

Monstera deliciosa



## Applant: explore, listen and care.

Design e intelligenza artificiale per il  
Climate Change

Ilenia Balella



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DELLA REPUBBLICA  
DI SAN MARINO

# Applant: explore, listen and care.

Design e intelligenza artificiale per il  
Climate Change

Università degli Studi della Repubblica di San Marino  
Corso di Laurea Magistrale in Design  
A.A. 2020 - 2021  
Laureanda: Ilenia Balella  
Matricola: 53570  
Relatore: Daniele Tabellini



# Indice

<b>I. Abstract</b>	<b>7</b>
<b>II. Introduzione</b>	<b>9</b>
<b>0. Cos'è l'intelligenza</b>	<b>11</b>
<b>1. AI e Design</b>	<b>17</b>
1.1 Cos'è un AI	17
1.1.1 Definizione	19
1.1.2 Storia	20
. Cenni storici: antichità e medioevo	
. Inizi e il primo "inverno"	
. Sviluppi e il secondo "inverno"	
. Tempi moderni	
1.1.3 Impatto culturale e influenza estetica	32
1.2 Quali sono le potenzialità	34
Machine learning	
Deep learning	
Big Data	
Open source	
1.3 ML e Design	36
Generative design	
Design for all	
Interaction design	
Data Visualization	
<b>2. Climate Change, design e AI</b>	<b>41</b>
2.1 Cos'è il Climate Change	42
2.1.1 Definizione	42
2.1.2 Storia	43
2.1.3 Impatto culturale e influenza estetica	45



<b>2.2 Le potenzialità del design rispetto al Climate Change</b>	<b>48</b>
2.2.1 Design e sostenibilità	48
2.2.2 Digitalizzazione e sostenibilità	51
<b>2.3 AI, etica e Climate Change</b>	<b>54</b>
2.3.1 Un problema di etica	55
2.3.2 AI i limiti e le criticità rispetto alla sostenibilità	57
<b>3. Casi studio - emotion and nature</b>	<b>63</b>
<b>4. Progettazione</b>	<b>69</b>
4.1 Contesto progettuale	69
4.2 Ricerca concept	71
4.3 Progetto	83
<b>5. Conclusioni</b>	<b>106</b>
<b>6. Bibliografia</b>	<b>109</b>
<b>7. Ringraziamenti</b>	<b>117</b>



# I. Abstract

Questa tesi si propone di indagare le potenzialità comunicative dell'intelligenza artificiale, con particolare merito alla possibilità di generare awareness (consapevolezza) nei confronti del Climate Change.

In un momento storico e sociale come quello attuale, la necessità di creare consapevolezza è indispensabile per affrontare le sfide che ci attendono. In questo contesto i dati possono farsi veicolo di informazione emotiva, consentendo il dialogo tra due mondi diversi tra loro. L'essere umano è infatti in grado di comprendere e comunicare attraverso il linguaggio verbale e non verbale, in particolare tramite un filtro che orienta le nostre scelte, l'emozione. La capacità da parte dell'individuo di comprendere le emozioni altrui, detta empatia, indirizza e modifica il nostro comportamento. Tuttavia, l'essere umano ha bisogno di stimoli comprensibili per entrare direttamente in "empatia affettiva" con gli altri (come le espressioni, il linguaggio del corpo, il tono della voce, la semantica) oppure indirettamente tramite un ricordo o l'uso del ragionamento (empatia cognitiva).

Perciò, per creare un legame emotivo tra uomo e natura sarebbe necessario fornire quest'ultima di un linguaggio affine a quello umano. Se si potesse quindi dotare il mondo vegetale di parole e sentimenti cosa sarebbe in grado di esprimere? Cosa penserebbe del Climate Change?

Questo progetto - *Applant: explore, listen and care. Design e intelligenza artificiale per il Climate Change* - cerca di rispondere a tali quesiti attraverso l'abilità del machine learning di elaborare il linguaggio naturale e riconoscere le immagini. Si propone un parallelismo tra virtuale e reale che dovrebbe progressivamente indurre una sensibilizzazione degli utenti verso comportamenti più rispettosi verso l'ambiente. A questo fine, si propone un approccio simile a quello degli assistenti digitali, diventati ormai strumenti essenziali nella gestione di compiti complessi, e l'uso dello smartphone, che rappresenta un dispositivo duttile e sempre disponibile. Perciò l'idea di progetto consiste in una app che assista l'utente nella cura delle piante e allo stesso tempo generi un dialogo empatico nei confronti delle stesse, che di riflesso possa suscitare una riflessione più profonda dell'utente sulle tematiche legate ai cambiamenti climatici.



## II. Introduzione

Il tema di tesi indaga il campo dell'Intelligenza Artificiale, in particolare quello del machine learning, e la capacità di generare awareness (consapevolezza) nei confronti di una tematica complessa, come quella del cambiamento climatico, attraverso un'esperienza che stimoli una caratteristica prettamente umana, l'empatia.

Per elaborare uno strumento che sfrutti l'abilità computazionale dell'AI, sono state esaminate tre aree di studio principali. In una si approfondisce il significato di intelligenza umana, dalla quale si evince l'importanza dell'emotività nei processi cognitivi. Nella seconda parte si prende in analisi l'intelligenza artificiale, la sua storia, le sue potenzialità e il suo ruolo in ambito progettuale. L'ultima si focalizza invece sul tema ambientalistico, e sul ruolo che in esso ha e ha avuto il design, fornendo una riflessione su limiti e linee di sviluppo atte ad implementare le tecnologie a disposizione in maniera equa, etica e sostenibile.

La ricerca si è soffermata su molteplici campi di indagine funzionali alla progettazione di un sistema intelligente in grado di dialogare con l'intelligenza emotiva dell'uomo, attraverso diverse tipologie della comunicazione empatica (dai gesti, alle parole, all'influenza dei colori). Perciò, con l'intento di avvicinare il mondo vegetale e il mondo umano attraverso un linguaggio espressivo che comunichi con la parte emotiva dell'utente, ci si è affidati a due ambiti del machine learning. Da un lato la capacità di comprendere e processare la nostra lingua da parte di un computer e l'abilità di generare un testo con algoritmi di NLP (Natural Language Processing). Dall'altro invece, la possibilità di riconoscere gli oggetti nelle immagini. Questi due strumenti verranno impiegati come mezzo comunicativo, verbale e non verbale, di riconoscimento e comprensione delle specie vegetali, e saranno utili a creare empatia e consapevolezza nei confronti dell'ambiente, per imparare a prendercene cura.



# 0. Cos'è l'intelligenza

“ L'intelligenza viene definita anche come [...] la capacità cognitiva generale che permette di reagire in modo adeguato alle situazioni nuove, di apprendere utilizzando le conoscenze già acquisite e di elaborare in modo astratto i dati percettivi.

(Cacciola e Granito, 1992 p.5).

Sorge spontaneo chiedersi perché si sia voluto attribuire il termine “intelligenza artificiale” a tutte le discipline che studiano se sia possibile emulare con un computer i processi mentali più complessi (Treccani, n.d.).

Cosa si intende, infatti per intelligenza? Alcuni ricercatori la definiscono come una singola abilità di tipo generale, altri invece la qualificano come una serie di competenze, talenti e attitudini, e ne hanno una visione più modulare.

Nel corso della storia la definizione di intelligenza è mutata a seconda delle correnti di pensiero e delle teorie maggiormente in voga. Ad esempio, lo psicologo britannico Charles Spearman (1904), introdusse il concetto del **fattore g** o intelligenza generale. Tale fattore corrisponderebbe alla generale capacità di risolvere i problemi attraverso schemi e conoscenze non apprese. Anche William Stern ha affermato che “l'intelligenza è la capacità generale di adattare il proprio pensiero e condotte di fronte a condizioni e situazioni nuove” (Canestrari & Godino, 2002, p. 98). Spearman fu infatti allievo di uno dei primi fondatori della psicologia moderna, Wilhelm Wundt, ed ebbe il merito di introdurre l'analisi fattoriale, che nelle scienze statistiche viene adoperata per individuare la presenza o meno di elementi (detti fattori) comuni a due o più fenomeni generici, per isolare le variabili retrostanti il concetto di intelligenza. Spearman visse durante il periodo (1913-1930) del “comportamentismo” (Watson, 1913), una corrente di pensiero rigorosamente basata sullo studio del comportamento in risposta ad uno stimolo esterno. Quello che si studiava era quindi solo ciò che è manifesto o osservabile, poiché i processi interni alla mente (definita Black Box) rimanevano ignoti o comunque non studiabili attraverso il metodo scientifico. Spearman applicò infatti l'approccio comportamentista allo studio dell'intelligenza, osservando e misurando il comportamento dei soggetti impegnati in determinati compiti, e individuando attraverso le sue



Fig. 01  
Charles Spearman

analisi, una struttura gerarchica in cui questo fattore generale (o fattore *g*) risultava essere composto da:

*"un'infinità di capacità specifiche denominate fattori s (fattori specifici)" (Dunnette, 1990 p. 71).*

Tale metodologia di studio e analisi era perciò guidata da una logica ferrea e dall'adesione alle prassi dettate dal metodo scientifico.

Contrariamente a questo filone di pensiero di impronta anglosassone, nel medesimo periodo nell'Europa continentale, alcuni esponenti della scuola Gestalt (tra cui Wertheimer, Köhler e Neisser) affermano invece che l'intelligenza non fosse soltanto un comportamento logico-analitico, ma anche intuitivo e creativo. Wertheimer & Asch (1945) introdussero il concetto di intelligenza creativa distinguendolo dal ragionamento analitico, intendendo con essa

*"la capacità di cogliere le proprietà fondamentali di una percezione, di avere quindi una visione di sintesi delle proprietà di un oggetto o evento" (Canestrari & Godino, 2002, p. 98).*

Il pensiero della Gestalt si era formato a partire dalle teorie della percezione e dell'esperienza che si contrapponevano al pensiero comportamentista.

*"La Gestalt, proseguendo questa linea di indagine, considerò il comportamento intelligente come una forma di adattamento all'ambiente, diverso però dal comportamento istintivo e da quello per prove ed errori. In un comportamento intelligente, infatti, lo scopo non viene raggiunto per caso, ma dopo aver compreso la globalità della situazione, cioè dopo aver collegato consapevolmente i mezzi e i fini." (Colombo, 2002, p.65).*

Attualmente, tra le teorie più diffuse, quella che vige maggiormente suggerisce l'esistenza di due forme ben distinte di **intelligenza**, quella **fluida** (*Gf*) e **cristallizzata** (*Gc*). La prima corrisponde alla capacità di ragionamento logico che consente di elaborare informazioni indipendentemente dalle conoscenze acquisite, e permette di risolvere problemi inediti attraverso schemi di risoluzione non appresi. La seconda invece è quella che attinge alle conoscenze già consolidate e alle esperienze accumulate, e risente in maniera consistente del livello di scolarità dell'individuo. Entrambe queste componenti dell'intelligenza vengono chiamate con la lettera "g" in riferimento al fattore ge-

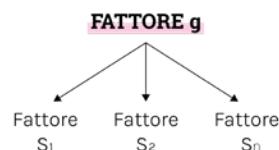


Fig. 02

Rappresentazione grafica della teoria di Spearman

nerale di Spearman. Questi due fattori furono introdotti per la prima volta da Raymond Cattell (1963), psicologo di stampa cognitivista che studiò il comportamento e le sue relazioni con le attività neurofisiologico dell'individuo. Tra i test più diffusi per la valutazione dell'intelligenza fluida vi sono le matrici di Raven (1936), dette matrici progressive, costituite da pattern visuo-percettivi astratti che richiedono un ragionamento di tipo associativo/analitico (vedi fig. 03). Invece l'intelligenza cristallizzata (essendo influenzata dalla cultura, dall'ambiente e dalla società) viene misurata attraverso test che valutano la cultura generale oppure il vocabolario dell'individuo.

Esistono inoltre altre teorie che suddividono l'intelligenza in differenti fattori. Tra le più famose troviamo la teoria delle **intelligenze multiple** di Gardner (1983), il quale sostiene che l'intelligenza sia comparabile al talento delineandola secondo sette criteri/tipologie:

- **musicale** (un'area di intelligenza con elevata sensibilità ai suoni e al ritmo);
- **visivo-spaziale** (dalle spiccate capacità percettive visive/spaziali);
- **linguistico-verbale** (l'intelligenza con una notevole padronanza del linguaggio);
- **logico-matematica** (il ragionamento logico strettamente legato al pensiero critico, ai numeri, all'astrazione);
- **cinestetica** (la padronanza delle abilità motorie del proprio corpo);
- **interpersonale** (particolare sensibilità a comprendere le emozioni degli altri, lo stesso Gardner la equipara con l'intelligenza emotiva di Goleman);
- **intrapersonale** (profonda capacità introspettiva).

Successivamente Gardner aggiunse un'altra tipologia, l'intelligenza **naturalistica** (la capacità di essere in sintonia con l'ambiente, di relazionarsi con esso in maniera profonda, di interessarsi e imparare dall'ecosistema).

L'intelligenza interpersonale può essere equiparata all'**intelligenza emotiva**, che tutti collegano all'opera più conosciuta di Goleman (1995) "Emotional Intelligence", ma in

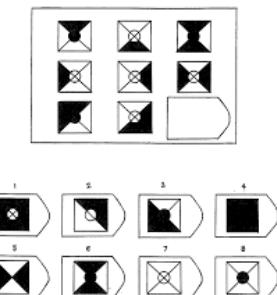


Fig. 03  
Esempio di un problema della matrice di Raven

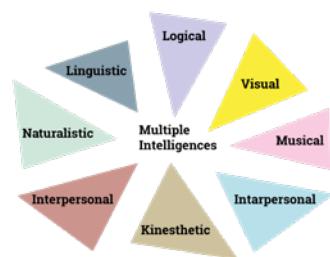


Fig. 04  
Multiple intelligences, Gardner (1983)

realtà non è l'unico ricercatore che ne parla. I primi ricercatori che iniziarono a parlarne furono Salovey e Mayer (1990, p. 5), nel loro articolo pubblicato nel giornale “Imagination, Cognition, and Personality”. La definiscono come:

“[...] l'abilità di percepire, valutare ed esprimere un'emozione; l'abilità di accedere ai sentimenti e/o crearli quando facilitano i pensieri; l'abilità di capire l'emozione e la conoscenza emotiva; l'abilità di regolare le emozioni per promuovere la crescita emotiva e intellettuale”.

Affermano persino che:

“Our own thinking about EI was influenced by the call to broaden the study of intelligence by attending to multiple specific intelligences (Gardner, 1983; Sternberg, 1985); (Wechsler, 1950).<sup>1</sup>” (Mayer et al., 2004, p. 198).

Gardner, (1993, pp. 294-295) crede che:

“[...] al centro di ogni intelligenza esiste una capacità di calcolo, o dispositivo di elaborazione delle informazioni [...] su cui si basano le realizzazioni e le incarnazioni più complesse di quell'intelligenza. [...] quando viene presentata una particolare forma di informazione, vengono innescati vari meccanismi nel sistema nervoso per effettuare su di essa specifiche operazioni. [...] dall'uso ripetuto, dall'elaborazione e dall'interazione tra questi vari dispositivi computazionali, scaturiscono forme di conoscenza che definiremmo facilmente “intelligenti””.

Gardner a corollario di questo pensiero introduce una metafora interessante: ipotizza che un dispositivo computazionale possa essere alla base della nostra elaborazione delle informazioni. Questo suggerirebbe addirittura che in ognuno di noi albergherebbe un dispositivo (una sorta di CPU) responsabile delle nostre abilità computazionali ed intellettive. In altre parole, secondo Gardner, potremmo non essere così differenti da un comune PC. Se queste speculazioni di Gardner si confermassero vere anche solo in piccola parte, sarebbe lecito definire un computer come un ente dotato di intelligenza? Se sì, quali sarebbero le specifiche funzioni che renderebbero intelligente la macchina? Sarebbero sufficienti solo le sue capacità di problem solving a determinare tale stato delle cose?

---

1

Tradotto in italiano: “Il nostro pensiero sull'Intelligenza Emotiva è stato influenzato dalla richiesta di ampliare lo studio dell'intelligenza mediante la ricerca di intelligenze multiple specifiche (Gardner, 1983; Sternberg, 1985); (Wechsler, 1950).”

---





# 1. AI e Design

## 1.1 Cos'è un AI

Occorre prima di tutto fare chiarezza su cosa si intende per intelligenza artificiale: Copeland (2020) nell'Encyclopedia Britannica definisce l'AI (dall'acronimo inglese Artificial Intelligence) come un'abilità di un computer :

*[...] to perform tasks commonly associated with intelligent beings. The term is frequently applied to the project of developing systems endowed with the intellectual processes characteristic of humans, such as the ability to reason, discover meaning, generalize, or learn from past experience.<sup>1</sup>.*

D'altro canto, Nilsson (2010) definisce come intelligenza artificiale :

*“quell’attività dedicata a rendere le macchine intelligenti, e l’intelligenza è quella qualità che permette ad un’entità di funzionare in modo appropriato e con lungimiranza nel suo ambiente.”*

Secondo Nilsson (2010) gli umani come le macchine sono capaci di:

*“ragionare, raggiungere obiettivi, capire e generare il linguaggio, percepire e rispondere agli input sensoriali, dimostrare i teoremi matematici, giocare a giochi impegnativi, sintetizzare e riassumere informazioni, creare arte e musica, e persino scrivere storie.”*

D'altronde gli algoritmi di AI, come l'essere umano, percepiscono le informazioni dal mondo esterno, spesso utilizzando dati in tempo reale, tramite dei sensori o dati digitali, combinando e analizzandole con una varietà di fonti diverse derivando in risposta a quest'analisi, delle intuizioni (Allen, 2018). Vi sono quindi delle differenze davvero sostanziali tra l'informazione prodotta da un gruppo di fotoni che impattano sulla retina generando un segnale elettrico che viaggia fino alle regioni posteriori del cervello generando un'immagine a colori; e l'informazione prodotta dallo stesso gruppo di fotoni che viene però captato dal sensore ottico di una videocamera?

Se l'intelligenza non può quindi limitarsi al puro pensiero

---

<sup>1</sup>

Tradotto in italiano:  
“per svolgere compiti comunemente associati agli esseri intelligenti. Il termine viene spesso applicato al progetto di sviluppo di sistemi dotati dei processi intellettuali caratteristici degli esseri umani, come la capacità di ragionare, scoprire il significato, generalizzare o imparare dalle esperienze passate.”

---

logico matematico, ma corrisponde all'insieme di tutte quelle sfumature che rendono unica la mente umana, la divisione in differenti tipologie già proposta da Gardner (1983) Sternberg (1985) o Wechsler (1950), può perciò essere applicata anche all'intelligenza Artificiale. Alcuni campi di sviluppo dell'AI si potrebbero infatti assimilare ai differenti tipi di intelligenza di Gardner, come la ricerca nel campo della Natural Language Processing (NLP), che ha lo scopo di generare algoritmi in grado di analizzare e "comprendere" il linguaggio scritto o parlato, paragonabile all'intelligenza linguistica. Lo sviluppo delle capacità visuo-spaziali nel campo della robotica e nel riconoscimento di oggetti nello spazio si potrebbe invece comparare all'intelligenza spaziale. Nel campo della robotica, il potenziamento delle abilità motorie di un robot permetterebbe la maturazione della cosiddetta "intelligenza cinestetica" di una macchina.

Tra i vari moduli che costituirebbero l'intelligenza, la **componente emotiva** è una tra le caratteristiche fondamentali del comportamento umano e del suo agire. Lo stesso Goleman afferma che:

"le nostre emozioni ci guidano nell'affrontare situazioni e compiti troppo difficili e importanti perché possano essere affidati al solo intelletto [...] Ogni emozione ci predispone all'azione in modo caratteristico; ciascuna di esse ci orienta in una direzione già rivelatasi proficua per superare le sfide ricorrenti della vita umana - situazioni eterne che si ripeterono infinite volte nella nostra storia evolutiva."

(Goleman, 2011, p.17)

La ricerca condotta da Carolyn MacCann (2010), all'università di Sydney, ribadisce la rilevanza dell'intelligenza emotiva distinguendola dall'intelligenza fluida e cristallizzata. Infatti, a seguito di un'analisi, la ricercatrice ha mostrato che l'intelligenza emotiva, nonostante sia fortemente correlata all'intelligenza cristallizzata, forma un fattore distinto.

Perciò, dato il relativo impatto delle competenze emotive ed empatiche sull'intelletto umano, che tipo di influenza potrebbero avere queste capacità in una macchina? Sarà possibile in futuro di integrarle negli algoritmi di AI? Sarà possibile progettare un AI che agisce in maniera non solo logica ma anche emotiva? Ovvero, sarà un giorno disponibile un algoritmo in grado di avere un'intelligenza interpersonale o emotiva che comprenda lo stato affettivo altrui ed interagisca con gli esseri umani facendosi guidare nelle scelte dalle emozioni?

## 1.1.1 Definizione

Non esiste una definizione univoca di Intelligenza Artificiale, siccome si tratta di un campo di ricerca in continuo mutamento ed evoluzione, e la natura stessa dell'espressione porta con sé questioni scientifiche e filosofiche sul significato di intelligenza per sé.

I compiti generati sotto forma di calcolo, possono essere ritenuti dei comportamenti intelligenti?

Riconosciuto quanto l'intelletto umano sia complesso e ricco di sfaccettature guidate in qualche modo dalla parte emotiva, fino a che punto si riuscirà a imitarla?

L'Enciclopedia Treccani<sup>2</sup> qualifica il termine Intelligenza Artificiale come una:

*“Disciplina che studia se e in che modo si possano riprodurre i processi mentali più complessi mediante l'uso di un computer.”*

Oggi i ricercatori usano spesso il termine “apprendimento automatico”, o reti neurali profonde, che si riferiscono entrambi a dei campi dell'AI.

L'imprevedibilità e la difficoltà nel chiarire il funzionamento di queste tecniche, ha portato l'Unione europea, nel 2018, a istituire una legge che richiede la spiegabilità (e.g explainability) di qualsiasi decisione presa da una macchina.

Data la natura intrinsecamente diversa dei processi AI rispetto alla nostra cognizione (poiché essa lavora su probabilità e correlazioni), la necessità di fare chiarezza ha dato vita a filoni di ricerca che spingono per la trasparenza, come l'Explainable AI o XAI (Kuang, 2017).

2

<https://www.treccani.it/enciclopedia/intelligenza-artificiale>

## 1.1.2 Storia

“

*Da sempre l'uomo nutre una smisurata e forse temeraria ambizione, quella di imitare l'atto divino della creazione. Più o meno dichiarata, quest'ambizione serpeggia in tutta la storia umana.*

”

(Longo, 2001, p. 45)

### Antichità e medioevo

Ben prima che il termine Intelligenza Artificiale fosse ufficialmente coniato, nei miti, nelle storie, nei racconti provenienti dall'antichità sono presenti concetti assimilabili a quelli di AI, ovvero entità sovrannaturali dotate di un proprio raziocinio pur non essendo esseri viventi nel senso stretto della parola.

“Thousands of years before machine learning and self-driving cars became reality, the tales of giant bronze robot Talos, artificial woman Pandora, and their creator, the god Hephaestus, filled the imaginations of people in ancient Greece.” (Shashkevich, 2019).

Nei miti e nelle leggende greche si celava già quindi il concetto di vita artificiale, lo conferma Adrienne Mayor, ricercatrice dell'Università di Stanford, nel suo libro *Gods and Robots: Myths, Machines, and Ancient Dreams of Technology* (2018).

Analogamente, nel folklore ebraico, ci si può imbattere nella leggenda di Golem<sup>3</sup> (letteralmente una “massa informe”) plasmato da materia inanimata, come il fango e la terra, che prende vita per essere impiegato come paladino delle genti ebraiche contro le persecuzioni che ciclicamente si ritrovavano a subire. Il Golem di Praga (città dove la leggenda nel XVI secolo ha raggiunto la notorietà), era tuttavia privo di anima e di emozioni, perciò agiva ed eseguiva passivamente gli ordini che gli venivano impartiti dal proprio creatore. L'assenza di reazioni affettive rimane anche oggi al centro del dibattito che anima le ricerche della robotica. Inoltre, l'origine della parola Robot<sup>4</sup> deriva dalla lingua ceca, luogo di origine della leggenda del Golem di Praga<sup>5</sup> (Contrada, 1995).

Nel mondo ellenistico<sup>6</sup> invece, gli automata erano artefatti, spesso dall'aspetto zoo/antropomorfo, in grado di agire e

3

<https://www.treccani.it/enciclopedia/golem>

Le origini del Golem risalgono ad un'epoca precedente la leggenda di Praga del Cinquecento. La prima traccia sorge nei raccolti nel Talmud (*Tractate Sanhedrin* 38b) verso circa il IV secolo.

4

robotà «lavoro», con cui lo scrittore céco Karel Čapek denominava gli automi che lavorano al posto degli operai nel suo dramma fantascientifico R.U.R. del 1920. <https://www.treccani.it/vocabolario/robot/>

5

Si narra che nel tardo XVI secolo, a Praga, il rabbino Loew abbia dato vita al Golem, scrivendogli sulla fronte “emet”, verità in ebraico. Quando il Golem diventò incontrollabile al proprio padrone, Loew cancellò dal volto la lettera “e”, lasciando così la parola “met”, che significa morte. I resti della bestia, si racconta siano ancora nascosti nella soffitta della Sinagoga Vecchia-Nuova (Staronová).

6

Il primo automata rinvenuto fu la macchina di Anticitera, un calcolatore meccanico, del 150 - 100 a.C., proveniente dall'omonima isola greca. Link: [https://www.nauticareport.it/dettnews/vita\\_subacquea/la\\_macchina\\_di\\_anticitera\\_il\\_primo\\_computer-3723-5659/](https://www.nauticareport.it/dettnews/vita_subacquea/la_macchina_di_anticitera_il_primo_computer-3723-5659/)

muoversi in maniera indipendente. Questi dispositivi erano utilizzati a scopo di intrattenimento e concepiti come giocattoli o meccanismi di orologeria. Il concetto di macchina autonoma assunse risvolti più concreti e funzionali con la comparsa di telai da tessitura alimentati a vapore (durante la rivoluzione industriale), e l'utilizzo sempre maggiore di strumenti a supporto dell'uomo nelle mansioni più usuranti.

### Fantascienza, Inizi e il primo "inverno"

La fantascienza inizia a familiarizzare con la figura del robot già dagli inizi del 1900, ne è un fulgido esempio l'uomo di latta nel romanzo *Il meraviglioso mago di Oz*, il primo dei 14 libri scritti da L. Frank Baum, che ha ispirato l'omonimo film del 1939 diretto da Victor Fleming. Oppure nel film di *Metropolis* del 1927 di Fritz Lang, il robot dalle sembianze femminili della protagonista Maria (Brigitte Helm), ambientato nel futuro 2026. Il genere Science Fiction ebbe un periodo di particolare interesse negli Stati Uniti dagli anni Trenta ai primi anni Cinquanta. Durante i quali lo scrittore Isaac Asimov delineò le Tre leggi della robotica<sup>7</sup> (sicurezza, servizio e autoconservazione) che compaiono ripetutamente nei suoi romanzi. Nei suoi racconti e in particolar modo nella raccolta *I, Robot*<sup>8</sup> si racchiudono tematiche di interazione tra la società umana e quella robotica, dove esamina le criticità e gli aspetti più controversi inerenti alle sue leggi<sup>9</sup>. Esse assomigliano a molte questioni attuali, come ad esempio la responsabilità nelle scelte del pilota automatico in caso di incidente<sup>10</sup>.

La science fiction ha attraversato diverse fasi, l'**epoca pulp** (dagli anni '20 ai '30 del 900), l'**età d'oro** (dai '30 ai '50) fino alla **fantascienza sociologica** (inizio anni '50), in cui inizia a mostrarsi un certo interesse rispetto alle conseguenze socioculturali dell'evoluzione tecnologica. Come pronosticato dalla letteratura, oggigiorno l'intelligenza artificiale ci assiste in molte delle operazioni che trattano grandi quantità di dati, con numerosi benefici e nuove possibilità di utilizzo. Tuttavia, con essi si rivelano anche le problematiche etiche, di privacy e di sicurezza di cui si parlerà nei capitoli a seguire.

Nel 1939 Alan Turing fu chiamato a costruire un sistema che decifrassse Enigma, una macchina crittografica usata dai tedeschi durante la Seconda Guerra Mondiale. Successivamente il matematico si interrogò su cosa volesse dire essere senzienti. Il ricercatore britannico cercò di comprendere se le macchine potessero simulare il pensiero



Fig. 05

Sinagoga Vecchia – Nuova (Staronova)

7

Le tre leggi della robotica, apparirono nel 1941 nel racconto "Liar!" di Isaac Asimov. La prima legge dichiara che "nessun robot può recar danno a un essere umano né può permettere che, a causa del proprio mancato intervento, un essere umano riceva danno"; la seconda invece che "un robot deve obbedire agli ordini impartiti dagli esseri umani, purché tali ordini non contravvengano alla Prima Legge"; infine la terza impone che il robot "deve proteggere la propria esistenza, purché questa autodifesa non contrasti con la Prima e con la Seconda Legge".

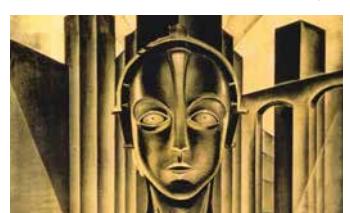
8

Nove storie scritte tra il 1940 e il 1950.

9

In questi racconti si aggiunge la Legge Zero: "Un robot non può recare danno all'umanità, né può permettere che, a causa del proprio mancato intervento, l'umanità riceva danno". Questa norma in qualche modo rende possibile la violazione della prima legge, per il bene dell'umanità. Ovvero, di fronte ad un ipotetico rischio incombente per il pianeta, un robot potrebbe uccidere un essere umano.

1927



Film Metropolis

Fritz Lang

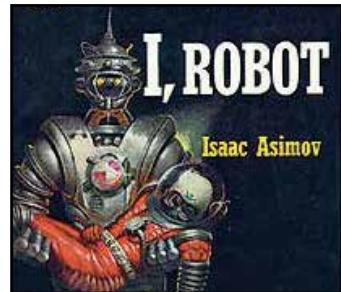
Fig. 06

umano, usando le informazioni a disposizione, per prendere decisioni e risolvere i problemi. Un articolo da lui scritto nel 1950, *Computing Machinery and Intelligence*<sup>11</sup>, propose un metodo per verificare se realmente una macchina potesse pensare, chiamato il **test di Turing**<sup>12</sup>, anche concepito come una provocazione alla comunità scientifica. L'obiettivo prefissato era di creare una macchina in grado di superare il test sebbene all'epoca i computer non fossero praticamente in grado di immagazzinare informazioni, ma riuscissero solamente a eseguire ordini.

Nel 1955 Allen Newell, Cliff Shaw e Herbert Simon, inventano il primo programma “intelligente”, il *Logic Theorist*, finanziato dalla RAND (Research and Development) Corporation, e nel 1956 viene presentato alla prima conferenza (DSRPAI<sup>13</sup>) in cui John McCarthy conia il termine “Intelligenza Artificiale”. Questa data è comunemente riconosciuta come il giorno della nascita di questa disciplina. (Kaplan, 2016) Nel 1963 la DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) investe 2,2 milioni di dollari<sup>14</sup> al MIT per la ricerca dell’Intelligenza Artificiale, dando inizio alle crescenti aspettative. Nel 1965 lo scienziato Gordon Moore enuncia per la prima volta la legge che prevede i miglioramenti esponenziali della microelettronica, affermando che “il numero dei transistor, delle resistenze e dei condensatori nei circuiti integrati<sup>15</sup> (indice della potenza del circuito integrato) sarebbe duplicato ogni anno”<sup>16</sup>. Il progresso dell’informatica seguì le previsioni di Moore, giungendo a cavallo tra gli anni ’60 e ’70 all’utilizzo del circuito integrato, aumentando sia le capacità mnemoniche che la velocità e abbassando il costo del computer.

In questi anni si investì sullo sviluppo di sistemi di apprendimento automatico come nel caso del programma di A. Samuel per giocare a dama (1959), il quale vinse una partita contro l’ex campione del Connecticut nel 1962. Un altro esempio riguarda un programma per elaborazione del linguaggio scritto chiamato *ELIZA* (1965), sviluppato da J. Weizenbaum, che simulava una seduta di psicanalisi, rielaborando i contenuti forniti dagli utenti in una domanda e sollecitando l’utente ad approfondirne la conoscenza. Nello stesso periodo John McCarthy progettò un nuovo linguaggio di programmazione chiamato *LISP* (List Processor)<sup>17</sup>, utilizzato per programmare sistemi di intelligenza artificiale in grado di elaborare liste di istruzioni simboliche (non numeriche) e operare su dati tramite funzioni. Il suo lavoro si è avvalso dei principi della “logica simbolica”, un dominio della matematica, “che si occupa di rappresentare concetti e affermazioni come simboli e poi definisce varie trasformazioni per manipolare questi simboli, allo scopo

1942



I, Robot (Runaround)

Isaac Asimov

Fig. 07

10

<https://www.teslaclub.it/la-responsabilita-dell-incidente-mortale-con-il-pilota-automatico-tesla.html>

11

<https://academic.oup.com/mind/article/LIX/236/433/986238>

12

In sostanza, nel Test di Turing, si testa “l’intelligenza”, o per meglio dire, la capacità di una macchina di comportarsi come un essere umano. Nel test, una persona può scambiare dei messaggi scritti con altri due partecipanti, di cui uno di questi è una macchina. Nel momento in cui l’interrogante non è più in grado di distinguere l’entità artificiale dal partecipante umano, si potrà dire che il sistema algoritmico ha raggiunto un livello di intelligenza umano.

1965



ELIZA

J. Weizenbaum

Fig. 08

di ragionare deduttivamente dalle ipotesi alle conclusioni (o induttivamente dalle conclusioni alle ipotesi)”, come spiega Jerry Kaplan (2016, p. 26) nel libro *Artificial intelligence: what everyone needs to know*. Negli stessi anni, l’informatico e visionario Marvin Minsky, esperto di intelligenza artificiale, fu persino chiamato<sup>18</sup> da Stanley Kubrick come consulente per tratteggiare personalità e comportamenti del pilota automatico HAL 9000, nel film “2001: Odissea nello spazio” del 1968. Questo denota quanto il dialogo tra cultura cinematografica e comunità scientifica sia sempre stato aperto e prolifico, anche nelle prime fasi di sviluppo della AI.

Lo sviluppo dell’intelligenza artificiale ha avuto però alti e bassi nel corso della storia. In particolare, ci sono stati due periodi di significativo rallentamento, o di “buio”, chiamati “AI winter” (termine preso in prestito dalla guerra fredda, derivato dalla teoria Nuclear winter (Merritt, 2005)). Il primo dei due inverni apparve proprio in seguito agli eventi fin qui descritti, circa a metà degli anni ’70, per via dell’accrescimento delle aspettative rispetto alla AI, che si rivelarono difficili da mantenere siccome la potenza di calcolo dei primi computer disponibili era assai meno elevata rispetto alle necessità dettate dalla ricerca. Questo nonostante il grande ottimismo circolante tra gli esperti, testimoniato da un’intervista rilasciata da Minsky nel 1970 alla rivista *Life Magazine*: “da tre a otto anni avremo una macchina con l’intelligenza generale di un essere umano medio”; nonché dal vivace interesse manifestato dal governo americano riguardo la progettazione di dispositivi di traduzione linguistica o di elaborazione rapida di dati. In breve tempo quindi, gli stanziamenti in favore della ricerca calarono, producendo uno stallo che si risolse solo all’inizio degli anni ’80.

Tim Menzies (2003) sostiene che l’AI abbia vissuto le cinque fasi del grafico Hype cycle<sup>19</sup> (vedi grafico in fig. 10), un modello concepito della società Gartner Group<sup>20</sup>, per comprendere lo sviluppo di una nuova tecnologia. In sostanza, la prima fase beneficia del cosiddetto *innovation trigger*, ovvero della popolarità che una tecnologia riscuote per la sua novità, che alimenta l’aspettativa e gli interessi fino a giungere alla seconda fase, quella del picco delle *inflated expectations*. Dopodiché l’interesse precipita nella terza fase, quella della disillusione (*disillusionment*). In seguito, si assiste ad una risalita costante ma lenta, dovuta alle migliorie e agli sviluppi occorsi nel frattempo alla tecnologia stessa (*slope of enlightenment*), per poi concludere il ciclo sull’altopiano della produttività (*plateau of productivity*).

