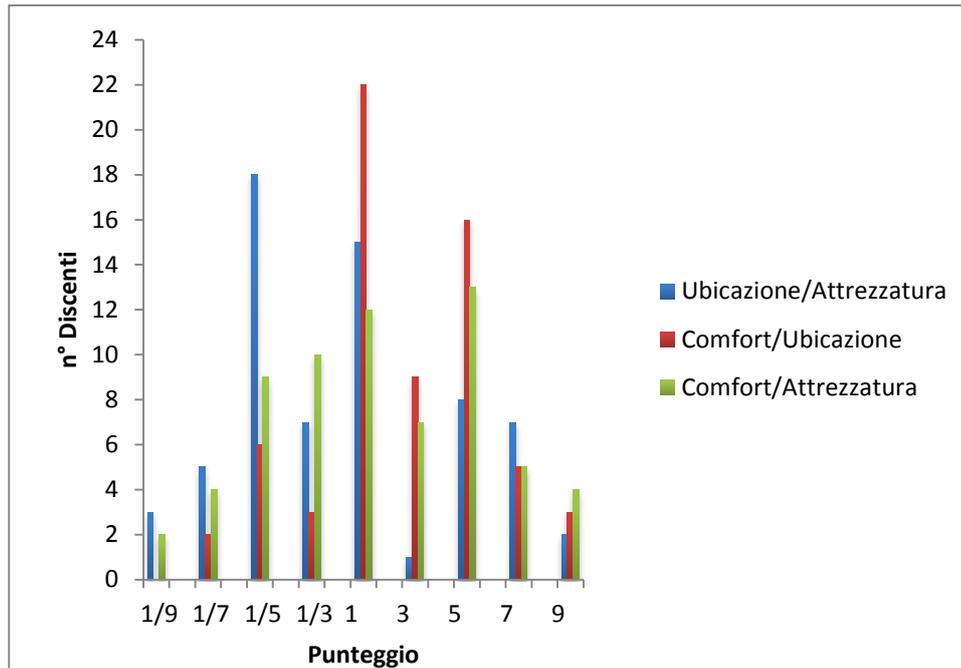


Figura 23: dati raccolti per i CRs della dimensione Struttura

Da cui, nel caso del confronto Ubicazione/Attrezzatura si ottiene:

$$a_{31} = 0,72$$

$$a_{13} = 1,39$$

Nel caso del confronto Comfort/Ubicazione si ottiene:

$$a_{23} = 1,70$$

$$a_{32} = 0,59$$

Nel caso del confronto Comfort/Attrezzatura si ottiene:

$$a_{21} = 1,15$$

$$a_{12} = 0,87$$

Dunque, è possibile costruire la matrice relativa alla dimensione Struttura:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0,87 & 1,39 \\ 1,15 & 1 & 1,70 \\ 0,72 & 0,59 & 1 \end{pmatrix}$$

Si verifica di seguito la consistenza della matrice:

$$\lambda_{max} = 3,00$$

Da cui:

$$IC = \frac{3 - 3}{2} = 0$$

dunque, la matrice dei CRs della dimensione Struttura è perfettamente consistente.

3.2.4. Formato IV – Confronto a Coppie Fuzzy

Nel caso del confronto a coppie fuzzy, i risultati dei questionari riguardanti le dimensioni principali sono riportati nella figura 24:

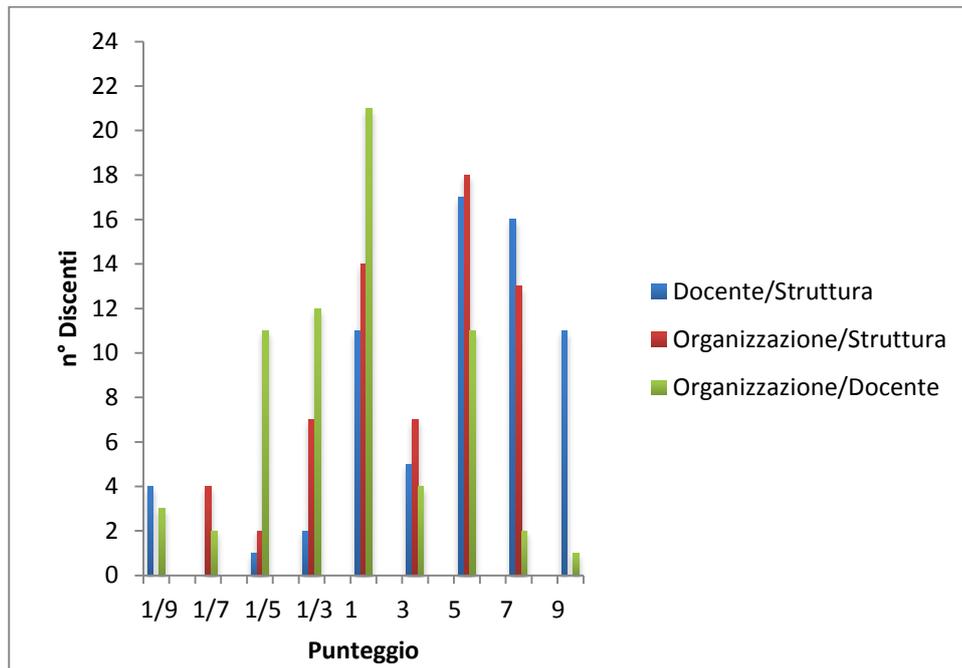


Figura 24: dati raccolti per le dimensioni principali

Da questi voti è stato prima calcolato il valore medio, con la regola della media geometrica logaritmica ed, in seguito, è stato trovato il valore fuzzy con la regola:

$$r_{ij} = g(a_{ij}) = \frac{1}{2}(1 + \log_9 a_{ij})$$

Quindi, per il confronto Docente/Struttura si ha:

$$a_{13} = 3,09$$

Da cui:

$$r_{13} = \frac{1}{2}(1 + \log_9 3,09) = 0,76$$

Da cui si ricava:

$$r_{31} = 1 - 0,76 = 0,24$$

Per il confronto Organizzazione/Struttura si ha:

$$a_{23} = 1,91$$

Da cui:

$$r_{23} = 0,66$$

$$r_{32} = 0,34$$

Per il confronto Organizzazione/Docente si ha:

$$a_{21} = 0,82$$

Da cui:

$$r_{21} = 0,45$$

$$r_{12} = 0,55$$

È possibile ora costruire la matrice **R**:

$$R = \begin{pmatrix} 0,5 & 0,55 & 0,76 \\ 0,45 & 0,5 & 0,66 \\ 0,24 & 0,34 & 0,5 \end{pmatrix}$$

Sono state quindi ripetute le operazioni appena svolte, per i CRs di ogni dimensione principale.

Nel caso della dimensione Docente, i dati raccolti sono riportati in figura 25.

