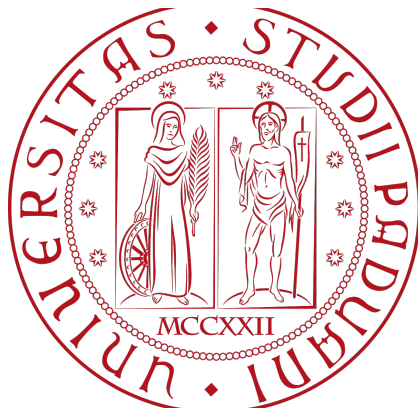




UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Tecnica e Gestione dei Sistemi Industriali
Corso di laurea (triennale) in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea

Analisi della sostenibilità nel settore della moda mediante il
metodo TOPSIS: un'applicazione su dati simulati e reali

Relatrice
Marta Disegna

Laureanda
Isabella Rigoni

Anno Accademico 2025-2026

SOMMARIO

La crescente attenzione verso i temi della sostenibilità ha trasformato profondamente il settore della moda, spingendo aziende e consumatori a considerare con maggiore attenzione l'impatto ambientale, sociale ed etico delle attività produttive. In questo contesto, la trasparenza rappresenta un elemento fondamentale per valutare l'impegno dei brand nei confronti delle pratiche sostenibili e della responsabilità sociale.

L'elaborato si propone di analizzare il livello di trasparenza delle aziende operanti nel settore fashion attraverso l'utilizzo di strumenti di analisi quantitativa e tecniche di supporto alle decisioni multi-criterio. In particolare, l'attenzione è stata rivolta al Fashion Transparency Index 2023, dataset che raccoglie informazioni relative al grado di trasparenza di numerosi brand internazionali. Nella prima parte della tesi viene introdotto il concetto di sostenibilità nella moda, approfondendo i principali aspetti ambientali, economici e sociali legati al fenomeno del fast fashion e alle strategie adottate dalle imprese per promuovere modelli produttivi più sostenibili. Successivamente viene presentato il tema della trasparenza aziendale.

La parte centrale del lavoro è dedicata all'analisi dei dataset mediante Python. In una prima fase è stato utilizzato un dataset simulato, utile per comprendere il funzionamento del metodo TOPSIS e verificare il comportamento dell'algoritmo in un contesto controllato. Successivamente l'analisi è stata estesa a un dataset reale, derivato dal Fashion Transparency Index 2023, contenente informazioni relative ai livelli di trasparenza di numerosi brand internazionali.

Dopo una fase iniziale di pulizia e preparazione dei dati, sono state effettuate analisi statistiche e rappresentazioni grafiche utili a evidenziare la distribuzione dei punteggi di trasparenza tra i diversi brand. Attraverso grafici e ranking è stato possibile individuare sia le aziende caratterizzate da elevati livelli di trasparenza sia quelle con performance inferiori.

Successivamente è stato applicato il metodo TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), appartenente alle tecniche di Multi Criteria Decision Making (MCDM), con l'obiettivo di costruire una classifica delle alternative considerate sulla base dei criteri selezionati. L'applicazione del metodo ha consentito di attribuire a ciascun brand un punteggio sintetico, utile per confrontare le diverse aziende e valutarne la vicinanza alla soluzione ideale.

I risultati ottenuti mostrano una significativa variabilità tra i brand analizzati, evidenziando come alcune aziende abbiano raggiunto livelli di trasparenza più elevati rispetto ad altre. L'analisi conferma inoltre l'utilità degli strumenti di data analysis e dei metodi multi-criterio nel supportare processi valutativi complessi all'interno del contesto della sostenibilità.

In conclusione, il lavoro mette in evidenza l'importanza della trasparenza come indicatore strategico nel settore della moda sostenibile e dimostra come l'integrazione tra analisi dei dati, programmazione in Python e metodologie decisionali possa rappresentare un valido supporto per l'interpretazione e la valutazione delle performance aziendali.

INTRODUZIONE

Negli ultimi anni, il tema degli sprechi nell'industria della moda ha assunto un'importanza sempre maggiore. La produzione di rifiuti legati all'industria della moda è una delle forme di degradazione ambientale più influenti del nostro secolo. In particolare, la diffusione del fenomeno del fast fashion ha modificato profondamente i comportamenti di consumo, spingendo i consumatori ad acquistare capi a basso costo senza considerare l'impatto ambientale o la qualità dei prodotti.

Il modello di business si basa, quindi, sulla necessità delle persone di stare al passo con le ultime tendenze, rendendo accessibile acquisti compulsivi e immediati a poco prezzo. Circa il 90% della produzione mondiale di vestiti è, inoltre, esternalizzata in paesi a basso-medio reddito, dove questi articoli sono prodotti a poco prezzo e con bassa qualità, permettendo una maggiore velocità produttiva e un conseguente aumento dei consumi [1].

Questo sistema ha portato a un drastico aumento del volume dei rifiuti, poiché i consumatori tendono a comprare di più e a smaltire i capi in tempi sempre più brevi. Questi rifiuti, essendo essi composti da tessuto sintetico, non si decompongono facilmente in natura e contribuiscono a problematiche ambientali di lungo periodo [2].

Secondo le Nazioni Unite, la seconda industria più inquinante è proprio l'industria del fashion, con un previsto aumento del 50% delle emissioni di gas serra entro il 2030 [1]. Attualmente, essa contribuisce all'8% dell'emissioni globali di carbonio e al 20% delle acque reflue, ovvero tutte le acque la cui qualità è stata pregiudicata dall'azione umana, con un utilizzo stimato di circa 79 trilioni di litri d'acqua annualmente [1]. A questi aspetti si aggiunge l'inquinamento chimico derivante dai processi di tintura e lavorazione dei tessuti, i cui scarti vengono spesso riversati in corsi d'acqua senza adeguati trattamenti, oltre all'utilizzo di pesticidi e fertilizzanti nella coltivazione di fibre naturali come il cotone [2].

Un ulteriore elemento di criticità è rappresentato dalla complessità della supply chain del settore fashion, che coinvolge numerosi attori distribuiti a livello globale. Questa struttura rende difficile tracciare le informazioni lungo la filiera e valutare in modo accurato le performance ambientali delle aziende, contribuendo a una generale mancanza di trasparenza [3].

Alla luce di queste criticità, emerge la necessità di strumenti in grado di supportare la valutazione della sostenibilità nel settore fashion. In questo contesto, i metodi di ricerca operativa, e in particolare i modelli di decisione multi-criterio, rappresentano un valido supporto per l'analisi e il confronto tra diverse alternative.

Numerosi studi presenti in letteratura evidenziano come la sostenibilità nel settore fashion rappresenti una sfida complessa, caratterizzata da problemi legati alla trasparenza della supply chain e alla difficoltà di misurazione delle performance ambientali [3]. In questo contesto, diversi autori hanno proposto l'utilizzo di metodi di decisione multi-criterio per supportare la valutazione della sostenibilità e il confronto tra diverse alternative [4].

L'obiettivo della presente tesi è quindi applicare il metodo TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) per analizzare dati relativi alla sostenibilità nel settore della moda e dimostrare come tali strumenti possano supportare decisioni più consapevoli e orientate alla sostenibilità ambientale.

A tal fine, il metodo viene applicato a un dataset simulato contenente indicatori ambientali, con l'obiettivo di costruire una classifica dei brand sulla base delle loro performance di sostenibilità, e affiancato all'analisi di un dataset reale relativo alla trasparenza delle aziende nel settore fashion.

CAPITOLO 1

LE PRINCIPALI CRITICITÀ NELLA GESTIONE DELLA SUPPLY CHAIN SOSTENIBILE NEL SETTORE MODA

Il presente capitolo analizza le principali criticità che caratterizzano le supply chain sostenibili nel settore della moda. In particolare, vengono evidenziate le difficoltà legate alla trasparenza, alla complessità delle filiere e alla disponibilità dei dati.

1.1 – Mancanza di trasparenza nella supply chain

La trasparenza può essere definita come la divulgazione pubblica di informazioni. Per l'industria della moda, significa condividere informazioni sulle catene di approvvigionamento, le pratiche commerciali e il loro impatto sui lavoratori, sulle comunità e sull'ambiente [5].

Dunque per collegare tra loro le diverse problematiche del settore e individuare possibili direzioni di miglioramento la chiave è la trasparenza. Questo strumento, in particolare, consente di attribuire responsabilità ai grandi marchi rispetto al rispetto dei diritti umani e agli effetti ambientali lungo l'intera filiera.

In assenza di informazioni chiare e accessibili, infatti, diventa difficile promuovere un modello di industria della moda che sia realmente sostenibile ed equo. La trasparenza rappresenta quindi un primo passo indispensabile: pur non essendo sufficiente da sola, permette a consumatori, istituzioni e altri stakeholder di analizzare le politiche aziendali e di esercitare una pressione volta al cambiamento.

Un caso emblematico che evidenzia la necessità di trasparenza dalle aziende è dato dalla tragedia dell'edificio "Rana Plaza" in Savar, Bangladesh nel 2013: 1100 morti e 2500 feriti a causa del crollo di un edificio industriale, che espose al mondo lo sfruttamento e le condizioni lavorative disastrose delle industrie tessili del fast fashion [6]. L'edificio ospitava diverse fabbriche tessili destinate principalmente al mercato tessile, e nonostante fossero stati segnalati problemi strutturali, la produzione non venne interrotta. Questo evento ha messo in luce le condizioni di lavoro critiche e le responsabilità diffuse all'interno delle catene di fornitura globali [6].

La difficoltà nell'identificare immediatamente i marchi coinvolti, dovuta alla scarsa trasparenza, ha ulteriormente evidenziato come la mancanza di informazioni possa avere conseguenze gravi anche in termini di sicurezza e tutela dei lavoratori. Senza una piena conoscenza dei propri fornitori e dei luoghi di produzione, infatti, le aziende non sono in grado di garantire il rispetto degli standard sociali e ambientali.

Nonostante i progressi registrati negli ultimi anni, il settore continua a presentare criticità rilevanti. Le catene di approvvigionamento risultano ancora complesse, frammentate e poco regolamentate, e la limitata visibilità favorisce il persistere di pratiche non sostenibili, sia dal punto di vista sociale che ambientale. Inoltre, questa opacità rende difficile individuare con chiarezza i soggetti responsabili e intervenire in modo efficace per risolvere tali problematiche [5].

In questo contesto, la crescente attenzione verso la trasparenza ha portato allo sviluppo di strumenti e indicatori volti a misurare il livello di divulgazione delle informazioni da parte delle imprese. Tuttavia, tali strumenti evidenziano ancora significative lacune, confermando come la trasparenza nel settore della moda sia un obiettivo ancora in fase di consolidamento.

1.2 – Complessità della filiera produttiva

La supply chain nel settore della moda presenta un elevato livello di complessità, legato sia alla dimensione globale delle attività sia alla presenza di numerosi attori coinvolti nelle diverse fasi del processo produttivo e distributivo. La gestione coordinata di tali attività risulta particolarmente articolata, soprattutto in un contesto caratterizzato da una domanda altamente variabile e difficilmente prevedibile [7].

Tra le principali criticità emerge infatti la previsione della domanda: stime inaccurate possono generare situazioni di sovrapproduzione oppure carenze di prodotto, con conseguenze rilevanti sotto il profilo economico. A ciò si aggiungono ulteriori elementi di complessità, come la necessità di ridurre i tempi di consegna, garantire elevati livelli di servizio e contenere i costi operativi. La dimensione internazionale della filiera espone inoltre le imprese a rischi esterni, tra cui instabilità economiche, eventi climatici e tensioni geopolitiche, che contribuiscono ad aumentare l'incertezza e rendono più difficile la pianificazione delle attività [7]. Parallelamente, le aziende operano in contesti eterogenei, caratterizzati da normative differenti e da una molteplicità di stakeholder con interessi non sempre allineati. In questo scenario, le imprese sono chiamate a bilanciare obiettivi economici, sociali e ambientali, rendendo il processo decisionale ancora più complesso e articolato [8].

Tale complessità rende particolarmente difficile l'adozione di approcci gestionali tradizionali, evidenziando la necessità di strumenti avanzati in grado di supportare il processo decisionale in contesti caratterizzati da elevata incertezza e molteplicità di variabili.

