

Seminario:

Sistema per la rilevazione e il tracciamento di ostacoli fissi e in movimento per semoventi agricole (SIRTRAck)

Evento conclusivo del progetto BRIC ID 04/2022



Scenari di rischio relativi all'interferenza tra macchinario agricolo e soggetti terzi a terra nell'area di manovra



DiSAA

DIPARTIMENTO
di SCIENZE
AGRARIE e
AMBIENTALI

Domenico Pessina,
Lavinia Eleonora Galli



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI MILANO



(immagine generata con AI)

Roma, 7 Novembre 2025 – INAIL, Roma

INAIL
ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE
CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO

Le interazioni tra macchinari e soggetti terzi nell'area di manovra presentano **diversi e seri scenari di rischio**, che riguardano non solo gli operatori, ma anche **soggetti terzi che si trovano o entrano nell'area di lavoro**.

Ribaltamento: sebbene più spesso associato al solo operatore, il ribaltamento di un trattore su un terreno con superficie scoscesa e/o accidentata può coinvolgere chi si trova nelle vicinanze.



Schiacciamento: i soggetti possono essere schiacciati contro strutture fisse (muri, cancelli) o tra il macchinario e il rimorchio durante le manovre di aggancio e sgancio.



Investimento: è purtroppo il rischio più comune, che può avvenire quando l'operatore non si accorge della presenza di una persona terza nell'area di manovra, a causa di angoli ciechi, scarsa visibilità (nebbia, polvere, fango) o distrazione.



Restrungendo la ricerca al **solo web, solamente su alcuni portali e limitatamente agli ultimi 4 anni** si possono immediatamente rilevare **numerosi incidenti mortali** (molti dei quali **particolarmente strazianti...**)

St. Pierre (Aosta), 17 settembre 2025
Bimbo di tre mesi muore
travolto da un trattore a St-
Pierre, alla guida del mezzo
c'era lo zio

Monte S. Pietro (Bologna), 28 luglio 2024
Investito dal trattore in retromarcia guidato dal
papà, muore a 12 anni
L'uomo stava lavorando nella tenuta di famiglia e non si era accorto della presenza del figlio.

Vigarano Mainarda (Ferrara), 6 giugno 2024

Fa manovra con il trattore e schiaccia il
figlio di otto anni: per il bambino nulla
da fare

Secondo la prima ricostruzione il padre del piccolo avrebbe fatto una manovra per lasciar passare l'altro figlio che stava passando con un motorino

Motta Baluffi (Cremona), 15 agosto 2024
Muore travolto da trattore guidato dal figlio nel Cremonese
Durante una manovra in retromarcia, nell'ala dell'azienda di famiglia, non avrebbe visto il padre che si trovava dietro al mezzo agricolo
Un uomo di 76 anni è morto nel Cremonese, dopo essere stato investito dal trattore guidato dal figlio: è accaduto in un'azienda agricola di Motta Baluffi, la mattina di Ferragosto intorno alle 11. I due stavano eseguendo dei lavori quando il figlio in retromarcia ha **inavvertitamente** travolto il genitore.

Casalnuovo (Napoli), 6 aprile 2022
A Casalnuovo un bimbo di 2 anni muore travolto dal trattore del padre
Sono in corso le indagini, sarebbe rimasto incastrato nella fresa meccanica del mezzo
Un bimbo di 2 anni è morto in un tragico incidente avvenuto in un fondo agricolo a Casalnuovo, in provincia di Napoli. Secondo una prima ricostruzione fatta dai Carabinieri della tenenza di Casalnuovo, intervenuti sul posto in via Casarea, **il bimbo sarebbe rimasto incastrato in una fresa meccanica** del trattore sul quale era a bordo il padre, 36enne, che stava effettuando dei lavori nel fondo agricolo adiacente la propria abitazione. Il bimbo è morto sul colpo.

Pescara, 26 marzo 2023
Pescara, un bimbo di quattro anni muore travolto da un trattore

Sul posto sono intervenuti i sanitari del 118, che non hanno potuto fare altro che constatare il decesso del piccolo

Un bambino di quattro anni è morto dopo essere stato travolto da un trattore a Pescara. Alla guida del mezzo, secondo le prime informazioni dei soccorritori, c'era il padre. Il fatto è avvenuto nel pomeriggio in strada del Palazzo.

Lagosante (Ferrara), 14 luglio 2025

Incidente in azienda agricola ferrarese, muore a 44 anni schiacciata da un trattore

I Carabinieri stanno cercando di ricostruire la dinamica. Forse una manovra involontaria all'origine della tragedia

Un incidente sul lavoro mortale è accaduto questa mattina a Lagosante nel Ferrarese: una donna di 44 anni, di nazionalità romena, è rimasta schiacciata in una azienda agricola e ha perso la vita. Ancora da chiarire la dinamica, sul posto per indagini e rilievi i carabinieri di Ferrara, la Medicina del lavoro e i vigili del fuoco.

Secondo una prima ricostruzione, effettuata sul posto dai carabinieri, la vittima era impegnata ad innestare delle piantine coltivate ed avrebbe inavvertitamente inserito la marcia del trattore, che avanzando lentamente l'avrebbe travolta schiacciandola.

Chiaramonte Gulfi (Ragusa), 22 agosto 2025

Ragazzo di 15 anni muore schiacciato da un trattore a Ragusa, Andrea Passalacqua era nell'azienda di famiglia

Incidente choc a Ragusa: Andrea Passalacqua, 15 anni, morto in un incidente agricolo con un trattore. Indagini in corso, il cordoglio del sindaco

Un ragazzo di soli 15 anni, **Andrea Passalacqua**, è morto in un incidente agricolo nelle campagne di **Ragusa**, nell'azienda di famiglia. Il giovane studente sarebbe rimasto vittima di una manovra errata di un **trattore**, restando schiacciato dal mezzo. Inutili gli interventi del 118 e dell'elisoccorso. Sul caso indaga la magistratura.

Le circostanze esatte della tragedia sono ancora al vaglio delle autorità competenti.

Secondo una prima ricostruzione, il giovane è stato rinvenuto privo di sensi nei pressi della stalla, circostanza che ha spinto ad allertare subito i soccorsi.

Brembio (Lodi), 20 giugno 2024

Incidente sul lavoro, 18enne muore nel Lodigiano schiacciato da un mezzo agricolo

Il ragazzo stava lavorando nell'azienda Bassanetti, in via Cavour a Brembio.

Un ragazzo di 18 anni è morto **schiacciato da una seminatrice**, un mezzo agricolo, mentre stava lavorando nell'azienda Bassanetti, in via Cavour a Brembio, in provincia di Lodi. Si chiamava **Pierpaolo Bodini**. Su Instagram il ragazzo aveva postato numerose foto dei trattori e una foto con altri tre amici sui "balloni" di fieno. L'ultima storia che aveva realizzato sul social, 18 ore fa, era dedicata a una trebbiatrice, taggando l'azienda.

