

# **Economia Aziendale 2000 Web ©**

## **Online Review**

N. 4/2007

# **L'analisi delle forze che favoriscono la modularità: il modello di Schilling e la proposta di un nuovo modello**

**Manuel Bordignon**

**Economia Aziendale 2000 Web ©**  
International Business Review  
Editor in Chief: Piero Mella  
ISSN 1826-4719  
Reg. Trib. Pavia - n. 495/99 R.S.P.

**Pavia, September, 2007**  
**No. 4/2007**

All the contents are protected by copyright.  
No part can be copied without the Editor in Chief's and Author's permission.  
Further information at: [www.ea2000.it](http://www.ea2000.it)



# L'analisi delle forze che favoriscono la modularità: il modello di Schilling e la proposta di un nuovo modello

**Manuel Bordignon**

Via Semonzetto, 4; 31030 Borso del Grappa (TV)

Email: [manuel.bordignon@gmail.com](mailto:manuel.bordignon@gmail.com)

**Sommario** – 1. Il concetto di modularità – 2. La diffusione della modularità – 3. Il modello di Schilling – 3.1 *La separabilità dei componenti e la specificità sinergica* – 3.2 *L'eterogeneità degli input e l'eterogeneità della domanda* – 3.3 *Il livello di "urgency"* – 4. Alcune considerazioni sul modello di Schilling – 5. La proposta di un nuovo modello – 5.1 *Le caratteristiche del contesto* – 5.2 *Le caratteristiche del sistema* – 5.3 *Le dinamiche e le interazioni tra sistema e contesto e il livello di adattamento reciproco tra questi ultimi* – 6. Conclusioni

## Abstract

Soprattutto negli ultimi anni, la modularità ha suscitato un certo interesse sia in letteratura che nella pratica manageriale.

L'importanza di tale tema diventa ancora più crescente se si considera la sempre maggiore diffusione (talvolta anche inconsapevole) dell'approccio modulare all'interno delle imprese.

Diviene quindi cruciale prendere in considerazione quali sono i fattori che possono indurre o meno un'azienda ad adottare una qualche forma di modularità.

Il presente articolo, dopo aver definito il concetto di modularità, richiamando brevemente alcuni contributi (Ulrich, 1995; Ulrich ed Eppinger, 1995; Baldwin e Clark, 2000; ecc.), ed aver evidenziato la pervasività e la interdisciplinarietà dell'approccio modulare, analizza alcune delle forze e delle variabili che possono favorire od ostacolare la "migrazione" di un sistema (un bene, un servizio, un'organizzazione, ecc.) verso la modularità, utilizzando a tale scopo il modello proposto da Schilling qualche anno fa e proponendo a sua volta un nuovo modello.

In particolare, il modello proposto e le considerazioni svolte nell'ambito del presente articolo hanno come principale fine quello di evidenziare, in primo luogo, che la modularità non rappresenta una semplice opzione, bensì una scelta che comporta un grande impatto sulle strategie e sugli equilibri dell'impresa e, in secondo luogo, il fatto che un determinato fattore non solo può determinare al tempo stesso sia spinte negative che positive verso un approccio modulare, ma anche comportare influenze differenti in relazione alla situazione specifica considerata (contesto in cui l'azienda opera, obiettivi dell'impresa, ecc.).

## 1 - Il concetto di modularità

La modularità rappresenta un concetto secondo il quale un prodotto, un'organizzazione, un processo, o più in generale, un sistema, possono essere progettati o analizzati in maniera tale da poter individuare al loro interno dei moduli fisicamente o logicamente separabili, posti in interazione tra loro attraverso delle interfacce.

Tale concetto non è recente, ma soprattutto non è da ricondursi soltanto al campo tecnologico ed economico. La modularità è infatti un concetto pervasivo e interdisciplinare che trova

applicazione anche in altri campi quali l'arte, la linguistica, le istituzioni sociali, l'ambito formativo e quello dell'apprendimento, la robotica, l'intelligenza artificiale, la psicologia e le scienze cognitive, la matematica<sup>1</sup>, la biologia<sup>2</sup>, ecc. (In particolare, con riferimento alla modularità nell'ambito della psicologia e delle scienze cognitive si veda il quadro 1).

*Quadro 1 - La modularità nella psicologia e la modularità della mente*

Il tema della modularità è da lungo tempo al centro del dibattito nelle scienze cognitive. In particolare, i cognitivisti considerano il cervello non come un sistema equipotenziale e globalmente coinvolto da qualsiasi tipo di attività svolta da un individuo, bensì come un sistema organizzato in aree fortemente specializzate, ognuna delle quali realizza determinate classi di operazioni richieste da processi più complessi. In altri termini, la mente sarebbe organizzata in moduli cognitivi che, caratterizzati da una relativa indipendenza, sono in grado di assemblarsi, combinarsi e modellarsi in modo adattivo, in relazione alla realtà ambientale (tecnologica, sociale, ecologica, ecc.) in cui vive l'individuo. Va comunque rilevato che la modularità nel campo delle scienze della psicologia e della mente umana costituisce sicuramente un tema molto controverso, in quanto ai cognitivisti, si contrappongono il connessionismo e gli empiristi, i quali concepiscono la mente non come un sistema organizzato in moduli, bensì come un sistema "olistico" caratterizzato da innumerevoli interazioni fisico chimiche. «*It is not controversial that important aspects of perception are modular; they are subserved by dedicated, specialized and perhaps even informationally autonomous mechanisms. But the suggestion that belief fixation might be modular is controversial*» [Currie e Sterelny, 2000, 146].

Sebbene l'ipotesi che il cervello sia costituito da moduli (più o meno indipendenti tra loro) abbia assunto un certo rilievo negli ultimi quarant'anni, il concetto di mente modulare fu proposto già nella prima metà dell'800 dall'anatomista e fisiologo tedesco Franz Joseph Gall (1758-1828), il quale affermò che l'organo della mente coincideva con il cervello e che quest'ultimo era strutturato in aree specifiche e indipendenti, nelle quali vi era un insieme di facoltà localizzate.

In seguito, altri studiosi confermarono, perlomeno in parte, la teoria di Gall. In particolare, il neurologo e antropologo francese Pierre-Paul Broca (1824-1880), attraverso un esame autoptico ad un suo paziente affetto da problemi di afasia, riscontrò alcune lesioni cerebrali localizzate in un'area specifica del lobo frontale sinistro del cervello. Questa ed altre analisi in pazienti che presentavano simili disturbi del linguaggio indussero Broca formulare la teoria secondo la quale quella specifica area del lobo frontale di sinistra era la "sede" del linguaggio umano. Tale teoria avvalorò la tesi secondo la quale le funzioni cognitive sono localizzate in aree distinte e specifiche del cervello.

<sup>1</sup> L'adozione del concetto di modularità in matematica va attribuito a Carl Friedrich Gauss (1777-1855). Gauss nel suo trattato "*Disquisitiones Arithmeticae*", pubblicato nel 1801, introdusse la teoria dei numeri congruenti, teoria dalla quale nacque l'aritmetica modulare.

<sup>2</sup> Nel campo della biologia, il termine modularità è stato concepito e utilizzato in modi molteplici, così come la stessa definizione del concetto di modulo non è univoca. Per esempio, mentre la biologia evuzionistica canalizza la sua attenzione sulle origini evolutive della modularità degli organismi, focalizzandosi sui cosiddetti moduli evolutivi, la biologia dello sviluppo ha come principale interesse l'analisi dei cosiddetti moduli di sviluppo, concependo questi ultimi come una combinazione di componenti (geni, ecc.) atti a svolgere un determinato processo e funzione.

Alcuni studiosi biologi anziché fornire una definizione di modulo, hanno proposto una serie di caratteristiche che dovrebbe possedere quest'ultimo. Ad esempio, secondo Rudulf A. Raff (1996), un modulo di sviluppo dovrebbe essere caratterizzato da: una specificazione genetica discreta, un'organizzazione gerarchica, dall'interazione con altri moduli, ecc.

In ogni caso, con riferimento alla modularità, gli aspetti principali sui quali sembra porre rilievo la biologia riguardano:

- l'origine evolutiva della modularità, mostrando particolare attenzione ai meccanismi che favoriscono o impediscono l'emergere evolutivo della modularità;
- i benefici e gli svantaggi della modularità;
- il ruolo della modularità nell'evoluzione biologica.

Ma probabilmente il contributo più noto (e forse anche quello più discusso e criticato) in questo campo, anche se sul piano più strettamente psicologico, è quello Jerry Alan Fodor con il suo libro *“The modularity of mind”* (1983). Tale studioso sostiene che vi sono certe aree del cervello che sono predisposte biologicamente per svolgere determinati processi computazionali in modo quasi indipendente.

Va subito rilevato che Fodor non ritiene che il modello modulare sia applicabile alla mente e quindi al cervello nella sua globalità; egli evidenzia piuttosto come la modularità sia ipotizzabile soprattutto per i sistemi periferici, cioè quelli che hanno il compito di interpretare i segnali neurali in modo da renderli accessibili ai sistemi centrali. Al contrario, i sistemi centrali, a causa delle loro caratteristiche di complessità e di indispensabile necessità di interscambiare le informazioni in modo reciproco, non sarebbero compatibili con un'organizzazione strutturata per moduli.

Fodor definisce “modulo cognitivo” un componente di un sistema più complesso che gode delle seguenti proprietà:

- *domain specific*: secondo tale proprietà, lo stesso componente funzionale non può trattare *input* esterni al dominio per il quale è designato. In altri termini, una determinata area o componente funzionale (modulo) del cervello risponde soltanto ad una determinata classe di input (tale proprietà è in parte paragonabile alla relazione biunivoca tra componente e funzione che verrà descritta in questo paragrafo con riferimento alle architetture di prodotto modulari);
- *innately specified*: tale proprietà sostiene che la struttura di un modulo non è frutto del processo di apprendimento caratterizzante un individuo, bensì è innata (geneticamente codificata); i moduli sono cioè determinati geneticamente;
- *not assembled*: i moduli non sono *assembled*, cioè non sono un sistema costituito dall'unione di un insieme di processi più elementari. Secondo tale proprietà l'architettura virtuale di un modulo corrisponde invece in modo relativamente diretto alla sua implementazione neurale;
- *neurologically hardwired*: questa proprietà, in stretta relazione con la specificità di dominio di un modulo (*domain specific*), afferma che i moduli sono associati a meccanismi neurali specifici e localizzabili;
- *informationally encapsulated*: un modulo o un sistema viene definito “incapsulato” se non riceve informazioni da altri moduli o sistemi. Ciò consente ai diversi moduli cognitivi di operare velocemente in quanto non subiscono interferenze da parte di altri moduli o sistemi tali da aver conseguenze sulla durata del processo. Secondo Fodor l'essenza della modularità dei sistemi cognitivi (per lo meno quelli periferici) sta proprio in tale caratteristica;
- *computationally autonomous*: secondo tale caratteristica, un componente si definisce computazionalmente autonomo se non condivide con altri componenti risorse comuni (quali ad esempio *buffer* di memoria, meccanismi attenzionali, ecc.). (Tale proprietà è paragonabile all'indipendenza del modulo nell'architettura di prodotto; aspetto quest'ultimo, che verrà descritto successivamente in questo paragrafo).

Secondo Fodor le proprietà qui sopra presentate consentono di definire un sistema modulare. Tuttavia, come lo stesso Fodor afferma, ognuna di tali proprietà può essere presente in un sistema in diversi gradi, così come lo stesso concetto di modularità non è un concetto dicotomico.

Altri importanti contributi riguardanti il tema della modularità nelle scienze cognitive sono stati forniti da molti studiosi, tra i quali Max Coltheart (*“Modularity and cognition”* [1999]), Charles Hulme e Margaret J. Snowling (*“Deficits in output phonology: An explanation of reading failure?”*, [1992]), Howard Gardner (*“Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences”* [1993]), ecc.

Inoltre, come ha rilevato Schilling<sup>3</sup> (2000), molto raramente un sistema presenta all'interno della sua architettura elementi fisicamente o logicamente assolutamente non separabili o non ricombinabili tra loro. Ne consegue che la quasi totalità dei sistemi presenta un grado, più o meno

---

<sup>3</sup> «Since all systems are characterized by some degree of coupling (whether loose or tight) between components, and very few systems have components that are completely inseparable and cannot be recombined, almost all systems are, to some degree, modular» [Schilling, 2000, 312].

elevato, di modularità.

Emerge pertanto la necessità di rispondere al seguente interrogativo, al fine di poter trattare in modo utile, efficace ed adeguato la modularità, le sue implicazioni e i suoi effetti nel campo economico aziendale: quando un sistema può essere definito modulare?

Per trovare una valida risposta a questa domanda, si ritiene necessario individuare gli elementi caratterizzanti una struttura modulare per poter così definire in modo chiaro e non ambiguo il concetto di modularità.

A tal proposito, un primo passo consiste nel considerare l'architettura di prodotto<sup>4</sup>, la quale, come afferma Simon (Simon, 1962), costituisce la chiave di comprensione di ogni sistema complesso.

In tale ambito si dimostra di particolare utilità il contributo di Ulrich (Ulrich, 1995), il quale definisce l'architettura prodotto come «*the scheme by which the function of a product is allocated to physical component*» (Ulrich, 1995: 422).

L'architettura di prodotto può essere descritta e definita attraverso la considerazione dei seguenti aspetti (Ulrich, 1995):

- *gli elementi funzionali (o funzioni) del prodotto*. Le funzioni costituiscono le operazioni che, nel loro insieme, vanno ad implementare le prestazioni di un prodotto;
- *la mappatura delle relazioni tra gli elementi funzionali e i componenti del prodotto*. Un componente è una qualsiasi regione del prodotto logicamente distinta. Non è necessario quindi che un componente per essere definito tale debba essere separabile in una parte fisicamente autonoma. Al concetto di componente si accompagnano quelli di subsistema e di componente elementare. Il subsistema è una regione fisicamente o logicamente distinta a cui è legata una specifica funzione. Esso può comprendere diversi componenti tra loro collegati e si riferisce ad un livello di disaggregazione meno dettagliato rispetto a quello in cui si vanno ad individuare questi ultimi. Il componente elementare è invece un componente non ulteriormente scomponibile ottenuto al massimo livello di disaggregazione, detto livello iota;
- *le interfacce tra i componenti*. L'interfaccia è ciò che connette a sistema due o più componenti e che descrive come questi ultimi interagiscono tra loro. Considerato che due o più componenti possono essere posti in relazione anche senza una connessione fisica, il concetto di interfaccia non può essere limitato a ciò che connette fisicamente due o più componenti. Non a caso, nel definire l'interfaccia si è posta l'attenzione sull'«interazione» e non sulla «connessione fisica» tra componenti. Da tale considerazione emerge che l'interfaccia è costituita da un protocollo di collegamento che assicura l'interazione tra due o più componenti e, solo qualora sussista un legame fisico tra le parti, da una «connessione geometrica» (Ulrich, 1995: 421).

