



ISSN: 2038-3282

Pubblicato il: febbraio 2023

©Tutti i diritti riservati. Tutti gli articoli possono essere riprodotti con l'unica condizione di mettere in evidenza che il testo riprodotto è tratto da www.qtimes.it

Registrazione Tribunale di Frosinone N. 564/09 VG

Industry 4.0 and occupational safety and health: a model for analysing organisational resilience in the use of collaborative robots

Industria 4.0 e salute e sicurezza sul lavoro: un modello per l'analisi della resilienza organizzativa nell'utilizzo di robot collaborativi

di

Sara Stabile

sa.stabile@inail.it

Inail-Roma

Francesco Costantino

francesco.costantino@uniroma1.it

Sapienza Università di Roma

Edvige Sorrentino

e.sorrentino@inail.it

Emma Pietrafesa

e.pietrafesa@inail.it

Rosina Bentivenga

r.bentivenga@inail.it

Inail-Roma

©Anicia Editore

QTimes – webmagazine

Anno XV – vol. 2., n. 1, 2023

www.qtimes.it

doi: 10.14668/QTimes_15156

Abstract:

The implementation of advanced manufacturing solutions in companies makes possible to improve the productivity, quality and production flexibility introducing new types of human-machine interactions that require appropriate assessment from an occupational health and safety perspective. In this context, a survey tool was developed, based on the logic of the RAG (Resilience Analysis Grid), aimed at assessing the potential resilience status of some multinational companies that have introduced collaborative robot technology into their manufacturing processes. This paper presents the results of the interviews, administered to company representatives, from which emerges the capacity of companies to learn from experience in order to be able to respond and anticipate changes, taking into consideration both positive and negative events that impact on the management of workers' health and safety.

Keywords: Industry 4.0; safety; resilience; training; collaborative robots.

Abstract:

L'implementazione di advanced manufacturing solutions nelle imprese permette di migliorare la produttività, la qualità e la flessibilità della produzione e introduce nuovi tipi di interazioni uomo-macchina che richiedono un'adeguata valutazione in un'ottica di salute e sicurezza sul lavoro. In tale ambito è stato sviluppato uno strumento di rilevazione, fondato sulle logiche del RAG (Resilience Analysis Grid), finalizzato a valutare lo stato potenziale di resilienza di alcune aziende multinazionali che hanno introdotto nei processi manifatturieri la tecnologia dei robot collaborativi. Con questo lavoro verranno presentati i risultati delle interviste, somministrate a referenti aziendali, dai quali emerge la capacità delle aziende di imparare dall'esperienza per poter rispondere e anticipare i cambiamenti, tenendo in considerazione sia gli eventi positivi, sia quelli negativi che impattano sulla gestione della salute e sicurezza dei lavoratori.

Parole chiave: Industria 4.0; sicurezza; resilienza; formazione; robot collaborativi.

1. Introduzione

La trasformazione digitale consente di semplificare e risparmiare utilizzando la tecnologia con soluzioni diverse a seconda delle diverse necessità e di abbandonare strumenti tradizionali come quelli analogici per snellire i flussi di lavoro e automatizzare le attività e le procedure, siano esse legate alla produzione e alla distribuzione di prodotti e servizi o alla gestione documentale contabile e fiscale. Attraverso questo processo è possibile dematerializzare i luoghi fisici per comunicare e condividere informazioni in tempo reale, in un unico ambiente connesso e collaborativo. Ciò implica un cambiamento delle modalità lavorative che diventano partecipative e non più limitate ad un singolo processo lavorativo o flusso informativo o luogo di riferimento.

Le tecnologie digitali hanno modificato il modo di acquisire, utilizzare e analizzare i dati, introdotto nuove modalità di interazione uomo e macchina e avviato il passaggio dal digitale al "reale".

Con l'innovazione digitale si possono individuare due ambiti di evoluzione, uno strettamente collegato alle nuove modalità di lavoro, con particolare riferimento all'organizzazione del lavoro,

©Anicia Editore

QTimes – webmagazine

Anno XV – vol. 2., n. 1, 2023

www.qtimes.it

doi: 10.14668/QTimes_15156

l'altro legato all'innovazione della produzione e quindi all'implementazione delle tecnologie 4.0. Entrambi gli ambiti impattano sulla salute e sicurezza sul lavoro (SSL) e di conseguenza sulla valutazione e gestione dei rischi, che devono essere valutati anche attraverso adeguati strumenti, in quanto i nuovi rischi non risiedono esclusivamente nell'introduzione della tecnologia, ma sono legati alla completa trasformazione delle pratiche di lavoro che un approccio tradizione e deterministico del rischio non è in grado di rilevare.

Per questo motivo, nell'ambito del Piano dell'attività di Ricerca dell'Inail 2019-2021 è stato realizzato il progetto BRIC ID 50: Analisi dei rischi e strumenti di mitigazione per la tutela della salute e sicurezza dei lavoratori nei contesti lavorativi soggetti a trasformazione digitale, condotto dal Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale dell'Inail congiuntamente con il Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Aerospaziale della Sapienza Università di Roma, in collaborazione con il Dipartimento di Giurisprudenza, economia, politica e lingue moderne dell'Università LUMSA e il Dipartimento di Filosofia e scienze dell'Educazione dell'Università degli Studi di Torino.

2. Transizione digitale e salute e sicurezza sul lavoro

La digitalizzazione dei processi è un fenomeno trasversale che riguarda sia le aziende private sia la pubblica amministrazione e non è limitato a contesti particolarmente innovativi, ma coinvolge ogni azienda a prescindere dalle dimensioni e dai mercati in cui opera.

In Italia, tale processo è stato avviato nel 2016 con il piano Impresa 4.0¹, che ha realizzato una serie di misure per incentivare gli investimenti finalizzati alla trasformazione tecnologica delle aziende.

