



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Dottorato in Ingegneria Industriale
Progetto e Sviluppo di Prodotti e Processi Industriali

METODI A SUPPORTO DELLA CREATIVITA' NEL PROCESSO DI PROGETTAZIONE

Ing. Lorenzo Fiorineschi Ph.D.

DIEF
DIPARTIMENTO
DI INGEGNERIA
INDUSTRIALE

e-mail: lorenzo.fiorineschi@unifi.it



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

CREATIVITÀ NEL PROCESSO DI PROGETTAZIONE
Ing. Lorenzo Fiorineschi Ph.D.

CREATIVITA' NELLA PROGETTAZIONE INGEGNERISTICA



Creatività ed innovazione

Innovazione: Novità e...

La novità dell'idea (o del prodotto) è senz'altro un parametro fondamentale.

Tuttavia, **un'idea nuova** o addirittura «sbalorditiva», **potrebbe non essere oggetto di innovazione...**



Affinché una nuova idea diventi innovazione, è necessario che questa sia anche di **successo**, ovvero consenta di avere un impatto positivo per l'azienda e la società.

Per questo motivo è fondamentale pianificare il prodotto prima di procedere con le fasi successive della progettazione.



Creatività ed Innovazione

Che cosa significa «essere creativi» nella progettazione?

La creatività di un processo di generazione di idee, la si può misurare attraverso quattro parametri fondamentali:

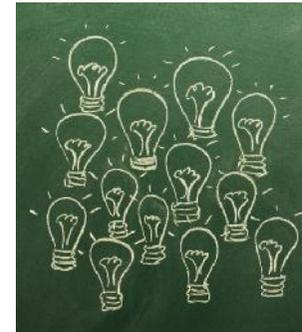
Novità delle
idee generate



Qualità delle
idee generate



Quantità di
idee generate



Varietà delle
idee generate





Creatività ed Innovazione

I concetti di «Novità»



La novità di un'idea la si può stimare in due modi diversi:

- **A priori:** confrontando l'idea con un universo di soluzioni stabilito in maniera soggettiva
- **A posteriori:** confrontando l'idea con un ben preciso universo di soluzioni (ad esempio quelle generate dall'azienda a partire da una certa data)

Ed in base a che cosa si misura la novità?

- Esistono diversi approcci, ma in genere tanto più alto è il livello di astrazione su cui l'idea si distingue, tanto più essa è da considerarsi «Nuova». (ad esempio, un'idea che si contraddistingue solo per caratteristiche strutturali ha uno scarso valore di novità).



Creatività ed Innovazione

Novità «*a-posteriori*» (O «**UNCOMMONNESS**»)



$$M_{SNM} = \sum_{i=1}^m f_i \sum_{j=1}^n S_{ij} p_j$$

Weights of the attributes

Weights of design stages

Total number of ideas for a specific attribute

Number of times the specific idea appears

$$S_{ij} = \frac{T_{ij} - C_{ij}}{T_{ij}} \times 10$$

Key attributes
or functions





Creatività ed Innovazione

Novità «a-posteriori» **ESEMPIO**



A
20 idee



B
10 idee



C
40 idee



D
15 idee



E
15 idee

Totale:
100 idee

Attributo	Idea A	Idea B	Idea C	Idea D	Idea E
Tipo di connettore	E27	E13	E27	G4	G9
Sorgente luce	LED	LED	Alogena	LED	Alogena
Colore	Arancio	Rosa	Bianco	Bianco	Bianco



Creatività ed Innovazione

Novità «*a-posteriori*» **ESEMPIO**



Attributo	Sub-Idea	Conteggio
Tipo di connettore	E27	60
	E13	10
	G4	15
	G9	15
Sorgente di luce	LED	45
	Alogena	55
Colore	Arancio	20
	Rosa	10
	Bianco	70

Attributo	Peso
Tipo di connettore	0,4
Sorgente luce	0,5
Colore	0,1



Creatività ed Innovazione

Novità «*a-posteriori*» **ESEMPIO**



A

20 idee

Attributo	Peso	Sub-idea	C	S
Tipo di connettore	0,4	E27	60	4
Sorgente luce	0,5	LED	45	5,5
Colore	0,1	Arancio	20	8

Novità Idea «A» = $(4 \times 0,4) + (5,5 \times 0,5) + (8 \times 0,1) = 5,2$ (Su 10 punti possibili)



Creatività ed Innovazione

Novità «*a-posteriori*» **ESEMPIO**



Attributo	Peso	Sub-idea	C	S
Tipo di connettore	0,4	G9	15	8,5
Sorgente luce	0,5	Alogena	55	4,5
Colore	0,1	Bianco	70	3

E

20 idee

Novità Idea «E» = $(8,5 \times 0,4) + (4,5 \times 0,5) + (3 \times 0,1) = 5,95$ (Su 10 punti possibili)

Creatività ed Innovazione

Novità «**a-posteriori**» **riferimenti per approfondimenti**

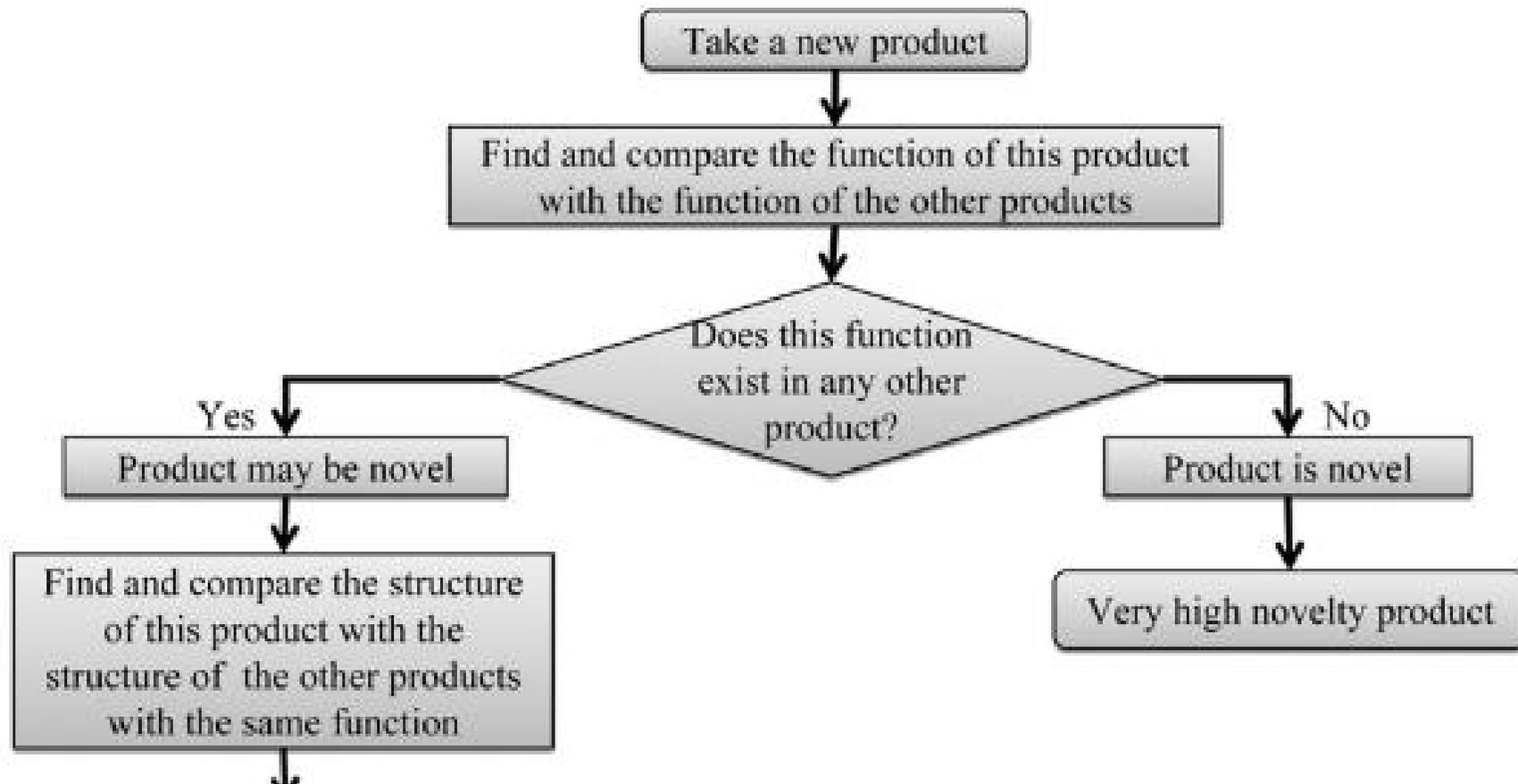


- Fiorineschi, L., F.S. Frillici, and F. Rotini. 2018. A-Posteriori Novelty Assessments for Sequential Design Sessions. In *International Design Conference - Design 2018*, 1079–1090. Dubrovnik - Croatia.
- Fiorineschi, L., F.S. Frillici, and F. Rotini. 2020. Impact of Missing Attributes on A Posteriori Novelty Assessments. *Research in Engineering Design* 31, no. April 2020: 221–234. <https://doi.org/10.1007/s00163-020-00332-x>.
- Fiorineschi, L., F.S. Frillici, and F. Rotini. 2020. Subjectivity of Novelty Metrics Based on Idea Decomposition. *International Journal of Design Creativity and Innovation* 00, no. 00: 1–17. <https://doi.org/10.1080/21650349.2020.1811775>.
- Fiorineschi, L., F.S. Frillici, and F. Rotini. 2019. Three-Dimensional Approach for Assessing Uncommonness of Ideas. In *Proceedings of the Design Society: International Conference on Engineering Design*, 229–238. Delft - The Netherlands.
- Fiorineschi, L., and F. Rotini. 2019. A-Posteriori Novelty Metrics Based on Idea Decomposition. *International Journal of Design Sciences and Technology* 23, no. 2: 187–209.
- Fiorineschi, L., F.S. Frillici, and F. Rotini. 2018. Issues Related to Missing Attributes in A-Posteriori Novelty Assessments. In *International Design Conference - Design 2018*, 1067–1078. Dubrovnik - Croatia.



Creatività ed Innovazione

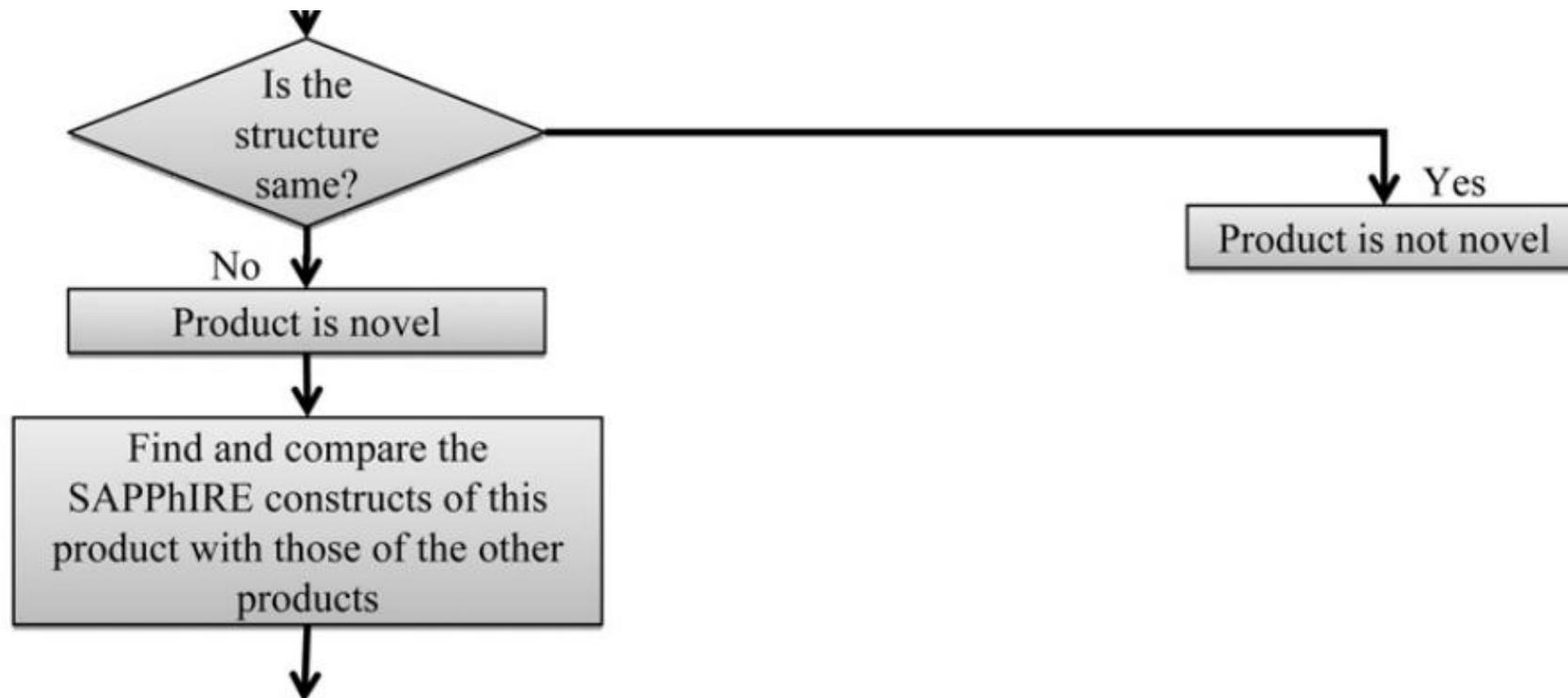
Novità «*a-priori*»





Creatività ed Innovazione

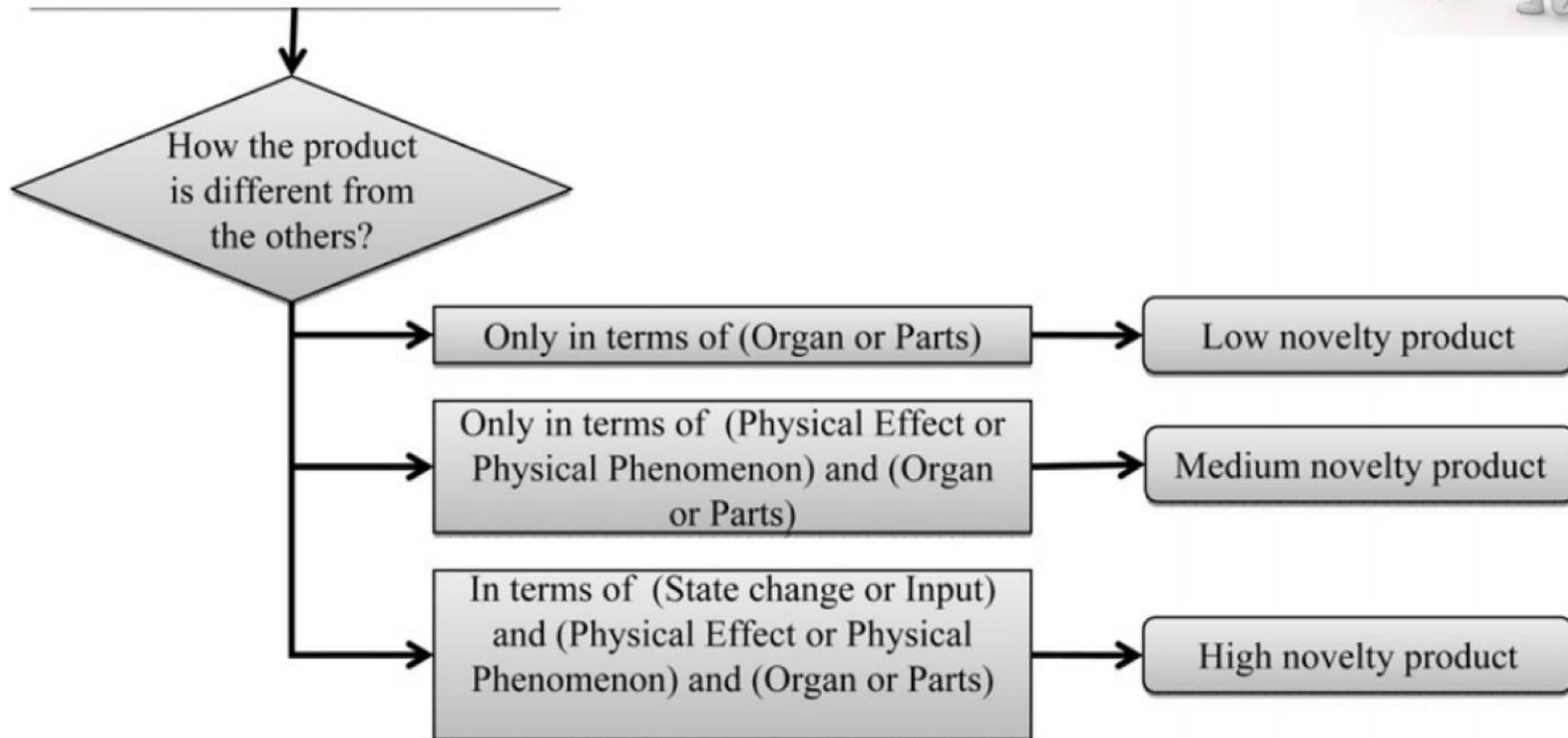
Novità «*a-priori*»





Creatività ed Innovazione

Novità «*a-priori*»

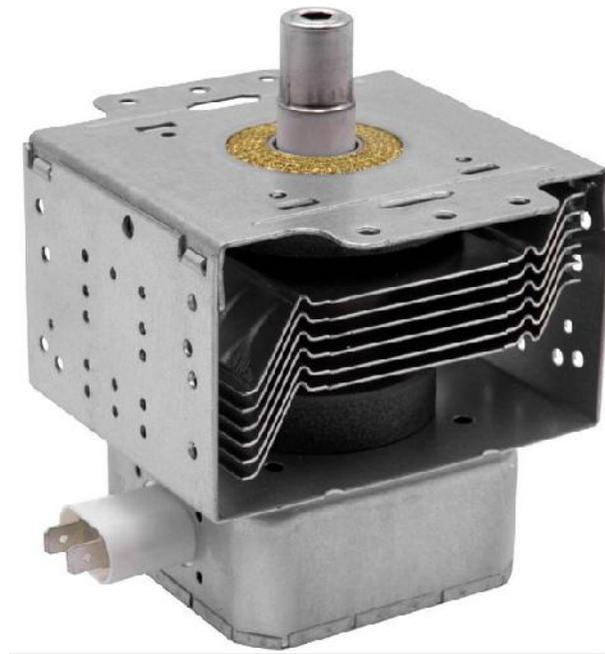


P. Sarkar, A. Chakrabarti, Assessing design creativity, Design Studies. 32 (2011) 348–383.
doi:10.1016/j.destud.2011.01.002.



Creatività ed Innovazione

Novità «*a-priori*» **ESEMPIO**



P. Sarkar, A. Chakrabarti, Assessing design creativity, Design Studies. 32 (2011) 348–383.
doi:10.1016/j.destud.2011.01.002.

Creatività ed Innovazione

La qualità delle idee generate



In ambito di progettazione concettuale, la qualità può essere misurata solo in modo approssimativo, su un set ristretto di parametri:

- **Fattibilità tecnica:** la soluzione è «potenzialmente» realizzabile? Potrebbe presentare delle complicazioni?
- **Usabilità:** la soluzione può essere usata facilmente?
- **Prestazioni:** La soluzione è «potenzialmente» capace di soddisfare i requisiti richiesti?
- Ecc...

