

ORMA

OSSERVATORI



**1. AUTOMATIZZARE
LE ATTIVITÀ RIPETITIVE
E A BASSO VALORE
AGGIUNTO**

**2. ROBOT MOBILI
A RUOTE E AMR**

**3. ANALISI DELL'OFFERTA
DI AMR E AGV**

- CARATTERISTICHE TECNICHE
- CARATTERISTICHE FUNZIONALI

**4. ANALISI DELLA
DOMANDA DI AMR E AGV**

- IL CAMPIONE DELL'INDAGINE
- ADOZIONE
- CARATTERISTICHE FUNZIONALI
E TECNICHE CARATTERIZZANTI
L'ADOZIONE

5. TENDENZE FUTURE

- I FRENI ALL'ADOZIONE
- LE SPINTE ALL'ADOZIONE

ORMA Osservatorio
Robot
Mobili
Autonomi
2024
Powered by Automazione
news

SPONSORED BY

rexroth
A Bosch Company

Dymation
POWERED BY TESVA

ZIMMER
group

La demografia non è una scienza esatta come, per esempio, la matematica o la fisica, ma è comunque una disciplina estremamente rigorosa le cui previsioni sono contraddistinte da un elevato livello di affidabilità. Tra i numerosi indicatori demografici ve n'è uno, tanto semplice quanto potente, capace di sintetizzare il futuro di una popolazione: il tasso di fecondità. Questo indice è un'approssimazione del numero medio di figli che una donna avrebbe nell'arco della sua vita riproduttiva, ovvero nel periodo di tempo che va dai 15 ai 49 anni. Secondo gli studiosi di demografia, un valore di 2,1 di questo indice corrisponde al tasso di sostituzione, ovvero al numero di figli mediamente necessario per donna fertile affinché una generazione sia in grado di sostituire sé stessa nonostante gli effetti della mortalità. Un valore inferiore a 2,1 segnala inequivocabilmente che la popolazione, in assenza di altri fattori quali l'immigrazione, diminuirà mentre un valore superiore è sinonimo di una popolazione in crescita.

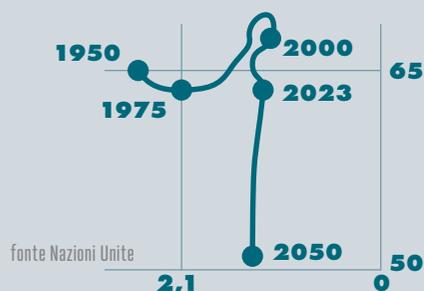
Ebbene, per la popolazione italiana nel 2023 l'ISTAT ha rilevato un tasso di fecondità pari a 1,2 e in costante decrescita dal 2012 (si veda a tal proposito il grafico di figura 1).

FIGURA 1 ANDAMENTO DEL TASSO DI FECONDITÀ IN ITALIA DAL 1999 AL 2023



Ma perché in uno studio come questo, ovvero incentrato su una delle tecnologie caratterizzanti il paradigma Industry 4.0, è di interesse un indicatore demografico come il tasso di fecondità? La risposta a questa domanda è riportata nel report delle Nazioni Unite "UN 2022 world population prospects": quando il tasso di fecondità diminuisce troppo e per troppo tempo crolla la percentuale di lavoratori.

FIGURA 2 RELAZIONE TRA TASSO DI FECONDITÀ E PERCENTUALE DI LAVORATORI IN ITALIA DAL 1950 AL 2050



Il grafico di figura 2 rischia di essere una sentenza per il sistema industriale del nostro Paese: quasi cinque lustri di tasso di fecondità inferiore addirittura a 1,5 porteranno la popolazione italiana in età lavorativa (15-64 anni) dal 63,8% del totale nel 2023, al 60,1% nel 2030, al 56,5% nel 2040 e al 53,3% nel 2050 (fonte ISTAT). Se non si attueranno contromisure adeguate,

quindi, nemmeno l'attuale e già insoddisfacente livello di PIL potrà essere mantenuto da qui a cinque anni.

Ma quali sono queste contromisure? Una corretta gestione dell'immigrazione (rimedio che da sempre consente agli Stati Uniti di evitare problemi demografici), l'avvio di strutturali iniziative di welfare a supporto dei giovani e delle donne che permettano di invertire il trend del tasso di fecondità (come sta tentando di fare la Cina per risalire dal valore di 1,16 toccato nel 2021) e il ricorso a tecnologie dell'automazione che possano rimpiazzare i lavoratori mancanti (come, tra gli altri, stanno facendo Cina, Corea del Sud e Germania).

Se le prime due contromisure pertengono alla sfera della politica e possono portare a risultati concreti solo nel medio-lungo periodo, la terza ricade direttamente nel dominio di azione dei soggetti che fanno impresa ed è potenzialmente caratterizzata da un impatto più immediato. Secondo un report che il McKinsey Global Institute ha redatto per la Regione Toscana, infatti, da un lato, circa il 60% delle occupazioni a livello mondo include almeno un 30% di attività che potrebbero essere automatizzate e, dall'altro, poco meno del 5% di tutte le mansioni attuali potrebbe essere completamente automatizzato con le tecnologie disponibili.

In particolare, sempre secondo il McKinsey Global Institute, le attività che più si prestano a essere automatizzate sono quelle fisiche che vengono svolte in ambienti cosiddetti prevedibili come i sistemi logistico-produttivi. Tra queste spiccano senz'altro quelle di intra-logistica, ovvero quelle relative al trasporto di materie prime, semi-lavorati e prodotti finiti all'interno di stabilimenti e magazzini. Si tratta, infatti, di attività ripetitive, quasi triviali, e assolutamente non a valore aggiunto che in un contesto di riduzione della popolazione in età lavorativa non dovrebbero impegnare risorse pregiate come l'uomo bensì essere delegate a sistemi automatici, ovvero a robot mobili a ruote.

Questa traiettoria di sviluppo che il McKinsey Global Institute pare suggerire alla Regione Toscana e, con essa, all'intero sistema paese Italia, è confermata da ciò che sta avvenendo a livello globale. Nel 2023, il valore del mercato dei robot mobili a ruote è stato stimato da ABB intorno ai 5,5 miliardi di dollari. Le proiezioni 2024 indicano che questo mercato potrebbe crescere ulteriormente arrivando a circa 9,5 miliardi di dollari prima del 2026 (con un tasso di crescita annuale composto (CAGR) del 20%) e portando all'installazione di ben 2,8 milioni di tali robot entro il 2028.

Ma cosa s'intende per robot mobili a ruote? Come si caratterizzano offerta e domanda delle principali tipologie di questi robot nel nostro Paese oggi? E nel prossimo futuro? A queste domande cerca di dare risposta il presente articolo che, a tal fine, è strutturato come segue: la **sezione 2** è dedicata a introdurre i robot mobili a ruote e, in particolare, gli autonomous mobile robot (AMR); la **sezione 3** sintetizza quanto emerso dalle interviste condotte a produttori/ integratori di automated guided vehicle (AGV) e AMR e mira a declinare l'attuale offerta di robot mobili in termini sia di caratteristiche tecniche, sia di caratteristiche funzionali; la **sezione 4** riassume i risultati di un survey finalizzato a indagare come gli AGV e AMR al momento adottati dai rispondenti si caratterizzano dal punto di vista tecnico e da quello funzionale; infine, la **sezione 5** è dedicata a esplorare le traiettorie future della domanda di robot mobili in Italia.

I robot mobili a ruote, che trovano largo impiego in ambito industriale, sono sistemi robotici progettati per muoversi autonomamente o semi-autonomamente utilizzando come principale modalità di locomozione ruote motorizzate o ruote e meccanismi di trazione e di sterzata. Questi robot, dotati di batterie ricaricabili, sono caratterizzati dalla capacità di navigare in diversi ambienti grazie a percorsi predefiniti o a un sistema di controllo che integra sensori, attuatori e algoritmi di pianificazione del movimento.

Diverse sono le tipologie di robot mobili a ruote:

- **Automated Guided Vehicle (AGV)**, seguono percorsi predefiniti (linee magnetiche, QR code, o guide laser) e, quindi, richiedono un'infrastruttura fissa per navigare e sono contraddistinti da una limitata flessibilità in ambienti dinamici.
- **Autonomous Mobile Robot (AMR)**, sono dotati di navigazione autonoma grazie a sensori avanzati (come lidar e fotocamere) e algoritmi che possono sfruttare anche l'intelligenza artificiale. Si adattano dinamicamente agli ostacoli e agli ambienti in evoluzione e per questo garantiscono una maggiore flessibilità rispetto agli AGV.
- **Robot mobili collaborativi**, progettati per lavorare a stretto contatto con gli esseri umani, sono un'evoluzione degli AMR in quanto integrano le caratteristiche degli AMR stessi con funzioni di carico/scarico o assistenza.
- **Automated Guided Cart (AGC)**, versione semplificata degli AGV, sono spesso più leggeri e dotati delle sole funzionalità di base. Seguono anch'essi percorsi predefiniti e sono caratterizzati da una minor difficoltà d'implementazione rispetto agli AGV.
- **Robot mobili per la consegna urbana**, progettati per operare su strade o marciapiedi grazie a sistemi di navigazione avanzata sono focalizzati su consegne di ultimo miglio.

AGV/AMR ibridi, combinano alcune caratteristiche degli AGV (come, per esempio, la precisione) con la flessibilità degli AMR in quanto possono operare su percorsi predefiniti ma anche adattarsi a cambiamenti.

Tra le tipologie di robot mobili a ruote sopra riportate, quelle principali e che trovano maggior impiego in ambito industriale (sia in contesti logistici, sia in contesti produttivi) sono gli AGV e gli AMR. Poiché gli AGV sono al momento maggiormente diffusi e noti, nel prosieguo verranno descritti nel dettaglio gli AMR che non solo sono contraddistinti da un più alto grado di innovatività ma anche da previsioni di adozione sempre maggiori.

I principali elementi che contraddistinguono gli AMR sono:

- **Sensori:** gli AMR sono caratterizzati da una molteplicità di sensori sofisticati montati a bordo, tra cui telecamere 3D, scanner laser, sensori a ultrasuoni e LiDAR. Questi strumenti consentono di percepire e interpretare l'ambiente circostante, raccogliendo dati in tempo reale per navigare in modo preciso, evitando gli ostacoli, e interagendo in modo sicuro con oggetti e persone presenti nel luogo di utilizzo.
- **Intelligenza artificiale e apprendimento automatico:** l'autonomia di questi robot mobili che li contraddistingue deriva dall'uso di algoritmi di intelligenza artificiale e di machine learning. Grazie a queste tecnologie, i robot sono in grado di adattarsi velocemente a nuovi ambienti e compiti, migliorando le loro prestazioni in modo continuo.
- **Navigazione:** gli Autonomous Mobile Robots utilizzano diverse tecnologie di localizzazione. Una di queste è la mappatura simultanea (SLAM) in cui vengono costruite delle mappe tridimensionali che permettono di determinare con precisione la loro posizione nell'ambiente. Altra tecnologia è quella basata sui QRCode, in cui i robot sono dotati di aiiders posti sui diversi lati che leggono dei QRCode (dimensioni di circa 1.2x1.2 cm) a terra attraverso i quali prenotano il loro percorso (3 posizioni alla volta prenotando quasi 1 m) per evitare situazioni di congestione ma soprattutto di collisione individuando dei percorsi alternativi. Un'altra alternativa valida è la tecnologia basata sui laser, in cui il LIDAR emette un raggio laser a infrarossi in tutte le direzioni. Quando

il raggio laser colpisce un oggetto, una parte della luce viene riflessa verso il sensore che misura il tempo impiegato dal raggio laser per andare dall'emissione alla riflessione (ritorno). Questo tempo viene utilizzato per calcolare la distanza tra il sensore e l'oggetto colpito. Il LIDAR scansiona continuamente l'ambiente circostante, raccogliendo dati sulle distanze degli oggetti. Questi dati vengono elaborati per creare una mappa tridimensionale o bidimensionale dell'ambiente.

- **Interazione uomo-robot:** gli AMR sono progettati per operare in ambienti promiscui. Per far ciò, questi robot utilizzano sistemi di visione artificiale e algoritmi di riconoscimento per identificare persone e oggetti. Tale promiscuità incide notevolmente sulla programmazione dei tempi di ciclo delle operazioni, come riportato nella normativa ISO 102018.
- **Integrazione:** gli AMR sono in grado di integrarsi con i sistemi di gestione del magazzino (WMS) e altre piattaforme software aziendali. Questa integrazione facilita una gestione più coordinata ed efficiente delle operazioni logistiche, che va dal prelievo degli ordini alla gestione dell'inventario e alla spedizione dei prodotti.

In virtù di questi elementi è possibile sintetizzare le principali differenze tra AMR e AGV con quanto riportato in tabella 1.

TABELLA 1 CARATTERISTICHE DI AMR E AGV

| CARATTERISTICA | AMR | AGV |
|----------------|-------------------------------|---------------------------|
| ADATTABILITÀ | AUTONOMA E DINAMICA | PREDETERMINATA |
| PREDETERMINATA | ALTA (GESTISCE OSTACOLI) | BASSA |
| INFRASTRUTTURA | MINIMA | NECESSARIA |
| COSTO INIZIALE | PIÙ ALTO | GENERALMENTE PIÙ BASSO |
| APPLICAZIONI | AMBIENTI DINAMICI E COMPLESSI | LINEE PRODUTTIVE SEMPLICI |

Gli AMR, come detto, stanno riscontrando tassi di adozione in crescita nei diversi settori industriali in virtù della sempre maggior consapevolezza dei vantaggi a essi legati. In particolare, questi ultimi sono rappresentati da:

- **Flessibilità operativa:** possono essere rapidamente riassegnati a nuovi compiti o adattati a modifiche nel layout senza richiedere cambiamenti infrastrutturali significativi. Questa flessibilità permette anche una facile scalabilità, consentendo di aumentare o di diminuire il numero di AMR nella flotta secondo le necessità (la flessibilità rappresenta un punto di forza rispetto ad altre tipologie di robot mobili a ruote come gli AGV).
- **Efficienza:** capaci di operare, in termini di flotta ovviamente, 24 ore su 24, 7 giorni su 7, gli AMR (come gli altri robot mobili a ruote) riducono la dipendenza dal lavoro umano e incrementano notevolmente la produttività complessiva delle attività operative.
- **Riduzione dei costi:** l'automazione dei processi ripetitivi tramite AMR (così come tramite altre tipologie di robot mobili a ruote) comporta una significativa diminuzione dei costi operativi, inclusi quelli legati alla manodopera e agli errori umani.
- **Sicurezza:** gli AMR contribuiscono a ridurre il rischio di incidenti e infortuni sul lavoro, particolarmente in ambienti potenzialmente pericolosi o in situazioni che richiedono operazioni ripetitive, fisicamente impegnative e che comportano un alto livello di promiscuità con gli operatori (la sicurezza rappresenta un punto di forza rispetto a mezzi di trasporto tradizionali come, per esempio, i carrelli elevatori e, quindi, è condiviso con gli AGV).

FOCUS ON

I SETTORI IN CUI SONO PRESENTI GLI AMR

Gli AMR hanno rivoluzionato numerosi settori industriali grazie alla loro capacità di operare in maniera autonoma, adattandosi dinamicamente a diversi ambienti e ottimizzando i processi logistici e produttivi. La loro versatilità consente di impiegarli in una vasta gamma di applicazioni, dalla logistica alla produzione, riducendo i tempi di inattività, migliorando l'efficienza operativa e aumentando la precisione nella gestione delle risorse. Di seguito vengono esplorati alcuni dei principali settori in cui gli AMR sono utilizzati, illustrando le relative applicazioni pratiche.

- **Automotive:** Gli AMR nascono prevalentemente per questo ambito e vengono utilizzati nei press shop per il trasporto delle lamiere delle auto, come pannelli delle portiere e cofani, verso le linee di assemblaggio. Nel body shop, movimentano componenti assemblati tra le varie stazioni, assicurando che giungano alle linee di montaggio tempestivamente e senza interruzioni. Inoltre, possono essere utilizzati per la consegna di componenti alle linee di produzione, migliorando l'efficienza e riducendo i tempi di attesa.
- **3PL/4PL (Terziari della Logistica):** I robot mobili ottimizzano la gestione del magazzino, eseguendo operazioni di picking, trasporto e smistamento delle merci. Possono spostare carichi dal punto di arrivo alle diverse aree del magazzino, riducendo i tempi di movimentazione e il bisogno di intervento umano. Inoltre, sono in grado di gestire operazioni di inventario in tempo reale, migliorando la precisione nella gestione delle scorte.
- **Fashion:** Nell'industria della moda, sono impiegati per movimentare tessuti, accessori e capi finiti tra le diverse aree di stoccaggio e produzione. Possono supportare le linee di produzione, trasportando materiali e semilavorati dalle aree di magazzino alle postazioni di lavoro. Inoltre, il loro utilizzo avviene anche nella gestione logistica durante le fasi di preparazione e spedizione degli ordini, ottimizzando la velocità e l'efficienza delle operazioni.
- **Healthcare:** Gli AMR trovano utilizzo nella movimentazione di materiali sanitari, farmaci e campioni biologici tra diverse aree dell'ospedale, trasportandoli dai



magazzini centrali ai reparti, laboratori e sale operatorie, riducendo, così, il rischio di contaminazione e migliorando la logistica interna. Inoltre, sono in grado di gestire il trasporto di biancheria sporca e rifiuti, aumentando il livello di igiene e sicurezza. Da considerare, però, che l'applicazione in questo settore è ancora preliminare e non ancora altamente diffuso.

- **GDO e Retail:** Nei grandi magazzini e centri commerciali, la tecnologia autonoma viene utilizzata per rifornire gli scaffali, gestire l'inventario e trasportare merci dai depositi ai punti vendita. Inoltre, possono completare le proprie missioni durante l'orario di apertura senza disturbare i clienti, assicurando che gli scaffali siano sempre ben riforniti e supportando la gestione delle operazioni di inventario, migliorando anche la precisione e riducendo le perdite.
- **E-commerce:** i robot mobili nell'e-commerce eseguono operazioni di picking e trasporto dei prodotti per la preparazione degli ordini e le spedizioni. Il tutto avviene movimentando carrelli dalle aree di stoccaggio ai punti di imballaggio e spedizione e migliorando l'efficienza e la velocità delle operazioni, soprattutto durante i picchi di domanda.
- **Food & Beverage:** Gli AMR e AGV vengono impiegati per il trasporto di prodotti alimentari e bevande all'interno dei magazzini, assicurando una movimentazione sicura e veloce. Gestiscono operazioni di picking e smistamento, trasportando i prodotti dalle aree di stoccaggio alle linee di imballaggio e spedizione. Inoltre, sono in grado di operare in ambienti a temperatura controllata fino a 5°C, garantendo la qualità e la sicurezza dei prodotti.
- **Chimica, Elettronica e Semiconduttori:** In questi settori, i robot mobili garantiscono la sicura movimentazione di materiali sensibili e costosi, aumentando il grado di precisione e sicurezza delle operazioni logistiche. Trasportano componenti elettronici e semiconduttori tra le varie stazioni di produzione e assemblaggio, riducendo il rischio di danni e contaminazioni. Inoltre, supportano la gestione delle operazioni di magazzino, migliorando l'efficienza e la tracciabilità dei materiali.
- **Metalmeccanico:** Supportano la movimentazione dei materiali grezzi e dei prodotti finiti, soprattutto nel caso di componenti pesanti ed ingombranti, grazie al lavoro combinato tra più modelli di robot mobili.



FOCUS ON

Altre applicazioni

Negli ultimi anni, il settore sanitario ha cominciato a mostrare un crescente bisogno di ottimizzare la movimentazione di materiali e prodotti all'interno di ospedali, cliniche e ambulatori. In particolare, gli intervistati hanno dichiarato che tale settore è il candidato favorito tra quelli "extra-industriali" ad adottare ampiamente i sistemi autonomi di movimentazione.