L'attuale piano nazionale Transizione 4.0² rappresenta la nuova politica industriale che si rileva più attenta all'inclusione sociale e alla sostenibilità. La spinta verso l'innovazione è sostenuta anche dal piano di ripresa e resilienza nazionale³ che ha destinato alla transizione digitale il 25,1% (oltre 48 miliardi di euro) dell'intero ammontare degli investimenti. L'incertezza legata alla pandemia, ha portato le imprese a comprendere quanto l'innovazione digitale sia importante per la competitività e la crescita, così nel 2022 quasi la metà delle grandi e delle piccole e medie imprese italiane ha aumentato il budget ICT e si prevede nei prossimi anni una crescita continua che raggiungerà il 4% negli investimenti. Da una ricerca degli Osservatori Startup Intelligence e Digital Transformation Academy della School of Management del Politecnico di Milano dell'anno 2021⁴, emerge che, per rispondere in modo rapido alle nuove esigenze, è cresciuta l'adozione dell'open innovation, già attuata dall'81% delle grandi aziende. In particolare il 49% delle aziende ha avviato collaborazioni con le startup, che sono diventate sempre più rilevanti nello scenario economico italiano in relazione soprattutto agli aspetti di innovazione e transizione digitale.

Nell'innovazione i due ambiti di evoluzione, quello legato alle nuove modalità di lavoro e ai nuovi modelli organizzativi e quello legato all'innovazione tecnologica relative alla produzione impattano sulla salute e sicurezza sul lavoro (SSL) e di conseguenza sulla valutazione e gestione dei rischi, in particolare dei rischi associati alle interfacce uomo-macchina, al carico cognitivo, all'aumento della

¹ https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/guida_industria_40.pdf

² <https://www.mise.gov.it/it/transizione40>

³ <https://www.italiadomani.gov.it/it/home.html>

⁴ www.osservatori.net

pressione in termini di performance dei lavoratori, ai problemi di cybersecurity e ai rischi di natura ergonomica e psicosociale (Pietrafesa, 2022). È necessario pertanto, come dettato dall'art. 28 del D.lgs. 81/08, che il datore di lavoro, avvalendosi della collaborazione del servizio di prevenzione e protezione e del medico competente, nonché della consultazione del rappresentante dei lavoratori per la sicurezza, proceda alla rielaborazione della valutazione dei rischi ogni qual volta siano introdotte modifiche del processo produttivo o della organizzazione del lavoro significative ai fini della SSL. Come sostenuto dall'EU-OSHA (2018), infatti, l'automazione dei processi e il numero crescente di robot mobili e intelligenti negli ambienti lavorativi possono contribuire a rendere più complessa la gestione della SSL e aumentare il rischio di infortuni.

Al fine di rendere il processo di valutazione dei rischi più aderente ai cambiamenti tecnologici e organizzativi in atto, è importante individuare e sviluppare metodologie e strumenti in grado di supportare le aziende nella prevenzione dei rischi nuovi ed emergenti. Attraverso la sperimentazione di queste nuove modalità di analisi e di valutazione l'azienda diventa in grado di adattarsi ai cambiamenti, anticipandone gli effetti e acquisendo una resilienza organizzativa per perseguire il miglioramento delle condizioni di lavoro. Anticipare e gestire i cambiamenti nel mondo del lavoro determinati dalla transizione digitale è anche uno degli obiettivi fondamentali della Strategia Europea 2021-2027 per la SSL (Commissione Europea, 2021).

3. Tecnologie 4.0 e la salute e la sicurezza sul lavoro

Le tecnologie 4.0 sono state in grado di aumentare la produttività, incrementare l'efficienza, ridurre i costi e migliorare la gestione degli impianti rendendo possibile l'avvio della quarta rivoluzione industriale. Tra le diverse classificazioni delle tecnologie, chiamate anche tecnologie abilitanti⁵, o KET (*Key Enabling Technology*) emerge quella della Boston Consulting, che le divide in nove classi principali⁶:

1. *Advanced Manufacturing Solution*: ovvero sistemi avanzati di produzione; la classe comprende principalmente robot e cobot, ma anche sistemi di movimentazione dei materiali automatici (es. veicoli a guida automatica).
2. *Additive Manufacturing*: sistemi di produzione additiva, tra cui la più rilevante è sicuramente la stampa 3D.
3. *Realtà aumentata/realtà virtuale*: sistemi di visione altamente tecnologici per guidare meglio gli operatori nelle attività quotidiane, oppure in ambienti simulati.
4. *Simulazione*: processi di simulazione tra macchine interconnesse, utilizzata per ottimizzare i processi ed anticipare gli effetti di una potenziale situazione non ancora verificatasi nella realtà.
5. *Integrazione orizzontale e verticale*: integrazione tra tutti i protagonisti del processo produttivo lungo tutta la catena del valore.
6. *Industrial Internet*: comunicazione tra gli elementi della produzione grazie all'utilizzo di Internet.
7. *Cloud*: utilizzo di tecnologie cloud e uso del cloud computing in ambito aziendale.

⁵ Perché "abilitano" o "slatentizzano" l'accesso nuovi set di saperi e possibilità pratiche e teoriche.

⁶ Altre classificazioni, che non saranno trattate in questa sede, sono state effettuate anche da enti italiani, quali la Camera di commercio di Udine e l'Osservatorio Industria 4.0 del Politecnico di Milano

8. *Cybersecurity*: utilizzo di sistemi di sicurezza informatica per la protezione di sistemi che non devono essere alterati dall'esterno.
9. *Big Data Analytics*: tecniche di gestione dei dati attraverso sistemi con funzioni predittive e analitiche.

Queste tecnologie offrono benefici significativi per le organizzazioni in quanto rendono i processi aziendali più efficienti, performanti, interconnessi e sicuri, contribuendo ad aumentare la competitività. Il cambiamento coinvolge l'intero panorama industriale, ivi compreso il settore manifatturiero, dove si trasformano le attività, i ruoli, gli strumenti e gli ambienti di lavoro e, di conseguenza, le competenze richieste ai lavoratori.

Ovviamente gli effetti delle tecnologie 4.0 sulla SSL sono sia positivi che negativi e richiedono un'approfondita analisi. Infatti, se da un lato alcune tecnologie sono prettamente concepite per migliorare le condizioni di SSL, si pensi agli esoscheletri progettati per alleggerire il carico di lavoro anche durante attività ripetitive e ai cobot pensati per svolgere attività particolarmente pericolose, dall'altro emergono nuovi rischi di cui è necessario tenere conto per garantire una trasformazione digitale sicura e attenta alla tutela dei lavoratori.

Per comprendere in che modo le singole tecnologie generino elementi di rischio per la SSL, nell'ambito di questo progetto in primo luogo è stata realizzata una revisione sistematica della letteratura relativa alla trasformazione digitale che ha permesso anche di identificare i rischi delle tecnologie che maggiormente impattano sulla SSL (Costantino, 2021).

