



Università  
Ca' Foscari  
Venezia

Corso di Laurea magistrale in  
Economia e Gestione delle Arti e delle  
attività culturali (EGArt)

Tesi di Laurea

**Creatività e intelligenza  
artificiale:**  
nuove frontiere, provocazioni e limiti  
dell'arte contemporanea.

**Relatore**

Ch. Prof. Sebastiano Vascon

**Correlatrice**

Ch.ma Prof.ssa Stefania De Vincentis

**Laureanda**

Simona Nazari

Matricola 888118

**Anno Accademico**

2021/2022

# Sommario

<b>Introduzione .....</b>	<b>3</b>
<b>1. Intelligenza Artificiale .....</b>	<b>5</b>
1.1 Definizione .....	5
1.2 Cenni storici .....	6
1.3 <i>Machine learning</i> .....	10
1.4 Rete neurale artificiale .....	12
1.5 Applicazioni di AI.....	17
1.5.1 <i>Natural Language Processing</i> (NLP).....	17
1.5.2 <i>Chatbot</i> .....	20
1.5.3 <i>Computer vision</i> .....	21
1.5.4 Altre applicazioni .....	23
<b>2. Estetica e creatività nell'era del digitale .....</b>	<b>25</b>
2.1 Fondamenti teorici di estetica digitale .....	25
2.2 Intelligenza artificiale che crea arte: GAN e GPT .....	33
2.3 DALL-E .....	37
2.3.1 Problematiche di DALL-E 2 e relative soluzioni .....	40
2.3.2 Il vero scopo di DALL-E 2.....	47
2.4 Altre piattaforme per la generazione di immagini .....	50
<b>3. Opere d'arte e progetti realizzati con l'AI .....</b>	<b>56</b>
3.1 Gli AI- <i>artist</i> e alcuni esempi di AI applicata alle arti visive .....	58
3.2 La curatela delle collezioni .....	75
3.3 Intelligenza artificiale nella composizione di brani musicali.....	79
<b>4. Conseguenze dell'AI-<i>art</i> e relative problematiche.....</b>	<b>87</b>
4.1 Creatività.....	87
4.2 Effetto spiazzamento e <i>uncanny valley</i> : i <i>Nudes</i> di Barrat.....	91

4.3 Autorialità .....	95
4.3.1 Il sistema degli NFT a tutela dell'autorialità: pro e contro .....	98
4.4 Normativa.....	101
<b>Conclusioni .....</b>	<b>105</b>
<b>Bibliografia .....</b>	<b>112</b>

# Introduzione

Alla base di questo elaborato vi è l'analisi dei sistemi di intelligenza artificiale che, a partire dagli anni '50, hanno costituito un oggetto di interesse e di ricerca per il mondo dell'informatica – e non solo – e che negli ultimi anni si stanno invece affermando anche nei contesti più quotidiani. L'avvicinamento al quotidiano e la reazione della società ad alcune di queste tecnologie sensazionali vengono affrontati attraverso lo studio e l'analisi della loro applicazione in ambito artistico, che si rivela essere un campo dinamico ed estremamente reattivo nei confronti di tali novità. Nonostante l'arte contemporanea sia stata il filtro tramite il quale è stato condotto questo studio, sono stati richiamati ulteriori esempi di applicazione dell'intelligenza artificiale anche in altri settori della ricerca e del vivere umano, senza pretese di esaustività ma con la volontà di ampliare lo sguardo sulla presenza di tali tecnologie nel mondo di oggi.

Il punto di partenza per l'approfondimento del rapporto tra arte e intelligenza artificiale è senza dubbio costituito da un'innata passione per l'arte contemporanea, unita all'interesse per la tecnologia e il suo inarrestabile sviluppo. L'accurata descrizione dei sistemi per la generazione automatica di immagini è stata resa possibile da un diretto utilizzo di questi, che mi ha permesso un approccio immediato sia con le tecnologie alla loro base, sia con le comunità di artisti online che regolarmente creano e condividono le proprie opere.

L'obiettivo della mia tesi è indagare come si coniuga la creatività con le nuove applicazioni di generazione automatica di immagini, brani e testi che, se da un lato rendono l'attività artistica più vicina a tutti, dall'altro rischiano di svalutare l'operato degli artisti che non ne fanno uso e rappresentano, in assenza di chiare regolamentazioni, un'arma a doppio taglio per il mercato dell'arte. La ricerca si concentra dunque su come vengono utilizzati gli algoritmi di intelligenza artificiale dagli artisti contemporanei, quali sono le principali applicazioni accessibili al grande pubblico e come cambia la percezione della creatività di fronte a prodotti culturali generati da una macchina e non da un essere umano.

La tesi si articola in quattro capitoli. Il primo costituisce un'introduzione generale all'intelligenza artificiale, dalla sua complessa definizione alla sua evoluzione storica, con un focus sui principali ambiti di applicazione. Il secondo capitolo si apre con una riflessione sull'estetica nell'era digitale, per poi passare

alla descrizione del funzionamento delle principali applicazioni per la generazione di immagini, approfondendo tra queste DALL-E, una fra le più potenti e complesse. Nel terzo capitolo vengono osservati i lavori di alcuni *AI-artist* e diversi progetti in ambito visivo, curatoriale e musicale. Infine, il quarto capitolo raccoglie una serie di riflessioni sulle conseguenze e sulle maggiori problematiche costituite dall'introduzione dei sistemi di intelligenza artificiale nel campo della produzione culturale, ipotizzando i possibili scenari futuri derivanti dall'affermarsi delle nuove tecnologie in ambito artistico.

L'osservazione dei cambiamenti e delle reazioni all'interno del mondo dell'arte mi ha permesso di comprendere quali interessanti sinergie possono crearsi dall'incontro fra cultura e tecnologia ma, allo stesso tempo, di percepire le paure e le preoccupazioni di chi identifica in questi strumenti minacce o rivalità. L'apparente duplicità “buono/cattivo” o “giusto/sbagliato” che caratterizza i discorsi sulle tecnologie di intelligenza artificiale viene affrontata dettagliatamente nel corso della tesi e superata, per mostrare l'ampia gamma di sfumature che tali tecnologie assumono e per rendere più accessibile la comprensione del loro funzionamento, al fine di suggerirne un utilizzo etico da parte di tutti.

# 1. Intelligenza Artificiale

## 1.1 Definizione

Non vi è una definizione unica e universale per descrivere l'Intelligenza Artificiale. Uno dei principali fondatori di questa tecnologia, John McCarthy,<sup>1</sup> la definì come “la scienza e l'ingegneria di creare macchine intelligenti”.<sup>2</sup> È anche intesa come quel ramo della computer science che si occupa di simulare comportamenti intelligenti nei calcolatori, nello specifico di programmare sistemi hardware e software che forniscono alle macchine caratteristiche tipicamente umane, come capacità di linguaggio, percezioni visive, spazio-temporali e decisionali. Può inoltre essere definita come l'insieme di abilità di una macchina, quali l'apprendimento, il ragionamento, la pianificazione e la creatività, sviluppate attraverso l'osservazione degli effetti delle azioni precedenti e lavorando in autonomia. L'English Oxford Dictionary la definisce così:

*«The theory and development of computer systems able to perform tasks normally requiring human intelligence, such as visual perception, speech recognition, decision-making, and translation between languages».*<sup>3</sup>

Per quanto non vi sia unanimità nel concepire questa disciplina, ogni definizione mette in luce quelli che sono i suoi molteplici aspetti e ambiti di applicazione. Anche la multinazionale Accenture, operante nel settore della consulenza strategica e informatica, nella sua guida “ExplAIned – A guide for executives” ha definito quelle che sono le quattro abilità che caratterizzano una macchina dotata di intelligenza artificiale e che la distinguono da un normale software:<sup>4</sup>

---

<sup>1</sup> Informatico statunitense, nato a Boston nel 1927. Inventore del termine “Intelligenza Artificiale” e del linguaggio di programmazione Lisp, ricevette il Premio Turing nel 1971. Morì nel 2011 dopo aver insegnato per molti anni alla Stanford University. [https://it.wikipedia.org/wiki/John\\_McCarthy](https://it.wikipedia.org/wiki/John_McCarthy) (consultato in data 12 luglio 2022).

<sup>2</sup> <https://wiki.pathmind.com/ai-vs-machine-learning-vs-deep-learning> (consultato in data 12 luglio 2022).

<sup>3</sup> <https://www.oxfordreference.com/view/10.1093/oi/authority.20110803095426960> (consultato in data 19 luglio 2022).

<sup>4</sup> *Intelligenza Artificiale: Istruzioni per l'uso*, «accenture», 21 settembre 2018 <https://www.accenture.com/it-it/insights/artificial-intelligence/artificial-intelligence-explained-executives> (consultato in data 19 luglio 2022).

- Percezione (*sense*): essere in grado di percepire il mondo che la circonda, cogliendo immagini, suoni, movimenti ed essendo poi in grado di misurarli ed elaborarli.
- Comprensione (*comprehension*): capire autonomamente e classificare la realtà percepita, ad esempio individuando le similitudini o le differenze tra due elementi e catalogandoli di conseguenza.
- Azione (*action*): in base alle cose che ha percepito e compreso, la macchina dotata di intelligenza artificiale può decidere di agire (compiere delle operazioni, informatiche nel mondo digitale o meccaniche nel mondo reale) autonomamente senza alcun comando da parte di una persona.
- Apprendimento (*learning*): imparare da quello che percepisce e dal risultato delle sue azioni. Questa può dirsi essere l'abilità più importante nonché quella che la differenzia da qualsiasi altro tipo di software, in quanto permette alla macchina di "imparare" dalle proprie azioni e migliorarsi continuamente senza l'intervento umano.

Queste quattro abilità, ma in particolare le ultime due di azione e apprendimento, fanno in modo che la macchina dotata di intelligenza artificiale sia in grado di portare avanti sia un'interazione sociale (come i sistemi multi-agente) sia con l'ambiente (localizzazione, pianificazione di movimenti e percorsi).<sup>5</sup>

## 1.2 Cenni storici

Gli studi in questo ambito non sarebbero stati possibili senza un primo contributo iniziale fondamentale per la materia, ovvero le ricerche di Alan Turing.<sup>6</sup> Il matematico inglese, oltre ad aver introdotto la macchina di Turing – antesignana del moderno computer – si pose un interrogativo dirompente:

---

<sup>5</sup> [https://blog.osservatori.net/it\\_it/intelligenza-artificiale-funzionamento-applicazioni](https://blog.osservatori.net/it_it/intelligenza-artificiale-funzionamento-applicazioni) (consultato in data 19 luglio 2022).

<sup>6</sup> Alan Mathison Turing (1912-1954) è stato uno dei padri fondatori dell'informatica e dell'intelligenza artificiale. Dopo la laurea in matematica al King's College di Cambridge, ideò una macchina universale, capace di effettuare qualsiasi operazione che fosse rappresentabile mediante un algoritmo. I suoi contributi non si limitarono solo alla teoria e nel 1940 costruì un apparecchio per decifrare l'Enigma, il linguaggio criptato utilizzato dall'aviazione tedesca: contributo fondamentale per la fine del secondo conflitto mondiale. Dopo gli ultimi studi in neurologia e fisiologia, morì suicida nel 1954.

«*Can machines think?*».<sup>7</sup>

La domanda, contenuta in un articolo pubblicato sulla rivista «Mind» nel 1950, faceva riferimento a un test basato sulla capacità di un calcolatore di ingannare l'interrogatore. Il cosiddetto test di Turing o *Imitation game* si rifà al gioco dell'imitazione per cui un interrogatore deve essere abile a capire quale dei suoi due interlocutori segreti è un uomo e quale una donna, i quali a loro volta tentano di ingannarlo. In questo caso però al posto di uno dei due interlocutori vi è una macchina: se l'interrogatore, attraverso le domande, non riesce a distinguere la macchina dall'essere umano, allora questa potrà definirsi intelligente, perché capace di inventare risposte tali da far credere all'interrogatore di essere una persona.<sup>8</sup> Al di là dei limiti del test e del fatto che Turing non si soffermò troppo sulla definizione di “intelligenza” applicata alle macchine, si trattò senza dubbio di un momento di svolta per quanto riguarda la comprensione e l'approccio ai sistemi informatici e che portò, solo pochi anni più tardi, alla formulazione del concetto di “intelligenza artificiale”.

Si parlò di Intelligenza Artificiale (*Artificial Intelligence*, d'ora in poi indicata con AI) ufficialmente per la prima volta nel 1956, durante il *Dartmouth Artificial Intelligence Summer Research Project*, un seminario estivo promosso e organizzato da John McCarthy, Marvin Minsky (Università di Harvard), Nathaniel Rochester (I.B.M. Corporation) e Claude Shannon (Bell Telephone Laboratories). L'evento verrà poi scelto convenzionalmente come momento fondativo della disciplina stessa, a partire ovviamente dai contributi sviluppati già negli anni e decenni precedenti. La proposta per il progetto presentava alcuni punti chiave che sarebbero stati sviluppati nel corso del seminario, tra cui i calcolatori automatici, la manipolazione del linguaggio da parte di questi, le reti di neuroni, l'automiglioramento e i concetti di astrazione, casualità e creatività.<sup>9</sup> Il progetto molto ambizioso anticipava aspetti estremamente complicati e moderni che caratterizzano le intelligenze artificiali di oggi, aprendo la pista a un'ampia serie di

---

<sup>7</sup> A. TURING, *Computing Machinery and Intelligence*, «Mind», LIX (236), ottobre 1950, pp. 433-460.

<sup>8</sup> *Ibidem*.

<sup>9</sup> *Proposta di Dartmouth*, trad. ita. a cura di GIANLUCA PARONITTI, 12 gennaio 2015.

[https://web.archive.org/web/20150112124045/http://www.dif.unige.it/epi/hp/frizione/dartmouth\\_proposal\\_ital.pdf](https://web.archive.org/web/20150112124045/http://www.dif.unige.it/epi/hp/frizione/dartmouth_proposal_ital.pdf) (consultato in data 12 luglio 2022).



studi di informatica, matematica e logica ma anche di neurobiologia e scienze cognitive.

Solo due anni dopo il seminario di Dartmouth, nel 1958, lo psicologo Frank Rosenblatt presentò il *Perceptron*, un ulteriore passo in avanti per lo sviluppo dell'AI.<sup>10</sup> Riprendendo un primo rudimentale modello di neurone artificiale pensato da due pionieri nel 1943 – il neurofisiologo Warren McCulloch e il matematico Walter Pitts – Rosenblatt sviluppò un classificatore lineare binario in grado di apprendere la regola necessaria per distinguere due classi di input diverse. L'apprendimento e la memorizzazione del perceptrone cosiddetto “classico” si ottenevano per retroazione, adattando i pesi numerici degli input finché gli output non risultavano pari a quelli desiderati. Questo tipo di addestramento supervisionato prevedeva la ripetizione da parte dell'algoritmo di quattro istruzioni: creato un dataset composto da coppie di input fornito e output atteso, dato un input doveva calcolarne l'output; si calcolava poi l'errore rispetto al valore atteso; a partire dall'errore si correggevano i pesi del perceptrone; infine, elaborate tutte le coppie del dataset di addestramento, se l'errore medio era accettabile si terminava l'epoca di training, altrimenti si ricominciava dal primo step.<sup>11</sup> Malgrado la semplicità di questo modello, il perceptrone costituiva la prima vera rete per la soluzione di problemi di *pattern recognition*, ovvero di individuazione di schemi di funzionamento all'interno di set di dati (ad esempio testi o immagini) attraverso l'estrazione e il confronto di attributi e caratteristiche.

Successivamente, Marvin Minsky e Seymour Papert – con la pubblicazione di *Perceptrons* nel 1969 – dimostrarono i limiti del perceptrone classico, le cui unità elementari potevano rappresentare esclusivamente funzioni booleane di base linearmente separabili (AND, OR, NOT ma non XOR), mentre una rete con più strati avrebbe potuto rappresentare qualsiasi funzione booleana.<sup>12</sup> Nonostante i suoi evidenti limiti, la nascita del perceptrone costituì sicuramente un grande passo in avanti per lo sviluppo di AI, in particolar modo per la precisione della sua struttura, molto simile a quella di un neurone biologico. Era infatti composto da almeno due

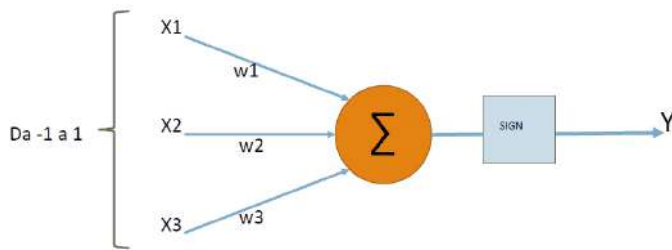
---

<sup>10</sup> <https://www.treccani.it/enciclopedia/perceptrone> (consultato in data 13 luglio 2022).

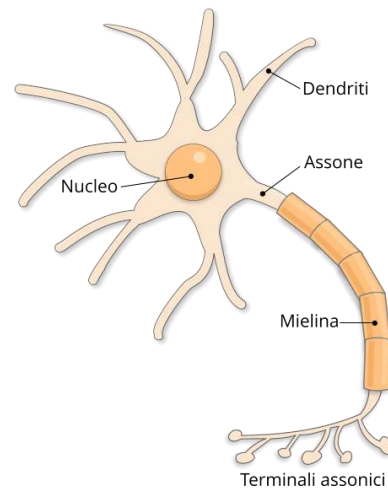
<sup>11</sup> <https://www.retineuraliartificiali.net/reti-neurali/il-perceptrone/> (consultato in data 13 luglio 2022).

<sup>12</sup> L'algebra booleana, ideata dal matematico inglese George Boole (1815-1864) permette di effettuare operazioni algebriche in un sistema binario, in cui le variabili logiche possono assumere solo valori 0 (falso) e 1 (vero). È alla base del funzionamento del calcolatore elettronico.

o più connessioni o sinapsi di input (i dendriti), un nucleo di calcolo o sommatore e infine da un'uscita o attivazione (gli assoni).



**Fig. 1: Struttura di un neurone artificiale.**



**Fig. 2: Struttura di un neurone biologico.**

Un nuovo impulso nella ricerca sull'AI arrivò dalla biologia. Nel 1969, infatti, mentre gli studi sul perceptrone sembravano arenarsi, un gruppo di ricercatori della Stanford University diede vita a un software, Heuristic DENDRAL, per identificare molecole organiche a partire dalle rilevazioni di uno spettrometro di massa (si definisce “euristico” un algoritmo che non garantisce una soluzione ma che riduce il numero di soluzioni possibili scartando quelle improbabili e irrilevanti).<sup>13</sup> Questo software costituì il precursore dei “sistemi esperti”, capaci di trovare soluzioni molto specifiche in un determinato dominio di conoscenza o campo di attività, e aprì nuove strade allo sviluppo dei sistemi di AI. Successivamente, sempre alla Stanford University, venne elaborato MYCIN, un altro sistema esperto applicato al campo biomedico per individuare la presenza di batteri nel sangue dei pazienti a partire da informazioni incomplete sui relativi sintomi.

Nel 1979 Geoffrey Hinton e James Anderson organizzarono un seminario a La Jolla, in California, per approfondire il paradigma delle reti neurali secondo un approccio psicologico e nel 1981 pubblicarono *Parallel Models of Associative Memory*. Una migliore comprensione del funzionamento del cervello umano era secondo loro fondamentale per la realizzazione di macchine capaci di imitarlo.

---

<sup>13</sup> <https://www.britannica.com/technology/DENDRAL> (consultato in data 13 luglio 2022).

Un ulteriore momento di svolta si presentò nel 1982, quando il fisico americano John Hopfield introdusse un nuovo modello matematico, la rete di Hopfield, che si distingueva “per l’emergere spontaneo di nuove capacità computazionali dal comportamento collettivo di un gran numero di semplici elementi d’elaborazione”.<sup>14</sup> In questo modello, le reti sono dotate di una memoria associativa grazie alla quale sono in grado di riconoscere configurazioni corrotte e di recuperare informazioni mancanti.

