POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Ingegneria Gestionale e della Produzione

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale

I POSSIBILI IMPATTI DELL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE SUI CONTENUTI DEL LAVORO: UN'ANALISI DELL'OFFERTA DELLE STARTUP EUROPEE

Relatore:

Prof. Emilio Paolucci

Co-Relatore:

Dott.ssa Elettra D'Amico

Candidata:

Giorgia Carbone

Anno Accademico 2019-2020

A mia sorella Giulia,

la parte migliore di me.

INDICE

Introduzione ..... **V**

1) Intelligenza Artificiale **1**

1.1) Classificazione dell'AI 4

1.2) Machine Learning 6

1.3) Deep Learning 11

1.3.1) Tipologie di Rete Neuronale 14

1.4) Differenze tra ML e DL 15

2) Mercato delle Startup di Intelligenza Artificiale **17**

2.1) Ciclo di vita delle Startup di AI 17

2.2) Sviluppo del mercato delle Startup AI 19

2.2.1) Panorama Startup Europeo: principali hub di innovazione in AI 22

2.3) Business model ad-hoc per le Startup AI 24

3) Metodologia **30**

3.1) Descrizione e depurazione del Dataset 31

4) Analisi Primaria **35**

4.1) Caratteristiche degli acquirenti di Startup AI 35

4.2) Panorama Startup Attive 39

4.3) Creazione di una classificazione delle attività AI 40

4.3.1) Timeline della diffusione delle attività di AI 47

4.4) Identificazione dei settori di competenza 48

4.4.1) Timeline della diffusione dell'AI nei settori industriali 52

4.5) L'impatto dell'AI sulle capacità dell'uomo 53

4.6) Panorama Investimenti e Team Imprenditoriali 57

5) Impatto dell'AI sulla capacità umana e nella creazione del valore 62

5.1) Metodo di analisi 63

5.2) Classificazione dei prodotti offerti e dei modelli di business 65

5.3) Identificazione della Value Chain 70

5.4) Panorama dell'attività brevettuale 72

5.5) Analisi finanziaria 74

6) Conclusioni 76

7) Appendice 79

Bibliografia 86

Indice delle Figure 92

Indice delle Tabelle 94

Ringraziamenti 95

Introduzione

Negli ultimi anni si è assistito ad un forte sviluppo e diffusione di tecnologie basate sull'intelligenza artificiale, a livello mondiale, che attira l'interesse di grandi aziende tecnologiche, degli investitori e di nuove Startup. In particolare, si è riscontrata la nascita di molte Startup che cercano di creare un business innovativo grazie allo sviluppo dell'intelligenza artificiale, con lo scopo di modificare radicalmente il modo di creare valore all'interno di un settore industriale e di trasformare il modo in cui l'uomo lavora. Il lavoro di tesi si pone come obiettivo quello di indagare, nel vasto panorama dell'intelligenza Artificiale, i trend di sviluppo. Inoltre, data la forte crescita delle Startup AI in Europa, si è ritenuto utile identificare e classificare le attività svolte da esse per comprendere il loro ruolo nello sviluppo di tecnologie AI, come esse riescano a creare valore e il loro impatto sui contenuti del lavoro. Per raggiungere tale scopo si sono utilizzate come linee guida, le seguenti domande di ricerca:

- Quali sono le tecnologie di intelligenza artificiale maggiormente sviluppate dalle Startup Europee? Quali sono i settori su cui esse hanno un impatto maggiore?
- Quale rapporto si crea tra l'AI e il lavoro umano nel settore dell'Health e del Customer Service? Qual è il legame esistente tra il tipo di prodotto offerto e il grado di automatizzazione del lavoro dell'uomo nei due settori di riferimento?
- Come le Startup AI riescono a creare valore nei settori dell'Health e del Customer Service? Chi si appropria di tale valore?
- Esiste un reale mercato di tecnologie "AI" veicolato attraverso la vendita e l'acquisizione delle Startup?

L'elaborato di tesi mira a colmare il gap tra gli utilizzi reali dell'AI e le classificazioni fornite dalla letteratura. Attraverso opportuni criteri di ricerca, si vuole fornire una categorizzazione adeguata delle attività che derivano dall'AI e presentare l'andamento dello sviluppo delle Startup, capendo quali sono i domini applicativi di questa nuova tecnologia, apparentemente disruptive, e definendo se essa risulti essere un ambito autonomo o si integri nei settori industriali preesistenti.

Il presente lavoro di tesi è suddiviso in 6 capitoli. Nel capitolo 1 è stata fornita, in base allo studio della letteratura, una descrizione dell'intelligenza artificiale e delle tecniche più diffuse per crearla. Inizialmente, si sono presentate le definizioni di AI più accreditate nel mondo scientifico, illustrando brevemente la storia della sua evoluzione. Successivamente, è stata identificata una classificazione, fornita dalla letteratura, in base al tipo di AI sviluppata. Infine, sono state descritte le tecniche e i metodi più diffusi che vengono utilizzati, effettuando un confronto fra di esse. Il capitolo 2 tratta le Startup che si occupano di intelligenza artificiale ed il loro impatto nei vari settori industriali, secondo quanto definito in letteratura. È stato individuato l'andamento dello sviluppo di Startup AI negli ultimi anni, determinando gli elementi chiave che favoriscono la loro nascita e crescita. In particolare, sono stati identificati a livello mondiale i principali poli di sviluppo delle Startup, mettendo in evidenza gli ecosistemi europei più attivi. Infine, si è cercato di definire i modelli di business più diffusi. Nel capitolo 3 è stato descritto il dataset utilizzato e la metodologia impiegata per la sua costruzione, descrivendo i principi alla base della suddivisione delle Startup. Nel capitolo 4 si è esibito il risultato delle analisi effettuato. Inizialmente, sono state analizzate solo le Startup vendute per capire se esistono fenomeni di integrazione verticale nel mondo dell'AI. Successivamente, sono state studiate le caratteristiche generali delle Startup al fine di ottenere: una classificazione dell'AI, i settori in cui risulta maggiormente diffusa, il rapporto con le capacità umane e le caratteristiche dei fondatori e dei principali investitori. Nel capitolo 5 si è focalizzata l'attenzione su due settori per effettuare analisi più approfondite e dedurre in che modo le Startup influenzino il lavoro dell'uomo e chi effettivamente si appropria del valore creato. Infine, si è valutata la situazione economica delle Startup attraverso un confronto dei fatturati. Nell'ultimo capitolo, il 6, si sono presentate le conclusioni.

1) Intelligenza Artificiale

Si definisce "intelligenza artificiale" (o 'Artificial Intelligence'), indicata con "AI" da questo momento in poi, l'insieme di studi e tecniche, proprie dell'informatica, ma con significative implicazioni filosofiche, che permettono di sviluppare e progettare delle macchine o dei computer con prestazioni che, a un osservatore comune, sembrerebbero essere di pertinenza esclusiva dell'intelligenza umana ***(Lee 2019)***. Essa, è dunque la capacità di una macchina di svolgere funzioni cognitive simili a quelle della mente umana, come percepire, ragionare, imparare, interagire con l'ambiante, risolvere problemi e essere creativa ***(Cautela 2019; Andriole 2019)***.

L'artificial intelligence rappresenta un cambiamento di paradigma che guida sia il progresso scientifico che l'evoluzione di molti settori grazie alla sua versatilità di utilizzo e alla capacità di attrarre l'interesse di numerosi investitori. Il recente successo dell'AI è dovuto principalmente a tre fattori di natura tecnologica: la crescita dei "Big Data", cioè la disponibilità di un elevato volume di dati, la possibilità di avere una grande capacità computazionale a basso prezzo e la nascita di nuove tecniche per la creazione di sistemi basati sull'AI ***(Overgoor 2019)***.

Dalla letteratura non emerge una definizione univoca di AI, essa è descritta mettendone in luce aspetti e sfaccettature diverse, atte a chiarire un fenomeno tanto complesso quanto controverso. L'AI può essere considerata come qualcosa che, in base ai dati a disposizione, può fornire una risposta ad un problema, aumentare continuamente la precisione della risposta nel tempo grazie ad un continuo allenamento, portare a compimento qualunque compito assegnatole e agire autonomamente, senza la supervisione dell'uomo, per raggiungere obiettivi di lungo termine ***(Bostrom 2014)***. È possibile però considerare l'AI, non solo in base a ciò che può fare, ma come "un sistema che può imparare come apprendere" (***Corea 2017***). Inoltre, nella sua accezione puramente informatica, l'Intelligenza Artificiale può essere classificata come la disciplina che racchiude le teorie e le tecniche pratiche per lo sviluppo di algoritmi che consentano ai

computer (in particolare ai 'calcolatori') di scrivere i propri algoritmi senza essere esplicitamente programmati per farlo.

Un filone di pensiero alternativo mira, invece, ad evidenziare la possibilità dell'AI di imitare il pensiero dell'uomo e riuscire a sostituirlo nella risoluzione dei problemi ***(Patel 2020)***. Alla base di questa corrente c'è l'idea che l'intelligenza umana possa essere definita in termini esatti e che una macchina, attraverso specifici algoritmi, possa imitarla permettendone l'attività intelligente in specifici domini e ambiti applicativi. La caratteristica principale dell'AI è la capacità di acquisire nuove conoscenze al fine di elaborare i dati empirici e di organizzarli per poi risolvere in maniera pronta ed efficace una serie di problemi diversi. L'AI, sfruttando un approccio interdisciplinare, permette ad una macchina di razionalizzare e intraprendere azioni che consentano apprendimento, ragionamento e percezione da parte della stessa. In particolare, il framework dell'AI può essere facilmente suddiviso in quattro macroaree di competenza (***Morielli 2018***):

- Sentire: consente ad una macchina di percepire il mondo circostante acquisendo ed elaborando immagini, suoni, testi e altri dati;
- Comprendere: consente alla macchina di comprendere le informazioni e i dati raccolti, applicandovi l'analytics e ricavandone predizioni;
- Agire: consente alla macchina di compiere azioni nel mondo fisico o digitale sulla base della comprensione precedente;
- Imparare: permette alla macchina di ottimizzare in maniera continua le sue prestazioni, apprendendo attraverso una tecnica di "try and error".

Mentre le azioni dell'essere umano procedono dall'osservazione del mondo fisico e dalla derivazione delle relazioni sottostanti che collegano causa ed effetto ai fenomeni naturali, un'intelligenza artificiale viene alimentata interamente dai dati e non ha alcuna conoscenza preliminare della natura e della relazione tra tali dati. È quindi "artificiale" in questo senso perché non deriva dalla legge fisica, ma piuttosto da dati puri. I risultati delle attuali tecnologie di intelligenza artificiale rimangono limitati a specifiche aree intellettuali, come il riconoscimento delle immagini, il riconoscimento vocale e la risposta

al dialogo. Cioè, l'attuale AI è un tipo specializzato di intelligenza artificiale che agisce intellettualmente in una cosiddetta “area individuale”. Le intelligenze artificiali di oggi sono dunque incapaci di fare astrazione dal contesto per il quale sono state programmate ***(Lu 2017)***. Oggi, ai computer, manca quello che chiamiamo “il senso comune”.

Cenni storici AI

Le prime tracce di Intelligenza Artificiale, come disciplina scientifica, risalgono agli anni Cinquanta, periodo di grande fermento scientifico sullo studio del calcolatore e del suo utilizzo per la creazione di sistemi intelligenti. Nel 1956, al Dartmouth College di Hannover, nel New Hampshire, si tenne un convegno al quale presero parte i maggiori esponenti dell’informatica: in quell’occasione si raggrupparono i principali contributi e risultati sull’AI e si pose l’attenzione agli eventuali sviluppi futuri. Fu proprio uno dei partecipanti, John McCarthy, il fondatore del termine “Artificial Intelligence” atto a definire la nuova disciplina. Durante il convegno di Dartmouth, ebbe un ruolo fondamentale il lavoro di Alan Turing, considerato uno dei padri dell’informatica moderna: già nel 1936 con la realizzazione della macchina di Turing aveva posto le basi per i concetti di calcolabilità, computabilità.

Nel 1950 nel suo articolo sull’esistenza di facoltà di pensiero nelle macchine intitolato “*Computing machinery and intelligence*” definì il “test di Turing”. Secondo tale test, una macchina poteva essere considerata intelligente se il suo comportamento, osservato da un essere umano, fosse stato ritenuto indistinguibile da quello di una persona. Grazie al lavoro di Turing, il tema dell’AI ricevette una forte attenzione da parte della comunità scientifica e nacquero diversi approcci: fra tutti, i principali furono la logica matematica e le reti neurali, il cui sviluppo tecnologico dell’ultimo decennio ha dato origine all’ambito del Deep Learning. Alla fine degli anni Sessanta, dopo anni di sperimentazione e creazione dei primi programmi informatici in grado di risolvere problemi complessi, i ricercatori restarono bloccati essendo l'AI un campo di difficile gestione e l’elevato interesse dei finanziatori iniziò a dissiparsi. Questo fenomeno è comunemente noto come "effetto AI", ed è composto da due fattori: in primo luogo, la costante promessa di una

vera AI in arrivo nei prossimi dieci anni; e in secondo luogo, la ridefinizione continua di ciò che significa intelligente (***Corea 2017***).

Il rinnovato interesse verso l'AI sfociò con un duello tra un uomo e una macchina: l'11 maggio 1997 Garry Kasparov, campione mondiale di scacchi, affrontò Deep Blue, un supercalcolatore sviluppato da IBM dotato di 256 processori con in memoria milioni di partite di scacchi in grado per qualsiasi situazione di analizzare la sua banca dati e di calcolare 200 milioni di posizioni al secondo per scegliere la mossa migliore. A metà della partita decisiva Kasparov abbandonò il gioco, per la prima volta si fece concreta la possibilità che un computer potesse diventare più abile di un essere umano. Vent'anni dopo, nel Marzo del 2016 Ke Jie, numero 3 mondiale del gioco del Go affronta AlphaGo, una intelligenza artificiale sviluppata da Google. A differenza degli scacchi, le 361 caselle del tavoliere del Go danno origine a troppe combinazioni per consentire alla macchina di calcolare tutte le mosse possibili, ma questa volta oltre a capacità di calcolo straordinarie, i progettisti di Alfa Go sono riusciti a dare al programma delle facoltà d'apprendimento: la macchina, man mano che gioca, impara e migliora. Sulle cinque partite giocate contro il campione del mondo, AlphaGo, ne vincerà 4. Meno di un anno dopo questa strepitosa vittoria, 4 campioni di poker si misurano con un'altra intelligenza artificiale battezzata "Libratus". Mentre gli ingegneri di Deep Blue e AlphaGo avevano inserito in memoria migliaia di partite giocate da umani, Libratus diventerà il miglior giocatore di poker di tutti i tempi senza nessun allenamento preparatorio, infatti la macchina fu in grado di stabilire la propria strategia avendo in input solo le regole del gioco.

1.1) Classificazione dell'AI

Sulla base della letteratura, è stato possibile individuare due paradigmi adottati per l'AI, considerando la capacità di quest'ultima di effettuare collegamenti tra diverse aree intellettuali e di adattarsi al contesto in cui è collocata, estraendosi da quello per il quale è stata programmata ***(Cautela 2019)***.

I due paradigmi sono:

Intelligenza Artificiale debole* (*weak AI*)**. Identifica sistemi tecnologici in grado di simulare parte delle funzionalità cognitive dell'uomo senza però raggiungere la totalità delle sue reali capacità intellettuali. L'AI debole indaga su casi simili, li confronta, elabora una serie di soluzioni, scegliendo quella più razionale e congrua. Dunque, opera una simulazione del comportamento umano: raccoglie esperienza ed "impara". Si occupa esclusivamente del problem-solving con cui si sviluppano funzionalità per la risoluzione dei problemi o per consentire alle macchine di prendere decisioni. Non è altro che un'applicazione o un'attività di dominio specifica che migliora con l'immissione di ulteriori dati e "impara" a ridurre l'errore di output. Questo gruppo include tutte le tecnologie funzionali che servono a uno scopo specifico. Questi sistemi sono generalmente abbastanza controllabili perché limitati a compiti specifici, la macchina non è capace di pensare in maniera autonoma, svolge egregiamente il suo compito, tuttavia ha bisogno della presenza dell'uomo. Si tratta, dunque, di un'intelligenza "simulata" ***(Cautela 2019; Jaakkola 2019).

Intelligenza Artificiale forte (strong AI). In questo caso si parla di "sistemi sapienti" che possono quindi sviluppare una propria intelligenza senza emulare processi di pensiero o capacità cognitive simili all'uomo ma sviluppandone una propria in modo autonomo ***(Jaakkola 2019)***. La macchina, qui, non è soltanto uno strumento, ma, se programmata in maniera opportuna, diventa essa stessa una mente, con una capacità cognitiva non distinguibile da quella umana. La tecnologia alla base dell'AI forte è quella dei "*sistemi esperti*", una serie di programmi che vogliono riprodurre, attraverso una macchina, le prestazioni e le conoscenze delle persone esperte in un determinato campo. Il sistema esperto opera in 3 step distinti:

1. Regole e procedure;
2. Il motore inferenziale, che consiste nell'applicazione dei dati e delle nozioni;
3. L'interfaccia utente, dove si profila l'interazione tra la macchina e l'essere umano.

L'AI forte si è concentrata su alcuni punti, ritenuti fondamentali quali la logica matematica che rappresenta l'intero scibile umano, il ragionamento e la dimostrazione

automatica del problema, l'analisi del linguaggio e la pianificazione, tramite gli algoritmi. Tuttavia, secondo i riscontri della letteratura esiste un'ulteriore classificazione che definisce i sopracitati paradigmi e ne introduce un terzo ***(Corea 2017):***

AI Ristretta: corrispondente alla ***week AI;***

AI Generale (***Artificial General Intelligence, AGI***): Corrispondente alla ***strong AI;***

AI Superintelligente (Artificial Super Intelligence, ASI): è l'intelligenza che supera ampiamente quella umana ed è in grado di pensare in modo scientifico e creativo; è caratterizzata da una saggezza comune generale; ha abilità sociali e forse un'intelligenza emotiva. Spesso si assume che questa intelligenza sia associata a un singolo super-computer, ma in realtà è più probabile che venga creata da una o più reti.

Le classificazioni delle varie tipologie di AI consentono di indagarla nelle sue componenti principali: Machine Learning e Deep Learning. Queste tecnologie saranno approfondite in dettaglio nei paragrafi successivi.

1.2) Machine Learning

Il ***Machine Learning***, abbreviato con **ML**, o **apprendimento automatico** è un sottoinsieme dell'intelligenza artificiale che si concentra sulla capacità di apprendimento delle macchine. La letteratura definisce ML come "il concetto secondo cui un programma per computer può imparare e adattarsi a nuovi dati senza interferenze umane" (***Shams 2018***). In altre parole, il ML è l'insieme dei metodi attraverso cui si insegna alle macchine ad imparare, in modo che possano poi svolgere un compito o una attività senza che siano preventivamente programmate per farlo. Si tratta di "allenare" l'AI ad apprendere per svolgere autonomamente un'attività. Infatti, affronta la questione di come costruire computer che migliorino automaticamente attraverso l'esperienza.

"Un problema di apprendimento può essere definito come problema di migliorare alcune misure di prestazione, durante l'esecuzione di un compito, attraverso un qualche tipo di esperienza di allenamento" (***Jordan 2015***).

Il ML è oggi uno dei campi tecnici in più rapida crescita, che si trova nell'intersezione tra informatica e statistica, al centro dell'AI e della scienza dei dati. I recenti progressi nell'apprendimento automatico sono stati guidati sia dallo sviluppo di nuovi algoritmi e teoria dell'apprendimento sia dalla crescente disponibilità di dati online e di calcoli a basso costo. L'adozione di metodi di apprendimento automatico ad alta intensità di dati può essere utilizzata in tutta la scienza, la tecnologia e il commercio, portando a un processo decisionale più accurato in molti settori, tra cui assistenza sanitaria, produzione, istruzione, finanza e marketing.

Il ML rappresenta il nucleo fondamentale dei sistemi di AI: la sua capacità di imparare da dati grezzi permette di alimentare le forme visibili di AI, esempi sono i *Sistemi Predittivi*, i *Sistemi di Elaborazione del Linguaggio Umano*, capaci di comprendere in tempo quasi reale conversazioni orali e testi e la *Machine Vision,* in grado di leggere con straordinaria precisione gli input visivi (***Morielli 2018***) (**Fig. 1.1**).