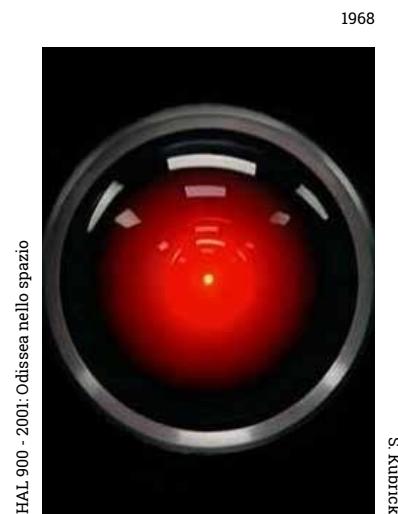


Fig. 09

13

Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence, un seminario organizzato da John McCarthy, Marvin Minsky ricercatore di Harvard, Nathan Rochester della IBM e Claude Shannon studioso dei Bell Telephone Laboratories.

14

<http://world-information.org/wio/infostructure/100437611663/100438659439?opmode=contents>

15

In dispositivo a stato solido contenente centinaia di transistor, diodi e resistenze su un minuscolo chip di silicio.

16

<https://newsroom.intel.com/wp-content/uploads/sites/11/2018/05/moores-law-electronics.pdf>

17

Il LISP nacque come un’estensione del linguaggio FORTRAN, che era stato progettato per il calcolo numerico.

18

<https://www.fbbva.es/en/noticias/2001-and-artificial-intelligence-reflections-from-marvin-minsky-frontiers-laureate-in-2014/>

ty), dove la tecnologia è stata ormai assimilata al punto da poter essere impiegata per fini pratici, riscuotendone i benefici. È probabile quindi che gli inverni della AI non siano stati determinati solo da vincoli di tipo tecnico ma altresì da variabili psicologiche intimamente legate alla natura umana, come l'eccitazione e l'entusiasmo o la curiosità che si provano di fronte a scenari inesplorati e ricchi possibilità, alcune delle quali ignote. Senza le tumultuose dinamiche emotive degli inizi, che ne hanno sospinto la ricerca; o i brevi "inverni" che la tecnologia dell'IA ha attraversato in seguito, la comunità scientifica avrebbe potuto sottovalutarne le potenzialità, oppure a sopravalutarne le problematiche. Come sostiene Gary Yang:

*"In a sense, some level of hype may be catalytic to the technology"*<sup>21</sup> (Smith et al., 2006, p. 21).

## Sviluppi e il secondo "inverno"

Ciò che rinfocolò l'interesse ad investire nella ricerca dell'intelligenza artificiale fu l'introduzione degli expert systems<sup>22</sup> e la nascita dell'associazione AAAI (Association for the Advancement of Artificial Intelligence) nei primi anni '80. L'adozione di questi sistemi rese l'AI adatta ad affrontare problemi in domini più circoscritti rispetto a prima. Questi programmi erano composti da istruzioni in successione nella forma "if - then", ovvero se esiste una specifica condizione, allora si esegue un'azione prestabilita o si deduce una conclusione. Questo principio risale all'epoca egizia<sup>23</sup>, rinvenuto in un papiro che esemplifica questo sistema come una metodologia di professione chirurgica. Tuttavia, anche i "sistemi esperti" si rivelarono un flop, al punto che persino McCarthy (1984), dichiarò la sua diffidenza rispetto ad essi. Pochi anni dopo si verificò il tracollo del mercato dei sistemi informatici specializzati<sup>24</sup>, causato proprio dalla loro eccessiva specificità che impedì la generalizzazione delle loro funzioni ed il raggiungimento di più ampi obiettivi che pareva essere a portata di mano (Schwartz, 1986). Ci fu una significativa perdita di interesse da parte di molte aziende, e di numerosi finanziatori (anche i visitatori all'AAAI calarono vertiginosamente) proprio per via delle aspettative disattese rispetto alle richieste commerciali che si erano profilate.

Si possono evincere degli aspetti ricorrenti in entrambi gli inverni, come ad esempio la grande attesa rispetto agli esiti fallimentari, la perdita di fondi stanziati dai governi e dalle industrie e il limite stabilito dalle capacità tecnologi-

19

Le 5 fasi del grafico sono: "Innovation trigger, Peak of inflated expectations, Through of disillusionment, Slope of enlightenment, Plateau of productivity." <https://www.gartner.com/en/research/methodologies/gartner-hype-cycle>

20

La Gartner Group, società di consulenza nel campo dell'informatica, introdusse questa metodologia nel 2015. <https://www.gartner.com>

21

Tradotto in italiano: "un certo livello di hype può catalizzare l'attenzione verso la tecnologia".

22

Un sistema esperto è un programma per computer destinato a incorporare le conoscenze e le capacità di un esperto in un determinato settore.

23

<https://oi.uchicago.edu/publications/oip/edwin-smith-surgical-papyrus-volume-1-hieroglyphic-transliteration>

24

<https://bdtechtalks.com/2018/11/12/artificial-intelligence-winter-history/>

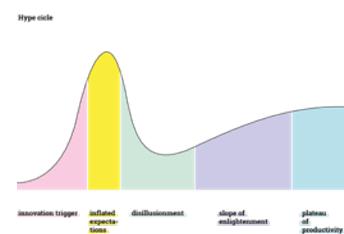


Fig. 10

Rappresentazione del grafico Hype cycle

che (Schuchmann, 2019).

Successivamente all'insuccesso degli expert systems, l'attenzione si spostò verso un altro approccio, il machine learning, un metodo statistico per analisi e classificazione di dati in grado di apprendere automaticamente. Questo cambio di paradigma fu dovuto alla necessità di trovare un procedimento che evitasse di dover concentrare gli sforzi sulla codifica manuale di grandi quantità di regole, ma che fosse portato avanti da un apprendimento automatico (Hao, 2019).

Le principali innovazioni tecniche scientifiche di questo periodo sono la costruzione della prima automobile autonoma nel 1986, da parte dei ricercatori del Navlab dell'università Carnegie Mellon; la vittoria a scacchi nel 1997 da parte del programma Deep Blue, della IBM, contro il campione indiscusso dell'epoca Garry Kasparow; e lo sviluppo del primo software di riconoscimento vocale nello stesso anno da parte della Dragon Systems. Invece nel 2005, la driveless car "Stanley", della Stanford University, vinse la DARPA Grand Challenge, percorrendo 132 miglia nel deserto del Nevada. . Nel 2011 il programma Watson, progettato dalla IBM, vince il gioco ad indizi "Jeopardy" grazie all'elevata potenza computazionale, alla velocità di risposta e alla comprensione del linguaggio. Nello stesso anno la Apple introduce Siri l'assistente personale intelligente nell'iPhone 4s. Infine, l'algoritmo della Google AlphaGo, supera un altro limite, sconfiggendo nel 2016 il campione mondiale di GO, il famoso gioco cinese.

## Tempi moderni

Nel XXI secolo, grazie alla crescente quantità di dati a disposizione, si è riaccesso un forte interesse verso l'Intelligenza Artificiale. Molte aziende, infatti, cominciarono a introdurla all'interno dei loro sistemi di analisi dei dati. La ricerca si è estesa conseguentemente a diversi domini, corrispondenti principalmente ai campi della computer vision, dell'elaborazione del linguaggio naturale, del mondo del marketing, della finanza e quelli della robotica. In ogni ambito, la capacità di categorizzazione di grandi quantità di informazioni è stata resa sempre più efficace grazie alle potenzialità delle reti neurali. Esse sono in grado di raccolgere, organizzare le informazioni, suggerendo intuizioni e ipotesi, senza mostrare come e perché sia stato però generato tale risultato. In inglese questo fenomeno viene chiamato black boxing.



Deep Blue

Fig. 11



Watson vince a Jeopardy

Fig. 12



AlphaGO

Fig. 13



Humans of AI

Philipp Schmitz

Fig. 14

## Input visivi

Il mondo che ci circonda è ricco di informazioni visive, per questo motivo gli sforzi della ricerca AI si sono concentrati nella raccolta e catalogazione di informazioni dalle immagini. Dotare i computer di occhi (computer vision) ha ampliato le opportunità nell'interpretare, interagire e analizzare ciò che ci circonda. La "visione" del computer è infatti diversa dalla nostra percezione visiva, l'immagine digitale è composta da pixel, perciò l'estrazione dell'informazione viene eseguita tramite analisi di layer orientata dai dataset disponibili. In tal modo, i pixel vengono convertiti in dati più raffinati e utilizzati per riuscire a compiere compiti più complessi. Nei diversi settori di ricerca che applicano tale approccio, ritroviamo la decodifica e riconoscimento dei caratteri testuali, che siano scritti a mano, stampati o presenti in immagini. Alcuni esempi li ritroviamo anche nella tecnologia utilizzata dal servizio postale per decifrare gli indirizzi; oppure la lettura della targa di un veicolo adoperata dai sistemi di controllo stradale.

Un altro ramo di sviluppo è costituito dall'identificazione di oggetti nelle immagini, come ad esempio il riconoscimento di un volto, oppure dallo sviluppo di sistemi che analizzano la profondità dello spazio utilizzati nelle auto autonome. Philipp Schmit, un artista e designer, ha realizzato un progetto che mostra come "vedono" le macchine. Humans of AI<sup>25</sup> (2020), utilizza il sistema di rilevamento oggetti in tempo reale YOLO (You Only Look Once), per elaborare le immagini in maniera diversa. Infatti, invece di mostrare la previsione dell'oggetto identificato, l'algoritmo sovrappone le corrispondenti immagini del set di dati dell'addestramento. In sostanza il progettista si interroga su come un algoritmo riesca a riconoscere un oggetto, ovvero con una comparazione di formazioni di pixel statisticamente simili ai dati da cui hanno appreso. Perciò ogni previsione che il computer esegue è un incontro con una raccolta di immagini. Questo è un processo generalmente invisibile, tuttavia risulta interessante poter visualizzare quali sono esattamente le immagini che l'algoritmo riesce associa per poter comprendere la natura degli oggetti rilevati.

Altre ricerche hanno studiato e raccolto informazioni dal linguaggio del corpo, come la Kinect della Microsoft, in modo da utilizzare il proprio corpo come strumento di interazione tramite l'interfaccia di un software. Questo permette, per esempio, di controllare lo spazio attraverso il movimento degli arti, o comunicare con il movimento degli occhi. Anche PoseNet è un modello di apprendimen-

<sup>25</sup>  
<https://humans-of-ai/?img=5#1745,521,366>

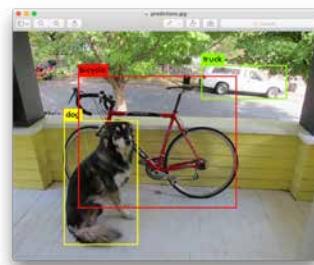


Fig. 15  
YOLO - Object detection



Fig. 16  
Real-time Human Pose Estimation  
(PoseNet)



Fig. 17  
UltraLeap project (Leap Motion)

to automatico che consente la stima della posa umana in tempo reale. La Leap Motion invece, è specializzata sul tracciamento del movimento delle mani e delle falangi, anch'esse utilizzate per comandare e interfacciarsi con la navigazione di un programma.

Più recentemente (2019) i ricercatori di AI della Google<sup>26</sup> stanno creando un algoritmo di hand-tracking che riesca a decifrare il linguaggio dei segni tramite movimento delle mani. Si tratta di sistemi di apprendimento automatico per produrre, in tempo reale, una mappa altamente accurata della mano e di tutte le sue dita, utilizzando una telecamera. I ricercatori hanno ridotto le quantità di dati da elaborare<sup>27</sup> per ottenere un algoritmo rapido e preciso. Inoltre, Google ha sviluppato due progetti interessanti sulle possibilità di nuove interazioni con nuovi archetipi di gesture e il linguaggio del corpo. Con il progetto SOL<sup>28</sup> hanno sviluppato dei sensori radar che percepiscono dei micromovimenti, come lo sfregamento tra l'indice e il pollice (*pill-rolling*), un gesto naturale che richiama per esempio la rotazione di un potenziometro. Jacquard<sup>29</sup> invece rende possibile creare un “computer indossabile”, grazie ad uno speciale tessuto realizzato con un filo con anima in rame che rende il materiale sensibile al tatto.

L'attenzione si sta spostando anche sulla emotion recognition, implementando algoritmi di face tracking per esplorare le capacità espressive del nostro volto. Secondo Ekman (1972) esistono sette espressioni universali<sup>30</sup> o primarie (paura, tristezza, gioia, disprezzo, disgusto, sorpresa, rabbia) che caratterizzano la nostra comunicazione emotiva. Gli algoritmi vengono allenati sulla base delle caratteristiche facciali di ciascuna emozione, spesso rilevate in tempo reale da una webcam, decodificate in base a delle scale di valori o percentuali. I ricercatori della Disney nel 2017 hanno utilizzato un software (FVAEs)<sup>31</sup> di emotion recognition per valutare le reazioni del pubblico durante la visione di un film (Perkins, 2017). Questo modello è in grado di mutare il modo in cui si fa advertising o si prendono decisioni progettuali.

## Input sonori e linguaggio

Il mondo che ci circonda è composto da una vasta gamma di informazioni uditive, lo studio e la classificazione di questi suoni ha portato dal riconoscimento delle canzoni (con app come Shazam) fino alla creazione e composizio-

26

<https://techcrunch.com/2019/08/19/this-hand-tracking-algorithm-could-lead-to-sign-language-recognition/>

27

Hanno inizialmente creato il sistema che trova il palmo, che è quadrato, una forma semplice che l'algoritmo può gestire. Poi un algoritmo separato guarda l'immagine e assegna 21 coordinate ad essa, coordinandosi approssimativamente a nocche e punte delle dita.

28

<https://atap.google.com/soli/>

29

<https://atap.google.com/jacquard/>



Fig. 18



Fig. 19



Fig. 20

ne di musica talmente accurata che risulta indistinguibile da quella di un compositore umano<sup>32</sup> (Clynes, 1995).

La comunicazione verbale sta alla base della socializzazione e interazione umana, ed è per questo che un ramo della ricerca sull'AI si è sviluppato per riuscire a far comprendere il nostro linguaggio scritto o parlato alle macchine. Il *Natural Language Processing* (NLP), si sta sempre di più specializzando nello sviluppo di sistemi in grado di interagire attraverso il dialogo, e non soltanto di reagire a richieste standardizzate come gli *home assistants* (Sterling, 2016). Chissà, forse la visione romantica di Spike Jonze, il regista del film *Her*, diventerà reale?

## Advertisement e personalizzazione

Attraverso l'analisi dei dati raccolti è possibile estrapolare numerosi aspetti delle modalità di interazione di un utente. Queste informazioni vengono determinate dal *machine learning* come modelli comportamentali, che possono essere impiegati per comprendere i gusti, le preferenze e le esigenze delle persone. Ciò offre la possibilità di migliorare un sistema, profilandolo in base alle sue abitudini. Su Amazon, per esempio, sono le scelte del cliente che modellano l'interfaccia, le offerte e i consigli proposti. Nello stesso modo su Netflix o Spotify, l'algoritmo apprende il genere di film o musica preferita per offrire un'esperienza più personalizzata, andando incontro ai gusti dell'utente. Anche nell'ambito dell'advertisement si sfrutta questa opportunità per riuscire ad avere una pubblicità mirata al target di riferimento.

30

Paul Ekman nel 1967 si recò sull'isola di Papua Nuova Guinea, per studiare una tribù indigena che non fosse venuta in contatto con nessuna forma di cultura occidentalizzata: i Fore. Scoprì che alcune espressioni facciali legate a precise emozioni, risultavano essere le stesse dei soggetti occidentali.

31

Factorised variational autoencoders

32

Clynes ha condotto un test per dimostrare l'abilità degli strumenti di AI, capaci di suonare perfettamente un brano musicale. In questo test, centinaia di persone hanno ascoltato sette esecuzioni della sonata K330 di Mozart. Sei delle esecuzioni erano di pianisti famosi e una era di un computer. La maggior parte delle persone non riusciva a distinguere quale dei sette fosse il computer, e le persone che classificavano le prestazioni.

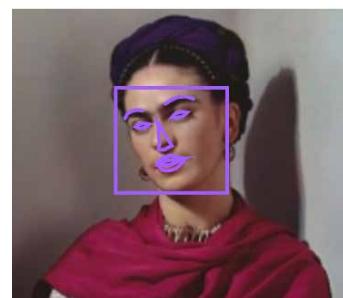


Fig. 21

FaceApi

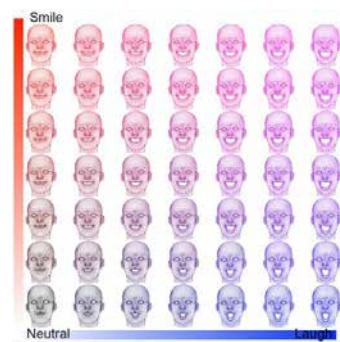


Fig. 22

Immagine relativa al software (FVAEs)

# **Timeline della storia dell'AI**

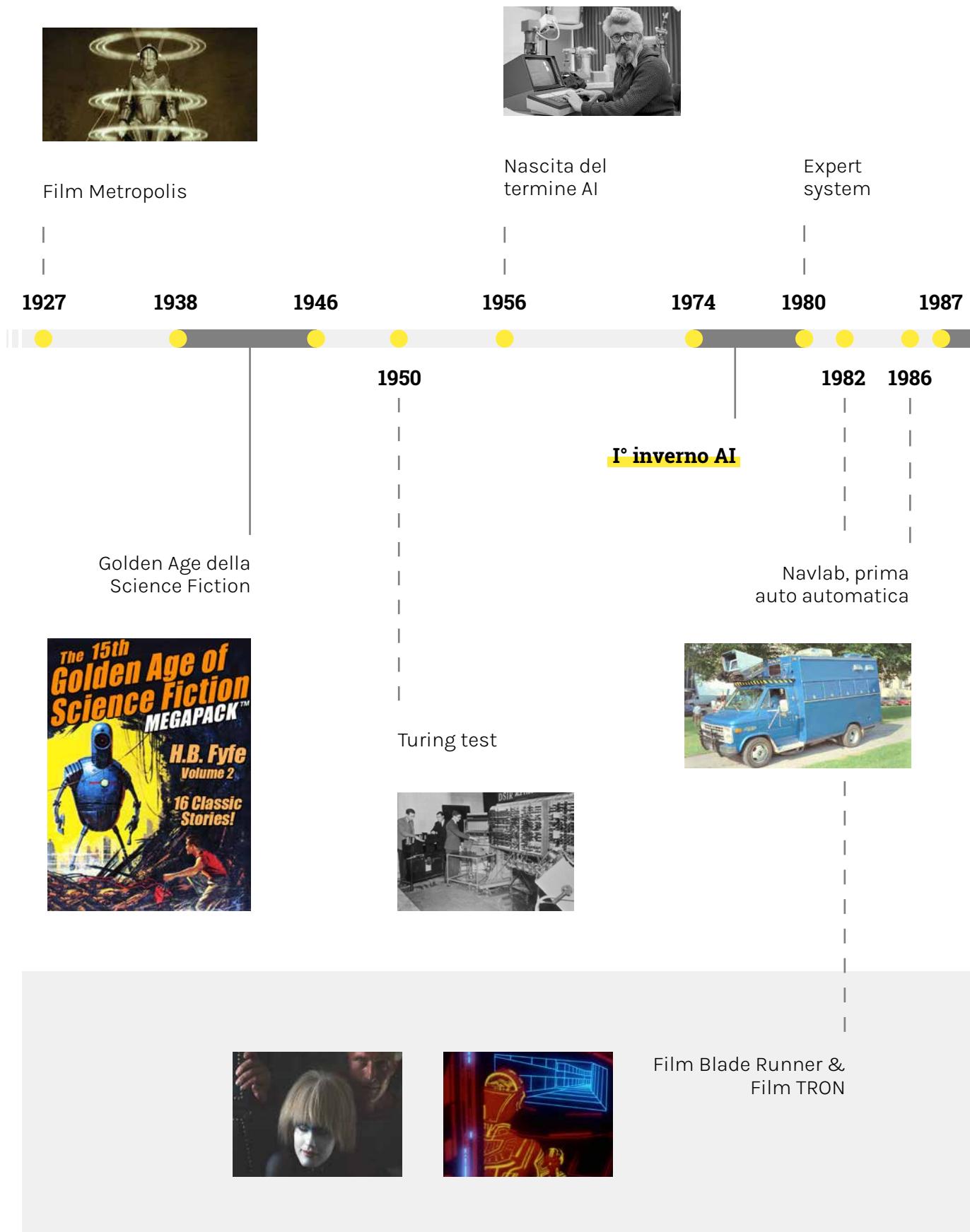
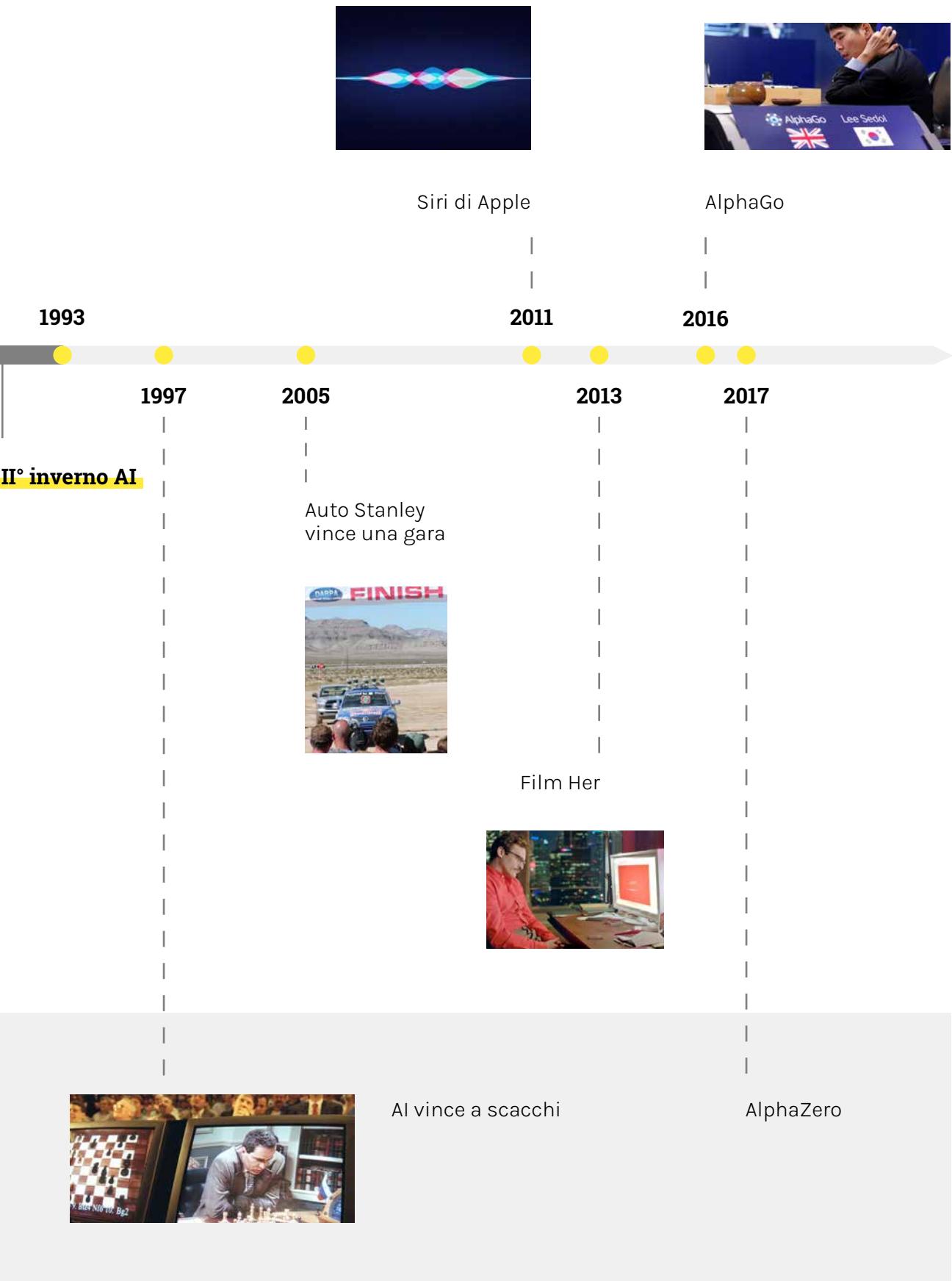


Fig. 23



## 1.1.3 Impatto culturale ed influenza estetica

La narrativa ed il cinema hanno spinto di conseguenza il nostro immaginario verso i panorami e le prospettive più disparati. Ne è un caso emblematico lo scenario catastrofico mostrato nella saga di Terminator, in cui il futuro dell'umanità è messo a rischio a causa della perdita di controllo da parte dei ricercatori del sistema artificiale Skynet, che caeggia una grande rivolta delle macchine. Il romanzo di Philip Dick "Do android dream of electric sheep?", del 1968, offre invece una riflessione profonda sul significato che assumerà il concetto di coscienza (umana o artificiale) nel momento in cui si giungerà a non distinguere più tra macchine ed esseri umani. È proprio questo libro ad aver ispirato il film *Blade Runner* di Ridley Scott del 1984.

L'interpretazione data delle sorelle Wachowski nella saga *Matrix*, ci ha proiettato in un futuro che mina sin dalle fondamenta tutte le nostre certezze, persino la realtà stessa, che giunge ad essere una simulazione artificiale indotta dalle macchine stesse. Non è il solo film che tratta questioni di natura filosofica ed etica. Cosa succederebbe ad esempio, se la vita potesse essere trasferita all'interno di un sistema o dispositivo informatico? Già Hans Moravec, nel libro *Mind children: The future of robot and human intelligence* (1988), aveva infatti approcciato, da un punto di vista strettamente scientifico, l'ipotesi del *mind uploading* e della digitalizzazione della mente, tratteggiandone opportunità e criticità.

Tale suggestione contraddistingue opere cinematografiche di rilievo quali *Star Trek* (1979), *Tron* (1982), e più recente *Transcendence* (2014), e alcuni episodi di *Black Mirror*, tra cui *San Junipero* (2016). In tutte queste il denominatore comune è la presenza di una tecnologia sufficientemente sofisticata da permettere il trasferimento della coscienza su hardware (e quindi software), replicandola in una realtà simulata dove spesso abitano avatar che si muovono in un mondo con regole e caratteristiche speculari a quello reale.

Secondo Kaplan (2016, p.104):

"L'IA avrà un notevole impatto su un'ampia varietà di attività umane, e avrà un'influenza decisiva in molti settori, professioni e mercati."

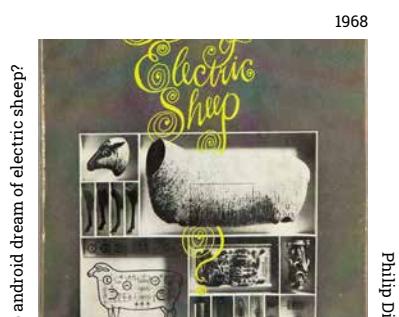


Fig. 24



Fig. 25



Fig. 26

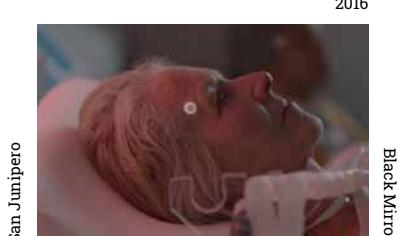


Fig. 27

Lev Manovich (2020), nel libro “L'estetica dell'intelligenza artificiale. Modelli digitali e analitica culturale”, riflette sulle influenze estetiche e creative del processo evolutivo dell'AI nei media, nel design e nella cultura, per comprenderne l'utilizzo attuale, identificandola come strumento per stimolare l'immaginazione collettiva. Il punto di vista dell'autore indaga la trasformazione culturale orientata dalla crescente automazione e dalla nascita di nuovi bisogni. In particolare, evidenzia le scelte estetiche assistite dagli strumenti di intelligenza artificiale, che possono suggerire per esempio contenuti, immagini o brani musicali (come gli algoritmi di Instagram, o Spotify) imparando dalle scelte degli utenti. Inoltre, i tool “intelligenti” utilizzati per l'editing dei media, sono capaci di creare nuovi linguaggi espressivi. La loro potenzialità, in grado di creare contenuti automaticamente modificabili o generabili tramite un algoritmo, influenza persino l'estetica. Ne è un esempio la “fotocamera” delle ultime generazioni di smartphone, che aggiusta una foto o sfuma automaticamente lo sfondo, senza citare i filtri che riescono a distorcere la realtà. Dalla lettura del libro, si evince come vi sia il futuro rischio di una standardizzazione culturale indotta da questi algoritmi. Finora, secondo Manovich, l'AI può scegliere delle risposte da suggerire, ma è ancora l'essere umano che prende le decisioni finali in un processo creativo.

L'arte è in grado di raggiungere:

“[...] territori che non avremmo saputo esplorare senza. L'arte ha complessivamente un potere narrante rispetto a comportamenti e immagini che, non avendo tempo, possiamo usare per costruire porzioni di futuro condivise. Il film Minority Report mostrava un comportamento del corpo umano che con le mani muoveva immagini digitali nell'aria, in assenza di un'interfaccia allora nota, creando un immaginario che ha guidato la tecnologia a realizzare e rendere commercialmente interessante in un tempo piuttosto breve quella irrealità fantascientifica.”

(Celaschi, 2016, p. 60).

Come lo conferma la tecnologia Leap Motion oppure i tool del VR che permettono di esplorare, modificare e controllare lo spazio virtuale con il proprio corpo.



Fig. 28  
Spotify algorithm



Fig. 29  
Minority Report (2002)



Fig. 30  
VR hand tracking engine - Leap Motion

## 1.2 Quali sono le potenzialità

### Machine learning

“

Machine learning is a field of study that gives computers the ability to learn without being explicitly programmed.<sup>33</sup>

”

(Samuel, 1959, p.210)

Esistono diversi modi per allenare una macchina, in base alle applicazioni e ai dati a disposizione come:

- ■ Apprendimento supervisionato, in cui si forniscono gli input e i relativi output, indicando esplicitamente gli esempi e le correlazioni su cui si deve allenare;
- ■ Apprendimento non supervisionato, l'algoritmo ha il compito di trovare i propri modelli e associazioni all'interno degli esempi a disposizione;
- ■ Apprendimento con rinforzo, un allenamento plasmato dai feedback che raccolgono in risposta alle loro azioni.

### Deep learning

“

Neural networks in the deep learning literature typically consist of a set of input units that stand for things like pixels or words, multiple hidden layers (the more such layers, the deeper a network is said to be) containing hidden units (also known as nodes or neurons), and a set output units, with connections running between those nodes.<sup>34</sup>

”

(Marcus, 2018, p. 4).

Il Deep learning è un sistema di apprendimento automatico che coinvolge più livelli connessi tra loro, detti strati di reti neurali, che hanno l'incarico di elaborare modelli sempre più astratti. Grazie all'efficacia di tali reti si sono fatti progressi nel campo della computer vision, come il riconoscimento di oggetti; nell'ambito della comprensione ed elaborazione del linguaggio naturale, ed anche nella creazione di modelli generativi per la realizzazione di immagini sintetiche (come il programma DeepDream della Google). È considerato uno strumento prezioso, accurato e rapido per le tecniche statistiche di classificazione (Hebron, 2016).



Fig. 31

Esempio di un'immagine prodotta dall'algoritmo di DeepDream della Google

## Big Data

L'evoluzione tecnologica ha portato all'incremento dell'utilizzo di dispositivi e strumenti che hanno permesso di generare e immagazzinare un'enorme quantità di dati, che documentano la vita di tutti i giorni e sono in continua crescita. Essi vengono chiamati con il termine "Big Data", e necessitano perciò di strumenti con un'elevata capacità di calcolo per poter scoprire modelli storici, per prevedere, organizzare o formulare decisioni e tanto altro (Rezzani, 2013).

## Data bias

I Data bias sorgono quando i dati sono difettosi o non rappresentano per intero le differenti categorie che dovrebbero ritrarre. Ad esempio in un articolo di Shankar et al. (2017) si evidenzia come la metà delle immagini di ImageNet provengano dalla Gran Bretagna e dagli Stati Uniti e perciò potrebbero classificare in maniera imprecisa categorie di differenti aree geografiche (Nachmany et al., 2019). Un'altra ricerca di Buolamwini & Gebru (2018) evidenzia il divario del database di volti AT&T che è rappresentato per lo più da persone di pelle chiara di sesso maschile, rendendo difficile il riconoscimento dei volti femminili con una pelle più scura.

## Open source



An open source approach can mean less time spent on routine coding, industry standardization and wider application of emerging AI tools<sup>35</sup>



(Herweijer & Waughray, 2018, p.7)

L'Open source è stato "il primo modus operandi dell'informatica" (Ratti & Claudel, 2014, p. XI), poiché il software era considerato un prodotto scientifico, e in quanto tale cresceva grazie alla collaborazione attiva dei suoi utenti. Oggi i software e i dati open source hanno permesso la democratizzazione e l'uso dell'AI, grazie a piattaforme come TensorFlow, Processing, p5.js, ml5.js, Teachable machine.

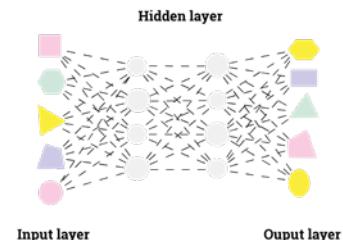


Fig. 32

Riproduzione del funzionamento di una rete neurale

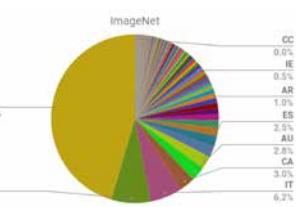


Fig. 33

Fraction of ImageNet images from each country (Shankar et al., 2017)

35

Tradotto in italiano:  
"Un approccio open source può significare meno tempo speso per la codifica di routine, la standardizzazione dell'industria e una più ampia applicazione degli strumenti di IA emergenti."

## 1.3 ML e Design

“

Human-centered design has expanded from the design of objects (industrial design) to the design of experiences (adding interaction design, visual design, and the design of spaces) and the next step will be the design of system behavior: the design of the algorithms that determine the behavior of automated or intelligent systems.<sup>36</sup>

”

Harry West, CEO di Frog

Oggi quasi tutti i dispositivi digitali più importanti hanno al centro algoritmi di ML. In questo genere di contesto, il lavoro e l'opportunità del designer corrispondono nell'identificare maniere significative di utilizzare questa tecnologia (Clark, 2019). Come cercare nuovi modi di interagire, personalizzare le esperienze o fornire e organizzare contenuti. Metthew Ström (2019), UX designer, evidenzia inoltre cosa il design può offrire allo sviluppo del ML come:

- aiutare a raccogliere dati migliori, per esempio se le interfacce sono di difficile navigazione, i dati raccolti saranno meno accurati;
- aiutare a definire le aspettative e stabilire la fiducia con gli utenti, progettando dei dettagli che fanno chiarezza nelle interfacce basate sul ML.



Fig. 34  
Tool AI di Airbnb che trasforma gli schizzi di progetto in codice sorgente.



Fig. 35  
Packaging della Nutella con la grafica realizzata da un algoritmo (2017)

### Generative design

L'AI sta prendendo piede anche nel settore del design grafico. Essa, infatti, permette di rendere il processo di progettazione più veloce, essendo in grado, dati dei modelli da cui imparare, di generare layout, grafiche, illustrazioni o modelli 3D (Akash, 2019).

Alcuni esempi sono le piattaforme di progettazione grafica che generano siti Web come The Grid<sup>37</sup> (2015), oppure Airbnb<sup>38</sup>, che ha programmato un algoritmo di ML in grado di trasformare gli schizzi di progetto in codice sorgente per la costruzione di un sito.

Persino Ferrero, la famosa multinazionale italiana di dolciumi, nel 2017 sfruttò questa strategia facendo progettare ad un algoritmo la grafica del packaging della Nutella, che creò sette milioni di barattoli unici<sup>39</sup>.