Fumane (Verona) e S. Angelo di Brolo (Messina), 21 giugno 2022

A Messina e Verona due operai investiti da un trattore. Altre due vittime a Lecce e Ponticelli

Un ragazzo di 26 anni è morto dopo essere stato investito da un trattore che stava manovrando mentre era al lavoro in un'azienda agricola e agriturismo in località La Ca, nel Comune di Fumane, nella provincia di Verona. Sul posto i Vigili del Fuoco e medici del 118. Ancora da chiarire la dinamica dell'incidente.

Un operaio è rimasto schiacciato da un trattore che si è ribaltato mentre l'uomo stava arando un terreno di sua proprietà. L'incidente mortale nelle campagne di Sant'Angelo di Brolo, in provincia di Messina. L'uomo di 65 anni, titolare di un'impresa edile a Firenze, era tornato a Sant'Angelo di Brolo, per passare i pomeriggi nella sua casa in campagna. A lanciare l'allarme un familiare ma all'arrivo dei sanitari per l'uomo non c'era nulla da fare.

Pinarella di Cervia (Rimini), 24 maggio 2025

Il conducente è stato fermato per omicidio colposo. Non si sarebbe accorto della presenza di una persona vicina alla riva. Il sindaco di Cervia: "Lavori non autorizzati". La Regione: "Verificare, episodio grave"

Una donna di 66 anni originaria di Vicenza, Elisa Spadavecchia, è morta stamattina sulla spiaggia di Pinarella di Cervia, litorale ravennate, dopo essere stata investita da un mezzo - un trattore o una ruspa - che si stava occupando della pulizia dell'arenile. L'incidente è avvenuto all'altezza del bagno 70, sulla spiaggia libera.

La donna - che era in vacanza con alcuni parenti - è stata colpita dal mezzo, che stava facendo manovra, l'operaio che lo manovrava non si sarebbe accorto della sua presenza nei pressi della riva. Il conducente di 54 anni di Cesena, sotto choc, dopo essersi in un primo momento allontanato urlando, è stato identificato e fermato dai Carabinieri. E' accusato di omicidio colposo.

... oltre ad una serie sicuramente numerosa di incidenti gravissimi, con mutilazioni e pesanti conseguenze permanenti



Almisano di Lonigo (Vicenza), 20 giugno 2024 Anziano in trattore durante una manovra investe la moglie, che muore poco dopo

Tragedia ad **Almisano** di **Lonigo** nel pomeriggio: un anziano agricoltore nel fare manovra col proprio **trattore** ha **investito** la **moglie**, uccidendola.

Il dramma si è consumato intorno alle 17 in via Fontana Murà. Secondo le prime notizie, l'uomo era appena rientrato dai campi e l'incidente mortale è avvenuto nel cortile di casa. Immediatamente soccorsa, la **pensionata** è **morta** durante il trasporto in ospedale. Sotto shock il marito. Sul fatto stanno indagando gli agenti della polizia locale di Lonigo.

S. Giovanni Incarico (Frosinone, 23 giugno 2024) Viene investito dal trattore guidato da suo nonno e rischia di perdere una gamba, la storia del piccolo Francesco finisce sulla Rai

Il bambino di 4 anni era intento a giocare sul prato quando suo nonno, accidentalmente, lo ha investito con il trattore mentre stava svolgendo dei lavori domestici.

Poi è la volta di mamma Silvia che inizia a raccontare quanto successo il 23 giugno 2024: "Mio padre stava tagliando l'erba con il trattorino trinciaerba di casa. Mio figlio stava giocando da tutt'altra parte, lontano da mio padre. Mio padre ha fatto retromarcia, non rendendosi conto che mio figlio gli stava andando incontro, e ad un certo punto ha sentito un botto e il motore che si fermava, mio figlio era sotto il trattore".

Considerazioni (telegrafiche...) su questa tipologia di eventi luttuosi

Nella maggior parte dei casi le condizioni al contorno non erano critiche. Infatti:

- gli incidenti non sono dipesi dalle precarie condizioni di manutenzione dei mezzi;
- le condizioni ambientali non erano proibitive;
- i conducenti non hanno effettuato manovre azzardate.

Si evince **quindi la necessità di attivare sistemi (passivi e attivi) di segnalazione del pericolo, auspicabilmente con livelli di allarme crescente**, che possano costantemente fornire utili informazioni al conducente del mezzo agricolo sulla presenza e sui movimenti di eventuali soggetti a terra nell'area di manovra.



(immagine modificata con AI)

Scenari di rischio relativi all'interferenza tra macchinario agricolo e soggetti terzi a terra nell'area di manovra

Domenico Pessina, Lavinia Eleonora Galli

trattore



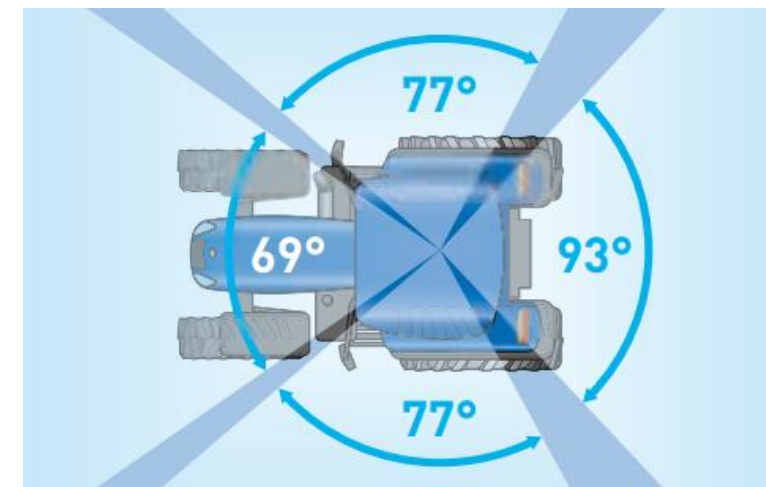
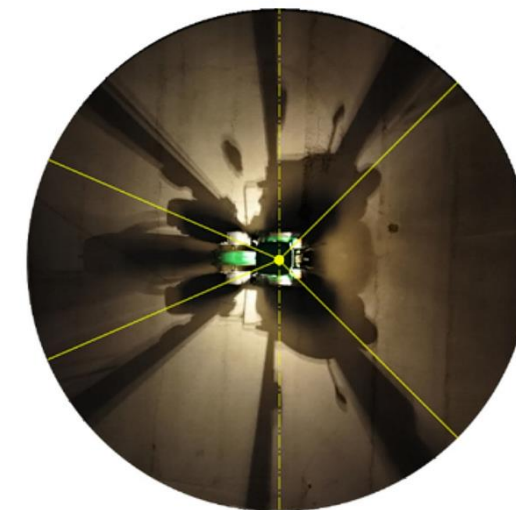
mietitrebbiatrice



Visibilità dal posto di guida dei trattori e delle operatrici semoventi

Per la tipica collocazione del posto di guida, il conducente può avere una visibilità ottimale solo se la **cabina è dotata di ampie superfici vetrate**, con i minori ostacoli possibili (ad es. montanti ingombranti, pannelli, monitor, comandi).