Figura 1.1*: Le capacità del Machine Learning, Morielli, 2018*

Rispetto ad altre tecnologie, la flessibilità del ML (ovvero la capacità di apprendere e migliorare nel tempo), presenta il vantaggio di trattare i cosiddetti dati "sporchi", cioè aventi record duplicati, campi analizzati male, oppure informazioni incomplete, errate o non aggiornate. Il ML, infatti, si basa sull'ingegnerizzazione di un estrattore di funzionalità dai dati grezzi per poterli poi analizzare con un sottosistema di apprendimento, cioè un classificatore (***LeCun 2015***). L'obiettivo è quello di caratterizzare simultaneamente la complessità del campione (quanti dati sono necessari per apprendere con precisione) e la complessità computazionale (quanto è necessario il calcolo). Driver

del progresso dell'apprendimento automatico è stato rappresentato nell'ultimo decennio dal fenomeno dei "Big Data". Si tratta di una tecnologia che scala molto bene in un'epoca di esplosione dei volumi di dati. Essendo il ML una sorta di potenza cerebrale artificiale, il suo funzionamento consente alle applicazioni software di concludersi con una precisione progressiva nell'aspettarsi risultati senza essere espressamente riviste. La tecnologia si basa sulla costruzione di calcoli da dati di input, che utilizzano un esame misurabile per prevedere il valore di output associato entro un intervallo adeguato. Il processo semplice di apprendimento automatico è mostrato nella figura sottostante: le funzioni vengono estratte manualmente e il modello crea, dopo l'estrazione, delle funzioni (**Fig. 1.2**)

***Figura 1.2**: Flusso del processo ML di base, Patel, 2019*

Esistono **differenti modalità di apprendimento**, tutte efficaci, che differiscono non solo per gli algoritmi utilizzati, ma soprattutto per lo scopo per cui sono realizzate le macchine stesse (**Fig. 1.3**). A seconda delle modalità con cui la macchina impara ed accumula dati e informazioni, si possono suddividere tre differenti sistemi di apprendimento automatico:

***Figura 1.3**: Classificazione dei ML in base all'output prodotto, Bellaiche, 2018*

Apprendimento supervisionato (o Supervised Learning)**:* Consiste nel fornire al sistema informatico della macchina una serie di nozioni specifiche e codificate, ossia modelli ed esempi che permettono di costruire un vero e proprio database di informazioni e di esperienze. Quando la macchina si trova di fronte ad un problema, lo risolve attingendo direttamente alle esperienze inserite nel proprio sistema, analizzandole, e decidendo quale risposta dare sulla base delle precedenti esperienze già codificate. Per supervisione si intende la presenza delle soluzioni (etichette) nell'insieme di dati di addestramento. Una persona, supervisore, fornisce alla macchina un "training set", ovvero un insieme di addestramento di esempi pratici sotto forma di coppie (variabili in imput "x" e risultato corretto "y") ***(Corea 2017, Lee 2019). La macchina impara dagli esempi ed elabora un modello predittivo. Ad esempio, se volessimo costruire un algoritmo di classificazione delle e-mail ("spam", "no spam") occorrerebbe prendere un campione di e-mail e aggiungere su ciascuna "un'etichetta" ("spam" o "no spam"). La macchina elaborerebbe gli esempi (cioè il training set) per stimare una regola di riconoscimento generale detta "modello". Una volta individuato il modello, la macchina sarà in grado di classificare tutte le e-mail in entrata in "spam" e "no spam" in modo autonomo. Nell'apprendimento supervisionato la macchina deve dunque stimare una funzione f(x) incognita che collega le variabili di input x a una variabile di output y (***Jordan 2015***). L'accuratezza aumenta con il numero e le dimensioni del set di formazione. Inoltre, se addestrato attraverso cicli

di feedback (decisione giusta /decisione sbagliata) può regolare ulteriormente il proprio algoritmo. Il software ricodifica letteralmente sé stesso. ***(Bini 2018)***

Apprendimento non supervisionato (Unsupervised Learning): Prevede che i dati di input inseriti non siano codificati, ossia la macchina ha la possibilità di attingere a determinate informazioni senza avere alcun esempio del loro utilizzo e, quindi, senza avere conoscenza dei risultati attesi a seconda della scelta effettuata. Trova somiglianze e anomalie all'interno di un set di dati non etichettati e li categorizza in propri raggruppamenti. Questo tipo di apprendimento offre maggiore libertà di scelta alla macchina che dovrà organizzare le informazioni in maniera intelligente e imparare quali sono i risultati migliori per le differenti situazioni che si presentano, le classi non sono note a priori ma devono essere apprese automaticamente. Ad esempio, mostrando all'algoritmo un gran numero di immagini non etichettate contenenti cani e gatti, questo sarà in grado di ordinare le immagini con caratteristiche simili in gruppi diversi senza sapere che uno contiene i "gatti" e l'altro i "cani". Dunque, nell'apprendimento supervisionato la logica di classificazione viene conferita alla macchina come input, mentre nell'apprendimento non supervisionato è la macchina ad avere il compito di trovarne una ***(Corea 2017, Lee 2019, Bellaiche 2018)***.

Apprendimento per rinforzo (o Reinforcement Learning): È considerato il sistema di apprendimento più complesso, poiché prevede che la macchina sia dotata di sistemi e strumenti in grado di migliorare il proprio apprendimento e di comprendere le caratteristiche dell'ambiente circostante. Le informazioni disponibili nei dati di formazione sono intermedie tra apprendimento supervisionato e non supervisionato. Invece di esempi di formazione che indicano l'output corretto per un dato input, i dati di formazione nell'apprendimento per rinforzo vengono assunti per fornire solo un'indicazione sulla correttezza o meno di un'azione; se un'azione è errata, rimane il problema di trovare l'azione corretta. Nel reinforcement learning l'agente deve imparare dall'esperienza e costruirsi da sé una Knowledge Base. Quando l'agente prende una

decisione, analizza il cambiamento dello stato dell'ambiente valutando i feedback tramite una funzione di rinforzo. La funzione di rinforzo misura il grado di successo di un'azione o decisione, rispetto a un obiettivo predeterminato ***(Corea 2017, Lee 2019)***. L'algoritmo funziona secondo una logica di "*try and error*" (per tentativi ed errori), utilizzando un loop di feedback di "ricompense" e "punizioni", nel quale una funzione di rinforzo misura il grado di successo di un'azione o decisione, rispetto a un obiettivo predeterminato. Le etichette dei dati sono effettivamente assegnate solo dopo l'azione. Inserendo un set di dati, l'algoritmo è in grado di rilevare quanto avviene nell'ambiente circostante ed effettuare scelte per un migliore adattamento ad esso. In questo modo costruisce un'immagine delle "mosse" vincenti e di quelle perdenti. *AlphaGo* e *AlphaZero* di DeepMind sono due buoni esempi delle capacità dell'apprendimento con rinforzo.

1.3) Deep Learning

Figura 1.4*: Schema gerarchico dall'AI al DL, Hewlett-Packard*

Il ***Deep Learning***, comunemente abbreviato in **DL**, o ***apprendimento profondo*** è una sottocategoria del ML (**Fig. 1.4**) che può essere definito come un percorso per raggiungere un apprendimento automatico di tipo avanzato (***Stipic 2019***). Per ottenere tale obiettivo si creano modelli di apprendimento stratificati su più livelli che permettono di trasformare dati grezzi in input in dati classificati in output. Tele tecnica prende il nome di "rapresentation learning". I dati non sono però forniti dall'uomo, ma sono appresi grazie all'utilizzo di algoritmi di calcolo statistico che cercano di comprendere il funzionamento del cervello umano e il modo con cui interpreta i diversi input di base. L'apprendimento,

dunque, si modellizza secondo una piramide, in cui i concetti più alti sono appresi a partire dai livelli più bassi. Il DL "consente a modelli computazionali composti da più livelli di elaborazione di apprendere rappresentazioni di dati con più livelli di astrazione" (***LeCun 2015***).

Il DL è usato sia per l'apprendimento supervisionato che per quello non supervisionato e si compone di due fasi principali: formazione e test.

***Formazione*:** che consiste nella trasformazione dei livelli di base, aventi dati grezzi, in livelli superiori più astratti utilizzando *"l'algoritmo di backpropagation*", questo funziona variando i parametri utilizzati per calcolare la rappresentazione in ogni livello modificando quella del livello precedente. L'insieme dei metodi che consente di alimentare una macchina con dati grezzi e di scoprire automaticamente le rappresentazioni necessarie per il rilevamento o la classificazione è detto "*apprendimento delle rappresentazioni*".

Test o Training: consiste nell'allenamento del modello, creato alla fase precedente, utilizzando dati di diversa natura rispetto a quelli di input.

Per comprendere il raggio d'azione del DL occorre chiarire il concetto di "***Rete Neuronale Artificiale***" (o ***ANN***) e "***Rete neuronale Profonda***" sui quali esso basa il suo funzionamento. L'AI in generale, infatti, è ispirata alla neuro corteccia umana: il cervello apprende in modo sequenziale, da schemi più semplici a problemi più complessi. Questa gerarchia e l'apprendimento compositivo è effettivamente ben strutturato nel DL. Le reti neurali del cervello umano, costituite da insiemi di cellule nervose fittamente interconnesse fra loro, sono la sede della capacità di comprendere l'ambiente e i suoi mutamenti, e di fornire quindi risposte adattive calibrate sulle esigenze che si presentano. Allo stesso modo, una rete neuronale artificiale, pur non essendo dotata di componenti analoghi ai neurotrasmettitori, è in grado di replicarne lo schema di funzionamento. Una "*Neural Network*" è costituita da tre strati (1) layer di input, (2) serie di layer nascosti e (3) layer di output (***Stipic 2019***). I nodi ricevono dati in input, li processano e sono in grado di inviare le informazioni ad altri nodi successivi. Attraverso cicli più o meno numerosi di input-elaborazione-output, le reti diventano in grado di generalizzare e

fornire output corretti associati ad input non facenti parte del training set. Il numero di livelli nascosti può essere molto elevato in base alla complessità del problema che si vuole risolvere. Le "*Reti Profonde*" sono reti multistrato, ognuna delle quali calcola alcune semplici funzioni parametrizzate dei suoi input e, attraverso algoritmi di ottimizzazione basati sul gradiente, regola i parametri in tale rete a seconda degli errori nel suo output (***Jordan 2015***). Le reti neurali profonde sfruttano la proprietà che molti segnali naturali sono gerarchie compositive, in cui caratteristiche di livello superiore si ottengono componendo quelli di livello inferiore. Di seguito si riportano due schemi esemplificativi della struttura di una rete neuronale artificiale: a destra una rete semplice, a sinistra una rete multistrato (***Bellaiche 2018***) (**Fig. 1.5**).

Figura 1.5*: Esempi di rete neurale, Bellaiche, 2018*

Questa complessa disposizione consente la forma di calcolo molto potente che caratterizza il DL. Esso, infatti, utilizza più livelli di filtri per apprendere le caratteristiche significative di ciascun dato in un set. Usando una rete neurale, l'output di ciascun filtro fornisce l'input al successivo, e ciascun filtro opera a un livello diverso di astrazione. In tal modo, i sistemi di DL possono gestire set di dati molto più ampi rispetto ad altri approcci.

Sono state individuate dalla letteratura tre capacità caratterizzanti il DL (***Patel 2020***):

- la *generalizzabilità:* cioè la precisione con cui la macchina eseguirà la stima su determinati dati che non sono stati ancora formulati
- la *trainability*: la rapidità con cui un framework DL lavora
- l'*espressività*: delinea quanto bene una macchina valuterà le stime generali.

Il punto di forza del DL risiede nel fatto che questi modelli sono in grado di mantenere livelli di prestazione elevati e possono essere applicati ad un'ampia varietà di problemi diversi tra loro ottenendo risultati soddisfacenti. Elementi essenziali per lo sviluppo del DL e che per molto tempo sono stati un limite per la sua implementazione sono l'elevata quantità di dati e la notevole potenza computazionale. Infatti, una delle ragioni principali del suo successo negli ultimi dieci anni risiede nel fenomeno dei "Big Data"**,** cioè la grande quantità di dati ed informazioni che vengono acquisite e gestite quotidianamente da società o enti. Il loro utilizzo è indirizzato, sostanzialmente, al "training" della macchina in modo da renderla sempre più intelligente. La necessità di maggiori dati determina, di conseguenza, un tempo maggiore per la creazione della rete (Corea 2017). Per questo motivo e per ottimizzare la complessità computazionale, le reti sono spesso addestrate in parallelo, partizionando il modello su macchine diverse su schede GPU (Graphic Processing Unit). Le migliori prestazioni delle GPU rispetto alle CPU ha permesso l'introduzione, nei modelli DL, del cosiddetto "parallelismo" e consente la lettura di diversi segmenti di dati, attraverso lo stesso modello, su macchine diverse per ottimizzare i parametri.

Oggi le applicazioni di DL sono utilizzate ovunque alcuni esempi sono l'auto a guida autonoma di Google, il sistema di riconoscimento facciale di Apple, SIRI, l'assistente personale Cortana e anche i nuovi negozi Amazon Go.

1.3.1) Tipologie di Rete Neuronale

Le reti neurali artificiali (**ANN**) nascono con un approccio di ispirazione biologica, ma lo studio e gli sviluppi in questo campo sono da attribuire a *Rumelhart.* La letteratura ha categorizzato diversi tipi di ANN, ma i più noti sono le reti neurali ricorrenti (***RNN***), le reti neurali convoluzionali (***CNN***) e le reti biologiche neurologiche (***BNN***) (**Corea 2017**). Le principali differenze sono riportate di seguito:

- le *ANN tradizionali* sono caratterizzate dall'indipendenza degli input;

- le *RNN* usano le informazioni sequenziali per fare previsioni accurate, mantenendo, dunque, una sorta di memoria dei calcoli precedenti;
- le *CNN* rispecchiano la struttura della corteccia visiva e tutti gli strati funzionano come filtri di rilevamento per identificare specifici schemi nei dati originali. Per tale motivo, sono adatte al riconoscimento di oggetti;
- le *BNN* costituiscono un sottocampo di ANN piuttosto che un'applicazione specifica, includono, infatti, sia le proprietà strutturali che algoritmiche della neocorteccia.

1.4) Differenze tra ML e DL

La letteratura ha individuato sei caratteristiche principali, riportate nella tabella seguente (**Tab. 1.1**), che differenziano i modelli ML e quelli DL (**Patel 2020**)

***Tabella 1.1**: Differenze tra ML e DL*

MACHINE LEARNING ML	DEEP LEARNING DL
Grandi quantità di dati di addestramento senza etichetta	Quantità di dati etichettati più concisa
Funzioni riconosciute con precisione dal modello	Genera nuove funzionalità in modo indipendente
Funziona in modo automatico	Necessita di hardware, GPU e alte prestazioni
Partiziona il problema e dopo unisce e ottiene un unico risultato	Risolve il problema '*end-to-end*'
Più basso tempo di 'formazione'	Elevato tempo per la 'formazione'
Estrazione e classificazione effettuate separatamente	Estrazione e classificazione effettuate congiuntamente

Mentre il ML 'allena' l'AI, il DL cerca di emulare il processo cognitivo umano. Quest'ultimo risulta efficiente nel mettere in luce connessioni e correlazioni nascoste tra i dati, tuttavia non è informato sulla causa di tali correlazioni. I modelli DL, a differenza del ML, sono molto più veloci poiché le funzionalità del set di dati vengono estratte

automaticamente. L'esecuzione del modello è un "apprendimento end-to-end" cioè attraverso una rete profonda, migliorabile con un set di dati più grande. Infatti, a partire da un numero minimo di parametri e da una quantità significativa di dati rappresentativi con i quali il DL è alimentato, attraverso il “training” si crea un modello che può essere successivamente adattato ad altri dati (**Stipic 2019**).

Di seguito, si riportano gli schemi di funzionamento del ML e del DL in contrapposizione.

Figura 1.6: *Flusso tradizionale di Machine Learning, Patel, 2019*

Figura 1.7: *Flusso di Deep Learning, Patel, 2019*

2) Mercato delle Startup di Intelligenza Artificiale

2.1) Ciclo di vita delle Startup di AI

Gartner inserisce l'Intelligenza Artificiale tra i 10 trend tecnologici del 2020 (***Panetta 2019***), tale fattore rafforza l'idea che l'AI sia ad oggi uno dei campi che potrebbe fornire maggiori opportunità future sia a livello di investimenti che occupazionale. Un primo passo per capire come l'AI si innesti nel panorama industriale è cercare di definire in quale stadio del suo sviluppo tecnologico è posizionata. In riferimento al modello di Abernathy e Utterback, che individua tre fasi principali: fluida, di transizione (durante la quale si afferma il Dominant Design) e di maturità, si nota che l'AI non abbia ancora stabilito il proprio Dominant Design e quindi, ad oggi, sia collocabile nella prima fase (***Roelands 2018***). Nel dettaglio, questa fase vede una forte incertezza a livello di ambiente di mercato e di tecnologia, risultando impossibile per un'impresa imporre uno standard sulla concorrenza (***Civiero 2012***). La competizione si afferma sulla differenziazione del prodotto e sulla sperimentazione di soluzioni innovative. Queste caratteristiche si adattano alla perfezione alla struttura della startup che è fortemente indirizzata all'innovazione e può usufruire di un'organizzazione snella e flessibile. Al contrario gli incumbent devono effettuare delle attente valutazioni per non rischiare di essere privati del proprio potere di mercato, essi hanno generalmente due opzioni: investire nelle startup che ritengono più promettenti oppure aspettare l'affermarsi del Dominant Design per acquisire le imprese che sono riuscite a raggiungerlo.

Data la fase fluida in cui risiede la tecnologia e il contesto economico attuale, l'AI assume il ruolo di quella che l'economista Schumpter chiamava "*tempesta di distruzione creativa*" intendendo, con questo termine, tutte quelle tecnologie "distruptive" alla base di un processo di mutazione industriale in grado di rivoluzionare in modo continuo l'intera struttura economica, distruggendo la vecchia e creandone una nuova. L'AI ha, infatti, cambiato radicalmente il modo di innovare e i confini della realtà stessa. Pur avendo finora creato un enorme valore per le cosiddette Big Tech, si stima che l'AI genererà molto valore anche per settori differenti rispetto a quello del software. Infatti,

sebbene colossi tecnologici del mondo, quali Google, Amazon, Facebook, Microsoft, Baidu, Alibaba e Tencent, abbiano investito ingenti somme nell'AI, anche tra gli imprenditori e gli investitori si osserva altrettanto entusiasmo. Si stima che più della metà delle Startup europee si occupi di AI e che gli investimenti nel settore sono superiori del 20-30% a quelli di altri settori (***Morielli 2018***). All'interno di questo nuovo mondo economico, le Startup si stanno ritagliando uno spazio sempre maggiore divenendo uno degli attori principali nello sviluppo economico mondiale. La ragione della loro ascesa dipende sia dal loro contributo alla crescita economica del territorio dove risiedono, a livello locale e nazionale, (***Tripathi 2018***) sia dalla capacità di creare nuovi posti di lavoro, favorendo l'aumento dell'occupazione, che risulta essere superiore alla capacità delle nuove aziende create con un'impostazione classica (***Kane 2010***). Inoltre, negli ultimi anni le Startup sono state capaci di generare nuovi business scalabili e di operare grandi innovazioni tecnologiche (***Cohen 2005***). Infine, è possibile osservare da studi empirici come, dipendentemente dal territorio osservato, in molti settori economici le piccole aziende o Startup stanno assumendo un ruolo di primo piano a discapito delle grandi aziende (***Carree 2010***).

La tesi è focalizzata sullo studio di come, all'interno del panorama economico europeo, si stanno implementando e sviluppando le tecnologie di AI da parte delle Startup emergenti. Occorre, quindi, definire preventivamente le caratteristiche di queste organizzazioni. Nel tempo sono state fornite diverse definizione di Startup. Tra le più importanti ed esaustive si ricorda quella di Steve Blank (***2012***) che la definisce "un'organizzazione temporanea alla ricerca di un modello di business scalabile, ripetibile e redditizio", mentre Erik Ries (***2011***) individua "un'istituzione umana progettata per creare un nuovo prodotto o servizio in condizioni di estrema incertezza". Un'ulteriore definizione di Startup è fornita da Crowne che, analizzando le Startup di software, definisce la Startup un'organizzazione con scarse e inadeguate risorse, a causa della bassa disponibilità di denaro nelle prime fasi di vita, il cui personale, fondatori e dipendenti, possiedono un'esperienza limitata ed è fortemente influenzata da fattori esterni come: investitori, clienti, competitor e l'evoluzione tecnologica (***Crowne 2002***). La capacità di crescita è direttamente legata al fatto che il business sia scalabile, in grado di aumentare

le sue dimensioni raggiungendo maggiori clienti e, di conseguenza, aumentando il volume d'affari sulla base delle economie di scala. Tale modello deve poter essere replicato in contesti e tempi diversi, adattandolo attraverso un processo di pivoting.