---

<sup>4</sup> Le considerazioni che seguono con riferimento all'architettura, sebbene siano riferite principalmente al prodotto, possono essere considerate valide e utili per qualsiasi tipo di sistema.

Le interfacce, a seconda del tipo di legame da loro creato, possono consentire l'adiacenza fisica tra due o più componenti e/o permettere tra questi ultimi lo scambio di energia, di materiali, di informazioni, ecc.

Definito il concetto di architettura, si possono ora meglio comprendere alcuni aspetti riguardanti la modularità, in particolare considerando i due estremi dell'insieme delle configurazioni architettoniche che può assumere un prodotto: l'architettura integrale e l'architettura modulare.

L'architettura integrale è tale quando presenta almeno in parte<sup>5</sup> le seguenti caratteristiche/proprietà (Ulrich, 1995; Ulrich & Eppinger, 1995):

- la mappatura delle relazioni tra gli elementi funzionali e i componenti è complessa;
- le interazioni tra i diversi componenti non sono ben definite;
- le interfacce tra i componenti sono difficilmente identificabili e/o non sono disaccoppiabili («*coupled interface*» (Ulrich, 1995: 423)).

Con riferimento alla prima caratteristica, una *mappatura funzioni-componenti* complessa si ha qualora, all'interno dell'architettura di un prodotto, una funzione sia implementata da più di un componente oppure quando ciascun componente svolge due o più elementi funzionali. In altri termini, una mappatura funzioni-componenti si definisce complessa quando presenta relazioni di tipo uno a molti e/o molti ad uno.

Strettamente connessa alla proprietà appena descritta, è l'*interazione non ben definita tra i componenti*. Il fatto che più elementi funzionali siano svolti da un solo componente e viceversa comporta che il numero e la natura delle interazioni, all'interno di un'architettura di prodotto, siano tali da rendere le relazioni tra i componenti complesse, non ben definite e, di conseguenza, non facilmente identificabili.

Infine, l'ultima proprietà riguardante un'architettura integrale è relativa alla *difficoltà o all'impossibilità di disaccoppiare i componenti di un prodotto*. Tale caratteristica può risultare dal manifestarsi delle seguenti situazioni:

- la natura e il numero delle interazioni tra due o più componenti rendono i confini tra questi ultimi non chiaramente definibili o individuabili;
- le interfacce tra due o più componenti sono tali da richiedere, qualora venga modificato un componente, l'adattamento e quindi la modifica dell'altro o degli altri componenti;

---

<sup>5</sup> In letteratura, molti studiosi, nel citare le proprietà caratterizzanti un'architettura integrale, affermano che è sufficiente anche il verificarsi di una soltanto di queste proprietà.

A parere di chi scrive, è preferibile affermare che tali proprietà in un'architettura integrata devono essere/sono presenti almeno in parte, in quanto le proprietà qui descritte sono strettamente connesse tra loro e quindi il verificarsi di una implica automaticamente la presenza almeno parziale delle altre.

- l'architettura del prodotto presenta caratteristiche tali da comportare l'assoluta non separabilità tra i componenti.

L'altro estremo dell'insieme delle configurazioni architettureali assumibili da un prodotto, come è già stato detto, è costituito dall'architettura modulare. Affinché un'architettura di prodotto possa definirsi modulare deve essere caratterizzata dalle seguenti condizioni (Ulrich, 1995; Ulrich & Eppinger, 1995):

- la mappatura delle relazioni tra gli elementi funzionali e i componenti è semplice;
- le interazioni tra i diversi componenti sono ben definite;
- le interfacce tra i componenti sono facilmente identificabili e disaccoppiabili («*de-coupled interface*» (Ulrich, 1995: 423)).

La prima condizione prevede che ogni *componente implementi per intero una o poche funzioni e viceversa*. Se tra componenti e funzioni vi è una relazione biunivoca (relazione di tipo uno a uno), ossia ogni componente implementa una sola funzione e ciascun elemento funzionale è svolto esclusivamente da un determinato componente, si è in presenza di un'architettura perfettamente modulare.

Specularmente alle considerazioni svolte con riferimento all'architettura integrale, la seconda condizione, *interazioni tra componenti ben definite*, è strettamente connessa alla proprietà appena descritta. Infatti, se lo schema di allocazione funzioni-componenti è semplice, la natura e il numero delle interazioni tra i componenti saranno tali da risultare chiaramente definibili e facilmente identificabili. Ciò consente una maggior capacità nel comprendere le dinamiche di relazione tra i componenti, con conseguente riduzione del rischio di esistenza di interazioni non previste e di effetti non desiderati.

Infine, l'ultima condizione prevede che *le interfacce tra i componenti siano facilmente individuabili e disaccoppiabili*. Affinché tale condizione caratterizzi un'architettura di prodotto è necessario, da un lato, che i confini tra i componenti siano facilmente e chiaramente individuabili e, dall'altro, che qualunque modifica effettuata su un componente non comporti alcuna alterazione all'interfaccia di collegamento con gli altri componenti. Tale caratteristica, in primo luogo, rende i componenti tra loro indipendenti e, in secondo luogo, costituisce l'elemento chiave affinché vi siano le condizioni per la separabilità dei componenti. Questi ultimi nell'ambito dell'architettura modulare vengono definiti *moduli*, ossia unità o porzioni di prodotto i cui elementi strutturali sono fortemente connessi tra loro e debolmente connessi rispetto agli altri elementi delle altre unità o porzioni di prodotto, (Baldwin & Clark, 2000).

In estrema sintesi, un'architettura di prodotto modulare si contrappone ad un'architettura di tipo integrato in quanto, da un lato, ogni suo componente implementa, per intero, una o poche funzioni e quindi vi è una chiara e precisa definizione delle interazioni tra i componenti e,

dall'altro, le interfacce sono facilmente individuabili e disaccoppiabili. Al contrario, in un'architettura di tipo integrato, più elementi funzionali possono essere implementati da un unico componente e viceversa, le relazioni tra i componenti possono non essere chiaramente definite e le interfacce non sono disaccoppiabili<sup>6</sup>.

La tabella 1 sintetizza alcune caratteristiche dell'architettura integrale e di quella modulare.

La descrizione del concetto di architettura di prodotto e l'analisi delle caratteristiche dell'architettura modulare e di quella integrata hanno consentito di individuare alcuni elementi caratterizzanti la modularità: le interfacce, i moduli, la relazione tendente alla biunivocità tra componenti e funzioni, l'indipendenza tra i moduli.

*Tabella 1 – Caratteristiche dell'architettura integrale e dell'architettura modulare*

	<b>Architettura perfettamente integrale</b>	<b>Architettura perfettamente modulare</b>
Tipo di relazioni tra componenti e funzioni	Uno a molti o molti ad uno	Uno ad uno
Interazioni tra i componenti	Complesse e non definite	Semplici e definite
Tipo di interfaccia	Coupled	De-coupled
Possibilità varianti di prodotto	Bassa	Alta
Identificabilità dei confini tra i componenti	Difficile	Facile e chiara
Effetti modifica di un componente	Dispersi	Localizzati
Separabilità dei componenti	Bassa	Alta
Sostituibilità dei componenti	Bassa	Alta
Ricomponibilità dei componenti	Bassa	Alta
Specificità sinergica del sistema	Alta	Bassa

FONTE: adattamento da Mikkola (2006: 131).

Ulteriori elementi e considerazioni si possono trarre dalle molte riflessioni e definizioni riguardanti la modularità presenti in letteratura. Se ne riportano qui di seguito alcune:

- *modularity* «*is a continuum describing the degree to which a system's components can be separated and recombined, and it refers both to the tightness of coupling between components and the degree to which the "rules" of the system architecture enable (or prohibit) the mixing and matching of components*» (Schilling, 2000: 312);
- «*modularity: building a complex product or process from smaller subsystems that can be designed independently yet function together as a whole*» (Baldwin & Clark, 1997: 84);
- «*modularity refers to an approach to organize complex product and process efficiently [...] by decomposing complex tasks into simpler portions to allow the tasks to be managed*

<sup>6</sup> In ogni caso, il riconoscimento di un'architettura come modulare o integrale dipende in buona parte dal livello gerarchico di prodotto preso in considerazione.

*independently and yet work together as a whole without compromising performance»* (Mikkola, 2006: 128);

- *«modularity is a concept in product design where the final product is built from a number of product modules»* (Mukhopadhyay & Setoputro, 2005: 497);

- *«modularity is a special form of design which intentionally create a high degree of independence or “loose coupling” between component designs by standardising component interface specifications»* (Sanchez & Mahoney, 1996: 65);

- *«the term “modularity” indicates a high degree of independence among individual elements, excellent general usability, and seamless interfacing between elements. Moreover, separate element groups can be assembled into hierarchical system, and the system can also be decomposed into the original element groups»* (Bi & Zhang, 2001: 381);

- *«modularity refers to an ability to “decompose” technological and organizational systems such that the internal functioning of one subsystem does not significantly affect the functioning of the others in short term. [...] Such ability facilitates the retention and reuse of system components»* (Garud & Kumaraswamy, 2003: 68);

- *«un sistema [...] si definisce modulare se è scomponibile in unità (dette appunto moduli) che svolgono precise funzioni e che interfacciandosi tramite protocolli standard permettono al prodotto di svolgere il complesso delle funzioni per cui è stato progettato»* (Cabigiosu, Camuffo & Cappellari, 2005: 21).

Queste ed altre considerazioni presenti in letteratura, sebbene considerino la modularità da diversi punti di vista, sembrano focalizzarsi su una serie di aspetti, che verranno in parte qui di seguito analizzati:

- la modularità ha come *fini principali la riduzione della complessità e l'aumento della flessibilità* in relazione alle esigenze dell'ambiente.

Una struttura modulare consente di ridurre la complessità di un sistema in quanto permette, in primo luogo, di semplificare le relazioni e quindi la natura delle interazioni tra componenti e tra componenti e funzioni e, in secondo luogo, di suddividere il sistema in sottosistemi, rendendo più facilmente individuabili le relazioni causa-effetto all'interno del sistema stesso.

Per quanto riguarda invece la flessibilità, lo sviluppo di un approccio modulare, consentendo<sup>7</sup> la separabilità, la ricomponibilità, la sostituibilità, la modificabilità e l'aggiunta o l'eliminazione dei moduli, può contribuire a rendere un sistema molto flessibile;

---

<sup>7</sup> Tali possibilità sono tanto più elevate quanto maggiore è il grado di modularità caratterizzante un sistema.

- la *struttura gerarchica di un sistema*: secondo Simon (1962), gran parte dei sistemi complessi, che vi sono in natura o che sono stati creati dall'uomo, sono caratterizzati da un'organizzazione gerarchica, in cui è possibile individuare un insieme di parti, che a loro volta sono ancora scomponibili in altre parti, e così via. A volte il numero di questi livelli gerarchici è molto elevato, addirittura incalcolabile, altre può essere piccolo, ma in ogni caso la caratteristica fondamentale è che ad ogni livello gerarchico le interazioni tra gli elementi che costituiscono una stessa parte sono molto più intense delle interazioni tra gli elementi appartenenti a parti diverse. Il concetto di modularità si fonda proprio su tale caratteristica;
- la *scomposizione di un sistema in moduli*;
- la *presenza di relazioni chiare e definite tra le funzioni svolte da un sistema e i moduli di cui è composto*;
- l'*indipendenza tra i moduli*: tale proprietà deriva dalla forte connessione interna e dalla elevata indipendenza esterna che caratterizzano i moduli. L'indipendenza tra i moduli, assieme alla natura delle interfacce, influenza il livello di separabilità, di ricomponibilità e di sostituibilità tra i moduli così come anche la possibilità di aggiunta o eliminazione di questi ultimi;
- l'*importanza delle interfacce*: le interfacce, assieme ai moduli, costituiscono uno tra i principali elementi caratterizzanti un'architettura modulare. L'interfaccia è quel concetto che consente l'indipendenza tra i moduli. La specificazione delle interfacce prevede la definizione dei parametri secondo i quali un modulo interagisce con gli altri. In altri termini, l'interfaccia costituisce l'insieme dei parametri visibili (*visibile parameters*) all'interno di un sistema (Baldwin & Clark, 2000);
- la *presenza di standard*: in un'architettura modulare lo standard può essere riferito al modulo o all'interfaccia. La modularità, attraverso tale caratteristica, da un lato, offre la possibilità di utilizzare uno o più moduli in diverse varianti di prodotto e, dall'altro, con lo standard di interfaccia aumenta l'interscambiabilità dei componenti (si pensi all'esempio dei mattoncini Lego);
- il *ruolo fondamentale dell'architettura*: l'architettura costituisce l'"intelaiatura" concettuale di un sistema. Essa, oltre a definire i collegamenti (fisici o logici) e le interazioni tra i moduli, specifica il tipo di relazioni tra moduli e le funzioni che svolgono questi ultimi.

L'insieme delle considerazioni finora svolte ha contribuito a fornire alcuni elementi utili per definire con maggior chiarezza il concetto di modularità. In linea di massima, la modularità costituisce un concetto secondo il quale un sistema può essere progettato o analizzato in maniera tale da poter essere scomponibile in moduli fisicamente o logicamente separabili (i quali svolgono precise funzioni e sono caratterizzati da un elevato grado di indipendenza) posti in interazione tra loro attraverso delle interfacce disaccoppiabili, la cui natura consente un grado più

o meno elevato di interscambiabilità tra i componenti. Tale approccio, semplificando la struttura delle relazioni causa ed effetto all'interno dell'architettura del sistema e rendendo possibile la modifica, la sostituzione, l'aggiunta o l'eliminazione di uno o più moduli senza effetti sugli altri componenti o sulla struttura stessa, consente di far fronte alla complessità e alle esigenze di flessibilità, in un modo tanto più efficace quanto più elevato è il livello di modularità (o di modularizzazione).

## 2 - La diffusione della modularità

La pervasività e la grande diffusione della modularità, assieme all'incremento del numero e della consistenza dei fattori che ne hanno aumentato la necessità, hanno portato alcuni studiosi (Baldwin & Clark, 1997; O'Grady, 1999; Garud, Kumaraswamy & Langlois, 2003; ecc.) a definire questo periodo come l'"era della modularità"<sup>8</sup>. Ciò tuttavia non significa che in futuro la modularità sostituirà completamente l'integralità, né che la prima sia sempre da ritenersi ideale rispetto alla seconda. «*Modularity is not an end state of technological evolution. Every architecture contains a technical performance limit*» (Chesbrough, 2003: 192).

