

POLITECNICO DI MILANO

Facoltà di Ingegneria dei Sistemi

Corso di laurea Specialistica in Ingegneria Gestionale



**MANAGEMENT COMPLEXITY MODEL
APPLICATO A PRODOTTI
DELL'ARREDAMENTO**

Relatore: Prof. Alessandro BRUN

Tesina di Laurea di: Fernando Antonio IGLESIAS MARTÍNEZ

Matricola numero 764326

Anno Accademico 2011-2012

INDICE

Lista di tabelle	4
Lista di grafici	8
Abstract	9
Abstract (inglese)	10
<i>CAPITOLO 1: Modelli in cui si basa il Complexity Management Model</i>	11
<i>CAPITOLO 2: Complexity Management Model</i>	17
2.1. Introduzione	17
2.2. Strategia dell'impresa rispetto al prodotto	18
2.3. Product Complexity Assessment	21
2.3.1. Introduzione	21
2.3.2. Quantificazione della funzionalità	23
2.3.3. Quantificazione della complessità fisica	26
2.3.3.1. Introduzione.....	26
2.3.3.2. Numero di parti e numero di varianti dei componenti.....	27
2.3.3.3. Numero di interfacce e numero di varianti di interfaccia dei componenti	30
2.3.3.4. Calcolo della complessità fisica	32
2.3.4. Matrice della complessità	36
2.4. Analisi dei risultati.....	37
<i>CAPITOLO 3: Casi di studio.....</i>	40
3.1. Introduzione	40

3.2. Profilo e strategia dell'azienda: IKEA.....	40
3.3. Caso MICKE.....	41
3.3.1. Presentazione del prodotto.....	41
3.3.2. Applicazione del modello complexity management	42
3.3.2.1. Product complexity assessment	42
3.3.2.2. Analisi dei risultati.....	51
3.4.Caso NOMINELL	52
3.4.1. Presentazione del prodotto.....	52
3.4.2. Applicazione del modello complexity management	53
3.4.2.1. Product complexity assessment	53
3.4.2.2. Analisi dei risultati.....	64
3.5. Caso VOLMAR.....	67
3.5.1. Presentazione del prodotto.....	67
3.5.2. Applicazione del modello complexity management	67
3.5.2.1. Product complexity assessment	68
3.5.2.2. Analisi dei risultati.....	78
CAPITOLO 4: Conclusioni e sviluppi futuri: sintesi di quanto ha emesso con analisi critica, implicazione manageriale, limiti del modello, sviluppi futuri del modello.	80
Bibliografia.....	85

Lista di tabelle

Tabella 1: Peso percentuale di ognuna funzionalità del cassettiere.	24
Tabella 2: Peso percentuale che hanno i componenti fisici dentro di ognuna delle funzionalità del cassettiere.	25
Tabella 3: Peso percentuale che hanno i componenti fisici dentro dell'insieme delle funzionalità del prodotto.	26
Tabella 4: Matrice Attributi-Valori.....	27
Tabella 5: Lista di componenti del cassettiere con le loro corrispondenti caratteristiche.	29
Tabella 6: DMS del cassettiere.....	30
Tabella 7: DMS e dimensioni numero di interfacce e numero medio di varianti di interfacce dei componenti del cassettiere.....	31
Tabella 8: Dimensioni della complessità dei componenti del cassettiere.	32
Tabella 9: Rapporto tra ogni dimensione e il suo numero massimo dei componenti del cassettiere.	34
Tabella 10: Valori medi delle dimensioni del cassettiere.	35
Tabella 11: Funzionalità e complessità fisica dei componenti del cassettiere.	36
Tabella 12: Peso percentuale di ognuna funzionalità della scrivania MICKE.....	42
Tabella 13: Peso percentuale che hanno i componenti fisici dentro di ognuna delle funzionalità del caso MICKE.....	43
Tabella 14: Peso percentuale che hanno i componenti fisici dentro dell'insieme delle funzionalità della scrivania MICKE.	44
Tabella 15: Matrice Attributi-Valori della scrivania MICKE.....	45

Tabella 16: Componenti della scrivania MICKE con le loro corrispondenti caratteristiche.....	46
Tabella 17: DMS e dimensioni numero di interfacce e numero medio di varianti di interfacce dei componenti della scrivania MICKE.....	47
Tabella 18: Dimensioni della complessità dei componenti della scrivania MICKE.	48
Tabella 19: Rapporto tra ogni dimensione e il suo numero massimo dei componenti della scrivania MICKE.	48
Tabella 20: Valori medi delle dimensioni della scrivania MICKE.	49
Tabella 21: Valori dei coefficienti α' , β' , γ' e δ' del caso MICKE.....	49
Tabella 22: Valori dei coefficienti di ponderazione del caso MICKE.....	49
Tabella 23: Funzionalità e complessità fisica dei componenti della scrivania MICKE.	50
Tabella 24: Funzionalità-complessità fisica della scrivania MICKE con i componenti modificati.	51
Tabella 25: Peso percentuale di ognuna funzionalità della sedia NOMINELL.	53
Tabella 26: Peso percentuale che hanno i componenti fisici dentro di ognuna delle funzionalità della sedia da ufficio NOMINELL.....	54
Tabella 27: Peso percentuale che hanno i componenti fisici dentro dell'insieme delle funzionalità della sedia NOMINELL.	56
Tabella 28: Matrice Attributi-Valori della sedia NOMINELL.	57
Tabella 29: Componenti della sedia NOMINELL con le loro corrispondenti caratteristiche.....	58
Tabella 30: DMS della sedia NOMINELL.	59
Tabella 31: Dimensioni numero di interfacce e numero medio di varianti di interfacce dei componenti della sedia NOMINELL.	60

Tabella 32: Dimensioni della complessità dei componenti della sedia NOMINELL. ...	61
Tabella 33: Rapporto tra ogni dimensione e il suo numero massimo dei componenti della sedia NOMINELL.	62
Tabella 34: Valori medi delle dimensioni della sedia NOMINELL.....	62
Tabella 35: Valori dei coefficienti α' , β' , γ' e δ' del caso NOMINELL.	63
Tabella 36: Valori dei coefficienti di ponderazione del caso NOMINELL.	63
Tabella 37: Funzionalità e complessità fisica dei componenti della sedia NOMINELL.	63
Tabella 38: Valori funzionalità-complessità fisica della sedia NOMINELL considerando ogni ruota un componente diverso.....	65
Tabella 39: Valori funzionalità-complessità fisica della sedia NOMINELL considerando 4 ruote.	66
Tabella 40: Peso percentuale di ognuna funzionalità della sedia VOLMAR.....	68
Tabella 41: Peso percentuale che hanno i componenti fisici dentro di ognuna delle funzionalità della sedia da ufficio VOLMAR.	69
Tabella 42: Peso percentuale che hanno i componenti fisici dentro dell'insieme delle funzionalità del caso VOLMAR.....	70
Tabella 43: Matrice Attributi-Valori della sedia VOLMAR.....	71
Tabella 44: Componenti della sedia VOLMAR con le loro corrispondenti caratteristiche.....	72
Tabella 45: DMS della sedia VOLMAR.....	73
Tabella 46: Dimensioni numero di interfacce e numero medio di varianti di interfacce dei componenti della sedia VOLMAR.	74
Tabella 47: Dimensioni della complessità dei componenti della sedia VOLMAR.....	75

Tabella 48: Rapporto tra ogni dimensione e il suo numero massimo dei componenti della sedia VOLMAR.....	76
Tabella 49: Valori medi delle dimensioni della sedia VOLMAR.	76
Tabella 50: Valori dei coefficienti α' , β' , γ' e δ' del caso VOLMAR.	77
Tabella 51: Valori dei coefficienti di ponderazione del caso VOLMAR.	77
Tabella 52: Funzionalità e complessità fisica dei componenti della sedia VOLMAR. ..	77

Lista di grafici

Figura 1: La casa della qualità	11
Figura 2: Fassi del modello complexity management	17
Figura 3: Matrice della complessità	22
Figura 4: Cassettiere con i suoi componenti	23
Figura 5: Classificazione componenti.	28
Figura 6: Matrice Funzionalità-Complessità fisica del cassettiere.	37
Figura 7: Componenti della scrivania MICKE.	41
Figura 8: Matrice della complessità della scrivania MICKE.	50
Figura 9: Componenti della sedia NOMINELL.	52
Figura 10: Matrice della complessità della sedia da ufficio NOMINELL.	64
Figura 11: Componenti della sedia VOLMAR.	67
Figura 12: Matrice della complessità della sedia da ufficio VOLMAR.	78

Abstract

In questo lavoro si vogliono analizzare dei prodotti che sono disegnati, sviluppati e commercializzati all'interno di una politica di standardizzazione con il fine di ridurre i costi nelle aziende e che allo stesso tempo, possano ottenere dei successi nel mercato. Pertanto si è indagato in teorie e modelli che si basano o usano questi concetti. Il modello che è stato selezionato è il Complexity Management Model in modo da applicare una delle sue varianti ai prodotti analizzati che sono nell'ambito dell'arredamento (una scrivania e due sedie da ufficio). Questo modello, che si spiegherà in un capitolo con dettaglio, a sua volta si basa su altri modelli e concetti che hanno una connessione con quello citato precedentemente, che anche si spiegheranno brevemente nel capitolo prossimo. Questi modelli sono:

- Quality Function Deployment (QFD)
- Target Costing
- Design for Variety
- Design for Configuration
- Product Modularization
- Modular Function Deployment
- Product Platforms
- Variant Mode and Effects Analysis
- Variety Reduction Program

Abstract (inglese)

In this paper, we want to analyze products that are designed, developed and commercialized within a policy of standardization in order to reduce costs in business and at the same time, can succeed in the market. Therefore, we studied theories and models that are based on or using these concepts. The model selected is the Complexity Management in order to apply one of its variants to the products tested in furnishing (a desk and two office chair). This model, which will be explained in detail in a further chapter, in turn, is based on models and concepts that have a connection with what has been mentioned above, which is also explained briefly in the next chapter. These models are:

- Quality Function Deployment (QFD)
- Target Costing
- Design for Variety
- Design for Configuration
- Product Modularization
- Modular Function Deployment
- Product Platforms
- Variant Mode and Effects Analysis
- Variety Reduction Program

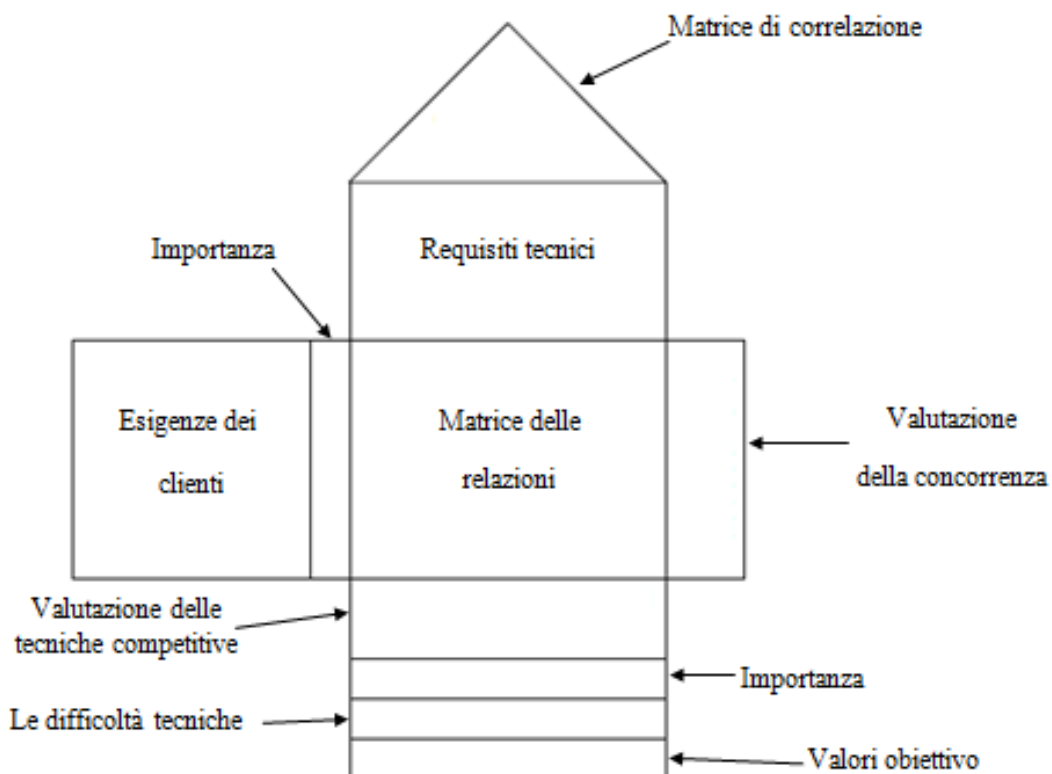
CAPITOLO 1: Modelli in cui si basa il Complexity Management Model

Prima di spiegare propriamente il Complexity Management Model si fa un breve riassunto dei modelli in cui si basa questo modello.

Quality Function Deployment (QFD)

Le radici del QFD risalgono alla fine del 1960 in Giappone, e le sue idee di base e le questioni sono state pubblicate nel 1970. Lo scopo del QFD è quello di agevolare il difficile compito di tradurre le esigenze dei clienti, a seconda delle specifiche tecniche di prodotto. Per questo fine, si basa sulla matrice della Quality Function Deployment, spesso denominata "casa della qualità". Per costruire la casa della qualità si devono realizzare dieci passi:

Figura 1: La casa della qualità.



1. Specificare le esigenze dei clienti
2. Introdurre ponderazioni delle esigenze del cliente
3. Valutazione della concorrenza dal punto di vista del cliente.
4. Definire i requisiti tecnici.
5. Compilare la matrice delle relazioni.
6. Stabilire correlazioni tra i requisiti tecnici.
7. Valutazione della concorrenza dal punto di vista tecnico.
8. Introdurre ponderazioni delle esigenze tecniche.
9. Indicare le difficoltà tecniche.
10. Specificare i valori obiettivi

Target Costing

Target costing (Shank & Fisher, 1999) è un approccio fortemente orientato al mercato per controllare i costi in una fase iniziale di sviluppo del prodotto. Si controlla il processo di valutazione delle funzionalità del prodotto dal punto di vista del cliente, ma il modo di come ridurre i costi dei componenti non sono forniti.

Alcuni dei concetti più rappresentativi che si usano in questo modello sono: target di price, allowable cost, target profit, target cost, market into company o value index.

Design for Variety

Il concetto viene introdotto da Martin e Ishii nel 1996. Questo modello è un mezzo per stimare i costi sostenuti al introdurre varietà in un linea di prodotti. Si arriva a questi costi attraverso tre indici: commonality index, differentiation point index e setup cost index. Poi con l'aiuto del process sequence graph (Martin e Ishii, 1997) ed attraverso un algoritmo si ottimizza il processo.

Design for Configuration

Questo modello (Pulkkinen, Lehtonen, & Riitahuhta, 1999) si basa su un gruppo fisso di varianti di un prodotto, questo può essere derivato in un prodotto configurabile, che può essere formato da un insieme fisso di moduli, componenti e componenti aggiuntivi con una determinata varietà. Lo scopo è offrire un prodotto relativamente ampio contenendo i costi di personalizzazione. Pertanto, è in grado di coniugare diverse virtù di produzione di massa e personalizzazione (Bongulielmi, 2003), rendendolo uno strumento efficace per l'attuazione di personalizzazione in massa. Un prodotto configurabile è caratterizzato dalle seguenti proprietà (Pulkkinen, 1999):

- Ogni variante prodotto può essere specificato come una combinazione di pre-disegnati componenti e / o moduli.
- C'è un'architettura di prodotti pre-disegnata che risponde a delle determinate esigenze dei clienti.
- Il processo di vendita non comporta la progettazione di nuovi componenti. Solo richiede la configurazione sistematica di varianti di prodotto.
- Tutte le varianti si basano sulla stessa architettura comune, quindi, sono considerati una famiglia di prodotti.

Product Modularization

Attraverso il Product Modularization si vuole accelerare il processo di sviluppo, migliorare la capacità di adattarsi ai cambiamenti nell'ambiente e ridurre il costo di introdurre modifiche perché aumenta la flessibilità di un'impresa, minimizzando l'interdipendenza tra i moduli di un prodotto (Thomke & Reinertsen, 1998). I sei tipi di modularità sono i seguenti (Pine II, 1993):

- Component-sharing modularity
- Component-swapping modularity
- Cut-to-fit modularity
- Mix modularity

- Bus modularity
- Sectional modularity

Alcuni concetti che si usano in questo modello nella parte della funzione di modularizzazione sono: il numero di componenti, le interfacce tra i componenti, il grado di accoppiamento tra i componenti e la sostituibilità.

Modular Function Deployment

Modular Function Deployment (MFD), presentato da Erixon (1998), è un metodo che supporta lo sviluppo di prodotti modulari. Si basa sul concetto di driver modulari, che si suppone che descrive i criteri principali di modularizzazione. Il cuore del metodo è il module indication matrix (MIM), che esamina la funzioni dei componenti per quanto riguarda alle loro capacità a formare un modulo. MFD è composto dai seguenti cinque fasi:

- Chiarire le esigenze dei clienti
- Scegliere soluzioni tecniche
- Generare concetti
- Valutare concetti
- Migliorare ogni modulo

Product Platforms

È un metodo popolare per ridurre la complessità dei prodotti, che divide sostanzialmente l'architettura del prodotto in una parte standardizzata (la piattaforma) e moduli personalizzati. Combinando i due permette la creazione di un gran numero di varianti di prodotti diversi. La logica di fondo è quello di ottimizzare la relazione tra risparmi sui costi e la competitività (Boutellier, Dinger, e Lee, 1997).

Il processo del metodo si basa su tre strumenti informativi di gestione (Robertson & Ulrich, 1998): product plan, differentiation plan e commonality plan.