2.2) Sviluppo del mercato delle Startup AI

Uno degli obiettivi della tesi è quello di identificare i principali hub dove nascono e si sviluppano le Startup AI, dunque individuando gli ecosistemi più favorevoli in Europa per il loro sviluppo. Si può definire "Business Ecosystem", cioè ecosistema di business, come l'insieme di aziende o Startup che collaborano o competono tra di loro, al fine di produrre valore per i propri clienti (***Moore 1997***). Esso comprende anche tutti gli attori (es. università, banche, governi, etc.) che contribuiscono allo sviluppo di un prodotto o servizio (***Makinen 2012***). Focalizzando l'attenzione sul mondo delle Startup, l'ecosistema di una Startup si sviluppa all'interno dell'ambiente di una specifica regione. Esso è composto sia dalle Startup sia da tutti gli stakeholder, come imprenditori, investitori o chiunque abbia un interesse per l'ecosistema, che collaborano con le organizzazioni di supporto, come governi, fondi di investimento e università, al fine di creare un sistema in grado di: supportare la creazione di nuove Startup, favorire l'occupazione, creando nuovi posti di lavoro, ed incrementare lo sviluppo tecnologico ed economico di una nazione (***Tripathi 2018***).

Un ecosistema che ha conosciuto una forte espansione negli ultimi anni è quello delle Startup che sviluppano prodotti e servizi relativi all'Intelligenza Artificiale. Il settore dell'AI risulta ampio, considerando che i suoi diversi livelli (base, tecnologico e applicativo) si applicano a varie tecnologie e scenari differenti. Il trend di sviluppo dell'AI è stato tracciato dalla Standford University, stimando che "dal 1996, per i successivi 20 anni, il numero di documenti AI è aumentato in modo significativo, passando a oltre il 400%"; ciò implica che il numero di nuovi brevetti ha subito un forte incremento (***Yang 2019***). Nonostante ciò, attualmente il panorama dell'AI è dominato da un oligopolio di grandi corporazioni centralizzate, che si concentrano sugli interessi dei loro stakeholder. Si assiste, infatti, ad un crescente bisogno di servizi di AI da parte delle aziende

ostacolato, però, dal limitato accesso al capitale e dalla poca visibilità degli sviluppatori. Un problema ancora più rilevante, in questo ambito, risulta essere la mancanza di standard di interoperabilità. (***Montes 2018***). Allo stato attuale, il settore registra il maggior numero di Startup create ogni anno, con un tasso di crescita del 24,8% annuo dal 2008, e si stima un tasso di crescita del settore stesso pari a 12,9% (***Genome 2018***). Anche gli investimenti nel settore risultano essere in forte aumento negli ultimi anni, secondo un report di McKinsey (***Bughin 2017***) nel 2016 le grandi aziende digitali hanno investito tra i 20 miliardi e i 30 miliardi di dollari nell'AI, di cui il 90% in ricerca e sviluppo ed il restante 10% in acquisizioni e fusioni. In generale, gli investimenti in tecnologie AI, da parte dei VC, hanno subito un forte aumento tra il 2012 e il 2016 sia in termini di soldi investiti sia in termini di accordi firmati, come è possibile vedere nel grafico sottostante (**Fig. 2.1**) (***Fenwick 2018***).

Figura 2.1*: Investimenti dei VC nelle Startup AI (2012-2016), Fenwick, 2018*

Dall'analisi di tali dati è possibile osservare come il settore risulti fortemente influenzato dalle grandi compagnie digitali, rappresentando sia una sfida per le Startup AI che devono confrontarsi con aziende molto potenti, sia un'opportunità di effettuare un'Exit di successo a favore di una grande azienda alla ricerca di nuove tecnologie da acquisire

(***Genome 2018***). Aspetto confermato se si guarda al numero costante di "Startup AI" acquisite dal 2010 al 2019 (**Fig. 2.2**) (***Statista***)

Figura 2.2*: N° acquisizioni globale di Startup AI (2010-2019), Statista, 2019*

Nell'ecosistema dell'AI, e delle Startup che la sviluppano, è possibile individuare i seguenti elementi chiavi che favoriscono l'espansione dell'ecosistema (***Quan 2018***):

- **Piattaforme Software "Open Source"**: sono composte da tecnologie gratuite e disponibili a tutti, fondamentali per la creazione e lo sviluppo di altre tecnologie più avanzate che si basano su di esse;
- **Tecnologie di base di AI**: le quali permettono il corretto funzionamento di sistemi basati sull'AI e sono indispensabili per il suo sviluppo. In particolare, è possibile identificare tre differenti tecnologie: gli algoritmi, che aiutano a sviluppare software di AI (e.g. NLP), tecnologie relative ai Big Data, ed infine tecnologie per il calcolo computazionale;
- **Piattaforme open per l'AI**: piattaforme di "AI" gratuite e disponibili a tutti, per incentivare lo sviluppo e la crescita delle intelligenze artificiali ed espanderne l'ecosistema.
- **Applicazioni di AI**: applicazione di AI a scopo commerciale che si sviluppano per essere usufruite dai consumatori. Esse permettono all'AI di diffondersi in molti

settori commerciali, ridefinendo i modelli di business esistenti e causando grandi cambiamenti al loro interno.

Una nazione con condizioni molto favorevoli per lo sviluppo di un tale ecosistema sono gli USA. Nella Silicon Valley si trova sia il quartier generale della maggior parte delle Startup AI di successo, o che sono state acquisite, sia il quartier generale dei loro acquirenti, ma ciò non limita ai soli Stati Uniti il centro di sviluppo dell'AI (**Fig. 2.3**) (***Corea 2017***). Imprenditori e Startup AI si stanno sviluppando in tutto il mondo, in particolare in Europa dove l'Unione Europea ed i governi delle varie nazioni si stanno impegnando per creare un ambiente favorevole allo sviluppo di nuove Startup e per favorire gli investimenti privati su di esse (***Fenwick 2018***).

Figura 2.3*: Distribuzione geografica delle Startup AI nel mondo, Corea, 2017*

2.2.1) Panorama Startup Europeo: principali hub di innovazione in AI

Dato il forte sviluppo dell'AI nel mondo e il grande impatto che può avere sull'economia delle nazioni, anche le nazioni europee hanno deciso di avviare programmi per supportare il progresso delle tecnologie relative all'AI e facilitare la creazione di un solido e duraturo ecosistema. La Commissione europea ha annunciato le linee generali di una strategia per

l'AI con una richiesta di investimenti per 20 miliardi di euro nel periodo 2018-2020[1]. In particolare, ha attivato diversi programmi per creare un'infrastruttura di supercomputer con grandi capacità computazionali per facilitare la ricerca sull'AI. Un esempio è il programma "EuroHP Joint Undertaking", firmato nel 2017 da 7 stati membri e successivamente allargato a 29 nazioni con un budget di circa 1 miliardo di euro, che ha lo scopo di creare un'infrastruttura di supercomputer per favorire lo sviluppo di servizi necessari alla comunità scientifica e al mondo industriale e far diventare l'Europa un leader mondiale nel settore (***Becciani 2019***).

A livello locale, invece, si sono sviluppati molti ecosistemi favorevoli all'AI. Alcuni dei più importanti sono (***Global Startup Ecosystem Report 2018)***:

- **Greater Helsinki, Finlandia**:
  Il governo finlandese si è posto come obiettivo nazionale lo sviluppo e l'implementazione di sistemi AI che possano portare a grandi benefici per la società. Esempi sono le Startup "Curious AI Company", che compete con successo contro i grandi giganti del web, e ZenRobotics, che sviluppa robot guidati dall'AI per differenziare la spazzatura e che ha raccolto fondi per oltre 17 milioni di dollari;
- **Francoforte, Germania**: luogo molto attrattivo per le Startup, grazie alla sua posizione centrale in Europa. Vi è una giusta combinazione tra infrastrutture digitali, competenze tecnologiche e grandi centri di ricerca e universitari. La presenza della Banca Centrale Europea e di un grande centro finanziario risulta essere un forte stimolo anche per le Startup di AI: Arago, una Startup che automatizza i processi IT per altre aziende ed ha raccolto 55 milioni di dollari, e Savedroid, che sfrutta l'AI per la gestione del denaro dei propri utenti;
- **Londra, Regno Unito**: il più grande ecosistema per le Startup in Europa, è il centro finanziario e dell'advertising di Europa, settori soggetti ad una forte innovazione causata anche dall'AI.

[1] Fonte Commissione Europea: https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2018/IT/COM-2018-237-F1-IT-MAIN-PART-1.PDF, consultato in data 02/03/2020

Oltre a saper sfruttare l'ecosistema in cui la Startup vive e si sviluppa, è essenziale trovare un nuovo modo di guardare allo sviluppo di prodotti innovativi caratterizzato contemporaneamente sia da un'iterazione rapida del prodotto sia dalla conoscenza del cliente e da una grande visione del mercato (***Ries 2011***), cioè richiede il Business Model adatto alla tecnologia dell'AI.

2.3) Business model ad-hoc per le Startup AI

L'aspetto dirompente dell'AI ha rivoluzionato completamente anche il modo di concepire il business in tutti i settori. Le Startup di AI hanno la necessità di sviluppare un Business Model (BM) particolare che si adatti alla loro tecnologia ed ai prodotti e servizi che offrono e che sia efficace e sostenibile nel tempo. L'innovazione nel modello di business rappresenta un cambiamento significativo nelle operazioni e nella creazione di valore, in genere con un miglioramento delle prestazioni complessive (***Lee 2019***). Lo sviluppo di un BM per l'AI è fortemente influenzato anche dalla cultura aziendale, elementi come i valori e l'organizzazione di una Startup hanno un ruolo fondamentale nello sviluppo di un nuovo business basato sull'AI. Andrew Ng, in un articolo intitolato "AI Transformation Playbook", propone un BM adatto per questo ambito (***NG 2018***). Il modello, rappresentato in **Figura 2.4**, è composto da cinque passaggi fondamentali:

***Figura 2.4**: Business Model per prodotti di intelligenza artificiale, NG, 2018*

Molti autori tendono a concepire il settore dell'AI molto simile a quello dell'industria biofarmaceutica nelle sue fasi di sviluppo: R&D costosa e lunga; lungo ciclo di investimento; enormi ritorni a bassa probabilità; concentrazione del finanziamento verso fasi specifiche di sviluppo. Esistono, però, due grandi differenze tra i due Business Model: nel settore di AI la fase di sperimentazione risulta essere molto più veloce e con molti meno rischi, e la tecnologia non è difendibile da brevetti, dunque le Startup AI sono costrette ad evolvere continuamente il loro prodotto ed a trovare differenti modelli di ricavo. Uno dei principali cambiamenti in questo contesto, riguarda anche il modello di crescita dei vari attori. Infatti, si è passati dalla competizione con le Startup emergenti ad una politica di acquisizione aggressiva delle stesse, nei loro primi anni di vita, da parte di grandi aziende del settore, essendo in questa fase l'attenzione delle Startup rivolta ai progressi tecnologici piuttosto che ai ricavi. Esse mantengono la loro indipendenza a livello fisico e operativo. L'integrazione verticale da parte dei colossi del Tech ha il vantaggio, per loro, di avere dei costi di acquisizione più bassi rispetto al costo opportunità che si avrebbe lasciando che le Startup AI si sviluppino, guadagnando quote di mercato e minacciando la posizione di dominio della grande azienda. Inoltre, l'acquisizione si rivela uno strumento efficace poiché le grandi aziende riescono a

garantirsi possibili entrate future. Si assiste, dunque, da un lato alle Big Tech[2] che spendono grandi somme di denaro in acquisizioni e dall'altro lato alle Startup che, dopo aver investito molto tempo e risorse nello sviluppo di un buon prodotto, sono acquisite a basso costo. Ciò avviene, innanzitutto, perché la natura accademica degli sviluppatori di "AI" tende ad incoraggiare la diffusione e la condivisione delle scoperte. In secondo luogo, l'open source permette di incrementare il livello dell'attuale stato dell'arte a favore di potenziali concorrenti nel settore. Inoltre, il rilascio di un software gratuito, che non richiede lo sviluppo di hardware, consente di ridurre le barriere all'ingresso favorendo la diffusione di prodotti che, altrimenti, non si sarebbero diffusi, accorciando il ciclo di vita del prodotto già esistente. Infine, l'open source sfrutta e crea l'effetto di esternalità di rete: un numero maggiore di utenti, utilizzando il software, crea più dati rendendo gli algoritmi più intelligenti, e quindi migliore il prodotto finale che attira più utenti (***Corea 2017***).

Si sono individuati effetti contrastanti sull'adozione di tale modello di business nello sviluppo dell'AI e nella sua diffusione: nel breve termine, l'open source può incrementare la diffusione dell'AI, essendo software e conoscenza dei beni non rivali utilizzabili da un ampio bacino di utenti, e generare brand più forti. Invece, sul lungo termine si hanno meno incentivi a investire in R&D a causa del possibile "Free riding" effettuato da altre aziende. Tuttavia, essendo una tecnologia aperta, essa determina maggiore capacità di assorbimento, permettendo di rimanere al passo con lo stato dell'arte (***Bostrom 2016***).

Il mondo delle Startup AI ha introdotto vari modelli di business e di distribuzione del prodotto: i più frequenti sono quelli che prevedono la consegna del prodotto come piattaforma, SaaS (Software as a Service) e PaaS (Platform as a Service) (***Lee 2019***). Il primo modello è un software che può essere distribuito, gestito e ospitato da remoto via internet da un fornitore di servizi (la Startup) attraverso un contratto di leasing. Grazie a questo modello è possibile gestire i dati di molti clienti da un singolo database, permettendo di abbassare notevolmente i costi, il tempo di implementazione del servizio

[2] Il termine "Big Tech" è stato usato nel giornalismo per riferirsi alle più grandi e dominanti aziende nel settore dell'informatica. Un raggrupamento comunemente utilizzato di Big Tech comprende: Google, Amazon, Facebook e Apple, denominate le "Four Horsemen" (https://en.wikipedia.org/wiki/Big_Tech)

e garantendo la scalabilità del prodotto su richiesta. Inoltre, si può facilmente predire il budget necessario ad implementare il servizio poiché le Startup che offrono un SaaS propongono ai propri clienti contratti di affitto temporaneo o contratti del tipo "pagamento all'uso" (***Cho 2013***). Tale modello applicato al mondo dell'AI prende il nome di AI-as-a-Service (AIaaS), in cui la Startup fornisce al cliente il prodotto da remoto, permettendo ad esso di sperimentare con l'AI con un basso investimento iniziale e senza incorrere in grandi rischi (***Jefimova 2018***). Attualmente, per le SaaS e le AIaaS si identificano i seguenti modelli di ricavo più utilizzati: abbonamento mensile o annuale, ricavi basati sulle pubblicità, guadagni basati sul numero delle transazioni effettuate dagli utenti, modello freemium, guadagni proveniente dall'implementazione e manutenzione dei server, ed infine vendere la licenza del software (***Laatikainen 2014***). Il PaaS, invece, è una piattaforma informatica sul cloud che permette alle aziende di gestire e customizzare le proprie applicazioni, mentre il fornitore del servizio gestisce la rete, i server e l'immagazzinamento dei dati. Tale modello crea valore ai propri clienti, permettendogli di aumentare l'efficienza e contemporaneamente ridurre i costi operativi (***Garbuio 2018***).

In particolare, la letteratura (***Corea 2017***) ha individuato quattro modelli maggiormente sfruttati:

- **Spin-off accademici**: struttura utilizzata in larga parte da aziende focalizzate sul mondo della ricerca a lungo termine. Si compone di un team con molta esperienza e da un particolare aspetto di innovatività;
- **Data-as-a-service (DaaS)**: modello secondo cui le società si occupano della raccolta di enormi set di dati su cui operano in seguito;
- **Model-as-a-service (MaaS)**: uno tra i modelli più diffuso ed usato dalle società che tendono a mercificare i propri modelli di AI per ottenerne un flusso di ricavi. I più noti sono: "AI" ristretta, in cui si implementano nuovi algoritmi per un problema specifico; Estrattori di valore, in cui si estrae valore dai dati integrando la propria soluzione con la piattaforma del cliente; Abilitatori, creano piattaforme all-in-one per rendere più efficienti i flussi di lavoro.

- **Robot-as-a-service (RaaS)**: modello caratterizzato da agenti virtuali o agenti fisici che interagiscono con l'utente. Gli agenti virtuali e i chatbot consentono una riduzione dei costi delle attività a basso valore aggiunto e risultano essere più economici rispetto agli agenti fisici come i sensori o l'auto a guida autonoma che richiedono un maggior investimento di capitale.

In generale, si classificano le aziende nel settore secondo una matrice AI (***Corea 2017***), riportata di seguito (**Fig. 2.5**).

Figura 2.5*: Matrice di classificazione di modelli di business per l'AI, Corea, 2017*

Le variabili analizzate per categorizzare i diversi modelli sono: la monetizzazione a breve termine (STM) e la difendibilità del business. Innanzitutto, considerando i prodotti più diffusi, il modello MaaS è quello con più alto potenziale di monetizzazione a breve termine, ma anche quello meno difendibile in ragione della natura del prodotto offerto. Al contrario, il modello DaaS, presenta lo stesso livello di redditività e una più bassa replicabilità. Spin-off accademici e RaaS sono caratterizzati, invece, da un più basso STM.

Un altro BM proposto dalla letteratura, si basa sulla creazione di un Business Model Canvas generale per le Startup AI. Di seguito sono stati dettagliati i singoli blocchi del Canvas (***Metelskaia 2018***):

- Customer Segments: le Startup si possono rivolgere sia al mondo B2B (verso il business) sia al mondo B2C (verso i clienti), focalizzandosi solo su un determinato tipo di clienti o settore per evitare la competizione con i giganti del tech;
- Value Proposition: si segue solitamente l'approccio "AI-First", cioè utilizzare i dati e gli algoritmi per: creare prodotti migliori, diventando leader di prodotto; ottimizzare i processi per supportare l'uomo, diventando leader di prezzo; ridurre i costi sostituendo il lavoro umano, diventando leader in efficienza della forza-lavoro (***Barnes 2017***);
- Channels: i canali di distribuzione più utilizzati per l'AI sono le App, i social e corporate network e le pagine web, in linea con le attuali tendenze di mercato;
- Customer Relationship: una strategia per relazionarsi con i propri clienti molto diffusa è rappresentata dalla creazione di una "comunità" intorno al prodotto, consentendo alla Startup di servire un gruppo invece che singoli individui;
- Revenue Streams: i modelli di guadagno più diffusi sono il Software-as-a-Service, la vendita singola del prodotto, ovvero vendere la licenza ad altre aziende e il "costo per click";
- Key Resources: la risorsa più importante è il "team". Data la scarsità di esperti di AI nel mondo, un team preparato ed esperto sul tema, con un proprio know-how, è una risorsa unica e di valore che può portare ad un vantaggio competitivo;
- Key Activities: l'attività più importante è la ricerca e sviluppo, che risulta essere l'aspetto più costoso e lungo di tutto il processo di creazione del valore;
- Key Partnership: è fondamentale creare partnership con investitori specializzati in AI, inoltre la presenza di modelli Open Source rende sviluppatori e università delle figure chiave per lo sviluppo del proprio prodotto. È, altresì importante costruire delle relazioni con le grandi aziende digitali;
- Cost Structure: Il costo maggiore che deve affrontare una Startup AI è rappresentato dall'assunzioni di esperti di AI e dalla creazione di infrastrutture adatte alla ricerca.

3) Metodologia

Il presente lavoro di tesi si è posto l'obiettivo di prendere in esame le Startup europee di Intelligenza Artificiale, al fine di analizzarne il core business, i team imprenditoriali, la provenienza degli investimenti, la tecnologia di Intelligenza artificiale creata, il settore di riferimento, la loro distribuzione geografica in Europa su base nazionale ed il loro impatto sul mondo del lavoro. Il campione di Startup è stato ottenuto tramite un'estrazione dal Database di aziende "Crunchbase", esso si è limitato alle Startup che possiedono contemporaneamente le seguenti caratteristiche: contengono il termine "Artificial Intelligence" nella sezione "Category Group"; la loro sede principale si trova in Europa, dunque in "Headquartes Location" è presente una città europea; la loro data di fondazione è compresa tra il 2005 e il 2019; infine, l'azienda deve operare con lo scopo di generare un profitto, perciò nella categoria "Company Type" è presente il termine "For Profit". Il primo campione ottenuto da questa ricerca è composto da 2972 Startup di intelligenza artificiale. In seconda battuta, al fine di ottenere un campione maggiormente significativo che garantisse di considerare aziende ancora attive (al momento dell'estrazione del database) e che avessero ricevuto finanziamenti di considerevole importanza, sono stati inseriti i seguenti filtri:

- Il finanziamento totale ricevuto dalla Startup deve essere uguale o maggiore a 200.000 USD
- La Startup deve operare attivamente nel mercato, dunque nella categoria "Operating Status" deve essere presente il termine "Active"
- Il numero dei round di finanziamenti compiuti dalla Startup deve essere pari a uno o superiore

Il numero di Startup aderenti a queste caratteristiche è risultato essere pari a 1136. Per proseguire le analisi su questo campione, è stato generato un file Excel dall'estrazione del Database di Crunchbase in cui sono state riportate le informazioni delle aziende disponibili. In particolare, sono state tenute in considerazione le informazioni relative a "Organization Name", "Headquarters Location", "Nation", "Website", "Facebook",

“Linkedln”, “Founders”, “Number of Employees” e “Top 5 Investors” per effettuare ulteriori analisi e proseguire con la scrematura del campione.

