



UNIVERSITÀ DI PISA

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'ENERGIA DEI SISTEMI  
DEL TERRITORIO E DELLE COSTRUZIONI**

**RELAZIONE PER IL CONSEGUIMENTO DELLA  
LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA GESTIONALE**

***L'analisi funzionale applicata agli scenari di PSS: verso  
un linguaggio di progettazione univocamente definito***

**SINTESI**

---

RELATORI

Prof. Ing. Gualtiero Fantoni  
*Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale,  
Università di Pisa*

Dott. Elena Coli  
*Dipartimento di Ingegneria dell'informazione  
Università di Pisa*

IL CANDIDATO

Simone Ginnasio  
*simoginna@gmail.com*

Sessione di Laurea del 29/04/2020  
Anno accademico 2018/2019  
Consultazione NON consentita

## **Sommario**

La presente tesi ha l'obiettivo di promuovere l'utilizzo di un linguaggio di progettazione omogeneo e disambiguo per la progettazione di scenari di "Sistemi Prodotto-Servizio" (PSS). Allo stato dell'arte manca un linguaggio formale per la progettazione dei servizi, la mappatura è suscettibile alle derive soggettive del progettista ed il tempo di apprendimento degli strumenti di progettazione è piuttosto elevato. L'approccio proposto prevede l'utilizzo dello strumento di progettazione "Analisi Funzionale" (AF) scelto a seguito di una comparazione quali-quantitativa di alcuni dei principali strumenti di progettazione. L'assenza di un linguaggio formale condiviso è stata colmata attraverso la creazione di un vocabolario; per la cui produzione sono state estratte da ESCO, la classificazione multilingue delle qualifiche, competenze, abilità e professioni in Europa, le *skill* caratterizzanti tutti i profili professionali. Queste *skill* sono state utilizzate per isolare le forme verbali successivamente filtrate, stratificate e spiegate all'interno del vocabolario. Infine, per limitare la soggettività del progettista ed al contempo velocizzare la stesura delle mappe, sono state definite alcune nuove regole ad estensione di quelle già presenti allo stato dell'arte ed una procedura che ha ridotto del 46% il tempo per la scrittura della mappa. Il presente lavoro si conclude con una applicazione verosimile del vocabolario e della metodologia di *mapping* al processo di sanificazione di ambienti in accordo con le disposizioni per il contenimento del COVID-19.

## **Abstract**

This thesis aims to promote the use of a homogeneous and unambiguous design language for "Product-Service Systems" (PSS) scenarios design. The state of the art lacks a formal language for the design of services, mapping is susceptible to the subjective perspective of the designer and the learning time of the design tools is quite high. The proposed approach involves the use of the "Functional Analysis" (FA) design tool, chosen after a qualitative-quantitative comparison between the main design tools. The absence of a shared formal language has been filled through the building of a vocabulary; in order to develop it, the skills characterizing all the professional profiles have been extracted from ESCO, the multilingual classification of qualifications, skills, abilities and professions in Europe. These skills were used to isolate the verb forms subsequently filtered, stratified and explained within the vocabulary. In the end, to limit the subjectivity of the designer and, at the same time, speed up the maps drafting, new rules to extend those already present at the state of the art and a procedure that has reduced the writing time of the map by 46%, have been defined. Finally, the vocabulary and the mapping methodology have been applied to a likely sanitization process of environments, in accordance with the provision for the containment of COVID-19.

## 1 Introduzione e stato dell'arte

La moderna teoria della progettazione si basa sul concetto di funzione e sul presupposto che, a partire dallo studio delle funzioni si è in grado di ottenere le caratteristiche essenziali di un prodotto. All'interno del ciclo di vita di un prodotto e di un servizio è presente una barriera oltre la quale generalmente i costi che un'impresa sostiene crescono rapidamente. Assicurarsi di aver impostato correttamente il progetto per gli obiettivi che si vogliono raggiungere prima di investire effettivamente grandi quantità di risorse (monetarie e non) è un potenziale vantaggio competitivo spesso sottovalutato. Tra gli strumenti esistenti in ambito produttivo che vengono utilizzati nella fase di progettazione concettuale, l'Analisi Funzionale (AF) di prodotto si distingue in quanto consente di descrivere in maniera astratta un prodotto, o più in generale un problema, ottenendo una rappresentazione chiara ed obiettiva mirata all'esplorazione di alternative.