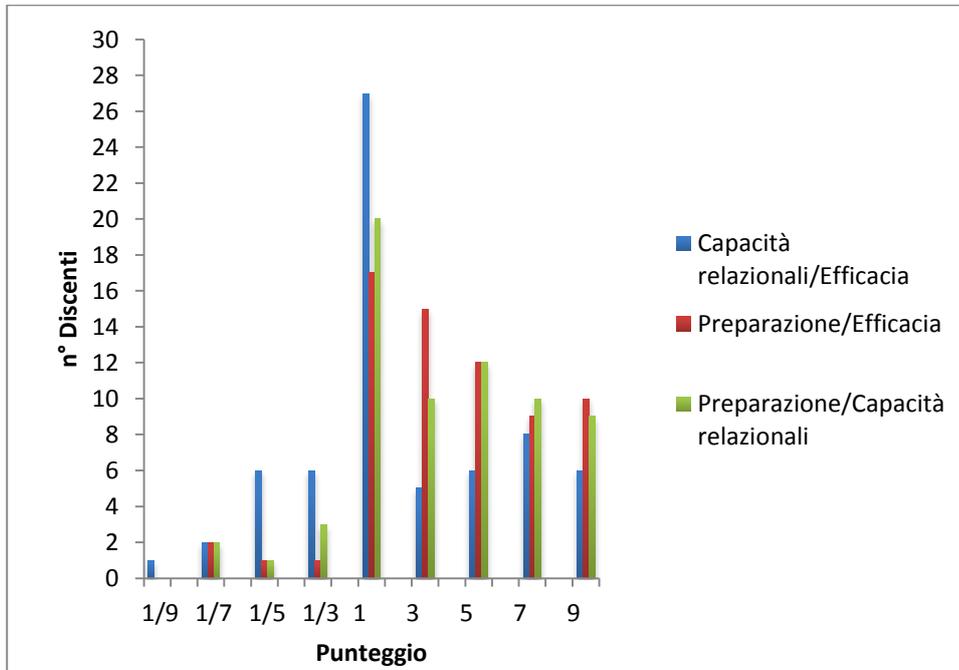


Figura 25: dati raccolti per i CRs della dimensione Docente

Dunque, per il confronto Capacità relazionali/Efficacia si ha:

$$a_{13} = 1,38$$

Da cui:

$$r_{13} = 0,57$$

$$r_{31} = 0,43$$

Per il confronto Preparazione/Efficacia si ha:

$$a_{23} = 2,79$$

Da cui:

$$r_{23} = 0,73$$

$$r_{32} = 0,27$$

Per il confronto Preparazione/Capacità relazionali si ha:

$$a_{21} = 2,48$$

Da cui:

$$r_{21} = 0,71$$

$$r_{12} = 0,29$$

Dunque, la matrice che si ottiene è la seguente:

$$\mathbf{R} = \begin{pmatrix} 0,5 & 0,29 & 0,57 \\ 0,71 & 0,5 & 0,73 \\ 0,43 & 0,27 & 0,5 \end{pmatrix}$$

I voti relativi ai CRs della dimensione Organizzazione sono riportati in figura 26.

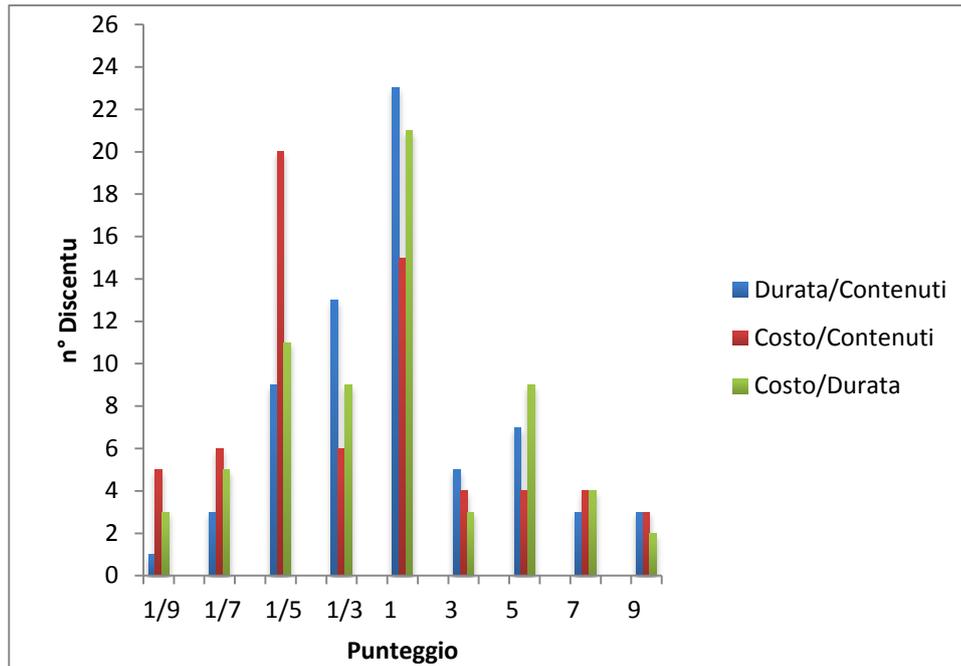


Figura 26: dati raccolti per i CRs della dimensione Organizzazione

Dunque, per il confronto Durata/Contenuti si ha:

$$a_{12} = 0,89$$

Da cui:

$$r_{12} = 0,47$$

$$r_{21} = 0,53$$

Per il confronto Costo/Contenuti si ha:

$$a_{32} = 0,58$$

Da cui:

$$r_{32} = 0,38$$

$$r_{23} = 0,62$$

Per il confronto Costo/Durata si ha:

$$a_{31} = 0,81$$

Da cui:

$$r_{31} = 0,45$$

$$r_{13} = 0,55$$

Dunque, la matrice che si ottiene è la seguente:

$$R = \begin{pmatrix} 0,5 & 0,47 & 0,55 \\ 0,53 & 0,5 & 0,62 \\ 0,45 & 0,38 & 0,5 \end{pmatrix}$$

Per i CRs della dimensione Struttura, i dati raccolti riportati in figura 27.

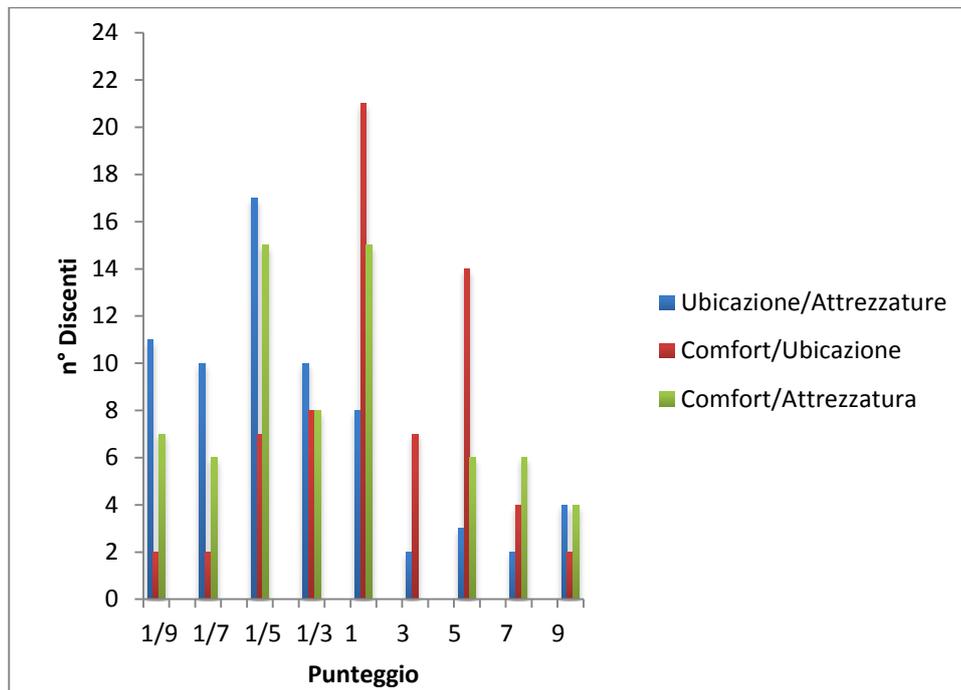


Figura 27: dati raccolti per i CRs della dimensione Struttura

Dunque, per il confronto Ubicazione/Attrezzatura si ha:

$$a_{31} = 0,39$$

Da cui:

$$r_{31} = 0,29$$

$$r_{13} = 0,71$$

Per il confronto Comfort/Ubicazione si ha:

$$a_{23} = 1,23$$

Da cui:

$$r_{23} = 0,55$$

$$r_{32} = 0,45$$

Per il confronto Comfort/Attrezzatura si ha:

$$a_{21} = 0,64$$

Da cui:

$$r_{21} = 0,40$$

$$r_{12} = 0,60$$

Dunque, la matrice che si ottiene è la seguente:

$$R = \begin{pmatrix} 0,5 & 0,60 & 0,71 \\ 0,40 & 0,5 & 0,55 \\ 0,29 & 0,45 & 0,5 \end{pmatrix}$$

3.3. Linear Goal Programming

È possibile, a questo punto, introdurre le *variabili di deviazione* ε per ogni formato, e scrivere le equazioni da inserire nel modello di Linear Goal Programming. In particolare, ciò sarà fatto prima per le dimensioni principali ed, in seguito, per i CRs di ogni criterio, in modo da avere quattro vettori d'importanza.