3.1) Descrizione e depurazione del Dataset

Per ottenere un Database più strutturato, composto solo da Startup il cui core business è l’intelligenza artificiale, si è effettuata un’analisi approfondita di tutte le 1136 Startup che compongono il campione. Nello specifico, sono stati visionati i siti web aziendali, i profili Linkedin e quelli Facebook ottenendo la seguente classificazione (**Fig. 3.1**) sullo stato della Startup:

- ***CREATOR***: Startup in cui la creazione di AI risulti essere il loro core business, il loro sito web è accessibile ed in esso viene fatto un chiaro riferimento all’AI. In totale, 878 Startup sono rientrate in questa categoria, di seguito sono stati riportati degli esempi al fine di chiarire il criterio di classificazione:
    - ***Linkfluence****:* Startup che analizza il comportamento dei clienti e ne fa la profilazione;
    - ***Parlamind****:* Startup che crea Chatbot per il supporto clienti.
    - ***ApuTime****:* Startup che crea algoritmi di intelligenza artificiale a supporto del project management aziendale attraverso analisi predittive;

- ***USER****:* Startup in cui l’intelligenza artificiale è presente nel loro business ma non è creata direttamente, dunque il core business aziendale non è inerente all’intelligenza artificiale, ma la sfrutta ai fini di questo. Inoltre, il sito web risulta essere attivo ma in esso non viene fatto alcun riferimento all’AI. In totale, 156 Startup risultano appartenenti a questa categoria, di seguito sono riportati alcuni esempi, al fine di chiarire i criteri di classificazione:
    - ***MailClark****:* Startup che crea un sistema di centralizzazione della casella postale aziendale;

- ***Izifret**:* Startup che crea una piattaforma per l'ottimizzazione della gestione dei trasporti con funzionalità “AI” integrata per la geolocalizzazione;
- ***Avasa AI**:* Startup che crea una piattaforma per trovare casa in una particolare area. L’AI è forse usata per confrontare le proposte.);

- ***SOLD**:* Startup che sono state acquistate o inglobate in altre aziende, nei canali web ufficiali e sulla pagina di Crunchbase della Startup si fa chiaramente riferimento alla sua vendita. Tali aziende non sono state prese in considerazione nelle analisi successive in quanto il loro sito web originario non è più attivo e dunque risulta impossibile reperire ulteriori informazioni. In totale, 56 Startup rientrano in questa categoria, di seguito sono stati riportati degli esempi, al fine di chiarire i criteri di classificazione:
  - ***SwiftKey**:* Startup che offre autocorrezioni e previsioni più accurate imparando il tuo stile di scrittura, comprese le parole, le frasi e le emoji che ti interessano. Acquisito da Microsoft;
  - ***Cognitive Security**:* si concentra sull'applicazione di tecniche di intelligenza artificiale per rilevare minacce informatiche avanzate. Acquisito da Cisco;
  - ***Moodstocks**:* “L'API Face trova volti umani in foto, video o streaming live. Trova e traccia anche le posizioni dei punti di riferimento del viso come occhi, naso e bocca. Acquisito da Google.);

- ***INACTIVE**:* Startup i cui canali web ufficiali non sono raggiungibili, i cui fondatori si sono trasferiti in altre aziende o hanno fondato altre Startup, oppure è stata dichiarata ufficialmente la cessazione dell’attività da parte della Startup. In totale, 46 Startup del campione soddisfano tali criteri.

***Figura 3.1**: Classificazione delle Startup*

Le analisi successive sono state fatte prendendo in considerazione le Startup che appartengono alla categoria *"CREATOR"*, ovvero le 878 Startup che creano l'intelligenza artificiale come core business. Inoltre, al fine di capire quale sia il grado di interesse nei confronti dell'intelligenza artificiale nel mercato, è stata effettuata un'analisi su un campione composto dalle Startup appartenenti alla categoria *"SOLD"*, cioè le 56 Startup che risultano essere state acquisite da altre aziende, e da 46 ulteriori Startup, sempre acquisite, estratte dal campione originario di 2972 ma che non rispettavano i criteri precedentemente enunciati, ottenendo un campione più significativo.

Con lo scopo di approfondire ulteriormente il livello di dettaglio dell'analisi, per quanto concerne le *"CREATOR"*, al database sono state aggiunte le seguenti colonne:

- ***Attività**:* in cui è stata indicata l'attività di intelligenza artificiale che rappresenta il core business della Startup;
- ***Attività Secondaria**:* in cui è stata indicata l'attività secondaria di intelligenza artificiale, se la Startup svolge più di un'attività;

- ***Settore**:* in cui è stato indicato il settore di riferimento del **core business della Startup**;
- ***Settore Secondario**:* in cui è stato indicato il settore secondario di riferimento, se la Startup crea un servizio o prodotto per più di un settore;
- ***Capacità dell'uomo***: in cui la Startup è stata classificata come "*REPLACE*", se l'AI sostituisce le competenze dell'uomo, o come "AUGMENT", se l'AI incrementa e supporta le capacità dell'uomo.

Per quanto concerne le Startup *"SOLD"*, sono state aggiunte al foglio di lavoro le seguenti colonne:

- **Acquirente**: in cui è stata inserita l'impresa che ha acquisito la Startup;
- **Numero Dipendenti**: in cui è stato indicato il numero dei dipendenti degli acquirenti;
- **Fatturato**: in cui è stato indicato il fatturato in dollari più recente reperibile online;
- **Tipologia Acquirente**: in cui è stato indicato il settore principale in cui opera l'azienda acquirente;
- **Dimensione Azienda**: in cui sono state classificate le imprese per dimensione in base al fatturato e ai dipendenti, secondo le norme comunitarie per le imprese;
- **Nazione**: in cui è stato indicato l'headquarter dell'impresa acquirente

4) Analisi Primaria

Nella sezione si discuterà dei risultati ottenuti dalle analisi effettuate sui due campioni.

4.1) Caratteristiche degli acquirenti di Startup AI

Inizialmente, al fine di verificare l'interesse del mercato verso le Startup di Intelligenza Artificiale si è deciso di indagare sugli acquirenti delle Startup Sold. Il campione analizzato, estratto da Crunchbase utilizzando il filtro "Was Acquired" sulla categoria "Acquisition Status", comprende 102 Startup. Si nota, quindi, che oltre alle 56 Sold precedentemente individuate rientrano nell'analisi ulteriori 46 aziende, di seguito è spiegata la causa della loro precedente esclusione dal dataset delle 1136 Startup iniziali:

- Startup con status "Closed": 2
- Startup con status "Profit" assente: 16
- Startup con il dato "Funding" assente: 22
- Startup con il dato "Funding" inferiore ai 200 K $: 6
- Startup assenti dal campione iniziale di 2972 Startup: 1

In primo luogo, si è osservato lo status delle Sold e si evince dalla **Figura 4.1** che circa il 76% appartiene alla categoria "Creator".

***Figura 4.1**: Classificazione Startup Sold*

Successivamente, attraverso una ricerca su Internet è stato possibile ottenere informazioni generali sulle aziende acquirenti e contemporaneamente si sono ottenuti il loro fatturato e il loro numero dei dipendenti consultando **Crunchbase**, **Owler** e **RocketReach**.

Il primo obiettivo dello studio effettuato è stato quello di identificare la provenienza geografica degli acquirenti, per capire verso quali aree geografiche le competenze sono trasferite principalmente. Dal grafico sottostante, **Figura 4.2**, si denota che circa il 58% degli acquirenti è extraeuropeo, in particolare le aziende statunitensi rappresentano la quota maggioritaria. Ciò implica che le competenze create in Europa sono esportate e sfruttate da nazioni straniere.

***Figura 4.2**: Numero acquirenti in relazione alla nazione di provenienza*

Il secondo obiettivo dell'analisi è di capire se le acquisizioni effettuate siano da parte di grandi colossi o da piccole realtà e se il loro scopo sia quello di integrare verticalmente le competenze. Innanzitutto, per definire la dimensione di impresa si è fatto riferimento alle norme comunitarie per le imprese, classificando gli acquirenti come:

- ***Micro***: se il fatturato è inferiore a 2 milioni di euro e il numero dei dipendenti è minore di 10.
- ***Small***: se il fatturato è compreso tra i 2 ed i 10 milioni di euro e il numero dei dipendenti è compreso tra 10 e 50.
- ***Medium***: se il fatturato è compreso tra i 10 ed i 50 milioni di euro e il numero dei dipendenti è compreso tra 50 e 250.
- ***Big***: se il fatturato è superiore ai 50 milioni di euro e il numero dei dipendenti è superiore a 250.

Si osserva che il 72% delle aziende rientra nella categoria "Big", come mostrato in **Figura 4.3**. Inoltre, indagando sul settore di provenienza principale degli acquirenti, si denota che la maggior copertura è data dall'IT (**Fig. 4.4**) e un dato significativo è la presenza di aziende Big Tech, ovvero Google, Microsoft, Apple, Facebook e Amazon (è possibile trovare maggiori informazioni sugli acquirenti nella **Tabella 7.1** in **Appendice.**)

Figura 4.3*: Dimensione degli Acquirenti*

***Figura 4.4**: Settore di provenienza degli acquirenti*

Visti i risultati ottenuti è possibile affermare che le Startup vengono acquisite dalle grandi aziende con l'intento di integrare verticalmente le competenze, evidenziato dal fatto che la maggior parte degli acquirenti è un'azienda di grandi dimensioni che opera in settori simili a quello delle Startup. Un esempio è rappresentato da Apple che ha acquisito "VocalIQ", che sviluppa AI per il riconoscimento vocale, "Spectral Edge" e "Spektral", che sviluppano sistemi AI per l'acquisizione e l'editing d'immagine, al fine di migliorare i propri prodotti, Siri e software per la fotocamera dell'iPhone. Altre aziende, invece, come Cisco (IT) acquisiscono le Startup al fine di ampliare la propria offerta. Inoltre, 10 aziende tra gli acquirenti sono state a loro volte acquisite. Al contrario, raramente si verifica che le piccole Startup si uniscano tra di loro con lo scopo di accrescere la loro forza competitiva nel mercato. Infine, nonostante la scarsità di dati a causa della segretezza dei prezzi d'acquisto, le Big Tech tendono a spendere molto di più rispetto alle normali aziende, oltre i 100 milioni di dollari. Un esempio è Google che per l'acquisto di "DeepMind" ha speso circa 500 milioni di dollari.

In conclusione, dalle analisi svolte sulle aziende acquistate e sui loro acquirenti, è possibile dedurre che esiste una forte tendenza delle grandi aziende extraeuropee ad acquisire le Startup AI con lo scopo di integrare le loro competenze e portare valore dall'Europa alle loro nazioni, in quanto acquisiscono Startup appartenenti al medesimo

settore. Il fenomeno di integrazione verticale riscontrato dall'analisi conferma la tesi identificata dallo studio della letteratura, la quale afferma che è in corso una politica aggressiva di acquisizione delle grandi aziende verso le Startup emergenti.

4.2) Panorama Startup Attive

Distribuzione geografica

Nel lavoro di tesi si è valutato quali nazioni siano ambienti favorevoli per la nascita e lo sviluppo delle Startup AI. Nella mappa sottostante (**Fig. 4.5**) è stata rappresentata la distribuzione delle Startup Creator in Europa. Emerge, innanzitutto, che la distribuzione non è uniforme, infatti il 32% del totale è situato nel Regno Unito e, in generale, i Paesi occidentali e quelli nordici presentano una densità di Startup maggiore rispetto ai paesi dell'est Europa e dell'area dei Balcani dove si riscontra una bassissima presenza di Startup AI. Ciò indica, probabilmente, la presenza nei paesi scandinavi e occidentali di centri nevralgici in cui l'apertura di nuove Startup è favorita dalla legislazione, dalla cultura o dalla presenza di poli universitari. Il risultato conferma quanto anticipato dalla letteratura, infatti i principali ecosistemi europei dell'AI identificati precedentemente (Londra, Francoforte e Helsinki) e gli investimenti dell'UE sono concentrati proprio nei paesi dell'Europa dell'Ovest e nei paesi Scandinavi.

***Figura 4.5**: Headquarter delle Startup*

Dimensione d'impresa

Per avere una panoramica sulla dimensione d'impresa del campione di Startup scelto, è stato osservato il numero di dipendenti suddividendo le imprese per l'anno di fondazione,

dati riportati nella **Figura 7.1** in **Appendice**. Innanzitutto, si può notare che il maggior numero di Startup è stato fondato nel periodo 2013-2016, mentre delle Startup fondate nell'arco temporale 2005-2008 poche sono rimaste attive. Si nota che la maggior parte delle Startup rientra nel range 11-50, ovvero corrispondono a Piccole imprese. In particolare, nel periodo 2005-2008 è presente il maggior numero di grandi imprese (51-100 dipendenti), mentre nel segmento temporale 2017-2019 c'è una prevalenza invece di microimprese (1-10 dipendenti)**,** risultato giustificato dal fatto che si tratta di Startup appena immesse sul mercato e in via di sviluppo. Da questi risultati è possibile dedurre che le poche imprese sopravvissute dal 2005-2008 ad oggi sono riuscite a scalare il loro business ed a diventare grandi aziende.

4.3) Creazione di una classificazione delle attività AI

Lo step successivo è stato analizzare il campione delle 878 Startup, aventi stato "Creator", per procedere ad un livello di dettaglio maggiore spacchettando e individuando le attività core utilizzate da tali Startup per svolgere funzioni inerenti e/o complementari all'Intelligenza Artificiale. Il termine "Intelligenza Artificiale" risulta, infatti, troppo ampio e vago per poter comprendere tutte le sue sfaccettature e campi di applicazione, dunque si è reso necessario un lavoro di categorizzazione e individuazione delle principali tipologie di attività utilizzate nel campo dell'AI.

La creazione di una classificazione dell'intelligenza artificiale è l'obiettivo di questa parte di analisi, che ha lo scopo di comprendere quali siano le attività di intelligenza artificiale più sviluppate dalle Startup. Per tale motivo si è proceduto analizzando singolarmente ognuna delle Startup: lo studio delle attività di AI è stato caratterizzato, in prima battuta, da un'attenta analisi dei siti web delle Startup. L'individuazione della attività specifiche è stata condotta seguendo tre criteri di identificazione:

- Analisi del prodotto/servizio offerto;
- Descrizione della tecnologia sviluppata e utilizzata dalla Startup;
- Area di expertise del team.

Tale procedura ha permesso di ottenere un corpus di attività numeroso, ma di grande interesse poiché, seppur in maniera generale, ha permesso di capire come le Startup sfruttano e "creano" intelligenza artificiale, delineando un panorama alquanto variegato. Ad ogni attività individuata è stato attribuito un nome che richiamasse il compito svolto principalmente.

Il secondo step di lavoro è stato mirato allo studio della letteratura per tenere traccia e verificare se le definizioni delle attività individuate risultassero consolidate o meno. Nella letteratura, infatti, è stato possibile indentificare delle macro-attività specifiche, delle descrizioni più dettagliate e delle definizioni tassonomiche ad hoc delle attività. Si è proceduto, quindi, con un lavoro di scrematura e di accorpamento delle attività che in letteratura risultavano maggiormente citate, ottenendone un totale di 18 che si possono raggruppare in quattro macrocategorie. Il processo di identificazione delle attività e di accorpamento è stato particolarmente difficile a causa della forte discrasia tra ciò che le Startup offrono e ciò che viene rappresentato nella letteratura. Infatti, nonostante le macrocategorie individuate sono chiaramente descritte nella letteratura e citate dalle Startup, la letteratura non fornisce approfondite spiegazioni sulle attività specifiche delle Startup che risultano poco chiare e non facilmente identificabili. Ciò è dovuto sia alla lontananza del mondo della ricerca rispetto al mondo delle aziende/Startup sia a causa delle stesse Startup che non categorizzano i prodotti offerti e non specificano con chiarezza cosa viene offerto. Le attività principali utilizzate dalle Startup in ambito AI sono riportate nella tabella di seguito:

***Tabella 4.1A**: Classificazione delle Startup*

MACRO ATTIVITA'	TECNOLOGIE DI AI	DESCRIZIONE	ARTICOLI DI RIFERIMENTO
IMAGE PROCESSING	*MOUSE TRACKING*	L'uso del software per raccogliere le posizioni del cursore del mouse degli utenti sul computer.	***Souza 2019***
	EYE-TRACKING	Processo di misurazione del punto di fissazione oculare o del moto di un occhio rispetto alla testa.	***Xu 2019*** ***Xie 2019***
	PHOTO EDITING	Processo di alterazione delle immagini	***Yang 2017***
	IMAGE ANALYSIS	Processo di evidenziazione delle principali caratteristiche e punti di interesse dell'immagine	***Cautela 2019*** ***Mehta 2019*** ***Bessen 2018***

***Tabella 4.1B**: Classificazione delle Startup*

COMPUTER VISION	3D REPRODUCTION	Riproduzione di oggetti o spazi in 3D e immagini virtuali.	***Jaakkola 2019***
	FACIAL SCAN	Scansione facciale e identificazione di particolari caratteristiche dell'utente.	***Jaakkola 2019*** ***Bessen 2018***
	WEB VULNERABILITY	Studio delle superfici di attacco del sito Web.	***Hosomi 2018***
	SOCIAL BEHAVIOUR	Previsione del comportamento utente e profilazione attraverso l'osservazione delle sue attività su piattaforme web, social network ed ambienti reali.	***Jaakkola 2019*** ***Overgoor 2019*** ***Bessen 2018***
	COMPUTER VISION	Estrapolazione di dati da analisi di immagini o video.	***Cautela 2019*** ***Patel 2020*** ***Bessen 2018***
INDIPENDENT ACTIVITIES	AI TRAINING	Addestramento dell'IA attraverso gradi quantità di dati per un successivo adattamento a diversi settori.	***Jaakkola 2019***
	AUGMENTED ANALYTICS	Analisi dei dati per identificare schemi ricorrenti e fare previsioni.	***Cautela 2019*** ***Jaakkola 2019*** ***Andriole 2019*** ***Prat 2019***
	DRUG DESIGN	Combinazione di caratteristiche (agenti patogeni) con lo scopo di creare antibiotici o medicine più efficaci.	***Wang 2018***
	SENSOR MONITORING	Monitoraggio mediante sensori fisici per la raccolta e l'ulteriore elaborazione dei dati. Include anche il monitoraggio delle condizioni dell'aria, il monitoraggio dei suoni, il monitoraggio dei componenti meccanici	***Hu 2017*** ***Che 2019***
	PREDICTIVE MACHINERY MAINTANANCE	Manutenzione predittiva di macchinari industriali.	***Mou 2019***
	CONSULTING	Attività di consulenza che forniscono una serie di soluzioni basate sull'intelligenza artificiale	***Avdeenko 2017***
NATURAL LANGUAGES PROCESS (NLP)	*VOICE ANALYSIS*	Analisi della voce e del linguaggio delle persone.	***Jaakkola 2019***
	DOCUMENT ANALYSIS	Analisi di documenti (testi scritti), lettura ed estrapolazione di informazioni.	***Cautela 2019*** ***Mehta 2019*** ***Bessen 2018***
	CHAT ANALYSIS	Analisi di conversazioni scritte e orali. Utilizzato specialmente nella realizzazione di chatbot.	***Cautela 2019*** ***Jaakkola 2019***

Analizzando la distribuzione delle attività, al fine di comprendere quali siano le tecnologie maggiormente adoperate, emerge che circa l'80% delle 878 Startup è concentrato nello sviluppo di sei principali tecnologie di Intelligenza Artificiale, ovvero: "Augmented Analytics", "Document Analysis", "Image Analysis", "Social Behaviour", "Computer Vision", "Chat Analysis" (**Fig. 4.6**). Il risultato ottenuto evidenzia che le Startup tendono a focalizzarsi su poche attività che sembrano essere le più richieste dal mercato. L'attività "Augmented Analytics" risulta essere la tecnologia a base d'intelligenza artificiale più sviluppata, essa si basa principalmente sull'analisi di dati per eseguire previsioni, dunque, il suo successo dipende anche dalla grande disponibilità di dati e di capacità computazionale presente nel mondo moderno. Invece, le attività "Mouse Tracking", "Photo Editing" e "Eye-Tracking", sono le tipologie di AI meno sviluppate a causa del loro alto grado di innovatività e di difficoltà di implementazione.