Variant Mode and Effects Analysis

La Variant Mode and Effects Analysis (VMEA), introdotta da Caesar (1991), fornisce un approccio per i progettisti di ridurre la varietà del prodotto che non viene percepita per i clienti. Si basa sui seguenti quattro fasi:

- Variety analysis
- Priority setting
- Variety-oriented product design
- Evaluation

Il processo è iterativo, cioè i concetti di design sono raffinati e valutati più volte. Alla fine della iterazione, il concetto più adatto è selezionato per l'attuazione.

Il concetto VMEA si concentra chiaramente sulla riduzione della varietà dei prodotti durante il processo di progettazione e fornisce un quadro completo per quantificare la complessità del prodotto.

Variety Reduction Program

Il Variety Reduction Program (VRP), introdotto da Suzue & Kohdate (1990), presenta un concetto di ridurre i costi della complessità riducendo il numero e la varietà di componenti e processi. A tal fine, i costi sono divisi nelle seguenti tre categorie: variety costs, function costs e control costs. Con il fine di quantificare i costi attraverso dei concetti della complessità si definiscono parts index, production process index e control point index. E servono nel processo di sviluppo e di produzione dei prodotti.

Ridurre variety, function, e control costs viene effettuato per mezzo di cinque tecniche:

- Fisso vs variabile
- Combinazione
- Multifunzionalità e integrazione
- Gamma

- Tendenze

Il programma di riduzione varietà presenta un concetto per valutare i costi della complessità ed individuare le modalità per ridurre il numero e la varietà di componenti e di processi.

CAPITOLO 2: Complexity Management Model

2.1. Introduzione

Il Complexity Management Model è un modello in cui si usano aspetti strategici, aspetti di mercato, architettura del prodotto, quantificazione della complessità e applicabilità in un contesto industriale. Questo modello tenta di combinare tutte queste questioni. Il modello solo può analizzare un singolo prodotto, non si può analizzare una portafoglio di prodotti o tutti i prodotti di una impresa.

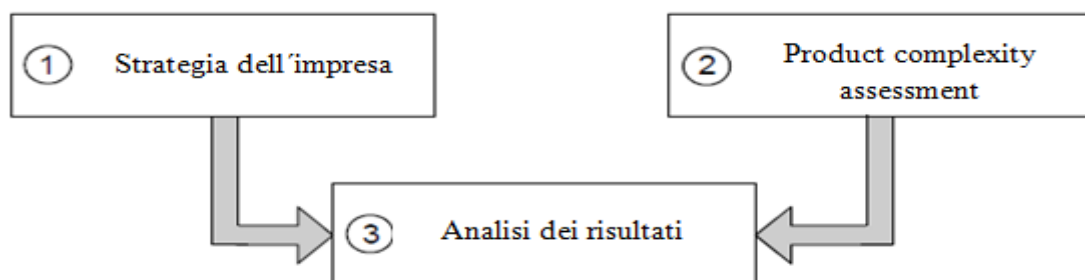
Per fare una sintesi, si può dire che il metodo si compone di tre fasi principali che si applicano consecutivamente e sono:

- Strategia dell'impresa rispetto al prodotto: in questa prima fase si vedono le circostanze generali e l'impostazione del prodotto. Si vede qual è la strategia che hanno considerato nella impresa. L'analisi che si fa qui è solo di dati qualitativi.

- Product complexity assessment (valutazione della complessità del prodotto): in questo punto si misurano i dati quantitativi sulla funzionalità del prodotto e la complessità fisica. Il risultato di questa seconda fase è una matrice di funzionalità-complessità fisica. Più avanti si spiega come sono i passi ed i calcoli per fare questa matrice.

- Analisi dei risultati: questo ultimo punto integra i risultati delle due fasi precedenti così che i gestori possono analizzare se si raggiungono quello previsto (o che si vuole) e se non fornire le linee di azione per ridurre la complessità all'interno dei loro prodotti. Attraverso la modificazione di componenti e moduli si prova a dar una soluzione che migliora il prodotto.

Figura 2: Fasi del modello complexity management.



Per fare la seconda fase non si ha bisogno di dati della prima, ma per fare la terza si usano i dati raccolti nella prima e nella seconda fase.

2.2. Strategia dell'impresa rispetto al prodotto

L'obiettivo del modello del complexity management, del che si ha parlato prima, è in questo caso l'analisi del grado di ottimizzazione dell'architettura del prodotto. Dopo per modificare e migliorare l'architettura del prodotto bisogna modifica, fusione o divisione di componenti o moduli interi, ridisegno e standardizzazione di interfacce, ed in alcuni casi ripensare il concetto fondamentale del prodotto. Questo processo di ottimizzazione riguarda praticamente tutte le aree funzionali di un'azienda, dallo sviluppo del prodotto alle vendite passando per la produzione. Anche deve tener conto della direzione strategica che l'impresa ha deciso di perseguire. Le linee d'azione dipendono se un prodotto è completamente standardizzato e si rivolge a un ampio mercato oppure se si tratta di una soluzione personalizzata di un prodotto univoco per un singolo cliente. Quindi, il primo passo del modello del complexity management è la parte strategica che considera il posizionamento strategico che l'impresa ha scelto rispetto al prodotto.

A seconda di quello che vuol fare l'impresa con il prodotto si possono adottare diverse strategie. Un riassunto dei concetti più utilizzati nel momento di analizzare o scegliere una strategia per mettere un prodotto nel mercato sono:

Standardizzazione contro personalizzazione

Un'impresa può scegliere da offrire una linea di prodotti senza varianti a offrire un'ampia varietà di una gamma di prodotti. Questi sono i due punti estremi che si vedono qua. Nel primo caso lo stesso e identico prodotto è venduto più e più volte, mentre nel primo tutti i prodotti offerti differiscono dai altri. Si chiamano standardizzazione e personalizzazione, rispettivamente. Propriamente non si trovano quasi mai nell'industria ma attraverso la conoscenza dei punti estremi si può sapere come sono le caratteristiche dei punti intermedi. Per quello di che sono punti interessanti si fa una breve descrizione di ognuno.

Quelle imprese che hanno una strategia di standardizzazione vendono prodotti in massa omogenei. Le strette relazione tra cliente e produttore non esistono. Un grande numero di unità di prodotti sono realizzate sulla base di stime di ricerche di mercato, cioè i prodotti non sono fatti per ordine, ma si c'è uno stock. Come prodotto di massa, i beni standardizzati non considerano le preferenze dei singoli clienti, gli attributi del prodotto si scelgono sulla base di una media presa da un gran numero di clienti che si pensa che riflettono meglio ciò che i clienti vogliono. Dal momento che le preferenze dei singoli clienti divergono da questa media, il beneficio del prodotto venduto è molto più basso (anche il prezzo di vendita del prodotto) con rispetto al caso di personalizzazione. Il vantaggio competitivo della produzione in massa è sempre il prezzo base. Producendo lo stesso prodotto standardizzato in grandi quantità, i costi possono essere salvati grazie a che generalmente i prodotti si fanno in strutture più grandi, al aumento della efficienza del lavoro, alla specializzazione e riprogettazione dei compiti di lavoro, di prodotto e miglioramento dei processi.

Di un altro lato, ci sono le imprese che offrono prodotti personalizzati alla clientela, questi prodotti si adattano a quello che vuole ogni singolo cliente. I legami sono molto stretti tra il produttore ed i suoi clienti, spesso, i clienti partecipano nella progettazione del prodotto per spiegare quali sono loro preferenze di come deve essere il prodotto. Un vantaggio competitivo della personalizzazione è la attrattività del prodotto, che si differenzia della concorrenza per soddisfare ogni esigenza del cliente. Questo modello di vendita richiede continui investimenti. Ulteriori costi vengono dalla gran varietà dei prodotti, aumentando la complessità nella catena del valore e si ha bisogno di personale altamente qualificato. Questo svantaggio del costo può essere bilanciato attraverso un prezzo più elevato. Quanto più personalizzato è un prodotto, i clienti sono più disposti a pagare un prezzo più elevato perchè il prodotto si avvicina di più alle loro esigenze. Inoltre se si fanno prodotti che hanno qualcosa in comune, i costi saranno inferiori rispetto se fossero fabbricati separatamente.

Quadro di strategie generiche di Porter

Porter introduce il concetto, aggiunto a quelli di personalizzazione e standardizzazione, di se l'obiettivo strategico è a livello industriale o è focalizzato in un segmento particolare. Questo porta alle seguenti strategie competitive:

- Nella strategia di differenziazione, l'azienda crea una gamma di prodotti che viene percepito a livello industriale come unico. La differenziazione può assumere molte forme: disegno, marchi, tecnologia, funzionalità, il servizio clienti, rete di vendita, e molti altri. L'azienda deve cercare di differenziarsi in varie dimensioni. I costi non possono essere ignorati, ovviamente, ma non sono l'obiettivo strategico primario. La differenziazione può essere una strategia competitiva se si danno i fattori della fedeltà alla marca e minore sensibilità al prezzo, diminuzione potere d'acquisto a causa della mancanza di alternative comparabili e i margini che evitano la necessità di una posizione di basso costo.

- La strategia globale di leadership di costo impone che l'impresa perseguire la riduzione dei costi basata sulla curva di esperienza, e controllare i costi diretti e generali. Anche se il costo inferiore rispetto ai concorrenti è l'obiettivo strategico fondamentale, dei punti anche importanti sono la qualità, il servizio e la soddisfazione del cliente. Il raggiungimento della leadership dei costi complessivi dei rendimenti superiori alla media ritorna a causa dei costi più bassi, mentre i concorrenti hanno gareggiato fuori dei loro profitti.

- Una società che persegue la strategia di focalizzazione si rivolge ad un particolare segmento solo (ad esempio un gruppo particolare acquirente, mercato geografico, ecc.) Basa i suoi rendimenti in offrire prodotti in un modo più efficiente rispetto ai concorrenti che hanno una varietà di prodotti più ampia. La differenziazione o posizione di costo più basso non si ottiene per l'intero mercato, ma solo per il target di mercato più ristretta.

Strategie competitive ibride

Le strategie ibride si basano sulla premessa che la leadership di costo e la differenziazione possono essere perseguiti simultaneamente per formare una combinazione potente. Dalla combinazione di una posizione di elevata differenziazione relativa ed una posizione di relativo basso costo, una posizione di leadership tra i concorrenti si può raggiungere.

Un importante aspetto che si usa nelle strategie ibride è la personalizzazione in massa, dove si fanno prove per fornire soluzioni personalizzate per un mercato relativamente

ampio a un livello di costo che si avvicina a quella di un produttore in massa. La personalizzazione in massa può essere posizionata da qualche parte tra la differenziazione pura (personalizzazione) e la leadership di costo pura (standardizzazione), la sua posizione esatta dipende della strategia dell'impresa.

Differenti strategie per differenti industrie

Per spiegare questa parte le strategie si considerano sono cinque: standardizzazione pura, standardizzazione segmentata, standardizzazione personalizzata, personalizzazione adattata e personalizzazione pura. Dopo si indentificano i diversi tipo di industrie e a seconda di queste si sceglie una strategia per il processo e un'altra per il prodotto. Possono essere le stesse strategie, sia nel processo sia nel prodotto, oppure due diverse. Una impresa di produzione in massa si avvicinerà più alle strategie di standardizzazione e una piccola azienda alla personalizzazione. Tra queste due si incontrano il resto e devono scegliere quello che sia meglio per la azienda.

2.3. Product Complexity Assessment

2.3.1. Introduzione

Nel secondo passo importante del modello complexity management si lavora coi dettagli del prodotto in cui è applicato il modello. Questo prodotto è soggetto a tantissimi fattori esterni (complessità esterna), cioè una lunga lista di richieste del mercato. Per colmare queste aspettative del cliente, un prodotto provoca certo grado di complessità nella catena del valore dell'azienda (complessità interna). Questi due aspetti fondamentali del complexity management forniscono le due dimensioni che si trovano nel centro della fase del product complexity assessment. Delle appropriate semplificazioni per descrivere complessità interna ed esterna sono:

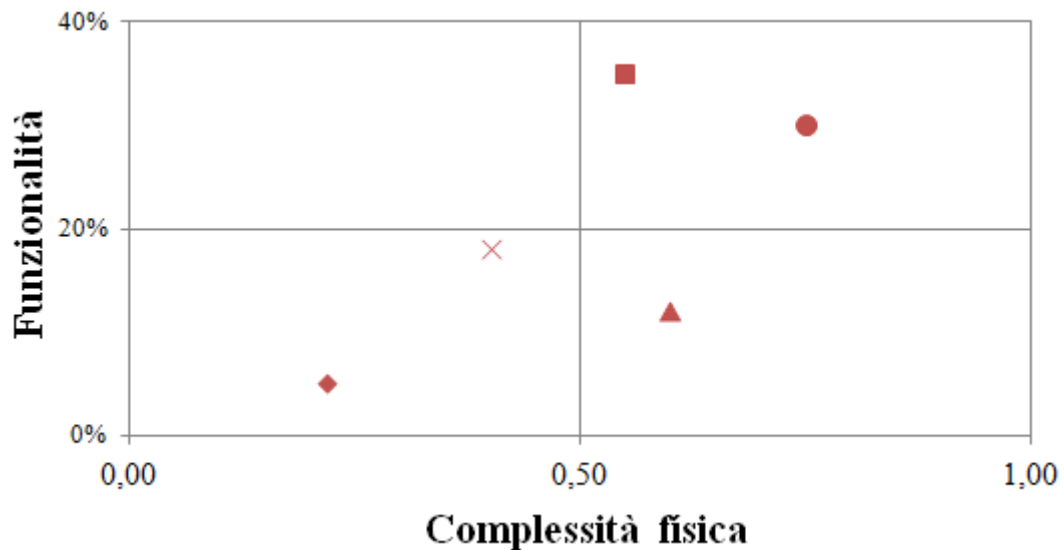
-La complessità esterna si ridurre alla *funzionalità* dei componenti del prodotto, quello che rifletta le esigenze del cliente.

-La complessità interna è rappresentata per il grado de *complessità fisica* dei componenti del prodotto.

Funzionalità e complessità fisica sono state scelte perchè entrambe forniscono una descrizione molto semplificata (e quindi facile di usare) di complessità interna ed esterna, riflettendo gli elementi essenziali. Questi due aspetti sono stati selezionati per due motivi principali. Prima, la funzionalità è basata nella procedura descritta come “target costing”, una procedura molto usata nell’industria. Secondo, la definizione di complessità fisica ha le sue radici nella teoria dei sistemi, è così el modello ha una base teorica.

Con i dati della funzionalità e con i dati della complessità fisica si può disegnare la matrice della complessità. Questo modello si basa nella valutazione dei componente che costituiscono il prodotto che si sta analizzando. Il contributo di ogni componente alla funzionalità del prodotto e il grado di complessità fisica sono calcolati quantitativamente. Quando si hanno fatto tutti i calcoli, tutti i componenti possono essere messi facilmente nella loro posizione specifica all’interno della matrice della complessità.

Figura 3: Matrice della complessità.



2.3.2. Quantificazione della funzionalità

L'asse verticale della matrice della complessità misura il contributo di tutti i componenti alla funzionalità globale del prodotto. Una percentuale è assegnata a ogni componente, che rifletta il suo contributo relativo. La somma di tutte le percentuali dei componenti è ovviamente il 100 per cento. Ma il punto di partenza per la valutazione della funzionalità di ogni componente è la struttura delle funzionalità del prodotto, che riassume quello che il prodotto deve fare dal punto di vista del cliente. Trovare tutte le funzioni rilevanti e assegnare il valore percentuale di ognuna è un compito difficile da realizzare. Per farlo quello più semplice si deve chiedere a un responsabile dell'azienda quali sono le funzionalità che dovrebbe aver il prodotto e la rilevanza di ognuna con rispetto alle altre. Si dovrebbe fare questo con diversi responsabili per avere una visione più vicina alla realtà. Se si tiene conto di quello che pensano i cliente sarebbe meglio. Partendo dalla base che questo è molto complesso di fare si assume come una buona approssimazione la informazione che da un responsabile dell'azienda. Per spiegare in un modo più chiaro come è la procedura si usa ad esempio un cassettiere (prodotto e dati usati inventati) con 3 cassetti che sono nella parte frontale del cassettiere, 2 appendiabiti nella parte laterale e uno specchio su la struttura del cassettiere. Le funzionalità che deve avere questo prodotto sono nella tabella 1 con i loro pesi percentuali di importanza.

Figura 4: Cassettiere con i suoi componenti

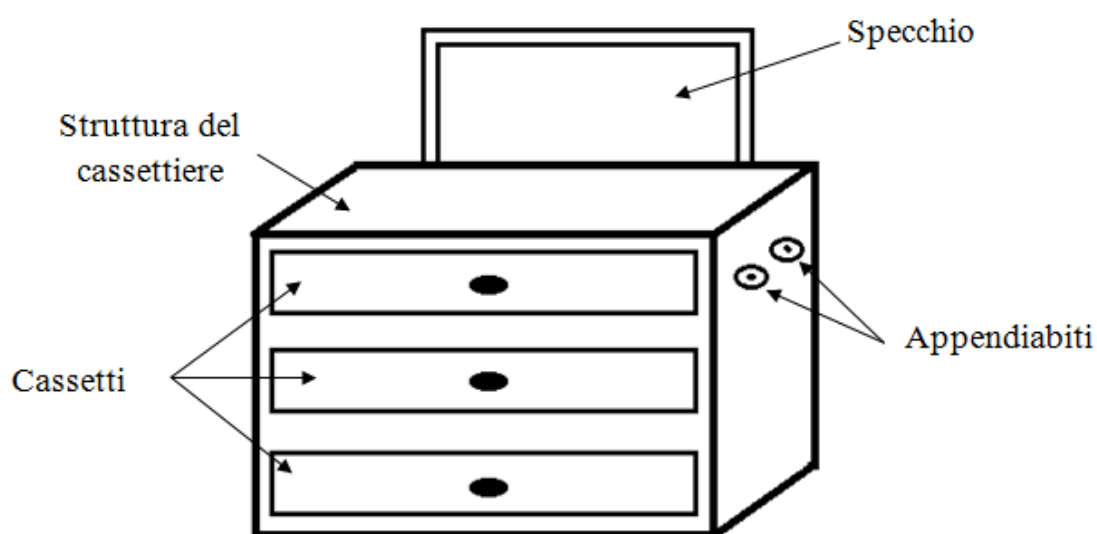


Tabella 1: Peso percentuale di ognuna funzionalità del cassettiere.