### **1.3 Machine learning**

Il *Machine learning* (ML) o apprendimento automatico è un sottoinsieme dell’AI che permette alle macchine di imparare dall’esperienza, ovvero dallo svolgimento di un compito senza prima aver ricevuto istruzioni specifiche. Il termine fu coniato da Arthur Lee Samuel che, in uno studio del 1959, individuò due diversi metodi per lo sviluppo di algoritmi applicati al gioco della dama: il primo prevedeva una routine di apprendimento automatico per rinforzo da parte di una rete neurale, mentre il secondo consisteva nella costruzione di una rete altamente organizzata capace di imparare, sotto supervisione, attività molto specifiche ma con risultati decisamente superiori rispetto al primo metodo.<sup>15</sup> Risulta tuttavia complicato classificare in modo definitivo i vari metodi di ML, poiché questa tecnologia si è sviluppata grazie a ricerche e sperimentazioni di gruppi autonomi o aziende di diversi settori ed è ancora oggi in costante evoluzione. Una classificazione sulla base dell’apprendimento vede il ML dividersi in tecniche ad apprendimento supervisionato (il programmatore fornisce al computer una base dati con esempi etichettati), non supervisionato (i dati forniti non sono etichettati ed è l’algoritmo a individuare criteri e relazioni mediante il raggruppamento in *cluster*) oppure per rinforzo (l’algoritmo apprende dai risultati grazie a un’azione di feedback). Invece, una semplice visualizzazione dei metodi di apprendimento automatico è la suddivisione sulla base delle categorie di soluzioni che gli algoritmi sono in grado di restituire.

---

<sup>14</sup> [https://it.wikipedia.org/wiki/Rete\\_di\\_Hopfield](https://it.wikipedia.org/wiki/Rete_di_Hopfield) (consultato in data 13 luglio 2022).

<sup>15</sup> ARTHUR L. SAMUEL, *Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers*, «IBM Journal of research and development», 1959, pp. 535-554.

- Gli algoritmi di classificazione suddividono i dati in due o più categorie e utilizzano calcoli predittivi per assegnarli a categorie predefinite, sotto addestramento supervisionato. Sono, ad esempio, gli algoritmi utilizzati per riconoscere i messaggi di spam nella posta elettronica.
- Gli algoritmi di clustering individuano le somiglianze tra una serie di dati. Vengono impiegati, ad esempio, nelle ricerche di mercato, nel riconoscimento di pattern e nella segmentazione del mercato.
- Gli algoritmi di regressione, a partire da dati messi a disposizione, li apprendono ed elaborano autonomamente modelli per restituire predizioni su eventi o dati futuri. Possono quindi prevedere serie temporali, come l'andamento delle temperature locali o dei titoli azionari.
- Gli algoritmi per il rilevamento di anomalie evidenziano all'interno di un set di dati quelli che non rientrano nella norma anticipata e sono perciò utilizzati per individuare i rischi potenziali. Sono quindi in grado di rilevare anomalie in sede di manutenzione predittiva (analisi automatica della qualità dei pezzi prodotti da un'azienda) e di analizzare e classificare le relazioni tra i dati in materia di prevenzione dalle frodi, ad esempio nel settore finanziario: osservano e imparano i comportamenti abituali degli utenti per riconoscere eventuali comportamenti anomali.
- L'*online learning* è un sistema di apprendimento automatico in tempo reale, in cui i dati forniti da Internet diventano disponibili sequenzialmente ed è perciò necessaria un'azione decisionale istantanea per la restituzione di modelli via via più accurati. Gli algoritmi cosiddetti "chiaroveggenti" sono utilizzati dai siti web per l'ottimizzazione dell'interfaccia e dagli e-commerce per la previsione del comportamento degli utenti, così come dai sistemi di pubblicità online. I sistemi di raccomandazione sui siti web, sulle piattaforme di streaming e di shopping memorizzano le preferenze dei propri utenti e propongono contenuti analoghi, anche sulla base del tempo trascorso davanti a un determinato contenuto e delle interazioni con esso.
- L'*information retrieval* è un insieme di tecniche di ML impiegate per la rappresentazione, la memorizzazione, l'organizzazione e l'accesso ad oggetti multimediali (documenti, pagine web, cataloghi online) tramite l'impiego di *query*, ovvero stringhe di parole-chiave che rappresentano l'informazione richiesta; è il funzionamento dei motori di ricerca che, a

partire da una o più parole chiave, imparano a restituire liste di risultati corrispondenti.

- Il *deep learning* (apprendimento profondo) funziona invece attraverso reti neurali altamente stratificate che hanno accesso a una base di dati molto ampia. Il suo sviluppo ha subito un'accelerazione nell'ultimo decennio proprio grazie all'aumento dei dati a disposizione e all'ottimizzazione dei metodi di addestramento. È alla base dei sistemi che permettono la classificazione delle immagini, la guida autonoma, il riconoscimento del linguaggio, la traduzione simultanea, ecc.

## 1.4 Rete neurale artificiale

A questo punto, è necessario soffermarsi sugli aspetti tecnici e sul funzionamento della rete neurale artificiale.<sup>16</sup> Si tratta di un modello computazionale composto da neuroni artificiali (unità) interconnessi tra di loro, proprio come in una rete neurale biologica. All'interno della rete alcune unità hanno funzione di input, ovvero ricevono informazioni dall'esterno, e analogamente altre hanno funzione di output, fornendo valori all'ambiente esterno. Di fronte a segnali di input, le relative unità vengono sollecitate e mandano un segnale alle unità adiacenti, le quali ricevono uno stimolo che dipende dai pesi delle connessioni. Ogni unità della rete viene attivata in modo diverso e propaga stimoli fino ad arrivare alle unità di output, che trasmettono un valore all'esterno – esattamente come accade in una rete neurale biologica.<sup>17</sup> La rete neurale artificiale si comporta come un sistema adattivo, in grado cioè di cambiare la propria struttura in base alle informazioni che la attraversano. A seconda dei comportamenti della rete, sono stati formulati alcuni modelli per facilitarne lo studio e la comprensione.

1. Reti non ricorrenti: al loro interno le connessioni si propagano in una sola direzione, dall'input all'output.
2. Reti totalmente connesse: reti in cui ogni unità è connessa con tutte le altre (generalmente esclusa sé stessa).

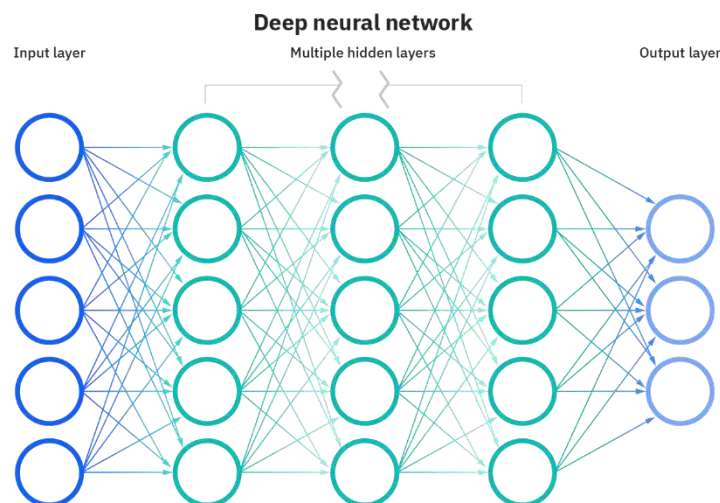
---

<sup>16</sup> Il primo contributo in tale ambito risale a un lavoro pubblicato da Warren McCulloch e Walter Pitts nel 1943: *A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity*.

<sup>17</sup> ALESSANDRO MAZZETTI, *Reti neurali artificiali*, Milano, Apogeo, 1991, pp. 11-12.

3. Reti a livelli: reti i cui le unità sono organizzate in insiemi separati e disgiunti di cui generalmente uno è detto livello di input, un altro livello di output e gli altri livelli vengono chiamati nascosti o intermedi.
4. Reti simmetriche: la connessione fra due qualsiasi unità è uguale in entrambi i sensi.
5. Reti autoassociative: le unità di input coincidono con quelle di output. Il compito di queste reti è di ricevere uno stimolo dall'esterno e di farlo evolvere, fornendo come risultato una versione modificata (o completata) dell'input ricevuto.
6. Reti stocastiche: vi è una certa probabilità che un'unità non venga attivata anche quando riceve stimoli.
7. Reti asincrone: le unità vengono attivate non tutte contemporaneamente ma una alla volta secondo un ordine casuale<sup>18</sup>.

In generale, le reti neurali artificiali sono formate da tre strati di neuroni artificiali: lo strato degli input, quello degli output e uno strato nascosto, dove avviene il processo di elaborazione vero e proprio. Quest'ultimo è fondamentale perché permette di aumentare la complessità dell'elaborazione e gestire anche classi non linearmente separabili.<sup>19</sup> Venne introdotto nel 1986, da un'intuizione dello psicologo statunitense David Rumelhart, il quale propose anche un nuovo metodo



**Fig. 3: I tre strati della rete neurale artificiale.**

<sup>18</sup> *Ivi*, p. 13-14.

<sup>19</sup> STEFANO PATARNELLO, *Le reti neurali*, Milano, Franco Angeli, 1991, pp. 82-88.

molto efficace per l'addestramento delle reti neurali artificiali: l'algoritmo di retropropagazione dell'errore.<sup>20</sup> Il loro funzionamento è infatti subordinato ad un previo addestramento. Gli studi sopracitati hanno portato, nel corso di anni di tentativi e, talvolta, anche fallimenti, ad individuare almeno quattro tipologie diverse di addestramento, utilizzate ancora oggi.

- **Apprendimento supervisionato:** viene fornito all'algoritmo un set di dati comprendenti sia gli input sia gli output corrispondenti, con l'obiettivo che la rete identifichi una regola generale di funzionamento riutilizzabile successivamente. Un tipico algoritmo qui adottato è proprio quello di retropropagazione dell'errore il quale, attraverso una procedura ciclica di aggiornamento dei pesi e parametri degli archi della rete stessa, riesce a minimizzare l'errore ad ogni ciclo e a prevedere in modo via via più esatto i valori di output, basandosi esclusivamente sul limitato set di dati fornito inizialmente.<sup>21</sup> Durante il funzionamento della rete, i dati passano dalle unità di input verso quelle di output fino ad arrivare a fornire la risposta, mentre la modifica dei pesi, in funzione dell'errore, durante l'addestramento viaggia in senso opposto. Quindi l'errore (differenza tra la risposta desiderata e quella ottenuta) si usa direttamente per la modifica dei pesi dall'ultimo strato nascosto e procede poi alla modifica dei pesi degli archi precedenti.
- **Apprendimento non supervisionato:** a differenza di quello supervisionato, qui viene fornito un set di dati comprendente solo i valori di input e non quelli di output attesi. L'algoritmo deve perciò risalire in autonomia agli schemi di funzionamento, identificando e organizzando le caratteristiche comuni che riconosce (*clustering*), sulla base di metodi topologici o probabilistici. Rientrano in questa categoria le *Self Organizing Map* (SOM): le unità di output sono organizzate in una mappa topografica 2D per cui, attraverso un collegamento logico e applicando il principio di apprendimento competitivo, la modifica del peso di un'unità influenza anche il peso delle unità vicine.<sup>22</sup>
- **Apprendimento per rinforzo:** l'algoritmo interagisce con un ambiente dinamico, da cui viene ricompensato (attraverso valori numerici di

---

<sup>20</sup> DAVID RUMELHART, GEOFFREY HINTON, RONALD WILLIAMS, *Learning representations by back-propagating errors*, «Nature» 323, 1986, pp. 533-536.

<sup>21</sup> [https://www.treccani.it/enciclopedia/retropropagazione-dell-errore\\_\(Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica\)](https://www.treccani.it/enciclopedia/retropropagazione-dell-errore_(Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica)) (consultato in data 14 luglio 2022).

<sup>22</sup> LUCIANO MACERA, *Reti neurali di Kohonen*, «MCmicrocomputer», n. 107, Roma, Technimedia, maggio 1991, pp. 290-293.

“ricompensa”) in base ai meccanismi logici con cui sceglie gli input e i relativi output.<sup>23</sup> Uno degli algoritmi più utilizzati è Q-learning, che può comparare l'utilità attesa delle azioni disponibili senza richiedere un modello dell'ambiente.<sup>24</sup>

- Apprendimento semi-supervisionato: si tratta di un modello ibrido tra l'apprendimento supervisionato e quello non supervisionato, per cui all'algoritmo viene fornito un set di dati incompleti, ovvero con solo alcuni dati di output da cui deve saper ricavare le regole di funzionamento per la risoluzione dei problemi.

Quelle di cui ci siamo occupati finora sono le cosiddette reti neurali *feed-forward* (a singolo strato o multi-strato), le prime messe a punto in questo campo di studi, caratterizzate da un movimento delle informazioni in una sola direzione: a partire dalle unità di ingresso, attraverso le unità nascoste e fino alle unità di uscita, senza cicli. Sono alla base di tecnologie come la visione artificiale e il *Natural Language Processing* (NLP). Tra le reti *feed-forward* rientrano anche quelle convoluzionali. Una rete neurale convoluzionale (CNN o ConvNet) è un'architettura di rete per il *deep learning* in grado di riconoscere immagini e video, grazie alla sua struttura ispirata alla corteccia visiva animale. I primi studi in merito risalgono agli anni '80 e '90 ma il maggior contributo arriva da Yann Lecun, che con LeNet-5 (1998) introdusse la struttura a strati (*layer*), ciascuno predisposto all'apprendimento di determinate caratteristiche di un'immagine.<sup>25</sup> Durante l'addestramento di una rete convoluzionale, vengono applicati dei filtri a diverse risoluzioni e l'output di ciascuna immagine convoluta viene utilizzato come input per il *layer* successivo; ogni *layer* ospita una *feature map*, ovvero l'indicazione relativa alle caratteristiche che le unità devono identificare (colore, luminosità, bordi, ecc.). I *layer* principali sono la convoluzione, l'unità lineare rettificata (ReLU), il pooling, il *layer* completamente connesso e il *Loss*, ciascuno dei quali esegue operazioni specifiche di riconoscimento di determinate caratteristiche e parametri che vengono poi reiterate su un gran numero di *layer* fino ad ottenere la

---

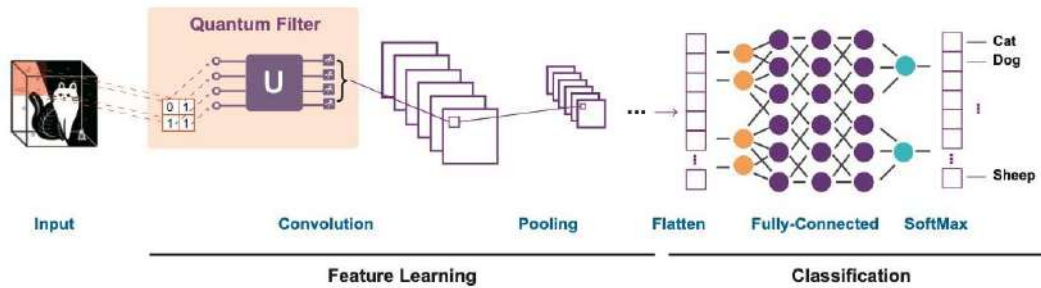
<sup>23</sup> RICHARD S. SUTTON, ANDREW G. BARTO, *Reinforcement Learning: An Introduction*, MIT Press, 1998.

<sup>24</sup> <https://it.wikipedia.org/wiki/Q-learning> (consultato in data 14 luglio 2022).

<sup>25</sup> YANN LECUN, LEON BOTTOU, YOSHUA BENGIO, PATRICK HAFFNER, *Gradient-based learning applied to document recognition*, «Proceedings of the IEEE», LXXXVI, 11, 1998, pp. 2278–2324.



classificazione dell'immagine finale complessiva. Questa tecnologia viene utilizzata ad esempio nel rilevamento di oggetti in automobili e droni, nel rilevamento di parole chiave per i sistemi che utilizzano il riconoscimento vocale (dispositivi di domotica) e nella segmentazione semantica in applicazioni quali la guida autonoma, l'imaging biomedico e l'ispezione industriale.<sup>26</sup>



**Fig. 4: Funzionamento di una rete neurale convoluzionale (CNN).**

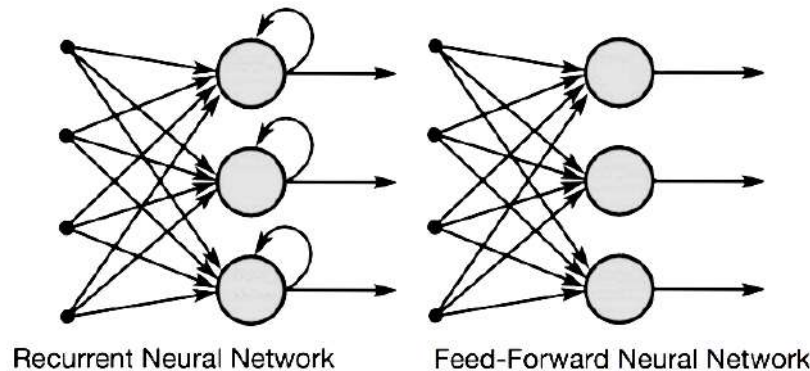
Un'altra classe di rete neurale distinta da quella *feed-forward* è la rete neurale ricorrente (*Recurrent Neural Network* o RNN), caratterizzata dalla presenza di cicli in cui i valori di output di un *layer* di livello superiore (più vicino all'uscita) vengono utilizzati come input per un *layer* di livello inferiore (più vicino all'ingresso). Se alcune informazioni sono importanti, la rete neurale ricorrente può conservarle senza attenuazione attraverso molti cicli, fino a che il contesto cognitivo non la ritenga più utile. Questo sistema fornisce automaticamente una forma di memoria a breve termine, sensibile al contenuto, con un tempo variabile di decadimento.<sup>27</sup> Per queste particolari proprietà le reti neurali ricorrenti vengono spesso utilizzate per la previsione di serie temporali (titoli di borsa, temperature locali, flusso di traffico, ecc.), dove è possibile predire i valori futuri sulla base dei dati raccolti in precedenza. Si applicano anche in tecnologie NLP per obiettivi come la *text classification*, la *machine translation* e la *question answering*, nella *speech-*

<sup>26</sup> Sui sistemi di riconoscimento di oggetti, cfr. SHAOQING REN, KAIMING HE, ROSS GIRSHICK, JIAN SUN, *Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks*, «arXiv», 2015, <https://arxiv.org/abs/1506.01497>.

Sull'imaging biomedico, cfr. NIMA TAJBAKHSI, JAE Y. SHIN [et al.], *Convolutional Neural Networks for Medical Image Analysis: Full Training or Fine Tuning?*, «arXiv», 2017, <https://arxiv.org/pdf/1706.00712.pdf>.

<sup>27</sup> [https://www.treccani.it/enciclopedia/rete-neurale-ricorrente\\_%28Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica%29/](https://www.treccani.it/enciclopedia/rete-neurale-ricorrente_%28Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica%29/) (consultato in data 14 luglio 2022).

*recognition* e nella *optical character recognition*, ovvero il riconoscimento di sequenze di lettere con comprensione del contesto.<sup>28</sup>



**Fig. 5: Differenze tra una rete neurale ricorrente e una *feed-forward*.**

## 1.5 Applicazioni di AI

L'intelligenza artificiale per come la intendiamo noi oggi è in realtà un termine ombrello che comprende al suo interno diverse applicazioni in un numero molto esteso di settori. La maggior parte di queste si basano sulla tecnologia delle reti neurali artificiali che, nel corso degli anni, hanno continuato a svilupparsi verso un'efficienza sempre maggiore, permettendo il funzionamento di algoritmi complessi e intelligenti.