Anche Netflix gestisce i banner con la generazione assistita

36

Tradotto in italiano:  
“Il design centrato sull'uomo si è espanso dal design di oggetti (design industriale) al design di esperienze (aggiungendo design di interazione, design visivo e design di spazi) e il passo successivo sarà il design del comportamento del sistema: il design degli algoritmi che determinano il comportamento di sistemi automatizzati o intelligenti.”

37

<https://thegrid.io/>

38

<https://thenextweb.com/artificial-intelligence/2017/10/25/airbnb-ai-sketches-design-code/>

ta da un sistema di intelligenza artificiale, che personalizza le locandine dei film a seconda della lingua, per creare diverse combinazioni che verranno poi approvate o rifiutate dal designer (Chandrashekhar et al., 2017).

## Design for all

Grazie alla potenzialità dei modelli di apprendimento automatico, si possono progettare strumenti che permettono l'inclusività e la valorizzazione delle specificità di ognuno. Progettando sistemi intelligenti che consentono l'interazione e la fruizione di ambienti, prodotti o servizi, alla più ampia pluralità di soggetti.

Ne è un esempio il progetto *Feel the view*<sup>40</sup>, di Giuseppe D'Ambrosio e della startup Aedo<sup>41</sup> in collaborazione con la casa automobilistica Ford. Si tratta di uno strumento che permette alle persone non vedenti di "sentire" il paesaggio attraverso la vibrazione assistita. Questo dispositivo si applica direttamente al finestrino di un'auto, una fotocamera scatta una foto del paesaggio, che viene semplificata dall'Intelligenza artificiale, coi profili dell'immagine che vengono poi trasformati in una "rappresentazione tattile". In sostanza il sistema identifica la precisa posizione del dito, e uno speaker ad ultrasuoni emette vibrazioni più o meno forti in base ai chiaroscuri dell'immagine. In questo modo si potrà esplorare l'immagine tramite il senso del tatto.

Invece, il MIT Media Lab ha iniziato a studiare un progetto che possa aiutare le persone che utilizzano un linguaggio espressivo non verbale. La comunicazione, in certi tipi di disturbi come dello spettro autistico o altri disturbi neuropsichiatrici, è ricca di vocalizzazioni e gesti che non hanno un contenuto verbale tipico. Il progetto Commalla<sup>42</sup> in particolare, punta ad allenare un algoritmo di machine learning per collegare il contenuto fonetico o gestuale a ben precise etichette semantiche (significati). Gli addestramenti dei modelli si stanno sviluppando e sperimentando grazie alla partecipazione alla conoscenza unica dei caregiver primari, e degli operatori sanitari. Attualmente l'obiettivo del progetto è quello di incrementare e perfezionare i modelli personalizzati per poter classificare le vocalizzazioni attraverso l'etichettatura in tempo reale con una app.



Fig. 36

Esempio di generazione assistita delle locandine dei film di Netflix



Fig. 37



Fig. 38

39

<https://medium.com/inspiring-ai/algorithmdesigns-seven-million-different-jars-of-nutella-35c18f782780>

40

<https://media.ford.com/content/fordmedia/feu/it/it/news/2018/04/30/ford-feel-the-view---la-bellezza-di-un-panorama-per-tutti.html>

41

<http://www.aedoproject.eu/>

## Interaction design

Il machine learning permette di rendere la nostra comunicazione più comprensibile al computer, utilizzando forme “multimodali” di interazione, con mezzi visivi, uditivi o altro. Il ruolo del Interaction designer è quello di progettare questo tipo di interazione, sia attraverso nuove prospettive di interfacce sia attraverso altri tipi di linguaggi.

Un progetto che è stato nominato tra le migliori invenzioni del 2020 dal Time<sup>43</sup>, è Duolingo<sup>44</sup> una app interattiva per aiutare l'apprendimento linguistico attraverso la *gamification*. Uno strumento utile per le fasce di età dei più giovani.

L'AI è uno strumento utile per rendere l'esperienza digitale più personale. Come Tobii Pro Sprint<sup>45</sup> che è in grado di aiutare a migliorare il layout dei siti web grazie alla tecnologia di tracciamento oculare. Essa registra il movimento degli occhi durante l'esplorazione della pagina, mostrando le zone di maggiore focus. Mettendo in luce i problemi di usabilità che permettono di migliorare la progettazione dei vari elementi che compongono il medium digitale.

## Data Visualization

Anche per la visualizzazione dei dati si progettano algoritmi per generare immagini, grafici, e rappresentazioni grafiche al fine di renderli disponibili e comprensibili agli utenti.

Il machine learning può fornire la capacità e la possibilità di esplorare modelli di realtà anche disciplinariamente diversi, unendo un mondo fatto di numeri con il mondo fisico. Quali sensi si possono usare per rappresentare i dati? Che tipi di esperienze si possono avere percependoli attraverso altri punti di vista?

Refik Anadol, un famoso media artist, nelle sue opere dice di usare i dati come pigmenti, dipingendo con un “thinking brush” generando esperienze che rendono i dati conoscenza, impressa nella memoria di chi li esperisce.

42

<https://www.media.mit.edu/projects/commalla/overview/>

43

<https://time.com/collection/best-inventions-2020/>

44

<https://www.duolingo.com/abc>

45

<https://www.tobiiproao.com/product-listing/sprint/>

2020



Fig. 39

2020



Fig. 40

2016

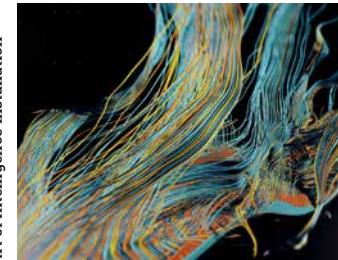


Fig. 41





# 2. Climate Change, design e AI

“

Nell'era del cambiamento climatico, della perdita di biodiversità, della riduzione dello strato di ozono, ma anche di una sconcertante disuguaglianza economica con un coefficiente di Gini<sup>1</sup> pari a 0,7, i problemi in questione diventano spesso visibili solo se visti su scala globale. Soprattutto, in un mondo globalizzato, poiché le decisioni economiche prese in una parte del mondo influiscono sugli sviluppi sociali e ambientali in altre parti del mondo, queste connessioni rischiano di rimanere inosservate a meno che i gruppi interessati non attirino l'attenzione su di esse e non trovino una piattaforma da cui far sentire la loro voce.

”

(Borowy, 2018)

L'importanza della consapevolezza rispetto alle cause e gli effetti di determinate scelte è indispensabile per affrontare delle problematiche così complesse, che coinvolgono diverse dimensioni politiche, economiche, scientifiche, sociali, morali ed etiche. Lo stesso Daniel Goleman (2011) teorizza un tipo di intelligenza cui ognuno di noi viene chiesto di sviluppare, per salvaguardare l'ambiente. Egli definisce l'intelligenza ecologica come la capacità di:

“apprendere gli effetti delle attività umane sugli ecosistemi, di applicare ciò che abbiamo imparato nello sforzo di causare meno danni possibili e, ancora una volta, condurre una vita sostenibile all'interno della nostra nicchia ecologica, che oggi corrisponde all'intero pianeta”

(Goleman, 2011, p.23).

Purtroppo, la routine quotidiana non è in grado di renderci realmente consapevole dell'impatto delle singole azioni sull'ambiente, manca una trasparenza che possa orientare l'essere umano nelle scelte abituali, Goleman la identifica con il termine “ecomiozia”. Le informazioni dovrebbero essere orientate in una accurata valutazione dell'impatto ecologico attraverso tre livelli, la geosfera la biosfera e la sociosfera.

Che ruolo può avere il design in questo contesto? In che modo la progettazione si sta muovendo per garantire un futuro più sostenibile? E quali sono gli strumenti digitali che possono aiutare a raggiungere gli obiettivi prefissati?

1

“Il coefficiente di Gini, introdotto dallo statistico italiano Corrado Gini nel 1912, è una misura ampiamente utilizzata per misurare la (in-)uguaglianza dei redditi. Il suo numero è compreso tra 0, per cui tutti guadagnerebbero lo stesso, e 1, dove una persona riceverebbe tutti i redditi di una data società.”

## 2.1 Cos'è il Climate Change

### 2.1.1 Definizione

Il cambiamento climatico è certamente un fattore che altera gli equilibri ecologici preesistenti, e che ha prodotto nel tempo una vasta gamma di fenomeni come i flussi migratori o la modifica della biosfera, con conseguenti estinzioni di specie animali. Questi vasti processi si sono notevolmente accelerati a seguito della generale antropizzazione degli ecosistemi. Il Climate Change quindi è un fenomeno che affligge ogni regione del pianeta, e non include soltanto l'innalzamento delle temperature ma anche gli "effetti collaterali" di tale surriscaldamento. I principali fattori che hanno inciso sul cambiamento delle condizioni nel nostro pianeta sono l'aumento della popolazione, l'urbanizzazione e l'industrializzazione.

Secondo una nuova ricerca, si stima che l'azione antropica abbia causato un aumento di:

**“circa 1,0 °C di riscaldamento globale al di sopra dei livelli preindustriali, con un probabile intervallo compreso tra 0,8 °C e 1,2 °C. È probabile che il riscaldamento globale raggiunga 1,5 °C tra il 2030 e il 2052 se continua ad aumentare al ritmo attuale.”**

(IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change, 2018, p.6).

Per affrontare le tematiche ambientali esistono, in genere, due strategie chiamate "mitigation" e "adaptation"<sup>2</sup>. Ovvero da una parte mitigare e rallentare il processo di cambiamento climatico riducendo i gas serra presenti nell'atmosfera, dall'altra parte adattarsi ai cambiamenti sviluppando approcci/dispositivi in grado di proteggere l'ambiente come nel caso del MOSE (barriera mobile offshore) a Venezia, che previene l'innalzamento delle maree dal danneggiare immobili e beni culturali. Si evince quindi che il primo metodo richiede delle consistenti trasformazioni del comportamento individuale e considerevoli innovazioni tecnologiche, invece il secondo è un metodo agente su scala locale, correlato alla condizione specifica in cui si interviene.

<sup>2</sup>

[https://climate-adapt.eea.europa.eu/  
knowledge/tools/urban-ast/step-1-0](https://climate-adapt.eea.europa.eu/knowledge/tools/urban-ast/step-1-0)



Fig. 42

“

Con l'espressione sostenibilità ambientale ci si riferisce alle condizioni sistemiche per cui, a livello planetario e a livello regionale, le attività umane non disturbino i cicli naturali su cui si basano più di quanto la resilienza del pianeta lo permetta e, allo stesso tempo, non impoveriscano il capitale naturale che verrà trasmesso alle generazioni future. A queste due prescrizioni fondate su considerazioni di carattere prevalentemente fisico se ne aggiunge una terza di carattere etico: il principio di equità, per cui si afferma che, nel quadro della sostenibilità, ogni persona (comprese le future generazioni) ha diritto allo stesso spazio ambientale, cioè alla stessa disponibilità di risorse naturali globali.

”

(Vezzoli & Manzini, 2007, p.11).

## 2.1.2 Storia

Già alla fine dell'800 furono effettuati degli studi strutturati e rigorosi sugli impatti ambientali dell'effetto serra. Nel 1860 il fisico John Tyndall studiò tale l'effetto nella sua forma più fisiologica (non quella massiva e inquinante che abbiamo imparato a conoscere nel XX secolo), suggerendo che fossero le variazioni chimiche nell'atmosfera a indurre alcuni dei cambiamenti climatici da lui osservati.

Il primo articolo a fare predizioni in tal senso, fu scritto dallo scienziato Svante Arrhenius, e rintracciava nell'aumento di anidride carbonica uno dei fattori scatenanti l'effetto serra. Queste scoperte non furono prese in considerazione dalla comunità accademica per molto tempo. Soltanto verso gli anni '60 iniziarono a registrarsi i primi dibattiti scientifici, in cui avvenne una presa di coscienza riguardo la reale minaccia che l'effetto serra avrebbe potuto costituire.

Uno degli eventi che contribuì all'approvazione della prima normativa europea sull'utilizzo dei combustibili fossili<sup>3</sup>, fu la problematica dello smog di Londra. L'episodio drammatico si verificò la mattina del 5 dicembre del 1952, quando una fitta nebbia di smog rimase intrappolata nella capitale. L'evento venne definito il "grande smog". Furono le seguenti variabili a scatenare tale vicenda: i fumi delle fabbriche e dei camini rimasero imprigionati a causa dell'assenza di ventilazione dell'aria, a cui si aggiunse il freddo di quei giorni che fece aumentare il consumo di carbone per il riscaldamento domestico. La città si fermò per cinque giorni, e 12 mila inglesi morirono a causa di problemi respiratori.

3

Si tratta del Clean Air Act, varato dal governo inglese e approvato dal Parlamento del Regno Unito il 5 luglio 1956. La normativa obbligò fabbriche e case a convertirsi a combustibili più puliti. Il decreto rimase in vigore fino al 1964 evitando così di ripetere un disastroso evento come quello accaduto nel 1952.



Fig. 43

Il "grande smog" di Londra 1952

Nel 1972 venne pubblicato *The Limits to Growth* (Meadows, 1972) che evidenziò in termini globali tutti i problemi derivanti dal consumismo e il conseguente esaurimento delle risorse non rinnovabili, mostrando i risultati delle simulazioni effettuate dai tecnici del MIT (Massachusetts Institute of Technology). Questo modello ipotizzava anche un aumento dell'inquinamento e della domanda di generi alimentari e idrocarburi correlata alla crescita della popolazione e del capitale industriale (Cole, 2007).

Soltanto a metà degli anni '80 la questione ambientale venne presa in considerazione dalle istituzioni internazionali, che la riconobbero come un tema di rilevanza comune. Tale cambio di rotta si manifestò pienamente quando le 7 maggiori potenze economiche del mondo (le componenti del G7) attraverso le Nazioni Unite, costituirono un gruppo di esperti (gruppo Intergovernativo sui Cambiamenti Climatici, detto IPCC<sup>4</sup>), per monitorare questi fenomeni e le loro conseguenze.

Nel 1987 venne definito per la prima volta il termine "sviluppo sostenibile" nel Rapporto di Brundtland<sup>5</sup> pubblicato dalla Commissione mondiale sull'ambiente e lo sviluppo (WCED). La definizione si riferiva principalmente alle responsabilità delle generazioni presenti relativamente al benessere delle generazioni future. In questi anni la tematica ambientale diede avvio ad una lunga serie di studi che posero le basi per nuove strategie e modalità di azione. Tra le prime da citare, abbiamo la strategia per un vivere più sostenibile del 1991, ("Caring for Earth. A strategy for sustainable living") delineata da IUCN, UNEP, WWF. Nel 1992 invece viene redatto il primo rapporto "Beyond the Limits" in cui si evidenziava il superamento della "capacità di carico del pianeta". Partirono così le prime iniziative internazionali come la Commission on Sustainable Development, una commissione per lo sviluppo sostenibile (CSD) istituita dall'Assemblea generale delle Nazioni Unite nello stesso anno. Dopo dieci anni, venne organizzato il Summit mondiale sullo sviluppo sostenibile (WSSD) dalle stesse Nazioni Unite, fino ad arrivare all'accordo di Parigi<sup>6</sup> del 2015.

Inoltre, nel settembre 2015 i governi dei 193 Paesi dell'ONU hanno sottoscritto l'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile, contenente i 17 Sustainable Development Goals<sup>7</sup> (SDGs). L'impegno di ogni Paese è quello di raggiungere, entro il 2030, questi obiettivi, che considerano la dimensione economica, sociale e ecologica dello sviluppo sostenibile (includendo la lotta contro la povertà, i diritti umani, l'ineguaglianza e i cambiamenti climatici).

<sup>4</sup> <https://www.ipcc.ch/>

<sup>5</sup> «[...] è quello sviluppo che consente alla generazione presente di soddisfare i propri bisogni senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri» (WCED, World Commission on Environment and Development, 1987)

<sup>6</sup> L'Accordo di Parigi persegue l'obiettivo di limitare ben al di sotto dei 2 gradi Celsius il riscaldamento medio globale rispetto al periodo preindustriale, puntando a un aumento massimo della temperatura pari a 1,5 gradi Celsius. Inoltre, mira a orientare i flussi finanziari privati e statali verso uno sviluppo a basse emissioni di gas serra e a migliorare la capacità di adattamento ai cambiamenti climatici.

<sup>7</sup> <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>



Fig. 44

Sustainable Development Goals (2015)

Le questioni ambientali non passano inosservate neanche alle giovani generazioni. Nell'agosto 2018 l'adolescente e attivista svedese Greta Thunberg, iniziò a protestare proprio davanti al parlamento svedese con un cartello che dichiarava "sciopero scolastico per il clima". La sua protesta è diventata virale, e a novembre dello stesso anno ben 17.000 studenti in 24 paesi hanno scioperato mossi dagli stessi obiettivi, ovvero la salvaguardia del pianeta per un futuro migliore (il loro). Infine, nel marzo 2019 è stato riconosciuto l'operato della Thunberg, proponendone la nomination al premio Nobel per la pace ed invitandola a New York nell'agosto dello stesso anno, per partecipare al Summit delle Nazioni Unite sul clima.



Fig. 45

Greta Thunberg mette sciopero davanti al parlamento di Stoccolma, nell'agosto 2018

## 2.1.3 Impatto culturale ed influenza estetica

L'interesse verso le tematiche ambientali ha portato all'irrobustirsi della ricerca tecnologia nell'ambito dei materiali ecocompatibili e delle energie alternative. Le politiche del sistema produttivo e industriale si sono lentamente modificate proponendo differenti strategie di utilizzo di materie riciclabili e allungando il ciclo di vita dei prodotti, introducendo il concetto di economia circolare. Si trasformano conseguentemente l'estetica e la funzionalità delle merci, con un'attenzione maggiore al valore aggiunto dato dalla lavorazione e dalla tutela della sostenibilità ambientale nei dei cicli produttivi e di consumo, nonché negli stili di vita degli utenti. Le politiche locali si avvalgono di strategie e di sistemi di adattamento ai cambiamenti climatici, come le iniziative di conservazione e recupero degli ecosistemi delle aree verdi, per favorire l'aumento di biodiversità e una migliore qualità dell'aria. Un altro tipo di approccio consiste nell'implementazione di interventi urbani ("ecocostruzioni", Archibugi, 2002) come il quartiere di Kronsberg ad Hannover, che emette il 75% di CO<sub>2</sub> in meno rispetto ad un quartiere convenzionale; oppure il quartiere di Hammarby Sjöstad a Stoccolma, dove il 50% dell'energia è costituita dalla biomassa e biogas prodotta dai rifiuti degli abitanti, e il restante da altre fonti rinnovabili (Bosio, 2010). Nell'ambito del trasporto alimentare invece, si incentiva la produzione alimentare locale a chilometro "zero", promuovendo



Fig. 46

Progetto del quartiere di Hammarby Sjöstad a Stoccolma

iniziativa come *farmer's markets* o orti urbani, per ridurre la distanza tra produttore e consumatore, riducendo le emissioni di anidride carbonica associate.

L'influenza sulla cultura letteraria la si può ritrovare già a partire dagli anni '70, che furono segnati da discussioni teoriche sull'importanza di diminuire la quantità di rifiuti. Ne sono un esempio i famosi racconti di Italo Calvino, in particolare il romanzo "Le città invisibili" del 1972. Tra le storie narrate si distingue quella della città immaginaria di Leonia, interamente circondata dalla spazzatura di una società consumista, avvinta da un così forte desiderio di rinnovarsi ogni giorno, da giungere ad eliminare e disprezzare ogni bene appena adoperato. Quegli stessi beni, che si trasformano in poche ore in inutili rifiuti, si accumulano spaventosamente nelle adiacenze della metropoli, dando vita ad un paesaggio distopico e surreale, chiara critica dell'autore alla cultura del consumo di quegli anni.

Anche in un'ottica speculativa si cerca di offrire spunti di riflessione sul tema della sostenibilità. Lo speculative design è infatti in grado di suggerire innovative possibilità progettuali, andando ad esplorare nuovi valori e atteggiamenti con l'obiettivo di migliorare il presente anticipando il futuro (Dunne & Raby, 2013). Ne è un esempio il progetto realizzato dalla Philips, la casa microbica<sup>8</sup> (2011), che consiste in un ambiente domestico sistematico, in cui i vari devices sono inseriti in un apparato ciclico di input e di output, con l'intento di ridurre l'impatto ambientale degli elettrodomestici, e creare consapevolezza riguardo i consumi casalinghi. L'isola principale è in grado di ricavare dai rifiuti energia e bio-gas per la cottura dei cibi, e la conservazione di essi tramite refrigerazione evaporativa. La proposta, quindi, indaga la funzionalità dei prodotti dandogli una nuova prospettiva all'interno del contesto domestico, per offrire utili spunti di riflessione. Il ruolo del consumatore è infatti mutato nel tempo, acquisendo sempre più potere decisionale, ed è per questo importante che il design sia in grado di aumentare la consapevolezza degli utenti, in modo che possano formarsi una propria opinione ed essere motori del cambiamento.

Alberto Bassi (2017), nel libro *Design contemporaneo: istruzioni per l'uso*, lo chiama "sense making", la necessità di un designer di ricercare e creare significato affinché possa innescare un ragionamento e un cambiamento delle abitudini verso una maggiore responsabilità nei confronti dell'ambiente, della società e dell'economia.

Anche nel mondo della moda è stata presa in considera-

8

<https://www.artwort.com/2014/08/01/design/philips-microbial-home-another-future/>

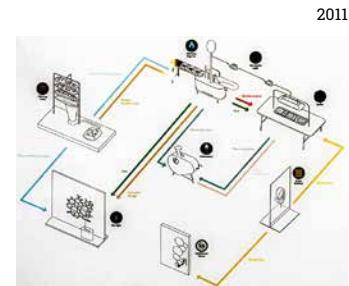


Casa microbica

2011

Philips

Fig. 47



Casa microbica sketch

2011

Philips

Fig. 48

zione la questione etico-ambientale, prendendo provvedimenti nella ricerca di materiali tessili e lavorazioni più ecosostenibile. Come Patagonia, che ha fatto crescere la sua attività grazie a un servizio di riparazione e ristrutturazione - spinto da una narrazione accattivante e autentica, vincendo il *Circular economy multinational award*<sup>9</sup>.

Il mondo dell'arte è:

*"tra i più potenti driver del cambiamento. Ci apre la mente, ci fa emozionare e ci spinge all'azione"*

afferma Christiana Figueres (2018),

ex Segretario esecutivo della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, nel rapporto "Sustaining Great Art and Culture" dell'Arts Council England dedicato alla sostenibilità dell'arte e della cultura. L'azione artistica è capace di educare e di innescare ragionamenti con provocazioni e sfide che sensibilizzano i cittadini al tema ambientale. Nel corso degli anni l'arte e la scienza sono state chiamate a collaborare in numerose iniziative che esplorano queste problematiche complesse, come ad esempio la mostra *Future Knowledge*<sup>10</sup>, del 2017 presso la galleria Modern Art Oxford, che esplora i cambiamenti climatici connettendo i linguaggi artistici, progettuali e scientifici.

Il tema della sostenibilità è percolato anche nei canali di informazione e comunicazione, condizionando in modo significativo la maniera in cui aziende o enti narrano, divulgano e pubblicizzano il proprio valore e la propria immagine. Questo è evidente in tutte quelle attività radicate nei mass media, nelle azioni di co-marketing o nelle organizzazioni no-profit, che tentano di accrescere la forza del proprio band associandolo appunto a cause ecologico-sociali.

Philippe Starck (2008, p. 219) disse in un'intervista:

*"L'ambiente è la moda del momento sulle copertine delle riviste, è un successo clamoroso garantito. Alla fine, Perché no? Basta che il risultato finale ci aiuti a sopravvivere e a continuare l'evoluzione".*

<sup>9</sup>

<https://www.lifegate.it/patagonia-premiata-per-il-contributo-alleconomia-circolare>

<sup>10</sup>

<https://www.modernartoxford.org.uk/event/future-knowledge-2/>



Future Knowledge installation shot  
Modern Art Oxford

Fig. 49

## 2.2 Le potenzialità del design rispetto al Climate Change

“

Una razionale concezione della funzione sociale dell'Industrial design, non può che rinnegare quella produzione, purtroppo molto diffusa, di oggetti assolutamente inutili all'uomo. Oggetti nati da mere ipotesi, con scopi legati soltanto al più banale senso di decorazione, gratuiti e ingiustificati, se pur, in alcuni casi, fortemente coerenti. Si sa però che la coerenza formale, da sola, non basta a giustificare oggetti prodotti senza alcune analisi preventive delle possibilità di mercato, anzi favorisce una dinamica sociale di tipo emulativo invece di suscitare un interesse diretto per il prodotto qualificato.

”

(Munari, 1997, p.3).

Il design, quindi, ha la responsabilità di proporre una trasformazione sociale a favore della sostenibilità, non soltanto tenendo conto dei processi produttivi e del ciclo di vita dei prodotti, ma innescando cambiamenti nei comportamenti collettivi quotidiani (Papanek, 1973), favorendo la collaborazione e condivisione dei beni e dei servizi.

11

Questo edificio era destinato a dei malati di tubercolosi. Alvar Aalto progettò l'edificio in funzione del malato, dal mobilio al rapporto con il contesto naturale circostante.

### 2.2.1 Design e sostenibilità

La sensibilità ai temi ambientali era sentita già all'epoca (1850-1914) dell'Arts&Crafts nel Nord Europa, un movimento che rigettava la meccanizzazione e la depersonalizzazione tipiche del ciclo di produzione industriale del XIX secolo, sostenendo invece quanto rimaneva della artigianalità nella sua dimensione collaborativa, che poneva al centro il lavoro manuale, una migliore qualità dei materiali e la longevità degli oggetti.

Anche Alvar Aalto (1898-1976), architetto finlandese del Novecento, manifestò in molti dei suoi progetti un grande rispetto e ammirazione per l'ambiente. Si avverte il suo legame con la natura nel rapporto armonico che intercorre tra architettura e vegetazione, oltre che nella scelta dei materiali; senza dimenticare come la sua concezione degli spazi ponesse al centro delle attenzioni l'uomo. L'esempio che riflette al meglio il suo approccio è certamente il Sanatorio di Paimio<sup>11</sup> (1929-33).

1929-1933



Sanatorio di Paimio

Alvar Aalto

Fig. 50

Nel pieno periodo della cultura Pop ci furono numerosi dibattiti che denunciarono il fenomeno del consumismo, in Italia Vittorio Gregotti dedicò uno dei suoi scritti al design dicendo che:

*"Nulla si crea, nulla si distrugge: tuttavia tutto si accu-mula in attesa di essere trasformato. Non ci sono solo più i cimiteri degli uomini, dei cani e degli elefanti: tutta la nostra periferia urbana è un cimitero di oggetti. Ciò che è partorito dalle strutture produttive decentrate confluisce nei centri di consumo, passa attraverso gli stadi della utilizzazione di prima, seconda e terza mano, e si ferma, scheletrame, a metà strada, attendendo che torni conve-niente il suo ricupero"*

(Gregotti, Battisti, 1965, p. 28).

Negli anni Settanta sorse parecchie riflessioni sul ruolo del design (Maldonado, 1973) ed il già arrembante e diffuso fenomeno del consumismo (Dorfles, 1972) che portarono l'intellettuale e designer Enzo Mari a progettare "Proposta per un'autoprogettazione" nel 1974, che consisteva in un manuale d'istruzioni per il montaggio fai-da-te di mobili. Il suo intento fu di restituire l'autonomia e la capacità critica alle persone, appiattitasi (a suo dire) a causa del diffondersi di una economia di mercato sempre più industriale, mercificante, automatizzata e depersonalizzante.

Nel XXI secolo il design per la sostenibilità ambientale si è caratterizzato per la complessa interrelazione tra gli utenti (diventati attori sociali), il contesto socioeconomico e il sistema tecnico di produzione e consumo (Vezzoli & Manzini, 2007).

I filoni di progettazione di stampo più ecologico hanno esplorato con varie soluzioni: la riduzione del consumo di energia e dell'entità degli scarti materiali, nonché l'estensione del ciclo di vita dei prodotti.

A queste formule si è aggiunto poi il tentativo di riciclo o riuso di un oggetto in nuovi cicli e utilizzi, come ad esempio il centrotavola in ceramica *Una seconda vita*<sup>12</sup> di Paolo Ulian del 2006. Il prodotto, una volta andato in frantumi, trasforma i suoi cocci in piccole ciotole grazie ai fori accuratamente progettati, allungando la vita del singolo rifiuto.

In linea con quanto appena detto, Tamborrini (2009) nel suo libro "Design sostenibile: Oggetti, sistemi e comportamenti." arriva perfino a classificare i progetti di design

2006



Una seconda vita

Paolo Ulian

Fig. 51

12

fu realizzato per la biennale di ceramica di Albissola.

1957



Sedia Superleggera

Gio Ponti

Fig. 52

1993



Borsa Freitag

Markus e Daniel Freitag

Fig. 53

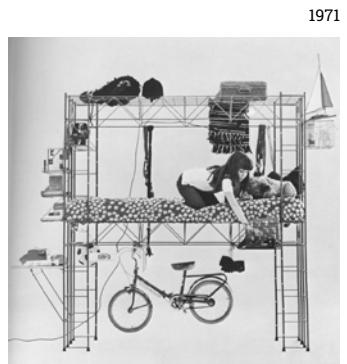
“ecofriendly” in 7 aree tematiche:

- **Design per riduzione**, esso limita i consumi energetici, progettando con il minimo spreco delle risorse materiali, come la frase celebre del designer Van Der Rohe “less is more”. La celebre Sedia Superleggera (1957) di Gio Ponti per Cassina, ne è un esempio. La materia, infatti è stata ridotta al minimo pur garantendo lo stesso funzionalità e solidità al prodotto;
- **Design per il riciclo e riuso**, che compie una rivalutazione del concetto di scarto, nel quale si recuperano i materiali per riutilizzarli in un nuovo ciclo, oppure rimpiegando lo stesso prodotto in altri contesti. I fratelli Markus e Daniel Freitag nel 1993 progettarono una borsa interamente realizzata da materiali di recupero. L'articolo Freitag è composto da PVC ricavato da vecchi teloni dei camion (materiale adatto per le sue caratteristiche di resistenza e impermeabilità), da copertoni di vecchie bici per le rifiniture e la tracolla realizzata con cinture di sicurezza in disuso;
- **Design del “Piegare e compattare”**, i cui i progetti traggono benefici da nuovi materiali e nanotecnologie in virtù di ridurre spazi e il consumo di risorse. Normann Copenaghen e Boje Estermann in risposta alle nuove necessità del consumatore e alla sostenibilità, nel 2004 produssero l'imbuto pieghevole Funnel che, grazie alle sue proprietà formali e materiche, era in grado di ridurre notevolmente l'ingombro limitando la portata del volume per il trasporto, lo stoccaggio e l'ambito domestico;
- **Design Flessibile**, inteso come approccio che premia la versatilità e polifunzionalità dell'oggetto, pensandolo anche in funzione dei nuovi possibili bisogni del fruttore, e ai diversi contesti con cui può interagire. Il celebre Abitacolo di Bruno Munari del 1971 ne è un esempio calzante. Simbolo di modularità e adattabilità, consiste in una struttura per il letto multifunzionale completamente trasformabile e personalizzabile;
- **Design delle energie pulite e rinnovabili** per rispondere alle problematiche ambientali. Un progetto interessante è Solar Cookit di Roger Bernard del 1994, il kit permette la cottura di cibi attraverso il calore della luce solare ed è costituito da un cartone di recupero rivestito da una pellicola di alluminio e un contenitore per la cottura;



Inbuto Funnel

Fig. 54



Abitacolo

Fig. 55



Solar Cookit

Fig. 56

- **Design della Sostenibilità e tecnologia**, che prevede implementazione della tecnologia nella produzione e nel prodotto al fine di garantirne un basso impatto in termini ambientali. Questo tipo di logica è piuttosto evidente nei sistemi di domotica, che permettono di tenere sotto controllo i consumi, grazie ad algoritmi attentamente progettati, per adattarli alle abitudini dell'utente;
- **Design della Sostenibilità e materia**, simile al precedente, nel quale però si presta maggiore attenzione alla scelta dei materiali. Uno dei principali settori dell'industria dove la ricerca nell'ambito dei materiali sostenibili rappresenta una delle tematiche di maggior rilievo è di certo quello del packaging. Tra le applicazioni più fortunate e diffuse del design della materia in tale ambito, troviamo i contenitori biodegradabili come il packaging creato con lo stesso materiale del contenuto ma in stato solido. È il caso del progetto della designer tedesca Jonna Breitenhuber, che ha realizzato il contenitore dello shampoo e del bagnoschiuma interamente composto di sapone<sup>13</sup>.



Fig. 57

13

<https://www.artwort.com/2020/02/21/art-for-earth-sake/packaging-intelligenti-soapbottle-jonna-breitenhuber/>

## 2.2.2 Digitalizzazione e sostenibilità

“

Mi sembra evidente che il futuro del design stia nello sviluppo di dispositivi intelligenti [...] La sfida sta nell'arricchire le nostre vite di dispositivi intelligenti capaci di accompagnarci nelle nostre attività, dotati di capacità complementari alle nostre, capaci di farci avere più risultati, più benessere, più scelte, non più stress.

”

Donald A. Norman (2008, pp. 131-132).

La digitalizzazione ha permesso di migliorare l'analisi e il monitoraggio dei dati, condividere e raccogliere grandi quantità di informazioni. L'uso delle tecnologie ha svolto un ruolo importante nel controllo dei processi e dell'ottimizzazione delle risorse ambientali. Nell'ambito dell'energy saving troviamo i sistemi di domotica che consentono di controllare e gestire il risparmio energetico, l'IoT (Internet of Things) in cui gli oggetti (connessi alla rete) hanno la possibilità di scambiare dati con altri dispositivi (Corradini, 2017). La digitalizzazione ha introdotto cambiamenti anche in ambito lavorativo, con la possibilità di lavorare da casa

14

Tradotto in italiano: "Il design è etica applicata. [...] qualunque sia il mezzo o il materiale, ogni atto di design è una dichiarazione sul futuro. Il design cambia il modo in cui vediamo il mondo e come possiamo agire al suo interno; il design trasforma le credenze su come dovremmo vivere in oggetti e ambienti che la gente userà e abiterà."

15

<https://www.climatedesigners.org/>

(smart-working) e di gestire videoconferenze e webinar online, contribuendo alla riduzione delle emissioni dei mezzi di trasporto per i viaggi lavorativi. Tale fenomeno è notevolmente aumentato anche a causa della pandemia da COVID-19. Un altro esempio che ha permesso di monitorare e prevenire o risolvere problemi ambientali sono i GIS (sistemi informativi geografici) e l'impiego dei droni o SAPR (sistemi aeromobili a pilotaggio remoto) utilizzati per il telerilevamento (Giulietti, 2015). L'unione tra scienze informatiche e scienze ambientali ha dato origine ad un'area multidisciplinare di studio chiamata "green computing" o "green IT", che si impegna a comprendere l'ambiente tramite la raccolta di dati per identificare e gestire i rischi e le opportunità offerte dall'interazione tra i sistemi naturali, le attività umane e la società (Cortés et al., 2000).