A parere di chi scrive, più che parlare di "era della modularità", è opportuno parlare di un'era in cui, riconosciuta l'importanza del ruolo dell'architettura di sistema da parte di studiosi<sup>9</sup> e imprese, si sta sempre più cercando di comprendere e approfondire i risvolti e le implicazioni derivanti dal tipo di configurazione di prodotto, al fine di cogliere i vincoli e le opportunità ad esso connesse. L'architettura di prodotto comporta infatti importanti ripercussioni, oltre che sulle performance e sulla flessibilità evolutiva del prodotto stesso, anche sull'assetto organizzativo, sulla capacità innovativa e sulle scelte dell'impresa. «*The choice of product architecture has broad implications for product performance, product change, product variety, and manufacturability. Product architecture is also strongly coupled to the firm's development capability, manufacturing specialties, and product strategy*» (Pimmler & Eppinger, 1994: 1). La maggior attenzione<sup>10</sup> posta all'architettura di prodotto e ai risvolti di quest'ultima ha consentito di

---

<sup>8</sup> Garud, Kumaraswamy e Langlois affermano: «*There is no doubt that we are living in a modular age*» [Garud, Kumaraswamy e Langlois, 2003, 8].

<sup>9</sup> In tale ambito, tra i contributi più importanti vi sono quelli di Simon e Ulrich, in particolare:

SIMON HERBERT A. (1962) "*The architecture of complexity*", in Proceedings of the American Philosophical Society;

ULRICH KARL (1995) "*The rule of product architecture in the manufacturing firm*", in Research Policy, Vol. 24, pagg. 419-440.

<sup>10</sup> Il riconoscimento solo recente della grande influenza dell'architettura di prodotto sull'attività d'impresa è riscontrabile anche da quanto scritto da Ulrich: «*we discovered that the architecture of the product [...] was a critical determinant of the ability to create product variety. This fact surprised us because, through the early 1990s, most of literature on product variety emphasized the role of production process flexibility, but did not discuss the architecture of the product*» [Ulrich, 2003, 146].

cogliere maggiormente alcune potenzialità della modularità e ciò, unitamente ad altri fattori, ha portato ad una diffusione crescente dell'approccio modulare. Ma nella realtà attuale vi sono spinte contrapposte che portano nell'una (incremento della modularità) e nell'altra direzione (incremento dell'integralità). Infatti, se in alcuni settori si sta sempre più adottando un approccio modulare, in altri si sta sempre più migrando verso l'integralità. «*In organizational systems, researchers have noted that whereas in many industries firms appear to be disaggregating, other industries (e.g., banking and health care) are characterized by increasing consolidation and integration*» (Schilling, 2000: 313).

Non solo l'approccio modulare non si sta diffondendo a scapito di quello integrale, ma modularità e integralità coesistono all'interno di un sistema e non sono quindi alternativi tra loro. «*Most products or systems will embody hybrid modular-integral architectures. [...]. In most cases the choice will not be between a completely modular or completely integral architecture, but rather will be focused on which functional elements should be treated in a modular way and which should be treated in an integral way*» (Ulrich, 1995: 433 e 437). In linea di massima, quindi, non esistono prodotti o sistemi perfettamente modulari o modularizzabili e altri totalmente integrali. La modularità non costituisce un concetto dicotomico. Al contrario, vi sono prodotti caratterizzati da un diverso livello di modularità o grado di modularizzazione<sup>11</sup>. Inoltre, il livello di modularità che caratterizza un prodotto può variare nel tempo in relazione, per esempio, alle esigenze del mercato, all'evoluzione dell'impresa, alle conoscenze e alle tecnologie disponibili, ecc. In più, un bene o servizio può essere caratterizzato al suo interno da livelli di modularità diversi. Ciò non soltanto perché si riscontra in genere una correlazione negativa tra grado di modularità e livello di disaggregazione (più si scende nel dettaglio, minore sarà il grado di modularità<sup>12</sup>), ma anche perché un sistema può essere composto da dei sottosistemi che possono presentare caratteristiche tali da essere ognuno più o meno predisposti verso una struttura modulare.

Pertanto, nel porre attenzione sulla diffusione della modularità, risulta necessario comprendere quali aspetti inducono un sistema verso la modularità e quali verso l'integralità. A tal fine, si ritiene importante individuare quali sono le forze, le variabili e i fattori che possono portare un sistema verso un incremento della modularità o un incremento dell'integralità.

In questo ambito, un contributo molto importante è stato fornito da Melissa Schilling (Schilling, 2000), la quale ha proposto un modello in cui vengono individuati e ricondotti a delle categorie alcuni dei fattori/forze e dei legami causa-effetto determinanti la migrazione di un

---

<sup>11</sup> Si parla di *livello di modularità* quando si analizza il grado di modularità presente in un sistema, mentre si parla di *grado di modularizzazione* quando ci si riferisce al livello di modularità che può raggiungere un sistema.

sistema verso una struttura modulare o integrale.

### 3 - Il modello di Schilling

Schilling ha costruito il suo modello partendo dal presupposto che per individuare le forze e i fattori che inducono, predispongono e agevolano un sistema nell'assunzione di una configurazione maggiormente modulare, è necessario prendere in considerazione il rapporto tra il sistema e il suo contesto. Un sistema può essere definito come un'entità composta da elementi, i quali sono: gerarchicamente organizzati, interrelati tra loro e finalizzati ad uno o più obiettivi. Il contesto costituisce invece l'ambito all'interno del quale il sistema si colloca. Il concetto di sistema e quello di contesto sono relativi, in quanto variano a seconda del livello di analisi preso in considerazione. Infatti, un'impresa, ad esempio, da un lato, può rappresentare il contesto all'interno del quale sono collocati le diverse aree aziendali (sistemi) e, dall'altro, può costituire un sistema collocato nell'ambito di un determinato settore o mercato (contesto).

In generale, un sistema, per poter sopravvivere e operare in modo efficiente ed efficace, deve necessariamente attuare un processo di adattamento reciproco con il proprio contesto (Alexander, 1964). Il processo di adattamento tra sistema e contesto deve essere reciproco in quanto, da un lato, il sistema deve adeguarsi alle dinamiche e alle forze (spesso contrapposte tra loro) create dal contesto e, dall'altro, il sistema con le sue caratteristiche e i suoi mutamenti di stato influenza a sua volta il contesto all'interno del quale è inserito. Un'impresa, ad esempio, può essere costretta dall'ambiente competitivo in cui opera a determinate scelte, ma tali scelte possono a loro volta causare dei cambiamenti nell'ambiente competitivo stesso.

In relazione al rapporto tra sistema e contesto, devono essere evidenziati due aspetti. In primo luogo, il grado di adattamento reciproco (o di *fitness*) non è ottimale, in quanto ai continui adeguamenti del sistema alle evoluzioni del contesto e del contesto alle evoluzioni del sistema si oppongono dei meccanismi di inerzia che contrastano il processo di adattamento. All'interno di un'impresa, ad esempio, si creano delle routine e degli equilibri (di potere, di relazione, ecc.) tali da costituire dei vincoli e delle resistenze alle possibili esigenze di cambiamento, che sempre più spesso si manifestano. La stessa cultura aziendale tende ad agire per preservare se stessa. In secondo luogo, il livello di fitness raggiunto costituisce una posizione di equilibrio mutabile nel tempo in relazione alle dinamiche che si vengono a creare tra sistema e contesto.

Sulla base di tali considerazioni, il livello di modularità verso cui tende un sistema varierà in relazione alla capacità di quest'ultimo di adattarsi al contesto grazie all'utilizzo di un approccio

---

<sup>12</sup> Si fa notare che il modulo (elemento cardine di qualsiasi struttura modulare), ossia un'unità o una porzione di prodotto i cui elementi strutturali sono fortemente connessi tra loro e debolmente connessi rispetto agli altri elementi delle altre unità o porzioni di prodotto, presenta per definizione caratteristiche di integralità al suo interno.

modulare. In altri termini, il livello di modularità acquisito o acquisibile da un sistema sarà tanto più elevato quanto più una struttura modulare si dimostrerà funzionale al raggiungimento di un grado di adattamento reciproco tra sistema e contesto che sia il più soddisfacente possibile. In questo senso, una configurazione modulare presenta un livello di funzionalità diverso, e quindi un diverso grado di adottabilità, in relazione al tipo di sistema e al tipo di contesto preso in considerazione.

Nel considerare il rapporto tra sistema e contesto e l'influenza che la modularità può esercitare nell'ambito di questo rapporto, Schilling individua tre "dimensioni", le quali nel loro reciproco interagire, inducono un sistema, sulla base di un livello di fitness soddisfacente, verso una maggiore o minore modularità:

- la separabilità dei componenti e la «specificità sinergica»;
- l'eterogeneità degli input e l'eterogeneità della domanda;
- il livello di «urgenza» (*urgency*).

Qui di seguito, tali dimensioni verranno analizzate singolarmente, prima, svolgendo delle considerazioni generali legate a qualsiasi tipo di sistema (organismo biologico, bene, servizio, organizzazione, processo), e poi in maniera più specifica con riferimento al prodotto e al campo economico aziendale.

### ***3.1 - La separabilità dei componenti e la specificità sinergica***

La modularità fonda alcuni dei suoi benefici sulla separabilità, ossia sulla possibilità di scomporre un sistema attraverso dei processi di disaggregazione, senza che la successiva ricomposizione (ritorno alla configurazione di sistema originaria) o ricombinazione (creazione di configurazioni nuove o diverse) pregiudichi la funzionalità del sistema. È infatti grazie alla possibilità di scombinare e ricomporre i moduli che la modularità consente di operare cambiamenti nell'architettura di un sistema, rendendola così meno complessa e/o più flessibile.

Considerato che alcuni sistemi sono relativamente inseparabili mentre altri possono essere facilmente scomposti, diventa fondamentale individuare il grado di separabilità di un sistema al fine di comprendere quanto quest'ultimo è o può diventare modulare. Occorre quindi fornire una risposta ai seguenti interrogativi: in che misura un sistema è scomponibile? E una volta scomposto, tale sistema può essere riportato alla configurazione originaria con perdite di funzionalità nulle o minime? È possibile approdare a nuove configurazioni?

Gran parte delle risposte a tali interrogativi sono legate alla «specificità sinergica» (Schilling, 2000) che può caratterizzare un sistema. Si ha specificità sinergica quando i legami e le interazioni tra i componenti di un sistema sono tali da rendere difficilmente attuabili la

scomposizione e la ricombinazione di quest'ultimo, in quanto la perdita di funzionalità sarebbe elevata. In altri termini, la specificità sinergica caratterizzante un sistema si traduce in un rapporto di sinergica specificità tra i componenti, che rende subottimale qualsiasi soluzione derivante da processi di disaggregazione e di ricombinazione, rispetto alla configurazione originaria. Ogni componente e ogni rapporto tra i diversi componenti è specifico a quel dato sistema, di conseguenza qualsiasi intervento di scomposizione e ricombinazione dell'architettura comporterebbe una perdita di funzionalità.

Si comprende quindi che la separabilità è funzione inversa della specificità sinergica; e pertanto, quanto più un sistema è caratterizzato da specificità sinergica, tanto meno tale sistema tenderà verso la modularizzazione. La specificità sinergica determina quindi una spinta negativa verso la modularità.

In ogni caso, il grado di specificità sinergica di un sistema non costituisce una caratteristica immutabile nel tempo. Le possibili evoluzioni del sistema o le evoluzioni del contesto o il rapporto tra tali evoluzioni possono modificare nel tempo il livello di specificità sinergica. Nuove conoscenze, tecnologie, ecc., possono infatti rendere i componenti presenti all'interno di un sistema più indipendenti tra loro e meno dedicati, con la conseguente riduzione del grado di specificità sinergica. Viceversa, il contesto e il sistema possono evolvere in un modo tale da comportare un incremento della specificità sinergica e quindi una diminuzione della separabilità.

Passando dal concetto più generale di sistema a quello più specifico di prodotto, Schilling individua alcuni fattori che influiscono sulla separabilità: il livello di funzionalità legato alla specificità sinergica che caratterizza un prodotto e l'atteggiamento e la predisposizione dei clienti verso un sistema modulare.

Con riferimento al primo aspetto, maggiore è il livello di funzionalità connesso alla specificità sinergica caratterizzante le interazioni e i legami tra i componenti, minore sarà la spinta di un prodotto verso la modularità.

Per quanto concerne l'atteggiamento e la predisposizione dei clienti verso un bene o servizio modulare, si pone in rilievo come la separabilità di un sistema dipenda anche dall'utilità derivante dalla sua scomposizione. In altri termini, non è sufficiente che un prodotto sia scomponibile con perdite nulle o minime di funzionalità, ma è anche necessario che tale separabilità sia richiesta o preferibile per i clienti. Il livello di separabilità dipende quindi anche da quanto le possibilità offerte dalla modularità sono desiderabili da parte del cliente. Il cliente nell'approcciarsi ai prodotti scomponibili dovrà disporre di una buona conoscenza in merito ai diversi tipi di componenti e a come questi ultimi interagiscono tra loro, altrimenti non sarà in grado di sfruttare le opportunità e i benefici offerti dalla modularità, soprattutto dalla modularità in uso (Baldwin & Clark, 1997). Si comprende quindi che quanto più il cliente dispone di conoscenze in merito alla

qualità e alle performance dei diversi componenti e alle interazioni tra questi ultimi, minori saranno le sue difficoltà nella scelta dei componenti e nel loro assemblaggio e maggiore sarà la spinta del prodotto verso la modularità.

Al contrario, per il cliente saranno preferibili soluzioni di tipo integrato, dove la natura e il numero delle interazioni tra i componenti saranno tali da rendere le relazioni tra questi ultimi complesse e incerte e quindi difficilmente comprensibili.

### ***3.2 - L'eterogeneità degli input e l'eterogeneità della domanda***

L'eterogeneità degli input e l'eterogeneità della domanda costituiscono due importanti condizioni, affinché la possibilità di creare molteplici configurazioni attraverso l'impiego di un approccio modulare sia funzionale al miglioramento del livello di fitness tra sistema e contesto.

Da un lato, quanto più gli input disponibili per la composizione di un sistema sono eterogenei, tanto più elevato sarà il numero di configurazioni ottenibili e, dall'altro, quanto più la domanda è eterogenea, tanto più saranno richieste configurazioni diverse.