### 1.5.1 *Natural Language Processing* (NLP)

Il *Natural Language Processing* – elaborazione del linguaggio naturale – è una tecnica che nasce nei primi anni '50 dall'interazione tra l'AI e la linguistica; si tratta sostanzialmente di algoritmi creati per comprendere, analizzare e rielaborare il linguaggio naturale parlato dall'essere umano.<sup>29</sup> Il suo funzionamento è simile a quello della linguistica computazionale, un sottoinsieme dell'informatica che sviluppa formalismi descrittivi del funzionamento del linguaggio per poterli trasformare in programmi da far eseguire ai computer. Le unità di base di un testo, le parole, vengono trasformate in *token*, ovvero sequenze di caratteri delimitate

---

<sup>28</sup> CRISTIANO CASADEI, *Le reti neurali ricorrenti*, «Maggioli Developers», 19 marzo 2020 <https://www.developersmaggioli.it/blog/le-reti-neurali-ricorrenti/> (consultato in data 14 luglio 2022).

<sup>29</sup> PRAKASH M. NADKARNI, LUCILA OHNO-MACHADO, WENDY W. CHAPMAN, *Natural language processing: an introduction*, «Journal of the American Medical Informatics Association», XVIII, 5, settembre 2011, pp. 544-551.

dagli spazi che i computer possono immagazzinare in stringhe. Il vantaggio dell’NLP rispetto alla linguistica computazionale è l’impiego di tecniche di *Machine learning* (e talvolta anche di *deep learning*) grazie alle quali il computer è in grado di riconoscere da solo le parole, individuarne la lingua di appartenenza, la corretta pronuncia e ortografia e attribuirgli un significato.

Poiché il linguaggio umano è spesso ambiguo e complesso, il processo di elaborazione viene suddiviso in fasi (analoghe a quelle di elaborazione dei linguaggi di programmazione):<sup>30</sup>

- analisi lessicale: è la cosiddetta *tokenization*, la scomposizione del testo in unità di base;
- analisi grammaticale (o morfologica): vengono consultate apposite liste di lemmi per capire il ruolo di ciascun *token* all’interno di una frase;
- analisi sintattica: è il posizionamento corretto delle parole nella frase affinché assumano un senso compiuto in una struttura sintattica ad albero;
- analisi semantica: infine viene assegnato un significato all’intera struttura.

Tra gli obiettivi dell’NLP rientrano l’analisi di testi e di conseguenza l’individuazione al loro interno di elementi chiave, l’interpretazione di testi per poterli classificare in categorie prestabilite, la *sentiment analysis*, il riconoscimento vocale, la ricerca intelligente all’interno di archivi o documenti, la traduzione di testi e molto altro. Quelli qui citati sono metodi di riconoscimento e sono i più semplici e diffusi; tuttavia, anche grazie allo sviluppo sempre maggiore del ML e delle reti neurali artificiali, esistono anche metodi di generazione del linguaggio (*Natural Language Generation*, NLG) che si basano su modelli di distribuzione probabilistica per creare testi comprensibili e di senso compiuto.

Le applicazioni di questo tipo di AI nella vita di tutti i giorni sono numerose e ormai integrate nei sistemi digitali che quotidianamente adoperiamo.

- Individuazione di spam: grazie alla capacità dell’NLP di riconoscere il significato delle parole e di classificarlo come indesiderato, grammaticalmente scorretto o inappropriato, i messaggi elettronici indesiderati vengono automaticamente spostati nella cartella di spam.

---

<sup>30</sup> [https://it.wikipedia.org/wiki/Elaborazione\\_del\\_linguaggio\\_naturale](https://it.wikipedia.org/wiki/Elaborazione_del_linguaggio_naturale) (consultato in data 26 agosto 2022).

- Traduzione automatica: tutte le applicazioni di traduzione funzionano ormai grazie all’NLP, poiché la traduzione avviene non soltanto cercando il corrispondente di un vocabolo in un’altra lingua, ma anche catturando la sfumatura e il significato più appropriato in ciascun contesto.
- Assistenti vocali: smartphone e dispositivi domotici hanno al loro interno installati dei software NLP per garantire un’assistenza virtuale. Tecnologie come Siri e Alexa utilizzano il riconoscimento vocale per eseguire determinati comandi, in alcuni casi distinguendo anche a chi appartiene la voce, sulla base di caratteristiche che si evolvono nel tempo come il timbro.
- Analisi di post sui social network: l’NLP viene utilizzato dalle aziende per valutare i sentimenti e le reazioni dei consumatori di fronte a campagne promozionali, post sui social media e recensioni proprio attraverso l’analisi e l’interpretazione del linguaggio utilizzato.
- *Sentiment analysis* di testi: in generale la *sentiment analysis* è applicabile a qualsiasi tipo di testo e documento e permette di comprendere il tono, la percezione e la sensibilità di chi scrive. Viene utilizzata in molti settori, tra cui marketing e comunicazione fra i principali, ma anche nella politica, nello sport, nei social media, ecc.
- Riassunto di testi: i software di NLP permettono inoltre di creare sommari e riassunti di testi molto lunghi attraverso l’uso del ragionamento semantico e, laddove la tecnologia lo permette, di metodi di generazione di linguaggio.

Lo sviluppo delle tecnologie computazionali di NLP rappresenta anche un’opportunità per alcune questioni critiche della storia dell’arte che richiedono metodi digitali specifici per lo studio e la ricerca di ampi campioni di artefatti. Ad esempio, un recente progetto ha applicato tecniche di NLP, combinando la macroanalisi di materiali visivi con la lettura ravvicinata degli artefatti, per approfondire la conoscenza delle stampe giapponesi *ukiyo-e* prodotte tra il XVII e la metà del XIX secolo.<sup>31</sup> Per rispondere a quesiti sui paesaggi raffigurati, sulla loro distribuzione nel territorio giapponese e su come cambi questa distribuzione al variare di fattori quali periodo storico, disegnatori, editori e formati, sarebbe stata

---

<sup>31</sup> KONSTANTINA LIAGKOU, JOHN PAVLOPOULOS, EWA MACHOTKA, *Study of Distant Viewing of ukiyo-e prints*, in *Proceedings of the Thirteenth Language Resources and Evaluation Conference*, Marsiglia, European Language Resources Association, 2022, pp. 5879-5888.

necessaria la consultazione di un corpo di testi estremamente ricco e diversificato e la comparazione con le singole stampe: un lavoro di fronte al quale i metodi analitici tradizionali basati su lettura e interpretazione di immagini selezionate risultano poco efficaci. È stato perciò impiegato un modello NER (*Named Entity Recognition*) capace di identificare le scritte indicanti luoghi come entità all'interno delle stampe; queste sono poi state classificate sulla base della loro ricorrenza e mostrate su una mappa del Giappone. Solo così è stato possibile visualizzare correttamente ed efficacemente i dettagli geografici di 20'408 stampe digitalizzate e dimostrare alcune teorie critiche: ad esempio, che i nomi di città estratti con più frequenza sono anche quelli di maggior rilevanza nella storia giapponese pre-moderna, confermando l'interazione tra arti visive e politica, oppure che vi sono molte altre localizzazioni meno ricorrenti che non necessariamente coincidono con le città più importanti.

### **1.5.2 Chatbot**

Il *chatbot* è un software che sfrutta l'AI e l'elaborazione del linguaggio naturale per simulare comportamenti umani e portare avanti conversazioni tra computer e utente. Il termine "*chatterbot*" fu coniato da Michael Mauldin che lo utilizzò per descrivere alcuni di questi primi software, tra cui ELIZA. Progettato nel 1966 da Joseph Weizenbaum, si trattava di un algoritmo in grado di riconoscere le parole degli utenti e di rispondere con frasi apparentemente intelligenti ma in realtà molto vaghe ed elusive, programmate appositamente per conversare per un breve periodo.<sup>32</sup> Da allora questa tecnologia ha fatto piccoli progressi e finora la loro capacità di colloquiare correttamente è molto limitata. Alcuni *chatbot* eseguono semplicemente la scansione delle parole chiave all'interno di una conversazione per elaborare una risposta automatizzata, per rispondere ad esempio alle domande più frequenti e consolidate. Sono utilizzati dai siti web delle aziende per rendere più interattiva e dinamica l'esperienza dei clienti, risparmiando le spese di eventuali rappresentanti umani e garantendo un'assistenza continua e costante. Gli assistenti digitali sono invece una tipologia di *chatbot* più sofisticata, che implementa anche l'utilizzo dell'NLP e del ML per analizzare e predire i dati contenuti nel linguaggio, personalizzando l'esperienza di ciascun utente.

---

<sup>32</sup> [https://it.wikipedia.org/wiki/Chat\\_bot](https://it.wikipedia.org/wiki/Chat_bot) (consultato in data 9 settembre 2022).

Al di là del loro utilizzo per scopi di marketing e di assistenza al cliente, i *chatbot* stanno prendendo piede anche all'interno delle istituzioni museali, per tentare un approccio diverso con il pubblico. I primi progetti di chatbot per musei furono presentati nel 2003 alla conferenza "Museum and the Web", in North Carolina. Si trattava di due sistemi immaginati per operare nel web: il primo funzionava da guida per una mostra virtuale, mentre il secondo era parte di un complesso programma di creazione di un nuovo sito web che comprendeva anche strumenti a fini educativi. Negli ultimi 10 anni, con la crescita esponenziale della digitalizzazione e dell'uso dei social network, il fenomeno si è affermato ulteriormente, anche grazie all'approccio "*Bring Your Own Device*", ovvero la possibilità da parte dei visitatori di utilizzare il proprio dispositivo per accedere ai contenuti museali.<sup>33</sup> L'uso di un linguaggio informale e la facilità di utilizzo fanno del *chatbot* un efficace mezzo per raggiungere e coinvolgere un pubblico sempre più ampio e per proporre nuovi metodi di fruizione museale.

### **1.5.3 Computer vision**

La *computer vision* (o visione artificiale) è un campo dell'AI che permette ai computer di riprodurre funzioni e processi dell'apparato visivo umano, cioè di riconoscere gli elementi all'interno di un'immagine singola o in sequenza e di estrarne informazioni utili. Per funzionare si avvale del *deep learning* e delle reti neurali convoluzionali, capaci di scomporre le immagini secondo etichette preimpostate e quindi di riconoscerne i soggetti all'interno. Lo sviluppo della *computer vision* ha le sue origini negli anni '70 ma è solo con l'avvento delle reti neurali artificiali, intorno alla metà degli anni '90, che iniziano a circolare numerose applicazioni di visione artificiale in ambito industriale. Il problema principale che la *computer vision* è chiamata a risolvere è quello di trovare determinati oggetti in un'immagine, sebbene non sempre con la stessa finalità.

- Riconoscimento: vengono specificati e memorizzati uno o più oggetti per poi essere ricondotti a classi generiche, insieme alla loro posizione nella scena.

---

<sup>33</sup> PAOLA CASTELLUCCI, ELISABETTA GOMELINO, *Chatbot. Un giorno, al museo*, «DigItalia», XVI, 2, 2021 <https://digitalia.cultura.gov.it/article/view/2879> (consultato in data 9 settembre 2022).

- Identificazione: si stabilisce una caratteristica specifica da individuare, ad esempio un volto umano, un'impronta digitale o un veicolo.
- Rilevamento: l'immagine viene scandita fino ad individuare una condizione specifica, come cellule anomale nelle immagini mediche.<sup>34</sup>

La difficoltà nel creare un sistema di *computer vision* efficiente sta nel raccogliere un dataset sufficientemente ampio per addestrare l'algoritmo e, successivamente, insegnargli a riconoscere l'immagine anche in presenza di trasformazioni. Più l'algoritmo è addestrato e più aumentano le sue capacità di astrazione, per cui saprà non solo individuare gli oggetti che compongono un'immagine ma anche ricostruire il contesto attorno ad essa e attribuirgli un significato. Data l'enorme quantità di informazioni visive che circolano al giorno d'oggi, soprattutto grazie a smartphone, telecamere ambientali, sistemi di sicurezza e molti altri dispositivi, è possibile creare dataset immensi per l'addestramento degli algoritmi di *computer vision*.

Le principali applicazioni pratiche si trovano nelle automobili a guida autonoma (per il riconoscimento di segnali stradali, ostacoli e altri veicoli), nei macchinari in grado di identificare i difetti di produzione in fabbrica (manutenzione predittiva), nei sistemi di monitoraggio dei luoghi di lavoro al fine di evitare incidenti, nel telerilevamento ambientale per classificare le condizioni del pianeta, nelle analisi diagnostiche in telemedicina.

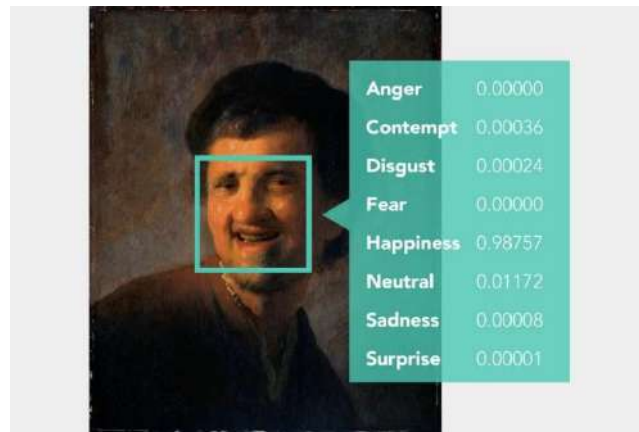
L'incontro fra AI e arte trova nella *computer vision* un terreno molto fertile per indagare nuovi metodi di fruizione delle opere da parte del pubblico. Ad esempio, secondo gli studi portati avanti dall'Harvard Art Museum, la prospettiva di un algoritmo che cataloga, descrive ed etichetta i pezzi di una collezione sulla base delle loro caratteristiche puramente visive è infatti molto più vicina a quella di un visitatore che entra nel museo per la prima volta, piuttosto che a quella di un curatore o storico dell'arte e può offrire un approccio diverso alle tecniche di allestimento museale.<sup>35</sup> Inoltre, specifiche applicazioni (Google Vision API, Amazon Rekognition, Clarifai, Imagga solo per citarne alcune) possono assegnare etichette alle immagini per classificarle in categorie predefinite, rilevare oggetti e volti, leggere testi e creare cataloghi di immagini. Altre invece sanno determinare

---

<sup>34</sup> [https://it.wikipedia.org/wiki/Visione\\_artificiale](https://it.wikipedia.org/wiki/Visione_artificiale) (consultato in data 9 settembre 2022).

<sup>35</sup> <https://ai.harvardartmuseums.org/about> (consultato in data 10 settembre 2022).

lo stato emotivo di un personaggio raffigurato a partire dalle caratteristiche del volto: è il caso di Emotion API di Microsoft. La *computer vision* viene anche utilizzata per individuare opere d'arte false o manipolate, proprio per la capacità di una rete neurale adeguatamente addestrata di riconoscere la mano dell'artista, analizzando le caratteristiche di ogni singola pennellata.



**Fig. 6:** *Sentiment analysis* di *Busto di un giovane uomo che ride* della scuola di Rembrandt realizzata con Emotion API di Microsoft.



**Fig. 7:** *Sentiment analysis* di *Autoritratto* di Otto Dix (1912) realizzata con Emotion API di Microsoft.

### 1.5.4 Altre applicazioni

Gli algoritmi di raccomandazione (*recommendation systems*) sono alla base del modello di business di molti servizi digitali all'interno delle piattaforme social ed e-commerce (Amazon, Instagram, Netflix, Spotify, ecc.), poiché tengono traccia



delle azioni dell'utente e, comparandole con quelle degli altri, apprendono le sue preferenze e sono sempre più in grado, a mano a mano che l'utente utilizza la piattaforma, di produrre raccomandazioni più precise. I dati che l'algoritmo raccoglie sono ad esempio il tempo trascorso davanti a un determinato contenuto, l'interazione con esso anche attraverso commenti, like, recensioni e condivisioni, l'attenzione verso contenuti simili e molti altri atteggiamenti spontanei con i quali l'utente, spesso inconsciamente, aiuta il sistema a migliorarsi per soddisfare i bisogni non solo suoi ma di un intero settore di domanda con gusti affini.

L'*intelligent data processing* (IDP) è un'ampia branca in cui rientrano tutte quelle applicazioni per l'estrazione e l'elaborazione di dati, siano essi strutturati o meno. Questi tipi di algoritmi usano le informazioni estratte da dati già esistenti per effettuare previsioni e classificare nuovi dati, spesso in sinergia con tecnologie di NLP, *computer vision* e *deep learning*. Un aspetto che appare importante sottolineare è, infatti, che i sistemi finora presi in considerazione sono stati descritti separatamente solo per dare uno sguardo chiaro e ordinato su una disciplina vasta quale è l'intelligenza artificiale. Tuttavia, va specificato che nelle applicazioni reali questi si trovano per lo più combinati tra di loro al fine di fornire prestazioni complete e sempre più efficienti.

Infine, vi sono le soluzioni fisiche a cui è possibile applicare i software di AI e integrarle a sistemi robotici con autonomia decisionale. Rientrano in questa categoria i veicoli autonomi, gli oggetti intelligenti (dispositivi di domotica e non solo, capaci di agire autonomamente sulla base delle variazioni dell'ambiente circostante) e i robot autonomi, impiegati sempre di più in ambito industriale per automatizzare i processi di produzione e garantire maggior efficacia e sicurezza sul lavoro.

## 2. Estetica e creatività nell'era del digitale

Una volta appurato che certi sistemi artificiali sono in grado di replicare gli atteggiamenti umani non solo come una forma di mimesi ma con un'intenzionalità più o meno autonoma, è necessario capire se e come questi riescono a creare artefatti culturali e qual è il grado di artisticità ad essi attribuibile. Sono infatti sempre più diffusi e avanzati i software capaci di generare testi letterari, immagini, brani musicali di alta qualità e quasi indistinguibili dai lavori umani, ma per comprendere la loro popolarità e la ricezione da parte del pubblico e degli artisti è fondamentale porsi alcune questioni di stampo estetico e culturale. Se inizialmente lo scopo delle ricerche sull'AI era l'automatizzazione del processo cognitivo per velocizzare e semplificare, con il supporto della tecnologia, azioni che prima erano di competenza esclusivamente umana, oggi i campi di applicazione dell'AI si stanno allargando anche al settore culturale, influenzando profondamente l'estetica contemporanea.

### 2.1 Fondamenti teorici di estetica digitale

*«Durante l'atto della creazione l'artista va dall'intenzione alla realizzazione passando per una catena di reazioni totalmente soggettive. La lotta verso la realizzazione è costituita da una serie di sforzi, sofferenze, soddisfazioni, rifiuti, decisioni, che non possono né devono essere completamente coscienti, almeno sul piano estetico. Il risultato di tale lotta è una differenza tra l'intenzione e la sua realizzazione [...], questa differenza tra ciò che aveva progettato di realizzare e ciò che ha realizzato è il "coefficiente d'arte" personale contenuto nell'opera».<sup>1</sup>*

Marcel Duchamp, *The Creative Act*, 1957.

