



Lo “Human in the loop” nella visione di Industria 5.0

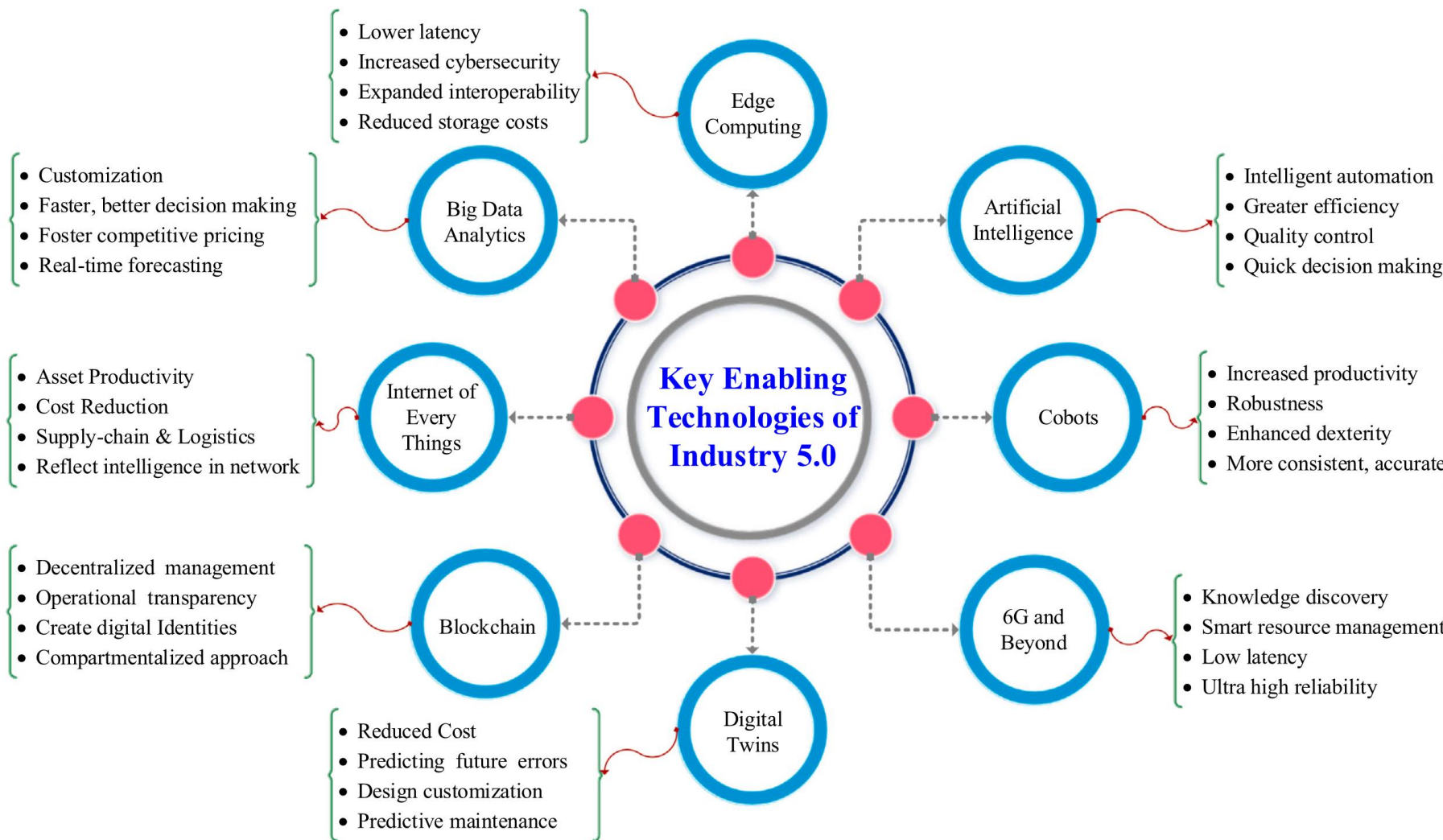
Alessandro Beghi

Dipartimento di Ingegneria dell’Informazione
Università degli Studi di Padova



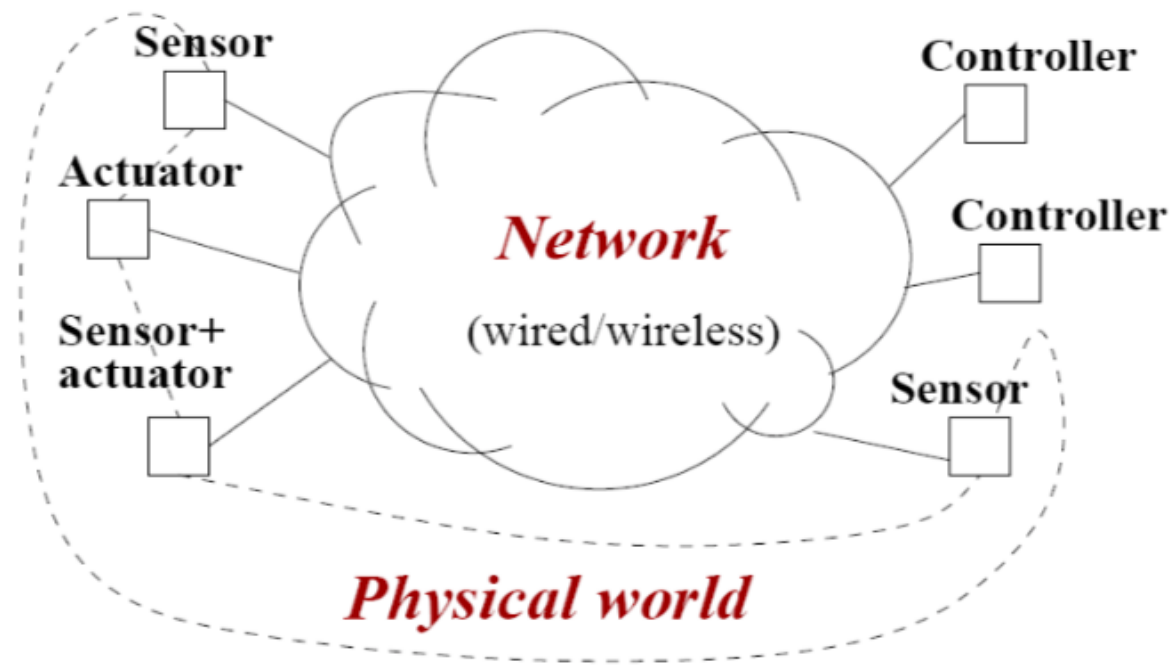
Industry 5.0 è un paradigma progettuale incentrato sull'uomo in cui umani e cobot collaborano con tutte le risorse umane raggiungibili tramite gli enterprise social networks per consentire una produzione autonoma personalizzabile (l'uomo e alla macchina lavorano “mano nella mano”). I cobot non sono macchine programmabili, ma possono percepire e comprendere la presenza umana. In questo contesto, i cobot saranno utilizzati per compiti ripetitivi e lavori ad alta intensità di manodopera, mentre gli umani si occuperanno della personalizzazione e del pensiero critico (thinking out of the box).