Anche nel settore della ristorazione si sta assistendo a una crescente adozione degli AMR, in particolare per il servizio di cibo e bevande all'interno dei ristoranti. Questa tecnologia viene già applicata in diversi locali, soprattutto di origine orientale, dove i robot affiancano il personale nella gestione del servizio. Questi risultano particolarmente vantaggiosi perché possono trasportare contemporaneamente numerosi piatti e compiere spostamenti continui senza affaticarsi, offrendo così una maggiore efficienza operativa e contribuendo a creare una customer experience del tutto innovativa.

In ambienti ad elevata sensibilità, come le camere bianche o grigie, l'implementazione di robot mobili autonomi può offrire significativi vantaggi. Gli operatori, infatti, sono obbligati a indossare indumenti protettivi e a seguire rigide procedure di sanificazione per accedere a tali aree. Questo comporta costi legati all'uso di equipaggiamento speciale e richiede un considerevole dispendio di tempo per la preparazione. Di conseguenza, gli operatori tendono a rimanere all'interno di questi spazi per periodi prolungati, al fine di ridurre al minimo le interruzioni operative. In questo contesto, la tecnologia autonoma permette di eliminare tutte quelle operazioni prive di valore aggiunto, come il trasporto di semilavorati all'interno di tali ambienti, evitando così le procedure di sicurezza richieste al personale per prevenire la contaminazione dell'intero ambiente.

Un'altra area applicativa in via di sviluppo è l'utilizzo degli AMR in ambienti esterni, dove le condizioni sono spesso imprevedibili, come le pavimentazioni irregolari, gli ostacoli da superare e le variazioni climatiche come pioggia e vento. Tra le possibili applicazioni si prospettano la logistica dell'ultimo miglio, con aziende come Amazon che già sperimentano la consegna tramite droni, la distribuzione di cibo in grandi strutture come gli hotel (come avviene a Las Vegas), e il settore agricolo.

Per promuovere maggiormente queste applicazioni, è necessario rendere gli AMR in grado di affrontare con efficienza queste aree, caratterizzate da condizioni ambientali mutevoli.

Infine, un'ultima applicazione della tecnologia autonoma potrebbe essere quella all'interno di ambienti a basse temperature, come le celle frigorifere. Per questo uso, gli AMR attuali possiedono ancora diverse limitazioni, poiché possono operare solo in un intervallo di temperatura compreso tra 5 e 40°C in quanto le componenti elettroniche risentirebbero delle condizioni estreme dell'ambiente di lavoro. Tuttavia, è plausibile immaginare che, in un prossimo futuro, verranno sviluppati robot capaci di lavorare anche sottozero diventando dei possibili alleati in grado di migliorare la produttività in ambienti in cui si richiede una presenza prolungata in tali condizioni.

Smart MechatroniX

Soluzioni meccatroniche complete

Plug & Produce acceleriamo progettazione, messa in funzione e time to market

Proceed rendiamo la vostra produzione più trasparente, efficiente e affidabile

Perform re-inventiamo l'automazione industriale per un futuro sostenibile



rexroth
A Bosch Company

L'offerta di AMR e AGV in Italia può essere studiata utilizzando come dimensioni di analisi le caratteristiche tecniche e funzionali che contraddistinguono i robot presenti sul mercato. Le prime possono essere sintetizzate con:

1. **Portata:** capacità massima, espressa in chilogrammi, di sollevare e/ o movimentare uno specifico carico.
2. **Velocità:** velocità massima, espressa in metri al secondo, che può essere raggiunta a pieno carico.
3. **Tipologia di batteria:** tipo di dispositivo di accumulo di energia elettrica di cui è dotato l'AMR.
4. **Tipologia di ricarica:** modalità con cui il veicolo si rifornisce di energia elettrica per poter completare i task assegnati.
5. **Full charge endurance:** tempo totale di operatività del robot mobile con una singola carica completa della batteria.
6. **Full charging time:** tempo necessario per ricaricare completamente la batteria dell'AMR/AGV dal valore indicato come soglia di carica fino alla carica massima.
7. **Cicli di ricarica:** numero di volte che la batteria può essere ricaricata senza perdere efficienza.

Le caratteristiche funzionali, invece, riguardano:

1. **Azioni:** macro-attività eseguibili grazie all'attrezzaggio dei robot mobili con sistemi specifici.
2. **Ricalcolo del percorso:** capacità di modificare il percorso primario in presenza di ostacoli su questo.
3. **Promiscuità:** capacità dei veicoli di poter lavorare nel medesimo ambiente in cui è presente l'uomo.
4. **Stop accuracy:** parametro che misura quanto precisamente un AMR/AGV può fermarsi in una posizione predefinita rispetto al punto target.
5. **Sistema di guida:** metodologia con la quale il robot mobile percorre il tragitto dal punto A al punto B.
6. **Modalità di spostamento:** descrive le capacità di manovra degli AMR/AGV e i raggi di curvatura che può compiere.
7. **Movimento in pendenza:** capacità di muoversi su pavimentazioni con determinate inclinazioni.
8. **Ambiente di lavoro:** capacità di lavorare in ambienti outdoor o indoor.

CARATTERISTICHE TECNICHE

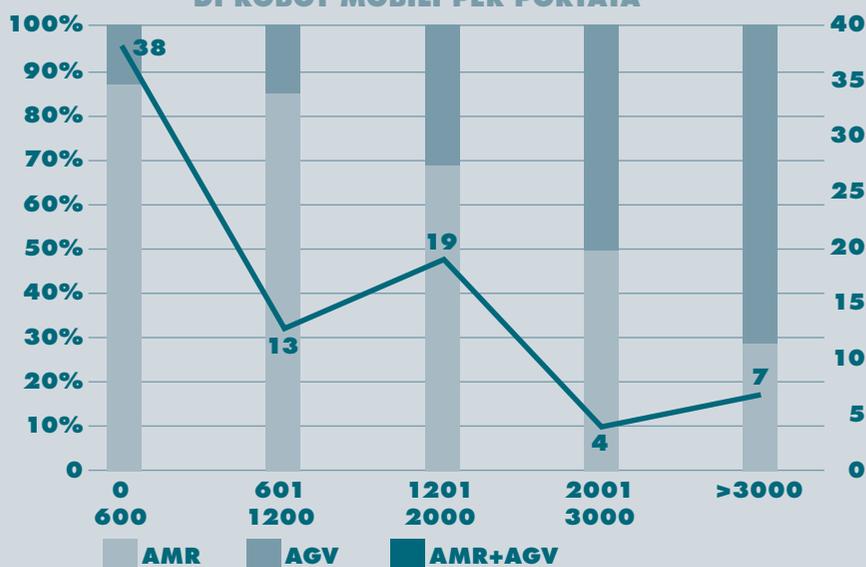
Portata

La portata di un AMR o di un AGV è uno dei parametri più importanti da considerare nella scelta del modello. La capacità di carico è spesso una delle prime specifiche elencate dai produttori di robot mobili e si riferisce alla quantità di massa che il robot stesso può sostenere o trasportare.

Il payload del robot mobile può avere un impatto significativo sulle sue prestazioni complessive e sul successo dell'applicazione. Un AMR o un AGV con un payload troppo basso può portare, infatti, sia a un'esecuzione non efficace delle attività per le quali è stata introdotta l'automazione, sia la rottura del robot. Un AMR o un AGV con una portata massima eccessiva, invece, può causare inefficienze nella produttività e nei tempi di ciclo, oltre che un investimento economico maggiore di quello realmente necessario. Per cui valutare la portata corretta risulta fondamentale per l'ottimizzazione del processo da automatizzare, garantendo maggiori affidabilità e produttività e, quindi, tempi di ripagamento dell'investimento più rapidi.

Ebbene, rispetto a tale caratteristica tecnica come si presenta l'offerta all'interno del panorama italiano? La sintesi desunta dai dati ricavati dalle interviste ai produttori/integratori di robot mobili è descritta in figura 3. Da qui è possibile notare come la grande maggioranza dei modelli, 38 su 81, si concentri nella fascia di portata che va dagli 0 ai 600 kg e come fino a portate inferiori ai 2000 kg si osservi una netta prevalenza dei modelli di AMR rispetto a quelli di AGV. Oltre questa soglia il numero di modelli di robot mobili per fascia di portata cala significativamente e si assiste a un ribaltamento nella popolarità di AMR e AGV. Queste dinamiche possono essere spiegate dal fatto che per il trasporto di carichi relativamente "leggeri" i produttori/integratori di robot mobili ritengano gli AMR la soluzione preferenziale in virtù delle loro flessibilità, adattabilità e scalabilità mentre, per il trasporto di pesi considerevoli, da un lato, ritengano opportuno sviluppare robot mobili ad hoc per le diverse applicazioni particolari (da qui una riduzione del numero di modelli disponibili "a scaffale" all'aumentare delle fasce di portata) e, dall'altro, considerino gli AGV la soluzione preferenziale in virtù di percorsi predefiniti e interdetti agli operatori che sono di fatto necessari nel momento in cui si trasportano materiali pesanti e, quindi, almeno in genere, voluminosi.

FIGURA 3 POPOLARITÀ DEI VALORI DI PORTATA RISPETTO AI MODELLI DI AGV E AMR PRESENTI SUL MERCATO E NUMERO TOTALE DI MODELLI DI ROBOT MOBILI PER PORTATA



Velocità

Dopo la portata, un ulteriore parametro da considerare è la velocità operativa. Per un robot mobile risulta essere determinante per la sua produttività. La velocità media, con la quale un AMR o un AGV opera, ha un impatto diretto sul numero di missioni che può svolgere, sulla quantità di materiali che può movimentare e, di conseguenza, sul numero di persone che possono essere riassegnate ad attività differenti all'interno del magazzino o del reparto produttivo (Judkowitz, 2021).

La velocità e la portata hanno quindi un impatto notevole sull'ottimizzazione della produttività, calcolabile tramite la seguente formula 1:

$$\text{PRODUTTIVITÀ} = \frac{\text{PORTATA [KG]} \cdot \text{VELOCITÀ MEDIA} \left[\frac{\text{M}}{\text{S}} \right] \cdot (1 - \text{PERCENTUALE DI INATTIVITÀ})}{\text{Distanza da Percorrere [M]}}$$

SEGUE ►►►

3

ANALISI DELL'OFFERTA DI AMR E AGV

SEGUE ►►►

Dove:

- **“Portata”** si riferisce alla capacità di carico del robot.
- **“Velocità Media”**, che varia dal 50% al 90% della velocità massima, è influenzata da fattori come la complessità del layout, le curve strette, e la necessità di rallentare per garantire la sicurezza durante le operazioni di attracco e manovra.
- **“Percentuale di Inattività”** rappresenta il tempo in cui il robot non è operativo. Include periodi di inattività dovuti a guasti, problemi di comunicazione o connessione, e tempi di ricarica della batteria.
- **“Distanza da percorrere”** è la distanza tra i punti di raccolta e di consegna. Questa variabile è dipendente dal design del flusso di lavoro.

La formula sottolinea che, sebbene il payload e la velocità media siano essenziali per movimentare grandi quantità di materiali nel minor tempo possibile, è altrettanto importante ridurre il più possibile i tempi di inattività e ottimizzare il layout della struttura per minimizzare le distanze di viaggio.

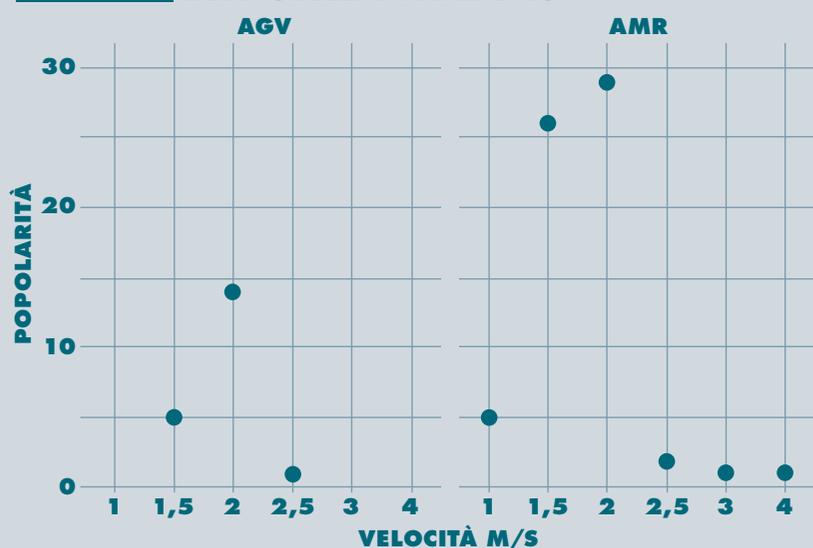
Un altro fattore che può influenzare la velocità è la capacità di accelerazione e decelerazione. Infatti, un robot che è in grado di accelerare rapidamente in seguito ad una fermata può mantenere una velocità media più elevata e completare i compiti più velocemente, contribuendo così a garantire un flusso di lavoro continuo anche negli ambienti più complessi. Tuttavia, un'accelerazione o una decelerazione troppo accentuata potrebbe compromettere la stabilità del carico e la sicurezza della missione, soprattutto se si dovesse trattare di carichi piuttosto pesanti e ingombranti; perciò, è necessario compiere le giuste analisi per identificare un trade off tra efficienza e sicurezza (Tella, s.d.). Per questo torna utile la normativa ISO 3691-4:2023, che prevede specifici test per valutare le capacità di arresto del veicolo in caso di ostacoli imprevisti.

Tra i test eseguiti si verifica che il robot sia in grado di arrestarsi in sicurezza di fronte a un ostacolo, come una parte del corpo umano oppure un oggetto come un pallet o uno scaffale. Questa valutazione viene condotta con il robot che trasporta il suo carico massimo a una velocità pari al 110% della velocità massima dichiarata.

Tali accertamenti necessitano di essere eseguiti nell'area di lavoro effettiva del veicolo, previa simulazioni condotte in appositi laboratori, poiché fattori come il grado di aderenza e pendenza della superficie e le condizioni ambientali possono influenzare significativamente la capacità di arresto e la velocità del robot. Eseguendo i test in condizioni reali, si garantisce che il veicolo sia calibrato e configurato correttamente per operare in sicurezza nel proprio ambiente di lavoro.

Facendo riferimento agli AGV e AMR analizzati, si veda figura 4, è possibile osservare come i primi abbiano una distribuzione della velocità compresa tra 1 m/s e 2,5 m/s, con una notevole presenza di modelli che possono raggiungere velocità massime di 2 m/s. Per quanto riguarda gli AMR, invece, si denota una distribuzione più ampia, arrivando fino a 4 m/s (con un singolo modello). La maggior parte presenta una velocità operativa massima compresa tra 1,5 m/s e 2 m/s, ma ci sono anche due veicoli con una velocità molto basse e pari a 1 m/s, confermando l'ampia varietà di scelta sul mercato.

FIGURA 4 POPOLARITÀ DELLE VELOCITÀ DEI MODELLI DI AMR E AGV



Batteria

Uno degli elementi che caratterizzano l'operatività e di conseguenza che dovrebbero influenzare la scelta del robot mobile è la batteria. In generale, il consumo energetico di questi robot può essere suddiviso in tre componenti principali:

- Alimentazione del sistema di locomozione.
- Alimentazione del sistema di percezione.
- Alimentazione del sistema di navigazione.

Per garantire un corretto funzionamento di un AMR o di un AGV, bisogna assicurare che ogni sistema riceva la giusta quantità di energia e per questo la scelta della fonte di alimentazione riveste un ruolo fondamentale. A differenza di quelli tradizionali, come i bracci robotici impiegati nelle fabbriche, che sono stazionari e possono essere collegati direttamente alla rete elettrica, i robot mobili necessitano di una fonte di energia portatile, come una batteria, per alimentare i sistemi interni e consentire l'esecuzione delle loro funzioni.

Nel mercato, esistono diverse tecnologie di batterie, ma quella che più comunemente viene utilizzata è quella basata sugli ioni di litio (Li-ion). Questa tipologia di batterie converte l'energia chimica in energia elettrica attraverso reazioni redox (scambio di elettroni) che coinvolgono i materiali attivi degli elettrodi (catodo e anodo). La configurazione tipica di un pacco batteria per un robot mobile prevede l'interconnessione di multiple celle individuali a ioni di litio secondo specifiche topologie serie-parallelo, calibrate per raggiungere i valori desiderati dei due parametri fondamentali delle prestazioni della batteria: tensione operativa e capacità di accumulo complessiva.

Ebbene, dalle interviste condotte, emerge la prevalenza delle batterie degli ioni di litio ed in particolare, del litio ferro fosfato (LiFePO₄). Questa tipologia ha un'elevatissima durata, con 7000 cicli di ricarica possibili. Sono molto efficienti ed adatte per le applicazioni automotive dove è richiesta un'elevata full charge endurance. Permettono la ricarica ad induzione e sono considerate tra le più sicure delle batterie Li-ion. Tuttavia, è emersa anche come tecnologia alternativa, le batterie miste Litio-Cobalto che però dispongono di una durata inferiore, solo 2000-2500 cicli. Sono molto diffuse nel mercato cinese, ma potenzialmente pericolose, con rischio di incendi se danneggiate. Risultano meno adatte per applicazioni che richiedono lunga vita.

3

ANALISI DELL'OFFERTA DI AMR E AGV

SEGUE ►►►

Dalle interviste condotte presso i produttori/ integratori di robot mobili si evince come la totalità dei modelli di AGV e AMR da essi proposti impieghi le batterie al LiFePO₄, preferibili per la loro longevità, sicurezza ed efficienza energetica, caratteristiche chiave per garantire un'efficace automazione delle attività di intra-logistica in contesti industriali. È qui importante notare come la ricerca sulle batterie si stia concentrando sull'utilizzo di materiali che, sfruttando modalità alternative di accumulo di carica, portino a un significativo incremento della capacità delle batterie stesse. In questo contesto, lo sviluppo di celle caratterizzate da tensioni operative più elevate e maggiori capacità specifiche potrebbe portare a una riduzione significativa del numero di celle necessarie per assemblare un pacco batteria con determinate specifiche. Questa evoluzione tecnologica avrebbe implicazioni di vasta portata sulla progettazione e sul funzionamento degli AMR e AGV. I pacchi batteria risultanti, caratterizzati da un minor numero di celle, presenterebbero vantaggi significativi in termini di:

- Riduzione del peso complessivo del sistema energetico.
- Ottimizzazione dello spazio occupato all'interno del robot.
- Potenziale aumento dell'autonomia operativa.

Questi miglioramenti potrebbero tradursi in un incremento dell'efficienza globale dei robot mobili, consentendo design più compatti o l'integrazione di componenti aggiuntivi nello spazio risparmiato.

Ricarica

Il meccanismo di ricarica delle batterie garantisce l'efficienza operativa e la riduzione dei tempi di fermo, influenzando anche il ritorno sull'investimento per le aziende.

Per ricaricare i robot mobili, sono necessarie infrastrutture specifiche, denominate "docking station". Solitamente, il rapporto tra robot e stazioni di ricarica è di circa 1:5 o 1:6, ma può variare in base alle esigenze dell'applicazione.

Gli AMR e gli AGV utilizzano sistemi di gestione delle batterie e di controllo delle batterie per monitorare costantemente parametri come la tensione delle celle, lo stato di carica e la temperatura, prevenendo così potenziali malfunzionamenti. Grazie a questi sistemi, quando la carica scende sotto una determinata soglia, i robot si dirigono automaticamente alla docking station più vicina per ricaricarsi.

