

# L'intelligenza artificiale ibrida per la comprensione del linguaggio

Use case, tecniche e fattori  
di successo



# Introduzione

*Language powers business.* Il linguaggio alimenta il business: è il modo con cui comunichiamo all'interno e all'esterno dell'azienda e fornisce informazioni strategiche sui mercati di riferimento.

Qualsiasi organizzazione dedica tantissimo tempo ai documenti di lavoro elaborandone e interpretandone i contenuti, cercando informazioni utili e interagendo con i clienti.

Le tecnologie di intelligenza artificiale per la comprensione e l'elaborazione del linguaggio naturale (*natural language processing*, NLP e *natural language understanding*, NLU) ci consentono di capire il significato dei testi ed estrarre dati utili dai documenti a disposizione, gestire le interazioni in linguaggio naturale (ad es. i chatbot) e le informazioni non strutturate con grande velocità e su vasta scala. **Per affrontare la crescita esponenziale dei dati, le tecnologie di NLP/NLU offrono dunque un vantaggio competitivo fondamentale per le organizzazioni di ogni settore.**

Le tecnologie di intelligenza artificiale per la comprensione del linguaggio naturale sfruttano diverse tecniche che possono essere suddivise in due categorie: comprensione simbolica (symbolic AI) e machine learning/deep learning, che viene spesso considerato erroneamente l'unico modo per elaborare automaticamente un testo.



## **SYMBOLIC AI**

La comprensione simbolica è un approccio di intelligenza artificiale che sfrutta livelli molto avanzati, simili a quelli umani, di conoscenza, logica e rappresentazione dei problemi.



## **MACHINE LEARNING**

Il machine learning puro, conosciuto anche come approccio "black box", utilizza algoritmi matematici per identificare modelli statistici ed estrarre le informazioni, basandosi sull'inferenza e non sulla conoscenza reale.

Sebbene l'approccio che utilizza la comprensione simbolica sia meno noto rispetto al machine learning, si è rivelato fondamentale per le soluzioni di comprensione ed elaborazione del linguaggio naturale, in particolare quando si ha a che fare con tre specifici use case.



# Il valore della comprensione simbolica per le applicazioni di NLP/NLU

## Classificazione

La classificazione automatica di un testo in base a una tassonomia (o gerarchia di argomenti) predefinita è un modo comune ed efficace per organizzare le informazioni e renderle facilmente accessibili per un successivo recupero. Le tecniche che utilizzano comprensione simbolica e machine learning si differenziano sostanzialmente per il modo in cui la classificazione automatica viene effettuata:

- **Symbolic AI:** tramite la creazione di regole specifiche che possono essere scritte manualmente o generate in automatico (con un'eventuale validazione da parte degli esperti umani), questo approccio consente di identificare gli elementi presenti in ogni documento e ricondurlo a una determinata categoria.

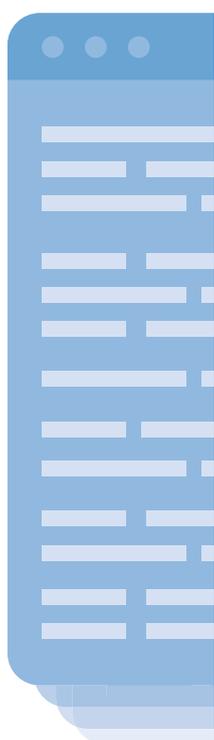
**Avere a disposizione un ricco knowledge graph semplifica notevolmente il processo di creazione di queste regole, rendendole spiegabili (per capire perché un documento è assegnato a una certa categoria), flessibili e utili per un'efficace classificazione.** Questa tecnica offre anche un importante vantaggio in termini di performance, che non dipendono dalla disponibilità dei dati, in quanto la fase di training è guidata comunque da persone. Tutto ciò permette di:

- Creare regole efficaci anche in caso di disponibilità limitata di dati, grazie alla capacità di generalizzare assicurata dalla conoscenza e dall'intelligenza umana.
- Sviluppare regole in modo più efficiente e gestirne l'affinamento con maggior semplicità, sfruttando il knowledge graph e la rete di concetti e collegamenti tra concetti.

Come risultato, si possono raggiungere e mantenere i livelli di performance richiesti e, allo stesso tempo, comprendere ad esempio perché un set di documenti è stato o non è stato classificato correttamente (explainability).