Funzionalità	Percentuale
Conservazione	40%
Resistenza e rigidità	30%
Estetica	20%
Funzioni di specchio	10%
Totale	100,00%

La funzionalità *conservazione* fa riferimento alla quantità (volume) di conservazione del prodotto. La *resistenza e la rigidità* di solito è una delle funzionalità del prodotto più importante perchè, senza questa, non si potrebbe colmare la maggior parte delle altre funzionalità. L'*estetica* è connessa con il disegno e in questo caso non è l'aspetto più importante (questo dipende molto dall'azienda). Le *funzioni di specchio* ovviamente sono svolta da uno specchio e in questo caso è una funzionalità non molto principale.

Dopo si devono identificare che componenti fisici sono collegati a ogni funzionalità e valutare il peso percentuale dentro di queste (come quello di prima questo si deve chiedere a un responsabile dell'azienda, questo è più intuitivo sapendo come sta disegnato e come funziona il prodotto, ma è meglio che questi dati siano forniti per l'azienda). I componente fisici del cassettiere sono la struttura del cassettiere, i cassetti, gli appendiabiti e lo specchio e nella tabella 2 si vedono i rispettivi pesi in ogni funzionalità.

Tabella 2: Peso percentuale che hanno i componenti fisici dentro di ognuna delle funzionalità del cassettiere.

	Struttura del cassettiere	Cassetti	Appendiabiti	Specchio	Totale
Conservazione	5%	85%	10%	0%	100%
Resistenza e rigidità	80%	10%	10%	0%	100%
Estetica	15%	50%	20%	15%	100%
Funzioni di specchio	0%	0%	0%	100%	100%

Si osserva come para la conservazione i componenti più importanti sono i cassetti per quello di avere più spazio per conservare. Per la resistenza e rigidità la struttura del cassettiere è il componente principale perchè deve sopportare il peso del resto di componenti e quello ha abbiano dentro di loro. Per la estetica si vedrà più avanti del modello perchè i cassetti sono i componenti con il percentuale più alto. E nelle funzioni di specchio lo specchio è l'unico componente che la svolge.

Con tutti questi dati si può disegnare la tabella che da il peso percentuale della funzionalità dei componenti fisici del prodotto. Attraverso la tabella 3 si vede che i componenti più importanti per colmare le funzionalità sono i cassetti e dopo la struttura, e si osserva che il percentuale degli appendiabiti e lo specchio è piccolo rispetto agli altri componenti.

Tabella 3: Peso percentuale che hanno i componenti fisici dentro dell'insieme delle funzionalità del prodotto.

	Struttura del cassettiere	Cassetti	Appendiabiti	Specchio	Totale
Conservazione	2%	34%	4%	0%	40%
Resistenza e rigidità	24%	3%	3%	0%	30%
Estetica	3%	10%	4%	3%	20%
Funzioni di specchio	0%	0%	0%	10%	10%
Totale	29%	47%	11%	13%	100%

2.3.3. Quantificazione della complessità fisica

2.3.3.1. Introduzione

Quello che si fa in questo punto è indentificare il peso di ogni componente del prodotto sull'asse orizzontale della matrice di complessità, che corrisponde al asse complessità fisica. Prima di arrivare a questi risultati di grado di complessità di tutti i componenti si devono passare diversi passi. Prima di tutto si devono identificare i quattro dimensioni della complessità di qualsiasi sistema: il numero di parti di ogni componente, il numero di varianti, il numero di interfacce con gli altri componenti e il numero di varianti di ognuna interfaccia.

2.3.3.2. Numero di parti e numero di varianti dei componenti

Un presupposto necessario per valutare tutti i componenti di un prodotto in relazione alla loro contribuzione alla complessità fisica del prodotto è una chiara comprensione della varietà del prodotto. Attraverso una matrice attributi-valori, gli attributi di un prodotto sono, se si usa l'esempio del prodotto inventato per spiegare il modello, il colore, il materiale, lo specchio e gli appendiabiti, e i valori in questo caso sarebbero i diversi tipi di colori e di materiali, se c'è lo specchio o non, e se ci sono gli appendiabiti o non. La matrice attributi-valori è un metodo semplice ed effettivo per riassumere tutte le possibili varianti di un prodotto. Se prende il numero di varianti di un attributo se moltiplica per il numero di varianti del prossimo attributo e alla stessa volta questo numero per il numero di varianti del attributo che va dopo e così fino a farlo con tutti gli attributi. Questo sarebbe il numero massimo di varianti di questo prodotto se si possono combinare tutte le varianti degli elementi, ma nella realtà quasi sempre l'azienda non offrono tutte le varianti dei prodotti per quello alcuni valori degli attributi solo possono essere combinati con specifici valori di altri attributi, nel caso del cassettiere il colore trasparente solo può essere combinato con il materiale di plastica e il resto di colori solo con i materiali di legno e di metallo. Il numero massimo di varianti del cassettiere sarebbero $5 \times 3 \times 2 \times 2 = 60$, ma solo si offrono 30 varianti agli utenti.

Tabella 4: Matrice Attributi-Valori

Attributi	Valori				
Colore	Bianco	Rosso	Verde	Giallo	Trasparente
Materiale	Legno	Metallo	Plastica		
Specchio	Senza lo specchio	Con lo specchio			
Appendiabiti	Senza gli appendiabiti	Con gli appendiabiti			

Anche per quantificare la complessità fisica si deve aggiungere un altro concetto per essere meglio in grado di analizzare la varietà e il numero di parti di un prodotto.

Questo concetto è definire il tipo di componente a seconda come si offre nel prodotto. I componenti possono essere standardizzati, variabili, opzionali ed opzionali variabili. I *componenti standardizzati (S)* sono quelli che sono usati in tutte le varianti del prodotto nella stessa forma standardizzata, per il caso del cassettiere sarebbe il componente che corrisponde alla struttura del cassettiere perchè in tutte le varianti è sempre la stessa struttura. I *componenti variabili (V)* sono componenti che anche si usano in tutte le varianti ma non con la stessa forma, nel esempio che si usa sono i cassetti perchè ci sono in tutte le varianti del prodotto ma non della stessa forma, possono essere di diversi materiali e di diversi colori. I *componenti opzionali (O)* possono essere aggiunti ma non si utilizzano in tutte le varianti, il elemento opzionale del cassetto sarebbe lo specchio perchè non lo hanno tutte le varianti e solo c'è un tipo di specchio. I *componenti opzionali variabili (VO)* sono componenti opzionali che solo sono usati in una singola version (o almeno non in tutte le varianti) del prodotto, nell'esempio sono i appendiabiti perchè non ci sono in tutte le varianti del prodotto e possono essere di tre colori diversi.

Figura 5: Classificazione componenti.

Variabilità	Modificati	V	VO
	Uguale	S	O
		Sempre	A volte
		Frecuenza	

Dopo di aver identificato gli attributi, i valori di questi attributi, i diversi componenti del prodotto e di che tipo sono, si può disegnare una tabella dove si c'è una colonna con i componente, una con il tipo di componente, un'altra con il numero di parti di ogni componente, una colonna con il numero di varianti di ogni componente ed un'ultima con in cui si mette il attributo (o i attributi) per il quale ci sono questo numero di varianti del componente. La tabella che si vede è quella del cassettiere che si sta usando

come esempio per spiegare questa parte del modello. Se vede che a volte un attributo si può chiamare uguale a un componente.

Tabella 5: Lista di componenti del cassettiere con le loro corrispondenti caratteristiche.

Componente	ID	Numero di parti	Numero di varianti	Dipende del attributo
Struttura cassettiere	S	1	1	-
Cassetti	V	3	9	Colore, Materiale
Specchio	O	1	2	Specchio
Appendiabiti	VO	2	4	Colore, Appendiabiti

Come si vede nella tabella tutti i dati che si hanno detto prima del cassettiere ci sono, e anche si deve aggiungere informazione per poter capire bene la tabella. È un cassettiere con 3 cassetti che si offrono in 9 varianti: 4 in legno con tutti i colori descritti nella matrice attributi-valori tranne il trasparente, 4 in metallo con gli stessi colori che in legno e una variante in plastica in colore trasparente. Lo specchio è opzionale in tutte le varianti del prodotto ma sempre è lo stesso specchio, per quello ci sono due varianti: una con lo specchio e l'altra senza lo specchio. Le appendiabiti sono 2 e ci sono 4 varianti, tutte le varianti sono dello stesso materiale ma in colore bianco, rosso, verde o come è opzionale possono non essere (questa è la quarta variante).

In alcuni casi, i valori delle dimensione della complessità, numero di parti e numero di varianti, di un componente sono molto grandi con rispetto ai valori di altri componenti. Comunque questi valori eserciterebbero un'influenza sproporzionata sulla matrice della complessità se fossero presi come base per i calcoli della complessità fisica. Pertanto, il logaritmo in base dieci viene usato in questi casi per moderare le grandi differenze. Così, un componente con molte varianti si vede sul modello che rimane essendo un componente con molti variabili con rispetto agli altri, il vantaggio è che tali componenti non hanno una coordinata nella complessità fisica eccessivamente elevata.

2.3.3.3. Numero di interfacce e numero di varianti di interfaccia dei componenti

Finora, due delle quattro dimensioni con che si vuole misurare la complessità si hanno calcolato in tutti i componenti: numero di parti e numero varianti. Gli altri due dimensioni della complessità fisica sono il numero di interfacce e il numero di varianti di interfaccia. Per l'analisi delle interfacce si userà una matrice di disegno della struttura (DSM, che viene di *design structure matrix*).

Un matrice di disegno della struttura (DMS) è una matrice quadrata con gli stessi titoli o valori sia nelle righe sia nelle colonne, cioè la prima riga è uguale alla prima colonna, la seconda riga è uguale alla seconda colonna e così con tutte le righe e le colonne della matrice. Il DMS può essere usato in diversi contesti ma nel contesto che si usa qua è quello della architettura del prodotto.

Quando si fa una grafica della struttura di un prodotto, se il prodotto è semplice si può capire bene come è strutturato e come funziona ma per un prodotto con una architettura complessa forse non si capisce bene e con il DMS si risolve questo problema perchè con questa matrice si capisce bene la architettura e funzionamento di prodotti complessi e con molto parti intrecciate.

Anche con il DMS non c'è un modo unico per compilare le cellule, con il metodo che si applicherà in questo modello le cellule avranno due numeri ognuna o saranno vuote. Quelle che sono vuote vogliono dire che non c'è nessuna interfaccia tra i componenti (sono quelli che si corrispondono con la stessa colonna e la stessa riga che la cella). Se una cella ha due numeri, il primo fa riferimento al numero di interfacce che ci sono tra i componenti che relaziona questa cella e il secondo indica il numero di varianti delle interfacce di prima.

Tabella 6: DMS del cassettiere.

	Struttura del cassettiere	Cassetti	Specchio	Appendiabiti
Struttura del cassettiere		3;6	1;1	2;2
Cassetti	3;6			
Specchio	1;1			
Appendiabiti	2;2			

Nel caso del cassettiere l'unico componente che interagisce con el resto è la struttura del cassettiere, per quello le celle delle relazioni tra gli altri componenti sono nulle. La struttura agisce con i tre cassetti y ha due opzioni in ognuno (3;6), con lo specchio sarebbe solo uno e sarebbe fisso (1;1) e con gli appendiabiti sarebbero due e anche fissi (2;2).

Dopo a questa tabella si aggiungono tre colonne. La prima son i numeri di interfacce, e il numero di ogni cella di questa colonna è il numero di interfacce del componente della riga corrispondente con rispetto a tutti i componenti, per quello si compila come la somma di tutti i primi numeri di tutte le celle della sua riga, e lo stesso con tutte le righe. La seconda colonna sono i varianti di interfacce, la procedura è la stessa che nella colonna di prima ma adesso con il secondo numero di ogni cella, quello che si ottiene in ogni cella è il numero di variante di interfaccia (o di interfacce se c'è più di una) nel componente corrispondente alla riga in cui è la cella con rispetto a tutte i componenti del prodotto. L'ultima colonna ha il numero medio di varianti di interfacce di ogni componente, e si ottiene dal rapporto tra il numero di varianti di interfacce e il numero di interfacce di ogni riga, cioè di ogni componente. Quando si facciano i calcoli della complessità fisica si usará il numero medio di varianti di interfacce invece di propriamente il numero di varianti di interfacce per la dimensione di numero di varianti di interfacce, per quello si potrà anche chiamare questa dimensione come numero medio di varianti di interfacce.

Tabella 7: DMS e dimensioni numero di interfacce e numero medio di varianti di interfacce dei componenti del cassettiere.

	Struttura del cassettiere	Cassetti	Specchio	Appendiabiti	Numero di interfacce	Numero di varianti di interfacce	Numero medio di varianti di interfacce
Struttura del cassettiere		3;6	1;1	2;2	6	9	1,5
Cassetti	3;6				3	6	2
Specchio	1;1				1	1	1
Appendiabiti	2;2				2	2	1

Come si ha detto prima per il numero di parti e il numero di varianti di un componente, in alcuni casi delle dimensione della complessità fisica, numero di interfacce e numero medio di varianti di interfacce, quando i valori sono molto grandi con rispetto ai valori di altri componenti si ottiene una matrice della complessità in cui i risultati di questi componenti hanno una influenza sproporzionata. Pertanto, per moderare queste grandi differenze viene usato il logaritmo in base dieci nei valori delle due dimensioni. Così non hanno una coordinata nella complessità fisica eccessivamente elevata ed ancora si vede sulla matrice che è (o che sono) un componente (o componenti) con molto varianti con rispetto agli altri.

2.3.3.4. Calcolo della complessità fisica

Adesso si hanno i valori delle quattro dimensioni, per ogni componente, che si vogliono per calcolare la complessità fisica. Per poter vederlo di un modo più semplice si disegna una tabella in cui si confrontano i componenti e le quattro dimensioni della complessità, e si calcolano i numeri massimi delle dimensioni (numero di parti, numero di varianti, numero di interfacce, numero medio di varianti di interfacce).

Tabella 8: Dimensioni della complessità dei componenti del cassettiere.

Componente	ID	Numero di parti	Numero di varianti	Numero di interfacce	Numero medio di varianti di interfacce
Struttura del cassettiere	S	1	1	6	1,5
Cassetti	V	3	9	3	2
Specchio	O	1	2	1	1
Appendiabiti	VO	2	4	2	1
		$N_{e,max}$	$V_{e,max}$	$N_{r,max}$	$V_{ravg,max}$
		3	9	6	2

La complessità fisica si può calcolare con questa equazione (**equazione 1.**):

$$C_i = \alpha \cdot \frac{N_{e,i}}{N_{e,max}} + \beta \cdot \frac{V_{e,i}}{V_{e,max}} + \gamma \cdot \frac{N_{r,i}}{N_{r,max}} + \delta \cdot \frac{V_{ravg,i}}{V_{ravg,max}}$$

In cui:

C_i = complessità fisica del componente i.

$N_{e,i}$ = numero di elementi (parti) del componente i.

$N_{e,max}$ = numero di elementi (parti) di quel componente del prodotto che abbia il maggior numero di parti.

$V_{e,i}$ = varietà (numero di varianti) del componente i.

$V_{e,max}$ = varietà (numero di varianti) di quel componente che abbia il maggior numero di varianti.

$N_{r,i}$ = numero di interfacce del componente i.

$N_{r,max}$ = numero di interfacce di quel componente che abbia il maggior numero di interfacce.

$V_{ravg,i}$ = numero medio di varianti di interfacce del componente i.

$V_{ravg,max}$ = numero medio di varianti di interfacce di quel componente che abbia il maggior numero medio di varianti di interfacce.

I quattro coefficienti α , β , γ e δ sono coefficienti di ponderazione. Si usano con la finalità di che tutti le dimensioni abbiano la stessa importanza nel momento di valutare la complessità fisica.

Prima di calcolare questi coefficienti è utile fare una tabella in cui si vede i valori di

$N_{e,i}$, $\frac{N_{e,i}}{N_{e,max}}$, $V_{e,i}$, $\frac{V_{e,i}}{V_{e,max}}$, $N_{r,i}$, $\frac{N_{r,i}}{N_{r,max}}$, $V_{ravg,i}$ e $\frac{V_{ravg,i}}{V_{ravg,max}}$ con rispetto a ogni componente del prodotto.

Tabella 9: Rapporto tra ogni dimensione e il suo numero massimo dei componenti del cassettiere.

Componente	$N_{e,i}$	$\frac{N_{e,i}}{N_{e,max}}$	$V_{e,i}$	$\frac{V_{e,i}}{V_{e,max}}$	$N_{r,i}$	$\frac{N_{r,i}}{N_{r,max}}$	$V_{ravg,i}$	$\frac{V_{ravg,i}}{V_{ravg,max}}$
Struttura del cassettiere	1	0,33333333	1	0,11111111	6	1	1,5	0,75
Cassetti	3	1	9	1	3	0,5	2	1
Specchio	1	0,33333333	2	0,22222222	1	0,16666667	1	0,5
Appendiabiti	2	0,66666667	4	0,44444444	2	0,33333333	1	0,5

E poi si calcola:

$$F_{1,avg} = \frac{\sum \frac{N_{e,i}}{N_{e,max}}}{\text{numero di componenti}} \quad \text{equazione 2}$$

$$F_{2,avg} = \frac{\sum \frac{V_{e,i}}{V_{e,max}}}{\text{numero di componenti}} \quad \text{equazione 3}$$

$$F_{3,avg} = \frac{\sum \frac{N_{r,i}}{N_{r,max}}}{\text{numero di componenti}} \quad \text{equazione 4}$$

$$F_{4,avg} = \frac{\sum \frac{V_{ravg,i}}{V_{ravg,max}}}{\text{numero di componenti}} \quad \text{equazione 5}$$

In cui:

$F_{1,avg}$ = viene dal rapporto tra la somatoria di $\frac{N_{e,i}}{N_{e,max}}$ e il numero di componenti del prodotto.