Industry 5.0 KETs

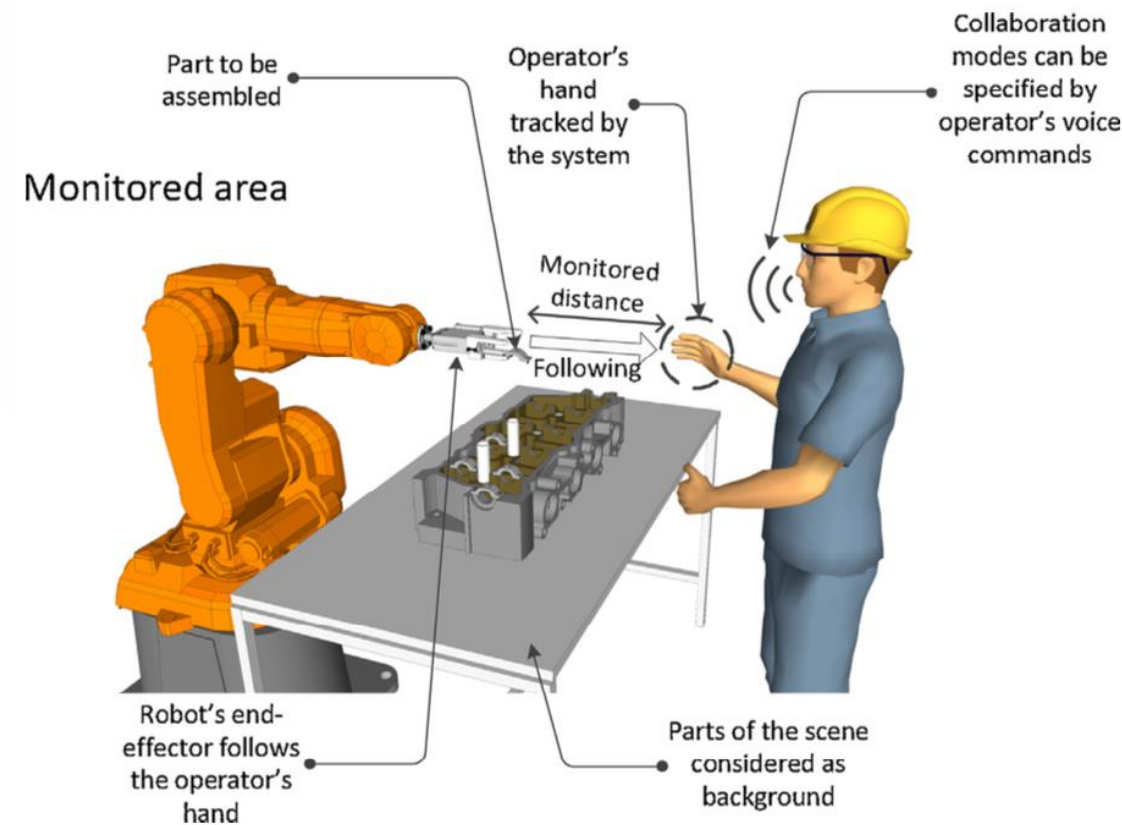
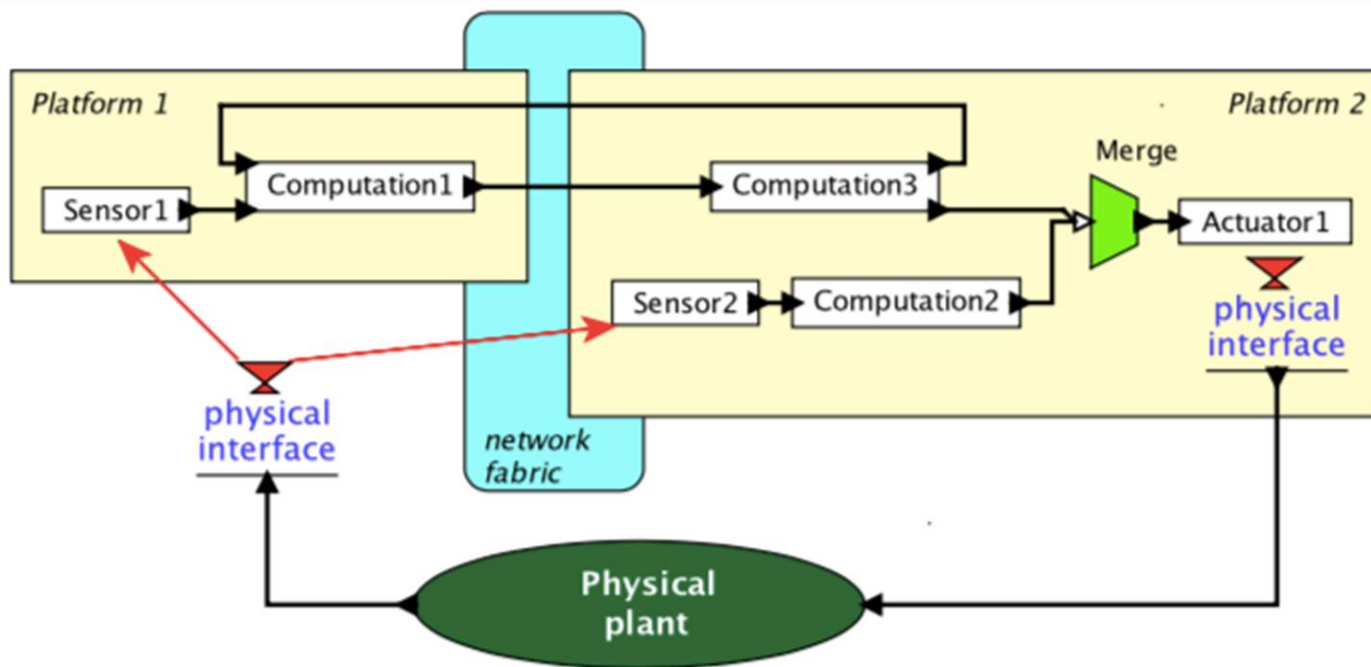