Figura 4.6: *Tecnologie AI più utilizzate*

Si riporta di seguito una breve descrizione per approfondire le sei attività aventi maggiore diffusione:

- ***AUGMENTED ANALYTICS***

"L'augmented analytics automatizza la comprensione dei dati utilizzando l'elaborazione ML e del linguaggio naturale per automatizzare la preparazione dei dati e abilitarne la condivisione. Gli utenti possono andare oltre l'opinione e la soggettività per ottenere una visione reale e oggettiva, agendo sui dati in modo rapido e preciso, per poter prendere decisioni con sicurezza e ottenendo risultati chiari" (***Andriole 2019***). L'augmented analytics rappresenta una delle tipologie più importanti dell'AI poiché, attraverso l'applicazione della statistica, della programmazione informatica e della ricerca operativa, attua un "processo scientifico di scoperta e comunicazione dei significati e dei modelli che possono essere trovati nei dati". Tale termine è stato coniato per la prima volta da Gartner che descrive come l'Augmented Analitcs sfrutti l'AI per automatizzare l'intero ciclo analitico attraverso l'apprendimento automatico e l'elaborazione del linguaggio naturale (***Prat 2019***). Essa si occupa della valutazione della qualità dei dati e della loro trasformazione al fine di ottenere analisi predittive.

- ***DOCUMENT ANALYSIS***

Nella document analysis, attraverso la lettura di testi scritti, è possibile estrapolare informazioni in modo più tempestivo rispetto alla capacità dell'uomo. Con la crescente digitalizzazione dei settori viene generata un'enorme mole di dati da utenti e fornitori, ed è in questo contesto che si sfrutta tale attività. Infatti, offre la possibilità di trasformare i dati in approfondimenti significativi e attuabili per supportare il processo decisionale. La document analysis opera attraverso la scansione di immagini di testi scritti riuscendo a evidenziarne le parole chiave. Il riconoscimento dei documenti scritti è basato sui sistemi OCR (optical character recognition) di cui sono state studiati tre aspetti fondamentali: la relazione tra estrazione di caratteristiche e algoritmi di apprendimento, la codifica di caratteristiche strutturali e l'adozione di classificatori modulari (***Marinai 2005***). L'elaborazione del linguaggio naturale (NLP) supporta l'analisi del testo facilitando la comprensione della struttura e del significato della frase, del sentimento e dell'intento attraverso metodi statistici e di apprendimento automatico. Non occorre però limitare l'analisi ai soli documenti scritti, ma ricadono in tale categoria anche i dati nel senso più generale del termine. Per tale motivo la letteratura pone attenzione sullo sfruttare il potere dei dati non solo per l'analisi dei dati storici (analisi descrittiva), ma anche per prevedere

i risultati futuri (analisi predittiva) e per determinare la migliore azione per la situazione attuale (analisi prescrittiva) (***Cautela 2019***).

- ***IMAGE ANALYSIS***

L'analisi delle immagini (nota anche come "visione artificiale" o riconoscimento delle immagini) riguarda l'estrazione di informazioni significative da esse. É la capacità dei computer di riconoscere gli attributi all'interno di un'immagine e viene utilizzata come strumento fondamentale per riconoscere, differenziare e quantificare diversi tipi. Oggi, questa attività sta diventando sempre più importante e diffusa perché può essere eseguita in modo più conveniente, rapido ed economico. Le sue applicazioni sono maggiormente sfruttate in settori come i Social Media e quello sanitario. Un'importante applicazione in ambito sanitario dell'image analysis, riguarda la radiologia in cui questa tecnica è utilizzata per l'etichettatura delle immagini secondo 3 livelli di dettaglio: la classificazione dell'intera immagine, il riconoscimento dell'oggetto e la segmentazione dell'oggetto (***Weikert 2019***). Inizialmente, si assegna un'etichetta di classe per esame (ad esempio, "frattura" assegnata ad una radiografia) per categorizzare istantaneamente molti esami. Successivamente, si procede con la segmentazione semantica: ogni pixel 2D o voxel 3D, di un insieme di immagini, viene assegnato ad una precisa classe (ad esempio, "tumore polmonare" e "sfondo"), permettendo una distinzione netta dei confini degli oggetti in un'immagine.

- ***SOCIAL BEHAVIOUR***

I recenti progressi dell'AI forniscono ai neuroscienziati strumenti preziosi per modellare le interazioni sociali. Infatti, particolare attenzione è rivestita dallo studio dell'interazione umana: gli algoritmi di FB e Google seguono tutte le attività degli utenti su Internet e sono in grado di confrontare i comportamenti degli utilizzatori e di prevederli. Il "Social Behaviour" si basa su algoritmi intelligenti, caratterizzati da una quantità enorme di dati organizzati in forma di "conoscenze acquisite" del comportamento umano, in grado di fare "profilazione del cliente". Un esempio particolarmente interessante è il metodo di previsione al dettaglio di Amazon in cui l'AI riesce ad anticipare la domanda del prodotto con sufficiente anticipo, permettendo di immagazzinare il prodotto nelle vicinanze del consumatore prima del suo acquisto (***Overgoor 2019***).

- ***COMPUTER VISION***

La “Computer Vision” è un campo di studio interdisciplinare focalizzato sul problema di aiutare i computer a vedere e automatizzare i compiti che il sistema visivo umano può svolgere. “L'obiettivo dei problemi della computer vision è quello di utilizzare i dati delle immagini osservate per dedurre qualcosa sul mondo” (***Prince 2012***).

Sfrutta metodi per l'acquisizione, l'elaborazione, l'analisi e la comprensione di immagini digitali, estraendo dati ad alta dimensione dal mondo reale al fine di produrre informazioni numeriche o simboliche.

Questa attività si suddivide in tre aree principali:

- ***Recognition*** (riconoscimento): uno o più oggetti pre-specificati o memorizzati possono essere ricondotti a classi generiche insieme alla loro posizione 2D o 3D nella scena;
- ***Identification*** (identificazione): viene individuata un'istanza specifica di una classe. (Identificazione di un volto, impronta digitale);
- ***Detection*** (rilevamento): l'immagine è scandita fino all'individuazione di una condizione specifica.

Una delle applicazioni maggiormente conosciute in questo campo è la rete neurale convoluzionale, ConvNet, che viene sfruttata nelle attività relative alla computer vision (***LeCun 2015***). Un’altra applicazione di grande interesse è riscontrabile nel mondo automotive, in particolare nei sistemi a guida autonoma. Infatti, la computer vision si utilizza per riconoscere l’ambiente circostante al mezzo ed estrarre informazioni da esso (come riconoscere pedoni o altre auto), permettendo lo sviluppo di auto a guida autonoma.

- ***CHAT ANALYSIS***

La Chat Analysis riguarda l’analisi di testi scritti e delle conversazioni. Si tratta di un’applicazione maggiormente utilizzata in settori molto vicini al cliente finale come nel Customer Service o nell’E-commerce, tuttavia negli ultimi anni si sta assistendo ad un discreto ampliamento in settori come quello finanziario o nel processo di reclutamento delle organizzazioni. In letteratura, Cautela (***2019***), suddivide questo tipo di applicazione in due ambiti principali:

- **Assistenti virtuali e chatbot**, ovvero, agenti software che possono eseguire comandi o soddisfare richieste tramite interazioni in linguaggio naturale;
- **Elaborazione del linguaggio**, ovvero, soluzioni che elaborano le lingue con l'obiettivo di comprensione del contenuto, traduzione o creazione autonoma di documenti.

In una visione più ampia la Chat Analysis è inserita nella cosiddetta "Sentiment Analysis" o "Opinion Mining", un campo all'interno dell'NLP, il cui scopo è l'analisi di un testo con il fine di identificare e classificare l'informazione presente nello stesso. È possibile, infatti, trasformare automaticamente queste informazioni non strutturate in dati strutturati di opinioni pubbliche su prodotti, servizi, marchi, politica o qualsiasi argomento su cui le persone possano esprimere opinioni. La chat analysis è in grado di automatizzare le risposte alle richieste dei clienti, ottimizzando tempistiche e costi, oppure può supportare gli operatori del servizio clienti suggerendogli le migliori risposte da fornire in base alla situazione, migliorando così la qualità del servizio e la "customer satisfaction".

4.3.1) Timeline della diffusione delle attività di AI

Prendendo in considerazione le sei principali attività di intelligenza artificiale, il grafico sottostante (**Fig. 4.7**) mette in relazione l'anno di fondazione delle Startup e il numero di Startup fondate in un determinato anno per ogni tecnologia di AI. Emerge, innanzi tutto, che negli ultimi anni, per tutte le tecnologie, il numero di Startup inizia ad aumentare notevolmente, cioè le varie tecnologie di AI si stanno diffondendo nei processi aziendali, nei servizi e nei beni di consumo. I recenti successi dell'AI sono correlati ad un aumento della capacità computazionale dei computer, che hanno processori decisamente più potenti rispetto a quelli di un tempo e costi minori e ai Big Data, ad oggi infatti l'estrapolazione e la capacità di immagazzinare grandi quantità di dati facilita le tecniche di apprendimento automatico delle macchine (***Overgoor 2019***). Quindi, nonostante storicamente l'AI sia stata caratterizzata da periodi di grande interesse, alternati a periodi in cui l'attenzione verso di essa diminuiva, negli ultimi anni i successi tecnologici hanno favorito lo sviluppo di numerose aziende di intelligenza artificiale. In particolare, attività come "l'Augmented Analytics" e le attività relative al NLP (Chat analysis e Document

analysis) già presenti nel 2008, hanno subito un forte incremento negli ultimi anni grazie alla maggiore disponibilità di dati e di calcolo computazionale. Contemporaneamente, la "Computer Vision", "Image Analysis" e il "Social Behaviour" che erano assenti nei primi anni, adesso hanno cominciato ad attirare l'attenzione delle Startup e degli investitori. L'incremento della popolarità di queste attività è principalmente dovuto alla grande diffusione di telecamere e dispositivi in grado di registrare le immagini di persone o di parti del corpo, permettendo di avere a disposizione un numero maggiori di immagini/video su cui è possibile allenare e sfruttare l'AI.

***Figura 4.7**: Sviluppo Tecnologie AI (2005-2018)*

4.4) Identificazione dei settori di competenza

Al fine di capire quali siano i settori industriali che vengono maggiormente influenzati dalle Startup AI e se esiste una relazione tra le tecnologie sviluppate ed i settori in cui operano le Startup, è stato individuato il settore di riferimento dell'applicazione tecnologica di intelligenza artificiale sviluppata.

Inizialmente si è identificato il "settore primario" della Startup attraverso il controllo sia della homepage sia della pagina LinkedIn, con lo scopo di ricercare maggiori

informazioni sul prodotto/servizio offerto. Per la scelta del settore di appartenenza della Startup sono stati utilizzati i seguenti criteri:

- Analisi delle caratteristiche del prodotto/servizio offerto;
- Nel sito web viene riferito chiaramente il settore dove opera la Startup o il settore a cui è rivolto il loro prodotto/servizio;
- In caso siano presenti più settori nella homepage, è stata attuata un'indagine più approfondita per capire verso quale settore siano dedicati la maggior parte dei prodotti/servizi offerti o il settore che risulta più impattato dalla loro attività;
- Se la Startup offre soluzioni per molti settori, essa è stata inclusa nel settore "Advisory".

Infine, per ottenere un maggiore livello di dettaglio si è deciso di individuare anche il "settore secondario". I criteri utilizzati per l'identificazione sono stati:

- Settore in cui la Startup è entrata in un secondo momento;
- Se il settore primario individuato precedentemente risulti essere "Advisory", il settore a cui vengono offerti più servizi di consulenza è stato considerato come "settore secondario".

Successivamente, al fine di validare i settori ottenuti, è stata identificata una corrispondenza tra i settori individuati durante l'analisi e il codice NACE, classificazione statistica per le attività economiche nella Comunità europea (tabella di riferimento **7.2** in **Appendice**).

Emerge, prendendo in considerazione il campione delle 878 Startup Europee, che vi sono 39 principali settori in cui l'AI è applicata (**Fig. 4.8**).

***Figura 4.8**: Principali settori di applicazione dell'AI*

Circa il 50 % delle Startup è concentrata nello sviluppo di tecnologie di intelligenza artificiale rivolte ai settori "Healt", "IT", "Financial", "Marketing", "Customer Service", "Advisory", "HR", "Mobility", 8 dei 39 settori totali. Vi è inoltre da considerare che esiste una forte correlazione tra le principali tecnologie di intelligenza artificiale e i settori di applicazione. Infatti, si può osservare come "l'Health", il settore più sviluppato con l' 11% delle Startup Creator, sfrutti maggiormente tecnologie di "Image Analysis" e "Augmented Analytics", per creare sistemi medico-sanitari "intelligenti", in grado di assistere i medici nella diagnostica e nella prescrizione delle cure. In modo analogo considerando il settore "Customer Service" non stupisce che tra le tecnologie più sviluppate vi sia la "Chat Analysis", usata per la creazione di chatbot in grado di comunicare con i clienti. Dato il forte sviluppo dell'AI nei settori dell'Health e del Customer Service, si è deciso di fare un approfondimento sui due settori:

- ***Health***

La sanità è una delle industrie su cui l'intelligenza artificiale ha il maggiore impatto. Infatti, in questo ambito, il potenziale di applicazione è ampio, grazie a tutto ciò che si può fare con l'analisi dei big data e della storia clinica dei pazienti applicando il Machine Learning: dai miglioramenti in fase diagnostica, alla possibilità di somministrare cure personalizzate in base al corredo genetico dell'individuo. L'AI è usata per incrementare la qualità delle decisioni, essa deve essere sempre affiancata al lavoro dell'uomo interagendo con esso al fine di miglioralo. Le capacità cognitive avanzate consentiranno agli "AI agents" di fornire una consulenza medica specialistica e di diagnosticare malattie che altrimenti richiederebbero l'identificazione e la convalida incrociata di un alto numero di osservazioni mediche. Essi consentono il monitoraggio in remoto delle condizioni di salute grazie ai wearable device, l'effettuazione di test di routine senza l'intervento del medico, il calcolo delle probabilità che un paziente sia affetto da una malattia e può fornire supporto agli studi in ambito genetico.

L'intelligenza artificiale applicata al campo medico può apportare vantaggi sia alle strutture ospedaliere, sia al sistema sanitario di interi paesi, grazie alla riduzione dei costi di ospedalizzazione. (***Bini 2018***). Un' indagine di mercato realizzata da Accenture nel 2018 stima che la sanità negli USA entro il 2026 potrebbe risparmiare 150 miliardi di dollari grazie ad applicazioni di intelligenza artificiale sia in ambiti strettamente legati all'attività medica sia per quanto riguarda la sicurezza informatica in ambito ospedaliero (***Collier 2017***). Tractica, società specializzata in ricerche di mercato nell'ambito dell'AI e della robotica, nel 2017 ha stimato che le entrate mondiali delle tecnologie per l'analisi delle immagini mediche dovrebbero raggiungere i 1.600 milioni di dollari entro il 2025, mentre le entrate globali delle app di assistenza virtuale potrebbero, sempre entro la stessa data, superare i 1.200 milioni di dollari[3].

[3] Fonte Tractica 2017: https://tractica.omdia.com/newsroom/press-releases/healthcare-artificial-intelligence-software-hardware-and-services-market-to-reach-19-3-billion-worldwide-by-2025/, consultato in data 02/03/2020

- ***Customer Service***

L'innovazione digitale e tecnologica sta portando allo sviluppo di sistemi di Chatbot che sfruttano l'Intelligenza Artificiale per migliorare il servizio clienti soprattutto nel settore dei Call Center. La ricerca e lo sviluppo di sistemi che si basano sull'AI si sta sviluppando in maniera preponderante, questa tendenza è confermata dai numerosi investimenti fatti nel mondo delle Startup. Attraverso le piattaforme di messaggistica, i brand hanno la possibilità di comunicare con i clienti in modo più diretto, autentico e naturale. Uno degli ambiti di maggiore successo di applicazione dei Chatbot è il Customer Care, aziende che offrono un servizio d'assistenza e devono garantire un supporto in real-time e possibilmente proattivo ***(Cautela 2019)***. Nello specifico, i Chatbot sono soluzioni software progettate per simulare una conversazione umana e, spesso, sono anche definiti "agenti intelligenti" di cui esistono numerose varianti: alcuni si limitano a eseguire la scansione delle parole chiave che arrivano come input per elaborare una risposta congrua, altri sono in grado di simulare il comportamento umano attraverso avanzati sistemi di riconoscimento e analisi del linguaggio naturale. I chatbot vengono utilizzati nell'industria per automatizzare il più possibile i processi standard e i task ripetitivi che danno un basso valore aggiunto alle operazioni di business.

4.4.1) Timeline della diffusione dell'AI nei settori industriali

Prendendo in considerazione i sette principali settori di applicazione di intelligenza artificiale, il grafico sottostante (**Fig. 4.9**) mette in relazione l'anno di fondazione delle Startup e il numero di Startup fondate in un determinato anno per ogni tecnologia di AI. Osservando in aggregato si nota un trend crescente su tutti i settori, in particolare i picchi di massimo si riscontrano nel 2014 e nel 2017. Il settore "health" riscontra un incremento nel numero di Startup fondate negli anni più recenti, corrisponda il punto di massimo dell'intero arco temporale. Contemporaneamente, anche il settore Customer Service riscontra un grande aumento nel 2016. Invece, i settori di "marketig" e "mobility" vedono un andamento diverso rispetto agli altri con una diminuzione del numero di Startup fondate. Infine, si nota come nel 2018 è presente un forte calo di tutti i settori, questo è

dovuto alla mancanza di dati recenti nell'analisi effettuata e non è rappresentativo della situazione reale.

***Figura 4.9**: Diffusione AI nei Top 7 settori*

4.5) L'impatto dell'AI sulle capacità dell'uomo

Come descritto nei capitoli precedenti, nell'accezione comune l'intelligenza artificiale viene considerata la capacità di una macchina di svolgere funzioni che sono normalmente associate alle funzioni cognitive umane. Dunque, l'idea che un'intelligenza artificiale possa raggiungere il livello di intelligenza generale degli esseri umani comincia a farsi strada nella comunità scientifica e si rende necessaria un'analisi sulla relazione tra capacità dell'uomo/capacità delle macchine e sul conseguente impatto sull'occupazione. In particolare, in un contesto in cui ci si spinge verso la creazione di un'intelligenza artificiale generale (AGI) in grado di risolvere problemi molto complessi, ci si interroga se l'intelligenza artificiale possa incrementare le prestazioni dell'uomo o sia destinata in un futuro molto prossimo a soppiantarle. Secondo Shams (***2018***) un prodotto di AI può avere due scopi:

- Aumentare le prestazioni dell'uomo;
- Sostituire le prestazioni dell'uomo.

Nel seguente lavoro di tesi si è svolta un'analisi con l'obiettivo di approfondire questo tema e di indagare se le Startup di intelligenza artificiale si stiano orientando verso la creazione di prodotti di "AI" atti a sostituire la capacità dell'uomo o a incrementarla. In particolare, a seguito di un'attenta analisi del sito web, Linkedin e Facebook delle Startup, esaminando i vantaggi che i loro prodotti offrono ai clienti, ovvero i vantaggi che motivano i clienti ad acquistare, i criteri di classificazione attribuiti e sono stati i seguenti:

Le Startup sono state classificate come *AUGMENT* se:

- La Startup di prodotti / servizi assiste l'uomo nel suo lavoro;
- Sul sito web, emerge chiaramente che l'AI è offerta come supporto per il dipendente;
- L'intelligenza artificiale sviluppata dalla Startup esegue un'attività che attualmente non viene eseguita da alcun dipendente;
- L'intelligenza artificiale sviluppata consente alle aziende di offrire un livello di servizio di qualità superiore rispetto a quello attuale;
- L'AI sviluppata è integrata in macchinari / oggetti esistenti per renderli più performanti.

Le Startup sono state classificate come *REPLACE* se:

- L'intelligenza artificiale creata mira ad automatizzare i lavori ripetitivi con un basso valore aggiunto;
- Sul sito web, è stato chiarito che l'AI è stata creata per sostituire i lavoratori e consentire di ridurre costi e tempi per un'azienda;
- L'intelligenza artificiale creata facilita all'utente finale l'esecuzione di un'attività o l'elaborazione di dati evitando la necessità di una consulenza di esperti.

Il grafico sottostante riporta i risultati ottenuti (**Fig 4.10**). Sulle 878 Startup è emerso che il 39% realizza prodotti e/o servizi di AI in grado di sostituire il lavoro dell'uomo, il 61%

delle Startup invece implementa prodotti o servizi di intelligenza artificiale che hanno l'obiettivo di affiancare le competenze umane per aumentarle.