Dati i notevoli ingombri dei mezzi, e ancor più delle operatrici se collegate, è necessario che la visibilità sia ottimale non solo frontalmente, ma su tutti i lati del mezzo, **soprattutto posteriormente**.



Scenari di rischio relativi all'interferenza tra macchinario agricolo e soggetti terzi a terra nell'area di manovra

Domenico Pessina, Lavinia Eleonora Galli

Cabine a soli 4 montanti *(invece di 6)*

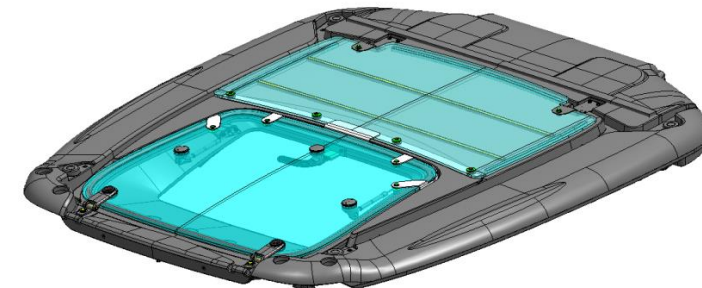
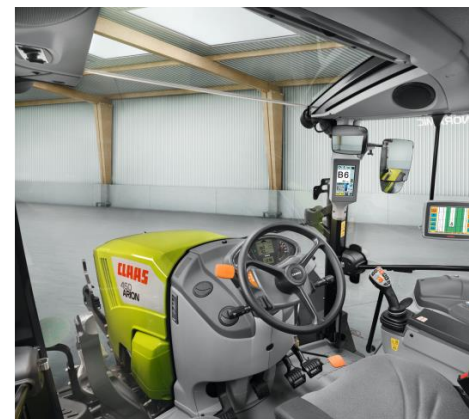
Sulle cabine montate sui moderni trattori e sulle operatrici semoventi **la visibilità (soprattutto laterale) è stata ottimizzata** eliminando i montanti centrali che supportano le cerniere delle portiere, arretrando queste ultime sui montanti posteriori, rendendo di fatto le portiere dei veri e propri pannelli vetrati mobili.

Ciò tra l'altro ha comportato la necessità di un significativo irrobustimento della struttura portante della cabina (ROPS), ai fini di una fattiva protezione in caso di ribaltamento del mezzo.



Per un'operatività sicura e confortevole, **le esigenze di visibilità si estendono anche verso l'alto**. Una cabina moderna deve quindi essere dotata di una (o a volte anche due) botole vetrate o in materiale plastico trasparente, fisse o apribili, in quest'ultimo caso per consentire un'adeguata ventilazione.

In alternativa, ultimamente sono state progettate **cabine con parabrezza incurvati**, che si prolungano verso la parte frontale superiore dell'abitacolo, estendendo opportunamente la visibilità verso l'alto. Si tratta di una funzione utile per la movimentazione dei carichi sospesi (ad es. lo stoccaggio delle rotoballe).





La **visibilità posteriore** si avvale su tutti i mezzi di **specchietti retrovisori**. Per le macchine agricole semoventi tali componenti assumono **un'importanza particolare, considerando l'ingombro complessivo dei cantieri**. Sui trattori moderni e sulle operatrici agricole sono quindi installati specchietti di **grandi dimensioni, spesso combinati in più elementi, riscaldati e montati su bracci telescopici**. Sono sempre ripiegabili, poiché sporgendo dalla sagoma del veicolo sono facilmente soggetti a danneggiamenti per urti contro ostacoli fissi.



Visibilità zone cieche

Analogamente alle autovetture e ai veicoli commerciali, anche per il trattore e le grandi operatrici semoventi si è diffuso il montaggio di **videocamere RGB + monitor** per poter rendere visibili le zone cieche nell'intorno del macchinario, disponibili anche **in kit per retrofit, in versione wireless**.



Angolo
visione
110°



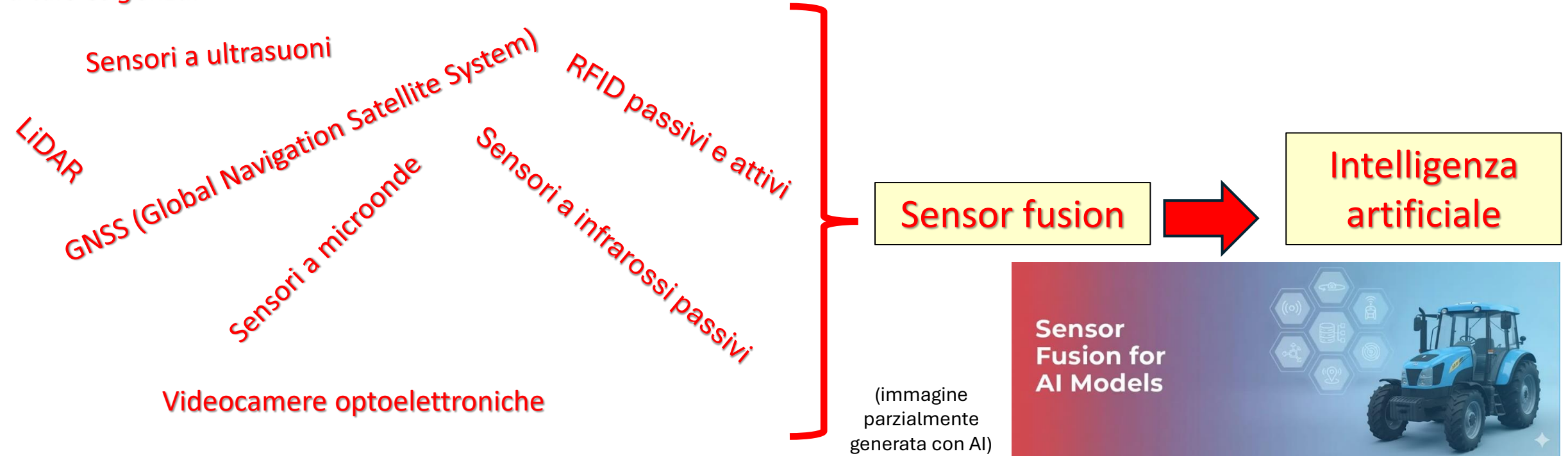
Angolo visione
120°

Angolo
45°

Soluzioni innovative

Oltre a quanto illustrato, che in estrema sintesi è lo stato dell'arte a livello commerciale, da qualche tempo si stanno sviluppando soluzioni alternative, che determinano un deciso «salto di qualità» nella messa a punto di **sistemi (passivi e attivi) di segnalazione del pericolo, con livelli di allarme crescente.**

