

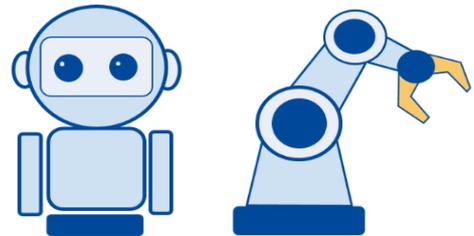
ROBOTICA AVANZATA E AUTOMAZIONE: CONSIDERAZIONI CHIAVE SU INTERAZIONE UMANA E FIDUCIA

A mano a mano che cresce l'autonomia dei sistemi di robotica avanzata, il linguaggio usato per descrivere la relazione tra uomini e macchine potrebbe fare sempre più affidamento sul termine «interazione» anziché «utilizzo». Poiché la qualità di tale interazione può incidere su una serie di fattori legati alla sicurezza e salute sul lavoro (SSL), questo aspetto dovrebbe essere tenuto in considerazione nella fase di progettazione di tali sistemi. Numerosi aspetti della progettazione dell'interazione uomo-macchina, tra cui l'ergonomia cognitiva, sono discussi nella letteratura scientifica con riferimento a vari ambiti della SSL. Essi possono riguardare, per esempio, l'aspetto esteriore e la corporeità del sistema robotico, il comportamento e il movimento o l'interazione della macchina nonché gli stili e i canali comunicativi della stessa. Tali diversi aspetti della progettazione dell'interazione sono associati, in varia misura, a rischi e opportunità nel campo della SSL. Il punto di contatto di tutti gli studi sulla progettazione dell'interazione è il tentativo di individuare attributi e caratteristiche che permettano un'interazione facile e naturale. L'obiettivo generale, inoltre, è accrescere la sensazione di benessere, l'accettazione, la fiducia, le emozioni positive e un'esperienza dell'utente o un flusso di lavoro positivi, evitando al tempo stesso esiti come lo stress (1). Tuttavia, gli aspetti relativi alla progettazione delle tecnologie robotiche non sono valutazioni a se stanti, ma devono sempre tener conto del contesto di lavoro e dei compiti specifici.

Progettazione di robot antropomorfi

I sistemi robotici descritti nelle opere di fantasia presentano spesso una somiglianza significativa con l'uomo. Nella realtà, solo una piccola percentuale di robot è progettata con queste caratteristiche. La questione della natura fisica, o corporeità, dei sistemi robotici e, più precisamente, della progettazione di robot antropomorfi è discussa con grande interesse nella letteratura scientifica. Il ricorso a modelli con fattezze umane come occhi o espressioni facciali può promuovere un'interazione più naturale, un senso di accettazione e simpatia, soprattutto nel caso della robotica sociale (2). La progettazione di robot antropomorfi, tuttavia, non si limita a caratteristiche fisiche come le componenti del viso o la struttura corporea, ma può riguardare anche i movimenti o le strategie di comunicazione della macchina. Se, da un lato, la somiglianza con gli esseri umani può avere effetti positivi sulla fiducia dei lavoratori verso le macchine, dall'altro il ricorso ad attributi sociali come mezzo per facilitare l'interazione uomo-macchina presenta anche alcuni svantaggi. Per cominciare, non esiste un nesso lineare tra antropomorfismo robotico e piacevolezza o accettazione. Quando la somiglianza del robot con gli esseri umani raggiunge un determinato punto, tale grado di realismo può provocare negli utilizzatori forti emozioni negative come il perturbamento, un fenomeno spiegato spesso con l'espressione «uncanny valley» (zona o valle perturbante) (3). Probabilmente ancora più importanti sono, inoltre, le conseguenze negative che la progettazione di robot antropomorfi può indurre sulle aspettative umane e sull'esecuzione delle attività. Alcune caratteristiche, infatti,

Figura 1: robot con e senza tratti antropomorfi prevalenti (occhi, orecchie)



Le aspettative di un operatore nei confronti delle capacità di una macchina possono essere influenzate dalle scelte fatte a livello di progettazione.