1.3 – Trade-off tra costi e sostenibilità

I materiali costituiscono il fulcro dell'industria della moda: rappresentano circa il 30% del costo del venduto (cost of goods sold, COGS) e, allo stesso tempo, sono responsabili di oltre il 90% delle emissioni complessive derivanti da estrazione, lavorazione e produzione [9].

Secondo il nuovo report di Boston Consulting Group (BCG) e Fashion for Good, intitolato *Scaling Next-Gen Materials in Fashion: An Executive Guide*, i materiali di nuova generazione (next-gen material), ovvero quei materiali realizzati con biotecnologie avanzate e materiali riciclati o bio-based – come funghi, alghe, scarti agricoli e polimeri biodegradabili – garantiscono alte prestazioni riducendo allo stesso tempo l'impatto ambientale (e sociale) e hanno il potenziale per coprire l'8% del mercato globale delle fibre entro il 2030, pari a 13 milioni di tonnellate, rispetto all'1% attuale[9].

La stessa Managing Director & Partner di BCG, Guia Ricci, ha dichiarato che l'industria della moda ha l'opportunità di ridefinire il proprio impatto ambientale e costruire un modello di crescita più sostenibile e competitivo. In un mercato in continua evoluzione, i materiali di nuova generazione non sono solo una risposta alla pressione normativa e alle aspettative dei consumatori, ma un motore di innovazione per il futuro del settore. Pertanto non si tratta quindi solo di sostenibilità, ma di rimanere rilevanti in un mercato in trasformazione. Affinché queste soluzioni diventino lo standard, è essenziale superare le barriere economiche e operative che ne limitano la diffusione. Servono investimenti mirati, partnership strategiche e un impegno concreto lungo tutta la filiera [9].

Secondo BCG, l'adozione su larga scala dei materiali di nuova generazione potrebbe ridurre il COGS fino al 4% nei prossimi cinque anni, consentendo di liberare risorse, ma anche di rendere la supply chain più resiliente, riducendo l'esposizione delle aziende del comparto a interruzioni della filiera e a fluttuazioni dei costi delle materie prime tradizionali [9].

Dunque nel contesto della moda, le imprese si trovano spesso a dover conciliare obiettivi economici con esigenze di sostenibilità ambientale. La pressione a ridurre i costi di produzione e ad accelerare i tempi di immissione sul mercato può infatti entrare in contrasto con l'adozione di pratiche sostenibili, che richiedono maggiori investimenti e una gestione più complessa dei processi produttivi.

Di conseguenza, nelle decisioni relative alla selezione dei fornitori, molte aziende tendono a privilegiare criteri legati al costo e all'efficienza, mentre gli aspetti ambientali e sociali risultano spesso secondari. In generale, le imprese del settore operano in un contesto caratterizzato da obiettivi tra loro contrastanti, dovendo bilanciare le aspettative economiche con quelle sociali e ambientali. Questo genera un trade-off decisionale significativo, ulteriormente accentuato dalla presenza di molteplici stakeholder con interessi non sempre convergenti.

In tale scenario, emerge l'importanza di adottare modelli decisionali in grado di considerare simultaneamente criteri multipli, consentendo di individuare soluzioni di compromesso tra obiettivi economici, ambientali e sociali.

1.4 – Problemi legati alla disponibilità e qualità dei dati

Un'ulteriore criticità riguarda la disponibilità e la qualità dei dati lungo la supply chain. La frammentazione della filiera, unita a livelli ancora limitati di trasparenza, rende complesso raccogliere informazioni complete e affidabili, riducendo la capacità delle imprese di monitorare efficacemente le proprie performance e valutare in modo oggettivo i diversi attori coinvolti [7]. Nonostante la crescente attenzione verso la trasparenza, i dati messi a disposizione dalle aziende risultano spesso parziali, non standardizzati e difficilmente verificabili. Questa situazione ostacola una valutazione accurata delle performance, in particolare sotto il profilo della sostenibilità, e rende più complesso il confronto tra le alternative [8].

La carenza di informazioni strutturate rappresenta inoltre un limite rilevante per l'applicazione di modelli quantitativi e strumenti di supporto alle decisioni. Dunque emerge la necessità di adottare

approcci analitici in grado di operare anche in presenza di elevata complessità e incertezza informativa, come nel caso delle supply chain sostenibili.

Negli ultimi anni, l'adozione di strumenti di data analytics ha assunto un ruolo sempre più centrale nel settore della moda, consentendo alle imprese di migliorare la previsione della domanda, ottimizzare le scorte e monitorare le performance lungo la supply chain. Tuttavia, nonostante queste potenzialità, l'efficacia di tali strumenti risulta fortemente dipendente dalla qualità e dalla disponibilità dei dati. In presenza di informazioni incomplete o non strutturate, infatti, anche le tecniche analitiche più avanzate possono fornire risultati limitati o distorti [10].

In questo contesto, risulta quindi fondamentale l'adozione di metodologie in grado di operare anche in presenza di dati incompleti o incerti, supportando le imprese nell'analisi e nella selezione delle alternative più sostenibili. Tra questi approcci rientrano i modelli di supporto alle decisioni multi-criterio, ampiamente utilizzati per affrontare problemi complessi caratterizzati da molteplici criteri di valutazione.

Le criticità analizzate evidenziano come la gestione della supply chain sostenibile nel settore moda sia un problema complesso, caratterizzato da molteplici variabili e obiettivi tra loro contrastanti. Per affrontare tali sfide, risulta necessario ricorrere a strumenti analitici avanzati, che verranno approfonditi nel capitolo successivo.

CAPITOLO 2

APPROCCI DI RICERCA OPERATIVA PER LA VALUTAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ

In questo capitolo vengono introdotti i principali approcci di ricerca operativa utilizzati per supportare la valutazione della sostenibilità. In particolare, viene presentato il ruolo dei metodi di decisione multi-criterio.

2.1 – Il ruolo dei modelli decisionali nella sostenibilità

La sostenibilità nel settore fashion deve interfacciarsi con diversi aspetti : l'impatto ambientale, i costi di produzione, l'efficienza operativa e la continua necessità di essere al passo con il trend del momento. Dunque essa rappresenta un problema complesso, che coinvolge molteplici fattori tra loro interconnessi.

Si presenta la necessità di strumenti che siano in grado di supportare il confronto tra diverse alternative, essendo il processo decisionale particolarmente articolato. Infatti gli elementi citati sono spesso in conflitto tra loro : un'azienda più sostenibile è destinata ad avere costi più alti, mentre qualora cercasse di mantenere i costi più bassi la soluzione è spesso rinunciare alla sostenibilità.

In questo panorama, un valido supporto sono proprio i modelli decisionali, che consentono di strutturare il problema e di valutare in modo sistematico le diverse opzioni disponibili. Tali modelli permettono di integrare più criteri all'intento di un'unica analisi, facilitando il processo di scelta.

Gli approcci disponibili sono svariati ma i metodi di decisione multi- criterio (Multi-Criteria Decision Making, MCDM) in tale scenario risultano particolarmente adatti alla valutazione della sostenibilità.

2.2 – Metodi di decisione multi-criterio (MCDM)

Un ruolo chiave nei processi decisionali complessi è svolto dai metodi di decisione multi- criterio, in quanto consentono di considerare diversi fattori simultaneamente e ottenere una classificazione delle alternative.

Sono stati sviluppati, nel corso degli anni, diversi metodi MCDM, tra cui AHP, ORESTE, TOPSIS, ANP, ELECTRE e PROMETHEE, ognuno di essi caratterizzato da specifici vantaggi e limiti. La struttura del problema e gli obiettivi dell'analisi sono gli elementi che caratterizzano la scelta del metodo da utilizzare [11].

Le tecniche citate non sempre operano in modo isolato, ma vengono aggregate per ottenere risultati migliori ed efficienti.

Non esiste infatti un unico metodo universalmente migliore: ogni tecnica si basa su un diverso approccio e può portare a risultati differenti. Inoltre, il processo decisionale presenta sempre una componente soggettiva, legata alla selezione dei criteri e alla definizione dei pesi da parte del decisore.

Per questo motivo, i metodi MCDM risultano particolarmente adatti alla valutazione della sostenibilità, dove è necessario integrare diversi fattori, spesso tra loro in conflitto.

2.3 – Introduzione ai principali metodi: AHP, ORESTE, TOPSIS,

Tra i principali metodi di decisione multi-criterio sviluppati in letteratura si possono individuare diverse tecniche, ciascuna caratterizzata da un approccio specifico alla risoluzione del problema decisionale.

2.3.1 – Il metodo AHP

Il metodo AHP (Analytic Hierarchy Process) si basa sulla scomposizione di problemi complessi in una struttura gerarchica, e fu sviluppato da Thomas L.Saaty, diventando uno dei metodi più diffusi nelle decisioni multi-criterio.

Questo metodo supporta decisioni strategiche come la selezione dei fornitori, integrando molteplici criteri sia quantitativi sia qualitativi. Dunque è particolarmente utile nel contesto della supply chain e in particolare nel settore tessile.

La definizione del problema decisionale e l'individuazione dei criteri rilevanti sono il primo passaggio nell'applicazione dell'AHP : ci è possibile identificare questi criteri attraverso l'analisi della letteratura e di fonti informative come articoli scientifici, report di settore e documenti istituzionali.

Successivamente, il problema viene rappresentato mediante una struttura gerarchica, che suddivide il processo decisionale in più livelli [12].

La gerarchia è organizzata come segue:

- al livello superiore si colloca l'obiettivo (ad esempio, la scelta del miglior fornitore);
- nei livelli intermedi si trovano i criteri e sotto-criteri di valutazione;
- al livello inferiore sono presenti le alternative decisionali.

Una volta definita la gerarchia, il metodo prevede la realizzazione di confronti a coppie (pairwise comparisons) tra gli elementi appartenenti allo stesso livello, rispetto al criterio del livello superiore. Tali confronti vengono effettuati utilizzando una scala numerica, che esprime l'importanza relativa di un elemento rispetto a un altro [12].

I risultati dei confronti vengono organizzati in matrici quadrate, dalle quali è possibile calcolare i pesi relativi dei criteri. Questi pesi rappresentano l'importanza di ciascun criterio nel processo decisionale e consentono di individuare i fattori più critici.

Un aspetto fondamentale dell'AHP è la verifica della coerenza dei giudizi espressi. A tal fine viene calcolato un indice di consistenza (Consistency Ratio, CR), che misura il grado di coerenza delle valutazioni. In generale, un valore di CR inferiore a 0,1 indica un livello accettabile di coerenza, garantendo l'affidabilità del processo decisionale [12].

Infine, i pesi ottenuti vengono utilizzati per calcolare un punteggio complessivo per ciascuna alternativa, permettendo così di costruire una classificazione finale. In ambito applicativo, come nel

settore moda, i criteri più frequentemente considerati includono aspetti legati alla qualità, costo, affidabilità, flessibilità e capacità di consegna, oltre a fattori strategici e di rischio aziendale. In conclusione, l'AHP rappresenta uno strumento efficace e strutturato per supportare decisioni complesse, grazie alla sua capacità di integrare valutazioni soggettive in un modello quantitativo e verificabile.

2.3.2 – Il metodo ORESTE

Tra i metodi di decisione multi-criterio meno diffusi ma particolarmente interessanti si colloca l'ORESTE (Organization, Rangement Et Synthèse de données Relationnelles).

A differenza degli altri metodi, non richiede necessariamente valutazioni cardinali precise, ma si fonda sulla classificazione di criteri e alternative, risultando quindi particolarmente utile in contesti caratterizzati da incertezza o difficoltà nella quantificazione dei dati.

Il principio alla base del metodo consiste nel confrontare un insieme di alternative rispetto a più criteri, utilizzando informazioni relative all'ordine di preferenza. Il decisore, infatti, assegna inizialmente:

- un ranking dei criteri in base alla loro importanza;
- un ranking delle alternative rispetto a ciascun criterio.

Successivamente, tali informazioni vengono elaborate attraverso un processo di aggregazione che consente di ottenere una classifica finale delle alternative [13].

Nonostante le sue potenzialità, l'ORESTE risulta ancora poco applicato nella letteratura, soprattutto in ambiti come la gestione sostenibile dei rifiuti tessili.