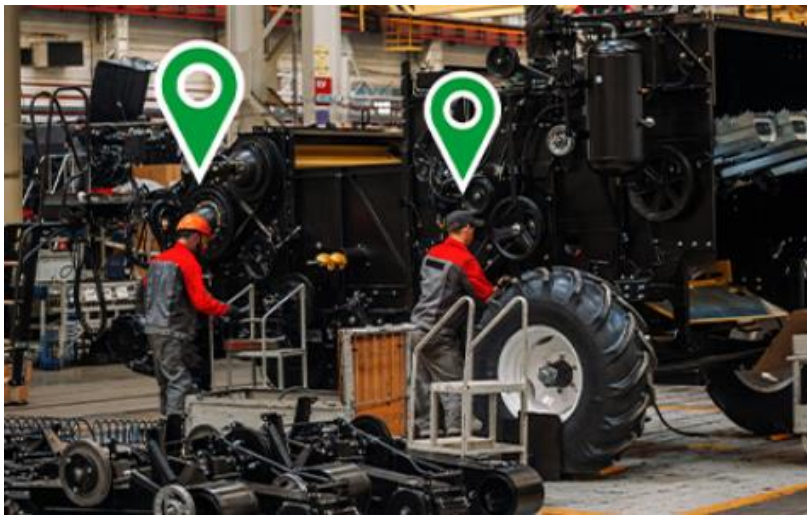
Quella che segue è una veloce rassegna (sicuramente incompleta) di sensori e sistemi che possono adeguatamente rispondere a tale esigenza.



GNSS (Global Navigation Satellite System)

Il **GPS** può monitorare in continuo la posizione di persone in aree di manovra tramite ricevitori mobili (rover) che trasmettono in tempo reale la loro posizione a una stazione base fissa (base) che invia correzioni, migliorando la precisione a livello centimetrico, in **modalità RTK (Real Time Kinematic)**. Non richiede post-elaborazioni, rendendolo ideale per applicazioni che necessitano di tracciamento continuo e immediato.

Monitoraggio di sicurezza : mantenere traccia della posizione del personale in zone a rischio, come cantieri edili, zone di manovra di mezzi ingombranti, ecc. oppure verificare che i soggetti rimangano all'interno di aree designate.



Tecnologia RFID

*(Radio Frequency Identification
Technology)*

Il **tag RFID**, che può assumere diverse forme e dimensioni, adattandosi a una vasta gamma di applicazioni, è un **dispositivo elettronico contenente dati identificativi**.

Quando un elemento equipaggiato con un tag RFID entra nel campo di lettura di un **lettore RFID**, il tag si attiva trasmettendo i suoi dati identificativi al lettore.

L'elemento che permette la comunicazione è l'**antenna RFID**, che può essere integrata nel lettore o nel tag stesso.



tag RFID



lettore RFID
(a bordo trattore)



RFID passivi e attivi

La **portata** della tecnologia RFID varia **da pochi centimetri a decine di metri**, ed è determinata principalmente dal tipo di tag utilizzato (passivo o attivo) e dalla frequenza radio impiegata.

Tag passivi

Non hanno una propria fonte di alimentazione propria e si attivano solo quando ricevono un segnale emesso dal lettore. Hanno portata limitata, ma costo contenuto e durata praticamente illimitata. Sono a:

- *bassa frequenza (125 kHz)* : **portata di pochi cm**, accoppiamento induttivo;
- *alta frequenza (13,56 MHz)* : **portata fino a 1 m**, accoppiamento induttivo. Conglobati in carte di pagamento contactless, biglietti per mezzi pubblici, ecc.
- *ultra alta frequenza (860-960 MHz)* : **portata fino a 15 m**; adottati nella logistica.



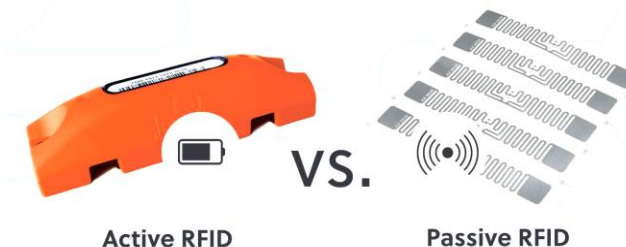
125 kHz



13,56 MHz



860-960 MHz



Tag attivi

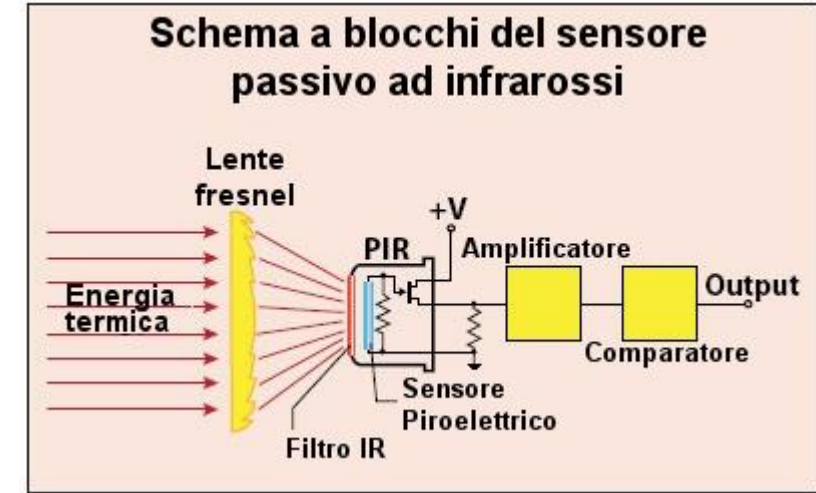
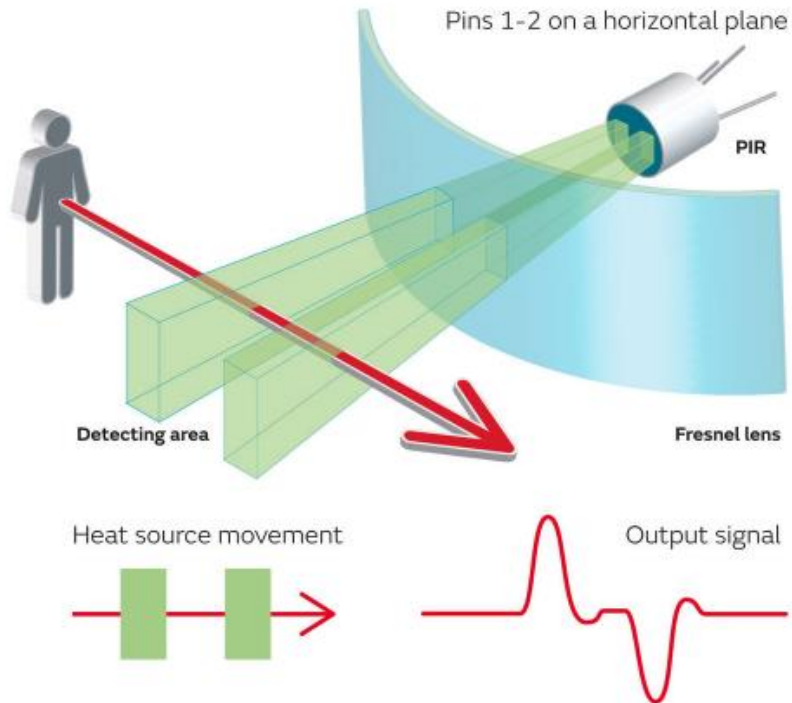
Contengono una batteria interna, per trasmettere un segnale radio in modo autonomo e continuo. Più costosi, ma con **portata notevolmente superiore ai tipi passivi, fino a 100 m e oltre**. Ideali per il tracciamento di elementi che richiedono un monitoraggio costante e su lunga distanza.