- **Machine learning:** i sistemi di classificazione basati sul machine learning richiedono un set di documenti per il training. Più ampio è il set di documenti che rappresenta ogni nodo della tassonomia, meglio è. Il set di documenti deve però essere pre-annotato dagli esperti di settore, in modo che l'algoritmo possa imparare il contenuto del documento e avere a disposizione chiari esempi di abbinamento tra il contenuto e specifici tag o nodi della tassonomia.

Ad esempio, se vogliamo che un sistema basato sul machine learning riconosca documenti che trattano di finanza, deve prima acquisire una grande quantità di testi relativi a questo settore e già annotati come documenti "finanziari", insieme a un altro gruppo di documenti taggati come "non-finanziari". Dopo aver elaborato molti documenti, identificandone le diverse caratteristiche, il sistema riconoscerà, a un certo punto, se un documento appartiene o meno alla categoria finanziaria.





**Il livello di precisione e accuratezza raggiunto da un sistema di machine learning varia in base al numero di documenti utilizzati nella fase di training e dalla copertura della terminologia di settore presente in quei documenti.** Inoltre, il sistema deve essere spesso addestrato di nuovo per mantenere lo stesso livello di qualità.

## Estrazione

Il processo di estrazione consiste nell'identificare e ricavare dati specifici presenti in un testo, normalizzarli in un formato strutturato e organizzarli in un database o in un altro archivio. Il knowledge graph integrato nelle tecnologie basate sulla comprensione simbolica offre vantaggi significativi in termini di:

- **Capacità di estrazione potenzialmente illimitata:** il knowledge graph identifica automaticamente i concetti presenti in un testo, ne analizza il significato e, senza alcuno sforzo ulteriore, consente l'estrazione di dati e informazioni aggiuntive, non limitandosi solo alle entità standard riconosciute da altre tecnologie. Ad esempio, i termini *leone*, *gatto* e *tigre* sono presenti nel knowledge graph sia come animali sia come felini, e questo permette di estrarre facilmente tutti i felini citati in un documento già nel corso di una prima analisi del testo.
- **Riduzione di tempi e costi:** sfruttando la capacità di identificare ed estrarre automaticamente i concetti, expert.ai offre tempi di implementazione più rapidi e, dunque, anche costi di implementazione inferiori.
- **Maggior precision e recall nel processo di estrazione:** grazie al riconoscimento immediato di decine di migliaia di concetti reso possibile dal ricco knowledge graph proprietario, expert.ai raccoglie le informazioni aggiuntive necessarie ad aumentare l'accuratezza nell'estrazione dei dati.
- **Identificazione di triplette "soggetto - azione - oggetto":** le entità e i concetti estratti dal sistema possono essere collegati automaticamente tramite diversi tipi di relazioni identificate in fase di analisi e poi esportate in RDF o altri formati standard. Ad es. il sistema può individuare automaticamente tutte le relazioni tra entità e poi classificarle ulteriormente in base al tipo di relazione (comunicazione, movimento ecc).
- **Tagging ricco e accurato:** l'analisi approfondita effettuata da expert.ai offre diversi criteri per classificare gli elementi del testo, come la rilevanza semantica e il ruolo di ogni concetto all'interno del testo, assicurando maggior flessibilità e valorizzando maggiormente il tagging automatico dei contenuti analizzati.
- **Semplice implementazione di ontologie personalizzate:** il knowledge graph ricco e completo, così come la conformità agli standard (come SKOS), rendono più semplice l'utilizzo di ontologie customizzate per l'estrazione, rispetto ad altre tecniche come il machine learning.

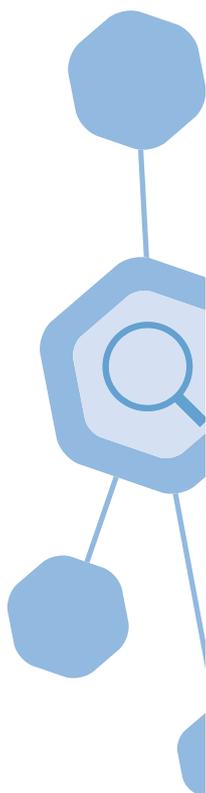




## Ricerca

La ricerca si riferisce al processo di individuazione di specifiche informazioni all'interno di un testo, spesso anche un ampio corpus di documenti. Tra le diverse tecniche che possono essere impiegate per la ricerca, quelle che consentono di comprendere il significato di ogni parola nella fase di indicizzazione e di sfruttare il knowledge graph includendo tutte le relazioni tra concetti offrono funzionalità uniche e particolarmente avanzate, tra cui:

- **Ricerca concettuale:** un ricco knowledge graph non solo consente il recupero di documenti che soddisfano una richiesta precisa, ma anche documenti che contengono informazioni attinenti a livello concettuale. Ad esempio, cercando il termine *auto*, con expert.ai si possono recuperare documenti che contengono il termine esatto, così come tutti quei documenti che riportano termini collegati, come *automobile, SUV, berlina, decappottabile, BMW* e altri ancora, senza alcuna necessità di personalizzare manualmente l'indice o la richiesta. In aggiunta, la ricerca concettuale del termine *panda* potrebbe fornire in risposta solo documenti che riguardano il modello di auto, non il panda inteso come animale.
- **Ricerca in linguaggio naturale:** l'approccio basato sulla comprensione simbolica rende possibile un'interpretazione delle richieste simile a quella umana, tenendo conto di ogni modo usato per esprimerle, come slang, abbreviazioni e persino errori di ortografia. Al contrario, le applicazioni tradizionali per la ricerca si limitano a elaborare singolarmente ogni parola, ignorando il significato implicito della domanda. La capacità di comprendere il senso e l'intenzionalità della domanda permette di fornire in risposta solo i documenti che la soddisfano esplicitamente. Ciò è particolarmente utile quando si cerca di massimizzare le prestazioni di un chatbot o una ricerca nelle FAQ.
- **Metadati ricchi e personalizzati:** la ricchezza dei risultati che deriva da un'analisi dei testi basata sull'approccio simbolico semplifica l'implementazione di avanzate capacità di ricerca, come la ricerca per facet, e abilita altre funzionalità uniche, come quella che consente un dettagliato riassunto del documento. L'approfondita analisi testuale offre inoltre un meccanismo di classificazione personalizzato, secondo criteri flessibili e parametri diversi. Ad esempio, il team di R&D può ottenere risultati di una ricerca sulle notizie riguardanti la concorrenza classificati in base all'innovazione di prodotto, mentre gli operatori in ambito finanziario possono accedere alle stesse notizie ma classificate secondo importanti eventi di business, acquisizioni e fusioni aziendali o qualsiasi altro argomento.





## 12 criteri da valutare prima di scegliere una tecnica di NLP/NLU

Esistono vari criteri che è bene applicare per valutare con precisione qual è la tecnica di NLP o NLU più adatta per uno specifico use case. Sia l'approccio basato sulla comprensione simbolica sia quello che sfrutta il machine learning offrono vari livelli di performance per ciascun criterio, per cui occorre considerarli attentamente prima di scegliere la tecnica da adottare.



**Accuratezza:** per valutare quale tecnica risponda meglio a uno specifico use case, occorre in primo luogo considerare con che livello di accuratezza è in grado di svolgere un determinato compito. Sia gli approcci basati sulla comprensione simbolica sia i modelli di machine learning di ultima generazione, specialmente le grandi reti neurali tipo GPT-3, possono essere molto accurati in particolari condizioni.

**Per raggiungere un alto grado di accuratezza, i modelli di machine learning richiedono una grande quantità di dati supervisionati (situazione abbastanza rara per un tipico use case aziendale).**

Successivamente, per mantenere tale accuratezza, è necessario che il linguaggio utilizzato nei documenti elaborati durante la fase di produzione sia molto simile a quello contenuto nei documenti di training.

I modelli di comprensione simbolica basati sull'intelligenza artificiale riescono sempre a raggiungere il livello di accuratezza richiesto grazie al continuo affinamento delle regole su cui si basano. Tuttavia, il ritorno decrescente di questi miglioramenti gradualmente produce un trade-off di cui l'organizzazione deve tenere conto per assicurare un ritorno sull'investimento ottimale del progetto.



**Scalabilità:** la scalabilità dipende dallo sforzo richiesto per annotare i dati o costruire la conoscenza sfruttando le competenze degli esperti di settore. Spesso un approccio basato sulla comprensione simbolica, come quello di expert.ai, è percepito come meno scalabile, dovendo ricorrere all'intervento di esperti del linguaggio per sviluppare regole specifiche. Questa percezione non tiene conto però di almeno tre fattori importanti che, se combinati tra loro, andrebbero considerati in modo obiettivo per valutare effettivamente la scalabilità:

- La creazione e l'annotazione di un set di documenti supervisionato richiedono uno sforzo significativo sia manuale sia in termini di tempo da parte degli esperti in materia.
- All'interno di un'organizzazione, gli esperti in materia sono più costosi e meno disponibili rispetto ai professionisti in grado di sviluppare regole.
- I sistemi di machine learning non richiedono solo la messa a punto iniziale ma devono essere addestrati nuovamente ogni volta che si abbassano le performance del sistema.