Complessivamente partendo dallo Standard ISO12100:2010 sono state individuate otto classi di rischio; tra queste, alcune sono state ridenominate al fine di renderle più vicine al contesto di analisi e sono state integrate con due ulteriori classi di rischio: il rischio organizzativo e il rischio psicologico, in quanto dalla letteratura sono stati evidenziati un numero significativo di rischi nuovi ed emergenti per SSL di tipo organizzativo che impattano sulla sfera psicofisica e psicologica del lavoratore. Le dieci classi di rischio che sono state sviluppate sono: meccanico, elettrico, termico, rumore, vibrazione, radiazione, chimico e biologico, ambiente di lavoro e microclima, organizzativo e psicologico.

Sono state realizzate delle schede divulgative, disponibili sul sito del progetto⁷ nelle quali per ognuna delle tecnologie analizzate è presente una breve descrizione e vengono riportate le classi di rischio, l'origine/fonte di rischio, le conseguenze per la SSL e le relative fonti bibliografiche. Tra i diversi aspetti emersi nell'ambito di questo studio quello più stimolante è senza dubbio il tema della relazione tra uomo e tecnologia, con particolare riguardo a quelli riferiti all'uso dei cobot, all'adozione di veicoli autonomi e agli effetti dell'adozione di tecnologie produttive basate sull'utilizzo di realtà virtuali.

4. Robot collaborativi e rischi per la salute e sicurezza sul lavoro

L'industria robotica, è orientata a sviluppare robot che possano sostituire i lavoratori in alcune attività all'interno degli impianti industriali, in quei task particolarmente monotoni, pericolosi o che richiedono un'elevata accuratezza. I robot sono veloci e, appunto, molto precisi, e possono completare tali attività con migliore qualità e a minor costo.

⁷ www.tradars.it

La collaborazione tra uomo e robot è categorizzata dalla norma ISO/TS 15066 (2016) in quattro modalità collaborative, come visibile in Figura .

La modalità *Safety-rated Monitored Stop* (SMS) è un approccio “black and white” alle applicazioni robotiche collaborative. L’operatore ed il robot coesistono nello stesso spazio di lavoro, ma non possono lavorarvi nello stesso momento. Qualora il perimetro di sicurezza venisse superato, un sistema di sicurezza interrompe il movimento del cobot. La modalità *Hand Guiding* (HG) è un’estensione della precedente e opera basandosi sulle stesse premesse. In questo caso però essa comprende la possibilità di manovrare il robot da parte dell’operatore quando egli si trova all’interno del perimetro di sicurezza. La terza modalità è la *Speed and Separation Monitoring* (SSM), la quale permette al robot e all’operatore di muoversi simultaneamente nell’area di lavoro condivisa. La riduzione del rischio si ha mantenendo una distanza di sicurezza l’uno dall’altro monitorata continuamente da una *tracking device*. La quarta ed ultima modalità collaborativa possibile è quella *Power and Force Limiting* (PFL), l’unica che effettivamente permette un contatto tra l’operatore ed il robot. Invece che tramite la separazione, la riduzione del rischio è ottenuta tramite la limitazione intelligente della forza da parte del robot (Faria, 2020).

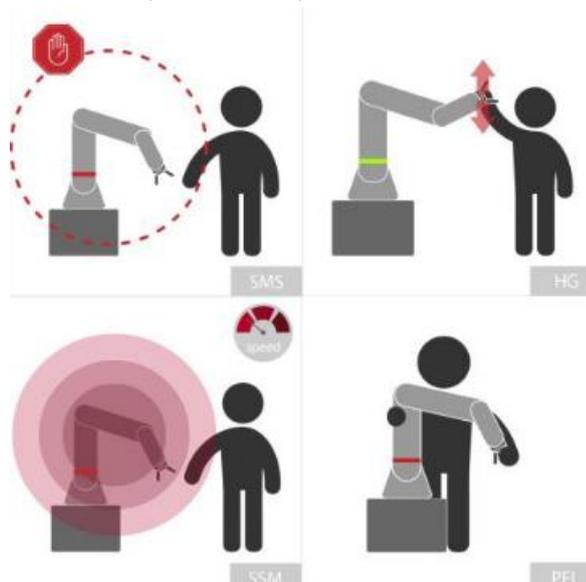


Figura 1. Modalità collaborative uomo-cobot: SMS, HG, SSM e PFL. Da Faria, 2020

Sebbene l’obiettivo dell’automazione e di tali tecnologie sia quello di supportare i lavoratori in diverse circostanze, tali soluzioni possono generare numerosi rischi per i lavoratori, specialmente nelle attività che implicano una costante collaborazione uomo-macchina o nelle attività in cui uomo e macchina lavorano in prossimità.

5. Contesto normativo di riferimento

A livello normativo ad oggi non esiste una definizione di robot. Alcune caratteristiche utili possono essere ricavate dalla Risoluzione del Parlamento Europeo del 16 febbraio 2017, rubricata “Raccomandazioni alla Commissione concernenti norme di diritto civile sulla robotica”. Nel merito, le caratteristiche essenziali che, secondo tale documento, contraddistinguono un robot dotato di intelligenza artificiale sono:

- 1) l'assenza di vita biologica, umana od animale, senza per questo escludere una stretta interrelazione tra macchina e uomo (abiologicità);
- 2) la presenza di un supporto fisico, nel senso che non deve trattarsi di un mero programma, per quanto intelligente come nel caso dei cosiddetti *bot* (fisicità);
- 3) un'autonoma capacità di analisi e comprensione dei dati, alimentata da sensori e/o mediante lo scambio di informazioni con l'ambiente (percezione);
- 4) la capacità di adeguare il proprio comportamento e le proprie azioni all'ambiente circostante e agli stimoli percepiti, una volta mediati attraverso una qualche rielaborazione (cognizione);
- 5) la capacità di apprendimento autonomo attraverso l'esperienza e l'interazione (autoapprendimento).