Sensori a infrarossi passivi

I tipi più comuni per il rilevamento del movimento sono i **PIR (Passive InfraRed)**, che non emettono energia, ma rilevano il calore corporeo emesso come radiazioni infrarosse.

Sono dotati di una lente di Fresnel che focalizza la radiazione sull'elemento piroelettrico, composto da due finestre fotosensibili.



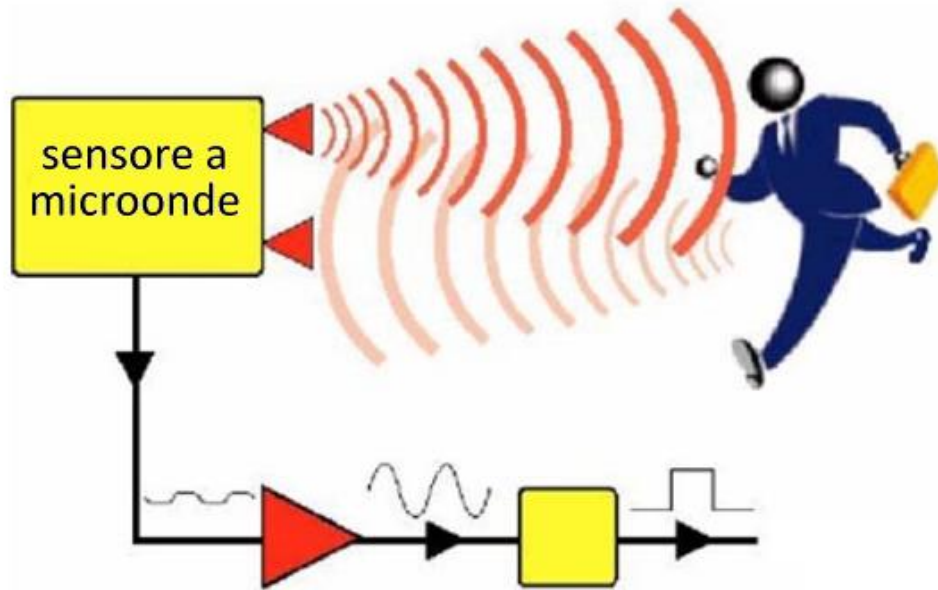
Quando un corpo si muove all'interno del suo campo visivo, la radiazione infrarossa attraversa prima una finestra e poi l'altra, generando un segnale elettrico, che viene interpretato come movimento. Sono poco costosi, e quindi ampiamente usati per attivare allarmi in caso di intrusione in un'area sorvegliata; poiché non emettono energia, consumano pochissimo.



Sensori a microonde

Rilevano il movimento analizzando i cambiamenti nel riflesso di onde elettromagnetiche ad altissima frequenza (2,4 GHz o più), basandosi sull'effetto Doppler. A differenza dei sensori a infrarossi (PIR) che si attivano solo con variazioni di calore, **i sensori a microonde possono rilevare movimenti anche attraverso pareti sottili o vetri.**

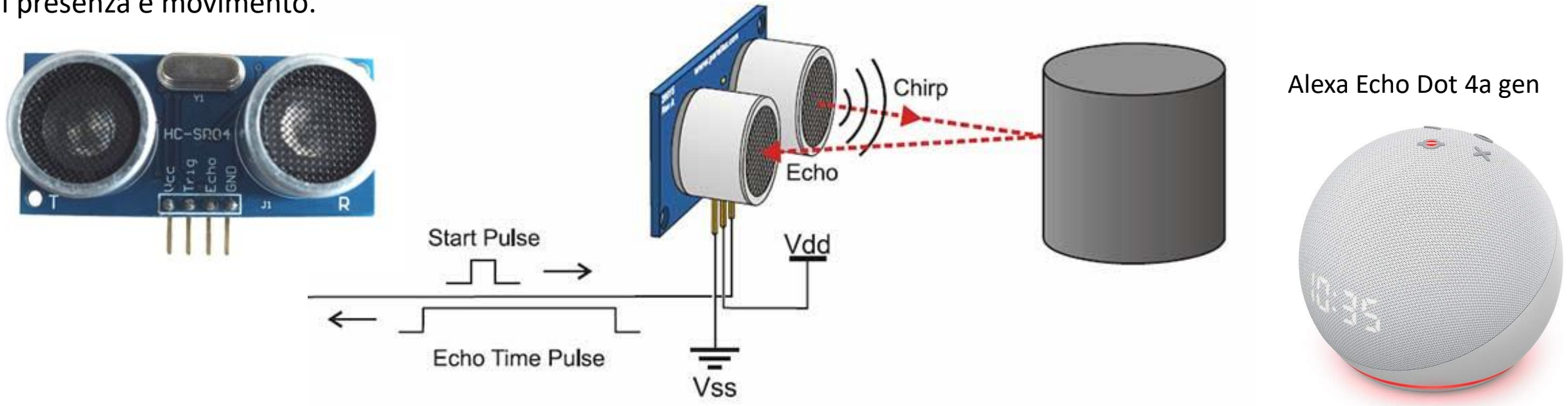
Sono spesso combinati con sensori PIR per una doppia tecnologia, che offre maggiore affidabilità, riducendo i falsi allarmi.



Sensori a ultrasuoni

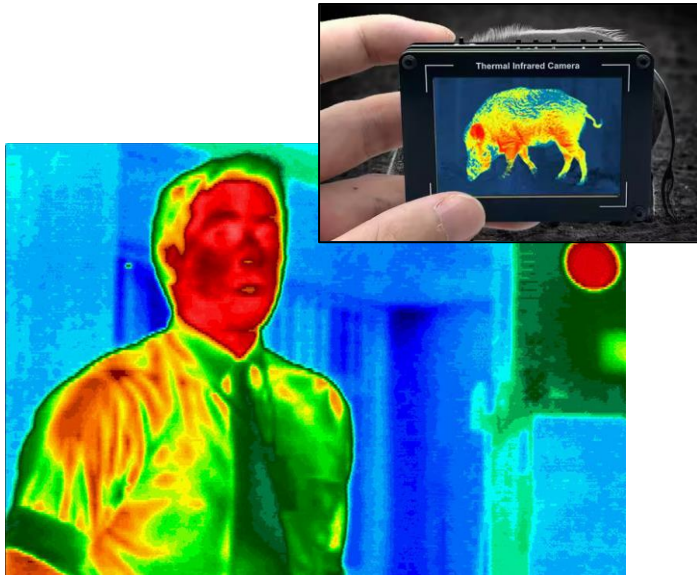
Rilevano il movimento emettendo onde sonore ad alta frequenza (impercettibili all'orecchio umano) e misurando il tempo impiegato dal loro eco di ritorno.

