

A cura di **Alessandro Sperduti**

FONDAMENTI DI
**INTELLIGENZA
ARTIFICIALE**

Manuale di base con glossario online

Patrizio Bellan

A cura di
Alessandro Sperduti

FONDAMENTI DI
INTELLIGENZA
ARTIFICIALE

Manuale di base con glossario online


Patrizio Bellan

SEZIONE 1 L'Intelligenza Artificiale: tecniche, modelli e applicazioni pratiche

Capitolo 1. INTRODUZIONE	6
1.1. Definizione di Intelligenza Artificiale e sua importanza nella società digitale	7
1.2. Panoramica delle tecnologie di Intelligenza Artificiale	12
Capitolo 2. MACHINE LEARNING: PRINCIPI E METODOLOGIE	18
2.1. Machine learning, ovvero come apprendere da dati etichettati	19
2.2. Tipologie di apprendimento: supervisionato, non supervisionato e per rinforzo	19
2.3. Ruolo dei dati nell'Intelligenza Artificiale e dataset	27
Capitolo 3. APPRENDIMENTO SUPERVISIONATO	30
3.1. Machine learning supervisionato	31
3.2. Fondamenti di reti neurali artificiali	35
3.3. Training di una rete neurale: concetti base	40
Capitolo 4. APPRENDIMENTO NON SUPERVISIONATO	44
4.1. Definizione e tecniche dell'apprendimento non supervisionato	45
4.2. Algoritmi	48

SEZIONE 2 Le applicazioni dell'Intelligenza Artificiale

Capitolo 5. TECNICHE E APPLICAZIONI DELL'APPRENDIMENTO SUPERVISIONATO	56
5.1. Classificazione	57
5.2. Reti neurali artificiali	61
Capitolo 6. TECNICHE E APPLICAZIONI DELL'APPRENDIMENTO NON SUPERVISIONATO	64
6.1. Clustering	65
6.2. Rilevazione di anomalie (anomaly detection)	67
6.3. Riduzione della dimensionalità	69
6.4. Scoperta di strutture latenti (topic modeling)	70

Capitolo 7. TECNOLOGIE DI USO COMUNE	72
7.1. Analisi dei dati e previsioni	73
7.2. Sistemi di raccomandazione: che cosa sono e a che cosa servono	75
7.3. Giochi e Intelligenza Artificiale	76
7.4. Visione artificiale: l'elaborazione delle immagini	77
7.5. Robotica	79
7.6. Elaborazione del linguaggio naturale (Natural Language Processing)	81
Capitolo 8. APPLICAZIONI SPERIMENTALI E SETTORI EMERGENTI	88
8.1. Intelligenza Artificiale in medicina	89
8.2. Sensori smart e applicazioni personali	91
8.3. Cobot e robotica collaborativa	93
8.4. Intelligenza Artificiale per la cybersecurity	94
 GLOSSARIO	96

I SIMBOLI PRESENTI NEL MANUALE



APPROFONDIMENTO

Fornisce informazioni più complete e puntuali rispetto a tematiche trattate nel testo, ma delle quali il lettore potrebbe voler conoscere ulteriori dettagli, andando più "in profondità".



GLOSSARIO

Contiene la spiegazione del significato di un termine o di un'espressione specialistica utilizzata nel testo. Le definizioni in forma più estesa sono disponibili anche nel glossario online.



ATTENZIONE

È un "segnale di avvertimento" che esorta il lettore a concentrarsi su un determinato aspetto.

ESEMPIO

Illustra casi o situazioni per fornire una traduzione concreta dei concetti presentati esprimendoli in chiave applicativa.



GLOSSARIO

Contiene la raccolta dei termini specifici incontrati nel testo e di tutti i termini tecnici ritenuti fondamentali per la comprensione degli argomenti trattati. Disponibile nell'ambiente online al quale si accede tramite QRcode. Il glossario è in formato pdf stampabile.