3.3.1. Linear Goal Programming per i Criteri Principali

Si ricorda che alle dimensioni Docente, Organizzazione e Struttura sono stati assegnati, rispettivamente, i pesi w_1, w_2, w_3 .

Dalla somministrazione del questionario relativo alla Scala di Likert, sono stati ricavati i seguenti valori:

$$W = (w_1^{(1)}, w_2^{(1)}, w_3^{(1)})^T = (0,40, 0,32, 0,28)^T$$

È possibile quindi scrivere:

$$\varepsilon_1^{(1)} = w_1 - 0,40$$

$$\varepsilon_2^{(1)} = w_2 - 0,32$$

$$\varepsilon_3^{(1)} = w_3 - 0,28$$

Dunque, la funzione obiettivo da minimizzare è la seguente:

$$J_1 = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^3 |\varepsilon_i^{(1)}| = \frac{1}{4} \{|w_1 - 0,40| + |w_2 - 0,32| + |w_3 - 0,28|\}$$

Si ricorda che la costante $1/4$ sta ad intendere che tutti i gruppi di discenti sono stati pesati equamente.

Dalla somministrazione del questionario relativo al Constant Sum Scale sono state ottenute le seguenti relazioni:

$$w_1^{(2)} > w_2^{(2)} = w_3^{(2)}$$

La relazione $w_1^{(2)} > w_2^{(2)}$ indica un ordine di preferenza stretto e la relativa equazione per i pesi d'importanza finali è la seguente:

$$w_1 - w_2 + \varepsilon_{12}^{(2)} \geq 0,001$$

mentre $w_2^{(2)} = w_3^{(2)}$ indica un ordine di preferenza indifferente, quindi:

$$\varepsilon_{23}^{(2)} = w_2 - w_3$$

La relativa funzione obiettivo da minimizzare è:

$$J_2 = \frac{1}{4} \left(\sum_{(j,k) \in \Omega_1} \varepsilon_{jk}^{(l)} + \sum_{(j,k) \in \Omega_2} \varepsilon_{jk}^{(l)} + \sum_{(j,k) \in \Omega_3} (\varepsilon_{jk+}^{(l)} + \varepsilon_{jk-}^{(l)}) \right)$$

Quindi:

$$J_2 = \frac{1}{4} \{ (0,001 - w_1 + w_2) + |w_2 - w_3| \}$$

Nel caso del Confronto a Coppie Classico, i voti dei discenti hanno restituito la seguente matrice di confronto a coppie:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0,93 & 3,25 \\ 1,08 & 1 & 2,39 \\ 0,31 & 0,42 & 1 \end{pmatrix}$$

Ricordando che:

$$E^{(3)} = (A^{(3)} - nI)W$$

dove $n = 3$ è il numero di CRs ed $E^{(3)} = (\varepsilon_1^{(3)}, \varepsilon_2^{(3)}, \varepsilon_3^{(3)})$ è il *vettore di deviazione*, allora:

$$\begin{pmatrix} \varepsilon_1^{(3)} \\ \varepsilon_2^{(3)} \\ \varepsilon_3^{(3)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -2 & 0,93 & 3,25 \\ 1,08 & -2 & 2,39 \\ 0,31 & 0,42 & -2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \end{pmatrix}$$

È possibile, quindi, scrivere il sistema:

$$\begin{cases} \varepsilon_1^{(3)} = -2w_1 + 0,93w_2 + 3,25w_3 \\ \varepsilon_2^{(3)} = 1,08w_1 - 2w_2 + 2,39w_3 \\ \varepsilon_3^{(3)} = 0,31w_1 + 0,42w_2 - 2w_3 \end{cases}$$

La relativa funzione obiettivo è:

$$J_3 = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^3 |\varepsilon_i^{(3)}|$$

Quindi

$$J_3 = \frac{1}{4} \{ |-2w_1 + 0,93w_2 + 3,25w_3| + |1,08w_1 - 2w_2 + 2,39w_3| + |0,31w_1 + 0,42w_2 - 2w_3| \}$$

Nel caso del questionario di Confronto a Coppie Fuzzy, la matrice di confronto ottenuta è la seguente:

$$\mathbf{R} = \begin{pmatrix} 0,5 & 0,55 & 0,76 \\ 0,45 & 0,5 & 0,66 \\ 0,24 & 0,34 & 0,5 \end{pmatrix}$$

Come anticipato, essendo l'elemento $r_{ij}^{(4)}$ della matrice una stima del giudizio di $w_i/(w_i + w_j)$, è possibile introdurre una matrice $\mathbf{B}^{(4)}$, tale che

$$\mathbf{B}^{(4)} = \begin{pmatrix} \sum_{j \neq 1} r_{1j}^{(3)} & r_{12}^{(3)} & r_{13}^{(3)} \\ r_{21}^{(3)} & \sum_{j \neq 2} r_{2j}^{(3)} & r_{31}^{(3)} \\ r_{31}^{(3)} & r_{32}^{(3)} & \sum_{j \neq 3} r_{nj}^{(3)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1,31 & 0,55 & 0,76 \\ 0,45 & 1,11 & 0,66 \\ 0,24 & 0,34 & 0,58 \end{pmatrix}$$

Inoltre:

$$E^{(4)} = (\mathbf{B}^{(4)} - (n-1)\mathbf{I})W$$

Da cui si ricava che:

$$\begin{pmatrix} \varepsilon_1^{(4)} \\ \varepsilon_2^{(4)} \\ \varepsilon_3^{(4)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -0,69 & 0,55 & 0,76 \\ 0,45 & -0,89 & 0,66 \\ 0,24 & 0,34 & -1,42 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \end{pmatrix}$$

Come per il formato precedente, è possibile scrivere il seguente sistema:

$$\begin{cases} \varepsilon_1^{(4)} = -0,69w_1 + 0,55w_2 + 0,76w_3 \\ \varepsilon_2^{(4)} = 0,45w_1 - 0,89w_2 + 0,66w_3 \\ \varepsilon_3^{(4)} = 0,24w_1 + 0,34w_2 - 1,42w_3 \end{cases}$$

La funzione obiettivo da minimizzare è la seguente:

$$J_4 = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^3 |\varepsilon_i^{(4)}|$$

Essa può essere riscritta al modo seguente:

$$J_4 = \frac{1}{4} \{ |-0,69w_1 + 0,55w_2 + 0,76w_3| + |0,45w_1 - 0,89w_2 + 0,66w_3| \\ + |0,24w_1 + 0,34w_2 - 1,42w_3| \}$$

E' possibile, a questo punto, costruire il modello di Linear Goal Programming e risolverlo con Excel Solver.

Il modello LGP può essere scritto come segue:

$$\left\{ \begin{array}{l} J = \sum_{k=1}^4 J_k \\ \sum_{i=1}^3 w_i = 1 \\ w_i \geq 0 \forall i \in \{1,2,3\} \end{array} \right.$$

La funzione obiettivo finale è la somma delle funzioni obiettivo trovate per ogni formato di questionario; i vincoli da rispettare sono due:

1. la somma dei pesi deve restituire l'unità
2. ognuno dei pesi deve essere maggiore o uguale a zero.

