

FRANCOANGELI/Urbanistica

Paolo Fusero
Hypercity

Intelligenza artificiale e città del futuro



A Gaia

I lettori che desiderano informarsi sui libri e le riviste da noi pubblicati possono consultare il nostro sito Internet: www.francoangeli.it e iscriversi nella home page al servizio “Informatemi” per ricevere via e.mail le segnalazioni delle novità.

Paolo Fusero

Hypercity

Intelligenza artificiale e città del futuro

FRANCOANGELI

Volume pubblicato con il contributo del Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi "G. d'Annunzio" di Chieti-Pescara.

*In copertina: Maura Mantelli, Immagine elaborata attraverso programmi grafici
che utilizzano l'intelligenza artificiale*

Isbn e-book: 9788835169185

Copyright © 2024 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy.

*L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla legge sul diritto d'autore. L'Utente nel momento
in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni della licenza d'uso dell'opera previste
e comunicate sul sito www.francoangeli.it.*

Indice

Prefazione, di Ermete Realacci	pag.	9
Introduzione	»	13
1. Fondamenti di intelligenza artificiale	»	17
1. Concetti chiave di IA	»	17
1.1. IA, cos'è e come identificarla	»	17
1.2. Quali intelligenze? Breve storia dell'IA	»	19
1.3. Machine learning e deep learning	»	21
2. Alcune applicazioni dell'IA	»	23
2.1. Automotive	»	24
2.2. Salute e medicina	»	25
2.3. E-commerce	»	27
2.4. Formazione	»	28
2.5. Finanza	»	29
2.6. Intrattenimento	»	30
2.7. Smart home	»	31
2.8. Agricoltura di precisione	»	32
2.9. Possibili sviluppi	»	34

2. Città e rischio climatico	pag.	36
1. Inurbamento globale	»	36
1.1. Analisi demografica del fenomeno	»	36
1.2. Richiamo delle città	»	40
1.3. Effetti sull’ambiente e sulle risorse	»	41
2. Comprendere la minaccia climatica	»	42
2.1. Negazionismo climatico	»	42
2.2. Impatti attuali e previsti	»	45
2.3. Vulnerabilità delle città	»	47
2.4. Necessità di modelli innovativi	»	50
3. Iniziative europee	»	51
3.1. Piani strategici e finanziamenti	»	51
3. Hypercity e intelligenza artificiale	»	60
1. Evoluzione della smart city	»	61
1.1. Definizione di smart city	»	61
1.2. Evoluzione del concetto di smart city	»	62
1.3. Ultima frontiera: l’hypercity	»	64
2. Pianificazione urbana	»	67
2.1. Sistemi urbani assistiti da IA	»	67
2.2. Urban planning assistito da IA	»	69
2.3. E-democracy supportata da IA	»	71
3. Mobilità sostenibile e trasporti intelligenti	»	73
3.1. Sistemi di gestione del traffico	»	73
3.2. Veicoli connessi ed autonomi	»	75
4. Prevenzione catastrofi e sicurezza urbana	»	78
4.1. Prevenzione dalle catastrofi	»	78
4.2. Sicurezza urbana	»	80
5. Monitoraggio ambientale	»	82
5.1. Sensori intelligenti	»	82
5.2. Raccolta ed elaborazione dati	»	83

5.3. Comunicazione dei dati ambientali	pag.	85
6. Gestione dell'energia	»	86
6.1. Ottimizzazione energetica	»	86
6.2. Efficientamento energetico degli edifici	»	87
6.3. Consumo di energia dell'IA	»	89
7. Metabolismo urbano	»	92
7.1. Definizione e origini	»	92
8. Raccolta e riciclo intelligente	»	94
8.1. Catena di approvvigionamento	»	94
8.2. Materiali riciclabili	»	96
8.3. Mercati del riutilizzo	»	98
9. Progettazione di prodotti sostenibili	»	101
9.1. Progettazione assistita dall'IA	»	101
9.2. Analisi del ciclo di vita dei prodotti	»	103
9.3. Manutenzione intelligente dei prodotti	»	106
4. Sfide etiche e sociali, di Tullia Rinaldi	»	109
1. Etica dell'intelligenza artificiale	»	109
1.1. Principi etici per una IA affidabile	»	109
1.2. Uguaglianza e solidarietà	»	111
1.3. Libertà individuale e democrazia	»	114
2. Aspetti legali	»	117
2.1. Riforma dei sistemi vigenti	»	117
2.2. Protezione dei dati e riservatezza	»	118
2.3. Tutela della proprietà intellettuale	»	121
3. Implicazioni sociali	»	122
3.1. Mercato del lavoro e disuguaglianze	»	122
3.2. Relazioni sociali	»	124
3.3. Manipolazione dell'informazione	»	125
5. Conclusioni	»	129

Appendice

Digital Twin , di <i>Lorenzo Massimiano</i>	pag.	135
1. Significato di “Gemello digitale”	»	135
2. Evoluzione del concetto di DT	»	137
3. DT nella disciplina urbanistica	»	140
 City Brain , di <i>Maura Mantelli</i>	»	145
1. Significato di “Cervello Urbano”	»	145
2. Alcune applicazioni significative	»	147
3. Dipendenza tecnologica	»	154
 Riferimenti bibliografici	»	155

Prefazione

di Ermete Realacci

Hypercity. Intelligenza artificiale e città del futuro di Paolo Fusero è un testo stimolante e prezioso.

Lo è per l'interesse della tesi-progetto che propone: utilizzare a 360 gradi le potenzialità dell'intelligenza artificiale nel pensare le città del futuro. Andare oltre le smart city per fare di questa frontiera tecnologica un elemento costitutivo di una nuova idea di città, di economia, di convivenza. In grado di confrontarsi con le sfide aperte, a cominciare dalla crisi climatica.

Ma altrettanto importante è che hypercity si propone come una sorta di atlante, non solo delle esperienze avviate in molte città del mondo, ma delle potenzialità dell'IA nei campi più vari delle attività urbane. Dalla supply chain all'economia circolare, dalla chimica alla robotica, dall'agricoltura di precisione all'efficientamento energetico, dalle energie rinnovabili ai delicatissimi campi legati al controllo delle informazioni, alla manipolazione del consenso, agli usi bellici.