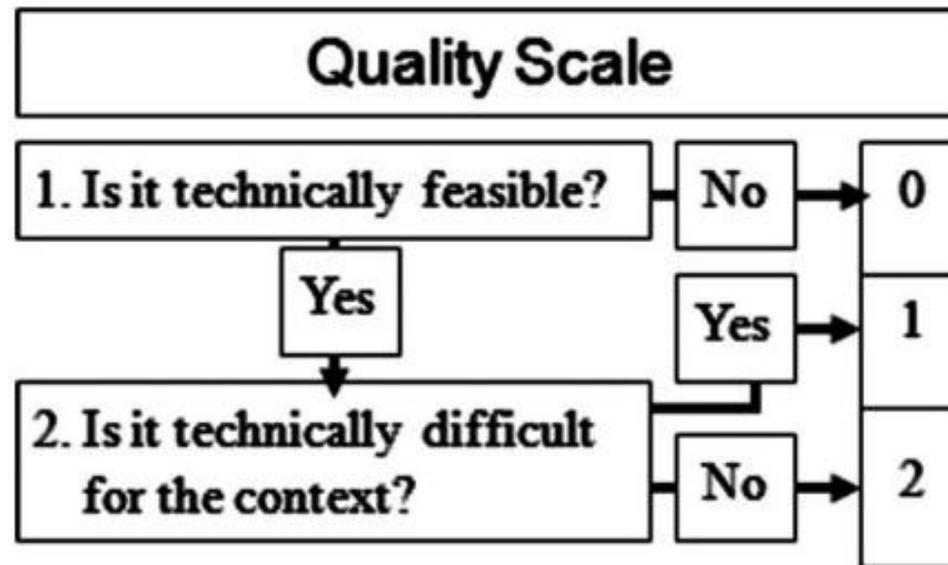
Per avere dati certi, l'idea dovrebbe essere prototipata e testata...ma farlo per tutte le idee è ovviamente insostenibile.

Creatività ed Innovazione

La qualità delle idee generate



Approccio semplicistico di letteratura:



J.S. Linsey, E.F. Clauss, T. Kurtoglu, J.T. Murphy, K.L. Wood, a. B. Markman, An Experimental Study of Group Idea Generation Techniques: Understanding the Roles of Idea Representation and Viewing Methods, Journal of Mechanical Design. 133 (2011) 031008. doi:10.1115/1.4003498.



Creatività ed Innovazione

La qualità delle idee generate



Una misura più dettagliata della qualità delle idee generate può essere fatta in base alla rispondenza ai requisiti tecnici di partenza.

Tuttavia, il numero dei requisiti valutabili e l'accuratezza con cui si può valutare la qualità in questo senso, è dipendente dal livello di dettaglio con cui è stata prodotta l'idea.



Creatività ed Innovazione

Quantità e Varietà delle idee generate

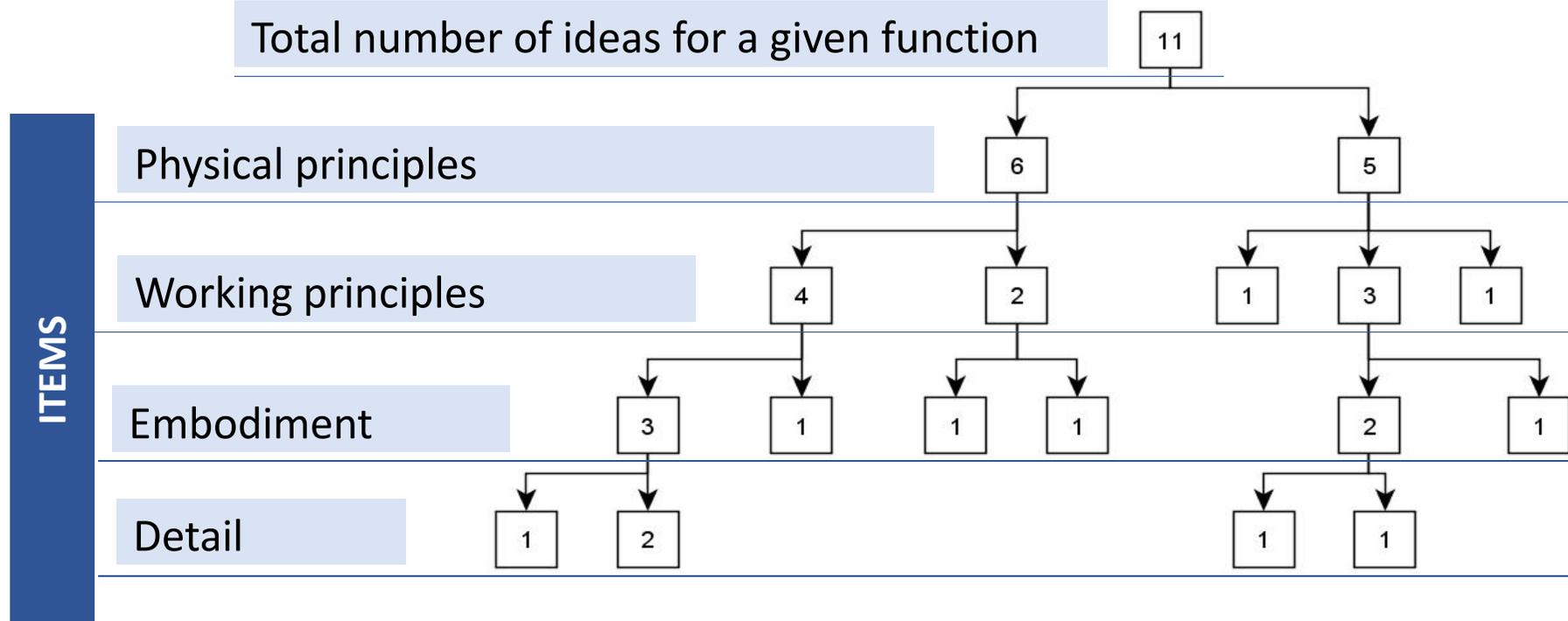


I concetti di Quantità e Varietà **non sono ovviamente applicabili alla singola idea**, ma (assieme ai valori medi di novità e qualità delle idee generate) vengono invece usati per valutare la creatività dei processi di generazione di idee (e dei metodi di progettazione).

In particolare, per Varietà di un gruppo di idee, si intende l'eterogeneità delle stesse. In modo simile a quanto accade per la novità, **le idee sono tanto più diverse tra loro quanto più le differenze compaiono a livelli alti di astrazione.**

Creatività ed Innovazione

Varietà delle idee generate



J.J. Shah, N. Vargas-Hernandez, S.M. Smith, Metrics for measuring ideation effectiveness, *Design Studies*. 24 (2003) 111–134. doi:10.1016/S0142-694X(02)00034-0.

B.A. Nelson, J.O. Wilson, D. Rosen, J. Yen, Refined metrics for measuring ideation effectiveness, *Design Studies*. 30 (2009) 737–743. doi:10.1016/j.destud.2009.07.002.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

CREATIVITÀ NEL PROCESSO DI PROGETTAZIONE
Ing. Lorenzo Fiorineschi Ph.D.

Nota statistica



Nota statistica

Come ovviare alla soggettività di questo tipo di valutazioni

Per verificare la robustezza delle valutazioni effettuate, è fondamentale che:

- Siano fatte valutazione da più persone
- Sia verificato un sufficiente livello di agreement tra i valutatori.

Esistono diversi approcci statistici a disposizione dei ricercatori. E' quindi importante identificare il più adatto ai propri scopi.



Nota statistica

Alcuni approcci statistici

- Kappa di Cohen
- Kappa di Fleiss

- Alpha di Krippendorff
- ...
- Ecc.

Disponibili in Minitab

È disponibile nel web una
macro per SPSS

Scegliete con cura il più adatto ai vostri bisogni. Nel dubbio, consultate un esperto in statistica.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

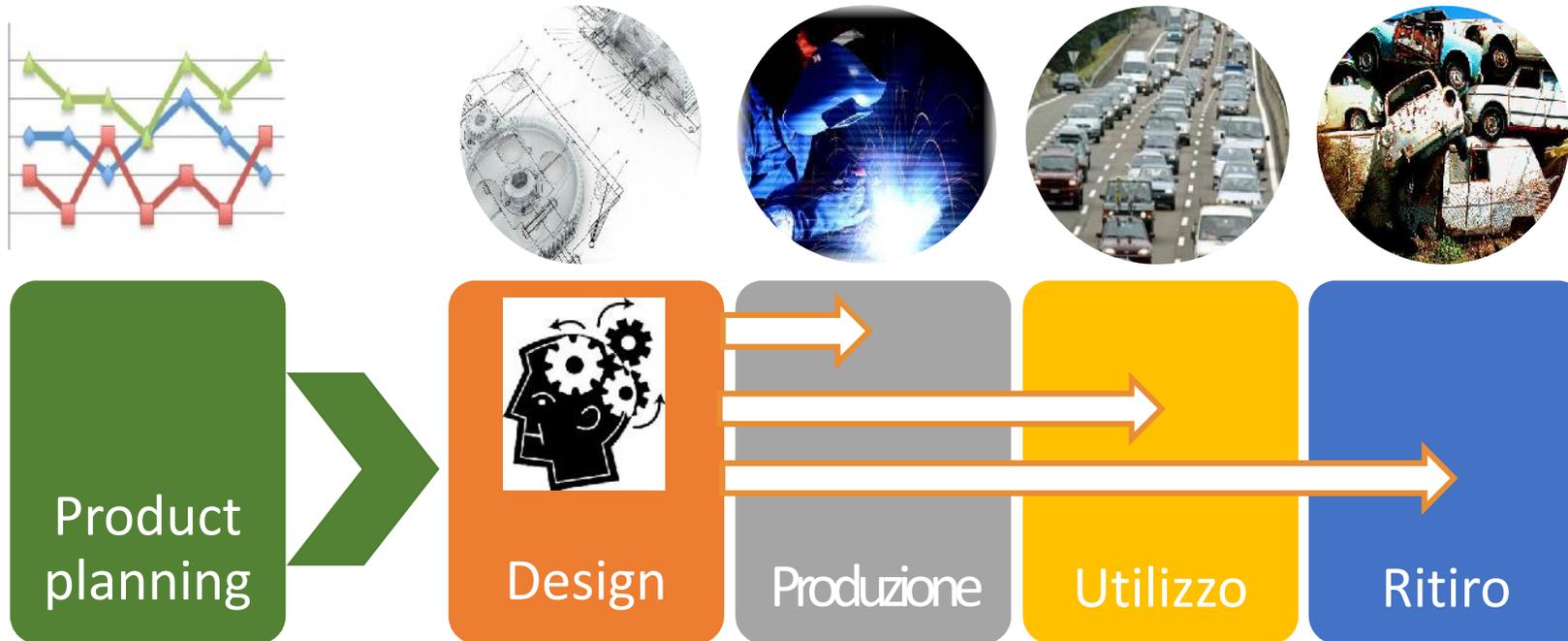
CREATIVITÀ NEL PROCESSO DI PROGETTAZIONE
Ing. Lorenzo Fiorineschi Ph.D.

NOZIONI DI BASE SULLA PROGETTAZIONE



Ciclo di vita del prodotto

La progettazione e le altre fasi principali



Il progettista, in accordo con le specifiche di progetto (lista dei requisiti) deve sempre tenere in considerazione tutti gli aspetti legati all'intero ciclo di vita del prodotto in via di progettazione



Ciclo di vita del prodotto

La progettazione e le altre fasi principali

Le decisioni prese «sulla carta» in fase di progettazione influenzano **direttamente o indirettamente** tutte le fasi successive.

Direttamente: laddove si sono presi in considerazione specifici requisiti di progetto

Indirettamente: laddove eventuali side-effects non siano stati considerati nella lista dei requisiti



- Tecnologie di produzione
- Sequenza di assemblaggio
- Controllo della qualità
- ...



- Funzionalità
- Livello prestazionale
- Ergonomia
- ...



- Costi di smaltimento
- Riciclaggio
- Reuso
- ...



Ciclo di vita del prodotto

I feedback progettuali dalle fasi principali



La progettazione non è un processo a senso unico, ma caratterizzato da diverse «iterazioni», dipendenti dal tipo di attività, ma soprattutto dalle informazioni disponibili al progettista.



Ciclo di vita del prodotto

I feedback progettuali dalle fasi principali



- Errori
- Complicazioni costruttive
- Complicazioni assemblaggio
- ...



- Scarsa affidabilità
- Malfunzionamenti
- Rischi imprevisti
- ...



- Smaltimento difficoltoso
- Nuove normative
- Reuso limitato
- ...

Ogni fase del ciclo di vita del prodotto può dare vita ad una serie di informazioni e/o suggerimenti per migliorare (o addirittura correggere) il prodotto con una nuova fase di progettazione.

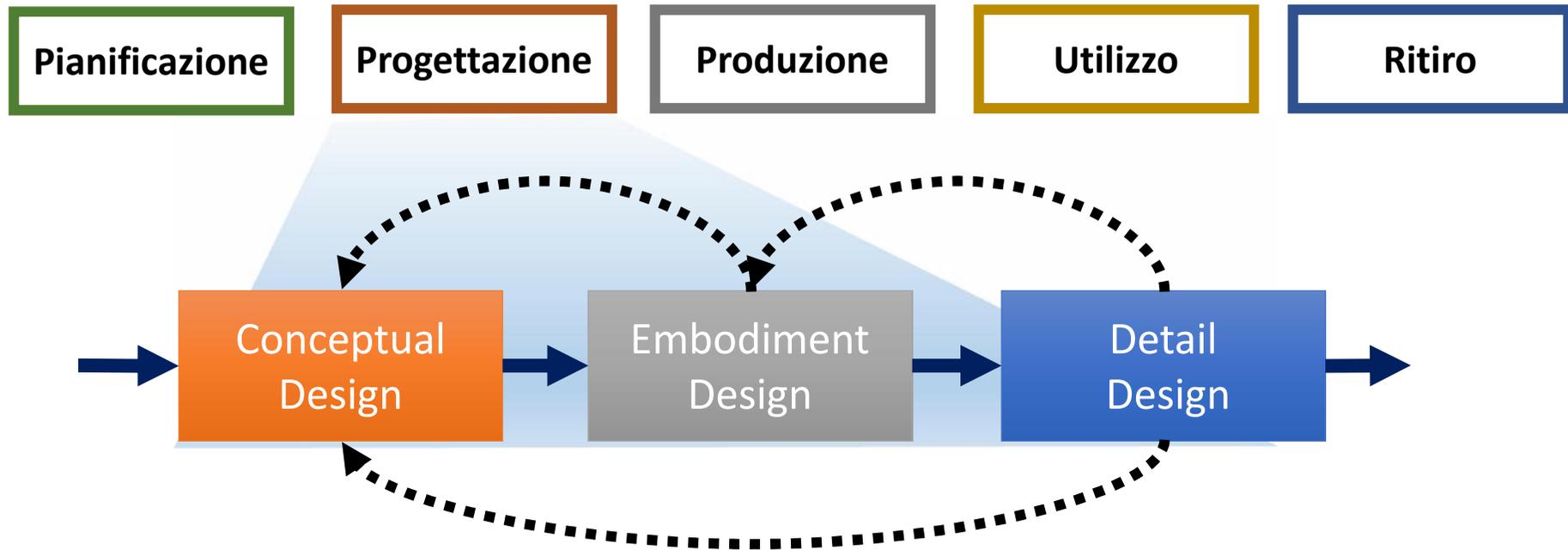
L'entità della suddetta riprogettazione dipende dal tipo di feedback.

Un feedback è tanto più «pericoloso» quanto più distante dalla progettazione è la fase da cui proviene



Le fasi del processo di progettazione

Le fasi di progettazione secondo Pahl e Beitz



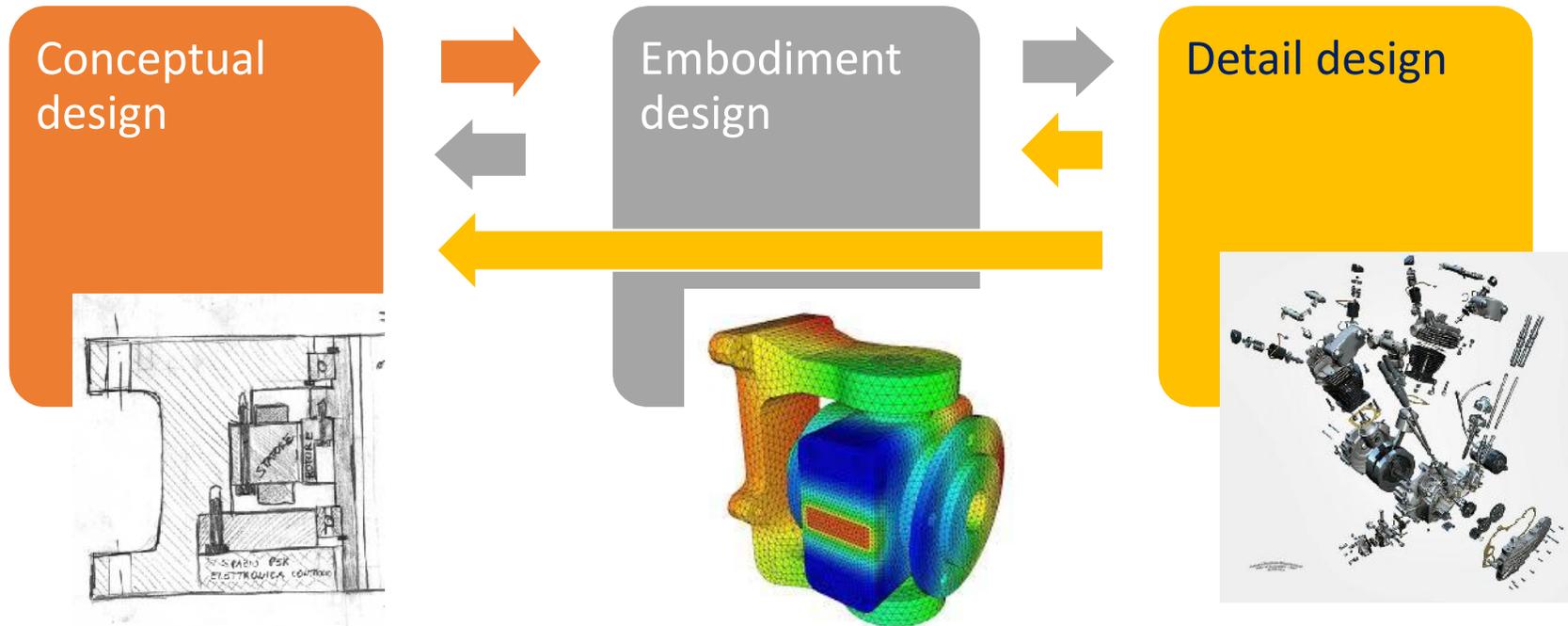
Riassumendo:

Conceptual Design, Embodiment Design e Detail Design costituiscono le tre fasi principali del processo di progettazione.