(1) Honig, S. S., e Oron-Gilad, T. (2018). Understanding and resolving failures in human-robot interaction: Literature review and model development. *Frontiers in Psychology*, 9, 861. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00861>

(2) Fink, J. (2012, ottobre). Anthropomorphism and human likeness in the design of robots and human-robot interaction. *International Conference on Social Robotics* (pagg. 199-208). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-34103-8_20

(3) Mori, M., MacDorman, K. F., e Kageki, N. (2012). The uncanny valley [from the field]. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 19(2), pagg. 98-100. <https://doi.org/10.1109/MRA.2012.2192811>

innescano **aspettative umane** nei confronti delle capacità e del comportamento del robot ⁽⁴⁾. Se un sistema è progettato con gli occhi, gli operatori potrebbero pensare che il robot sia in grado di percepire stimoli visivi; se è dotato di orecchie, l'operatore potrebbe credere che la macchina sia in grado di sentire. In generale, i tratti antropomorfi possono spingere i lavoratori ad attribuire inconsciamente al robot qualità umane come il razionalità ⁽⁵⁾ e tali presupposizioni possono influenzarne l'interazione con il sistema. La conseguenza potrebbe essere una reazione di irritazione nei confronti delle tecnologie o persino la convinzione, in ambienti industriali, che esse siano poco affidabili ⁽⁶⁾ nel caso in cui le prestazioni non corrispondano alle qualità ad esse attribuite. Per tali ragioni è opportuno che, nella fase di progettazione di un sistema robotico, l'attribuzione di tratti umani al sistema sia accompagnata da possibili funzioni corrispondenti. In linea generale, se i tratti antropomorfi non hanno uno scopo associato all'attività, vale a dire un miglioramento della prestazione, o non facilitano il coordinamento dei partner nell'interazione, essi non dovrebbero essere introdotti. Tale principio vale in particolare per la robotica industriale. In questo settore, infatti, l'antropomorfismo può facilitare il flusso di lavoro; per esempio, nel caso di attività come raccogliere e posizionare oggetti, i movimenti dei robot antropomorfi rispetto a quelli di semplici robot possono aiutare gli operatori a rispondere a tali movimenti in maniera significativamente più rapida e con maggior precisione ⁽⁷⁾. In questi stessi contesti, tuttavia, un'erronea attribuzione di capacità ai robot da parte degli operatori, soprattutto nel caso di attività manuali pericolose, potrebbe esporre a rischi i lavoratori. Per esempio, un errore di interpretazione delle intenzioni dei movimenti della macchina potrebbe dar luogo a urti o collisioni. Nei contesti sociali, gli errori nell'attribuzione di capacità riconducibili alla presenza di tratti antropomorfi potrebbe ostacolare o interrompere del tutto l'interazione. L'interazione con un robot sociale che, pur essendo dotato di occhi e orecchie, è capace soltanto di elaborare stimoli sotto forma di testi scritti può dare adito a irritazione o frustrazione.

Individuare gli attributi caratteristici che distinguono i sistemi robotici avanzati dalle tecnologie di automazione non avanzate al fine di estrapolare i rischi e le opportunità per la SSL propri esclusivamente della robotica non è un compito facile. Se alcuni aspetti valgono, in certa misura, anche per le tecnologie non robotiche, la dimensione della progettazione dell'interazione e, più in particolare, l'aspetto della progettazione di robot antropomorfi sembra essere specifico della robotica avanzata. Le fattezze umane possono favorire l'interazione tra uomini e robot, in particolare per quanto riguarda la robotica sociale. Soprattutto nel caso delle attività manuali, le caratteristiche antropomorfe rischiano di suscitare irritazione e di causare errori nell'attribuzione di capacità alla macchina nel caso in cui non siano esplicitamente dedicati a una funzione pertinente per l'attività in questione.

Principi d'interazione e trasparenza nell'IUM

La trasparenza nell'IUM è importante. Tuttavia, un'eccessiva mole di informazioni potrebbe dar luogo a un sovraccarico di dati e ostacolare l'elaborazione di informazioni fondamentali.

La progettazione antropometrica di attributi corporei nella robotica avanzata può essere considerata specifica, se non unica, dei robot. Anche nel caso dei sistemi robotici, tuttavia, l'applicazione di principi di progettazione più generali e universalmente noti produrrà vantaggi sull'intero processo di interazione. Per quanto concerne la progettazione dell'interfaccia e dell'interazione, si applicano gli aspetti più tradizionali nonché le attuali conoscenze generali sui vantaggi

della progettazione ergonomica. Un buon riferimento da consultare per la progettazione dell'interazione è rappresentato dai principi d'interazione (in precedenza denominati principi dialogici) formulati nella norma EN ISO 9241-110. I principi d'interazione e le raccomandazioni di progettazione generali possono guidare lo sviluppo e la valutazione di interfaccia di utente, migliorando quindi l'usabilità della macchina. La priorità data all'applicazione dei principi d'interazione dipende dallo scopo del sistema, dagli utenti del sistema, dalle attività, dal contesto, dalla tecnica d'interazione specifica utilizzata e dalle conseguenze derivanti dall'utilizzo. Il modo con cui essi sono usati successivamente dipende dal tipo