Cyber-Physical Systems (CPS)

- "Un sistema cyber-fisico (CPS) integra capacità di elaborazione, comunicazione e archiviazione con capacità di monitoraggio e/o controllo di entità nel mondo fisico, e deve farlo in modo affidabile, sicuro, protetto, efficiente e in tempo reale." (S. Shankar Sastry, UC Berkeley)



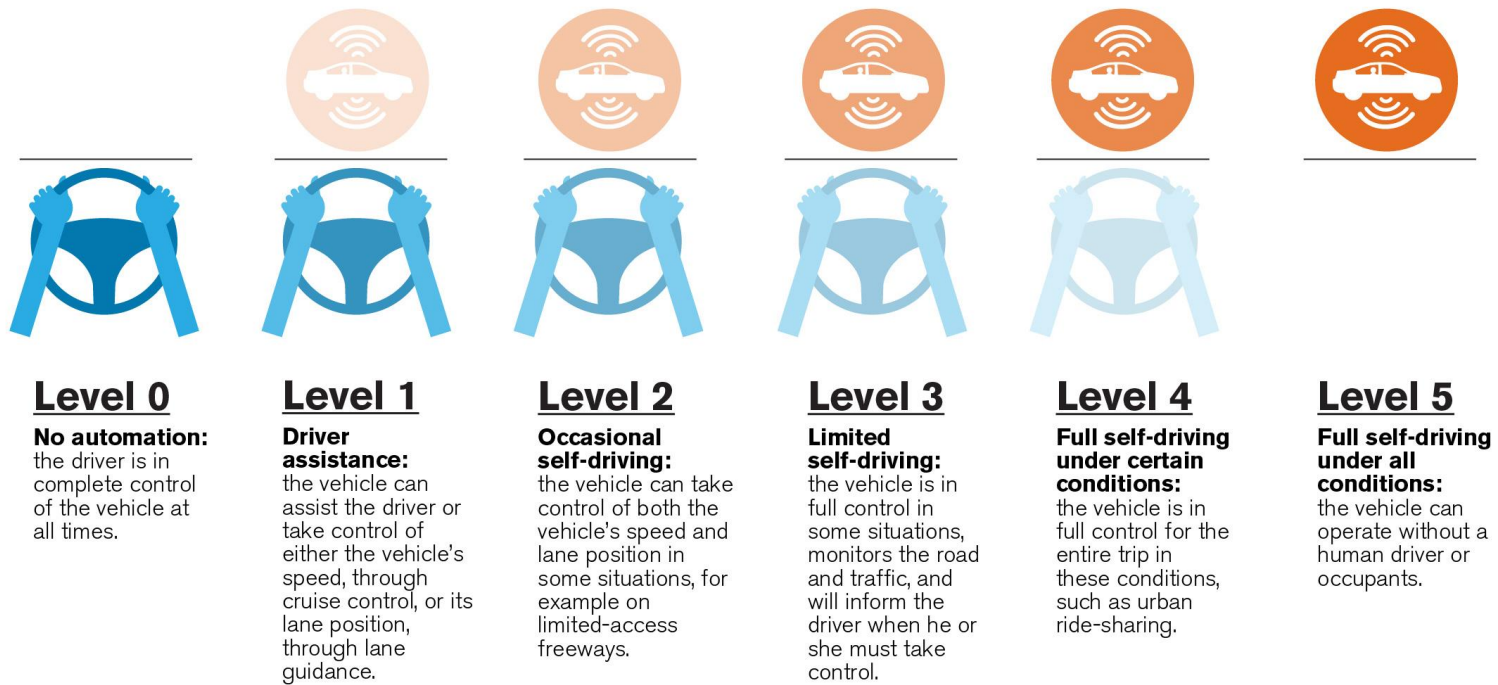
Cyber-Physical Systems (CPS)