Molte applicazioni dell'IA sono già in corso, altre forse sovrastimate, ma non possiamo sottrarci alla opportunità-necessità di utilizzare i molti benefici dell'intelligenza artificiale e al tempo stesso di comprenderne i rischi, soprattutto sul piano etico e sociale. Per non parlare dei costi energetici connessi ai grandi centri di calcolo necessari, costi che devono essere certamente ridotti e controbilanciati dagli effetti positivi che producono.

Già oggi strumenti opachi e di dubbia utilità come le criptovalute impiegano quantità di energia elettrica paragonabile a quelle consumate da intere nazioni. Su questi temi un contributo importante potrà venire anche da Paolo Benanti, professore della Pontificia Università

Gregoriana ed esperto di etica delle tecnologie, unico italiano presente nel Comitato per l'intelligenza artificiale voluto dalle Nazioni Unite.

L'Europa è chiamata a svolgere un ruolo da protagonista di questo cambiamento. Come ci ricorda Paolo Fusero, le politiche europee e lo stesso PNRR sono legati all'incrocio tra digitalizzazione e innovazione, transizione verde e inclusione sociale, fortemente segnato dalle prospettive dell'IA. In più proprio l'Europa, sul piano delle nuove normative e delle attenzioni necessarie, può meglio presidiare, rispetto ad altri grandi protagonisti come Usa o Cina, la frontiera dell'“umanizzazione” di queste tecnologie, provando a rappresentare quello “spazio privilegiato della speranza umana”, promosso dalla Costituzione Europea mai nata.

Per quanto riguarda l'Italia, è ancora più necessario il rapporto tra le tecnologie più avanzate e i nostri cromosomi antichi, con un *saper fare* legato alla capacità, per dirla come Carlo Maria Cipolla, di «produrre all'ombra dei campanili cose belle che piacciono al mondo».

Non so se un utilizzo estremo del Digital Twin farà la fine della mappa dell'Impero di Borges, alla fine inutile e soffocante. Forse me lo auguro. Sinceramente non trovo auspicabile un mondo ed un'economia in cui vengono completamente sostituiti da macchine i tecnici della Motor Valley, che dal suono riescono a capire la personalità di un motore. Alcune esperienze interessanti sono già in atto per collegare attività economiche in piccoli comuni a forme di intelligenza artificiale. Ancora di più si può fare per dotarli di servizi più avanzati legati alle esigenze delle comunità, basti pensare alla telemedicina.

Non riesco a pensare ad un'evoluzione delle nostre città che rinneghi l'affresco del *Buon Governo* di Ambrogio Lorenzetti. A sua volta rappresentazione di un passo del *Costituto di Siena* del 1309: chi governa deve avere a cuore «massimamente la bellezza della città, per cagione di diletto e allegrezza ai forestieri, per onore, prosperità e accrescimento delle città e dei cittadini». Una visione in grado di orientare ancora il nostro futuro.

Anche nello scenario tecnologicamente più avanzato, la forza della coesione sociale e delle comunità deve rappresentare un anticorpo rispetto alla disumanizzazione e alla solitudine che alcuni utilizzi dell'intelligenza artificiale potrebbero comportare. E contro il rischio che

è sempre rappresentato dalle monoculture nella società, nell'economia, nella tecnologia.

Ho in mente un bel racconto degli anni cinquanta di Isaac Asimov, straordinario scrittore di fantascienza e divulgatore scientifico. Il titolo è "Nove volte sette" e parla di un'umanità ipertecnologica in guerra con il pianeta Deneb. Una guerra completamente condotta, da entrambe le parti, da macchine (il termine computer negli anni cinquanta non esisteva). La guerra dura da moltissimo tempo in una sorta di equilibrio tecnologico del terrore. Fino a quando non viene scoperto sulla Terra Aub, un tecnico di basso livello, quasi un dropout, che sa fare moltiplicazioni, divisioni ed altre operazioni a mano. Ovviamente impiega molto più tempo, ma lo fa con la sua testa. Questa nuova scienza viene chiamata grafitica e la sua diffusione cambierà gli equilibri del conflitto.

Nel rapporto tra intelligenza artificiale e saperi umani c'è una via più convincente e attraente. E anche più italiana.

In "Nove volte sette" il racconto non finisce bene.

Paolo Fusero ci fornisce strumenti per scrivere un'altra storia, avviare un'avventura in cui saperi e nuove tecnologie aiutano a costruire un'economia e una società più a misura d'uomo.

Introduzione

Questo libro nasce dall'interesse verso due delle sfide globali che il XXI secolo sta affrontando: il contrasto ai cambiamenti climatici e le applicazioni (ma anche le implicazioni) dell'intelligenza artificiale nelle città.

Epicentri della nostra società, le città si configurano come luoghi strategici in cui si originano molte delle cause delle alterazioni climatiche e allo stesso tempo sono fra i luoghi più vulnerabili agli impatti del riscaldamento globale. In questo contesto, l'intelligenza artificiale si profila come uno strumento ancora sostanzialmente inesplorato, ma di cui si percepiscono le enormi potenzialità per traguardare nuovi orizzonti nella comprensione dei fenomeni, nella gestione delle risorse, e nella creazione di ecosistemi urbani equilibrati.

Hypercity si inserisce in un contesto globale che richiede un approccio innovativo per affrontare la complessità delle grandi tematiche della sostenibilità, in tutte le sue dimensioni, rivolgendosi in particolare al fenomeno dell'inurbamento che sta interessando l'intero pianeta. La necessità delle città di fronteggiare queste trasformazioni, combinate con le opportunità offerte dall'intelligenza artificiale di innovare i sistemi urbani, creano un terreno fertile per sondare soluzioni fino a ieri neppure immaginabili.

Questo libro non è solo un'esplorazione delle nuove possibilità che l'innovazione tecnologica ci mette a disposizione, vuole essere soprattutto un invito a immaginare un futuro in cui le città diventano centri di innovazione nella sostenibilità ambientale, nell'inclusione sociale e nella resilienza urbana. Dalle pagine di hypercity emerge la convinzione che l'intelligenza artificiale non sia solo un potente strumento

tecnologico, quanto piuttosto una chiave di accesso verso un possibile cambio di paradigma del nostro modello di sviluppo economico.

E siamo solo all'inizio! Gli algoritmi generativi sono appena nati, il loro utilizzo è stato introdotto nella nostra società da pochissimi anni. Il progresso tecnologico è talmente rapido che la curva del suo sviluppo è esponenziale, rendendo molto complicato immaginare cosa potrà accadere in una prospettiva di lungo termine. Si tratta di un momento in cui la capacità umana di controllo dei fenomeni stenta a tenere il passo dell'innovazione tecnologica¹. E questo se da un lato affascina, dall'altro spaventa.