È importante far notare come l'eterogeneità degli input e l'eterogeneità della domanda non solo si rafforzano l'una con l'altra, ma affinché tali condizioni siano funzionali all'aumento del livello di modularità di un sistema devono essere contemporaneamente presenti. Infatti, la possibilità di creare molteplici configurazioni di prodotto grazie ad un'elevata eterogeneità degli input risulta abbastanza inutile a fronte di una domanda omogenea, così come una domanda diversificata in presenza di una scarsa varietà di fattori non è soddisfabile poiché il numero di configurazioni ottenibili non potrà essere elevato. Di conseguenza, eterogeneità degli input ed eterogeneità della domanda si rafforzano, ma anche si indeboliscono a vicenda.

Alcune considerazioni più specifiche si possono svolgere con riferimento al sistema prodotto e al campo economico aziendale.

Per quanto riguarda l'eterogeneità degli input, Schilling riconduce quest'ultima alla diversità delle opzioni tecnologiche disponibili in un dato contesto e alla presenza di un certo grado di differenziazione delle capacità da parte delle imprese.

Quando in un dato ambiente competitivo sono presenti più opzioni tecnologiche incorporabili in un prodotto, una struttura modulare aumenta certamente la sua attrattività. Un'ampia gamma delle opzioni tecnologiche infatti contribuisce all'incremento dell'eterogeneità degli input disponibili, rendendo la modularità maggiormente preferibile sia per i clienti che per le imprese. Per quanto riguarda i clienti, l'aumento dell'eterogeneità degli input disponibili incrementa la varietà delle soluzioni ottenibili. La modularità, consente di inglobare le diverse soluzioni tecnologiche in componenti modulari compatibili e quindi combinabili tra loro, garantendo così

al cliente una maggiore flessibilità e varietà nella scelta della configurazione di prodotto. Per ciò che concerne le imprese, un prodotto caratterizzato dalla presenza di diverse tecnologie (si pensi, per esempio, a quei beni composti da parti meccaniche, elettroniche, ecc.) richiede molto spesso per la sua produzione conoscenze molteplici e differenziate, conoscenze che sempre più frequentemente la singola impresa ha difficoltà a possedere.

Un approccio modulare, attraverso la scomposizione del prodotto in moduli, permette di affidare rispettivamente ad ogni impresa il componente per il quale dispone delle conoscenze necessarie per la sua produzione.

Strettamente connessa a quest'ultima affermazione è la differenziazione delle capacità delle imprese. Quanto più le aziende operanti in un determinato settore presentano competenze, capacità e conoscenze diverse, tanto più elevati saranno i benefici derivanti da una loro eventuale collaborazione.

Viceversa, se le imprese presentano capacità omogenee, i benefici che si possono trarre dalle opportunità di collaborazione possibili grazie allo sviluppo di un approccio modulare saranno marginali.

Va inoltre rilevato che la diversità delle opzioni tecnologiche e la differenziazione delle capacità delle imprese si rafforzano a vicenda. Infatti, quanto più sono presenti diverse opzioni tecnologiche, tanto più le imprese disporranno di conoscenze e capacità diverse. E quanto più le imprese disporranno di conoscenze e capacità diverse, tanto più vi sarà la possibilità di creare diverse opzioni tecnologiche.

Per di più si evidenzia che, se da un lato la presenza di diverse opzioni tecnologiche e di capacità delle imprese differenziate contribuisce ad incrementare il livello di modularità caratterizzante un sistema, dall'altro, lo sviluppo di un approccio modulare costituisce a sua volta una spinta verso la differenziazione delle capacità delle imprese e l'aumento della diversità delle opzioni tecnologiche. Infatti, la possibilità offerta dalla modularità alle imprese di concentrarsi nel modulo o nei moduli per la cui produzione dispongono di adeguate competenze e conoscenze, favorisce la differenziazione delle capacità delle imprese stesse, aumentando così di conseguenza anche la possibilità di creare e sfruttare diverse soluzioni tecnologiche.

Con riferimento all'eterogeneità della domanda legata al sistema prodotto, si evidenzia come in presenza di una domanda molto differenziata, l'impresa o le imprese siano costrette a sviluppare molteplici soluzioni di prodotto, e come, di fronte a tale necessità un approccio di tipo integrale risulterebbe troppo rigido e costoso. Al contrario, la modularità, come è già stato evidenziato in precedenza, consente (in genere) di sviluppare molteplici soluzioni in modo flessibile e poco costoso.

### 3.3 - Il livello di “urgency”

La velocità e il grado di intensità con cui un sistema risponde ai cambiamenti del contesto e viceversa, attuando così un processo di adattamento reciproco, dipendono anche dal livello di urgenza o «urgency» (Schilling, 2000). Il livello di urgenza può essere definito come quell'insieme di pressioni che contrastano l'inerzia al cambiamento caratterizzante un sistema, inducendo quest'ultimo ad adeguarsi con una certa rapidità alle influenze esterne e ai cambiamenti del contesto.

Pertanto, quanto più il livello di urgenza sarà elevato, tanto più il sistema dovrà attuare in modo repentino dei mutamenti di stato, al fine di raggiungere nuovamente un rapporto di equilibrio con il contesto. Un elevato livello di urgency, poiché richiede una certa capacità di adattamento alle evoluzioni e alle influenze del contesto, induce un sistema verso una struttura più modulare. Infatti, rispetto all'integralità, la modularità in genere garantisce al sistema una maggior flessibilità.

Per quanto riguarda il prodotto e le imprese, secondo Schilling i principali fattori che contribuiscono ad aumentare il livello di urgenza sono la rapidità nel cambiamento tecnologico e l'intensità competitiva.

La rapidità nel cambiamento tecnologico è causa e allo stesso tempo effetto della nascita e dell'evoluzione di molteplici tecnologie. Tale aspetto, unitamente alla necessità sempre crescente di inglobare più tecnologie nello stesso prodotto, crea alle imprese, oltre che un elevato bisogno di flessibilità, anche esigenze di compatibilità sia tra le diverse tecnologie, sia tra una tecnologia e la sua evoluzione. Un approccio modulare può consentire alle imprese di soddisfare tali esigenze di flessibilità e di compatibilità, poiché, grazie alla separabilità dei componenti e tramite l'utilizzo di interfacce standard, consente, in primo luogo, di modificare un prodotto senza dover riprogettare la sua architettura e, in secondo luogo, di rendere compatibili tra loro diverse tecnologie. Un altro aspetto da rilevare, è che il manifestarsi di rapidi cambiamenti tecnologici contribuisce ad incrementare sia l'eterogeneità degli input che l'eterogeneità della domanda (due condizioni che, come si è evidenziato in precedenza, spingono il sistema verso una struttura più modulare). L'aumento delle opzioni tecnologiche, infatti, da un lato, fa crescere il fabbisogno di competenze e conoscenze delle imprese, inducendo queste ultime a specializzarsi e di conseguenza a differenziare le loro capacità e, dall'altro, amplia le possibilità di scelta per i clienti, innescando una diversificazione delle loro esigenze e quindi della domanda.

Da tali considerazioni si comprende pertanto che la rapidità nel cambiamento tecnologico molto spesso induce un sistema direttamente (creando esigenze di flessibilità e di compatibilità tra le diverse tecnologie) o indirettamente (aumentando sia l'eterogeneità degli input che l'eterogeneità della domanda) verso la modularità.

Per quanto riguarda l'intensità competitiva, si rileva che quanto più la concorrenza in un determinato contesto è elevata, tanto maggiori saranno per le imprese la pressione sui costi e le necessità di differenziazione. Di conseguenza, in contesti altamente competitivi, la modularità può aumentare la sua attrattività. Ciò in quanto l'impiego di approccio modulare, consentendo in genere un'elevata varietà a basso costo, può offrire sia opportunità di differenziazione che possibilità di riduzione dei costi.

Si comprende quindi che l'intensità competitiva molto spesso costituisce una spinta positiva verso la modularità.

#### **4 - Alcune considerazioni sul modello di Schilling**

Il modello di Schilling, qui sintetizzato e rappresentato nella figura 1, costituisce un contributo molto importante, poiché rappresenta uno dei primi e dei principali tentativi nel proporre una teoria generale della modularità dei sistemi. Tale modello infatti pone le basi per l'individuazione e l'analisi di quei fattori che possono favorire od ostacolare la migrazione di un sistema verso una struttura modulare.

A parere di chi scrive, Schilling ha avuto il merito di individuare nel rapporto tra sistema e contesto e nella necessità di adattamento reciproco tra questi ultimi, la chiave di analisi per identificare e valutare i fattori che influenzano il livello di modularità verso cui tende il sistema. In altri termini, il modello ha il pregio di partire dal presupposto che il livello di modularità acquisito o acquisibile da un sistema dipende dalla capacità del sistema stesso di adattarsi al contesto grazie all'utilizzo di un approccio modulare. Un ulteriore aspetto positivo è riconducibile al fatto che il modello di Schilling può essere applicato alla generalità dei sistemi (organismi biologici, istituzioni e organizzazioni, prodotti, ecc.). In più, le tre "dimensioni" proposte nel modello (separabilità e specificità sinergica, eterogeneità degli input ed eterogeneità della domanda, livello di urgenza) consentono di focalizzare l'attenzione su alcuni dei principali fattori che influiscono sul livello di modularità di un sistema.

Tuttavia, il contributo di Schilling, nonostante la sua grande validità, può presentare alcuni limiti di fronte alla crescente complessità della realtà in cui gran parte dei sistemi e dei contesti si collocano.

In primo luogo, la costruzione di schemi che si propongano di rappresentare in modo lineare le dinamiche causa-effetto di una data realtà, risulta sempre più difficile (e spesso poco utile o addirittura fuorviante). In particolare, per quanto riguarda la considerazione e l'analisi dei fattori che influiscono sul livello di modularità di un sistema, si deve tener presente che:

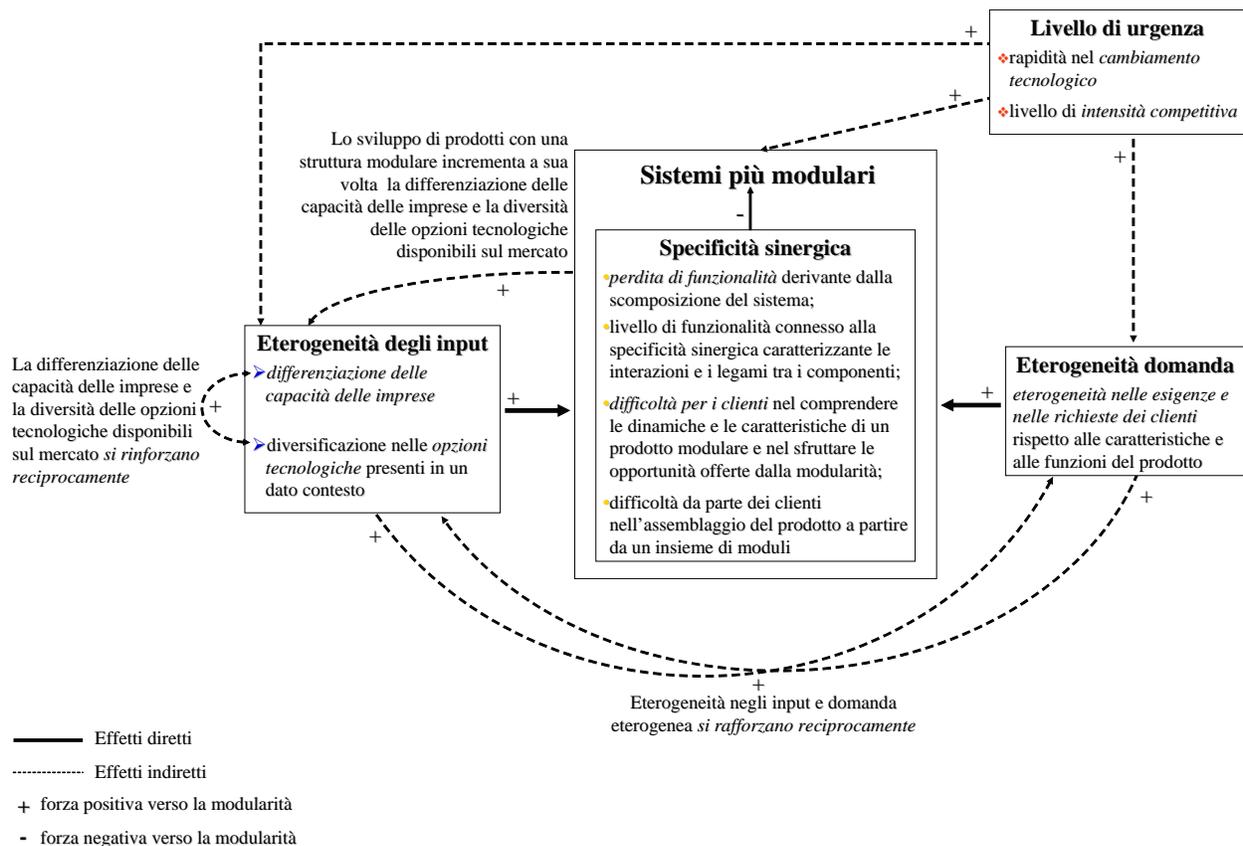
- i rapporti e i legami tra le forze favorevoli o contrarie alla modularità e ciò verso cui tende un

sistema (struttura più modulare o più integrale) non sono lineari e spesso non sono facilmente individuabili;

- qualsiasi fattore influente sul livello di modularità di un sistema esercita direttamente o indirettamente un'influenza più o meno elevata anche sugli altri fattori. Di conseguenza, gli effetti di un fattore possono essere ambigui (un fattore può cioè determinare al tempo stesso sia spinte verso la modularità, sia spinte verso l'integralità);

- inevitabilmente e comprensibilmente non si possono individuare a priori tutte le forze e le dinamiche che influiscono sulla migrazione di un sistema verso la modularità o l'integralità, poiché le caratteristiche dell'ambiente attuale sono tali da rendere quest'ultimo estremamente complesso e quindi in continua evoluzione. Da ciò ne consegue il continuo sorgere di nuovi aspetti e implicazioni che modificano i fattori e i loro effetti sulla migrazione del sistema.