L'AF in ambito manifatturiero ha subito un lungo processo di regolamentazione e strutturazione, grazie al lavoro svolto congiuntamente da Apreda R. et al.<sup>1</sup> che ha portato alla creazione dell'Augmented Functional Base (AFB), il cui estratto parziale è visibile in Figura 1. Essi hanno definito la funzione come *“un'azione eseguita su un flusso, che modifica nel tempo un aspetto dato (preferibilmente misurabile) del flusso stesso e descrivibile da una coppia verbo + oggetto”*. Gli elementi necessari per costruire una mappa funzionale di un prodotto sono (i) i flussi (riassumibili nelle tre tipologie di Energia, Materia e Segnale), (ii) i riquadri (*black box*) all'interno dei quali si manifestano le azioni ed avviene la trasformazione dovuta alla funzione e (iii) i connettori (rappresentati mediante frecce), che collegano logicamente gli elementi della mappa. Una mappa funzionale ha una rappresentazione articolata su tre livelli, ognuno dei quali ha un crescente livello di dettaglio sull'oggetto analizzato. Molti lavori precedenti hanno trattato le caratteristiche e le regole d'uso dell'AF di prodotto. Si è rivelato quindi necessario inizialmente organizzare in modo organico e strutturato i contributi apportati alla metodologia di progettazione funzionale, evidenziando i vantaggi di tale strumento ed identificando le sue lacune, che sono state il cuore pulsante per l'elaborazione di una metodologia che fosse in grado di colmarle. La più grande mancanza dello strumento AF di prodotto riguarda l'assenza di un linguaggio capace di mappare elementi di tipo soggettivo, poiché da un lato manca il vocabolario per esprimere tali concetti e dall'altro manca un modo per rendere tali concetti misurabili.

---

<sup>1</sup> Apreda R., Bonaccorsi A., Fantoni G., (2009) “A new architecture for the Functional Base”

Area	Class Functions - Equation(s) -	Base Functions - Parameters of the equations -	Detailed Functions - Declination of the parameter(s) -
Kinematics	Move	Move on closed path	Rotate, Spin, Turn, Flip1
		Move on open path	Translate, Advance, Lift1, Switch, Shift, Pick
		Vibrate	Oscillate1
	Arrest	Arrest	Stop1
	Guide	Transfer	Transport, Deliver, Carry, Convey, Conduct1, Direct, Relocate, Steer
Statics		Position	Locate1, Orient, Align, Place1, Flip2
	Obstacle	Obstacle	Constrain, Restrain1, Resist1, Deviate, Scatter, Brake
	Block DOF	Block DOF	Lock, Hold1, Place2, Fasten, Fix1, Secure
		Capture	Englobe, Contain1, Enclose, Grasp
	Allow DOF	Allow DOF	Open, Unfasten, Unlock, Permit
Dynamics		Release	Disclose
	Support	Steady	Hold2, Secure, Fasten, Fix1
		Reinforce	Back, Brace, Line
	Interact	Interact	Touch1, Hit, Hammer, Bounce
		Attract	Pull, Lift2, Sustain1
Exchange with External Environment		Repulse	Push, Bounce, Deviate, Scatter
	Import	Import	Input, Absorb1, Fill
		Supply	Provide, Retrieve
	Export	Transmit (useful)	Eject, Emit1, Output, Diffuse1, Conduct2
		Discard (useless)	Dispose of, Eliminate, Reject
	Store	Store	Reserve, Contain2, Shelf, Refill, Register, Record
		Collect	Gather, Accumulate
	Add	Add	Addition, Absorb2, Dope, Fill, Insulate
		Create	Generate
	Subtract	Subtract	Empty, Absorb3
		Destroy	Delete, Annihilate
	Detect	Detect (spot)	Sense1, Feel1, Determine, Perceive, Locate2, Measure1, Taste1, Identify
		Monitor (repeatedly)	Track, Control1, Sense2, Measure2, Feel2, Taste2
Display	Indicate	Show, Announce, Expose, Emit2	
	Label	Denote, Mark	

**Figura 1: Augmented Functional Base (estratto)**

L'obiettivo di questo lavoro è dunque quello di creare un vocabolario funzionale applicabile anche a contesti in cui sono presenti elementi astratti e difficili da misurare mostrandone le potenzialità offerte.