⁽⁴⁾ Zlotowski, J., Proudfoot, D., Yogeewaran, K., e Bartneck, C. (2015). Anthropomorphism: opportunities and challenges in human-robot interaction. *International Journal of Social Robotics*, 7(3), pagg. 347-360. <https://doi.org/10.1007/s12369-014-0267-6>

⁽⁵⁾ Murashov, V., Hearl, F., e Howard, J. (2016). Working safely with robot workers: Recommendations for the new workplace. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 13(3), D61-D71. <https://doi.org/10.1080/15459624.2015.111670>

⁽⁶⁾ Roesler, E., Onnasch, L., & Majer, J. I. (2020, dicembre). The Effect of anthropomorphism and failure comprehensibility on human-robot trust. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 64(1), pagg. 107-111. SAGE Publications. <https://doi.org/10.1177/1071181320641028>

⁽⁷⁾ Kuz, S., Faber, M., Bützler, J., Mayer, M. P., e Schlick, C. M. (2014, luglio). Anthropomorphic design of human-robot interaction in assembly cells. *Advances in The Ergonomics in Manufacturing: Managing the Enterprise of the Future*, AHFE Conference (pagg. 265-272).

di sistema impiegato. I sette principi «adeguatezza al compito», «auto-descrittività», «conformità alle aspettative dell'utente», «adeguatezza all'apprendimento», «controllabilità», «tolleranza agli errori» e «adeguatezza alla personalizzazione» formano la base su cui gli utenti possono valutare la propria interazione con un sistema. Benché tali principi siano stati riconosciuti come importanti e utili per progettare l'interazione con il sistema nel contesto della cosiddetta «Industria 4.0»⁽⁸⁾ e abbiano dimostrato di essere uno strumento adeguato per la valutazione dei sistemi robotici da parte dell'utente⁽⁹⁾, il corpus di studi sulla loro applicazione nell'interazione con i sistemi robotici è ancora esiguo. Specialmente il nuovo grado di autonomia che i sistemi basati sull'IA e la robotica avanzata portano in un ambiente di lavoro attribuisce una nuova qualità all'interazione, che potrebbe essere valutata e migliorata applicando i principi d'interazione nelle fasi iniziali del processo di sviluppo. Inoltre, i nuovi ambienti di lavoro stimoleranno le abilità cognitive dei lavoratori, come il coordinamento, la supervisione e la capacità decisionale, più delle precedenti attività manuali⁽¹⁰⁾. Per tale ragione è necessario fornire un supporto cognitivo e sensoriale, in modo da evitare un sovraccarico di informazioni e i suoi effetti negativi sull'operatore, anche durante lo svolgimento di attività prevalentemente manuali. La qualità e l'efficacia dei supporti cognitivi e sensoriali forniti sono direttamente proporzionali all'aspetto della progettazione dell'interazione e all'efficacia con cui i principi d'interazione descritti sono stati incorporati in un sistema. In considerazione soprattutto dello sviluppo delle capacità e dell'aumento dell'autonomia dei sistemi robotici, gli sviluppatori e il legislatore devono considerare gli aspetti della responsabilità e dell'attribuzione della responsabilità nell'interazione. L'uomo attribuisce alla macchina la responsabilità dei propri errori⁽¹¹⁾, perlomeno più spesso di quanto accada con altri oggetti. Strettamente correlato all'autonomia dei robot è anche il grado di trasparenza del sistema. Finora soltanto pochi studi hanno esaminato, nello specifico, l'impatto della trasparenza sull'interazione uomo-macchina. Ne è emerso che la trasparenza ha un maggiore influsso sul modo in cui gli utenti percepiscono il robot nel caso in cui quest'ultimo abbia maggiore autonomia⁽¹²⁾. Quando si verificavano errori nel processo lavorativo, gli utenti partecipanti agli studi imputavano la colpa dell'errore maggiormente alla macchina e in misura minore agli altri. Se ne deduce che la trasparenza aumenta d'importanza via via che aumentano le capacità di autonomia della macchina. Il termine «trasparenza» si riferisce a un trattamento più esauriente delle informazioni, compresa l'indicazione dello stato del sistema di cui un operatore potrebbe aver bisogno nella gestione dei sistemi autonomi, soprattutto in condizioni di elevato stress o carico di lavoro o forte incertezza. Se manca la trasparenza, l'utente può considerare inaffidabile il sistema robotico quando in realtà le informazioni fornite sono fraintese o insufficienti. In tali evenienze, anche i comportamenti di routine possono essere interpretati come errori se l'operatore non dispone delle informazioni necessarie per comprendere il processo logico che soggiace a tali azioni⁽¹²⁾. Inoltre, considerando la casistica imperfetta dell'automazione, è fondamentale che ricercatori e sviluppatori tengano conto della **trasparenza** dell'interazione uomo-macchina per consentire ai singoli individui di valutare adeguatamente la loro dipendenza da tali sistemi, soprattutto a mano a mano che la tecnologia diventa più complessa ed è usata in scenari via via più complessi⁽¹³⁾. Tuttavia, non bisogna semplicemente dare per scontato che un maggior volume di informazioni trasmesse dal sistema si traduca, di necessità, in un vantaggio per l'utente. Una mole eccessiva di informazioni potrebbe non accrescere la trasparenza di un sistema ma, al contrario, portare a un sovraccarico di informazioni e annullare la capacità dell'utente di selezionare ed elaborare