In generale, gli studi MCDM nel settore moda si concentrano prevalentemente su sostenibilità dei materiali riciclati, progettazione della logistica inversa e ottimizzazione della produzione sostenibile. Applicazioni specifiche dell'ORESTE, invece, rimangono limitate, evidenziando un gap nella letteratura.

Recenti studi hanno cercato di colmare questa lacuna introducendo l'integrazione tra ORESTE e i Picture Fuzzy Sets, una tecnica che consente di rappresentare in modo più realistico l'incertezza e l'ambiguità nei giudizi decisionali. Questo approccio permette di modellare simultaneamente: il grado di appartenenza, il grado di non appartenenza e il grado di indecisione [13].

L'applicazione combinata di ORESTE e picture fuzzy sets si rivela particolarmente efficace nell'analisi dei comportamenti dei consumatori nella gestione dei rifiuti tessili, dove le decisioni sono influenzate da molteplici fattori, come la fiducia e percezione del rischio, la disponibilità di informazioni, costi, e altro.

In questo contesto, il metodo consente di confrontare diverse alternative sostenibili, quali riutilizzo, donazione, riciclo o acquisto di seconda mano, fornendo una classifica delle opzioni preferibili.

In sintesi, l'ORESTE rappresenta un metodo promettente ma ancora poco esplorato, particolarmente adatto a contesti decisionali complessi e incerti, come quelli legati alla sostenibilità nella fashion supply chain.

2.3.3 – Il metodo TOPSIS

Il TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) è uno dei metodi più diffusi nell'ambito della decisione multi-criterio (MCDM), grazie alla sua semplicità e alla capacità di fornire un ranking delle alternative.

Il principio alla base del metodo consiste nell'individuare l'alternativa che risulta contemporaneamente più vicina alla soluzione ideale migliore e più distante da quella peggiore. Questo approccio consente di valutare in modo intuitivo diverse opzioni rispetto a più criteri. Tuttavia, nella pratica, i processi decisionali sono spesso caratterizzati da incertezza e da valutazioni soggettive difficili da esprimere in termini numerici. Per questo motivo, il metodo è stato esteso introducendo la Fuzzy Set Theory, dando origine al cosiddetto Fuzzy TOPSIS [14]. Questa versione consente di utilizzare giudizi linguistici e informazioni imprecise, rendendo il modello più aderente a contesti reali. Grazie a tale flessibilità, il Fuzzy TOPSIS è oggi ampiamente utilizzato in diversi settori, tra cui quello tessile, per supportare decisioni complesse come la selezione dei fornitori e la valutazione della sostenibilità. Inoltre, il metodo viene spesso integrato con altre tecniche MCDM, come l'Analytic Hierarchy Process (AHP), al fine di migliorare l'accuratezza dei risultati.

In letteratura esistono numerosi altri metodi MCDM, tra cui SWARA, WASPAS e ANP; tuttavia, nel presente lavoro si è scelto di concentrarsi su un numero limitato di tecniche, al fine di mantenere un approccio sintetico e coerente con gli obiettivi dell'analisi.

CAPITOLO 3

IL METODO TOPSIS

Il presente capitolo è dedicato all'approfondimento del metodo TOPSIS, descrivendone il funzionamento, le principali fasi e le caratteristiche che lo rendono adatto alla valutazione della sostenibilità.

3.1 – Introduzione al metodo TOPSIS

Nel 1981 il metodo TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) è stato introdotto da Hwang e Yoon e con il passare degli anni la sua capacità di valutare e classificare sistematicamente le alternative è migliorata nettamente [15].

Come accennato, nel capitolo precedente, il TOPSIS è un metodo di decisione multi-criterio (MCDM) sviluppato per supportare la selezione della migliore alternativa tra un insieme di opzioni, sulla base di più criteri spesso in conflitto tra loro.

Il principio fondamentale del metodo consiste nell'identificare la soluzione che presenta la minore distanza dalla soluzione ideale positiva (cioè la migliore possibile rispetto a tutti i criteri) e la maggiore distanza dalla soluzione ideale negativa (ossia la peggiore configurazione possibile). In questo modo, ogni alternativa viene valutata in termini relativi rispetto a due punti di riferimento estremi [14]. A tal fine, viene generalmente utilizzata la distanza euclidea, in quanto consente una valutazione semplice ed efficiente della vicinanza relativa delle alternative alle soluzioni ideali [15]. Il metodo si basa quindi su un approccio geometrico: ogni alternativa viene rappresentata come un punto in uno spazio multidimensionale, e la sua qualità è determinata dalla posizione relativa rispetto ai punti ideali. Il ranking finale viene ottenuto confrontando le distanze di ciascuna alternativa dalla soluzione migliore e da quella peggiore [15].

Una delle principali ragioni della diffusione del metodo TOPSIS è la sua semplicità di applicazione, unita alla capacità di fornire risultati facilmente interpretabili. Inoltre, esso consente di considerare simultaneamente più criteri, rendendolo particolarmente adatto a contesti complessi come la valutazione della sostenibilità.

3.2 – Le fasi del metodo TOPSIS

Il metodo TOPSIS può essere suddiviso in sette fasi.

3.2.1 – La prima fase del metodo TOPSIS : la matrice decisionale

Come primo step è necessario costruire la matrice decisionale tale che:

m = numero totale delle alternative

n = numero totale dei criteri

L'ordine della matrice decisionale X sarà $m \times n$ come mostrato nella formula (3.1), dove le righe della matrice rappresentano le alternative $A_1, A_2, \dots, A_m$, mentre le colonne rappresentano i criteri di valutazione $C_1, C_2, \dots, C_n$.

$$X = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (3.1)$$

L'elemento x_{ij} della matrice rappresenta la valutazione del decisore dell'alternativa A_i rispetto al criterio C_j per $i = 1, 2, \dots, m$ e $j = 1, 2, \dots, n$, con $x_{ij} \in \mathbb{R}$ [15].

La matrice evidenzia la performance delle diverse alternative rispetto ai criteri considerati [16]. I pesi dei criteri devono essere determinati dal decisore sotto forma di vettore. Sia il vettore dei pesi $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$, dove $w_j \in \mathbb{R}$, e la somma totale dei pesi è pari a uno, come visibile dalla formula (3.2).

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1 \quad (3.2)$$

In altre parole, in questa fase si costruisce una tabella in cui ogni riga rappresenta un'alternativa (ad esempio un brand) e ogni colonna un criterio di valutazione (come emissioni, consumo d'acqua, trasparenza). L'obiettivo è organizzare tutte le informazioni disponibili in modo chiaro, così da poter confrontare le alternative tra loro.

3.2.2 – La seconda fase del metodo TOPSIS : la normalizzazione della matrice decisionale

I criteri possono essere espressi in unità di misura differenti. Per poter effettuare una valutazione corretta è quindi necessario normalizzare i valori presenti nella matrice decisionale. La normalizzazione viene effettuata per ciascun criterio, cioè colonna per colonna, in modo da rendere confrontabili le prestazioni delle diverse alternative rispetto ai criteri considerati.

La formula per normalizzare la matrice decisionale è [15] :

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (3.3)$$

L'elemento r_{ij} rappresenta il valore normalizzato dell'alternativa i rispetto al criterio j , ottenuto a partire dal valore originario x_{ij} , con elementi r_{ij} per $i = 1, 2, \dots, m$ e $j = 1, 2, \dots, n$, come mostrato nella formula (3.3). La matrice R rappresenta la matrice decisionale normalizzata, ottenuta applicando la procedura di normalizzazione alla matrice iniziale X . Esistono anche altre formule di normalizzazione, ma il principio rimane lo stesso: trasformare i valori originari in modo da poterli confrontare correttamente.

In pratica, si sta rendendo confrontabili dati che inizialmente sono espressi in unità diverse. Ad esempio, emissioni di CO₂, litri d'acqua e punteggi di trasparenza non sono direttamente confrontabili: la normalizzazione li porta sulla stessa scala, evitando che un criterio “pesi” più degli altri solo per via dell'unità di misura.

3.2.3 – La terza fase del metodo TOPSIS : la matrice pesata normalizzata

La matrice decisionale normalizzata pesata, come si osserva dalla formula (3.4), si ottiene moltiplicando la matrice normalizzata per il vettore dei pesi [15], ottenendo:

$$v_{ij} = w_j \cdot r_{ij} \quad (3.4)$$

La matrice normalizzata pesata può essere rappresentata come:

$$V = (v_{ij}) \quad (3.5)$$

Dunque, in questa fase si tiene conto dell'importanza dei criteri.

Non tutti i fattori hanno lo stesso peso: ad esempio, l'impatto ambientale potrebbe essere più rilevante del costo. Applicando i pesi, si riflette questa priorità nel modello.

3.2.4 – La quarta fase del metodo TOPSIS : la formulazione di PIS e NIS

La soluzione migliore viene definita come soluzione ideale positiva (PIS), come mostrato in (3.6), mentre la peggiore, visibile in (3.7), viene definita come soluzione ideale negativa (NIS) [15].

Indichiamo la PIS con A^+ e la NIS con A^- :

$$A^+ = (v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+) = \{(\max v_{ij} \mid j \in I), (\min v_{ij} \mid j \in J)\} \quad (3.6)$$

$$A^- = (v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-) = \{(\min v_{ij} \mid j \in I), (\max v_{ij} \mid j \in J)\} \quad (3.7)$$

dove:

- I rappresenta i criteri di tipo benefit
- J rappresenta i criteri di tipo cost

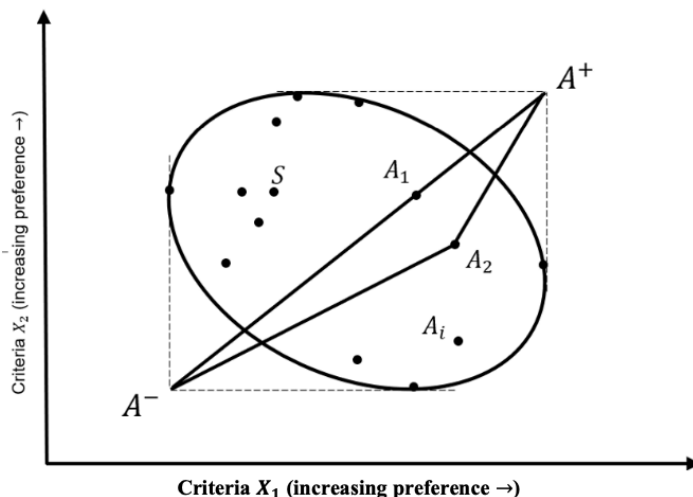


Figura 1. Rappresentazione dello spazio decisionale [15]

Per una migliore comprensione del significato geometrico del metodo TOPSIS, la Figura 1 rappresenta lo spazio decisionale in due dimensioni, evidenziando la posizione delle alternative rispetto alla soluzione ideale positiva e negativa. La regione S rappresenta lo spazio decisionale, ovvero l'insieme delle alternative considerate nel problema. Quindi, si stanno costruendo due scenari di riferimento: uno ideale, che rappresenta la situazione migliore possibile, e uno negativo, che rappresenta la peggiore.

Queste due soluzioni non esistono nella realtà, ma servono come punto di confronto per valutare quanto ogni alternativa sia “vicina alla perfezione” o “lontana dal peggio”.

3.2.5 – La quinta fase del metodo TOPSIS : le distanze geometriche

La distanza geometrica tra la soluzione ideale positiva (PIS) e quella negativa (NIS) per ciascuna alternativa viene calcolata utilizzando la distanza geometrica.

Le distanze sono calcolate come:

$$d_i^+ = \left(\sum_{j=1}^n |v_{ij} - v_j^+|^p \right)^{1/p} \quad (3.8)$$

$$d_i^- = \left(\sum_{j=1}^n |v_{ij} - v_j^-|^p \right)^{1/p} \quad (3.9)$$

dove $i = 1, 2, \dots, m$ e $p > 0$. Nel caso della distanza di Manhattan, è necessario utilizzare il valore assoluto all'interno della sommatoria, come da formule (3.8) e (3.9), per evitare risultati negativi, in particolare quando l'esponente p assume valori dispari.