Per risolvere il problema con Excel Linear Solver, tutti i dati vanno scritti in un foglio di calcolo.

In tre celle distinte, dette *celle variabili*, sarà segnato un valore iniziale a piacere che rispetti i vincoli. Tali celle rappresentano i vettori d'importanza finali.

In una cella, detta *cella obiettivo*, va scritta la funzione obiettivo da minimizzare. Essa deve richiamare le celle variabili.

Riempito il foglio di calcolo, bisogna impostare i parametri nel Risolutore di Excel tramite la finestra di dialogo, così come mostrato in figura 28:

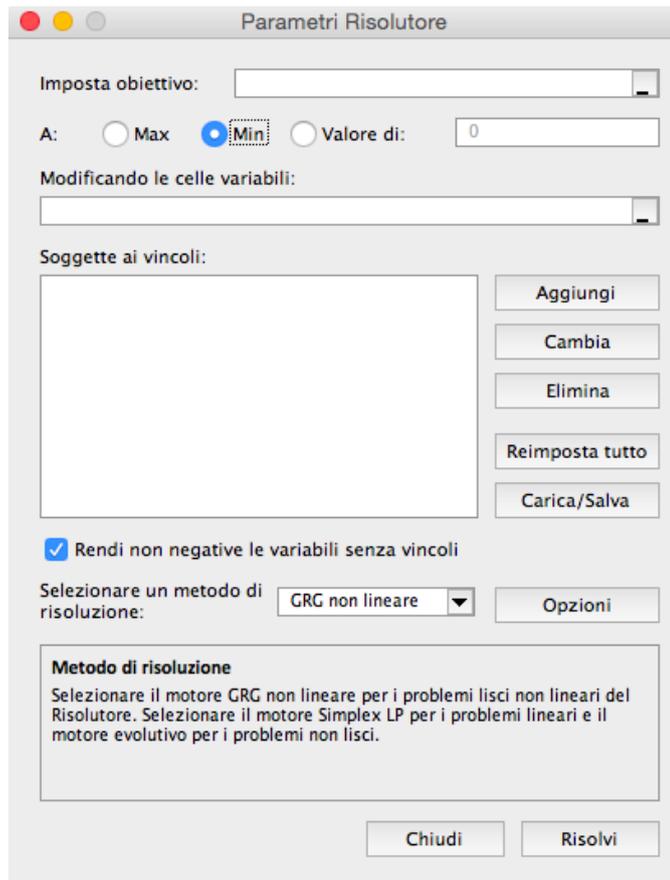


Figura 28: finestra di dialogo Parametri Risolutore

Nella voce *imposta obiettivo* va indicata la cella obiettivo ed, in seguito, il tipo di operazione che si desidera svolgere. Nel caso in esame, l'obiettivo è quello di minimizzare la funzione obiettivo; bisognerà quindi selezionare la funzione *min*.

Nella voce *Modificando le celle variabili* vanno inseriti gli indirizzi delle celle variabili e nella finestra *Soggette ai vincoli* vanno indicati i vincoli che queste celle devono rispettare; infine l'algoritmo scelto è stato quello fornito da Excel di default.

I risultati ottenuti sono i seguenti:

$$W = (w_1, w_2, w_3)^T = (0,45, 0,38, 0,17)^T$$

3.3.2. LGP per i CRs della dimensione Docente

Si ricorda che ai CRs Capacità relazionali, Preparazione ed Efficacia del corso sono stati assegnati, rispettivamente, i pesi w_1, w_2, w_3 .

Dal questionario di Likert è stato ottenuto:

$$W = (w_1^{(1)}, w_2^{(1)}, w_3^{(1)})^T = (0,34, 0,34, 0,32)^T$$

Da cui:

$$\varepsilon_1^{(1)} = w_1 - 0,34$$

$$\varepsilon_2^{(1)} = w_2 - 0,34$$

$$\varepsilon_3^{(1)} = w_3 - 0,32$$

Dunque, la funzione obiettivo da minimizzare è la seguente:

$$J_1 = \frac{1}{4} \{|w_1 - 0,34| + |w_2 - 0,34| + |w_3 - 0,32|\}$$

Dalla somministrazione del questionario del Constant Sum Scale sono state ottenute le seguenti relazioni:

$$w_2^{(2)} > w_1^{(2)} = w_3^{(2)}$$

Da cui:

$$w_2 - w_1 + \varepsilon_{21}^{(2)} \geq 0,001$$

$$\varepsilon_{13}^{(2)} = w_1 - w_3$$

La relativa funzione obiettivo da minimizzare è la seguente:

$$J_2 = \frac{1}{4} \{(0,001 - w_2 + w_1) + |w_1 - w_3|\}$$

Per il questionario del Confronto a Coppie Classico è stato ottenuto:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0,46 & 1,47 \\ 2,16 & 1 & 2,72 \\ 0,68 & 0,37 & 1 \end{pmatrix}$$

Da cui:

$$\begin{cases} \varepsilon_1^{(3)} = -2w_1 + 0,46w_2 + 1,47w_3 \\ \varepsilon_2^{(3)} = 2,16w_1 - 2w_2 + 2,72w_3 \\ \varepsilon_3^{(3)} = 0,68w_1 + 0,37w_2 - 2w_3 \end{cases}$$

La funzione obiettivo è la seguente:

$$J_3 = \frac{1}{4} \{|-2w_1 + 0,46w_2 + 1,47w_3| + |2,16w_1 - 2w_2 + 2,72w_3| + |0,68w_1 + 0,37w_2 - 2w_3|\}$$

Nel caso del questionario di Confronto a Coppie Fuzzy è stato ottenuto:

$$\mathbf{R} = \begin{pmatrix} 0,5 & 0,29 & 0,57 \\ 0,71 & 0,5 & 0,73 \\ 0,43 & 0,27 & 0,5 \end{pmatrix}$$

Da cui:

$$\mathbf{B}^{(4)} = \begin{pmatrix} 0,86 & 0,29 & 0,57 \\ 0,71 & 1,44 & 0,73 \\ 0,43 & 0,27 & 0,70 \end{pmatrix}$$

Quindi:

$$\begin{cases} \varepsilon_1^{(4)} = -1,14w_1 + 0,29w_2 + 0,57w_3 \\ \varepsilon_2^{(4)} = 0,71w_1 - 0,56w_2 + 0,73w_3 \\ \varepsilon_3^{(4)} = 0,43w_1 + 0,27w_2 - 0,70w_3 \end{cases}$$

La funzione obiettivo da minimizzare è la seguente:

$$J_4 = \frac{1}{4} \{ |-1,14w_1 + 0,29w_2 + 0,57w_3| + |0,71w_1 - 0,56w_2 + 0,73w_3| + |0,43w_1 + 0,27w_2 - 0,70w_3| \}$$

Costruendo il modello di LGP, come spiegato nel caso dei criteri principali, si ottengono i seguenti risultati:

$$W = (w_1, w_2, w_3)^T = (0,26, 0,54, 0,20)^T$$

3.3.3. LGP per i CRs della dimensione Organizzazione

Si ricorda che ai CRs Durata, Contenuti e Costo del corso sono stati assegnati, rispettivamente, i pesi w_1, w_2, w_3 .