⁽⁸⁾ Fischer, H., Engler, M., e Sauer, S. (2017, luglio). A human-centered perspective on software quality: acceptance criteria for work 4.0. In A. Marcus e W. Wang (Eds.), *International Conference of Design, User Experience, and Usability: Theory, Methodology, and Management* (pagg. 570-583). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58634-2_42

⁽⁹⁾ Rosen, P. H., Sommer, S., & Wischniewski, S. (2018, agosto). Evaluation of human-robot interaction quality: A toolkit for workplace design. *Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association* (pagg. 1649-1662). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-96071-5_169

⁽¹⁰⁾ Rauch, E., Linder, C., e Dallasega, P. (2020). Anthropocentric perspective of production before and within Industry 4.0. *Computers & Industrial Engineering*, 139. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.01.018>

⁽¹¹⁾ Kahn Jr, P. H., Kanda, T., Ishiguro, H., Gill, B. T., Ruckert, J. H., Shen, S., Gary, H. E., Reichert, A. L., Freier, N. G., e Severson, R. L. (2012, marzo). Do people hold a humanoid robot morally accountable for the harm it causes?. *Proceedings of the 7th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction* (pagg. 33-40). <https://doi.org/10.1145/2157689.2157696>

⁽¹²⁾ Kim, T., e Hinds, P. (2006, settembre). Who should I blame? Effects of autonomy and transparency on attributions in human-robot interaction. *ROMAN 2006 - The 15th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication* (pagg. 80-85). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2006.314398>

⁽¹³⁾ Lyons, J. B. (2013, marzo). Being transparent about transparency: A model for human-robot interaction. *AAAI Spring Symposium: Trust and Autonomous Systems*. <https://www.aaai.org/ocs/index.php/SSS/SSS13/paper/viewFile/5712/6000>

informazioni cruciali ⁽¹⁴⁾. Ne consegue che garantire un grado sufficiente di trasparenza nell'interazione uomo-macchina è un'attività importante e tuttavia complessa, con evidenti conseguenze per l'interazione tra operatori e il sistema.