## 2 Panoramica sui servizi

È stata quindi effettuata una revisione della letteratura che fornisce una panoramica mista tra ricerca ed applicazione sui servizi e sugli strumenti principali utilizzati per la loro progettazione. Partendo dalle definizioni che si trovano in letteratura che definiscono il servizio come: *“un'attività o vantaggio che una parte può dare ad un'altra; è essenzialmente intangibile e non si concretizza nella proprietà di nessun bene. La sua produzione può o non può essere legata ad un prodotto fisico”*<sup>2</sup>

oppure come *“un processo consistente in una serie di attività di natura più o meno intangibile che normalmente, ma non necessariamente, hanno luogo nell'interazione tra cliente e impiegato e/o risorse fisiche o prodotti e/o sistemi del fornitore del servizio, che vengono fornite come soluzioni ai problemi del cliente”*<sup>3</sup>

o ancora come *“[...] il servizio è sempre il risultato di un'attività o una interazione tra il fornitore di servizio e il cliente e può assumere varie forme. Il servizio supporta la produzione di un'organizzazione e si occupa di consegnare il prodotto al cliente” (ISO 9000),*

<sup>2</sup> Kotler, P (2003) Marketing management, Upper Saddle River, NJ: Pearson Education

<sup>3</sup> Christian Grönross: management e marketing dei servizi, un approccio al management dei rapporti con la clientela. Ed. ISEDI, 2002

sono state individuate le caratteristiche principali che distinguono i due poli opposti “Prodotto” e “Servizio”, riassunte nella Tabella 1.

<b>Prodotto</b>	<b>Servizio</b>
Tangibile	Intangibile
Standard	Eterogeneo
Produzione e consumo sono separati	Produzione e consumo sono simultanei
Deperibile	Non deperibile
Brevettabile	Difficilmente brevettabile
Facile determinazione del prezzo	Difficile determinazione del prezzo
Il cliente non è coinvolto nel processo produttivo	Il cliente è coinvolto nell'erogazione del servizio
Si può tenere a magazzino	Non si può tenere a magazzino
Avviene un trasferimento di proprietà	Non c'è trasferimento di proprietà

**Tabella 1: Principali differenze tra Prodotto e Servizio**

Recentemente gli studiosi si sono resi conto di quanto non fosse conveniente cercare la separazione tra prodotto e servizio ed hanno cominciato a parlare di Sistema Prodotto-Servizio: *“Un sistema prodotto-servizio (PSS) è un concetto in base al quale vengono offerti servizi con prodotti per aumentarne il valore”*<sup>4</sup>.

Tra gli strumenti maggiormente utilizzati per la progettazione degli scenari di PSS troviamo anche “Service Blueprinting”, “Integration definition for function modeling (IDEF0)”, “Task analysis”, “Business process modeling notation (BPMN)”, “Unified Modeling Language (UML)” e “Value Stream Mapping (VSM)”. Lo studio approfondito delle caratteristiche dei servizi congiuntamente all’analisi delle caratteristiche che accomunano gli strumenti di progettazione in ambito dei servizi, ha portato alla creazione di una tabella, visibile in Figura 2, utilizzata per valutare in maniera quali-quantitativa l’adeguatezza dei vari strumenti per mappare i servizi. Non essendoci un netto distacco tra i valori che contraddistinguono gli strumenti di IDEF0, BPMN, UML e FA la scelta finale per portare avanti il progetto di tesi è ricaduta sullo strumento di AF, principalmente per due motivi: perché considerata una buona base di partenza in quanto linguaggio di progettazione formale per il panorama del manifatturiero e perché ritenuto uno strumento familiare in quanto trattato approfonditamente durante il corso di studi.

---

<sup>4</sup> Mont O. (2000) “Product service systems”, Swedish Environmental Protection Agency, Stockholm