**Rapporto latenza/performance:** molte applicazioni basate su NLP e NLU devono operare in tempo quasi reale, come ad es. i chatbot e qualsiasi altra applicazione di customer care che sfrutta l'intelligenza artificiale, ma anche applicazioni per l'elaborazione automatica dei documenti. È dunque importante notare che i sistemi basati sul machine learning, specialmente quelli che dipendono da Large Language Models, possono essere estremamente lenti e non soddisfare i requisiti di velocità di determinati use case.



**Costo computazionale o "carbon footprint":** in un'epoca in cui si aspetta che le organizzazioni siano socialmente responsabili e diano la massima priorità alla sostenibilità ambientale, il carbon footprint rappresenta un fattore cruciale per valutare un investimento nell'intelligenza artificiale. I Large Language Models, e persino i modelli di machine learning generali, possono rivelarsi molto onerosi in termini sia di training (e ripetizione del training), sia di costi di CPU/GPU, memoria e tempo. Pertanto, solitamente il carbon footprint prodotto con questi modelli è di gran lunga superiore rispetto a quello prodotto dalle tecniche basate sulla comprensione simbolica.



**Spiegabilità (Explainability):** essere un'organizzazione socialmente responsabile implica anche evitare distorsioni e assicurare la parità di trattamento a tutte le persone. Un sistema che svolge compiti e consegue risultati non spiegabili o revisionabili presenta un livello di rischio operativo che l'organizzazione non dovrebbe considerare accettabile.

**La caratteristica principale dei sistemi di machine learning è quella di essere delle "black box", che mancano quindi di spiegabilità e trasparenza.** Anche i nuovi approcci alla spiegabilità offerti dai Large Language Models — presentati come soluzioni al problema delle black box — si limitano a seguire un "reverse-engineering pattern" senza offrire un reale controllo, e non sono scalabili in scenari del mondo reale.

Le tecniche basate sulla comprensione simbolica, al contrario, sono delle "white box" che sfruttano regole linguistiche e, nel caso di expert ai, anche un ricco knowledge graph: tutti elementi completamente spiegabili e comprensibili dagli esseri umani.



**Robustezza e affidabilità in caso di scarsità di dati:** i sistemi basati sul machine learning, e i relativi Large Language Models, per fornire risultati ottimali necessitano di ampi set di dati e con un alto grado di attinenza rispetto allo use case specifico. **La maggior parte degli use case aziendali incentrati sul natural language processing non possiede set di documenti per il training sufficientemente ricchi e vari da garantire il livello di accuratezza atteso.**

Questo problema non esiste, invece, per gli approcci che sfruttano la comprensione simbolica: per ogni specifico use case, hanno bisogno soltanto di un campione limitato a qualche decina di documenti e della capacità umana degli esperti in materia. Grazie alla loro capacità di generalizzare le osservazioni derivate dall'analisi, anche in presenza



di un set ridotto di dati, gli esperti sviluppano il sistema in modo che possa raggiungere il massimo livello di performance per lo specifico use case.



**Robustezza e affidabilità in caso di “rumore di fondo”:** il rumore di fondo è causato non solo da dati corrotti o distorti, ma anche da un basso rapporto segnale-rumore, ovvero la misura di quanto i dati raccolti siano rilevanti rispetto al fenomeno descritto. **L’eliminazione del rumore dai dati è una fase critica nell’implementazione di soluzioni basate su NLP/NLU, in particolare per regolarizzare e generalizzare i termini all’interno di un testo.**

L’utilizzo di una conoscenza simbolica ed esplicita di settore, come quella fornita da expert.ai con il suo knowledge graph, è utile nell’eseguire questo compito, che si rivela molto complicato per i sistemi basati unicamente sul machine learning a causa della loro mancata comprensione del linguaggio.



**Applicabilità agli use case:** gli use case per i quali le organizzazioni faticano a raccogliere set di dati di dimensioni adeguate per il training, o quelli che richiedono funzionalità out of the box di comprensione dei significati e di estrazione delle relazioni (ad es. un contratto legale o la revisione di una polizza), possono essere gestiti solo mediante rappresentazioni simboliche esplicite e un’approfondita analisi linguistica. Ciò rende i sistemi basati sul machine learning praticamente inutilizzabili in tali situazioni.