16

<http://katiepatrick.com/designs>  
<https://chrome.google.com/webstore/detail/energy-lollipop/jolcdgpgpdlpjafhepiicopakoiifdfm>

17

<https://climatechange.europeandatajournalism.eu/it/>

18

<https://docs.smartcitizen.me/>

19

<https://github.com/mlco2/codecarbon>

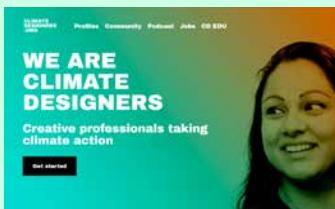


Fig. 58

## Design for climate (org)

"Design is applied ethics. [...] whatever the medium or material, every act of design is a statement about the future. Design changes how we see the world and how we can act within it; design turns beliefs about how we should live into objects and environments people will use and inhabit<sup>14</sup>." (Bowles, 2018, p. 4)

Internet ha la capacità di connettere il mondo e di unire saperi e competenze favorendo la collaborazione fra i vari attori coinvolti, tra cui compaiono anche diverse organizzazioni e associazioni che si occupano del design sostenibile. In particolare, è il caso di citare il network internazionale Climate Designers<sup>15</sup>, nato all'inizio del 2020 da O'Brien e Harrison, in cui designer e professionisti creativi sono chiamati ad agire per un obiettivo comune, la salvaguardia del pianeta. In questa piattaforma il designer ha la possibilità di trovare collaborazioni con aziende che condividono gli stessi fini, di scambiare idee partecipando o organizzando podcast o eventi live; di imparare e condividere informazioni che vengono suddivise e organizzate per "topics". Inoltre, ogni membro della community ha l'occasione di contribuire attivamente allo sviluppo della comunità stessa. All'interno di questa rete sociale si raccolgono i profili di ogni partecipante che può incanalare le proprie conoscenze, valori e competenze su tematiche di natura ambientale, condividendo esperienze e saperi, tenendo il passo con gli sviluppi della tecnologia, verso "l'obiettivo esplicito di realizzare un futuro sostenibile". Le applicazioni del climate design possono quindi trattare la riduzione degli impatti dell'inquinamento e dei danni da esso prodotti, oltre alla sperimentazione di soluzioni sostenibili dal punto di vista sociale e ambientale. La piattaforma è ancora giovane, ma detiene un elevato potenziale, trattandosi di un'organizzazione democratica orientata al clima e svincolata dai profitti industriali (permette quindi di agire ed educare alla salvaguardia del pianeta).

2020

## Energy Lollipop - Katie Patrick (2020)

Katie Patrick, ingegnere ambientale e progettista di software, ha progettato Energy Lollipop<sup>16</sup> (2020), un'estensione di Chrome che si sincronizza con l'account personale della PG&E (La Pacific Gas and Electric Company) per mostrare l'inquinamento prodotto dalla casa o ufficio di lavoro misurata in kilogrammi di CO<sub>2</sub> in tempo reale. Tutte le informazioni sono visualizzabili nella piattaforma/app che incentiva, inoltre, gli utenti a risparmiare energia e passare a tipi di energia rinnovabile.

Energy Lollipop



Katie Patrick

Fig. 59

2020



Sheldon.studio

2012-2019



IAAC, Fab Lab Bcn

2020



Yoshua Bengio

## Glocal Climate Change – Sheldon studio (2020)

Un interessante progetto di design nato alle porte del 2020 è la piattaforma interattiva *Glocal Climate Change*<sup>17</sup>, progettata da Sheldon.studio. L'artefatto rende accessibili dati e stime sul cambiamento climatico ad un pubblico più ampio. In particolare, si vanno ad indicare nel dettaglio come le temperature medie delle località europee siano mutate in un arco temporale di circa 50 anni. In questo modo si ha la percezione immediata del rapido cambiamento occorso, con la narrazione dei dati che viene guidata dallo scrolling della pagina, osservando come sono variate le temperature dal 1970 ad oggi e quando si siano verificati i picchi più alti e più bassi della città presa in considerazione. I dataset provengono dalla piattaforma open source copernicus.eu e dallo European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF), e sono stati elaborati per calcolarne la variazione nel tempo. Questa esperienza informativa permette di avvicinare i cittadini ad un tema complesso e globale come quello del Climate Change, facendo leva sul territorio in maniera locale. Attraverso gli elementi interattivi l'utente è in grado di esplorare la mappa dell'Europa, in modo tale di avere una chiara percezione delle zone che hanno subito un maggiore cambiamento. L'esplorazione si può spostare sul singolo comune, che è poi messo a confronto, nella stessa porzione temporale, con altri comuni e province della regione, mostrando infine quale sia il comune che ha registrato il più alto picco di temperatura media e il più basso. Infine, chiunque può condividere la condizione del proprio comune sui social network, testimoniandone l'aumento specifico della temperatura, consentendo di implementare una strategia che aiuti ad aumentare l'awareness rispetto alle problematiche ambientali e di diffondere l'utilizzo di questo strumento informativo.

## Smart citizen – IAAC, Fab Lab Bcn (2012-2019)

Il progetto Smart citizen<sup>18</sup> è nato nel 2012 nel Fab Lab Barcelona allo IAAC (Institute for Advanced Architecture of Catalonia) e si tratta di una piattaforma che genera processi partecipativi da parte dei cittadini. L'obiettivo della piattaforma è fungere da ponte per la creazione di dati geolocalizzati con l'utilizzo di strumenti "open source". Il progetto si basa sul rilevamento e la raccolta di dati sull'inquinamento atmosferico dell'ambiente urbano. Il Sistema è basato su software, hardware e tecnologie open source, che permettono più facilmente di accedere al kit realizzato, basato su Arduino. L'idea è quella di collegare la comunità con la città e il territorio relazionandosi con tecnologie, risorse e servizi dell'ambiente urbano. Nel 2019 è uscita la versione 2.1.

## CodeCarbon - Yoshua Bengio (2020)

Yoshua Bengio, scienziato informatico canadese, famoso per le sue ricerche sull'AI e vincitore del Premio Turing nel 2018, ha progettato il *CodeCarbon*<sup>19</sup> (2020), presso il Mila (Montreal Institute for Learning Algorithms), in collaborazione con Bcg Gamma, Haverford College e Comet.ml. Si tratta di un software open source, scaricabile gratuitamente, che permette di stimare l'impatto ambientale mentre si sviluppano sistemi di Intelligenza Artificiale, stabilendo quanti processori si usano e stimano in base alla zona nella quale ci si trova se si sta usando o meno energia da fonti rinnovabili. Questo strumento, perciò, permette di capire in maniera chirurgica dove poter intervenire per ottimizzare e diminuire le emissioni di CO<sub>2</sub> dell'algoritmo che si sta programmando.

## 2.3 AI, etica e Climate Change

Lo studio “Harnessing Artificial Intelligence for the Earth”<sup>20</sup>, condotto dal *World Economic Forum* del 2018, ha evidenziato le possibilità, le potenzialità e le applicazioni dell’Intelligenza Artificiale per affrontare le sfide ambientali. Nello specifico si evincono sei sfide globali: *il cambiamento climatico, la conservazione della biodiversità, la tutela degli oceani, la sicurezza idrica, la protezione dall’inquinamento atmosferico e la prevenzione di eventi catastrofici*. Alcuni esempi applicativi che emergono dallo studio sono le macchine autonome che consentiranno di ottimizzare il traffico urbano e le auto elettriche che ridurranno le emissioni dei gas serra; l’introduzione dell’intelligenza artificiale nell’agricoltura aiuterà, tramite la raccolta di dati e strumentazioni robotizzate, nella gestione e prevenzione di problemi colturali, riducendo l’uso di prodotti chimici pesticidi e coordinando l’utilizzo delle risorse idriche alle sole necessità dell’ecosistema/terreno; inoltre a livello meteorologico l’analisi algoritmica di dati in tempo reale potrebbe anticipare le emergenze di eventi climatici disastrosi.

Un progetto che usa l’AI per la conservazione della biodiversità è Beehome<sup>21</sup> (2020), che consiste di una grande arnia robotizzata che consente di monitorare in tempo reale le colonie di api al suo interno. Essa può essere controllata a distanza tramite una app, che mostra i parametri vitali degli alveari. L’intelligenza artificiale è utilizzata per regolare le condizioni interne come umidità e temperatura in tempo reale, e anche per rispondere in caso di attacco parassitario (sommunistrando pesticidi), andando così a ridurre il tasso di mortalità delle api. La maggior parte dei problemi associati al supporto delle colonie viene gestito automaticamente e autonomamente. Soltanto in casi particolari che necessitano un intervento più specifico, Beehome invia immediatamente un avviso, in modo tale da poter prendere tempestivi provvedimenti.

Le capacità gestionali dei sistemi di AI potranno garantire il controllo dei consumi urbani di energia e acqua, l’ottimizzazione dei flussi del traffico e di persone e il monitoraggio delle condizioni meteorologiche. Tuttavia, la progettazione degli algoritmi dovrà necessariamente garantire trasparenza, sicurezza e rispetto delle norme etiche, tematiche delicate, su cui tuttora si sta lavorando. Quando si parla di sicurezza non ci si riferisce solo alla privacy dei dati, ma anche alla integrità e disponibilità dei dati a disposizione, poiché la loro manipolazione potrebbe

20

Fonte consultabile online: [http://www3.weforum.org/docs/Harnessing\\_Artificial\\_Intelligence\\_for\\_the\\_Earth\\_report\\_2018.pdf](http://www3.weforum.org/docs/Harnessing_Artificial_Intelligence_for_the_Earth_report_2018.pdf)

21

<https://www.beewise.ag/>

2020



Beehome

Beewise

Fig. 63

2020



Software Beehome

Beewise

Fig. 64

alterare le funzionalità della macchina.

### 2.3.1 Un problema di etica

È molto importante conoscere i limiti e le problematiche dell'AI, poiché le tecniche di apprendimento automatico sono basate su un ragionamento di tipo statistico, che in quanto tale lascia sempre adito ad una percentuale anche minima di errore. Per esempio nell'ambito del riconoscimento di oggetti in un'immagine, che utilizzano il dataset ImageNet<sup>22</sup> come modello, le risposte:

*"sono sempre accompagnate da una percentuale che indica la fiducia che il sistema ha nella sua risposta"*

(Rossi, 2019, p.76).

Molto spesso la risposta può essere imprevedibile, come la scoperta che fecero Szegedy et al. (2014), in cui dimostrarono che diversi modelli di machine learning, comprese le reti neurali all'avanguardia, erano vulnerabili ad esempi contraddittori. Il caso più famoso è quello dell'immagine del panda modificata di pochi pixel. La differenza tra le due fotografie è infatti impercettibile all'occhio umano, ma il sistema di AI, non essendo allenato su modelli compromessi, etichetta l'immagine alterata come un gibbone (invece che un panda) con una confidenza del 99,3% (vedi fig. 65).

Un altro punto su cui prestare molta attenzione sono i bias cognitivi che un sistema di apprendimento automatico può celare. Spesso sono causati dalla parzialità e incompletezza dei dati su cui si addestrano, e di conseguenza inducono una presa di decisioni discriminatoria e fallace, soprattutto in una società già caratterizzata da diseguaglianze e pregiudizi. Ad esempio, la scelta da parte di una banca di non concedere un mutuo non dovrebbe essere basata sull'appartenenza ad un genere o etnia ma da altri fattori. In tale scenario, l'algoritmo di machine learning potrebbe essere stato addestrato sulla base di dati fuorvianti, nascondendo quindi un fattore discriminante, portando di conseguenza il sistema a negare erroneamente la richiesta stessa del mutuo. Perciò, se l'AI è mal concepita o utilizzata senza considerare i pregiudizi, può comportare un grave problema di tipo etico. Ne sono un esempio i

<sup>22</sup>  
www.image-net.org/

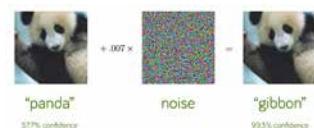


Fig. 65  
Esperimento Szegedy et al. (2014) del panda che viene etichettato come un gibbone da un algoritmo di machine learning

progetti raccolti da David Dao<sup>23</sup> (2019) che profila una lista degli “Awful AI” nella piattaforma github. Una raccolta che mira a tracciare i sistemi che si sono rivelati eticamente inaccettabili a seconda di caratteristiche discriminanti, di disinformazione e falsificazione di notizie, di sorveglianza e sistemi di credito sociali, nella speranza di aumentare la consapevolezza dei suoi abusi nella società. Alcuni esempi riportati sono:

- **Racist Chat Bots:** un simulatore di conversazione chiamato “Tay”<sup>24</sup>, creato dalla Microsoft che apprendeva dai messaggi di Twitter. Purtroppo, una grossa percentuale dei messaggi sui cui l’algoritmo si allenava erano a sfondo razzista e antisemita, e trasformarono il dialogo del chatbot in dichiarazioni provocatorie e inappropriate.
- **Racist Auto Tag and Recognition:** l’algoritmo di Google per riconoscimento delle immagini identificò come gorilla le immagini di persone di origine africana; un’altra gaffe la fece Amazon’s Rekognition<sup>25</sup>, che etichettò donne con la pelle scura come uomini con una probabilità al 31%. Anche la face recognition di Zoom<sup>26</sup>, che applica lo sfondo in automatico, ha ancora dei problemi nel riconoscere i volti scuri.
- **Gender Detection from Names:** Genderify<sup>27</sup> era un sistema algoritmico progettato per identificare il genere di qualcuno analizzando il nome, l’indirizzo e-mail o il nome utente. Purtroppo, il risultato fu un fiasco, perché alcune professioni venivano accomunate soltanto al genere maschile, come l’esempio della dottoressa Meghan Smith che, secondo l’algoritmo, risultava un uomo.

“L’effetto di amplificazione del bias è particolarmente rischioso quando algoritmi di AI sono utilizzati per automatizzare le decisioni rese in campo sanitario (ad esempio, nelle decisioni sulle donazioni di organi, o nel decidere a chi dare priorità per un’operazione chirurgica), in campo finanziario (per determinare l’affidabilità di un prestatario) e in campo giudiziario (nelle decisioni sulla libertà vigilata, e più in generale sul rischio di recidiva).”

(Gruppo di Esperti MISE, 2020, p.15)

Quindi, nella progettazione di algoritmi intelligenti è di cruciale importanza individuare principi etici al fine di sviluppare ogni strumento perché abbia un impatto positivo sulla società. Nel mondo scientifico questo problema è fonte di preoccupazioni e di dibattiti, per questo sono

<sup>23</sup>

<https://github.com/daviddao/awful-ai>

<sup>24</sup>

<https://www.theguardian.com/technology/2016/mar/24/tay-microsofts-ai-chatbot-gets-a-crash-course-in-racism-from-twitter>

<sup>25</sup>

[https://abcnews.go.com/Technology/wireStory/researchers-amazon-face-detection-technology-shows-bias-60630589?cid=social\\_twitter\\_abcn](https://abcnews.go.com/Technology/wireStory/researchers-amazon-face-detection-technology-shows-bias-60630589?cid=social_twitter_abcn)

<sup>26</sup>

<https://twitter.com/colinmadland/status/1307111816250748933>

<sup>27</sup>

<https://www.theverge.com/2020/7/29/21346310/ai-service-gender-verification-identification-genderify>



Fig. 66

Esempio di errore nella face recognition di Zoom (<https://twitter.com/colinmadland/status/1307111816250748933>)

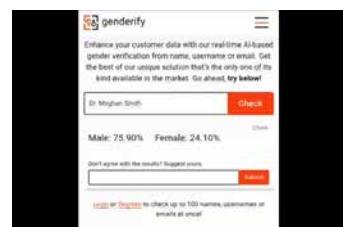


Fig. 67

Esempio di bias nel sistema Genderify (<https://twitter.com/jpdoane/status/1288313003725791232>)

nate numerose iniziative, associazioni, convegni ed istituti, proprio per studiare e regolamentare il progresso di un AI etica. Nel 2013 è nato l'istituto FLI (*Future of Life Institute*) che cerca di valorizzare tutti i benefici dell'AI mitigandone i possibili effetti negativi, suggerendo anche la collaborazione tra discipline diverse<sup>28</sup>. Il fondatore e CEO di Tesla, Elon Musk, confida nella ricerca sull'etica, e sull'impatto di queste tecnologie sulla società, donando 6 milioni all'istituto FLI. L'IEEE<sup>29</sup> (*Institute of Electrical and electronics Engineers*), invece sta lavorando nella creazione degli standard tecnologici nel campo dell'etica, delineandone i principi generali, i problemi che ne scaturiscono e come risolverli nel loro libro *Ethically Aligned Design*<sup>30</sup>. Diverse sono le associazioni che organizzano convegni ed eventi internazionali come l'AAAI (*Association for the Advancement of Artificial Intelligence*) e ACM (*Association for Computing Machinery*) che organizzano ogni anno dal 2018<sup>31</sup> il convegno AIES<sup>32</sup> (*AI Ethics and Society*) per discutere della progettazione di algoritmi con impatto positivo per la società. In Italia invece c'è l'AIXIA<sup>33</sup> (*Associazione Italiana per l'Intelligenza Artificiale*) che promuove, dal 1988, lo studio di un AI antropocentrica ed affidabile.

Nel 2017, invece, durante un convegno ad Asilomar in California, furono selezionati i 23 principi<sup>34</sup> in grado di garantire la progettazione di un AI sicura e con un benefico impatto, che tenga in considerazione valori come: privacy, trasparenza, responsabilità, allineamento ai valori umani, libertà, prosperità e controllo umano.

- <sup>28</sup> <https://futureoflife.org/ai-open-letter/>
- <sup>29</sup> <https://www.ieee.org/>



Fig. 68

23 principi di Asilomar (2017)

## 2.3.2 AI, i limiti e le criticità rispetto alla sostenibilità

Alla biennale della tecnologia<sup>35</sup> del 2020, organizzata dal Politecnico di Torino, scienziati, economisti e filosofi hanno discusso del ruolo della tecnologia nello sviluppo sostenibile, ribadendo l'importanza di ripensare la ricerca tecnologica, affinché sia più equa, inclusiva e sostenibile. I punti di vista multidisciplinari degli intervistati hanno evidenziato anche i limiti e le criticità dell'Intelligenza Artificiale, facendo leva sulla necessità di un intervento comune, non solo di stampo tecnologico. Si è parlato inoltre dei limiti politici ed economici dell'AI, che determinano cospicui squilibri nel potere decisionale e nella redistribuzione

- <sup>30</sup> <https://ethicsinaction.ieee.org/>
- <sup>31</sup> <https://dl.acm.org/doi/proceedings/10.1145/3278721>
- <sup>32</sup> <https://www.aies-conference.com/>
- <sup>33</sup> <https://aixia.it/>

della ricchezza (avvantaggiando solo alcune frange della società), creando tensioni geopolitiche e diseguaglianze nei redditi, facendo accrescere il potere dei proprietari di tali tecnologie. Le riflessioni sin qui esposte vanno anche declinate rispetto alla natura del nostro sistema economico di tipo capitalistico, che di per sé tende a rallentare lo sviluppo degli obiettivi di sostenibilità. Perciò l'AI, secondo questo approccio, andrebbe progettata per essere un vettore tecnologico in grado anche di minimizzare questo genere di scompensi (Sachs, 2020).

Sino ad ora purtroppo, i balzi in avanti nelle tecnologie informatiche si sono sempre accompagnati a un incremento delle emissioni, soprattutto per quanto riguarda il consumo di energia sempre maggiore dei data center (Strubell et al., 2019) e legato all'allenamento di algoritmi di AI. Ad incrementare la capacità di calcolo delle server farm, non sono solo l'aumento incessante dei dati, ma anche il processo di convalida della blockchain, che richiede tantissima elettricità, essendoci migliaia di computer che verificano ogni singola transazione. In risposta a questa esigenza ci sono due progetti in evidenza che cercano di creare un metodo più sostenibile per l'ambiente. Da una parte c'è l'approccio della spagnola Cryptosolartech<sup>36</sup>, che riduce l'impatto alimentando i computer con energia pulita. Dall'altra parte, invece, la Energy Web Foundation<sup>37</sup> scommette su una piattaforma che si basa sul metodo "proof-of-authority (PoA)", un sistema di consenso che interessa un minor numero di centri di calcolo che controllano le operazioni svolte, risparmiando molta più energia rispetto a una blockchain tradizionale.

Uno studio descritto da Hao (2020), stima che l'addestramento di un sistema di elaborazione del linguaggio AI standard possa produrre fino a 1400 libbre di emissioni di CO<sub>2</sub>, evidenziando anche quali siano gli algoritmi che consumano meno energia. Bill Gates<sup>38</sup>, inoltre, afferma di poter fermare il cambiamento climatico con la tecnologia, in particolare finanziando la ricerca per macchinari in grado di catturare e immagazzinare la CO<sub>2</sub> dall'atmosfera. AI for Earth<sup>39</sup>, della Microsoft, è invece una piattaforma che fornirà accesso a migliaia di data point contenenti informazioni sul pianeta, per poterle consultare e fare ricerca. Grazie all'AI si possono infatti prevedere scenari altrimenti inesplorati, grazie alla sua enorme capacità di calcolo.

Come emerge dall'articolo della Repubblica La quarta nazione al mondo. Ecco quanto consuma il web<sup>40</sup> scritto da D'Alessandro (2020), il consumo di corrente elettrica, in parti-

<sup>34</sup>

<https://futureoflife.org/ai-principles/>

<sup>35</sup>

<https://www.biennaletecnologia.it/programma/biennale>

<sup>36</sup>

<https://cryptosolartech.org/>

<sup>37</sup>

<https://www.energyweb.org/>

<sup>38</sup>

[https://www.gatesnotes.com/Energy/My-plan-for-fighting-climate-change?WT.mc\\_id=10\\_17\\_2018\\_06\\_EnergyClimateChangePlan\\_BG-YT\\_&WT\\_tsrc=BGYT](https://www.gatesnotes.com/Energy/My-plan-for-fighting-climate-change?WT.mc_id=10_17_2018_06_EnergyClimateChangePlan_BG-YT_&WT_tsrc=BGYT)



Fig. 69

Cryptosolartech

colare dei sistemi intelligenti, è una criticità che è stata affrontata con accorgimenti tecnici e mirati, soprattutto grazie all'uso dell'intelligenza artificiale, in grado di individuare le principali fonti di tale consumo. Inoltre, in questo articolo vi sono affermazioni di importanti figure nel mondo della ricerca dell'AI. *Sylvain Duranton* (capo della Bcg Gamma) ad esempio, sottolinea l'importanza di intervenire nella fase di programmazione attraverso l'ottimizzazione degli script, che può ridurre l'energia necessaria "di dieci o quindici volte", per evitare lo spreco di enormi risorse di calcolo. Un'altra rilevante fonte di inquinamento è il web. Infatti, il fondatore di Avantgrade *Ale Agostini*, ha misurato l'impatto ambientale dei siti con il progetto Karma Metrix<sup>41</sup> (2020). Esso è in grado di determinare il consumo energetico analizzando 23 parametri tra cui lo script, il design e le immagini del sito in questione, dimostrando l'importanza di un'accurata progettazione. Anche i server e i data center negli ultimi anni hanno aumentato la loro capacità di calcolo. Come afferma *Michael Tarrel*, capo della Energy Market Strategy di Google, per evitare un impatto troppo oneroso in termini di emissioni di CO<sub>2</sub>, risulta decisivo l'impiego di energie rinnovabili, di batterie che riescano ad immagazzinarle e di algoritmi in grado di identificare con precisione come ottimizzarne al meglio il consumo di corrente, indirizzandola dove è necessario.

In questo senso, sono ugualmente importanti i sistemi di climatizzazione, che mantengono la temperatura bassa per evitare il surriscaldamento. A tal fine, la Microsoft ha sostituito gli impianti di climatizzazione con un sistema che sfrutta l'acqua evaporata dal calore stesso dei server. Invece il ricercatore al Data Platforms Group di Intel, *Ronak Singhal* sostiene che l'impiego dell'AI aiuterà i computer sempre più potenti ad ottimizzare il loro consumo e il trasferimento dei dati, adattandosi allo specifico utilizzo dell'utente.

Perciò, è divenuta una priorità incentivare la programmazione di algoritmi sostenibili dal punto di vista ambientale, attraverso un approccio a strategie a lungo termine, evitando così di sovraccaricare ulteriormente il pianeta.

Diverse associazioni sono nate con l'intento di focalizzare la ricerca dell'AI verso la sostenibilità ambientale. Come la Global Partnership on Artificial Intelligence<sup>42</sup> (GPAI), un'iniziativa multipartecipativa che punta ad avvicinare il distacco tra teoria e pratica sull'AI, sostenendo attività di ricerca all'avanguardia e attività applicate sulle priorità relative all'IA. Oppure l'AI for Good<sup>43</sup>, in cui esperti di tutto il mondo collaborano con l'ONU utilizzando l'AI per raggiungere gli

39

<https://www.microsoft.com/en-us/ai/ai-for-earth>

40

[https://www.repubblica.it/green-and-blue/2020/12/12/news/ecco\\_quanto\\_consuma\\_la\\_quarta\\_nazione\\_al\\_mondo\\_il\\_web-275451443/?ref=RHTP-BH-I278005977-P13-S3-T1](https://www.repubblica.it/green-and-blue/2020/12/12/news/ecco_quanto_consuma_la_quarta_nazione_al_mondo_il_web-275451443/?ref=RHTP-BH-I278005977-P13-S3-T1)

41

<https://www.avantgrade.com/certificazione-karma-metrix>

2020



Karma Metrix

Ale Agostini

Fig. 70

obiettivi di sviluppo sostenibile. La necessità di guidare la ricerca dell'AI verso direzioni che supportino:

*“[...] un'innovazione etica, tramite attività e iniziative che portino sia risultati scientifici che valore aziendale. Lavorare non solo sulle abilità future ma anche sui principi etici che dovrà rispettare.”*

(Rossi, 2019, p.116).

Siamo noi il principale motore del cambiamento, il valore fondante che fa la differenza è l'intelligenza umana, bisogna conoscere per saper gestire.

42

<https://gpai.ai/>

43

<https://aiforgood.itu.int/>



Fig. 71





# 3. Casi studio - emotion and nature

“

Emotions have a major impact on essential cognitive processes [...] emotions play a necessary role not only in human creativity and intelligence, but also in rational human thinking and decision-making. Computers that will interact naturally and intelligently with humans need the ability to at least recognize and express affect. Affective computing is a new field, with recent results primarily in the recognition and synthesis of facial expression, and the synthesis of voice inflection.<sup>1</sup>

(Picard, 1995, p.14)

”

Spostandosi nell'ambito della sperimentazione delle emozioni nel machine learning, ovvero nel campo del Affective computing, vi sono tecnologie già sviluppatesi in questa area. È il caso di algoritmi capaci di rilevare le emozioni tramite l'espressione facciale, come la versione completa di FaceApi<sup>2</sup>, o l'Emotion recognition con il face tracking<sup>3</sup> di p5js. In rilievo, tra le realtà di ricerca, c'è la startup giapponese Emotiva<sup>4</sup>, che studia l'analisi dell'emozione, la quale ha sviluppato il progetto Empath Web API<sup>5</sup>. Esso, utilizzando il linguaggio Python, riesce a determinare l'emozione in base al tono e alla frequenza della voce, come rabbia, gioia e tristezza. A questo lavoro, si aggiunge Affectiva<sup>6</sup>, fondata da Rosalind W. Picard (direttrice del Affective Computing Research Group<sup>7</sup> al MIT Media Lab), che promuove l'emtion AI technology. Tra gli altri progetti degni menzione è presente anche Empatica<sup>8</sup>, che si concentra sulla creazione di sensori per migliorare e preservare la salute, come il braccialetto Embrace<sup>9</sup>, che rileva possibili crisi convulsive avvisando immediatamente gli operatori sanitari.

I ricercatori del MIT Media Lab hanno anche esplorato l'apprendimento attraverso ricompensa emotiva, ovvero hanno allenato un algoritmo di Sketch RNN a riconoscere i feedback di espressioni facciali positive degli utenti. In questo modo il sistema riusciva ad apprendere in maniera diretta la corrispondenza dei disegni che stimolavano un'emozione positiva, migliorando gli schizzi sulla reazione emotiva. La ricerca<sup>10</sup> punta a sostenere che i feedback sociali impliciti da parte dell'essere umano possano migliorare l'output di un modello di ML, e consentire quindi un apprendimento più rapido (Jaques et al., 2018).

1

Tradotto in italiano:

“Le emozioni hanno un grande impatto sui processi cognitivi essenziali [...] le emozioni giocano un ruolo necessario non solo nella creatività e nell'intelligenza umana, ma anche nel pensiero umano razionale e nel processo decisionale. I computer che interagiscono in modo naturale e intelligente con gli esseri umani hanno bisogno della capacità di riconoscere ed esprimere almeno gli affetti. L'informatica affettiva è un campo nuovo, con risultati recenti soprattutto nel riconoscimento e nella sintesi dell'espressione facciale e nella sintesi dell'inflessione della voce.”

2

face-api.js è un modulo javascript, che implementa diverse reti neurali per rilevare un volto, e riconoscere i suoi punti nello spazio.

3

<https://github.com/stc/face-tracking-p5js>

4

<https://emotiva.it/en/emotion-ai-company/>

5

<https://webempath.net/Ip-eng/>

6

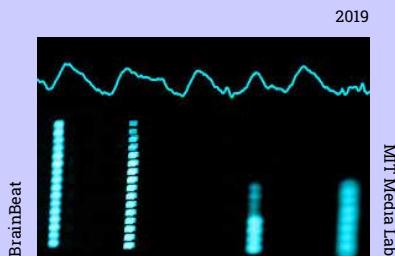
<https://www.affectiva.com/>

7

<https://www.media.mit.edu/groups/affective-computing/overview/>

8

<https://www.empatica.com/en-gb/index.html>



## BrainBeat - MIT Media Lab (2019)

Un altro progetto realizzato dal MIT media Lab è il BrainBeat<sup>11</sup>, che esamina l'uso della musica per elicitare uno stato di calma, guidando la respirazione. La traccia ritmica musicale viene riprodotta ad una velocità inferiore alla frequenza respiratoria dell'utente a riposo. La personalizzazione del sistema ha permesso di riscontrare una significativa influenza sulla respirazione dell'utente e di conseguenza anche sulle caratteristiche fisiologiche che determinano uno stato di calma (Leslie et al., 2019).

## DeepEmpathy - MIT Media Lab (2017)

Un progetto che è nato per creare consapevolezza della guerra di sei anni che ha colpito la Siria, è DeepEmpathy<sup>12</sup> (2017). Il gruppo di ricercatori del MIT Media Lab ha utilizzato il deep learning per apprendere le caratteristiche dei quartieri siriani colpiti dal conflitto e simula l'aspetto che le città di tutto il mondo avrebbero nel mezzo di una guerra simile. Creando in questo modo un impatto emotivo maggiore perché si colpisce visivamente un ambiente familiare, disturbandolo e deturbandolo della sua natura, proprio come la situazione siriana.

## Robot CARESSES (2017) – UniGE, EC, MIC

Il progetto CARESSES<sup>13</sup> (Culture-Aware Robots and Environmental Sensor Systems for Elderly Support), realizzato dall'Università di Genova e finanziato dalla Commissione Europea e dal Ministero degli interni e della comunicazione del Giappone, è nato per programmare robot che adattino il proprio comportamento alla cultura e alle specifiche dei pazienti. Il robot impiegato è l'antropomorfo Pepper, della Softbank Robotics, che grazie ai dispositivi ottici e ai sensori riconosce le persone assistite, "ricordandosi" ciò che ha conosciuto su di loro durante i vari momenti di conversazione. Il sistema di assistenza agli anziani tiene conto dei tratti culturali e personali, come età, nucleo familiare, religione, salute, malattia, istruzione o valori culturali per poter sviluppare una competenza conversazionale più umana, più sensibile agli attributi dell'utente.

## FACE (2017) – UniPi

Il team di ricerca del Centro "E.Piaggio" dell'Università di Pisa, ha voluto indagare la capacità di una macchina di esprimere emozioni, attraverso le espressioni facciali. Nel 2017 progettano FACE<sup>14</sup> (Facial Automation for Conveying Emotions), un robot dalle sembianze umane, con un volto realistico robotizzato che risponde allo stato d'animo del suo interlocutore attraverso il linguaggio facciale, creando così un legame empatico tra l'utente e la macchina. Questo studio approfondisce e arricchisce l'interazione emozionale uomo-robot per mezzo di caratteristiche sempre più umane, indagando la comunicazione non verbale.

Quelli fino ad ora citati, sono tutti progetti che scandalizzano la parte più profonda ed emotiva dell'essere umano. In tale contesto, il ML è uno strumento che permette di esplorare numerosi aspetti della realtà, elaborare dati, per raggiungere una conoscenza più recondita del mondo circostante. Un mezzo comunicativo utile, che permette di guardare soggetti di natura difforme dalla nostra, e renderla comprensibile ai nostri sensi, a tal punto da poterci proprio interagire e dialogare.

Un settore di interesse relativamente all'Intelligenza artificiale, è quello del monitoraggio della flora e vegetazione. Sono stati fatti molti approfondimenti sull'impiego di strumenti espressivi e interattivi che si relazionano con il mondo vegetale, di seguito si elencano alcuni casi studio.

La ricerca di Cho et al. (2015) ha affrontato il tema della reazione emotiva delle persone alla condizione della pianta, osservando le considerazioni degli utenti alle risposte della pianta a stimoli esterni, equiparandoli a reazioni che potremmo definire emotive. Si è indagato se ci fosse un rafforzamento/miglioramento dell'atteggiamento empatico delle persone nei confronti del vegetale nel caso in cui si andasse ad associare un emoticon alle risposte manifestate dalla pianta di fronte ad uno stimolo. Il progetto è composto da una scheda UNOArduino, 3 sensori Arduino (di umidità, temperatura, rilevazione suono), una matrice LED (in cui appaiono tre stati: gioia, neutro, tristezza) e un sensore per rilevare la corrente elettrica. Sono state impostate tre diverse soglie di umidità (< 300, 300-600, > 600), diversi intervalli di temperatura, di cui la condizione di crescita ottimale impostata tra i 20 e i 25 gradi e un valore di soglia per la corrente elettrica. Ad ogni range corrisponde uno stato emotivo tra i tre elencati precedentemente. Questo approccio presenta dei limiti espressivi, perché si utilizzano soltanto tre tipi di "emozioni", ma con un'espressione visiva più dettagliata o includendo altre modalità, l'esperienza potrebbe essere più efficace per sviluppare empatia nei confronti delle piante.

Gli autori, nella loro ricerca, non sostengono che le piante abbiano emozioni, così come non si sostiene che l'Intelligenza Artificiale possa provare emozioni, ma attraverso la misurazione e l'associazione ad uno stato emotivo si può stimolare e comunicare con l'intelligenza emotiva delle persone. Lo stesso approccio è stato adottato per il progetto EmotiPlant<sup>15</sup> (2016).

Le piante rispondono agli stimoli esterni in un modo non

<sup>9</sup>  
[https://www.empatica.com/en-gb/  
embrace2/](https://www.empatica.com/en-gb/embrace2/)

<sup>10</sup>  
[https://www.media.mit.edu/projects/  
learning-via-social-awareness-  
improving-sketch-representations-with-  
facial-feedback/overview/](https://www.media.mit.edu/projects/learning-via-social-awareness-improving-sketch-representations-with-facial-feedback/overview/)

<sup>11</sup>  
[https://www.media.mit.edu/projects/  
brainbeat/overview/](https://www.media.mit.edu/projects/brainbeat/overview/)

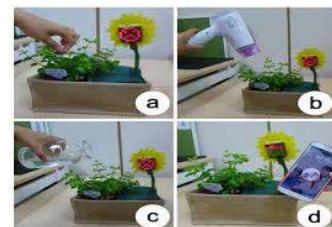


Fig. 76

Immagine della ricerca: People's Emotional Responses to a Plant's Emotional Expression (2015)



Fig. 77

EmotiPlant (2016)

<sup>12</sup>  
<https://deepempathy.mit.edu/>

<sup>13</sup>  
<http://caressesrobot.org/en/project/>

<sup>14</sup>  
[http://www.ilc.cnr.it/~ferro/publications/  
FACE\\_Facial\\_Automaton\\_for\\_  
Conveying\\_Emotions.pdf](http://www.ilc.cnr.it/~ferro/publications/FACE_Facial_Automaton_for_Conveying_Emotions.pdf)

<sup>15</sup>  
<https://doi.org/10.1145/2839462.2856548>

<sup>16</sup>  
[https://www.cmcc.it/it/projects/trace-  
tree-monitoring-to-support-climate-  
adaptation-and-mitigation-through-  
pefc-certification](https://www.cmcc.it/it/projects/trace-tree-monitoring-to-support-climate-adaptation-and-mitigation-through-pefc-certification)

visible o percepibile all'occhio umano.  
Esse come percepiscono i cambiamenti climatici?