L'organizzazione tradizionale delle conoscenze è sempre stata di tipo "architettonico", fortemente stratificata, strutturata con gerarchie solide e ben fondate. La biblioteca ha rappresentato per centinaia di anni la fonte privilegiata di questo modello. Wikipedia ne costituisce l'evoluzione più recente, ma non mette in discussione il modello enciclopedico tradizionale, e la sua evoluzione nel tempo ci fa capire molto anche sulle sue prospettive di sviluppo future.

Al contrario, il modello generativo del sapere proprio dell'intelligenza artificiale è di tipo "organico", una sorta di organismo vivente capace di modificarsi e crescere in forme non sempre ben definite e preventivabili, in cui i livelli superiori possono anche essere caratterizzati da proprietà emergenti difficilmente riconducibili alle componenti di livello inferiore². Questo secondo modello di organizzazione delle conoscenze ha il suo esempio più noto nelle reti neurali, che hanno portato allo sviluppo delle chatbot basate sull'intelligenza artificiale generativa come *ChatGPT* di OpenAI, *Gemini* di Google, o *Copilot* di Microsoft.

L'obiettivo del libro è comprendere il presente, con tutte le sue prospettive e i suoi rischi, ma soprattutto indicare come possibile un futuro in cui l'intelligenza artificiale possa essere utilizzata per rendere le città più efficienti, più inclusive e i rapporti uomo-tecnologia e uomo-natura maggiormente armonici.

¹ Vinge V. (1993), *The Coming Technological Singularity: how to survive in the post-human era*, paper presentato al Vision-21 Symposium, NASA Lewis Research Center and the Ohio Aerospace Institute, 30-31 Marzo, testo disponibile al sito: <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19940022856/downloads/19940022856.pdf>

² Roncaglia G. (2023), *L'architetto e l'oracolo*, Laterza, Bari.

La scommessa è quella di poter contare su di una intelligenza artificiale “affidabile”³, addestrata attraverso sistemi a loro volta intelligenti, che possa dare supporto al *decision making* urbano. Su questa scommessa si gioca gran parte del futuro delle nostre città e del nostro pianeta: se i Paesi ad economia matura (Europa e Usa) e quelli ad economia emergente (le “Tigri asiatiche” e i Paesi BRICS⁴) sapranno gestire l’imponente impennata tecnologica che li attende nei prossimi anni, comprendendone le dinamiche, controllandone i rischi e contenendone gli squilibri, a cominciare da quelli sociali, l’IA potrà dispiegare a pieno il suo potenziale, contribuendo significativamente al raggiungimento dei 17 obiettivi di sviluppo sostenibile che l’ONU si è data con “Agenda 2030”⁵.

Sia bene inteso: non siamo davanti ad un bivio. Non si tratta di decidere se continuare o meno ad investire sull’intelligenza artificiale, che, come tutte le rivoluzioni, è un processo ineludibile.

Si tratta piuttosto di non farci travolgere: prendere coscienza del fenomeno, governarlo all’interno di un perimetro di principi etici e sociali, nel tentativo di perseguire obiettivi di interesse comune per l’umanità e per il pianeta.

Il libro si articola in quattro capitoli.

Il primo fornisce i fondamenti di intelligenza artificiale, ricostruendone sinteticamente la storia recentissima e cercando di esaminare alcuni concetti chiave che permettono di farne intuire l’enorme potenziale in relazione alle possibili applicazioni sulla città.

Il secondo capitolo evidenzia la vulnerabilità delle città rispetto alle grandi sfide del XXI secolo, in particolare quella connessa al cambiamento climatico: comprendere la minaccia climatica diventa un imperativo per limitare gli impatti, attuali e futuri. L’orientamento della

³ Floridi L. (2022), *Etica dell’intelligenza artificiale. Sviluppi, opportunità, sfide*, Raffaello Cortina editore, Milano.

⁴ Il termine “Tigri asiatiche” nasce verso la fine degli anni settanta in riferimento al rapido sviluppo economico di quattro nazioni: Taiwan, Corea del Sud, Singapore e Hong Kong. Più tardi il riferimento viene esteso anche alle altre economie in rapido sviluppo del Sud-est asiatico: Malaysia, Indonesia, Thailandia e Filippine. BRICS, invece, è l’acronimo con cui si identificano le attuali economie mondiali emergenti dotate di abbondanti risorse naturali: Brasile, Russia, India, Cina, Sud Africa. Di recente è stato introdotto anche il termine BRICS+ in relazione ai nuovi equilibri geopolitici determinati dall’allargamento del gruppo ad altri Paesi: Etiopia, Egitto, Iran, Arabia Saudita ed Emirati Arabi.

⁵ ONU Dep. Economic and Social Affairs, The 17 Goals, <https://sdgs.un.org/goals>

Commissione Europea nel favorire la transizione ecologica sembra essere chiaro e l'intelligenza artificiale può costituire un valido strumento a supporto delle politiche comunitarie.

Il terzo capitolo prova ad immaginare il ruolo dell'intelligenza artificiale nella città del futuro, introducendo la prospettiva di una evoluzione della smart city in una città ancora più complessa e intelligente, l'hypercity, una città in cui la tecnologia si combina simbioticamente con l'agire quotidiano dei suoi abitanti. Vengono descritti i possibili scenari evolutivi di attività quali la mobilità e i trasporti, la gestione dell'energia, la prevenzione dalle calamità, lo smaltimento dei rifiuti e il riciclo, il monitoraggio ambientale, ecc. L'intento è quello di far comprendere come le nuove tecnologie applicate alle attività urbane possano generare una "ipercittà" in cui l'intelligenza artificiale non è semplicemente integrata nei sistemi urbani, ma ne diventa elemento costituente, creando i presupposti per una trasformazione profonda dei modi d'uso della città stessa.

Il quarto capitolo si occupa di argomenti cruciali parlando di intelligenza artificiale: le sfide etiche e le implicazioni sociali che comportano le sue applicazioni nella vita reale. L'hypercity assistita dall'IA pone questioni nuove sotto il profilo giuridico e soprattutto inediti rischi sotto il profilo sociale, che devono essere attentamente considerati, data la portata delle distorsioni che potrebbero generare.