Tra robot e essere umano, come specificato in precedenza, possono esistere diversi livelli di interazione. La normativa, infatti, distingue tra coesistenza, cooperazione e collaborazione tra uomo e robot. Nel primo caso, uomo e robot lavorano fianco a fianco senza dispositivi di separazione dei rispettivi spazi di lavoro. In tali circostanze, la sicurezza è garantita ad esempio da limitazioni nei percorsi dei robot o nella forza da essi sprigionata e dall'utilizzo di sensori o di sistemi *software* in grado di riconoscere se una persona entra nell'area di lavoro del robot e, qualora ciò avvenga, di far arrestare immediatamente quest'ultimo per escludere qualsiasi pericolo. Nell'ambito della cooperazione non si verifica un'interazione diretta ma si fa riferimento ad un lavoro e a un'area di lavoro comune di persona e robot. Questa pratica viene utilizzata spesso per lavori sequenziali: essere umano e robot svolgono attività differenti nell'ambito di un unico processo e in momenti diversi. La collaborazione, infine, richiede la gestione simultanea dello stesso componente. In questo caso, il robot e la persona, oltre a condividere lo spazio di lavoro, interagiscono attivamente e il contatto è esplicitamente richiesto dal processo. All'aumentare del grado di collaborazione inevitabilmente crescono anche i requisiti di sicurezza.

Tuttavia, nonostante la presenza sempre più diffusa di robot nei luoghi di lavoro e l'aumento delle loro capacità, la disciplina legislativa non si è ancora adeguata e rimangono ambiti in cui esistono importanti lacune normative, tra le quali ad esempio la problematica di chi sia il soggetto su cui ricada la responsabilità dell'azione dei robot e quali siano gli standard nazionali e internazionali di sicurezza in riferimento al loro utilizzo (Capilli, 2019; Frattari, 2020; Maio, 2018; Ruffolo, 2019; Santosuosso, 2012). In letteratura, emerge la necessità di sviluppare un modello di responsabilità che coinvolga i diversi soggetti attivi nella realizzazione del prodotto dotato di intelligenza artificiale. Nel caso di robot con capacità di apprendimento, ad esempio, viene generalmente ritenuta utile una ripartizione della responsabilità tra il produttore, il programmatore e l'utente. Al produttore si unisce la figura del programmatore dell'algoritmo grazie al quale l'intelligenza artificiale acquisisce capacità autocorrettive e autoevolutive. In ragione di ciò, l'algoritmo dovrebbe poter essere considerato una componente della entità intelligente e il suo autore corrispondentemente responsabilizzato (Ruffolo, 2019). A queste due figure si unisce quella dell'utente qualora l'evento dannoso non sia imputabile esclusivamente ad un difetto di fabbricazione o programmazione, ma si debba piuttosto ricondurre ad un processo di apprendimento (Maio, 2018; Moro Visconti, 2018; Ruffolo, 2019). In questa eventualità, in sede giurisdizionale, dovrebbe essere quindi appurata la causa del comportamento dannoso del robot e, di conseguenza, la persona cui è imputabile.

A tal proposito è utile menzionare una delle raccomandazioni più interessanti della Risoluzione del Parlamento Europeo del 16 febbraio 2017, in tema di responsabilità civile sulla robotica che propone di introdurre per ciascun robot censito e identificato un obbligo di installazione di un dispositivo che registri, come la scatola nera degli aerei, la catena concernente percezione, cognizione, decisione, azione, così da consentire una verifica *ex post* dei processi decisionali automatizzati di ciascun robot. Viene proposta, inoltre, l'obbligatorietà di un'assicurazione generale a carico di produttori e utilizzatori, come per le autovetture, per far fronte alle responsabilità che possono discendere da azioni o errori del robot ad uso privato. Oltre a ciò, si prevede anche la creazione di un fondo di garanzia per risarcire eventuali danni o incidenti non coperti dal regime di assicurazione obbligatoria. Infine, per ciascun robot immesso sul mercato si propone l'individuazione preventiva di una persona fisica legale rappresentante e responsabile finale. Questa proposta va integrata con quella di dotare ciascun robot di un codice identificativo e istituire un pubblico registro dei robot, di modo che sia immediatamente associabile a ciascun robot una persona che ne risponde e il fondo che garantisce (Maio, 2018).

6. Analisi della resilienza organizzativa e il modello Rag

La resilienza organizzativa è la capacità di un'organizzazione di anticipare, prepararsi, rispondere e adattarsi al cambiamento incrementale e a inconvenienti improvvisi, con l'obiettivo di sopravvivere e prosperare. Hollnagel (2006) la definisce come l'abilità intrinseca di un sistema di aggiustare il proprio funzionamento in presenza di disturbi o di cambiamenti imprevisti, interni o esterni a esso.

La resilienza viene declinata in diversi settori come l'ingegneria, l'informatica, l'ecologia e la biologia, la psicologia e persino nel risk management. In tutti questi ambiti c'è un comune denominatore: la capacità di un sistema di adattarsi al cambiamento.

Partendo dalla definizione di Hollnagel, in questo studio è stato utilizzato il modello Resilience Analysis Grid (RAG) (Hollnagel, 2017), che si propone di valutare lo stato potenziale di resilienza di un sistema sociotecnico inteso come una struttura che comprende elementi sociali e tecnici che si influenzano direttamente e indirettamente in maniera reciproca per continuare a esistere e perseguire lo scopo per cui è stata costituita.

Nel modello RAG la resilienza viene definita come composizione di quattro abilità di base:

- sapere cosa fare (*Respond*), ovvero essere in grado di rispondere ai cambiamenti regolari e irregolari, ai disturbi e alle opportunità, sia mediante l'attuazione di una serie di risposte pronte all'uso, sia regolando il normale funzionamento del sistema;
- sapere cosa cercare (*Monitor*), ovvero essere in grado di monitorare ciò accade, positivamente o negativamente, alle prestazioni di sistema. Il monitoraggio deve essere rivolto tanto verso l'esterno (l'ambiente) quanto verso il sistema stesso (le prestazioni);
- sapere cosa è successo (*Learn*), ovvero essere in grado di imparare dall'esperienza, in particolare le giuste lezioni dalle giuste esperienze, considerando sia i successi sia i fallimenti;
- sapere cosa aspettarsi (*Anticipate*), ovvero essere in grado di anticipare ulteriori sviluppi futuri, come potenziali interruzioni, nuove esigenze o vincoli, nuove opportunità o minacce, o ancora mutevoli condizioni di esercizio.

Hollnagel, per rendere operativo il modello Rag fornisce anche uno strumento da utilizzare come template per sviluppare strumenti di rilevazione specifici.