INTRODUZIONE

1.1. Definizione di Intelligenza Artificiale e sua importanza nella società digitale

1.1.1. Quando è nata l'Intelligenza Artificiale

1.1.2. Intelligenza Artificiale debole e Intelligenza Artificiale forte

1.1.3. Impatto dell'Intelligenza Artificiale nella società digitale

1.2. Panoramica delle tecnologie di Intelligenza Artificiale

1.2.1. Modelli linguistici, visuali e multimodali

1.2.2. Applicazioni concrete dell'Intelligenza Artificiale

FOCUS

- In questo capitolo si affronterà come **definire l'Intelligenza Artificiale** secondo un **approccio multidimensionale** che abbraccia i diversi aspetti che la caratterizzano: tecniche e metodi, modelli computazionali e strumenti di sviluppo.
- Verranno introdotti i concetti di base sui quali poggia l'Intelligenza Artificiale: la **capacità di imparare da esempi**, di **riconoscere relazioni** fra i dati e di **compiere scelte** autonome e personalizzate.
- Si appropceranno le prime definizioni di **machine learning** e **deep learning** come introduzione al modo con cui l'Intelligenza Artificiale realizza la capacità di apprendere e che saranno oggetto di approfondimento nei capitoli successivi.
- Verranno affrontati i concetti di **Intelligenza Artificiale forte e debole**, e grazie agli esempi forniti sarà possibile rintracciarne le applicazioni nel vissuto quotidiano.
- Attraverso una panoramica sull'evoluzione delle tecnologie, sulla crescita esponenziale dei dati e sulla creazione di nuovi modelli di apprendimento, si evidenzia come l'Intelligenza Artificiale rappresenti **uno degli elementi centrali della società digitale** e come possa **influenzare settori disparati**, dalla finanza all'istruzione, dai trasporti alle comunicazioni.

In questo capitolo

*L'Intelligenza Artificiale è un insieme di tecniche che consente ai computer di **riconoscere schemi, apprendere dai dati e prendere decisioni**. Quando si parla di Intelligenza Artificiale bisogna però fare attenzione alla sua definizione, che è estremamente ricca e sfaccettata. Infatti, si tratta di un **concetto multidimensionale** che può essere interpretato in modi diversi, senza che ciò generi contraddizioni. Anzi, le varie dimensioni in cui si può definire ne evidenziano aspetti complementari.*

*Da una parte, si può considerare l'Intelligenza Artificiale come l'**insieme di tecniche e metodi**, algoritmi e procedure matematiche che permettono ai computer di apprendere dai dati e di risolvere problemi in maniera simile a un essere umano. Dall'altra, può essere vista come un **modello computazionale**, cioè una rappresentazione matematica dei processi cognitivi che si desiderano emulare. Infine, l'Intelligenza Artificiale si concretizza anche attraverso **strumenti pratici**, come software, piattaforme e sistemi, che mettono in pratica questi metodi e modelli per affrontare problemi reali.*

*In altre parole, parlare di Intelligenza Artificiale significa abbracciare sia la teoria, espressa dai modelli computazionali e dai metodi, sia la pratica, rappresentata dagli strumenti concreti che si utilizzano quotidianamente. Queste diverse prospettive non sono in contrasto tra loro, ma evidenziano **la complessità e l'evoluzione continua** di una disciplina che sta trasformando il nostro modo di interagire con il mondo.*

L'obiettivo di questo capitolo è offrire una comprensione di come oggi tutto rientri nella sfera dell'Intelligenza Artificiale e di come questa si fondi su concetti di base relativamente semplici: la capacità di imparare da esempi, di riconoscere relazioni fra i dati e di compiere scelte autonome e personalizzate.

1.1. Definizione di Intelligenza Artificiale e sua importanza nella società digitale

L'**Intelligenza Artificiale**, comunemente abbreviata in IA (o AI, secondo la nomenclatura in lingua inglese, Artificial Intelligence), può essere vista come una tecnologia in grado di permettere alle macchine di simulare il modo di “pensare” degli esseri umani, ossia alcuni **aspetti cognitivi** del pensiero umano, allo scopo di risolvere uno specifico problema. Per esempio, si addestra una macchina a simulare un dottore che deve analizzare delle radiografie e determinare un'eventuale zona tumorale. Oppure, ancora, negli smartphone, l'Intelligenza Artificiale è adottata per permettere il riconoscimento visivo del volto.