NOTA: ITERATIVITA' ANCHE TRA LE FASI INTERMEDIE DELLA PROGETTAZIONE

Le fasi del processo di progettazione

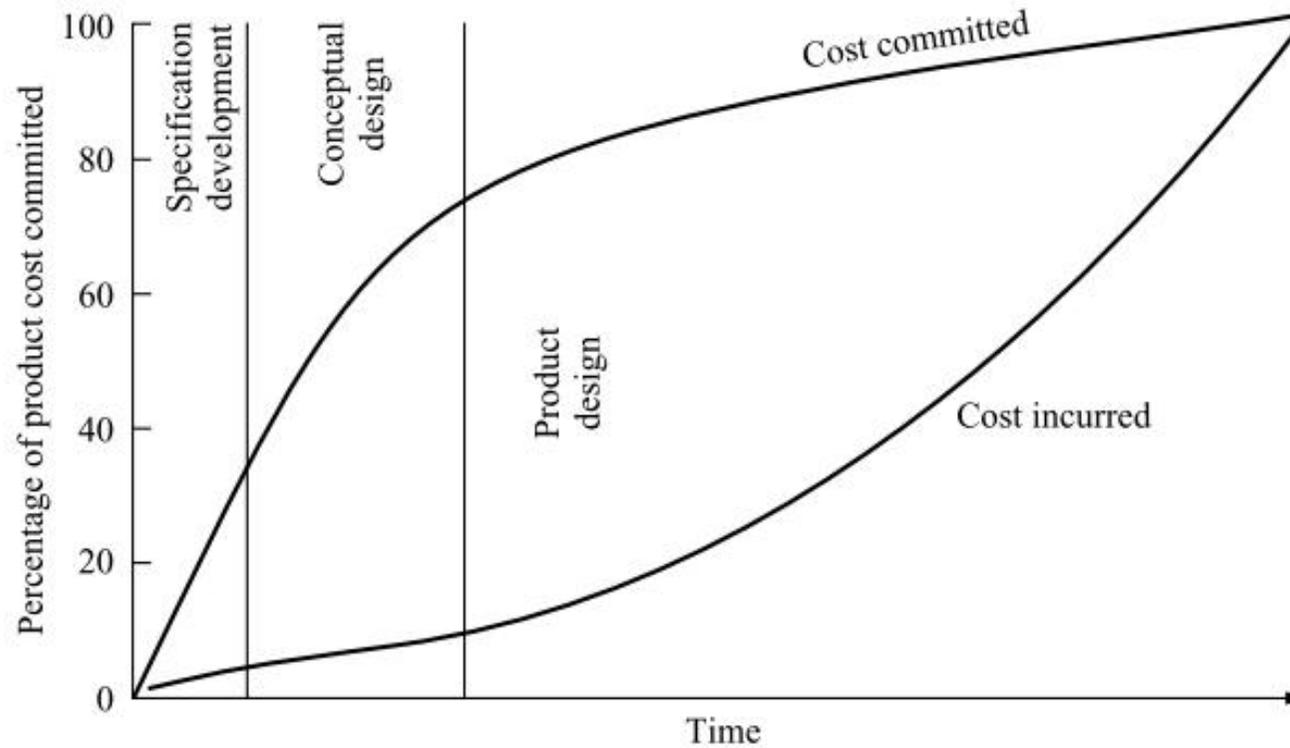
L'iteratività del processo



Se nelle fasi successive emergono problematiche «**non banali**» o ad un livello di dettaglio fino a prima trascurato, allora **si deve ritornare ad una delle fasi precedenti** per poterle risolvere.

Elementi di base della progettazione

Costi

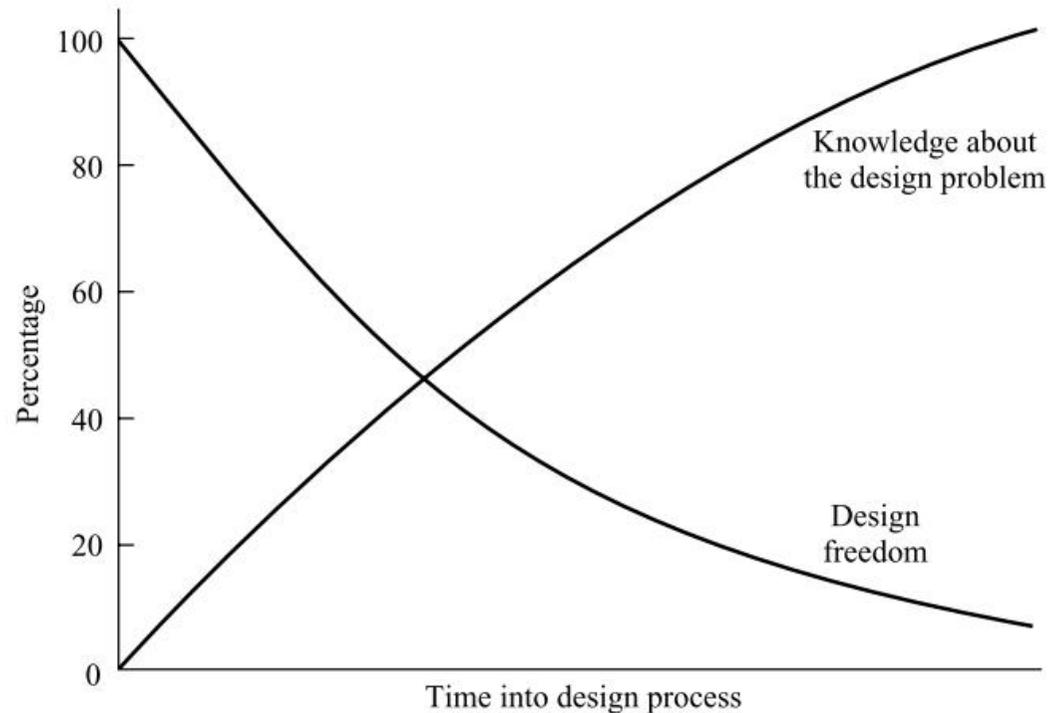


COSTI DI PROGETTAZIONE DEL PRODOTTO

D. G. Ullman, *The Mechanical Design Process 4th ed.* Mc Graw Hill, 2010.

Elementi di base della progettazione

Il «Design Paradox»



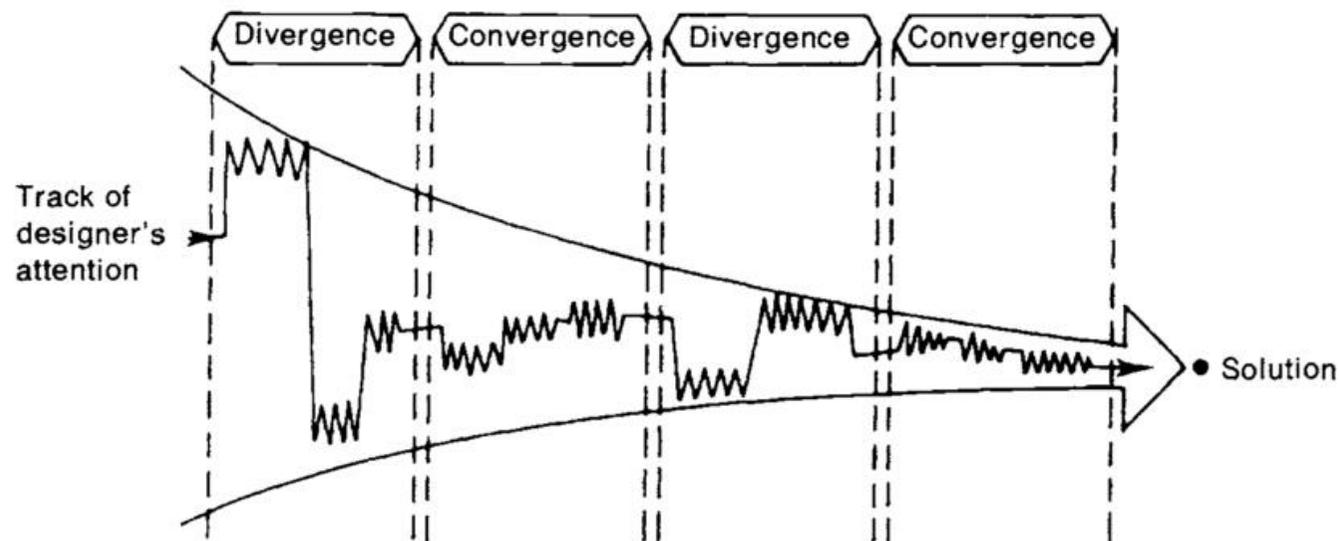
D. G. Ullman, *The Mechanical Design Process 4th ed.* Mc Graw Hill, 2010.

Man mano che il processo di progettazione prosegue, è vero che **il problema progettuale si concretizza sempre più**, ma è anche vero che ciò comporta investimenti e dispendio di risorse in analisi, prototipi ed eventuali test.

Elementi di base della progettazione

Il «Design Paradox»

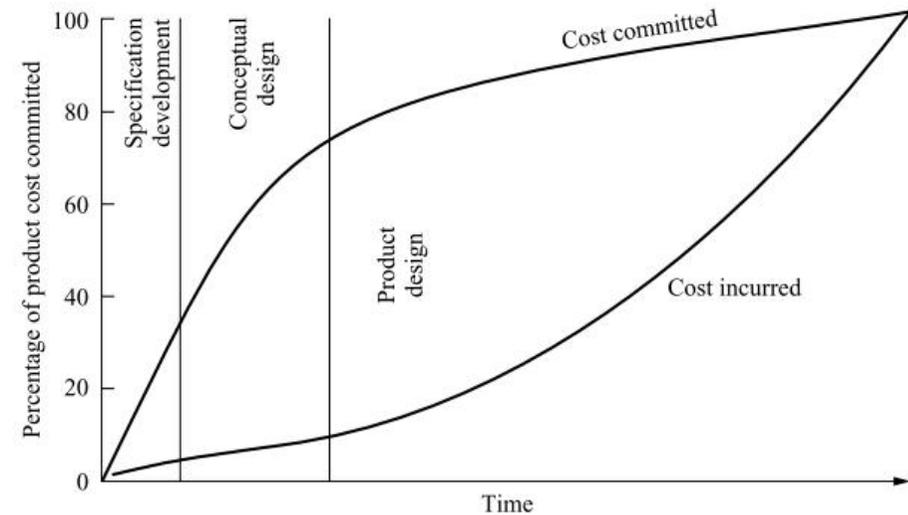
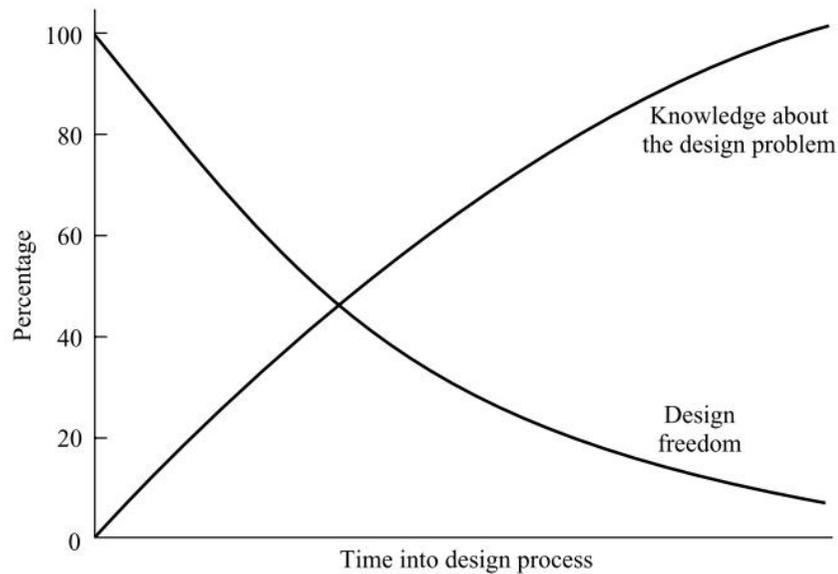
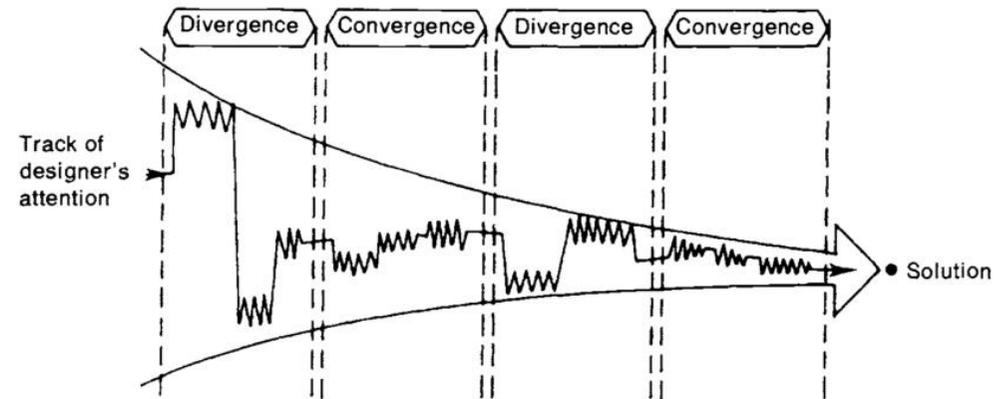
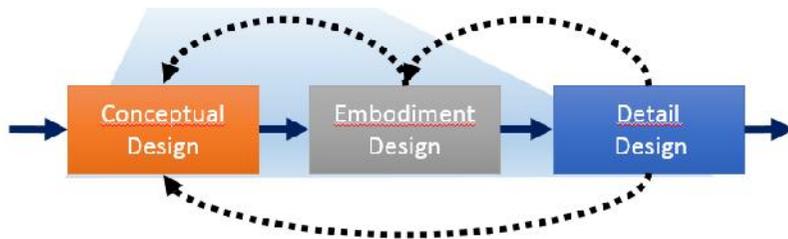
Tuttavia non sono solo gli aspetti economici a determinare tale paradosso. Infatti **è logico che la progettazione debba in qualche modo convergere verso una soluzione finale**. Per cui, le pur necessarie «divergenze» che si incontrano (soluzioni e problemi alternativi) sono necessariamente via via sempre più limitate.





Elementi di base della progettazione

Da ricordare





Livelli di astrazione e concetto di funzione

Livelli di astrazione e concetto di funzione

Il concetto di Funzione-Behavior-Struttura

Ai fini di una buona esplorazione del design space, ragionare in termini «ASTRATTI» può risultare estremamente utile. A tal proposito i concetti seguenti risultano molto utili:

<i>Functions</i>	The design intentions or purposes
<i>Behaviour</i>	How the structure of an artefact achieves its functions
<i>Structure</i>	The components which make up an artefact and their relationships

ESEMPIO

Function: Il sistema «MISCELA» collante in polvere con acqua

Behavior: La miscelazione avviene per effetto delle turbolenze generate nel liquido in cui viene versata la polvere.

Structure: due pale metalliche collegate ad un albero centrale rotante generano la turbolenza

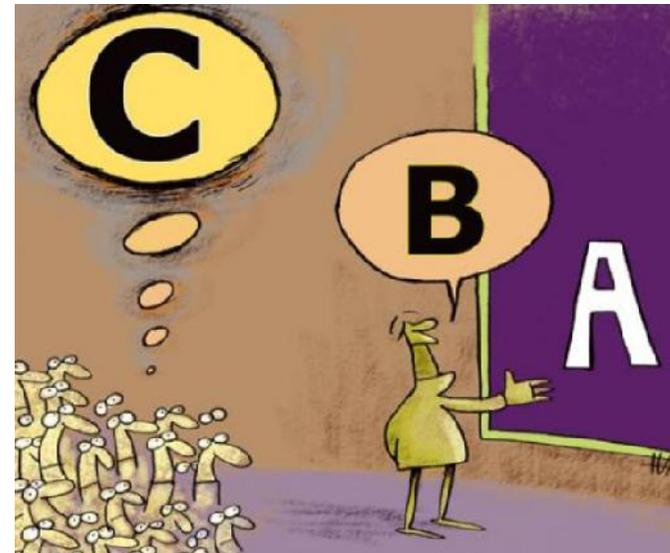


Livelli di astrazione e concetto di funzione

Il concetto di Funzione-Behavior-Struttura

Le informazioni riguardanti le **funzioni** del sistema, ovvero **«cosa dovrebbe fare il sistema»**, sono di fondamentale importanza perché aiutano a definire l'attività progettuale.

Purtroppo, la definizione di funzione è tutt'altro che univoca e, nonostante i numerosi sforzi riscontrabili in letteratura, lascia spesso adito ad ambiguità, soggettività e quindi incomprensione tra gli interlocutori.





Livelli di astrazione e concetto di funzione

Esempio



Quale o quali funzioni implementa questo termometro?



Livelli di astrazione e concetto di funzione

Esempio



Quale o quali funzioni implementa questo termometro?

Livelli di astrazione e concetto di funzione

La definizione di Funzione EMS

Tuttavia, al di là di «finezze» teorico-filosofiche che di fatto costituiscono attualmente il dibattito in ambito accademico, possiamo avvalerci del modello **«Energy-Material-Signal» (EMS)** di Pahl e Beitz, dove **una funzione è interpretata come vera e propria «scatola nera» capace di processare flussi in ingresso e produrre flussi in uscita.**



G. Pahl, W. Beitz, J. Feldhusen, K.H. Grote, Engineering design 3rd ed, Springer-Verlag London, 2007. doi:<https://doi.org/10.1007/978-1-84628-319-2>.



Livelli di astrazione e concetto di funzione

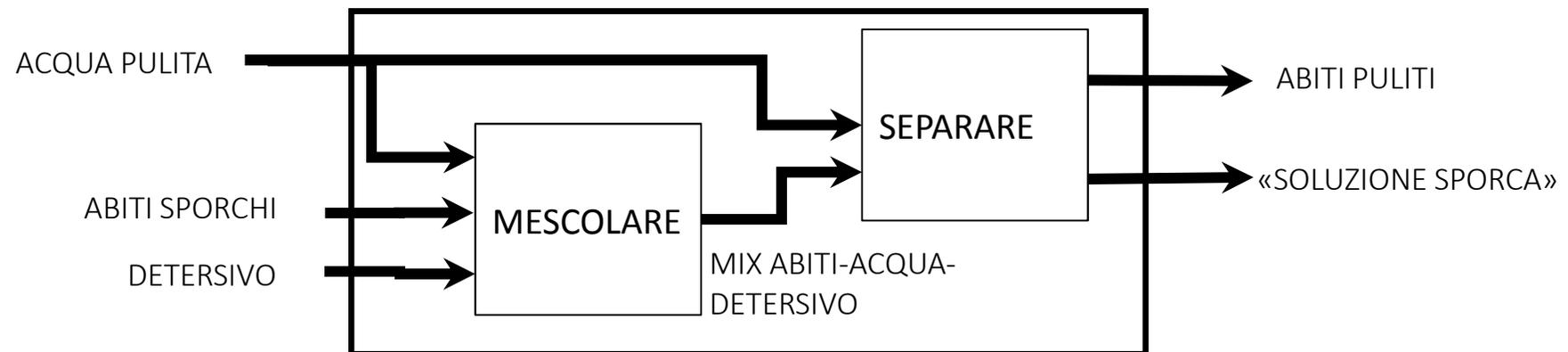
Esempio di modello funzionale EMS





Livelli di astrazione e concetto di funzione

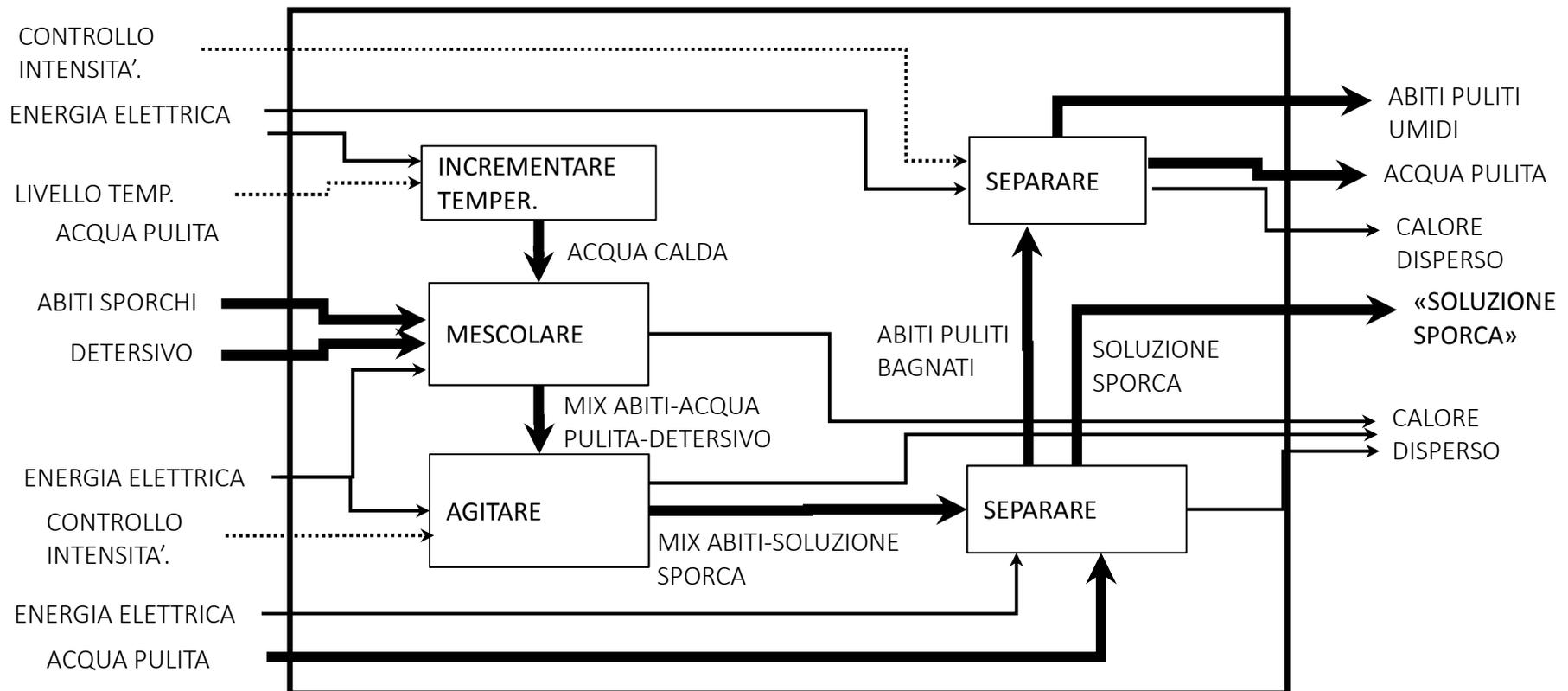
Esempio di modellazione funzionale EMS





Livelli di astrazione e concetto di funzione

Esempio di modellazione funzionale EMS





Livelli di astrazione e concetto di funzione

La definizione di Funzione

LISTA DI
FUNZIONI
STANDARD

NIST (NATIONAL
INSTITUTE OF
TECHNOLOGY)