Il fatto di incorporare **principi di progettazione** solidi, che garantiscano una trasparenza sufficiente del sistema, o magari che consentano di ricorrere a strategie d'interazione personalizzate in grado di tener conto di preferenze e caratteristiche estremamente personali e individuali, permetterà un'interazione stabile con il sistema. I requisiti tecnici per la personalizzazione o per un'interazione facile e senza intoppi con la macchina si riferiscono spesso all'impiego di una varietà di sensori robotici. Affinché il sistema robotico reagisca e si comporti nel modo previsto o personalizzato rispetto all'operatore è necessario che esso raccolga e analizzi dati ambientali nonché dati che riguardano l'operatore stesso. Tuttavia, un'interazione stabile con l'operatore supportata da principi di progettazione universalmente noti può essere in contrasto con una serie di esiti negativi come la violazione della riservatezza dell'utente o concorrere a una sensazione di alienazione e perdita di controllo ⁽¹⁵⁾. Tali reazioni negative possono verificarsi quando un sistema robotico modifica il proprio comportamento autonomamente, senza informare l'utente, che potrebbe quindi non essere in grado di prevedere e comprendere tale cambiamento ⁽¹⁵⁾. Questo rischio specifico della progettazione dell'interazione evidenzia, ancora una volta, l'importanza della trasparenza con riferimento alle operazioni, alle azioni e al comportamento del sistema allorché si intendano ridurre i potenziali effetti negativi. Anche qualsiasi tipo di raccolta dei dati personali dei lavoratori rischia di suscitare una sensazione di reale o percepito controllo delle prestazioni e del comportamento dei dipendenti, con potenziali conseguenze negative sulla motivazione, la soddisfazione, la fiducia nei confronti dell'organizzazione o il livello di stress, anche laddove siano soddisfatti i principi relativi alla protezione dei dati di cui al regolamento generale sulla protezione dei dati (GDPR) ⁽¹⁶⁾. Gli esperti sottolineano che a beneficiare dell'evoluzione della capacità dei sistemi robotici di modificare il proprio comportamento autonomamente, per esempio reagendo a una riduzione della forza nello svolgimento di un'attività ininterrotta, potrebbero essere soprattutto gli scenari d'interazione cooperativa o collaborativa. Non si possono, tuttavia, ignorare i potenziali rischi.

La fiducia come elemento fondamentale nell'IUM

La fiducia nell'automazione, indipendentemente dalla specifica tecnologia di automazione, dal grado di automazione o dall'attività particolare, rappresenta un fattore importante nell'interazione uomo-macchina e spesso determina le modalità di impiego dell'automazione stessa ⁽¹⁷⁾. Esistono numerosissime definizioni di fiducia, che scaturiscono da diverse discipline, ciascuna atta a mettere in luce aspetti diversi; la fiducia, cioè, può essere descritta come una convinzione, un atteggiamento, un'intenzione o un comportamento. Può essere

Una fiducia adeguata nel robot è un fattore vitale. Una fiducia eccessiva nella macchina può essere all'origine di forme di incuria, mentre la mancanza di fiducia può dissuadere gli operatori dall'utilizzare il robot.

intesa come «la sensazione che un agente [la robotica avanzata] aiuterà l'interessato a conseguire il suo obiettivo in una situazione caratterizzata da incertezza e vulnerabilità» ⁽¹⁸⁾. Un adeguato livello di fiducia umana nei confronti del sistema interagente promuove un uso appropriato del sistema stesso ⁽¹⁹⁾. Forme estreme di fiducia possono produrre effetti negativi. Un'eccessiva dipendenza o una fiducia eccessiva nella tecnologia, per esempio, possono portare a fenomeni come il «compiacimento (complacency) dell'automazione» ⁽²⁰⁾. Quando, tuttavia, il grado di fiducia è insufficiente, la

⁽¹⁴⁾ Finomore, V., Satterfield, K., Sitz, A., Castle, C., Funke, G., Shaw, T., e Funke, M. (2012, settembre). Effects of the multi-modal communication tool on communication and change detection for command & control operators. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 56(1), pagg. 1461-1465. SAGE Publications. <https://doi.org/10.7717/1071181312561410>

⁽¹⁵⁾ Fronemann, N., Pollmann, K., e Loh, W. (2021). Should my robot know what's best for me? Human-robot interaction between user experience and ethical design. *AI & SOCIETY*, pagg. 1-17. <https://doi.org/10.1007/s00146-021-01210-3>

⁽¹⁶⁾ Funk, M., Rosen, P. H., & Wischniewski, S. Human-centered HRI Design—the More Individual the Better?. *Behavioural patterns and interaction modelling for personalized Human-Robot interaction*, 2020. <https://doi.org/10.1145/3371382.3374846>

⁽¹⁷⁾ Parasuraman, R., e Riley, V. (1997). Humans and automation: Use, misuse, disuse, abuse. *Human Factors*, 39(2), pagg. 230-253. <https://doi.org/10.1518/001872097778543886>

⁽¹⁸⁾ Lee, J. D. e See, K. A. (2004). Trust in automation: Designing for appropriate reliance. *Human factors*, 46(1), pagg. 50-80. https://doi.org/10.1518%2Fhfes.46.1.50_30392

⁽¹⁹⁾ Hancock, P. A., Kessler, T. T., Kaplan, A. D., Brill, J. C., e Szalma, J. L. (2020). Evolving trust in robots: Specification through sequential and comparative meta-analyses. *Human Factors*, 63(7), pagg. 1196-1229. <https://doi.org/10.1177/0018720820922080>