Figura 1 – Il modello di Schilling delle forze favorevoli o contrarie alla modularità



FONTE: rielaborazione da Schilling (2000: 321)

L'insieme di tali considerazioni fanno comprendere come non sia possibile determinare in modo univoco e lineare gli effetti di un determinato fattore sulla migrazione di un sistema (verso

la modularità o l'integralità). Come si vedrà in seguito, un'elevata intensità competitiva, così come una domanda molto eterogenea o la presenza di diverse opzioni tecnologiche, non necessariamente comportano una spinta favorevole verso la modularità. Ad esempio, in condizioni di forte concorrenza, lo sviluppo di un approccio integrale potrebbe risultare preferibile, in quanto renderebbe il prodotto più difficilmente imitabile. Inoltre, non solo un fattore può presentare effetti ambigui (spingere cioè un sistema sia verso la modularità che verso l'integralità), ma la natura e il numero dei fattori e gli effetti di questi ultimi sono variabili, a causa della continua evoluzione del sistema, del contesto e del rapporto tra questi ultimi.

In secondo luogo, sebbene il modello di Schilling consenta di porre attenzione su alcuni dei principali fattori che possono influire sul livello di modularità di un sistema, alcune variabili o forze non vengono prese in considerazione e non possono nemmeno essere ricomprese all'interno di una delle tre "dimensioni" proposte da Schilling. Ad esempio, aspetti chiave quali il livello di complessità di un sistema o il grado di compatibilità tra sistemi non vengono presi in considerazione o comunque non vengono adeguatamente considerati o contestualizzati.

La struttura del modello di Schilling presenta quindi dei limiti in quanto, da un lato, non permette di considerare e ricomprendere al suo interno alcune importanti forze che influenzano il livello di modularità di un sistema e, dall'altro, non consente di evidenziare abbastanza l'ambiguità degli effetti derivante dalla quasi totalità dei fattori. La circolarità delle relazioni evidenziata<sup>13</sup> da Schilling non è infatti sufficiente per mettere in evidenza l'ambiguità degli effetti. Riconoscere, ad esempio, che l'effetto di un determinato fattore può aumentare l'intensità del fattore stesso, non consente di porre abbastanza in rilievo il fatto che un determinato fattore può, non soltanto comportare spinte sia negative che positive verso la modularità, ma anche esercitare un livello di influenza più o meno elevato sugli altri fattori. Vi è pertanto la necessità di creare un modello che sia caratterizzato da una struttura aperta in grado sia di ricomprendere e classificare al suo interno tutti i possibili fattori (anche quelli che potrebbero sorgere o essere individuati in un secondo momento) che possono influire sulla migrazione di un sistema verso una struttura più modulare o più integrale, sia di riconoscere e di evidenziare che gran parte dei fattori comportano in realtà effetti ambigui.

Partendo dalle considerazioni appena svolte, si propone qui di seguito un nuovo modello, il cui scopo non è certamente quello superare i limiti appena esposti, bensì quello di fornire degli spunti per andare in tale direzione.

---

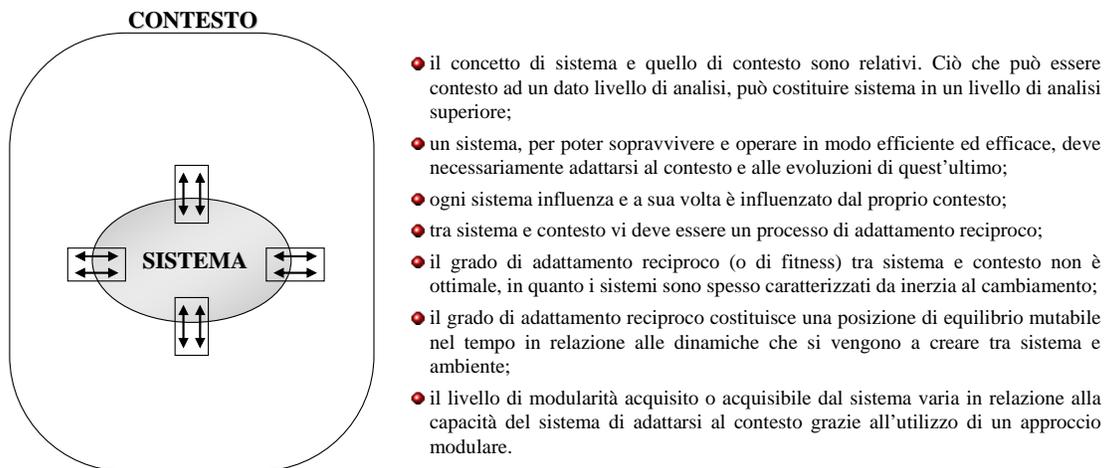
<sup>13</sup> «The model also yields some operationalization challenges because of the circularity of the relationship. A factor might increase the likelihood of modularity, which, in turn, would increase the intensity of the factor» [Schilling, 2000, 332].

## 5 - La proposta di un nuovo modello

Qualsiasi schema o modello per definizione costituisce una semplificazione della realtà e come tale non può essere in grado di considerare tutte le variabili e le dinamiche di una determinata situazione. Fatta tale premessa, il modello che qui si propone (Fig. 3) ha il fine di costituire uno schema logico che consenta di prendere in considerazione e analizzare il rapporto tra sistema e contesto, allo scopo di comprendere i fattori e le variabili che possono indurre un sistema verso una struttura maggiormente modulare o integrale.

Tale modello è fondato su alcuni assunti presenti nel modello di Schilling. In particolare, si parte dal presupposto che la chiave di analisi, per identificare e valutare i fattori e le forze che influiscono sul livello di modularità di un sistema, è costituita dal rapporto tra sistema e contesto e dalla necessità di adattamento reciproco tra questi ultimi.

*Figura 2 – Il rapporto tra sistema e contesto e l'influenza di tale rapporto sul livello di modularità*



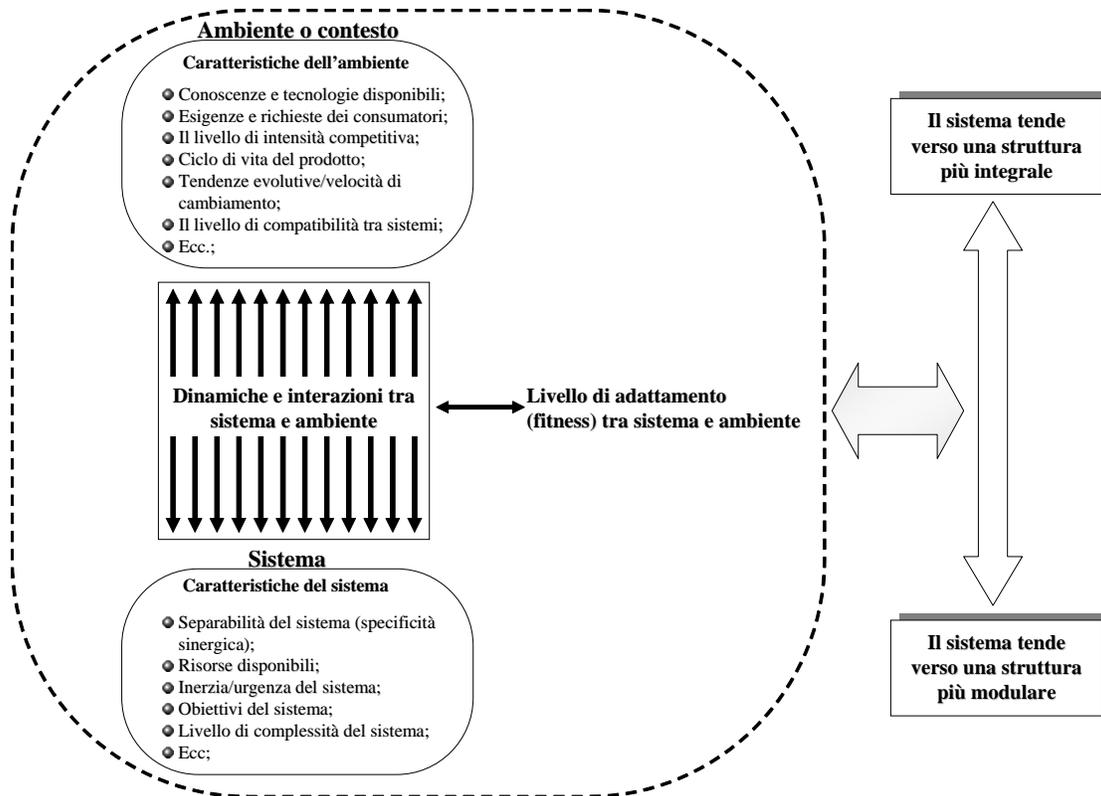
Nella figura 2, vengono riprese e sintetizzate alcune considerazioni (svolte in precedenza con riferimento al modello di Schilling) relative al rapporto tra sistema e contesto e all'influenza di tale rapporto sul livello di modularità.

L'interazione tra sistema e contesto con le loro rispettive caratteristiche determina la soluzione strutturale (incremento della modularità o dell'integralità) che consente di raggiungere il maggior grado di fitness (Fig. 3).

Pertanto, sulla base di quest'ultima considerazione, le forze individuabili che influiscono sul tipo di struttura assunta o assumibile dal sistema possono essere ricondotte a:

- le caratteristiche del contesto;
- le caratteristiche del sistema;
- le dinamiche e le interazioni tra le caratteristiche del sistema e le caratteristiche del contesto;
- il livello di adattamento reciproco tra sistema e contesto.

Figura 3 – I fattori e le dinamiche che influiscono sulla migrazione di un sistema verso una struttura modulare oppure integrale



Queste quattro categorie/dimensioni e il loro reciproco interagire determinano la tendenza di un sistema verso una struttura più modulare o più integrale.

Nel prendere in considerazione tali categorie/dimensioni, alcune variabili/forze considerate nel modello di Schilling verranno riconsiderate, anche se verranno contestualizzate in un modo diverso. Inoltre, si farà notare come la quasi totalità dei fattori e delle variabili possa determinare una spinta ambigua (cioè indurre un sistema sia verso la modularità che verso l'integralità) o comunque variabile, a seconda del tipo di sistema e di contesto e del tipo di situazione analizzati.

Il modello può essere rivolto alla generalità dei sistemi<sup>14</sup>; qui tuttavia, esso verrà trattato svolgendo delle considerazioni a titolo esemplificativo legate principalmente ai sistemi riguardanti l'ambito economico aziendale, trattando aspetti talvolta più strettamente legati al prodotto e talvolta maggiormente connessi all'impresa e alla sua organizzazione.

### 5.1 - Le caratteristiche del contesto

Per quanto concerne le caratteristiche del contesto, molte sono le variabili e i fattori che possono influire sulla migrazione di un sistema verso la modularità, in relazione anche al tipo di sistema e di contesto preso in considerazione. In linea di massima, con la consapevolezza però che non è possibile fornire un elenco esaustivo, si può porre l'attenzione sui seguenti aspetti:

- le conoscenze e le tecnologie disponibili in un dato contesto;
- le esigenze e le richieste dei clienti;
- il livello di intensità competitiva;
- lo stadio del ciclo di vita in cui si trova il prodotto;
- le tendenze evolutive del contesto e la sua velocità di cambiamento;
- il livello di compatibilità tra i sistemi all'interno del contesto.

Con riferimento alle *conoscenze e alle tecnologie disponibili in un dato contesto*, si rileva come nel corso degli anni la creazione e la diffusione di nuove conoscenze e lo sviluppo di alcune innovazioni abbiano favorito un incremento della modularità. Il corpo umano, ad esempio, grazie ai risultati ottenuti in ambito scientifico (biologia, medicina, chimica, ecc.) e alle possibilità offerte dai progressi tecnologici, è diventato maggiormente modulare, pur senza essere stato

---

<sup>14</sup> Lo sviluppo di un approccio modulare può infatti riguardare le seguenti categorie (categorie le quali possono essere ricomprese all'interno del concetto di sistema):

- *un bene*: in tale categoria si vogliono comprendere tutti gli elementi caratterizzati da un certo grado di tangibilità utili per soddisfare uno o più bisogni. Gli esempi riscontrabili in questo ambito sono moltissimi e possono riguardare, anche se con diversa intensità, qualsiasi bene (automobili, costruzioni edili, beni alimentari, vestiti, beni elettronici, arredamento, ecc.);
- *un servizio*: ci si riferisce a quei prodotti che si distinguono da quelli presenti nella categoria precedente perché caratterizzati, oltre che da un elevato grado di intangibilità, anche da una forte componente umana e da un certo livello di interazione e di simultaneità tra produzione e consumo;
- *una conoscenza*: con tale termine si vogliono qui comprendere le teorie, le informazioni, i dati, le conoscenze, ecc.;
- *un processo*: per processo si intende un insieme di attività coordinato tra loro finalizzate ad un determinato obiettivo;
- *un organismo biologico*: strutture modulari e il concetto stesso di modularità sono riscontrabili anche nei campi della biologia e del corpo umano;
- *un'organizzazione*: possono rientrare in questa categoria qualsiasi istituzione sociale, l'organizzazione di un'impresa, ecc.

oggetto di interventi a livello architeturale che ne abbiano modificato la struttura. La conoscenza sempre maggiore dell'organismo umano ha permesso di comprendere che il nostro corpo è in realtà più modulare e meno integrale di quanto si ritenesse in passato. Il trapianto di organi costituisce soltanto uno dei principali esempi della maggiore consapevolezza della struttura modulare del corpo umano. Ed è sempre grazie allo sviluppo di nuove conoscenze e di nuove tecnologie che moltissimi prodotti (la bicicletta, il computer, le automobili, solo per citarne alcuni) sono caratterizzati da un livello di modularità crescente. Occorre inoltre evidenziare il ruolo particolarmente importante ricoperto dalle tecnologie ICT (*Information and Communication Technology*), le quali certamente hanno favorito lo sviluppo di un approccio modulare a livello organizzativo, non soltanto all'interno della singola impresa, ma anche nel rapporto tra imprese, consentendo una diffusione sempre maggiore della struttura a rete. In ogni caso, è necessario far notare che la disponibilità di nuove conoscenze e di nuove tecnologie se da un lato può favorire la modularità, dall'altro può agevolare anche l'adozione di un approccio integrale. Infatti, negli ultimi anni alcune innovazioni tecnologiche hanno permesso di rendere meno costoso il rapporto tra varietà di prodotto e integralità. «*For example, a computer-controlled laser cutting system can cut along an arbitrarily specified trajectory. This flexibility allows systems incorporating these processes to create products that can be infinitely varied with respect to one or more properties. This ability to continuously vary the properties of components by flexible process provides a subtle distinction between the variety that can be created by assembling products from a finite set of component alternatives, and the variety that can be created by flexible component production processes*» (Ulrich, 1995: 430). Queste e molte altre considerazioni che si potrebbero svolgere in relazione a tale aspetto fanno comprendere come le conoscenze e le tecnologie disponibili di per sé possono far migrare un sistema verso una struttura più integrale o più modulare.