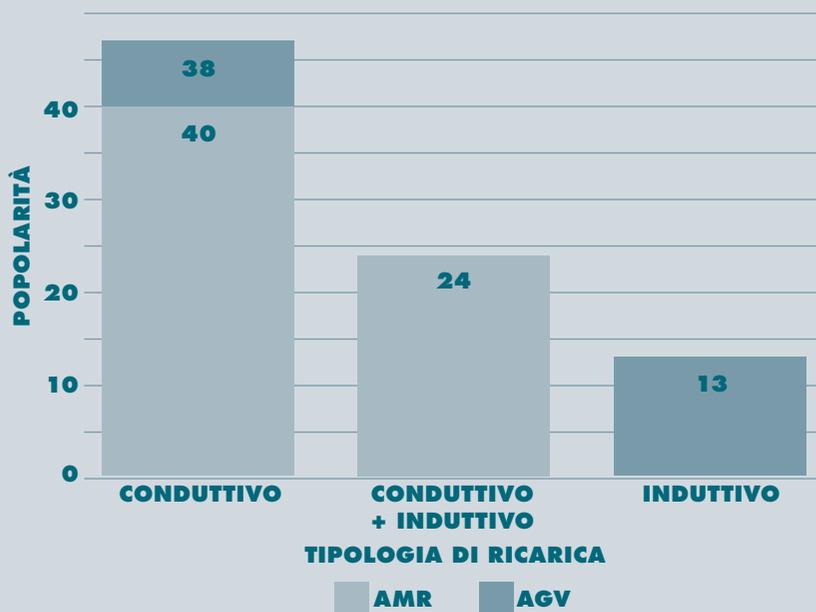
Sul mercato esistono due modalità principali di ricarica: conduttiva e induttiva. La ricarica conduttiva richiede il contatto fisico tra il robot e la stazione di ricarica. Questa modalità è simile a quella utilizzata per dispositivi elettronici comuni. La ricarica induttiva (o wireless) non richiede, invece, alcun contatto fisico permettendo, così, una maggiore flessibilità nel posizionamento dei robot, poiché non è necessario un allineamento perfetto tra robot e docking station (si veda figura 5).

FIGURA 5 ESEMPI
DI DOCKING STATION



Le infrastrutture di ricarica induttiva, tuttavia, possono richiedere tempi più lunghi di installazione (per esempio, devono essere realizzate più docking station distribuite), creando difficoltà nelle aziende che cercano un rapido ritorno sull'investimento. La ricarica wireless riduce, però, i tempi di inattività aumentando la produttività, poiché consente ai robot di ricaricarsi anche durante brevi pause operative, massimizzando così l'utilizzo delle risorse. La ricarica wireless è anche altamente scalabile, permettendo di adattare facilmente l'infrastruttura di ricarica alle esigenze operative in crescita. Le stazioni di ricarica possono essere aggiunte o riposizionate in base alle necessità. Questa adattabilità è particolarmente utile in settori fortemente dinamici dove la flessibilità operativa garantisce alle aziende un vantaggio competitivo. Infine, l'induzione permette di ridurre i rischi di incidenti legati alla connessione fisica ai cavi, migliorando la sicurezza e diminuendo i costi di lavoro legati a interventi manuali. Ebbene, dalle interviste condotte è possibile ricavare il grafico di popolarità dei modelli di AGV e AMR per tipologia di ricarica di figura 6.

FIGURA 6 POPOLARITÀ DELLE DIVERSE TIPOLOGIE DI RICARICA RISPETTO AI MODELLI DI AGV E AMR PRESENTI SUL MERCATO



Se da qui è possibile notare come la maggior parte dei modelli di robot mobili presenti sul mercato lavori sfruttando la ricarica conduttiva (47 su 84, ovvero il 56%), la ricarica puramente induttiva sia quella più impiegata tra i modelli di AGV (13 su 20, ovvero il 65%). Questo non sorprende poiché, la presenza di percorsi predeterminati, rende possibile l'applicazione di bande di ricarica induttiva lungo il percorso stesso permettendo l'in-process charging e, quindi, la riduzione dei tempi di inattività e, conseguentemente, un aumento significativo della produttività in accordo con la formula (1). Infine, sebbene la ricarica conduttiva sia ancora prevalente tra gli AMR (40 su 64 modelli, ovvero il 62,5%), si stanno affermando modelli di AMR che supportano sia la ricarica conduttiva, sia quella induttiva. Questo potrebbe rappresentare una delle evoluzioni future più rilevanti nell'ambito degli AMR.

3

ANALISI DELL'OFFERTA DI AMR E AGV

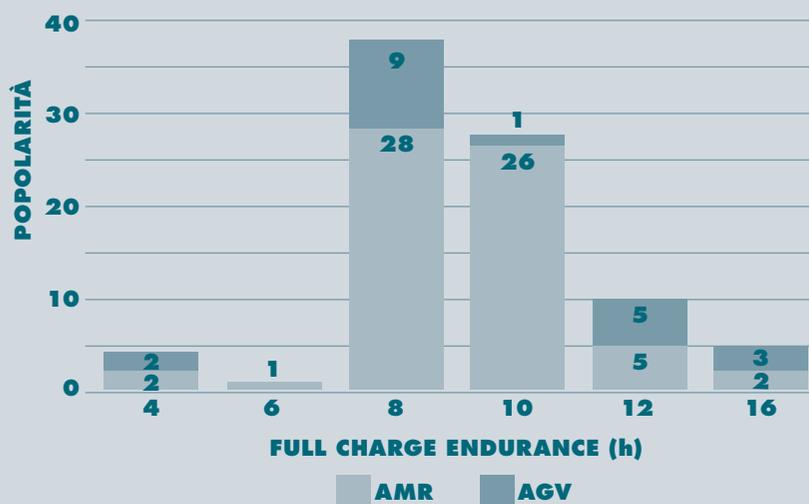
SEGUE ►►►

Full charge endurance

Un aspetto da considerare nell'analisi prestazionale riguardante la batteria è il full charge endurance. Questo è il tempo totale di operatività di un robot con una singola carica completa della batteria. Tale misura risulta fondamentale per comprendere la capacità del robot di eseguire le sue funzioni prima che necessiti di ricaricarsi. Comprendere e analizzare questo aspetto è cruciale per ottimizzare le strategie di impiego dei robot mobili, in modo da garantire che il ciclo operativo si allinei con le esigenze logistico-produttive, minimizzando i tempi di inattività.

Dalle informazioni ricavate dalle aziende intervistate (si veda figura 7), si può osservare come il parametro in esame vada, sia per gli AMR, sia per gli AGV, dalle 4 alle 16 ore. Naturalmente tali valori possono variare sensibilmente in base al numero di missioni che il robot svolgerà nell'intervallo di utilizzo, alla tipologia di azioni che compirà e alla sua velocità di spostamento. La maggior parte dei modelli di AMR presenti sul mercato, tuttavia, si concentra su full charge endurance di 8 ore (28 su 64, ovvero il 43,8%) e di 10 ore (26 su 64, ovvero il 40,6%). Per quanto riguarda gli AGV, sebbene la maggior popolarità in termini di modelli presenti sul mercato corrisponda a un tempo totale di operatività di 8 ore (9 su 20, ovvero il 45%), full charge endurance elevati, 12 e 16 ore, caratterizzano percentuali significative dei modelli offerti: il 25% e il 15% rispettivamente. Uno dei motivi di ciò è associabile al fatto che sugli AGV, che generalmente vengono considerati la soluzione preferenziale per il trasporto di carichi pesanti (si rimanda a tal proposito a quanto riportato nel paragrafo "Portata"), possono essere integrate batterie con capacità di accumulo superiori.

FIGURA 7 POPOLARITÀ DELLE DIVERSE TIPOLOGIE DI RICARICA RISPETTO AI MODELLI DI AGV E AMR PRESENTI SUL MERCATO

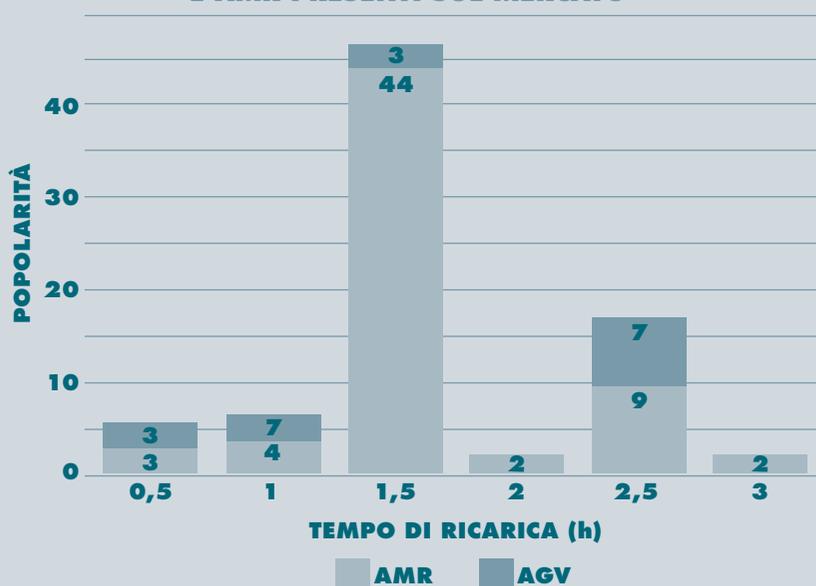


Full charging time

Il full charging time è il parametro complementare del full charge endurance e corrisponde al tempo necessario per ricaricare completamente la batteria dal valore indicato come soglia di carica fino alla carica massima.

La sua analisi è essenziale non solo per ottimizzare i tempi di inattività degli AMR, ma anche per confrontare diverse soluzioni tecnologiche, come quelle impiegate dagli AGV, le quali spesso mostrano tempi di ricarica diversi. Questi tempi, combinati con strategie di ricarica intelligente, giocano un ruolo fondamentale nel determinare l'efficienza complessiva del sistema di automazione. Una comprensione dettagliata del full charging time consente alle aziende di pianificare meglio le attività operative, massimizzando

FIGURA 8 POPOLARITÀ DEI VALORI DI FULL CHARGING TIME RISPETTO AI MODELLI DI AGV E AMR PRESENTI SUL MERCATO



l'utilizzo dei robot e minimizzando l'impatto dei tempi di fermo per la ricarica. Generalmente, la batteria degli AMR non viene caricata fino al 100%, ma fino all'80%-90% della capacità massima, al fine di preservarla dall'usura e prolungarne il ciclo di vita. Analogamente, si evita di scaricarla completamente. Questo approccio ottimizza la durabilità della batteria attraverso una curva di caricamento logaritmica, che rallenta progressivamente il processo di ricarica man mano che ci si avvicina al livello massimo, rendendo la fase finale della ricarica più lenta. Dai dati raccolti con le interviste ai produttori/ integratori di robot mobili (si veda a tal proposito figura 8) è possibile notare come la distribuzione dei modelli di AMR per tempo di ricarica sia fortemente asimmetrica presentando una significativa concentrazione sul valore di tempo di ricarica maggiormente popolare, 1,5 ore (44 su 64, ovvero il 68,8%). La media del full charging time, tuttavia, si attesta su un valore superiore (1,63 ore) in virtù del 14,1% dei modelli di AMR che è contraddistinto da un tempo di ricarica di 2,5 ore. Gli AGV, pur presentando una distribuzione dei tempi di ricarica meno concentrata, hanno una prevalenza di modelli che si attestano su full charging time inferiori o uguali a 1,5 ore (13 su 20, ovvero il 65%). In questo caso la media del tempo di ricarica è pari a 1,53 ore in virtù dei 7 modelli di AGV con full charging time pari a 2,5 ore. Un elemento importante nell'ambito della ricarica dei robot mobili, ovvero AGV e AMR, è la possibilità di sfruttare la ricarica rapida, che consente di riportare la batteria a una percentuale significativa della sua capacità (tra il 50% e l'80%) in un tempo relativamente breve, generalmente tra 30 e 60 minuti. La ricarica rapida permette di minimizzare i tempi di inattività, un aspetto cruciale durante periodi di utilizzo intenso. Tuttavia, questa soluzione presenta delle criticità: caricare le batterie a velocità elevate può ridurne la vita utile, aumentando la frequenza di sostituzione dei pacchi batteria.

Cicli di ricarica

Garantire una durata ottimale della batteria è un fattore critico per mantenere prestazioni di picco ed efficienza operativa. Tecnologie avanzate e politiche di gestione sono fondamentali per spingere le flotte di robot mobili verso un alto grado di longevità ed efficienza delle proprie batterie. Per fare ciò, vengono utilizzate tre principali

SEGUE ►►►

3

ANALISI DELL'OFFERTA DI AMR E AGV

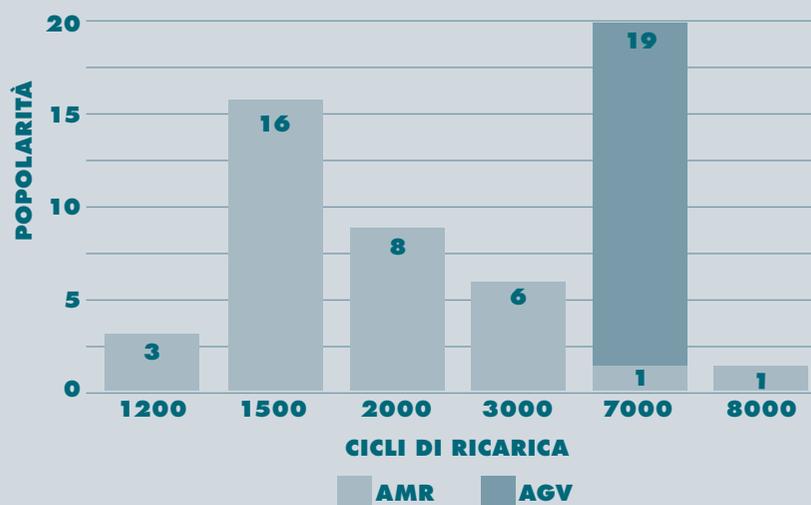
SEGUE ►►►

strategie:

- **Cicli di ricarica ottimizzati:** algoritmi di controllo e sistemi di ricarica intelligenti assicurano che le batterie non scendano mai sotto il 20% o non vengano caricate oltre l'80%, riducendo l'usura e massimizzando l'accumulo di energia.
- **Gestione dinamica dell'energia:** le soluzioni di gestione dell'energia in tempo reale permettono di regolare in modo intelligente il consumo energetico in base alle esigenze operative. Regolando la velocità dei motori, l'uso dei sensori e i moduli di comunicazione, gli i robot mobili ottimizzano l'uso dell'energia durante le attività, contribuendo a prolungare la durata della batteria e a ridurre i costi operativi.
- **Manutenzione predittiva avanzata:** l'implementazione di tecniche avanzate di manutenzione predittiva basate su algoritmi di intelligenza artificiale e analisi dei dati in tempo reale assicura una salute ottimale delle batterie. I modelli predittivi analizzano le metriche delle prestazioni delle batterie, rilevano anomalie e pianificano la manutenzione in modo proattivo, riducendo il rischio di guasti imprevisti e ottimizzando la longevità della batteria.

La longevità delle batterie si misura con il parametro "cicli di ricarica". Con questo si intende il numero di volte che la batteria può essere ricaricata completamente senza perdere efficienza. Dal grafico ottenuto dalle interviste ai produttori/ integratori di robot mobili (e riportato in figura 9) emerge che gli AMR dispongono di batterie con un numero inferiore di cicli di ricarica rispetto agli AGV.

FIGURA 9 POPOLARITÀ DEI VALORI DEL PARAMETRO "CICLI DI RICARICA" RISPETTO AI MODELLI DI AGV E AMR PRESENTI SUL MERCATO



Il miglior modello di AMR arriva a un massimo di 8000 cicli, ma la maggior parte dei modelli si attesta tra i 1500 e 2000 cicli. Al contrario, tutti i modelli di AGV presentano batterie da 7000 cicli (non è stato considerato un modello di AGV per il quale è stato dichiarato un milione di cicli di ricarica in quanto rappresenta un outlier che avrebbe distorto l'analisi). Questa differenza significativa nei cicli di ricarica tra AGV e AMR potrebbe essere dovuta al fatto che, fermandosi e ricalcolando il percorso in caso di ingombri, gli AMR sollecitano maggiormente la batteria, causandone un deterioramento più rapido rispetto alle batterie montate sugli AGV. Ecco, quindi, che per gli AMR politiche di gestione delle batterie come quelle precedentemente descritte rivestono una maggiore importanza al fine di compensare le sollecitazioni aggiuntive delle batterie stesse dovute alla loro più elevata flessibilità e adattabilità rispetto agli AGV.

CARATTERISTICHE FUNZIONALI

Azioni

I robot mobili sono in grado di eseguire una vasta gamma di operazioni, le quali variano in funzione del contesto applicativo. Grazie alle interviste condotte con produttori/integratori di AGV e AMR, è stato possibile classificare queste operazioni in quattro principali categorie:

- Inforatura.
- Sollevamento.
- Traino.
- Trasporto.

Va specificato che la categoria “trasporto” si riferisce unicamente a quei modelli di AGV e AMR progettati per svolgere esclusivamente questa funzione. Tuttavia, il trasporto di materiali può anche essere eseguito in combinazione con le altre azioni sopra riportate.

FIGURA 10 POPOLARITÀ DELLE DIVERSE TIPOLOGIE DI AZIONI RISPETTO AI MODELLI DI AGV E AMR PRESENTI SUL MERCATO



Per inforatura si intende il prelievo e il trasporto di un'intera unità di carico posizionata su un pallet per poi stoccarla nel luogo prestabilito. I robot tipicamente impiegati in questa attività sono dotati di forche che si inseriscono sotto al pallet per sollevarlo. Dai dati emersi dalle interviste (si veda a tal proposito figura 10), si evince che solo gli AMR svolgono tale particolare operazione. Tuttavia, i modelli di AMR che hanno questa funzionalità sono 3 su 64, ovvero appena il 4,7% dei modelli censiti in questo studio.

I robot mobili che eseguono l'azione “sollevamento” sono dotati della capacità di “agganciare” l'oggetto da prelevare, di sollevarlo rendendolo, così, non più adeso al piano o al supporto su cui era posizionato, al fine, tipicamente, di movimentarlo. In questo modo evitano l'operazione di carico dell'oggetto sul robot che potrebbe avvenire manualmente oppure con ulteriori strumenti di sollevamento.

Dai dati ricavati dalle interviste ai produttori/integratori di robot mobili (figura 10) emerge come questa azione sia la più popolare tra i modelli di AMR (32 su 64, ovvero il 50%) e come rappresenti comunque una funzionalità di rilievo per gli AGV in quanto caratterizza 6 dei 20 modelli censiti (ovvero il 30%).

3

ANALISI DELL'OFFERTA DI AMR E AGV

SEGUE ►►►

FIGURA 11 ESEMPIO DI AMR CHE SVOLGE L'AZIONE DI INFORCATURA



In particolare, è qui opportuno notare come gli AMR in grado di svolgere l'azione di sollevamento si dividano nelle seguenti sotto-tipologie:

- **Shelf to person:** l'AMR preleva scaffali interi e li porta direttamente agli operatori per il picking.
- **Tote to person:** l'AMR trasporta cassette contenenti materie prime, semi-lavorati o prodotti finiti portandole direttamente agli operatori.
- **Mobile pallet conveyor:** l'AMR trasporta pallet tramite un sistema di convogliamento mobile e facilitando il movimento di carichi pesanti.
- **Vertical motion:** l'AMR è in grado arrampicarsi sulle scaffalature e di spostarsi lungo i ripiani così da prelevare dai ripiani medesimi scatole di cartone o cassette.
- **AMR + Arm:** l'AMR è dotato di un braccio robotico per eseguire operazioni come il prelievo e il posizionamento di oggetti.

FIGURA 12 ESEMPIO DI AMR CHE SVOLGE L'AZIONE DI SOLLEVAMENTO



FIGURA 13

ESEMPIO DI CART TOWING



I robot mobili che svolgono l'attività di traino (9 su 84, ovvero circa l'11% dei modelli totali senza una netta prevalenza di una tipologia sull'altra, si veda ancora figura 10) si agganciano solitamente a un carrello contenente gli oggetti da movimentare e lo trascinano lungo l'intero percorso per poi rilasciarlo nell'area di destinazione prestabilita.