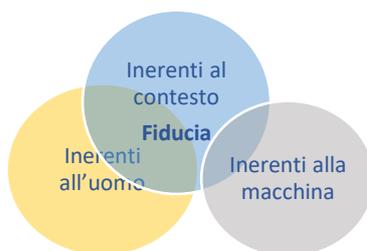
⁽²⁰⁾ Parasuraman, R., e Manzey, D. H. (2010). Complacency and bias in human use of automation: An attentional integration. *Human Factors*, 52(3), pagg. 381-410. <https://doi.org/10.1177/0018720810376055>

conseguenza può essere l'abbandono della tecnologia⁽¹⁸⁾. La fiducia eccessiva e la mancanza di fiducia sono sempre considerate in relazione alle capacità effettive del sistema; in tal caso si parla di «fiducia calibrata»⁽¹⁶⁾, un concetto strettamente correlato all'affidabilità di una tecnologia dell'automazione o di un sistema robotico⁽¹⁸⁾. Se la fiducia è calibrata male, si hanno interazioni problematiche. È «emerso che [gli esseri umani] utilizzano in maniera scorretta (facendo eccessivo affidamento sul robot oppure non sfruttandolo a sufficienza) o arbitraria (utilizzando il robot per scopi diversi rispetto a quelli previsti) o rinunciano a utilizzare (abbandonando del tutto l'uso del robot) la propria controparte robotica, rispettivamente»⁽¹⁸⁾. Gli squilibri a livello di fiducia possono avere effetti gravi, per esempio quando un operatore decide di non monitorare più un sistema robotico anche laddove è necessaria una qualche forma di controllo. All'estremo opposto è l'esempio dell'operatore che effettua un monitoraggio rigoroso del sistema robotico, trascurando altre attività importanti.

Se la fiducia verso un sistema robotico è scarsa, le conseguenze per l'interazione possono essere negative; similmente, anche una fiducia eccessiva nel robot può avere effetti negativi. Se la fiducia è eccessiva, l'obbligo di diligenza nei confronti del robot, per esempio, può essere trascurato⁽²¹⁾, per cui i difetti passano inosservati, con conseguenti danni al pezzo in lavorazione o infortuni alle persone. Al contrario, quando il grado di fiducia riposta nella macchina è conforme alle capacità della macchina stessa, si ha una collaborazione efficiente e sicura⁽²⁰⁾. Se si fidano delle macchine, gli operatori accolgono i suggerimenti e accettano le informazioni provenienti dal sistema⁽²¹⁾, e sono così in grado di prendere decisioni informate. In presenza di un buon grado di fiducia, è possibile sfruttare i vantaggi della collaborazione uomo-macchina⁽²²⁾. Sebbene il concetto di grado appropriato di fiducia verso un sistema robotico possa apparire intuitivo, alcuni ricercatori suggeriscono che si tratta di un concetto multifattoriale ed estremamente soggettivo, che per essere pienamente compreso deve essere sottoposto a ulteriori indagini^{(19), (21), (23), (24), (25)}. Se, tuttavia, tali studi evidenziano l'importanza di avere un adeguato livello di fiducia nei confronti di un sistema robotico e mettono in risalto i pericoli del condizionamento da automazione, ad oggi non sono ancora state elaborate strategie concrete per sfumare o evitare tale fenomeno. Vengono incoraggiati, senza peraltro fornire ulteriori spiegazioni, una formazione esplicita sul tema del condizionamento da automazione e una formazione adeguata con i sistemi^{(24), (25)}.

Fattori che influenzano la fiducia

Figura 2: tre fattori antecedenti che influenzano la fiducia nell'IUM



I risultati di diverse metanalisi dimostrano che la fiducia e i fattori antecedenti rivestono un ruolo importante per la SSL. I ricercatori concordano che i fattori che influenzano in maniera significativa la fiducia umana verso i sistemi robotici possono riguardare l'uomo, la macchina o il contesto e, pertanto, devono essere attentamente valutati quando si utilizzano sistemi robotici per l'automazione delle attività^{(19), (21), (23)}. Tra i fattori riguardanti l'uomo che influenzano la fiducia umana verso le macchine si annoverano la soddisfazione dell'utente, le aspettative e la dimestichezza nell'uso delle macchine. I fattori inerenti alla macchina possono essere ulteriormente suddivisi in fattori concernenti la prestazione, come l'affidabilità e i tassi di insuccesso, nonché attributi quali il grado di antropomorfismo e l'aspetto fisico. Per quanto concerne la prestazione, il fattore della

dipendenza ad esso collegato mostra una correlazione negativa con la fiducia; in altri termini, maggiore è la dipendenza dalla macchina, minore è la fiducia dell'operatore nei confronti della stessa. Quanto agli attributi della macchina, dalla letteratura si evince che i fattori legati alla personalità del robot, come tratti del viso positivi, empatia, piacevolezza e socievolezza, sono correlati positivamente con la fiducia⁽¹⁹⁾. Nel caso, infine, dei fattori inerenti al contesto, l'aspetto del lavoro di squadra, che implica