$F_{2,avg}$ = viene dal rapporto tra la somatoria di $\frac{V_{e,i}}{V_{e,max}}$ e il numero di componenti del prodotto.

$F_{3,avg}$ = viene dal rapporto tra la somatoria di $\frac{N_{r,i}}{N_{r,max}}$ e il numero di componenti del prodotto.

$F_{4,avg}$ = viene dal rapporto tra la somatoria di $\frac{V_{ravg,i}}{V_{ravg,max}}$ e il numero di componenti del prodotto.

Tabella 10: Valori medi delle dimensioni del cassettiere.

$F_{1,avg}$	$F_{2,avg}$	$F_{3,avg}$	$F_{4,avg}$
0,583333333	0,444444444	0,5	0,6875

Si define n_{cd} come il numero di dimensioni di complessità (in questo modello si hanno usato quattro, pertanto il valore è quattro) e la sua inversa si define come w_{cd} .

Con i dati che si hanno non si possono calcolare i coefficienti di ponderazione ma si i coefficienti α' , β' , γ' e δ' .

$$\alpha' = \frac{w_{cd}}{F_{1,avg}} \quad \text{equazione 6}$$

$$\beta' = \frac{w_{cd}}{F_{2,avg}} \quad \text{equazione 7}$$

$$\gamma' = \frac{w_{cd}}{F_{3,avg}} \quad \text{equazione 8}$$

$$\delta' = \frac{w_{cd}}{F_{4,avg}} \quad \text{equazione 9}$$

Con questi dati già si possono calcolare i coefficienti di ponderazione, sapendo che la somma di loro è uguale a uno ($\alpha + \beta + \gamma + \delta = 1$ **equazione 10**) e con le seguenti equazioni:

$$\alpha = \frac{\alpha'}{\alpha' + \beta' + \gamma' + \delta'} \quad \text{equazione 11}$$

$$\beta = \frac{\beta'}{\alpha' + \beta' + \gamma' + \delta'} \quad \text{equazione 12}$$

$$\gamma = \frac{\gamma'}{\alpha' + \beta' + \gamma' + \delta'} \quad \text{equazione 13}$$

$$\delta = \frac{\delta'}{\alpha' + \beta' + \gamma' + \delta'} \quad \text{equazione 14}$$

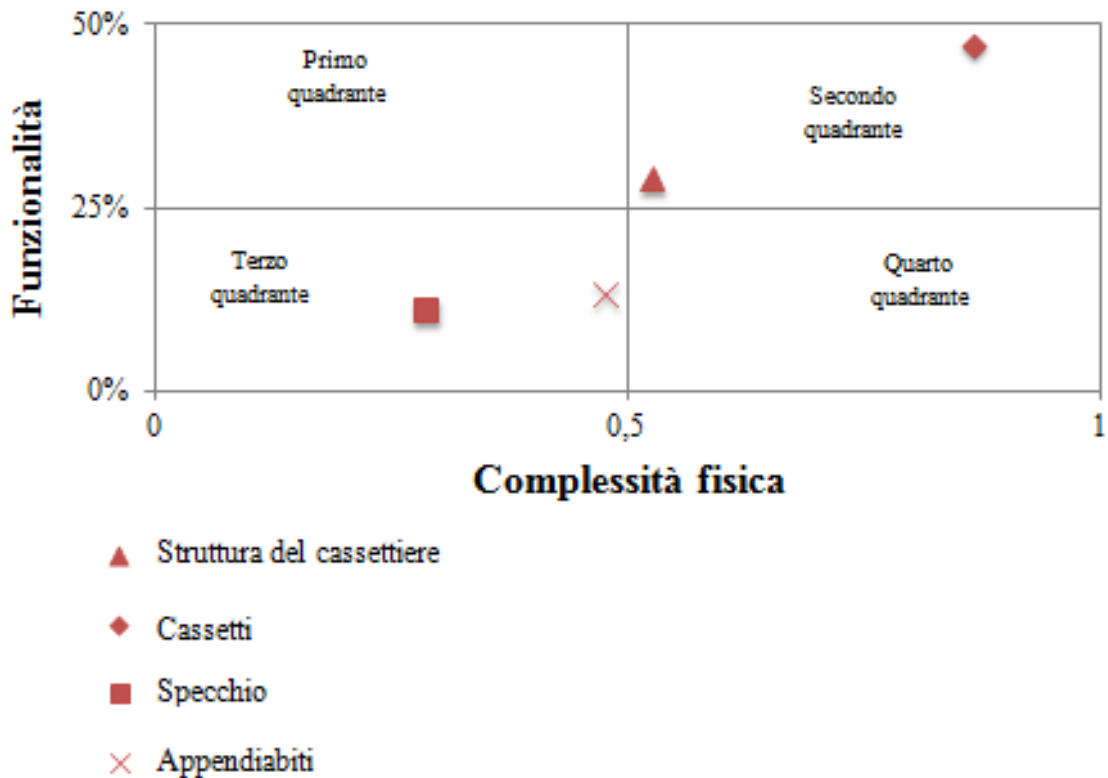
2.3.4. Matrice della complessità

A questo punto si hanno tutte le variabili che servono per calcolare la complessità fisica di tutti i componenti attraverso la equazione 1. Pertanto si fa una tabella con i dati della funzionalità e della complessità fisica di tutti i componente per dopo poter disegnare la matrice funzionalità-complessità fisica.

Tabella 11: Funzionalità e complessità fisica dei componenti del cassettiere.

Componente	Funzionalità	Complessità fisica
Struttura del cassettiere	29%	0,5273523
Cassetti	47%	0,86520788
Specchio	11%	0,28738147
Appendiabiti	13%	0,47673231

Figura 6: Matrice Funzionalità-Complessità fisica del cassettiere.



2.4. Analisi dei risultati

Attraverso di dati che si hanno ottenuto nei punti precedenti si fa un'analisi del prodotto. Prima si identificano le quattro quadranti nella matrice della complessità fisica (come si vede nella figura 6) e si osserva dove sono i diversi punti corrispondenti ai diversi componenti del prodotto. I criteri per delimitare i confini nei diversi quadranti sono questi:

-La funzionalità massima per passare del terzo al primo quadrante e del quarto al secondo quadrante viene del rapporto tra il 100% e il numero di componenti.

-La complessità fisica massima per passare del primo al secondo quadrante e del terzo al quarto quadrante viene impostata come 0,5.

A seconda di dove sono si può dire se sono d'accordo con la strategia dell'impresa con rispetto al prodotto o se questo componente deve essere modificato per adattarsi alla strategia richiesta. Le caratteristiche che hanno ogni quadrante si dicono di seguito:

-Quadrante 1: I componenti di questo quadrante sono molto importanti per i clienti poiché aggiungono un alto livello di funzionalità del prodotto. Allo stesso tempo, provocano un grado relativamente basso di complessità nel prodotto. Questi componenti rappresentano il caso ideale (una grande soddisfazione per la complessità marginale). La ricerca empirica dimostra che i componenti raramente si verificano in questo quadrante.

-Quadrante 2: I componenti del quadrante 2 sono (proprio come i componenti del quadrante 1) molto importante dal punto di vista del cliente. Tuttavia, sono fonte di notevole complessità. Perché forniscono un alto grado di funzionalità, questi componenti sono "permesso" a causare la loro quota di complessità. I risultati empirici mostrano che praticamente tutte i componenti con alta funzionalità si trovano in questo quadrante. Sono questi componenti che si trovano qui i principali responsabili dell'attrattività del prodotto nel mercato.

-Quadrante 3: È il quadrante più basso a sinistra nella matrice della complessità. I componenti che si trovano qua non contribuiscono molto alla funzionalità e neanche alla complessità fisica. Questi componenti spesso non ricevono molta attenzione da parte dei clienti e normalmente rappresentano moduli standardizzati del prodotto. Devono essere effettivamente visto come spina dorsale del prodotto. Questo non significa che tutti componenti standardizzati di un prodotto si trovano qua e che questo quadrante non abbia componenti che non siano standardizzati.

-Quadrante 4: I componenti del quadrante inferiore destro non forniscono la funzionalità, ma anche sono la causa di un elevato grado di complessità fisica del prodotto. Ovviamente, questi componenti devono essere la fonte di grande preoccupazione e, di conseguenza, questi componenti devono ricevere la maggiore attenzione per ottimizzare l'architettura del prodotto. Spesso si usano componenti che comportano una alta complessità e che non riflettono un corrispondente vantaggio per il cliente, si deve attuare per ottenere altri componenti sostitutivi che non si incontrano in questo quadrante.

Pertanto, come regola generale si arriva alla conclusione di che un prodotto per avere successo deve avere la maggior parte di suoi componenti nei quadranti due e tre (nel uno sarebbe meglio ma è molto difficile), quello più normale è che almeno un componente sia nel quarto quadrante e sia difficile realizzare azioni per metterlo nel secondo o terzo perchè ha parte di colpa della posizione del resto dei componenti, ma questo componente (o componenti) deve avere una funzionalità superiore ai componenti che hanno di meno funzionalità. Tornando al resto dei componenti, il grado di quanti componenti devono essere in un quadrante o nell'altro dipende della strategia dell'impresa come si ha detto prima.

CAPITOLO 3: Casi di studio

3.1. Introduzione

La ricerca effettuata in questo lavoro si basa in tre casi di studio. Lo scopo di questi casi è analizzare se la strategia dell'impresa si corrisponde con il prodotto che offre. Se non è così si possono identificare gli elementi critici. E si può dare un'idea di come si deve agire per risolvere questa criticità. Il modello del complexity management si applica ai seguenti prodotti:

-Scrivania MICKE

-Sedia da ufficio NOMINELL

-Sedia da ufficio VOLMAR

3.2. Profilo e strategia dell'azienda: IKEA

IKEA è un'azienda multinazionale di origine svedese del mondo dell'arredamento fondata nel 1943. L'impresa vende suoi prodotti in più di 40 paesi in 5 continenti. Dal inizio fino attualmente ha sofferto diversi cambiamenti nella politica di vendite dell'impresa. Attualmente, i prodotti di IKEA sono smontati per poter essere messi in scatole più compatte e occupare così meno spazio. Questo fornisce all'impresa un risparmio nella distribuzione (soprattutto dalla fabbrica ai negozi, perchè i clienti possono portarsi i prodotti direttamente dal negozio) e nel montaggio (perchè direttamente non lo fanno, i prodotti si vendono smontati). Tutti i prodotti, con le loro varianti, non si vendono in tutti i paesi, ma la maggior parte sì, il catalogo è più o meno lo stesso in tutti i paesi. I negozi del IKEA si trovano fuori delle città perchè sono ampi e anche implica un risparmio che se fossero dentro la città, per quello hanno molto spazio per poter parcheggiare.

Centrandosi più nella strategia, e facendo riferimento agli aspetti che si hanno detto nella parte di strategia del modello di complexity management, IKEA vende prodotti a prezzi più bassi che la concorrenza e per poter fare quello utilizza componenti

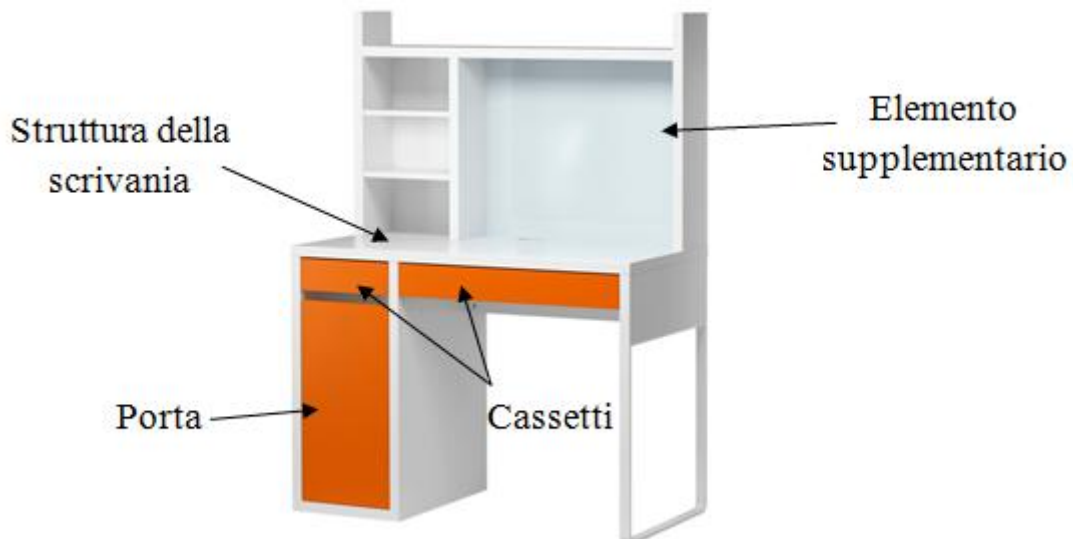
standardizzati nella diverse gamma di prodotti. Anche nella propria parte della fabbricazione la strategia scelta è la di standardizzare, i prodotti che IKEA offre sono semplice (anche perchè devono occupare poco spazio e il suo montaggio deve essere semplice) nel senso della complessità fisica, questo è proprio di questo tipo d'impresa che vende i suoi prodotto in massa. Ma anche aggiunge molti varianti a prodotti altamente standardizzati e con quello si da una visione di personalizzazione nei prodotti. Il marchio IKEA non è visto come un marchio per il che si deva pagare molto, ma la sua relazione qualità-prezzo è considerata buona per i clienti, è un'altra ragione dei prezzi bassi in suoi prodotti.

3.3. Caso MICKE

3.3.1. Presentazione del prodotto

Il primo prodotto che si vuole analizzare è la scrivania MICKE. Nel seguente grafico si osserva il prodotto e i suoi diversi componenti.

Figura 7: Componenti della scrivania MICKE.



3.3.2. Applicazione del modello complexity management

Per applicare il modello a questo prodotto si usano la strategia dell'impresa che si ha mostrato prima e il punto corrispondente al product complexity assessment per poter dopo fare un'analisi dei risultati.

3.3.2.1. Product complexity assessment

Ora si devono calcolare la funzionalità e la complessità fisica di ogni componente del prodotto.

Funzionalità

Si deve compilare l'asse verticale della matrice della complessità, il quale misura il contributo di tutti i componenti alla funzionalità globale del prodotto. Come si ha detto prima una percentuale è assegnata a ogni componente, che rifletta il suo contributo relativo. La somma di tutte le percentuali dei componenti è ovviamente il 100 per cento. Attraverso dei dati forniti dall'azienda della struttura delle funzionalità del prodotto si ha che la scrivania MICKE deve avere le funzionalità: *spazio per lavorare, spazio per conservare, estetica, rigidità e resistenza al peso, nascondere gli oggetti riservati e raggiungibilità degli oggetti*. Nella tabella 12 si osserva il peso percentuale di ognuna funzionalità.

Tabella 12: Peso percentuale di ognuna funzionalità della scrivania MICKE.

Funzionalità	Percentuale
Spazio per lavorare	25,00%
Spazio per conservare	20,00%
Estetica	10,00%
Rigidità e resistenza al peso	25,00%
Nascondere gli oggetti riservati	10,00%
Raggiungibilità degli oggetti	10,00%
Totale	100,00%

Le due funzionalità più importanti nella scrivania sono lo *spazio per lavorare* e *rigidità e resistenza al peso*, è normale che sia così perchè una scrivania per definizione si usa per scrivere o leggere documenti, cioè lavorare con documenti, ovviamente, come per l'esempio del cassettiere, la funzionalità *rigidità e resistenza al peso* risulta sempre la più importante (in tutti i tipi di mobili). Successivamente troviamo tra le principali la funzionalità *spazio per conservare* che possiamo incontrare in moltissimi modelli di scrivanie. Le funzionalità restanti invece, si possono considerare tutte allo stesso livello di importanza, tra queste troviamo *l'estetica*, che in questa azienda deve risultare semplice; *nascondere gli oggetti riservati* in modo che i documenti, materiali etc, non siano visibili a tutti e rendere invece facilmente raggiungibili gli altri oggetti (*raggiungibilità degli oggetti*).

Dopo si passa ad identificare che componenti fisici sono collegati a ogni funzionalità e valutare il peso percentuale dentro di queste. I componenti fisici della scrivania MICKE sono la struttura della scrivania, i cassetti, l'elemento supplementario e la porta. Le relazioni con le funzionalità dette prima si vedono nella tabella 13.

Tabella 13: Peso percentuale che hanno i componenti fisici dentro di ognuna delle funzionalità del caso MICKE.

	Struttura della scrivania	Cassetti	Elemento supplementario	Porta	Totale
Spazio per lavorare	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
Spazio per conservare	40,00%	40,00%	20,00%	0,00%	100,00%
Estetica	25,00%	25,00%	25,00%	25,00%	100,00%
Rigidità e resistenza al peso	50,00%	25,00%	25,00%	0,00%	100,00%
Nascondere gli oggetti riservati	0,00%	50,00%	0,00%	50,00%	100,00%
Raggiungibilità degli oggetti	20,00%	0,00%	80,00%	0,00%	100,00%

Si osserva che per la funzionalità *spazio per lavorare* solo sta coinvolta la struttura della scrivania che è dove sta il tavolo. Nella funzionalità *spazio per conservare* i risultati vengono a seconda del spazio che per conservare i documenti (o altre cose) c'è sia nella struttura, sia nei cassetti e sia nell'elemento supplementario. Per l'*estetica* si valuta con la stessa importanza a tutti i componenti (come si vedrà tutti hanno diverse varianti). Nella funzionalità *rigidità e resistenza al peso* si hanno questi valori perchè la struttura della scrivania deve anche sopportare il peso dell'elemento supplementario e dei cassetti e quello che sia dentro di loro. La porta e i cassetti sono i componenti che partecipano nella funzionalità *nascondere gli oggetti riservati* e hanno le stesse percentuali perchè il volume di quello che possono nascondere è più o meno uguale. Nella funzionalità di *raggiungibilità degli oggetti* il componente che fornisce questa funzionalità è l'elemento supplementario e, in minor grado, la struttura della scrivania.