Le applicazioni dell'IA sono svariate e vengono, giorno dopo giorno, sempre più integrate in ambiti disparati, dall'agricoltura alla medicina, dalla finanza allo sport.

**Una tecnologia
che simula
il pensiero umano**

MACHINE LEARNING: PRINCIPI E METODOLOGIE

- 2.1. Machine learning, ovvero come apprendere da dati etichettati
- 2.2. Tipologie di apprendimento: supervisionato, non supervisionato e per rinforzo
 - 2.2.1. Apprendimento supervisionato
 - 2.2.2. Apprendimento non supervisionato
 - 2.2.3. Apprendimento per rinforzo
- 2.3. Ruolo dei dati nell'Intelligenza Artificiale e dataset

FOCUS

- In questo capitolo si definirà il funzionamento del **machine learning**, branca dell'Intelligenza Artificiale capace di apprendere autonomamente dai dati.
- Verranno presentati e analizzati i **tre paradigmi** su cui si fonda questo modello di apprendimento automatico: l'apprendimento supervisionato, l'apprendimento non supervisionato e l'apprendimento per rinforzo.
- Attraverso una serie di esempi e di rappresentazioni grafiche ci si accosterà ai concetti di **dati etichettati**, **clusterizzazione**, **riduzione della dimensionalità** e **rinforzo** che stanno alla base dei tre paradigmi sopra introdotti.
- Emergerà quindi l'importanza dei dati e dei **dataset**, fondamento imprescindibile dei meccanismi messi in atto dai modelli di Intelligenza Artificiale, e verranno declinati i modi con cui ciascun processo di apprendimento si avvicina ad essi utilizzandoli per restituire un risultato finale.

3.1. Machine learning supervisionato

3.1.1. Come si costruisce un modello di classificazione binaria

3.2. Fondamenti di reti neurali artificiali

3.2.1. Deep learning e reti neurali artificiali

3.2.2. Input, hidden e output layer

3.3. Training di una rete neurale: concetti base

FOCUS

- In questo capitolo si apprenderà che cosa sono il **machine learning con apprendimento supervisionato** e le **reti neurali artificiali**.
- Verrà introdotto il concetto di **classificazione binaria** che sta alla base dell'apprendimento supervisionato e della fase di **allenamento** di tale modello.
- Una volta acquisita la nozione di machine learning ci si accosterà al **deep learning** e al suo approccio gerarchico alle informazioni, che permette di affrontare problemi complessi e di gestire dati in maniera autonoma, allo stesso modo del cervello umano.
- L'accostamento del deep learning al funzionamento del cervello umano introduce al concetto di **reti neurali artificiali**, che gestiscono ed elaborano gli input trasformandoli in output per restituire poi un risultato finale. Attraverso un **processo di valutazione, elaborazione e correzione degli errori** le reti trasformano i dati in informazioni.
- Analizzando questo processo si comprenderà l'importanza dell'**accesso della rete** al più vasto numero di dati, aspetto che rende il deep learning particolarmente efficace in ambiti in cui è necessario restituire una rappresentazione quanto più sofisticata possibile del problema analizzato.

APPRENDIMENTO NON SUPERVISIONATO

4.1. Definizione e tecniche dell'apprendimento non supervisionato

4.2. Algoritmi

4.2.1. Algoritmi di clustering

4.2.2. Algoritmi di riduzione della dimensionalità

4.2.3. Algoritmi di rilevazione di anomalie (anomaly detection)

4.2.4. Algoritmi che scoprono strutture latenti

FOCUS

- In questo capitolo viene descritto in che cosa consiste l'**apprendimento non supervisionato**, strumento indispensabile per esplorare enormi quantità di dati non etichettati.
- Verranno analizzate le tecniche di questo approccio, il **clustering**, la **riduzione della dimensionalità**, la **rilevazione di anomalie** e la scoperta di **strutture latenti**, e si comprenderà come ciascuna sia adatta a un compito specifico.
- Alla base di ognuna di tali tecniche ci sono **algoritmi** specifici capaci non solo di individuare schemi comuni ma anche di riconoscere distorsioni rispetto alla "normalità" di un flusso di dati e di semplificare una molteplicità di informazioni. Di ciascuno si individueranno le caratteristiche e il funzionamento anche attraverso esempi pratici e quotidiani.