Quest'ultima affermazione risulta valida anche prendendo in considerazione *le esigenze e le richieste dei clienti*. Ad esempio, una domanda molto eterogenea può richiedere, a seconda dei casi, l'adozione di un approccio modulare oppure integrale. Come è già stato evidenziato, esigenze di varietà elevata possono essere soddisfatte con soluzioni che sono anche efficienti sotto il profilo economico tramite la modularità, grazie alla possibilità di combinare un set definito di moduli nella realizzazione di diverse configurazioni finali<sup>15</sup>. Tuttavia, in alcuni casi le caratteristiche di determinati prodotti e la natura e il livello dell'eterogeneità della domanda possono essere tali da non consentire o da non rendere preferibile nemmeno la standardizzazione

---

<sup>15</sup> La Black & Decker (Pine, 1997), per esempio, sviluppando un approccio maggiormente modulare è riuscita a produrre un'intera linea di 122 prodotti (trapani, levigatrici, sabbiatrici, seghe circolari, ecc.) in centinaia di varianti, impiegando un numero di componenti relativamente ristretto. In particolare, tutti i modelli erano composti di un motore elettrico che apparteneva ad un'unica linea (cambiava solo la potenza, da 60W a 650W, e la corrispondente lunghezza, da circa 2 cm a 5 m). Ciò, come si può comprendere, ha consentito alla Black & Decker proporsi sul mercato con un'offerta maggiormente differenziata accompagnata da una contestuale riduzione dei costi.

di modulo o la creazione di interfacce disaccoppiabili, richiedendo di conseguenza la costruzione ex novo del prodotto per ogni categoria di consumatori o addirittura per ogni singolo cliente. In tali condizioni, l'approccio integrale risulterebbe più adeguato. Sempre con riferimento al cliente, è importante considerare il suo livello di conoscenza del prodotto. Frequentemente, infatti, il cliente per poter sfruttare le opportunità e i benefici offerti dalla modularità deve disporre di una buona conoscenza in merito alla qualità e alle performance dei diversi tipi di componenti e a come questi ultimi interagiscono tra loro. Soltanto in questo caso egli sarà in grado di cogliere la differenza tra le diverse soluzioni modulari disponibili<sup>16</sup>. Altrimenti, per il cliente saranno preferibili soluzioni di tipo integrato. Il grado di modularità di un prodotto, inoltre, dipende non soltanto dal livello di conoscenza del cliente, ma anche dal suo atteggiamento e dalla sua predisposizione verso i prodotti modulari. Il livello di modularità, quindi, varia anche in relazione a quanto le opportunità offerte da un approccio modulare sono richieste o desiderabili da parte del cliente.

Anche *il livello di intensità competitiva* costituisce una variabile determinante nella migrazione o meno di un sistema verso una struttura modulare. Una concorrenza elevata richiede alle imprese la capacità di creare dei vantaggi competitivi, pena l'esclusione dal mercato. Un'impresa può distinguersi attuando un abbassamento dei costi o differenziando la propria offerta rispetto a quella dei concorrenti (Porter, 1987). Con riferimento alla necessità di ridurre i costi, sia la struttura modulare che quella integrale possono risultare adeguate. La modularità infatti può offrire alle imprese benefici quali una maggior flessibilità produttiva, la riduzione del time to market, economie di scala sul componente, la riduzione delle scorte, economie di apprendimento, ecc. Tali benefici si traducono anche (ma non soltanto) in un abbassamento dei costi per l'azienda. Un'elevata pressione sui costi determinata da una forte concorrenza può quindi indurre un'impresa ad adottare un approccio modulare. Tuttavia, in alcuni casi e per alcuni prodotti, l'integralità può risultare meno costosa della modularità. Può accadere infatti che i costi di ricerca, di progettazione, dei test, di coordinamento, ecc., per creare e gestire un prodotto caratterizzato da una struttura modulare siano più elevati di quelli che si sosterebbero adottando un approccio integrale. Per quanto riguarda la differenziazione dell'offerta dell'impresa, essa può essere ottenuta in diversi modi: migliorando le caratteristiche del bene o del servizio (prestazioni, affidabilità, ecc.), aumentando l'immagine e il prestigio del prodotto, il livello di servizio, la varietà, la personalizzazione, riducendo i tempi di consegna, ecc. L'impiego della modularità può

---

<sup>16</sup> Un esempio in grado di chiarire tale aspetto può essere fornito dai prodotti informatici. Sicuramente, uno dei fattori che permesso lo sviluppo dell'offerta dei computer assemblati (computer ottenuti attraverso una diversa combinazione di schede madri, schede video, schede audio, dischi rigidi, RAM, ecc.), è stata la diffusione di massa delle conoscenze a livello informatico nel mondo dei consumatori. La stessa Dell ([www.dell.com](http://www.dell.com)), che fonda il proprio business sull'offerta di tali prodotti via internet, non avrebbe avuto il successo ottenuto se i potenziali clienti non fossero stati in grado di "tradurre" le proprie esigenze in caratteristiche/attributi specifici sulla base dei quali scegliere i diversi componenti per comporre in modo personalizzato il proprio computer.

consentire di differenziare il prodotto in tutti i modi appena elencati. Una struttura modulare, infatti, da un lato, grazie alla possibilità di intervenire in modo localizzato sull'architettura di prodotto, può consentire sia di aggiornare il prodotto migliorandone così le prestazioni, sia una maggiore riparabilità e, dall'altro, può garantire una maggiore affidabilità grazie allo standard di modulo. La possibilità poi di ottenere configurazioni di prodotto diverse partendo dalla combinazione di un set definito di moduli permette all'impresa di offrire una varietà elevata a basso costo. Al cliente, inoltre, un approccio modulare può garantire un certo grado di personalizzazione, consentendogli, per esempio, l'opportunità di essere coinvolto nella scelta dei moduli che compongono il prodotto (personalizzazione della configurazione di prodotto) o addirittura di partecipare alla definizione delle specifiche e alla creazione di uno o più moduli (personalizzazione di modulo). Tuttavia, sebbene la modularità consenta in più modi di differenziare l'offerta dell'impresa, nella realtà si può notare come non di rado le imprese per differenziarsi si avvalgano di una struttura integrale. Ciò in quanto molto spesso un prodotto caratterizzato da un'architettura integrale risulta più difficile da imitare e consente livelli di performance più elevati<sup>17</sup>.

Un ulteriore aspetto da prendere in considerazione è *lo stadio del ciclo di vita in cui si trova il prodotto*. Le spinte verso la modularità, possono variare di natura e di intensità a seconda che il prodotto sia in fase di introduzione, sviluppo, maturità, saturazione o declino<sup>18</sup>. Ad esempio, quando il bene o servizio si trova in fase di maturità/saturazione, in genere, sia l'impresa che i consumatori, anche se con gradi diversi, dispongono di maggiori conoscenze in merito al prodotto e alle sue problematiche. Inoltre, è in questa fase che risulta sempre più necessario proporre delle varianti di prodotto, al fine di far fronte, da un lato, alle nuove richieste dei clienti, i quali, disponendo di una maggior consapevolezza delle caratteristiche del prodotto e delle loro esigenze in relazione al bisogno che quest'ultimo va a soddisfare, si sono fatti più esigenti e, dall'altro, alla necessità delle imprese di contrastare il rallentamento delle vendite. In più, è

---

<sup>17</sup> La maggiore difficoltà di imitazione dei prodotti integrali può essere per esempio ricondotta alla mappatura delle relazioni (tra componenti e tra componenti e funzioni) particolarmente complessa (come si è rilevato nel paragrafo 1, è questa una delle peculiarità dei sistemi integrali), che rende meno agevoli eventuali processi di reverse engineering da parte dei concorrenti.

Per quanto riguarda le prestazioni, rispetto all'architettura modulare, quella integrale può garantire livelli di performance maggiori in quei prodotti le cui caratteristiche rendono necessari rapporti dedicati tra gli specifici componenti (specificità sinergica di Schilling, 2000).

<sup>18</sup> Il ciclo di vita di prodotto rappresenta uno schema concettuale che considera le variazioni delle quantità di prodotto vendute in relazione al trascorrere del tempo. Il ciclo di vita può essere riferito ad una specifica variante di prodotto realizzata da una determinata impresa, ad una marca, ad un settore, ecc., e la lunghezza delle fasi di cui si compone (introduzione, sviluppo, maturità, saturazione e declino) può variare in relazione alla situazione considerata. È importante precisare che tali fasi hanno una valenza meramente descrittiva e nella realtà non presentano dei confini definiti. Inoltre, il ciclo di vita non è soltanto il risultato dello sviluppo "naturale" del mercato, ma dipende anche dalle strategie di marketing adottate dalle imprese. Non di rado infatti, l'obsolescenza dei prodotti è provocata e programmata dalle stesse imprese.

proprio quando il prodotto ha raggiunto un determinato livello di diffusione/saturazione che le imprese avvertono la necessità crescente di sviluppare delle alleanze al fine di migliorare l'offerta al cliente. La maggior conoscenza del prodotto, la necessità di proporre un numero sempre più elevato di varianti di prodotto e l'esigenza da parte delle imprese di sviluppare delle alleanze possono costituire dei fattori di spinta verso la modularità. Come si è già evidenziato, affinché si possa sviluppare un approccio modulare, è necessaria una conoscenza elevata del prodotto sia da parte dell'impresa, che deve essere in grado di comprendere le dinamiche di relazione tra i diversi componenti, al fine di poter creare o modificare la struttura in modo da renderla modulare, sia da parte del cliente che, per poter cogliere e sfruttare le opportunità e i benefici offerti dalla modularità, deve conoscere la qualità e il livello di performance dei diversi tipi di modulo. Inoltre la modularità, grazie alla possibilità di scomporre il prodotto in moduli, consente sia di coniugare tra loro esigenze di varietà e di costo, sia di sviluppare alleanze offrendo a ciascuna impresa la possibilità di produrre il modulo o i moduli per la cui produzione dispone di maggiori risorse e capacità. Considerazioni opposte si devono svolgere quando un determinato tipo di prodotto è stato appena introdotto nel mercato. In questo caso, spesso le conoscenze del prodotto, soprattutto da parte del cliente, sono minime e l'esigenza di proporre delle varianti di prodotto non è così elevata come lo è invece in fase di maturità o di saturazione. In tale situazione, l'approccio integrale può risultare più adeguato o addirittura l'unica scelta percorribile, in quanto mancano parte dei presupposti per lo sviluppo di un approccio modulare. Diverse conclusioni si devono raggiungere invece per quanto riguarda l'esigenza da parte delle imprese di instaurare delle alleanze. Spesso, è anche e soprattutto nella fase di creazione e di lancio di un prodotto che vi è la necessità di sviluppare delle collaborazioni tra imprese al fine di sopperire alla carenza di risorse (conoscenze, competenze e capacità, risorse finanziarie, materie prime, tecnologie, ecc.) che la singola impresa dovrebbe fronteggiare. Va infine rilevato che anche in mercati maturi, in alcuni casi, le aspettative di performance di prodotto sempre maggiori da parte dei clienti, unitamente alle spinte di miniaturizzazione presenti in molti settori, possono rendere preferibile lo sviluppo di un approccio integrale.

La soluzione strutturale (modulare o integrale) verso cui può tendere un sistema dipende anche dalle *tendenze evolutive del contesto* e dalla sua *velocità di cambiamento* (economico, tecnologico, demografico, ambientale, ecc.). Ad esempio, una domanda e un'offerta sempre più globalizzate, potrebbero aver contribuito ad aumentare la necessità di attuare processi di outsourcing, favorendo così in alcuni casi la diffusione di un approccio modulare, mentre la crescente spinta verso la miniaturizzazione dei prodotti potrebbe aver indotto molti sistemi all'adozione di soluzioni di carattere integrale. Anche la rapidità di cambiamento può costituire sia una spinta che un freno per la modularità. Da un lato, un ambiente caratterizzato da rapidi cambiamenti può favorire un approccio modulare, poiché quest'ultimo, grazie a elementi quali l'indipendenza dei moduli e le interfacce disaccoppiabili, consente di rendere un sistema più

flessibile alle possibili evoluzioni del contesto. Dall'altro, la rapidità di cambiamento può risultare sfavorevole alla modularità, in quanto l'evoluzione dell'ambiente può richiedere al sistema dei cambiamenti di natura talmente radicale da non poter essere sostenuti da un approccio modulare. Infatti, se per un sistema caratterizzato da una struttura modulare per far fronte a determinati cambiamenti creati dall'evoluzione dell'ambiente, non sono sufficienti degli interventi di tipo locale (modifica o sostituzione dei moduli, ecc.), ma sono necessari anche degli interventi a livello architeturale tali da modificare radicalmente gli schemi di interfacciamento tra i componenti, si viene a creare una situazione critica per almeno due ordini di motivi. In primo luogo, la necessità di modificare l'architettura di prodotto può comportare la caduta dei principali benefici offerti dalla modularità. Riprogettare l'architettura, garantendo a quest'ultima una struttura modulare, significa andare incontro ad un allungamento dei tempi di risposta al mercato e ad un aumento dei costi di progettazione, a causa sia delle possibili difficoltà legate alla creazione di nuovi schemi di interfacciamento tra i diversi moduli, sia del numero e dei tipi dei test da effettuare sulla qualità e sulla compatibilità tra i componenti per ogni specifico utilizzo. In secondo luogo, l'architettura del sistema organizzativo di un'impresa è influenzata e in parte determinata dall'architettura di prodotto. I due sistemi, quello tecnico o di prodotto e quello organizzativo, devono procedere in parallelo e in simbiosi tra loro. Ne consegue che l'esigenza di riprogettare la struttura del prodotto potrebbe richiedere contestuali interventi organizzativi (modifica del sistema di coordinamento e di comunicazione, creazione di nuove figure aziendali, necessità di nuove competenze, ecc.) spesso difficilmente attuabili dalle imprese in modo tempestivo. Si crea pertanto un paradosso: la modularità, che tra i suoi fini principali ha quello di rendere un sistema più flessibile, può creare a quest'ultimo delle rigidità qualora si manifesti la necessità di cambiamenti strutturali. Può accadere quindi che un sistema caratterizzato da una struttura modulare rimanga "ingabbiato" dagli schemi di interfacciamento presenti all'interno della sua architettura.