Se la distanza misurata cambia nel tempo, il sensore interpreta questa variazione come un movimento all'interno della sua area di copertura e genera un segnale. Hanno una portata da pochi centimetri fino a circa 4-8 m, e possono offrire un'elevata precisione della misurazione (fino a pochi mm), anche se fattori come *la temperatura, l'umidità e la pressione dell'aria possono diventare talvolta critici*. Sono in grado di rilevare movimenti anche lievi, rendendoli adatti come sensori di presenza e movimento.

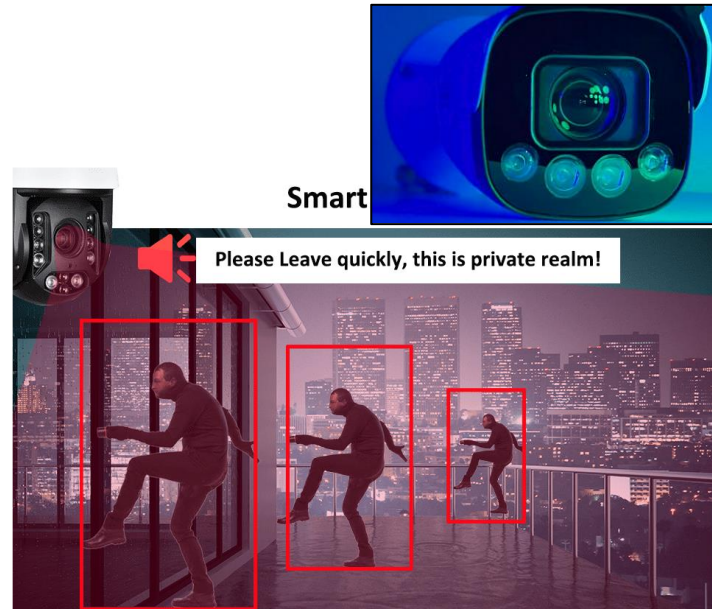


Videocamere optoelettroniche

A infrarossi : si avvalgono di LED a infrarossi per la visione notturna o in condizioni di scarsa illuminazione. Emettono una luce invisibile all'occhio umano che viene catturata da un sensore, producendo immagini a colori o b/n.



Smart camera : integrano anche digitalizzazione ed elaborazione delle immagini; grazie ad algoritmi di intelligenza artificiale, rilevano il movimento, il tracciamento di oggetti e il riconoscimento facciale.



Stereofotogrammetriche 3D : è un sistema di due o più videocamere a infrarossi, finalizzato a definire con precisione in modo tridimensionale la posizione e il movimento di oggetti o persone nello spazio.



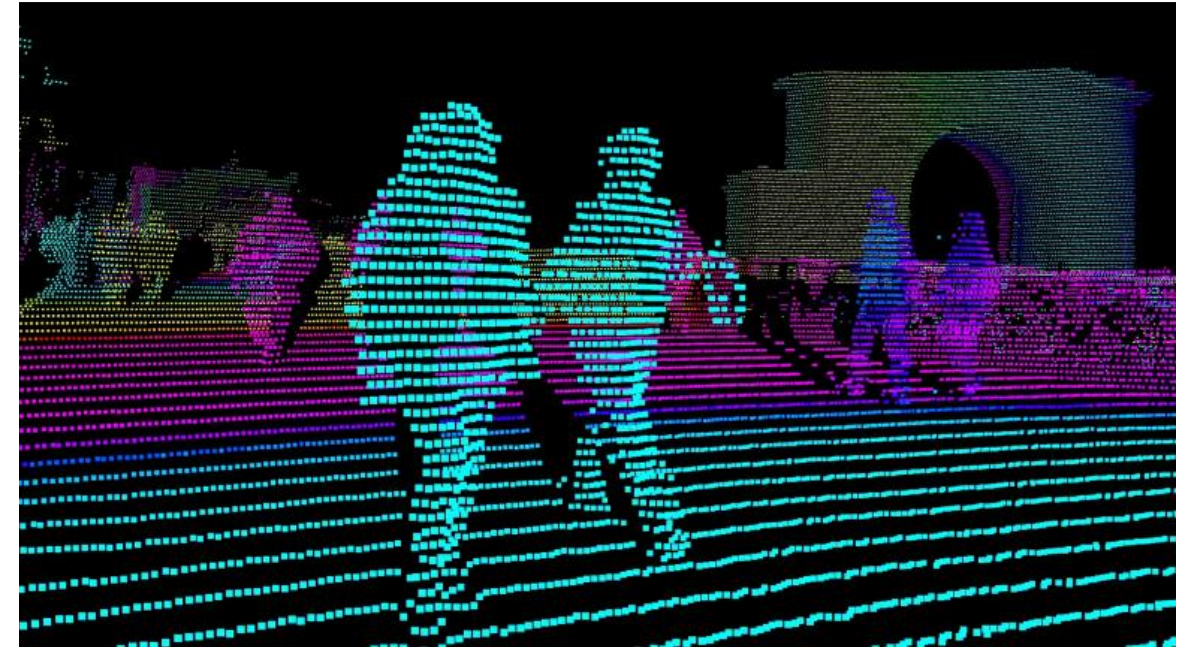
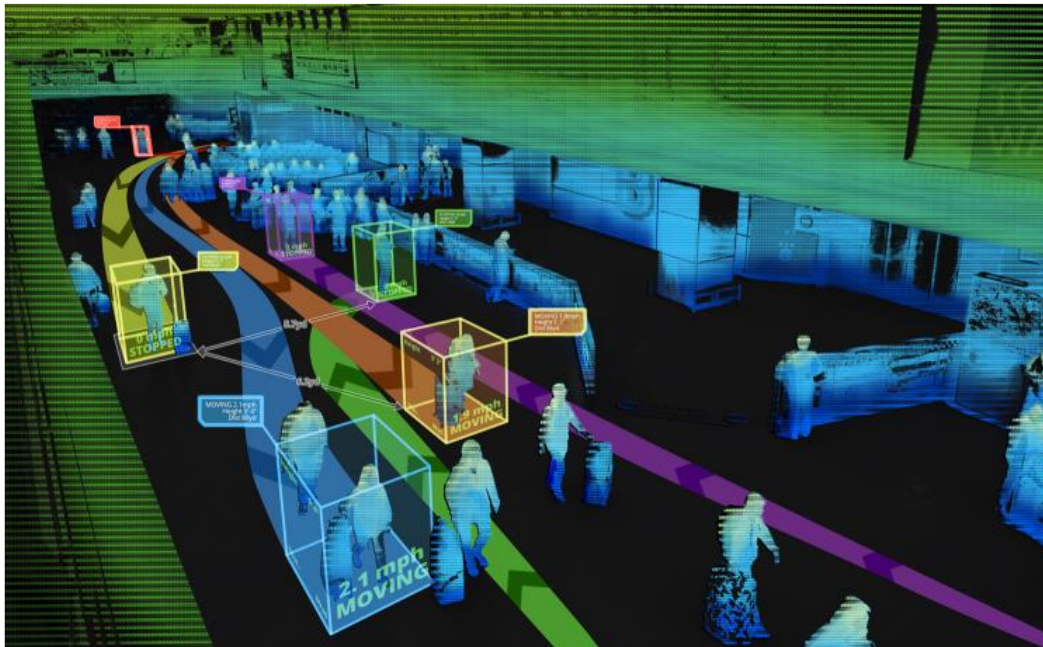
Scenari di rischio relativi all'interferenza tra macchinario agricolo e soggetti terzi a terra nell'area di manovra