**Responsabilità e controllo “human in the loop”:** solo modelli di Symbolic AI spiegabili, trasparenti e prevedibili by design offrono agli esseri umani il pieno controllo durante lo sviluppo e la cosiddetta fase di training. Essendo basati su un set aperto e spiegabile di regole, **in caso di performance insufficienti i sistemi di conoscenza simbolica consentono facili correzioni mediante l’adattamento e la modifica dei set di regole da parte di un esperto in materia.**

I modelli di machine learning di tipo black box offrono solo la possibilità di aggiungere altri dati al set per il training, senza fornire alcuna comprensione dei risultati e del motivo per cui non hanno raggiunto il livello di performance atteso.



**Robustezza e affidabilità rispetto alle “variazioni del mondo reale” della distribuzione dei dati:** una situazione comune per qualsiasi use case basato su NLP/NLU è quella in cui varie caratteristiche dei dati cambiano nel tempo, creando un divario tra i dati del training e i dati con cui si ha a che fare in fase di produzione. Questa situazione molto frequente costringe il sistema ad adattarsi al mutare delle condizioni.

Per i sistemi basati sul machine learning implica la ripetizione da capo del training, con la disponibilità di un altro set per il training consistente e rilevante, investendo altro tempo e risorse energetiche. In uno scenario di questo tipo, i sistemi basati sulla conoscenza simbolica si dimostrano superiori, grazie alla loro ampia conoscenza



di settore e alla loro affidabilità che deriva dalla capacità di regolarizzare e generalizzare. Inoltre, **i sistemi di Symbolic AI presentano un vantaggio dato dalla loro spiegabilità e dal minore sforzo richiesto per adeguarsi alle variazioni di distribuzione dei dati.**



**Fedeltà dei dati:** nell'ambito della gestione documentale, per fedeltà si intende la misura in cui il formato del documento richiesto dall'applicazione è simile al formato di un documento originale. Un'alta fedeltà al documento è fondamentale ai fini di un'implementazione semplice e rapida di una soluzione NLP/NLU, in quanto consente di eseguire l'annotazione direttamente su un documento originale (ad es. immagini in un documento) e offre a chi effettua l'annotazione informazioni contestuali rilevanti.

**Un approccio simbolico spiegabile consente al sistema di "interagire" con l'input aggiungendo una previsione (classificazione o estrazione) e una spiegazione in base al formato del documento originale** — il tutto senza influire sulla sua integrità o sul contesto.

Al contrario, non tutti i sistemi basati sul machine learning (ad es. i transformer) sono in grado di mantenere la fedeltà durante tutte le fasi del workflow, per cui occorre valutarli adeguatamente per avere la certezza che queste limitazioni non creino problemi insormontabili.



**Implementazione:** in generale, i sistemi basati sul machine learning e quelli basati sulla conoscenza simbolica presentano situazioni simili per quanto riguarda la fase di implementazione. Tuttavia, i Large Language Models e i servizi offerti esclusivamente via cloud permettono l'integrazione con un'applicazione solo attraverso API esterne piuttosto che essere installati sulla rete o sul cloud privato dell'organizzazione. Per esigenze di privacy dei dati o altre esigenze specifiche degli use case, talvolta l'installazione on-premise è l'unica opzione praticabile, per cui la flessibilità di implementazione di expert.ai si delinea come un altro aspetto molto importante da considerare.

## Perché è unica expert.ai?

### Comprensione del linguaggio naturale

La tecnologia expert.ai si compone di vari elementi integrati che servono per analizzare i testi ed elaborare il linguaggio naturale. I suoi componenti principali sono i seguenti:



**Knowledge graph:** la conoscenza su cui si basa la tecnologia expert.ai è organizzata all'interno di un knowledge graph, elemento fondamentale di questa tecnologia e disponibile in 12 lingue. Consente ai sistemi basati sull'intelligenza artificiale di assegnare significati specifici a ciascuna parola analizzata all'interno di un testo attraverso un processo denominato disambiguazione, simile al modo in cui gli esseri umani applicano la "conoscenza comune" alla lettura di un testo.



Così come la conoscenza di un essere umano aumenta man mano che si imparano nuove cose, il knowledge graph di expert.ai viene arricchito e migliorato attraverso un meccanismo di apprendimento supervisionato/non supervisionato con informazioni aggiornate e specifiche di settore.