***Figura 4.10**: Rapporto tra l'AI e il lavoro dell'uomo*

Da questa analisi sembrerebbe che non vi sia una vera e propria tendenza dell'intelligenza artificiale verso la sostituzione delle capacità dell'uomo o verso il loro supporto, bensì che vi sia una distribuzione abbastanza omogenea in entrambe le direzioni e che attualmente le Startup non stiano seguendo un trend dominante in questo senso. Tuttavia, effettuare esclusivamente un'analisi di questo tipo risulta riduttivo e poco significativo, si è pertanto pensato di compiere la stessa analisi concentrandosi sul singolo settore applicativo per verificare l'eventuale esistenza di trend nella direzione "AUGMENT" o "REPLACE". L'ipotesi di disomogeneità sui settori in contrapposizione con l'equilibrio sul totale è confermata dall'analisi (**Fig. 4.11**). Vi è dunque stretta correlazione tra Impatto dell'AI sulle capacità dell'uomo e il settore di riferimento. Ciò che è emerso è che l'AI nel settore "Health" si limiti a ricoprire una funzione di supporto per il medico e che, almeno per ora, sia surreale pensare all'intelligenza artificiale come sostituzione alle competenze umane nel settore della medicina. Al contrario, settori come quello "Customer Service" sembrano interessati ad un'intelligenza artificiale volta a soppiantare

l'uomo in un'ottica di riduzione dei costi aziendali, di automazione dei task ripetitivi e a basso valore aggiunto.

***Figura 4.11**: Rapporto tra l'AI e il lavoro dell'uomo per ogni settore*

Secondo Agrawal ***(2017)*** La questione della sostituzione macchina-uomo dipende strettamente dal grado di "giudizio[4]" necessario a compiere un'azione. Compiti in cui il risultato desiderato può essere facilmente descritto e la necessità del giudizio umano è limitata sono, generalmente, più facili da automatizzare. Per altri task, la descrizione di un risultato preciso può essere più complessa, in particolare nei casi in cui il risultato desiderato risiede ed è concepito dalla mente umana e non può essere tramutata in un algoritmo decifrabile da una macchina. Quindi, solo qualora le decisioni possano essere

[4] Il giudizio è la capacità di prendere decisioni ponderate e di comprendere l'impatto che le diverse azioni avranno su risultati alla luce delle previsioni

chiaramente descritte con algoritmi la sostituzione dell'uomo è quasi assicurata. Ad esempio, questo avviene nei settori in cui si sviluppa la guida autonoma. Ciò viene confermato dalla nostra analisi, poiché nel settore Mobility risulta che l'AI sostituisca il lavoro dell'uomo.

4.6) Panorama Investimenti e Team Imprenditoriali

Un ulteriore ambito di indagine è stato la caratterizzazione dei fondatori e investitori. Per poter effettuare considerazioni significative si è deciso di restringere il campione di riferimento a due soli settori, ovvero "HEALTH" e "CUSTOMER SERVICE" poiché la precedente analisi sul rapporto con le capacità dell'uomo avevano rilevato comportamenti agli antipodi. Infatti, il primo vedeva una netta prevalenza di "AUGMENT", mentre il secondo di "REPLACE". Il campione analizzato è composto da 97 Startup che operano nel settore dell'Health e di 49 nel Customer Service, per un totale di 146 Startup.

Fondatori

Per poter fornire un quadro completo si sono analizzati i profili di ciascun fondatore consultandone la pagina di Crunchbase, il profilo Linkedin e se presente il profilo Facebook. Le informazioni ricercate sono state inerenti a quattro ambiti:

- Dati personali: nome, sesso e nazione di provenienza;
- Studi principali: università frequentata tenendo traccia della città e della nazione e se si tratta o meno di una STEM. In particolare, si è inserita l'università dove è stato conseguito il livello di istruzione più alto (fino alla magistrale). Nella categoria STEM, sono state incluse le facoltà di natura economica/manageriale e delle scienze mediche mentre sono state escluse le facoltà di studi umanistici e le scienze sociali (psicologia, etc.);
- Studi esteri: è stato valutato se il fondatore ha approfondito i suoi studi con in una nazione differente rispetto alla nazione dove ha conseguito la laurea magistrale, in particolare è stata inserita la nazione in cui sono stati effettuati tali studi. In questa sezione sono stati considerati "studi esteri" solo titoli superiori alla laurea

magistrale, quali Dottorato di Ricerca o Master (e.g. MBA), mentre sono stati esclusi eventuali Erasmus di pochi mesi.

È emerso che il 91% del campione, composto in totale da 340 fondatori, è di sesso maschile (**Fig. 4.12**).

***Figura 4.12**: Sesso Fondatori*

In riferimento al Background scolastico i tre principali poli universitari risultavano essere in Regno Unito, Francia e Germania (**Fig. 4.13**).

***Figura 4.13**: Percentuale fondatori in base alla nazione dell'Università di studio*

Per ogni università magistrale è stata tracciata l'appartenenza o meno alla classificazione STEM, dall'analisi risulta come, nella maggior parte dei casi, per entrambi i settori l'esito sia positivo (**Fig. 4.14**).

***Figura 4.14**: Numero fondatori per tipo di laurea conseguita*

Investitori

L'analisi degli investitori ha riguardato i "Top 5 Investors", cioè coloro che hanno contribuito maggiormente al finanziamento della Startup. Il campione analizzato è pari a 428 investitori non unici. Tramite una attenta analisi della Pagina Crunchbase, si è tenuto traccia della città e della nazione di appartenenza e del' "Investor Type" ovvero la tipologia di finanziatore. In particolare, le tipologie di finanziatori individuate sono le seguenti:

- **Venture Capitalist**: fondo di investimento, composto da professionisti, in Startup ad alto rischio con grandi potenziali di crescita;
- **Family Investment Office**: società di servizi che gestisce il patrimonio finanziario di una o più famiglie facoltose;

- **Entrepreneurship Program**: corsi che sviluppano le capacità imprenditoriali degli individui, può anche fornire supporto nei primi momenti di vita di una Startup;
- **Government Office**: enti governativi o statali che finanziano lo sviluppo di una Startup, tra di essi vengono inclusi gli incubatori universitari che supportano;
- **Private equity firm**: aziende private che investono nelle Startup, le finanziano con l'obiettivo o di acquisirle dopo che hanno raggiunto un buon livello di maturità o di sfruttare la loro tecnologia come beni complementari;
- **Investment bank**: banche specializzate nel fornire investimenti e prestiti per sviluppare l'attività delle imprese;
- **European fund**: fondi europei dedicati allo sviluppo delle Startup;
- **Accelerators**: programmi per accelerare la crescita di una Startup, forniscono finanziamenti e supporto nell'impostazione di un business plan e della strategia.
- **Business Angel**: singoli individui facoltosi che investono in Startup in cambio di una parte della proprietà o di obbligazioni. Rispetto ai Venture Capitalist, tendono a investire in Startup più piccole e a decidere dove investire il loro capitale in maniera più rapida;

Per prima cosa, l'analisi si è posta l'obiettivo di quantificare il numero di investitori appartenenti a ciascuna categoria, al fine di determinare quale fosse la tipologia di investitore preponderante. I dati raccolti sono riportati nel grafico sottostante che evidenzia come il 49%, dunque una consistente porzione del campione, sia una Venture Capital (**Fig. 4.15**).

***Figura 4.15**: Numero di investimenti per tipologia di investitori*

Infine, per avere una panoramica generale riguardo il grado di partecipazione degli investitori nei diversi round di investimento, è stata tenuta traccia della percentuale dei principali 5 investitori che hanno partecipato ad ogni round e di quelli che si sono astenuti (**Fig. 4.16**). Nello specifico "Si" indica che l'investitore ha partecipato al round, "No" indica che non ha partecipato e "Not Done" è stato assegnato all'investitore qualora la Startup non avesse ancora effettuato il round considerato.

***Figura 4.16**: Primi tre Round di investimenti*

Dai grafici si può notare che molti investitori partecipano al primo round, mentre solo in pochi investono nel terzo round. Da questo risultato si evince come circa la metà delle Startup considerate nel campione non sia mai arrivata ad effettuare il terzo round.

5) Impatto dell'AI sulla capacità umana e nella creazione del valore

Nello studio dell'impatto che l'AI ha sulla capacità umana, si è cercato di definire in un primo momento quanto la tecnologia introdotta potesse sostituirsi o meno all'intelletto umano. Il campione di riferimento su cui sono state svolte le analisi è composto da Startup classificate nei settori "Health" e "Customer Service", che, come è stato verificato, presentano due situazioni agli antipodi.

Per quanto riguarda il settore Customer Service, che abbraccia una vasta categoria di altri settori dal Financial all'E-commerce, la letteratura individua nei ***Chatbot***, la tecnologia di applicazione per eccellenza. Si tratta di assistenti virtuali che offrono un aiuto istantaneo al cliente attraverso un'interazione utente-sistema avanzata e un ragionamento per dare consigli in base alle esigenze e all'evoluzione del dialogo o della chat.

Il funzionamento di un chatbot si basa essenzialmente sul Natural Language Processing (NLP) e su sistemi di riconoscimento vocali e di testo, strumenti attraverso cui è resa possibile l'interazione. La letteratura offre un'adeguata classificazione degli agenti conversazionali secondo l'area di competenza (***Van den Herik 2019***):

1. ***Assistenti (virtuali, intelligenti, cognitivi, digitali, personali) (VPA)***: Agenti che svolgono compiti in modo intelligente sulla base dell'input dell'utente (parlato o scritto) e con l'aiuto di basi di dati e preferenze personalizzate dell'utente. Esempi tipici di questa categoria sono Siri di Apple o Alexa di Amazon;
2. ***Assistenti digitali specializzati (SDA)***: incentrato su uno specifico settore di competenza e avente un comportamento orientato agli obiettivi. Sono utilizzati maggiormente per servizio clienti e per attività di supporto interno;
3. ***Agenti di conversazione incorporati (ECA)***: cioè visivamente animati, in forma di avatar o robot, in cui il linguaggio è combinato con gesti ed espressioni facciali;
4. ***Chatterbots***: Bot con focus su chiacchiere e conversazioni realistiche, non orientate a specifiche attività, ma piuttosto all'intrattenimento.

L'obiettivo nel settore Customer Service è quello di instaurare una "simbiosi uomo-macchina" progettando dispositivi fisici e cognitivi che migliorino e aumentino le capacità umane in compiti specifici. Il risultato finale, un'interazione in cui umani e computer sono strettamente associati in partnership produttive che uniscono il meglio dell'essere umano con il meglio della macchina (***Grigsby 2018***).

Nel settore sanitario, l'AI è utilizzata per una seria di scopi che includono principalmente il rilevamento di malattie, la gestione di malattie croniche, la fornitura di servizi sanitari e la scoperta di nuovi farmaci. L'AI presenta il potenziale per aiutare ad affrontare importanti sfide sanitarie, tuttavia, vi è una limitata disponibilità di dati e una discutibile qualità degli stessi (***Berg 2018***). L'uso delle tecnologie di AI, in questo campo, solleva non poche questioni etiche. In primo luogo, occorre valutare il potenziale dell'AI di prendere decisioni errate e, in tal caso, a chi deve essere imputata la responsabilità legale nel supportare il processo decisionale della macchina; inoltre, occorre considerare le distorsioni intrinseche nei dati utilizzati per addestrare i sistemi di AI, prendendole attentamente in considerazione in fase di valutazione dei risultati. Si deve fornire un adeguato livello di protezione dei dati potenzialmente sensibili, preservando la fiducia dei pazienti ed evitando effetti sostitutivi o dannosi sui ruoli degli operatori sanitari. Infatti, seppur molte applicazioni possano sembrare sostitutive della capacità umana, nell'ambito sanitario, la decisione del medico rappresenta un aspetto imprescindibile. L'aumento delle applicazioni hardware e software in medicina e la digitalizzazione dei dati relativi alla salute alimentano i progressi nell'uso dell'AI in questo settore (***Howard 2019***). In particolare, nel settore i prodotti più utilizzati sono le piattaforme per il supporto nelle diagnosi, a volte accompagnate da sensori per la raccolta dei dati.

5.1) Metodo di analisi

Lo studio dei due settori di interesse ha riguardato 146 Startup, numero ottenuto dal database delle 878 precedentemente analizzato filtrandolo per i settori di interesse, ovvero Health e Customer Service. La ricerca è stata svolta sia controllando, nuovamente, i singoli siti delle Startup sia attraverso l'accesso a siti di database come Crunchbase,

Owler e RocketReach. Si è cercato di dettagliare l'analisi in modo da ottenere una più precisa categorizzazione di come queste Startup sfruttino o si servino dell'AI nei loro business. In particolare, si sono identificate alcune variabili che risultassero in linea con le domande di ricerca e che potessero portare ad un risultato più consistente rispetto alla sola valutazione di sostituzione o incremento della capacità umana da parte dell'AI

Di seguito si riporta una spiegazione delle variabili analizzate:

- **Tipo di prodotto offerto**: distinzione tra software e "software&hardware". Si è cercato di capire quale fosse l'elemento alla base dell'implementazione della tecnologia AI da parte di queste Startup e se esso cambiasse in base al settore. In particolare, se esse distribuissero solo un software o se propongono anche uno strumento fisico per l'elaborazione e raccolta dei dati.
- **Specifiche di prodotto**: le classificazioni studiate in letteratura sono servite per categorizzare con maggiore attenzione le varie tipologie di chatbot esistenti nel settore Customer Service. In generale, infatti, nonostante tutti i chatbot assolvono alla medesima funzione di comunicazione, a seconda dell'obiettivo che si vuole raggiungere e il contesto in cui è inserito, si hanno delle tipologie differenti di chatbot. Nel settore sanitario, si è fatta una distinzione in base al prodotto offerto dalla Startup. Esse possono fornire ai propri clienti una piattaforma autonoma perfettamente funzionante, che può essere offerta insieme ad uno strumento medico, oppure un servizio in cui mettono a disposizione i propri algoritmi per l'analisi dei dati;
- **Tipologia modello di business**: in base allo studio della letteratura si sono identificati i principali modelli di business delle Startup AI. Attraverso lo studio dei siti e delle descrizioni delle imprese è stato determinato il modello di business adottato da ogni singola Startup;
- **Numero di Partner**: ove possibile si è cercato di tenere traccia delle informazioni riguardanti i Partner nei due settori, sia rispetto alla numerosità sia rispetto al settore industriale di cui fanno parte. Successivamente, questi dati sono stati trasformati da qualitativi in informazioni quantitative determinando un range di valori adeguato;

- **Target dei clienti**: sono stati individuati i principali clienti a cui si rivolgono le Startup nei due settori. Sono stati determinati in base alla descrizione del loro prodotto e alle descrizioni presenti nei loro siti, in alcuni casi specificando direttamente i loro clienti;
- **Numero competitor**: utile per valutare se le startup avessero un mercato di riferimento e, rispetto a questo, il loro posizionamento rispetto ai possibili concorrenti del settore. Tuttavia, non è stato possibile raccogliere questa informazione per tutte le startup poiché sia dal controllo dei siti web e sia da quello effettuato su Crunchbase tale dato non è tracciato. Inoltre, ove è stato possibile tracciare il numero dei competitor si è proceduto, come nel caso precedente, ad identificare un intervallo numerico di riferimento come "**Stima dei competitor**";
- **Fatturato**: il dato relativo al fatturato annuale è stato identificato grazie alla consultazione di Crunchbase, Owler e RocketReach, i quali fornivano una stima realistica del fatturato. Successivamente, in base ai dati trovati, è stato identificato un intervallo numerico per aggregare le Startup con fatturato simile, inserendo la variabile "**Stima del fatturato**";
- **Brevetti**: si è voluto tenere traccia dell'attività brevettuale che molte di queste Startup hanno condotto e in particolare come questa sia strettamente legata al settore di competenza. Inoltre, per ogni brevetto si è specificato la classe sotto la quale fosse registrato, in modo da ottenere un risultato tangibile sulle tecnologie maggiormente sviluppate e come Startup appartenenti allo stesso settore si focalizzassero sulle aree brevettuali. Infine, si è inserita la variabile "**Numero Brevetti**" per tracciare il numero di brevetti prodotti da ogni Startup e capire il loro livello di innovazione.

5.2) Classificazione dei prodotti offerti e dei modelli di business

Inizialmente, si è cercato di capire quali siano i prodotti offerti dalle Startup e in che modo esse portino avanti il loro business, evidenziando quali modelli risultano essere più diffusi tra le Startup europee nei settori dell'Health e del Customer Service. In particolare, si è identificato il tipo di impatto dei prodotti sulle capacità dell'uomo e in che modo i modelli

di business creino valore nel mercato. Dapprima, si è studiata la variabile riguardante la tipologia di prodotto offerto se *Software*, ovvero, una raccolta di dati o istruzioni per un computer che indicano allo stesso come lavorare, oppure *Software & Hardware* intendendo con questo termine una combinazione di componenti fisici e software che lavorano all'unisono per la raccolta e l'elaborazione dei dati.

Dal grafico sottostante (**Fig. 5.1**) emerge, che circa l'85% delle Startup, appartenenti ai settori Health e Customer service, offrono una tecnologia basata su software, mentre solo il restante 15 % propone un bundle costituito da Software e Hardware.

***Figura 5.1**: Tecnologia offerta dalle Startup*

Ad un livello di dettaglio maggiore, è stata effettuata un'ulteriore distinzione filtrando tale risultato per settore. Il Customer Service, che rappresenta circa il 34 % del campione totale analizzato, si focalizza solo sull'offerta di software come strumento di implementazione della tecnologia AI. Per contro, le Startup del settore Health sono le sole che, nel 23% dei casi, offrono una combinazione di software e hardware, quali dispositivi indossabili, robot e macchine mediche (**Fig. 5.2)**

***Figura 5.2**: Tecnologia offerta in base ai Settori*

Il risultato che entrambi i settori siano caratterizzati da un'offerta basata essenzialmente sul software, ha fatto emergere ulteriori spunti di analisi: si sono indagate sia le caratteristiche tecniche e sia le specifiche dei prodotti offerti nei due settori. Attraverso uno studio dettagliato dei siti web e delle categorie di registrazione di tali Startup su Crunchbase, si è proceduto ad una categorizzazione più accurata.

Tra i prodotti offerti, i più comuni nel settore sanitario sono le piattaforme e gli algoritmi che rappresentano il 69% del totale dei prodotti offerti. Tali servizi supportano il medico nel fornire una diagnosi o nel controllo dell'avanzamento delle malattie, permettendogli di aumentare la qualità del proprio lavoro. Al terzo posto in termini di utilizzo è possibile trovare i "sensori e piattaforma", utilizzati per identificare i dati riguardanti la salute del paziente al fine di migliorare i regimi terapeutici, i flussi di lavoro ospedalieri e la prevenzione delle malattie (**Fig. 5.3**). Grazie a questi dispositivi, è possibile abbassare i costi ospedalieri e monitorare costantemente i pazienti anche a distanza. Nel servizio clienti gli agenti virtuali rappresentano la soluzione più sfruttata, circa il 61% dei prodotti offerti. Grazie alla letteratura è stato possibile identificare le diverse tipologie di chatbot, applicando tale divisione alla nostra ricerca è emerso che gli Assistenti digitali specializzati su un determinato compito (SDA) e gli Agenti che svolgono compiti in modo intelligente sulla base dell'input dell'utente (VPA) rappresentano più della metà (circa il 57% del totale e il 93% degli agenti virtuali utilizzati) delle soluzioni offerte nel settore

(**Fig. 5.4**). Gli agenti virtuali sostituiscono gli operatori umani nelle operazioni più semplici; dunque una presenza elevata di questi prodotti suggerisce che nel settore vi è una tendenza di sostituzione del lavoro umano e di apporto del valore attraverso una riduzione dei costi operativi.

***Figura 5.3**: Prodotti offerti nel settore sanitario*

***Figura 5.4**: Prodotti offerti nel settore del Servizio Clienti*

Un'ulteriore variabile di interesse è la tipologia del modello di business adottato dalle Startup AI. Il grafico sottostante (**Fig. 5.5**) mostra che tra i più sfruttati vi è, nel settore sanitario, il Software-as-a-Service poiché consente alle Startup di fornire un servizio predefinito da gestire in remoto, permettendo al cliente di mantenere il controllo sui propri dati, che nel settore sanitario risultano essere particolarmente sensibili a causa delle leggi presenti. Un altro modello molto diffuso è l'AIaaS (AI-as-a-Service), circa il 24%, in cui le Startup offrono il loro algoritmo per l'analisi dei dati mantenendo interamente il controllo sull'algoritmo. La diffusione di questi due modelli di Business mette in evidenza che all'interno del settore il possesso dei dati e degli strumenti per elaborarli sia fondamentale, le Startup creano valore grazie ai loro algoritmi innovativi e i loro clienti possono mantenere il pieno controllo dei dati. Il Customer Service si caratterizza, invece, da un'ambivalenza nell'adozione sia del modello RaaS, Robot-as-a-Service, sia di quello SaaS: il primo indica l'offerta di un chatbot, mentre il secondo offre una piattaforma per un'adeguata analisi del livello di risposta dei propri operatori per migliorare la qualità del servizio. È possibile osservare che tutte le tipologie di modelli studiati sono adottate, segno del fatto che, seppur ci siano delle soluzioni maggiormente popolari, le modalità attraverso cui si può implementare l'AI risultano diversificate e potenzialmente tutte valide. Infine, tutti i modelli studiati risultano complessi e difficilmente scalabili.