Dal questionario di Likert è stato ottenuto:

$$W = (w_1^{(1)}, w_2^{(1)}, w_3^{(1)})^T = (0,34, 0,35, 0,31)^T$$

Da cui:

$$\varepsilon_1^{(1)} = w_1 - 0,34$$

$$\varepsilon_2^{(1)} = w_2 - 0,35$$

$$\varepsilon_3^{(1)} = w_3 - 0,31$$

Dunque, la funzione obiettivo da minimizzare è la seguente:

$$J_1 = \frac{1}{4} \{ |w_1 - 0,34| + |w_2 - 0,35| + |w_3 - 0,31| \}$$

Dalla somministrazione del questionario del Constant Sum Scale sono state ottenute le seguenti relazioni:

$$w_2^{(2)} > w_1^{(2)} > w_3^{(2)}$$

Da cui:

$$w_2 - w_1 + \varepsilon_{21}^{(2)} \geq 0,001$$

$$w_1 - w_3 + \varepsilon_{13}^{(2)} \geq 0,001$$

La funzione obiettivo da minimizzare è la seguente:

$$J_2 = \frac{1}{4} \{ (0,001 - w_2 + w_1) + (0,001 - w_1 + w_3) \}$$

Per il questionario del Confronto a Coppie Classico è stato ottenuto:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1,68 & 1,23 \\ 0,59 & 1 & 1,19 \\ 0,81 & 0,84 & 1 \end{pmatrix}$$

Da cui:

$$\begin{cases} \varepsilon_1^{(3)} = -2w_1 + 1,68w_2 + 1,23w_3 \\ \varepsilon_2^{(3)} = 0,59w_1 - 2w_2 + 1,19w_3 \\ \varepsilon_3^{(3)} = 0,81w_1 + 0,84w_2 - 2w_3 \end{cases}$$

La funzione obiettivo da minimizzare è la seguente:

$$J_3 = \frac{1}{4} \{ |-2w_1 + 1,68w_2 + 1,23w_3| + |0,59w_1 - 2w_2 + 1,19w_3| + |0,81w_1 + 0,84w_2 - 2w_3| \}$$

Nel caso del questionario di Confronto a Coppie Fuzzy è stato ottenuto:

$$R = \begin{pmatrix} 0,5 & 0,47 & 0,55 \\ 0,53 & 0,5 & 0,62 \\ 0,45 & 0,38 & 0,5 \end{pmatrix}$$

Da cui:

$$B^{(4)} = \begin{pmatrix} 1,02 & 0,47 & 0,55 \\ 0,53 & 1,15 & 0,62 \\ 0,45 & 0,38 & 0,83 \end{pmatrix}$$

Quindi:

$$\begin{cases} \varepsilon_1^{(4)} = -0,98w_1 + 0,47w_2 + 0,55w_3 \\ \varepsilon_2^{(4)} = 0,53w_1 - 0,85w_2 + 0,62w_3 \\ \varepsilon_3^{(4)} = 0,45w_1 + 0,38w_2 - 0,83w_3 \end{cases}$$

La funzione obiettivo da minimizzare è la seguente:

$$J_4 = \frac{1}{4} \{ |-0,98w_1 + 0,47w_2 + 0,55w_3| + |0,53w_1 - 0,85w_2 + 0,62w_3| \\ + |0,45w_1 + 0,38w_2 - 0,83w_3| \}$$

Infine, il vettore dei pesi finale trovato tramite LGP è il seguente:

$$W = (w_1, w_2, w_3)^T = (0,41, 0,30, 0,29)^T$$

3.3.4. LGP per i CRs della dimensione Struttura

Si ricorda che ai CRs Attrezzatura, Comfort e Ubicazione sono stati assegnati, rispettivamente, i pesi w_1, w_2, w_3 .

Dal questionario di Likert è stato ottenuto:

$$W = (w_1^{(1)}, w_2^{(1)}, w_3^{(1)})^T = (0,36, 0,33, 0,31)^T$$

Quindi:

$$\varepsilon_1^{(1)} = w_1 - 0,36$$

$$\varepsilon_2^{(1)} = w_2 - 0,33$$

$$\varepsilon_3^{(1)} = w_3 - 0,31$$

La funzione obiettivo da minimizzare è la seguente:

$$J_1 = \frac{1}{4} \{ |w_1 - 0,36| + |w_2 - 0,33| + |w_3 - 0,31| \}$$

Dalla somministrazione del questionario del Constant Sum Scale sono state ottenute le seguenti relazioni:

$$w_1^{(2)} > w_2^{(2)} > w_3^{(2)}$$

Quindi:

$$w_1 - w_2 + \varepsilon_{12}^{(2)} \geq 0,001$$

$$w_2 - w_3 + \varepsilon_{13}^{(2)} \geq 0,001$$

La funzione obiettivo da minimizzare è la seguente:

$$J_2 = \frac{1}{4} \{ (0,001 - w_1 + w_2) + (0,001 - w_2 + w_3) \}$$

Dal questionario del Confronto a Coppie Classico è stato ottenuto:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0,87 & 1,39 \\ 1,15 & 1 & 1,70 \\ 0,72 & 0,59 & 1 \end{pmatrix}$$

Allora:

$$\begin{cases} \varepsilon_1^{(3)} = -2w_1 + 0,87w_2 + 1,39w_3 \\ \varepsilon_2^{(3)} = 1,15w_1 - 2w_2 + 1,70w_3 \\ \varepsilon_3^{(3)} = 0,72w_1 + 0,59w_2 - 2w_3 \end{cases}$$

La relativa funzione obiettivo da minimizzare è la seguente:

$$J_3 = \frac{1}{4} \{ |-2w_1 + 0,87w_2 + 1,39w_3| + |1,15w_1 - 2w_2 + 1,70w_3| \\ + |0,72w_1 + 0,59w_2 - 2w_3| \}$$

Dal questionario di Confronto a Coppie Fuzzy è stato ottenuto:

$$R = \begin{pmatrix} 0,5 & 0,60 & 0,71 \\ 0,40 & 0,5 & 0,55 \\ 0,29 & 0,45 & 0,5 \end{pmatrix}$$

Allora:

$$B^{(4)} = \begin{pmatrix} 1,31 & 0,60 & 0,71 \\ 0,40 & 0,95 & 0,55 \\ 0,29 & 0,45 & 0,74 \end{pmatrix}$$

Quindi:

$$\begin{cases} \varepsilon_1^{(4)} = -0,69w_1 + 0,60w_2 + 0,71w_3 \\ \varepsilon_2^{(4)} = 0,40w_1 - 1,05w_2 + 0,55w_3 \\ \varepsilon_3^{(4)} = 0,29w_1 + 0,45w_2 - 1,26w_3 \end{cases}$$

La funzione obiettivo da minimizzare è la seguente:

$$J_4 = \frac{1}{4} \{ |-0,69w_1 + 0,60w_2 + 0,71w_3| + |0,40w_1 - 1,05w_2 + 0,55w_3| \\ + |0,29w_1 + 0,45w_2 - 1,26w_3| \}$$

Il vettore dei pesi finale trovato tramite LGP è il seguente:

$$W = (w_1, w_2, w_3)^T = (0,35, 0,41, 0,24)^T$$

3.4. Gerarchia dei Bisogni

Con il modello di Linear Goal Programming, sono stati calcolati quattro vettori d'importanza, il primo corrispondente ai Criteri principali e gli altri tre relativi ai

CRs di ogni Criterio. Come indicato dalla metodologia dell’AHP, il problema deve essere ricomposto per restituire una *gerarchia dei bisogni* globale.

Quindi, i tre vettori riguardanti i CRs possono essere interpretati come delle priorità locali che, ribaltate sui pesi delle categorie principali, restituiscono le connesse priorità globali.