Con tutti questi dati si può disegnare la tabella che fornisce il peso percentuale de la funzionalità dei componenti fisici del prodotto.

Tabella 14: Peso percentuale che hanno i componenti fisici dentro dell'insieme delle funzionalità della scrivania MICKE.

	Struttura della scrivania	Cassetti	Elemento supplementario	Porta	Totale
Spazio per lavorare	25,00%	0,00%	0,00%	0,00%	25,00%
Spazio per conservare	8,00%	8,00%	4,00%	0,00%	20,00%
Estetica	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	10,00%
Rigidità e resistenza al peso	12,50%	6,25%	6,25%	0,00%	25,00%
Nascondere gli oggetti riservati	0,00%	5,00%	0,00%	5,00%	10,00%
Raggiungibilità degli oggetti	2,00%	0,00%	8,00%	0,00%	10,00%
Totale	50,00%	21,75%	20,75%	7,50%	100,00%

I risultati mostrano che il componente che ha il maggior peso percentuale nell'insieme di tutte le funzionalità è la struttura della scrivania, successivamente i cassetti e l'elemento supplementario hanno dei pesi percentuali di meno della metà che la struttura, e, per ultimo, la porta ha un valore basso nell'insieme delle funzionalità.

Complessità fisica

Ora che si sanno le coordinate del asse della funzionalità si devono determinare le coordinate del asse della complessità fisica. Pertanto si comincia a fare questo analisi disegnando la matrice attributi-valori. Per il caso delle scrivanie MICKE gli attributi sono il colore, e la esistenza o non di un elemento supplementario, come si vede nella tabella 15.

Tabella 15: Matrice Attributi-Valori della scrivania MICKE.

Attributi	Valori				
Colore	Bianco	Effetto betulla	Arancione	Marrone-nero	Verde
Elemento supplementario	Senza l'elemento supplementario	Con l'elemento supplementario			

In questo caso il numero massimo di varianti non sarebbe direttamente il numero di valori del attributo colore per il numero di valori del attributo elemento supplementario, perchè si hanno messo nello stesso attributo i possibili colori della porta (che sono 4) e cassetti, e i possibile colori della struttura della scrivania e dell'elemento supplementario (che sono 2). Pertanto in questo caso il numero massimo di varianti del prodotto sono $4 \times 2 \times 2 = 16$, ma solo si offrono 9 varianti ai clienti.

In un passo successivo, si deve fare un analisi di tutti gli componenti che costituiscono la scrivania. Per ogni componente si deve calcolare il valore delle quattro dimensioni della complessità: numero di parti, numero di varianti, numero di interfacce e numero di varianti di interfacce.

Allo scopo di identificare più facilmente queste dimensioni, prima si assegna la categoria di ogni componente (standardizzato, variabile, opzionale oppure opzionale variabile). La struttura della scrivania, i cassetti e la porta sono componenti variabili perchè sono in tutte le varianti del prodotto ma non nella stessa forma e il elemento supplementario e variabile opzionale perchè può essere o non essere nella scrivania e può avere più di una forma. Dopo, ogni componente (o parte del prodotto) può essere formato per diversi componenti più piccoli alla stessa volta, ma si considerano tutti un insieme perchè interagiscono insieme con gli altri componenti del prodotto. Nel caso della struttura della scrivania si hanno (tra tavole ed altri elementi) 13 parti diverse, nel cassetto 5 (e sono due, allora 10 parti in totale), nel elemento supplementario 7 e nella porta solo c'è una parte. E il numero di varianti di ogni componente si calcola attraverso dei diverse valori degli attributi che caratterizzano il componente. Nel caso caso MICKE ci sono 2 varianti del componente struttura della scrivania, 4 del cassetto, 3 del elemento supplementario e 4 della porta. Nella tabella 16 si capisce meglio tutto quello che si ha detto.

Tabella 16: Componenti della scrivania MICKE con le loro corrispondenti caratteristiche.

Componente	ID	Numero di parti	Numero di varianti	Dipende del attributo
Struttura della scrivania	V	13	2	Colore
Cassetti	V	10	4	Colore
Elemento supplementario	VO	7	3	Colore, Elemento supplementario
Porta	V	1	4	Colore

La classificazione per quanto riguarda alle dimensioni terza e quarta della complessità si basa sulla matrice del disegno della struttura (DMS). Con questo metodo si vede facilmente come interagiscono i componenti. Nel caso MICKE l'unico componente che

si collega con il resto è la struttura della scrivania. La porta con rispetto alla struttura può girare per aprirsi o per chiudersi (le due varianti di questa interfaccia) e ogni cassetto di un modo indipendente (per quello due interfacce) si può aprire o chiudere (2 varianti delle 2 interfacce, cioè 4 varianti di interfacce). Quando si ha fatto il DMS è facile calcolare le due dimensioni della complessità che mancano per sapere, solo si devono sommare tutte le interfacce di ogni componente e sommare il numero di varianti di interfacce di ogni componente. Come invece del numero di varianti di interfacce si userà il numero medio di varianti di interfacce questo numero si deve calcolare, e si fa come il rapporto tra numero di varianti di interfacce e numero di interfacce per ogni componente.

Tabella 17: DMS e dimensioni numero di interfacce e numero medio di varianti di interfacce dei componenti della scrivania MICKE.

	Struttura Scrivania	Cassetti	Elemento supplementario	Porta	Numero interfacce	Numero di varianti di interfacce	Numero medio di varianti di interfacce
Struttura della scrivania		2;4	1;1	1;2	4	7	1,75
Cassetti	2;4				2	4	2,00
Elemento supplementario	1;1				1	1	1,00
Porta	1;2				1	2	2,00

Dopo aver fatto i calcoli delle quattro dimensioni si disegna una tabella con queste dimensioni che sono quelli dati che servono per calcolare la complessità fisica di ogni componente.

Tabella 18: Dimensioni della complessità dei componenti della scrivania MICKE.

Componente	ID	Numero di parti	Numero di varianti	Numero interfacce	Numero medio di varianti di interfacce
Struttura della scrivania	V	13	2	4	1,75
Cassetti	V	10	4	2	2,00
Elemento supplementario	VO	7	3	1	1,00
Porta	V	1	4	1	2,00
		$N_{e,max}$	$V_{e,max}$	$N_{r,max}$	$V_{ravg,max}$
		13	4	4	2,00

Col numero massimo di ogni dimensione si calcola il rapporto tra il valore di un componente per una dimensione e il valore massimo di questa dimensione. Nella tabella 19 si vedono questi valori per il caso MICKE (con lo scopo di vedere meglio cosa è quello di ogni colonna si hanno usato abbreviazioni, che sono le stesse che si hanno usato per spiegare il metodo e pertanto i loro significati sono gli stessi di prima).

Tabella 19: Rapporto tra ogni dimensione e il suo numero massimo dei componenti della scrivania MICKE.

Componente	$N_{e,i}$	$\frac{N_{e,i}}{N_{e,max}}$	$V_{e,i}$	$\frac{V_{e,i}}{V_{e,max}}$	$N_{r,i}$	$\frac{N_{r,i}}{N_{r,max}}$	$V_{ravg,i}$	$\frac{V_{ravg,i}}{V_{ravg,max}}$
Struttura della scrivania	13	1	2	0,5	4	1	1,75	0,875
Cassetti	10	0,76923077	4	1	2	0,5	2,00	1
Elemento supplementario	7	0,53846154	3	0,75	1	0,25	1,00	0,5
Porta	1	0,07692308	4	1	1	0,25	2,00	1

Poi si calcolano i valori medi delle dimensioni della scrivania. Si usa la equazione 2, equazione 3, la equazione 4 e la equazione 5. Il numero di componenti del prodotto è 4 in questo caso.

Tabella 20: Valori medi delle dimensioni della scrivania MICKE.

$F_{1,avg}$	$F_{2,avg}$	$F_{3,avg}$	$F_{4,avg}$
0,59615385	0,8125	0,5	0,84375

Poi mediante la equazione 6, la equazione 7, la equazione 8 e la equazione 9 si calcolano i valori dei coefficienti α' , β' , γ' e δ' .

Tabella 21: Valori dei coefficienti α' , β' , γ' e δ' del caso MICKE.

α'	β'	γ'	δ'
0,42	0,31	0,50	0,30

Per ultimo con la equazione 10, la equazione 11, la equazione 12, la equazione 13 e la equazione 14 si ottengono i valori dei coefficienti di ponderazione α , β , γ e δ .

Tabella 22: Valori dei coefficienti di ponderazione del caso MICKE.

α	β	γ	δ
0,27528581	0,20198486	0,32822539	0,19450394

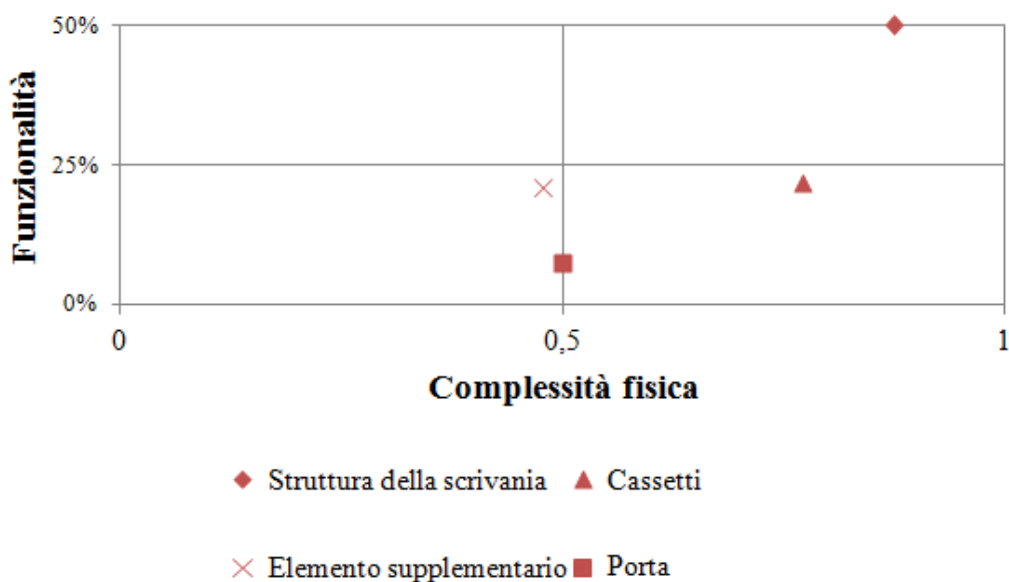
Finalmente per ottenere i valori della complessità fisica di ogni componente si usa la equazione 1. Adesso si fa una tabella in cui sono gli due aspetti (funzionalità e complessità fisica) che si vogliono sapere per applicare questo modello.

Tabella 23: Funzionalità e complessità fisica dei componenti della scrivania MICKE.

Componente	Funzionalità	Complessità fisica
Struttura della scrivania	50,00%	0,87469458
Cassetti	21,75%	0,77235981
Elemento supplementario	20,75%	0,47902778
Porta	7,50%	0,49972097

Con questi dati si realizza la matrice funzionalità-complessità fisica in cui si analizzano i risultati.

Figura 8: Matrice della complessità della scrivania MICKE.



3.3.2.2. Analisi dei risultati

Nella matrice si osserva come la struttura della scrivania si trova nel secondo quadrante con una complessità molto alta ma anche con una funzionalità elevatissima. L'elemento supplementario e la porta si trovano nel terzo vicino al quarto. Questo comporta che questi componenti sono d'accordo con la strategia dell'impresa perché ha due componenti nella zona più standardizzata (costi più bassi di fabbricazione) e una nella parte che offre più soddisfazione per il cliente, ma il costo è più alto. Quel componente che si deve analizzare più profondamente è il componente cassetti. Si osserva che alla stessa volta questo componente può essere due componenti diversi: cassetti 1 e cassetti 2. Usando la stessa procedura di prima ma con questa nuova scelta di componenti si arriva ai seguenti risultati:

Tabla 24: Funzionalità-complessità fisica della scrivania MICKE con i componenti modificati.

Componente	Funzionalità	Complessità fisica
Struttura della scrivania	50,00%	0,89429126
Cassetto 1	12,88%	0,54232563
Cassetto 2	8,88%	0,54232563
Elemento supplementario	20,75%	0,46381817
Porta	7,50%	0,44904168

Ancora i due cassetti si trovano nel quarto quadrante ma più vicini al terzo quadrante. Per il resto dei componenti gli risultati sono simili a quelli di prima. Come si ha detto prima quando si spiegava il modello, è normale vedere alcun o alcuni componenti in questo quadrante e non significa che il prodotto non sia d'accordo con la strategia di

standardizzare senza dimenticare la personalizzazione. Si potrebbe migliorare la complessità fisica dei cassetti riducendo il numero di parti ma questo forse non conviene all'impresa perchè il volume che occupa il prodotto nella scatola sarebbe maggiore e pertanto maggior costo di trasporto.

Quest'ultimo analisi di fare separatamente i cassetti è solo per vedere che la complessità fisica di ogni cassetto singolo è minore che se si considera come insieme, ma l'analisi principale è quello che si ha fatto considerando i cassetti come insieme perchè i cassetti che si offrono sono uguali (nell'architettura) e se si vuole che rimanga essendo così, nel momento di realizzare azioni di miglioramento si fanno alla stessa volta nelle due cassetti. Invece se l'impresa vuole considerare i cassetti separatamente deve sapere che una modificazione nella complessità fisica di un cassetto può significare una modificazione del valore della funzionalità delle cassetti (e può essere diversa in ogni cassetto).

3.4.Caso NOMINELL

3.4.1. Presentazione del prodotto

Il secondo prodotto che si analizza è la sedia da ufficio NOMINELL . Nel seguente grafico si osserva il prodotto e i suoi diversi componenti.

Figura 9: Componenti della sedia NOMINELL.



3.4.2. Applicazione del modello complexity management

All'uguale del caso MICKE, per applicare il modello a questo prodotto si usa la strategia dell'impresa che si ha mostrato prima e i dati che si otterranno col product complexity assessment per dopo poter fare un'analisi dei risultati.

3.4.2.1. Product complexity assessment

Ora si devono calcolare la funzionalità e la complessità fisica di ogni componente del prodotto.

Funzionalità

Si vogliono sapere i valori dell'asse verticale della matrice della complessità, cioè il contributo di tutti i componenti alla funzionalità globale del prodotto. Come nel altro caso si assegna una percentuale a ogni componente, che rifletta il suo contributo relativo. La somma di tutte le percentuali dei componenti deve essere il 100 per cento. Ma il punto di partenza para la valutazione della funzionalità di ogni componente è la struttura delle funzionalità del prodotto. Nelle sedie da ufficio NOMINELL la struttura della funzionalità è composta per *confortevolezza, estetica, flessibilità di movimenti, rigidità e resistenza al peso e stabilità*. Nella tabella 25 si possono vedere la percentuale di ogni funzionalità.

Tabella 25: Peso percentuale di ognuna funzionalità della sedia NOMINELL.

Funzionalità	Percentuale
Confortevolezza	20,00%
Estetica	10,00%
Flessibilità di movimenti	20,00%
Rigidità e resistenza al peso	25,00%
Stabilità	25,00%
Totale	100,00%

Con *confortevolezza* si intende la capacità di essere comodo nel momento in cui si è seduto. Per *estetica* e *rigidità e resistenza al peso* si fa riferimento alla stessa definizione usata nel caso MICKE. La funzionalità *flessibilità di movimenti* va associata alle diverse opzioni che si hanno nel momento in cui si è seduto sulla sedia (più alto o più basso, più indietro o più avanti, etc.). La *stabilità* fa riferimento alla capacità di non cadere con la sedia, nel momento in cui la persona seduta effettua degli spostamenti laterali o in avanti o indietro. La *rigidità e resistenza al peso* e la *stabilità* hanno le percentuali più alte perché senza queste non si può usare la sedia. Successivamente la *confortevolezza* e la *flessibilità di movimenti* sono le più importanti perché una sedia da ufficio deve avere libertà di movimenti alla stessa volta che deve essere comoda perché a chi va destinata passerà molto tempo seduto. Per ultimo quello meno importante è l'*estetica*, questo dipende dalla azienda e essendo IKEA l'impresa questa funzionalità ha importanza ma di meno che le altre.

Dopo si devono identificare che componenti fisici sono collegati a ogni funzionalità e valutare il peso percentuale dentro di queste.

Tabella 26: Peso percentuale che hanno i componenti fisici dentro di ognuna delle funzionalità della sedia da ufficio NOMINELL.