<i>Class (Primary)</i>	<i>Secondary</i>	<i>Tertiary</i>	<i>Correspondents</i>	
Branch	Separate	Divide	Isolate, sever, disjoin	
		Extract	Detach, <i>isolate</i> , release, sort, split, disconnect, subtract	
		Remove	Refine, filter, purify, percolate, strain, <i>clear</i>	
			Cut, drill, lathe, polish, sand	
		Distribute	Diffuse, dispel, disperse, dissipate, diverge, scatter	
	Channel	Import	Form entrance, <i>allow</i> , input, <i>capture</i>	
		Export	Dispose, eject, <i>emit</i> , empty, <i>remove</i> , destroy, eliminate	
		Transfer		Carry, deliver
			Transport	Advance, lift, move
			Transmit	Conduct, convey
Guide			Direct, shift, steer, straighten, switch	
		Translate	Move, relocate	
		Rotate	Spin, turn	
	Allow DOF	<i>Constrain</i> , unfasten, unlock		
Connect	Couple	Associate, connect		
		Join	Assemble, fasten	
		Link	Attach	
	Mix	Add, blend, coalesce, combine, pack		
Control Magnitude	Actuate	Enable, initiate, start, turn-on		
	Regulate	Control, equalize, limit, maintain		
		Increase	<i>Allow</i> , open	
		Decrease	Close, delay, interrupt	
	Change		Adjust, modulate, <i>clear</i> , demodulate, invert, normalize, rectify, reset, scale, vary, modify	
		Increment	Amplify, enhance, magnify, multiply	
		Decrement	Attenuate, dampen, reduce	
		Shape	Compact, compress, crush, pierce, deform, form	
		Condition	Prepare, adapt, treat	
	Stop		End, halt, pause, interrupt, restrain	
		Prevent	Disable, turn-off	
		Inhibit	Shield, insulate, protect, resist	
	Convert	Convert	Condense, create, decode, differentiate, digitize, encode, evaporate, generate, integrate, liquefy, <i>process</i> , solidify, transform	



Livelli di astrazione e concetto di funzione

La definizione di Funzione

<i>Class (Primary)</i>	<i>Secondary</i>	<i>Tertiary</i>	<i>Correspondents</i>	
Material	Human		Hand, foot, head	
	Gas		Homogeneous	
	Liquid		Incompressible, compressible, homogeneous,	
	Solid		Object	Rigid-body, elastic-body, widget
			Particulate	
			Composite	
	Plasma			
	Mixture		Gas-gas	
			Liquid-liquid	
			Solid-solid	Aggregate
			Solid-Liquid	
			Liquid-Gas	
			Solid-Gas	
			Solid-Liquid-Gas	
		Colloidal	Aerosol	
Signal	Status	Auditory	Tone, word	
		Olfactory		
		Tactile	Temperature, pressure, roughness	
		Taste		
		Visual	Position, displacement	
	Control	Analog	Oscillatory	
		Discrete	Binary	
Energy	Human			
	Acoustic			
	Biological			
	Chemical			
	Electrical			
	Electromagnetic		Optical	
			Solar	
	Hydraulic			
	Magnetic			
	Mechanical		Rotational	
			Translational	
	Pneumatic			
	Radioactive/Nuclear			
Thermal				

LISTA DI
FLUSSI
STANDARD

NIST (NATIONAL
INSTITUTE OF
TECHNOLOGY)



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

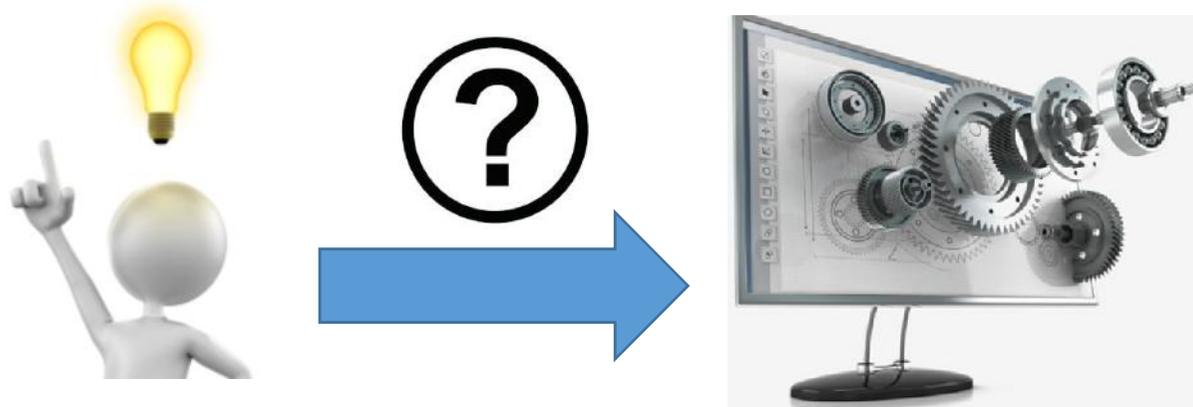
CREATIVITÀ NEL PROCESSO DI PROGETTAZIONE
Ing. Lorenzo Fiorineschi Ph.D.

Esplorare il «Design Space»



Esplorare il design space

Il design space e la progettazione



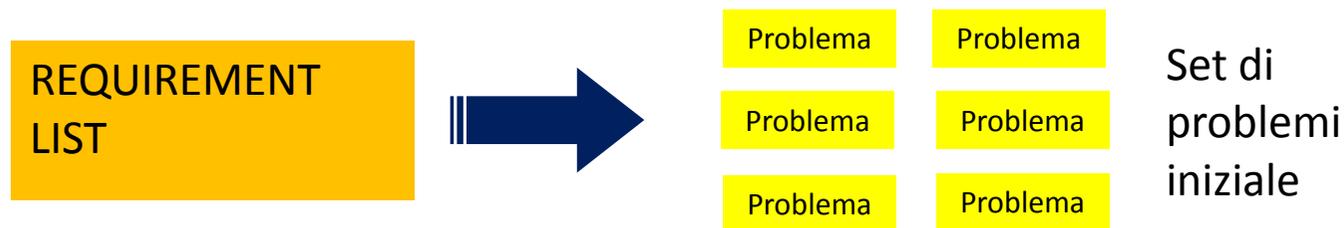
Assumendo che il processo evolutivo che parte dall'idea astratta per arrivare alla documentazione finale sia mappabile in termini di «problemi progettuali» e relative «soluzioni tecniche», ne deriva che **una parte fondamentale** del processo di progettazione è quella di definire e/o identificare:

- a) I problemi da risolvere Problema
- b) Le soluzioni da adottare Soluzione

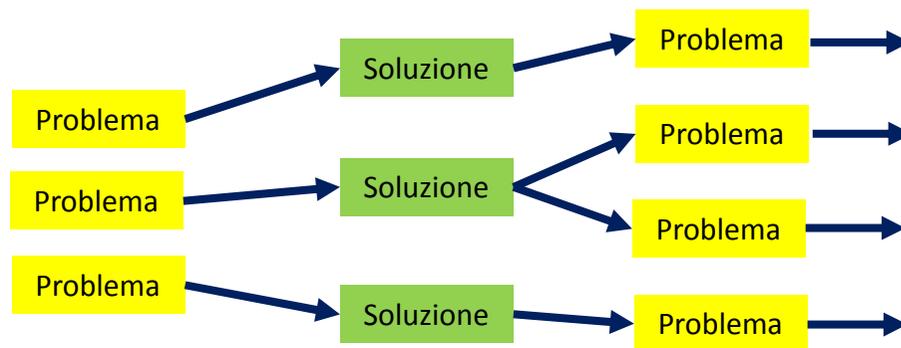
Esplorare il design space

Il design space

In realtà, la formulazione dei problemi che compongono il design space è legata in primo luogo alle richieste che compongono la lista dei requisiti...



...ed in secondo luogo dal tipo di soluzioni che vengono scelte per risolverli:

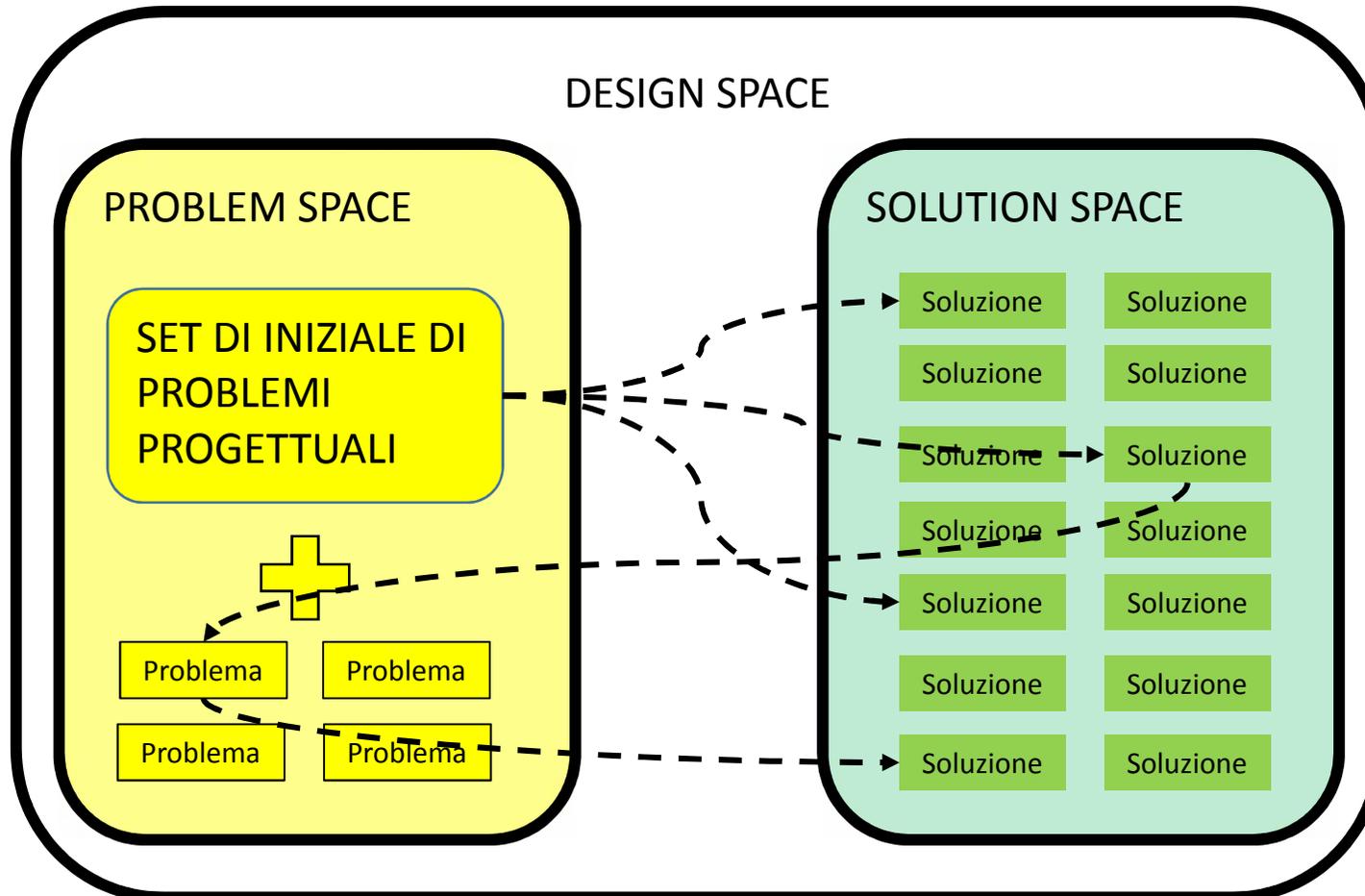


La risoluzione dei problemi del set iniziale porta a problematiche (problemi progettuali) derivati



Esplorare il design space

Il design space: Lo spazio dei problemi e lo spazio delle soluzioni

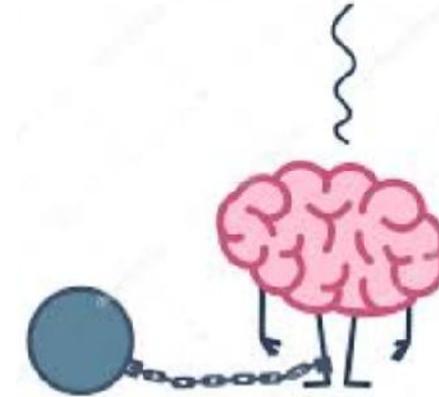




Esplorare il Design Space

L'ostacolo da evitare

DESIGN FIXATION

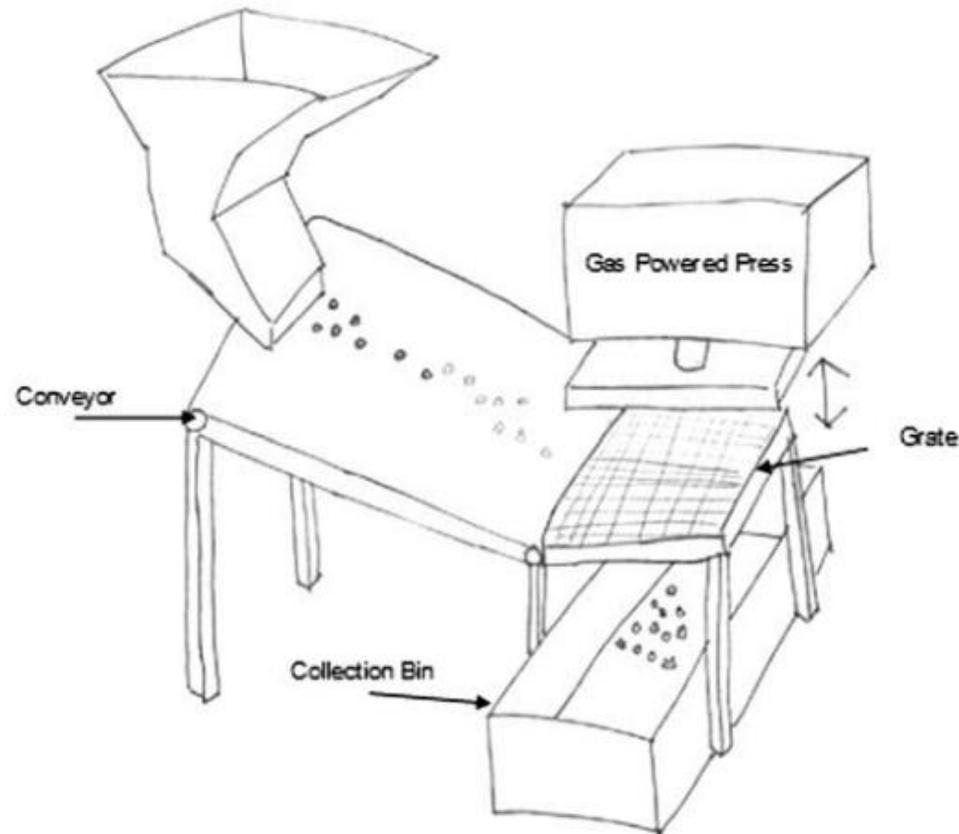


«Design fixation refers to a blind, and sometimes counterproductive, adherence to a limited set of ideas in the design process»

Jansson, D.G. and Smith, S.M. (1991), "Design fixation", *Design Studies*, Vol. 12 No. 1, pp. 3–11.

Esplorare il Design Space

Design Fixation: Esempio



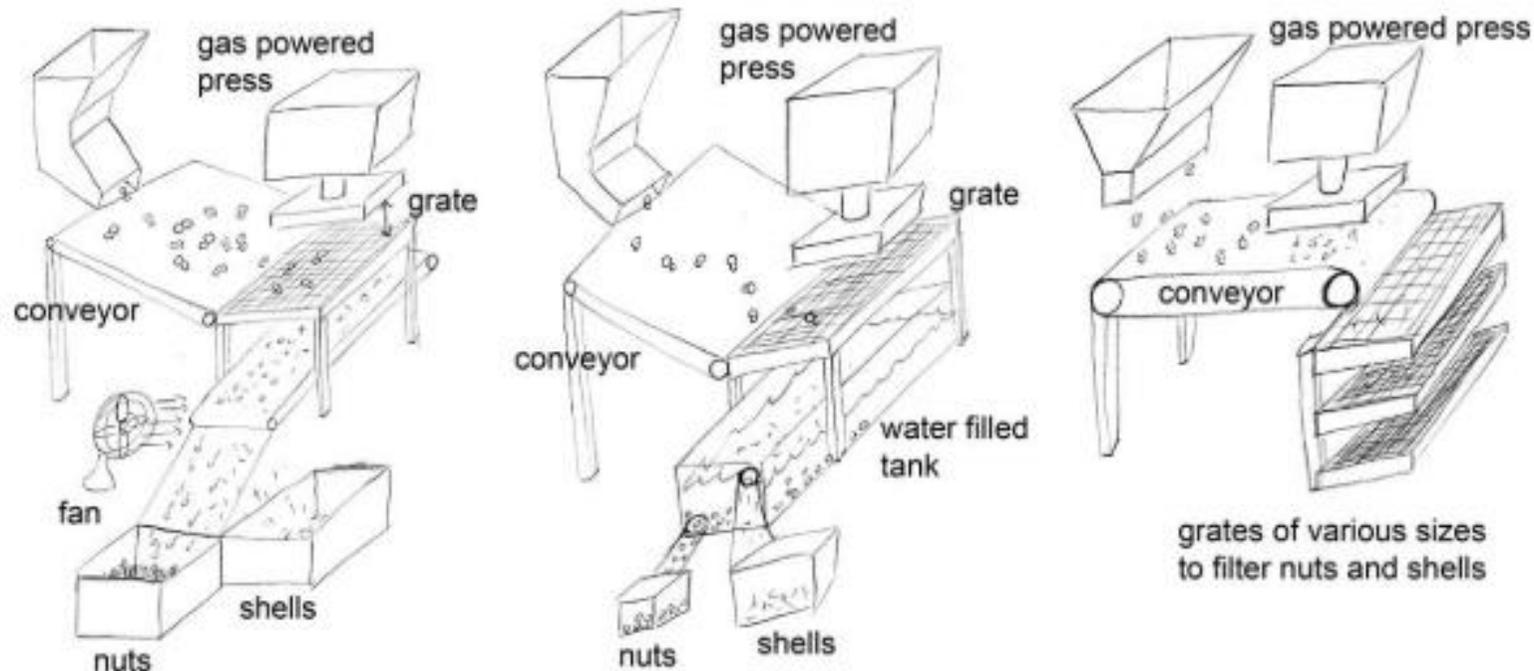
Esempio fornito per
un sistema di
estrazione delle
nocioline dal guscio.