Capitolo

5

TECNICHE E APPLICAZIONI DELL'APPRENDIMENTO SUPERVISIONATO

5.1. Classificazione

5.1.1. Classificazione binaria e classificazione multi-classe

5.2. Reti neurali artificiali

FOCUS

- In questo capitolo si descriveranno alcune applicazioni pratiche dell'**apprendimento supervisionato** analizzando i modi in cui il machine learning utilizza i dati per migliorare le prestazioni dei dispositivi basati sull'Intelligenza Artificiale.
- Verranno presentati gli usi concreti del modello più potente di machine learning: la **classificazione**, nelle sue declinazioni in binaria e multi-classe, con relative applicazioni nel campo della lotta al cyberbullismo e dell'assistenza ai clienti.
- Verrà descritto il ruolo delle **reti neurali artificiali** che sono alla base del funzionamento di dispositivi come gli assistenti virtuali e che al tempo stesso si rivelano essenziali in operazioni quali, per esempio, il controllo della sicurezza dei bagagli negli aeroporti.



Capitolo

6

TECNICHE E APPLICAZIONI DELL'APPRENDIMENTO NON SUPERVISIONATO

6.1. Clustering

6.2. Rilevazione di anomalie (anomaly detection)

6.3. Riduzione della dimensionalità

6.4. Scoperta di strutture latenti (topic modeling)

FOCUS

- In questo capitolo verrà messo in evidenza il ruolo cruciale dell'**apprendimento non supervisionato** in contesti caratterizzati da una moltitudine di dati difforni e non etichettati.
- Si analizzeranno le diverse tecniche di questo tipo di apprendimento, ciascuna applicata e adatta a un **utilizzo specifico**.
- Si vedrà come il **clustering** sia funzionale per impostare strategie vincenti di marketing, mentre la **rilevazione di anomalie** è alla base di svariati dispositivi e sistemi di sicurezza.
- Verrà evidenziato come la **riduzione della dimensionalità** possa risultare più adatta nell'ambito delle analisi comparate così come il **topic modeling** è particolarmente funzionale nel settore della comunicazione.



Capitolo

7

TECNOLOGIE DI USO COMUNE

7.1. Analisi dei dati e previsioni

7.2. Sistemi di raccomandazione: che cosa sono e a che cosa servono

7.3. Giochi e Intelligenza Artificiale

7.4. Visione artificiale: l'elaborazione delle immagini

7.5. Robotica

7.6. Elaborazione del linguaggio naturale (Natural Language Processing)

7.6.1. Chatbot e riconoscimento vocale

FOCUS

- In questo capitolo si tornerà sul concetto di **analisi dei dati** per evidenziare l'importanza che essi hanno nel permettere ai sistemi di Intelligenza Artificiale di prendere decisioni sempre più informate grazie allo sviluppo di **modelli predittivi**.
- Verrà messo in evidenza come proprio l'analisi predittiva abbia permesso lo sviluppo di **sistemi di raccomandazione** che sono oggi alla base di molte strategie di marketing.
- Si presenteranno le applicazioni dell'Intelligenza Artificiale nel campo dei **giochi digitali** e si entrerà poi nello specifico della **visione artificiale** e dei suoi utilizzi pratici.
- Verrà introdotto l'argomento della **robotica**, disciplina in continua evoluzione, che sfrutta i modelli dell'Intelligenza Artificiale per supportare e migliorare molte attività quotidiane e non solo.
- Si esploreranno le applicazioni dell'**elaborazione del linguaggio naturale**, approfondendo i modelli di **chatbot** e di **riconoscimento vocale**, e verranno analizzati alcuni esempi pratici del loro ruolo nella vita di tutti i giorni.