La distanza di Manhattan, la distanza euclidea e la distanza di Tchebycheff sono utilizzate rispettivamente per $p = 1$, $p = 2$ e $p = \infty$. Tuttavia, nella pratica la distanza euclidea risulta più utilizzata, poiché enfatizza maggiormente le differenze di maggiore entità rispetto alla distanza di Manhattan. Quindi, queste equazioni diventano :

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \text{ per } i = 1, 2, \dots, m \quad (3.10)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \text{ per } i = 1, 2, \dots, m \quad (3.11)$$

In poche parole, per ogni alternativa si misura quanto è distante dalla soluzione ideale e da quella peggiore. Infatti dalle formule (3.10) e (3.11) è possibile notare che la distanza d_i^+ misura quanto ciascuna alternativa si discosta dalla soluzione ideale positiva, mentre la distanza d_i^- misura la distanza dalla soluzione ideale negativa.

Più un'alternativa è vicina alla soluzione ideale e lontana da quella negativa, migliore sarà la sua valutazione.

3.2.6 – La sesta fase del metodo TOPSIS : il coefficiente di prossimità

La vicinanza relativa alla soluzione ideale positiva viene determinata tramite il coefficiente di prossimità (*closeness coefficient*).

La vicinanza relativa dell'alternativa A_i per A^+ è data da [15]:

$$R_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad (3.12)$$

Dove, $0 \leq R_i \leq 1$, per $i = 1, 2, \dots, m$ e R_i è il coefficiente di prossimità calcolato come in (3.12).

Si riassume quindi tutto in un unico valore che indica quanto un'alternativa è “buona”. Questo coefficiente combina in un unico valore sia la distanza dalla soluzione ideale positiva sia quella dalla soluzione ideale negativa, permettendo di valutare simultaneamente quanto un'alternativa sia vicina alla condizione ottimale e lontana da quella peggiore.

3.2.7 – La settima fase del metodo TOPSIS : il ranking finale

L'ultimo passaggio consiste nell'assegnare un ranking globale alle alternative. La classificazione viene effettuata sulla base del valore del coefficiente di prossimità R_i in ordine decrescente:

maggiore è il valore del coefficiente, migliore è il posizionamento dell'alternativa.

Come visto, R_i è compreso tra 0 e 1:

- vicino a 1 → alternativa molto buona
- vicino a 0 → alternativa molto cattiva

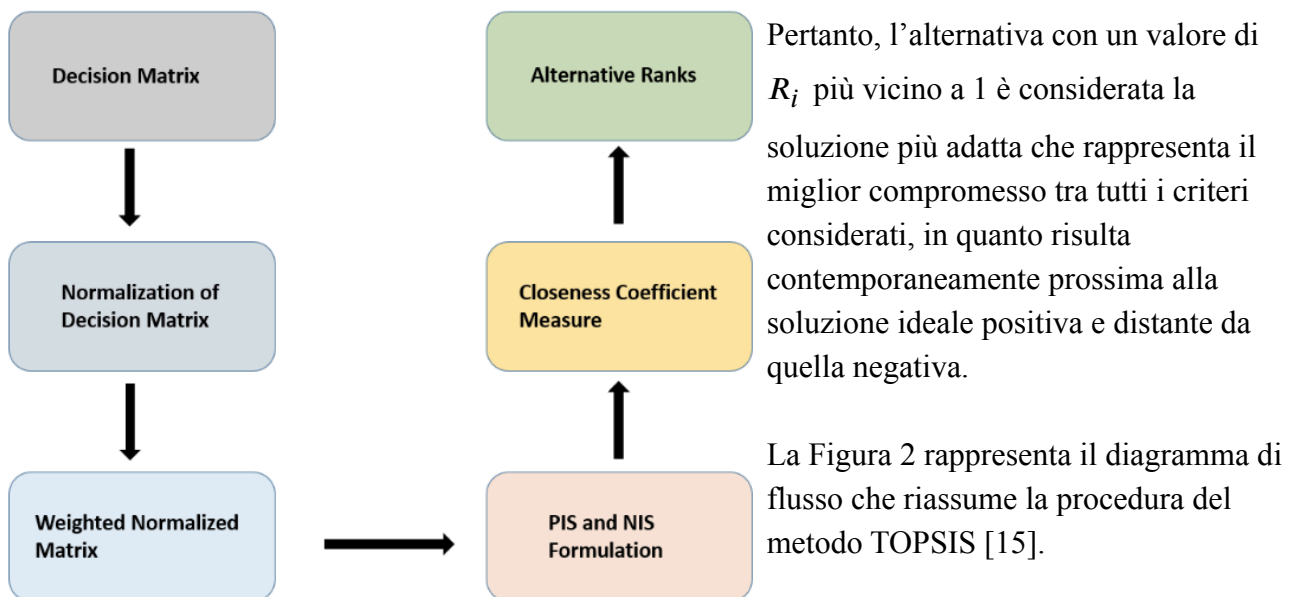


Figura 2. Diagramma di flusso della procedura TOPSIS [15]

3.3 – Criteri benefit e criteri cost

Nel metodo TOPSIS, la soluzione ideale rappresenta una situazione teorica in cui un'alternativa ottiene il risultato migliore possibile rispetto a tutti i criteri considerati. Si tratta di un punto di riferimento che non esiste nella realtà, in quanto dovrebbe essere perfetta in tutti i criteri considerati, ma che serve per confrontare le diverse alternative e individuare quella più vicina alla condizione ottimale.

I criteri di valutazione possono essere distinti in due categorie principali: criteri benefit e criteri cost. I criteri benefit sono quelli per cui un aumento del valore comporta un miglioramento della performance dell'alternativa e, di conseguenza, un incremento dei benefici. Al contrario, i criteri cost sono quelli per cui valori più elevati risultano meno desiderabili, in quanto implicano una riduzione del vantaggio complessivo [15].

Di conseguenza, nella costruzione della soluzione ideale positiva, i criteri benefit assumono i valori massimi, mentre i criteri cost assumono i valori minimi. Questa configurazione rappresenta una situazione teorica ottimale, difficilmente riscontrabile nella realtà.

Il metodo TOPSIS si basa infatti su una logica di compromesso, secondo cui l'alternativa migliore non coincide necessariamente con la soluzione ideale, ma con quella che si avvicina maggiormente ad essa. In particolare, il metodo seleziona l'alternativa che presenta la minore distanza geometrica dalla soluzione ideale, garantendo al contempo una distanza significativa dalla soluzione peggiore.

3.4 – Applicazioni del metodo nella sostenibilità

Il metodo TOPSIS trova ampia applicazione nell'ambito della sostenibilità, in quanto consente di valutare simultaneamente diversi criteri, spesso eterogenei e tra loro in conflitto, come quelli economici, ambientali e sociali.

Un esempio significativo riguarda l'analisi dell'economia circolare nel settore tessile, in cui TOPSIS viene utilizzato per confrontare le performance di diversi Paesi sulla base di specifici indicatori. In tali contesti, i criteri selezionati includono variabili economiche e commerciali, come le esportazioni e le importazioni di prodotti tessili, oltre a indicatori demografici ed economici generali, quali la popolazione e il PIL pro capite. L'obiettivo è quello di valutare il livello di sviluppo dell'economia circolare e identificare le realtà più virtuose [16].

Attraverso l'applicazione del metodo, è possibile costruire una classifica delle alternative considerate. I risultati di alcune analisi mostrano, ad esempio, come l'Unione Europea occupi una posizione di rilievo, seguita da altri Paesi come Malesia e Cina, evidenziando differenze significative nelle strategie e nelle performance legate alla sostenibilità [16].

Un ulteriore utilizzo del metodo riguarda l'integrazione con tecniche di analisi statistica, come il clustering gerarchico, che consente di raggruppare le alternative in base a caratteristiche simili. Questo approccio permette di individuare gruppi omogenei di Paesi o aziende e di comprendere meglio le dinamiche che caratterizzano lo sviluppo dell'economia circolare nel settore tessile [16].

In questo contesto, il metodo TOPSIS si conferma comunque uno strumento efficace per supportare le decisioni, contribuendo a identificare le migliori pratiche e a promuovere strategie più sostenibili. Tuttavia, per migliorarne l'efficacia, risulta fondamentale investire nella qualità dei dati, nella trasparenza e nella collaborazione tra gli attori della filiera.

CAPITOLO 4

APPLICAZIONI DEL METODO TOPSIS A UN DATASET SIMULATO

In questo capitolo viene presentata l'applicazione del metodo TOPSIS a un dataset simulato relativo al settore fashion. Vengono descritti i criteri utilizzati e analizzati i risultati ottenuti.

4.1 – Descrizione del dataset simulato

Il dataset utilizzato per l'applicazione del metodo TOPSIS è un dataset simulato composto da 5000 brand, rappresentate da diversi brand del settore moda. Ogni alternativa è descritta attraverso una serie di criteri relativi alla sostenibilità e alle caratteristiche aziendali/produttive [17].

Le principali variabili considerate nel dataset simulato, insieme alla loro descrizione, sono riportate nella Tabella 1.

Variabile	Descrizione
Carbon_Footprint_MT	Impronta di carbonio
Water_Usage_Liters	Consumo di acqua
Waste_Production_KG	Produzione di rifiuti
Recycling_Programs	Presenza programmi di riciclo
Sustainability_Rating	Indice di sostenibilità
Eco_Friendly_Manufacturing	Produzione eco-friendly
Country	Paese del brand
Year	Anno di riferimento
Material_Type	Materiale utilizzato
Product_Lines	Numero linee produttive
Average_Price_USD	Prezzo medio
Market_Trend	Trend di mercato
Certifications	Certificazioni sostenibili

Tabella1. Variabili del dataset simulato e relativa descrizione

La presenza di più criteri rende il dataset adatto all'applicazione di un metodo di decisione multi-criterio, poiché consente di valutare ogni brand non sulla base di un singolo indicatore, ma considerando simultaneamente diverse dimensioni. In questo modo, il metodo TOPSIS permette di costruire un ranking complessivo delle alternative, individuando quelle più vicine alla soluzione ideale positiva e quelle più lontane da essa.

È importante sottolineare che, trattandosi di un dataset simulato, i risultati ottenuti non devono essere interpretati come una valutazione reale dei brand, ma come un'applicazione metodologica finalizzata a mostrare il funzionamento del modello TOPSIS in un contesto di sostenibilità nel settore moda.

4.2 – Definizione dei criteri e dei pesi

La fase preliminare all'applicazione del metodo TOPSIS ha riguardato la definizione dei criteri decisionali e la trasformazione delle variabili qualitative in valori numerici. Poiché il metodo richiede una matrice decisionale composta da dati quantitativi, alcune colonne del dataset simulato sono state ri-codificate attraverso scale ordinali. Inoltre nonostante il file excel presenti 5000 brand, ne sono stati utilizzati per l'analisi 3335; questo dopo aver eliminato eventuali righe completamente vuote e spazi nei nomi delle colonne.

In particolare, la variabile `Sustainability_Rating` è stata trasformata associando il valore 1 al rating A, considerato il livello migliore, e valori progressivamente più elevati ai rating meno sostenibili, fino al valore 4 assegnato al rating D. In questo modo, un valore più basso della variabile indica una performance migliore.

Una logica analoga è stata applicata alla variabile `Material_Type`. I materiali sono stati ordinati secondo una valutazione qualitativa della loro sostenibilità: Hemp è stato associato al valore 1, seguito da Tencel, Organic Cotton, Bamboo Fabric, Recycled Polyester e Vegan Leather, a cui è stato assegnato il valore 6. Anche in questo caso, valori più bassi rappresentano materiali considerati mediamente più sostenibili [18][19].

Le variabili `Eco_Friendly_Manufacturing` e `Recycling_Programs` sono state trasformate in variabili binarie, attribuendo il valore 0 alla risposta "Yes" e il valore 1 alla risposta "No". Questa scelta consente di interpretare la presenza di pratiche produttive eco-friendly o programmi di riciclo come una condizione preferibile.

Anche la variabile `Market_Trend` è stata codificata secondo una scala ordinale, assegnando il valore 0 alla categoria Growing, 1 a Stable e 2 a Declining. Infine, la variabile `Certifications` è stata ricodificata attribuendo un ordine crescente alle certificazioni considerate: GOTS, Fair Trade, OEKO-TEX, B Corp e None. In questa scala, GOTS rappresenta la condizione più favorevole, mentre l'assenza di certificazioni è considerata la condizione meno favorevole. [20]

I criteri utilizzati nell'analisi TOPSIS sono quindi undici: `Sustainability_Rating`, `Material_Type`, `Eco_Friendly_Manufacturing`, `Carbon_Footprint_MT`, `Water_Usage_Liters`, `Waste_Production_KG`, `Recycling_Programs`, `Product_Lines`, `Average_Price_USD`, `Market_Trend` e `Certifications`.