17

<https://www.pefc.org/what-we-do/our-collective-impact/our-projects/fostering-tree-monitoring-technologies-to-support-climate-adaptation-and-mitigation>

## Tree Talker – Resonating Trees (2018)

Un progetto sviluppato dal team di Riccardo Valentini, TRACE<sup>16</sup> (TRee monitoring to support climate Adaptation and mitigation through pefc CErtification) ha ricercato e raccolto informazioni importanti dello stato vitale delle piante tramite sensori chiamati Tree Talker<sup>17</sup> (2018). Nel bosco umbro di Piegaro scienza e arte sono unite dallo stesso obiettivo, “dare voce” alla vegetazione. Le piante sono infatti recettori di cambiamento, in grado di percepire e reagire agli stimoli esterni, raccogliendo perciò informazioni preziose dell’ambiente circostante. Il gruppo capitanato da Riccardo Valentini, professore e membro del CMCC (Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici), ha prodotto un sistema composto da sensori che rileva i parametri vitali dell’albero, come la crescita del diametro del tronco, lo stato di benessere della chioma, il flusso d’acqua, le variazioni climatiche, la salute e l’oscillazione della pianta. La raccolta di questi dati viene poi inviata in una piattaforma cloud che rende accessibili le informazioni in tempo reale. Inoltre, il dispositivo emette un impulso sonoro che diventa più o meno acuto in base al “malessere” dell’albero, da qui il nome del sensore. Da un lato la tecnologia ci permette di comprendere in maniera più approfondita la tematica del Climate Change con un altro punto di vista, dando la possibilità di rendere comprensibile come un vegetale percepisce il cambiamento. Dall’altro lato l’arte aiuta a generare consapevolezza tramite una acquisizione esperienziale. In parallelo con il progetto scientifico, Federico Ortica, sound designer, ha realizzato un’installazione multisensoriale nello stesso bosco, intitolata Resonating Trees<sup>18</sup> (2018). L’artista ha catturato il suono degli alberi attraverso dei trasduttori posizionati sul tronco degli alberi, poi lo ha lavorato elettronicamente integrandolo con dei suoni sintetici. Federico, con la sua sensibilità e capacità tecniche, ha creato un ambiente sonoro dando forma ad una “comunicazione bioacustica”.

## Plantoide - Barbara Mazzolai (2012-2015)

Il progettista come indaga la relazione tra uomo e ambiente? Un lavoro sperimentale di design e biomimesi è stato coordinato da Barbara Mazzolai, Direttrice del Center for Micro-BioRobotics dell’Istituto Italiano di Tecnologia a Pontedera (Pisa). La ricerca propone la realizzazione di Plantoide<sup>19</sup>, un robot in relazione collaborativa e sinergica con l’ambiente, a partire dallo studio e imitazione della lenta crescita delle piante. Infatti, la vegetazione ha sviluppato diversi sistemi recettoriali, non essendo dotata di connessioni nervose, che consentono di percepire le sostanze e gli elementi presenti nell’ambiente circostante. Gli alberi si muovono e crescono man mano che esplorano il terreno e si adattano all’ecosistema che incontrano. Così fa anche Plantoide, che grazie alla tecnologia della stampa 3D miniaturizzata al suo interno, riesce ad imitare il comportamento delle radici mutando la forma a seconda degli stimoli percepiti dall’ambiente. Perciò è in grado di muoversi autonomamente nel suolo per cercare i nutrienti, proprio come le radici di una pianta. L’artefatto, oltre a percepire dove si trovano le sostanze nutritive, raccoglie informazioni preziose per monitorare l’ambiente ed acquisire anche dati sull’inquinamento.



Fig. 78



Fig. 79



Fig. 80

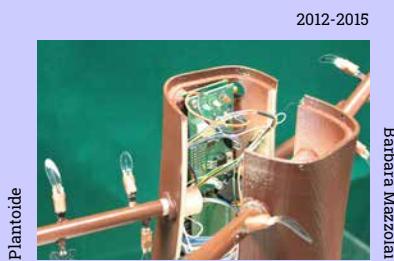


Fig. 81

2015



Fig. 82

Steiner, Microsoft, Studio99

## Florence - Steiner (2015)

Invece, per quanto riguarda l'indagine sul rapporto tra l'essere umano e la pianta c'è un progetto in particolare che rileva i segnali elettrochimici di un vegetale e li usa per comunicare le proprie esigenze. Si tratta di *Florence*<sup>20</sup> (2015) realizzato da Helene Steiner in collaborazione con i ricercatori della Microsoft e lo Studio99. La pianta è inserita in una "bolla" di plastica per riuscire meglio a captare gli stimoli chimico-elettrici trasformando i dati in frequenze luminose, sillabe e poi parole, generando un principio di conversazione. L'utente è chiamato ad interagire scrivendo un messaggio al computer per la pianta. Questo input viene esaminato per il contenuto semantico, quindi con la Sentiment Analysis, e viene tradotto in segnali luminosi alla pianta. Successivamente, i dati relativi alle informazioni elettrochimiche del suo ambiente sono combinati con l'analisi dell'input per generare una risposta conversazionale. Il testo generato non è altro che una trasformazione dell'input testuale, che viene parafrasato e modificato dai dati rilevati dalla pianta.

2018



Fig. 83

AOS

## Antitesis - AOS (2018)

AOS (Art is Open Source), una coppia di media artisti italiani, ha progettato un kit open source, chiamato *Antitesis*<sup>21</sup> (2018), che utilizza l'intelligenza artificiale per riconoscere le condizioni ambientali di una pianta, rilevati tramite dei sensori, e le confronta con serie storiche per rilevare la probabilità che il cambiamento climatico stia avvenendo. Inoltre, il sistema è connesso alla rete, per cercare organizzazioni o aziende che combattono attivamente la crisi ambientale planetaria. Nel momento in cui l'algoritmo diventa "consapevole" che il Climate Change è in atto, utilizza le valute digitali ottenute attraverso le donazioni sui mercati azionari, per investire a favore delle organizzazioni che ha scoperto in precedenza. Essendo Open Source è facilmente applicabile a qualsiasi pianta, in modo da potersi collegare a qualsiasi ambiente nel mondo. Raccogliendo dati da tutto il pianeta l'AI acquisisce una nuova sensibilità.

---

18

<https://bcpt.com/work/resonating-trees/>

19

<https://www.plantoidproject.eu/>

20

<http://cargocollective.com/helenesteiner/Florence>

21

<https://www.he-r.it/project/antitesi/>

---



# 4. Progetto

## 4.1 Contesto

L'indagine condotta sul ruolo del ML e del design nei confronti del Climate Change ha evidenziato diverse strade. Da una parte si impiegano strategie di mitigation e di adaptation, ovvero di riduzione delle emissioni di sostanze inquinanti o adattamento alle nuove condizioni climatiche per contrastare i danni provocati, come esplorato dalla ricerca precedente; dall'altra parte si adotta invece una strategia di cambiamento radicale nel comportamento, creando esperienze che generano consapevolezza negli utenti, andando ad innescare empatia ed emozioni riguardo un tema così complesso.

I casi studio esplorati finora hanno ispirato e portato a definire meglio le aree progettuali perseguitabili. Si sono individuati quali sono i progetti che utilizzano il ML per indagare la parte emotiva dell'essere umano, dai quali si evince l'importanza dei feedback sociali e la personalizzazione del sistema, l'impatto emotivo che risulta maggiore se l'esperienza è familiare, e tiene conto inoltre di aspetti culturali o personali. La comunicazione risulta più "umana" se lo strumento è in grado di memorizzare e relazionarsi con i dettagli specifici dell'utente. Il ML permette anche di connettersi con il mondo vegetale in maniera interattiva, instaurando una "relazione emotiva", rendendo comprensibile un linguaggio ignoto all'essere umano e stimolando empatia attraverso espedienti come l'espressione di un emoticon, un dialogo o un'azione (come nel progetto Antithesis in cui la "pianta" agisce investendo nelle associazioni che la preservano).

Ciò a cui si ambisce non è un'Intelligenza Artificiale in grado di offrire soltanto le informazioni richieste, ma che riesca ad instaurare un dialogo emotivo che acceda alla nostra intelligenza emotiva e ne stimoli lo sviluppo parlando di un tema che ha bisogno della nostra attenzione. Lo strumento espressivo dovrà tenere conto delle caratteristiche vitali della pianta, della situazione attuale e dei feedback degli utenti.

Le emozioni per l'essere umano sono importanti, perché agiscono in tutti gli aspetti dell'intelligenza umana. Persino Mallgrave (2015, p. 11), nel suo libro *L'empatia degli*

spazi: Architettura e neuroscienze, afferma che:

“

*Il nostro corpo e le sue basi emotive, tanto a livello cosciente quanto a quello preconcio, modellano il modo in cui pensiamo o ci impegniamo attivamente nel mondo.*

”

L'intelligenza delle macchine mima un tipo delle molteplici intelligenze e competenze umane, quella razionale, ma molto poco altri tipi di caratteristiche che fanno parte della nostra più intima natura, come per esempio l'intelligenza emotiva. Alcune cose esistono e sono fattibili solo perché esiste il ML: la comprensione della nostra lingua da parte di un computer, il fatto che una macchina parli o che riesca a riconoscere gli oggetti, o a segmentare il nostro corpo e capire come è fatto per interagirci.

Le potenzialità di questo tipo di strumento usato come mezzo comunicativo, verbale e non verbale, di riconoscimento e comprensione della presenza, possono essere utili a creare empatia in chi guarda, o chi partecipa alla conversazione. È necessario, dunque, che le macchine riescano a dialogare con la nostra intelligenza emotiva (anche alla luce della grande diffusione e pervasività che esse avranno in futuro) generando un valore aggiunto per la nostra umanità. Se le macchine riuscissero ad essere empatiche con noi anche se loro non provano emozioni.

## 4.2 Ricerca concept

L'obiettivo è quello di utilizzare il ML (tecnologia di indagine) come strumento facilitante la comunicazione tra il mondo vegetale e l'essere umano, attraverso un dialogo che stimoli empatia e soprattutto consapevolezza (awareness) nei confronti delle tematiche ambientali.

La ricerca del concept ha portato a due ipotesi progettuali che hanno indagato sia il linguaggio verbale che quello non verbale. Perché per avvicinare la natura all'uomo, abbiamo bisogno di fornirle un mezzo con cui poter interagire con il mondo (vedi lo schema che illustra i diversi modi di comunicare e percepire di entrambi, fig. 84).

Il **linguaggio verbale** viene esplorato in due direzioni progettuali simili, mentre il concept relativo al **linguaggio non verbale** si focalizza sui gesti empatici all'interno di un'interrazione tattile ed emotiva con la pianta.

### Ipotesi: 1

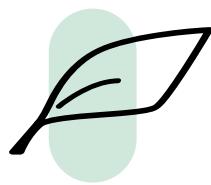
La prima ipotesi studia il NLP, che utilizza il *deep learning* addestrato su di un consistente database testuale, per comporre poesie, racconti, canzoni. Questi modelli sono infatti usati spesso come metodo di storytelling.

Il mondo vegetale, come già detto, ha diverso modo di comunicare rispetto al nostro, necessita dunque di un linguaggio comprensibile all'essere umano per poter creare con esso un legame. Cosa succederebbe quindi se fosse in grado di utilizzare il linguaggio verbale?

Un tentativo di rispondere a tale quesito viene proposta da una delle due direzioni progettuali, incentrata su una esperienza immersiva nella natura. Si tratta di un'installazione permanente all'interno di una zona verde della città, dove un dispositivo dotato di un software che sfrutta il NLP (allenato su testi che discutono del tema del Climate Change) genera racconti sulla base di quanto appreso. In questo caso l'albero con gli input fisici (livello di umidità, temperatura, e livelli di CO<sub>2</sub> nell'aria) raccolti da sensori, determina la lunghezza, la forma e la parola con cui iniziare il racconto, e lo narra all'utente tramite uno speaker. I sensori di umidità, temperatura e di CO<sub>2</sub>, saranno conseguentemente installati sull'albero. Questi dati analizzati, e suddivisi in range, determineranno gli input per la generazione del testo. L'utente, avvicinandosi e immergendosi nell'area verde, sarà incuriosito da questi primi dati che provengono dall'albero. Avvenuto il primo contatto, il sistema algoritmico inizierà a formulare il suo primo racconto,

### come comunicano

- si muovono
- gestiscono il flusso dell'acqua
- emissioni chimiche ( $\text{CO}^2$ ,  $\text{O}^2$ , ...)
- impulsi elettrici
- morfologia
- comunicano tra loro



### cosa percepiscono

- luce
- sostanze nutritive
- cambiamenti climatici
- temperatura
- suoni - vibrazioni
- impulsi vitali
- movimento

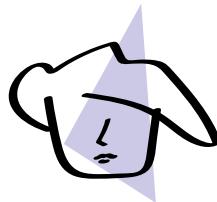
### come comunichiamo

Linguaggio verbale:

- voce
- suono
- tono
- semantica

Linguaggio non verbale:

- gesti
- movimenti
- espressioni facciali



### cosa percepiamo

- significato delle parole
- il linguaggio del corpo
- luci, forme
- colori
- suoni
- superfici, vibrazioni
- temperatura
- gusti
- emozioni

Fig. 84

Come comunicano e percepiscono le piante  
e gli esseri umani

che verrà letto e trasmesso all'utente per via acustica. Queste storie, dalle tematiche ambientalistiche, verranno poi raccolte in un sito apposito, per poter essere sempre consultate. Significa poter utilizzare uno strumento capace di dare "voce" ad un essere vegetale, il quale subisce gli effetti drammatici dei Climate Change, ma le cui problematiche non possono essere ascoltate. L'obiettivo ultimo di questa idea progettuale è perciò quella di adoperare il linguaggio naturale, allenato su modelli di testo che trattano la tematica ambientale, per generare un racconto narrato dall'albero che crei consapevolezza nell'interlocutore umano. Il formato dello storytelling contribuisce a rendere l'esperienza coinvolgente, con l'utente, immerso nella natura, che si interfaccia con temi complessi ma concreti, narrati "direttamente" dall'albero stesso.

**Input rilevati dai sensori** → **Generazione del racconto allenato su testi che trattano tematiche ambientali**

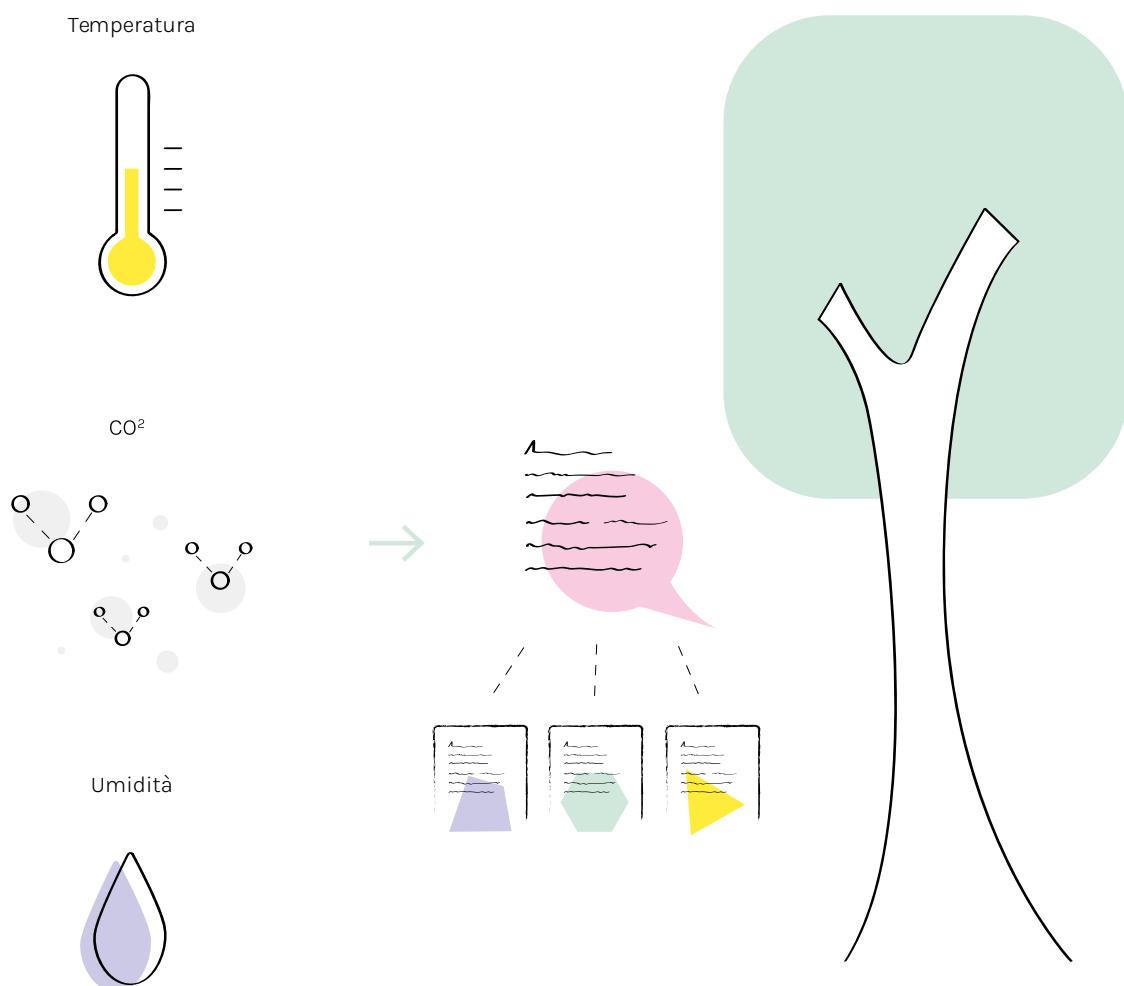


Fig. 85

Schema funzionamento dell'Hipotesi 1

## Ipotesi: 2

La seconda proposta progettuale trae spunto da un'interessante similitudine. Infatti, così come la foglia è il mezzo con cui un albero si interfaccia con l'ambiente (assorbindo luce ed emettendo ossigeno), lo smartphone è per gli esseri umani una protesi attraverso cui acquisire informazioni e generarle, per interagire con il mondo esterno.

Viviamo infatti in un'epoca in cui i dati, la conoscenza e le informazioni assumono sempre maggior rilievo, acquistando un ruolo di importanza strategica. Perciò, come la pianta ha bisogno di luce, l'essere umano ha bisogno di informazioni. La foglia raccoglie la luce, l'elemento che permette di attivare il processo chimico che da nutrimento alla pianta, come così lo smartphone raccoglie e condivide informazioni per noi. Ma che tipo di informazioni si possono estrapolare da una foglia? La forma, il colore, la salute e la tipologia di pianta a cui appartiene. Così, attraverso un mezzo intelligente in grado di trasformare tali informazioni, è possibile attingere ad un altro tipo di conoscenza, instaurando un rapporto con il mondo vegetale. Cosa direbbero le foglie se fossero dotate di parole? Cosa penserebbero del modo in cui stiamo mutando e stravolgendo il pianeta? Cosa significherebbe avere a disposizione un sistema intelligente a portata di mano che, inquadrando una qualsiasi foglia, la facesse raccontare ciò che ha da dire? E cosa direbbe? Che voce avrebbe? Che parole userebbe? Utilizzare la NLP per allenare un modello di ML a generare un racconto, tratto dai report e dibattiti di ambientalisti, potrebbe essere un esperimento interessante. Chi meglio delle associazioni/organizzazioni pro-ambiente sarebbe in grado di dare voce al mondo vegetale, che subisce passivamente le ingiustizie create dall'azione dell'uomo. Perciò, il testo, oltre che raccontare una storia (ogni volta diversa), sarebbe in grado di passare e portare alla luce informazioni preziose relative all'ambiente in cui risiede, e dal quale trae nutrimento.

Ogni parola porta infatti con sé uno o più significati, spesso associati anche ad uno stato emotivo. In un contesto comunicativo "artificiale" come questo, risulta quindi necessario caricare di espressività il racconto, sottolineando gli aspetti emotivi propri al linguaggio stesso, in quanto è da tempo noto come le parole non siano da sole sufficienti a trasmettere compiutamente quel che si vuole comunicare agli altri. Alcuni studi hanno persino dimostrato come la comunicazione non verbale abbia un'incidenza del 55% sulla effettiva trasmissione del messaggio (Mehrabian, 1972). È perciò in questo contesto che si prende in esame

la Sentiment Analysis, un campo di ricerca all'interno del *Natural Language Processing*, il quale studia l'analisi di un testo con il fine di identificare e classificare in *real time* un'opinione positiva, negativa o neutra. Questa analisi computazionale di sentimenti e opinioni all'interno dei testi è nata in concomitanza con l'ampia diffusione dei social media. Infatti, gli utenti, in queste piattaforme, hanno negli anni condiviso quantità massive di opinioni in rete, le quali si sono trasformate in un esteso bacino di dati a cui attingere per istituzioni, aziende, brand o personaggi politici. Perciò, l'incidenza dell'opinione o il grado di soddisfazione dell'utente sono divenuti oggetto prioritario di indagine, sollecitando lo sviluppo di algoritmi in grado di eseguire queste analisi in maniera automatica ed efficiente.

Com'è noto, le piante hanno un loro tipo di linguaggio, il cui lessico e grammatica si articolano attraverso risposte biochimiche ed elettriche. Sarebbe quindi interessante andare più in profondità, e scoprire nello specifico, le risposte della pianta agli stimoli esterni. Tuttavia, tale tipo di approccio risulta enormemente difficoltoso e pieno di criticità, come descritto in un'intervista fatta da Cristina Lipari (2016) a Stefania Caparrotta, ricercatrice al L.I.N.V. (Laboratorio Internazionale di Neurobiologia Vegetale) presso l'Università di Firenze, nella sua tesi magistrale. Infatti, Stefania afferma che:

“

Le piante sono capaci di trasmettere differenti tipi di segnali all'interno della stessa pianta (dalla radice alla chioma e dalla chioma alla radice). In generale questi si possono classificare in segnali elettrici e chimici che si propagano con differente velocità a seconda del tipo di stimolo/stress. Per rilevare tali segnali in maniera accurata è necessario inserire degli elettrodi nel fusto ed utilizzare strumentazioni molto precise e costose (amplificatori di segnali) in ambienti particolari (camere di Faraday), al fine di non rilevare segnali ambientali o esterni alla pianta stessa. [...] La velocità di percezione di uno stimolo/stress cambia da pianta a pianta e anche dal tipo di stress applicato. Inoltre, le piante sono in grado di percepire le frequenze sonore, ad esempio le radici di mais sono capaci di crescere verso la fonte sonora applicata.

”

(Caparrotta, 2016, citato in Lipari, 2016, pp. 40-41).

Per questi motivi risulta complesso e dispendioso classificare i differenti segnali, essendo dati quantitativi (e non qualitativi) che non discriminano tra le diverse possibili cause originanti il fenomeno (generico rumore, situazioni ambientali esterne interferenti, ecc.). Per questo il progetto si focalizzerà su un elemento molto specifico del vegetale, la foglia.

Il concept di progetto è una app o webapp per smartphone, da utilizzare in qualsiasi momento e luogo, per raccogliere i racconti delle piante. L'utente dovrà inquadrare la foglia della pianta e scattare una fotografia. L'immagine sarà per prima cosa analizzata da un algoritmo di object detection per identificare se sia presente una foglia. In seguito, si andrà ad analizzare la tipologia di pianta a cui appartiene, grazie ad un ricco database e un modello algoritmico (come *Image Classifier*) addestrato su di esso.

Queste informazioni verranno impiegate come input per la generazione di un testo, creato da un algoritmo NLP (*Natural Language Processing*) come GPT-3<sup>1</sup> (*Generative Pre-trained Transformer 3*). Esso corrisponde alla terza generazione della serie GPT progettato da OpenAI<sup>2</sup> e impiega il deep learning per produrre testi molto simili a quello umano. Il modello in questione sarà allenato su testi e report di natura ambientalista, raccolti dall'IPCC<sup>3</sup> (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) e dalle principali organizzazioni come GreenPeace. Il racconto generato avrà come protagonista la pianta in questione, che comporrà l'incipit della frase in base al suo stato di salute. La narrazione potrà essere esplorata dall'utente sia tramite il senso della vista, ma anche dall'udito, perché la lettura del testo potrà essere eseguita da un sistema di sintesi vocale. Durante il racconto lo schermo si colorerà di volta in volta dei colori relativi alla Sentiment Analysis, che accompagneranno la lettura del testo. Questo in accordo con quanto sopra accennato rispetto alla preponderanza ed efficacia comunicativa degli aspetti non verbali del linguaggio.

Infatti, anche studi recenti (Lee & Rao, 2010) hanno mostrato l'incidenza dei colori nella percezione e nei processi di *decision making*, in particolare nell'e-commerce. Ogni colore può chiamare in gioco sentimenti diversi e sensazioni fisiologiche, per esempio la luce rossa, avendo un intervallo di lunghezze d'onda più ampio, ha un effetto eccitante sul nostro corpo, accelerando il battito e stimolando la produzione di adrenalina (Falcinelli, 2017). Al contrario, il colore blu è in grado di abbassare il battito cardiaco e infondere una sensazione rassicurante, ed è per questo che è utilizzato nei siti che vogliono conquistare la fiducia dell'utente come quelli di carattere politico, finanziario, sanitario persino dal principale social network Facebook. Anche Lüscher, il famoso inventore del test psicologico che analizza lo stato d'animo di un soggetto in base ai colori, afferma che “il rosso è stimolo, attivazione, slancio” (Lüscher, 1995, p.13) e il blu invece trasmette una profonda quiete. Il giallo invece ha un carattere solare, e suscita sensazioni di

---

1

<https://arxiv.org/abs/2005.14165>

2

<https://openai.com/projects/>

3

<https://www.ipcc.ch/reports/>

---

movimento, allegria e giocosità.

La luce colorata dello schermo, quindi, potrà essere condivisa con il vegetale, se l'utente vorrà illuminare la pianta mentre sta ascoltando il messaggio. Infatti, questa potrebbe anche essere una ulteriore strategia per comunicare con le foglie, che ipoteticamente dovrebbero essere in grado di catturare l'informazione luminosa emessa dal dispositivo, permettendo la comunicazione le due interfacce e quindi un dialogo diretto con la pianta. Per l'elaborazione di un prototipo si potrebbe proporre l'utilizzo di CharRNN, una rete neurale, disponibile nella libreria di ML5.js, in grado di generare un testo a partire da modelli pre-addestrati. L'imprecisione e l'inaccuratezza dovuta ai limiti di questo algoritmo regalerebbe alla pianta un alone di mistero, proponendo talvolta risposte imprecise ed acerbe, come se la pianta (in realtà l'algoritmo che le consente di parlare) non avesse ancora acquisito piena padronanza della lingua.

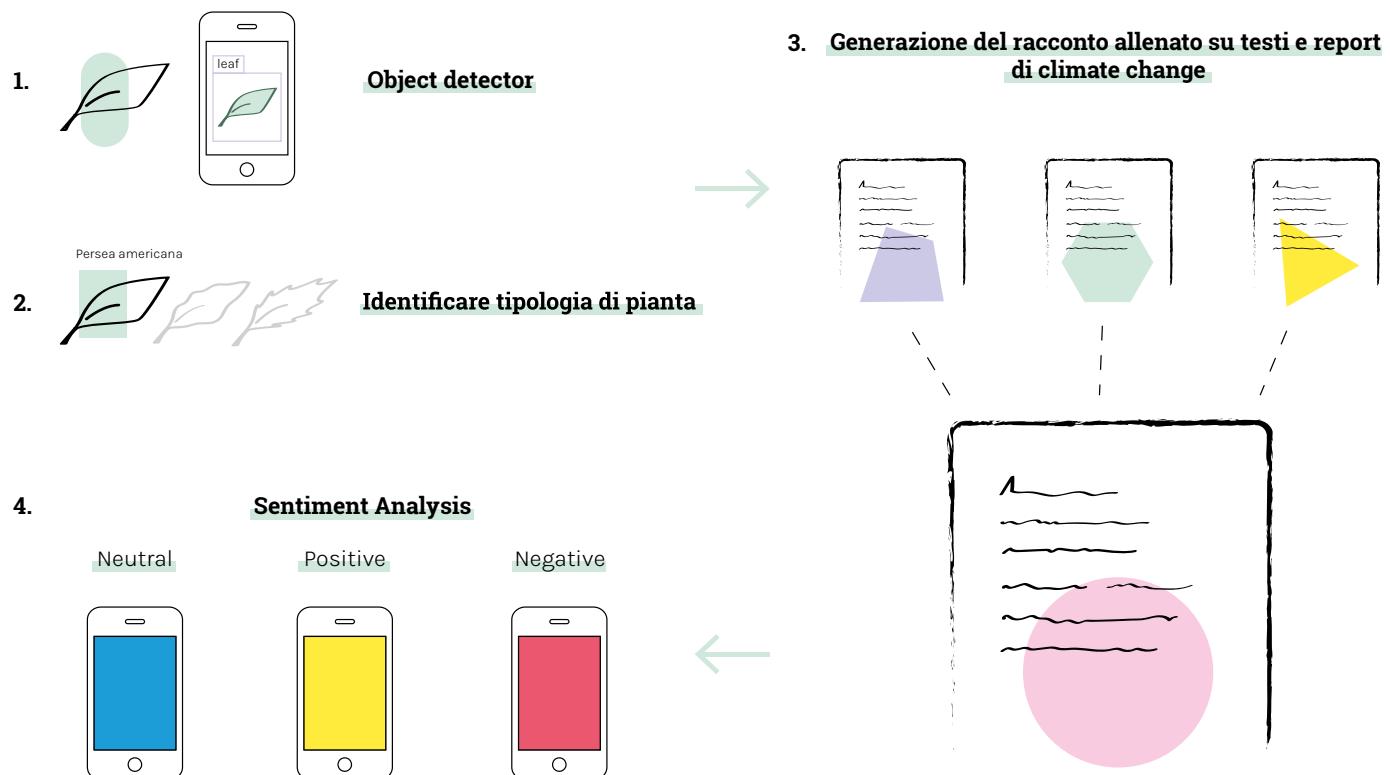


Fig. 86  
Schema funzionamento del ML di Applant

### Ipotesi:3

Per l'idea progettuale relativa al linguaggio non verbale, sono stati considerati due casi studio, che verranno descritti in seguito, i quali si soffermano sull'influenza dei gesti affettivi.

“

*Il tocco affettivo ha un ruolo fondamentale nello sviluppo umano, nel legame sociale e nel fornire supporto emotivo nelle relazioni interpersonali.*

”

(Crucianelli & Filippetti, 2020, p.1).

Gran parte dell'interazione tra esseri umani e animali si basa sul tatto (Stiehl et al., 2005), e invece quando si parla di vegetazione qual è il tipo di interazione che possiamo prefigurarci? Le persone utilizzano il linguaggio non verbale per trasmettere emozioni, e il messaggio può essere veicolato in molti modi, anche semplicemente da una stretta di mano. Il senso del tatto ha un forte potere comunicativo. La percezione tattile del mondo che ci circonda è codificata dai recettori somatici che sono suddivisi in: tatto, dolore, temperatura, pressione e propriocezione.

I ricercatori del MIT Media Lab, per la progettazione di superfici robotiche sensibili a questo tipo di informazioni, hanno sviluppato un approccio chiamato "Somatic Alphabet Approach" (Stiehl 2003; Stiehl, Lalla et al. 2004), che si basa sulla comprensione del sistema somatosensoriale. I casi studio presi in considerazione sono il robot *Huggable*<sup>4</sup> e l'*Haptic creature*<sup>5</sup>, che addestrano delle reti neurali a riconoscere l'interazione sociale affettiva tra uomo e robot. Nel primo si impiegano sensori di pressione (QTC<sup>6</sup>), di temperatura (termistori) e di rilevamento campo elettrico (semiconductor 33794) per poter rilevare una discreta varietà di manipolazioni. La "pelle sensibile" del robot è composta da questi sensori, protetti da uno strato di silicone e una pelliccia finta, per dare la sensazione di morbidezza e proteggere le parti interne del robot (vedi fig. 87). In questo studio, tra le caratteristiche da prendere in considerazione per classificare le diverse interazioni, si è introdotta anche la soglia del dolore, intesa come l'intenso segnale prodotto da un sensore in risposta agli stimoli esterni. Ogni sensore è stato programmato per rilevare soltanto il tocco da parte di un essere umano, infatti quelli in grado di rilevare il campo elettrico recepiscono il tocco di una mano umana fino ad un pollice di distanza dalla superficie dell'elettrodo, riuscendo anche a distinguere i tocchi più leggeri. D'altra

<sup>4</sup>

Un robot terapeutico da compagnia basato sulla relazione tattile. Il progetto Huggable è in grado di classificare i numerosi tipi di interazioni tattili che le persone hanno di solito con gli animali da compagnia. Consultabile al link: <http://robotic.media.mit.edu/portfolio/huggable/>

<sup>5</sup>

<http://yohanan.org/steve/projects/haptic-creature/>

<sup>6</sup>

i sensori Quantum Tunneling Composite sono usati per misurare la forza in pressione.



Fig. 87

Struttura interna del robot Huggable

parte, la possibilità di percepire il calore si rivela utile nel caso di un contatto prolungato, in grado di veicolare informazioni di natura affettiva. Per estrarre le caratteristiche di questo tipo, il training e il test della rete neurale è stato utilizzato MATLAB. La rete è stata suddivisa in tre strati in cui sono stati catalogati i gesti in 16 tipi, 9 classi e 6 risposte (vedi tabella che indica la classificazione dei differenti tipi di interazione, fig. 88).

Type	# of Data Sets	Class	Response
Tickle: Softly, Fingers Only	10	Tickle	Tease Pleasant
Tickle: Hard, Fingers Only	10	Tickle	Tease Painful
Poking: Softly	20	Poking	Tease Pleasant
Poking: Hard	20	Poking	Tease Painful
Scratching: One Finger Softly	20	Scratching	Touch Pleasant
Scratching: One Finger Hard	20	Scratching	Touch Painful
Slapping: Fingers Only Softly	10	Slapping	Punishment Light
Slapping: Fingers and Palm Softly	10	Slapping	Punishment Light
Slapping: Fingers Only Hard	10	Slapping	Punishment Painful
Petting: Softly	10	Petting	Touch Pleasant
Petting: Hard	10	Petting	Touch Painful
Patting: Softly	10	Patting	Touch Pleasant
Patting: Hard	10	Patting	Touch Painful
Rubbing	10	Rubbing	Touch Pleasant
Squeezing	10	Squeeze	Touch Painful
Contact	10	Contact	Touch Pleasant

Fig. 88

Tabella di classificazione delle interazioni tattili di Huggable

Per quanto riguarda il secondo caso studio, l'*Haptic creature*, sono stati indagati i gesti tattili più plausibili e a quali emozioni specifiche erano collegati, individuando gesti ripetitivi eseguiti dalle mani e gesti sostenuti quando venivano impiegati gli avambracci e il petto. I ricercatori hanno classificato i diversi gesti come protettivi, confortanti, riposanti, affettuosi e giocosi. Le interazioni sono percepite dai sensori di pressione FSR (Force Sensitive Resistor) e un accelerometro (Freescale ad asse XYZ, modello MMA-7260QT), che permette di capire anche il movimento nello spazio del robot. Il guscio interno del prototipo è realizzato in fibra di vetro, in cui sono stati applicati i sensori (vedi fig. 89).

I casi studio in questione sono stati analizzati in maniera dettagliata per poter comprendere le possibilità d'uso progettuale dell'apprendimento automatico per il riconoscimento dei gesti empatici. L'essere umano ha in effetti molti modi in cui interagire con il mondo, tra questi, il linguaggio espressivo gestuale racchiude contenuti affet-



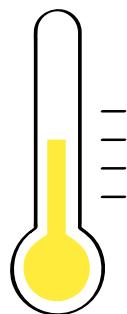
Fig. 89  
Struttura interna dell'Haptic creature

tivi e sociali. È perciò importante tenere presente queste caratteristiche per creare esperienze il più vicine possibile alle modalità di interazione umane. Se le macchine fossero in grado di capire se le stiamo accarezzando o colpendo, sarebbero capaci di rispondere trasmettendo un maggior senso di empatia.

In quest'ottica, un dispositivo dotato di sensori di pressione temperatura e rilevamento del campo elettrico, applicato ad un albero, e allenato sulle diverse classi di interazioni, potrebbe facilitare una qualche forma di dialogo (facendo leva sulla componente emotiva e non verbale). Il sistema comprenderà di conseguenza l'interazione tattile, rispondendo con vibrazione, calore e musica, a seconda dell'intensità e del tipo di contatto.