Come prima, gli AMR associati all'azione di traino possono essere ulteriormente suddivisi in sotto-tipologie:

- **Cart towing:** l'AMR traina uno o più carrelli per spostare materiali all'interno di un'area operativa.
- **Tugger:** l'AMR traina una serie di carrelli costituendo il cosiddetto "treno logistico".
- **Tow tractor:** l'AMR è molto simile al tugger e svolge la medesima funzione ma trainando carichi più pesanti.

FIGURA 14

ESEMPIO DI AMR PER SORTATION



I modelli di robot mobili che ricadono nell'azione "trasporto" (figura 10) svolgono esclusivamente tale funzione. Pertanto, necessitano del caricamento e/o dello scarico dell'oggetto da movimentare da parte dell'operatore o da parte di un altro sistema. Sempre dal grafico di figura 10 è possibile osservare come l'azione "trasporto" sia quella più popolare tra i modelli di AGV censiti dal presente studio (10 su 20, ovvero il 50%) e anche per gli AMR rappresenti un'azione significativa caratterizzando 24 modelli su 64, ovvero il 37,5%.

In particolare, poi, i modelli di AMR che svolgono l'azione di "trasporto" possono essere suddivisi in tre sotto-tipologie ulteriori:

- **Person to goods:** l'AMR movimentava i materiali verso una zona di prelievo dove si reca l'operatore riducendo, in questo modo, i tempi di spostamento dell'operatore stesso (ovviamente tale riduzione è inferiore a quella che si avrebbe nel caso di sotto-tipologie come lo "shelf to person" e il "tote to person").
- **Sortation:** l'AMR viene impiegato per smistare l'unità di spedizione verso destinazioni

SEGUE ►►►

3

ANALISI DELL'OFFERTA DI AMR E AGV

SEGUE ►►►

differenti.

- **Case picking:** l'AMR preleva cassette di prodotti specifici e li consegna per l'imballaggio o la spedizione.

Ricalcolo del percorso

Come descritto precedentemente, gli AMR si distinguono dagli AGV per la loro capacità di operare senza percorsi predefiniti, offrendo una maggiore flessibilità e adattabilità che li rende preferibili per operare negli spazi ristretti e soggetti a frequenti modifiche di layout degli ambienti di produzione.

A differenza degli AGV, gli AMR sono in grado di ricalcolare il percorso, ovvero possiedono la capacità di individuare e seguire una rotta alternativa in caso di ostacoli, permettendo al robot di proseguire la sua missione senza necessitare di interventi esterni. Al contrario, gli AGV, in presenza di un ostacolo lungo il loro percorso predefinito, tendono a fermarsi fino a quando un operatore non risolve il problema rimuovendo l'ostacolo. Questa differenza rende gli AMR particolarmente vantaggiosi in contesti operativi dinamici e imprevedibili, dove la capacità di adattarsi in tempo reale è fondamentale.

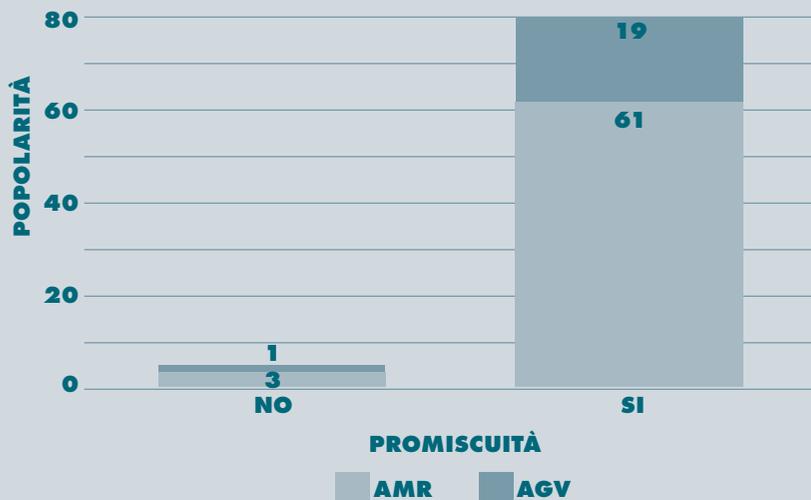
Poiché la differenza tra le due tipologie di robot non è chiara a molti, spesso vengono erroneamente utilizzati l'uno come sinonimo dell'altro, creando così una non corretta classificazione dei modelli sul mercato. I dati raccolti con le interviste ai produttori/integratori di robot mobili confermano ovviamente quanto sopra riportato. 64 modelli di AMR su 64 presentano la caratteristica del ricalcolo del percorso mentre 20 modelli di AGV su 20 ne sono sprovvisti.

Promiscuità

La caratteristica funzionale "promiscuità" fa riferimento alla capacità dei robot mobili di operare in ambienti condivisi con esseri umani. Questa caratteristica è determinata già in fase di progettazione, considerando le applicazioni future del robot e le condizioni di sicurezza richieste per lavorare in prossimità degli operatori. La presenza di persone nel contesto operativo rappresenta una variabile significativa che può influenzare il ciclo di lavoro, rallentando le attività sia degli AMR, sia degli AGV.

L'ISO 10218, normativa di riferimento per la sicurezza dei robot industriali, stabilisce requisiti rigorosi per garantire che i robot mobili possano operare in ambienti

FIGURA 15 POPOLARITÀ DELLA POSSIBILITÀ DI LAVORARE IN AMBIENTI PROMISCUI RISPETTO AI MODELLI DI AGV E AMR PRESENTI SUL MERCATO



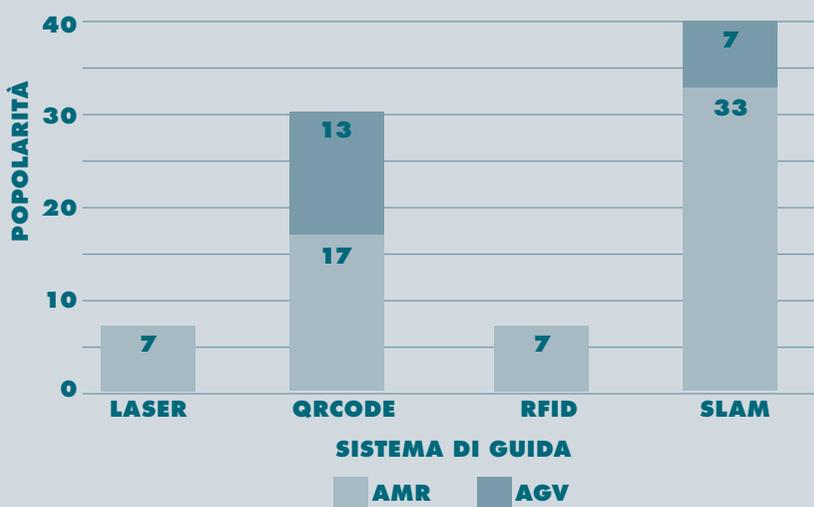
promiscui in modo sicuro, senza compromettere la sicurezza umana né l'efficienza delle operazioni. Nel contesto industriale è essenziale che i robot siano dotati di sistemi avanzati di rilevamento degli ostacoli, come i sensori LiDAR o scanner di sicurezza, che monitorano costantemente la presenza di persone. Questi sensori registrano la velocità e la direzione del movimento umano, utilizzando tali informazioni per calcolare la distanza di arresto e decidere se il robot debba fermarsi per evitare collisioni.

Dall'analisi dei dati ricavati dalle interviste a produttori/ integratori di robot mobili (si veda a tal proposito il grafico di figura 15) emerge che la maggior parte dei modelli di AGV e AMR censiti dal presente studio è progettata per lavorare in ambienti promiscui. Solo una piccola percentuale di robot, ovvero il 5% dei modelli di AGV e il 4,7% dei modelli di AMR, non è in grado di operare in questi contesti. Nonostante tutti i modelli di AMR siano contraddistinti dagli elementi previsti dalla normativa per operare in spazi condivisi con gli operatori dal grafico di figura 15 si rileva che ben tre modelli di AMR non siano indicati dai loro produttori/ integratori come utilizzabili in ambienti promiscui. Ciò è dovuto alle velocità che li caratterizzano. Si tratta, infatti, dei modelli che nel grafico di figura 4 occupano la coda di destra della distribuzione di velocità degli AMR.

Sistema di navigazione

I robot mobili utilizzano diversi sistemi di navigazione, scelti in base a contesto, costo, precisione e sicurezza. I principali sistemi identificati mediante le interviste ai produttori/ integratori di tali robot sono: Laser (LiDAR), QR Code, RFID, e SLAM (Simultaneous Localization and Mapping).

FIGURA 16 POPOLARITÀ DEI SISTEMI DI NAVIGAZIONE RISPETTO AI MODELLI DI AGV E AMR PRESENTI SUL MERCATO



Il LiDAR, basato su impulsi laser, è ampiamente usato per creare mappe e localizzare oggetti. Esistono versioni 2D e 3D, con il 2D più comune grazie alla precisione a lunga distanza. I vantaggi includono sicurezza e rilevamento accurato di ostacoli, mentre i limiti riguardano una risoluzione inferiore rispetto alle telecamere.

La navigazione tramite QR Code utilizza codici bidimensionali come riferimenti visivi per la localizzazione del robot. I vantaggi di questo tipo di guida riguardano la precisione, la flessibilità, e la semplicità d'installazione mentre gli svantaggi risiedono nella necessità di una manutenzione regolare dei codici e nella possibilità di errori in assenza di riferimenti visivi.

La navigazione RFID si basa sull'identificazione a radiofrequenza per guidare i robot

SEGUE ►►►

3

ANALISI DELL'OFFERTA DI AMR E AGV

SEGUE ►►►

mobili lungo percorsi predefiniti e/ o percorsi obbligati. Offre precisione e velocità operative, ma comporta costi elevati (soprattutto in comparazione con la guida tramite QR Code), rischio di interferenze e questioni di sicurezza informatica. La navigazione SLAM consente ai robot mobili di creare mappe e localizzarsi simultaneamente, utilizzando LiDAR, telecamere o segnali Wi-Fi. Offre efficienza, autonomia e flessibilità, ma richiede risorse computazionali elevate. Dai dati raccolti attraverso le interviste ai produttori/ integratori di robot mobili (per una sintesi si veda il grafico di figura 16) emerge come il sistema di navigazione maggiormente popolare tra gli AGV sia quello basato su QR Code (13 su 20, ovvero il 65%) e, addirittura, come non siano presenti modelli che sfruttano la guida Rfid. Probabilmente, ciò è dovuto a costi nettamente inferiori del primo sistema di navigazione rispetto al secondo a parità, in pratica, di performance. Tra i modelli di AMR, invece, è lo SLAM a risultare la tipologia di guida più popolare (33 su 64, ovvero il 51,6%).

FIGURA 17

ESEMPI DI MODELLI DI AMR CON SISTEMI DI NAVIGAZIONE LIDAR

**(A), CON QR CODE
(B), SLAM CON SEGNALI WI-FI
(C), SLAM CON TELECAMERE
(D)**



Modalità di spostamento

La modalità di spostamento descrive le capacità di manovra dei robot mobili e i raggi di curvatura che possono compiere. Sono presenti tre modalità:

- Omnidirezionale.
- Differenziale.
- Ackermann.

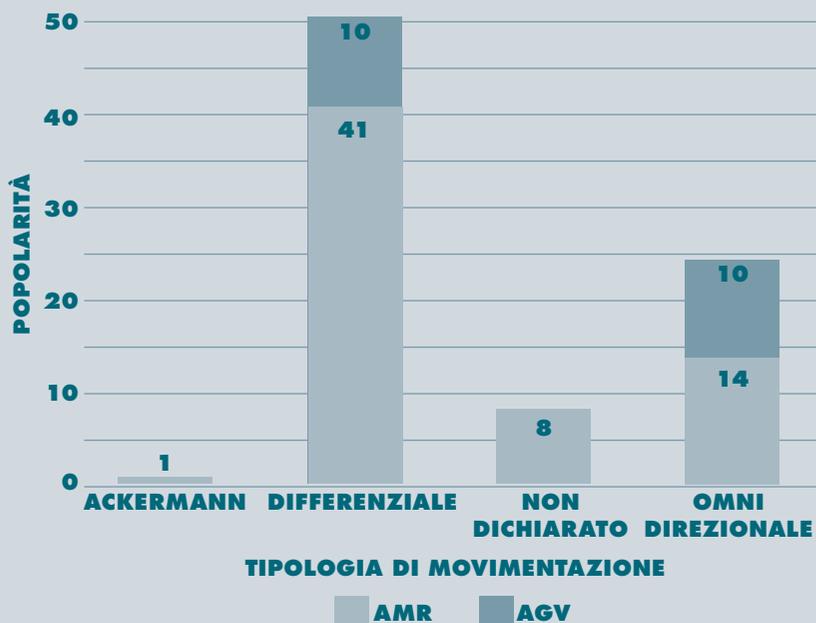
La guida omnidirezionale e quella a trazione differenziale rappresentano due approcci distinti alla locomozione robotica, ciascuno con caratteristiche peculiari che li rendono adatti a specifici contesti operativi.

La prima consente al robot di muoversi in qualsiasi direzione senza necessità di orientare il proprio corpo. Questo è possibile grazie a un particolare tipo di ruote, spesso chiamate "ruote Mecanum" o "ruote omnidirezionali", che permettono movimenti

su più assi contemporaneamente. In pratica, l'AMR o l'AGV omnidirezionale è capace di traslare lateralmente, ruotare sul posto e seguire traiettorie complesse con fluidità, migliorando notevolmente la manovrabilità in ambienti ristretti e ricchi di ostacoli e trovando applicazione in situazioni che richiedono movimenti precisi e dinamici. Il sistema risulta così vantaggioso in contesti produttivi e logistici dove la flessibilità di movimento e l'efficienza spaziale sono fondamentali. Tuttavia, il controllo di un sistema omnidirezionale richiede una gestione accurata della velocità di ciascuna ruota, spesso attraverso motori indipendenti, e può risultare più complesso in termini di programmazione rispetto ad altre soluzioni.

D'altra parte, la guida a trazione differenziale è caratterizzata da un sistema in cui il robot si muove grazie a due ruote azionate separatamente, ciascuna posizionata su ogni suo lato. Questo tipo di guida permette all'AMR o all'AGV di muoversi avanti e indietro e di ruotare attorno al proprio centro, tramite la variazione di velocità di ciascuna ruota ma non di muoversi lateralmente. Nonostante questa limitazione, i robot a trazione differenziale sono molto diffusi grazie alla semplicità di programmazione e al controllo relativamente intuitivo che offrono. Il loro movimento richiede una pianificazione del percorso più elaborata, in quanto non possono accedere direttamente a tutte le direzioni, ma devono eseguire una serie di manovre per raggiungere una posizione o un orientamento desiderato. Questa tecnologia viene utilizzata in ambienti meno affollati, dove la manovrabilità estrema non è essenziale, ma è invece richiesta robustezza e capacità di spinta (Pal Robotics, 2022).

FIGURA 18 POPOLARITÀ DELLE MODALITÀ DI SPOSTAMENTO RISPETTO AI MODELLI DI AGV E AMR PRESENTI SUL MERCATO



Una terza modalità di spostamento, seppur tipica delle automobili, è il meccanismo di sterzata Ackermann, progettato per risolvere il problema delle ruote interne ed esterne durante una curva, che devono seguire cerchi con raggi diversi. Questo sistema evita che gli pneumatici scivolino lateralmente quando il veicolo segue un percorso curvo. La soluzione prevede che gli assi delle ruote siano disposti come raggi di cerchi con un punto centrale comune e, poiché le ruote posteriori sono fisse, il punto centrale della curva si trova su una linea estesa dall'asse posteriore. Di conseguenza, per garantire una corretta sterzata, la ruota anteriore interna deve girare con un

SEGUE ►►►

3

ANALISI DELL'OFFERTA DI AMR E AGV

SEGUE ►►►

angolo maggiore rispetto a quella esterna. Questo meccanismo permette al veicolo di affrontare le curve in modo più controllato e preciso.

La geometria di Ackermann migliora la controllabilità riducendo lo spostamento avanti e indietro delle ruote sterzanti. La sua implementazione si basa su un collegamento tra i mozz delle ruote, che permette a queste ultime di sterzare simultaneamente, ma con angoli diversi a seconda della loro posizione. Per ottenere questo effetto, il collegamento tra le ruote non è un semplice parallelogramma, ma una configurazione in cui la barra di collegamento tra i mozz è più corta rispetto all'asse del veicolo, provocando una "divaricazione" delle ruote, con l'angolo della ruota interna maggiore rispetto a quello della ruota esterna. Uno dei principali vantaggi della geometria Ackermann è la prevenzione dello slittamento laterale delle ruote, migliorando così la stabilità del robot mobile.

Dai risultati delle interviste riportati nel grafico di figura 18 è possibile osservare come gli AGV distribuiscano equamente i loro modelli in modalità di spostamento omnidirezionale e differenziale, mentre quest'ultima sia la modalità più popolare per gli AMR. Da notare che c'è un solo modello di AMR che utilizza la logica Ackermann per la sua movimentazione. Una possibile spiegazione potrebbe essere dovuta al fatto che tale modello lavori anche in ambienti esterni, per cui svolge le proprie missioni su percorsi non regolari, dovendo quindi affrontare i tipici problemi che riscontrano i veicoli stradali.

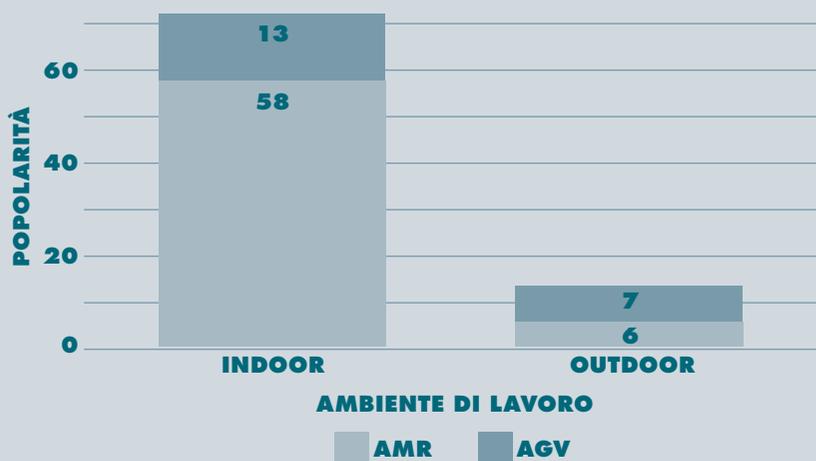
Ambiente di lavoro e superficie

Per un'implementazione efficace dei robot mobili è fondamentale considerare diversi fattori essenziali, tra cui l'analisi dello spazio, i fattori ambientali e le condizioni della pavimentazione sulla quale il robot dovrà spostarsi.