	Sedia parte superiore	Sedia parte inferiore	Elemento di collegamento	Asse	Ruote	Struttura delle ruote	Braccioli	Totale
Confortevolezza	40,00%	40,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	20,00%	100,00%
Estetica	40,00%	40,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	8,00%	100,00%
Flessibilità di movimenti	9,09%	9,09%	36,36%	18,18%	18,18%	9,09%	0,00%	100,00%
Rigidità e resistenza al peso	6,06%	18,18%	18,18%	18,18%	18,18%	18,18%	3,03%	100,00%
Stabilità	25,00%	25,00%	0,00%	25,00%	0,00%	25,00%	0,00%	100,00%

Nella *confortevolezza* i componenti che partecipano sono la parte superiore e inferiore della sedia e di meno i braccioli, per quello hanno queste percentuali. Nella *estetica* i

componenti principali sono la parte superiore e inferiore della sedia perchè, come si vedrà meglio avanti, sono le parti in cui si può scegliere il colore, anche i braccioli hanno una estetica più raffinata rispetto al resto di componenti della sedia. Le percentuali della funzionalità *flessibilità di movimenti* vanno a seconda del numero di movimenti/giri che possono fare: la parte superiore della sedia può girare davanti e indietro (con limiti) per quello ha un movimento; la parte inferiore della sedia lo stesso che la superiore, comunque un movimento; il elemento di collegamento è responsabile dei due giri di prima, anche gira sul asse della sedia e è responsabile, insieme al asse, di alzare o abbassare la sedia, ha 4 movimenti in totale; pertanto l'asse ha 2 movimenti, quelli che si hanno detto con il elemento di collegamento; la struttura delle ruote rispetto asse non fa nulla ma è collegata con le ruote che si girano rispetto alla struttura, cioè un movimento; per ultimo le ruote hanno il giro rispetto a la struttura e un altro giro delle proprie ruote, in totale due movimento. Questo significa che ci sono 11 movimenti in totale e per calcolare la percentuale di ogni componente solo si deve fare il rapporto tra il numero di movimenti del componente e 11 (movimenti totali). Così si arriva al risultato nel quale il componente con il peso percentuale più alto è il elemento di collegamento. Il modo di calcolare la percentuale di ogni componente della funzionalità *rigidità e resistenza al peso* è basato in che mentre una persona sia seduta la sedia deve essere capace di supportare tutto il peso di questa. A seconda del componente il peso sarà tutto o solo una parte del peso totale. La parte inferiore della sedia e ogni componente che sta sotto la parte inferiore della sedia (elemento di collegamento, asse, struttura ruote e ruote) devono supportare tutto il peso della persona. Al essere in posizione quasi verticale la parte superiore della sedia solo deve essere capace di supportare meno della metà del corpo della persona che è più o meno una terza parte del peso totale della persona (proporcione 1-3 rispetto ai componenti di prima). Per ultimo le braccioli devono essere capaci di supportare il peso dei bracci e il peso di parte della parte superiore del corpo per quello la proporcione per questa funzionalità rispetto al componente sedia parte superiore è di 1-2 e di 1-6 con rispetto al resto di componenti. Con queste proporzioni si hanno le percentuali che si vedono nella tabella 3.15.. Per la funzionalità *stabilità* si parte della base che i componenti che possono provocare che la sedia cada di lato sono la parte inferiore della sedia (perchè abbia una superficie troppo grande), l'asse (perche sia troppo lungo nel suo punto di lunghezza massima) e (la struttura delle ruote perche i bracci della struttura siano troppo corti). Questi componenti si devono dividere a parti uguali il 50% della funzionalità *stabilità*, l'altro

50% è per i componenti che possono provocare che la sedia cada per il lato di indietro che sono gli stessi di prima più la parte superiore della sedia che può essere più responsabile di questa caduta, per quello un 25% su 50% è per la parte superiore della sedia e il resto (25%) tra il resto dei componenti coinvolti.

Con tutti questi dati si può disegnare la tabella che da il peso percentuale de la funzionalità dei componenti fisici del prodotto.

Tabella 27: Peso percentuale che hanno i componenti fisici dentro dell'insieme delle funzionalità della sedia NOMINELL.

	Sedia parte superiore	Sedia parte inferiore	Elemento di collegamento	Asse	Ruote	Struttura delle ruote	Braccioli	Totale
Confortevolezza	8,00%	8,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	4,00%	20,00%
Estetica	4,00%	4,00%	0,30%	0,30%	0,30%	0,30%	0,80%	10,00%
Flessibilità di movimenti	1,82%	1,82%	7,27%	3,64%	3,64%	1,82%	0,00%	20,00%
Rigidità e resistenza al peso	1,52%	4,55%	4,55%	4,55%	4,55%	4,55%	0,76%	25,00%
Stabilità	6,25%	6,25%	0,00%	6,25%	0,00%	6,25%	0,00%	25,00%
Totale	21,58%	24,61%	12,12%	14,73%	8,48%	12,91%	5,56%	100,00%

I risultati danno come componente con maggior percentuale nell'insieme della funzionalità del prodotto alla parte inferiore della sedia, il secondo con una maggior percentuale e con un risultato quasi alla pari al componente parte superiore della sedia, e successivamente il resto tra un 8,48% e un 14,73%, tranne i braccioli con un 5,56%.

Complessità fisica

Ora che si sanno le coordinate del asse della funzionalità si determinarono le coordinate del asse della complessità fisica. Pertanto si comincia a fare questo analisi disegnando la matrice attributi-valori. Per il caso delle sedie NOMINELL gli attributi sono il colore e la esistenza o non degli braccioli nella sedia, come si vede nella tabella 28.

Tabella 28: Matrice Attributi-Valori della sedia NOMINELL.

Attributi	Valori							
Colore	Hult nero	Eslöv	Korndal blu	Korndal rosso	Blu	Nero	Fantasia	Rosso
Braccioli	Senza i braccioli	Con i braccioli						

In questo caso il numero massimo di varianti non sarebbe direttamente il numero di valori del attributo colore per il numero di valori del attributo braccioli, perchè si hanno messo nello stesso attributo i possibili colori della parte superiore della sedia (che sono 7) e i possibile colori della parte inferiore della sedia (che sono 6). Pertanto in questo caso il numero massimo di varianti del prodotto sono $7 \times 6 \times 2 = 84$, ma solo si offrono 7 varianti ai clienti.

In un passo successivo, si deve fare un analisi di tutti gli componenti che costituiscono la sedia. Per ogni componente si deve calcolare il valore delle quattro dimensioni della complessità.

Allo scopo di identificare più facilmente queste dimensioni, prima si assegna la categoria di ogni componente. L'elemento di collegamento (in cui sono le leve), l'asse, le ruote e la struttura delle ruote sono componenti standardizzati perchè si usano in tutte le varianti del prodotto sempre e anche sempre nella stessa forma, la parte superiore e inferiore della sedia sono componenti variabili perchè sono in tutte le varianti del prodotto ma non nella stessa forma ed i braccioli sono componenti opzionale perchè possono essere o non essere nella sedia ma se la sedia ha braccioli questi sempre saranno della stessa forma. Dopo, ogni componente (o parte del prodotto) può essere formato per diversi componenti più piccoli alla sua stessa volta, ma si considerano tutti

un insieme perchè interagiscono insieme con gli altri componenti del prodotto. Nel caso della parte superiore e inferiore della sedia, del elemento di collegamento e dell'asse della sedia hanno ogni componente solo una parte, ma il componente braccioli ha due parti, il componente ruote sono 5 ruote e pertanto 5 parti, e la struttura delle ruote ha 6 parti. Il numero di varianti di ogni componente si calcola attraverso dei diversi valori degli attributi che caratterizzano il componente. Nel caso caso NOMINELL ci sono 7 varianti del componente sedia parte inferiore, 6 del componente sedia parte inferiore, 2 del componente braccioli e del resto dei componenti solo c'è una variante, cioè sempre sono uguali. Nella tabella 29 si capisce meglio tutto quello che si ha detto.

Tabella 29: Componenti della sedia NOMINELL con le loro corrispondenti caratteristiche.

Componente	ID	Numero di parti	Numero di varianti	Dipende del attributo
Sedia parte superiore	V	1	7	Colore
Sedia parte inferiore	V	1	6	Colore
Elemento di collegamento	S	1	1	-
Asse	S	1	1	-
Ruote	S	5	1	-
Struttura delle ruote	S	6	1	-
Braccioli	O	2	2	Braccioli

La classificazione per quanto riguarda alle dimensioni terza e quarta della complessità si basa sulla matrice del disegno della struttura (DMS). Nel caso NOMINELL si osserva che l'elemento di collegamento si collega con i componenti sedia parte superiore, sedia parte inferiore e con l'asse. La struttura delle ruote si collega con le ruote e con l'asse ma con quest'ultimo in un punto diverso del punto in cui si collega con l'elemento di collegamento. I braccioli si collegano con la parte inferiore della sedia. La parte

superiore della sedia può girare davanti ed indietro rispetto al elemento di collegamento (le due varianti della interfaccia). La parte inferiore della sedia può fare lo stesso della superiore rispetto all'elemento di collegamento (cioè anche ha due varianti questa interfaccia). Grazie all'asse la sedia può alzarsi o abbassarsi (per tanto in una delle interfacce con l'elemento di collegamento ha due varianti e anche due della interfaccia con la struttura delle ruote) e anche può girare l'elemento di collegamento a destra o a sinistra (due varianti in questa interfaccia). Ognuna ruota può girare a destra o a sinistra rispetto alla struttura delle ruote (due varianti nella interfaccia di ogni ruota). I braccioli si collegano alla parte inferiore della sedia in due punti ma sono fissi (un variante per ogni interfaccia). Quando si ha fatto il DMS è facile calcolare le due dimensioni della complessità che mancano per sapere, solo si devono sommare tutte le interfacce di ogni componente e sommare il numero di varianti di interfacce di ogni componente. Si userà come ultima dimensione il numero medio de varianti di interfacce questo numero si calcola come il rapporto tra il numero di varianti di interfacce e il numero di interfacce per ogni componente.

Tabella 30: DMS della sedia NOMINELL.

	Sedia parte superiore	Sedia parte inferiore	Elemento di collegamento	Asse	Ruote	Struttura delle ruote	Braccioli
Sedia parte superiore			1;2				
Sedia parte inferiore			1;2				2;2
Elemento di collegamento	1;2	1;2		2;4			
Asse			2;4			1;1	
Ruote						5;10	
Struttura delle ruote				1;1	5;10		
Braccioli		2;2					

Tabella 31: Dimensioni numero di interfacce e numero medio di varianti di interfacce dei componenti della sedia NOMINELL.

Numero interfacce	Numero di varianti di interfacce	Numero medio di varianti di interfacce
1	2	2
3	4	1,33333333
4	8	2
3	5	1,66666667
5	10	2
6	11	1,83333333
2	2	1

Quando si hanno identificato e calcolato tutte le dimensioni della complessità si disegna una tabella solo con le dimensioni perchè dei dati e calcoli che si hanno fatto prima solo si usano questi nei prossimi passi e anche si identifica il numero massimo di ogni dimensione.

Tabella 32: Dimensioni della complessità dei componenti della sedia NOMINELL.

Componente	ID	Numero di parti	Numero di varianti	Numero di interfacce	Numero medio di varianti di interfacce
Sedia parte superiore	V	1	7	1	2
Sedia parte inferiore	V	1	6	3	1,333333333
Elemento di collegamento	S	1	1	4	2
Asse	S	1	1	3	1,666666667
Ruote	S	5	1	5	2
Struttura delle ruote	S	6	1	6	1,833333333
Braccioli	O	2	2	2	1
		$N_{e,max}$	$V_{e,max}$	$N_{r,max}$	$V_{ravg,max}$
		6	7	6	2

Col numero massimo di ogni dimensione si può calcolare il rapporto tra il valore di un componente per una dimensione e il valore massimo di questa dimensione, e così per i tutti componente e le tutte dimensioni. Nella tabella 33 (si hanno usato le abbreviazioni) si vedono questi valori per il caso NOMINELL.

Tabella 33: Rapporto tra ogni dimensione e il suo numero massimo dei componenti della sedia NOMINELL.

Componente	$N_{e,i}$	$\frac{N_{e,i}}{N_{e,max}}$	$V_{e,i}$	$\frac{V_{e,i}}{V_{e,max}}$	$N_{r,i}$	$\frac{N_{r,i}}{N_{r,max}}$	$V_{ravg,i}$	$\frac{V_{ravg,i}}{V_{ravg,max}}$
Sedia parte superiore	1	0,16666667	7	1	1	0,16666667	2	1
Sedia parte inferiore	1	0,16666667	6	0,857142857	3	0,5	1,33333333	0,66666667
Elemento di collegamento	1	0,16666667	1	0,142857143	4	0,66666667	2	1
Asse	1	0,16666667	1	0,142857143	3	0,5	1,66666667	0,83333333
Ruote	5	0,83333333	1	0,142857143	5	0,83333333	2	1
Struttura delle ruote	6	1	1	0,142857143	6	1	1,83333333	0,91666667
Braccioli	2	0,33333333	2	0,285714286	2	0,33333333	1	0,5

Poi si calcolano i valori medi delle dimensioni della sedia. Si usa la equazione 2, equazione 3, la equazione 4 e la equazione 5. Il numero di componenti del prodotto è 7 nel caso NOMINELL.

Tabella 34: Valori medi delle dimensioni della sedia NOMINELL.

$F_{1,avg}$	$F_{2,avg}$	$F_{3,avg}$	$F_{4,avg}$
0,4047619	0,387755102	0,57142857	0,8452381

Poi mediante la equazione 6, la equazione 7, la equazione 8 e la equazione 9 si calcolano i valori dei coefficienti α' , β' , γ' e δ' .

Tabella 35: Valori dei coefficienti α' , β' , γ' e δ' del caso NOMINELL.

α'	β'	γ'	δ'
0,62	0,64	0,44	0,30

Per ultimo con la equazione 10, la equazione 11, la equazione 12, la equazione 13 e la equazione 14 si ottengono i valori dei coefficienti di ponderazione α , β , γ e δ .

Tabella 36: Valori dei coefficienti di ponderazione del caso NOMINELL.

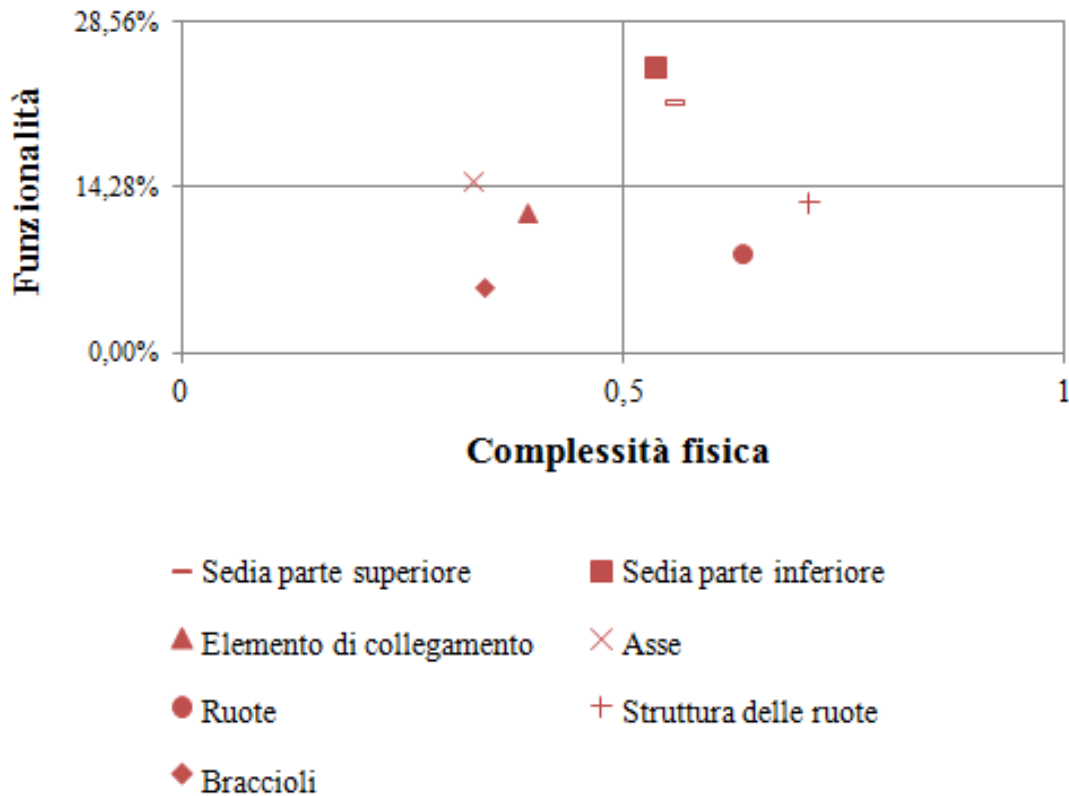
α	β	γ	δ
0,30949536	0,32306972	0,21922588	0,14820905

Per ultimo per ottenere i valori della complessità fisica di ogni componente si usa la equazione 1. Adesso si fa una tabella dove sono gli due aspetti (funzionalità e complessità fisica) che si applicano in questo modello.

Tabella 37: Funzionalità e complessità fisica dei componenti della sedia NOMINELL.

Componente	Funzionalità	Complessità fisica
Sedia parte superiore	21,58%	0,55939897
Sedia parte inferiore	24,61%	0,53691843
Elemento di collegamento	12,12%	0,39209501
Asse	14,73%	0,33085585
Ruote	8,48%	0,63496289
Struttura delle ruote	12,91%	0,71073235
Braccioli	5,56%	0,34265057

Figura 10: Matrice della complessità della sedia da ufficio NOMINELL.



3.4.2.2. Analisi dei risultati

Guardando la matrice si vede che i componenti dei primi due quadranti sono quelli che hanno una funzionalità superiore a 14,28% (viene dal rapporto tra 100% e 7 che sono il numero di componenti). Nel primo quadrante si trova l'asse, è strano trovare un componente in questo quadrante ma se si trova è perfetto perchè ha un'alta funzionalità e una complessità fisica bassa, cioè ti offre molto per la soddisfazione del cliente a basso costo. Ovviamente sta nel primo quadrante ma nel limite con il terzo perchè un valore più alto della funzionalità ancora sarebbe più strano. Nel secondo si trovano la parte inferiore e la parte superiore della sedia, hanno un'alta funzionalità perchè sono i componenti che offrono anche più personalizzazione, la loro complessità fisica è superiore a altri componenti della sedia ma sono nella parte del secondo quadrante più vicina al primo. L'elemento di collegamento e i braccioli si trovano nel terzo quadrante, come si ha detto nel caso MICKE questo deve essere così in questa politica d'impresa. In questo caso i componenti critici sono le ruote e la struttura delle ruote. Con le ruote si

può fare lo stesso che si ha fatto nel caso di prima con i cassetti. Ma in questo caso l'impresa non potrebbe scegliere usare ruote diverse, per forza le ruote devono essere le stesse y hanno tutte la stessa funzionalità, se si fa una modificazione è in tutte le ruote alla stessa volta. Ma per vedere la complessità fisica si considerano le ruote separatamente, ed i risultati sono:

Tabella 38: Valori funzionalità-complessità fisica della sedia NOMINELL considerando ogni ruota un componente diverso.