In appendice vengono approfonditi due esempi di applicazione dell'intelligenza artificiale nella pianificazione urbana: il "City Brain" e il "Digital Twin".

In chiusura del libro, sono riportati tutti i riferimenti bibliografici utilizzati per la sua stesura.

1. Fondamenti di intelligenza artificiale

In questo primo capitolo vengono fornite le conoscenze di base dell'IA: cosa è, come la si identifica, quali sono le principali applicazioni. Sarà curioso rendersi conto che seppure il concetto di intelligenza artificiale ci proietta verso scenari futuribili lontani, in realtà già oggi la nostra vita quotidiana è pervasa da una moltitudine di applicazioni che utilizzano l'IA. Quello che ci può riservare il futuro è tutto da scoprire, ma è chiaro che il potenziale di sviluppo dell'IA può portare a scenari in cui l'integrazione uomo-macchina e la robotica avanzata potrebbero trasformare in modo ancora più consistente le nostre abitudini individuali, le nostre interazioni sociali e il nostro modo di lavorare. Con tutti i vantaggi e i rischi che ciò comporta.

1. Concetti chiave di IA

1.1. IA, cos'è e come identificarla

Definire i contorni scientifici del concetto di intelligenza artificiale è meno semplice di quanto possa sembrare, considerando l'evoluzione che l'IA ha avuto in questi ultimi anni e l'ampliamento delle discipline coinvolte. Si possono evidenziare differenze sensibili se a rispondere è un informatico, piuttosto che un filosofo o uno scienziato cognitivo. Proviamo, allora, a partire da alcune definizioni enciclopediche per comprendere, in termini asettici, il significato del termine. Wikipedia, l'enciclopedia collaborativa on line più diffusa al mondo, che come è noto presenta evidenti disomogeneità di approfondimento sulle singo-

le voci, dedica all'intelligenza artificiale un'ampia pagina, ma la definizione che ne dà è piuttosto asciutta e focalizzata sui contenuti informatici: «disciplina che studia come realizzare sistemi informatici in grado di simulare il pensiero umano»¹. La Treccani, nella sua Enciclopedia della scienza e della tecnica, continua a porre l'accento sui sistemi hardware e software, ma ne amplia la descrizione: «disciplina che studia i fondamenti teorici, le metodologie e le tecniche che consentono di progettare sistemi hardware e sistemi di programmi software atti a fornire all'elaboratore elettronico prestazioni che, a un osservatore comune, sembrerebbero essere di pertinenza esclusiva dell'intelligenza umana»². L'Enciclopedia Britannica introduce ulteriori elementi descrittivi delle attitudini degli esseri umani che possono essere simulate dai sistemi di intelligenza artificiale: «l'IA è l'abilità di un computer di eseguire compiti comunemente associati agli esseri intelligenti come la capacità di ragionare, scoprire significati, generalizzare o imparare dall'esperienza passata»³.

Partendo da queste definizioni, risulta chiaro come il termine “intelligenza” (solitamente associato alle attività umane) non sia riferito alle capacità di calcolo o di immagazzinare dati (solitamente associate ai sistemi informatici), ma a tutte quelle differenti forme di intelligenza che sono riconosciute dalla *Teoria delle intelligenze multiple* di Gardner⁴, e che vanno dall'intelligenza logico-matematica a quella linguistica, da quella procedurale a quella interpersonale, ecc. I sistemi di intelligenza artificiale sono capaci di apprendere, di interagire con l'ambiente, di adattarsi alle situazioni, di imparare dagli errori; hanno capacità di ragionamento e di pianificazione e sono in grado di perseguire in modo autonomo finalità precise, prendendo decisioni che fino a pochi anni fa si pensava fossero di esclusiva pertinenza dell'essere umano, basti pensare alle auto a guida autonoma. Uno dei più forti giocatori di scacchi di tutti i tempi, Garry Kasparov, nel 1996 dopo

¹ Wikipedia (2024), definizione di “intelligenza artificiale”, testo disponibile al sito: https://it.wikipedia.org/wiki/Intelligenza_artificiale

² Amigoni F., Schiaffonati V., Somalvico M. (2008), *Intelligenza artificiale*, in Enciclopedia della scienza e della tecnica Treccani, testo disponibile al sito: [https://www.treccani.it/enciclopedia/intelligenza-artificiale_\(Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/intelligenza-artificiale_(Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica)/)

³ Copeland B.J. (2024), *Artificial Intelligence*, in Encyclopædia Britannica, testo disponibile al sito: <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence>

⁴ Gardner H. (1983), *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*, Basic Books, New York.

essere stato sconfitto da Deep Blue, un calcolatore IBM progettato ed addestrato in funzione di quella sfida, affermò che era la prima volta che gli capitava di giocare non tanto contro un computer, ma contro un qualcosa che possedeva una forma di intelligenza: «se vai a minacciare la macchina, quella contrattacca. Ma se non le crei pericoli immediati si concentra sui suoi calcoli, si apre e ti offre una chance».

1.2. Quali intelligenze? Breve storia dell'IA

Per delineare criticamente la storia dell'intelligenza artificiale è importante premettere come questa disciplina abbia introiettato molte idee, punti di vista e tecniche di altre scienze, in particolare la filosofia, la matematica e la psicologia. Più precisamente possono essere ricondotti alla filosofia i risultati relativi al dibattito sulla natura dell'intelligenza e della razionalità, alla matematica l'approccio formale basato sulla logica, alla psicologia l'analisi delle relazioni fra conoscenza e azione. Tuttavia, è senza dubbio con la cibernetica e l'informatica che queste influenze si fanno più evidenti e aprono la strada alla nascita ufficiale dell'intelligenza artificiale⁵.

Le origini dell'intelligenza artificiale, intesa come disciplina scientifica autonoma, si possono quindi individuare negli anni cinquanta del XX secolo, contrassegnati dalla visione e dai contributi pionieristici di due scienziati: Alan Turing e John McCarthy.