Infine, si vuole porre l'attenzione sul *livello di compatibilità tra i sistemi all'interno del contesto*. Il concetto di compatibilità costituisce uno degli elementi cardine per lo sviluppo di un approccio modulare. Infatti, due o più moduli possono essere interfacciati e quindi connessi tra loro (logicamente o fisicamente) soltanto se sono compatibili. Fondamentale in questo senso risulta quindi il ruolo dell'interfaccia, la quale deve definire dei parametri (visible parameters) in grado di rendere i moduli il più possibile indipendenti e compatibili tra loro. Per quanto riguarda il contesto, quanto più quest'ultimo presenta caratteristiche tali da rendere i diversi sistemi compatibili tra loro, tanto più è elevata la possibilità che si diffonda un approccio modulare. Ad esempio, nel settore dell'informatica e in quello dell'elettronica, così come in molti altri settori, il tasso di diffusione della modularità è aumentato notevolmente da quando i protocolli di interfacciamento sono passati dall'essere patrimonio specifico di una o di poche imprese all'essere degli standard diffusi. È infatti grazie alla diffusione degli standard di interfaccia che

un computer può essere composto da diversi dischi fissi, schede audio, unità di lettura, schede video, ecc., o che televisioni, stereo, dvd recorder, macchine fotografiche digitali, ecc., possono essere facilmente connessi tra loro. Inoltre, quanto più un determinato settore (o contesto) presenta imprese (o sistemi) che hanno adottato un approccio modulare, tanto più è elevata la possibilità che altre imprese migrino verso la modularità. Al contrario, se in un determinato contesto la modularità è poco diffusa o vi è la presenza di scarsa compatibilità, può risultare preferibile l'adozione di una struttura integrale, o quantomeno lo sviluppo di un approccio modulare risulta più complesso.

Come è già stato rilevato, nell'ambito delle caratteristiche del contesto, i fattori e le variabili appena presentati costituiscono soltanto alcuni dei molti aspetti che si possono prendere in considerazione. Altri fattori possono essere individuati in relazione al tipo di contesto e alle possibili evoluzioni di quest'ultimo.

## ***5.2 - Le caratteristiche del sistema***

Anche per quanto riguarda le caratteristiche del sistema, le variabili e i fattori che possono influire sulla scelta di una struttura più modulare o più integrale variano in relazione al tipo di sistema e di contesto preso in considerazione. In linea di massima, fatta la premessa che non è possibile proporre un elenco completo ed esauriente, l'attenzione può essere posta sui seguenti aspetti:

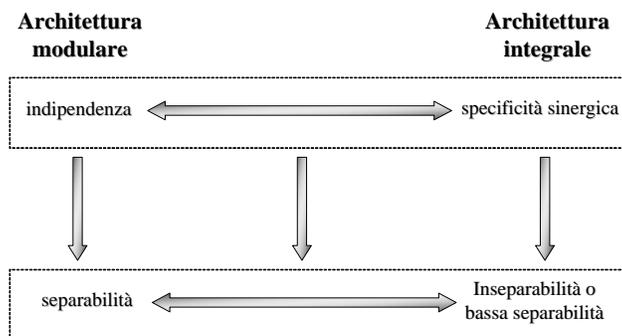
- il grado di separabilità del sistema;
- le risorse disponibili;
- il rapporto tra inerzia e urgenza nell'ambito del sistema;
- gli obiettivi del sistema;
- il livello di complessità del sistema.

In merito al *grado di separabilità di un sistema*, alcune considerazioni sono già state svolte trattando il modello di Schilling. Qui ci si limita rilevare che il grado di separabilità (e quindi il livello di modularità) di un sistema, dipende dal rapporto tra indipendenza e specificità sinergica all'interno del sistema stesso (Fig. 4).

Un sistema è caratterizzato da un elevato livello di indipendenza quando al suo interno presenta componenti i cui elementi strutturali sono fortemente connessi tra loro e debolmente connessi con gli altri elementi degli altri componenti. Quanto più un sistema risulta al suo interno indipendente, tanto più esso è scomponibile, con perdite nulle o minime di funzionalità. Un sistema è invece caratterizzato da un elevato livello di specificità sinergica quando i legami e le

interazioni tra i componenti sono dedicati e quindi tali da rendere subottimale qualsiasi soluzione derivante da processi di disaggregazione e di ricomposizione/ricombinazione, rispetto alla configurazione originaria. Di conseguenza il grado di separabilità di un sistema sarà tanto minore, quanto più un sistema è caratterizzato da specificità sinergica. Si può quindi comprendere che la contrapposizione tra indipendenza e specificità sinergica contribuisce a determinare il grado di scomponibilità di un sistema e quindi il livello di modularità di quest'ultimo.

Figura 4 – Indipendenza e specificità sinergica



La migrazione di un sistema verso una struttura modulare o integrale dipende anche dalla natura e dalla quantità delle *risorse disponibili*. Tra le risorse più importanti e necessarie per un'impresa, vi sono certamente il tempo, il patrimonio di relazioni (rapporti con i fornitori, sbocchi di mercato, clientela fidelizzata, ecc.), le disponibilità finanziarie e le risorse umane, con le loro conoscenze competenze e capacità. La realtà attuale, caratterizzata da una complessità crescente e da un'elevata pressione competitiva (sia globale che locale), rende sempre più scarse, oltre che cruciali, le risorse appena citate. Sempre di più un'impresa per far fronte a tali carenze di risorse deve instaurare delle alleanze con altre imprese. Soltanto in questo modo le aziende potranno ridurre i tempi di risposta al mercato, far fronte agli ostacoli di tipo finanziario, superare i propri limiti cognitivi e contare su un patrimonio di relazioni più elevato. Come è già stato evidenziato, un approccio modulare agevola e incentiva lo sviluppo di collaborazioni tra imprese. Inoltre, non soltanto la carenza di risorse, ma anche la disponibilità di risorse differenziate da parte delle imprese crea la necessità (oltre che una maggiore utilità) di instaurare delle alleanze. Infatti, quanto più le aziende presentano competenze, capacità e conoscenze diverse, tanto più elevati saranno i benefici derivanti da una loro eventuale collaborazione. In genere, quindi, una scarsa disponibilità di risorse o la presenza di risorse e competenze differenziate da parte delle imprese favoriscono l'adozione della modularità. Tuttavia, anche in presenza di una scarsa disponibilità di risorse da parte dell'impresa, l'adozione di una struttura integrale potrebbe risultare in alcuni casi preferibile. Ciò potrebbe accadere, ad esempio, qualora lo sviluppo e la gestione di un'architettura integrale richiedesse minori risorse di quante ne richiederebbe invece

la struttura modulare, o qualora la natura delle risorse presenti in un'impresa fosse tale da rendere preferibile l'adozione di un approccio integrale.

Anche *il rapporto tra inerzia e urgenza all'interno di un sistema*, può influire sulla migrazione di quest'ultimo verso una struttura modulare o integrale. Tale rapporto, infatti, influenza il grado di adattamento reciproco tra un sistema e il suo contesto. L'inerzia è costituita da tutti quegli elementi e quei fattori che rendono la risposta del sistema meno intensa e meno immediata rispetto a quella che renderebbe ottimale l'adattamento tra il sistema stesso e il suo contesto. Le consuetudini, le routine, le procedure, la definizione dei compiti e delle responsabilità all'interno di un'impresa, così come la stessa cultura aziendale, sono tutti esempi che possono creare dei meccanismi di inerzia. L'urgenza, invece, è costituita da quell'insieme di pressioni che contrastano l'inerzia al cambiamento, inducendo un sistema ad adattarsi alle evoluzioni del contesto. All'interno di un'impresa, valori quali la dinamicità, la propensione al rischio o il fatto non poter più ignorare spinte che possono derivare dal contesto come ad esempio l'esigenza di innovare continuamente o la necessità di attuare una riconversione almeno parziale del proprio business, possono favorire o rendere meno critico e più immediato il cambiamento. Influenzando il grado di adattamento tra contesto e sistema, il rapporto tra inerzia e urgenza all'interno di quest'ultimo può influire sull'intensità e sull'immediatezza della migrazione del sistema stesso verso la soluzione strutturale (più modulare o più integrale) necessaria per attuare il cambiamento richiesto dall'evoluzione del contesto.

Un altro aspetto da prendere in considerazione è costituito dagli *obiettivi del sistema*. A seconda degli obiettivi che si pone un sistema, infatti, può risultare più adeguata una struttura maggiormente modulare o integrale. Un'impresa, ad esempio, può avere diversi obiettivi: obiettivi di prezzo, obiettivi legati alla qualità e all'immagine, obiettivi di crescita, obiettivi di leadership, obiettivi di internazionalizzazione, ecc. Come è già stato più volte evidenziato, un approccio modulare può consentire di abbassare i costi, permettendo così all'impresa di essere competitiva sui prezzi. Tuttavia, vi sono casi in cui il prodotto e il mercato possono presentare delle caratteristiche (struttura del prodotto caratterizzata da un'elevata specificità sinergica, scarsa propensione del cliente verso i prodotti modulari, impianti produttivi flessibili, ecc.) tali da consentire un abbassamento dei costi maggiori con un'architettura integrale. Anche la presenza di obiettivi legati alla qualità e all'immagine possono portare allo sviluppo sia di un approccio modulare che di un approccio integrale, in quanto entrambi gli approcci possono permettere di raggiungere tali obiettivi. La modularità, per esempio, offrendo una maggior facilità di intervento sull'architettura di prodotto, può consentire di rendere quest'ultimo più personalizzabile, più facilmente riparabile o aggiornabile, con conseguenti benefici per l'immagine dell'impresa. Nondimeno, anche un prodotto caratterizzato da un'architettura integrale, garantendo, ad esempio, livelli di performance elevati e un design compatto, può contribuire ad aumentare il

prestigio dell'offerta di un'azienda. Diverse considerazioni possono essere svolte con riferimento agli obiettivi di leadership. Infatti sia la modularità che l'integralità possono minare o proteggere il potere di mercato di un'impresa. Da un lato, un approccio integrale può consentire ad un'azienda di difendere il proprio potere di mercato, rendendo i propri prodotti meno preda di imitazioni. I prodotti modulari, al contrario, sono spesso più facilmente imitabili. Dall'altro, la modularità può contribuire ad aumentare il potere di mercato di un'impresa, offrendo a quest'ultima la possibilità di diffondere il proprio standard di interfaccia, possibilità che successivamente può permettere sia di imporre le proprie scelte sul mercato, sia di ottenere vantaggi di compatibilità con altri prodotti. Le minori opportunità offerte in questo senso da un'architettura integrale, potrebbero, in determinate situazioni, minare il potere di mercato di un'impresa. Inoltre, la modularità, favorendo lo sviluppo di collaborazioni e l'instaurazione di alleanze, può rendere più forte la posizione di un'impresa sul mercato. Sempre con riferimento agli obiettivi, altrettanto importante risulta il legame tra i diversi tipi prodotto offerti da un'azienda. Se l'offerta di quest'ultima presenta ad esempio prodotti caratterizzati da una complementarità tale da richiedere un'interconnessione tra loro, un approccio modulare potrebbe risultare più conveniente.

Infine, si ritiene fondamentale considerare *il livello di complessità del sistema*. Come è già stato rilevato, la modularità ha tra i suoi fini principali la riduzione della complessità<sup>19</sup>. Tale affermazione potrebbe indurre erroneamente a pensare che, la modularizzazione di un sistema è tanto più necessaria e auspicabile, quanto più quest'ultimo presenta livelli di complessità elevati. Una struttura modulare, infatti, attraverso la scomposizione (logica o fisica) di un sistema in subsistemi, consente di far fronte alla complessità, semplificando sia le interazioni tra i componenti, sia la mappa delle relazioni tra componenti e funzioni. Tuttavia, a livello empirico si può notare come finora i prodotti caratterizzati da un'elevata complessità presentino un'architettura più integrale che modulare. Ciò in quanto, spesso, i prodotti caratterizzati da una struttura semplice sono più facilmente modularizzabili (le relazioni tra i diversi componenti sono più definite, il rapporto tendente alla biunivocità tra componente e funzione è più facile da individuare o quantomeno più facile da creare), mentre nel caso di prodotti molto complessi lo sviluppo di un approccio modulare può risultare molto costoso e difficile da attuare. Così come per la flessibilità, anche in questo caso sembra esservi quindi un paradosso: la modularità ha come fine principale la riduzione della complessità, tuttavia può accadere che sistemi

---

<sup>19</sup> La complessità può essere definita come la caratteristica di un oggetto derivante, da un lato, dall'elevato numero di parti di cui è composto quest'ultimo e, dall'altro, dalla natura indeterminata, varia e variabile delle numerose interazioni tra le parti costituenti l'oggetto stesso. «Complex system [...] [is] one made up of large number of part interact in non simple way» [Simon, 1962, 16]. La complessità presenta come elementi caratterizzanti la varietà, la variabilità e l'incertezza ed è allo stesso tempo causa ed effetto di fattori quali: la mancanza o l'obsolescenza delle informazioni; l'ambiguità; la vaghezza, ossia la difficoltà di distinguere in modo preciso gli aspetti del modo reale; la razionalità limitata.

caratterizzati da una complessità elevata risultino difficilmente modularizzabili. Da tali considerazioni si comprende che, per motivi diversi, un elevato livello di complessità può portare allo sviluppo di un approccio sia modulare che integrale.

### ***5.3 Le dinamiche e le interazioni tra sistema e contesto e il livello di adattamento reciproco tra questi ultimi***

Dopo aver considerato singolarmente alcuni dei fattori e delle variabili che possono influire sul livello di modularità di un sistema, si ritiene fondamentale analizzare gli effetti che tali fattori e tali variabili possono creare nel loro reciproco interagire. Come è già stato rilevato, un determinato fattore può, non soltanto comportare al tempo stesso spinte sia negative che positive verso la modularità, ma anche esercitare direttamente o indirettamente un livello di influenza più o meno elevato sugli altri fattori. In più, la natura e il numero dei fattori e i loro effetti sono variabili, a causa della continua evoluzione del sistema, del contesto e del rapporto tra questi ultimi. Di conseguenza, per individuare e comprendere le forze che spingono un sistema ad assumere una struttura più modulare o più integrale, non è sufficiente analizzare le caratteristiche del sistema e quelle del suo contesto. È necessario osservare anche come tali caratteristiche nel loro evolversi e nel loro reciproco interagire si influenzano a vicenda. Inoltre, la stessa soluzione strutturale di un sistema (più modulare o più integrale) indotta dalla spinta derivante da determinati fattori, può comportare delle ripercussioni sull'intensità di questi ultimi e quindi anche sui loro effetti.

Sulla base di tali considerazioni, si svolgono qui di seguito alcune brevi riflessioni in merito alle possibili interazioni tra le caratteristiche del contesto e quelle del sistema. Certamente, anche con riferimento alle sole caratteristiche che sono state qui proposte, non è possibile considerare tutte le interazioni e gli effetti da esse derivanti. Ci si limita pertanto a presentare qualche esempio, al fine di evidenziare l'ambiguità e la variabilità degli effetti che possono derivare dal rapporto tra sistema e contesto e dall'evoluzione delle caratteristiche di questi ultimi.