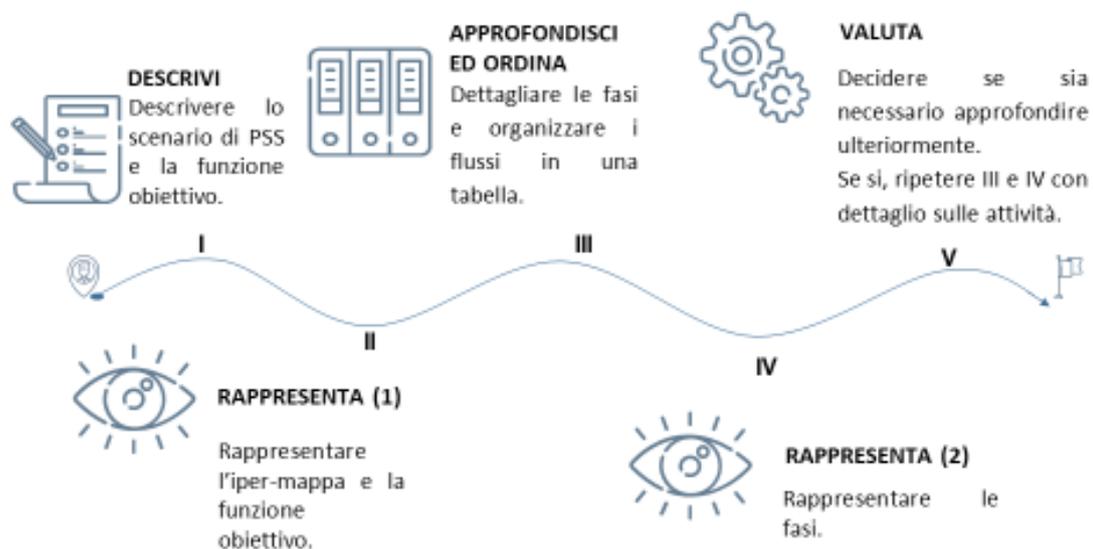
		Service Blueprinting	IDEF 0	Task Analysis	BPMN	UML Diagrams	VSM	Service Functional Analysis
Versatility		●	●	⊗	●	●	⊗	●
Flexibility		⊗	⊗		⊗	●	⊗	⊗
Formalism								●
User-Friendly		●	●	⊗	⊗	⊗	●	
Comprehensibility		●	●	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
Formal modeling language effectiveness and completeness	Lexicon		⊗		⊗	⊗		●
	Syntax		⊗	⊗	⊗	⊗		⊗
	Semantics				⊗	⊗		⊗
	Graphology	⊗	●		●	●	⊗	●
Robustness of the background		●	●	⊗	●		●	⊗
Availability of rules to manage transition from inputs to outputs			⊗		⊗	⊗	⊗	⊗
Availability of formal breaking-down process				⊗			⊗	⊗
Does it support the software developers?					●	●		
<b>Intensity of the relationship</b>								
	None-Low							
⊗	Medium							
●	High							
Total score with 1-3-9		49	61	25	59	57	41	62
Total score with 1-3-5		33	41	25	43	41	33	43
Score of "formal modeling" 1-3-9		6	16	6	18	18	6	24
Score of "formal modeling" 1-3-5		6	12	6	14	14	6	16

**Figura 2: Matrice multicriteri per la scelta dello strumento da utilizzare**

### 3 AF applicata a scenari di PSS

Una volta compresa a fondo la metodologia di progettazione funzionale e le caratteristiche che contraddistinguono l'AF da altri strumenti di progettazione (formalità, ripetibilità, e flessibilità), si è deciso di applicare l'AF per mappare scenari di PSS. Si sono presentati diversi ostacoli, legati principalmente ad entità come il fluire del tempo, l'intangibilità degli elementi soggettivi, la presenza di elementi convenzionali e il valore che il cliente attribuisce agli elementi presenti all'interno del servizio considerato. Per superare l'ostacolo della

valutazione di elementi soggettivi Kimita et. al (2009)<sup>5</sup> hanno contribuito in maniera rilevante sviluppando un modello di valutazione della *customer satisfaction* per gli scenari di PSS. Gli autori hanno usufruito di un modello di regressione non lineare applicato ai risultati di specifici questionari al fine di valutare come determinati parametri di elementi fisici del sistema studiato influenzassero la soddisfazione del cliente. Per affrontare il problema della difficoltà d'utilizzo e della padronanza dello strumento, è stata elaborata nel corso di questo lavoro una procedura articolata in 9 punti, finalizzata ad aiutare i progettisti nel velocizzare la stesura della mappa funzionale di scenari di PSS. Nei casi svolti prima e dopo la formalizzazione della procedura, il tempo di esecuzione di una mappa funzionale completa si è ridotto da 26 ore a 14. La procedura ideata ed applicata nel lavoro di tesi è rappresentata in Figura 3 in una versione ridotta per ragioni di spazio.