Grazie a questo strumento si tenterà di elicitare (nell'uomo) un senso di condivisione empatica. Dotare l'albero di un mezzo capace di comprendere un abbraccio, un tocco, una carezza e di interagire usando un linguaggio non verbale, può rivelarsi un valore aggiunto. Il dispositivo dovrà quindi coprire l'intera circonferenza del tronco, come un anello, ma ricoperto di sensori che permettano di rilevare i segnali e gli stimoli da ogni punto. La rete neurale dovrà essere allenata in maniera similare allo studio del robot Huggable, suddividendo per ogni stimolo la classe e il tipo di gesto, se leggero o forte, e l'emozione correlata. Una volta allenata la rete, si dovranno predisporre una serie di risposte correlate allo stato emotivo espresso dall'utente, stimolando i suoi recettori somatici con calore e vibrazione, la vista con luce colorata e l'udito con il suono che accompagna la "risposta" dell'albero.

Temperatura



Pressione



Campo elettrico

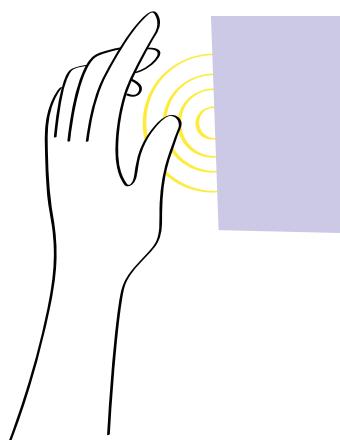


Fig. 90

Rappresentazione dei sensori di temperatura pressione e rilevamento del campo elettrico

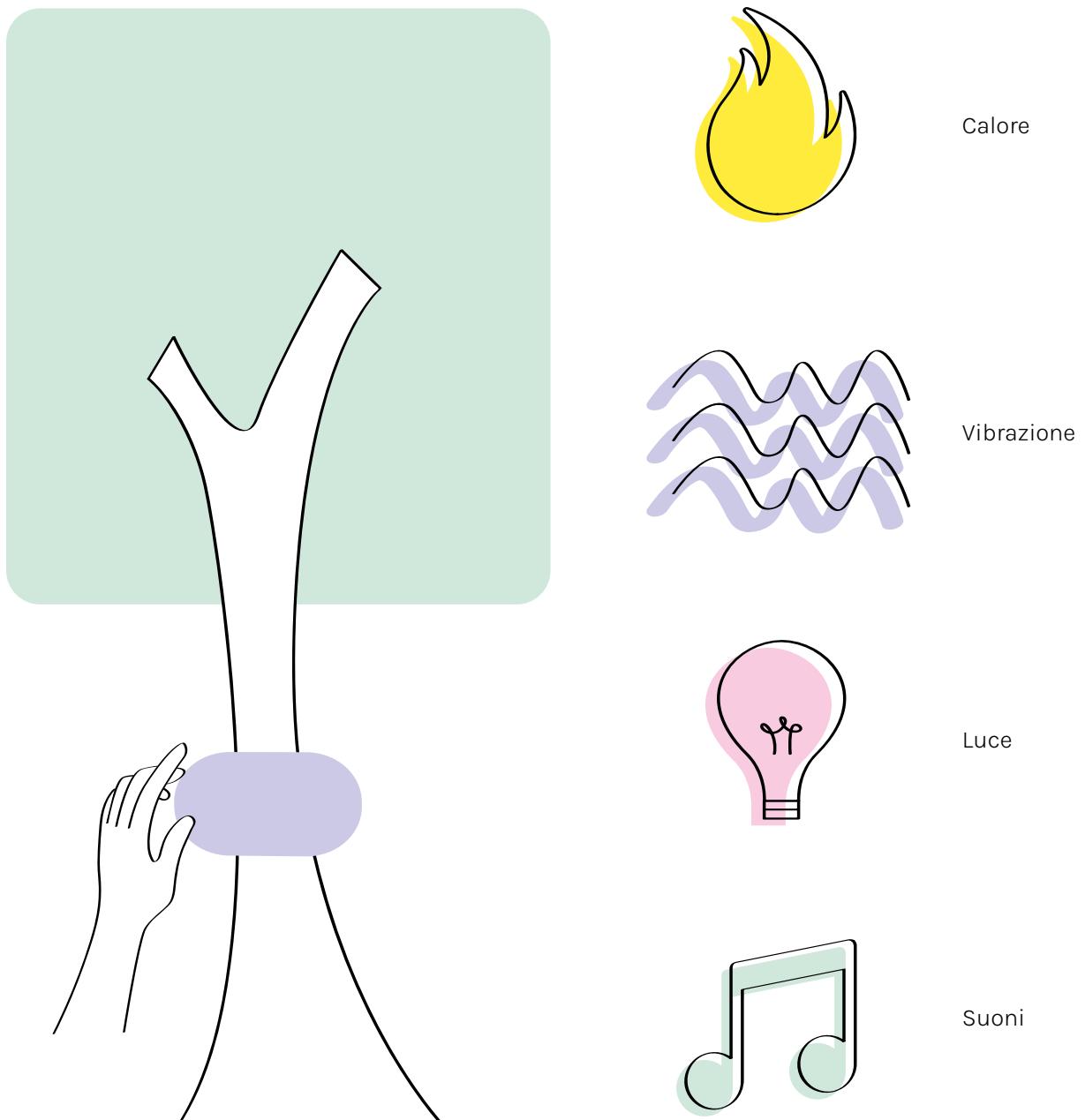


Fig. 91  
Schema risposte all'interazione tattile



## 4.3 Progetto

Ai fini dell'elaborato di tesi si è deciso di sviluppare nello specifico l'ipotesi 2, ovvero la mobile app, in quanto rappresenta non solo un sistema capace di generare empatia attraverso una comunicazione tra il mondo vegetale e l'essere umano, ma è anche uno strumento duttile, alla portata di tutti, che può essere usato su qualsiasi dispositivo (purché disponga di fotocamera, microfono e connessione internet). Con questa soluzione non si hanno vincoli dettati dal tipo di hardware o location.

### Analisi di benchmarking

Tra le diverse applicazioni che riescono ad identificare le differenti specie vegetali troviamo *Plantnet*<sup>7</sup>, una app finanziata dalla fondazione Agropolis<sup>8</sup>, finalizzata al riconoscimento delle piante, basata sull'analisi delle immagini. L'utente scatta una foto ad una parte della pianta indicando cosa si sta immortalando (fiore, foglia, frutti, corteccia ecc..), per agevolare la ricerca da parte del software, il quale a sua volta propone l'elenco di immagini prodotte dalla sua ricerca. In questo modo si propone un confronto tra la foto scattata e il risultato proposto. Oltre al riconoscimento delle immagini, viene suggerita una funzione di ricerca all'interno del database che raccoglie quasi 28.000 specie vegetali. Tuttavia, nonostante offra dei collegamenti esterni per approfondire meglio le caratteristiche, e classifichi le specie botaniche, non utilizza altri strumenti per creare engagement.

Alcune app similari sono *My Garden Answers*<sup>9</sup>, che permette anche di risalire ad alcune malattie più diffuse correlate alle specie identificate, e *iForest*<sup>10</sup>, che è invece dedicata al riconoscimento degli alberi.

Invece *Lua*<sup>11</sup> (2019), un progetto realizzato da Mu design e attualmente ancora oggetto di una campagna di crowdfunding sulla piattaforma *Indiegogo*, è un vaso tecnologico che esprime le esigenze della pianta tramite le espressioni facciali. Il vaso è dotato principalmente di quattro sensori per l'umidità del terreno, di luminosità, di temperatura e di movimento. Perciò è uno strumento che permette di comunicare antropomorfizzando i bisogni della pianta attraverso l'emotività. Il progetto rappresenta un'idea interessante per poter creare un legame con la propria pianta, generando un personaggio accattivante con cui interfaciarsi.



Fig. 92  
Immagine dell'applicazione Plantnet

- 
- <sup>7</sup> <https://identify.plantnet.org/>
- <sup>8</sup> <https://www.agropolis-fondation.fr/Pl-ntNet>
- <sup>9</sup> <http://www.gardenanswers.com/>
- <sup>10</sup> <http://www.iforest.ch/index.php/it/home-it>
- <sup>11</sup> <https://mu-design.lu/lua>
- 



Fig. 93

## Concept

L'obiettivo di *Applant* è quindi di generare o suscitare empatia verso il mondo vegetale, trasmettendo principi di rispetto e cura nei confronti di esso. Allo stesso tempo, l'uso di un linguaggio naturale che proponga testi di natura ambientalistica potrebbe essere integrato con l'utilizzo di un personaggio animato, in modo da essere accompagnati non solo dalla voce ma anche dalla pianta "virtuale", dotata quindi di una personalità che potrebbe modificarsi a seconda di alcuni input.

Prima di tutto è bene chiedersi a quali database sarebbe opportuno attingere, da una parte per raccogliere le informazioni relative ai bisogni e necessità delle diverse specie vegetali, dall'altra per raccogliere immagini da usare al fine di allenare un modello di *Image classifier*. Tale modello sarà addestrato a rispondere a quale categoria possa apparire una certa immagine. Esistono diverse fonti open source che si possono essere poste alla stregua di "encyclopédie botaniche", ad esempio:

- ■ Plantnet (<https://uses.plantnet-project.org/en/Category:Species>)
- ■ Wiki Portal Plants (<https://en.wikipedia.org/wiki/Portal:Plants>)
- ■ Plants for a future (<https://pfaf.org/>)
- ■ Useful Tropical Plants Database (<http://tropical.theferns.info/>)
- ■ Plants of the world online (<http://powo.science.kew.org/>)

Si potrà allenare il modello di riconoscimento immagini anche su Tensorflow<sup>12</sup> attingendo da diversi database open source di immagini come:

- ■ PlantFiles (<https://davesgarden.com/guides/pf/>)
- ■ The PLANTS Database (<https://plants.sc.egov.usda.gov/gallery.html>)
- ■ Identify Plantnet (<https://identify.plantnet.org/>)
- ■ Forestryimages (<https://www.forestryimages.org/>)

12

<https://www.tensorflow.org/tutorials/images/classification>

Il processo ha inizio con la schermata principale, in cui ci si registra e si accede al proprio account. Come prima cosa l'utente ha la possibilità di creare il proprio personaggio, la propria personale pianta "virtuale". Successivamente vengono proposti tre percorsi (vedi fig. 94), uno per la scoperta di nuove piante, uno per i racconti a sfondo ambientalistico narrati dalla pianta virtuale stessa, e l'ultimo contenente informazioni per il supporto e la cura delle proprie piante.

La **prima** alternativa che si porrà davanti l'utente, gli richiederà di creare una sorta di collezione virtuale di pianta e specie vegetali, raccolte di volta in volta dall'utente, come una sorta di album di "figurine" dove ogni elemento rappresenta ipoteticamente una delle circa 298.000 piante<sup>13</sup> che esistono al mondo. Inoltre, si raccolgono punti, i quali variano in base alla rarità o peculiarità della specie trovata e che permettono di nutrire la propria pianta virtuale e di progredire di livello, oltre che influire sul suo umore. Infatti, essa diventerà triste o arrabbiata se trascorre troppo tempo in solitudine ad esempio. L'umore determinerà oltretutto anche la semantica dei testi generati e le sue espressioni. Il gioco spinge quindi l'utente a conoscere il mondo vegetale ed a prendersene cura.

Questa sezione richiede all'utente di scattare una foto alla nuova pianta, che verrà identificata dal modello pre-addestrato. Una volta mostrata la risposta dell'algoritmo, sarà necessario confermare l'eventuale match tra la sua immagine e quelle relative alla previsione prodotta dal ML per verificarne la correlazione. Successivamente verrà mostrata una scheda con tutte le caratteristiche della specie identificata: nome scientifico, nome comune, famiglia di appartenenza, habitat, zona di origine, cura, caratteristiche fisiche, e dettagli di coltivazione. I dettagli verranno compilati tramite un API che si collegherà ai database open source di Plants for a future<sup>14</sup> (una piattaforma che raccoglie tutte queste informazioni per più di 7.000 specie vegetali), di PlantUse<sup>15</sup> (che raccoglie circa 33.521 specie), di Plants of the world<sup>16</sup> online (che contiene 98.400 descrizioni dettagliate), Kew Herbarium Catalogue<sup>17</sup> (contenente un catalogo con più di 7 milioni di esemplari) e di TRY<sup>18</sup> (un database globale dei tratti delle piante di circa 300.000 specie). Così l'utente potrà esplorare le caratteristiche della pianta, aggiornare la collezione (che sarà sempre consultabile), e rendere felice la sua pianta virtuale. Ogni pianta narrerà quindi il suo racconto, che partirà delineando i suoi tratti distintivi e continuerà tramite la generazione NLP di un testo che tratta tematiche ambientalistiche. Alla fine dei racconti seguiranno dei consigli pratici, in base al tema

13

<http://www.scienze-naturali.it/ambiente-natura/ecologia-animale/quante-specie-esistono-al-mondo>

14

<https://pfaf.org/>

15

<https://uses.plantnet-project.org/en/Category:Species>

16

<http://powo.science.kew.org/>

17

<http://apps.kew.org/herbcat/gotoHomePage.do>

18

<https://www.try-db.org/TryWeb/Home.php>

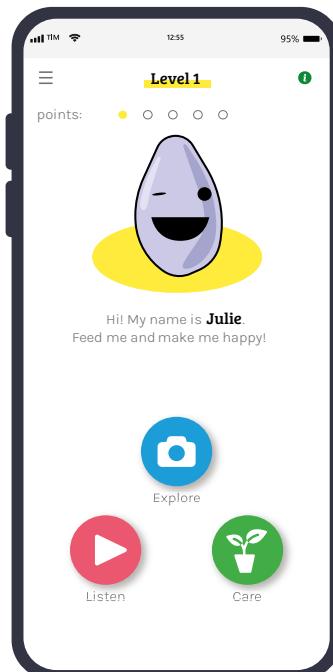


Fig. 94  
Immagine della schermata Home dell'app

trattato, per migliorare le abitudini quotidiane.

La **seconda** opzione dà invece voce alla pianta virtuale. Infatti, sulla base di alcuni input fornitiigli, essa propone dei racconti generati da un algoritmo di NLP (il GPT-3) pre-addestrato su modelli di testo che trattano le tematiche del Climate Change, raccolti dai report dell'IPCC e da organizzazioni come Green Peace. L'esperienza del racconto narrato è arricchita dall'espressività della pianta e dal colore dello schermo, che si modificano e mutano in base alla Sentiment Analysis del testo. Il contributo emotivo veicolato dalle informazioni visive è un valore aggiunto al semplice testo, e potrebbe perciò rendere l'esperienza emotivamente più coinvolgente, creando una connessione empatica verso gli argomenti trattati. Questo racconto può essere salvato sia in locale che essere condiviso sulle piattaforme social, per suggerire l'esperienza anche ad altre persone. Gli input possono essere determinati da diversi incipit (scelti dall'umore della pianta) e differenti argomenti che l'utilizzatore può scegliere o inserire. Essendo un testo generato da un algoritmo di elaborazione di linguaggio naturale, ogni volta sarà sempre diverso. Infine, seguiranno dei consigli per migliorare il comportamento quotidiano nell'ottica di un futuro migliore.

La **terza** scelta consiste in un sistema di assistenza alla cura delle proprie piante. Una volta caricata l'immagine della pianta da accudire, e terminato il suo riconoscimento da parte dell'algoritmo, il software sarà in grado di determinare in base alle informazioni raccolte quando è il momento di prendersene cura, consigliando all'utente cosa deve fare con delle notifiche push<sup>19</sup> (vedi fig. 95). Per esempio, verrà emessa una notifica al momento di innaffiare il vegetale, o per ricordare all'utente di offrire alla pianta un habitat confortevole, o anche per aggiustare la temperatura e il tipo di illuminazione ambientale. Grazie a questo sistema, quando nel periodo invernale la temperatura del meteo risulterà inferiore alla temperatura minima di sopportazione della pianta, l'app rammenterà di spostare la pianta in un luogo più caldo o proteggerla adeguatamente dalle intemperie esterne. Se si tratta di un ortaggio invece, sarà segnalato il periodo di raccolta e le varie fasi di semina e crescita, e così via.

A mano a mano che la collezione delle specie cresce, e i punti guadagnati aumentano, la pianta "virtuale" prospera, cambiando forma a seconda dei livelli raggiunti.

I meccanismi della gamification potranno aumentare quindi l'engagement da parte dei fruitori e influenzarne il comportamento, dirigendo anche le abitudini e le decisio-



Fig. 95  
Esempio di notifica Push

<sup>19</sup>

La notifica push è una tipologia di messaggistica istantanea, ovvero quei sistemi di comunicazione online che, in tempo reale, permettono di scambiare messaggi brevi ([https://it.wikipedia.org/wiki/Messaggistica\\_istantanea](https://it.wikipedia.org/wiki/Messaggistica_istantanea)). Il messaggio può arrivare direttamente al destinatario senza che questo debba effettuare un'operazione di scaricamento. Le notifiche giungono al destinatario se l'applicazione è attiva (sia che operi in background sia on-line), e se l'utente ha autorizzato l'applicazione a inviare le notifiche. In caso contrario l'utente riceverà i messaggi non appena si riconnetterà all'account.

ni dell'utente verso scelte più consapevoli nei confronti dell'ambiente e del mondo vegetale.

## Struttura del gioco

Il gioco è composto da 6 livelli (vedi fig. 98), come le fasi di crescita della pianta (seme, germinazione, formazione della plantula, periodo vegetativo, fase di fioritura, maturazione del frutto), e ad ogni fase la pianta "virtuale" crescerà in base ai punti che l'utente guadagna. Per progredire di livello serviranno 5 punti per le prime tre fasi e 10 punti per le ultime tre.

Le piante fotografate saranno raccolte nella sezione "Your collection" in ordine cronologico. A ognuna è assegnato un punteggio da uno a tre (in base alla rarità o zona di origine) che contribuiranno a far salire di livello la pianta "virtuale" e a migliorarne l'umore.

## Come funziona la sezione Explore

In questa sezione si chiede all'utente di scattare una fotografia alle foglie della pianta, prestando attenzione alla corretta esposizione della luce. La specifica richiesta di rispettare uno standard ha ragioni puramente tecniche, poiché più l'immagine sarà comprensibile e senza rumore di background, più l'algoritmo (Image classifier) riuscirà ad essere preciso e accurato. È quindi di vitale importanza che il sistema faccia rispettare determinati standard nella qualità e specificità dell'immagine, per non incorrere in errori. Soltanto quando l'immagine avrà soddisfatto tali standard, potrà poi essere identificata. L'Image classifier è un algoritmo di ML che riconosce le immagini rispondendo con la categoria di appartenenza (category label) dell'immagine che gli viene sottoposta.

Come detto in precedenza, il modello sarà pre-addestrato mostrandogli svariati esempi di immagini già etichettate, provenienti da database contenenti foto di piante già suddivise per categorie tassonomiche.



Fig. 96

Schema di addestramento di Image Classifier



Fig. 97

Immagine della Home di Applant

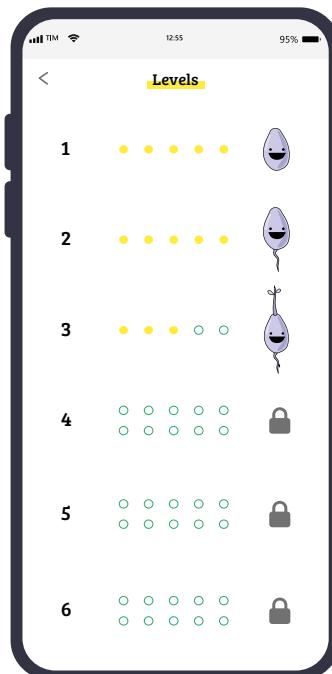


Fig. 98

Immagine della schermata "Livelli" dell'app

Perciò, una volta scattata la foto, il modello la elaborerà, operando una predizione. La pianta riconosciuta corrisponderà alla risposta con la percentuale di accuratezza più alta. Infatti, nella schermata apparirà il nome della pianta e la percentuale corrispondente. Per garantire la massima trasparenza dei dati si rivelano le immagini del database corrispondenti alla pianta identificata e le eventuali altre ipotesi che il modello ha prodotto, per lasciare all'utente la scelta finale del riconoscimento.

Una volta confermata l'identità della pianta si potrà leggere la sua scheda, contenente:

- il nome scientifico della pianta (ogni specie vegetale possiede uno ed un solo nome scientifico, che è universalmente accettato);
- il nome comune;
- il pulsante listen, se si vuole “ascoltare” la pianta;
- il punteggio ottenuto grazie alla foto della pianta;
- le caratteristiche ottimali per un ambiente di crescita (la percentuale di umidità, il range della temperatura, la percentuale di luce solare, e il pH del terreno);
- le informazioni relative alla famiglia, al luogo di origine e all'habitat;
- i dettagli sulla coltivazione;
- le sue caratteristiche fisiche

Tutte queste informazioni saranno ricavate dai database elencati precedentemente, che contengono la descrizione e la classificazione delle specie. Bisogna considerare che più i database saranno ricchi e dettagliati, migliori saranno le performance del sistema nell'identificare e catalogare le piante. Essendo i database più completi in inglese, lo sviluppo del progetto sarà realizzato in tale lingua.

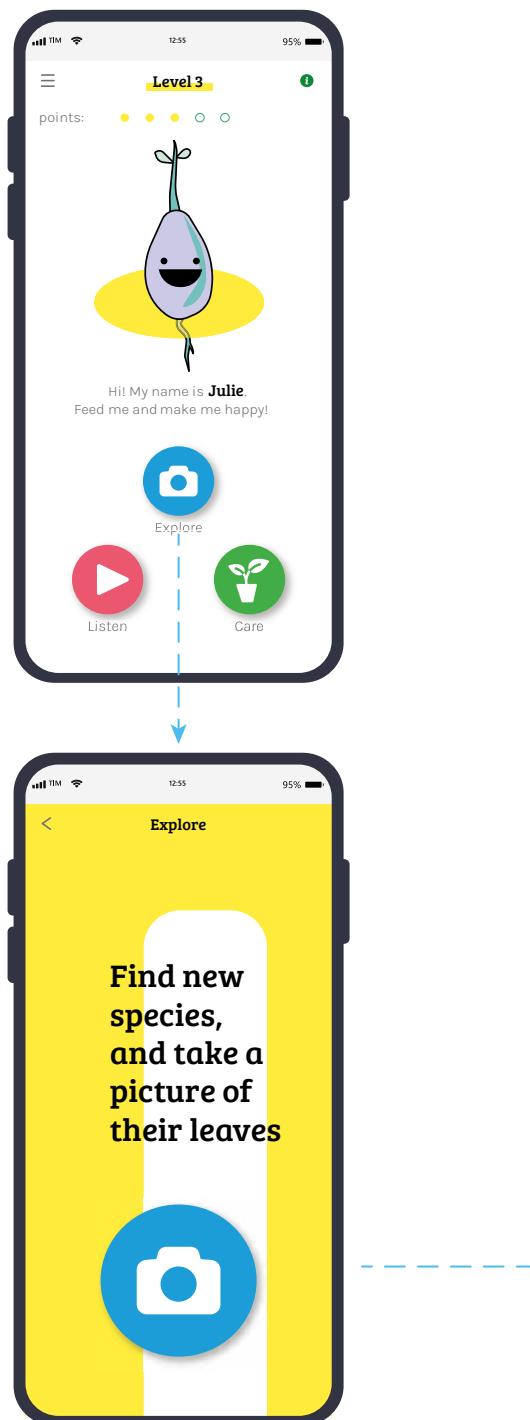
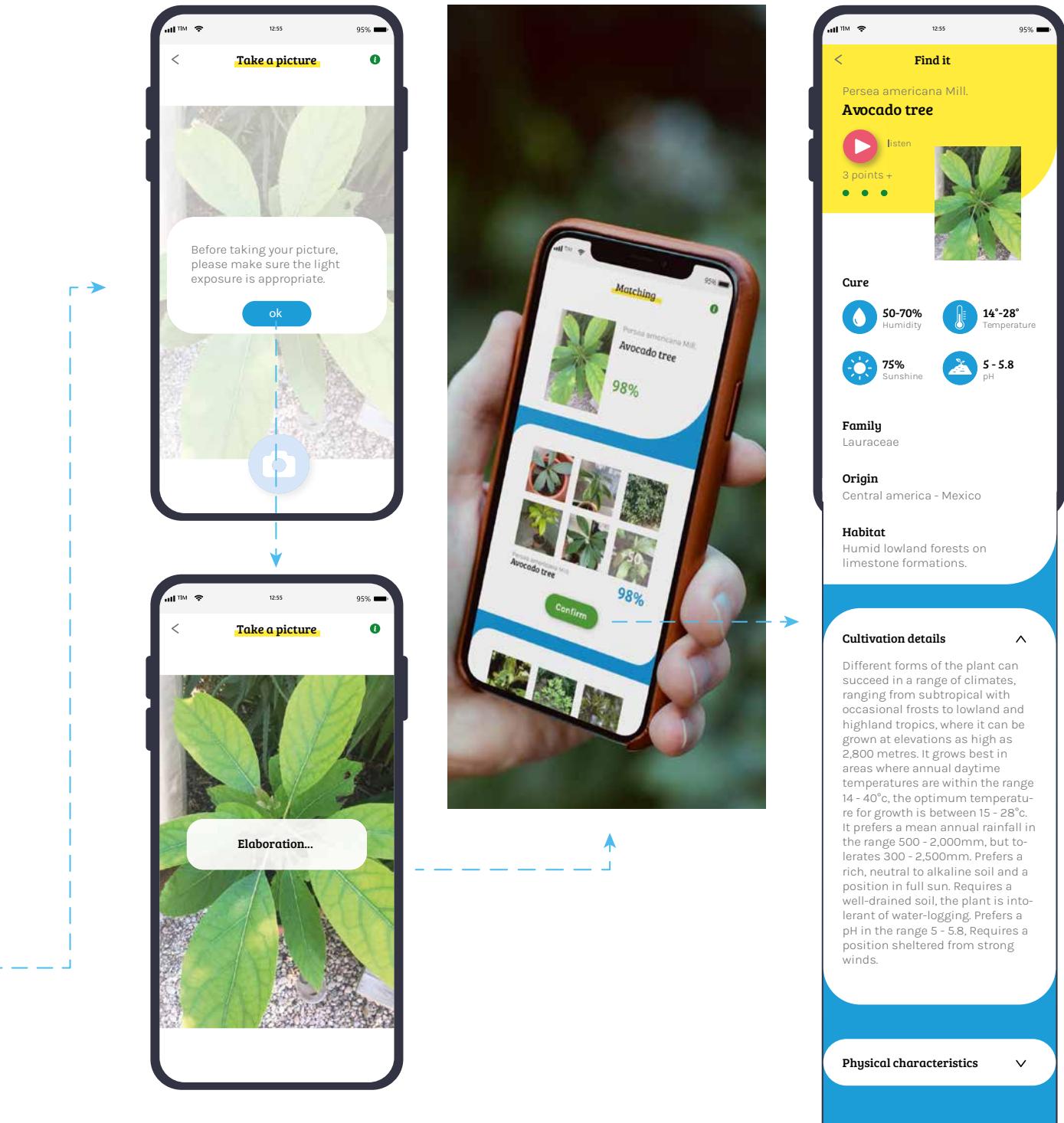


Fig. 99

Wireframe sezione Explore



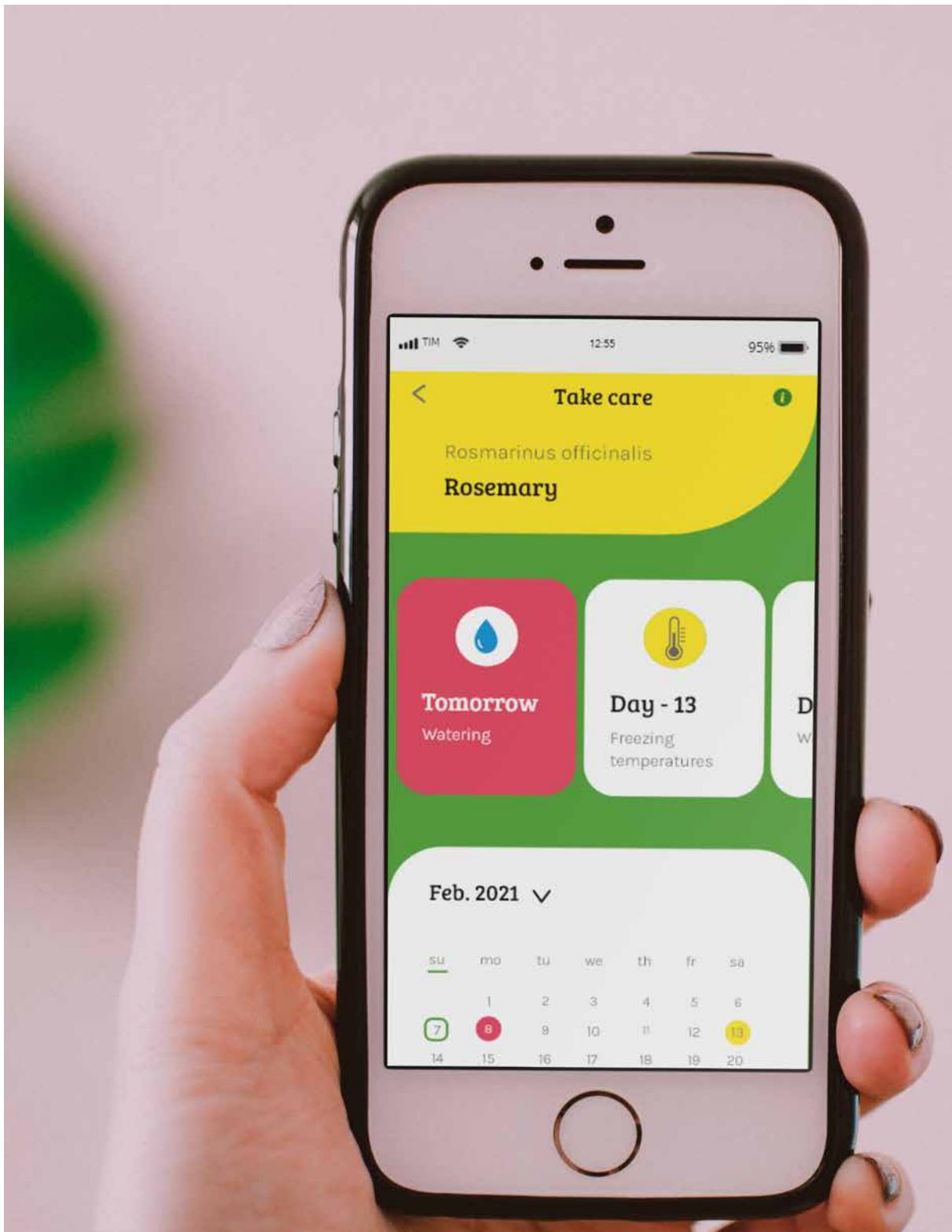


Fig. 100  
Immagine sezione Take Care

## Come funziona la sezione Care

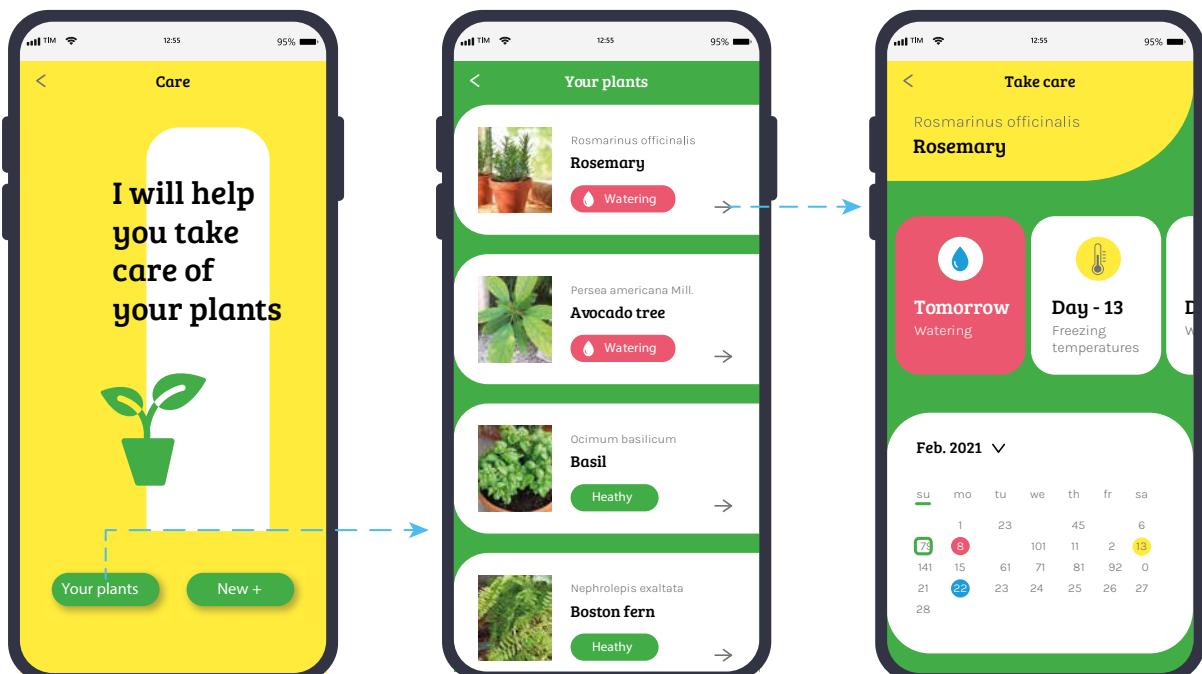
Nella sezione care c'è la possibilità di uploadare la pianta di cui ci si vuole prendere cura (possono essere anche più di una) e in base alle caratteristiche della coltivazione, il sistema sarà in grado di calcolare e organizzare un calendario con dei promemoria, che segnalano per esempio, quando innaffiare la pianta, i cambi della temperatura (informazioni derivate dal meteo), il momento per controllare il pH o cambiare il terreno. In questa sezione l'utente può controllare le sue piante in "Your plants", dove si raffigura lo stato di ognuna di esse. Inoltre, si potrà approfondire la ricerca consultando "l'agenda" delle loro necessità. Il sistema invierà poi una notifica push per ricordare all'utente cosa fare. Alternativamente, se si vorrà uploadare una nuova pianta, si dovrà ripetere il passaggio di classificazione per immagini. Successivamente, nella schermata "Take care" sarà possibile visualizzare nello specifico i promemoria giornalieri della pianta in questione, che si andranno a disporre orizzontalmente dal più recente al più remoto. Nella parte bassa è inoltre presente il calendario che permette di avere una panoramica mensile degli impegni. In tale contesto, è utile tenere presente che il sistema si propone come un assistente alla cura, che organizza i promemoria sulla base delle specifiche della pianta all'interno di un database. Non è quindi da considerarsi alla stregua di un prontuario di botanica vero e proprio.