Nel 1913 Marcel Duchamp, fino a quel momento pittore dalle influenze miste – Impressionismo, Fauvismo e Cubismo – decise di montare una ruota di bicicletta su uno sgabello di legno scatenando una rivoluzione nel mondo dell'arte

---

<sup>1</sup> Testo di un intervento pronunciato alla Convenzione della Federazione americana delle arti a Houston (Texas) nell'aprile 1957 poi pubblicato come *The Creative Act. Between Intention and Expression in the Art Coefficient*, in «Art News», vol. 56, n. 4, 1957 (trad. ita. a cura di ELIO GRAZIOLI).

contemporanea. *Ruota di bicicletta* era il primo ready-made, ovvero un oggetto di uso comune apparentemente privo di significato estetico che solo per il fatto di essere stato scelto dall'autore viene elevato ad opera d'arte, senza subire alcuna modifica (anche se in questo caso si tratta più propriamente di un ready-made "aiutato" poiché l'intervento dell'artista consiste nel mutare la prospettiva da cui l'oggetto viene percepito).<sup>2</sup> Il termine verrà in realtà coniato solo nel 1915 e André Breton per primo cercò di darne una definizione in quanto «oggetti di serie promossi dalla scelta dell'artista alla dignità di oggetti d'arte».<sup>3</sup> Ancora più sconvolgente e dissacrante fu la sua richiesta di qualche anno dopo alla Society of Independent Artists – poi negata – di esporre *Fontana* (1917), un vero e proprio orinatoio autografato dall'artista con lo pseudonimo Richard Mutt. Con quest'opera Duchamp metteva in atto un doppio spostamento dal contesto fisico (cambiandone l'angolo visuale e l'ambiente abituale) e dal contesto logico (dandole un altro nome).<sup>4</sup> Il suo lavoro provocò un cambiamento nel modo di percepire l'arte e soprattutto una riflessione su cosa possa effettivamente essere considerato come tale. Lui stesso durante la conferenza *The Creative Act* tenuta alla Convenzione della Federazione americana delle arti a Houston nel 1957 – da cui è tratta la citazione di inizio paragrafo – rifletté sul significato di arte intesa come emozione, al di là di ogni giudizio estetico o valoriale. Chi crea cerca di trasformare le proprie emozioni in opere d'arte, con risultati più o meno soddisfacenti; ma l'atto creativo non termina con l'artista, anzi si completa solo quando l'opera entra a contatto con lo spettatore, al quale spetta il verdetto finale.<sup>5</sup> Il suo pensiero e di conseguenza la sua produzione determinarono una netta discontinuità con il passato, decretando la fine del primato della pittura retinica e l'affermazione del mercato come criterio di valore dominante nell'arte. Le nuove possibilità espressive rappresentate dai ready-made rappresentarono una via di fuga dall'estetica idealista che solo oggi, a un secolo di distanza, è possibile leggere come tale.<sup>6</sup> I ready-made sono assimilabili a delle sculture, tuttavia evadono ogni modalità di creazione tipiche della scultura. Non sono inseriti in una cornice che ne testimoni il valore artistico e, almeno nei primi anni dopo la loro realizzazione, non vennero nemmeno esposti. Per di più sono

---

<sup>2</sup> ARTURO SCHWARZ, *La Sposa messa a nudo in Marcel Duchamp, anche*, Torino, Einaudi, 1974 (trad. ita. a cura di ELENA BARUCHELLO), pp.53-54.

<sup>3</sup> *Ibidem*.

<sup>4</sup> *Ivi*, pp. 38-39.

<sup>5</sup> *Ivi*, pp. 277-278.

<sup>6</sup> STEFANO CHIODI, *Marcel Duchamp: critica, biografia, mito*, Milano, Electa, 2009, p. 10.

riproducibili e mettono in crisi la plurimillennaria caratteristica fondamentale dell'arte, vale a dire l'unicità. Per tutte queste caratteristiche e per l'innovazione che portò nel mondo dell'arte credo che la produzione di Duchamp rappresenti un buon parallelismo con ciò che sta accadendo nell'arte contemporanea con l'avvento dell'AI, il cui utilizzo non solo nella vita di tutti i giorni ma anche e soprattutto nel campo artistico costituirà senza dubbio un punto di svolta per il modo di fare e intendere l'arte.

La cultura visuale, ovvero quell'ampio campo in cui confluiscono arti visive, fotografia, cinema e videogiochi, ha da sempre ricoperto un ruolo preponderante nella produzione culturale; nella società contemporanea, con l'emergere delle tecnologie digitali, la produzione e fruizione di immagini assumono nuovi aspetti e significati.<sup>7</sup> Nel discorso sull'AI l'elemento visivo è di primaria importanza, poiché la maggior parte degli apparati che utilizziamo quotidianamente sono mediati da interfacce che influenzano direttamente la nostra esperienza di interazione non solo con l'elemento digitale ma, in un'ottica più ampia, con il mondo che ci circonda. L'ipermediazione che caratterizza quest'ultimo decennio ha sensibilmente modificato l'approccio alla realtà, agli strumenti e artefatti culturali che fanno uso delle nuove tecnologie.<sup>8</sup> Gli schermi digitali stanno ormai da tempo trasformando la nostra percezione delle immagini – come ha fatto in passato la fotografia – e di conseguenza della realtà stessa: siamo sempre più abituati a un susseguirsi continuo di immagini, miliardi di pixel che celano altrettante informazioni, a tal punto da non riuscire né a ricordarle tutte né a saper distinguere il vero dal falso. Disegni iperrealistici che sembrano fotografie, fotografie in bassa qualità scattate da uno smartphone e pubblicate in tempo reale sui social network (magari anche con l'applicazione di filtri e correzioni che distorcono le caratteristiche originali), video e montaggi amatoriali e molti altri oggetti digitali costellano il panorama contemporaneo e riempiono interamente il nostro campo visivo dando vita a un'estetica completamente nuova. L'aspetto estetico rappresenta a sua volta la forma visuale, l'espressione attraverso immagini

---

<sup>7</sup> Sulla cultura visuale, cfr. ANDREA PINOTTI, ANTONIO SOMAINI, *Cultura visuale: immagini, sguardi, media, dispositivi*, Torino, Einaudi, 2016.

<sup>8</sup> Jay D. Bolter e Richard Grusin parlano di ipermediazione nel loro libro *Remediation. Understanding new media* (1999) per indicare un sovrapporsi di forme di mediazione sempre più sofisticate che allontanano le persone dal contatto con la realtà immediata, per mostrare invece una realtà opaca, talmente celata dietro a mezzi e interfacce che queste stesse diventano il nuovo principale oggetto dell'attenzione.

della società, della politica e delle relazioni umane che sono quindi anch'esse influenzate dal nuovo modo di produrre e scambiare immagini. L'analisi del processo tecnologico dal punto di vista della produzione culturale permette dunque di capire meglio la società contemporanea e i nuovi fenomeni che la caratterizzano, in particolare quelli legati alla rapida diffusione dell'AI.

Parlare di estetica (dal greco *αἴσθησις*, «sensazione», «percezione») significa indagare i processi che caratterizzano un'esperienza – di tipo visivo ma non solo – e che ci portano a definire “bello” l'oggetto di tale esperienza (un'opera d'arte, una canzone, un paesaggio).<sup>9</sup> Alexander Baumgarten è il primo a considerarla come una disciplina filosofica e nel suo trattato *Aesthetica* (1750) parla di «arte del pensare in modo bello».<sup>10</sup> Per lui le nozioni di “arte” e di “bello” sono individuali, storiche e legate al sentimento più che alla ragione o alla logica. La sua teoria viene ripresa da Kant che, nella *Critica del giudizio* (1790) identifica il «giudizio riflettente», in opposizione a quello «determinante», come qualcosa che va ricercato nel particolare e su cui si fonda la possibilità di formulare giudizi estetici. Questi sono per lui «soggettivamente universali» poiché comunemente condivisi pur non essendo fondati su definizioni logiche ma su sentimenti e percezioni personali. Di fatto, l'estetica in quanto disciplina filosofica nasce per legittimare l'ambito delle manifestazioni soggettive, costituite da sentimenti ed espressioni individuali, da sempre considerate elementi irrazionali e quindi non definibili secondo principi universali.<sup>11</sup>

Applicata all'ambito digitale, la questione estetica diventa cruciale poiché, a causa della sua complessità, è da sempre stata un dominio esclusivamente umano, difficile da ridurre ad algoritmi. Rappresenta quindi il banco di prova definitivo delle possibilità e dei limiti dell'AI.<sup>12</sup> Ma, ancor prima dell'AI, già l'avvento dei nuovi media aveva portato a riflettere su concetti e questioni che i media tradizionali non avevano mai sollevato, uno fra tutti la riproducibilità delle opere d'arte e la loro

---

<sup>9</sup> *Estetica*, in «Dizionario di filosofia», <https://www.treccani.it/enciclopedia/estetica> (consultato in data 13 gennaio 2023).

<sup>10</sup> Alexander Gottlieb Baumgarten (1714-1762) è stato un filosofo tedesco, influenzato nei suoi studi dal pensiero di Leibniz sull'armonia prestabilita. Fu il primo a dare una definizione moderna di estetica, intesa come scienza della conoscenza sensibile. Cfr. FRANCESCO PISELLI, *Alle origini dell'estetica moderna: il pensiero di Baumgarten*, Milano, Vita e pensiero, 1992.

<sup>11</sup> *Dizionario di estetica* (voce *Estetica*), a cura di GIANNI CARCHIA, PAOLO D'ANGELO, in collaborazione con STEFANO CATUCCI [et al.], Roma, GLF editori Laterza, 1999, pp. 97-98.

<sup>12</sup> EMANUELE ARIELLI, *Even an AI could do that*, in *Artificial Aesthetics: A Critical Guide to AI, Media and Design*, a cura di EMANUELE ARIELLI, LEV MANOVICH manovich.net, 2022, p. 7.

conseguente perdita dell'aura. Secondo Walter Benjamin, questo processo avrebbe permesso l'avvicinamento dell'arte alle masse, eliminando quell'aspetto elitario che la rendeva accessibile ai pochi e riducendo l'aura a mero aspetto sociale.<sup>13</sup> Tuttavia, la democratizzazione da lui auspicata coinvolse solamente le opere letterarie, mentre le arti visive rimasero a lungo appannaggio di pochi. Recentemente, però, il discorso sui nuovi media è stato ripreso sotto l'aspetto dell'interazione, ovvero quella funzione sbloccata proprio grazie all'avvento di tecnologie all'avanguardia, fin dai primi anni del nuovo millennio, che permette un continuo scambio culturale e un'ibridazione fra elementi digitali e analogici. Lev Manovich parla di *deep remixability* in riferimento a un'estetica contemporanea che prevede il rimescolamento di tecniche, linguaggi e modalità espressive prese in prestito dal mondo culturale nella sua interezza.<sup>14</sup> È l'estetica a cui siamo sottoposti oggi più che mai, dovuta alla costante presenza di schermi, rappresentati da computer, smartphone e televisori da cui scaturiscono immagini e contenuti come un flusso incessante. In particolare, il computer rappresenta per Manovich un "metamedium", cioè un dispositivo che non cessa mai di fornire nuove risorse e che computerizza qualsiasi altro medium perché basato su logiche di funzionamento binarie che possono essere ripetute e replicate all'infinito, codificando ogni contenuto tramite miliardi di dati numerici. Grazie a queste caratteristiche del computer, la remixabilità può essere applicata a 360° in modo tale che tecniche specifiche di un medium possano essere utilizzate in un altro, dando vita a prodotti culturali caratterizzati da linguaggi ibridi, complessi e intrecciati. Questo concetto ricorda quello di "rimediazione" di cui parlano Bolter e Grusin nel già citato *Remediation. Understanding new media*, da loro inteso come una vera e propria tendenza dell'era digitale, per cui i nuovi media adattano i contenuti dei vecchi media, in parte mantenendone le caratteristiche originali, in parte modificandole, in un processo di confronto, scambio e ibridazione.<sup>15</sup> La rimediazione si attua in diverse intensità: in modo trasparente, quando il medium digitale simula quello analogico; secondo logiche di miglioramento che enfatizzano le differenze tra i media (es. le enciclopedie digitali che offrono potenziamenti rispetto a quelle

---

<sup>13</sup> Cfr. WALTER BENJAMIN, *L'opera d'arte nell'epoca della sua riproducibilità tecnica*, Torino, Einaudi, 1974 (ed. or. 1966).

<sup>14</sup> LEV MANOVICH, *Software takes command*, Londra, Bloomsbury Academic, 2008, pp. 110 e seguenti.

<sup>15</sup> JAY DAVID BOLTER, RICHARD GRUSIN, *Remediation. Understanding New Media*, Cambridge, MIT Press, 1999, pp. 20 e seguenti.

cartacee); o attraverso l'assorbimento di vecchi media in uno nuovo (es. i videogiochi in realtà virtuale che rimediano le tecniche del cinema e dei videogiochi tradizionali). In ogni caso non vi è mai un totale abbandono dei vecchi media che, in maniera più o meno trasparente, riemergono ricordando che immediatezza e iperrealismo dipendono da una forte stratificazione di tecnologie e interfacce che allontanano l'utente dalla realtà. La rimediazione si fonda infatti su una doppia logica quasi contraddittoria: da un lato la necessità di eliminare ogni traccia della mediazione per garantire immediatezza dei contenuti (logica della trasparenza), dall'altro l'ipermediazione che moltiplica i media e tecnologizza i processi di percezione e comunicazione, creando però una barriera che allontana i contenuti (logica dell'opacità). L'immediatezza è la caratteristica più ricercata nell'ingegneria dei software perché elimina la percezione del medium fornendo all'utente un'esperienza immersiva con l'interfaccia digitale, mentre nell'arte contemporanea vi è una forte ricerca dell'ipermediazione, per far sentire all'osservatore la presenza di una stratificazione di media. Nel panorama contemporaneo in cui la tecnologia incontra l'arte questi temi diventano essenziali per comprendere quali sono gli aspetti tipicamente umani relativi alla sensibilità estetica che i sistemi artificiali ancora non possiedono e per capire come l'estetica artificiale possa funzionare da amplificatore per le nostre capacità estetiche.<sup>16</sup> Il modo in cui utilizziamo la tecnologia modifica i processi di evoluzione culturale ed è quindi naturale chiedersi se un giorno le macchine saranno più abili dell'uomo a comprendere le preferenze estetiche e le reazioni agli artefatti culturali, o se saranno capaci di usare la creatività per soddisfare i nostri gusti.<sup>17</sup>

Manovich evidenzia inoltre che tutti i tipi di AI culturale che si stanno sviluppando negli ultimi anni (sistemi per la selezione di contenuti all'interno di ampie collezioni, per l'individuazione e l'indirizzamento delle preferenze, per l'assistenza nella creazione di nuovi contenuti, per la creazione autonoma di brani, testi o immagini) hanno in comune un elemento principale, ovvero la graduale automatizzazione delle decisioni estetiche.<sup>18</sup> Ci si chiede dunque se questo fenomeno porterà a un appiattimento dell'estetica o, al contrario, a una maggior differenziazione, considerando che vi sono al contempo molti altri fattori che

---

<sup>16</sup> E. ARIELLI, *Even an AI could do that*, in op. cit., p. 9.

<sup>17</sup> *Ivi*, p. 10.

<sup>18</sup> L. MANOVICH, *AI Aesthetics*, Mosca, Strelka Press, 2018, p. 5.

impattano sulla sua evoluzione, una fra tutte la globalizzazione portata dalla crescita di internet e dei social network. Inoltre, per capire come reagiamo davanti ad artefatti culturali generati da algoritmi, ovvero come cambia la percezione quando l'artista non è umano ma è un'AI, è necessario capire quale sia l'importanza che diamo alla mente che sta dietro a un'opera e se la apprezziamo più per le sue qualità formali o per il dialogo che riusciamo a instaurare con il suo autore.<sup>19</sup> Questo dipende da vari fattori personali e culturali e bisogna perciò aggiungere un ulteriore elemento, ovvero quale livello di intenzionalità e di processi mentali ci aspettiamo che ci sia dietro agli artefatti culturali. Per scrivere un romanzo, ad esempio, sono necessarie facoltà umane avanzate come l'intuizione, la consapevolezza situazionale, la padronanza del linguaggio e l'intenzionalità, ma per generare motivi decorativi servono molte meno capacità. Vi sono anzi fenomeni naturali di alto valore estetico che non richiedono alcuna intenzionalità da parte della mente umana, come paesaggi, fiocchi di neve o ragnatele: suscitano stupore e apprezzamento, non condizionati dal pensiero che non sia stato un essere umano a crearli.<sup>20</sup> Se quindi anche i processi più semplici e non umani sono in grado di generare oggetti estetici, il concetto di facoltà umane va superato e con esso l'assunzione secondo cui solo i sistemi di AI che replicano in toto i comportamenti umani sappiano creare prodotti culturali sofisticati. Arielli e Manovich propongono una versione alternativa del già citato test di Turing che le macchine passano se soddisfano almeno una delle seguenti condizioni:

- Raggiungono prestazioni umane superiori (producendo bellezza o stupore) a prescindere dalla somiglianza del comportamento culturale umano;
- Manifestano creatività, cioè la capacità di generare qualcosa di nuovo;
- Dimostrano comportamenti autonomi, con cui sono in grado di produrre qualcosa di inaspettato e lontano dai parametri iniziali forniti dai programmatori.<sup>21</sup>

Il discorso su come si definisce la creatività è complicato perché in parte soggettivo e dipendente dall'attribuzione che ne viene fatta, e verrà ulteriormente approfondito in seguito. Se intesa come sinonimo di qualcosa di inaspettato allora qualsiasi processo casuale e non prevedibile va considerato creativo. Tuttavia, la creatività

---

<sup>19</sup> E. ARIELLI, *Techno-animism and the Pygmalion effect*, in op. cit. p. 5.

<sup>20</sup> *Ivi*, p. 11.

<sup>21</sup> *Ivi*, pp. 16 e seguenti.



dovrebbe anche includere la trasmissione di un significato o l'introduzione di un'innovazione. L'idea di una creatività pura ha infatti origine nell'esaltazione dell'autonomia individuale che si è affermata solo nella modernità e che non era concepibile nell'antichità, dove essa era prerogativa esclusiva del divino: l'artista era uno scopritore, non un creatore e l'arte era il dominio dell'artigianato, non dell'invenzione. Ad oggi invece tendiamo a definire creativo qualcosa che non è del tutto compreso e che ci appare quindi straordinario, come ad esempio il funzionamento del cervello umano le cui logiche, a differenza della maggior parte degli algoritmi di AI, rimangono tuttora inafferrabili e perciò affascinanti.<sup>22</sup>

La valutazione estetica delle opere prodotte dagli esseri umani è anche influenzata dalla dimensione storica, simbolica e concettuale che queste opere portano con sé e che non si può invece ritrovare nelle opere prodotte dagli algoritmi. Il capitale culturale di chi si avvicina a un artefatto influenza fortemente la sua percezione e gli permette di vedere ciò che c'è oltre la superficie, come i significati simbolici, i riferimenti storico-culturali, i messaggi personali e molto altro. A prescindere da quello che i sistemi di AI saranno sempre più in grado di generare, ciò che farà la differenza sarà il significato simbolico attribuito alle loro produzioni: così come è successo nella storia della fotografia, l'accettazione sociale dell'estetica artificiale dipenderà dal cambiamento della valutazione culturale di queste tecnologie.<sup>23</sup>

Per quanto riguarda le arti visive, le ricerche sull'AI si stanno concentrando in particolare sulla creazione di immagini o molto realistiche oppure astratte nello stile tipico del XX secolo perché, secondo i ricercatori, il pubblico generico le identifica più facilmente come opere d'arte.<sup>24</sup> Le scienze sociali dimostrano che oggi la maggior parte delle persone identifica l'arte con le immagini, il realismo e le abilità tecniche. L'idea di possedere competenze tecniche definisce anche tutte le aree dell'industria culturale (fotografia professionale, animazione, game design, cinematografia, produzione musicale, ecc.). Questo spiega perché le immagini molto realistiche create da un'AI ricevono tanta attenzione mediatica: le persone rimangono stupefatte quando scoprono che un computer è in grado di disegnare come farebbe un essere umano. Inoltre, dai primi anni 2000, ha preso piede l'idea

---

<sup>22</sup> *Ivi*, pp. 18-20.

<sup>23</sup> *Ivi*, pp. 21-23.