**Comprensione contestuale:** durante l'analisi dei documenti, expert.ai riesce a determinare il contesto semantico di un testo, effettuare la disambiguazione e individuare il significato con la migliore precisione possibile.

Grazie agli elementi descritti, expert.ai è in grado di distinguere il corretto significato delle parole e delle espressioni nel contesto in cui sono inserite, associandolo automaticamente a termini più generali concettualmente correlati. Ad esempio, comprende automaticamente che i termini **SUV** e **berlina** condividono attributi simili derivanti dall'essere un tipo di auto, ed è in grado di individuare i nessi esistenti tra diversi concetti in un testo.

Entrambe queste caratteristiche derivano dalla capacità del sistema di svolgere diversi livelli di analisi linguistica (morfologica, grammaticale e sintattica) insieme all'analisi semantica e alla disambiguazione dei termini.

Questa capacità di leggere i testi e comprendere il linguaggio simile a quella umana distingue l'approccio di expert.ai da qualsiasi altro motore o modello linguistico fornendo come risultato una maggiore accuratezza, velocità e capacità di gestire testi complessi.

## Rappresentazione dei contenuti

L'output iniziale dell'analisi condotta da expert.ai consiste in una mappa concettuale del testo, nella quale:



- Ogni concetto espresso nel testo è identificato in modo univoco, indipendentemente dai termini utilizzati per rappresentarlo
- Ogni agente, o soggetto, è associato all'azione svolta
- Ogni oggetto è connesso alla relativa azione

Grazie a questa rappresentazione, i contenuti presenti in un documento (ad es. gli argomenti principali, le frasi più rilevanti, le date ecc.) vengono organizzati in un formato strutturato che ne consente l'inserimento in un archivio e il successivo utilizzo per processi di indicizzazione, classificazione, riassunto ed estrazione.



# Conclusione

La crescente quantità delle informazioni che ogni giorno devono essere elaborate e comprese, così come l'esigenza di incrementare la capacità degli esperti in materia che lavorano su processi critici e complessi, sono solo alcune delle sfide con cui le organizzazioni hanno a che fare e che possono essere affrontate con le tecnologie di NLP/NLU.

**Le tecnologie NLP/NLU basate sulla comprensione simbolica offrono il vantaggio di una comprensione delle informazioni approfondita, flessibile e pertinente rispetto alle tecnologie basate unicamente sul machine learning.** Inoltre, sono la soluzione migliore per implementazioni nel mondo reale in quanto soddisfano maggiormente diversi requisiti, dalla spiegabilità e sostenibilità all'affidabilità dei dati anche rispetto alla variazione della distribuzione dei dati.

Infine, l'approccio che utilizza la conoscenza simbolica non rappresenta solo una tecnica estremamente efficace per le consuete attività di recupero, classificazione ed estrazione di informazioni, ma anche un approccio per lo sviluppo di applicazioni più avanzate (sia destinate alle organizzazioni che ai consumatori) e l'integrazione con i modelli predittivi più innovativi e all'avanguardia.

Le organizzazioni che lavorano su questi use case dovrebbero sempre valutare quale sia la tecnica più indicata e adatta per rispondere alle esigenze specifiche di progetto. L'intelligenza artificiale ibrida di expert.ai permette di confrontare, paragonare e combinare le varie tecniche disponibili per ottenere il migliore risultato possibile.

# Vuoi saperne di più?

Scopri tutti i vantaggi di business offerti dalla comprensione del linguaggio naturale.

**Scopri cosa possiamo fare per migliorare la tua organizzazione grazie all'intelligenza artificiale ibrida.**



## Chi siamo

Expert.ai (EXAI:IM) è leader nel mercato dell'intelligenza artificiale per la comprensione del linguaggio naturale. Grazie a un approccio ibrido, che unisce comprensione simbolica e machine learning, expert.ai fornisce soluzioni e strumenti per gestire contesti ad alta densità di informazioni e per trasformare i dati in conoscenza. Assicurazioni, banche e società di servizi finanziari, aziende del settore editoriale e organizzazioni della pubblica amministrazione, difesa e intelligence si affidano ad expert.ai per comprendere e analizzare documenti complessi, accelerare l'automazione intelligente dei processi e prendere decisioni più rapide e consapevoli.

 [www.expert.ai](http://www.expert.ai)  **Contattaci**