DESIGN TASK:
riprogettare per paesi
in via di sviluppo.

J.S. Linsey, I. Tseng, K. Fu, J. Cagan, K.L. Wood, C. Schunn, A Study of Design Fixation , Its Mitigation and Perception in Engineering Design Faculty, Journal of Mechanical Design. 132 (2010) 1–12. doi:10.1115/1.4001110.

Esplorare il Design Space

Design Fixation: Esempio

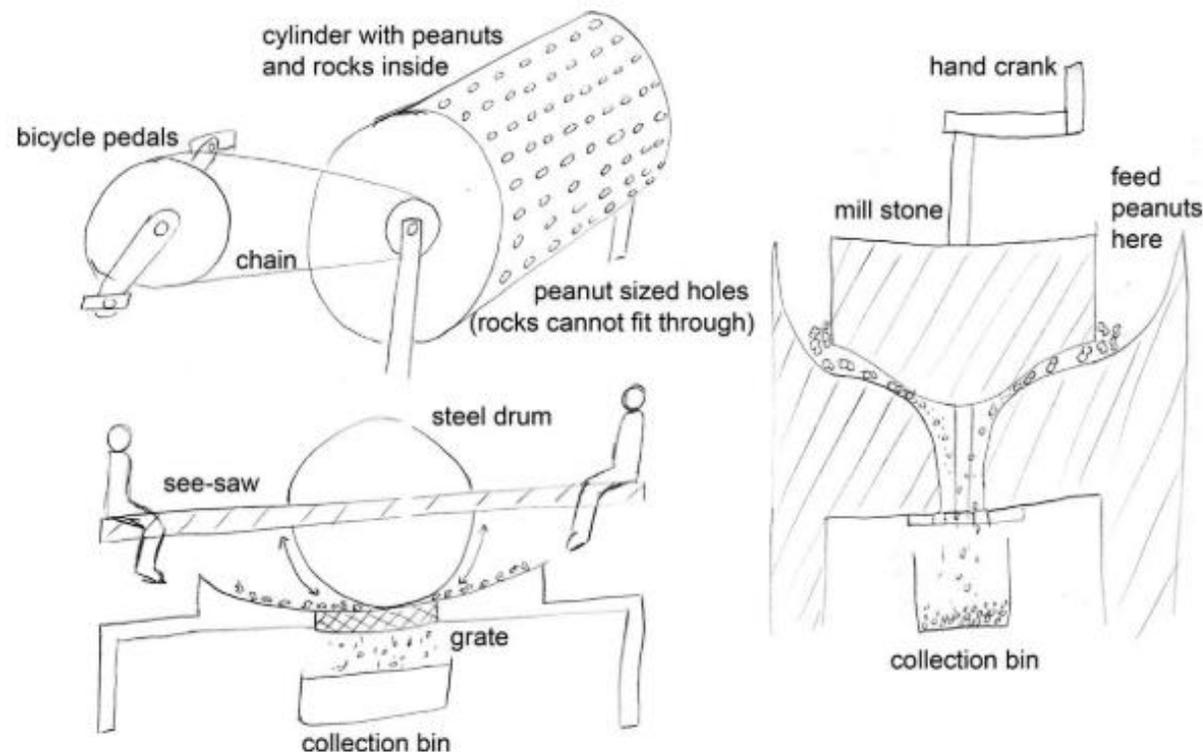


High degree of fixation

J.S. Linsey, I. Tseng, K. Fu, J. Cagan, K.L. Wood, C. Schunn, A Study of Design Fixation , Its Mitigation and Perception in Engineering Design Faculty, Journal of Mechanical Design. 132 (2010) 1–12. doi:10.1115/1.4001110.

Esplorare il Design Space

Design Fixation: Esempio



Low degree of fixation

J.S. Linsey, I. Tseng, K. Fu, J. Cagan, K.L. Wood, C. Schunn, A Study of Design Fixation , Its Mitigation and Perception in Engineering Design Faculty, Journal of Mechanical Design. 132 (2010) 1–12. doi:10.1115/1.4001110.

Esplorare il Design Space

Atri tipi di Design Fixation

Table 2. *Types of design fixation with examples and possible remedies*

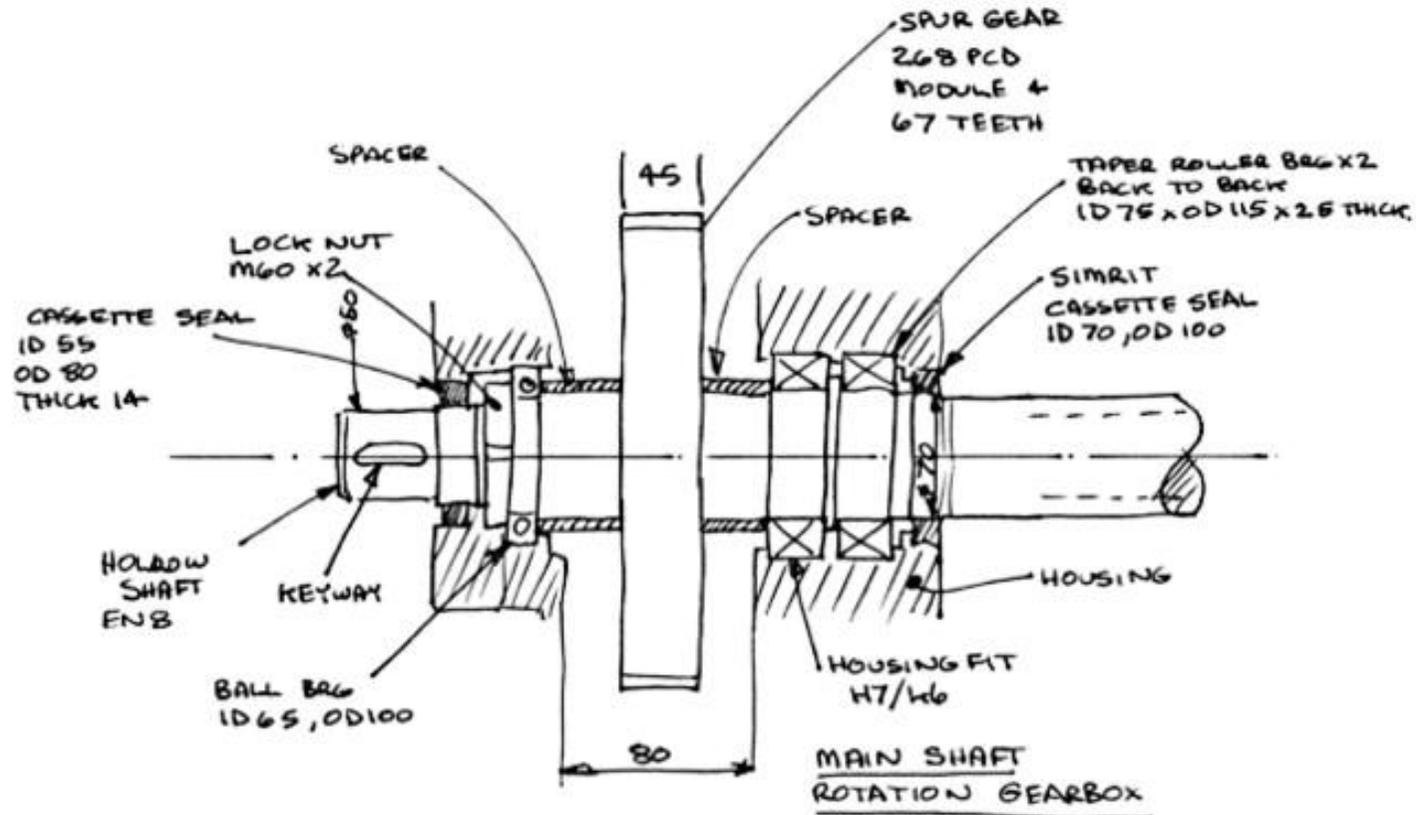
	Conceptual Fixation	Knowledge Fixation
Unconscious adherence	<p><i>Example:</i> Luchins' (1942) "Einstellung" effect (i.e., the use of the same algorithm to solve new problems)</p> <p><i>Remedy:</i> timely warnings to consider all options (Luchins, 1942)</p>	<p><i>Example:</i> copying the features (even negative features) of an example (e.g., Jansson & Smith, 1991)</p> <p><i>Remedies:</i> the inclusion of physical prototyping materials during the conceptual design process (Youmans, 2010); for novice designers, possibly the use of visual analogy (Casakin & Goldschmidt, 1999)</p>
Conscious blocking	<p><i>Example:</i> perseveration during the Wisconsin Card Sorting Task (Grant & Berg, 1948)</p> <p><i>Remedy:</i> short breaks or "incubation" (Smith & Linsey, 2011); possibly design training methods (e.g., TRIZ; Altshuller, 1994) or computer-assisted design (Dong & Sarkar, 2011)</p>	<p><i>Example:</i> Difficulty thinking of new uses for existing object to solve problems (Kicinger et al., 2005)</p> <p><i>Remedy:</i> Short breaks or "incubation" (Brown & Murphy, 1989); possibly some design training methods (e.g., TRIZ; Altshuller, 1994) or computer-assisted design (Dong & Sarkar, 2011); for novice designers, possibly the use of visual analogy (Casakin & Goldschmidt, 1999)</p>
Intentional resistance	<p><i>Example:</i> Thomas Edison's insistence that high power transmission use alternating current</p> <p><i>Remedy:</i> no known remedy, possibly systems of cognitive-information feedback (Youmans & Stone, 2005)</p>	<p><i>Example:</i> a professional who fails to consider knowledge from outside of his/her own area of specialization</p> <p><i>Remedy:</i> no known remedy, possibly interdisciplinary cooperation, creativity exercises, or changes in beliefs (Gordon, 1961)</p>

Youmans, R.J. and Arciszewski, T. (2014), "Design fixation: Classifications and modern methods of prevention", *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, Vol. 28 No. 02, pp. 129–137.



Esplorare il Design Space

Riflessione

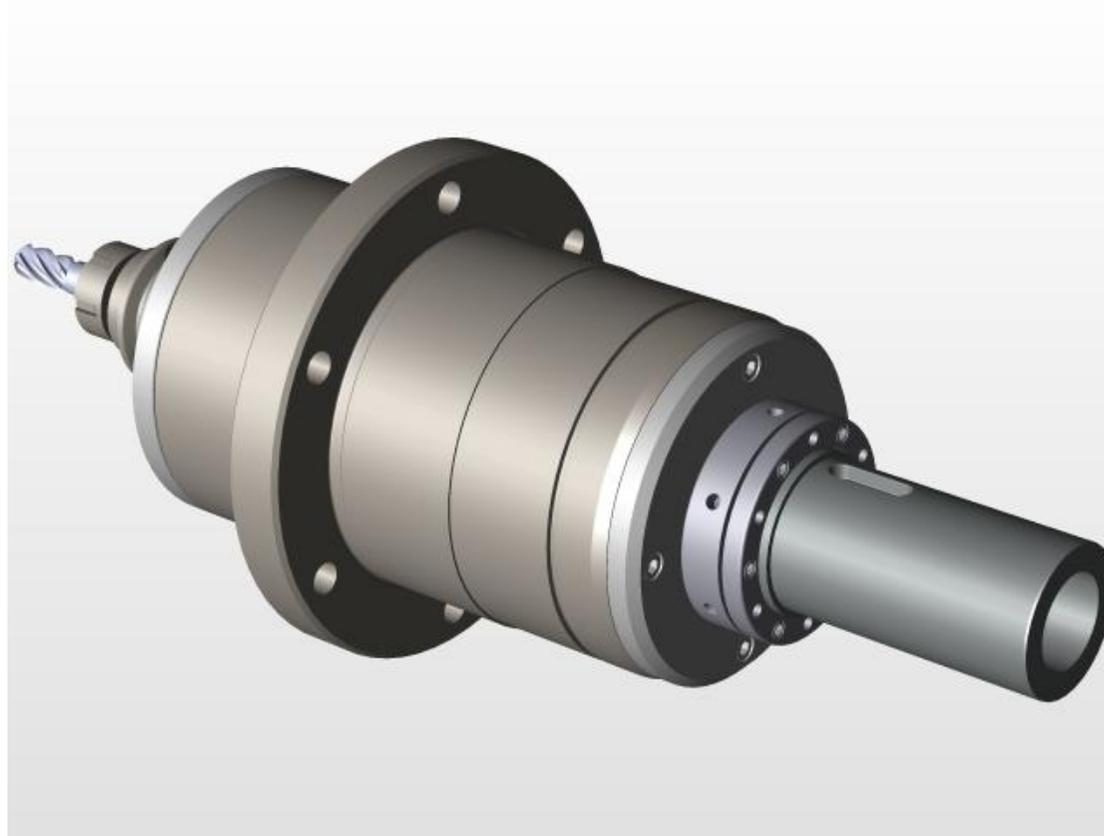


Quanto vi darebbe fastidio se la vostra idea, presentata in questa forma, venisse completamente scartata?



Esplorare il Design Space

Riflessione



Quanto vi darebbe fastidio se la vostra idea, presentata in questa forma, venisse completamente scartata?

Esplorare il Design Space

Riflessione

ITEM	PART NUMBER	TITLE	QTY	COST CENTER
1	ERT94586	INLET SHAFT ASSEMBLY - HONDA CIVIC TYPE B	1	
1.1	ERT34560 - REV 3	HONDA CIVIC TYPE B - INLET SHAFT	1	4940.00
1.2	ERT44561	SELECTOR DOG RING (3RD) HONDA CIVIC TYPE B	1	1195.00
1.3	ERT44562	SELECTOR DOG RING (5TH) HONDA CIVIC TYPE B	1	1195.00
1.4	ERT34563	3RD GEAR - INLET - HONDA CIVIC TYPE B	1	1130.00
1.5	ERT34564	4TH GEAR INLET - HONDA CIVIC TYPE B	1	1130.00
1.6	ERT34565	5TH GEAR INLET - HONDA CIVIC TYPE B	1	1130.00
1.7	ERT34566	SLIDED HUB 3RD/4TH - HONDA CIVIC TYPE B	1	1195.00
1.8	ERT64569	NEEDLE ROLLER 26 x 33 x 17	3	426.00
1.9	ERT34567	SLIDED HUB 5TH - HONDA CIVIC TYPE B	1	1195.00
1.13	ERT64566	35-10-17 35X10-17 35X10-17 BALL BEARING (6207)	1	482.00
1.13		INLET SPACER-BELVILLE WASHER	1	
1.14	ERT57577	HONDA CIVIC TYPE B - M12 LH x 33 LONG HEX HEAD BOLT	1	430.00
1.15	ERT36307	REAR HUB WASHER (HONDA CIVIC B (3RD/5))	1	45.00
2	ERT94587	OUTPUT SHAFT ASSEMBLY - HONDA CIVIC TYPE B	1	
2.1	ERT54030	OUTPUT SHAFT - (HONDA CIVIC TYPE B)	1	1325.00
2.2	ERT34571	1ST GEAR OUTPUT - HONDA CIVIC TYPE B	1	1130.00
2.3	ERT44572	DOG SELECTOR RING (1ST/2ND) - HONDA CIVIC TYPE B	1	1260.00
2.4	ERT34573	SLIDED HUB 1ST/2ND - HONDA CIVIC TYPE B	1	1195.00
2.5	ERT34574	2ND GEAR OUTPUT - HONDA CIVIC TYPE B	1	1130.00
2.6	ERT64583	NEEDLE ROLLER 32 x 38 x 20	1	426.00
2.7	ERT34575	3RD GEAR OUTPUT - HONDA CIVIC TYPE B	1	1130.00
2.8	ERT34576	SLIDED HUB 3RD OUTPUT SHAFT - HONDA CIVIC TYPE B	1	1195.00
2.9	ERT34577	4TH GEAR OUTPUT - HONDA CIVIC TYPE B	1	1130.00
2.10	ERT34578	5TH GEAR OUTPUT - HONDA CIVIC TYPE B	1	1130.00
2.11	ERT64591	NEW ALFA ROMEO 5 - OUTPUT SHAFT - HONDA CIVIC TYPE B	1	352.00
2.12	ERT64592	NEEDLE ROLLER 32 x 37 x 13	1	426.00
2.13	ERT64593	BEARING 20/32X15	1	
2.14	ERT64594	BEARING 20/32X15 #2	1	
2.15	ERT64595	1MM SPACER, OUTPUT SHAFT - (HONDA TYPE B)	1	420.00
3	ERT34565	HONDA CIVIC TYPE B CROWN WHEEL	1	1325.00

oLITE
RACING
TRANSMISSIONS

Garworks,
Calem St.,
Stonham,
Stoke-on-Trent, ST1 1SP,
Tel: 01782 298130,
Fax: 01782 299115,
Email: contact@olitegeartransmissions.com

TITLE:
WHCLE ASSEMBLY - HONDA CIVIC TYPE B

DRG. No. **ERT94588**

Issue:
01

Quanto vi darebbe fastidio se la vostra idea, presentata in questa forma, venisse completamente scartata?



Esplorare il Design Space

II «SUNK-COSTS-EFFECT»

In the context of design, sunk cost refers to **any resources that the designers spend during the building process, in the form of money, time or effort**. According to the theory of Sunk Cost from behavioral economics, **a person tends to continue in the current path in fear of losing the cost already sunk**, regardless of the potential future benefits in an alternate path.

V.K. Viswanathan, J.S. Linsey, Role of Sunk Cost in Engineering Idea Generation : An Experimental Investigation, Journal of Mechanical Design. 135 (2018) 121002 1–12. doi:10.1115/1.4025290.



Esplorare il Design Space

Design Fixation: Attenzione alla definizione dei requisiti di progetto

«Chi ben comincia è a metà dell'opera»

- **qual è il giusto livello di dettaglio delle informazioni di partenza?**



Esplorare il Design Space

I requisiti ingegneristici di progetto

Bisogna sempre evitare di introdurre **PRECONCETTI** iniziali nella fase di progettazione vera e propria, che di fatto **limiterebbero la possibilità di esplorare** certe zone del design space.

ESEMPIO:

«Progettazione di un nuovo sistema ad alimentazione elettrica per estrarre noci dal guscio»

Obiettivo: facilitare le operazioni di pulizia del contenitore dei gusci.

Riflettere...



I requisiti ingegneristici

I requisiti ingegneristici

Concetti fondamentali

Affinché un requisito possa essere elaborato in modo efficace dal progettista, esso deve essere espresso:

- **In forma chiara, univoca e concisa**

Esempi di requisito **non chiaro**: «Versatilità»; «Maneggevolezza»

Esempi di **requisiti chiari**: «il sistema deve fare il caffè e scaldare le vivande»; «il sistema deve essere impugnato con una sola mano».

- **In termini quantitativi (laddove possibile in questa fase)**

Esempi: «il sistema deve durare 6000 ore»; «il sistema non deve pesare più di X kg » (*NOTA: nelle fasi iniziali della progettazione può essere difficile aver chiari alcuni valori numerici di riferimento*).

- **In modo non ridondante con altri requisiti**

Esempio: «ingombri più contenuti possibile» è ovviamente ridondante con «ridurre i volumi inutilizzati all'interno del sistema».

I requisiti ingegneristici

Concetti fondamentali

Si possono distinguere due famiglie fondamentali di requisito:

VINCOLI: requisiti che «in ogni caso» devono essere rispettati dal prodotto finale

OBIETTIVI: requisiti che definiscono le condizioni limite alle quali avvicinarsi il più possibile, senza però avere l'obbligo di raggiungerle.

Tenuto conto del fatto che spesso il rispetto di un requisito provoca effetti che contrastano il rispetto di altri, è facile intuire che se fossero presenti solamente vincoli, difficilmente sarebbe possibile arrivare in fondo ad una attività di progettazione.