<sup>24</sup> L. MANOVICH, *AI & Myths of Creativity*, in op. cit., pp. 62 e seguenti.

secondo cui qualsiasi settore debba essere in qualche modo creativo e sapersi innovare per stare al passo con la tecnologia e con le nuove tendenze. Applicato alla società, questo modo di pensare ha diffuso la convinzione che la creatività sia un elemento a cui aspirare e di alto valore sociale; molto probabilmente questo è uno dei motivi per cui i sistemi di AI che rendono la creatività più accessibile si stanno sviluppando e diffondendo a una tale velocità. Ma, secondo Manovich, il legame tra l'AI e le arti non è destinato a durare per sempre, così come l'associazione fra opere d'arte e creatività, e propone quindi di riflettere su come in futuro le nuove tecnologie intelligenti potranno diventare strumenti fondamentali e di uso quotidiano per arte, design e architettura, abbandonando la ricerca su quanto l'AI sappia essere creativa.<sup>25</sup>

## 2.2 Intelligenza artificiale che crea arte: GAN e GPT

Risulta ora utile capire cosa siano le GAN e perché sia sempre più frequente trovarle alla base dei sistemi intelligenti in grado di generare immagini a partire da input testuali (*text-to-image*) o da altre immagini (*image-to-image*). L'acronimo GAN sta per *Generative Adversarial Network*<sup>26</sup> ossia rete generativa avversaria, e si riferisce a un metodo di apprendimento automatico svolto tramite l'addestramento competitivo di due reti neurali in un gioco a somma zero.<sup>27</sup> Il modello è stato proposto da Ian Goodfellow nel 2014, con lo scopo di approfondire il *deep learning* nel campo dei modelli generativi – contrapposti a quelli discriminativi o distribuzionali – più difficili da studiare a causa della difficoltà di approssimare i numerosi calcoli probabilistici che li caratterizzano. Le reti neurali in competizione si basano su due modelli diversi: uno è un modello generativo (generatore, G) che ha il compito di creare imitazioni, l'altro è un modello discriminativo (discriminatore, D) che deve verificare l'autenticità dei dati che riceve. Il generatore quindi si allena, a partire da un input di rumore casuale, a creare immagini che siano il più possibile verosimili per “ingannare” il discriminatore, il

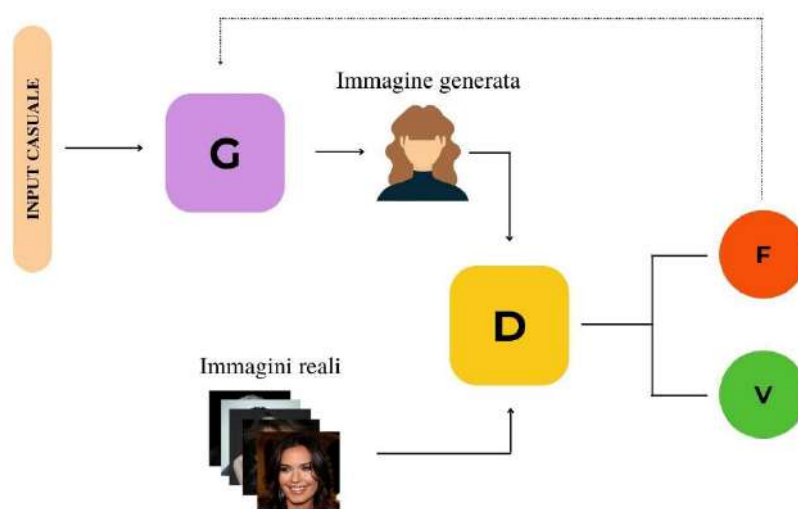
---

<sup>25</sup> *Ivi*, pp. 64-65.

<sup>26</sup> IAN GOODFELLOW, JEAN POUGET-ABADIE, MEHDI MIRZA, BING XU, DAVID WARDE-FARLEY, SHERJILL OZAIR, AARON COURVILLE, YOSHUA BENGIO, *Generative Adversarial Networks*, «arXiv», 2014 <https://arxiv.org/abs/1406.2661> (consultato in data 4 ottobre 2022).

<sup>27</sup> Nella teoria dei giochi si definisce tale una situazione in cui il guadagno di un partecipante corrisponde alla perdita dell'altro, in modo tale che la somma tra guadagni (+) e perdite (-) sia pari a zero.

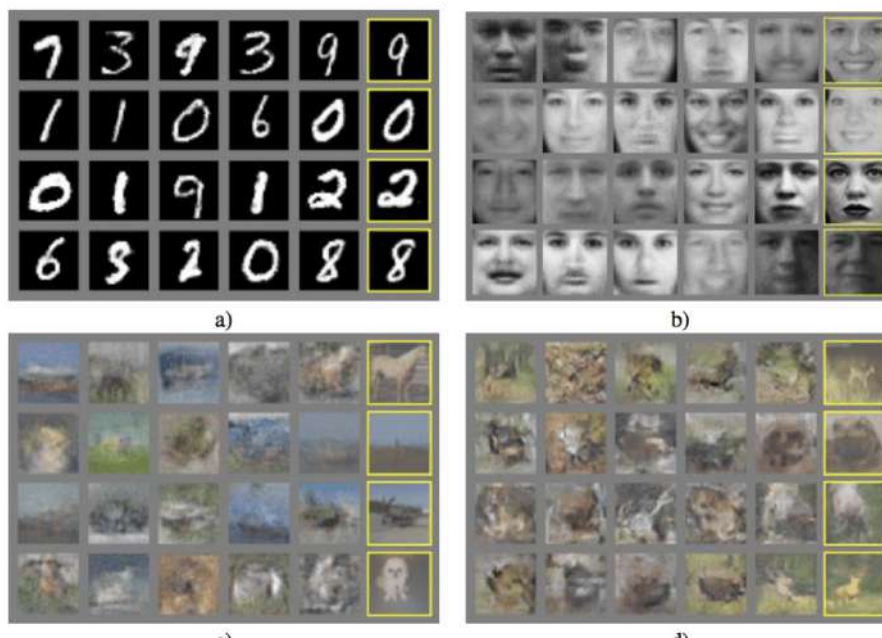
quale a sua volta deve affinare la propria capacità di distinguere le immagini autentiche (quelle provenienti dalla base di dati) da quelle falsificate (si definiscono così le immagini create dal generatore, anche se non si tratta di una vera e propria falsificazione, bensì della generazione di dati del tutto nuovi). Tra le immagini falsificate rientrano non solo quelle poco verosimili, ma anche quelle troppo perfette: se il generatore creasse un'immagine a partire dal valore medio dei dati che ha a disposizione, il discriminatore lo noterebbe e classificherebbe quell'immagine come falsa. Inoltre, il *training* è possibile solo se le due reti si trovano allo stesso livello di efficacia; se una delle due è anche di poco superiore all'altra, il modello perde di significato. L'obiettivo del modello di Goodfellow è la creazione di immagini che siano indistinguibili da quelle reali per alimentare la base di dati fornita al generatore non solo con dati esterni ma con gli stessi che passano attraverso il discriminatore e che vengono restituiti come falsi, al fine di diminuire lo scarto probabilistico. L'addestramento si conclude solo quando il generatore avrà migliorato a tal punto la produzione di immagini che il discriminatore non riuscirà più a distinguere le vere dalle false.



**Fig. 8:** Schematizzazione del processo con cui funziona una GAN.

Per dare uno sguardo il più possibile ampio ed esaustivo su un argomento così vasto e in continua evoluzione è opportuno accennare all'esistenza di alcune varianti rispetto al modello di rete generativa avversaria ideato da Goodfellow. Ad esempio, quella condizionata, in cui sia al generatore che al discriminatore vengono fornite informazioni aggiuntive che possono condizionare le nuove immagini

create. Il modello BiGAN<sup>28</sup> invece accosta al generatore un *encoder*, che anch'esso produce immagini ma a partire dalle immagini reali di addestramento; il discriminatore deve quindi ulteriormente distinguere le immagini del generatore da quelle dell'*encoder*.



**Fig. 9: Immagini tratte dallo studio di Goodfellow in cui le GAN sono state utilizzate per generare nuovi esempi plausibili per un dataset di cifre scritte a mano (MNIST), uno di fotografie di piccoli oggetti (CIFAR-10) e il Toronto Face Database.**

Una Cycle-GAN<sup>29</sup> invece è un tipo di trasposizione *image-to-image* utilizzata per creare una mappa tra un'immagine di input e una di output, senza l'utilizzo di un dataset di immagini già accoppiate fra di loro. Questo modello permette quindi di trasformare con una certa efficacia alcune caratteristiche delle immagini: lo stile (per esempio da una fotografia a un dipinto alla maniera di Monet, Van Gogh o Cezanne), il soggetto (da una zebra a un cavallo o viceversa) o ancora altri dettagli.<sup>30</sup> La rete è addestrata per mantenere invariati alcuni aspetti dell'immagine di partenza, come le dimensioni, i bordi dei soggetti al suo interno, il contesto, e modificarne il resto a seconda delle richieste. In generale, i modelli sono sempre più numerosi e diversificati e, a seconda del campo di applicazione e

<sup>28</sup> JEFF DONAHUE, PHILIPP KRÄHENBÜHL, TREVOR DARRELL, *Adversarial Feature Learning*, «arXiv», 2016, <https://arxiv.org/abs/1605.09782v7> (consultato in data 4 ottobre 2022).

<sup>29</sup> JUN-YAN ZHU, TAESUNG PARK, PHILLIP ISOLA, ALEXEI EFROS, *Unpaired Image-to-Image Translation using Cycle-Consistent Adversarial Networks*, in *IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, 2017.

<sup>30</sup> *Ivi*, pp. 8-10.

agli obiettivi che si vogliono ottenere, le GAN possono assumere architetture leggermente diverse.



**Fig. 10: CycleGAN traduce da un dipinto di Monet un paesaggio simile a una fotografia e da una fotografia crea un dipinto nello stile di Monet; analogamente può trasformare zebre in cavalli e viceversa.**

Tuttavia, recenti sviluppi e studi sempre più sofisticati hanno portato alla nascita di tecnologie di *deep learning* ancora diverse da quelle GAN, che pur non agendo direttamente nella produzione di immagini ricoprono un ruolo fondamentale in questo discorso, ovvero le GPT (*Generative Pre-training Transformer*).<sup>31</sup> Si tratta di un algoritmo di generazione e comprensione del linguaggio naturale basato su un modello autoregressivo, cioè capace di scegliere da solo il peso da dare agli input, selezionando i più rilevanti e costruendo l'output sulla base di questi. È stato presentato per la prima volta nel 2019 nella versione GPT-2 da OpenAI – un ente di ricerca non profit fondato nel 2015 da Elon Musk e Sam Altman per garantire che i nuovi sistemi di intelligenza artificiale portino beneficio a tutta l'umanità.<sup>32</sup> La versione successiva, GPT-3, è considerato uno dei più potenti strumenti di AI attualmente esistenti.<sup>33</sup> La sua architettura si basa una rete di *transformer* che, come per le reti neurali ricorrenti (RNN) già citate, elaborano dati di input sequenziali (quelli appunto relativi a compiti quali la traduzione e la sintesi di testi); ma, a differenza di queste, processano l'input tutto insieme. Se si tratta di una frase quindi

<sup>31</sup> MARK CHEN, ALEC RADFORD, REWON CHILD [et al.], *Generative Pretraining from Pixels*, in *Proceedings of the 37th International Conference on Machine Learning*, 2020, pp. 1691-1703.

<sup>32</sup> <https://openai.com/about/> (consultato in data 5 ottobre 2022).

<sup>33</sup> TOM B. BROWN, BENJAMIN MANN, NICK RYDER [et al.], *Language Models are Few-Shot Learners*, «arXiv», 2020, <https://arxiv.org/abs/2005.14165> (consultato in data 5 ottobre 2022).

la rete di *transformer* non deve processare una parola alla volta, perché può elaborare il testo per intero. GPT-3 è stato addestrato con miliardi di dati provenienti per la maggior parte da “Common Crawl”, ovvero una versione filtrata dell’intero web, e poi da altre librerie di dati, tra cui anche Wikipedia, per un totale di 800 GB di informazioni processate attraverso 175 miliardi di parametri.<sup>34</sup> Proprio grazie alle grandi dimensioni del sistema di pre-allenamento generativo è stato possibile migliorare le prestazioni nella comprensione del linguaggio naturale, eliminando la necessità della supervisione umana e dell’etichettatura manuale. Questo potente strumento può quindi generare testi di ogni tipo, rispondendo a domande anche molto complesse, scrivendo saggi, poesie, articoli di giornale e persino codici di programmazione, il tutto con un linguaggio che ha le caratteristiche tipiche della scrittura umana. Naturalmente, poiché GPT-3 è stata addestrata non a diretto contatto con il mondo ma con le rappresentazioni testuali di esso create dall’uomo, non sempre riesce a comprendere la semantica dei testi e incontra varie difficoltà nel portare avanti un ragionamento biologico, fisico, psicologico e sociale – come è stato dimostrato da uno studio del MIT Technology Review.<sup>35</sup> Eppure, nonostante i limiti e i potenziali rischi (basti pensare alla generazione di materiale di disinformazione, spam, contenuti aggressivi o fraudolenti), questa incredibile tecnologia ha già trovato numerose applicazioni in diversi settori, dalla scrittura di codici alla generazione di testi per articoli e trame di videogiochi. Ma, ai fini del nostro discorso, il suo sviluppo è particolarmente interessante perché è impiegata in quelle applicazioni attualmente molto in voga capaci di creare immagini sulla base di input testuali.

## 2.3 DALL-E

Il modello di generazione di immagini che utilizza il *deep learning* e che finora ha avuto più successo mediatico è sicuramente DALL-E (battezzato così dall’unione tra il nome del maggior esponente del Surrealismo, Salvador Dalì, e WALL-E, il robottino della Pixar). Si tratta di una rete neurale addestrata per

---

<sup>34</sup> <https://it.wikipedia.org/wiki/GPT-3> (consultato in data 24 novembre 2022).

<sup>35</sup> ERNEST DAVIS, GARY MARCUS, *GPT-3, Bloviator: OpenAI’s language generator has no idea what it’s talking about*, «MIT Technology Review», 22 agosto 2020, <https://www.technologyreview.com/2020/08/22/1007539/gpt3-openai-language-generator-artificial-intelligence-ai-opinion/> (consultato in data 24 novembre 2022).

generare immagini a partire da descrizioni testuali: l'utente digita un *text prompt* e in poco tempo il programma restituisce una serie di immagini in alta definizione rispondendo alle richieste inserite. Il progetto è stato presentato il 5 gennaio 2021 da OpenAI ed è una versione a 12 miliardi di parametri di GPT-3 che utilizza un set di dati con coppie di testo-immagine prese da internet per creare immagini estremamente fedeli alle istruzioni fornite dall'utente. Per controllarne l'efficacia, è stato creato in parallelo CLIP (*Contrastive Language-Image Pre-training*),<sup>36</sup> una rete neurale addestrata non su etichette testo-immagine ma su descrizioni tratte da internet, e basata sull'apprendimento cosiddetto *zero-shot*, per cui è capace di classificare un oggetto senza averlo mai visto prima, proprio grazie all'acquisizione di determinati attributi che può trovare online.<sup>37</sup> In parole semplici, CLIP saprebbe riconoscere una zebra avendo visto solo immagini di cavalli ma sapendo che le zebre sono molto simili a dei cavalli striati. Quando si richiede a DALL-E di generare immagini a partire da input testuali, è CLIP che seleziona i risultati più adeguati da mostrare all'utente; in questo modo i due modelli lavorano in un processo di miglioramento continuo e vicendevole.

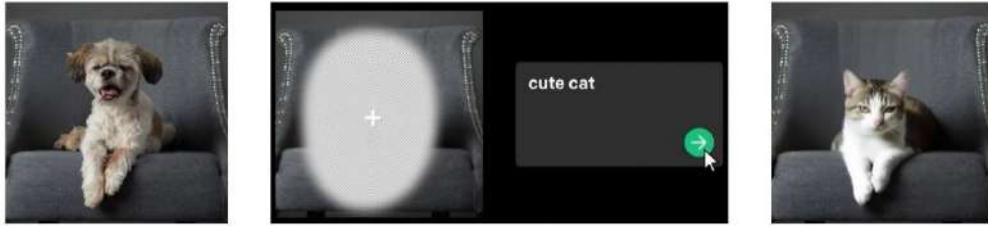
La versione più recente, DALL-E 2, sviluppata nell'aprile 2022, garantisce risultati con una risoluzione di 4 volte maggiore.<sup>38</sup> È capace di generare immagini realistiche in una vasta gamma di stili, anche ricreando tecniche pittoriche e mescolando concetti attraverso una forma di creatività molto umana. Può applicare caratteristiche tipiche di un oggetto ad altri completamente diversi con una capacità di astrazione che riesce a stupire l'occhio umano, sempre mantenendo una coerenza semantica. Inoltre, può modificare foto già esistenti in modo molto realistico semplicemente a partire da una descrizione testuale (*Inpainting*) oppure realizzare copie di un'immagine con alcune variazioni più o meno creative (*Variations*).

---

<sup>36</sup> ALEC RADFORD, JONG WOOK KIM, CHRIS HALLACY [et al.], *Learning Transferable Visual Models From Natural Language Supervision*, «arXiv», 2021, <https://arxiv.org/abs/2103.00020> (consultato in data 8 ottobre 2022).

<sup>37</sup> CLIP: *Connecting Text and Images*, 5 gennaio 2021 <https://openai.com/blog/clip/> (consultato in data 8 ottobre 2022).

<sup>38</sup> <https://openai.com/dall-e-2/> (consultato in data 8 ottobre 2022).



**Fig. 11: Tramite la funzione *Inpainting*, l'immagine di un cane all'interno di una foto viene sostituita con quella di un gatto.**

Il 31 agosto 2022 è stata aggiunta un'ulteriore funzione a DALL-E 2 battezzata *Outpainting*, ovvero la possibilità di allargare la porzione di panorama visibile sullo sfondo in fotografie o dipinti già esistenti.<sup>39</sup> L'algoritmo tiene conto degli elementi già presenti nell'immagine, tra cui i colori, le ombre, i riflessi e la grana, e ne aggiunge di nuovi provando a immaginare cosa vi sia oltre i confini di quell'immagine. È una funzionalità molto affascinante che dimostra la capacità di DALL-E 2 di leggere e comprendere il contenuto delle immagini che gli vengono presentate, per poi creare qualcosa di nuovo perfettamente in linea con l'originale. Il caso che gli stessi ricercatori hanno presentato al pubblico in occasione del lancio di *Outpainting* è quello della *Ragazza col turbante* (1665) di Johannes Vermeer. Nel dipinto originale, la celebre figura della ragazza con l'orecchino di perla si staglia su uno sfondo molto scuro, la luce si concentra sul suo volto senza permetterci di vedere lo spazio attorno a lei, eppure DALL-E 2 è riuscito ad ampliare l'immagine – che passa così da un piccolo formato quasi quadrato a un 16:9 – realizzando un ambiente domestico con una ricchezza di dettagli e un'eccellente capacità imitativa che lo fanno sembrare dipinto da Vermeer stesso. Il successo di questo algoritmo risiede senza dubbio nella sua accessibilità e facilità di utilizzo: inizialmente potevano utilizzarlo solo gli utenti iscritti a una lista d'attesa ma, da settembre 2022, è stato reso accessibile a tutti – anche se il codice di programmazione non è stato reso noto.

---

<sup>39</sup> *DALL-E: Introducing Outpainting*, 31 agosto 2022 <https://openai.com/blog/dall-e-introducing-outpainting/> (consultato in data 10 ottobre 2022).





**Fig. 12:** Tramite la funzione *Outpainting*, *Ragazza col turbante* di Vermeer viene arricchito da una grande quantità di dettagli che immaginano lo sfondo alle sue spalle oltre i confini del dipinto.

### 2.3.1 Problematiche di DALL-E 2 e relative soluzioni

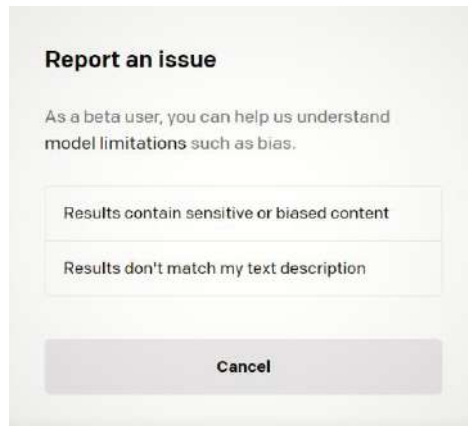
La versione più recente di DALL-E è stata addestrata con alcuni filtri che limitano sia gli input testuali sia il caricamento delle immagini per prevenire determinati comportamenti considerati scorretti o inappropriati, ad esempio:

- La generazione di immagini dal forte contenuto sessuale o violento, raffiguranti bambini o persone molto giovani, esplicitamente politiche o pericolose;
- La generazione di simboli di odio (dal punto di vista americano) anche se contestualizzati e non utilizzati per propaganda;
- Comportamenti vari che violino i Termini di utilizzo del programma.