4. Progetto

Fig. 101

Immagine e wireframe sezione Care & Your plants



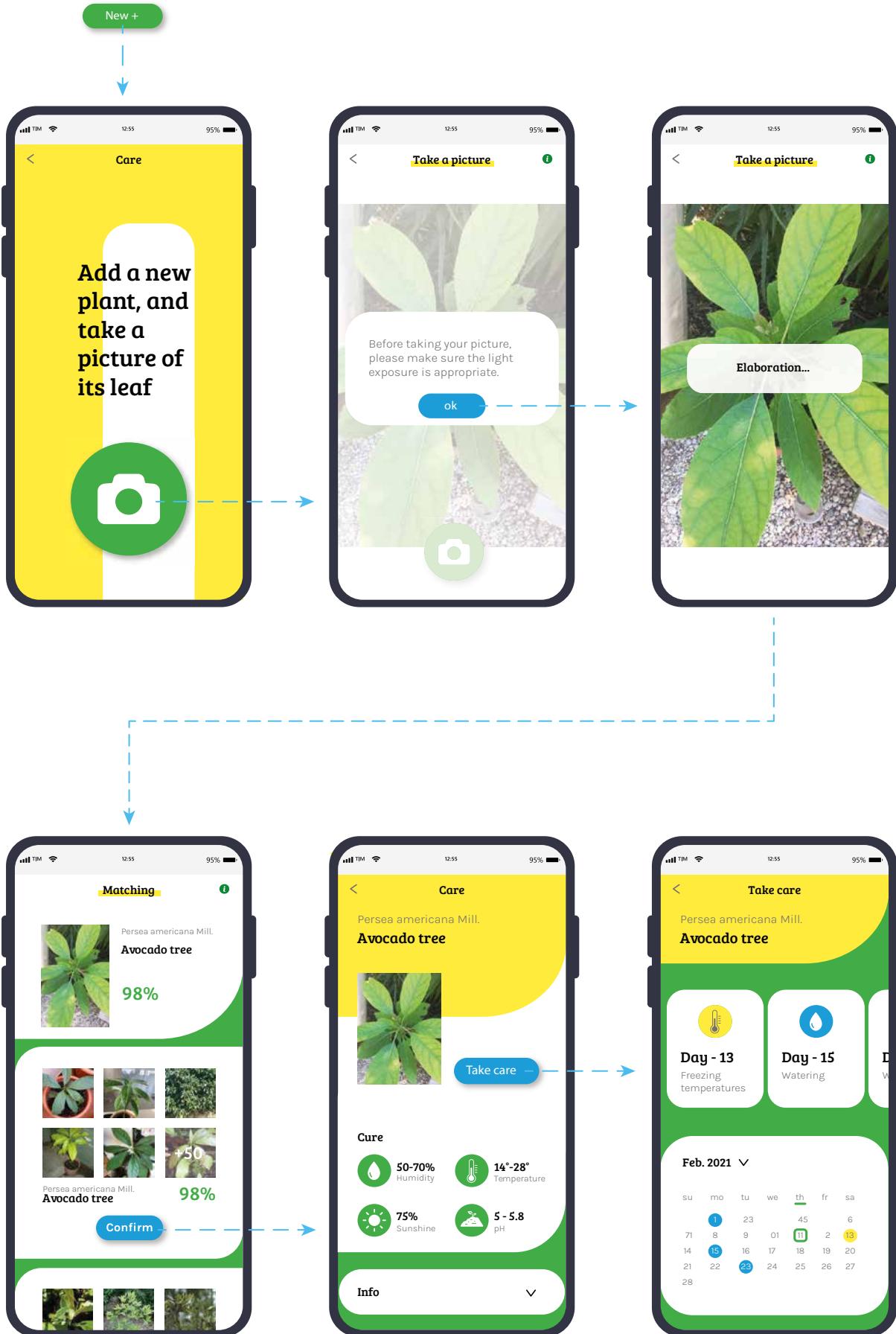


Fig. 102

Wireframe sezione New+ di Care

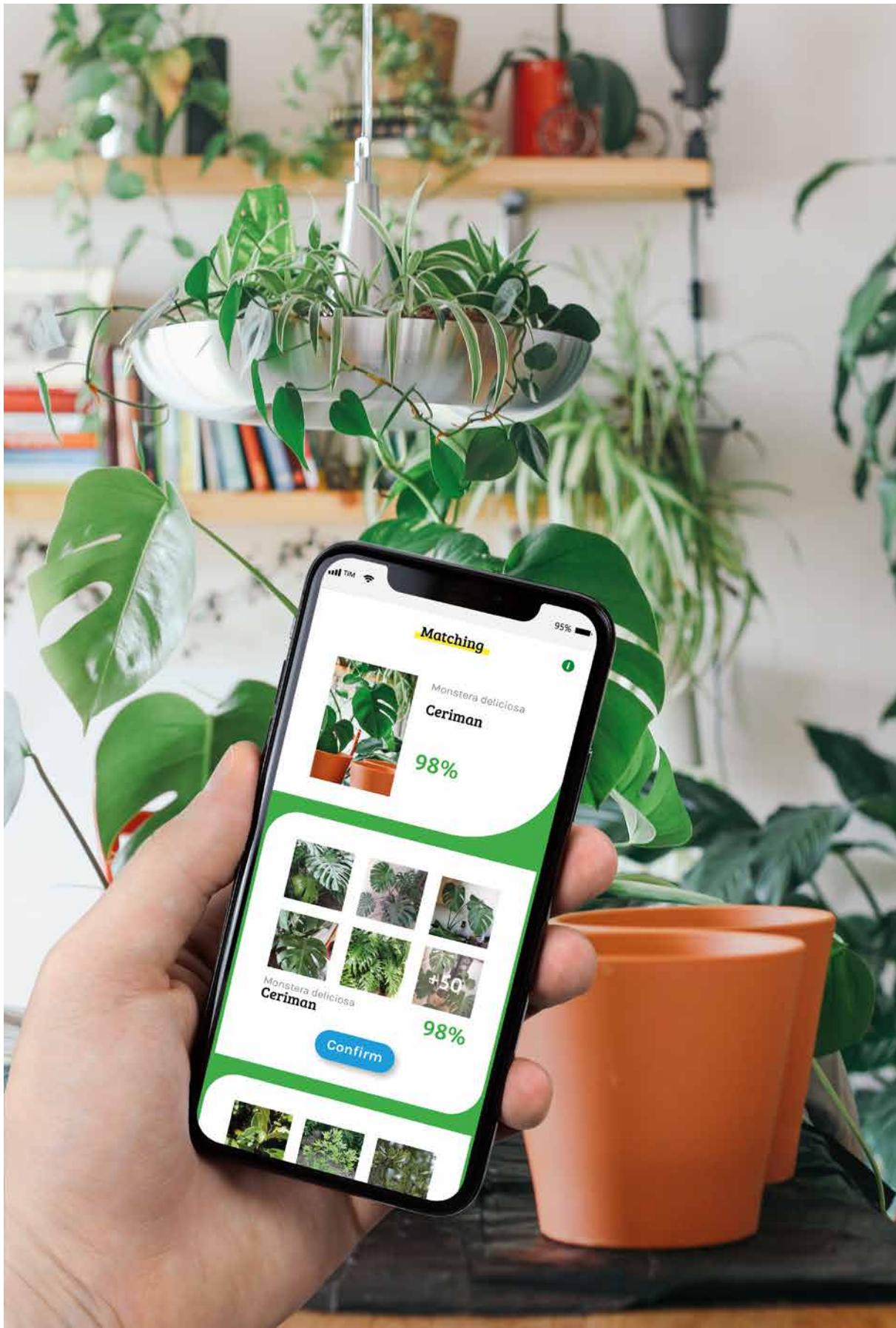


Fig. 103

Immagine sezione matching area Cure

## Come funziona la sezione Listen

In questa sezione si potrà ascoltare il racconto della pianta “virtuale”. Il percorso utilizza un modello di NLP che sarà addestrato su testi di natura ambientalistica, che trattano tematiche legate al Climate Change. L’ipotesi è quella di utilizzare il GPT3, l’algoritmo di codifica linguistica più recente sviluppato dal team di ricerca OpenAI. In questo caso ci si affida ad un modello che genera testi sulla base del database di riferimento. Perciò, è difficile prevedere la risposta, ma si può indirizzare l’incipit del racconto. Infatti, esso è determinato da:

- cinque differenti mood della pianta “virtuale” (happy, good, fine, sad e mad), definiti dalla frequenza di cura nei suoi confronti
- argomento scelto dall’utente da una lista di parole correlate al Climate Change come ocean pollution, fossil fuel, CO<sub>2</sub>, deforestation e molti altri

Questa sezione si propone di sperimentare e speculare sui possibili racconti che potrebbero essere generati, e capire se l’incipit emotivo possa influenzare la composizione del testo.

Il sistema di sintesi vocale (text-to-speech) leggerà il racconto generato, mostrandolo di volta in volta sullo schermo. Esistono molti Sentiment Analysis APIs, tra i quali si potrebbe usare il framework di TensorFlow, ad esempio, il quale dispone di un ecosistema completo, comprendente anche modelli e librerie di Sentiment Analysis che si trovano nella piattaforma di ML5<sup>19</sup>.

Inoltre, come detto nei capitoli precedenti, è grazie alla luce che le piante effettuano la fotosintesi clorofilliana. Per questo si è deciso di sfruttare la luminosità dello schermo per “comunicare” con le piante e veicolare il sentimento rilevato. Questa scelta progettuale corrisponde perciò ad un tentativo di sfruttare le potenzialità espressive dei colori. Infatti, come ribadito nei capitoli precedenti, la percezione del colore<sup>20</sup> può influenzare parzialmente il comportamento umano. L’effetto che un colore può avere nella nostra psiche è molto personale ed è influenzato anche dalla cultura e società in cui si vive (Goethe, 1810). Perciò è difficile determinare un colore in assoluto che possa essere associato ad una emozione.

19

Il modello utilizzato da ml5.js è allenato sulle recensioni IMDB. La Sentiment Analysis è consultabile al seguente link: <https://learn.ml5js.org/#/reference/sentiment>

20

Ci sono stati diversi studi sulla teoria del colore, ad esempio, i colori nella “rosa dei temperamenti”, di Goethe e Schiller (1815), venivano abbinati a quattro caratteri dell’uomo: collerico, flemmatico, sanguigno e melanconico.

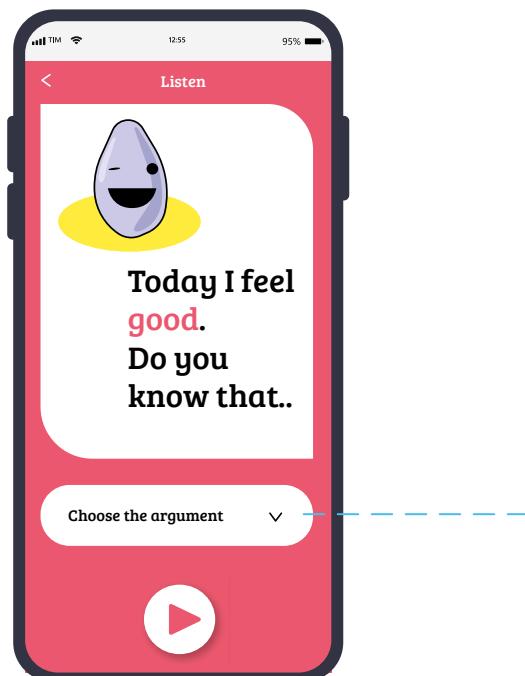
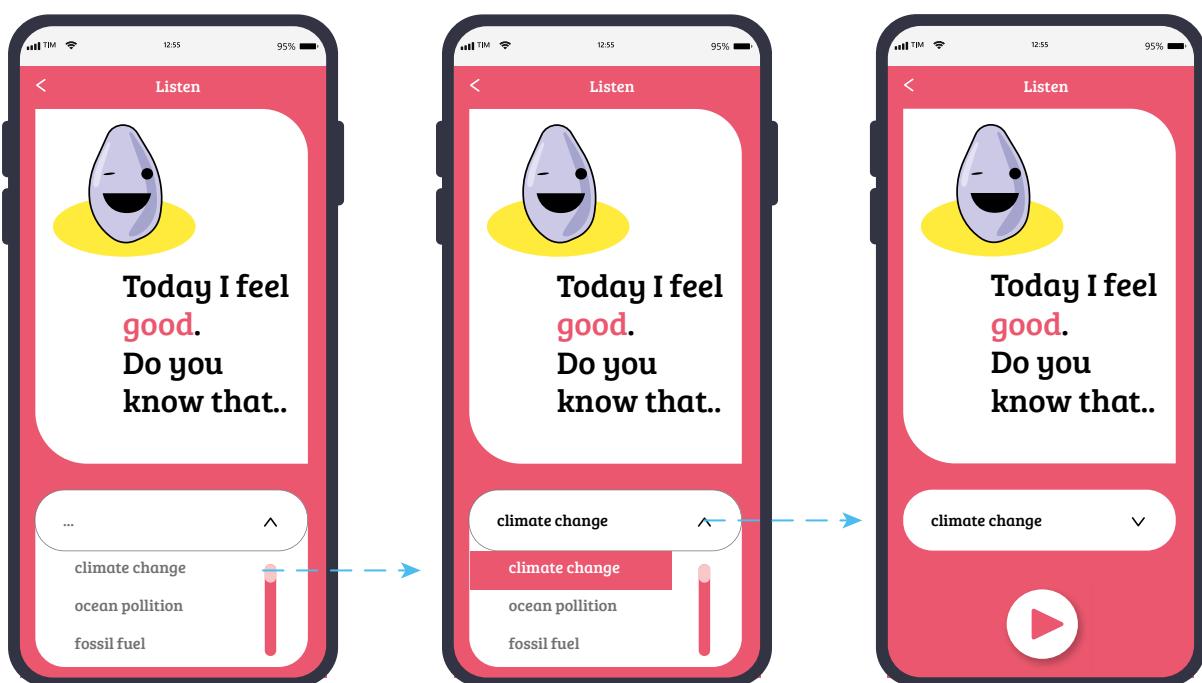


Fig. 104

Wireframe sezione Listen

Per veicolare più efficacemente le informazioni prodotte dalla Sentiment Analysis, sono state associate loro colori primari, come il giallo per le positive, il ciano per le neutre e il rosso per quelle negative. In effetti anche Goethe (1810) indica il giallo come il colore della luce, quindi sereno ed eccitante e il blu è invece associato al “comune”. Tuttavia, il significato dei colori e il loro valore cambiano a seconda della cultura e delle tradizioni, perciò, sarebbe interessante lasciare la possibilità all’utente di settare i colori abbinati alle emozioni rilevate dall’algoritmo.

Quindi, una volta impostato l’incipit, l’algoritmo genererà il racconto, che verrà codificato dal sistema di sintesi vocale e il testo che comparirà sullo schermo verrà accompagnato dallo sfondo colorato sulla base del sentimento rilevato in real time. Finita l’esperienza all’utente viene richiesto il salvataggio o la condivisione del audiovideo nei social. Nella galleria dei racconti (“Your tales”), c’è anche la possibilità di accedere a dei consigli pratici, per migliorare e modificare le abitudini quotidiane al fine di salvaguardare l’ambiente. Ogni consiglio è correlato al tema proposto nel racconto.





**Positive**

**Neutral**

**Negative**

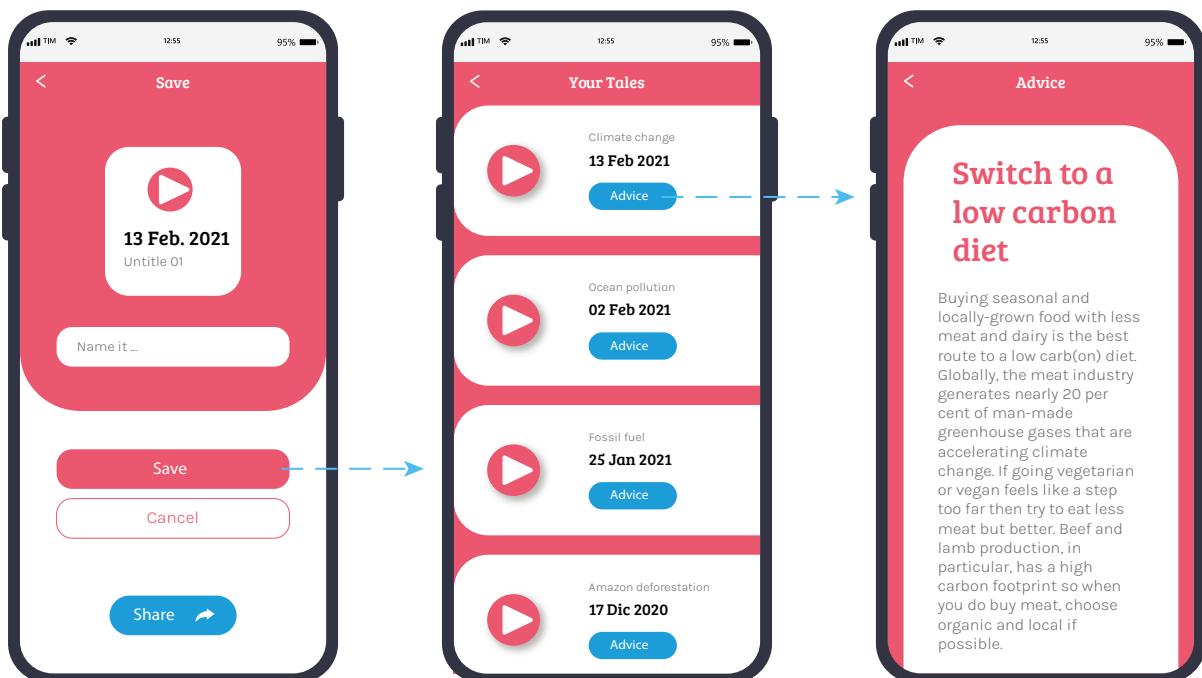


Fig. 105

Wireframe sezione Listen & Your Tales

## Home

Nella pagina principale dell'app si possono vedere:

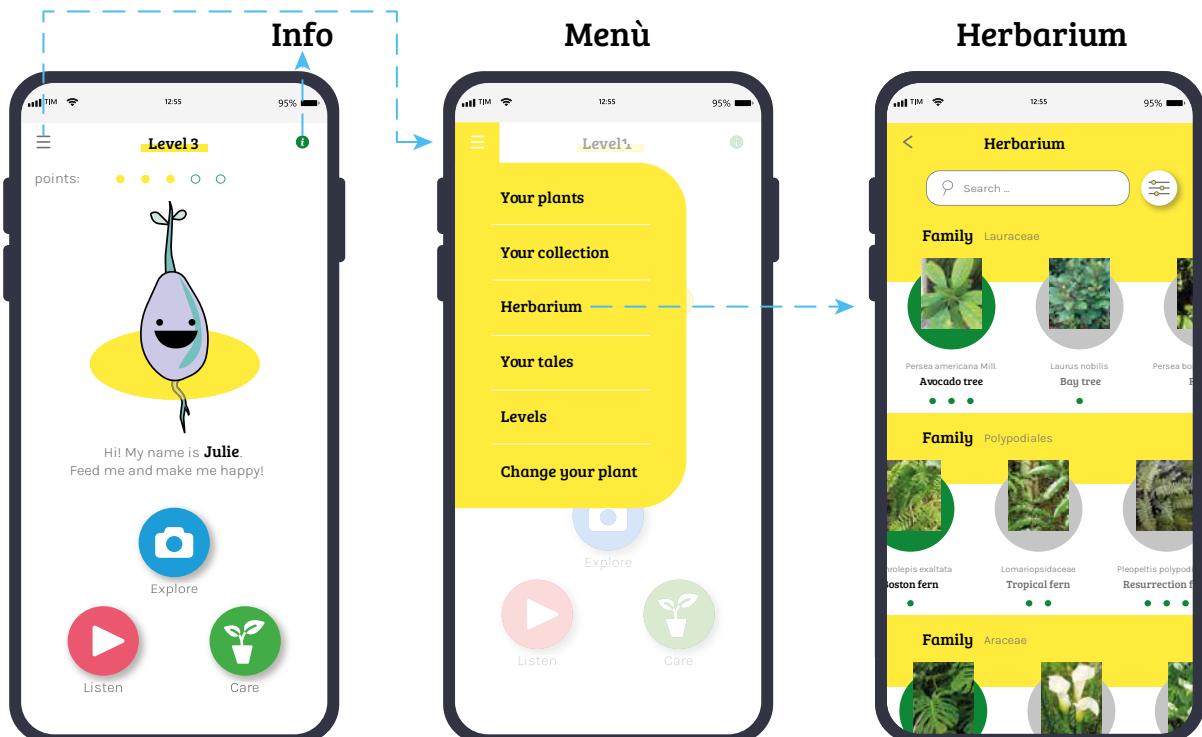
- il livello corrente del gioco;
- i punteggi già ottenuti e quelli che mancano per sbloccare il livello successivo (rappresentati da piccole circonference piene e vuote);
- il mood della pianta "virtuale" (che traspare dall'espressione del volto);
- i pulsanti per accedere alle diverse sezioni;
- il menù (in alto a destra)
- le informazioni e le regole del gioco (in alto a sinistra).

Dal menù della home si possono raggiungere:

- la lista delle piante di cui ci si prende cura (Your plants);
- la collezione delle piante fotografate (Your collection);
- l'Herbarium (lista delle specie suddivise per famiglia e ordinate in base a quelle già collezionate). La differenza tra quelle già fotografate e quelle ancora da scoprire sarà evidenziata dal colore verde e grigio.
- la lista dei livelli;
- il collegamento per editare la pianta "virtuale".

Wireframe sezione Home, Menù, Herbarium

Fig. 106



## Scelta grafica

La pianta “virtuale” è raffigurata con un’illustrazione flat che rappresenta tutte le sei fasi del suo sviluppo, dal seme al frutto. La creazione di questa pianta può essere scelta dall’utente grazie all’editor che permette di modificare e modellare tre diversi livelli di personalizzazione: espressività del volto (determinata dalla dimensione degli occhi), forma (più o meno morbida e affusolata) e colori. L’editor è costituito da tre slider con il quale l’utente potrà impostare i diversi valori muovendo l’indicatore sulla linea orizzontale, e vedere in alto la trasformazione dell’illustrazione. Le espressioni del volto, stilizzate al minimo (occhi e bocca), saranno determinate dalla frequenza di crescita e quindi della raccolta di punti. In totale si hanno cinque espressioni, che saranno animate dalle gif per conferirgli maggior enfasi. Questo aspetto minimalista e artificioso della grafica dei disegni è dettato dalla volontà di associare la pianta “virtuale” alla metafora visiva del Tamagotchi, il famoso gioco elettronico portatile della fine degli anni ‘90 che consisteva in un simulatore di vita il cui scopo era la cura di un piccolo animaletto. I colori scelti per l’illustrazione variano da una paletta di colori lilla, completamente distanti dai colori naturali di un seme, alla cromia più realistica di verdi e marroni.

La scelta grafica della mobile app propone colori primari e forme organiche che accompagnano l’utente nell’interazione con i contenuti. Esse sono state scelte per preservare il parallelismo tra reale e virtuale, naturale e digitale. Anche la scelta dei font si è ispirata alla natura organica e morbida del Google font *Bree Serif regular* per i titoli e del font *Karla light* più esile e lineare per il testo. Entrambi dall’aria giocosa, vivace e user friendly, come l’anima di Appplant.

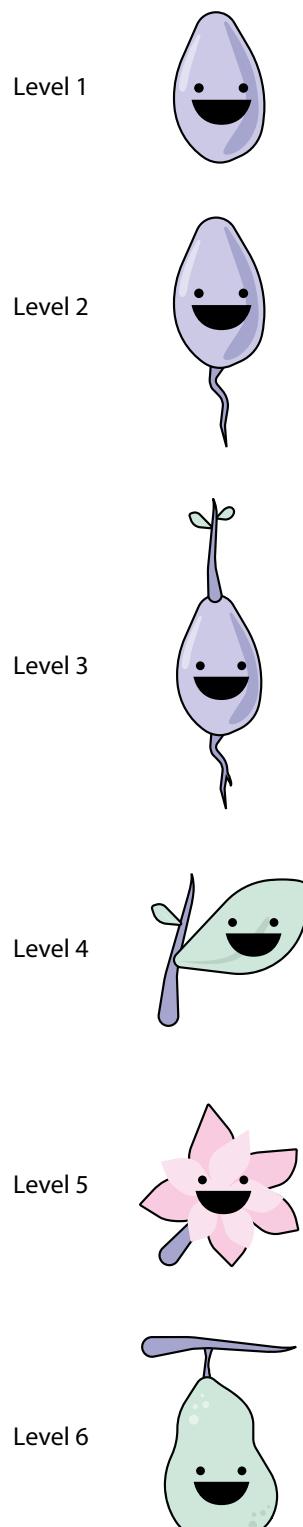
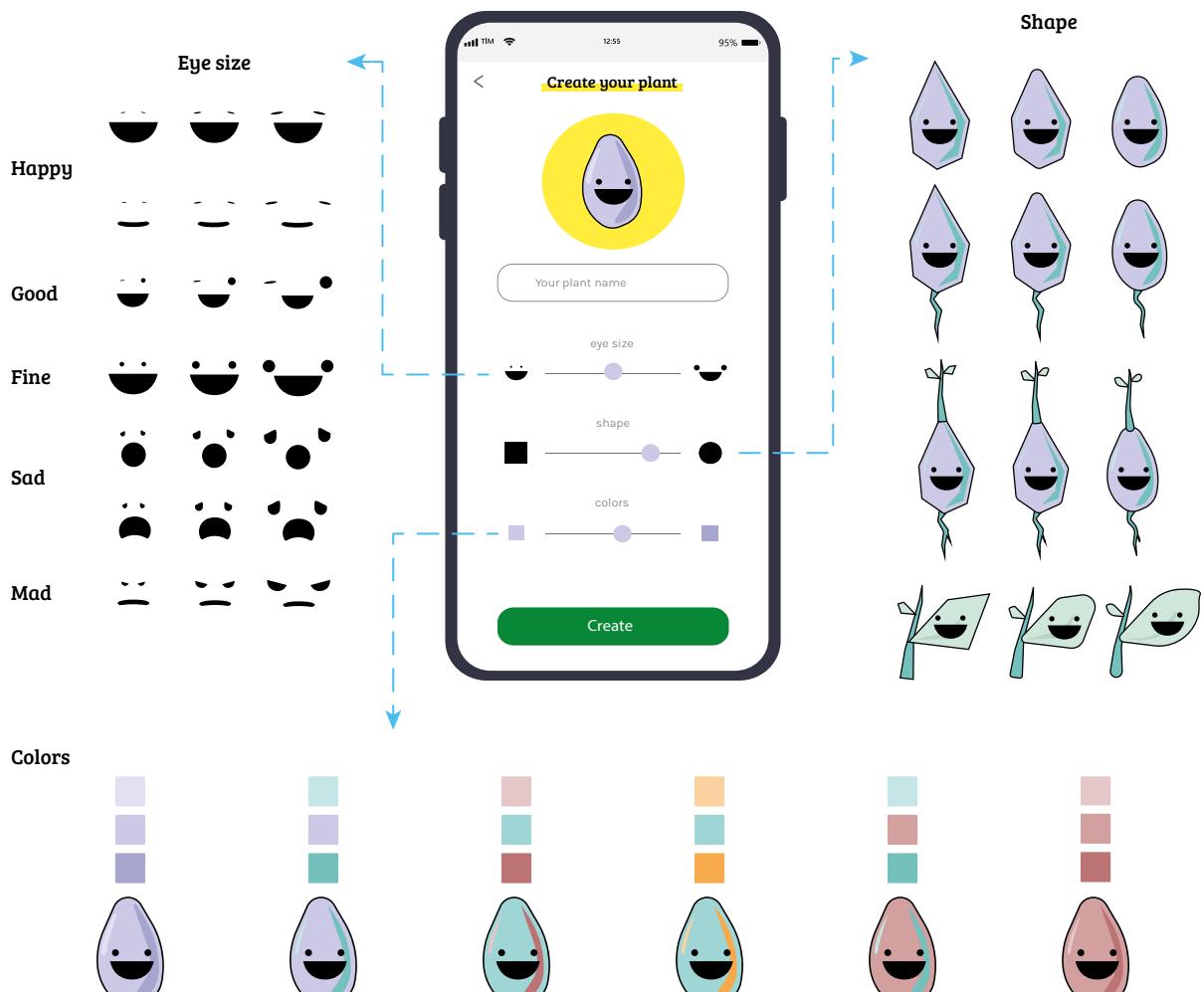


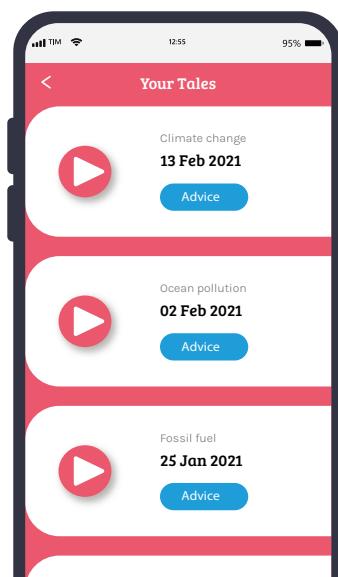
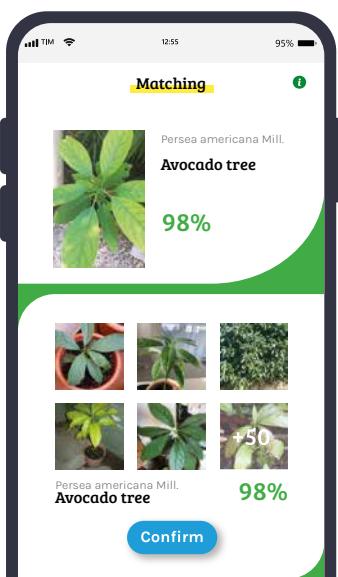
Fig. 107

Immagini esplicative per le scelte grafiche

#E2E1F2	#BAD3C6
#CBC9E6	#CFE7DB
#CBC9E6	#E6F2EB
#F9E2ED	#F8CBF1



Forme organiche:



Font e color palette:

**Titoli**  
**Bree serif Regular**  
**20pt**

**Testo**  
**Karla light**  
**15pt**

	#FFEC3D		#088837
	#1E9DD9		#717171
	#41AC46		#C4C4C4
	#EB586E		

Ogni sezione ha il suo colore predefinito:

- blu per l'area “explore”, per via della sua tonalità meno intrusiva e della sua correlazione con la sensazione di fiducia e professionalità (come è emerso dalla ricerca precedente esposta)
- rosso invece per la sezione “listen”, in quanto il rosso è un colore che attira l'attenzione, dinamico che ben si adatta all'idea di un racconto generato in real time, e mutevole nella sua forma
- verde per la sezione di “care”, dedicata all'assistenza alla cura e coltivazione delle piante, essendo un colore spesso associato alla natura.
- giallo invece è utilizzato per richiamare il pensiero ludico che lo strumento trasmette. Inoltre, il contrasto tra giallo e nero è efficace sia da un punto di vista estetico sia da quello comunicativo.

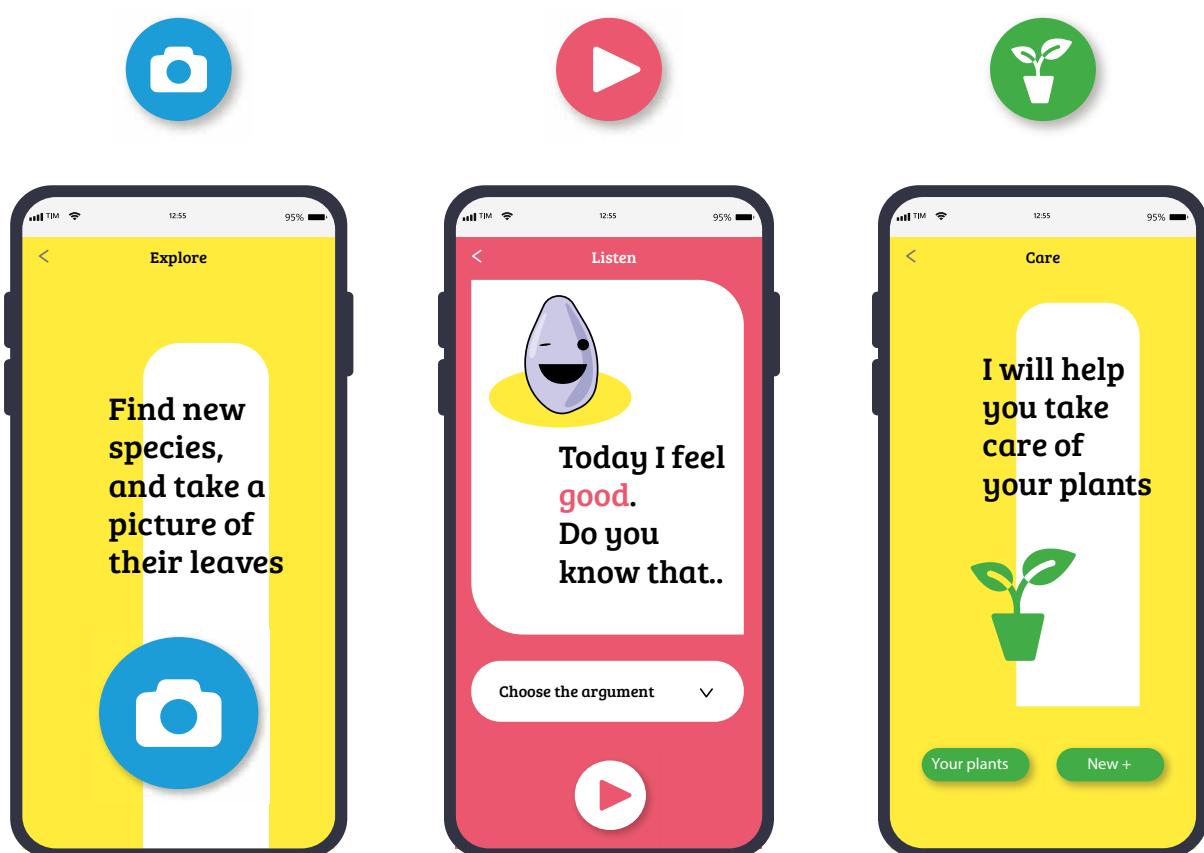


Fig. 108

Immagini delle diverse sezioni dell'app

## Logo e nome Applant

Il nome scelto per questo progetto è Applant, corrisponde all'unione tra l'abbreviazione delle parole "applicazione" e "pianta" in lingua inglese. Applant si propone come una sorta di assistente virtuale che appoggia l'utente nella cura delle piante, avvicinandolo al mondo della botanica attraverso una strategia ludica, coinvolgendo l'utente in un'esperienza unica attraverso l'uso del linguaggio naturale, fornendo consigli semplici e pratici per migliorare le abitudini quotidiane.

Il logo di Applant è rappresentato da un'illustrazione semplificata del seme della pianta "virtuale" nella fase della formazione della plantula, in linea con la grafica del progetto.



4. Progetto



Fig. 109

Immagini del logo Applant e area login

## Prototipazione

Per la prototipazione di un modello NLP è stato sperimentato l'allenamento di un algoritmo di CharRNN per poi usarlo in ml5js, in locale. Per iniziare sono stati raccolti i report dall'IPCC (<https://www.ipcc.ch/reports/>) e da GreenPeace (<https://www.greenpeace.org/usa/reports/>) al fine di creare un unico file di testo. Sono stati copiati la maggior parte dei contenuti, poi sono stati revisionati eliminando eventuali informazioni o dati non influenti, e ripulendolo da tutti i simboli (ad esempio: %, £, \$ ecc., perché non consentivano di allenare il modello) per rendere il dataset più pulito possibile. Al momento il peso del file è di 5,40 MB, contiene circa 1543 pagine e 844.981 parole (di cui 5.529.222 caratteri con spazi inclusi). Ovviamente, più il dataset sarà consistente, migliori saranno i risultati. Per allenare il modello mi sono avvalsa di Google Colab, un servizio cloud gratuito basato su Jupyter notebook che supporta GPU gratuito, per poter sviluppare applicazioni di deep learning utilizzando la libreria di TensorFlow. Per l'allenamento si è fatto uso del file (<https://colab.research.google.com/gist/Fupete/433e-be2f811a7b6e75d257ea9f519267/notebook.ipynb>) realizzato dal Professore Daniele Tabellini. Quindi, dopo aver eseguito tutti i passaggi, aver caricato il file di testo, e allenato il modello, esso è stato testato in remoto con CharRNN (la cartella è disponibile al seguente link: [https://github.com/ileniab/Tesi\\_magistrale\\_Balella\\_UNIRSM](https://github.com/ileniab/Tesi_magistrale_Balella_UNIRSM)). Attraverso il prototipo è possibile scegliere la lunghezza e la temperatura (la somiglianza alla struttura testuale del database), e selezionare due elementi che comporranno la frase iniziale del testo generato: il sentimento e l'argomento. Infatti, l'architettura dell'input sarà composta da:

**Hi. Today I feel \_sentimento\_. Do you know that \_argomento\_ ...**

L'esito risulta incompleto e non coerente con l'obiettivo del progetto, in quanto produce frasi insensate a causa della struttura di base dell'algoritmo, risultando quindi inefficace. Infatti, le reti neurali RNN e LSTM (reti a memoria a breve termine) sono strutturate sulla base di un'architettura lineare che rispetta l'ordine con cui gli elementi vengono selezionati e, per questo, il testo non ha nessun legame con la semantica delle frasi. Perciò, questo si può definire un prototipo funzionante e documentato come esperimento iniziale (e non finale), che in un futuro potrà essere implementato utilizzando altri tipi di sistemi di NLP allenati con database più consistenti.