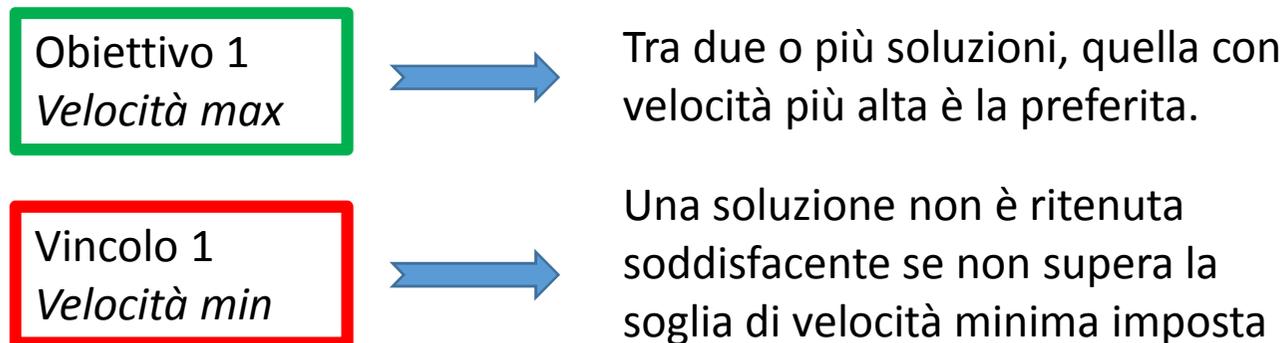
Inoltre, ci sono obiettivi più importanti ed altri di minor rilievo, ragione per cui è spesso necessario stabilire una vera e propria scala di importanza degli stessi.



I requisiti ingegneristici

Concetti fondamentali

Vincoli ed obiettivi possono riguardare lo stesso parametro del sistema



È necessario definire un set esaustivo di **VINCOLI** ed **OBIETTIVI** di progetto per tutti i parametri del sistema ritenuti importanti in fase di pianificazione.

I requisiti ingegneristici

Concetti fondamentali

Ma che vuol dire «**SET ESAUSTIVO**»?

Significa semplicemente che il progettista dovrebbe sempre quantomeno «chiedere» informazioni in merito ad alcune tipologie di requisito, che più o meno caratterizzano ogni tipo di attività progettuale.

Esistono delle checklist a supporto del progettista

Non è detto però che tutte queste informazioni siano disponibili all'inizio del processo di progettazione. Proprio per questo è indispensabile evidenziare queste lacune e programmare le necessarie attività di acquisizione di informazione.



I requisiti ingegneristici

La checklist di Pahl e Beitz

Main headings	Examples	1/3
Geometry	Size, height, breadth, length, diameter, space requirement, number, arrangement, connection, extension	
Kinematics	Type of motion, direction of motion, velocity, acceleration	
Forces	Direction of force, magnitude of force, frequency, weight, load, deformation, stiffness, elasticity, inertia forces, resonance	
Energy	Output, efficiency, loss, friction, ventilation, state, pressure, temperature, heating, cooling, supply, storage, capacity, conversion.	
Material	Flow and transport of materials. Physical and chemical properties of the initial and final product, auxiliary materials, prescribed materials (food regulations etc)	
Signals	Inputs and outputs, form, display, control equipment.	
Safety	Direct safety systems, operational and environmental safety.	



I requisiti ingegneristici

La checklist di Pahl e Beitz

Main headings	Examples
Ergonomics	Man-machine relationship, type of operation, operating height, clarity of layout, sitting comfort, lighting, shape compatibility.
Production	Factory limitations, maximum possible dimensions, preferred production methods, means of production, achievable quality and tolerances, wastage.
Quality control	Possibilities of testing and measuring, application of special regulations and standards.
Assembly	Special regulations, installation, siting, foundations.
Transport	Limitations due to lifting gear, clearance, means of transport (height and weight), nature and conditions of despatch.

2/3



I requisiti ingegneristici

La checklist di Pahl e Beitz

Main headings	Examples	3/3
Operation	Quietness, wear, special uses, marketing area, destination (for example, sulphurous atmosphere, tropical conditions).	
Maintenance	Servicing intervals (if any), inspection, exchange and repair, painting, cleaning.	
Recycling	Reuse, reprocessing, waste disposal, storage	
Costs	Maximum permissible manufacturing costs, cost of tooling, investment and depreciation.	
Schedules	End date of development, project planning and control, delivery date	

G. Pahl, W. Beitz, J. Feldhusen, and K. H. Grote, *Engineering design 3rd ed.* Springer-Verlag London, 2007.



I requisiti ingegneristici

La checklist di Pugh 1/2

- *Performance*

Which function(s) does the product has to fulfil? What are the parameters by which the functional characteristics will be assessed (speed, power, strength, accuracy, capacity, etc.)?

- *Environment*

To which environmental influences is the product subjected during manufacturing, storing, transportation and use (temperature, vibrations, humidity, etc.)? Which effects of the product on the environment should be avoided?

- *Life in service*

How intensively will the product be used, how long does it have to last?

- *Maintenance*

Is maintenance necessary and available? Which parts have to be accessible?

- *Target product cost*

How much may the product cost, considering the prices of similar products?

- *Transportation*

What are the requirements of transport during production, and to the location of use?

- *Packaging*

Is packaging required? Against which influences should the packaging protect the product?

- *Quantity*

What is the size of run? Is it batch or continuous production?

- *Manufacturing facilities*

Should the product be designed for existing facilities; are investments in new production facilities possible? Is (a part of) the production going to be contracted out?

- *Size and weight*

Do production, transport, or use put limits as to maximum dimensions or weight?

- *Aesthetics, appearance and finish*

What are the preferences of the consumers, customers? Should the product fit in with a product line or house style?

- *Materials*

Are special materials necessary? Are certain materials not to be used (for example in connection with safety or environmental effects)?

- *Product life span*

How long is the product expected to be produced and marketable?



I requisiti ingegneristici

La checklist di Pugh 2/2

- *Standards*

Which standards (national and international) apply to the product and its production? Should standardization within the company or industrial branch be taken into account?

- *Ergonomics*

Which requirements, with regard to perceiving, understanding, using, handling, etc., does the product have to meet?

- *Quality and reliability*

How large may 'mean times before failure' and 'mean times to repair' be? Which failure modes, and resulting effects on functioning, should certainly not occur?

- *Shelf life and storage*

Are there during production, distribution, and use (long) periods of time in which the product is stored? Does this require specific 'conservative' measures?

- *Testing*

To which functional and quality tests is the product submitted, within and outside the company?

- *Safety*

Should any special facilities be provided for the safety of the users and non-users?

- *Product policy*

Does the current and future product range impose requirements on the product?

- *Social and political implications*

What is the public opinion with regard to the product?

- *Product liability*

For which unintended consequences of production, operation and use can the manufacturer be held responsible?

- *Installation, operation*

Which requirements are set by final assembly and installation outside the factory, and by learning to use and operate the product?

- *Re-use, recycling, disposal*

Is it possible to prolong the material cycle by re-use of materials and parts? Can the materials and parts be separated for waste disposal?

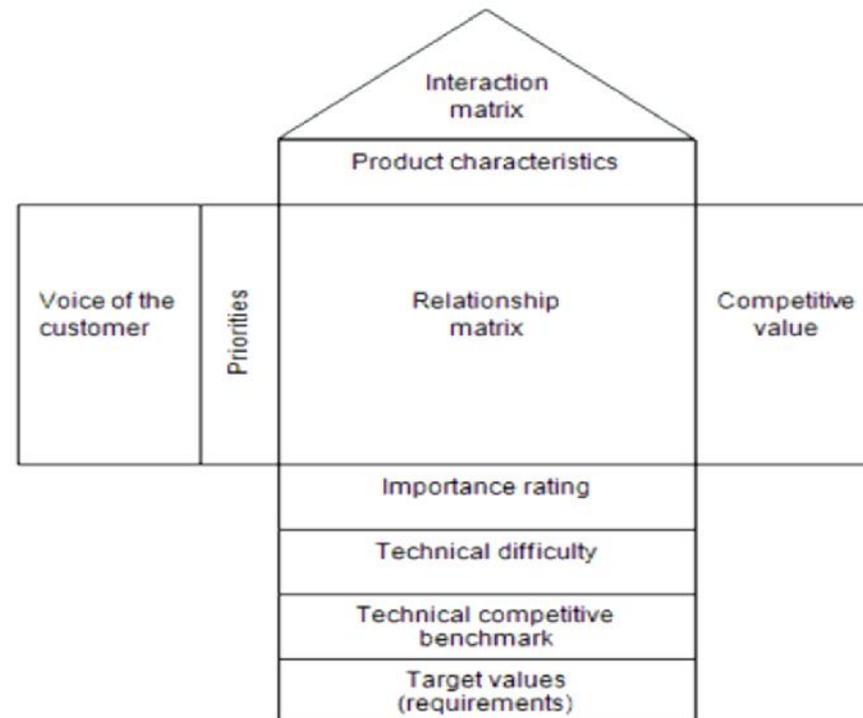
I requisiti ingegneristici

La matrice di conversione QFD

A tal scopo esistono strumenti matriciali a supporto del progettista, tra i quali, i più diffusi sono quelli basati sul sistema «**Quality Function Deployment**» o **QFD**, **che richiedono la preventiva identificazione delle caratteristiche tecniche del sistema.**

House of Quality

Caratteristica
dell'approccio
QFD





I requisiti ingegneristici

La matrice di conversione QFD

La parte di «conversione» consiste praticamente nella definizione dei «target requirements» (ovvero le colonne), e l'attribuzione delle relazioni con i «customer requirements» (le righe).

Relationship

strong ■ = 9

middle □ = 3

weak + = 1

Importance

5 ... high

1 ... low

Customer requirements (what)

Target requirements (how)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Strip take up lightly fixed	5	■	□	+	+	□			+	
No damage to strip edges	3	+	■			+				
No buckling of strip	1	+	+	■		+				
No cracking	4	+	+		■	□				+
No additional holes	5	+				■				
Left- and right-handed	4	+	+				■	■	□	□
Mountable on a table	3		+		+		■		■	
Rapid braking	1			+	+					■

I requisiti ingegneristici

La matrice di conversione QFD

Ci sono però delle criticità nell'applicazione di questo strumento:

- Non è detto che siano «effettivamente» noti tutti i target tecnici di prodotto (e quindi le colonne)
- La relazione tra i target tecnici e i customer requirements è spesso fortemente dipendente dal tipo di soluzioni scelte per comporre il prodotto nella sua interezza.

Questa osservazione è di fondamentale importanza quando si voglia garantire una esplorazione sistematica del design space. Infatti, «**prevedere**» alcuni **target tecnici** e le relative interazioni con i **customer requirements** implica fare (talvolta inconsciamente) delle **ipotesi pesanti sul prodotto finale**.



I requisiti ingegneristici

La matrice di conversione QFD

L'utilizzo della matrice di conversione QFD-based può trascinare dei **PRECONCETTI** iniziali nella fase di progettazione vera e propria, **limitando quindi la possibilità di esplorare** certe zone del design space.

Per questo motivo, uno strumento ideale dovrebbe limitarsi a:

- Tradurre i customer requirements in requisiti tecnici
- Identificare le priorità tra i vari requisiti, in modo da guidare l'attività progettuale.

Senza in alcun modo costringere il progettista a «prevedere» il prodotto finale prima ancora di intraprenderne la progettazione.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

CREATIVITÀ NEL PROCESSO DI PROGETTAZIONE
Ing. Lorenzo Fiorineschi Ph.D.

La matrice di conversione PPCD



La matrice di conversione PPCD

La definizione di Funzione PRINCIPALE

Cercando tra le informazioni acquisite dal committente, si possono trovare molteplici funzioni attribuibili al sistema, ma **alcune di esse possono essere strettamente legate a specifiche combinazioni** di behavior e struttura appartenenti a **preconcetti e inerzie psicologiche** di chi ha fornito i dati.

Ai fini di una buona esplorazione del DESIGN SPACE, suddette limitazioni devono essere aggirate (laddove non costituenti espliciti vincoli di progetto).

Per questo, è importante identificare le **FUNZIONI PRINCIPALI**, ovvero quelle che **il sistema deve svolgere in ogni caso, indipendentemente** da tutte le possibili soluzioni adottabili.

La matrice di conversione PPCD

La definizione di Funzione PRINCIPALE

Esempio di funzioni principali dello stesso sistema da progettare (sistema di produzione del caffè liquido), ma INDIPENDENTI DALLA SOLUZIONE

- Il sistema IMPORTA acqua.
- Il sistema IMPORTA essenza di caffè.
- Il sistema MISCELA acqua e caffè.
- **Il sistema SCALDA l'acqua**
Questa funzione però NON è indipendente dalla soluzione...perché?



Caffè filtro



Caffè alla napoletana



Caffè moka



Caffè espresso

La matrice di conversione PPCD

La struttura della matrice

		REQUISITI TRASVERSALI	FUNZIONE PRINCIPALE 1	FUNZIONE PRINCIPALE 2	...
Categoria 1	Obiett.				
	Vincoli				
Categoria 2	Obiett.				
	Vincoli				
Categoria 3	Obiett.				
	Vincoli				
	Obiett.				
	Vincoli				



Le categorie di requisito sono estrapolabili dalle checklist di letteratura (es. Pahl e Beitz e Pugh).



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

CREATIVITÀ NEL PROCESSO DI PROGETTAZIONE
Ing. Lorenzo Fiorineschi Ph.D.

Progettazione concettuale



Elementi base della progettazione concettuale

I diversi approcci progettuali – Approccio solution-based

Citando Nigel Cross (pag 187 del relativo libro in bibliografia), la **tradizione didattica ingegneristica (o tecnica in generale), porta spesso (non sempre volutamente) a formare persone che prediligono approcci con «convergenza» predominante, e quindi scarsa «divergenza» e conseguente scarsa esplorazione del Design Space.**

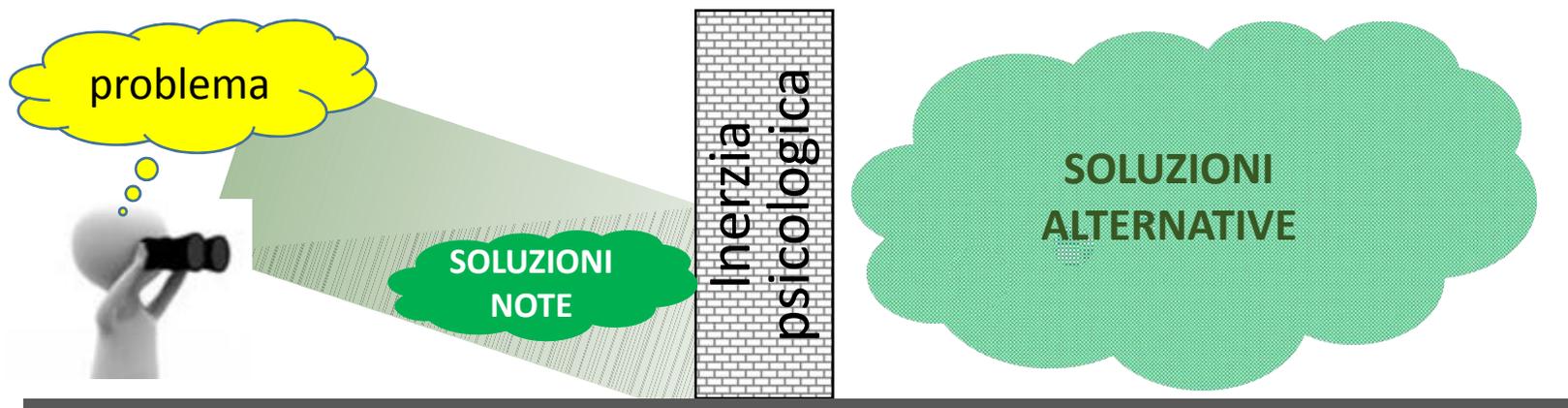
Approcci del genere si dicono **«SOLUTION BASED»** ovvero basati sulla veloce definizione di una soluzione/idea di partenza per passare velocemente alla sua concretizzazione ed ottimizzazione durante il processo di progettazione.

Elementi base della progettazione concettuale

I diversi approcci progettuali – Approccio problem-based

Approfondire la progettazione concettuale non significa semplicemente dedicarci più tempo.

Senza l'ausilio di strumenti metodologici opportunamente sviluppati, il progettista tende ad affrontare il problema direttamente, incappando però nelle limitazioni indotte dall'**INERZIA PSICOLOGICA** (altro modo di chiamare il DESIGN FIXATION)



Elementi base della progettazione concettuale

I diversi approcci progettuali – Approccio problem-based

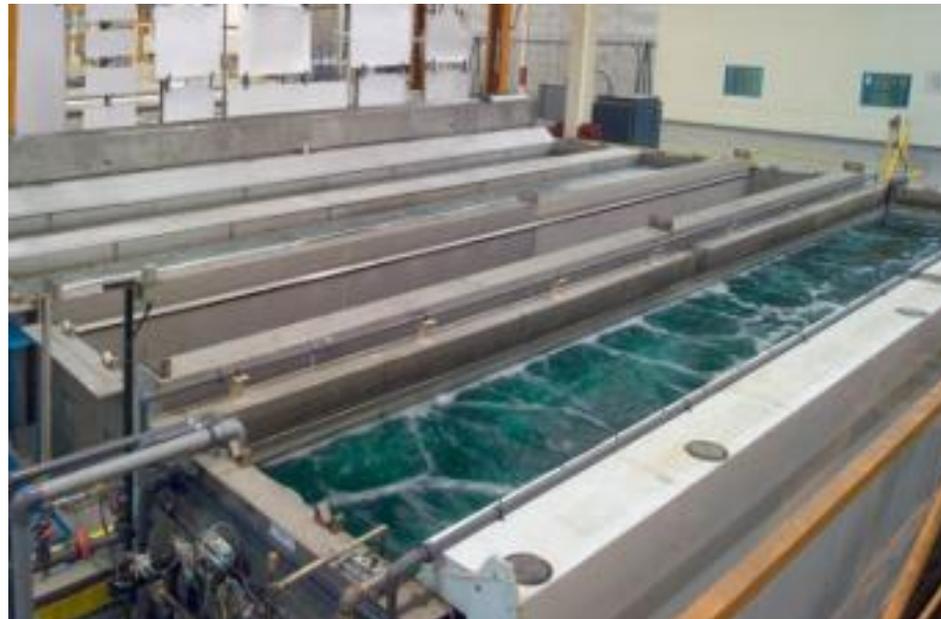
Esempio:

Problema:

Ridurre la dispersione termica delle vasche di acido per l'anodizzazione di barre di alluminio

Obiettivi:

- Ridurre consumi energetici



Vincoli:

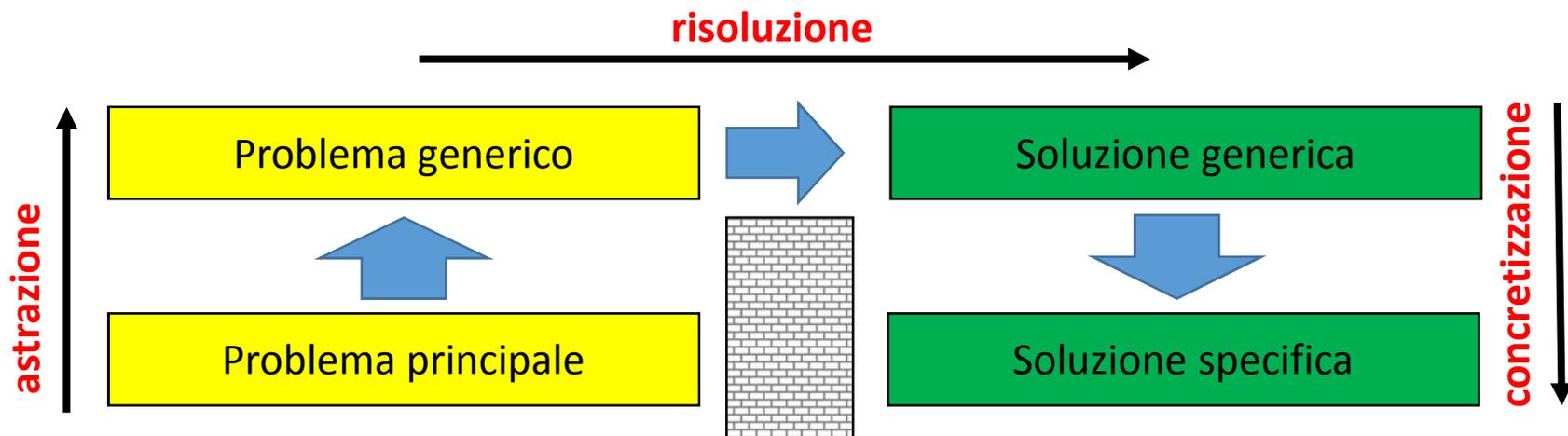
- No modifiche vasche
- No aumento tempo di processo
- No variazioni di temperatura
- No variazioni chimiche del composto



Elementi base della progettazione concettuale

I diversi approcci progettuali – Approccio problem-based

Anziché affrontare il problema direttamente, si cerca di analizzarlo a fondo, **ricondurlo ad un problema generico fuori dal contesto reale**, e di generare una o più soluzioni. Dopodiché, non resta che riadattare la soluzione generica al caso specifico.