Questi criteri rappresentano diverse dimensioni della valutazione: aspetti ambientali, come emissioni di carbonio, consumo di acqua e produzione di rifiuti; aspetti legati alle pratiche sostenibili, come produzione eco-friendly, programmi di riciclo e certificazioni; e variabili più legate alla struttura e al posizionamento del brand, come numero di linee di prodotto, prezzo medio e andamento del mercato.

A ciascun criterio è stato associato un peso, con lo scopo di rappresentarne l'importanza relativa all'interno della valutazione complessiva. La somma dei pesi è pari a 1, come richiesto da una corretta applicazione del metodo. La Tabella 2 indica i criteri con i loro relativi pesi, impatti e interpretazione.

Criterio	Peso	Impact	Interpretazione
Sustainability_Rating	0.06	-	Rating più basso = migliore
Material_Type	0.10	-	Materiale con valore più basso = più sostenibile
Eco_Friendly_Manufacturing	0.10	-	Yes = 0, quindi valore più basso = migliore
Carbon_Footprint_MT	0.15	-	Minori emissioni = migliore
Water_Usage_Liters	0.15	-	Minore consumo idrico = migliore
Waste_Production_KG	0.15	-	Minori rifiuti = migliore
Recycling_Programs	0.05	-	Yes = 0, quindi valore più basso = migliore
Product_Lines	0.10	+	Maggiore numero di linee = migliore, per assunzione
Average_Price_USD	0.02	+	Prezzo più alto = migliore, per assunzione
Market_Trend	0.08	-	Growing = 0, quindi valore più basso = migliore
Certifications	0.06	-	Certificazione con valore più basso = migliore

Tabella2. Descrizione criteri con i loro relativi pesi, impatti e interpretazione

I pesi più elevati sono stati assegnati ai criteri ambientali Carbon_Footprint_MT, Water_Usage_Liters e Waste_Production_KG, ciascuno con peso pari a 0.15. Questa scelta riflette la volontà di attribuire maggiore rilevanza agli indicatori direttamente collegati all'impatto ambientale dei brand.

Un peso pari a 0.10 è stato assegnato a Material_Type, Eco_Friendly_Manufacturing e Product_Lines. Un peso pari a 0.08 è stato attribuito a Market_Trend, mentre Sustainability_Rating e Certifications hanno ricevuto un peso pari a 0.06 ciascuno. Recycling_Programs è stato ponderato con un peso pari a 0.05, mentre Average_Price_USD ha ricevuto il peso più basso, pari a 0.02, poiché rappresenta una variabile meno direttamente collegata alla sostenibilità ambientale. Per ogni criterio è stato inoltre definito un impact, distinguendo tra criteri di costo e criteri di beneficio. I criteri di costo sono quelli per cui valori più bassi sono considerati preferibili, mentre i criteri di beneficio sono quelli per cui valori più elevati indicano una condizione migliore.

Nel modello applicato, la maggior parte dei criteri è stata considerata di costo. In particolare, Sustainability_Rating, Material_Type, Eco_Friendly_Manufacturing, Carbon_Footprint_MT, Water_Usage_Liters, Waste_Production_KG, Recycling_Programs, Market_Trend e Certifications sono stati impostati con impact negativo, poiché, in base alla codifica adottata, valori più bassi corrispondono a condizioni migliori.

Al contrario, Product_Lines e Average_Price_USD sono stati considerati criteri di beneficio. Nel caso di Product_Lines, si assume che un numero maggiore di linee di prodotto possa indicare una maggiore presenza o capacità operativa del brand.

Nel caso di Average_Price_USD, l'interpretazione è più cauta: un prezzo medio più elevato può essere letto come possibile indicatore di qualità, materiali migliori o maggiori investimenti in pratiche sostenibili. Tuttavia, questa rappresenta un'assunzione del modello e costituisce un aspetto da considerare criticamente nell'interpretazione dei risultati.

4.3 – Applicazione del metodo TOPSIS

Dopo aver definito i criteri, i pesi e gli impacts, è stato applicato il metodo TOPSIS al dataset simulato. L'obiettivo di questa fase è stato ottenere un ranking complessivo dei brand, valutandoli simultaneamente rispetto agli undici criteri selezionati.

La prima operazione ha riguardato la costruzione della matrice decisionale, composta dalle alternative, rappresentate dai brand, e dai criteri scelti per l'analisi. Poiché le variabili del dataset presentano unità di misura differenti, è stata poi effettuata una normalizzazione dei dati, necessaria per rendere confrontabili indicatori eterogenei, come emissioni di carbonio, consumo d'acqua, prezzo medio, certificazioni e caratteristiche dei materiali.

Successivamente, la matrice normalizzata è stata ponderata attraverso i pesi assegnati a ciascun criterio. In questo modo, ogni variabile ha contribuito al risultato finale in misura proporzionale alla sua importanza relativa all'interno del modello. I criteri ambientali, come Carbon_Footprint_MT, Water_Usage_Liters e Waste_Production_KG, hanno quindi avuto un peso maggiore rispetto ad altri indicatori considerati meno centrali per la valutazione complessiva.

Una volta ottenuta la matrice normalizzata e ponderata, sono state individuate la soluzione ideale positiva e la soluzione ideale negativa. La soluzione ideale positiva rappresenta la combinazione teoricamente migliore dei valori, mentre la soluzione ideale negativa rappresenta la combinazione meno favorevole. La definizione di queste due soluzioni dipende dagli impacts assegnati ai criteri: per i criteri di beneficio sono preferibili i valori più alti, mentre per i criteri di costo sono preferibili i valori più bassi.

Per ciascun brand sono state poi calcolate le distanze rispetto alla soluzione ideale positiva e alla soluzione ideale negativa. Queste distanze permettono di valutare quanto ogni alternativa sia vicina alla condizione migliore e quanto sia lontana dalla condizione peggiore.

Infine, per ogni alternativa è stato calcolato il coefficiente di prossimità, indicato nel codice come Topsis_Score. Questo valore sintetizza la performance complessiva del brand rispetto ai criteri considerati. Un valore più elevato del Topsis_Score indica una maggiore vicinanza alla soluzione ideale positiva e, quindi, una migliore posizione nel ranking finale.

Le alternative sono state ordinate in senso decrescente rispetto al Topsis_Score, ottenendo così una graduatoria complessiva dei brand dal più performante al meno performante secondo il modello applicato.

4.4 – Analisi dei risultati e ranking dei brand

L'applicazione del metodo TOPSIS al dataset simulato ha permesso di ottenere un ranking complessivo delle 3335 alternative considerate. Le alternative sono state ordinate in modo decrescente sulla base del valore del Topsis_Score: maggiore è il punteggio, migliore è la posizione occupata dal brand all'interno della classifica.

In particolare, Brand_4500 risulta la migliore alternativa, con un Topsis_Score pari a 0.853007, seguito da Brand_3692, con un valore pari a 0.841114. All'estremo opposto della classifica, l'ultima posizione è occupata da Brand_4600, che presenta un punteggio pari a 0.148622.

È importante precisare che il Topsis_Score non rappresenta una misura assoluta di sostenibilità, ma un indicatore relativo della vicinanza di ciascun brand alla soluzione ideale positiva e della distanza dalla soluzione ideale negativa. Di conseguenza, i brand collocati nelle prime posizioni sono quelli che presentano la combinazione più favorevole dei criteri considerati nel modello, mentre quelli nelle ultime posizioni risultano meno performanti rispetto agli stessi criteri.

L'analisi dei valori minimo e massimo consente di osservare l'ampiezza complessiva dell'intervallo dei punteggi ottenuti. Nel dataset simulato, il valore minimo registrato è pari a 0.1486, mentre il valore massimo è pari a 0.8530. La differenza tra i due estremi è quindi pari a circa 0.7044. Questo risultato evidenzia una certa variabilità tra le alternative analizzate: i brand non risultano tutti concentrati intorno a valori simili, ma si distribuiscono lungo un intervallo piuttosto ampio. In termini interpretativi, ciò significa che alcune alternative risultano molto più vicine alla soluzione ideale positiva rispetto ad altre, secondo i criteri considerati nel modello TOPSIS.

Topsis_Score		Dalla Tabella 3 è possibile effettuare un'analisi descrittiva del Topsis_Score che mostra inoltre che i punteggi ottenuti dalle 3335 alternative presentano un valore medio pari a 0.5002 e una mediana pari a 0.4992. La vicinanza tra media e mediana suggerisce una distribuzione abbastanza equilibrata dei valori, senza un evidente sbilanciamento verso punteggi particolarmente alti o particolarmente bassi. La deviazione standard, pari a 0.0899, indica una dispersione moderata dei punteggi intorno alla media. Inoltre, il primo quartile è pari a 0.4399, mentre il terzo quartile è pari a 0.5601: ciò significa che la metà centrale delle alternative si colloca in un intervallo relativamente ristretto, compreso approssimativamente tra 0.44 e 0.56. Questo risultato suggerisce che la maggior parte dei brand presenta una performance complessiva intermedia secondo il modello TOPSIS applicato al dataset simulato.
count	3335	
mean	0.500246	
std	0.089856	
min	0.148622	
25%	0.439915	
50%	0.499249	
75%	0.560095	
max	0.853007	

Tabella3. Topsis_Score valori statistici

Tuttavia, la presenza di un valore minimo pari a 0.1486 e di un valore massimo pari a 0.8530 evidenzia anche l'esistenza di alcune alternative molto distanti dalla media, sia in senso positivo sia in senso negativo.

L'istogramma della distribuzione dei punteggi conferma questa interpretazione. La distribuzione dei Topsis_Score, visibile a Figura 3, mostra infatti una concentrazione prevalente dei valori intorno alla parte centrale della scala, con un picco vicino a 0.50. La forma dell'istogramma appare approssimativamente simmetrica, coerentemente con la vicinanza tra media e mediana osservata nell'analisi descrittiva. La maggior parte delle alternative si colloca in un intervallo compreso approssimativamente tra 0.40 e 0.60, mentre risultano meno frequenti i valori estremamente bassi, indicativamente inferiori a 0.30, o estremamente elevati, superiori a circa 0.70. Questo indica che, nel dataset simulato, la maggioranza dei brand presenta una performance complessiva intermedia secondo i criteri considerati nel modello.

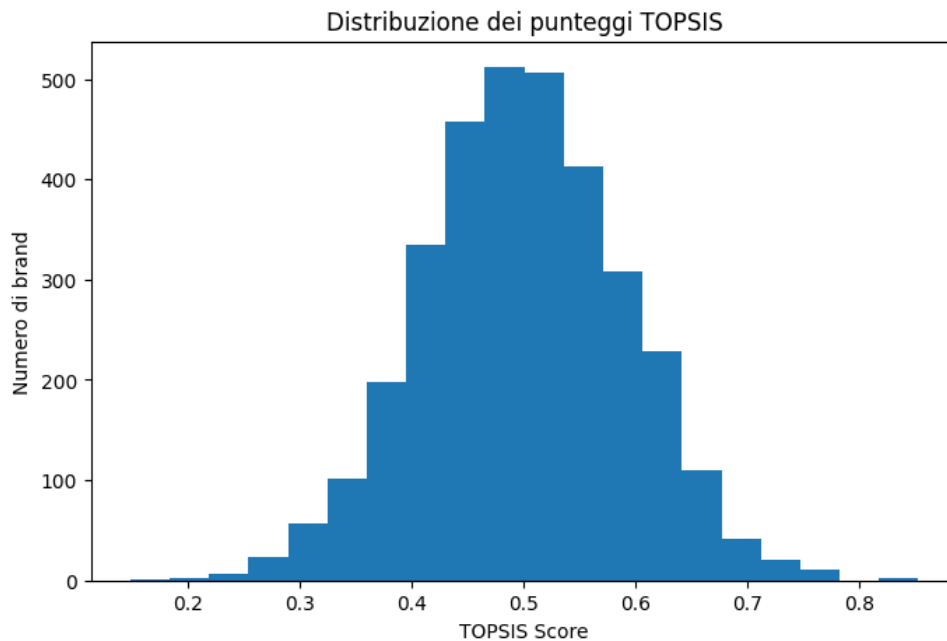


Figura3. Istogramma distribuzione punteggi TOPSIS

Di conseguenza, il ranking TOPSIS consente di individuare le alternative più performanti e meno performanti, ma deve essere interpretato considerando che molti brand presentano punteggi relativamente vicini tra loro nella fascia centrale della distribuzione.