Componente	Funzionalità	Complessità fisica
Sedia parte superiore	21,58%	0,50160068
Sedia parte inferiore	24,61%	0,50779197
Elemento di collegamento	12,12%	0,36682673
Asse	14,73%	0,30882486
Ruote singole	1,70%	0,24283471
Struttura delle ruote	12,91%	0,73289843
Braccioli	5,56%	0,33562864

Per tutti i componenti tranne le ruote i valori della complessità fisica sono simili a quelli di prima. Nella tabella non si ha messo ruote 1, 2, 3, 4 e 5, solo si ha messo ruote singole perchè è lo stesso valore per ogni ruota. Si vede che guardandolo come un solo componente si trova nel quadrante di componenti più standardizzati.

L'altro componente critico è la struttura delle ruote. Non c'è strano vedere questo in alcun componente del prodotto, e come si ha detto altre volte, che sia questo prodotto in

questo quadrante aiuta a che il resto siano negli altri quadranti. Ma per migliorare un poco la complessità fisica si potrebbe ridurre il numero di interfacce che ha, l'idea sarebbe avere 4 ruote invece di 5 nella sedia (si potrebbe far questo sempre che si possa avere le stesse funzionalità nella sedia, nel caso contrario non si farà). I risultati con 4 ruote invece di 5 sono i seguenti:

Tabella 39: Valori funzionalità-complessità fisica della sedia NOMINELL considerando 4 ruote.

Componente	Funzionalità	Complessità fisica
Sedia parte superiore	21,58%	0,5917367
Sedia parte inferiore	24,61%	0,57515103
Elemento di collegamento	12,12%	0,42840234
Asse	14,73%	0,36130914
Ruote	8,48%	0,6104657
Struttura delle ruote	12,91%	0,69710243
Braccioli	5,56%	0,37709997

I risultati sono simili. Nella struttura delle ruote si ha un risultato migliore ma è quasi lo stesso risultato di prima. Anche le ruote come insieme hanno un risultato leggermente migliore.

3.5. Caso VOLMAR

3.5.1. Presentazione del prodotto

L'ultimo prodotto che si analizza è la sedia da ufficio VOLMAR. Nel seguente grafico si osserva il prodotto e i suoi diversi componenti.

Figura 11: Componenti della sedia VOLMAR.



3.5.2. Applicazione del modello complexity management

Al uguale del caso MICKE, per applicare il modello a questo prodotto si usa la strategia dell'impresa che si ha mostrato prima e i dati che si otterranno col product complexity assessment per poter dopo fare un'analisi dei risultati.

3.5.2.1. Product complexity assessment

Ora si devono calcolare la funzionalità e la complessità fisica di ogni componente della sedia.

Funzionalità

Come si ha detto al spiegare il modello ed al realizzare gli altri casi l'asse verticale della matrice della complessità misura il contributo di tutti i componenti alla funzionalità globale del prodotto. Una percentuale è assegnata a ogni componente, che rifletta il suo contributo relativo. La somma di tutte le percentuali dei componenti è il 100 per cento. Il punto di partenza para la valutazione della funzionalità di ogni componente è la struttura delle funzionalità del prodotto. In quest'ultimo caso la struttura funzionale è la stessa che nel caso NOMINELL perchè il prodotto del caso VOLMAR è anche una sedia di ufficio, cioè le funzionalità del prodotto sono: *confortevolezza, estetica, flessibilità di movimenti, rigidità e resistenza al peso e stabilità*. Tutte le percentuali di tutte le funzionalità sono uguali e hanno le stesse definizioni che si hanno fatto nel caso NOMINELL.

Tabella 40: Peso percentuale di ognuna funzionalità della sedia VOLMAR.

Funzionalità	Percentuale
Confortevolezza	20,00%
Estetica	10,00%
Flessibilità di movimenti	20,00%
Rigidità e resistenza al peso	25,00%
Stabilità	25,00%
Totale	100,00%

Poi si devono identificare che componenti fisici del prodotto sono collegati a ogni funzionalità e valutare il peso percentuale dentro di queste.

Tabella 41: Peso percentuale che hanno i componenti fisici dentro di ognuna delle funzionalità della sedia da ufficio VOLMAR.

	Sedia parte superiore	Sedia parte inferiore	Elemento di collegamento	Asse	Ruote	Struttura delle ruote	Braccioli	Poggiatesta	Totale
Confortevolezza	35,00%	35,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	15,00%	15,00%	100,00%
Estetica	36,00%	36,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	8,00%	8,00%	100,00%
Flessibilità di movimenti	20,00%	6,67%	40,00%	13,33%	13,33%	6,67%	0,00%	0,00%	100,00%
Rigidità e resistenza al peso	6,06%	18,18%	18,18%	18,18%	18,18%	18,18%	3,03%	0,00%	100,00%
Stabilità	25,00%	25,00%	0,00%	25,00%	0,00%	25,00%	0,00%	0,00%	100,00%

Le funzionalità *rigidità e resistenza al peso*, e *stabilità* non dipendono del componente poggiatesta per quello i risultati, e la procedura per arrivare a questi, sono gli stessi del caso NOMINELL (nella realtà la poggiatesta deve supportare un peso, ma è quasi nullo rispetto agli altri pesi che supportano gli elementi coinvolti in questa funzionalità perchè è una piccola percentuale del peso della testa perchè questa sta quasi in una posizione verticale rispetto alla poggiatesta). La funzionalità *flessibilità di movimenti* neanche dipende della poggiatesta, ma in questo caso il risultato è diverso perchè la parte superiore della sedia ha due movimenti (movimento davanti ed indietro, el alzarsi ed abbassarsi) in più rispetto ai movimenti che aveva questo componente nella sedia NOMINELL, e pertanto anche ha due movimenti in più l'elemento di collegamento. Questi due componenti hanno più peso percentuale nella funzionalità *flessibilità di movimenti* che nel caso di prima. Per la funzionalità *confortevolezza* gli elementi con un valore più alto sono la parte superiore è inferiore della sedia ma la poggiatesta e i braccioli anche hanno un percentuale significativo in questa funzionalità. Nella *estetica*

il valore della poggiatesta è uguale al valore dei braccioli, il gap con la parte superiore e inferiore della sedia in questa funzionalità è un poco più piccolo che nel caso NOMINELL (anche è minore il gap del resto di componenti con questi due componenti).

Con tutti questi dati si può disegnare la tabella che mostra il peso percentuale de la funzionalità dei componenti fisici del prodotto.

Tabella 42: Peso percentuale che hanno i componenti fisici dentro dell'insieme delle funzionalità del caso VOLMAR.

	Sedia parte superiore	Sedia parte inferiore	Elemento di collegamento	Asse	Ruote	Struttura ruote	Braccioli	Poggiatesta	Totale
Confortevolezza	7,00%	7,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	3,00%	3,00%	20,00%
Estetica	3,60%	3,60%	0,30%	0,30%	0,30%	0,30%	0,80%	0,80%	10,00%
Flessibilità di movimenti	4,00%	1,33%	8,00%	2,67%	2,67%	1,33%	0,00%	0,00%	20,00%
Rigidità e resistenza al peso	1,52%	4,55%	4,55%	4,55%	4,55%	4,55%	0,76%	0,00%	25,00%
Stabilità	6,25%	6,25%	0,00%	6,25%	0,00%	6,25%	0,00%	0,00%	25,00%
Totale	22,36%	22,73%	12,85%	13,76%	7,51%	12,43%	4,56%	3,80%	100,00%

I risultati sono simili a quelli del caso della sedia NOMINELL, pertanto l'analisi di come i componenti influiscono nella funzionalità globale è uguale. Ma in questo caso si ha un componente, la poggiatesta, che non si aveva prima e che ha un risultato del ordine dei braccioli.

Complessità fisica

Ora che si sanno le coordinate del asse della funzionalità si definiscono le coordinate del asse della complessità fisica. Pertanto si comincia a fare questo analisi disegnando la matrice attributi-valori. Per il caso delle sedie VOLMAR gli attributi sono il colore, e la esistenza o non degli braccioli e della poggiatesta nella sedia, come si vede nella tabella 43.

Tabella 43: Matrice Attributi-Valori della sedia VOLMAR.

Attributi	Valori			
Colore	Arancione	Blu	Grigio scuro	Nero
Braccioli	Senza i braccioli	Con i braccioli		
Poggiatesta	Senza la poggiatesta	Con la poggiatesta		

In questo caso il numero massimo di varianti non sarebbe direttamente il numero di valori del attributo colore per il numero di valori del attributo braccioli, perchè si hanno messo nello stesso attributo i possibili colori della parte superiore della sedia (che sono 4) e i possibile colori della parte inferiore della sedia (che sono 4). Pertanto in questo caso il numero massimo di varianti del prodotto sono $4 \times 4 \times 2 \times 2 = 64$, ma solo si offrono 16 varianti ai clienti.

In un passo successivo, si fa un'analisi di tutti gli componenti che costituiscono la sedia. Per ogni componente si calcolano i valori delle quattro dimensioni della complessità: numero di parti, numero di varianti, numero di interfacce e numero di varianti di interfacce.

Per poter identificare più facilmente queste dimensioni, si assegna la categoria di ogni componente: standardizzato, variabile, opzionale oppure opzionale variabile. L'elemento di collegamento (dove sono le leve), l'asse, le ruote e la struttura delle ruote sono componenti standardizzati perchè si usano in tutte le varianti del prodotto sempre e anche sempre nella stessa forma, la parte superiore ed inferiore della sedia sono

componenti variabili perchè sono in tutte le varianti del prodotto ma non nella stessa forma e i braccioli e la poggiatesta sono componenti opzionale perchè possono essere o non essere nella sedia ma se la sedia ha braccioli o poggiatesta (o entrambi) questi sempre saranno della stessa forma. Come negli altri casi, ogni componente può essere formato per diversi componenti più piccoli alla stessa volta, ma si considerano tutti un insieme perchè interagiscono insieme con gli altri componenti del prodotto. Nel caso della parte superiore ed inferiore della sedia, del elemento di collegamento, dell'asse e della poggiatesta della sedia hanno ogni componente solo una parte, ma il componente braccioli ha due parti, il componente ruote sono 5 ruote e pertanto 5 parti e la struttura delle ruote ha 6 parti. E il numero di varianti di ogni componente si calcola attraverso dei diversi valori degli attributi che caratterizzano il componente. Nel caso VOLMAR ci sono 4 varianti del componente sedia parte inferiore, 4 del componente sedia parte superiore, 2 del componente braccioli, 2 del componente poggiatesta e del resto dei componenti solo c'è una variante, cioè sempre sono uguali. Nella tabella 44 si capisce meglio tutto quello che si ha spiegato.

Tabella 44: Componenti della sedia VOLMAR con le loro corrispondenti caratteristiche.

Componente	ID	Numero di parti	Numero di varianti	Dipende del attributo
Sedia parte superiore	V	1	4	Colore
Sedia parte inferiore	V	1	4	Colore
Elemento di collegamento	S	1	1	-
Asse	S	1	1	-
Ruote	S	5	1	-
Strutture delle ruote	S	6	1	-
Braccioli	O	2	2	Braccioli
Poggiatesta	O	1	2	Poggiatesta

La classificazione per quanto riguarda alle dimensioni terza e quarta della complessità si basa sulla matrice del disegno della struttura (DMS). Nel caso VOLMAR si osserva che il componente di collegamento si collega con i componenti sedia parte superiore, sedia parte inferiore e con l'asse. La struttura delle ruote si collega con le ruote e con l'asse ma con questo ultimo in un punto diverso del punto in cui si collega con l'elemento di collegamento. I braccioli si collegano con la parte inferiore della sedia. La poggiatesta si collega con la parte superiore della sedia. La parte superiore della sedia può girare davanti ed indietro, alzarsi e abbassarsi o spostarsi davanti ed indietro tutto rispetto all'elemento di collegamento (due varianti per ognuna delle 3 interfacce). La parte inferiore della sedia può fare girare davanti ed indietro rispetto all'elemento di collegamento (cioè anche ha due varianti questa interfaccia). Grazie al asse la sedia può alzarsi o abbassarsi (pertanto nella interfaccia con l'elemento di collegamento ha due varianti, ed anche due nella interfaccia con la struttura delle ruote) ed anche può girare l'elemento di collegamento a destra o a sinistra (due varianti in questa interfaccia). Ognuna ruota può girare a destra o a sinistra rispetto alla struttura delle ruote (due varianti nella interfaccia di ognuna delle 5 ruote). I braccioli si collegano alla parte inferiore della sedia in due punti ma sono fissi (una variante per ogni interfaccia). La poggiatesta si collega al componente sedia parte superiore di un modo fisso anche (una variante in questa interfaccia).

Tabella 45: DMS della sedia VOLMAR.

	Sedia parte superiore	Sedia parte inferiore	Elemento di collegamento	Asse	Ruote	Struttura delle ruote	Braccioli	Poggiatesta
Sedia parte superiore			3;6					1;1
Sedia parte inferiore			1;2				2;2	
Elemento di collegamento	3;6	1;2		2;4				
Asse			2;4			1;1		
Ruote						5;10		
Struttura delle ruote				1;1	5;10			
Braccioli		2;2						
Poggiatesta	1;1							

Quando si ha fatto il DMS è facile calcolare le due dimensioni della complessità che mancano per sapere, solo si devono sommare tutte le interfacce di ogni componente e sommare il numero di varianti di interfacce di ogni componente. Il numero medio di varianti di interfacce si fa come il rapporto tra numero di varianti di interfacce e numero di interfacce per ogni componente.

Tabella 46: Dimensioni numero di interfacce e numero medio di varianti di interfacce dei componenti della sedia VOLMAR.

Numero di interfacce	Numero di varianti di interfacce	Numero medio di varianti di interfacce
4	7	1,75
3	4	1,333333333
6	12	2
3	5	1,666666667
5	10	2
6	11	1,833333333
2	2	1
1	1	1

Quando si hanno identificato e calcolato tutte le dimensioni della complessità si disegna, per facilitare i prossimi calcoli, una tabella solo con le quattro dimensioni della complessità e anche si identifica il numero massimo di ogni dimensione.

Tabella 47: Dimensioni della complessità dei componenti della sedia VOLMAR.

Componente	ID	Numero di parti	Numero di varianti	Numero de interfacce	Numero medio di varianti di interfacce
Sedia parte superiore	V	1	4	4	1,75
Sedia parte inferiore	V	1	4	3	1,333333333
Elemento di collegamento	S	1	1	6	2
Asse	S	1	1	3	1,666666667
Ruote	S	5	1	5	2
Struttura delle ruote	S	6	1	6	1,833333333
Braccioli	O	2	2	2	1
Poggiatesta	O	1	2	1	1
		$N_{e,max}$	$V_{e,max}$	$N_{r,max}$	$V_{ravg,max}$
		6	4	6	2

Col numero massimo di ogni dimensione si può calcolare il rapporto tra il valore di un componente per una dimensione e il valore massimo di questa dimensione, e così per i tutti componente e le tutte dimensioni. Nella tabella 48 si vedono questi valori per il caso VOLMAR.

Tabella 48: Rapporto tra ogni dimensione e il suo numero massimo dei componenti della sedia VOLMAR.

Componente	$N_{e,i}$	$\frac{N_{e,i}}{N_{e,max}}$	$V_{e,i}$	$\frac{V_{e,i}}{V_{e,max}}$	$N_{r,i}$	$\frac{N_{r,i}}{N_{r,max}}$	$V_{ravg,i}$	$\frac{V_{ravg,i}}{V_{ravg,max}}$
sedia parte superiore	1	0,16666667	4	1	4	0,66666667	1,75	0,875
sedia parte inferiore	1	0,16666667	4	1	3	0,5	1,33333333	0,66666667
elemento di collegamento	1	0,16666667	1	0,25	6	1	2	1
Asse	1	0,16666667	1	0,25	3	0,5	1,66666667	0,83333333
Ruote	5	0,83333333	1	0,25	5	0,83333333	2	1
struttura ruote	6	1	1	0,25	6	1	1,83333333	0,91666667
Braccioli	2	0,33333333	2	0,5	2	0,33333333	1	0,5
Poggiatesta	1	0,16666667	2	0,5	1	0,16666667	1	0,5

Poi si calcolano i valori medi delle dimensioni della sedia da ufficio. Si usa la equazione 2, equazione 3, la equazione 4 e la equazione 5. Il numero di componenti del prodotto è 8 nel caso VOLMAR.

Tabella 49: Valori medi delle dimensioni della sedia VOLMAR.

$F_{1,avg}$	$F_{2,avg}$	$F_{3,avg}$	$F_{4,avg}$
0,375	0,5	0,625	0,78645833

Poi mediante la equazione 6, la equazione 7, la equazione 8 e la equazione 9 si calcolano i valori dei coefficienti α' , β' , γ' e δ' .

Tabella 50: Valori dei coefficienti α' , β' , γ' e δ' del caso VOLMAR.

α'	β'	γ'	δ'
0,67	0,50	0,40	0,32

Per ultimo con la equazione 10, la equazione 11, la equazione 12, la equazione 2.13. e la equazione 14 si ottengono i valori dei coefficienti di ponderazione α , β , γ e δ .

Tabella 51: Valori dei coefficienti di ponderazione del caso VOLMAR.