Lo strumento di rilevazione adottato nell'ambito del progetto è stato elaborato e adattato allo scopo di valutare lo stato potenziale di resilienza di un'organizzazione che implementa cobot considerando la SSL.

Nell'ambito della progettazione dello strumento di rilevazione è stata evidenziata la necessità di realizzarne uno di uso pratico, con un numero limitato di domande, per renderlo più fruibile anche attraverso la guida di un tutor.

7. Lo strumento di rilevazione applicato ai cobot

Lo strumento si compone di un questionario i cui contenuti rispecchiano prevalentemente i risultati emersi nella fase di individuazione dei rischi nuovi ed emergenti per la SSL, come precedentemente riportato.

Nello specifico, l'abilità *Monitor* (M) è correlata a 9 variabili di rischio come indicato in Figura 2.

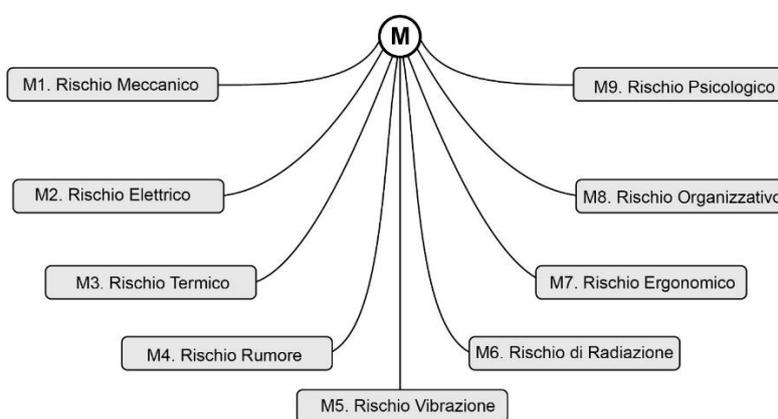


Figura 2. Variabili indagate relative all'abilità *Monitor*

La capacità *Respond* in termini di SSL da parte del sistema si concretizza nel modello con la preparazione e l'attuazione di un set di risposte pronte che si misura attraverso la velocità di attivazione delle risposte e del loro mantenimento nel tempo (Figura).

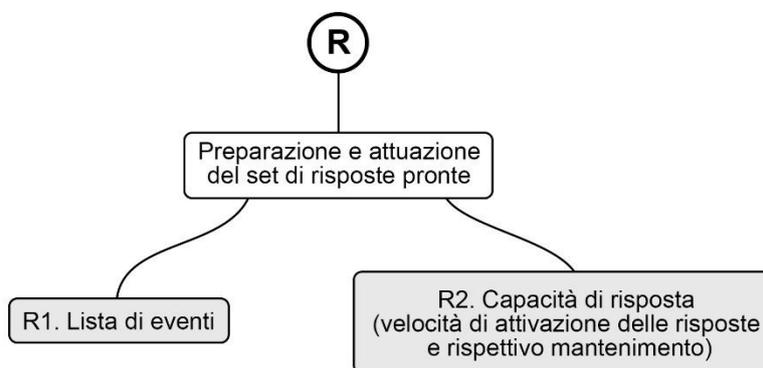


Figura 3. Variabili indagate relative all'abilità *Respond*

L'abilità *Learn* è associata a due costrutti principali: la determinazione di cosa sia rilevante apprendere e come venga diffusa la *lesson learned* all'interno dell'organizzazione. Il primo costrutto riguarda le analisi degli eventi (se hanno luogo solo in relazione con gli eventi di incidente oppure a prescindere da essi) e il secondo attiene alla formalizzazione delle *lessons learned*. La diffusione di queste ultime all'interno dell'organizzazione è suddivisa in quattro categorie (a chi; come; quando; a che scopo) delle quali una sola (quando) è declinata in un item relativo all'erogazione della formazione sulla tecnologia (L5) e in uno relativo all'erogazione della formazione sui processi e metodi di lavoro (L6). Lo schema è illustrato nella Figura 4.

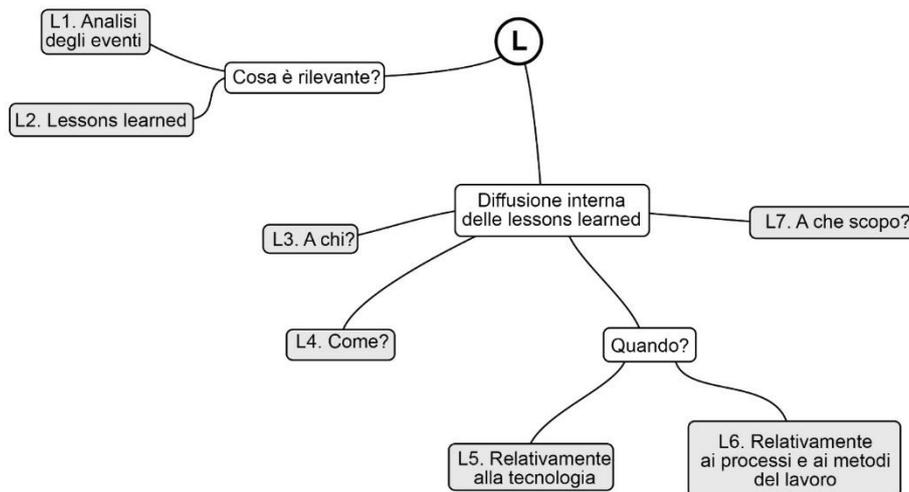


Figura 1. Variabili indagate relative all'abilità *Learn*

L'abilità *Anticipate*, infine, si osserva nell'atteggiamento dell'organizzazione riguardo al futuro rispetto all'evoluzione a lungo e breve termine delle tecnologie e dei processi e metodi di lavoro. L'organizzazione può cercare di mitigare gli effetti collegati all'incertezza del futuro, da un lato premunendosi di risorse supplementari (*slack resources*), dall'altro cercando di prevedere i comportamenti fenomenologici della tecnologia e delle modalità con cui viene svolto il lavoro, come illustrato nella seguente Figura 5.