Un'ulteriore analisi è stata condotta sulle prime dieci alternative classificate secondo il metodo TOPSIS. La top 10 conferma che il miglior risultato è ottenuto da Brand_4500, con un Topsis_Score pari a 0.8530, seguito da Brand_3692, con un valore pari a 0.8411. Queste due alternative si distinguono rispetto alle successive, poiché presentano un punteggio sensibilmente più elevato e risultano quindi maggiormente vicine alla soluzione ideale positiva.

A partire dalla terza posizione, i punteggi si collocano in un intervallo più ristretto, compreso tra circa 0.7721 e 0.7591. In particolare, tra la sesta e la nona posizione le differenze sono minime, con valori quasi coincidenti. Questo aspetto suggerisce che, pur essendo possibile costruire una graduatoria ordinata, alcune posizioni del ranking devono essere interpretate con cautela, poiché piccole variazioni nei punteggi possono determinare cambiamenti nell'ordine delle alternative. Osservando la top 10, la differenza tra il punteggio del primo brand classificato e quello del decimo è pari a circa 0.0939. Questo valore indica che, all'interno delle prime dieci posizioni, esiste una certa distanza tra l'alternativa migliore e l'ultima alternativa del gruppo.

Tuttavia, tale differenza non è distribuita in modo uniforme lungo tutta la top 10. I primi due brand presentano punteggi sensibilmente più elevati, mentre dalla terza posizione in poi i valori risultano molto più ravvicinati. Di conseguenza, il primo brand si distingue maggiormente rispetto alla parte finale della top 10, mentre le posizioni intermedie devono essere interpretate con maggiore cautela.

Nel complesso, la top 10 individua le alternative con la migliore combinazione dei criteri considerati nel modello. Tuttavia, anche in questo caso il posizionamento non deve essere letto come una misura assoluta di sostenibilità, ma come una valutazione relativa rispetto agli altri brand inclusi nel dataset simulato.

CAPITOLO 5

CLASSIFICAZIONE REALE DI TRASPARENZA NELLA FASHION INDUSTRY

Il capitolo analizza dati reali relativi alla trasparenza delle aziende nel settore fashion, utilizzando il Fashion Transparency Index come riferimento.

5.1 – Il Fashion Transparency Index

Il dataset reale utilizzato in questa seconda parte dell'analisi deriva dal Fashion Transparency Index [21], un report pubblicato da Fashion Revolution. L'indice analizza e classifica alcuni dei principali brand e retailer del settore moda sulla base del livello di informazioni che rendono pubblicamente disponibili riguardo alle proprie politiche, pratiche e impatti sociali e ambientali.

Il Fashion Transparency Index non misura direttamente quanto un brand sia sostenibile in senso assoluto, ma valuta il suo livello di trasparenza[22]. In altre parole, l'indice considera quanto un'impresa comunica pubblicamente informazioni relative alla propria supply chain, alle politiche aziendali, ai fornitori, alle condizioni di lavoro e agli impatti ambientali e sociali.

Per questo motivo, un punteggio elevato non significa necessariamente che il brand sia pienamente sostenibile, ma indica una maggiore disponibilità di informazioni verificabili e accessibili al pubblico.

Nell'edizione 2023, il Fashion Transparency Index ha preso in esame 250 tra i più grandi brand e retailer globali del settore moda, classificandoli in base al livello di disclosure pubblica su temi legati ai diritti umani, alle politiche ambientali, alle pratiche aziendali e agli impatti lungo la filiera [22].

L'utilizzo di questo dataset risulta coerente con l'obiettivo della tesi, poiché consente di affiancare all'analisi simulata condotta con il metodo TOPSIS un'osservazione basata su dati reali relativi alla trasparenza dei brand. A differenza del dataset simulato, che permette una valutazione multi-criterio attraverso variabili costruite artificialmente, il dataset reale permette di analizzare un indicatore effettivamente rilevato e pubblicato nel contesto del settore moda.

È importante sottolineare che l'analisi condotta su questo dataset riguarda esclusivamente il livello di trasparenza dei brand e non una valutazione complessiva della loro sostenibilità.

La trasparenza rappresenta infatti una condizione fondamentale per la responsabilità aziendale e per la possibilità di valutare criticamente le pratiche delle imprese, ma non coincide automaticamente con una migliore performance ambientale o sociale.

5.2 – Descrizione e preparazione del dataset reale

Prima di procedere con l'analisi del ranking, il dataset reale è stato riorganizzato selezionando le variabili rilevanti per lo studio. In particolare, sono state mantenute le colonne `Brand_Name`, `Year` e `Transparency_Score`.

La variabile `Brand_Name` identifica il brand analizzato, mentre `Year` indica l'anno di riferimento del dato. La variabile `Transparency_Score` rappresenta invece il punteggio di trasparenza associato a ciascun brand all'interno del Fashion Transparency Index.

Nel dataset considerato, l'anno di riferimento è il 2023. I valori del `Transparency_Score` sono espressi in forma decimale, all'interno di una scala compresa tra 0 e 1: valori più elevati indicano un maggiore livello di trasparenza, mentre valori più bassi indicano una minore disponibilità di informazioni pubbliche da parte del brand.

Già dalle prime osservazioni emerge una certa variabilità tra le aziende analizzate. Ad esempio, Aeropostale Inc. e BCBGMAXAZRIA presentano un punteggio pari a 0.476190, mentre AJIO mostra un valore più basso, pari a 0.119048.

Altri brand, come Anta Sports Products e Beanpole, presentano invece un `Transparency_Score` pari a 0. Tale valore può essere interpretato come assenza di punteggio nelle dimensioni considerate dall'indice o, più prudentemente, come un livello estremamente limitato di disclosure pubblica secondo la metodologia adottata dal Fashion Transparency Index.

L'analisi del ranking è stata condotta ordinando i brand in senso decrescente rispetto al `Transparency_Score`, in modo da individuare le aziende con i livelli più elevati di trasparenza. Il grafico relativo ai brand con i valori più alti mostra che il punteggio massimo osservato è pari a circa 0.9524. Tale valore è raggiunto da diversi brand, tra cui Buckle Inc, Hudson's Bay Company, Fruit of the Loom, Russell Athletic, Ito Yokado, George, American Eagle Outfitters, Tommy Bahama, Saks Fifth Avenue, Mr Price, Desigual, Triumph International e Carolina Herrera.

La presenza di molti brand con lo stesso punteggio massimo suggerisce che, nella parte alta della classifica, le differenze tra le aziende siano molto ridotte.

Di conseguenza, non è possibile individuare un unico brand nettamente superiore agli altri in termini di trasparenza: più aziende raggiungono infatti un livello molto simile, o coincidente, secondo l'indicatore considerato.

Altri brand, come Victoria's Secret, Canada Goose, La Redoute e Pimkie, presentano valori estremamente vicini al massimo. Anche in questo caso, la distanza rispetto ai primi classificati risulta minima.

Più in basso nel grafico compaiono Kmart Australia e Target Australia, con un punteggio pari a circa 0.8810, seguiti da brand come Ross Stores, Kaufland, DSW Inc., Quiksilver Inc, Billabong International Ltd e Furla, che presentano un `Transparency_Score` pari a circa 0.7143.

Questo risultato evidenzia che, tra i brand più trasparenti, esiste un primo gruppo con punteggi molto elevati e quasi coincidenti, seguito da un secondo gruppo con valori comunque alti, ma più distanti dal massimo.

È importante ricordare che il Transparency_Score misura il livello di informazioni rese pubblicamente disponibili dai brand e non rappresenta una misura diretta della loro sostenibilità complessiva.

5.3 – Rappresentazione grafica dei risultati

L'analisi grafica è stata utilizzata per rendere più leggibile la distribuzione dei punteggi di trasparenza e per confrontare i brand collocati nella parte alta e nella parte bassa del ranking. Per quanto riguarda i brand con i valori più elevati, la rappresentazione grafica mostra una forte concentrazione di punteggi nella fascia alta della scala.

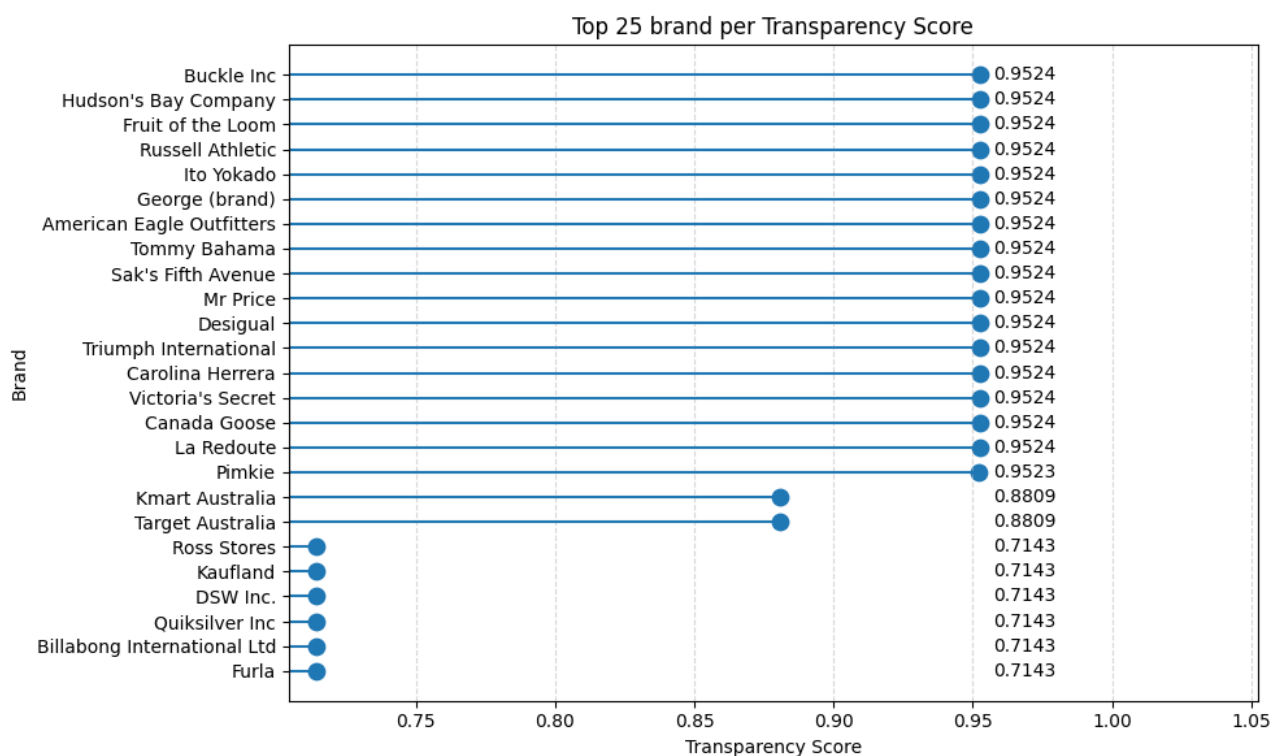


Figura4. Top 10 Brand per Transparency Score

In particolare, diversi brand raggiungono il valore massimo osservato, pari a circa 0.9524, mentre altri si collocano su valori leggermente inferiori ma comunque elevati. Questo conferma che la parte alta della classifica è caratterizzata da punteggi molto ravvicinati e, in alcuni casi, identici.

Una seconda analisi è stata dedicata ai brand con i punteggi più bassi. Considerando inizialmente anche i valori pari a zero, emerge la presenza di numerose aziende con Transparency_Score nullo. Tra queste rientrano, ad esempio, Anta Sports Products, Smart Bazaar, Beanpole, DKNY, Dolce & Gabbana, Macy's, Fashion Nova, Tom Ford International Ltd e Van Heusen.