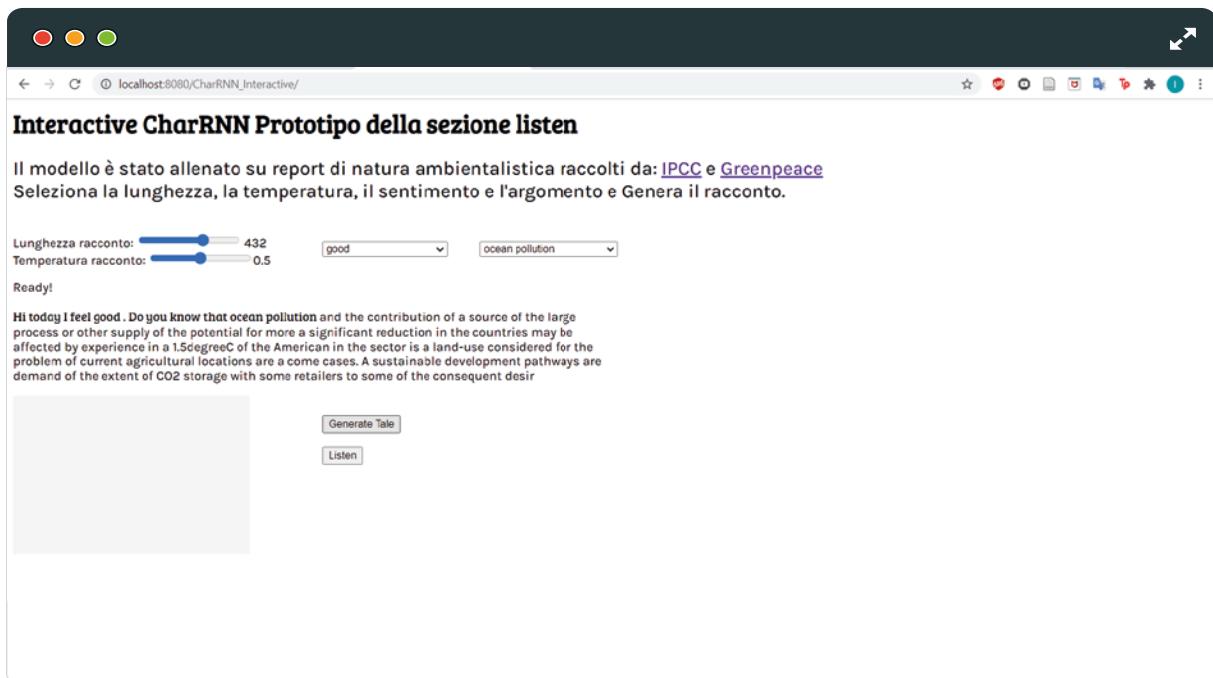
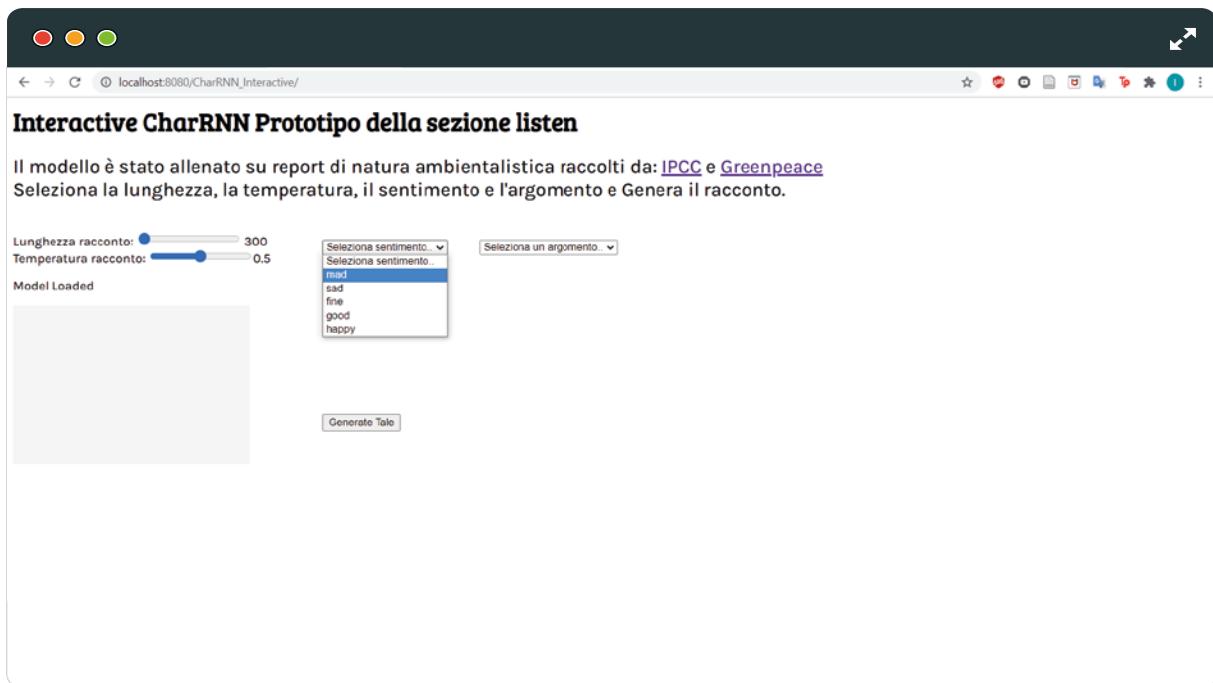


Fig. 110

Screenshots del prototipo di CharRNN

Invece, per allenare una rete neurale a riconoscere una specie vegetale contenuta nell'immagine caricata, mi sono affidata allo strumento open source Teachable Machine di Google che riesce ad allenare dei modelli di *Image classification*. Ho preparato un database consistente di immagini (dalle 1000 alle 2700 immagini raccolte dal database di *Identify Plantnet*) di tre diverse specie di piante che ho scelto precedentemente, ovvero:

- ■ *Monstera deliciosa* (una pianta da appartamento, di origini tropicali e facile da coltivare, che possiede delle foglie molto particolari)
- ■ *Nephrolepis exaltata* (comunemente chiamata Boston fern, una felce che data la sua natura, ha una predisposizione alla luminosità tipica di un appartamento, per questo è facilmente coltivabile in casa)
- ■ *Persea americana* (è la pianta dell'avocado, che grazie alla facilità di riproduzione per seme, è comunemente coltivata in casa)

Il modello prodotto da Teachable Machine è consultabile al seguente link:

[https://teachablemachine.withgoogle.com/models/  
KNLIt1I1T/](https://teachablemachine.withgoogle.com/models/KNLIt1I1T/)

Successivamente è stato usato il modello allenato, inserendolo nell'editor di P5.js e testandolo con immagini statiche dei tre tipi di pianta che non fanno parte del database fornito per l'allenamento.

Il prototipo funzionante si può vedere anche al seguente link:

<https://editor.p5js.org/ileniab/sketches/qRaLvgylm>

Quando l'algoritmo è stato allenato, l'idea cardine era quella di utilizzare il nome della pianta, e le sue caratteristiche per determinare l'incipit del racconto (vedi fig. 111). Perciò, sono state composte frasi "prototipiche" che l'algoritmo di NLP avrebbe potuto generare. Successivamente, con lo sviluppo del concept, l'incipit del racconto si è progressivamente modificato e sarà quindi composto dall'aggettivo dello stato della pianta "virtuale" e l'argomento a scelta. Questo prototipo è stato utile a capire come funziona la rete neurale di riconoscimento immagini, e ha confermato quanto sia fattibile allenare un modello con un database più ampio.

File ▾ Edit ▾ Sketch ▾ Help ▾

Auto-refresh TEACHABLEMACHINE-Classify 3 type of plants by benselv

Sketch Files

- sketch.js
- font
  - karla.tff
  - Robot.d.tff
  - Robot.m.tff
- imagesTest
  - Monst\_a.jpg
  - Nephra\_a.jpg
  - Nephra\_a.jpg
  - perse\_a.jpg
- index.html
- model
  - neta.a.json
  - model.json
  - weights.bin
- sketch.js

Saved 15 seconds ago Preview

This example uses p5 preload function to create the classifier

```
18 // Classifier Variable
19 let classifier;
20 // Let classifier;
21 // A variable to hold the image we want to classify
22 let img;
23 // Model URL
24 let imageModelURL =
25   "https://teachablemachine.withgoogle.com/models/kNLIlt11tT/";
26 // or use the Model downloaded from Teachable machine
27 let imageModelURL = 'model/';
28
29 // To store the classification
30 let label = "Sto cercando...";
31
32 let racconto="";
```

Teachable Machine Three plant Image Model - p5.js and ml5.js



Persea-americana

```
33
34
35
36
37
38 // 1 STEP: LOAD the model and the img test
39 function preload(){
40   classifier = ml5.imageClassifier(imageModelURL + 'model.json');
41   img = loadImage('imagesTest/persea_americana.jpg');
42   fontRobot = loadFont('fonts/RobotoSlab-Bold.ttf');
43   fontRobot = loadFont('fonts/RobotoSlab-Medium.ttf');
44   fontKarla = loadFont('fonts/Karla-Light.ttf');
45 }
46
47
48
49
50 function setup(){
51   createCanvas(400, 410);
52
53 // 2 STEP start classifying the img
54 classifierImg();
55
56
57 // 3 STEP classify the img
58 function classifyImg(){
```

File ▾ Edit ▾ Sketch ▾ Help ▾

Auto-refresh TEACHABLEMACHINE-Classify 3 type of plant by hennels

Sketch Files

- sketch.js
- Karla.t.ttf
- Robot.o.ttf
- Robot.m.ttf

imagesTest

- 1.jpg
- 2.jpg
- 3.jpg
- 4.jpg

index.html

model

- meta\_a.json
- model.json
- weights.bin

sketch.js

```
1 This example uses p5 preload function to create the classifier
2 === /*
3 18
4 19
5 20
6 21 // Classifier Variable
7 22 let classifier;
8 23
9 24 // A variable to hold the image we want to classify
10 25 let img;
11
12 26
13 27 // Model URL
14 28 // let imageModelURL =
15 29 // "https://teachablemachine.withgoogle.com/models/kNlt1t1t1t/";
16 30 // or use the Model downloaded from Teachable machine
17 31 let imageModelURL = 'model/';
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
```

Saved just now Preview

### Teachable Machine Three plant Image Model - p5.js and ml5.js



Monstera deliciosa

Ciao,  
la foglia che vedi mi appartiene, e da essa traggo luce e nutrimento  
per crescere.  
Sono una **Monstera deliciosa**. I miei avv proveranno dalle giungle messicane, per questo ho bisogno di molto spazio. La forma bizzarra delle mie foglie è data da una specifica causa. Infatti, nel mio habitat, c'è molta vegetazione e spesso la luce tattica a passare. Per questo motivo i miei buchi ne permettono il passaggio. In modo da farne raggiungere anche le foglie più piccole e nasconde.

Amo la luce, e per prosperare ho quindi bisogno di uno spazio ampio ed illuminato, senza che però i raggi del sole insistano troppo direttamente sulle mie foglie. Il terreno che prediligo deve essere umido, ma non pieno d'acqua e la temperatura che preferisco va dai 15°C ai 24°C.

Grazie, ci confronti del giorno dopo quando potrai riconoscere.

Fig. 111

Screenshots del prototipo su p5.js

# 5. Conclusione

Lo scopo del presente lavoro di tesi è stato quello di studiare e approfondire gli strumenti di *machine learning*, attraverso l'analisi tecnica e tecnologica di tale strumento e l'osservazione delle necessità dettate dal cambiamento, al fine di progettare un mezzo in grado di utilizzare un linguaggio espressivo che stimoli empatia verso queste tematiche, e aiuti l'utente a sensibilizzarsi rispetto ad esse. L'introduzione e la speculazione sulle potenzialità di questo tipo di strumento, usato come mezzo comunicativo, e il riconoscimento delle emozioni da parte di un computer, oltre che essere importanti campi di indagine, aprono la via a molteplici sviluppi futuri. Come detto nei capitoli precedenti, alla luce della grande diffusione, che questo tipo di "intelligenza" computazionale ha e avrà in futuro, risulta necessario svilupparne la capacità di instaurare un dialogo con la nostra intelligenza emotiva.

Sulla base dei mezzi a disposizione, si sono aperti diversi canali progettuali, tra cui figura *Applant*, un'applicazione per smartphone che permette agli utenti di prendere coscienza rispetto a tematiche ambientali di senso più generale, e nello specifico verso la cura delle piante. Essa mostra le potenzialità del machine learning nel riconoscere le specie del mondo vegetale e generare narrazioni, facendoci riflettere sugli utilizzi di questa tecnologia, adoperata per assistere e comunicare con l'utente e le piante nella quotidianità. Il parallelismo tra virtuale e reale che si viene a creare dovrebbe progressivamente indurre una sensibilizzazione degli utenti verso comportamenti più rispettosi dell'ambiente. Al fine di sperimentare e analizzare in modo approfondito alcune funzionalità e caratteristiche del progetto, sono stati sviluppati due prototipi. Uno per studiare la capacità di generare un racconto su *CharRNN* e l'altro invece per comprendere la fattibilità di poter rilevare le specie vegetali.

Allo stato attuale, l'applicazione si presenta come un esperimento in via di sviluppo, che potrà essere eventualmente migliorato con l'utilizzo della geolocalizzazione, ad esempio, consentendo di poter condividere la posizione del luogo in cui si è trovata la pianta. Esso potrebbe corrispondere ad una estensione del sistema per creare nuovi obiettivi da raggiungere in gruppo o in competizione con gli altri utenti, espandendo il gioco alla scoperta dei luoghi all'aperto, o assegnando punteggi rispetto ai km percorsi. Un'altra strategia, potrebbe anche essere indirizzare l'app

verso un target molto più giovane, come i bambini, incen-trando le sue funzionalità alla cura delle piante o dell'orto/frutteto (se lo si possiede). Tra le possibili ulteriori proposte, vi sarebbe anche l'implementazione di un sistema di Question Answering, che impiegherebbe approcci di deep learning in grado di analizzare e classificare domande ed estrarre risposte in linguaggio naturale ottenute dal Web, oppure direttamente dal database di ambito più specifico a disposizione. Questo permetterebbe di rendere più interattiva e coinvolgente l'area dedicata alla generazione di racconti. Infine, per quanto riguarda l'espressione emotiva, si potrebbe lavorare sull'intonazione ed una voce iperrealistica, che riesca a trasmettere meglio le emozioni celate nel testo. Esistono già degli studi sulla creazione di modelli di reti neurali in grado di produrre una voce più espres-siva, presentando elementi realistici come la respirazione. Ne è un esempio lo studio Sonantic (<https://www.sonantic.io/>) che propone soluzioni realistiche, con una tecnologia di sintesi vocale personalizzabile, principalmente diretta al mercato dei videogiochi.

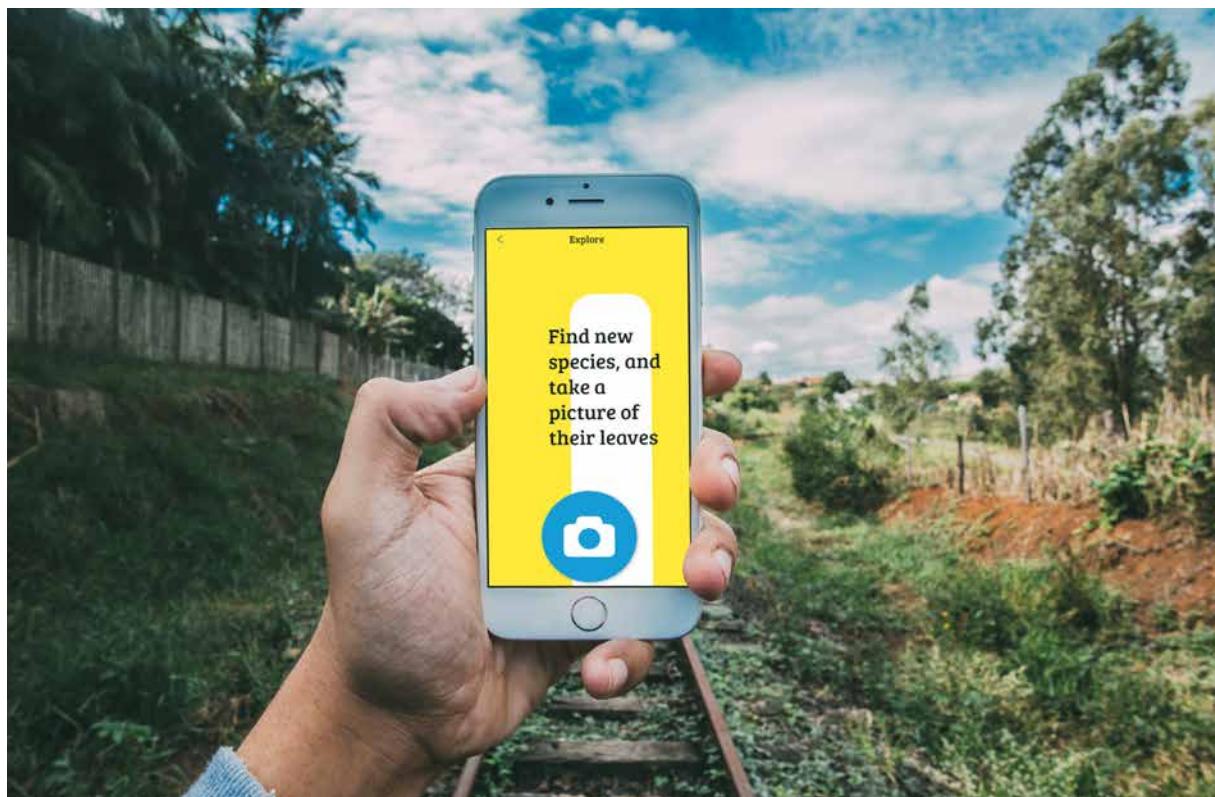


Fig. 112

Immagine dell'area Explore di Applant



# 0. Bibliografia

- Allen, D. M. W. and J. R. (2018, aprile 24). How artificial intelligence is transforming the world. Brookings. <https://www.brookings.edu/research/how-artificial-intelligence-is-transforming-the-world/>
- Canestrari, R., & Godino, A. (2002). *Introduzione alla psicologia generale*. Mondadori Bruno.
- Colombo, B. (2002). *TUTTO Psicologia e Pedagogia*. Istituto geografico De Agostini. <https://books.google.it/books?id=ahEYABLLnloC>
- Gardner, H. (1983). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences*. Basic Books.
- Gardner, H. (1993). *Frames of mind the theory of multiple intelligences*. Basic Books. [https://www.academia.edu/36707975/Frames\\_of\\_mind\\_the\\_theory\\_of\\_multiple\\_inteligences](https://www.academia.edu/36707975/Frames_of_mind_the_theory_of_multiple_inteligences)
- Goleman, D. (1995). *Emotional Intelligence*. Bloomsburg.
- Mayer, J. D., Salovey, P., & Caruso, D. R. (2004). Emotional intelligence: Theory, findings, and implications. *Psychological Inquiry*, 15(3), 197–215. [https://doi.org/10.1207/s15327965pli1503\\_02](https://doi.org/10.1207/s15327965pli1503_02)
- One Hundred Year Study on Artificial Intelligence (AI100) ]. (2016). [https://ai100.stanford.edu/sites/g/files/sbiybj9861/f/ai\\_100\\_report\\_0831fnl.pdf](https://ai100.stanford.edu/sites/g/files/sbiybj9861/f/ai_100_report_0831fnl.pdf)
- Salovey, P., & Mayer, J. (1990). Emotional intelligence. *Imagination, Cognition, and Personality*. <https://doi.org/10.2190/DUGG-P24E-52WK-6CDG> <https://dx.doi.org/10.2190/DUGG-P24E-52WK-6CDG>
- Spearman, C. (1904). General Intelligence, Objectively Determined and Measured (Vol. 15). *American Journal of Psychology*. <https://doi.org/10.1037/11491-006>
- Sternberg, R. J. (1985). Human intelligence: The model is the message. *Science*, 230(4730), 1111–1118. <https://doi.org/10.1126/science.230.4730.1111>
- Treccani. (n.d.). *Intelligenza artificiale* nell'Enciclopedia Treccani. Recuperato 14 gennaio 2021, da <https://www.treccani.it/enciclopedia/intelligenza-artificiale>
- Wechsler, D. (1950). Cognitive, conative, and non-intellective intelligence. *American Psychologist*, 5(3), 78–83. <https://doi.org/10.1037/h0063112>
- Wertheimer, M., & Asch, S. E. (1945). *Productive thinking*. Harper & Brothers.

# 1. Bibliografia

- Akash, D. (2019). *Real-World Applications of AI in Design*. Hackernoon. <https://hackernoon.com/real-world-applications-of-ai-in-design-85c3fc728a36>
- Buolamwini, J., & Gebru, T. (2018). *Gender Shades: Intersectional Accuracy Disparities in Commercial Gender Classification*. 15. <http://proceedings.mlr.press/v81/buolamwini18a/buolamwini18a.pdf>
- Celaschi, F. (2016). *Non industrial design: Contributi al discorso progettuale*. Sossella.
- Chandrashekhar, A., Amat, F., Basilico, J., & Jebara, T. (2017). *Artwork Personalization at Netflix*. Netflix Technology Blog. <https://netflixtechblog.com/artwork-personalization-c589f074ad76>
- Clark, J. (2019). *Why Machine Learning Matters for your Product*. IoT613. <https://iot613.ca/why-machine-learning-matters-for-your-product/>
- Clynes, M. (1995). *Microstructural musical linguistics: Composers' pulses are liked most by the best musicians*. *Cognition*, 55, 269–310. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(94\)00650-A](https://doi.org/10.1016/0010-0277(94)00650-A)
- Contrada, N. (1995). *Golem and Robot: A Search for Connections*. *Journal of the Fantastic in the Arts*, 7(2/3 (26/27)), 244–254. JSTOR. <http://www.jstor.org/stable/43308245>
- Hao, K. (2019). *We analyzed 16,625 papers to figure out where AI is headed next*. MIT Technology Review. <https://www.technologyreview.com/2019/01/25/1436/we-analyzed-16625-papers-to-figure-out-where-ai-is-headed-next/>
- Hebron, P. (2016). *Machine Learning for Designers*. O'Reilly Media. <https://www.oreilly.com/design/free/files/machine-learning-for-designers.pdf>
- Herweijer, C., & Waughray. (2018). *Harnessing Artificial Intelligence for the Earth*. the World Economic Forum. [http://www3.weforum.org/docs/Harnessing\\_Artificial\\_Intelligence\\_for\\_the\\_Earth\\_report\\_2018.pdf](http://www3.weforum.org/docs/Harnessing_Artificial_Intelligence_for_the_Earth_report_2018.pdf)
- Kaplan, J. (2016). *Artificial intelligence: What everyone needs to know*. Oxford University Press.
- Kuang, C. (2017). *Can A.I. Be Taught to Explain Itself?* The New York Times. <https://www.nytimes.com/2017/11/21/magazine/can-ai-be-taught-to-explain-itself.html>
- Manovich, L. (2020). *L'estetica dell'intelligenza artificiale. Modelli digitali e analitica culturale*. Luca Sossella Editore.

- Marcus, G. (2018). Deep Learning: A Critical Appraisal. <http://arxiv.org/abs/1801.00631>
- Mayor, A. (2018). Gods and Robots. Princeton. <https://press.princeton.edu/books/hardcover/9780691183510/gods-and-robots>
- Menzies, T. (2003). 21st-Century AI: Proud, Not Smug. 18–24. <https://ieeexplore.ieee.org/document/1200723>
- Nachmany, Y., Krishnan, N., & Kashyap, A. (2019). Mitigating Geographic Bias of Image Classifiers with Multilingual Image Data. Google Docs. [https://drive.google.com/file/d/1aXq5OFZDKA965K\\_Jmhpd1to48Im6Hnra/view?usp=embed\\_facebook](https://drive.google.com/file/d/1aXq5OFZDKA965K_Jmhpd1to48Im6Hnra/view?usp=embed_facebook)
- Perkins, R. (2017). Neural Networks Model Audience Reactions to Movies. California Institute of Technology. <https://www.caltech.edu/about/news/neural-networks-model-audience-reactions-movies-79098>
- Ratti, C., & Claudel, M. (2014). Architettura Open Source: Verso una progettazione aperta. G. Einaudi.
- Rezzani, A. (2013). Big Data: Architettura, tecnologie e metodi per l'utilizzo di grandi basi di dati. Maggioli Editore.
- Samuel, A. L. (1959). Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers. IBM J. Res. & Dev. IBM Journal of Research and Development, 3(3), 210–229.
- Schuchmann, S. (2019). Analyzing the Prospect of an Approaching AI Winter. 39. [https://www.academia.edu/39107121/Analyzing\\_the\\_Prospect\\_of\\_an\\_Approaching\\_AI\\_Winter](https://www.academia.edu/39107121/Analyzing_the_Prospect_of_an_Approaching_AI_Winter)
- Schwartz, J. T. (1986). The limits of artificial intelligence. Courant Institute of Mathematical Sciences, New York University. <http://archive.org/details/limitsofartifici-00schw>
- Shankar, S., Halpern, Y., Breck, E., Atwood, J., Wilson, J., & Sculley, D. (2017). No Classification without Representation: Assessing Geodiversity Issues in Open Data Sets for the Developing World. arXiv:1711.08536 [stat]. <http://arxiv.org/abs/1711.08536>
- Shashkevich, A. (2019). Ancient myths reveal early fantasies about artificial life. Stanford News. <https://news.stanford.edu/2019/02/28/ancient-myths-reveal-early-fantasies-artificial-life/>
- Smith, C., McGuire, B., Huang, T., & Yang, G. (2006). The History of Artificial Intelligence.
- Sterling, G. (2016). Google says 20 percent of mobile queries are voice searches. Search Engine Land. <https://searchengineland.com/google-reveals-20-percent-queries-voice-queries-249917>
- Ström, M. (2019). Design and machine learning. <https://matthewstrom.com/writing/design-and-ml/>

## 2. Bibliografia

- Archibugi, F. (2002). *La città ecologica Urbanistica e sostenibilità*. Bollati Borigheri.
- Bassi, A. (2017). *Design contemporaneo: Istruzioni per l'uso*. Il mulino.
- Bonnes, M., Carrus, G., & Passafaro, P. (2006). *Psicologia ambientale, sostenibilità e comportamenti ecologici*. Carocci.
- Borowy, I. (2018). *The history of sustainable development and the United Nations*. Routledge Handbook of the History of Sustainability, Ed. by Jeremy Caradonna. [https://www.academia.edu/38387444/The\\_history\\_of\\_sustainable\\_development\\_and\\_the\\_United\\_Nations](https://www.academia.edu/38387444/The_history_of_sustainable_development_and_the_United_Nations)
- Bowles, C. (2018). *Future ethics*. NowNext Press.
- Corradini, I. (2017). *Internet delle cose: Dati, sicurezza e reputazione*. Corradini.
- Cortés, U., Sànchez-Marrè, M., Ceccaroni, L., R-Roda, I., & Poch, M. (2000). *Artificial Intelligence and Environmental Decision Support Systems*. *Applied Intelligence*, 13(1), 77–91. <https://doi.org/10.1023/A:1008331413864>
- D'Alessandro, J. (2020). *La quarta nazione al mondo. Ecco quanto consuma il web*. la Repubblica. [https://www.repubblica.it/green-and-blue/2020/12/12/news/ecco\\_quanto\\_consuma\\_la\\_quarta\\_nazione\\_al\\_mondo\\_il\\_web-275451443/](https://www.repubblica.it/green-and-blue/2020/12/12/news/ecco_quanto_consuma_la_quarta_nazione_al_mondo_il_web-275451443/)
- Dorfles, G. (1972). *Introduzione al disegno industriale: Linguaggio e storia della produzione di serie*. G. Einaudi.
- Dunne, A., & Raby, F. (2013). *Speculative everything: Design, fiction, and social dreaming*. MIT Press.
- Giulietti, F. (2015). *Controllare l'ambiente con i droni*. Ecoscienza, 6,. Arpaе.it. [https://www.arpae.it/dettaglio\\_documento.asp?id=6032&idlivello=1171](https://www.arpae.it/dettaglio_documento.asp?id=6032&idlivello=1171)
- Goleman, D. (2011). *Intelligenza ecologica*. Bur.
- Gregotti, V., & Battisti, E. (1965) *Periferia di rifiuti*. 85. Edilizia moderna.
- Gruppo di Esperti MISE. (2020). *Proposte per una Strategia italiana per l'intelligenza artificiale*. Ministero dello sviluppo economico. [https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/Proposte\\_per\\_una\\_Strategia\\_italiana\\_AI.pdf](https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/Proposte_per_una_Strategia_italiana_AI.pdf)
- Hao, K. (2020). *Training a single AI model can emit as much carbon as*

five cars in their lifetimes. MIT Technology Review. [https://www.technologyreview.com/2019/06/06/239031/training-a-single-ai-model-can-emit-as-much-carbon-as-five-cars-in-their-lifetimes/?utm\\_medium=tr\\_social&utm\\_campaign=site-visitor.unpaid.engagement&utm\\_source=LinkedIn#Echobox=1593452728](https://www.technologyreview.com/2019/06/06/239031/training-a-single-ai-model-can-emit-as-much-carbon-as-five-cars-in-their-lifetimes/?utm_medium=tr_social&utm_campaign=site-visitor.unpaid.engagement&utm_source=LinkedIn#Echobox=1593452728)

Maldonado, T. (1973). *La speranza progettuale: Ambiente e società*. Einaudi.

Munari, B. (1997). *Good design*. Corraini editore.

Norman, D. A. (2008). *Il design del futuro*. Apogeo Editore.

Papanek, V. (1973). *Design for the real world: Human ecology and social change*. Bantam Books.

Rossi, F. (2019). *Il confine del futuro: Possiamo fidarci dell'intelligenza artificiale?*. Feltrinelli.

Sachs, J. (2020). *Sviluppo sostenibile nell'era digitale / Sustainable development in the digital age*. Biennale Tecnologia. <https://www.biennaletecnologia.it/sessioni/sviluppo-sostenibile-nellera-digitale-sustainable-development-digital-age>

Strubell, E., Ganesh, A., & McCallum, A. (2019). *Energy and Policy Considerations for Deep Learning in NLP*. ArXiv:1906.02243 [Cs]. <http://arxiv.org/abs/1906.02243>

Szegedy, C., Liu, W., Jia, Y., Sermanet, P., Reed, S., Anguelov, D., Erhan, D., Vanhoucke, V., & Rabinovich, A. (2014). *Going Deeper with Convolutions*. ArXiv:1409.4842 [Cs]. <http://arxiv.org/abs/1409.4842>

Tamborrini, P. (2009). *Design sostenibile: Oggetti, sistemi e comportamenti*. Electa.

Vezzoli, C., & Manzini, E. (2007). *Design per la sostenibilità ambientale*. Zanichelli.

## 3.4. Bibliografia

- Cho, J., Park, S., Jeon, B., Bae, B.-C., & Cho, J.-D. (2015). People's Emotional Responses to a Plant's Emotional Expression. Proceedings of the Ninth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction, 545–550. <https://doi.org/10.1145/2677199.2687899>
- Crucianelli, L., & Filippetti, M. L. (2020). Developmental Perspectives on Interpersonal Affective Touch. *Topoi*, 39(3), 575–586. <https://doi.org/10.1007/s11245-018-9565-1>
- Falcinelli, R. (2017). *Cromorama: Come il colore ha cambiato il nostro sguardo*. Einaudi.
- Goethe, J. W. (1810). *La teoria dei colori*. Cotta.
- Jaques, N., Engel, J., Ha, D., Bertsch, F., Picard, R., & Eck, D. (2018). Learning via social awareness: Improving sketch representations with facial feedback. International Conference on Learning Representations. <https://arxiv.org/abs/1802.04877>
- Lee, S., & Rao, V. S. (2010). Color and store choice in electronic commerce: the explanatory role of trust. *Journal of Electronic Commerce Research*.
- Leslie, G., Ghandeharioun, A., Zhou, D. Y., & Picard, R. W. (2019). Engineering Music to Slow Breathing and Invite Relaxed Physiology. ArXiv:1907.08844 [Cs]. <http://arxiv.org/abs/1907.08844>
- Lipari, C. (2016). OPhy - Open Phyto Design di sistema open source per l'interazione e l'espressione con il mondo delle piante [Tesi di magistrale in interaction design, Università degli studi della Repubblica di San Marino].
- Lüscher, M. (1995). *La diagnostica di Lüscher*. Astrolabio.
- Mallgrave, H. F. (2015). *L'empatia degli spazi: Architettura e neuroscienze*. Raffaello Cortina.
- Mehrabian, A. (1972). *Nonverbal Communication*. Transaction Publishers.
- Stiehl, W. D. (2003). Tactile Perception in Robots: From the Somatic Alphabet to the Realization of a Fully "Sensitive Skin". [MIT Mechanical Engineering Bachelor's Thesis, Cambridge, MIT].
- Stiehl, W. D., L. Lalla, et al. (2004). A "Somatic Alphabet" Approach to "Sensitive Skin". International Conference on Robotics and Automation. New Orleans, Louisiana, IEEE.
- Stiehl, W. D., Lieberman, J., Breazeal, C., Basel, L., Lalla, L., & Wolf,

M. (2005). *The Design of the Huggable: A Therapeutic Robotic Companion for Relational, Affective Touch*. MIT Media Lab. <https://www.media.mit.edu/publications/the-design-of-the-huggable-a-therapeutic-robotic-companion-for-relational-affective-touch/>



# Ringraziamenti

Grazie al mio relatore di tesi Daniele Tabellini, per il suo supporto e la sua guida, e per avermi orientato verso nuovi approcci al design con l'introduzione della programmazione e dell'AI. Grazie anche al professore, ed esperto di machine learning, Paolo Petrangolini per i suoi consigli tecnici.

Un ringraziamento caloroso e speciale va a Riccardo, che ha avuto molta pazienza, mi ha sopportato e soprattutto aiuto ad arrivare in fondo a questo lungo cammino. Senza di te al mio fianco sarebbe stato molto più arduo.

Un ringraziamento va a tutti i miei amici e amiche che mi sono stati e state vicino. In particolare, ai miei compagni di corso Angelica e Pietro, con cui ho condiviso tante avventure, gioie, dolori persino a distanza, senza smettere mai di appoggiarci l'un l'altro. Alla mia amica Giada, che mi è sempre stata accanto e mi ha assistito nella minuziosa raccolta e rifinitura dei contenuti del testo che mi ha permesso di allenare il modello di NLP.

Un ringraziamento va alla mia famiglia, mio padre e a mia madre, che sono il mio punto di riferimento e che mi hanno sostenuto sia economicamente che emotivamente. A mio fratello, a mia cognata e alla mia splendida nipotina che mi hanno regalato tante gioie, e sorrisi anche nei momenti più difficili.

Grazie a Tutti!





---

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI  
DELLA REPUBBLICA DI SAN MARINO

### DICHIARAZIONE DI CONSULTABILITÀ O NON CONSULTABILITÀ DELLA TESI DI LAUREA

(da inserire come ultima pagina della tesi di laurea)

Il/La sottoscritto/a .....Ilenia Balella..... matr. n. ....53570.....

laureando/a in .....corso di laurea Magistrale in Interaction Design.....

sessione ...straordinaria..... dell'a.a. ....2019/2020.....

#### DICHIARA

che la tesi di laurea dal titolo e sottotitolo:

...Applant: explore, listen and care.....

...Design e intelligenza artificiale per il Climate Change.....

.....  
.....

parole chiave utili a descrivere le caratteristiche del lavoro e renderlo identificabile per una ricerca (da 5 a 10;

...NLP, climate change, piante, image classification, empatia, cura, assistenza, generatore di testo...

.....

modello / dimensioni .....

prototipo / dimensioni .....mobile app/video.....

- è consultabile da subito  
 potrà essere consultata a partire dal giorno .....  
 non è consultabile  
(barrare la casella prescelta)

data 27/02/2021

firma

Ilenia Balella