⁽²¹⁾ Hancock, P. A., Billings, D. R., Schaefer, K. E., Chen, J. Y., De Visser, E. J., e Parasuraman, R. (2011). A meta-analysis of factors affecting trust in human-robot interaction. *Human Factors*, 53(5), pagg. 517-527. <https://doi.org/10.1177/0018720811417254>

⁽²²⁾ Sanders, T., Oleson, K. E., Billings, D. R., Chen, J. Y., e Hancock, P. A. (2011, settembre). A model of human-robot trust: Theoretical model development. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 55(1), pagg. 1432-1436. SAGE Publications. <https://doi.org/10.1177/1071181311551298>

⁽²³⁾ Schaefer, K. E., Chen, J. Y., Szalma, J. L., e Hancock, P. A. (2016). A meta-analysis of factors influencing the development of trust in automation: Implications for understanding autonomy in future systems. *Human Factors*, 58(3), pagg. 377-400. <https://doi.org/10.1177/001872081663422>

⁽²⁴⁾ Goddard, K., Roudsari, A., e Wyatt, J. C. (2012). Automation bias: a systematic review of frequency, effect mediators, and mitigators. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 19(1), pagg. 121-127. <https://doi.org/10.1136/amiajnl-2011-000089>

⁽²⁵⁾ Papadimitriou, E., Schneider, C., Tello, J. A., Damen, W., Vrouenraets, M. L., e Ten Broeke, A. (2020). Transport safety and human factors in the era of automation: What can transport modes learn from each other?. *Accident Analysis & Prevention*, 144, 105656. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105656>

la costituzione di una squadra di lavoro, denota l'esistenza di un rapporto di fiducia positivo. Sempre in questo ambito, la letteratura suggerisce che la difficoltà di un'attività incide enormemente sulla fiducia. Le attività più difficili suscitano un maggior grado di fiducia nei confronti dei sistemi robotici. Uno dei motivi potrebbe essere individuato nel ridotto carico di lavoro per l'uomo, poiché alcune attività complesse potrebbero essere assegnate alla macchina. Anche l'affidabilità di una macchina produce un impatto positivo e significativo sulla fiducia. Più la macchina è affidabile, più l'operatore può fare affidamento su di essa per eseguire un compito in un modo che risponde alle sue aspettative ⁽²⁰⁾. Un altro importante fattore influente menzionato nella letteratura è la **prossimità**. Più la macchina è posizionata vicino all'uomo, maggiore è il grado di fiducia mostrato (Hancock et al., 2020). Si tratta, in quest'ultimo caso, di un dato particolarmente interessante per gli scenari di lavoro in cui le macchine sono telecomandate. Anche aspetti quali l'esperienza di lavoro con robot e l'attribuzione di tratti antropomorfi alle macchine sono correlati a un rapporto positivo con la fiducia, nel senso che maggiore è l'esperienza di lavoro dell'operatore con le macchine e più sono accentuati i tratti antropomorfi, maggiore è la fiducia mostrata nei confronti del sistema robotico. La fiducia dell'uomo verso le macchine è alta anche quando i robot rispondono alle aspettative dell'utente e quest'ultimo sperimenta un maggior grado di soddisfazione. In generale, Hancock e colleghi concludono che i fattori inerenti alla macchina producono l'impatto maggiore sulla fiducia rispetto ai fattori inerenti all'uomo. Tra i fattori antecedenti inerenti alla macchina, ad avere il maggiore influsso sulla fiducia sono gli attributi della macchina e le sue prestazioni. Non si devono, tuttavia, trascurare gli effetti negativi prodotti da una fiducia eccessiva, soprattutto se accompagnati da una limitata comprensione del funzionamento delle tecnologie automatizzate. In tal caso possono verificarsi situazioni pericolose quali comportamenti inattesi, l'incapacità di riconoscere l'errore della macchina o una risposta troppo lenta all'errore della macchina ⁽²⁵⁾. Tale aspetto è anche strettamente correlato alla questione di una formazione adeguata per quanto concerne l'uso delle tecnologie automatizzate.