Il primo, matematico britannico pioniere della cibernetica, ebbe un ruolo molto importante nella II Guerra mondiale: a capo di una squadra di crittografi inglesi, nella base segreta della dimora di Bletchley Park (Buckinghamshire), riuscì a decifrare il codice tedesco "Enigma"⁶, fornendo un contributo decisivo per la vittoria delle forze alleate. Tuttavia, il suo nome è legato alle origini dell'intelligenza artificiale grazie al cosiddetto "Test di Turing", un criterio per valutare le

⁵ Amigoni F., Schiaffonati V., Somalvico M. (2008), *Intelligenza artificiale*, in Enciclopedia della scienza e della tecnica Treccani, testo disponibile al sito: [https://www.treccani.it/enciclopedia/intelligenza-artificiale_\(Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/intelligenza-artificiale_(Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica)/)

⁶ Hodges A., Turing A. (2014), *Storia di un enigma*, Bollati Boringhieri, Torino.

capacità di una macchina di assumere comportamenti intelligenti pari, o comunque non distinguibili da quelli di un essere umano⁷.

Il secondo scienziato a cui viene attribuita la paternità del termine “intelligenza artificiale” è l’informatico americano John McCarthy, che lo utilizzò per la prima volta in un seminario estivo svoltosi presso il Dartmouth College di Hanover (New Hampshire) nel 1956. L’evento fu proposto l’anno prima dallo stesso McCarthy, insieme ad altri, in un documento noto come “Proposta di Dartmouth” dove si motivava la necessità di un seminario sul tema attraverso queste parole: «lo studio procederà sulla base della congettura per cui, in linea di principio, ogni aspetto dell’apprendimento o una qualsiasi altra caratteristica dell’intelligenza possano essere descritte così precisamente da poter costruire una macchina che le simuli»⁸.

In questa prima fase di evoluzione l’intelligenza artificiale è rivolta soprattutto alla soluzione di problemi di tipo logico: sono anni di successi e di grandi aspettative, alimentate dai progressi esponenziali dei supporti informatici che consentono di migliorare in modo considerevole le prestazioni dei programmi. Ben presto però diventa chiaro che non è più sufficiente realizzare computer in grado di risolvere teoremi matematici più o meno complessi, e che le nuove frontiere sono rappresentate dalla possibilità delle macchine di emulare il sistema di percezione degli esseri viventi e di interagire con l’ambiente circostante esibendo capacità di risposta simili a quelle umane.

Un contributo importante in tal senso fu dato, all’inizio degli anni sessanta, da Frank Rosenblatt, uno psicologo americano noto per le sue ricerche sulle reti neurali, la complessa rete di cellule (i neuroni) con un numero enorme di interconnessioni reciproche che forma il sistema nervoso degli esseri viventi. Rosenblatt mise a punto un algoritmo, “Perceptron”, costruito secondo principi biologici naturali, con

⁷ Turing A. (1950), “Computing machinery and intelligence”, in *Mind* vol. 59, pp. 433-460, Oxford University Press.

⁸ McCarthy J., Minsky M., Rochester N., Shannon C., (1955), *A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*, testo disponibile al sito: <https://doi.org/10.1609/aimag.v27i4.1904>

l'obiettivo di conferire ai computer capacità di apprendimento artificiali⁹.

Negli anni a seguire si registrò, tuttavia, un generale raffreddamento degli entusiasmi e delle corrispettive fonti di finanziamento della ricerca sull'IA. Alcune riflessioni critiche sui limiti delle reti neurali artificiali, come quelle espresse da Marvin Minsky e Seymour Papert¹⁰, contribuirono in tal senso.

Bisogna aspettare l'inizio degli anni settanta per assistere ad un nuovo impulso dell'IA, quando la ricerca si sposta dai laboratori universitari a quelli delle Big Tech, le grandi aziende del settore informatico. Il primo sistema di intelligenza artificiale utilizzato in ambito commerciale fu elaborato dalla Digital Equipment¹¹ nel 1982. Scopo del programma era quello di gestire gli ordini dei nuovi computer e pare che fosse in grado di far risparmiare alla compagnia diversi milioni di dollari all'anno.

Alla fine degli anni settanta praticamente tutte le grandi aziende americane, giapponesi ed europee, quantomeno quelle che operavano nei settori ad alto valore aggiunto, avevano un proprio sistema di intelligenza artificiale che supportava alcune fasi delle attività produttive e commerciali. Inizia una nuova era per l'IA e la ricerca sulle reti neurali riprende vigore. Un momento simbolico di questo processo può essere individuato nel confronto, che abbiamo già citato, tra Deep Blue e Garry Kasparov. La capacità del sistema di auto apprendere dai propri errori e dalle mosse dell'avversario consentì alla macchina progettata da IBM di prevalere sul campione di scacchi.

1.3. Machine learning e deep learning

Negli anni duemila prende forma uno dei principali progressi nella

⁹ Rosenblatt F. (1962), *Principles of neurodynamics, perceptrons and the theory of brain mechanisms*, Spartan Books, Washington, testo disponibile al sito: <https://hdl.handle.net/2027/mdp.39015039846566>

¹⁰ Minsky M. e Papert S. (1969), *Perceptrons: An Introduction to computational Geometry*, MIT Press, Cambridge.

¹¹ La *Digital Equipment Corporation* è stata un'azienda americana pioniera del settore informatico, in seguito acquistata da Compaq che a sua volta è stata inglobata da Hewlett-Packard. Dal 2004 viene commercializzata con il marchio HP.

storia dell'intelligenza artificiale: il “machine learning”. È una branca dell'intelligenza artificiale che si basa sul principio che i sistemi informatici siano alimentati dai dati e riescano a prendere decisioni autonome con un intervento umano ridotto al minimo. Attraverso l'apprendimento automatico una macchina è in grado di imparare a svolgere una determinata azione, anche se tale azione non è stata programmata dall'uomo.

L'evoluzione del machine learning ci porta ai giorni nostri con il “deep learning”: mentre prima si diceva al computer come risolvere un determinato problema, ora lo si addestra a risolvere lo stesso problema da solo. La ricerca sull'intelligenza artificiale si divide così in due filoni. Il primo è la cosiddetta “intelligenza artificiale debole” che fa riferimento al machine learning e a tutti quei sistemi che sono in grado di simulare soltanto alcune specifiche funzionalità cognitive dell'essere umano. Il secondo filone è la cosiddetta “intelligenza artificiale forte” che fa riferimento al deep learning e ai sistemi evoluti che (almeno in teoria) sono in grado di sviluppare una capacità cognitiva complessiva paragonabile a quella umana. È facilmente intuibile che se il machine learning necessita di una consistente quantità di dati su cui addestrarsi, il deep learning ne richiede una mole ben superiore, con annesse maggiori risorse tecniche ed economiche.