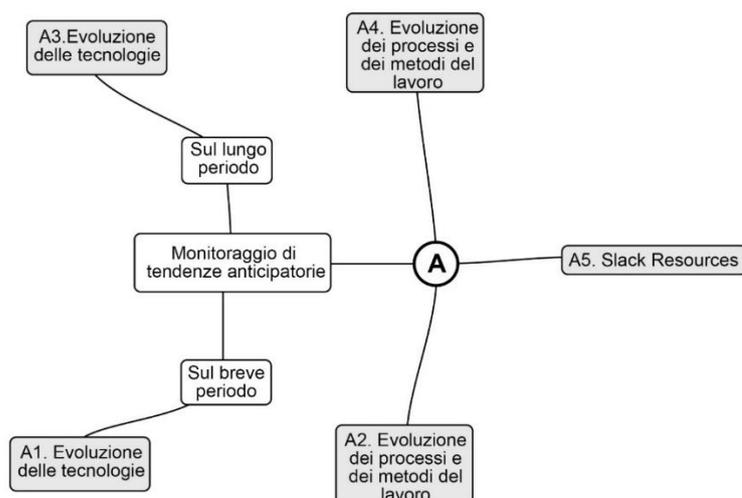


Figura 5. Variabili indagate relative all'abilità *Anticipate*

8. Materiali e metodi (metodologia dell'indagine)

La rilevazione ha previsto l'invio del questionario e la successiva compilazione attraverso il supporto di un tutor in modo da garantire la piena comprensione dei contenuti che, essendo piuttosto articolati e particolareggiati, non sempre risultavano di immediata comprensione per l'intervistato. A questo proposito, nel questionario sono state anche inserite delle note di approfondimento su aspetti tecnici, o potenzialmente soggette a maggior interpretabilità, come la differenza tra rischio organizzativo e rischio psicologico. Ogni azienda ha individuato al suo interno le figure di riferimento per questa attività tenendo conto del fatto che i soggetti intervistati avessero un buon grado di conoscenza della specifica tecnologia, dei processi produttivi interessati e delle procedure e attività correlate all'utilizzo della tecnologia stessa, quali ad esempio le attività di identificazione dei rischi e di training dei dipendenti.

Per sensibilizzare la partecipazione delle aziende è stato realizzato del materiale in lingua italiana, inglese e tedesca (brochure, questionario, campagna di rilevazione, breve teaser) utilizzando una modalità di comunicazione più diretta ed interattiva e la funzionalità del sito del progetto.

Dalla rilevazione sono state escluse le aziende produttrici di robot/cobot, dal momento che il questionario non indaga aspetti generici relativi alla tecnologia, bensì lo stato potenziale di resilienza di un'organizzazione che utilizza la tecnologia considerando la SSL. Le aziende inserite nel campione sono state scelte perché sufficientemente avanzate dal punto di vista tecnologico e quindi in grado di rispondere agli aspetti tecnici e organizzati trattati nel questionario.

9. Risultati

Sono state intervistate 15 aziende, distribuite geograficamente nel nord e centro Italia, in Belgio e nei Paesi Bassi, operanti nel settore manifatturiero, ad esclusione di tre che afferiscono al settore delle "attività professionali, scientifiche e tecniche".

Le aziende intervistate sono prevalentemente grandi imprese che occupano più di 250 lavoratori (47%), e medie imprese (27%). Alcune aziende implementano più di una tipologia di cobot, mentre in altre viene utilizzata un'unica tipologia di cobot con più modalità di interazione. Tra queste tecnologie, la più ricorrente è la PFL (30%), seguono la SMS (19%), AMR (17%), HG (17%) e SSM (17%). Nella figura 6 vengono riportate le dimensioni aziendali e le tipologie di cobot implementate.

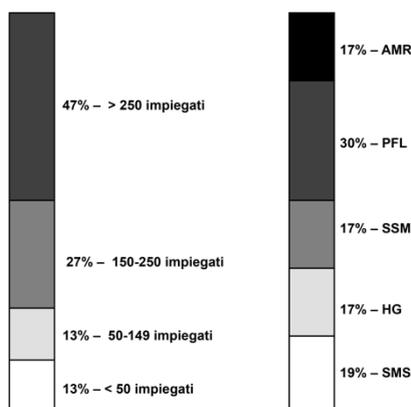


Figura 6. Dimensione aziendale e tipologie di cobot

I rispondenti hanno un'età compresa tra i 32 e i 64 anni e la maggior parte (il 64%) di loro lavora in azienda da almeno 6 anni (Figura 7).

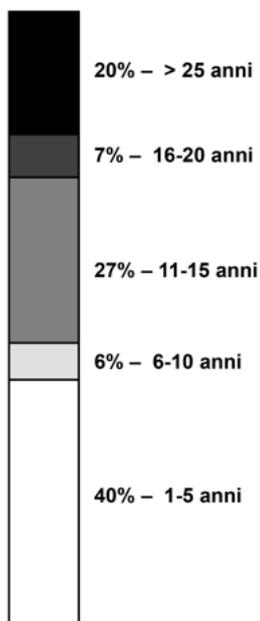


Figura 7. Anzianità aziendale dei rispondenti

I rispondenti sono principalmente manager esecutivi, che ricoprono il ruolo di “figura di riferimento per cobot” in azienda, che non necessariamente hanno un ruolo specifico in termini di SSL.

Per quanto riguarda le singole abilità analizzate i risultati medi, normalizzati in una scala da 1 a 5, sono stati riportati considerando in modo aggregato le risposte di tutte le aziende che hanno preso parte alla rilevazione (Figura 8). Complessivamente si evidenzia che l’abilità Monitorare ottiene il punteggio più basso (0.90), mentre quello di Imparare raggiunge il punteggio più alto (3.07). Questi risultati, anche se privi di evidenza statistica, permettono di mettere in evidenza tendenze comuni tra le aziende in merito al potenziale di resilienza organizzativa raggiunto nell’implementazione della tecnologia analizzata.