Capitolo

8

APPLICAZIONI SPERIMENTALI E SETTORI EMERGENTI

8.1. Intelligenza Artificiale in medicina

8.2. Sensori smart e applicazioni personali

8.2.1. Sistemi intelligenti: al servizio dell'uomo e dell'ambiente

8.3. Cobot e robotica collaborativa

8.3.1. Interazione uomo-cobot

8.4. Intelligenza Artificiale per la cybersecurity

FOCUS

- In questo capitolo si offrirà una panoramica delle **applicazioni più innovative** dell'Intelligenza Artificiale, che caratterizzano una serie di settori in costante sviluppo. Grazie alle nozioni apprese nei capitoli precedenti si illustrerà il funzionamento di tali sistemi comprendendo le loro potenzialità di utilizzo nella vita quotidiana.
- In **campo medico** l'Intelligenza Artificiale coadiuva il personale sanitario non solo nella gestione del lavoro ma anche nella diagnosi, nella cura e persino nell'ambito della riabilitazione e della ricerca.
- I **sensori smart** sono capaci di effettuare analisi dei dati in tempo reale e di restituire informazioni utili al miglioramento della qualità della vita.
- Un settore in rapida espansione è quello della **robotica collaborativa** in cui i cobot, sfruttando la visione artificiale e l'IA, sono in grado di operare a stretto contatto con l'uomo portando a notevoli vantaggi nel campo dell'industria e della logistica.
- La **sicurezza informatica** è l'ambito nel quale l'Intelligenza Artificiale rappresenta il sistema più adatto per rilevare, prevenire e rispondere a minacce in modo più efficace dell'essere umano.

Il volume offre un'introduzione essenziale all'Intelligenza Artificiale, presentando i concetti fondamentali e i principali ambiti di applicazione.

Il manuale è articolato in due sezioni:

1. la **prima** si concentra sulle basi teoriche: l'apprendimento automatico, le reti neurali, la classificazione, il clustering e altre tecniche che costituiscono l'ossatura dei sistemi intelligenti come: la riduzione della dimensionalità, la rilevazione di anomalie e la scoperta delle strutture latenti;
2. la **seconda** esplora le maggiori applicazioni nei diversi contesti: medicina, industria, mobilità, intrattenimento, sicurezza e comunicazione. Inoltre vengono presentati casi d'uso sperimentali in settori emergenti, come la robotica collaborativa e la cybersecurity, con attenzione anche alle implicazioni di carattere pratico.

Ogni capitolo è corredato da esempi concreti che aiutano a comprendere come l'IA venga integrata all'interno di strumenti e servizi utilizzati nella vita quotidiana.

Il volume è accompagnato da un glossario online che raccoglie e approfondisce i termini chiave che rientrano nel lessico specifico dell'Intelligenza Artificiale, spiegati con un linguaggio chiaro e comprensibile.

Alessandro Sperduti

Professore ordinario di Informatica presso l'Università degli Studi di Padova, direttore del centro Human Inspired Technology Research della stessa università e direttore del centro Augmented Intelligence della Fondazione Bruno Kessler di Trento. Autore di più di 300 pubblicazioni scientifiche sull'Intelligenza Artificiale e chair dell'IEEE World Congress on Computational Intelligence per l'anno 2022.

Patrizio Bellan

Ricercatore in Intelligenza Artificiale e Natural Language Processing (NLP) presso la Fondazione Bruno Kessler di Trento, dove fa parte del gruppo Intelligent Digital Agents. Ha conseguito il dottorato in Informatica alla Libera Università di Bolzano. I suoi interessi di ricerca includono la creazione di dataset e l'impiego di modelli linguistici di grandi dimensioni (LLM) per simulare agenti. È autore di numerose pubblicazioni in conferenze internazionali sull'Intelligenza Artificiale e ha ricevuto borse di ricerca nell'ambito del PNRR e di CINECA per lo sviluppo di chatbot affidabili in contesti certificati.