***Figura 5.5**: Modelli di Business più diffusi per settore*

5.3) Identificazione della Value Chain

Al fine di identificare la capacità di creare valore delle Startup AI e come esse si rapportino con gli attori presenti nella Value Chain dei due settori, si è tenuto traccia, ove possibile, dei partner che le supportano nella realizzazione del prodotto, dei competitor presenti nel mercato e dei clienti a cui il prodotto viene offerto. Dalla ricerca effettuata non è stato possibile identificare con precisione il numero dei competitor a causa delle poche informazioni disponibili, come evidenziato in **Figura 5.6** dalla presenza di molti *"Missing"*.

***Figura 5.6**: Numero dei competitor*

Per quanto concerne i Partner, nonostante non siano presenti molti dati (**Fig. 5.7**), è stato possibile reperire un numero sufficiente di informazioni per poter effettuare un'analisi qualitativa confrontando i partner con i clienti, per cercare di capire i meccanismi di appropriazione del valore nei settori e la motivazione che spinge i partner a sostenere le Startup. Nell'Health i principali partner sono le università, le aziende farmaceutiche, i centri di ricerca e gli ospedali, che nella maggioranza dei casi, rappresentano anche i principali fruitori del prodotto realizzato. Università e ospedali tendono a supportare le Startup nella fase iniziale della progettazione, che si realizza in maniera congiunta. Le aziende farmaceutiche e centri di ricerca, invece, avendo una maggiore conoscenza del

mercato di riferimento, affiancano le Startup al fine di sviluppare prodotti più maturi, che si integrano facilmente con i loro prodotti già offerti. In generale, le Startup creano prodotti per essere utilizzati dai loro partner, dunque la maggior parte del valore creato viene catturato dalle grandi aziende che spesso le integrano verticalmente. Dunque, la creazione di valore da parte dei partner risulta più alta nel settore dell'Health rispetto al Customer Service.

Una diversa tendenza caratterizza il Customer Service, in cui i partner sono maggiormente differenziati: aziende tecnologiche, banche, e-commerce e VC. Ciò conferma che, essendo i prodotti delle Startup operanti nel campo dell'assistenza clienti destinati a diversi settori, raramente vi è la concentrazione su un unico mercato, adattando la loro soluzione a contesti nuovi. In tale panorama, le aziende tecnologiche supportano le Startup per creare prodotti che risultino complementari a quelli che già offrono, mentre, le società bancarie ed e-commerce cercano di integrare il prodotto Startup nel proprio sistema. In questo settore difficilmente le Startup vengono acquisite o integrate verticalmente dai loro partner, esse riescono a mantenere un forte livello di indipendenza che gli permette di catturare la maggior parte del valore prodotto.

***Figura 5.7**: Numero dei Partner*

5.4) Panorama dell'attività brevettuale

L'attività brevettuale, condotta dalle Startup del campione studiato, è risultata una caratteristica rilevante su cui porre attenzione al fine di individuare la difendibilità dei loro business. A livello globale si osserva che la brevettazione di nuove tecnologie AI è in mano alle maggiori compagnie nel settore dell'informatica che aprono la strada della ricerca in questo campo. Il principale detentore di brevetti relativi all' AI è Microsoft, che possiede un numero pari a 18.365. Un'altra società statunitense, IBM è al secondo posto con 15.046 e il Samsung sudcoreano è al terzo con 11.243. (**Fig. 5.8**)

***Figura 5.8**: Aziende detenenti il maggior numero di brevetti per l'AI*

Considerando la situazione a livello globale, si è voluto indagare se e in che misura le Startup del contesto europeo presentassero attività brevettuali e le differenze sussistenti tra i due settori. Come mostrato in **Figura 5.9**, la maggior parte delle Startup analizzate non ha brevettato, nel settore sanitario solo 18 Startup hanno creato dei brevetti,

considerando che questo settore è trainato dalla ricerca, mentre, nel Customer Service nessuna Startup ha prodotto un brevetto.

***Figura 5.9**: Numero Startup in relazione ai brevetti posseduti*

Inoltre, non sorprende che la maggior parte dei brevetti prodotti da Startup AI siano classificati come brevetti IT, il 66%, poiché le soluzioni offerte dal settore sfruttano algoritmi di intelligenza artificiale (**Fig. 5.10**).

***Figura 5.10**: Tipologia di brevetti*

In generale, data la complessità dei modelli di business e alla loro difficile scalabilità queste tecnologie non risultato proteggibili attraverso i brevetti. Tale situazione è

confermata dal basso numero di brevetti prodotti dalle Startup e dal fatto che i prodotti offerti non presentino caratteristiche di unicità, risultando scarsamente difendibili.

5.5) Analisi finanziaria

Con l'obiettivo di comprendere lo stato finanziario delle Startup, dopo aver trovato il fatturato di ogni Startup, sono state costruite delle classi di range per accorpare Startup con fatturato simile. In particolar modo, si nota che la maggior parte delle Startup possiede un fatturato inferiore a 1 M$ e circa il 36% di esse rientra nel range 1 - 5 M $. Solo in pochi casi si osservano fatturati maggiori di 10 M$ (**Fig. 5.11**). Dal risultato si può dedurre come, nonostante molte Startup non riescano a superare il milione, la maggior parte, circa 72, è in grado di generare un buon livello di fatturato che gli permette di continuare a sviluppare i propri prodotti e le rende appetibili per grandi aziende garantendo una possibilità di Exit con successo.

***Figura 5.11**: Fatturato Startup*

Infine, si sono confrontati i fatturati con il totale degli investimenti ricevuti dalle Startup (**Fig. 5.12**). Dal grafico si può notare che la maggior parte delle Startup con fatturato compreso tra 1 e 10 M $ ha ricevuto almeno 5 M $ di investimento, mentre l'85% di

Startup con fatturato inferiore al milione di dollari, non supera i 5 milioni di investimenti ricevuti. Infine, le Startup con un fatturato superiore ai 10 milioni di dollari hanno ricevuto finanziamenti molto elevati, superiori ai 50 milioni di dollari. Soltanto la Startup Webio, che si occupa di creare chatbot integrati con servizi di messaggistica più diffusi per fornire un servizio di e-commerce, ha ricevuto un investimento inferiore al milione di dollari e ha raggiunto un fatturato di circa 11 M $. In generale, è possibile affermare che in pochi casi le Startup generano un fatturato in grado di ripagare l'investimento ricevuto, mentre molte Startup risultano avere un basso fatturato rispetto all'investimento ricevuto. In generale, si può affermare che, eccetto pochi outlier, per generare un grande fatturato è necessario ricevere ingenti investimenti e che la maggior parte delle Startup vengono finanziate per essere vendute. Infine, avendo considerato gli investimenti totali ricevuti e l'ultimo fatturato disponibile, la relazione tra fatturato e investimenti è stata sottostimata essendo una misura ex-post.

***Figura 5.12**: Confronto fatturato e totale investimenti ricevuti*

6) Conclusioni

A valle di questo lavoro di tesi è stato possibile definire in modo dettagliato le principali attività dell'AI e ottenere una classificazione delle stesse basata sugli utilizzi reali di questa tecnologia, in quanto le distinzioni precedentemente trovate in letteratura si basavano solo su aspetti teorici. Dall'analisi condotta sulle Startup acquisite, emerge un fenomeno di esportazione delle competenze, sviluppate internamente a queste organizzazioni, abbastanza rilevante. Infatti, una strategia ampiamente diffusa nel panorama europeo delle Startup AI è l'integrazione verticale attuata da grandi aziende, di diversi settori, che facendo leva tra il proprio business e i prodotti offerti dalle Startup riescono ad inglobare know-how e componenti complementari ai propri prodotti/servizi per migliorarli, incrementando il loro potere di mercato. Poiché tale strategia è molto diffusa, l'AI non rappresenta un settore autonomo e con un chiaro dominio applicativo, ma un fenomeno capillare a tutti gli ambiti industriali. Questa capillarità delle attività dell'AI consente di trasformare i settori tradizionali, piuttosto che favorire un'effettiva crescita delle Startup.

Successivamente, analizzando le Startup dell'Health e del Customer Service, è emerso che non esiste un chiaro impatto negativo sui contenuti del lavoro umano, bensì il ruolo dell'AI risulta apportare un valore aggiunto alle attività umane. Nei due casi studio si evidenzia che: nel settore sanitario, l'AI ha un ruolo di supporto per i medici che mantengono, in ogni caso, il potere decisionale; nel customer service, l'intelligenza artificiale, nonostante sia utilizzata per sostituire gli operatori per l'assistenza clienti, viene sfruttata principalmente per automatizzare operazioni che non sono eseguibili dagli esseri umani, in quanto quest'ultimi non sono in grado di analizzare grandi quantità di dati.

Infine, per quanto concerne l'appropriazione del valore creato dalle Startup, si riscontrano dinamiche differenti in base ai settori studiati. Nell'Health risulta che i partner tendono ad appropriarsi della maggior parte del valore creato dalle Startup, in quanto contribuiscono in maniera rilevante allo sviluppo del prodotto finale, essendo in una

posizione dominante. Invece, nel Customer Service i partner supportano le Startup per creare prodotti che risultano complementari a quelli che già offrono, e i clienti tendono ad appropriarsi del valore cercando di integrare nei loro business le soluzioni proposte dalle Startup. Pertanto, in entrambi i settori studiati risulta fondamentale l'instaurazione di effetti rete con i partner tali da favorire lo sviluppo di prodotti in maniera congiunta, che si integrano agevolmente con i business sviluppati dai partner.

L'elaborato di tesi presenta delle limitazioni riguardanti i filtri utilizzati per costruire il dataset, in quanto sono state escluse dall'analisi molte Startup per le quali le informazioni riguardanti l'ammontare degli investimenti ricevuti erano assenti su Crunchbase. Inoltre, la scarsità di informazioni inerenti ai competitor e ai partner, potrebbe comportare una bassa affidabilità dei risultati ottenuti. Per tali ragioni, un'analisi dettagliata sui profili degli acquirenti delle Startup e un miglioramento dei filtri utilizzati e dei criteri di scelta, al fine di integrare più Startup all'analisi effettuata, potrebbero rappresentare nuovi spunti futuri di studio. Infine, si ritiene utile approfondire le ricerche sui competitor per ottenere dei risultati più solidi e affidabili ed estendere le analisi effettuate agli altri settori individuati.

***Tabella 6.1A**: Focus sui risultati ottenuti*

Fenomeno analizzato	Risultato
Acquisizione delle Startup AI	• Le competenze create sono esportate esternamente al continente europeo; • Esiste un fenomeno di integrazione verticale da parte delle aziende preesistenti per rafforzare il proprio potere di mercato; • Le aziende tendono ad acquisire Startup appartenenti al medesimo settore di competenza; • Non esiste un vero e proprio settore dell'AI, ma vi è una rilevante penetrazione nei settori tradizionali.
Interazione dell'AI con la capacità umana	• Non vi è un chiaro impatto negativo, bensì l'AI apporta valore aggiunto al lavoro umano; • Nell'Health, l'AI supporta gli operatori sanitari nel processo decisionale, permettendo ai medici di mantenere un ruolo di primo piano; • Nel Customer Service, l'AI automatizza operazioni che risultano essere ripetitive e che l'uomo non è in grado di eseguire.

***Tabella 6.1B**: Focus sui risultati ottenuti*

Creazione ed appropriazione del valore	• I prodotti offerti non presentano caratteristiche di unicità, risultando scarsamente difendibili dalla creazione di brevetti; • Nell'Health, i partner tendono ad appropriarsi del valore poiché detengono una posizione dominante nello sviluppo e nella progettazione del prodotto; • Nel Customer Service, vi è una suddivisione del valore tra Startup e partner poiché tendono a sviluppare prodotti complementari; • In entrambi i settori si tendono a sviluppare effetti di rete tra Partner e Startup.
Rapporto tra investimenti e fatturato delle Startup	• Esiste una relazione tra il fatturato delle Startup e gli investimenti ricevuti, in quanto solo Startup con ingenti investimenti hanno raggiunto un fatturato elevato; • Le Startup ricevono finanziamenti con lo scopo di essere vendute, garantendosi un'exit di successo.

7) Appendice

***Tabella 7.1A**: Dettaglio Acquirenti e Startup Acquisite*

Acquirente	Settore	Nazione	Startup Acquisita (Sold)	Nazione Startup Acquisita
Accenture Digital	CONSULTING	Ireland	Milkshake Solutions	Turkey
Acutronic	ROBOTICS	Usa	Erle Robotics	Spain
Advance Publications	MEDIA	Usa	Newzoo	Netherlands
Afimilk	AGRICULTURAL	Israel	Silent Herdsman	Uk
Alantra	FINANCE	Spain	urbanData Analytics	Spain
Amadix	HEALTH	Spain	Transbiomed	Spain
Amazon	BIG TECH	Usa	Evi	Uk
Animal Dynamics	IT	Uk	Accelerated Dynamics	Uk
Apple	BIG TECH	Usa	Spectral Edge	Uk
			faceshift	Switzerland
			VocalIQ	Uk
			Semetric	Uk
			Regaind	France
			Spektral	Denmark
Aptean	IT	Usa	TheySay	Uk
Auvik Networks	IT	Canada	Talaia	Spain
Axway	IT	France	Streamdata.io	France
Bemyeye	IT	Uk	Streetbee	Russian Federation
Brandwatch	MARKETING	Uk	PeerIndex	Uk
Cactus Communications	HEALTH	India	Unsilo	Denmark
Candy Capital	FINTECH	Uk	Blippar	Uk
Canon	ELECTRONICS	Usa	Lifecake	Uk
Centrica	ENERGY	Uk	REstore	Belgium
Cerved Group	IT	Italy	SpazioDati	Italy
Cisco	IT	Usa	Sentryo	France
			Cognitive Security	Czech Republic
Cognex	IT	Usa	ViDi Systems	Switzerland

***Tabella 7.1B**: Dettaglio Acquirenti e Startup Acquisite*

Continental	MOBILITY	Germany	DRUST	France
Cornerstone Ondemand	IT	Usa	Clustree	France
Crealytics	RETAIL	Germany	deltamethod	Germany
Dcmn	MARKETING	Germany	1SDK	Germany
Dilax Intelcom	MOBILITY	Germany	42reports	Germany
Dnata	MOBILITY	United Arab Emirates	bd4travel	Germany
Dspace	IT	Usa	understand.ai	Germany
Easiware	IT	France	Dictanova	France
Elsevier	MEDIA	Uk	newsflo	Uk
Episerver	IT	Usa	Idio	Uk
Evalueserve	IT	Germany	Treparel.com	Netherlands
Eyeem	IT	Germany	Sight.io	Switzerland
Facebook	MEDIA	Usa	Bloomsbury AI	Uk
			ProtoGeo	Finland
Fortinet	IT	Usa	ZoneFox	Uk
Gig Technology	IT	Belgium	Racktivity	Belgium
Google	BIG TECH	Usa	AIMatter	Belarus
			DeepMind	Uk
			Moodstocks	France
			Phonetic Arts	Uk
Habit Analytics	IT	Usa	Muzzley	Portugal
Haivision	MEDIA	Canada	LightFlow	Spain
Hortonworks	IT	Usa	SequenceIQ, Inc.	Hungary
Icr Integrity	ENERGY	Uk	Sky-Futures	Uk
Intel	IT	Usa	Indisys	Spain
Ipsos Retail Performance	RETAIL	Uk	Viewsy	Uk
Jda Software	IT	Usa	Blue Yonder	Germany
Magneti Marelli	MOBILITY	Italy	Smart Me Up	France
Marlin Equity Partners	FINANCE	Usa	Talkwalker	Luxemburg
Matchdeck Ltd	IT	Uk	aiHit	Uk

***Tabella 7.1C**: Dettaglio Acquirenti e Startup Acquisite*

Meltwater	IT	Usa	Wrapidity	Uk
Menschdanke Group	MEDIA	Germany	Versus	Germany
Microsoft	BIG TECH	Usa	SwiftKey	Uk
Namaste Technologies	HEALTH	Canada	Findify	Sweden
Nokia	IT	Finland	Withings	France
Ogury	ADVERTISING	France	Influans	France
Olamobile	MARKETING	Luxembourg	IconPeak	Germany
Oracle	IT	Usa	Wercker	Netherlands
Oxo Labs Ltd.	FINANCE	Hungary	Gravity R&D	Hungary
Palantir Technologies	IT	Usa	Silk	Netherlands
Panasonic	ELECTRONICS	Japan	AUPEO!	Germany
Pccw	FINANCE	Hong Kong	Crypteia Networks	Greece
Price Edge	IT	Sweden	rightprice.ai	Sweden
Qualcomm	IT	Usa	Scyfer	Netherlands
Resnap	IT	Netherlands	Bundle	Netherlands
Rpx Corporation	FINANCE	Usa	NVMdurance	Ireland
Samba Tv	MEDIA	Usa	Filmaster	Poland
Sap	IT	Germany	Recast.AI	France
Shell Energy	ENERGY	Netherlands	Limejump	Uk
Sidetrade	IT	France	IKO System	France
Silverbullet Data Services Fusione	IT	Uk	iotec	Uk
Skyscanner	TRAVEL	Uk	Twizoo	Uk
Software Ag	IT	Germany	TrendMiner	Belgium
Sonos	IT	Usa	Snips	France
Spotify	MEDIA	Sweden	niland	France
			Sonalytic	Uk
Streem	IT	Usa	Selerio	Uk
Sykes Enterprises	HR	Usa	Symphony Ventures	Uk
Temenos	FINANCE	Switzerland	Logical Glue	Uk

***Tabella 7.1D**: Dettaglio Acquirenti e Startup Acquisite*

Teradata	IT	Usa	Big Data Partnership	Uk
The Trade Desk	MEDIA	Usa	Adbrain	Uk
Tiktok	IT	China	Jukedeck	Uk
Tipser	RETAIL	Sweden	reve	Sweden
Transunion	LEGAL	Usa	Trustev	Ireland
Trivago	TRAVEL	Germany	tripl	Germany
Twitter	MEDIA	Usa	Aiden	Uk
			Fabula AI Limited	Uk
			Magic Pony Technology	Uk
Valeo	MOBILITY	France	CloudMade	Uk
Waters Corporation	IT	Usa	Andrew Alliance	Switzerland
Waymo	MOBILITY	Usa	Latent Logic	Uk
Weathernews	WEATHER	Japan	Climpact-Metnext	France
Yahoo	IT	Usa	Summly	Uk
Zebra Technologies	IT	Usa	Cortexica Vision Systems	Uk
Zurich Insurance Group	INSURANCE	Switzerland	Bright Box	Switzerland

***Figura 7.1A**: Dimensione delle Startup rispetto all'anno di fondazione*

***Figura 7.1B**: Dimensione delle Startup rispetto all'anno di fondazione*

***Figura 7.1C**: Dimensione delle Startup rispetto all'anno di fondazione*

***Figura 7.1D**: Dimensione delle Startup rispetto all'anno di fondazione*

***Tabella 7.2A**: Codice NACE*

INDUSTRY	CODE	NACE(1)	CODE	NACE(2)
Agriculture	A	Agriculture, forestry and fishing		
Manufacturing	C	Manufacturing	C.28	Manufacture of machinery and equipment n.e.c.
Eletronics	C	Manufacturing	C.27	Manufacture of electrical equipment
Robotic	C	Manufacturing	C.26	Manufacture of computer, electronic and optical products
Fashion	C	Manufacturing	C.14	Manufacture of wearing apparel
Energy	D	Electricity, gas, steam and air conditioning supply		
Environment	E	Water supply; sewerage; waste management and remediation activities		
Infrastructure	F	Construction		
E-Commerce	G	Wholesale and retail trade		
Retail	G	Wholesale and retail trade		
Mobility	H C	Transporting and storage Manufacturing	 C.29 C.30	 Manufacture of motor vehicles, trailers and semi-trailers Manufacture of other transport equipment
Logistic	H	Transportation and storage	H.52	Warehousing and support activities for transportation
Aerospace	H	Transporting and storage	H.51	Air transport
Food	I	Accommodation and food service activities		Food service activities
Travel	I N	Accommodation and food service activities	 N.79	Accommodation Travel agency, tour operator and other reservation service and related activities
IT	J	Information and communication	J.62	Computer programming, consultancy and related activities
Media	J	Information and communication		
Mobile Communication	J	Information and communication	J.63	Information service activities
Photo	J	Information and communication	J.59	Motion picture, video and television programme production, sound recording and music publishing activities
Music	J	Information and communication	J.59	Motion picture, video and television programme production, sound recording and music publishing activities

***Tabella 7.2B**: Codice NACE*

Financial	K	Financial and insurance activities		
Insurance	K	Financial and insurance activities		
Real Estate	L	Real estate activities		
Marketing	M	Professional, scientific and technical activities	M.73	Advertising and market research
Advertising	M	Professional, scientific and technical activities	M.73	Advertising and market research
Advisory	M	Professional, scientific and technical activities	M.70	Activities of head offices; management consultancy activities
Legal	M	Professional, scientific and technical activities	M.69	Legal and accounting activities
R&D	M	Professional, scientific and technical activities	M.72	Scientific research and development
Accounting	M	Professional, scientific and technical activities	M.69	Legal and accounting activities
Customer Service	N	Administrative and support service activities	N.82	Office administrative, office support and other business support activities
Security	N	Administrative and support service activities	N.80	Security and investigation activities
HR	N	Administrative and support service activities	N.78	Employment activities
Public Administration	O	Public administration		
Education	P	Education		
Health	Q	Human health and social work activities		
Sport	R	Arts, entertainment and recreation	R.93	Sports activities and amusement and recreation activities
Gambling	R	Arts, entertainment and recreation	R.94	Gambling and betting activities
Gaming	R	Arts, entertainment and recreation		
Entertainment	R	Arts, entertainment and recreation	R.90	Creative, arts and entertainment activities

Bibliografia

Agrawal A., Gans J.S. and Goldfarb A., What to expect from artificial intelligence, *MIT Sloan Management Review*, pp. 23-26, 2017.