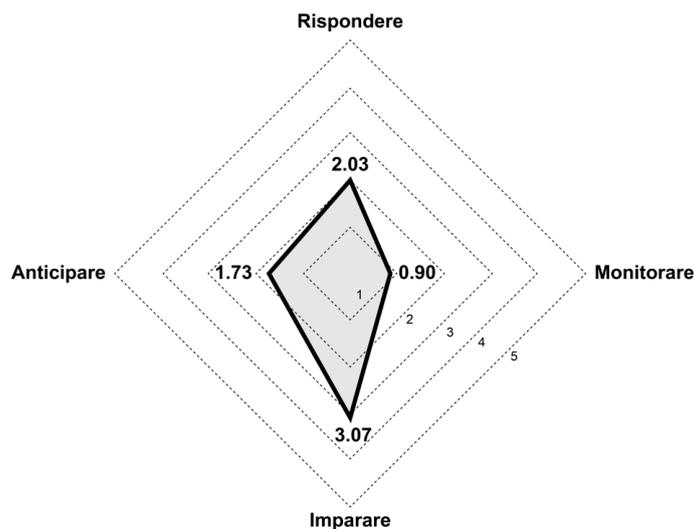


Figura 8. Media dei punteggi raggiunti dalle 15 aziende nelle 4 abilità analizzate

Nel lavoro qui presentato l’attenzione si focalizza esclusivamente sull’abilità Imparare, rilevata attraverso diversi aspetti che riguardano la capacità dell’organizzazione di analizzare le situazioni non pericolose, pericolose o di danno (L1) e se tale analisi viene effettuata post-danno oppure con cadenza regolare, indipendentemente dal concretizzarsi di un evento. Inoltre, prende in esame la tipologia di evidenza (*lessons learned*) che viene formalizzata per la disseminazione dopo l’analisi (L2), nonché il livello, in termini di numero di lavoratori coinvolti nella disseminazione (L3).

Facendo riferimento alla formazione, vengono valutate le strategie per la disseminazione delle *lessons learned* (L4) e l’eventuale erogazione della formazione sulla tecnologia o sui processi e sui metodi di lavoro (L5-L6), si valutano anche gli obiettivi specifici perseguiti dalle attività formative (L7).

Per quanto riguarda l’analisi di situazioni di non pericolo, di pericolo e di danno (L1) emerge che prevalgono principalmente analisi post-evento (76%). Risultano residuali, tra le aziende intervistate, le analisi regolari relative a procedure, principi astratti o dinamiche ricorrenti per identificare in modo preventivo gli eventi (24%). Rispetto alle evidenze (*lessons learned*) formalizzate dalle analisi di situazioni di non pericolo, pericolo e danno (L2), il 34% delle aziende, formalizza le azioni e i comportamenti da modificare, il 31% le motivazioni e solo il 14% le modalità di verifica delle azioni e dei comportamenti (Figura 9-I Parte). La disseminazione interna delle *lessons learned* (L3) nel 36% dei casi avviene attraverso l’uso di circolari, nel 24% con il coinvolgimento del responsabile del servizio di prevenzione e protezione e della direzione, nel 21% con l’attuazione di meeting informali

e 17% con sessioni formative (Figura 9 – II parte). In riferimento alle strategie adottate nelle sessioni formative (L4) emerge l'utilizzo delle lezioni frontali con il 29% dei casi, le attività sperimentali con il 26%, le lezioni dialogiche con il 24% e i follow up posteriori alla formazione con il 15% (Figura 9- III parte).

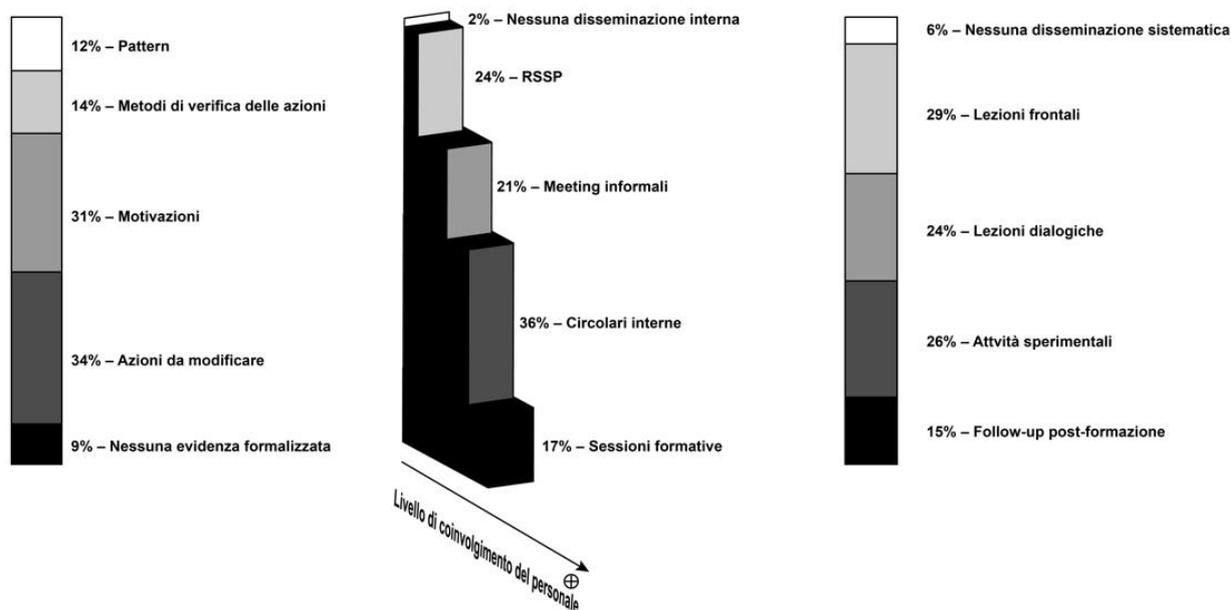


Figura 9 (I-II-III parte). Risultati del questionario per le domande L2, L3, L4

L'erogazione della formazione (L5-L6) viene valutata tenendo conto della tecnologia e dei processi e metodi di lavoro in relazione al tipo di evento (con danno e/o senza danno), al momento in cui viene erogata e alla priorità data al processo o alle persone. Dai dati emerge la tendenza a dare precedenza alle persone, e quindi di interrompere le attività produttive, in corrispondenza di eventi con danno, sia per quanto riguarda la formazione sulla tecnologia (47%) che la formazione sui processi e sui metodi di lavoro (27%).

La maggior parte delle aziende eroga la formazione con un obiettivo specifico e predefinito (L7) e solo il 7% non ne ha alcuno. L'obiettivo più ricorrente è quello di rendere i lavoratori abili ad utilizzare i cobot in relazione ad attività lavorative specifiche (32%). Solo il 5% degli obiettivi riguarda il far fronte a eventi imprevisti (Figura 10).