Per chiarezza, i passaggi sono riportati nella tabella in figura 29:

Customer Requirements	Priorità Locali	Pesi Criteri Principali	Priorità Globali
Capacità Relazionali	0,26	0,45	0,12
Preparazione	0,54	0,45	0,24
Efficacia	0,2	0,45	0,09
Durata	0,41	0,38	0,15
Contenuti	0,3	0,38	0,11
Costo	0,29	0,38	0,11
Attrezzatura	0,35	0,17	0,06
Comfort	0,41	0,17	0,07
Ubicazione	0,24	0,17	0,04

Figura 29: priorità Globali dei CRs

Le priorità globali, ordinate in assetto decrescente, restituiscono la gerarchia dei CRs come riportato in figura 30:

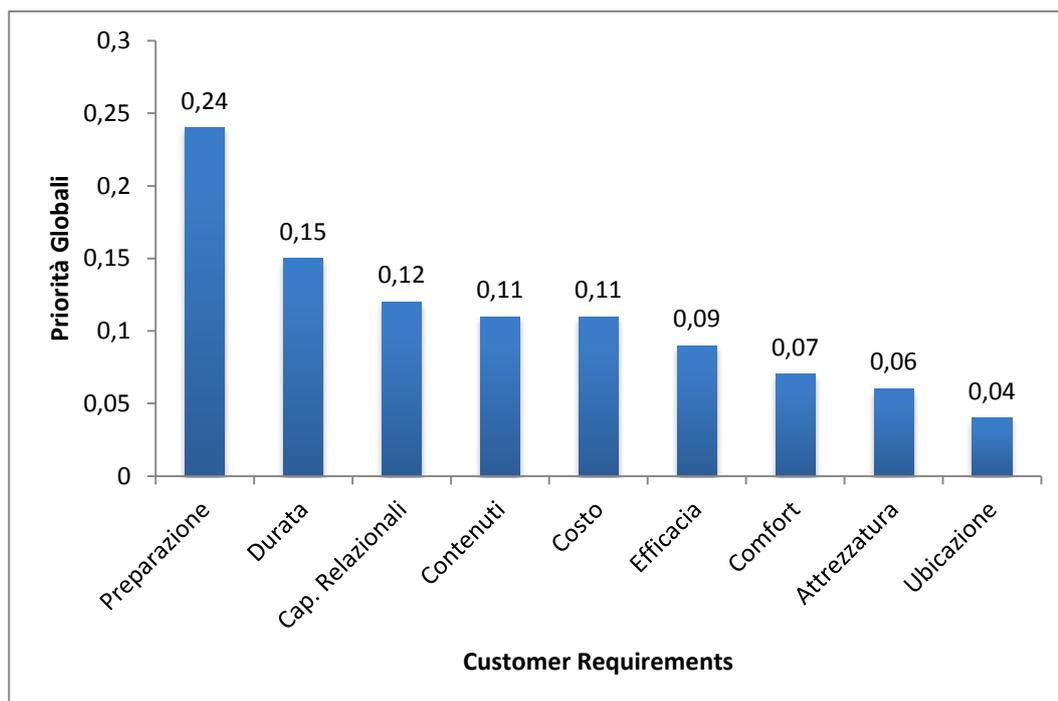


Figura 30: gerarchia dei bisogni

Sono stati ottenuti quindi degli indici che esprimono la percezione dei discenti nei confronti dei requisiti testati, inerenti i corsi di formazione erogati presso il Centro di Biotecnologie dell’A.OR.N “A. Cardarelli” di Napoli.

Il metodo descritto può essere applicato in qualsiasi campo per il quale risulti necessario rilevare la soddisfazione del cliente.

3.5. Confronto tra Soddisfazione e Gerarchia dei Bisogni

La gerarchia dei bisogni è un potente strumento per catturare l’opinione dell’utente, ma da sola risulta scarsamente utile.

Infatti, si potrebbe pensare di investire tempo e risorse per migliorare la Preparazione del docente o ottimizzare la Durata del corso, tralasciando gli altri requisiti, ma se i discenti fossero già adeguatamente soddisfatti questo investimento risulterebbe vano. Quindi, si intuisce che per comprendere se le esigenze dell’utente siano soddisfatte e in quale area d’interesse intervenire, risulta utile confrontare la gerarchia dei bisogni con degli indici che misurino la reale soddisfazione del fruitore del servizio.

Il grado di soddisfazione dei discenti del Centro di Biotecnologie, riguardante i CRs testati, è stato esaminato tramite questionario di Likert su 110 discenti da un tesista, di cui il sottoscritto è stato correlatore di tesi, nel suo lavoro di tesi di laurea magistrale *‘L’AHP (Analytic Hierarchy Process): una nuova metodologia per la valutazione del servizio di formazione in ambito sanitario. Il case study del Centro di Biotecnologie dell’A.O.R.N. “A. Cardarelli” di Napoli’*.

Il questionario da lui sottoposto ai discenti è riportato in figura 31.

In figura 31 si riportano degli indici percentuali del grado di soddisfazione relativo agli item identificati come CRs. Tali indici sono stati calcolati come rapporto tra il punteggio ottenuto da ogni item e il massimo punteggio ottenibile. Per semplicità di lettura è stato fissato come origine delle ordinate il valore 70%. In figura 32 è stato riportato il questionario utilizzato per la rilevazione del grado di soddisfazione dei discenti in merito agli item individuati estratto dal suddetto lavoro di tesi.

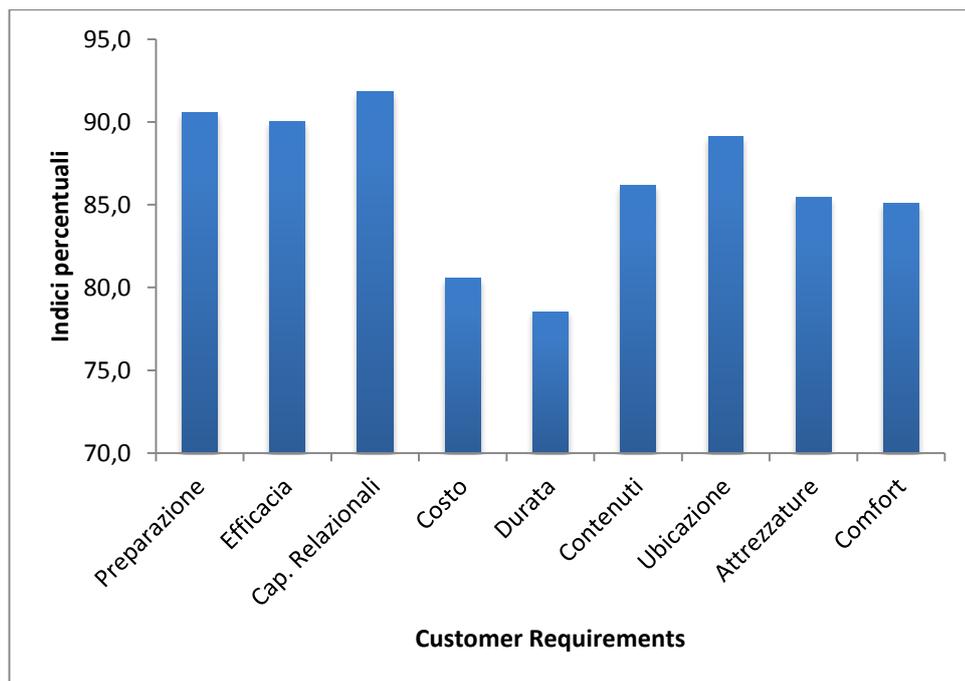


Figura 31: grado di soddisfazione dei discenti

Indichi con una crocetta il suo grado di Accordo/Disaccordo con le seguenti frasi					
	<i>Completamente d'accordo</i>	<i>D'accordo</i>	<i>Incerto</i>	<i>In disaccordo</i>	<i>In completo disaccordo</i>
1. Il centro è posizionato in un' area facilmente raggiungibile					
2. Le attrezzature fornite sono idonee					
3. Le sale in cui si svolgono i corsi sono adeguate e confortevoli					
4. La struttura non è adeguata alle esigenze					
5. La preparazione del docente è adeguata					
6. Il personale è adeguatamente disponibile					
7. La capacità complessiva dei docenti di spiegare, insegnare e stare vicino agli allievi è adeguata					
8. L'attitudine del formatore non è sufficiente					
9. Il costo del corso è giusto rispetto alla qualità offerta					
10. La durata dei corsi è					

sufficiente all'obiettivo formativo					
11. I contenuti del corso corrispondono agli obiettivi dichiarati					
12. L'organizzazione nel suo complesso risulta scadente					

Figura 32: questionario per la rilevazione del grado di soddisfazione dei discenti

Il grado di soddisfazione degli utenti è stato confrontato con la gerarchia dei bisogni per capire dove sia necessario intervenire.