- **Analisi dello spazio fisico:** è importante valutare il layout e la presenza di eventuali ostacoli che potrebbero influenzare il funzionamento dei robot mobili. Identificando le aree in cui i robot possono operare con maggiore efficienza, si possono ottimizzare i movimenti, riducendo le interruzioni. Inoltre, un'accurata analisi dello spazio permette di integrare senza difficoltà i robot mobili nei flussi di lavoro già esistenti.
- **Considerazione dei fattori ambientali:** le condizioni ambientali, quali temperatura, umidità, illuminazione e la presenza di polvere o materiali pericolosi, possono influenzare notevolmente la produttività dei robot mobili. Gli AMR, in particolare, sono generalmente destinati ad ambienti "indoor", mentre solo alcuni modelli e la maggior parte degli AGV possono operare anche all'esterno. Questo perché gli AMR dispongono di una tecnologia più sofisticata la quale trova scarsa efficacia in ambienti esterni a causa di fattori come pioggia, nebbia, umidità e neve, che possono compromettere il funzionamento di sensori e telecamere. Anche la presenza di oggetti estranei o ghiaccio può ridurre l'efficienza e danneggiare i dispositivi, oltre a non garantire la sicurezza del personale. Negli ambienti interni risulta, come elemento da considerare, la riflettività delle superfici, poiché le finiture lucide possono riflettere la luce e interferire con i sensori laser utilizzati dai robot mobili per orientarsi, aggravando le difficoltà già presenti in contesti ambientali complessi. Infine, anche la pulizia dell'ambiente di lavoro influisce sulla performance di un AGV o di un AMR, visto che trucioli, scarti di lavorazione o liquidi sul pavimento possono compromettere il corretto funzionamento e la sicurezza di tali robot.
- **Valutazione e adeguamento delle condizioni del pavimento:** esaminare le caratteristiche delle superfici di lavoro è essenziale per assicurare il corretto funzionamento dei robot mobili. Questi ultimi tendono a performare meglio su superfici piane e regolari ed eventuali irregolarità, come crepe, devono essere

rilevati e corretti per garantire stabilità e una navigazione affidabile. È altrettanto importante considerare l'inclinazione delle superfici, infatti in base alla posizione e al peso dell'unità di trasporto, il robot mobile potrebbe perdere il carico se l'inclinazione fosse eccessiva, compromettendo così la sicurezza. Inoltre, quando vengono utilizzati sistemi di mappatura tramite laser, durante le discese il sensore potrebbe scansionare in modo impreciso il terreno, rendendo difficile la gestione di ostacoli o persone presenti lungo il percorso. Un altro aspetto da considerare è la presenza di buche e scalini. Entrambi sono ammissibili solo lungo percorsi rettilinei e non devono trovarsi in corrispondenza dei punti di carico o scarico, né nelle vicinanze delle stazioni di ricarica, per evitare che interferiscano con le operazioni. Generalmente, si è constatato che i robot mobili siano in grado di operare con gradini di 5mm e buche profonde 10mm, purché quest'ultime siano circoscritte e non continuamente presenti nell'area di lavoro. Anche il coefficiente di attrito del pavimento deve essere attentamente valutato per garantire una buona aderenza del robot e ridurre il rischio di slittamento. Il tipo di gomma utilizzata nelle ruote del robot deve essere scelto in base alle caratteristiche della superficie (liscia o ruvida) per trovare un equilibrio ottimale tra attrito e usura. Poiché il traffico dei robot è spesso ripetitivo, è inoltre fondamentale assicurarsi che il pavimento abbia una resistenza sufficiente all'usura per garantirne la durabilità nel tempo.

FIGURA 19 POPOLARITÀ DELL'AMBIENTE DI LAVORO RISPETTO AI MODELLI DI AGV E AMR PRESENTI SUL MERCATO



- **Integrazione con l'infrastruttura esistente:** è fondamentale valutare come i robot mobili possano integrarsi con l'infrastruttura e i sistemi già presenti nell'ambito operativo in cui si troveranno a dover operare. In particolare, è necessario verificare la compatibilità delle stazioni di ricarica con l'impianto elettrico presente all'interno dell'area di lavoro, la connettività di rete e l'accesso alle fonti di alimentazione. Inoltre, in senso più lato, è opportuno valutare l'integrazione con i sistemi informativi gestionali, come per esempio il Warehouse Management System (WMS), così da garantire una maggior facilità di scambio di dati in tempo reale e un controllo centralizzato.

3

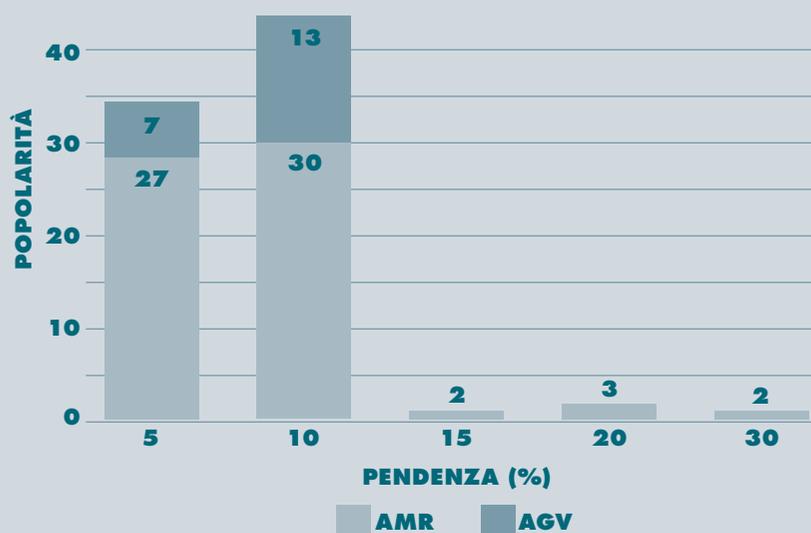
ANALISI DELL'OFFERTA DI AMR E AGV

SEGUE ►►►

Ebbene, considerando i dati raccolti a seguito delle interviste e sintetizzati, nelle figure 19 e 20, è possibile confermare come gli ambienti di lavoro più popolari sia per gli AGV, sia per gli AMR siano quelli indoor. Tuttavia, dal grafico di figura 19 si nota come l'ambiente outdoor è coperto da un numero di modelli di AMR piuttosto basso (6 su 64, ovvero il 9,4%) mentre per gli AGV la popolarità di tale ambiente di lavoro è senz'altro più significativa (35% in virtù di 7 modelli di AGV sui 20 censiti che possono lavorare anche all'esterno).

Con riferimento alla pendenza (si veda figura 20), la distribuzione degli AGV è molto meno ampia rispetto a quella degli AMR. I modelli di AGV, infatti, possono coprire solo pendenze massime del 5% e del 10%. La distribuzione dei modelli di AMR, pur essendo più ampia, è fortemente asimmetrica presentando l'89,1% dei modelli (57 su 64) nella parte di distribuzione riguardante pendenze massime minori o uguali al 10%. È da notare, però, che una percentuale abbastanza significativa di modelli di AMR (il 10,9%) è in grado di operare in presenza di pendenze massime "estreme", pari o superiori al 15%. Tuttavia, questi modelli sono quelli che in genere operano in ambienti outdoor (come, per esempio, i campi agricoli) grazie all'utilizzo di sistemi di movimentazione alternativi quali i cingoli (nonostante il presente studio sia focalizzato sui robot mobili a ruote un produttore/ integratore ha segnalato un suo modello con cingoli per applicazioni speciali).

FIGURA 20 POPOLARITÀ DEI SISTEMI DI NAVIGAZIONE RISPETTO AI MODELLI DI AGV E AMR PRESENTI SUL MERCATO



DIGITALIZZAZIONE.



Bloccaggio elettrico serie LKE

- + Alta efficienza energetica (bistabile)
- + Elettronica integrata
- + Rilevazione di stato integrata
- + Protezione IP64
- + Compensazione delle tolleranze delle guide

THE KNOW-HOW FACTORY



Tempo di chiusura veloce grazie ad un innovativo ingranaggio eccentrico

Uscita cavo flessibile per il massimo sfruttamento dello spazio di installazione

FOCUS ON

LA GESTIONE DEL PROGETTO DI INTRODUZIONE DI ROBOT MOBILI

L'introduzione di una soluzione che comprende robot mobili all'interno di un sistema logistico-produttivo richiede un'accurata pianificazione, con tempistiche che solitamente variano tra i sei e i 12 mesi. La durata complessiva di questi progetti è influenzata da diversi fattori, come la dimensione della flotta (su come dimensionarla si rimanda al box apposito), la complessità dell'ambiente in cui i robot opereranno, le funzionalità richieste dall'utilizzatore finale e la sua posizione geografica. Il processo può essere suddiviso in due fasi principali: la progettazione e l'implementazione.

Nella fase di progettazione, si parte dall'uso di uno strumento di simulazione statica basato su dati storici, il cui scopo è identificare le caratteristiche ideali della flotta di robot mobili in funzione delle attività previste. Successivamente, si passa a una simulazione dinamica, spesso condotta con strumenti sviluppati internamente per ottenere risultati più realistici, tenendo conto dei flussi di lavoro, degli spazi operativi e dei tempi ciclo. In questa fase, vengono eseguite simulazioni di allocazione randomica delle missioni ai robot, per verificare come il sistema reagisca al variare di alcuni parametri. Da sottolineare che lo studio di fattibilità che accompagna questa fase non sempre è offerto come servizio gratuito: alcune società lo considerano un servizio di consulenza a pagamento, soprattutto quando richiede un elevato livello di precisione e l'impiego di risorse specializzate. L'obiettivo di questa fase è definire le caratteristiche tecniche e funzionali dei robot mobili necessari per la specifica applicazione, in modo da poter selezionare il modello di robot più adatto (non si confonda questa fase con la simulazione per il dimensionamento della flotta. In questo ambito la simulazione mira a identificare il tipo di robot mobile da impiegare data l'applicazione richiesta dall'azienda).

La fase di progettazione, che può durare tra le 25 e le 40 settimane, comprende diverse attività, tra cui:

- Definizione del Gantt: pianificazione temporale delle attività.
- Definizione del Team: per l'analisi di fattibilità sono necessarie figure con conoscenze ingegneristiche di cinematica, carico ed elettronica. A questo si affianca la figura del project manager, in grado di gestire la timeline di esecuzione del progetto.
- Definizione dell'ingegnerizzazione della soluzione e sviluppo del sistema: individuazione delle caratteristiche tecniche e funzionali del robot e progettazione dell'intero ambiente in cui il robot opera.
- Design dei materiali: identificazione dei materiali adeguati al contesto in cui i robot mobili verranno utilizzati, valutando le proprietà fisiche e funzionali.
- Produzione: assemblaggio finale per la composizione dell'AGV o dell'AMR.
- Spedizione: invio dell'unità di carico presso il cliente finale, comprensiva di robot mobile e accessori, quali charging station e componenti di backup.

Conclusa questa macro-fase, si procede con l'implementazione, in cui i robot vengono installati, configurati e testati nel loro ambiente di lavoro.

La durata di questa attività varia tra le due e le 10 settimane e comprende: l'installazione dell'infrastruttura IT, che mediamente richiede circa il 30% del tempo complessivo dell'implementazione; la definizione e lo sviluppo delle interfacce con i sistemi informativi del cliente, che occupano un ulteriore 20%;

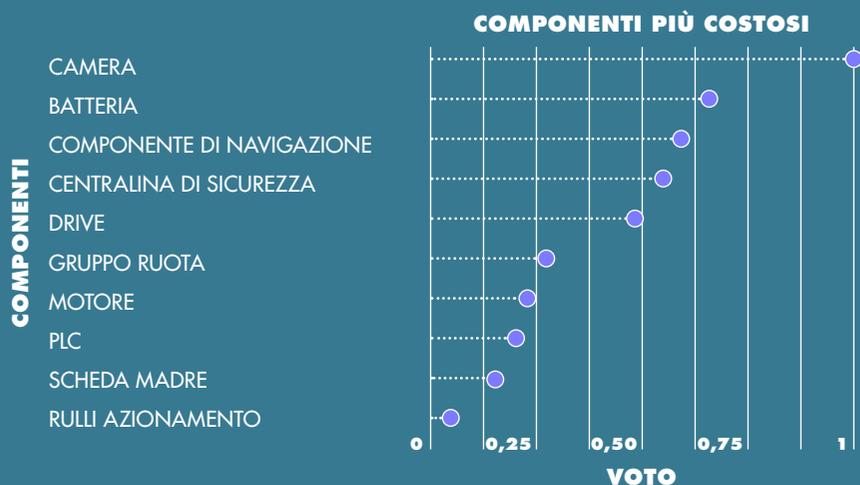
la programmazione delle logiche di gestione dei robot mobili, che richiede un altro 30% del tempo complessivo; collaudo del sistema, formazione del personale e rilascio finale della soluzione, il restante 20%.

Sebbene la tecnologia dei robot mobili sia già matura e pronta per l'uso, la parte più critica del processo risiede nella progettazione accurata del sistema logistico-produttivo in cui i robot opereranno. Questo richiede un'attenta pianificazione per integrare efficacemente i robot mobili nell'ambiente, massimizzandone il potenziale senza compromettere l'efficienza dell'intero sistema.

LA MANUTENZIONE DI ROBOT MOBILI

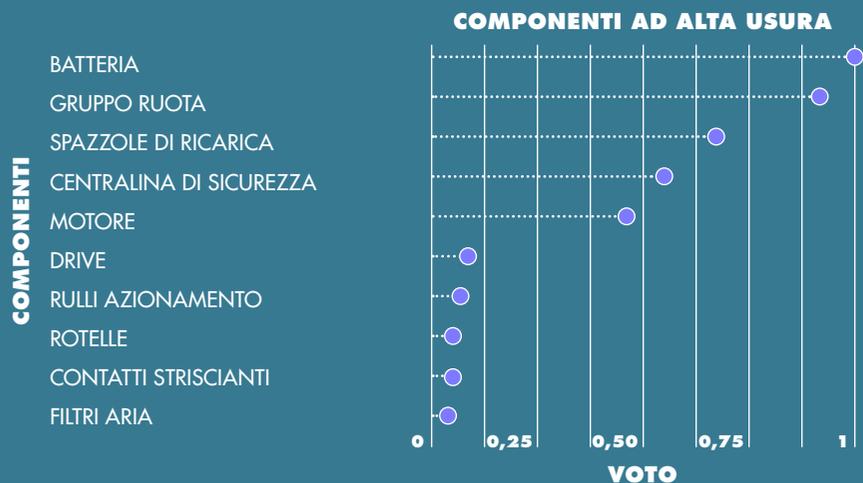
Gli aspetti manutentivi e l'aggiornamento software sono fondamentali per una gestione efficace dei robot mobili. Con riferimento ai primi, spesso si tende a considerare principalmente la componente elettronica dei robot stessi, trascurando quella meccanica. Questa è sicuramente meno impattante dal punto di vista dei costi (come si può vedere in figura m.1 dove sono riportate le medie dei giudizi dati dai produttori/ integratori circa il costo dei diversi elementi) ma può subire usura a seconda dell'ambiente operativo (come si evince da figura m.2 che riporta le medie dei giudizi dati dai produttori/ integratori circa l'usura dei diversi elementi).

FIGURA M1 MEDIA DEI GIUDIZI DEI PRODUTTORI/ INTEGRATORI DI ROBOT MOBILI CIRCA IL COSTO DEI DIVERSI COMPONENTI



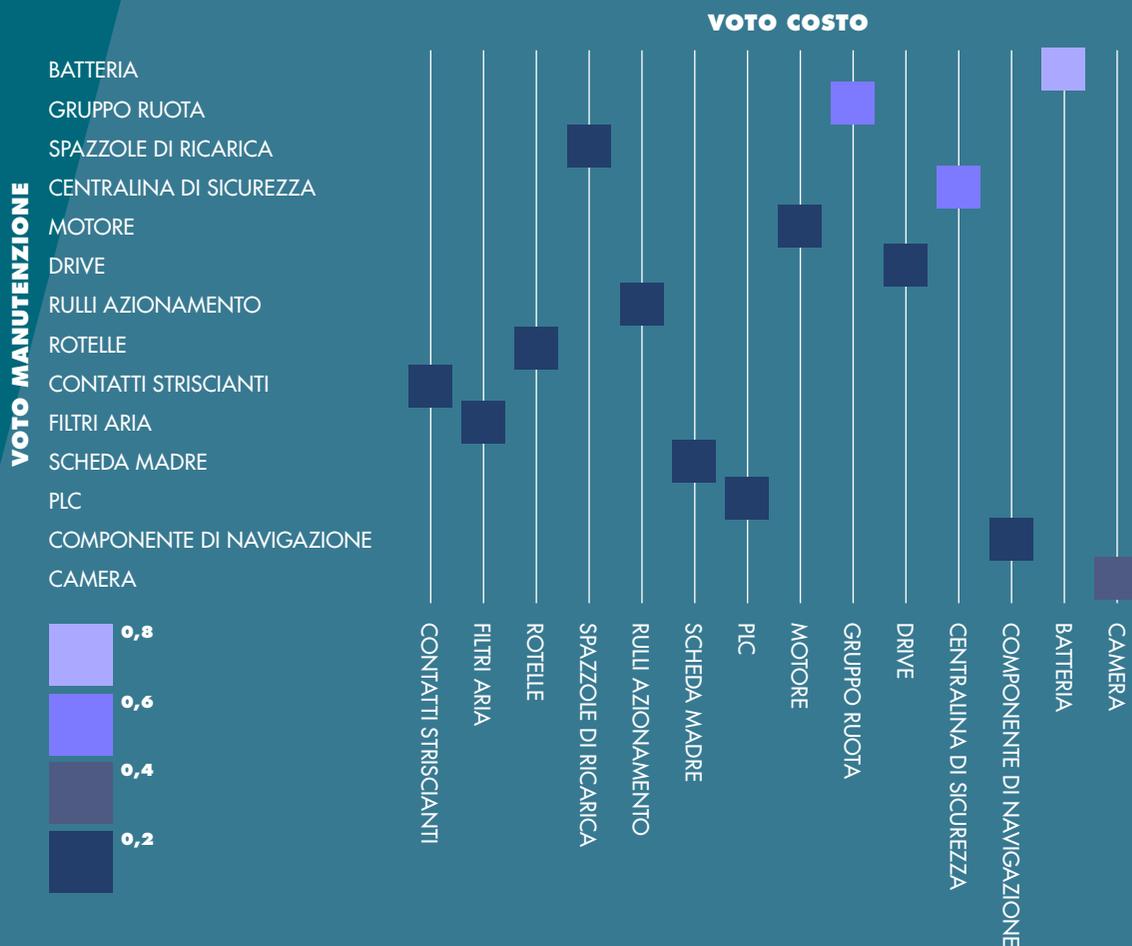
FOCUS ON

FIGURA M2 MEDIA DEI GIUDIZI DEI PRODUTTORI/ INTEGRATORI DI ROBOT MOBILI CIRCA L'USURA DEI DIVERSI COMPONENTI



Combinando le due informazioni sintetizzate nei due grafici precedenti si ottiene il grafico di figura m.3 che dà un'idea della criticità di ciascun elemento dei robot mobili.

FIGURA M3 CRITICITÀ DEI DIVERSI COMPONENTI DEI ROBOT MOBILI COMBINANDO COSTO-USURA



Da tale grafico, in cui tanto più è chiaro il colore del rettangolo e tanto più è critico il componente, si evidenzia proprio come il gruppo ruota (componente meccanico per eccellenza) sia il più critico dopo la batteria e prima della centralina di sicurezza e della camera usata per la navigazione.

Per far sì che i robot mobili siano il più possibile in uno stato di buon funzionamento, i produttori/ integratori suggeriscono di eseguire, giornalmente, quella che definiscono "manutenzione di primo livello". Questa, di fatto una manutenzione autonoma, è delegata all'utilizzatore che, dopo un'adeguata formazione da parte del produttore/ integratore di AGV o AMR, può e deve adoperarsi nella pulizia dei sensori e nel monitoraggio del robot stesso grazie gli strumenti diagnostici a disposizione. Inoltre, tale "manutenzione di primo livello" deve anche comprendere analisi visive e uditive durante la movimentazione dei robot; l'apertura, a intervalli di tempo regolari, della parte superiore del robot mobile così da poterlo osservare internamente e non solo esternamente. L'attività di manutenzione autonoma, infine, non deve riguardare solo il robot, ma anche tutto ciò che concorre al suo corretto funzionamento, come per esempio, il controllo, la pulizia e la sostituzione dei QR-Code a terra non più leggibili dalle camere installate sui robot mobili.