La presenza di più brand con punteggio pari a zero suggerisce che, secondo la metodologia del Fashion Transparency Index, tali aziende non abbiano ottenuto punteggio nelle dimensioni considerate oppure presentino un livello estremamente limitato di informazioni rese pubblicamente disponibili.

In questo caso, il ranking non consente di distinguere in modo significativo tra i brand appartenenti alla fascia più bassa, poiché essi risultano tutti collocati allo stesso livello minimo.

Dal punto di vista grafico, la presenza di numerosi valori pari a zero rende meno leggibile il confronto tra i brand con punteggi bassi ma non nulli.

Per questo motivo è stata effettuata una seconda rappresentazione escludendo i valori pari a zero.

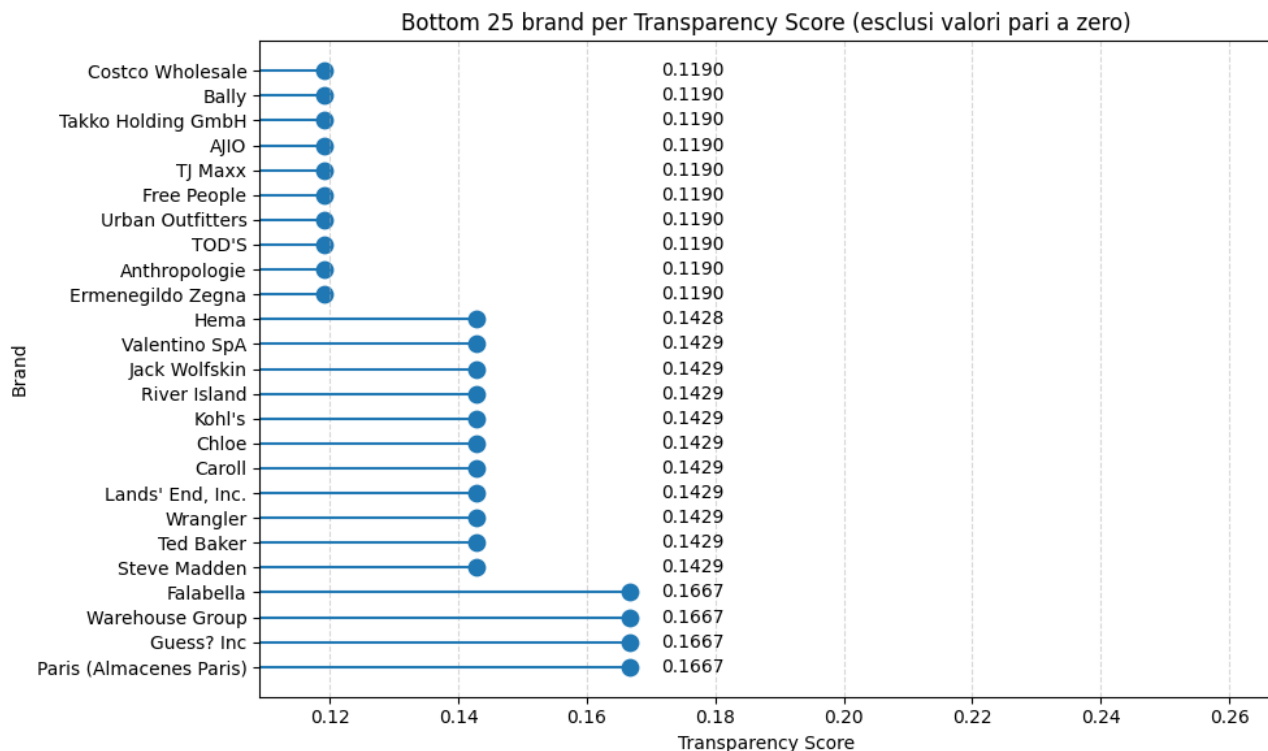


Figura5. Bottom 25 Brand per Transparency Score (escluso lo zero)

Questa scelta, come visibile in Figura 5, consente di osservare in modo più chiaro la distribuzione dei punteggi più bassi tra i brand che presentano comunque un livello minimo di trasparenza.

Escludendo i brand con Transparency_Score pari a zero, i punteggi più bassi risultano compresi tra circa 0.1190 e 0.1667.

In particolare, i valori minimi non nulli, pari a circa 0.1190, riguardano brand come Costco Wholesale, Bally, Takko Holding GmbH, AJIO, TJ Maxx, Free People, Urban Outfitters, TOD'S, Anthropologie ed Ermenegildo Zegna. Seguono poi brand con punteggi leggermente superiori, pari a circa 0.1429, tra cui Hema, Valentino SpA, Jack Wolfskin, River Island, Kohl's, Chloé, Wrangler, Ted Baker e Steve Madden. Infine, i valori successivi osservati in questa fascia bassa del ranking sono pari a circa 0.1667 e riguardano, tra gli altri, Falabella, Warehouse Group, Guess? Inc. e Paris, Almacenes Paris.

Questa distribuzione mostra che, anche escludendo i casi con punteggio nullo, la fascia più bassa del ranking è caratterizzata da livelli di trasparenza molto contenuti. Tuttavia, emergono comunque differenze graduali tra i brand, che risultano più leggibili rispetto al grafico complessivo degli zero.

Nel complesso, l'analisi dei brand con i punteggi più bassi conferma che nel dataset esiste una parte consistente di aziende caratterizzate da livelli di trasparenza molto limitati. La presenza di numerosi valori pari a zero evidenzia una criticità nella fascia più bassa della distribuzione, mentre l'analisi dei punteggi minimi non nulli permette di cogliere differenze più sottili tra i brand meno trasparenti.

5.4 – Statistiche descrittive del Transparency Score

L'analisi statistica del Transparency_Score consente di osservare la distribuzione generale dei punteggi all'interno del dataset. Il valore medio è pari a circa 0.37, indicando che il livello medio di trasparenza dei brand analizzati si colloca in una fascia intermedia-bassa della scala considerata, compresa tra 0 e 1.

Il valore massimo osservato è pari a circa 0.9524, raggiunto da diversi brand presenti nella parte alta del ranking. Questo risultato indica che alcune aziende presentano un livello molto elevato di disclosure pubblica secondo la metodologia del Fashion Transparency Index.

Al contrario, il valore minimo è pari a 0. La presenza di brand con punteggio nullo evidenzia l'esistenza di aziende che, secondo l'indicatore considerato, non ottengono punteggio nelle dimensioni valutate o presentano un livello estremamente limitato di trasparenza pubblica.

Nel complesso, la distanza tra il valore minimo e il valore massimo mostra una forte variabilità tra i brand analizzati. Tuttavia, il valore medio pari a 0.37 suggerisce che la trasparenza non è distribuita uniformemente su livelli elevati, ma che molti brand si collocano ancora su valori contenuti.

CAPITOLO 6

LIMITAZIONI DELL'APPROCCIO

In questo capitolo vengono analizzati i principali limiti del metodo utilizzato e le criticità legate ai dati disponibili. Nonostante il metodo TOPSIS rappresenti uno strumento efficace per il supporto alle decisioni multi-criterio, esso presenta alcune debolezze che possono influenzare i risultati dell'analisi, soprattutto in contesti complessi come quello della sostenibilità nella fashion supply chain.

6.1 – Limiti del metodo TOPSIS

Il TOPSIS si basa su un approccio relativamente semplice e intuitivo, ma presenta alcune limitazioni strutturali.

In primo luogo, il metodo assume che i criteri siano indipendenti tra loro, trascurando eventuali correlazioni. Tuttavia, nel contesto della sostenibilità, molte variabili risultano interconnesse: ad esempio, le emissioni ambientali possono essere strettamente legate ai processi produttivi o all'utilizzo delle risorse.

Un ulteriore limite riguarda l'utilizzo della distanza euclidea, che misura la vicinanza alle soluzioni ideali senza considerare la distribuzione dei dati o la loro variabilità. Questo può portare a risultati distorti in presenza di valori estremi o di forte eterogeneità tra le alternative.

Inoltre, il metodo presuppone che la relazione tra i valori dei criteri e la loro utilità sia monotona, ovvero che un aumento (o una diminuzione) del valore corrisponda sempre a un miglioramento o peggioramento della performance. Tale ipotesi non è sempre valida in contesti reali complessi.

Infine, TOPSIS non integra un meccanismo interno per verificare la coerenza dei giudizi, a differenza di altri metodi come l'Analytic Hierarchy Process (AHP).

6.2 – Dipendenza dai pesi e sensibilità ai dati

Un aspetto critico del metodo TOPSIS riguarda la forte dipendenza dai pesi assegnati ai criteri. I risultati finali possono variare significativamente al variare dei pesi, rendendo il modello sensibile alle scelte del decisore.

La determinazione dei pesi può avvenire tramite metodi soggettivi o oggettivi, ma in entrambi i casi introduce un certo grado di arbitrarietà. Anche piccole variazioni nei pesi possono modificare il ranking finale delle alternative.

Il metodo è inoltre sensibile alla qualità dei dati in input. Errori, valori mancanti o dati non accurati possono influenzare significativamente i risultati. Questo è particolarmente rilevante quando si analizzano dataset complessi, come quelli legati alla sostenibilità.

Per questo motivo, in letteratura è spesso consigliato affiancare al modello una analisi di sensibilità, al fine di verificare la stabilità dei risultati al variare dei parametri.

6.3 – Limiti dei dataset utilizzati

6.3.1 – Limiti dataset simulato

Una prima limitazione dell'analisi riguarda la natura del dataset utilizzato. Trattandosi di un dataset simulato, i risultati ottenuti non devono essere interpretati come una valutazione reale dei brand analizzati, ma come un'applicazione metodologica del metodo TOPSIS a un problema di decisione multi-criterio nel contesto della sostenibilità nel settore moda.

Un secondo limite è legato alla denominazione delle alternative. I brand presenti nel dataset sono indicati con nomi generici, come Brand_4500 o Brand_3692, e non corrispondono necessariamente ad aziende reali. Di conseguenza, il ranking ottenuto permette di confrontare alternative simulate, ma non consente di trarre conclusioni dirette sul comportamento di imprese effettivamente presenti nel mercato.

Un'ulteriore criticità riguarda la qualità e la completezza delle variabili disponibili. Sebbene il dataset includa diversi criteri rilevanti, come emissioni di carbonio, consumo di acqua, produzione di rifiuti, materiali, certificazioni e pratiche sostenibili, non considera tutte le dimensioni della sostenibilità. Aspetti come condizioni di lavoro lungo la filiera, tracciabilità dei fornitori, durabilità dei prodotti, uso di energia rinnovabile, impatto sociale e trasparenza dei dati non risultano pienamente rappresentati.

Un altro limite riguarda la trasformazione delle variabili qualitative in valori numerici. Variabili come Sustainability_Rating, Material_Type, Market_Trend e Certifications sono state convertite attraverso scale ordinali definite sulla base di assunzioni qualitative. Questa procedura è necessaria per applicare TOPSIS, ma introduce un certo grado di soggettività, poiché l'ordine assegnato alle categorie può influenzare il risultato finale.

Anche la definizione dei pesi rappresenta un elemento critico dell'analisi. I pesi attribuiti ai criteri riflettono una scelta metodologica e possono influenzare significativamente il ranking finale. Ad esempio, attribuire un peso maggiore agli indicatori ambientali porta il modello a privilegiare maggiormente le alternative con minori emissioni, consumo idrico e produzione di rifiuti. Una diversa distribuzione dei pesi potrebbe quindi produrre una graduatoria differente.

Un'ulteriore limitazione riguarda la definizione degli impacts. Alcuni criteri presentano un'interpretazione relativamente immediata, come Carbon_Footprint_MT, Water_Usage_Liters e Waste_Production_KG, per i quali valori più bassi sono chiaramente preferibili. Altri criteri, invece, richiedono assunzioni più discutibili. In particolare, Average_Price_USD è stato considerato come criterio di beneficio, assumendo che un prezzo medio più elevato possa riflettere maggiore qualità o investimenti in pratiche sostenibili. Tuttavia, questa relazione non è automatica e deve essere interpretata con cautela.

Infine, il metodo TOPSIS fornisce un ranking relativo tra le alternative considerate, ma non misura la sostenibilità in senso assoluto. Un brand posizionato ai primi posti risulta migliore rispetto agli

altri brand presenti nel dataset simulato, secondo i criteri, i pesi e gli impacts definiti, ma ciò non implica necessariamente che sia sostenibile in termini assoluti.