- I Cyber-Physical Human Systems (CPHS) sono sistemi in cui esseri umani, processi fisici e tecnologie informatiche sono interconnessi per raggiungere un obiettivo .
- Nei CPHS, gli esseri umani sono considerati **parte integrante** di CPS complessi. Ciò contrasta con la visione convenzionale, in cui gli esseri umani sono considerati **entità indipendenti passive** che consumano, usano o gestiscono questi sistemi.
- Necessità di **integrare funzioni cognitive chiave come la percezione, l'attenzione e la memoria** nel framework dei CPS attingendo alle idee delle neuroscienze cognitive (si parla anche di Cyber-Physical Cognitive Systems – CPCS - quando i CPS sono in grado di apprendere e utilizzare la conoscenza per prendere decisioni).
- L'interazione tra il CPS e l'elemento umano è varia, intricata e stimolante e richiede un'analisi attenta e metodologicamente rigorosa.

Esempio: i diversi gradi di «autonomia» di un'automobile

Five Levels of Vehicle Autonomy



Source: SAE & NHTSA

Esempio: i diversi gradi di «autonomia» di un'automobile



SAE J3016™ LEVELS OF DRIVING AUTOMATION™

Learn more here: sae.org/standards/content/j3016_202104

Copyright © 2021 SAE International. The summary table may be freely copied and distributed AS-IS provided that SAE International is acknowledged as the source of the content.

	SAE LEVEL 0™	SAE LEVEL 1™	SAE LEVEL 2™	SAE LEVEL 3™	SAE LEVEL 4™	SAE LEVEL 5™
What does the human in the driver's seat have to do?	You are driving whenever these driver support features are engaged - even if your feet are off the pedals and you are not steering			You are not driving when these automated driving features are engaged - even if you are seated in "the driver's seat"		
	You must constantly supervise these support features; you must steer, brake or accelerate as needed to maintain safety			When the feature requests, you must drive	These automated driving features will not require you to take over driving	

Copyright © 2021 SAE International.

	These are driver support features			These are automated driving features		
What do these features do?	These features are limited to providing warnings and momentary assistance	These features provide steering OR brake/acceleration support to the driver	These features provide steering AND brake/acceleration support to the driver	These features can drive the vehicle under limited conditions and will not operate unless all required conditions are met	This feature can drive the vehicle under all conditions	
Example Features	<ul style="list-style-type: none"> • automatic emergency braking • blind spot warning • lane departure warning 	<ul style="list-style-type: none"> • lane centering OR • adaptive cruise control 	<ul style="list-style-type: none"> • lane centering AND • adaptive cruise control at the same time 	<ul style="list-style-type: none"> • traffic jam chauffeur 	<ul style="list-style-type: none"> • local driverless taxi • pedals/steering wheel may or may not be installed 	<ul style="list-style-type: none"> • same as level 4, but feature can drive everywhere in all conditions



- Come salvaguardare la salute, la sicurezza e il benessere degli esseri umani man mano che i CPHS diventano più complessi, capaci e diffusi nella società?
- Come si costruisce un CPHS in modo tale che il funzionamento del sistema non sia ostacolato dall'uso improprio dell'automazione dovuto a troppa o troppo poca fiducia umana?
- Come si valuta ed utilizza l'intenzione di un essere umano in modo tale che il CPHS risultante funzioni entro determinati limiti di sicurezza?
- In che modo i limiti del comportamento umano (come pregiudizi, affaticamento cognitivo e vincoli computazionali) possono essere previsti, modellati e utilizzati nella progettazione del CPHS?
- Come si condivide la responsabilità tra l'automazione e il processo decisionale umano nei CPHS?
- Come sviluppare i sensori, gli strumenti e gli algoritmi appropriati per misurare/stimare i movimenti e le emozioni del corpo umano? Come si possono elaborare e utilizzare queste informazioni per realizzare sistemi di automazione nei vari ambiti di applicazione?