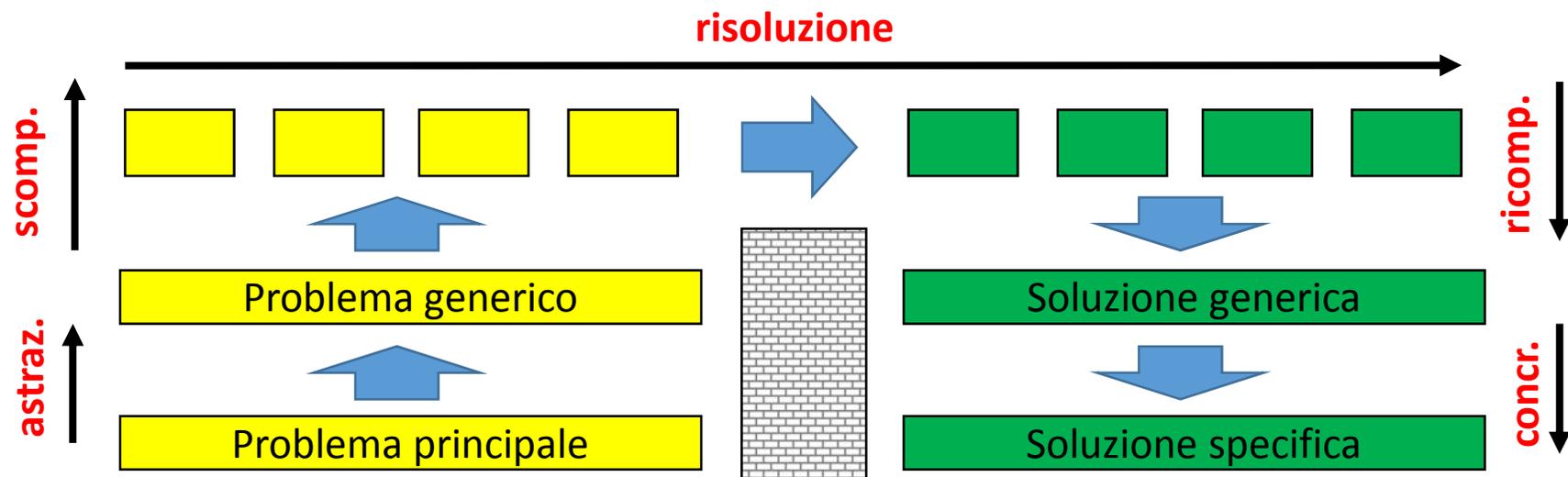


Elementi base della progettazione concettuale

I diversi approcci progettuali – Approccio problem-based

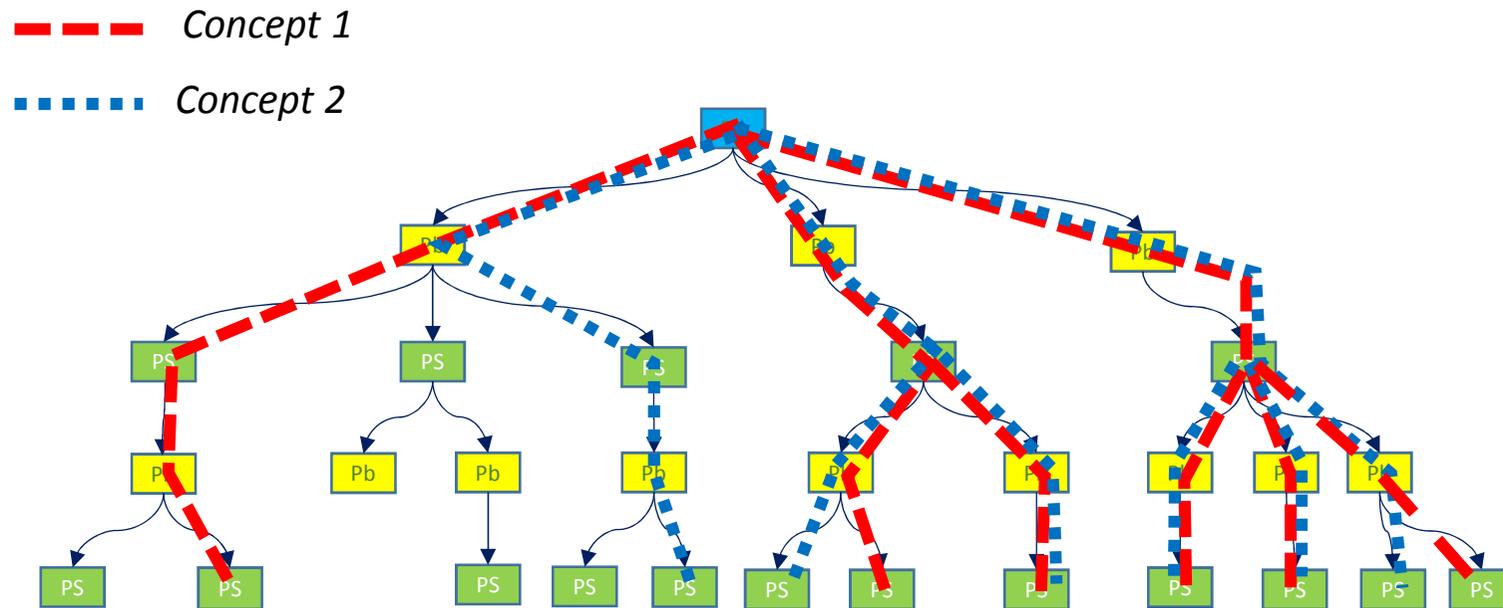
Ma i problemi ingegneristici sono per loro natura spesso molto complessi, ragion per cui non è facile ricondursi da una soluzione generica alla soluzione concreta (che rispetta cioè tutti i vincoli e gli obiettivi caratterizzanti il task di progettazione specifico).

Fortunatamente, la pratica ingegneristica ci insegna a SCOMPORRE un problema complesso in una serie di sotto-problemi più elementari da risolvere.



Elementi base della progettazione concettuale

Approccio PSN – Made in UniFI



L. Fiorineschi, F. Rotini, P. Rissone, A new conceptual design approach for overcoming the flaws of functional decomposition and morphology, *Journal of Engineering Design*. 27 (2016) 438–468. doi:10.1080/09544828.2016.1160275.

L. Fiorineschi, Abstraction framework to support students in learning creative conceptual design, *Journal of Engineering, Design and Technology*. 16 (2018) 616–636. doi:10.1108/JEDT-02-2018-0017.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

CREATIVITÀ NEL PROCESSO DI PROGETTAZIONE
Ing. Lorenzo Fiorineschi Ph.D.

Supporto alla generazione delle idee

Generazione delle idee

Come stimolare la creatività del progettista?

DESIGN CATALOGUES

Function	Input	Output	Physical effects							
	Force, pressure, torque	Length, angle	Hooke (Tension/compression/bending)	Shear, torsion	Upthrust Poisson's effect	Boyle-Mariotte	Coulomb I and II	...	...
		Speed	Energy Law	Conservation of momentum	Conservation of angular momentum	...	...	...	...
		Acceleration	Newton's Law	...	...	...	...	...	...
	Length, angle	Force, pressure, torque		Hooke	Shear, torsion	Gravity	Upthrust	Boyle-Mariotte	Capillary	
				Coulomb I and II	...	...	...	...	...	...
	Speed			Coriolis force	Conservation of momentum	Magnus-effect	Energy law	Centrifugal force	Eddy current	
	Acceleration			Newton's Law	...	...	...	...	...	...

Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J. and Grote, K.H. (2007), *Engineering Design 3rd Ed*, Springer-Verlag London.



Generazione delle idee

Come stimolare la creatività del progettista?

DESIGN
CATALOGUES

Variant	1	2	3	4	5	6
Characteristic						
Type						
Shape						
Position						
Size						
Number						

Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J. and Grote, K.H. (2007), *Engineering Design 3rd Ed*, Springer-Verlag London.



Generazione delle idee

Come stimolare la creatività del progettista?

BRAINSTORMING



Il BRAINSTORMING è di solito inteso come uno scambio di idee e discussioni sulle stesse, senza particolari regole da seguire...

IN REALTÀ il processo è fondato su alcune regole riguardo a:

- Composizione del gruppo di brainstorming
- Leadership del gruppo
- Procedura
- Valutazione

Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J. and Grote, K.H. (2007), *Engineering Design 3rd Ed*, Springer-Verlag London.

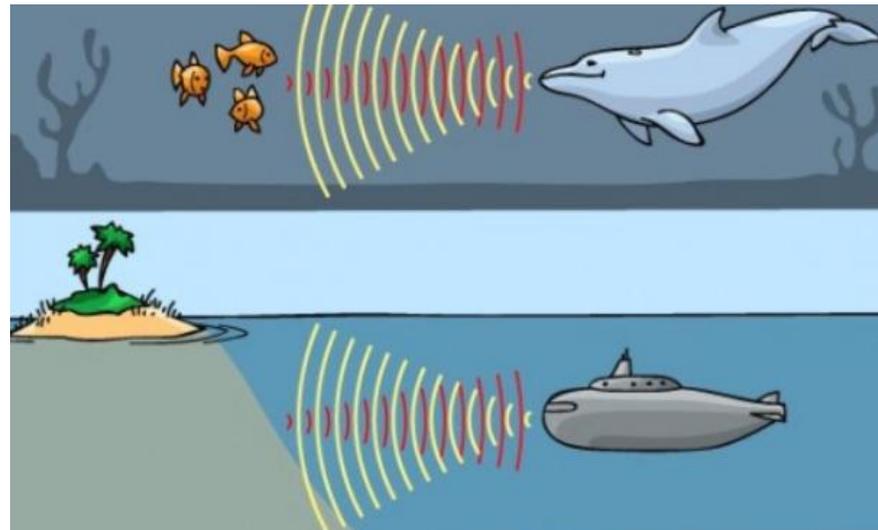


Generazione delle idee

Come stimolare la creatività del progettista?



BIOMIMETICA





Generazione delle idee

Come stimolare la creatività del progettista?

The image shows a screenshot of the AskNature website. At the top left is the AskNature logo, a stylized butterfly in green and blue, followed by the text 'ASKNATURE'. Below the logo is a search bar containing the text 'ki' and a magnifying glass icon. Underneath the search bar, it says 'Search powered by algolia'. A paragraph of text reads: 'Life on earth presents elegant solutions to many of the challenges that designers and innovators face every day. Explore AskNature to find books, articles, and resources relative to your own innovation challenge: time-tested forms, processes, and systems that already exist in nature's complex systems.'

To the right of the search bar, the word 'BIOMIMETICA' is written in large, black, sans-serif capital letters.

Below the search bar, a search result for 'MOVE' is displayed. The word 'MOVE' is in a large, thin font. Below it, the heading 'BIOLOGICAL STRATEGIES' is shown. Three results are listed:

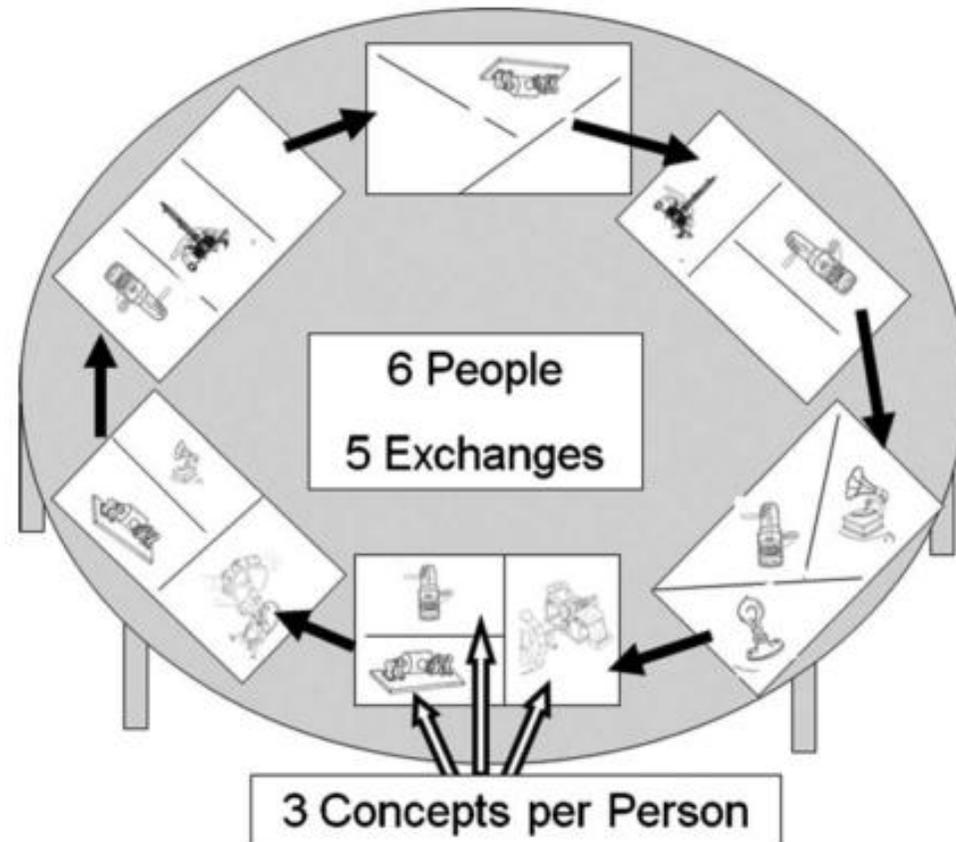
-  Filter feeding **moves** water : Venus flower basket
-  Protein channels **move** water across membranes : cells
For a particular aquaporin, water permeability can also be affected ..
- Multitasking on the **move** : pseudoscorpions

<https://asknature.org/>

Generazione delle idee

Come stimolare la creatività del progettista?

C/Sketch 6-3-5



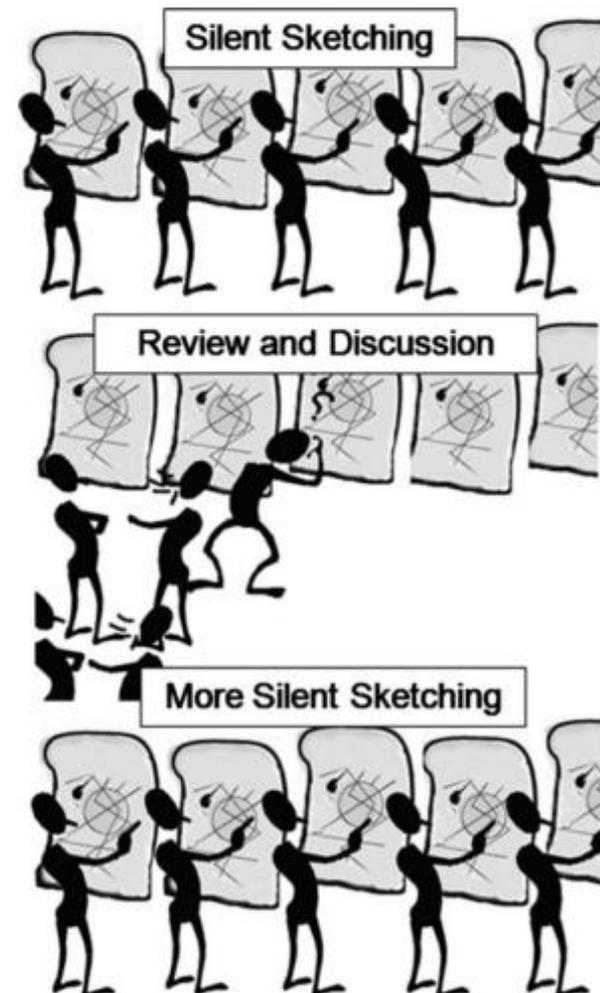
Rhorbach, B., 1969, Creative nach Regeln: Methode 635, eine neue Technik zum Lösen von Problemen, Absatzwirtschaft 12.



Generazione delle idee

Come stimolare la creatività del progettista?

GALLERY METHOD

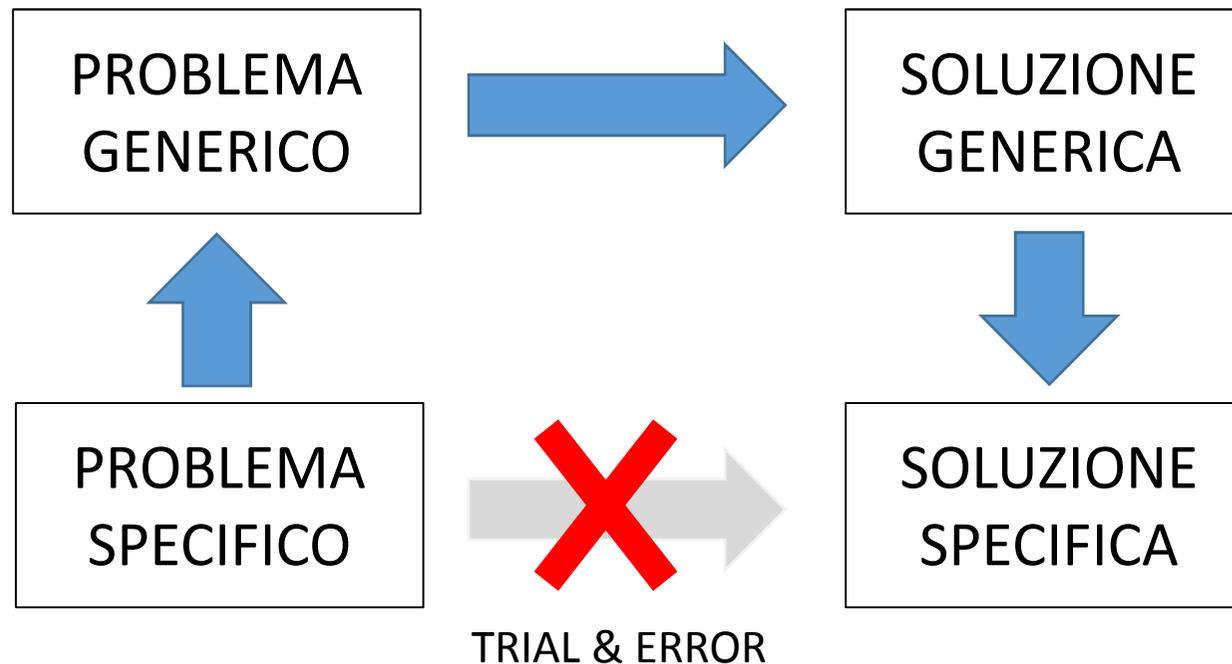


VanGundy, A. B., 1988, Techniques of Structured Problem Solving, 2nd Ed., Van Nostrand Reinhold, NY.

Generazione delle idee

Come stimolare la creatività del progettista?

TRIZ



G.S. Altshuller, Creativity as an exact science., Gordon and Breach Science, Amsterdam, 1984.