**Figura 3: Procedura per mappare scenari di PSS con AF (ridotta)**

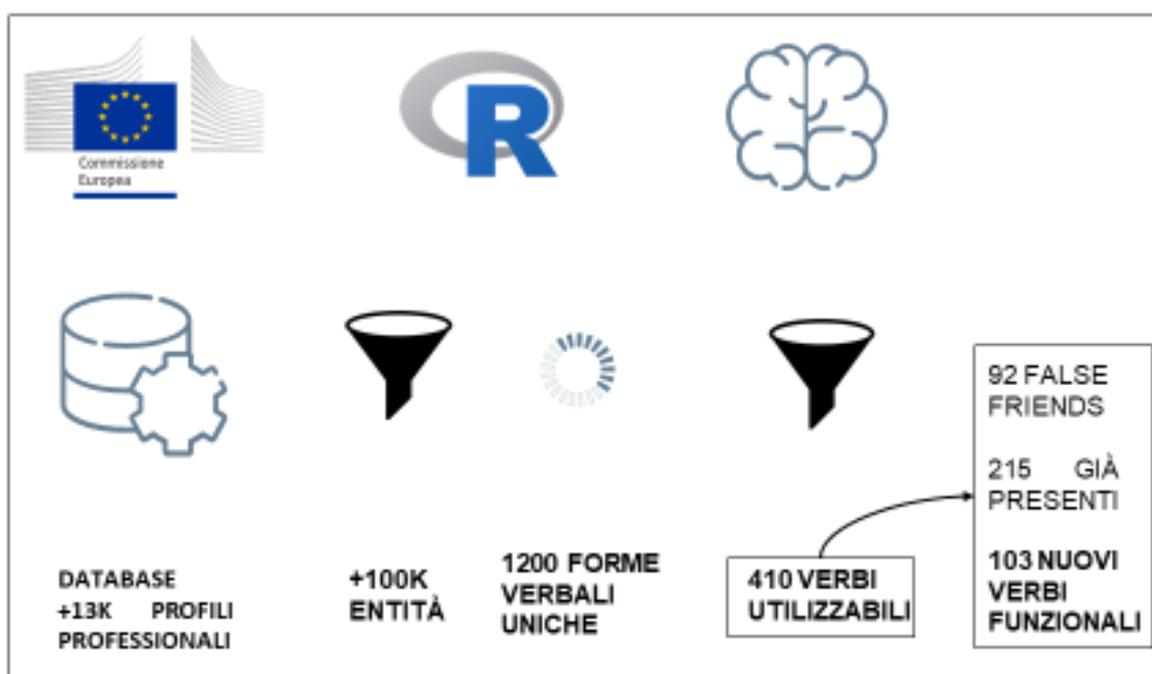
Per affrontare il problema dell'assenza di un vocabolario funzionale si è preso come riferimento ESCO<sup>6</sup>, la classificazione multilingue delle qualifiche, competenze, abilità e professioni in Europa, contenente oltre 13mila profili professionali associati alle loro *skill* ed abilità. Queste sono state raccolte e processate utilizzando il software R e l'IDE RStudio<sup>7</sup> con librerie di PoS (Part of Speech)– tagging, ottenendo un *dataset* di quasi 100mila unità tra nomi, aggettivi, verbi, pronomi, ecc. L'interesse è stato rivolto alle sole forme verbali che sono risultate essere 13600, arrivando al numero finale di 1200 una volta rimossi i duplicati.

<sup>5</sup> Kmita K. (2009), Evaluation of customer satisfaction for PSS design, Journal of Manufacturing Technology

<sup>6</sup> <https://ec.europa.eu/esco/portal/skill>

<sup>7</sup> <https://rstudio.com/>

Tramite un processo di filtraggio che viene omesso per ragioni di sinteticità, il vettore dei 1200 verbi è stato ulteriormente ridotto a 410 entità distinte che potessero risultare sensate se utilizzate come verbi all'interno di mappe funzionali di scenari PSS. Tramite un approccio di tipo bottom-up, il vettore dei 410 verbi è stato analizzato andando ad individuare 3 principali categorie che sono state utilizzate per affinare la precisione delle forme verbali: 92 elementi sono risultati essere *false friends*<sup>8</sup>, 215 verbi sono risultati già presenti all'interno dell'AFB o al più riconducibili a delle istanze specifiche già contestualizzate, le restanti 103 forme verbali sono risultate veri e propri nuovi verbi funzionali. In Figura 4 è rappresentato il workflow del processo appena descritto.



**Figura 4: Workflow del processo di estrazione, filtraggio e selezione dei verbi per la creazione del nuovo vocabolario funzionale**

#### 4 Il caso studio

Con l'entrata in vigore del decreto-legge 23 febbraio 2020. n. 6. recante "Misure urgenti in materia di contenimento e gestione dell'emergenza epidemiologica da COVID-19", non è stato possibile applicare il modello sviluppato, come inizialmente programmato presso l'agenzia di comunicazione e marketing "Declar srl" con sede a Pisa. Tuttavia, si è voluto di applicare lo stesso tale modello con procedura e vocabolario ad un caso verosimile, per mettere in luce le sue potenzialità applicative. Tra gli innumerevoli scenari applicativi dello