A quanto sopra riportato si deve affiancare, sempre secondo i produttori/ integratori intervistati, la "manutenzione di secondo livello", ovvero la manutenzione da eseguirsi mensilmente da parte di tecnici qualificati. Tale manutenzione include un'ispezione più approfondita dei componenti meccanici, la loro sostituzione nel caso fossero danneggiati o usurati e la conseguente calibrazione dei sensori elettro-ottici. Tendenzialmente questi servizi sono inclusi nella garanzia (che va dai 12 ai 24 mesi ma estendibile con un costo aggiuntivo) offerta dai produttori/ integratori di robot mobili. Questi ultimi, poi, offrono anche differenti pacchetti di assistenza con costi variabili a seconda del livello di servizio e pronto intervento richiesti. I pacchetti di assistenza sono importanti perché, nonostante vengano eseguite attività di manutenzione preventiva, è possibile che si verifichino guasti accidentali soprattutto in ambienti dinamici dove robot e altri mezzi di movimentazione condividono spazi operativi. Sebbene i sistemi di sicurezza integrati nei robot mobili minimizzino i danni in caso di collisioni, è comunque possibile che alcune parti, come coperture o fiancate, subiscano danneggiamenti a seguito di incidenti.

Oltre ai componenti meccanici, diversi fornitori garantiscono anche gli aggiornamenti del software e la sostituzione delle unità di controllo elettronico che consentono di migliorare le prestazioni del robot senza dover acquistare un nuovo modello.

Infine, gli i produttori/ integratori di robot mobili intervistati hanno sottolineato come non sia necessario sostituire immediatamente i modelli più datati, ma come sia possibile all'interno di attività di intra-logistica utilizzare modelli di diversa generazione facendoli collaborare in modo efficace tra loro, anche se le loro capacità possono variare leggermente. Per esempio, un AMR più datato avrà una potenza di calcolo inferiore rispetto a un'ultima versione, impiegando maggior tempo per elaborare le informazioni, evitare ostacoli e predisporre percorsi alternativi (in quanto la capacità di calcolo degli AMR più vecchi dipende sia dalla CPU, sia dalle ore di utilizzo e dalle dimensioni delle nuove versioni del software). Tuttavia, la differenza nei tempi di reazione è minima e non compromette l'efficienza operativa complessiva.

Dopo aver proposto una panoramica sui robot mobili attualmente disponibili sul mercato, panoramica basata sulle informazioni raccolte presso i produttori/ integratori di robot mobili intervistati (e quindi fondata, è bene ricordarlo, sui soli modelli di AGV e AMR censiti), l'attenzione del presente studio si sposta sulle aziende utilizzatrici di robot mobili. L'obiettivo è quello di delineare un quadro complessivo delle opinioni e dei bisogni di queste aziende in termini di robot mobili per l'intra-logistica così da evidenziare, dopo quelle dell'offerta, le caratteristiche della domanda.

A tal fine è stata condotta un'indagine per determinare quali siano i robot mobili adottati, il loro grado di diffusione attuale e quali siano i driver di scelta per automatizzare le attività di movimentazione dei materiali mediante i robot mobili stessi.

IL CAMPIONE DELL'INDAGINE

L'indagine, promossa dalla rivista Automazione presso i propri lettori (in particolare imprenditori e manager di aziende), ovvero i potenziali clienti di soluzioni di intra-logistica basate su robot mobili, è basata su un questionario che si articola in tre sezioni principali.

La prima raccoglie i dati anagrafici aziendali, come settore di appartenenza, fatturato, numero di dipendenti e localizzazione geografica.

La seconda sezione esplora l'uso attuale dei robot mobili da parte delle realtà aziendali in cui gli utenti lavorano, comprendendo aspetti quali la tipologia di robot impiegata, le missioni svolte, la capacità di operare in ambienti condivisi con gli esseri umani, il ritorno sugli investimenti (ROI) e le motivazioni che hanno spinto all'adozione di robot mobili. La terza parte del questionario, invece, si focalizza sulle intenzioni future riguardanti l'eventuale implementazione dei robot mobili per automatizzare attività di intra-logistica, indagando gli stessi aspetti analizzati in precedenza. Inoltre, qualora l'intenzione non fosse di sostenere questo investimento, vengono indagate le motivazioni di tale scelta. È opportuno precisare che la sintesi dei risultati di quest'ultima sezione non sono contenuti nella versione free del presente studio.

Il campione delle aziende rispondenti è abbastanza eterogeneo e comprende aziende di diversi settori industriali (secondo la classificazione dell'ISTAT). Vi è una prevalenza di aziende appartenenti al settore dei macchinari (24%) e alimentare (22%), mentre settori come legno, chimico-farmaceutico, elettronico, tessile-abbigliamento e gomma-plastica sono poco rappresentati (i rispondenti appartenenti a questi settori oscillano tra l'1% e l'8% del campione). I settori automotive e metallurgico rappresentano rispettivamente il 10% e il 14%. Infine, è presente un 14% di rispondenti che non appartiene ai settori sopra elencati o che non ha dichiarato il settore industriale di riferimento (si veda figura 21).

FIGURA 21

**PERCENTUALE
DI POPOLARITÀ
DEI DIVERSI SETTORI
INDUSTRIALI
ALL'INTERNO
DEL CAMPIONE
DELL'INDAGINE**

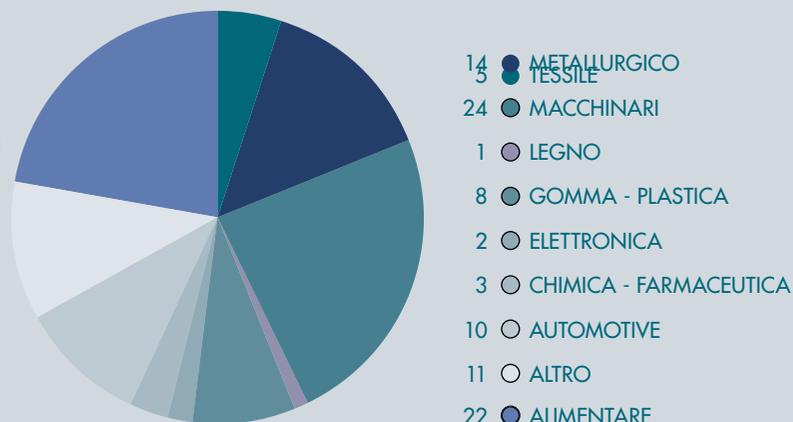
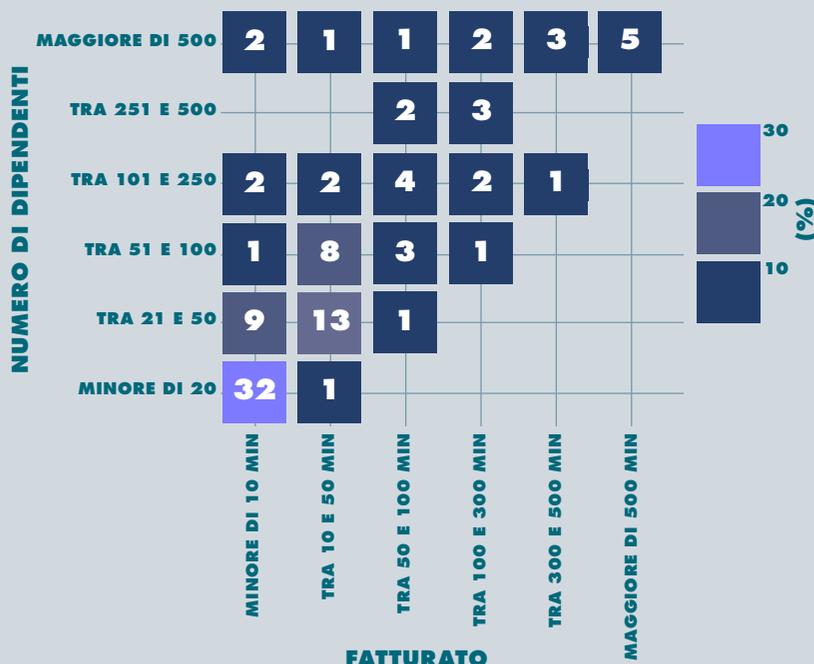


FIGURA 22 PERCENTUALE DI RISPONDENTI ALL'INTERNO DEL CAMPIONE CONSIDERATO PER FATTURATO-NUMERO DI DIPENDENTI



Guardando ai dati aziendali di tipo anagrafico, e in particolare al fatturato e al numero di dipendenti (si veda a tal proposito figura 22), è possibile identificare il 69% delle aziende come PMI (fatturato inferiore ai 50 milioni di euro e numero di dipendenti inferiore a 250). Tale percentuale è distante dal dato ISTAT che rileva il 91% delle aziende italiane come PMI. Questo fa capire come il campione non sia propriamente rappresentativo del contesto industriale del nostro Paese contenendo una quota più rilevante di grandi imprese. Per questo, nel prosieguo, molte considerazioni verranno dettagliate per dimensione d'azienda e non riportate in termini generali.

ADOZIONE

All'interno del campione analizzato il 34,2% dei rispondenti ha già adottato robot mobili per automatizzare attività di intra-logistica. In particolare, il 21,6% dei rispondenti ha adottato AGV e il 12,6% AMR. In virtù dello sbilanciamento del campione verso le grandi imprese rispetto alla realtà del contesto industriale italiano, figura 23 dettaglia queste percentuali per dimensione d'azienda.

Ebbene, dal grafico in figura si può desumere come tra i rispondenti che hanno adottato AGV e AMR l'incidenza delle PMI rappresenti, rispettivamente, il 31,6% e il 46,2% che, parametrati rispetto alla percentuale di piccole e medie imprese presenti all'interno del campione, diventano il 45,8% e il 67%. Poiché in valore assoluto il numero di PMI che hanno adottato AGV e AMR è il medesimo, la percentuale di piccole medie imprese presenti all'interno del campione che hanno adottato robot mobili è il 13,3%, che si ripartisce equamente tra AGV e AMR (6,67%), mentre la percentuale di grandi imprese è pari al 50% con una prevalenza, al momento, degli AGV (il 32,5% di grandi imprese ha adottato AGV, il 17,5% AMR). **Ciò porta a concludere che sussiste una maggior resistenza o una minor esigenza da parte delle piccole medie imprese nell'automatizzare attività di intra-logistica mediante robot.**

Incrociando, invece, il tasso d'adozione dei robot mobili con il settore di appartenenza dei rispondenti (sempre secondo la classificazione ISTAT), si può notare come AGV e

4

ANALISI DELLA DOMANDA DI AMR E AGV

SEGUE ►►►

AMR presentano distribuzioni di utilizzo differenti (si veda a tal proposito il grafico di figura 24). In particolare, i primi sono la tecnologia mobile maggiormente installata nell'industria alimentare, mentre i secondi raggiungono il loro picco di adozioni nel settore dei macchinari. Tuttavia, se si riparametrano i dati sulla base della popolarità dei settori tra i rispondenti riportata in figura 21, ovvero si calcola la diffusione di AGV e AMR tra le aziende rispondenti suddivise per settore, si nota che gli AGV hanno il massimo tasso di adozione tra le aziende rispondenti appartenenti al settore automotive con un 26,3% (nell'alimentare si fermano a un 15,9%) mentre per gli AMR si conferma quello dei macchinari il settore in cui sono più diffusi tra le aziende rispondenti con il 5,4%.

FIGURA 23 PERCENTUALE DI RISPONDENTI CHE HANNO ADOTTATO AGV E AMR PER DIMENSIONE D'AZIENDA

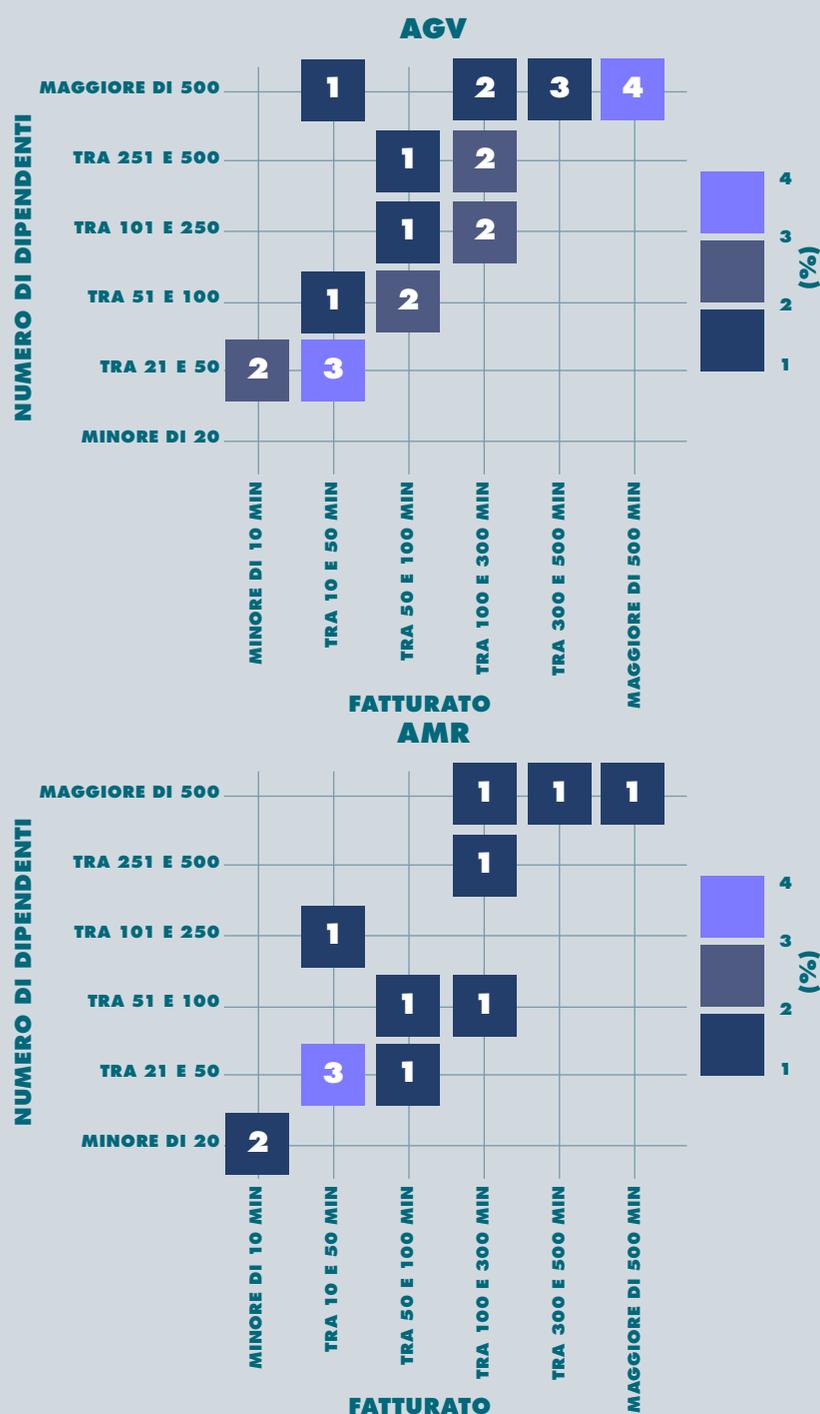
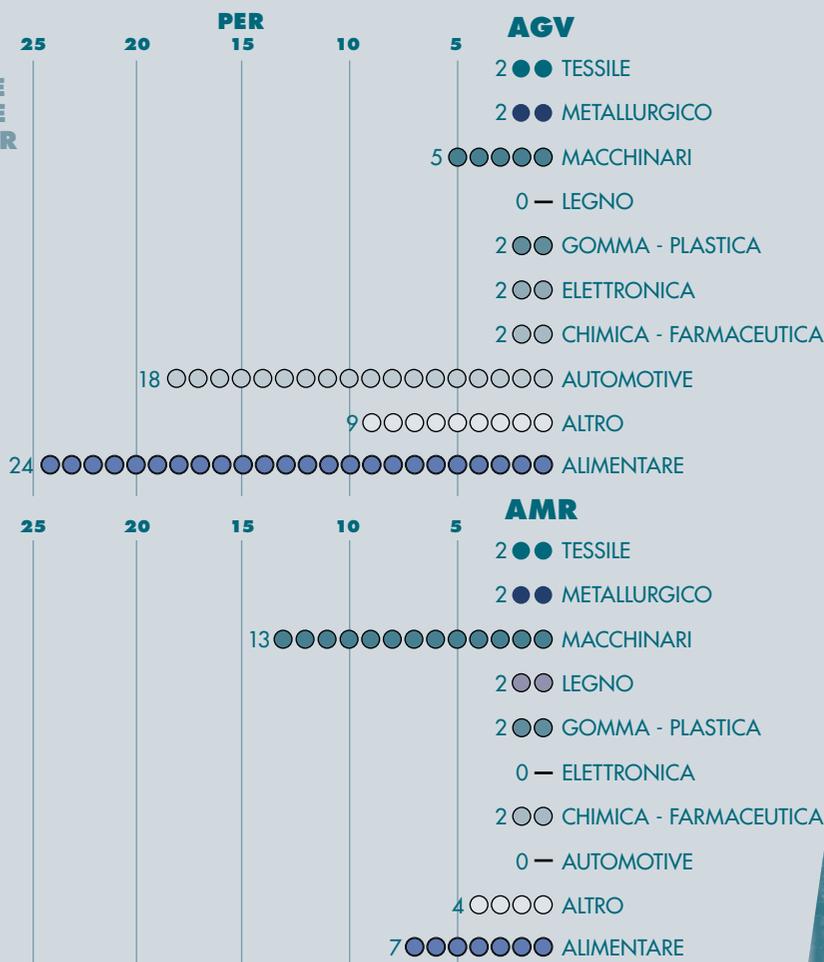


FIGURA 24

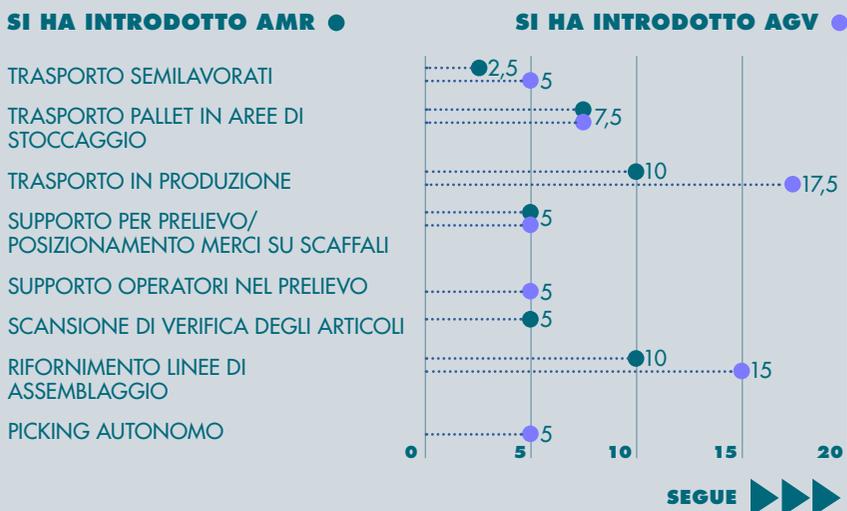
PERCENTUALE DI ADOZIONE DI AGV E AMR PER SETTORE INDUSTRIALE FATTO 100 IL NUMERO DI ROBOT MOBILI INSTALLATI



CARATTERISTICHE FUNZIONALI E TECNICHE CARATTERIZZANTI L'ADOZIONE

Per quanto riguarda la più rilevante delle caratteristiche funzionali, ovvero le azioni per le quali i robot mobili sono stati adottati, i risultati del questionario sono sintetizzati in figura 25. Nel dettaglio, si denota una prevalenza nell'utilizzo sia di AGV, sia di AMR per il trasporto dei componenti in produzione e per il rifornimento nelle linee di assemblaggio. Se si pensa alla filosofia lean, che sempre più permea le aziende di qualunque settore industriale, il fatto che i robot mobili siano soprattutto impiegati per missioni di trasporto non sorprende. Tali missioni, infatti, fanno parte di quelle situazioni che vengono identificate come **muda**, termine che in giapponese significa "spreco" e che sta a indicare "qualsiasi attività umana che assorbe risorse senza creare valore".