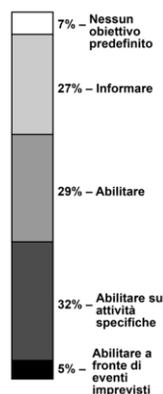


Figura 10. Risultati del questionario per la domanda L7

10. Conclusioni

Le aziende, generalmente, riconoscono nella responsabilità dei produttori la fonte primaria di prevenzione e per questo motivo si affidano al loro contributo, ritenendone esaustive le valutazioni che forniscono, sebbene affermino che ulteriori soluzioni di monitoraggio digitale, ad esempio dispositivi IoT, possano aumentare il potenziale di resilienza in termini di SSL. Bisogna, però, considerare che numerosi elementi contestuali che caratterizzano e influenzano la gestione del rischio, non possono essere noti a priori ai produttori in fase di sviluppo degli strumenti e dei prodotti e non possono prescindere da una valutazione dei rischi legati alla situazione specifica della singola azienda. Si pensi, ad esempio, al livello di competenza delle persone, alle interazioni dei cobot con altri strumenti e materiali, ai sistemi di monitoraggio attivi sui processi, nonché alla vicinanza rispetto ad altri processi. Dal punto di vista delle *lessons learned*, è emerso che molte aziende redigono in appositi manuali le buone pratiche, basandosi sull'esperienza e servendosi della collaborazione attiva dei lavoratori. Anche l'implementazione di nuove procedure e strategie di apprendimento è fortemente orientata agli eventi critici, cioè dipende dall'importanza del danno reale o, al limite, potenziale per il lavoratore. La RE, da questo punto di vista, cerca di spostare l'analisi sul processo, partendo dal presupposto che anticipare pressioni e disturbi, comprendendo le prestazioni del processo, è un modo efficace per prevenire gli eventi indesiderati non facendo affidamento solo ai sistemi di segnalazione tradizionali. In termini di competenze, i processi di apprendimento si focalizzano sui rischi identificati e sulle lezioni apprese, tralasciando invece gli obiettivi orientati all'acquisizione delle competenze necessarie a riconoscere le situazioni di potenziale emergenza e a comprendere quali siano le risposte più adeguate da dare. Queste competenze, riferite a pensiero critico, capacità di analisi, problem solving, abilità nell'autogestione, ma anche quelle tecnicamente riferibili alla *Human-Computer Interaction*, sono poco presenti nei percorsi di apprendimento rilevati. Come estensione al più ampio contesto della digitalizzazione aziendale, i dati acquisiti presso le aziende hanno mostrato che è sostanzialmente sempre prevista formazione sui rischi introdotti dalle nuove tecnologie, ma soprattutto sui rischi indicati dai produttori, non sempre esaustivi, e considerando tali tecnologie avulse dal contesto specifico in cui esse operano. Non è quasi mai prevista formazione per la gestione del cambiamento ai fini della SSL nell'ambito del quale assume

un ruolo rilevante la resilienza organizzativa e aspetti quali la cooperazione, l'analisi delle situazioni non ordinarie e la condivisione (Stabile, 2022).

Riferimenti bibliografici:

Agenzia europea per la sicurezza e la salute sul lavoro. (2018). Foresight on new and emerging occupational safety and health risks associated with digitalisation by 2025 (<https://osha.europa.eu/en/publications/foresight-new-and-emerging-occupational-safety-and-health-risks-associated/view>).

Capilli, G. (2019). Responsabilità e Robot. *La Nuova Giurisprudenza Civile Commentata*, 3, 621.

Commissione Europea (2021). Quadro strategico dell'UE in materia di salute e sicurezza sul luogo di lavoro 2021-2027 Sicurezza e salute sul lavoro in un mondo del lavoro in evoluzione (COM/2021/323 final)

Costantino, F., Falegnami, A., Fedele, L., Bernabei, M., Stabile, S., Bentivenga, R. (2021). New and Emerging Hazards for Health and Safety within Digitalized Manufacturing Systems. *Sustainability*, 13(19), pp. 1-35, 10948.

Faria, C., Colim, A., Cunha, J., Oliveira, J., Costa, N., Carneiro, P., ... & Arezes, P. (2020, July). Safety requirements for the design of collaborative robotic workstations in europe—a review. In *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics* (pp. 225-232). Springer, Cham.

Frattari, N. F. (2020). Robotica e Responsabilità da Algoritmo. Il Processo di Produzione dell'Intelligenza Artificiale. *Contratto e Impresa*, 1, 458.

Gazzetta Ufficiale. 2008. Decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81 Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

Hollnagel, E., Woods, D. D., & Leveson, N. (Eds.). (2006). *Resilience engineering: Concepts and precepts*. Ashgate Publishing, Ltd.

Hollnagel, E. (2017). Epilogue: RAG—the resilience analysis grid. In *Resilience engineering in practice* (pp. 275-296). CRC Press.

ISO (International Organization for Standardization). (2016). ISO/TS 15066 Robots and Robotic Devices - Collaborative Robots.

ISO (International Organization for Standardization). (2010). Sicurezza del macchinario - Principi generali di progettazione - Valutazione del rischio e riduzione del rischio.

Maio, V. (2018). Il diritto del lavoro e le nuove sfide della rivoluzione robotica. In *ADL* (Vol. 6, pp. 1414-1455).

Moro Visconti, R. (2018). L'intelligenza artificiale: modelli di business e profili di valutazione. *Diritto Industriale*, 5, 421.

Parlamento europeo, Risoluzione del 16 febbraio 2017 recante raccomandazioni alla Commissione concernenti norme di diritto civile sulla robotica (2015/2103(INL))

Pietrafesa, E., Bentivenga, R., Sorrentino, E., Stabile S. (2022). Digital transition: an online survey to assess the impacts of technology on workers' health and safety. *QTimes*, n. 3, pp. 267-280.

Ruffolo, U. (2019). Intelligenza artificiale, machine learning e responsabilità da algoritmo. *Giurisprudenza italiana*, (7).

Santosuosso, A., Boscarato, C., & Caroleo, F. (2012). Robot e diritto: una prima ricognizione. *La Nuova Giurisprudenza Commentata*, 494, 1-23.

Stabile, S., Bentivenga, R., Pietrafesa, E., Sorrentino, E., & Robasto, D. (2022). Il ruolo dell'apprendimento nella transizione digitale: lo sviluppo di nuove competenze per la salute e la sicurezza sul lavoro¹. *Epale Journal*, 89.