Il machine learning è già oggi di uso quotidiano, la nostra società ne è pervasa, basti pensare alle pubblicità online che riescono a profilare con sempre maggiore accuratezza gli utenti, arrivando ad offrire annunci ad hoc che aumentano di conseguenza le possibilità di successo delle vendite. Altro utilizzo è la “sentiment analysis”, impiegata nelle campagne di comunicazione politica, ossia lo studio dell'opinione pubblica su determinati argomenti, ricavata dalle ricerche sui social media. Un'altra applicazione diffusa del machine learning è il riconoscimento facciale, quella tecnologia che permette di individuare i volti delle persone nelle foto o nei sistemi di sorveglianza digitale. Anche i sistemi antispam riescono, grazie ai riscontri forniti dall'utente, a distinguere i messaggi di posta elettronica indesiderati o addirittura fraudolenti ed eliminarli automaticamente. Il machine learning è oggi utilizzato diffusamente anche nel ramo dell'assistenza online ai clienti grazie alle chatbot che simulano il comportamento u-

mano e che, domanda dopo domanda, imparano a riconoscere le richieste degli utenti migliorando la precisione delle proprie risposte.

Il deep learning, invece, è destinato ad azioni più complesse rispetto a quelle affrontate dal machine learning, perché permette un'analisi più approfondita dei dati con una capacità di elaborazione ben superiore. Proprio sul deep learning si basa, ad esempio, il funzionamento degli assistenti vocali, che sono sempre più in grado di interagire con l'uomo in modo del tutto naturale. Le grandi multinazionali del campo dell'informazione e della comunicazione (ICT), una volta comprese le opportunità del deep learning, hanno cominciato ad investire copiosamente nel settore. Facebook, per esempio, sta creando un "news feed" (lo spazio della pagina di apertura dove compaiono i post) che risponde agli interessi personalizzati di ogni utente. Anche IBM ha orientato le sue ricerche in ambito deep learning su diversi progetti, tra cui alcuni legati al campo medico. Microsoft si sta dedicando molte energie allo sviluppo di sistemi di traduzione istantanea basati sul deep learning, mentre Google sta implementando le funzioni del suo celebre assistente, con un sistema di riconoscimento vocale in tutte le principali lingue del mondo.

Se è vero quindi che siamo pervasi già oggi, senza quasi rendercene conto, da applicazioni che utilizzano il machine learning o il deep learning, è con i modelli linguistici come *Gemini*¹² di Google, *ChatGPT*¹³ di OpenAI, o *Copilot*¹⁴ di Microsoft, che identifichiamo il concetto di intelligenza artificiale generativa. Questi sistemi sono in grado di creare testi di diversa natura come articoli, poesie, e persino codici informatici. Le loro abilità linguistiche sono eccezionali, così come la loro padronanza del vocabolario e della grammatica, tanto da rendere i testi che generano, non facilmente distinguibili da quelli prodotti da un autore umano.

2. Alcune applicazioni dell'IA

Come detto in apertura, quando si parla di intelligenza artificiale ci

¹² <https://gemini.google.com/>

¹³ <https://chat.openai.com/>

¹⁴ <https://copilot.microsoft.com/>

si proietta inconsciamente in una dimensione temporale al futuro senza quasi rendersi conto che già oggi siamo pervasi, nella nostra vita quotidiana e in molte funzioni specialistiche d'avanguardia, da una moltitudine di applicazioni che utilizzano l'IA.

A titolo esemplificativo e non certo esaustivo, vediamo alcune.

2.1. Automotive

L'intelligenza artificiale già da tempo ha rivoluzionato l'industria automobilistica, offrendo una vasta gamma di applicazioni per migliorare la sicurezza, l'efficienza e l'esperienza di guida¹⁵. L'IA ha fatto la sua comparsa in questo settore una decina di anni fa con le prime autovetture dotate di sistemi di guida assistita. Questi sistemi iniziali includevano funzionalità di base come il controllo adattivo della velocità di crociera e l'avviso di collisione, che comunque hanno rappresentato un primo passo verso una maggiore sicurezza e un migliore comfort di guida per i conducenti.

La guida autonoma ha poi rappresentato l'obiettivo ambizioso di tutte le case costruttrici di automobili che hanno concentrato gli sforzi dei loro centri di ricerca per utilizzare i dati provenienti da sensori, telecamere e altri dispositivi di bordo, elaborare le informazioni per mezzo di algoritmi di apprendimento automatico, ai fini di consentire ai veicoli di percepire l'ambiente circostante e di prendere decisioni autonome di guida in tempo reale, con l'obiettivo di ridurre il rischio di incidenti e migliorare il flusso del traffico. Le auto hanno cominciato a dotarsi di funzionalità avanzate, come il mantenimento della corsia, il monitoraggio degli angoli morti e l'assistenza al parcheggio.

L'IA, inoltre, è entrata nei sistemi di navigazione utilizzando i dati in tempo reale sul traffico, sulle condizioni stradali e sugli incidenti per calcolare i percorsi ottimali e fornire indicazioni precise al conducente. Anche il concetto di manutenzione del veicolo è stato rivoluzionato dall'IA: utilizzando algoritmi avanzati per l'analisi dei dati, è

¹⁵ Nikitas A., Michalakopoulou K., Tchouamou Njoya E., Karampatzakis D. (2020), "Artificial Intelligence, Transport and the smart city: Definitions and Dimensions of a New Mobility Era", in *Sustainability* n. 12, 2789, testo disponibile al sito: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/7/2789>

stato possibile prevenire i guasti e ottimizzare le operazioni di manutenzione, riducendo i tempi di fermo del veicolo e migliorando la sua affidabilità complessiva.

A onor del vero va comunque detto che dopo un periodo iniziale di entusiasmo verso la guida autonoma nel senso più completo del termine, di recente sembra esserci stato un raffreddamento di aspettative. Un primo motivo riguarda la presa di coscienza da parte dei costruttori dell'impegno economico necessario per la realizzazione della guida autonoma dei livelli 4 e 5 secondo la classificazione Sae, nei quali l'intervento umano è richiesto soltanto in particolari circostanze o, addirittura, mai (con conseguente assenza del volante dagli abitacoli). Lo sviluppo di sistemi di guida autonoma di questi livelli in contesti complessi come, ad es., centri urbani caotici o centri storici, necessita di enormi investimenti nella ricerca. E tutto ciò in un momento in cui i costruttori devono confrontarsi con un'altra sfida decisiva, quella del passaggio all'auto elettrica, in un contesto di mercato nel quale, tra l'altro, la domanda da parte dei consumatori di veicoli a guida completamente autonoma sembra non essere così solida come si poteva immaginare qualche anno fa.