Conclusione e raccomandazioni

A mano a mano che i sistemi robotici divengono sempre più autonomi ed efficaci, si osserva anche un'evoluzione del linguaggio, per cui si dice che un operatore non «usa» bensì «interagisce» con la tecnologia. Tale interazione è influenzata da una molteplicità di fattori, che potrebbero essere condizionati dal contesto di lavoro (nel caso, per esempio, della prossimità), dal sistema robotico stesso (in particolare, dal suo aspetto o comportamento) o dal lavoratore e dalla fiducia che quest'ultimo ripone nella macchina.

Via via che i sistemi robotici si perfezionano, le loro caratteristiche offrono sempre nuove opportunità per la SSL, ma al tempo stesso pongono anche nuovi rischi. **L'attribuzione di fattezze umane** alla macchina o **l'aggiunta di funzionalità personalizzate**, per esempio, possono **facilitare e migliorare l'interazione**. Questi stessi elementi, tuttavia, possono produrre conseguenze negative dal punto di vista della SSL, come **l'emergenza di false aspettative oppure problemi di sorveglianza o riservatezza dei dati**. Occorre, pertanto, prestare particolare attenzione a trovare un giusto **equilibrio** tra rischi e opportunità associati a specifici elementi di progettazione.

Anche se la robotica avanzata è una tecnologia relativamente nuova, si raccomanda di tener conto, in fase di creazione di sistemi di lavoro, di **principi di progettazione di comprovata efficacia**, tra cui i principi d'interazione allineati alle norme in materia di Ergonomia dell'interazione uomo-sistema come la norma EN ISO 9241-110, poiché tali principi hanno un valore universale nella creazione di un sistema centrato sul lavoratore. Altrettanto fondamentale per un'interazione efficace è garantire una comunicazione efficiente e precisa in merito alle **capacità della macchina**. Ciò implica altresì la **gestione delle aspettative** nella fase di progettazione di un sistema robotico. L'inclusione di caratteristiche non strettamente collegate a una funzione specifica in fase di progettazione può dar luogo a rischi per i lavoratori. In particolare, l'attribuzione alla macchina di tratti antropomorfi può creare false aspettative in merito alle reali capacità del sistema; ne consegue che attributi come gli occhi o le orecchie dovrebbero essere progettati soltanto se la macchina è in grado di elaborare il tipo di informazioni associate a questo canale di stimolazione. La **trasparenza in merito alle capacità di un sistema** costituisce pertanto un elemento essenziale per favorire una valida interazione uomo-macchina. Deve tuttavia essere garantito un equilibrio tra un sufficiente grado di trasparenza e un sovraccarico di informazioni. Al di là di tutto, è necessario comunicare ai lavoratori se e quale tipo di **dati personali** sono raccolti dal sistema robotico. La modalità di interazione progettata può avere importanti implicazioni per il benessere fisico e psichico dei lavoratori. È quindi fondamentale creare un sistema che risulti trasparente all'utente e ne promuova la **fiducia**, senza gravarlo di inutili sovraccarichi.

Autori: Patricia Helen Rosen, Istituto federale per la sicurezza e salute sul lavoro (BAuA); Eva Heinold, Istituto federale per la sicurezza e salute sul lavoro (BAuA); Elena Fries-Tersch, Milieu Consulting SRL; dott. Sascha Wischniewski, Istituto federale per la sicurezza e salute sul lavoro (BAuA).

Gestione del progetto: Ioannis Anyfantis, Annick Starren, Emmanuelle Brun (EU-OSHA).

La presente sintesi è stata commissionata dall'Agenzia europea per la sicurezza e la salute sul lavoro (EU-OSHA). I suoi contenuti, incluse le opinioni e/o conclusioni formulate, appartengono esclusivamente agli autori e non riflettono necessariamente la posizione dell'EU-OSHA.

L'Agenzia europea, o chiunque agisca in suo nome, declina ogni responsabilità per l'uso dei contenuti che seguono.

© Agenzia europea per la sicurezza e la salute sul lavoro, 2023

Riproduzione autorizzata con citazione della fonte.

L'uso o la riproduzione di fotografie o di altro materiale non protetti dal diritto d'autore dell'EU-OSHA devono essere autorizzati direttamente dal titolare del diritto d'autore.