<sup>8</sup> Sono chiamati così quei verbi a carattere generale che mal si prestano ad un utilizzo funzionale poiché necessitano di numerosi specificatori di contesto (generalmente 3 o più)

strumento, è stato ritenuto interessante e attuale il processo di sanificazione dell'ambiente di lavoro in vista della imminente "fase 2", che prevede il graduale ripristino dell'attività lavorativa di molte imprese. All'interno del documento firmato da FCA ed i sindacati italiani sulle linee guida per il rientro a lavoro, viene esposta una procedura di sanificazione degli ambienti lavorativi che i dipendenti delle aziende dovranno eseguire ad intervalli di tempo predeterminati (variabili da 1 a 7 giorni dipendentemente dall'area considerata). Come si legge nel documento <sup>9</sup>, il processo di sanificazione è composto dalle attività di pulizia <sup>10</sup>, igienizzazione <sup>11</sup> ed eventuale sanificazione <sup>12</sup>. È stata quindi elaborata una mappa funzionale per il processo descritto nella procedura: nella Figura 5 si presenta un estratto della mappa funzionale elaborata a livello di fase, mentre nella Figura 6 si presenta la mappa funzionale a livello di dettaglio delle singole attività descritto come segue: "Il lavoratore visualizza il luogo dove dover depositare lo spray igienizzante identificato in precedenza, vi si avvicina e deposita lo spray dove lo aveva preso. Inoltre il lavoratore essendo nei pressi dell'erogatore di liquido disinfettante e di fazzoletti vi dirige lo sguardo e valuta come non necessario informare l'RSPP del dover rifornire la strumentazione perché il livello di liquido e il contenitore dei fazzoletti sono oltre la metà dei rispettivi recipienti". In Figura 6 sono stati evidenziati i blocchi funzionali nei quali sono utilizzati alcuni dei verbi presenti nel nuovo vocabolario. La produzione delle mappe è stata effettuata con l'ausilio dello strumento grafico *open source* Draw.io <sup>13</sup>.

All'interno della Figura 7 sono stati evidenziati i blocchi funzionali nei quali sono stati utilizzati alcuni dei verbi presenti nel nuovo vocabolario.

## **5 Conclusioni e sviluppi futuri**

Lo strumento AF è risultato essere applicabile e versatile anche per la mappatura di scenari di PSS. Ciò è stato reso possibile dalla combinazione di molteplici aspetti: (i) lavoro di armonizzazione dei contenuti presenti in letteratura su AF di prodotto che ha portato a delineare con precisione i punti di forza e debolezza dello strumento, (ii) la definizione di 18

---

<sup>9</sup> <https://www.fiom-cgil.it/net/attachments/article/7464/200409-accordo%20su%20linee%20guida%20riapertura%20FCA.pdf>

<sup>10</sup> "Rimozione di sporcizia e materiali indesiderati su superfici, oggetti, spazi chiusi ed aree pertinenziali"

<sup>11</sup> "Distruzione o disattivazione di microrganismi patogeni utilizzando prodotti appositi atti a garantire una ridotta presenza di fermi, non vi è evidenza di sporcizia, la superficie non è grassa al tatto, passando un fazzoletto di carta questo mantiene il suo colore originale"

<sup>12</sup> "Qualora sia accertato un caso confermato di COVID-19, l'utilizzo di prodotti atti a garantire l'eliminazione della presenza di germi, non vi è evidenza di sporcizia [...], l'acqua passata sulla superficie scorre in maniera uniforme"

<sup>13</sup> <https://drawio-app.com/>

nuove regole di AF, di cui è riportato un estratto in Figura 7, (iii) la creazione di una procedura applicabile agli scenari di PSS (visibile in Figura 3), (iv) il superamento del problema della soggettività con la creazione del vocabolario per scenari di PSS.

N°	Descrizione
1	Tutte le funzioni di uno scenario di PSS si manifestano all'interno di un sopra-sistema che è la rappresentazione dell'ambiente esterno. Tutti i flussi che agiscono o che sono oggetto di un'azione del sistema interessante sono componenti del sopra-sistema da cui provengono e nel quale terminano.
2	Se un flusso non contribuisce a nessuna funzione successiva e lascia il sistema interessato, questo non svanisce ma entra nel sopra-sistema. Un flusso che esce dallo scenario di PSS analizzato deve abbandonare la propria black box. E terminare con l'apposito contrassegno grafico.
3	Un flusso che è uscito precedentemente dallo scenario di PSS ed è terminato nel sopra-sistema può essere richiesto in seguito e più volte da altre parti del sistema.