Per questi motivi, i risultati ottenuti devono essere letti come una simulazione utile a mostrare l'applicazione del metodo TOPSIS, più che come una valutazione definitiva della sostenibilità dei brand.

6.3.2 – Limiti dataset reale

L'analisi condotta sul dataset reale consente di osservare differenze significative nel livello di trasparenza dei brand del settore moda. Alcune aziende raggiungono punteggi molto elevati, prossimi al valore massimo della scala, mentre altre presentano valori molto bassi o pari a zero.

Tuttavia, i risultati devono essere interpretati con cautela. Il Transparency_Score non misura la sostenibilità complessiva di un brand, ma esclusivamente il livello di informazioni rese pubblicamente disponibili secondo la metodologia del Fashion Transparency Index. Pertanto, un brand con un punteggio elevato può essere considerato più trasparente rispetto agli altri, ma non necessariamente più sostenibile in termini assoluti.

Allo stesso modo, un punteggio basso o nullo non permette di affermare automaticamente che un'azienda abbia performance ambientali o sociali peggiori, ma indica una minore disponibilità di informazioni pubbliche rispetto agli indicatori valutati. La trasparenza rappresenta quindi una condizione fondamentale per l'accountability e per la possibilità di valutare criticamente le pratiche aziendali, ma deve essere distinta dalla sostenibilità effettiva.

Questa seconda analisi permette quindi di integrare il lavoro svolto sul dataset simulato. Mentre il capitolo precedente mostrava l'applicazione del metodo TOPSIS a un problema multi-criterio, il presente capitolo introduce un confronto basato su dati reali, focalizzato sulla trasparenza delle aziende nella fashion industry.

CAPITOLO 7

CONCLUSIONI

Il presente lavoro ha avuto l'obiettivo di analizzare il tema della sostenibilità e della trasparenza nel settore fashion attraverso due prospettive differenti ma complementari. Da un lato, è stata sviluppata un'analisi multi-criterio su un dataset simulato mediante l'applicazione del metodo TOPSIS; dall'altro, è stato analizzato un dataset reale basato sul Fashion Transparency Index, con l'obiettivo di osservare il livello di trasparenza dei brand del settore moda.

L'applicazione del metodo TOPSIS al dataset simulato ha permesso di costruire un ranking complessivo delle alternative considerate, valutando simultaneamente diversi criteri legati alla sostenibilità, come emissioni di carbonio, consumo di acqua, produzione di rifiuti, materiali, certificazioni, programmi di riciclo e pratiche produttive eco-friendly. Il metodo ha consentito di sintetizzare tali variabili in un unico punteggio, il Topsis_Score, attraverso il quale è stato possibile ordinare i brand dal più performante al meno performante secondo i criteri, i pesi e gli impacts definiti.

Dai risultati dell'analisi simulata è emerso che Brand_4500 presenta il punteggio più elevato, pari a circa 0.8530, seguito da Brand_3692, con un valore pari a circa 0.8411. All'estremo opposto, Brand_4600 presenta il valore più basso, pari a circa 0.1486. La distanza tra il valore massimo e quello minimo mostra una certa variabilità tra le alternative analizzate. Tuttavia, l'analisi descrittiva ha evidenziato che la maggior parte dei brand si concentra intorno a valori intermedi, con una media pari a circa 0.5002 e una mediana pari a circa 0.4992.

Questo risultato suggerisce che, nel dataset simulato, il metodo TOPSIS è in grado di individuare le alternative più performanti e meno performanti, ma che molte aziende presentano punteggi relativamente vicini nella parte centrale della distribuzione. Di conseguenza, il ranking deve essere interpretato con cautela, soprattutto quando le differenze tra i punteggi sono minime. Il posizionamento di un brand in classifica non rappresenta infatti una misura assoluta di sostenibilità, ma una valutazione relativa rispetto alle alternative presenti nel dataset e alle scelte metodologiche adottate.

La seconda parte dell'analisi si è concentrata sul dataset reale derivato dal Fashion Transparency Index. In questo caso, l'attenzione non è stata posta sulla costruzione di un ranking multi-criterio, ma sull'osservazione del Transparency_Score, cioè un indicatore del livello di informazioni rese pubblicamente disponibili dai brand. L'analisi ha mostrato che alcuni brand raggiungono valori molto elevati, prossimi a 0.9524, mentre altri presentano punteggi molto bassi o pari a zero.

La presenza di più brand con lo stesso valore massimo evidenzia una situazione di pari merito nella parte alta della classifica: non emerge quindi un unico brand nettamente superiore agli altri in termini di trasparenza, ma un gruppo di aziende che raggiunge livelli molto simili secondo l'indicatore considerato. Al contrario, nella fascia più bassa del ranking, la presenza di numerosi

valori pari a zero suggerisce che diversi brand presentano un livello estremamente limitato di disclosure pubblica secondo la metodologia del Fashion Transparency Index.

L'analisi statistica del Transparency_Score ha mostrato un valore medio pari a circa 0.37. Questo dato indica che, nel complesso, il livello medio di trasparenza dei brand analizzati si colloca in una fascia intermedia-bassa della scala considerata. La distanza tra il valore minimo pari a 0 e il valore massimo pari a circa 0.9524 evidenzia una forte variabilità tra le aziende, mostrando come la trasparenza non sia distribuita in modo uniforme nel settore fashion.

Il confronto tra le due analisi evidenzia una differenza fondamentale. Il dataset simulato ha consentito di applicare TOPSIS a un problema multi-criterio, mostrando come sia possibile costruire un ranking complessivo combinando più dimensioni della sostenibilità. Il dataset reale, invece, ha permesso di osservare un indicatore effettivo di trasparenza, ma non una valutazione completa della sostenibilità aziendale. Pertanto, mentre il primo approccio ha valore soprattutto metodologico, il secondo offre un riferimento empirico basato su dati reali.

Una conclusione importante del lavoro è che sostenibilità e trasparenza non devono essere considerate sinonimi. Un brand trasparente non è necessariamente sostenibile in senso assoluto, ma rende disponibili più informazioni che permettono agli stakeholder di valutare le sue pratiche. Allo stesso modo, un basso livello di trasparenza non consente automaticamente di affermare che un brand abbia performance ambientali o sociali peggiori, ma indica una minore disponibilità di informazioni pubbliche. La trasparenza rappresenta quindi una condizione fondamentale per la responsabilità aziendale, ma deve essere interpretata come uno strumento di accountability e non come una prova definitiva di sostenibilità.

Il lavoro presenta alcune limitazioni. Per quanto riguarda il dataset simulato, i risultati non possono essere riferiti ad aziende reali, poiché le alternative sono costruite artificialmente. Inoltre, la trasformazione delle variabili qualitative in valori numerici, la scelta dei pesi e la definizione degli impacts introducono elementi di soggettività che possono influenzare il ranking finale. Per quanto riguarda il dataset reale, invece, l'analisi è limitata al solo Transparency_Score e non considera direttamente altre dimensioni della sostenibilità, come emissioni effettive, condizioni di lavoro, tracciabilità della filiera, uso di materiali sostenibili o impatti sociali e ambientali concreti.

Nonostante questi limiti, il lavoro mostra l'utilità dei metodi quantitativi e degli indicatori di trasparenza per analizzare la fashion industry. L'applicazione di TOPSIS evidenzia come un approccio multi-criterio possa supportare il confronto tra alternative complesse, mentre l'analisi del Fashion Transparency Index mostra come i dati reali possano offrire una lettura concreta del livello di disclosure delle aziende.

In prospettiva futura, l'analisi potrebbe essere ampliata integrando dati reali multi-criterio, in modo da applicare TOPSIS non solo a un dataset simulato, ma anche a informazioni effettive sui brand. Sarebbe inoltre utile confrontare il Transparency_Score con altri indicatori ambientali e sociali, per verificare se i brand più trasparenti siano anche quelli con migliori performance di sostenibilità. Un

ulteriore sviluppo potrebbe riguardare l'analisi temporale di più edizioni del Fashion Transparency Index, così da osservare l'evoluzione della trasparenza nel settore fashion nel corso degli anni.

In conclusione, la tesi evidenzia che la valutazione della sostenibilità nella fashion industry richiede strumenti capaci di integrare più dimensioni e, allo stesso tempo, dati affidabili e trasparenti. La trasparenza non risolve da sola le criticità ambientali e sociali del settore, ma rappresenta un passaggio essenziale per rendere le aziende più responsabili, confrontabili e osservabili da parte di consumatori, istituzioni e stakeholder.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bailey, K.; Basu, A.; Sharma, S. The Environmental Impacts of Fast Fashion on Water Quality: A Systematic Review. *Water*, 2022, 14, 1073.
- [2] Huseynova, N. The Environmental Impact of the Fashion Industry: The Necessity of Sustainability. *Scientific Work International Scientific Journal*, 2024, 18(11), 108–112.
- [3] Caldarelli, G.; Zardini, A.; Rossignoli, C. Blockchain adoption in the fashion sustainable supply chain: Pragmatically addressing barriers. *Journal of Organizational Change Management*, 2021, 34(2), 507–524.
- [4] Tamilarasan, B.S.; Kavitha, R.; Sankari, V.S. Operational research pathways for sustainable fashion supply chains: a comprehensive bibliometric and TCCM review. *OPSEARCH*, 2026.
- [5] <https://www.fashionrevolution.org/fashion-transparency-index/>
- [6] <https://www.geopop.it/il-crollo-del-rana-plaza-del-2013-un-tragico-esempio-del-costo-umano-del-fast-fashion/>
- [7] Giannoudis, V.; Xenou, E.; Ayfantopoulou, G.; Voulkopoulos, V. Data-Driven Decision-Making in Fashion Logistics: A Systemic Approach in the Greek Clothing Industry. In: *TRAconference 2024*, Springer, 2025, pp. 529–535.
- [8] Kolk, A. Sustainability, Accountability and Corporate Governance: Exploring Multinationals' Reporting Practices. *Business Strategy and the Environment*, 2008, 17(1), 1–15.
- [9] <https://www.bcg.com/press/28february2025-materiali-next-gen-moda-piu-sostenibile-e-risparmi-del-4-sul-costo-del-venduto>
- [10] <https://www.theinformationlab.it/2024/10/24/fashion-data-analytics-quando-i-numeri-fanno-la-moda/>
- [11] Ozdağoğlu, A.; Acar, E.; Güner, M.; Çetmeli Bakadur, A. Applications of MCDM methods for the assessment of sustainable development: a case study of fashion textile group. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 2024.
- [12] Chan, F.T.S.; Chan, H.K. An AHP Model for Selection of Suppliers in the Fast Changing Fashion Market. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2010, 51, 1195–1207.
- [13] Saliha Karadayi-Usta, Sustainable post-consumer textile waste management: Picture fuzzy set-based ORESTE approach; *Journal of Cleaner Production*, 2024, 144231

- [14] Badi, I.; Abdulshahed, A. M. Ranking the Libyan airlines by using full consistency method (FUCOM) and analytical hierarchy process (AHP). Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications, 2019.
- [15] Chan, F. T. S.; Chan, H. K. (2010). An AHP model for selection of suppliers in the fast changing fashion market. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 51, 1195–1207.
- [16] Silobrit, I.; Jureviciene, D. (2023). Assessing circular textile industry development. Economics and Culture, 20(1).
- [17] <https://www.kaggle.com/code/pavankumar4757/sustainable-fashion-eco-friendly-trends-analysis/input>
- [18] https://www.repubblica.it/green-and-blue/2025/08/02/news/tessuti_sostenibili_quali_sono_come_scegliere-424757113/
- [19] <https://www.altroconsumo.it/vita-privata-famiglia/vivere-sostenibile/speciali/tessuti-naturali-o-sintetici>
- [20] <https://www.tissus-print.com/it/blog/ecologia-e-manutenzione/guida-completa-per-comprendere-le-certificazioni-tessili-oeko-tex-gots-grs>
- [21] Wikirate.org, 'Fashion Transparency Index 2023 (full dataset)' by Aileen Rob, licensed under CC BY 4.0
- [22] <https://www.fashionrevolution.org/fashion-transparency-index/>