È possibile notare che i CRs riguardanti la dimensione Docente restituiscono un grado di soddisfazione elevato. Ciò dimostra che, per quanto riguarda questa dimensione, il Centro di Biotecnologie ha centrato l'obiettivo prefissato, data la congruenza tra le esigenze degli utenti e la soddisfazione percepita.

Diversamente, il grado di soddisfazione relativo alla Durata non è molto elevato, pur essendo stato giudicato il secondo requisito più importante dai discenti. Ciò fa comprendere che la durata dei corsi, pur rappresentando un elemento di grande rilievo ai fini della qualità percepita dai discenti, risulta generare un grado di soddisfazione relativamente basso.

4. Conclusioni

In un mercato globale in cui la fidelizzazione e la soddisfazione del cliente occupano un'importanza primaria, i metodi per la misurazione della Customer Satisfaction (CS) rappresentano uno strumento indispensabile per la competitività di un'azienda. L'esigenza di valutare la soddisfazione di un pubblico eterogeneo rappresenta uno dei punti cardine della ricerca sui metodi di misura della CS.

In questo lavoro ci si è proposti di fornire una risposta a questo problema, utilizzando un metodo innovativo per la costruzione di una gerarchia dei bisogni dell'utenza mediante l'utilizzo di quattro tipologie differenti di questionari per la misurazione dell'importanza relativa dei Customer Requirements individuati.

In letteratura, lo stato dell'arte prevede l'utilizzo di un formato intermedio in cui convertire i dati provenienti dalle differenti tipologie di questionario prima dell'elaborazione numerica. Questo procedimento implica la distorsione e la perdita di informazioni e, pertanto, è stato testato un approccio alternativo.

È stata assunta l'esistenza di variabili di deviazione tra i pesi d'importanza relativa ricavati da ogni questionario e i pesi finali ed è stato utilizzato il metodo del Linear Goal Programming (LGP) per minimizzare una funzione rappresentativa di queste deviazioni.

Il problema è stato scomposto nelle sue parti costituenti mediante l'Analytic Hierarchy Process e, dopo aver analizzato i dati con il LGP, è stato ricomposto ricostruendo una gerarchia dei bisogni globale.

L'analisi è stata condotta presso il Centro di Biotecnologie dell'A.O.R.N. "A. Cardarelli" di Napoli, per la valutazione della qualità dei corsi di Alta Formazione Sanitaria su 341 discenti. Sono state individuate tre aree d'interesse da testare: Docente, Organizzazione e Struttura. In seguito, per ognuna di esse sono state ricavate tre sottodimensioni, per un totale di nove Customer Requirements:

Preparazione, Capacità Relazionali del docente, Efficacia del Corso, Durata, Contenuti corrispondenti a quelli dichiarati, Costo, Attrezzatura, Comfort ed Ubicazione.

I risultati dell'analisi hanno indicato che, per i discenti, i primi tre CRs in ordine di importanza sono: Preparazione del Docente, Durata del Corso e Capacità Relazionali del Docente.

La gerarchia dei bisogni da sola non è un indice sufficiente per comprendere su quali aree intervenire per migliorare i servizi offerti. Infatti, come nel caso in esame, la gerarchia potrebbe restituire informazioni fuorvianti, poiché i requisiti ritenuti più importanti potrebbero anche essere già soddisfacenti e non richiedere nuovi interventi.

La gerarchia ricavata è stata pertanto confrontata con i dati sulla soddisfazione degli utenti raccolti in un precedente lavoro di tesi nell'ambito dello stesso ambiente aziendale.

Questo confronto ha mostrato come i criteri relativi alla dimensione Docente siano già sufficientemente soddisfacenti; per cui intervenire su di essi sarebbe uno spreco di risorse.

Diversamente, è possibile intervenire sulla Durata dei Corsi, secondo CRs per importanza, che però non restituisce un alto grado di soddisfazione.

Inoltre, si ricorda che durante l'elaborazione dei dati si è ipotizzato che ogni metodologia avesse uguale importanza ai fini dell'analisi, quindi il vettore rappresentante il peso dato da ogni singolo gruppo di discenti alla funzione obiettivo finale, $\lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_m)^T$ è diventato $\lambda = (\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4})^T$.

Di seguito, per completezza, sono riportati i risultati del modello di Linear Goal Programming, nel caso delle dimensioni principali, pesando una metodologia alla volta, quindi variando i valori di λ :

λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	w_1	w_2	w_3
1	0	0	0	0,40	0,32	0,28
0	0	1	0	0,44	0,41	0,15
0	0	0	1	0,47	0,36	0,17

E' possibile notare che non sono stati ricavati dei valori nel caso dell'utilizzo unico della metodologia del Constant Sum Scale, poiché questo metodo non prevede l'inserimento di numeri veri e propri nel modello di LGP, come nel caso delle altre metodologie, ma di un ordine generale che i pesi devono rispettare.

È possibile notare inoltre che, nel caso delle dimensioni principali, la gerarchia trovata si riflette in ogni metodologia a se stante (in termini di ordine degli item) pur se con valori differenti.

Con l'utilizzo di questa tecnica si potrebbe pensare di somministrare più questionari ad ogni singolo discente e comparare la differenza dei risultati, in modo da appurare in che entità questionari differenti implicano anche risposte differenti.

In conclusione è possibile affermare che, utilizzando le metodologie trattate, è possibile valutare la qualità e la soddisfazione del cliente ma, purché queste diventino strumenti per il miglioramento continuo della qualità offerta, è importante creare un sistema di monitoraggio costante e sistemico, che permetta di rilevare tempestivamente le aree in cui intervenire in modo mirato, ottimizzando tempo e risorse.

5. Bibliografia

- [1] L.-K. Chan and M.-L. Wu, Quality function deployment: A literature review, *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 143, no. 3. pp. 463-497, 2002
- [2] C. Corposanto, “La valutazione della qualità in sanità. Alcune riflessioni teoriche,” *Dif. Soc.*, vol. LXXXV, pp. 11–32, 2006
- [3] R. M. Pirsig “Lo zen e l’arte della manutenzione della motocicletta”, Adelphi, 1990, ed. 20
- [4] V. K. Chong and M. J. Rundus, “Total quality management, market competition and organizational performance,” *Br. Account. Rev.*, vol. 36, no. 2, pp. 155–172, 2004
- [5] J. D. Westphal, R. Gulati and S.M. Shortell “ Customization or Conformity? An Istitutional and Network Perspective on the Content and Consequences of TQM Adoption” , *Sage Publications, Inc.*, vol.42, no 2, pp. 366-394, Jun., 1997
- [6] P. Szwarc, “Researching customer satisfaction & loyalty: how to find out what people really think”, Market research in practice, London, Uk, 2005
- [7] E. Grigoroudis and Y. Siskos, “Customer satisfaction evaluation: methods for measuring and implementing service quality”, Springer, 2009, pp 22-30, 53-.85
- [8] Ishikawa. “Che cos’è la qualità totale”, Il Sole 24 Ore Libri, Milano, 1992
- [9] Z. Zhang and A. Awasthi, “Modelling customer and technical requirements for sustainable supply chain planning,” *Int. J. Prod. Res.*, vol. 52, no. 17, May., pp. 1–24, 2014, 2015
- [10] J. W. Kenagy, D. M. Berwick and M. F. Shore, “Service Quality in Health Care”, *JAMA*, vol. 281, no.7, pp 661-665, Feb., 1999
- [11] W. E. Deming, “On probability as a basis for action.,” *Methods Inf. Med. Suppl.*, vol. 9, no. 4, pp. 3–15, 1976