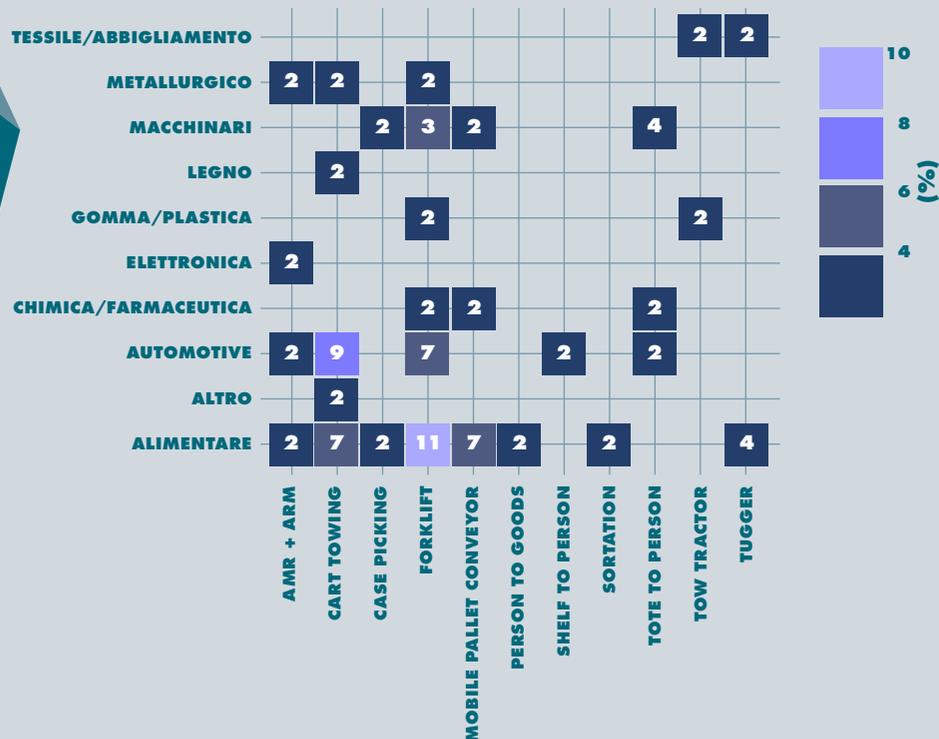
FIGURA 25 POPOLARITÀ DELLE AZIONI CARATTERIZZANTI L'ADOZIONE DI AGV E AMR (%)



SEGUE ►►►

Ebbene, l'introduzione di una tecnologia autonoma costituisce una possibile soluzione per l'eliminazione del muda di trasporto, ovvero di attività indispensabili di intra-logistica ma che non creano alcun valore aggiunto per il cliente

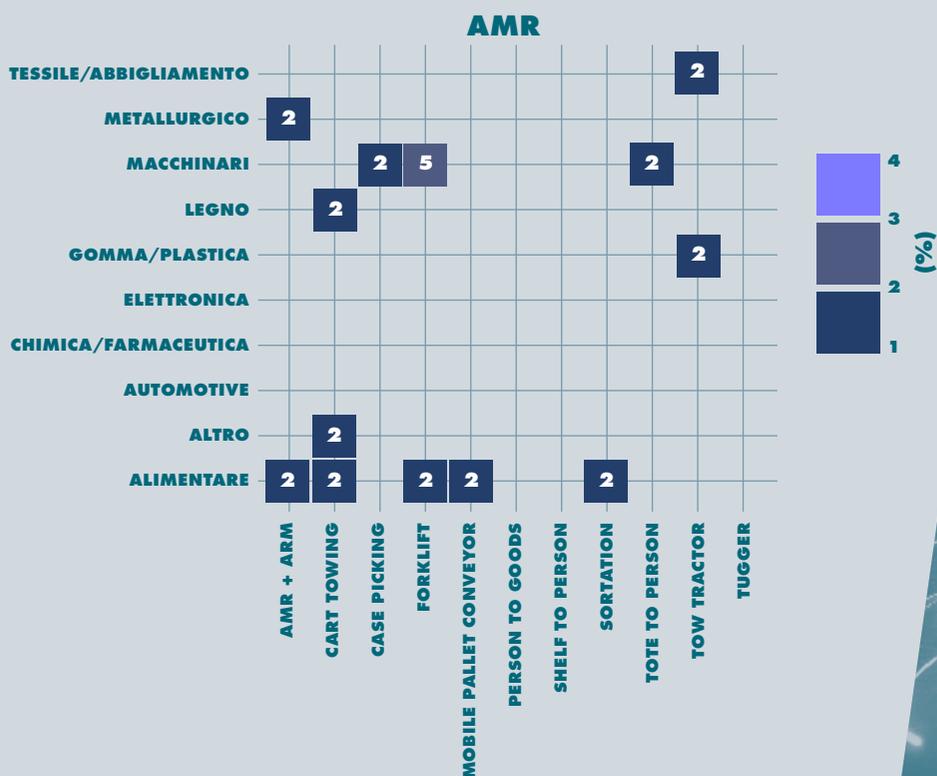
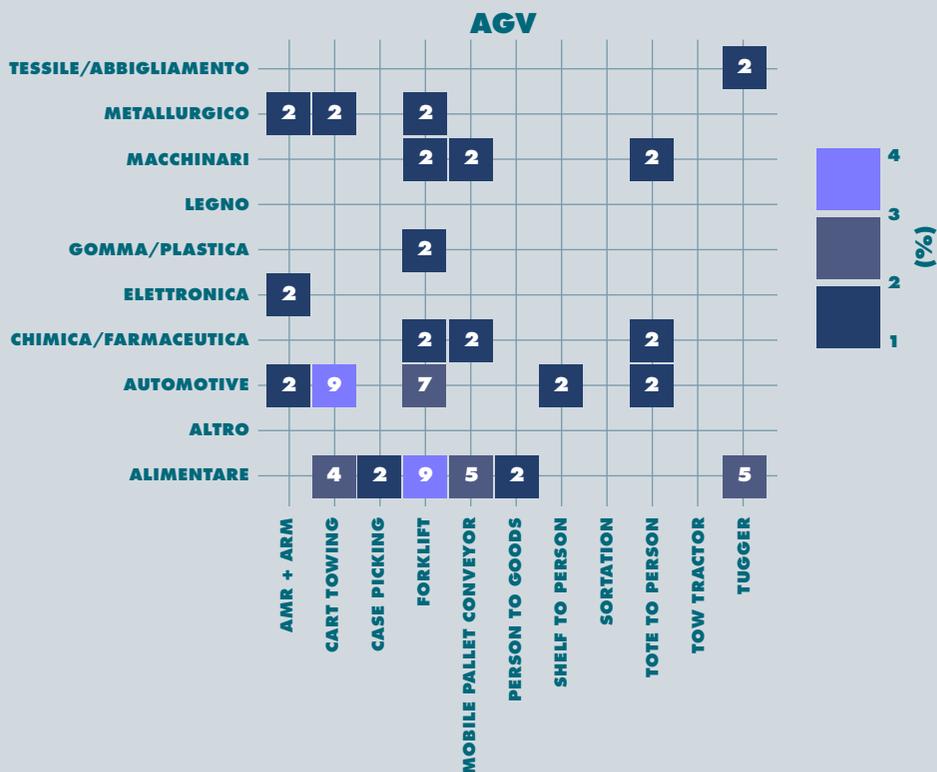
FIGURA 26A PERCENTUALE DI SOTTO-TIPOLOGIE DI ROBOT MOBILI IMPIEGATE PER SETTORE INDUSTRIALE



Dettagliando ulteriormente, ovvero scendendo a livello delle sotto-tipologie di robot mobili descritte nel paragrafo "Azioni", e incrociando tali sotto-tipologie con i settori che le hanno adottate si ottiene il grafico di figura 26.a (il grafico di figura 26.b è un dettaglio che si ricava suddividendo l'analisi per AGV e AMR).

Da tale grafico si evince, da un lato, come il settore alimentare sia quello contraddistinto dalla maggior varietà nelle sotto-tipologie di robot mobili adottati. Maggior varietà che non dipende solo dal fatto che tale settore sia uno dei più rappresentati con il 22% dei rispondenti appartenenti a esso in quanto il settore dei "macchinari", il primo per popolarità (24%) all'interno del campione, non presenta, al momento, un numero così elevato di sotto-tipologie di robot mobili adottate. Per contro, la sotto-tipologie "forklift" è sia quella più trasversale ai settori industriali, sia quella più popolare (10 su 84, ovvero l'11,9%).

FIGURA 26B PERCENTUALE DI SOTTO-TIPOLOGIE DI AGV E AMR IMPIEGATE PER SETTORE INDUSTRIALE

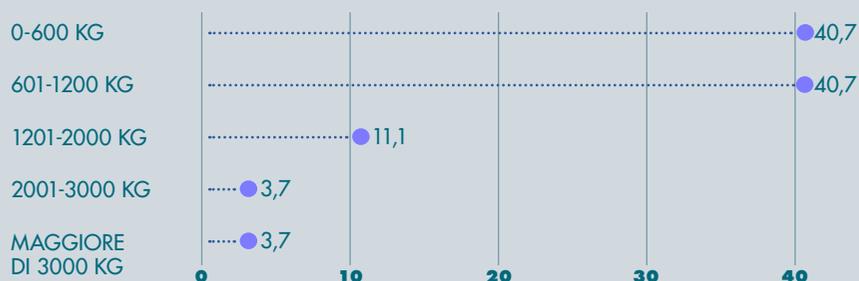


4

ANALISI DELLA DOMANDA DI AMR E AGV

SEGUE ►►►

FIGURA 27 POPOLARITÀ DEI VALORI DI PORTATA ALL'INTERNO DELLE ADOZIONI DI ROBOT MOBILI DICHIARATE DAL CAMPIONE (%)



Con riferimento alla caratteristica tecnica portata, le risposte al questionario hanno consentito di evidenziare come la maggior parte delle attuali adozioni di robot mobili riguardino applicazioni che richiedono di movimentare carichi compresi fino a 1200 kg. Oltre i 1200 kg e fino ai 2000 kg sono state censite un numero di adozioni che corrisponde all'11,1% del totale mentre per le adozioni finalizzate a movimentare carichi ancora più pesanti possono essere ritenute residuali (si veda a tal proposito il grafico di figura 27).



Dymation: il futuro dell'automazione logistica



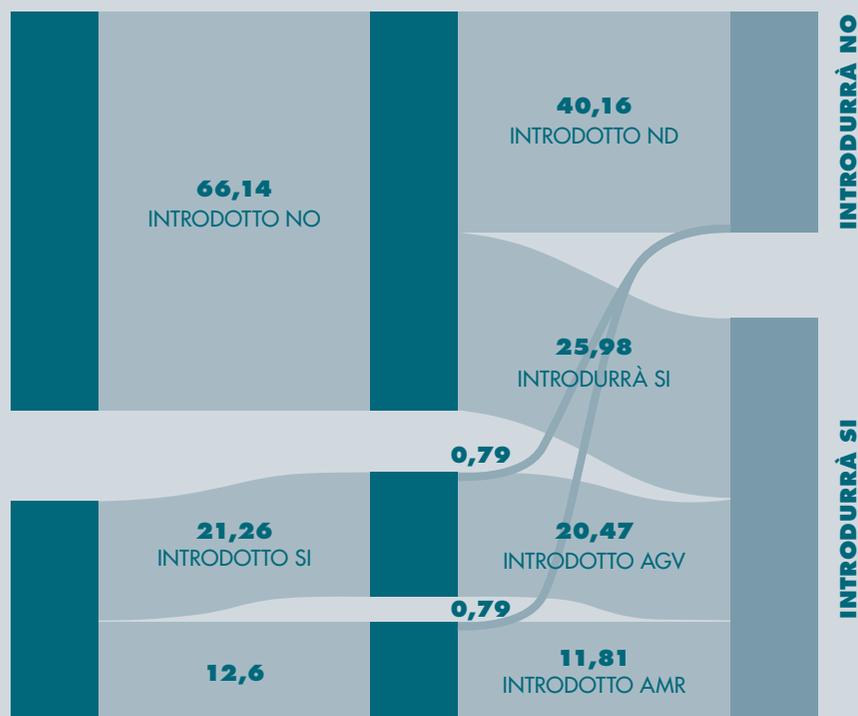
Convertiamo il potenziale in **competitività**.
Il cambiamento in **efficienza**.
Il domani nell'**oggi**.
E lo chiamiamo **innovazione**.
Contattaci al sito **www.dymation.com**

Dopo aver delineato le caratteristiche della domanda attuale di AGV e AMR, il focus dello studio si sposta sulle intenzioni delle aziende rispondenti circa la futura adozione di robot mobili. Come visto precedentemente, circa il 66% dei rispondenti non ha al momento introdotto tali robot, mentre circa il 34% ha introdotto AGV (il 21,6%) o AMR (12,6%) per automatizzare attività di intra-logistica.

Ebbene, un primo dato circa l'intenzione all'adozione futura da parte delle aziende rispondenti è sintetizzato dal grafico di figura 28. Da tale grafico si evidenzia come circa il 60% delle aziende intervistate introdurrà, nell'arco dei prossimi due anni, robot mobili per l'automazione di attività intra-logistiche. Un aspetto interessante da sottolineare con riferimento al Sankey chart in esame è che i rispondenti che hanno già adottato AGV o AMR confermano che ampliaranno il proprio parco di robot mobili. Da ciò è possibile concludere che i vantaggi promessi da tali robot nell'automazione di attività intra-logistiche devono essere stati effettivamente sperimentati se il 100% di coloro che li hanno implementati proseguiranno sulla strada dell'adozione.

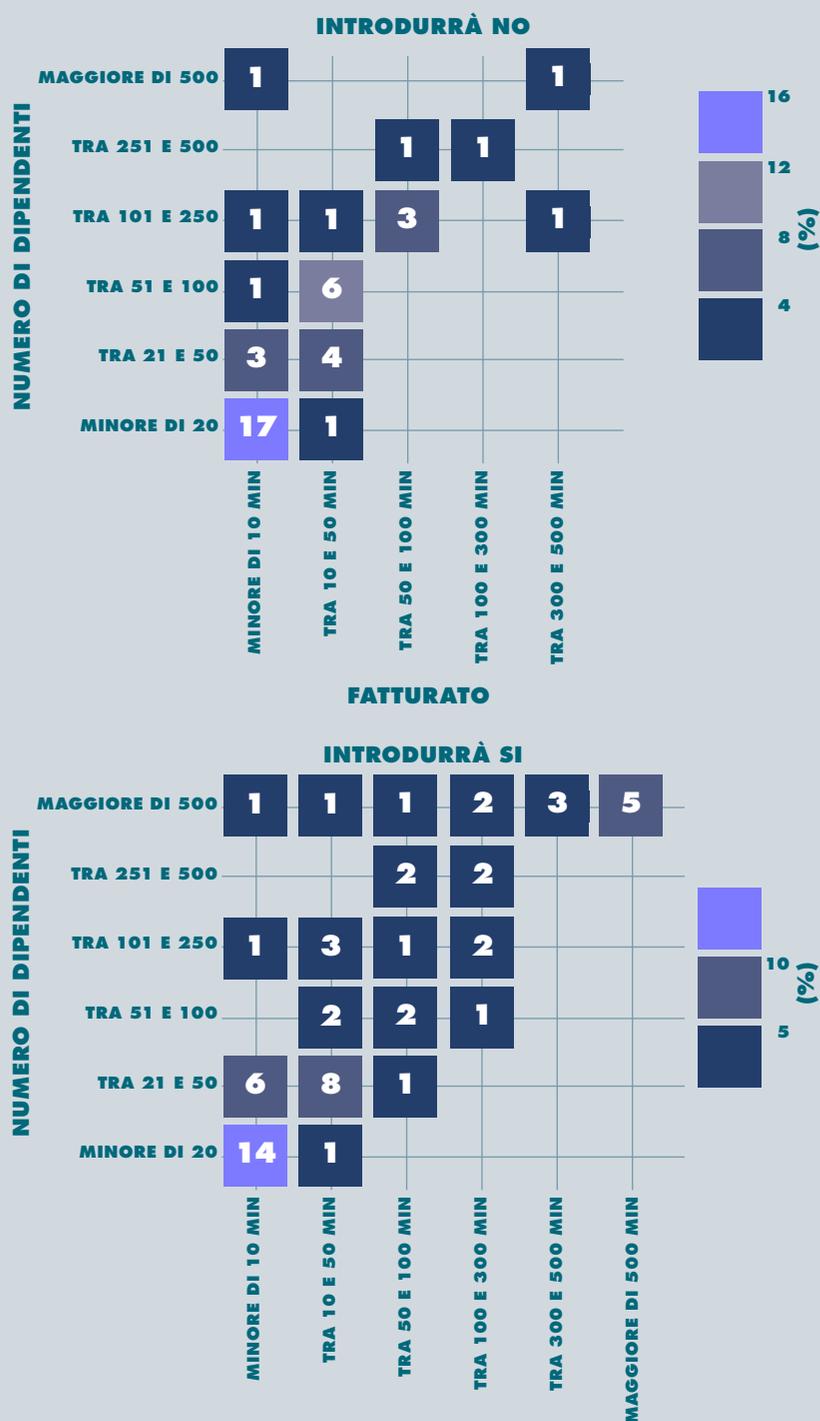
Inoltre, è importante notare come dalle dichiarazioni dei rispondenti ci si aspetta, nell'arco dei prossimi due anni, un aumento delle aziende che introdurranno AGV o AMR pari a circa il 26% (per contro, circa il 40% delle aziende del campione rimarranno ancorate alla non automazione dell'intra-logistica). Ebbene, tale dato pare confermare, con riferimento al contesto italiano, i trend segnalati a livello mondo nell'introduzione del presente studio.

FIGURA 28 INTENZIONE DI ADOTTARE ROBOT MOBILI



Incrociando il dato di futura introduzione e la dimensione aziendale è subito evidente come le aziende di grandi dimensioni, il 75% di esse, siano ben predisposte a implementare robot mobili, mentre solo il 50% delle PMI è interessato a introdurre questo tipo di tecnologia per automatizzare le attività di intra-logistica.

FIGURA 29 INTENZIONE DI NON ADOTTARE O ADOTTARE ROBOT MOBILI PER DIMENSIONE AZIENDALE



Ma come si caratterizzerà la domanda del circa 60% dei rispondenti che ha dichiarato proseguire o iniziare l'adozione di robot mobili nei prossimi due anni? Per comprenderlo è stato chiesto ai rispondenti stessi di esprimere quelle che stimano essere le loro esigenze in termini delle principali caratteristiche tecniche e funzionali, ovvero in termini di portata dei robot mobili e di azioni che questi dovranno compiere. Ebbene, la popolarità dei diversi valori di portata e delle diverse azioni che verranno richiesti entro il 2026 è sintetizzata, rispettivamente, nei grafici di figura 30 e di figura 31 (in tali grafici viene anche riportata, a mo' di confronto, la popolarità attuale).

5

TENDENZE FUTURE

SEGUE ►►►

Dal grafico di figura 30 si può notare che non sono presenti grosse differenze in termini di richiesta di portata. Dal grafico di figura 31 si può osservare invece che l'azione più richiesta rimane sempre il sollevamento di pallet, con un leggero calo rispetto alle applicazioni già introdotte. Inoltre, si denota una crescente richiesta di azioni più evolute come tote to person, shelf to person, sortation e case picking.