È comunque ragionevole pensare che l'IA continuerà a svolgere un ruolo centrale nello sviluppo di veicoli sempre più autonomi e che il connubio tra intelligenza artificiale e sistemi di comunicazione avanzati possa generare un incremento dei servizi di trasporto su richiesta e di mobilità condivisa, trasformando sensibilmente il modo in cui ci muoveremo all'interno delle nostre città e il concetto stesso di proprietà del veicolo. Solo con tempi probabilmente più dilatati rispetto a quelli preventivati qualche anno fa.

2.2. Salute e medicina

Le applicazioni dell'intelligenza artificiale utilizzate oggi in medicina possono essere distinte in due campi: virtuale e fisico. Il primo comprende l'analisi dei dati e delle immagini diagnostiche, il secondo riguarda principalmente l'utilizzo dell'IA nella chirurgia robotica.

La disponibilità di dati in ambito medico è cresciuta enormemente negli ultimi anni, così come le fonti da cui essi provengono¹⁶. Accanto ai dati strutturati tradizionali come cartelle cliniche, database biomolecolari, ecc., sono sempre più disponibili dati non strutturati provenienti, ad esempio, da dispositivi mobili: ECG Holter, braccialetti dotati di sensori, orologi intelligenti, ecc. Gli algoritmi di intelligenza artificiale possono interpretare questa imponente mole di dati per identificare possibili relazioni con le patologie dei pazienti, in particolare per le malattie respiratorie, cardiologiche, oncologiche e dermatologiche. Un'altra area di applicazione dell'IA in campo medico è quella legata ai sistemi di predizione, in grado di identificare possibili patologie ancora prima che queste si manifestino. Ad esempio, grazie all'analisi degli elettrocardiogrammi e alla storia clinica del paziente è possibile fare previsioni attendibili se una persona sia o meno a rischio di disfunzioni cardiovascolari. Particolarmente interessanti sono anche i sistemi basati sull'intelligenza artificiale che riescono a suggerire il modo migliore di trattare le patologie dal punto di vista farmacologico. I suggerimenti dell'IA si basano sulle evidenze provenienti dalle pubblicazioni scientifiche internazionali, sul decorso di pazienti con patologie simili e sulla storia clinica del paziente stesso. Negli Usa le applicazioni di intelligenza artificiale in campo medico al momento approvate dalla *Food and Drug Administration*, l'ente governativo che si occupa della regolamentazione dei prodotti alimentari e farmaceutici, sono oltre 500¹⁷.

L'altro settore medico in cui trova applicazione diffusa l'intelligenza artificiale è la chirurgia robotica. Utilizzando sistemi robotici controllati da algoritmi di IA, i chirurghi possono eseguire interventi complessi con maggiore precisione e minore invasività di quanto potrebbe fare un essere umano, migliorando di conseguenza i risultati clinici e accelerando i tempi di recupero dei pazienti. Sistemi avanzati di imaging e algoritmi di elaborazione delle immagini provenienti da sensori e telecamere, identificano le strutture anatomiche critiche, calcolano le migliori traiettorie di incisione e suggeriscono le azioni per

¹⁶ Musacchio N., Guaita G., Ozzello A., et. al. (2018), "Intelligenza Artificiale e Big Data in ambito medico: prospettive, opportunità, criticità", in *JAMD*, Vol. 21-3, pp. 204-218.

¹⁷ Santoro E., Gatta R. (2023), *Intelligenza artificiale in medicina: quale è il suo impatto?* Istituto Mario Negri Magazine, testo disponibile al sito: <https://www.marionegri.it/magazine/intelligenza-artificiale-medicina>

ottimizzare l'efficacia dell'intervento chirurgico. Inoltre, l'IA analizza in tempo reale i dati intraoperatori, inclusi i segnali biologici, i parametri vitali del paziente e i feedback sensoriali dal robot, consentendo al chirurgo di monitorare l'intervento in tempo reale, e di adattare di conseguenza la strategia chirurgica in base alle condizioni del paziente riducendo così eventuali complicanze intraoperatorie. Un'ulteriore applicazione della chirurgia robotica è costituita dalla telechirurgia, che consente di eseguire interventi da remoto utilizzando robot chirurgici controllati a distanza. Questa tecnologia può essere particolarmente utile in aree geograficamente isolate o in situazioni di emergenza, consentendo l'intervento chirurgico di precisione anche dove non sono disponibili chirurghi esperti.

2.3. E-commerce

L'intelligenza artificiale sta rivoluzionando anche il mondo dell'e-commerce, offrendo nuovi strumenti per migliorare l'esperienza di acquisto da parte dei clienti e per ottimizzare le campagne di marketing da parte delle aziende¹⁸.

Utilizzando algoritmi di apprendimento automatico che studiano i comportamenti dei consumatori nel corso delle loro navigazioni online, si riesce ad avere una profilazione dei desideri dei clienti e ad offrire prodotti di loro interesse, aumentando di conseguenza le performance di vendita. L'IA ha segnato una svolta anche nel campo del servizio ai clienti offrendo alle aziende strumenti inediti, che personalizzano l'interazione con i consumatori, andando ben oltre la semplice gestione automatizzata delle richieste. Le chatbot sono sistemi di assistenza virtuale che accompagnano il cliente nell'esperienza di acquisto, fornendo risposte alle domande comuni, con un linguaggio naturale, difficilmente distinguibile da quello umano. La qualità dell'esperienza utente diventa il fulcro intorno al quale ruotano le attuali strategie di marketing. L'IA non solo sta trasformando il modo in cui le aziende interagiscono con i loro clienti, ma sta ridefinendo anche le

¹⁸ Bawack, R.E., Wamba, S.F., Carillo, K.D.A. *et al.* (2022), "Artificial intelligence in E-Commerce: a bibliometric study and literature review", in *Electron Markets* 32, pp. 297-338, testo disponibile al sito: <https://doi.org/10.1007/s12525-022-00537-z>

aspettative degli stessi consumatori, elevando lo standard verso un servizio clienti maggiormente attento e personalizzato. Ciò significa non solo aumentare la soddisfazione del cliente, ma sapere in anticipo ciò che i clienti cercano, perfino prima che lo esprimano, trasformando l'assistenza clienti da un semplice servizio di supporto a un potente strumento di engagement e fidelizzazione.