Modellare l'essere umano: gli strumenti (1)



- **Prospect theory:** il ruolo dell'essere umano è spesso quello di scegliere tra un numero finito di opzioni in un processo di decisione. Modifica della Expected Utility Theory (EUT) in cui la presenza del giudizio «soggettivo» di un operatore umano è descritto tramite opportune «distorsioni» di appropriate funzioni di probabilità:
- **Capacity for Maneuver:** il concetto di base è collegato alla distanza dal valore attuale di una variabile di controllo e il limite di saturazione dell'attuatore. Si introduce un modello della percezione dell'operatore umano che indica quando e come questi deve agire per mantenere il controllo in situazioni anomale (e.g., tramite Graceful Command degradation).
- **Game theory:** la GT studia l'interazione tra diversi agenti «strategici» (i.e., che mirano a massimizzare le rispettive probabilità di ottenere il «ritorno ottimo»). Nei CPHS, gli agenti possono essere sia umani che CPS, con la specificità che gli agenti umani non sempre agiscono secondo principi di ottimizzazione.

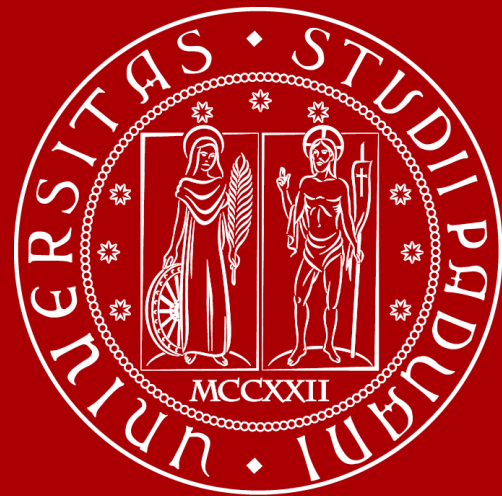
Modellare l'essere umano: gli strumenti (2)



- **Reinforcement Learning:** Nel RL un agente può esercitare azioni che possono cambiare lo stato dell'ambiente in cui l'agente opera. Il problema RL può essere definito come trovare la sequenza di azioni ottimale affinché un agente raggiunga un dato obiettivo (funzione degli stati dell'ambiente), attraverso l'interazione con l'ambiente stesso. RL può essere utilizzato per **semplificare i problemi di GT** quando tra gli agenti vi sono multipli operatori umani.
- **Trust modeling:** La fiducia (trust) è il fattore determinante del processo di accettazione da parte dell'essere umano e quindi della volontà di utilizzare e interagire con sistemi automatici. Pertanto, nell'interazione uomo-macchina tipica dei CPHS, è fondamentale **quantificare con approcci computazionali** e analizzare la fiducia **e la sua evoluzione dinamica nel tempo** in modo da pianificare le operazioni e realizzare algoritmi di controllo e ausili decisionali autonomi per consentire una collaborazione efficace tra le componenti del CPHS



- Una delle principali sfide nel campo dei CPHS è la modellazione dell'elemento umano.
- Il sistema umano funziona su una vasta gamma di scale temporali per svolgere una straordinariamente ampia gamma di compiti, non esiste pertanto un solo modello adatto a tutti gli scopi.
- Aspetto fondamentale è il catturare e formalizzare con metodi quantitativi le capacità **percettive, strategiche e decisionali** degli esseri umani in vari contesti.
- Lo studio formale e rigoroso di tali aspetti è fondamentale per garantire l'accettabilità da parte degli utenti di soluzioni tecnologiche che portano sempre più vicino l'essere umano alla macchina tramite sofisticate tecniche di controllo.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Alessandro Beghi

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione

Università degli Studi di Padova

alessandro.beghi@unipd.it