Domenico Pessina, Lavinia Eleonora Galli

LiDAR (Light Imaging, Detection and Ranging)

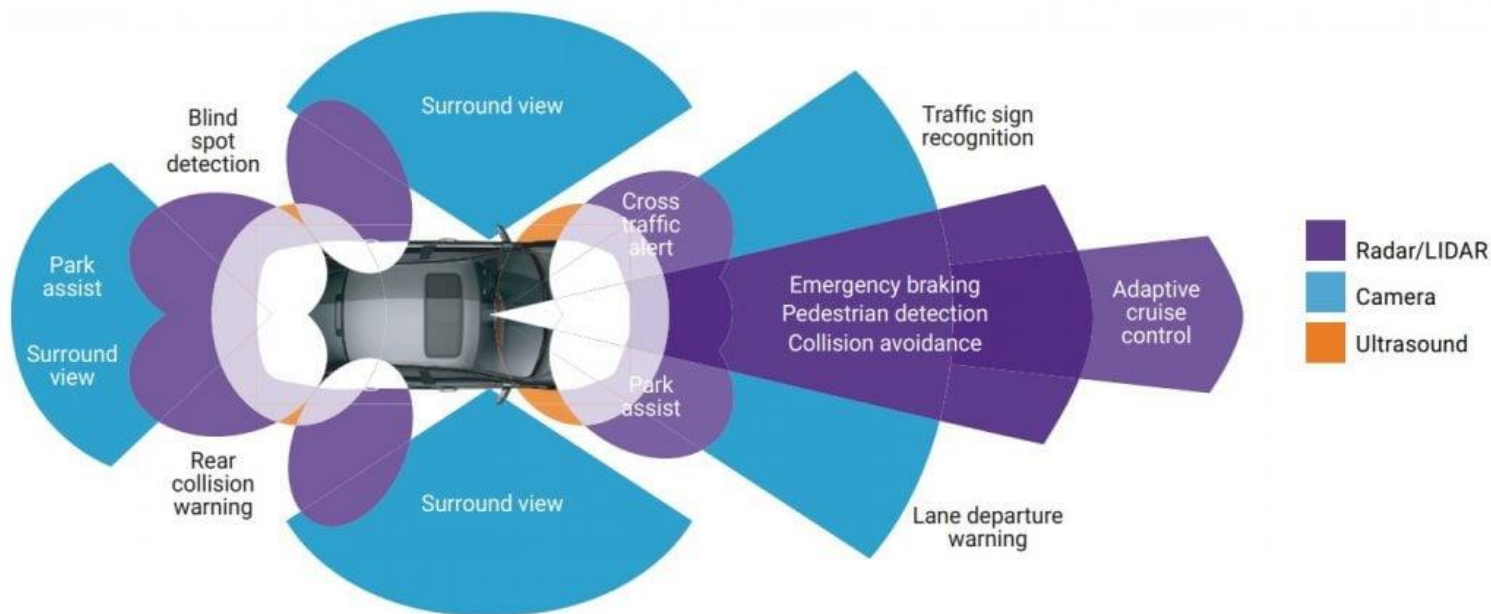
Può rilevare la posizione delle persone creando una "nuvola di punti" tridimensionale dell'ambiente, che identifica oggetti e persone senza catturare immagini del volto.

Si basa sulla misurazione del tempo di ritorno degli impulsi laser riflessi dagli oggetti per calcolare la distanza, permettendo di determinare la presenza, il numero e la direzione del movimento delle persone, con applicazioni che vanno dalla sicurezza all'efficienza energetica negli smart building.



Sensor fusion

E' il processo di combinazione intelligente di dati e informazioni provenienti da un insieme di sensori di tipo diverso, per ottenere una rilevazione più accurata, affidabile e robusta di un ambiente o di un sistema, sfruttando i punti di forza di ogni singolo compensandone le debolezza. Si basa quindi sui principi di **complementarietà**, **precisione**, **accuratezza**, ma soprattutto di **ridondanza**, nel senso che vengono fornite informazioni che possono essere verificate combinando più fonti di dati.



Tra le applicazioni più comuni ci sono proprio l'**ADAS (Advanced Driver Assistance System)** che si avvale di **telecamere, radar, ultrasuoni, LiDAR e GPS** per creare un modello 3D completo dell'ambiente circostante, consentendo il rilevamento di ostacoli, il mantenimento della corretta traiettoria e il controllo adattivo della velocità dei veicoli, e la **robotica**, per la localizzazione, la mappatura e la navigazione in ambienti dinamici.

Processo operativo

Raccolta dati : i sensori (ad esempio, videocamere di vario tipo, LiDAR, radar, GPS, IMU) raccolgono in continuo dati dell'ambiente circostante.

Pre-elaborazione dati : i dati grezzi vengono filtrati per *rimuovere il «rumore» (ossia i segnali disturbanti)* prima della fusione.

Fusione dati : sofisticati algoritmi (come il **filtro di Kalman**, i **filtri particellari** o le **reti neurali** (basate sull'apprendimento automatico) integrano i dati pre-elaborati.

Rilevamento e tracciamento oggetti : i dati fusi vengono utilizzati per identificare e tracciare oggetti, persone o condizioni.