Nonostante queste accortezze, nel febbraio 2022 OpenAI ha invitato un Red Team di ricercatori per testare eventuali problematiche con DALL-E 2, con l'obiettivo di identificare i difetti e i rischi potenziali del programma e prevenirli con ulteriori interventi di mitigazione.<sup>40</sup> Un Red Team è un vero e proprio strumento di sicurezza, a cui ricorrono molte aziende operanti in campo informatico, che mette in atto dei veri e propri attacchi informatici per valutare l'efficacia dei programmi aziendali di sicurezza.

---

<sup>40</sup> PAMELA MISHKIN, LAMA AHMAD, MILES BRUNDAGE, GRETCHEN KRUEGER, GIRISH SASTRY, *DALL-E 2 Preview – Risks and Limitations*, «GitHub», 2022 [https://github.com/openai/dalle-2-preview/blob/main/system-card.md?itid=lk inline enhanced-template](https://github.com/openai/dalle-2-preview/blob/main/system-card.md?itid=lk_inline_enhanced-template) (consultato in data 14 ottobre 2022).



**Fig. 13: Il banner che compare se si fa richiesta di segnalazione nei confronti di contenuti incorretti o inappropriati.**

Il team ha riscontrato innanzitutto la capacità dell’algoritmo di generare contenuti espliciti, inclusi quelli sessuali, violenti e i simboli di odio, che il sistema di filtraggio non è in grado di impedire del tutto. In alcuni casi è possibile predirli e impedirne la generazione, ma spesso alcune descrizioni sono in grado di bypassare i filtri; è stata perciò implementata una funzione di segnalazione che gli utenti possono (e devono) utilizzare qualora venissero generati contenuti inappropriati. A tal proposito però si è osservato che riducendo i contenuti a sfondo sessuale diminuiscono in generale le immagini raffiguranti donne, dimostrando – come si dirà anche in seguito – che l’algoritmo è intriso di errori cognitivi (bias) e stereotipi sociali difficili da arginare.

Il team ha anche individuato una categoria di contenuti, identificati come “spuri”, sempre espliciti o suggestivi che si creano però quando l’input – la descrizione o l’immagine di partenza – non è chiaro oppure è tendenzioso. Come esempio il team spiega che se al modello venissero richieste immagini di giocattoli e venissero invece generate immagini di pistole non giocattolo, tale generazione costituirebbe un contenuto spurio. La maggior parte dei contenuti spuri vengono a crearsi soprattutto in caso di equivoci, in contesti in cui una singola parola può assumere varie sfumature e rappresentare quindi concetti molto diversi tra di loro.

Un ulteriore problema è rappresentato da quei termini che vengono utilizzati come “sinonimi visivi” e che generano immagini lecite ma molto simili ad altre che invece non dovrebbero essere prodotte: è il classico esempio del ketchup confuso con il sangue, che l’algoritmo è in grado di rappresentare all’interno delle immagini ma senza capirne il contesto e ignorando il fraintendimento che si può creare. Per mitigare questo rischio sarebbe necessario allenare ulteriormente gli algoritmi

classificatori di testo per permettergli di capire che anche testi all'apparenza innocenti possono portare a generare immagini forti e violente.

DALL-E 2 può inoltre potenzialmente danneggiare individui e gruppi, denigrandoli o rafforzando stereotipi già esistenti (di etnia, di genere, ecc.) con un atteggiamento che riflette la base di dati utilizzata per il training e che è essa stessa intrisa di stereotipi e bias. Tra questi rientrano anche il come, per chi e da chi l'algoritmo è realizzato, a quali rischi viene data priorità e come vengono risolti, a quali utenti viene garantito l'accesso. I ricercatori hanno osservato una tendenza alla rappresentazione di persone bianche e generalmente occidentali laddove non venga specificato diversamente, con una propensione a ricalcare gli stereotipi di genere nella suddivisione dei lavori. Per cui se si chiede all'algoritmo di disegnare un costruttore ne uscirà sicuramente un uomo di mezza età, mentre alla richiesta di un assistente di volo, la figura generata sarà una giovane donna. Analogamente, se si vuole ottenere l'immagine di un avvocato ci si troverà davanti a un uomo bianco, mentre per un operatore sanitario il risultato sarà una donna, perlopiù latina o asiatica. In questo caso DALL-E 2 non fa altro che ricalcare stereotipi e forme di denigrazione che già la società mette in atto quando assegna o nega determinate opportunità o risorse a gruppi sociali, perciò risulta complicato correggere questo tipo di errore nell'algoritmo.

La preoccupazione maggiore dei ricercatori del Red Team era sicuramente quella legata ai rischi di molestie mirate, bullismo e sfruttamento di individui – in particolare per la funzione di *Inpainting*, che permette di caricare e modificare foto già esistenti. DALL-E 2 costituisce infatti un'alternativa gratuita, veloce e molto efficiente ai programmi per la modifica delle foto, aprendo la strada a un numero infinito di utenti alla generazione di immagini parzialmente vere e parzialmente false. Nonostante le misure di mitigazione, il sistema può ancora essere utilizzato per generare immagini che possono risultare dannose in particolari contesti e soprattutto difficili da identificare come false. Per questo motivo il team ha sottolineato l'importanza del controllo degli accessi e la necessità di maggiori investimenti su misure di restrizione più robuste, nonché di un rigoroso monitoraggio delle modalità di utilizzo e di condivisione delle immagini generate. Alcuni esempi riportati dal team sono:

- La modifica dell'abbigliamento: ad esempio l'aggiunta o la rimozione di capi di abbigliamento dal significato religioso (come una kippah o un hijab);

- L'aggiunta di elementi specifici come il cibo: è possibile realizzare l'immagine di un vegetariano che mangia un piatto di carne;
- L'inserimento di altre persone in una foto: si può aggiungere dal nulla o sostituire una figura con un'altra mentre, per esempio, si tiene per mano con il soggetto originale.

La pericolosità di queste pratiche risiede nel potenziale rischio di ricatto, estorsione e bullismo nei confronti delle persone raffigurate, soprattutto se si tratta di personaggi pubblici.

I Termini di utilizzo del programma richiedono che gli utenti ottengano il consenso prima di caricare foto o immagini altrui e che abbiano la proprietà e i diritti sull'immagine caricata. Tuttavia, restano aperte alcune questioni, ad esempio, su come le persone rappresentate nei dati di addestramento possono essere replicate nelle immagini generate e tutte le implicazioni legate alla generazione di somiglianze. L'algoritmo è stato programmato in modo da non poter replicare le immagini di addestramento ma è comunque possibile che si creino immagini che mescolano elementi reali e quindi identificabili e riconducibili a determinate persone. Se queste dovessero riconoscersi in fotografie false rischierebbero di subirne eventuali conseguenze non desiderate.

Un'altra problematica da non sottovalutare è quella legata alla disinformazione, in particolare alla diffusione di notizie false e tendenziose. Il Washington Post ha dimostrato di poter creare con DALL-E 2 immagini molto realistiche dell'assalto al Campidoglio del 6 gennaio 2021, che appaiono come fotografie molto plausibili, eppure false. Il pericolo di questa pratica – gratuita e accessibile a tutti – è molto evidente: al giorno d'oggi, con l'incontrollabile diffondersi delle *fake news*, uno strumento del genere aumenterebbe la difficoltà di distinguere foto reali da foto false. Si potrebbero così generare prove falsificate, mettere in scena eventi mai accaduti, aggiungere o rimuovere determinate persone da una scena, creare variazioni di immagini per fomentare narrazioni propagandistiche e molto altro.

Tutte queste funzionalità potrebbero essere utilizzate per creare account falsi o diffondere contenuti dannosi e non è ben chiaro fino a che punto l'efficacia di DALL-E 2 sia migliore di altri strumenti utilizzati a questi scopi e di come si possa impedirne un uso scorretto. Infatti, anche se l'algoritmo firma le sue immagini con un logo di pixel colorati sempre presente in basso a destra, questo

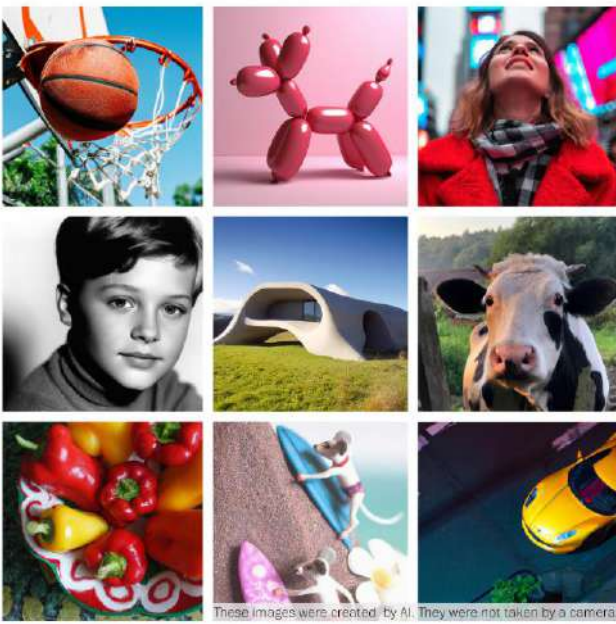
non è sufficiente a prevenire che tali immagini vengano utilizzate nel modo scorretto e fatte passare per vere.

È anche possibile creare liberamente immagini che rappresentano personaggi pubblici poiché le loro fotografie sul web sono numerose e molto facilmente reperibili. Ciò non è di per sé sbagliato ma i ricercatori hanno comunque preferito modificare la capacità di DALL-E 2 di memorizzare i volti dal dataset di addestramento per limitarne la riproduzione fedele. Purtroppo però intervenire a livello di conoscenza interna di un modello non è sempre efficace: si può rendere più difficile la generazione di output dannosi ma questo non significa che sia impossibile, perciò il programma rimane in grado di danneggiare personaggi pubblici laddove utilizzato da malintenzionati, ad esempio per scopi di diffamazione.

Il Red Team infine evidenzia che, anche se al momento DALL-E 2 non ha scopi commerciali, non sono da escludere eventuali implicazioni economiche in futuro. Può infatti essere utilizzato per migliorare alcuni compiti come il fotoritocco o anche la produzione di fotografie di stock che andrebbero a sostituire tutta una serie di figure (designer, fotografi, modelli, artisti, ecc.) semplificando molti lavori e riducendo i costi per le aziende che ne fanno uso ma, allo stesso tempo, sollevando questioni etiche come quella delle macchine che sottraggono il lavoro alle persone. Come visto finora, il programma è ancora limitato su alcuni concetti ma se un giorno ne venisse consentito l'uso commerciale bisognerebbe affrontare i suoi limiti ed eventualmente migliorarlo ed aumentare le sue capacità. Questo discorso, tuttavia, vale solo per gli usi commerciali diretti perché in realtà è già possibile trarne un valore economico in maniera indiretta: chiunque può, infatti, aprire un profilo social e pubblicare le proprie creazioni realizzate con DALL-E, accumulando una base di followers che porti a veri e propri guadagni; oppure utilizzare il programma per sviluppare nuove idee dal valore commerciale, senza poi utilizzare effettivamente le immagini generate da esso.



**Fig. 14:** Le immagini che DALL-E ha generato alla richiesta *“Protesters outside the Capitol building on January 6, 2021, AP style”*.



These images were created by AI. They were not taken by a camera.

**Fig. 15:** Alcuni esempi di immagini iperrealistiche create da DALL-E (fonte «The Washington Post»).



Fig. 16: Alcuni esempi di immagini stereotipate create da DALL-E di fronte ai prompt “a builder”, “a flight attendant”, “a lawyer” e “a nurse”.

Gli studi del Red Team sono stati fondamentali per comprendere meglio il funzionamento di DALL-E 2, tutti i suoi utilizzi e conseguenti rischi. L'inserimento di funzioni limitative alla generazione di determinati contenuti è stato ritenuto necessario dal momento che il programma è ora accessibile a chiunque e ulteriori limitazioni potranno ancora essere implementate in futuro. Questa tecnologia è infatti destinata ad affermarsi sempre di più non solo in ambito ricreativo ma anche in ambito produttivo e commerciale, perciò è utile capirne fin da subito i benefici e gli svantaggi che porta con sé per farne un uso il più possibile corretto e proficuo, limitando la disinformazione e assicurandosi che gli utenti che la utilizzano siano consapevoli ed informati.

### **2.3.2 Il vero scopo di DALL-E 2**

Anche se alcuni esperti del settore sostengono che lo sviluppo di DALL-E 2 (e delle sue versioni successive) non porti alcun progresso negli studi sull'AI, il fascino creato da un programma in grado di restituire visivamente ogni nostro pensiero, attraverso immagini magnetiche e una fantasia tanto infantile quanto libera, lo rende comunque un'attrazione irresistibile per ogni tipo di pubblico – a prescindere dall'uso che poi verrà fatto delle immagini generate. E, in effetti, era proprio questa la volontà degli sviluppatori di DALL-E 2, ovvero dare la possibilità a tutti gli utenti di esprimersi attraverso la creazione di immagini con uno strumento che amplifica le capacità umane. La sua interfaccia semplice ed intuitiva lo rende accessibile a tutti, facendo in modo che anche le persone senza particolari talenti grafici possano esprimere la propria arte, trasformando l'immaginazione in realtà. Inoltre, può essere utilizzato per scopi personali e non commerciali di ricerca ed esplorazione della propria creatività anche se, come detto in precedenza, non è proibito l'uso per scopi commerciali indiretti: si possono così creare illustrazioni per copertine di libri o album, per le proprie pagine social e per i propri progetti, con grafiche sicuramente uniche e fantasiose.

Anche da un punto di vista più tecnico DALL-E 2 è uno strumento utile ed importante perché permette di capire come l'AI si sta evolvendo. Tutte quelle tecnologie che rientrano sotto la definizione di intelligenza artificiale eseguono efficacemente i compiti per cui sono programmate, ma è naturale chiedersi se esse stiano semplicemente mettendo in atto ciò che hanno imparato (con l'addestramento e con l'esperienza) oppure se raggiungano un certo grado di



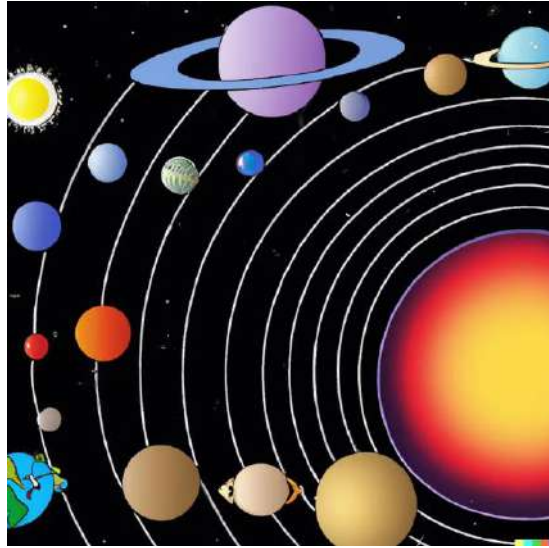
comprensione e consapevolezza delle proprie azioni. Sul web sono disponibili molti altri programmi che, come DALL-E 2, possono creare immagini a partire da input testuali o modificare immagini già esistenti, ma i risultati che questi restituiscono, per quanto possano apparire artistici e affascinanti, sono ben diversi da quelli di DALL-E 2 poiché tendono a storpiare le immagini e a dar vita a soggetti piuttosto astratti. DALL-E 2, al contrario, ha dimostrato di saper riprodurre precisamente ciò che l'utente gli chiede, generando immagini così accurate che talvolta sono difficili da riconoscere come non vere. È come se l'algoritmo fosse in grado di vedere e di capire il mondo esattamente come facciamo noi, senza limitarsi a riprodurre ciò che gli viene mostrato in maniera meccanica ma dando la sua interpretazione e rispettando le leggi che governano le cose. Non è semplicemente uno strumento di produzione di immagini ma è una macchina dotata di intelligenza, che sa migliorarsi ad ogni nostro utilizzo e che per questi motivi si dimostra tanto affascinante quanto potenzialmente pericolosa.

Nonostante tutto però DALL-E 2 continua ad avere alcuni limiti e difetti che, secondo alcuni studiosi, lo rendono ancora più interessante. Vedere infatti dove il sistema fallisce o non è in grado di arrivare permette di capire meglio quali sono gli aspetti del mondo reale che la tecnologia (anche quella più intelligente) non è in grado di afferrare completamente. Tra questi *bug*, vi è innanzitutto l'incapacità di generare testi di senso compiuto: questo problema ha le sue radici nel fatto che la tecnologia alla base di DALL-E 2 può solamente associare immagini a testi forniti dall'utente, ma non è integrata con un sistema di NLP (*Natural Language Processing*). Sicuramente questo problema verrà risolto con futuri aggiornamenti ma, per ora, tutto ciò che DALL-E 2 è in grado di dire è un miscuglio di lettere senza alcun significato. Inoltre, non sa nulla di scienza, per cui chiedere un diagramma anatomico, un'immagine a raggi X, una prova matematica o un progetto porterà alla creazione di immagini che sembrano superficialmente giuste ma che sono fundamentalmente sbagliate.<sup>41</sup> Dunque, forse, DALL-E 2 non comprende del tutto la nostra realtà ma cerca di rappresentarla attraverso le informazioni che noi gli forniamo. Infine, un suo grande limite è la rappresentazione realistica di volti umani che è la diretta conseguenza delle limitazioni introdotte in fase di addestramento per evitare la memorizzazione di volti reali che appaiono su internet.

---

<sup>41</sup> ELIZA STRICKLAND, *DALL-E 2's Failures Show the Limits of AI*, «Spectrum», 14 luglio 2022, <https://spectrum.ieee.org/openai-dall-e-2> (consultato in data 20 ottobre 2022).

A questo scopo, il programma rifiuta il caricamento di foto da parte dell'utente che contengano volti riconducibili a persone reali (non necessariamente famose), per impedire che si originino dei *deepfake*. I ricercatori di OpenAI hanno specificato che il sistema è stato ottimizzato per la generazione di immagini con un unico focus di attenzione, perciò il ritratto di un singolo volto immaginario sarà sicuramente molto accurato mentre in un'immagine corale i volti appariranno sfocati e ben poco riconoscibili.



**Fig. 17:** L'immagine generata da DALL-E 2 in seguito alla richiesta *“an illustration of the solar system, drawn to scale”* dimostra che l'algorithmo non sa riprodurre in modo scientificamente corretto il nostro sistema solare.



**Fig. 18:** L'immagine generata da DALL-E 2 in seguito alla richiesta *“an astronaut gazing back at Earth with a wistful expression on her face”* appare realistica ed espressiva.

## 2.4 Altre piattaforme per la generazione di immagini

Se DALL-E 2 è il programma più diffuso e anche quello più sviluppato dal punto di vista tecnico, grazie soprattutto al ruolo dell'azienda che lo ha creato, non è di certo l'unico attualmente disponibile online. Si trovano anzi sempre più applicazioni che ne imitano il funzionamento, con risultati più o meno ottimali, ma più accessibili sia dal punto di vista della gratuità sia perché scaricabili anche su smartphone (o comunque non necessariamente operabili esclusivamente su un cloud).