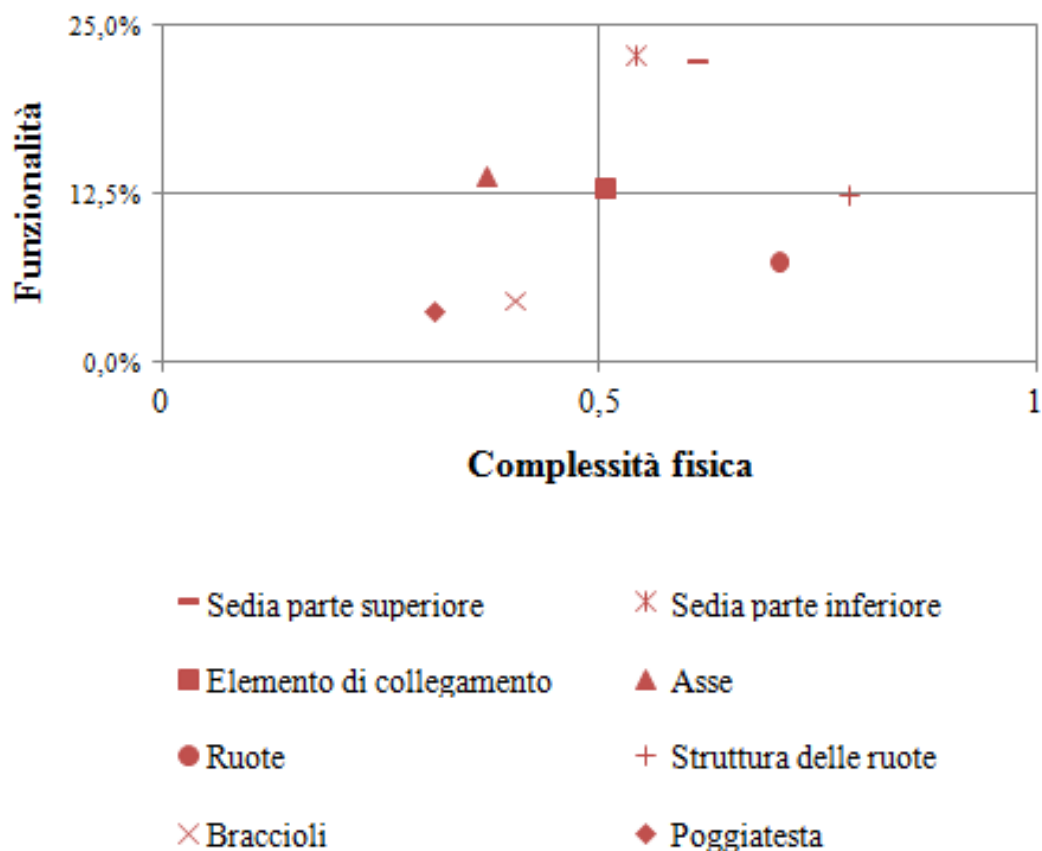
α	β	γ	δ
0,35375425	0,26531568	0,21225255	0,16867752

Per ultimo per ottenere i valori della complessità fisica di ogni componente si usa la equazione 1. Adesso si fa una tabella in cui sono gli due aspetti (funzionalità e complessità fisica) che si usano per applicare questo modello.

Tabella 52: Funzionalità e complessità fisica dei componenti della sedia VOLMAR.

Componente	Funzionalità	Complessità fisica
Sedia parte superiore	22,36%	0,61336926
Sedia parte inferiore	22,73%	0,54285268
Elemento di collegamento	12,85%	0,50621803
Asse	13,76%	0,37197884
Ruote	7,51%	0,70667877
Struttura delle ruote	12,43%	0,78695678
Braccioli	4,56%	0,40566553
Poggiatesta	3,80%	0,31133107

Figura 12: Matrice della complessità della sedia da ufficio VOLMAR.



3.5.2.2. Analisi dei risultati

In questo caso i componenti per trovarsi nel primo o secondo quadrante devono avere un funzionalità superiore al 12,5%, la procedura per il calcolo di questo numero è la stessa di sempre. Questo caso è simile a quello di NOMINELL. Tutti i componenti sono negli stessi quadranti tranne l'elemento di collegamento e la poggiatesta che non c'era nel altro caso. La poggiatesta si trova nel terzo quadrante e per quello il risultato che si ha avuto con questo componente è logico a seconda della strategia scelta per l'azienda. L'elemento di collegamento passa del terzo al secondo, questo si deve ha che ha aumentato la sua funzionalità (per poter realizzare più movimenti) ma anche la sua complessità fisica. Ma il risultato di questo componente rimane essendo coerente con la strategia dell'impresa. L' struttura si trova ancora nel quarto quadrante ma praticamente nel limite con il secondo. Questo componente ha dei valori simili a quello di NOMINELL ma in questo caso è più basso il limite della funzionalità per arrivare al

primo e secondo quadrante, questo si deve a che c'è un componente in più. E questo componente ha una funzionalità bassa. Pertanto la struttura si trova nel secondo quadrante e si ottiene un risultato migliore. Sia per questo caso sia per gli altri casi si deve sapere che se un componente si trova vicino al limite di un quadrante e si fa una modificazione può cambiare il risultato del componente e spostarsi a un altro quadrante e questo non vuol dire che sia un forte cambiamento nel componente o nel prodotto. I quadrante si definiscono con il fine di capire meglio come devono essere nella grafica i componenti, è uno strumento di aiuto alla valutazione ma si deve sapere che ogni punto dentro del quadrante ha un significato diverso, e anche componenti che sono in differenti quadrante possono avere una valutazione simili nel momento di scegliere se sono convenienti per essere usati nel prodotto. Per le ruote si potrebbe fare lo stesso analisi del caso NOMINELL ma, come si ha detto dopo fare quell'analisi, non ha senso perchè le ruote devono essere un solo componente.

CAPITOLO 4: Conclusioni e sviluppi futuri: sintesi di quanto ha emesso con analisi critica, implicazione manageriale, limiti del modello, sviluppi futuri del modello.

Quello che si vuole fare dopo aver applicato un modello a un prodotto ed aver valutato i suoi risultati è migliorare questi risultati. Quelli che devono valutare tutte le possibile modificazione del prodotto sono i responsabili del dipartimento di disegno delle diverse imprese, loro a seconda della strategia delle loro imprese devono identificare dove si trova ogni componente, valutare se il risultato globale è il conveniente ed attuare sui componenti che si vogliono migliorare. La procedura per migliorare un componente a seconda del quadrante in cui si trova si vede adesso.

Si ha detto tantissime volte che quelli componenti del quarto quadrante sono quelli che si dovrei migliorare prima, ma non sono l'uniche azioni che si possono adottare per migliorare un prodotto o ridurre il suo costo. A seconda del quadrante si possono usare azioni differenti. Nel primo quadrante i componenti sono praticamente ideali per quello il margine di miglioramento che si cerca è piccolo e sarebbe per ridurre un poco la complessità o per aumentare un poco la funzionalità. Se si attua per fare un miglioramento più grande degli elementi in questo quadrante sarà troppo costoso per l'impresa. Nel secondo quadrante il bilanciamento tra complessità fisica e funzionalità è buono, ma si che c'è un ampio margine per migliorare. Si basa in ridurre la complessità fisica senza variare la funzionalità. A volte si può arrivare a passare al primo quadrante. Per poter ridurre la complessità fisica si deve ridurre almeno una delle dimensioni che si hanno usato per valutare la complessità fisica. Mentre questa riduzione sia più grande si avrà un risultato migliore. Un'altra soluzione potrebbe essere ridurre questo componente in componenti di meno complessità che abbiano la stessa funzionalità. Dopo nel terzo quadrante passa lo stesso che nel secondo rispetto al bilanciamento tra funzionalità e complessità fisica. In questo quadrante quello che si può fare per migliorare i componenti è ridurre un poco la complessità fisica. Qua è più conveniente ridurre la complessità fisica invece di aumentare la funzionalità perchè il valore percepito di un componente standardizzato per i cliente è basso, loro vogliono avere più funzionalità in altri tipi di componenti. Prima, nel quadrante secondo si diceva quali

sono i metodi per ridurre questa complessità, adesso sono gli stessi, ridurre almeno una delle quattro dimensioni (numero di parti, numero di varianti, numero di interfacce e numero di varianti di interfacce) e la divisioni di componenti in più componenti più semplici, con questo nel terzo quadrante quest'ultima parte ha più senso perchè questa operazione può ridurre un poco la funzionalità e nel secondo si cerca avere meno complessità con la stessa o più funzionalità ma nel terzo una diminuzione piccola della funzionalità non è percepita per i clienti. Pertanto qua per migliorare, quello più importante che si deve fare è ridurre la complessità fisica. Per ultimo mancano i componenti che si trovano nel quarto quadrante, sono questi i componenti più critici perchè hanno una complessità alta (alto costo) e per il cliente hanno poca importanza (poca funzionalità). Questi componenti sono quelli che si ottimizzano prima. Adesso si cerca ridurre la complessità fisica, aumentare la funzionalità o le due cose. Per quello si considerano e valutano le ragioni della bassa funzionalità ed si attua sulle diverse dimensioni della complessità.

A seconda della dimensione si può attuare di un modo conciso:

-Sulla dimensione numero di parti, una diminuzione del numero di parti del componente permette di ridurre, tra gli altri, i tempi di assemblaggio, sforzo logistico e costi di progettazione. Tutti questi fattori contribuiscono ai costi di complessità, spesso senza che il cliente veda un valore aggiunto. Quando si riduce il numero di parti in un componente, si deve tener conto che forse questo può causare uno spostamento a un'architettura di prodotto più integrale. Pertanto, i pro e i contro devono essere soppesati con attenzione.

-Il modo di attuare sulla dimensione numero di variante è simile alla del numero di parti. Attraverso una riduzioni del numero di varianti si riduce la complessità fisica del componente per quello si deve analizzare che varianti non hanno valore (o hanno un valore basso) per i clienti. Questa valutazione è importante perchè, ridurre troppo la varietà o ridurre la variante sbagliata di un componente, può creare una diminuzione di funzionalità percepita per il cliente rispetto al prodotto, ad esempio perchè si perde personalizzazione.

-Sul numero di interfacce si devono sapere diversi considerazioni. Al introdurre una interfaccia si aumenta la complessità del prodotto (richiede l'attenzione da R&S, produzione, logistica e approvvigionamento). E non è facile tolgono le interfacce. Per

fare questo si dovrebbero trovare interfacce nel prodotto che possano assumere le funzionalità di queste interfacce per così non perdere funzionalità nel prodotto, cioè modificare l'architettura del prodotto.

-Il modo di attuare sul numero di varianti di interfacce è diverso al resto. Questa dimensione non si usa per ridurre la complessità fisica nella matrice propriamente (la modificazione è leggerissima rispetto alla modificazione che si avrebbe con gli altri dimensioni). I metodi che si usano qua sono per ridurre i costi di fabbricazione, assemblaggio ed altri costi attraverso la standardizzazione delle interfacce. Questo provoca che un prodotto con la stessa complessità fisica di un altro, al usare una interfaccia standardizzata ha un costo globale minore.

Anche si potrebbe attuare sulla funzionalità, ma è più difficile aumentare la funzionalità che ridurre la complessità fisica. Una possibile soluzione sarebbe portare di funzionalità ai componente più critici restando questa funzionalità ai componente che hanno un valore percepito per il cliente alto. È una compensazione ma anche questo non si può fare sempre perchè, spesso un aumento della funzionalità di un componente viene collegato a un aumento della complessità fisica di questo componente e si deve valutare se per aumentare la funzionalità conviene aumentare la complessità fisica.

Inoltre di usare i concetti di funzionalità e complessità fisica di un modo separato ci sono altri concetti che hanno relazioni con questi due parametri:

-Fusione: si fa tra almeno due componenti che essendo insieme hanno una funzionalità più alta che la somma di ognuno separatamente. Ma per fare questo anche si valuta prima la complessità fisica di questo nuovo componente, se come insieme si riduce la fusione è fattibile, invece si aumenta non si applica. A priori non si può dire che una fusione sia un vantaggio o uno svantaggio senza fare i calcoli prima.

-Divisione: è applicare la strategia inversa alla fusione. In questo caso si vuole ridurre la complessità fisica in un alto grado ma la funzionalità può diminuire. Se questa diminuzione è piccola il metodo si applica, ma se è alta non si usa. Ovviamente se si aumenta anche la funzionalità si applica la divisione. Come con la fusione si fanno i calcoli prima per sapere se è un vantaggio o uno svantaggio.

Dopo aver analizzato quali sono i metodi per attuare e migliorare il prodotto attraverso il modello si devono guardare i confini del modello. Questo modello non si usa

propriamente per disegnare un prodotto, il suo scopo è essere uno strumento per migliorarne uno già disegnato. I risultati che si ottengono, vengono a seconda del modo in cui viene applicato il metodo. È importante saper identificare tra componenti e parti di componenti. I componenti (come insieme di parti) sono quelli che possono contribuire al prodotto funzionalità in maniera identificabile e le funzionalità che contribuiscono sono diverse da quelle degli altri componenti, o almeno, se sono le stesse hanno diversi gradi di contribuzione. Con le singole parti di un componente possono verificarsi due situazioni: una parte di un componente non ha funzionalità da sola, solo insieme alle altre parti ottiene la funzionalità (una singola ruota non può reggere una sedia, ma insieme alle altre quattro è in grado), oppure, può avere una funzionalità indipendente, ma allo stesso tempo essere all'interno di un'unica struttura (i cassettoni di un armadio possono essere indipendenti uno dall'altro, pur essendo all'interno della stessa struttura ed avendo all'origine la stessa funzionalità). Se si sbaglia in questo punto, i risultati ottenuti possono sembrare buoni perché c'è una sovrallocazione di componenti (invece di considerare alcune di queste come parti di componenti) provoca una diminuzione nella percentuale limite per considerare che un componente abbia un'alta funzionalità (cioè che si trova nel primo o secondo quadrante). È importante indicare che se si applica una fusione o divisione di componenti, il limite usato per avere un'alta o bassa funzionalità è quello che c'era prima di applicare queste azioni. Un'altra considerazione fa riferimento al valore che si ha di funzionalità di ogni componente. Per valutarla si deve tener conto del punto di vista del cliente rispetto a quello che deve offrire il prodotto ed anche dei diversi responsabili del disegno e sviluppo del prodotto. Per tutto questo si può dire che non c'è un unico valore corretto ma si può avere una soglia di valori coerenti e tra questi si scelgono quelli specifici da applicare nel modello. Pertanto se si hanno punti vicini ma in diversi quadranti, l'azione per migliorare i loro risultati saranno simili. La rappresentazione in quadranti (e l'azione che si hanno detto che si deve fare in ognuno) si realizza per capire meglio che si potrebbe fare in termini globali ma è una rappresentazione approssimata. Dobbiamo anche sapere quello che si valuta in questo modello, la funzionalità va a seconda dell'importanza percepita per i clienti e la complessità è collegata con il costo in tutti gli ambiti dell'impresa, ma non considera propriamente che un componente può avere un costo alto (ad esempio per il materiale scelto) e una complessità fisica bassa. Il modello è basato sul fatto che non è considerato il costo del prodotto, infatti devono essere scelti i materiali tipici che vengono utilizzati normalmente per la realizzazione.

Un ultimo punto critico, che da idea dei possibile sviluppi futuri del modello, è identificare in che gamma di prodotti si può applicare. Si deve trovare una gamma di prodotti in cui si veda che c'è un'architettura base uguale in tutta la gamma. Nell'architettura base si devono identificare i diversi componenti e in questi componenti le diverse parti. Sia i componenti sia il numero di parti devono essere le stesse per poter applicare il modello. Con queste considerazioni si arriva alla conclusione che l'applicazione di questo modello è opportuna in imprese con prodotti con un numero di componenti non troppo alto, ma si deve sapere che è un modello complementare perchè non valuta i costi. In aziende dell'ambito dell'arredamento si ha più senso perchè si possono fornire dati interessanti per ridisegnare il prodotto, qua spesso si usano materiali non costosi e la differenza di costi tra loro non è ampia (bisogna anche fare l'analisi di questi costi). In altre aziende come le automobilistiche o le informatiche che hanno tantissimi prodotti e con costi molto diversi, si potrebbe usare ma forse il risultato non darebbe un'idea chiara del prodotto, perchè in questi tipi di aziende sono più importanti altri tipi di analisi.

Bibliografia

Articoli e libri

Akagi, S., Fujita, K., Sakaguchi, H. (1999), Product Variety Deployment and it's optimization under Modular Architecture and Module Commonalization.

Akao, Y. (2004), Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirements Into Product Design.

Boothroyd, G. (1994), Product desing for manufacture and assembly, *Computer-Aided Design*.

Braha, D., Yassine, A. (2003), Complex Concurrent Engineering and the Design Structure Matrix Method, *Concurrent Engineering*.

Braun, T., Lindemann, U., Maurer, M. (2008), Structural Complexity Management: An Approach for the Field of Product Design.

Browning, T. (2001), Applying the Design Structure Matrix to System Decomposition and Integration Problems: A Review and New Directions, *IEEE Transactions on Engineering Management*.

Burn, G. (1990), Quality function deployment.

Carrascosa, M., Eppinger, S., Whitney, D. (1998), Using the Design Structure Matrix to estimate product development time.

Chan, L., Wu M (2002), Quality function deployment: A literature review, *European Journal of Operational Research*.

Dekker, H., Smidt, P. (2002), A survey of the adoption and use of target costing in Dutch firms.

Fujita, K., Ishii, K. (1997), Task structuring toward computational approaches to Product Variety Design..

Gu, P., Sosale, S. (1999), Product modularization for life cycle engineering, *Robotic and Computer-Integrated Manufacturing*.

Hamada, K., Monden, Y. (1991), Target Costing and Kaizen Costing in Japanese Automobile Companies.

Ishii, K., Martin, M. (2002), Design for Variety: developing standardized and modularized product platform architectures, *Research in Engineering Design (volume 13)*.

Kotha, S. (1995), Mass Customization: Implementing the Emerging Paradigm for Competitive Advantage, *Strategic Management Journal*.

Maier, J., Mistree, F., Simpson, T. (2001), Product platform design: method and application, *Research in Engineering Design (volume 13)*.

Marti, M. (2007), Complexity Management: Optimizing Product Architecture of Industrial Products.

Miragliotta, G., Perona M. (2002), Complexity management and supply chain performance assessment. A field study and a conceptual framework, *International Journal of Production Economics*.

Munari, F., Sobrero M. (2004), Innovazione tecnologica e gestione d'impresa: La gestione dello sviluppo prodotto.

Nelson II, S., Papalambros, P., Parkinson, M. (1999), Multicriteria Optimization in Product Platform Design.

Tonchia, S. (2001), Il project management. Come gestire il cambiamento e l'innovazione.

Zipkin, P. (2001), The Limits of Mass Customization.

Siti web

www.ikea.it

es.wikipedia.org [IKEA]

it.wikipedia.org [IKEA]

www.wikipedia.org [IKEA]