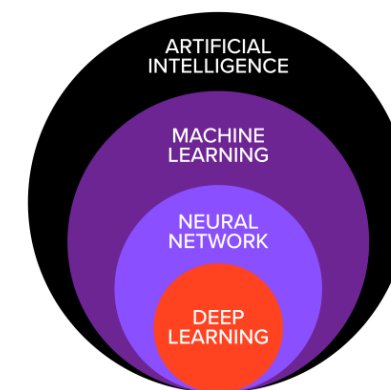
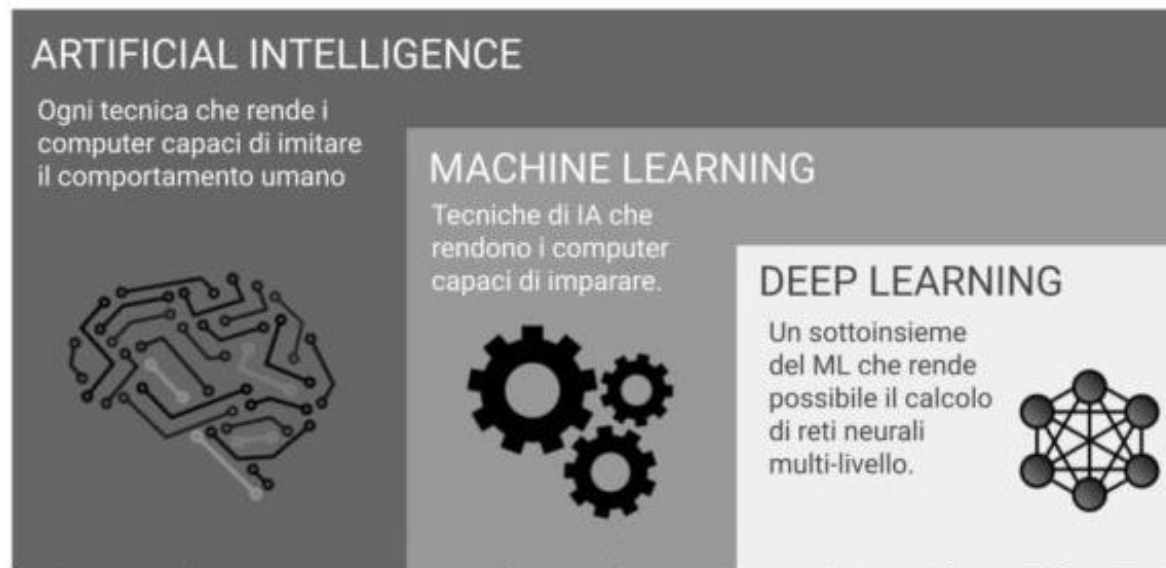
Fase decisionale : sulla base della comprensione unificata dell'ambiente, il sistema prende decisioni in tempo reale (ad es., in un veicolo frenare automaticamente o correggere la traiettoria).



Intelligenza artificiale

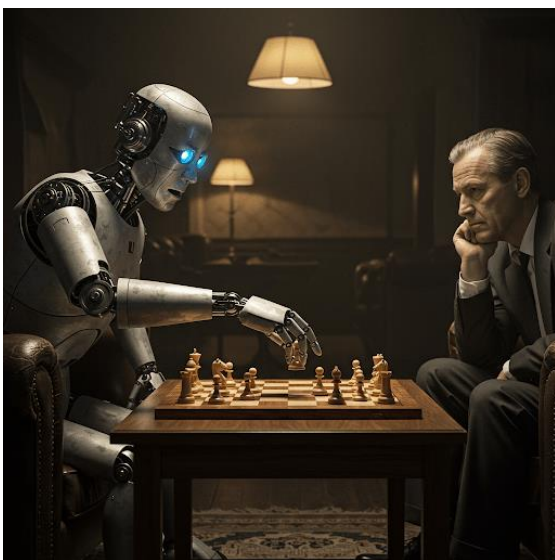
Si basa su:

- **machine learning** : i sistemi apprendono dai dati per identificare modelli e migliorare le prestazioni nel tempo, **senza essere esplicitamente programmati per ogni singola azione**.
- **reti neurali (deep learning)** : **ispirate alle modalità di funzionamento del cervello umano**, aiutano l'IA a riconoscere forme, immagini e linguaggio, confrontando i dettagli memorizzati con nuove informazioni.
- **elaborazione del linguaggio naturale** : consente alle macchine di **comprendere e generare linguaggio umano**, come nella traduzione automatica o nei chatbot.

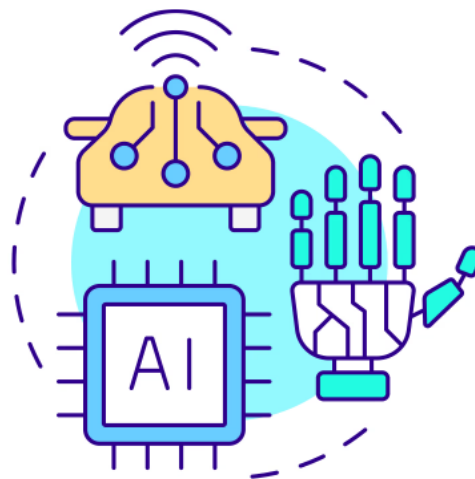


Classificazione dell'intelligenza artificiale

IA reattiva : risponde agli input esterni in base a regole e istruzioni predefinite, senza avere memoria o consapevolezza degli eventi passati. *È il tipo più elementare di IA e si concentra unicamente sul compito per cui è stata progettata.*



IA con memoria limitata : dispone di una memoria limitata, che le permette di apprendere e migliorare continuamente, ma *senza la capacità di comprendere contesti o situazioni che non ha incontrato in precedenza.*



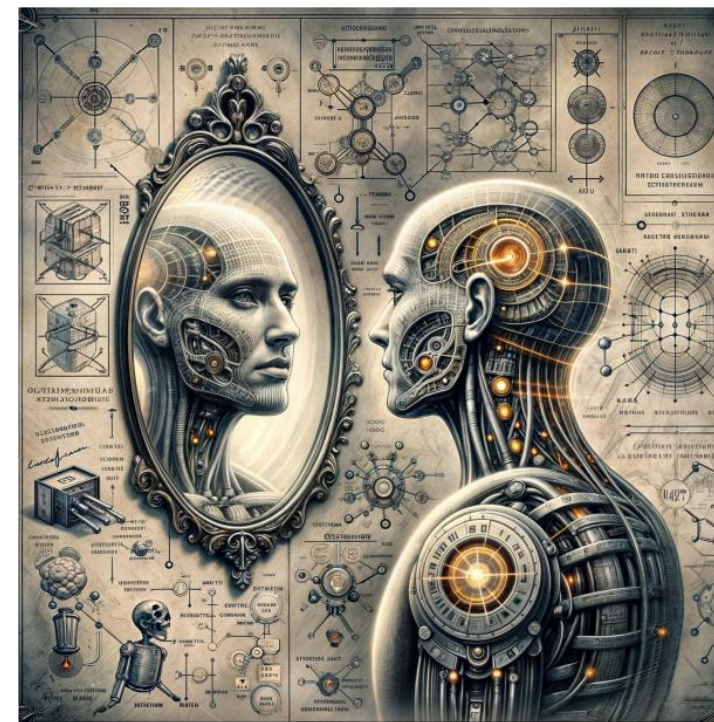
IA generativa: addestrata su un vasto insieme di dati, **è in grado di creare nuovi contenuti originali e realistici, come testi, immagini, musica, ecc.** Si avvale del *machine learning* per analizzare e apprendere i pattern e le relazioni presenti in un grande set di dati fornito dall'uomo.



Teoria della Mente (Theory of Mind) : questa è una categoria futura e ipotetica di IA che possederebbe intelligenza sociale ed emotiva. Sarebbe in grado di comprendere e interpretare le emozioni, le intenzioni e le credenze umane, interagendo in modo più naturale e intuitivo.



Sistemi dotati di autoconsapevolezza : il livello più avanzato e puramente teorico, in cui un'IA avrebbe una propria coscienza, sentimenti e consapevolezza di sé.



(immagine parzialmente
generata con AI)



**Grazie per
l'attenzione**