Midjourney è un altro programma di creazione di immagini basato sulla tecnologia GPT-3 che, esattamente come DALL-E 2, genera immagini a partire da descrizioni testuali. Prende il nome da un laboratorio di ricerca, guidato da David Holtz, che ha come obiettivo "l'esplorazione di nuovi mezzi di pensiero e l'espansione delle capacità immaginative della specie umana".<sup>42</sup> Le poche regole di buona condotta presenti sul suo sito chiedono agli utenti di essere rispettosi tra di loro e di non utilizzare il programma per creare immagini che potrebbero turbare altre persone, includendo tra queste i contenuti per adulti. Il suo funzionamento è analogo a quello di DALL-E 2: è sufficiente digitare una stringa di testo, attendere qualche istante e si vedrà apparire una griglia di quattro immagini che rispecchiano la richiesta fatta all'algoritmo. Con ulteriori strumenti è poi possibile selezionarne una e ingrandirne le dimensioni oppure crearne delle variazioni per quanto riguarda lo stile e la composizione. Nonostante sia ancora in fase beta, Midjourney è già in grado di produrre immagini di alto livello, poiché il risultato dipende soprattutto dall'eshaustività della frase inserita dall'utente.

Un elemento particolarmente interessante di Midjourney è la sua affiliazione a Discord, un'applicazione di chat sempre più popolare tra gli appassionati di videogiochi ma non solo, che ha permesso la nascita di una vera e propria comunità di creatori che utilizzano il programma per creare le proprie opere e condividerle con amici e seguaci.<sup>43</sup> Al suo interno gli utenti imparano a utilizzare il sistema *text-to-image*, scambiandosi consigli e idee per rendere migliore l'esperienza di utilizzo del programma. Alcuni di essi, ad esempio, hanno

---

<sup>42</sup> <https://midjourney.gitbook.io/docs/> (consultato in data 23 novembre 2022).

<sup>43</sup> In breve, Discord è suddivisa in *server*, cioè gruppi creati dagli utenti stessi (a ingresso pubblico o privato, quindi regolato da un moderatore) e basati su determinati argomenti di discussione. Al loro interno poi le discussioni si dividono in ulteriori canali, dove è possibile condividere testi, audio, foto e video.

realizzato delle guide per aiutare i principianti a digitare prompt esaustivi per ottenere le immagini desiderate. La capacità di digitare correttamente un prompt, infatti, non dipende solo dalla creatività dell'utente ma anche dalla conoscenza di alcune specifiche tecniche, per esempio il rapporto d'aspetto, che permettono la realizzazione di immagini migliori. In alcuni di questi server è stato inoltre osservato come uno dei modificatori più utilizzati dagli utenti sia "trending on artstation" perché aumenta automaticamente la qualità delle immagini generate.<sup>44</sup> Recentemente Midjourney ha rilasciato una nuova versione del suo algoritmo, V4, per migliorare i dettagli, le composizioni e soprattutto il realismo delle immagini.



**Fig. 19:** Immagine realizzata dall'ultima versione di Midjourney inserendo come prompt "*Stella McCartney fashion show, Milan runway, spring collection, rococo, fashion editorial photography*".

Un'altra applicazione di particolare interesse è Stable Diffusion, sviluppata dal gruppo CompVis all'Università Ludwig Maximilian di Monaco di Baviera nell'agosto 2022. A differenza di Midjourney e DALL-E 2, questa può funzionare direttamente sugli hardware che siano dotati di almeno 10 GB di RAM perché più "leggera".<sup>45</sup> La tecnologia su cui si basa non è quella delle GPT-3 ma utilizza un modello di diffusione latente<sup>46</sup> che è addestrato per rimuovere il rumore gaussiano (ovvero un insieme di segnali di disturbo distribuiti secondo una densità normale)

---

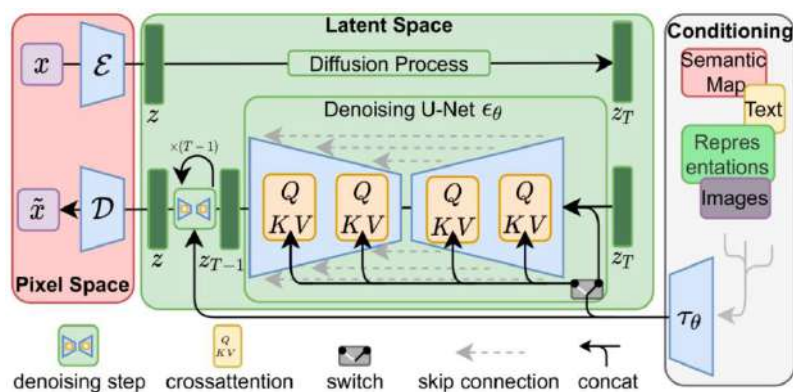
<sup>44</sup> JONAS OPPENLAENDER, *The Creativity of Text-to-Image Generation*, «Academic Mindtrek 2022», Tampere, 16-18 novembre 2022, p. 6.

<sup>45</sup> [https://it.wikipedia.org/wiki/Stable\\_Diffusion](https://it.wikipedia.org/wiki/Stable_Diffusion) (consultato in data 24 novembre 2022).

<sup>46</sup> ROBIN ROMBACH, ANDREAS BLATTMANN, DOMINIK LORENZ, PATRICK ESSER, BJORN OMMER, *High-Resolution Image Synthesis with Latent Diffusion Models*, «arXiv», 2021, <https://arxiv.org/abs/2112.10752v2> (consultato in data 24 novembre 2022).

dalle immagini di addestramento per poi ricodificarle in nuove immagini. In pratica, viene generata una serie di immagini a partire da quella originale via via sempre più “sporche” fino ad ottenere un’immagine che è rumore puro; da questa si esegue poi il processo inverso, durante il quale la rete neurale cerca ad ogni passaggio di predire il contenuto di disturbo che è stato aggiunto per sottrarlo all’immagine in esame. Se, in generale, i modelli di diffusione hanno dimostrato risultati all’avanguardia nella generazione di immagini, un loro aspetto negativo è la lentezza del processo di rimozione del rumore a causa della sua natura sequenziale e ripetitiva e, inoltre, occupano tantissima memoria. La diffusione latente può però ridurre le dimensioni e la complessità di calcolo applicando tutto il processo non direttamente allo spazio reale dei pixel, ma a uno spazio latente, più compresso e quindi di dimensioni inferiori. Le tre componenti principali di Stable Diffusion sono:

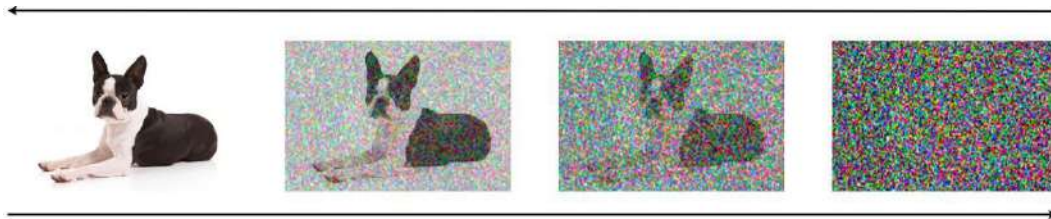
- un *autoencoder* variazionale (VAE), composto a sua volta da un *encoder* che converte l’immagine in una rappresentazione latente di piccole dimensioni da dare in input alla U-Net,<sup>47</sup> e da un *decoder* che invece ritrasforma la rappresentazione latente in un’immagine;
- una U-Net, che pulisce il segnale in uscita dall’*autoencoder* e prevede il rumore residuale che può essere utilizzato per calcolare la rappresentazione dell’immagine pulita;
- un codificatore di testo (CLIP) utilizzato per trasformare il prompt di testo in uno spazio di incorporamento che possa essere compreso dalla U-Net.<sup>48</sup>



**Fig. 20:** L’architettura del modello di diffusione latente utilizzata da Stable Diffusion.

<sup>47</sup> OLAF RONNEBERGER, PHILIPP FISCHER, THOMAS BROX, *U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation*, «arXiv», 2015, <https://arxiv.org/abs/1505.04597> (consultato in data 25 novembre 2022).

<sup>48</sup> [https://huggingface.co/blog/stable\\_diffusion](https://huggingface.co/blog/stable_diffusion) (consultato in data 25 novembre 2022).



**Fig. 21: Il processo di diffusione con aggiunta e rimozione del rumore.**

Stable Diffusion rappresenta quindi una valida alternativa a DALL-E 2 e Midjourney, sia per la tecnologia che introduce sia perché il suo codice è *open source*, ovvero non protetto da copyright e liberamente modificabile dagli utenti. Ha tuttavia delle limitazioni, tra cui la bassa risoluzione delle immagini (512 x 512 pixel) e la scarsa qualità di alcuni dati del set di addestramento che portano spesso alla generazione di difetti stilistici nelle immagini (il suo punto debole è il disegno di mani e dita). Inoltre anche Stable Diffusion, come gli altri modelli generativi basati su reti neurali, corre il rischio di essere utilizzato per la produzione di contenuti falsi a scopo di disinformazione o atti illeciti. I creatori hanno dunque aggiunto un watermark invisibile alle immagini per poterne garantire la riconoscibilità e hanno introdotto un meccanismo di mitigazione per prevenire la creazione di contenuti espliciti e violenti.

Sul web è possibile trovare alcuni confronti tra le immagini prodotte da DALL-E 2, Midjourney e Stable Diffusion a partire dallo stesso input di testo, che ne valutano le differenze per capire quale algoritmo sia migliore nella generazione di quali soggetti. È stato ad esempio osservato che DALL-E 2 è in grado di lavorare sulle immagini umane naturalistiche con ottimi risultati e anche Midjourney ottiene sempre immagini realistiche e sature di colori, mentre Stable Diffusion incontra maggiori difficoltà di fronte al realismo ma gode del supporto di un'ampia comunità grazie alla sua natura *open source* ed ha quindi ancora larghi margini di sviluppo.<sup>49</sup>

Per motivi pratici sono state qui descritte quelle più potenti e popolari, ma esistono molte altre piattaforme e applicazioni per la generazione di immagini, magari con prestazioni inferiori ma ben più accessibili, gratuite e scaricabili anche su smartphone. Tra queste è opportuno citare Craiyon, inizialmente nata come DALL-E mini, che è in poco tempo diventata virale online poiché utilizzata per

---

<sup>49</sup> ANJANA SAMINDRA PERERA, *DALL-E 2 vs Midjourney vs Stable Diffusion*, «MLearning.ai», 2 ottobre 2022, <https://medium.com/mllearning-ai/dall-e-2-vs-midjourney-vs-stable-diffusion-8eb9eb7d20be> (consultato in data 25 novembre 2022).

pubblicare meme sui social media. Anche Google nel corso del 2022 ha iniziato a sviluppare le sue piattaforme, purtroppo non ancora accessibili al pubblico: si tratta di Imagen e Parti. Imagen si basa su un modello di diffusione con altissimi livelli di fotorealismo e di comprensione del linguaggio. I ricercatori di Google hanno infatti notato che i modelli linguistici generici di grandi dimensioni addestrati solo su corpi di testo sono sorprendentemente efficaci nella codifica di testi per la sintesi di immagini; dunque, è sufficiente aumentare le dimensioni del modello linguistico per ottenere una maggiore fedeltà del campione e un migliore allineamento immagine-testo, senza dover lavorare sulle dimensioni del modello di diffusione delle immagini.<sup>50</sup> Parti (*Pathways Autoregressive Text-to-Image*) invece è un modello autoregressivo di generazione *text-to-image* capace anch'esso di ottenere risultati estremamente fotorealistici, dimostrando una complessa conoscenza del mondo. Google afferma che Parti e Imagen sono complementari nell'esplorare due diverse famiglie di modelli generativi – rispettivamente autoregressivi e di diffusione – aprendo interessanti opportunità di combinazione di questi due potenti modelli.<sup>51</sup>

Tutti questi modelli hanno le loro potenzialità e soprattutto i loro limiti, a partire dai rischi già ampiamente citati di replicazione di bias, creazione di contenuti dannosi e stereotipati, diffusione di disinformazione e false rappresentazioni. Ma, allo stesso tempo, aprono molte nuove possibilità alla creatività e produttività umana, funzionando da strumenti che amplificano le capacità di chiunque per esplorare nuovi orizzonti artistici. Inoltre, bisogna tener presente che lo studio dell'AI applicata al settore creativo e culturale è ancora ai suoi esordi e sicuramente nei prossimi anni sarà possibile assistere a una rapida evoluzione di questo tipo di tecnologie. Nasceranno nuove piattaforme, probabilmente differenziate tra professionali e amatoriali, nei contesti culturali “alti” sarà sempre più frequente trovare immagini digitali create con l'ausilio di AI e si avrà un quadro più definito di cosa significa fare arte con il supporto di modelli generativi. Per ora è sufficiente imparare a conoscerli e utilizzarli correttamente, per creare quanta più informazione possibile su queste tecnologie che ancora rappresentano un arma a doppio taglio.

---

<sup>50</sup> <https://imagen.research.google/#:~:text=State-of-the-art%20text-to-image> (consultato in data 25 novembre 2022).

<sup>51</sup> <https://parti.research.google/> (consultato in data 25 novembre 2022).



**Fig. 22:** Immagini ottenute da DALL-E 2 (sinistra), Stable Diffusion (centro) e Midjourney (destra) inserendo come prompt *“A beautiful Sri lankan woman wearing traditional clothes half immersed in the Ganges River looking at the camera with an hypnotizing glare. CANON Eos C300, f4, 15mm, natural lights”*.



A photo of a Corgi dog riding a bike in Times Square. It is wearing sunglasses and a beach hat.

An alien octopus floats through a portal reading a newspaper.

An extremely angry bird.

A cute corgi lives in a house made out of sushi.

**Fig. 23:** L’estremo realismo che caratterizza le creazioni di Google Imagen.



### 3. Opere d'arte e progetti realizzati con l'AI

«Computer are useless. They can only give answers.»  
Well Picasso (1881-1973), *it's a disagreement.*»<sup>1</sup>

Manifesto di Obvious.

I recenti sviluppi di programmi per la generazione di immagini come DALL-E 2 e Midjourney hanno improvvisamente posto artisti e critici davanti a un interrogativo di non semplice risoluzione: le immagini create da un'intelligenza artificiale possono e devono essere considerate arte? Per molti la risposta è no: il contributo di un artista nella creazione di un'immagine digitale è pressappoco nullo, è l'algoritmo che lavora assemblando elementi più o meno riconducibili agli input testuali che gli vengono forniti; ma il lavoro di un computer difficilmente è assimilabile alla creazione di un'opera d'arte, dal momento che il programma si limita ad eseguire ciò che l'utente gli richiede. Eppure, molti *digital artist* non sono d'accordo e vorrebbero ottenere un riconoscimento all'interno del sistema. La novità portata da queste nuove forme di creatività ha senza dubbio un forte impatto sul modo tradizionale di intendere l'arte, ma in un mondo ormai così permeato da tecnologia e digitale, in cui i discorsi su metaverso ed NFT (*Non-Fungible Token*) sono sempre più all'ordine del giorno, non bisogna stupirsi di fronte alle necessità dei *digital artist*. E se accettare le loro richieste di legittimazione ed accettazione nel sistema artistico appare a primo impatto complicato e a tratti scomodo, basta tornare con la mente a Duchamp e a come i suoi contemporanei accolsero la novità dei ready-made. I più si rifiutarono di vederli come creazioni artistiche e derisero la scelta dell'artista di elevare allo status di opere d'arte oggetti di uso comune – che oggi però troviamo esposti nei musei di tutto il mondo e che raggiungono cifre che forse lo stesso visionario Duchamp non avrebbe mai immaginato (una delle otto copie di *Fontana* è stata venduta da Sotheby's nel 1999 per 1,7 milioni di dollari).<sup>2</sup>

Un caso molto attuale che permette di comprendere meglio la ricezione di quest'arte da parte del pubblico ma anche di altri artisti è quello di Jason Allen, che alla scorsa edizione della Colorado State Fair ha vinto il primo premio come artista

---

<sup>1</sup> Obvious, *Artificial Intelligence for Art* (Manifesto), <http://obvious-art.com/wp-content/uploads/2020/04/MANIFESTO-V2.pdf> (consultato in data 24 ottobre 2022).

<sup>2</sup> [https://it.wikipedia.org/wiki/Fontana\\_\(Duchamp\)](https://it.wikipedia.org/wiki/Fontana_(Duchamp)) (consultato in data 24 ottobre 2022).

digitale emergente, portando in gara *Théâtre D'Opéra Spatial*, un'opera realizzata con AI.<sup>3</sup> La notizia ha creato scalpore e lo stesso Jason Allen si è dovuto giustificare chiarendo di non aver mai nascosto ai giudici l'utilizzo di un algoritmo di AI: l'opera è stata infatti presentata al concorso con la dicitura "Jason M. Allen via Midjourney". L'input inserito non è stato reso noto da Allen ma il risultato è un'ambientazione straniante, un mix tra futuro distopico e passato epico, in cui si intravedono figure umane in quella che potrebbe sembrare la corte di un palazzo reale che guarda il mondo da un gigantesco oblò.



**Fig. 24:** *Théâtre D'Opéra Spatial* di Jason M. Allen via Midjourney, l'opera digitale che ha vinto il primo premio alla Colorado State Fair.

Di fatto, è la prima volta che un'opera generata da AI viene presentata a un concorso e vince un premio, dunque è naturale che siano sorti numerosi dubbi che hanno diviso l'opinione pubblica. Secondo alcuni è scorretto chiamare arte qualcosa che è stato generato in pochi secondi da un programma, senza alcuna tecnica, sforzo o abilità da parte dell'artista. Nobilitare questo tipo di lavoro allo status di opera d'arte porterebbe a svalutare l'attività di artisti che impiegano anni di studio e ore di fatica nella realizzazione delle proprie opere, che sono veicoli di un messaggio personale ma che portano al loro interno il valore dell'impegno e della tecnica

---

<sup>3</sup> KEVIN ROOSE, *An AI-Generated Picture Won an Art Prize. Artists Aren't Happy*, «The New York Times», 2 settembre 2022, <https://www.nytimes.com/2022/09/02/technology/ai-artificial-intelligence-artists.html> (consultato in data 24 ottobre 2022).

applicati per la loro creazione. Per molti l'utilizzo dei programmi di AI non è sufficiente per diventare artisti, dal momento che si tratta di strumenti semplici e utilizzabili da chiunque, e di conseguenza ciò che viene generato – per quanto possa risultare interessante ed esteticamente bello – non potrà mai essere arte. L'utente che fornisce gli input al programma applica sicuramente una buona dose di creatività e fantasia ma è ben lontano dall'essere considerato un artista. Di conseguenza, secondo chi la pensa in questo modo, le immagini create da AI non andrebbero nemmeno ammesse ai concorsi accanto alle opere realizzate da artisti in carne e ossa, poiché i due concetti non sono minimamente accostabili tra di loro. D'altro canto, in molti sono convinti che l'assenza di tecnica e di manualità non siano motivazioni sufficienti per screditare le immagini generate da AI al punto da non poterle considerare creazioni artistiche. Le arti visive sono un veicolo di espressione di emozioni e credi attraverso l'impiego di immagini e non importa il mezzo impiegato per realizzarle, purché il messaggio venga trasmesso; anzi, strumenti di questo tipo sono un incentivo all'espressione per tutte quelle persone che non hanno grandi capacità artistiche e che possono realizzare qualcosa di personale. La collaborazione con la tecnologia non riduce il valore finale dell'opera né scredita l'artista che ne fa uso, poiché è lui a controllare l'atto creativo ed è il responsabile della sensibilità artistica che alla macchina manca.

Altri esempi molto attuali dimostrano che le opere degli *AI-artist* possono ormai essere considerate opere d'arte vere e proprie, sia per la presenza di un atto creativo alla loro origine sia per la loro esposizione in contesti ufficiali ed istituzionali.