Ad esempio, nuove conoscenze o lo sviluppo di alcune innovazioni tecnologiche possono contribuire a rendere un sistema meno complesso. Ciò consente di comprendere meglio le dinamiche di relazione tra i diversi componenti del sistema, ponendo, di conseguenza, le basi per aumentare la sua separabilità. Tale aumento del grado di separabilità, incrementando il livello di modularità del sistema, da un lato, può garantire in modo più flessibile e meno costoso una maggiore varietà delle soluzioni di prodotto disponibili, che può comportare a sua volta un cambiamento nelle esigenze e nelle richieste dei consumatori (la domanda, ad esempio, potrebbe diventare più eterogenea) e, dall'altro, grazie alle maggiori possibilità di collaborazione offerte da un approccio modulare, potrebbe rendere per un'impresa meno problematica la sua disponibilità

limitata di risorse. Inoltre, un aumento della separabilità di un sistema potrebbe a sua volta innescare meccanismi tali da creare nuova conoscenza o sviluppare nuove tecnologie. L'insieme di tali aspetti (nuove tecnologie, cambiamento delle esigenze dei consumatori, ecc.) potrebbe portare ad una rapidità evolutiva del contesto maggiore.

D'altro canto, come si può notare anche nella realtà attuale, lo sviluppo di innovazioni, essendo causa e allo stesso tempo effetto dell'aumento della varietà delle soluzioni tecnologiche disponibili, ha fatto sì che molti prodotti abbiano incorporato al loro interno diverse tecnologie (parti meccaniche, elettroniche, software, ecc.), incrementando così la complessità dei prodotti stessi (anziché diminuirli). In alcuni casi, tale aumento di complessità ha favorito lo sviluppo di un approccio modulare. La modularità, infatti, attraverso la scomposizione del prodotto in moduli, può consentire di affidare rispettivamente a ciascuna impresa la porzione di prodotto caratterizzata dalla tecnologia per la cui produzione sono disponibili le conoscenze e le competenze necessarie. Strettamente connesso a quanto appena considerato, è il fatto che un approccio modulare, attraverso la diffusione degli standard di interfaccia, può aumentare la compatibilità tra le diverse tecnologie. La standardizzazione delle interfacce, inoltre, unitamente alla scomponibilità del prodotto in moduli, può aumentare anche il livello di intensità competitiva presente in un determinato contesto. Ciò in quanto essa, in primo luogo, tende a ridurre le barriere all'entrata e, in secondo luogo, contribuisce a liberare il consumatore da possibili *switching cost*, che potrebbero legare quest'ultimo ad un unico fornitore.

Come si può comprendere, le considerazioni, in merito a come ciascun fattore può influenzare gli altri e viceversa e a come la migrazione di un sistema verso una struttura più integrale o più modulare si ripercuote sugli effetti e sull'intensità dei fattori stessi, non solo possono essere infinite, ma possono variare anche radicalmente in relazione alla situazione specifica considerata.

Infine, un'ultima considerazione deve essere svolta con riferimento al grado di adattamento (o di fitness) tra sistema o contesto. In particolare, si ricorda che la struttura verso cui tende un sistema è quella che consente di garantire il maggior grado di fitness. Il grado di adattamento reciproco costituisce quindi un'importante chiave di analisi per valutare il livello di modularità acquisito o acquisibile da un sistema.

## 6 - Conclusioni

Come è già stato affermato in precedenza, il modello qui presentato ha il fine di costituire uno schema logico che consenta, analizzando il rapporto tra sistema e contesto e le caratteristiche di questi ultimi, di individuare e comprendere i fattori e le forze che possono influire sul livello di modularità di un sistema. L'intelaiatura del modello, infatti, è fondata sull'assunto che il grado di

modularità acquisito o acquisibile da un sistema dipende dalla capacità del sistema stesso di adattarsi al contesto, grazie all'utilizzo di un approccio modulare.

Tale modello, che può essere rivolto alla generalità dei sistemi, consente di considerare i fattori che possono favorire od ostacolare modularità, sia in una prospettiva statica che in una prospettiva dinamica. In un'ottica statica, sistema e contesto presentano determinate caratteristiche che possono rendere il primo più incline alla struttura modulare o a quella integrale. L'analisi degli effetti e dell'influenza, che ogni caratteristica del contesto e del sistema può esercitare singolarmente in un dato momento sulle tendenze strutturali del sistema stesso, costituisce la dimensione statica del modello. In un'ottica dinamica, le interazioni tra le caratteristiche del sistema e quelle del contesto possono determinare un'evoluzione delle caratteristiche stesse e quindi dei loro effetti. In più, l'evoluzione di una caratteristica (del sistema o del contesto), oltre a comportare spinte negative e/o positive verso la modularità, molto spesso esercita direttamente o indirettamente un'influenza più o meno elevata sulle altre caratteristiche. Inoltre, la stessa struttura (più modulare o più integrale) verso cui tende un sistema può comportare delle ripercussioni sull'intensità e sugli effetti delle caratteristiche che in precedenza hanno indotto verso tale struttura. Il modello permette almeno in parte di considerare gli aspetti appena evidenziati.

Si rileva inoltre che la struttura del modello qui proposto consente di prendere in considerazione anche altri fattori (oltre a quelli presentati in precedenza), in relazione alla situazione specifica da analizzare.

Le considerazioni svolte in questo articolo, con riferimento al modello di Schilling e al modello qui proposto, permettono di trarre alcune importanti conclusioni e di rafforzarne altre già presenti in letteratura.

In primo luogo, nell'adattarsi al contesto, il sistema può tendere ad un insieme di soluzioni strutturali i cui estremi sono costituiti dalla struttura perfettamente modulare e dalla struttura perfettamente integrale. In ogni caso, qualunque sia la struttura assunta da un sistema, tale struttura non costituisce una soluzione valida in maniera continuativa nel tempo. La continua evoluzione delle caratteristiche del sistema e del contesto muta costantemente il rapporto di equilibrio tra questi ultimi. Da ciò ne deriva anche una variazione della soluzione strutturale (più modulare o più integrale), necessaria per garantire un grado di adattamento soddisfacente tra sistema e contesto. Inoltre, i fattori, le variabili e le forze che possono far propendere o meno verso l'adozione di un approccio modulare possono essere diversi o comportare effetti differenti a seconda del livello di disaggregazione del sistema preso in considerazione<sup>20</sup>. Di conseguenza, un

---

<sup>20</sup> Poiché la quasi totalità dei sistemi è organizzata in modo gerarchico (Simon, 1962), ogni componente/parte di un sistema può essere a sua volta concepito come un sistema e così via per ogni livello di disaggregazione. Si

sistema può essere caratterizzato al suo interno da diverse soluzioni strutturali (più modulari o più integrali a seconda del livello di analisi considerato).

In secondo luogo, gran parte dei fattori influenzanti il grado di modularità di un sistema comportano in realtà effetti ambigui e variabili nel tempo. Infatti, come è già stato più volte rilevato, un determinato fattore può comportare al tempo stesso sia spinte negative che positive verso la modularità e tali spinte possono variare sia in relazione agli effetti degli altri fattori, sia in relazione all'evoluzione del rapporto tra sistema e contesto e delle rispettive caratteristiche di questi ultimi.

Come si può comprendere anche da alcuni aspetti evidenziati dal presente articolo, la modularità non rappresenta una semplice opzione, bensì una scelta che comporta un grande impatto sulle strategie e sugli equilibri dell'impresa.

Inoltre, il contesto in cui un'azienda si trova ad operare esercita delle influenze più o meno rilevanti sugli effetti e sulle esigenze legate alla gestione della modularità da parte di un'impresa. Aspetti di un settore quali l'atteggiamento e le caratteristiche dei clienti, la presenza o meno di standard di interfaccia, la natura e il livello di conoscenze disponibili, il grado di intensità competitiva, ecc., condizionano il modo in cui un'impresa sviluppa e gestisce un approccio modulare, così come gli effetti da quest'ultimo derivanti. «*Modularity cannot be viewed as an isolated process capable of being implemented without consideration of the business context in which it is to fit*» (Marshall & Leaney, 2002: 295).

Sia il modello di Schilling che il modello proposto nel presente articolo consentono di ottenere indicazioni utili per la valutazione delle opportunità e delle minacce legate all'adozione di un approccio maggiormente modulare da parte di un'impresa. Ad esempio, prendendo in analisi, da un lato, per quanto riguarda l'ambiente competitivo in cui opera l'impresa, le conoscenze e le tecnologie disponibili in un dato contesto, le esigenze e le richieste dei clienti, il livello di intensità competitiva, il grado di diffusione della modularità nel settore, lo stadio del ciclo di vita in cui si trova il prodotto, le tendenze evolutive del contesto e la sua velocità di cambiamento, ecc., e, dall'altro, per quanto riguarda le caratteristiche dell'impresa, il grado di specificità sinergica che caratterizza le architetture dei prodotti offerti, il livello di complessità del prodotto e dell'organizzazione dell'impresa, le risorse di cui dispone quest'ultima e i suoi obiettivi, ecc., si possono operare alcune valutazioni in merito all'implementabilità e alla convenienza di un approccio modulare.

Comprensibilmente, la valutazione della fattibilità e della convenienza dell'approccio modulare non può essere considerata soltanto come una fase iniziale del processo di sviluppo e

---

comprende pertanto che devono essere svolte considerazioni specifiche in merito al grado di modularità per ogni livello del sistema.

gestione della modularità; tale valutazione deve piuttosto caratterizzare l'intero processo e non può limitarsi ad esprimere un giudizio di carattere dicotomico sull'adottabilità o meno della modularità, ma deve anche porre le basi per una prima definizione del grado e delle modalità di sviluppo e di impiego della modularità. L'entità e la natura dei benefici e, in generale, di qualsiasi implicazione o effetto legati alla modularità dipendono infatti anche e soprattutto da come quest'ultima viene implementata e gestita all'interno dell'impresa.

Infine, si pone in rilievo che, poiché diversi possono essere i fini che un'impresa può voler raggiungere attraverso lo sviluppo della modularità (aumento della flessibilità del prodotto, riduzione dei costi, sviluppo di collaborazioni con altre imprese, maggiore rapidità di risposta al mercato, varietà a basso costo, maggiore coinvolgimento del cliente, ecc.), i fattori da prendere in considerazione e il peso di questi ultimi varieranno almeno in parte a seconda degli obiettivi che l'impresa si pone nell'adottare l'approccio modulare.

## References

- Alexander C. (1964), *Notes on the synthesis of form*, Harvard University Press.
- Baldwin C.Y. and Clark K.B. (1997), Managing in the Age of Modularity, *Harvard Business Review*, Vol. 75, n. 5, September-October [84-93].
- Baldwin C.Y., Clark K.B., (2000), *Design Rules: The power of Modularity*, The MIT Press;
- Bi Z. and Zhang C.W.J. (2001), Modularity technology in manufacturing: taxonomy and issues, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 18, n. 5 [381-390]
- Cabigiosu A., Cammuffo A. and Cappellari R. (2005), Mix & Match? Opportunità e problemi nella modularizzazione di prodotti, processi e consumi, *Sviluppo & Organizzazione*, n. 210 [19-33]
- Chesbrough H. (2003), *Towards a Dynamics of Modularity. A Cyclical Model of Technical Advance*, in Prencipe A, Davies A. and Hobday M. (a cura di) (2003), *The business of system integration*, Oxford University Press;
- Coltheart M. (1999), Modularity and cognition, *Trends in cognitive science*, Vol. 3, n. 3 [115-120]
- Currie G. and Sterelny K. (2000), How to think about the modularity of mind-reading, *The Philosophical Quarterly*, Vol. 50, n. 199 [145-160]
- Fodor J.A. (1983), *The modularity of mind*, The MIT Press;
- Gardner H. (1993), *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*, Basic Books;
- Garud R., Kumaraswamy A. and Langlois R.N. (2003), *Managing in the modular age. Architectures, networks, and Organizations*, Blackwell Publishing;
- Hulme C. and Snowling M.J. (1992), Deficits in output phonology: An explanation of reading failure?, *Cognitive Neuropsychology*, Vol. 9, n. 1 [47-72]
- Marshall R. and Leaney P.G. (2002), Holonic Product Design: a process for modular product realization, *Journal of Engineering design*, Vol. 13, n. 4 [293-303]
- Mikkola J.H. (2006), Capturing the Degree of Modularity Embedded in Product Architectures, *Journal of Product Innovation Management*, Vol. 23, n. 2 [128-146]

- Mukhopadhyay S.K. and Setoputro R. (2005), Optimal return policy and modular design for build-to-order products, *Journal of Operations Management*, Vol. 23, n. 5 [496-506]
- O'Grady P. (1999), *The Age of Modularity. Using the new world of modular products to revolutionize your corporation*, Adams and Steele Publishers;
- Pimmler T.U. and Eppinger S.D. (1994), *Integration analysis of product decompositions, Proceedings of the 1994 ASME Design Engineering Technical Conferences - 6<sup>th</sup> International Conference on Design Theory and Methodology* (Minneapolis, MN) [1-11]
- Pine II J.A. (1997), *Mass customization: dal prodotto di massa all'industriale su misura*, Franco Angeli
- Porter M.E. (1987), *Il vantaggio competitivo*, Edizioni Comunità
- Raff R.A. (1996), *The shape of life*, Chicago University Press;
- Sanchez R. and Mahoney J.T. (1996), Modularity, flexibility, and knowledge management in product and organization design, *Strategic Management Journal*, Vol. 17, Special issue, Winter 1996 [63-76]
- Schilling M.A. (2000), Toward a general modular system theory and its application to interfirm product modularity, *Academy of Management Review*, Vol. 25, n. 2 [312-334]
- Simon H.A. (1962), The architecture of complexity, *Proceedings of the American Philosophical Society*, articolo successivamente raccolto in Garud Raghu, Kumaraswamy Arun, Langlois Richard N. (2003), *Managing in the modular age. Architectures, networks, and Organizations*, Blackwell Publishing [15-38]
- Ulrich K. (1995), The rule of product architecture in the manufacturing firm, *Research Policy*, Vol. 24, n. 3 [419-440]
- Ulrich K. (2003), *Commentary of 'The Role of Product Architecture in the Manufacturing Firm' (1995)* in Garud Raghu, Kumaraswamy Arun, Langlois Richard N. (2003), *Managing in the modular age. Architectures, networks, and Organizations*, Blackwell Publishing;
- Ulrich K. and Eppinger S.D. (1995), *Product design and development*, McGraw-Hill.