Il “prezzo dinamico” è l'altro elemento innovativo introdotto nel commercio elettronico grazie all'intelligenza artificiale: consiste nella pratica di regolare i prezzi dei prodotti in tempo reale in risposta alle fluttuazioni della domanda, dell'offerta e dei costi. Ad esempio, se la domanda di un certo prodotto aumenta improvvisamente, l'IA potrebbe suggerire di aumentarne il prezzo per massimizzare i profitti, mentre in caso di diminuzione della domanda potrebbe consigliare di ridurre il prezzo per stimolare le vendite. Un esempio classico di prezzo dinamico supportato dall'intelligenza artificiale si trova nel settore dei viaggi, in particolare nella vendita di biglietti aerei. Le compagnie aeree utilizzano sistemi sofisticati di prezzo dinamico per regolare i prezzi dei biglietti in base a una serie di fattori, al fine di massimizzare i profitti e ottimizzare la capacità dei voli. Se i dati indicano una forte domanda per un determinato volo, l'intelligenza artificiale potrebbe consigliare alla compagnia aerea di aumentare gradualmente il prezzo dei biglietti, adattandosi alla crescita della domanda e alla riduzione della disponibilità dei posti sull'aereo. Al contrario, se la domanda per il volo è più debole del previsto o se ci fossero molte disponibilità di posti sull'aereo, l'intelligenza artificiale potrebbe consigliare alla compagnia aerea di abbassare i prezzi dei biglietti per stimolare le vendite nel tentativo di riempire i posti vuoti sull'aereo.

In questi contesti complessi di e-commerce, è facile comprendere che l'adozione dell'IA non è da considerarsi come un valore aggiunto, ma diventa una vera e propria necessità per rimanere competitivi in un mercato sempre più esigente e complesso.

2.4. Formazione

L'intelligenza artificiale è entrata nel settore dell'istruzione e della

formazione offrendo una gamma di applicazioni che migliorano l'accessibilità, l'efficacia e la personalizzazione dell'apprendimento¹⁹.

Utilizzando algoritmi di apprendimento automatico, i sistemi di IA analizzano i dati sulle prestazioni degli studenti e forniscono raccomandazioni personalizzate su quali argomenti studiare, quali risorse utilizzare e quale approccio di apprendimento adottare.

Chatbot e sistemi di tutoraggio virtuale basati sull'IA offrono supporto agli studenti rispondendo a domande, fornendo spiegazioni personalizzate e valutando i progressi in tempo reale: il feedback diventa immediato, favorendo l'apprendimento autonomo. I materiali didattici e i percorsi di apprendimento possono essere adattati alle esigenze e alle abilità individuali degli studenti. La valutazione automatica dopo ogni modulo di insegnamento costituisce un metodo importante non solo per il docente che riesce a misurare *in progress* le prestazioni degli studenti, ma soprattutto per gli studenti che riescono a individuare immediatamente le aree di forza e di debolezza del loro apprendimento, con l'indicazione dei passaggi da ripetere per migliorare le prestazioni.

L'IA può anche mettere a disposizione dei processi di formazione il cosiddetto "apprendimento basato sull'esperienza" che consiste nel creare ambienti di apprendimento immersivi e interattivi, come realtà virtuale e aumentata. Gli studenti possono esplorare simulazioni realistiche, sperimentare concetti astratti e interagire con scenari virtuali, rendendo l'apprendimento più coinvolgente.

L'IA può inoltre offrire supporto agli studenti diversamente abili, utilizzando tecnologie di riconoscimento vocale, traduzione automatica, sottotitolazione e altre soluzioni che favoriscono un accesso equo e inclusivo all'istruzione.

2.5. Finanza

L'intelligenza artificiale sta offrendo un supporto importante nel campo della finanza, mediante la personalizzazione dei servizi finanziari e la prevenzione del rischio di frode. Potendo analizzare grandi

¹⁹ Sancassani S. (2023), "L'Intelligenza Artificiale tra nuovi obiettivi della formazione e nuovi paradigmi per l'apprendimento", in *For: rivista per la formazione*, 3/2023, pp.18-21

volumi di dati finanziari, compresi prezzi delle azioni, tassi di interesse, indicatori economici, attraverso l'IA è possibile fare una stima delle tendenze dei mercati finanziari consentendo agli investitori di avere tutte le informazioni necessarie per prendere decisioni consapevoli²⁰. Algoritmi di apprendimento automatico come i sistemi di “expert advisor” possono prendere decisioni di investimento in tempo reale, con un'efficienza e una rapidità superiori a quelle umane. L'analisi del rischio supportata dall'IA riesce a selezionare e bilanciare gli investimenti in modo da ottimizzare il portafoglio dei clienti, riducendo le percentuali di azzardo in base agli obiettivi finanziari individuali. L'IA può, inoltre, valutare il rischio di credito dei clienti utilizzando modelli predittivi basati su dati storici convenzionali e informazioni non tradizionali, come l'utilizzo dei social media e la cronologia degli acquisti on line, che permettono di creare profili personalizzati molto accurati per determinare la probabilità di insolvenza del cliente.

Anche la prevenzione da attività potenzialmente dolose può essere supportata dall'IA attraverso il rilevamento automatico delle anomalie. Analizzando transazioni e comportamenti con modelli di machine learning, è possibile identificare gli schemi fraudolenti con un'accuratezza superiore a quella dei sistemi tradizionali. Questo permette di identificare le transazioni sospette e proteggere i dati sensibili dei clienti.

2.6. Intrattenimento

L'intelligenza artificiale è entrata prepotentemente nel mondo dell'intrattenimento, offrendo una vasta gamma di soluzioni per migliorare la produzione, la distribuzione e l'esperienza degli utenti in una varietà di forme che vanno dai film, alle serie televisive, ai videogiochi, alla musica e altro ancora. D'altronde l'evoluzione tecnologica ha accompagnato l'industria dell'intrattenimento fin dai suoi albori, con effetti speciali che ne hanno ampliato gli orizzonti creativi. Negli

²⁰ Goodell J.W., Kumar S., Lim W.M., Pattnaik D. (2021), “Artificial intelligence and machine learning in finance: identifying foundations, themes, and research clusters from bibliometric analysis”, in *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, Vol. 32, testo disponibile al sito: <https://doi.org/10.1016/j.jbef.2021.100577>