**Figura 7: Estratto delle nuove regole di AF**

Avendo verificato l'effettiva applicabilità dello strumento ai servizi sarà possibile utilizzarlo con successo per l'esplorazione di scenari alternativi così come nei contesti di tipo manifatturiero. Tuttavia, questo lavoro rappresenta un primo tentativo di mappatura funzionale dei servizi e sviluppi futuri avranno l'obiettivo di colmare i suoi limiti. Tra questi, quello di aver preso come *input* una sola fonte, seppur autorevole, per l'estrazione dei verbi e per la creazione del vocabolario. Inoltre il processo di estensione verrà portato avanti sia utilizzando altre fonti sia aggiungendo manualmente le forme verbali una volta incontrate all'interno di scenari particolari. Inoltre, nei prossimi mesi, la procedura sviluppata ed applicata in questo lavoro sarà validata in aula con gli studenti del corso di Ingegneria Gestionale dell'Università di Pisa, andando a verificare un'effettiva riduzione del tempo impiegato per la stesura di mappe funzionali e, contemporaneamente, un aumento del loro livello di precisione. Per migliorare la precisione del processo di estrazione delle *skill*, sarà inoltre portata avanti una astrazione delle mappe funzionali, in modo da renderle gestibili da algoritmi di *deep learning* finalizzati alla classificazione degli elementi.

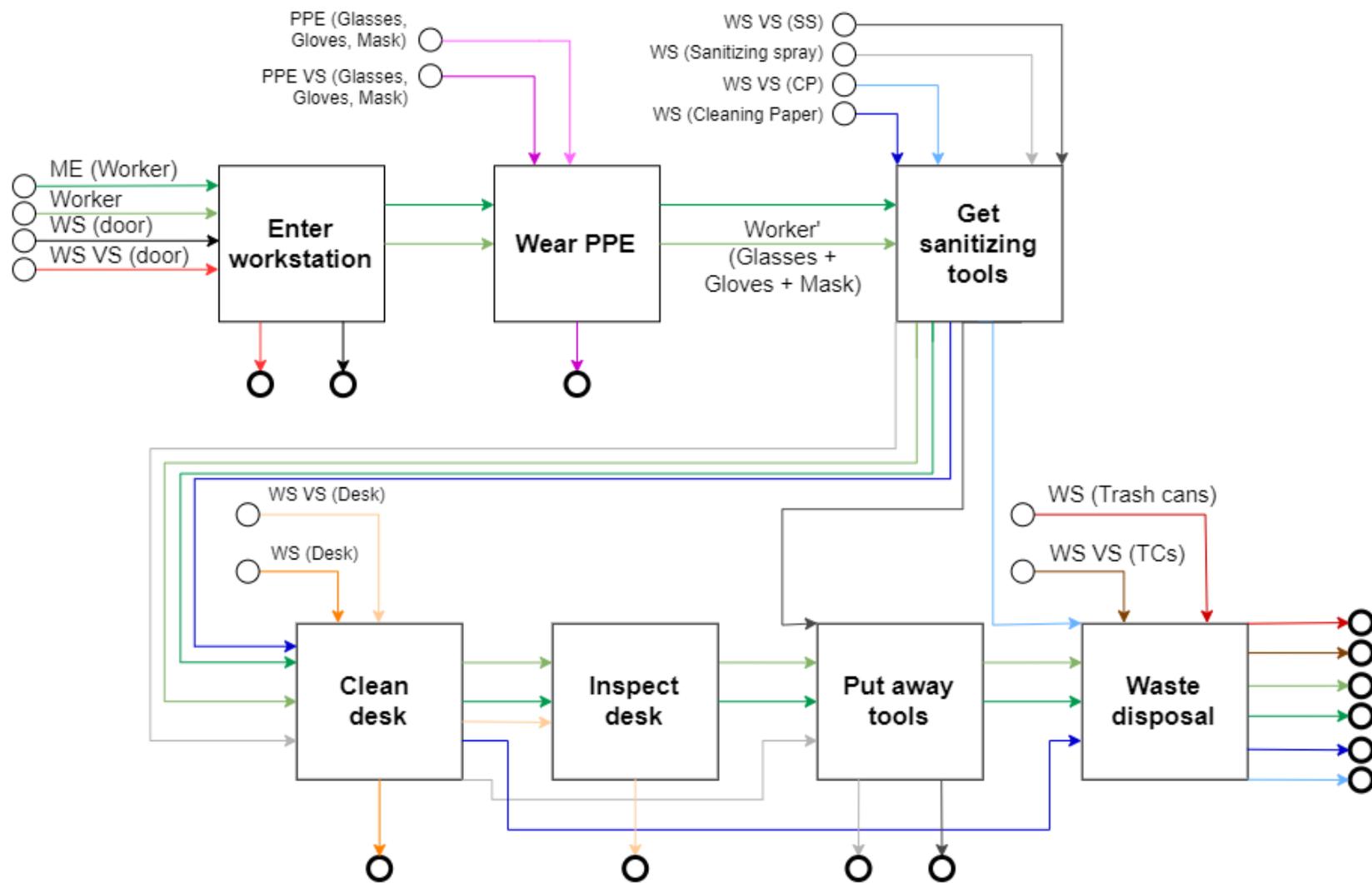


Figura 6: Analisi funzionale del processo di sanificazione della postazione di lavoro (fasi)