Andriole S., Artificial Intelligence, Machine Learning, and Augmented Analytics, *Life in C-Suite,* pp. 56-59, 2019.

Avdeenko T.V. and Makarova E.S., The case-based decision support system in the field of IT-consulting, *Journal of Physics: Conference Series*, 2017.

Barnes J., The AI-First Business Model, consultato in data 01/03/2020, https://medium.com/element-ai/the-ai-first-business-model-fcc41c069440, 2017.

Becciani U. and Petta C., New frontiers in computing and data analysis–the European perspectives, *Radiation Effects and Defects in Solids*, pp. 1020-1030, 2019.

Bellaiche F., On Quantum Computing and Artificial Intelligence, *Quantum Bits*, consultato in data 02/03/2020, https://www.quantum-bits.org/?p=2336, 2018.

Berg R.S. and Joynson C., Artificial intelligence (AI) in healthcare and research, *Nuffield Council on Bioethics*, 2018.

Bessen J.E., Impink S.M., Reichensperger L. and Seamans R., The Business of AI Startups, *Boston University School of Law Law & Economics Series Paper No. 18-28*, Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=3293275, 2018.

Bini S.A., Artificial Intelligence, Machine Learning, Deep Learning, and Cognitive Computing: What Do These Terms Mean and How Will They Impact Health Care?, *The Journal of Arthroplasty 33*, pp. 2358-2361, 2018.

Blank S. and Dorf B., The Startup Owner's Manual: The Step-by-Step Guide for Building a Great Company: 1, K & S Ranch, Palo Alto, 2012.

Bostrom N., *Superintelligence: Paths, dangers, strategies,* Oxford University Press, Oxford, 2014.

Bostrom N., Strategic Implications of Openness in AI Development, Global Policy 8, pp. 135-148, 2016.

Bughin J., Hazan E., Manyika J. and Woetzel J., Artificial intelligence the next digital frontier?, *McKinsey Global Institute*, 2017.

Carree M. A. and Thurik A. R., The Impact of Entrepreneurship on Economic Growth, in Z.J. Acs, D.B. Audretsch (eds.), *Handbook of Entrepreneurship Research*, Springer, Berlino, 2010.

Cautela C., Mortati M., Dell'Era C. and Gastaldi L., The impact of artificial intelligence on design thinking practice: Insights from the ecosystem of startups*, Strategic Design Research Journal*, pp. 114-134, 2019.

Che C., Wang H., Fu Q. and Ni X., Combining multiple deep learning algorithms for prognostic and health management of aircraft, *Aerospace Science and Technology*, 2019.

Cho V. and Chan A., An integrative framework of comparing SaaS adoption for core and non-core business operations: An empirical study on Hong Kong industries, *Information Systems Frontiers*, pp. 629-644, 2013.

Civiero V., L'innovazione aziendale e la ridefinizione dei business models in un'ottica strategica, 2012.

Cohen B., Sustainable valley entrepreneurial ecosystems, *Business Strategy and the Environment*, pp. 1-14, 2005.

Collier M., Fu R. and Yin L., Artificial Intelligence: Healthcare's New Nervous System, *Accenture*, 2017.

Corea F. *Artificial Intelligence and Exponential Technologies: Business Models Evolution and New Investment Opportunities*, Springer, Berlino, 2017.

Crowne M., Why software product startups fail and what to do about it, *IEEE International Engineering Management Conference*, pp. 338-343, 2002.

Fenwick M., Vermeulen E.P.M. and Corrales M., Business and regulatory responses to artificial intelligence: Dynamic regulation, innovation ecosystems and the strategic management of disruptive technology, *Perspectives in Law, Business and Innovation*, pp. 81-103, 2018.

Garbuio M. and Lin N., Artificial intelligence as a growth engine for health care startups: Emerging business models, *California Management Review*, pp. 59-83, 2018

Genome LLC, Global Startup Ecosystem Report, 2018.

Grigsby S.S., Artificial intelligence for advanced human-machine symbiosis, *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) 10915 LNAI*, pp. 255-266, 2018.

Hosomi I., The potential of AI to propose security countermeasures, NEC Technical Journal, Vol. 12 No.2, pp. 75-79, 2018.

Howard J., Artificial intelligence: Implications for the future of work, *American Journal of Industrial Medicine*, pp. 917-926, 2019

Hu K., Rahman A., Bhrugubanda H. and Sivaraman V., HazeEst: Machine Learning Based Metropolitan Air Pollution Estimation from Fixed and Mobile Sensors, *IEEE Sensors Journal*, pp. 3517-3525, 2017.

Jaakkola H., Henno J., Mäkelä J. and Thalheim B., Artificial intelligence yesterday, today and tomorrow, *2019 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics, MIPRO 2019 – Proceedings*, pp. 860-867, 2019.

Jefimova Z. and Nabseth S., A Pricing Model for AIaaS, *Master of Science Thesis KTH*, 2018.

Jordan M.I. and Mitchell T.M., Machine learning: Trends, perspectives, and prospects, *Science 349*, pp. 255-260, 2015.

Kane T., The Importance of Startups in Job Creation and Job Destruction, *Kauffman Foundation Research Series: Firm Formation and Economic Growth*, 2010.

Laatikainen G. and Ojala A., SaaS architecture and pricing models, *Proceedings - 2014 IEEE International Conference on Services Computing, SCC*, pp. 597-604, 2014.

LeCun Y., Bengio Y. and Hinton G., Deep learning, *Nature*, pp. 436-444, 2015.

Lee J., Suh T., Roy D. and Baucus M., Emerging Technology and Business Model Innovation: The Case of Artificial Intelligence, *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity,* 2019.

Lu H., Li Y., Chen M., Kim H. and Serikawa S., Brain Intelligence: Go Beyond Artificial Intelligence, *Mobile Networks and Applications,* pp. 368-375, 2017.

Mäkinen S.J. and Dedehayir O., Business ecosystem evolution and strategic considerations: A literature review, *2012 18th International Conference on Engineering, Technology and Innovation, ICE 2012 - Conference Proceedings*, 2012.

Marinai S., Gori M. and Soda G., Artificial neural networks for document analysis and recognition, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, pp. 23-35, 2005.

Mehta N., Pandit A. and Shukla S., Transforming healthcare with big data analytics and artificial intelligence: A systematic mapping study, *Journal of Biomedical Informatics*, 2019.

Metelskaia I., Ignatyeva O., Denef S. and Samsonowa T., A business model template for ai solutions, *ACM International Conference Proceeding Series*, pp. 35-41, 2018.

Montes G.A. and Goertzel B., Distributed, decentralized, and democratized artificial intelligence, *Technological Forecasting and Social Change*, pp. 354-358, 2019

Moore J. F., *The death of competition: leadership and strategy in the age of business ecosystems*, Harper Paperbacks, 1997.

Morielli M. and Galimberti L., Intelligenza Artificiale: Istruzioni per L'uso, *Accenture Applied intelligence,* 2018.

Mou X., Artificial Intelligence: Investment Trends and Selected Industry Uses, *IFC a member of the World Bank Group*, 2019.

Ng A., AI Transformation Playbook, consultato in data 01/03/2020 https://landing.ai/ai-transformation-playbook/, 2018

Overgoor G., Chica M., Rand W. and Weishampel A., Letting the Computers Take Over: Using AI to Solve Marketing Problems, *California management review*, pp. 156-185, 2019.

Panetta K., Hyperautomation, blockchain, AI security, distributed cloud and autonomous things drive disruption and create opportunities in this year's strategic technology trends, consultato in data 01/03/2020, https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-10-strategic-technology-trends-for-2020/ ,2019.

Patel P. and Thakkar A., The upsurge of deep learning for computer vision applications, *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, Vol. 10, pp. 538-548, 2020.

Prat N., Augmented Analytics, *Business and Information Systems Engineering*, pp. 375-380, 2019.

Prince S. J. D., *Computer Vision: Models, Learning, and Inference,* Cambridge University Press, Cambridge, 2012.

Quan X.I. and Sanderson J., Understanding the artificial intelligence business ecosystem, *IEEE Engineering Management Review,* pp. 22-25, 2018.

Ries E., *The Lean Startup startup: How today's entrepreneurs use continuous innovation to create radically successful businesses.*, Crown Business, New York, 2011.

Roelands M., AI History and its Bright Future ahead, consultato in data 01/03/2020 https://www.linkedin.com/pulse/ai-history-its-bright-future-ahead-marloes-roelands/, 2018.

Shams R., Developing Machine Learning Products Better and Faster at Startups, *IEEE Engineering Management Review*, pp. 36-39, 2018.

Souza K.E.S., Seruffo M.C.R., De Mello H.D., Souza D.D.S. and Vellasco M.M.B.R., User Experience Evaluation Using Mouse Tracking and Artificial Intelligence, *IEEE Access*, pp. 96506-96515, 2019.

Stipic A., Bronzin T., Prole B. and Pap K., Deep learning advancements: Closing the gap, *2019 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics, MIPRO 2019 – Proceedings*, pp. 1087-1092, 2019.

Tripathi N., Seppanen P., Boominathan G., Oivo M. and Liukkunen K., Insights into Startup Ecosystems through Exploration of Multi-vocal Literature, *Information and Software Technology,* 2018.

Van den Herik J., Rocha A. P. and Steels L., *Agents and Artificial Intelligence*, Springer, Berlino, 2019.

Wang C., Xu P., Zhang L., Huang J., Zhu K. and Luo C., Current strategies and applications for precision drug design, *Frontiers in Pharmacology*, 2018.

Weikert T., Cyriac J., Yang S., Nesic I., Parmar V. and Stieltjes B., A Practical Guide to Artificial Intelligence-Based Image Analysis in Radiology, *Investigative radiology*, pp. 1-7, 2019.

Xie J., Wang X., Wang X., Pang G. and Qin X., An eye-tracking attention based model for abstractive text headline, *Cognitive Systems Research*, pp. 253-264, 2019.

Xu Q., Chong H.-Y. and Liao P.-C., Exploring eye-tracking searching strategies for construction hazard recognition in a laboratory scene, *Safety Science*, pp. 824-832, 2019.

Yang L. and Zhu M., Review on the status and development trend of AI industry, *2019 IEEE 4th International Conference on Cloud Computing and Big Data Analytics, ICCCBDA*, pp. 89-93, 2019.

Indice delle Figure

Figura 1.1: Le capacità del Machine Learning, Morielli, 2018 7
Figura 1.2: Flusso del processo ML di base, Patel, 2019 8
Figura 1.3: Classificazione dei ML in base all'output prodotto, Bellaiche, 2018..... 9
Figura 1.4: Schema gerarchico dall'AI al DL, Hewlett-Packard 11
Figura 1.5: Esempi di rete neurale, Bellaiche, 2018 13
Figura 1.6: Flusso tradizionale di Machine Learning, Patel, 2019 16
Figura 1.7: Flusso di Deep Learning, Patel, 2019 16
Figura 2.1: Investimenti dei VC nelle Startup AI (2012-2016), Fenwick, 2018 20
Figura 2.2: N° acquisizioni globale di Startup AI (2010-2019), Statista, 2019..... 21
Figura 2.3: Distribuzione geografica delle Startup AI nel mondo, Corea, 2017 22
Figura 2.4: Business Model per prodotti di intelligenza artificiale, NG, 2018 25
Figura 2.5: Matrice di classificazione di modelli di business per l'AI, Corea, 2017 28
Figura 3.1: Classificazione delle Startup 33
Figura 4.1: Classificazione Startup Sold 35
Figura 4.2: Numero acquirenti in relazione alla nazione di provenienza 36
Figura 4.3: Dimensione degli Acquirenti 37
Figura 4.4: Settore di provenienza degli acquirenti..... 38
Figura 4.5: Headquarter delle Startup..... 39
Figura 4.6: Tecnologie AI più utilizzate..... 43
Figura 4.7: Sviluppo Tecnologie AI (2005-2018) 48
Figura 4.8: Principali settori di applicazione dell'AI 50
Figura 4.9: Diffusione AI nei Top 7 settori 53
Figura 4.10: Rapporto tra l'AI e il lavoro dell'uomo..... 55
Figura 4.11: Rapporto tra l'AI e il lavoro dell'uomo per ogni settore..... 56
Figura 4.12: Sesso Fondatori 58
Figura 4.13: Percentuale fondatori in base alla nazione dell'Università di studio 58
Figura 4.14: Numero fondatori per tipo di laurea conseguita..... 59
Figura 4.15: Numero di investimenti per tipologia di investitori 61
Figura 4.16: Primi tre Round di investimenti 61

Figura 5.1: Tecnologia offerta dalle Startup 66
Figura 5.2: Tecnologia offerta in base ai Settori 67
Figura 5.3: Prodotti offerti nel settore sanitario 68
Figura 5.4: Prodotti offerti nel settore del Servizio Clienti 68
Figura 5.5: Modelli di Business più diffusi per settore 69
Figura 5.6: Numero dei competitor 70
Figura 5.7: Numero dei Partner 71
Figura 5.8: Aziende detenenti il maggior numero di brevetti per l'AI 72
Figura 5.9: Numero Startup in relazione ai brevetti posseduti 73
Figura 5.10: Tipologia di brevetti 73
Figura 5.11: Fatturato Startup 74
Figura 5.12: Confronto fatturato e totale investimenti ricevuti 75
Figura 7.1: Dimensione delle Startup rispetto all'anno di fondazione 82

Indice delle Tabelle

Tabella 1.1: Differenze tra ML e DL 15
Tabella 4.1: Classificazione delle Startup 41
Tabella 6.1: Focus sui risultati ottenuti 77
Tabella 7.1: Dettaglio Acquirenti e Startup Acquisite 79
Tabella 7.2: Codice NACE 84

Ringraziamenti

È strano come si possa aspettare un giorno con tanta ansia per anni e poi volerlo allontanare il più possibile quando sta per arrivare. Si, perché questo traguardo segna anche un po' la fine di un ciclo e si sa che una fine non è mai facile per quanto si possa arrivare preparati. L'augurio più grande che vorrei farmi è quello di guardarmi indietro un giorno ed essere orgogliosa di quello che sono diventata, una donna pienamente soddisfatta dei risultati raggiunti, proprio come in questo momento. Vorrei augurarmi la forza di cambiare, la capacità di scegliere e di non scendere a compromessi in una vita sempre più caotica. Vorrei approcciarmi ad una nuova situazione proprio come il primo giorno al Politecnico, mossa da voglia di fare e da grandi aspettative. Questi cinque anni mi hanno segnata molto. Stare lontano da casa e imparare a cavarsela da soli penso siano le cose più difficili che uno studente possa affrontare, non far trasparire nulla ai genitori per non far stare loro "con il pensiero" e trovare qualcuno che condivida, come te, la stessa situazione e farne la tua famiglia al Nord. Ma eccomi qui, finalmente anche io ho raggiunto questo traguardo!

Vorrei ringraziare, innanzitutto, il Prof. Paolucci e la Dottoranda per il concreto supporto fornitomi nella stesura del presente elaborato e i miei compagni di viaggio, con cui ho condiviso gioie e ansie legati a questa tesi.

Risulta difficile ora fare il bilancio delle emozioni che si provano, nonostante ciò, vorrei esprimere la mia gratitudine verso i miei genitori. Grazie a voi che, ogni volta che si chiudevano quelle porte dell'intercity notte per Torino, facevate un sorrisino beffardo smorzando la tristezza che vi assaliva e io, dietro al finestrino, vi salutavo timida mentre mi si stringeva il cuore vedendovi allontanare piano piano e sulle guance di mamma vedevo le lacrime scendere e papà distogliere lo sguardo dalla mia direzione. Grazie per aver reso possibile questo giorno, supportandomi negli studi e nelle scelte, facendomi sentire la vostra presenza pur stano lontani.

Grazie Papà, perché nei momenti di sconforto le tue parole e le tue esperienze mi hanno sempre spronata a fare del mio meglio, a provare e riprovare ancora senza mai arrendermi,

grazie perché il tuo “Buongiorno principessa”, puntuale ogni mattina, mi fa sentire al sicuro proprio come quando ero piccola.

Grazie Mamma, tu lo sai meglio di chiunque altro quanto possa essere difficile aver lontano qualcuno che ami. Ti ringrazio per avere un’infinita pazienza nei miei confronti, un cuore grande e un amore smisurato che dimostri in piccoli gesti. Uno dei miei più grandi desideri era quello di renderti entusiasta di me, spero di esserci riuscita, grazie per essere stata il mio porto sicuro in cui approdare ad ogni deriva.

Grazie Giulia, tu che sei l’altra metà del mio cuore, una sorella esemplare, un’amica e una complice, sempre pronta a rialzarmi e ad incoraggiarmi. Non avrei potuto desiderare sorella migliore di te, che inconsapevolmente con il tuo modo di fare e il tuo lato protettivo mi completi. Tu troppo istintiva e io troppo razionale, avrò sempre bisogno della mia Sorellona, ovunque tu sarai, io ci sarò.

Grazie Silvia, perché il nostro rapporto mi ha reso consapevole che è sconvolgente cosa può fare nella propria vita l’avere fiducia in una vera amica. Tu sei la mia certezza e lo sei da sempre, nonostante gli anni non trascorsi insieme. Ti ringrazio per questo legame sincero e duraturo, per le cose stupide che fanno ridere solo noi due e per le grasse risate, per il tuo essere così spontaneamente vera e te stessa con me. Ti voglio bene.

Un ringraziamento speciale va ai miei cari. A mio Nonno, la cui saggezza mi ha insegnato molto di più di quello che si possa trovare su un libro universitario, a mia Nonna e alla sua premura. Alle mie zie e ai miei zii, sono orgogliosa della mia grande e bella famiglia.

Ai miei cugini, parte essenziale della mia vita. Grazie per i bellissimi ricordi che mi legano a tutti voi, per essere cresciuti insieme ed essere stati sempre presenti, pur stando in luoghi diversi.

Grazie alla mia coinquilina, Martina. Grazie perché sei diventata la mia “casa”, perché so che in via Elba 3 ci sarà sempre quel rifugio di sicurezza ad accogliermi e un po' di te e di me. Grazie per avermi fatto ragionare sempre e non avermi mai lasciata sola, durante i bei momenti e quelli di stress totale. Sei stata un’ottima compagna e, soprattutto, un’amica, con cui condividere gli anni universitari.

Grazie ai coinquilini che si sono succeduti in questi anni. Grazie a Giulia, Nicolò e Giovanna ognuno di voi ha lasciato qualcosa di buono che porterò con me.

Grazie a Giulia, alla mia amica di sempre dai banchi delle elementari fino a questo traguardo. Le belle amicizie sono quelle che rimangono nonostante tutto e ti fanno ritrovare "da grande" su un divano, con un calice di vino insieme alla tua compagna di sempre.

Ai miei amici, il mio sostegno. Si dice che l'importante non è quello che trovi alla fine di una corsa, ma quello che provi mentre corri. Oggi posso dire che a me è piaciuta tanto la mia corsa, grazie per essermi stati vicino, grazie perché, nella sfortuna di un brutto episodio, io ho scoperto delle persone fantastiche senza le quali non sarei quello che sono ora. Grazie per aver colorato quest'esperienza, vi voglio e vi vorrò sempre bene.

Grazie a chi, durante questo percorso, ha influito in maniera più o meno rilevante, facendomi crescere. Grazie a chi mi ha consigliato di prendere il tutto con un po' più di leggerezza, perché serve a calibrare le cose che la vita ti offre, a non temere i momenti difficili, il meglio viene proprio da li. A tutti quelli che ho incontrato in questi anni, ai miei amici "di Lecce", alle tradizioni festeggiate a Torino e alle non poche feste in casa, ai nuovi incontri al Poli, seppur dopo anni tra i banchi universitari, che si sono rivelati delle bellissime amicizie e, anche, alle persone che ci sono da sempre.

Infine, ringrazio me stessa, per non aver mai mollato ed essere andata avanti nelle difficoltà.

Torino, 13 Marzo 2020