- [12] J. L. Gibson, D. K. Martin and P. A. Singer “Evidence, Economics and Ethics: Resource Allocation in Health Services Organizations”, *Healthcare Quarterly*, vol. 8, no 2, Nov., 2005
- [13] P. P. Reid, W. D. Compton, J. H. Grossman and Gary Fanjiang, Editors, “Building a better delivery system: A new Engineering/Health Care Partnership” National Academies Press, Washington D.C., 2005, p. 2
- [14] N. Hill, B. Self and G. Roche, “Customer Satisfaction Measurement for ISO 9000:2000”, Butterworth Heinemann, 1st Oxford, 2002, pp. 9-34, 68-81
- [15] U. Galimberti, “Enciclopedia di psicologia”, Garzanti, Milano, Italy, 1999, pp. 1239
- [16] A. Q. Quartapelle, “Customer Satisfaction”, McGraw-Hill, 1994
- [17] J. Wirtz and J. E. G. Bateson, “Consumer Satisfaction with Services: Integrating the Environment Perspective in Services Marketing into the Traditional Disconfirmation Paradigm”, *J. Busn. Res.*, no. 44, pp 55-66, 1999
- [18] G. Serpelloni, E. Simeoni, L. Rampazzo, “Quality Management”, La Grafica, 2002
- [19] B. Edvardsson, “Critical incident techniques, Towards a framework for analysing the criticality of critical incidents”, *IJSIM*, vol. 12, no. 3, pp 251-268, 2001
- [20] R. D. Buzzell, “The PIMS program of strategy research a retrospective appraisal”, *J. Busn. Res.*, no. 57, pp. 478-483, 2004
- [21] K. Storbacka, T. Stradvik and C. Grönroos , “Managing Customer Relationships for Profit: The Dynamics of Relationship Quality”, *IJSIM*, vol.5, no.5, pp. 21-38, 1994
- [22] R. Sartori and M. Pasini, “Quality and quantity in test validity: How can we be sure that psychological tests measure what they have to?”, *Qual. Quant.*, vol. 41, no. 3, pp. 359–374, 2007
- [23] G. Toscano, “Il ruolo dei sistemi di activity-based management accounting nelle iniziative di benchmarking”, *Liuc Paper*, vol. 3, no. 20, pp. 1-33, May 1995

- [24] C. A. Voss, P. Åhlström and K. Blackmon, “Benchmarking and operational performance: some empirical results”, *IJOPM* , vol 17, no. 10, pp 1046-1058, 1997
- [25] R. G. Cooper and E. J. Kleinshmidt, “Benchmarking the Firm’s Critical Success Factors in New Product Development”, *J. Prod. Innov. Manag.*, vol. 12, pp. 374-391, 1995
- [26] G. Solinas, “I sistemi di supporto alle decisioni,” *Biblioteche oggi*, pp. 57–60, Jun. 2004
- [27] U. C. Orumie and D. Ebong, “A Glorious Literature on Linear Goal Programming Algorithms”, *AJOR*, vol. 4 pp.59-71, 2004
- [28] M. J. Schniederjans, “Goal Programming: Methodology and Applications”, SSBM, 1st ed., New York, 1995
- [29] J. Matoušek and B. Gärtner, “Understanding and Using Linear Programming”, Springer, 2007, pp 1-10, 29-31, 41-48
- [30] R. Roscelli, “misurare nell’incertezza, Valutazioni e trasformazioni territoriali”, ed Celid, Torino 2005
- [31] T. Saaty, “How to make a decision: the analytic hierarchy process,” *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 48, no. 6, pp. 9–26, Nov.1990
- [32] T. L. Saaty and L. G. Vargas, “Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process”, International series in Operations research & management science, Frederick S. Hiller, SSBM New York, 1th ed. 2001, pp 1-24, 173-175
- [33] Y.-M. Wang and K.-S. Chin, “A linear goal programming approach to determining the relative importance weights of customer requirements in quality function deployment,” *Inf. Sci. (Ny)*., vol. 181, no. 24, pp. 5523–5533, 2011
- [34] J. M. Linacre, “Investigating Rating Scale Category Utility”, *JOM*, vol. 3. no. 2, pp 103-123, 1999
- [35] D. R. Edmondson, “Likert Scales: A History”, *CHARM*, vol. 12, pp 127-133, 2005
- [36] J. R. Hauser, “Comparison of Importance Measurement methodologies and their relationship to consumer satisfaction.”, MIT, Cambridge, pp. 1-27 1991

- [37] J. R. Hauser, “The voice of Customer,” *Mag. Sci.*, vol. 12., no. 1, 1993
- [38] J. J. Louviere and T. Islam, “A comparison of importance weights and willingness-to-pay measures derived from choice-based conjoint, constant sum scales and best-worst scaling,” *J. Bus. Res.*, vol. 61, no. 9, pp. 903–911, 2008
- [39] J. Aguarón and J. M. Moreno-Jiménez, “The geometric consistency index: Approximated thresholds,” *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 147, no. 1, pp. 137–145, 2003
- [40] T. Ganesh and P. Reddy, “Testing the Consistency of Subjective Weights in Goal Programming – the Analytical Hierarchy Process Approach,” *Am. J. Appl. Math. Stat.*, vol. 2, no. 3, pp. 92–95, 2014
- [41] S. Stasi, “La Logica Fuzzy nella ricerca sociale con particolare riguardo alle scale di atteggiamenti. Il caso di studio: Aspetti emotivi nell’apprendimento di una disciplina”, Dottorato MESS XXIII ciclo, pp. 1–166, 2011
- [42] R. J. Chao and Y. H. Chen, “Evaluation of e-learning material design with consistent fuzzy preference relations,” *IEEE Int. Conf. Fuzzy Syst.*, pp. 0–4, 2007
- [43] R. J. Chao and Y. H. Chen, “Evaluation of the criteria and effectiveness of distance e-learning with consistent fuzzy preference relations,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 36, no. 7, pp. 10657–10662, 2009
- [44] F. Chiclana, F. Herrera, and E. Herrera-Viedma, “Reciprocity and consistency of fuzzy preference relations,” pp. 1–21, 2003
- [45] T. C. Wang and Y. H. Chen, “Applying consistent fuzzy preference relations to partnership selection,” *Omega*, vol. 35, no. 4, pp. 384–388, 2007
- [46] T. Wang and Y. Chen, “A New Method on Decision-Making Using Fuzzy Linguistic Assessment Variables and Fuzzy Preference Relations,” pp. 7–10
- [47] E. Herrera-Viedma, F. Herrera, F. Chiclana, and M. Luque, “Some issues on consistency of fuzzy preference relations”, *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 154, pp. 98–109, 2004
- [48] J. Jiao and C. Chen, “Customer Requirement Management in Product Development: A Review of Research Issues,” *Concurr. Eng.*, vol. 14, no. 3, pp. 173–185, 2006

- [49] N. Kwak and C. W. Lee, "Business process reengineering for health-care system using multicriteria mathematical programming," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 140, no. 2, pp. 447–458, 2002