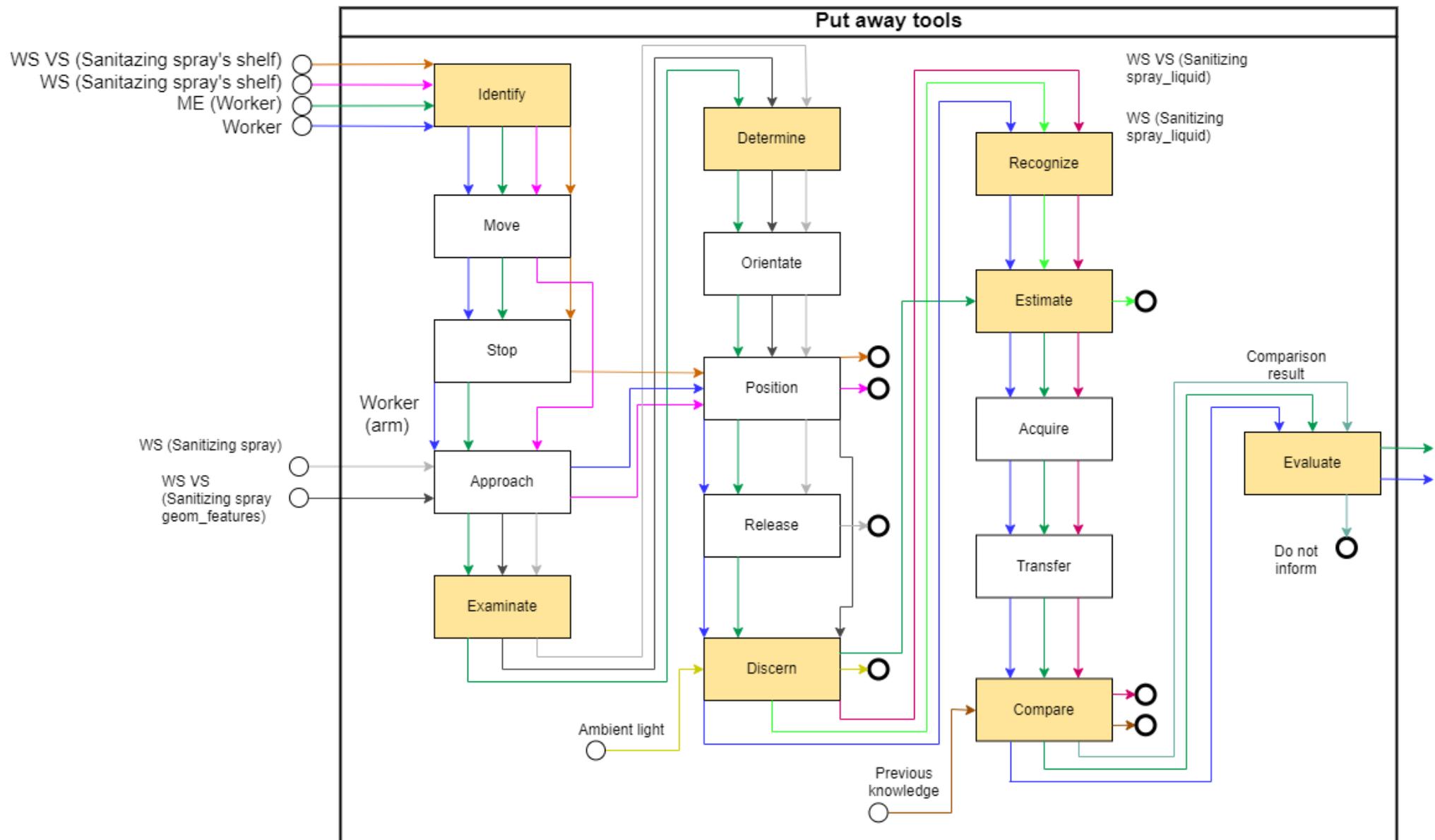


Figura 7: Dettaglio della fase "Put away tools"