K. Gadd, TRIZ for Engineers: Enabling Inventive Problem Solving, John Wiley and sons, Inc, Chichester, 2011.

Generazione delle idee

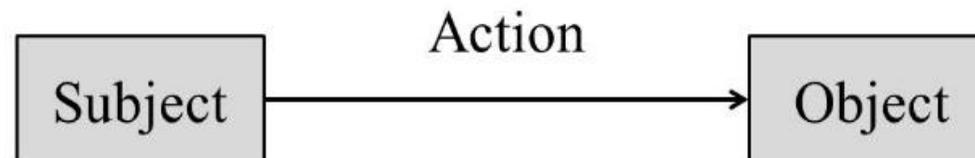
Come stimolare la creatività del progettista?

TRIZ

Concetto di
contraddizione



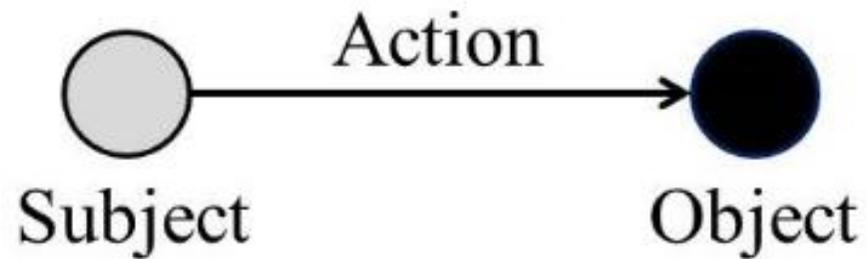
Concetto di funzione





Generazione delle idee

Come stimolare la creatività del progettista?



S = Sollevatore idraulico

A = Solleva

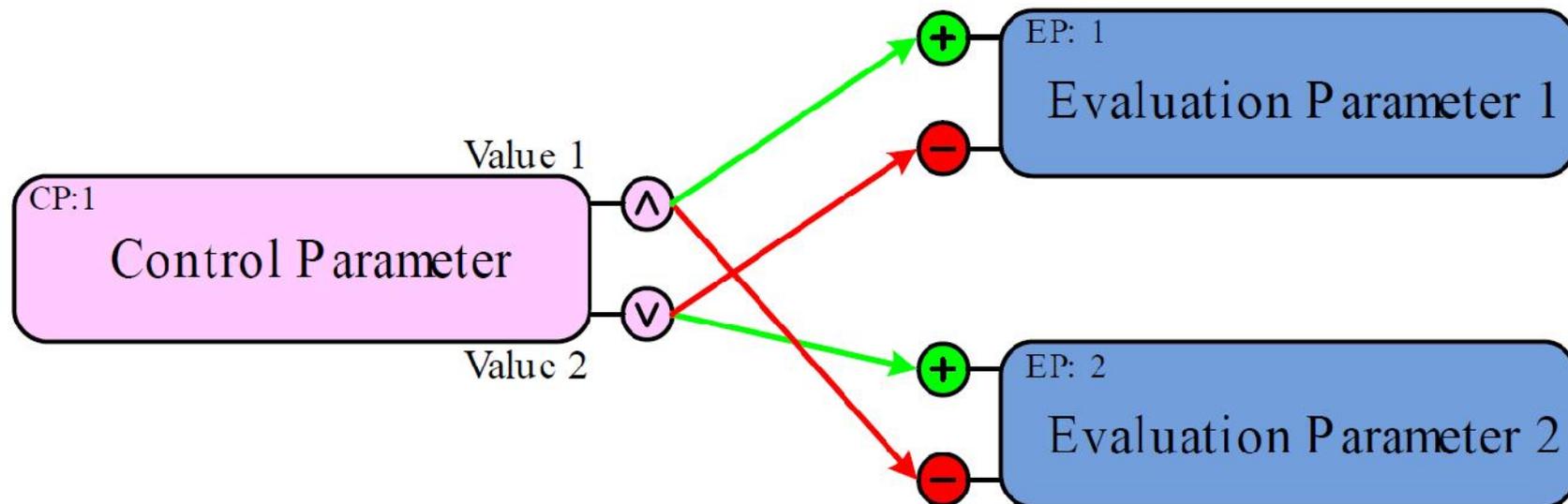
O = Auto



Generazione delle idee

Modellazione delle contraddizioni

TRIZ

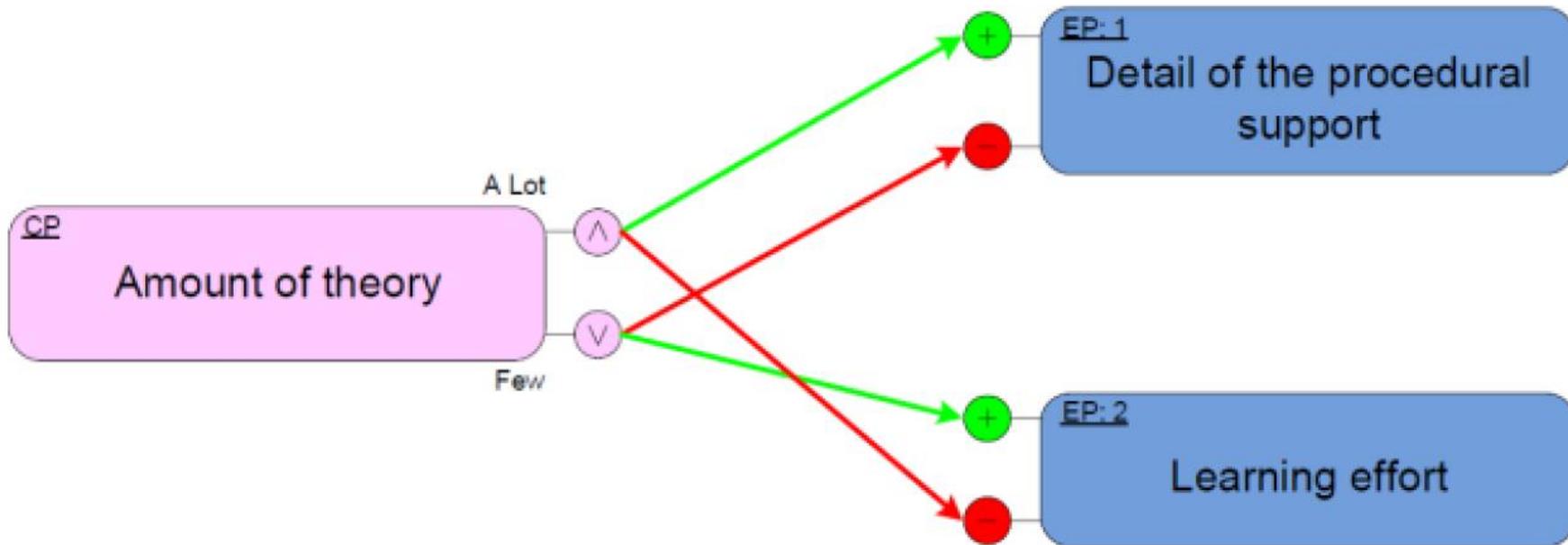




Generazione delle idee

Modellazione delle contraddizioni

TRIZ



Fiorineschi, L., F.S. Frillici, and F. Rotini. 2019. Teaching and Learning Design Methods: Facing the Related Issues with TRIZ. In *Proceedings of the Design Society: International Conference on Engineering Design*, 589–598. Delft - The Netherlands.



Generazione delle idee

Come stimolare la creatività del progettista?

TRIZ

Alcuni strumenti TRIZ

Ideal Final Result (IFR)

Resources Analysis (RA)

Effects Databases (ED)

Smart Little People (SLP)

Size-Time-Cost operator (STC)

Su-Field (SF) modelling and Standard Solutions (SS)

Contradiction modelling, Inventive Principles (IP) and Separation Principles (SP)





Generazione delle idee

Come stimolare la creatività del progettista?

TRIZ



Matrice delle contraddizioni e principi inventivi

Worsening Feature →	Speed	Shape	Loss of Time	Reliability	Measurement accuracy	Ease of operation	Adaptability or versatility	System complexity	Measurement Difficulty	Productivity
Speed	+	35, 15, 18, 34		11, 35, 27, 28	28, 32, 1, 24	32, 28, 13, 12	15, 10, 26	10, 28, 4, 34	3, 34, 27, 16	
Shape	35, 15, 34, 18	+	14, 10, 34, 17	10, 40, 16	28, 32, 1	32, 15, 26	1, 15, 29	16, 29, 1, 28	15, 13, 39	17, 26, 34, 10
Loss of Information	26, 32		24, 26, 28, 32	10, 28, 23		27, 22			35, 33	13, 23, 15
Loss of Time		4, 10, 34, 17	+	10, 30, 4	24, 34, 28, 32	4, 28, 10, 34	35, 28	6, 29	18, 28, 32, 10	
Measurement accuracy	28, 13, 32, 24	6, 28, 32	24, 34, 28, 32	5, 11, 1, 23	+	1, 13, 17, 34	13, 35, 2	27, 35, 10, 34	26, 24, 32, 28	10, 34, 28, 32
Ease of operation	18, 13, 34	15, 34, 29, 28	4, 28, 10, 34	17, 27, 8, 40	25, 13, 2, 34	+	15, 34, 1, 16	32, 26, 12, 17		15, 1, 28
Ease of repair	34, 9	1, 13, 2, 4	32, 1, 10, 25	11, 10, 1, 16	10, 2, 13	1, 12, 26, 15	7, 1, 4, 16	35, 1, 15, 11		1, 32, 10
Adaptability or versatility	35, 10, 14	15, 37, 1, 8	35, 28	35, 13, 8, 24	35, 5, 1, 10	15, 34, 1, 16	+	15, 29, 37, 28	1	35, 28, 6, 37
System complexity	34, 10, 28	29, 13, 28, 15	6, 29	13, 35, 1	2, 26, 10, 34	27, 9, 26, 24	29, 15, 28, 37	+	15, 10, 37, 28	12, 17, 28
Productivity		14, 10, 34, 40		1, 35, 10, 38	1, 10, 34, 28	1, 28, 7, 10	1, 35, 28, 37	12, 17, 28, 24	35, 18, 27, 2	+



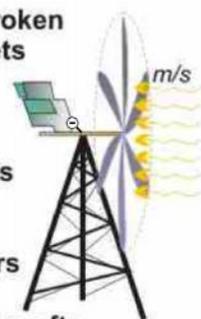
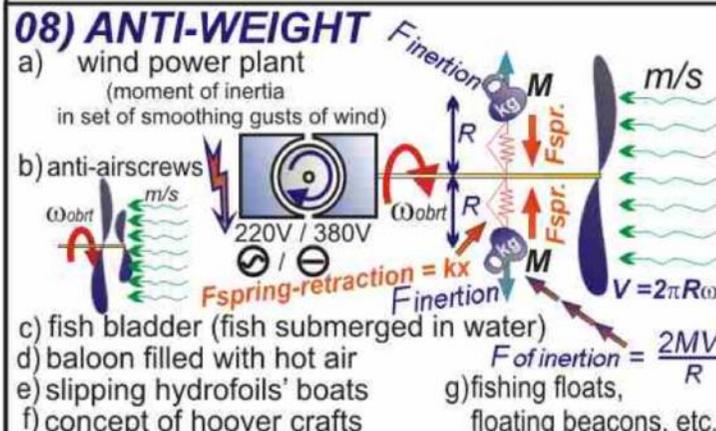
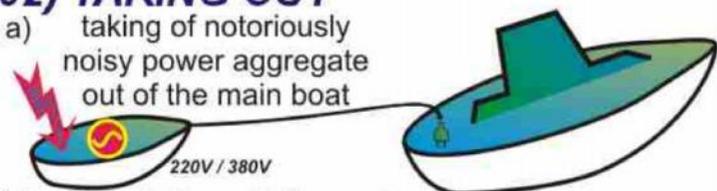
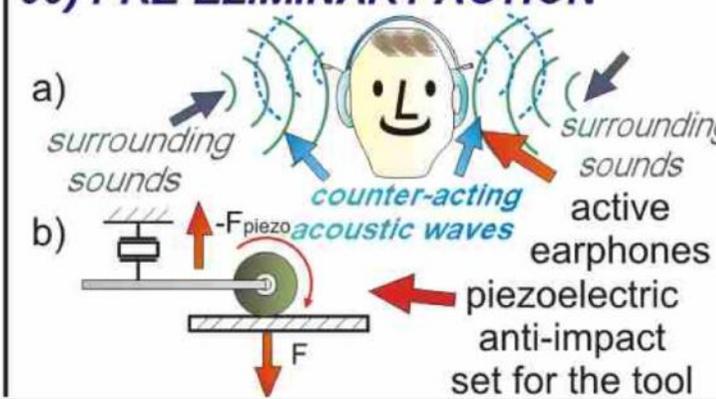
Generazione delle idee

Come stimolare la creatività del progettista?

TRIZ



Matrice delle contraddizioni e **principi inventivi**

<p>01) DIVISION</p> <p>a) a ship built, made of removable / replacable bulkheads</p> <p>b) multi-engine aircraft</p> <p>c) multi-piston engine of internal combustion</p> <p>d) a toy made from Lego blocks</p> <p>e) a chocolate broken into mini-tablets</p> <p>f) multi-grip gators</p> <p>g) a binded file of paper sheets</p> <p>h) multi-blade cartridge razors</p> <p>i) multi-blade airscrews of aircrafts, or wind power-plants</p> 	<p>08) ANTI-WEIGHT</p> <p>a) wind power plant (moment of inertia in set of smoothing gusts of wind)</p> <p>b) anti-air screws</p> <p>c) fish bladder (fish submerged in water)</p> <p>d) baloon filled with hot air</p> <p>e) slipping hydrofoils' boats</p> <p>f) concept of hoover crafts</p> <p>g) fishing floats, floating beacons, etc.</p> 
<p>02) TAKING OUT</p> <p>a) taking of notoriously noisy power aggregate out of the main boat</p> <p>b) internal air ventilation system taken out of the building, i.e. placed on the building elevation</p> <p>c) sound of predator bird, previously registered on a tape and played back, can be used scarring the birds, notoriously flying near or around the airports</p> 	<p>09) PRE-ELIMINARY ACTION</p> <p>a) surrounding sounds</p> <p>b) surrounding sounds</p> <p>active earphones</p> <p>piezoelectric anti-impact set for the tool</p> 



Generazione delle idee

Come stimolare la creatività del progettista?

Matrice delle contraddizioni e **principi inventivi**

TRIZ



>> 1) Set the contradiction to solve

Feature to improve

Feature to preserve



Generazione delle idee

Come stimolare la creatività del progettista?

TRIZ

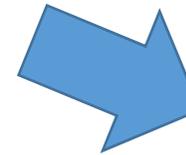


Matrice delle contraddizioni e **principi inventivi**

» 1) Set the contradiction to solve

1: Weight of moving object

12: Shape



- + 10: Preliminary action
- + 14: Spheroidality - Curvature
- + 35: Parameter changes
- + 40: Composite materials



Generazione delle idee

Come stimolare la creatività del progettista?

TRIZ



Matrice delle contraddizioni e **principi inventivi**

35: Parameter changes

Change an object's physical state (e.g. to a gas, liquid, or solid.)

- Freeze the liquid centers of filled candies, then dip in melted chocolate, instead of a gas
- Transport oxygen or nitrogen or petroleum gas as a liquid, instead of a gas

Change the concentration or consistency.

- Liquid hand soap is concentrated and more viscous than bar soap at the pump

Change the degree of flexibility.

- Use adjustable dampers to reduce the noise of parts falling into a container
- Vulcanize rubber to change its flexibility and durability.

Change the temperature.

- Raise the temperature above the Curie point to change a ferromagnetic substance
- Raise the temperature of food to cook it. (Changes taste, aroma, texture, color)
- Lower the temperature of medical specimens to preserve them for later analysis



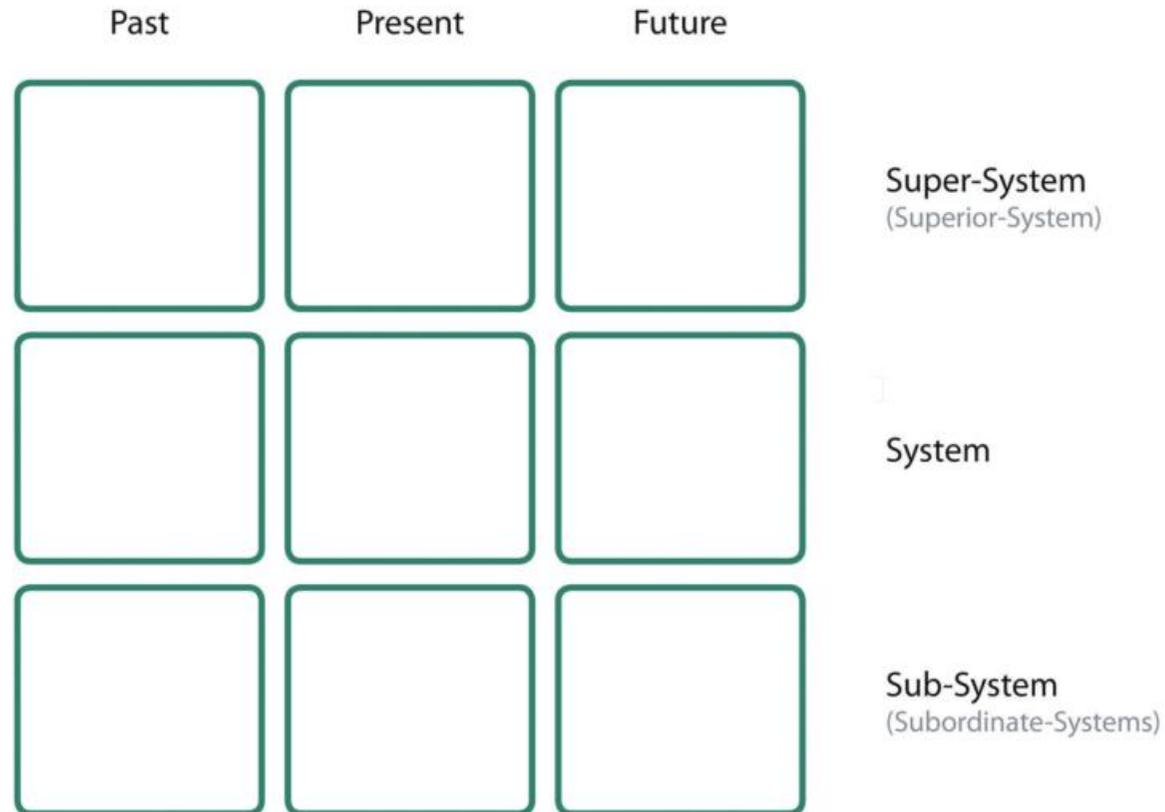
Generazione delle idee

Come stimolare la creatività del progettista?

TRIZ



SYSTEM OPERATOR





Generazione delle idee

Come stimolare la creatività del progettista?

Integrazione tra progettazione sistematica e TRIZ:

Riferimenti bibliografici

TRIZ



Fiorineschi, L., F.S. Frillici, F. Rotini, and M. Tomassini. 2018. Exploiting TRIZ Tools for Enhancing Systematic Conceptual Design Activities. *Journal of Engineering Design* 29, no. 6: 259–290.

Fiorineschi, L., F.S. Frillici, and F. Rotini. 2018. Supporting Systematic Conceptual Design with TRIZ. In *International Design Conference - Design 2018*, 1091–1102. Dubrovnik - Croatia.

Fiorineschi, L., F.S. Frillici, and F. Rotini. 2018. Enhancing Functional Decomposition and Morphology with TRIZ: Literature Review. *Computers in Industry* 94, no. January (January): 1–15.
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0166361517300027>.

Frillici, F.S., F. Rotini, and L. Fiorineschi. 2016. Re-Design the Design Task through TRIZ Tools. In *Proceedings of International Design Conference, DESIGN 2016*. Vol. DS 84.



Grazie per l'attenzione

Ing. Lorenzo Fiorineschi Ph.D.

lorenzo.fiorineschi@unifi.it

DIEF
DIPARTIMENTO
DI INGEGNERIA
INDUSTRIALE