FIGURA 30 POPOLARITÀ DEI VALORI DI PORTATA RICHIESTI NEI PROSSIMI DUE ANNI PARAGONATA A QUELLA DEI VALORI DI PORTATA CHE CONTRADDISTINGUONO LE ATTUALI ADOZIONI

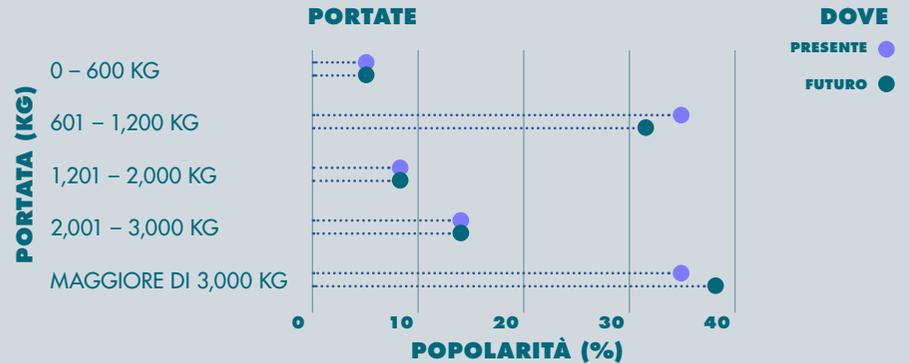


FIGURA 31 POPOLARITÀ DELLE AZIONI RICHIESTE NEI PROSSIMI DUE ANNI PARAGONATA A QUELLA DELLE AZIONI CHE CONTRADDISTINGUONO LE ATTUALI ADOZIONI



FRENI ALL'ADOZIONE

Al fine di comprendere la ragione per cui circa il 34% del campione che ha partecipato all'indagine ha dichiarato che non adotterà AGV o AMR nei prossimi due anni, è stato chiesto alle aziende di esprimere con un voto da 1 a 4 (1 non impattante sulla decisione, 4 molto impattante sulla decisione) l'impatto su tale intenzione dei seguenti cinque fattori: ritorno dell'investimento (ROI) non adeguato, mancanza di una soluzione confacente alle esigenze dell'azienda, costi di manutenzione elevati, percezione di problematiche relative alla sicurezza e percezione di resistenza da parte del personale.

Dal grafico di figura 32, che sintetizza i dati ricavati dalle risposte al questionario, è evidente come il ROI sia il primo fattore per importanza sulla presa di decisione di non implementare. Questo dato, letto alla luce di quanto mostrato dai grafici di figura 29 per le PMI, fa presumere che il costo delle soluzioni proposte a oggi le renda ancora poco appetibili e convenienti specialmente per le piccole e medie imprese. Inoltre, il secondo fattore per importanza è il costo della manutenzione, cosa che evidenzia come le aziende, e le PMI in particolare, siano attente non solo al costo iniziale di investimento ma anche ai costi di esercizio.

Il questionario ha anche indagato il numero di anni in cui i rispondenti che hanno adottato robot mobili stimano di rientrare dell'investimento. Dal grafico di figura 33 è evidente come sia richiesto, da quasi la totalità dei rispondenti (89%), un tempo di pay-back pari o inferiore a 5 anni. Da sottolineare che il 50% di rispondenti stima/considera ragionevole rimanere al di sotto dei 3 anni.

FIGURA 32 MEDIA DELL'IMPORTANZA DEI DIVERSI FATTORI SULLA DECISIONE DI "NON IMPLEMENTARE" ROBOT MOBILI

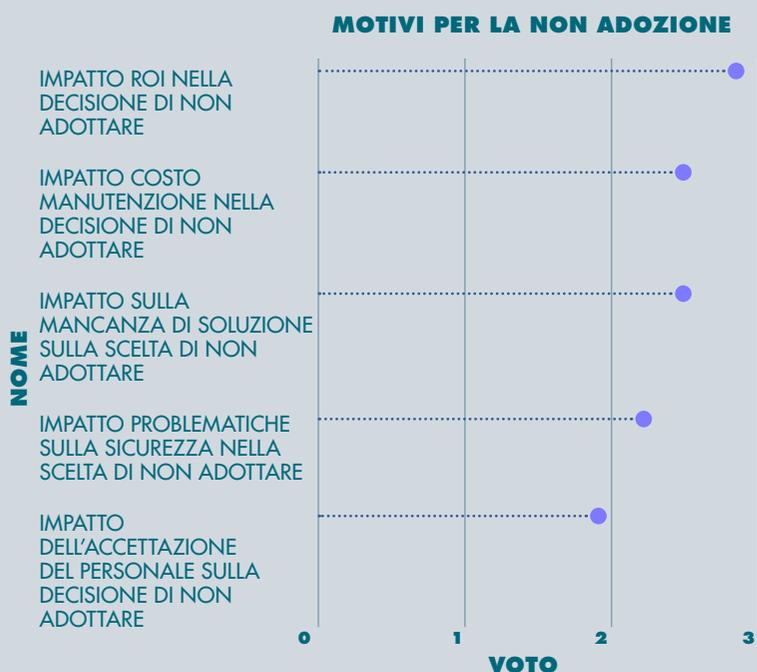
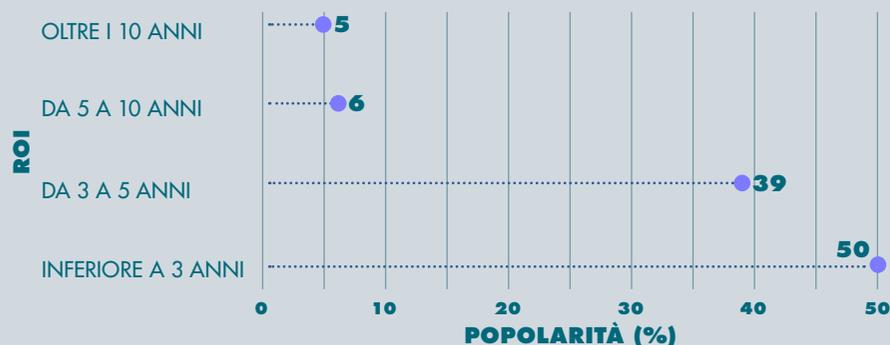


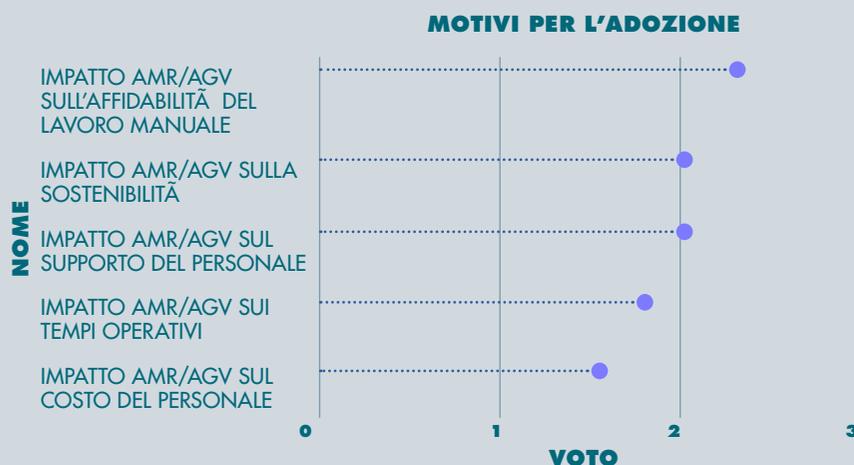
FIGURA 33 POPOLARITÀ PERCENTUALE DEI TEMPI DI PAY-BACK STIMATI/ RITENUTI RAGIONEVOLI PER UN INVESTIMENTO IN ROBOT MOBILI

SPINTE ALL'ADOZIONE

Con la stessa logica, con un voto da 1 a 4, sono stati indagati i fattori che hanno spinto e spingeranno le aziende ad adottare AGV e AMR. Tra questi sono emersi: garantire una maggiore affidabilità nelle attività di intra-logistica rispetto agli operatori, garantire sostenibilità economica, sociale e ambientale, supportare gli operatori in attività non a valore aggiunto, ridurre i tempi operativi, ridurre il costo del personale.

L'analisi presente nel grafico di figura 34 che presenta il voto medio per fattore, evidenzia che "affidabilità" e "sostenibilità" sono i due fattori principali che spingono per l'adozione. Questo suggerisce o, meglio, conferma, la necessità delle aziende, da un lato, di non affidare attività "triviali" agli operatori che, nell'esecuzione di queste, possono commettere errori e, dall'altro, di proteggersi dalla riduzione sempre più marcata della disponibilità di lavoratori e di voler perseguire la crescita economica rispettando l'ambiente.

La riduzione del costo del personale sembra, invece, non essere un driver impattante sulla scelta di adozione, questo può suggerire due letture differenti. La prima è che le aziende che propendono per l'adozione sono più attente alla continuità produttiva ("affidabilità") piuttosto che alla riduzione del costo. La seconda lettura riguarda ancora una volta il macro-trend della riduzione della forza lavoro: l'adozione di AGV o AMR non viene vista come mezzo per fare a meno degli operatori ma come possibilità di sgravare gli operatori stessi da attività ripetitive e standard per reimpiegarli in attività a valore aggiunto.

FIGURA 34 MEDIA DELL'IMPORTANZA DEI DIVERSI FATTORI SULLA DECISIONE DI "IMPLEMENTARE" ROBOT MOBILI

COME DIMENSIONARE UNA FLOTTA DI ROBOT MOBILI AUTONOMI

Perché è importante il dimensionamento della flotta

Il dimensionamento ottimale di una flotta non si riduce semplicemente all'acquisto di un numero casuale di robot. Infatti, un numero insufficiente di robot può causare ritardi nelle operazioni e rallentamenti nella produzione, in caso contrario un numero eccessivo porterebbe ad un aumento dei costi di investimento e manutenzione senza benefici significativi in termini di efficienza. Il dimensionamento ottimale della flotta deve considerare diversi fattori, come:

1. Numero di missioni o quantità da trasportare in un dato periodo
2. Layout, disposizione spaziale di magazzini, linee produttive e impianti
3. Portata del robot (ovvero, quantità massima di materiale che ciascun robot può trasportare per singola missione)
4. Tempi di fermo sia per la ricarica delle batterie, sia per la manutenzione
5. Contemporaneità delle chiamate per soddisfare le missioni
6. Aleatorietà del processo produttivo
7. Politica di gestione delle missioni per definire la priorità con cui devono essere servite dai robot

Considerare tutti questi elementi attraverso un calcolo derivante da una formula matematica tradizionale non è pensabile. Lo strumento principe per definire il numero ottimale di robot è la simulazione a eventi discreti.

La simulazione a eventi discreti

La simulazione a eventi discreti è una tecnica utilizzata per modellare sistemi dinamici complessi in cui lo stato del sistema cambia in momenti discreti nel tempo, a seguito di eventi specifici.

La simulazione genera una storia artificiale del sistema logistico-produttivo in esame, consentendo di valutare ex ante le prestazioni che il sistema avrà in esercizio e di condurre analisi di sensitività.

Sfruttando la simulazione a eventi discreti è possibile perseguire sia obiettivi progettuali, sia obiettivi gestionali.

| OBIETTIVI PROGETTUALI | OBIETTIVI GESTIONALI |
|--|---|
| CAPACITY PLANNING | OTTIMIZZAZIONE POLITICHE GESTIONE MATERIALI |
| ANALISI COLLI DI BOTTIGLIA | OTTIMIZZAZIONE POLITICHE GESTIONE MANODOPERA |
| VERIFICA LAYOUT | ANALISI PRESTAZIONI SISTEMA AL VARIARE DEL MIX E DEI VOLUMI |
| DIMENSIONAMENTO PARCO MACCHINE O SISTEMA LOGISTICO | VERIFICA DELL'INFLUENZA DI GUASTI E PROBLEMI DI ALIMENTAZIONE MATERIALI |

FOCUS ON

FOCUS ON

In riferimento alla problematica del dimensionamento di flotte di robot mobili la simulazione a eventi discreti è lo strumento principe in quanto permette di riprodurre il comportamento dell'intero sistema logistico-produttivo al computer, creando una rappresentazione realistica delle operazioni quotidiane la quale permette di stimare le prestazioni della flotta sotto differenti scenari.

PERCHÉ UTILIZZARE LA SIMULAZIONE A EVENTI DISCRETI

COSTO: È MENO COSTOSO SPERIMENTARE SU UN MODELLO CHE SUL SISTEMA REALE

TEMPO: LA SPERIMENTAZIONE SU UN MODELLO È PIÙ VELOCE RISPETTO A QUELLA SUL SISTEMA REALE

RIPETIBILITÀ: IN UN MODELLO LE CONDIZIONI AL CONTORNO POSSONO ESSERE FISSATE

REALTÀ: IL SISTEMA REALE NON ESISTE ANCORA

Studio di simulazione

Uno studio di simulazione si compone di otto diverse fasi:

1. Definizione del problema. Fase in cui viene descritta la problematica da affrontare; in questo contesto si potrebbe tradurre con "identificazione del numero minimo di robot mobili che consente di raggiungere un determinato livello di efficacia"
2. Definizione delle variabili indipendenti e dipendenti. Le variabili indipendenti o variabili decisionali sono quei fattori su cui è possibile agire. le variabili dipendenti sono di due tipi: di benchmark, che servono per valutare la soluzione

| DECISIONALI | BENCHMARK | CONTROLLO |
|-------------------------------------|---------------------------------------|---|
| NUMERO ROBOT | TEMPO DI COMPLETAMENTO DELLE MISSIONI | SATURAZIONE DEI ROBOT |
| POLITICA DI GESTIONE DELLE MISSIONI | THROUGHPUT DELLE LINEE DI PRODUZIONE | CHILOMETRI PERCORSI DAI ROBOT |
| LAYOUT | | DIMENSIONI DEI BUFFER DI INTERAZIONE ROBOT MACCHINA |

3. Sviluppo del modello logico del sistema. Fase in cui viene rappresentato attraverso diagrammi di flusso il processo logistico-produttivo da simulare. Fondamentale rappresentare correttamente l'intero processo in modo da poter valutare le interazioni fra robot e le aree di produzione
4. Raccolta dati di input. Fase in cui vengono raccolte le informazioni per parametrizzare il modello rappresentante il sistema da simulare. Questi dati includono la velocità dei robot, il layout dello stabilimento e la produttività dei processi a valle e a monte delle aree di interazione con i robot
5. Sviluppo del modello di simulazione. In questa fase viene tradotto il modello logico al computer attraverso l'utilizzo di software specifici creando il modello digitale del sistema logistico-produttivo
6. Validazione del modello. Passo fondamentale per verificare con i risultati delle prime simulazioni se il modello digitale realizzato rappresenta correttamente la realtà

7. Definizione degli esperimenti ed esecuzione delle simulazioni. Vengono identificati i diversi scenari da testare tramite il modello di simulazione, oltre le specifiche dei run di simulazione come lunghezza, periodo di warm-up e numero di replicazioni
8. Analisi dei risultati. In quest'ultima fase vengono sintetizzati i dati raccolti in indicatori (variabili dipendenti) attraverso i quali il decisore può confrontare gli scenari e identificare quello ottimale

Il dimensionamento ottimale di una flotta di robot mobili è un problema complesso che richiede un'analisi dettagliata di molteplici fattori.

La simulazione a eventi discreti rappresenta lo strumento potente per supportare questo processo, consentendo di modellare realisticamente il sistema e testare e ottimizzare le prestazioni complessive sotto diverse configurazioni.

Grazie alla simulazione è possibile prendere decisioni informate che garantiscano un equilibrio ottimale tra costi e benefici, contribuendo al successo di introduzione di automazione nei sistemi logistico-produttivi.

**SI RINGRAZIANO
LE AZIENDE SPONSOR
PER AVER SOSTENUTO
QUESTO LAVORO DI RICERCA
INSIEME ALLA CASA EDITRICE
TECNICHE NUOVE**

rexroth
A Bosch Company

Dymation
POWERED BY TESVA

ZIMMER
group

ORMA Osservatorio
Robot
Mobili
Autonomi
2024
Powered by Automazione
news

XLIX

LA SECONDA EDIZIONE DI ORMA
**AMR - UN MERCATO
IN ESPANSIONE**

Prosegue la collaborazione con il gruppo di ricerca i-Fab della LIUC e la redazione di Automazione News per la seconda edizione dell'osservatorio permanente sui robot mobili autonomi.

Il focus per l'edizione 2026 sarà:
**IL DIMENSIONAMENTO OTTIMALE
DI UNA FLOTTA DI ROBOT MOBILI
AUTONOMI**

Dimensionare una flotta di AMR non si riduce all'acquisto di un numero casuale di robot. Infatti, un numero insufficiente di robot può causare ritardi nelle operazioni e rallentamenti nella produzione, in caso contrario un numero eccessivo porterebbe ad un aumento dei costi di investimento e manutenzione senza benefici significativi in termini di efficienza.

Lo strumento principe per definire il numero ottimale di AMR è la simulazione a eventi discreti attraverso otto fasi che ORMA analizzerà.

Come per la prima edizione, il comitato scientifico validerà i risultati che l'attività di ricerca ORMA evidenzierà. L'obiettivo è fornire alle aziende sponsor uno strumento efficace di assesment da utilizzare per proporre adeguate soluzioni di robotica mobile al mercato.

PER ADERIRE ALL'ATTIVITÀ DI RICERCA O PER RICEVERE
ULTERIORI INFORMAZIONI SULL'OSSERVATORIO ROBOT
MOBILI AUTONOMI È POSSIBILE SCRIVERE DIRETTAMENTE A:
COMMERCIALE@TECNICHENUOVE.COM.

Organizzato da

LAMIERA

Meccanica
MECCANICA



13 novembre 2025

Museo Mille Miglia, Sant'Eufemia (BS)

IV edizione

LAMIERA TRAINING DAY 2025

L'evento di riferimento per i professionisti
del settore lamiera

Perché
PARTECIPARE?

- Location ed **EXPERIENCE** unica
- Soluzioni concrete e **BEST PRACTICE**
- **KEYNOTE** speaker
- **BENCHMARKING** di settore
- **NETWORKING** di alto livello

Aumentare i **MARGINI**
efficientando
i **PROCESSI** aziendali

Riserva il tuo posto

QUI



tecniche nuove
MEDIA

ASSERVIMENTI
RESSE

Azerouno
SOFTWAREHOUSE

F.lli GAIANI
MACCHINE UTENSILI

I P G
PHOTONICS

MADE
Competence Center I.T.S.

PAVEL STEEL

TECNOLAME
Shear Blades and Special Tools - Since 1888



Automazione news

LA PIATTAFORMA INTEGRATA DI INFORMAZIONE CHE GUIDA IL FUTURO DELL'INDUSTRIA

AUTOMAZIONE NEWS È IL NUOVO PUNTO DI RIFERIMENTO PER I PROFESSIONISTI DELL'INDUSTRIA CHE VOGLIONO RESTARE AGGIORNATI SULLE ULTIME INNOVAZIONI TECNOLOGICHE E SULLE MIGLIORI PRATICHE PER LA TRANSIZIONE DIGITALE DEL MANIFATTURIERO

PERCHÉ SCEGLIERE AUTOMAZIONE NEWS?

AUTOMAZIONE NEWS È PIÙ DI UNA RIVISTA: È UN ECOSISTEMA CHE INTEGRA CARTA STAMPATA, SITO WEB, SOCIAL MEDIA, NEWSLETTER, E-MAGAZINE, EVENTI E TANTO ALTRO, CREANDO OPPORTUNITÀ DI NETWORKING E CRESCITA PROFESSIONALE

CHI LEGGE AUTOMAZIONE NEWS?

-  DIRETTORI DI PRODUZIONE E TECNICI
-  INGEGNERI DI PROCESSO E RESPONSABILI R&S
-  OPERATORI, MANUTENTORI E PROGETTISTI DI SISTEMI AUTOMATICI

ENTRA
A FAR PARTE DELLA COMMUNITY DI