### **3.1 Gli *AI-artist* e alcuni esempi di AI applicata alle arti visive**

Nel 2016 la banca ING in collaborazione con Microsoft, l'Università tecnica di Delft e il museo Mauritshuis dell'Aia ha dato vita a *The Next Rembrandt*, un ambizioso progetto di AI per la creazione di un ritratto nello stile del pittore olandese.<sup>4</sup> Si tratta del primo importante ingresso dell'AI nel mondo dell'arte, che ha richiesto un impiego considerevole di dati e ore di addestramento dell'algoritmo con lo scopo di insegnargli a riconoscere e replicare i dettagli tipici dello stile di Rembrandt, per poi arrivare alla realizzazione e alla stampa in 3D di un dipinto che

---

<sup>4</sup> <https://www.nextrembrandt.com/> (consultato in data 24 settembre 2022).

può essere perfettamente inserito nel suo repertorio originale e che rappresenta una sorta di catalogo ragionato dell'artista. Lo scopo dei promotori di questo progetto era quello di valorizzare il patrimonio artistico dell'Olanda, molto incentrato sulla pittura dei maestri del Secolo d'oro<sup>5</sup> ma non per questo escluso dalla ricerca artistica contemporanea caratterizzata dall'incontro con la tecnologia. Per la prima volta sono state sollevate questioni legate alla creatività e all'utilità di un progetto simile, questioni che ancora oggi sono al centro del dibattito sull'intreccio fra AI e arte. Questo esempio viene riportato per primo in questa sezione poiché rappresenta una delle prime creazioni pittoriche di un'AI ma, per l'approccio utilizzato (lo studio e la raccolta digitale delle opere di Rembrandt) può anche essere considerato come un progetto di AI applicata alla curatela delle collezioni, di cui si tratterà più approfonditamente in seguito.



**Fig. 25: *The Next Rembrandt*.**

- ***FLOW***

*Flow* è un progetto di ricerca nato nel 2019 come co-produzione tra il centro culturale Gluon e il Centro di Belle Arti Bozar di Bruxelles, per aprire un dialogo tra il pittore belga Luc Tuymans e Luc Steels, scienziato e ricercatore di AI, nonché fondatore dell'AI Laboratory all'Università di Bruxelles. I due protagonisti hanno lavorato insieme per cercare di rispondere a domande come: qual è il rapporto tra arte e AI? Può l'AI essere uno strumento per gli artisti contemporanei? Cosa succede quando gli algoritmi esaminano i dipinti, cosa vedono o non vedono? Può

---

<sup>5</sup> Si indica con questa denominazione il XVII secolo olandese, caratterizzato da prosperità e fioritura non solo in campo artistico ma anche nel commercio, nello sviluppo scientifico e nell'industria.

l'AI svolgere il ruolo di un curatore?<sup>6</sup> Luc Steels ha creato un sistema di reti neurali alimentato da un'ampia raccolta di dati relativi ai lavori di Tuymans e alle sue mostre, non per creare un nuovo dipinto utilizzando il suo stile, ma per esplorare il processo creativo, con particolare attenzione all'artista e ai processi mentali che avvengono durante la creazione. Il primo database per *Flow* è stato creato raccogliendo le immagini della mostra *La Pelle*, presentata a Palazzo Grassi alla Biennale di Venezia del 2019. L'idea alla base del progetto è proporre l'AI come un set di strumenti di supporto agli artisti del XXI secolo, esattamente come lo era la camera oscura per Vermeer e Canaletto, o la camera lucida per Ingres, tecnologie all'avanguardia per la loro epoca che affiancavano il lavoro manuale durante il processo di creazione delle opere. Per chi lavora con l'AI, l'arte rappresenta un terreno di studio ideale per capire meglio come funzionano le reti neurali artificiali ma anche quelle biologiche. *Flow* rappresenta quindi un campo di ricerca stimolante sia per lo scienziato sia per l'artista, il quale ha così la possibilità di visualizzare in termini scientifici i propri processi cognitivi che si attivano durante l'attività artistica.

Il progetto è stato poi mostrato al pubblico attraverso *Secrets. Artificial intelligence and Luc Tuymans*, una raccolta di video interviste tra il pittore e lo scienziato che illustra chiaramente le fasi del loro lavoro, suddiviso in elaborazione visiva ed elaborazione cognitiva.<sup>7</sup> La prima cerca di individuare nell'immagine analizzata le regioni focali verso le quali l'occhio umano è naturalmente attratto (bordi, linee, forme geometriche, zone con differenze di colore o di contrasto) e identifica forme e oggetti familiari. Successivamente, l'elaborazione cognitiva analizza le informazioni di tipo fattuale o emotivo che riesce ad estrarre dall'immagine. Viene così costruita una rete narrativa che possa dare un significato all'opera e collocarla nel suo contesto storico e culturale, anche grazie al supporto di una memoria semantica costituita da informazioni ricavate dal web.<sup>8</sup> L'algoritmo programmato da Steels ha analizzato le opere a ritroso, senza cercare necessariamente dei pattern, ma provando a ritrovare l'immagine originale a cui Tuymans si era ispirato. Per esempio, uno dei dipinti analizzati è *Secrets* (1990),

---

<sup>6</sup> <https://www.bozar.be/en/watch-read-listen/luc-tuymans-and-artificial-eye> (consultato in data 2 dicembre 2022).

<sup>7</sup> <https://gluon.be/art-and-research/projects/7817/flow-interviews/> (consultato in data 2 dicembre 2022).

<sup>8</sup> <https://kunstaspekte.art/event/secrets-artificial-intelligence-and-luc-tuymans?hl=en> (consultato in data 2 dicembre 2022).

che ritrae Albert Speer, un architetto e funzionario nazista, sulla base di una sua fotografia. Nonostante alcune modifiche di Tuymans (il volto leggermente ruotato, le proporzioni allungate e gli occhi chiusi), l’algoritmo è riuscito ad allineare il dipinto alla fotografia originale e a indicare i punti di maggior interesse, ovvero quelle aree di un’immagine su cui si focalizza di più lo sguardo dell’osservatore. Inoltre, basandosi su informazioni come il titolo dell’opera e la sua descrizione nel catalogo della mostra a Palazzo Grassi, l’algoritmo ha ricostruito il contesto del dipinto, restituendo in modo automatico la complessità semantica che si cela dietro una singola immagine.



**Fig. 26: Da sinistra a destra: il dipinto, la fotografia originale e gli allineamenti realizzati dall’algoritmo di Luc Steels per *Secrets* (1990) di Luc Tuymans.**

L’AI è qui utilizzata come una sorta di microscopio che rende visibili certe trasformazioni altrimenti impossibili da visualizzare e registrate solo a livello di subconscio.<sup>9</sup> Secondo Luc Steels è uno strumento analogo alla psicologia che permette di studiare processi mentali quali l’interpretazione o la produzione. L’artista non è del tutto irrazionale o intuitivo, perciò nella sua produzione entrano in gioco diversi significati (emozionale, culturale, personale, politico) che vengono catturati in un’unica opera, attraverso segni non-verbali. Per Luc Tuymans la tecnologia rappresenta un mezzo con cui espandere la ricerca artistica, che va incorporato tra gli strumenti di creazione. I nuovi media non sono negoziabili, permeano il contemporaneo e rendono inevitabile la presenza dell’elemento digitale nel mondo delle immagini.

---

<sup>9</sup> SINEM ASLAN, LUC STEELS, *Identifying Centres of Interest in Paintings Using Alignment and Edge Detection.*, in *Pattern Recognition. ICPR International Workshops and Challenges. ICPR 2021. Lecture Notes on Computer Science*, vol 12663, Cham, Springer, 2021, pp. 589-603.

## ▪ Anna Ridler

Nel 2017 l'artista inglese Anna Ridler ha creato un dataset di immagini disegnate da lei con inchiostro a china e ispirate al film *Fall of the House of Usher* (1929), trasposizione cinematografica del racconto di Edgar Allan Poe del 1839. Il dataset è stato poi mostrato ad una GAN che lo ha usato come base per creare nuovi disegni, successivamente ripresi e ridisegnati dall'artista. L'opera finale è un video di 12 minuti in cui si alternano le immagini generate dall'AI e quelle modificate da Anna Ridler, in una sequenza talvolta spiazzante e disturbante che porta a riflettere su come la tecnologia possa essere un supporto e un'assistente nel processo creativo, fornendo nuovi spunti agli artisti che scelgono di lavorarvi insieme.<sup>10</sup> Il lavoro di Ridler è artigianale, richiede tempo e attenzione soprattutto nella fase di creazione del set di dati che viene poi utilizzato nell'addestramento; lei stessa sostiene che:

«[...] sarebbe stato possibile realizzare l'animazione manualmente, ma optando per l'apprendimento automatico ho avuto modo di sottolineare e accentuare i temi legati al ruolo del creatore, alla reciprocità tra arte e tecnologia e agli aspetti della memoria con modalità che altrimenti non avrei avuto a disposizione».<sup>11</sup>

Uno dei suoi progetti più recenti, *The Shell Record*, è un set costituito da fotografie di conchiglie raccolte sulle rive del Tamigi e da immagini in movimento realizzate da una GAN addestrata proprio su quelle fotografie. L'opera digitale è stata creata con l'intento di essere venduta come NFT all'asta *Natively Digital* organizzata nel 2021 da Sotheby's ed è il risultato di mesi di lavoro per la raccolta e la selezione di conchiglie, che rappresentano sia una testimonianza organica della storia del fiume, sia un'antica forma di valuta dal valore instabile forse paragonabile alle moderne criptovalute.<sup>12</sup> L'approccio di Anna Ridler all'AI e alle GAN si adatta perfettamente all'universo degli NFT (*Non-Fungible Token*), ovvero contenuti digitali che, grazie a un processo di tokenizzazione su *blockchain*, ovvero la memorizzazione di una transazione di criptovalute su un registro elettronico criptato e sicuro, vengono dotati di un codice identificativo che ne garantisce la

---

<sup>10</sup> <http://annaridler.com/fall-of-the-house-of-usher> (consultato in data 27 settembre 2022).

<sup>11</sup> ANNA RIDLER, *Set di dati e decadenza: Fall of the House of Usher*, in ALICE BARALE, *Arte e intelligenza artificiale. Be my GAN*, Milano, Jaca Book, 2020, p. 115.

<sup>12</sup> <http://annaridler.com/the-shell-record-2021> (consultato in data 27 settembre 2022).

proprietà digitale. È la dimostrazione che gli stessi artisti, forse i più audaci, sono attratti dall'impiego delle nuove tecnologie e riescono a vedere in esse delle alleate piuttosto che delle rivali, scorgendo l'infinito potenziale che queste sono in grado di sbloccare. Non a caso proprio Anna Ridler è stata inserita da Artnet tra i nove artisti pionieri che esplorano il potenziale creativo dell'AI e nel 2019 ha ricevuto il premio Golden Nica all'Ars Electronica di Linz nella categoria "AI & Life Art".<sup>13</sup>

#### ▪ Memo Akten

Anche l'artista e musicista turco Memo Akten lavora con gli algoritmi per creare immagini che aprono lo sguardo e la mente sulla natura, l'universo e le leggi che lo regolano, attraverso forme creative che sarebbero difficili da raggiungere senza l'impiego di *Deep Dream*, un algoritmo di *deep learning* sviluppato da Google nel 2014 per tentare di capire meglio il comportamento degli algoritmi di AI. All'algoritmo precedentemente addestrato vengono mostrate immagini che non ha mai visto e che non sa riconoscere; a partire da queste ne genera di nuove cercando gli elementi che già conosce, in una catena potenzialmente infinita di creazione di pattern dagli effetti quasi allucinogeni. È il caso di *Journey through the layers of the mind* (2015) dove, a partire da una foto del proprio volto, Memo Akten ha utilizzato il software *Deep Dream* per generare nuove immagini in cui tratti è possibile riconoscere il muso di un cane, o la testa di una lumaca, o altri



**Fig. 27: *Journey through the layers of the mind* (2015) di Memo Akten, fotogrammi dal video realizzato tramite l'impiego di *Deep Dream*.**

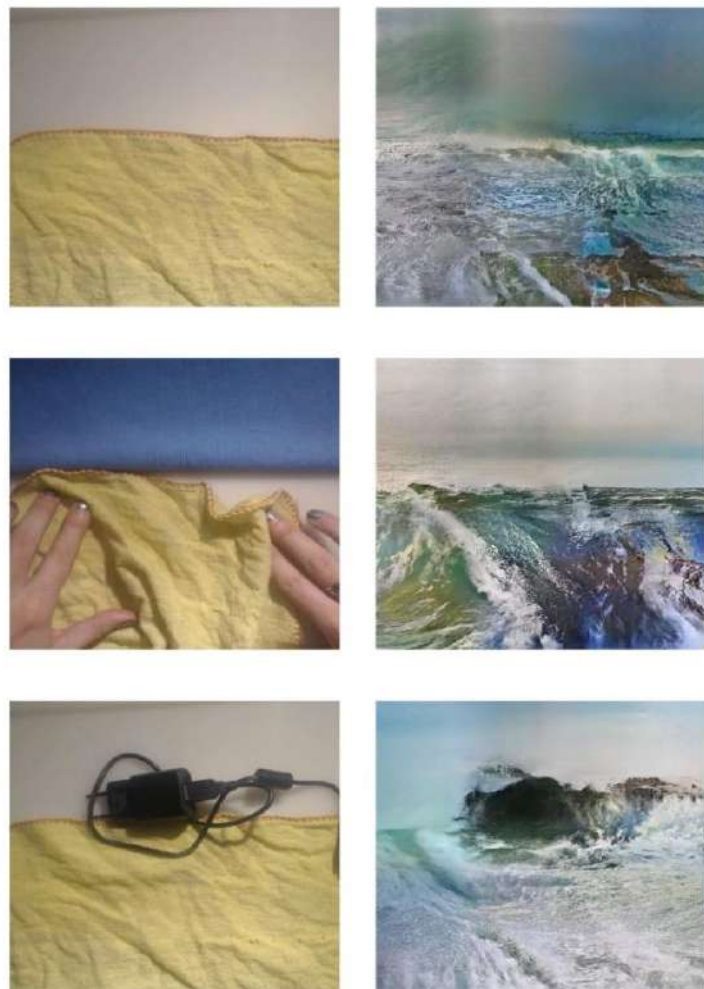
---

<sup>13</sup> <http://annaridler.com/bio> (consultato in data 27 settembre 2022).



dettagli zoomorfi – ovvero i soggetti che l’algoritmo ha già visto e che cerca nell’immagine che gli viene fornita.<sup>14</sup>

Un altro lavoro di Memo Akten che sfrutta il *deep learning* è *Learning to See: Gloomy Sunday* (2017), un’installazione interattiva in cui una telecamera è puntata su un tavolo su cui sono disposti alcuni oggetti di utilizzo quotidiano. Nel 2019 al Barbican Centre di Londra il pubblico poteva interagirvi, muovendoli a proprio piacimento e vedendo in tempo reale su uno schermo come la scena veniva reinterpretata dalle reti neurali, addestrate su cinque diversi database corrispondenti ai quattro elementi naturali più alcune immagini dal telescopio Hubble. Da semplici oggetti come un panno o un caricabatterie, l’algoritmo – sfruttando una sorta di fantasia che può ricordare quella dei bambini che cercano forme familiari nelle



**Fig. 28:** Alcuni esempi di come in *Learning to See: Gloomy Sunday* (2017) l’algoritmo interpreta gli oggetti che vede.

---

<sup>14</sup> <https://www.memo.tv/works/journey-through-the-layers-of-the-mind-2015/> (consultato in data 27 settembre 2022).

nuvole – vede e restituisce soggetti che già conosce, come mari in tempesta, scogliere o mazzi di fiori.<sup>15</sup>

Attingendo da campi quali la fisica, le neuroscienze, la psicologia, l'antropologia, la teologia, la storia e l'antropologia, Memo Akten utilizza l'AI come uno strumento per studiare i processi che danno forma al mondo e sviluppa sistemi per astrarre il comportamento umano, cercando di dare maggiore familiarità a queste nuove tecnologie.

#### ▪ **Obvious**

Il momento definitivo in cui l'AI è entrata nel mondo dell'arte contemporanea è rappresentato dalla vendita, presso la casa d'aste Christie's nel 2018, di un dipinto interamente generato da un algoritmo: il *Ritratto di Edmond de Belamy* che, inizialmente stimato tra i 7'000 e i 10'000 \$, è stato poi battuto a 432'500 \$. Fa parte di una serie di undici ritratti che compongono l'albero genealogico della famiglia Belamy (nome inventato ma trasposizione in francese di Goodfellow, ovvero l'ideatore della rete generativa avversaria), raffigura con una pittura un po' sfocata un elegante uomo vestito di nero ed è firmato da una formula matematica che è una parte della stringa di programmazione dell'algoritmo. Obvious, il collettivo francese che ha dato origine a quest'opera (composto da Hugo Caselles-Dupré, Pierre Fautrel e Gauthier Vernier), ha addestrato una rete generativa avversaria su una base di dati composta da circa 15'000 immagini di dipinti realizzati tra XIV e XX secolo. Dopodiché l'algoritmo ha fatto tutto da sé, producendo i vari ritratti seguendo i diversi periodi della storia dell'arte.<sup>16</sup> Tuttavia, come hanno fin da subito sostenuto i membri di Obvious di fronte a critiche e scetticismi, questo tipo di produzione artistica non esclude gli artisti dal processo creativo; semmai ne modifica il ruolo. Agli artisti spetta la scelta del tema, la creazione del dataset di training, la programmazione dell'algoritmo stesso: è un modo diverso di fare arte, che richiede un più ampio approccio alla creatività. Il fatto stesso che il dipinto sia stato esposto e venduto a una cifra importante in una casa d'aste, porta a riflettere sui cambiamenti che, come la storia insegna, provengono per lo più da chi l'arte la crea e la esplora da punti di vista sempre più inattesi ed innovativi. Il mercato e l'opinione pubblica reagiscono di conseguenza,

---

<sup>15</sup> <https://www.memo.tv/works/learning-to-see/> (consultato in data 27 settembre 2022).

<sup>16</sup> OBVIOUS, *La Famille de Belamy e i sogni elettrici di Ukiyo: reinterpretazioni e accelerazioni*, in A. BARALE, *Arte e intelligenza artificiale. Be my GAN*, pp. 167-179.

non sempre accogliendo immediatamente le novità ma anzi mettendole in dubbio. Questo atteggiamento non va mai etichettato come negativo poiché è la risposta spontanea che l'uomo – e di conseguenza la società – ha di fronte all'inatteso, un primo impatto sconvolgente che porta nuovi stimoli e riflessioni, fa sorgere dubbi e costringe a un'auto-analisi di ciò che si è stati e ciò in cui si ha creduto fino a quel momento. Solo dopo questo periodo di assestamento un cambiamento può essere compreso e accettato, per poi diventare consuetudine.

Gli artisti/ricercatori di Obvious portano avanti le loro sperimentazioni artistiche per dimostrare che gli algoritmi possono aiutare a capire meglio il funzionamento dell'essere umano nei contesti creativi e servono anche da spinta verso il miglioramento e la produzione di opere sempre più uniche e innovative. Allo stesso tempo, l'arte dimostra di essere il supporto perfetto per svolgere nuove ricerche sull'AI e sull'interazione uomo/macchina. Come sostengono nel loro manifesto, infatti, l'arte è tangibile (offre risultati concreti), accessibile (chiunque ha un minimo di affinità con essa), interpretabile (apre quesiti e conduce a dibattiti) e libera (senza limiti alla creatività) e rappresenta quindi il campo perfetto per sperimentare con l'estro artistico espresso dall'AI.<sup>17</sup>



**Fig. 29: Il *Ritratto di Edmond de Belamy* (2018) realizzato da una GAN creata dal collettivo francese Obvious. Nell'angolo in basso a destra la firma dell'algoritmo.**

---

<sup>17</sup> <http://obvious-art.com/wp-content/uploads/2020/04/MANIFESTO-V2.pdf> (consultato in data 28 novembre 2022).

▪ **Robbie Barrat**

In *Infinite Skulls* (2019) assistiamo invece alla collaborazione tra un pittore, Ronan Barrot, e un *AI-artist*, Robbie Barrat che, come in un duetto, creano una serie di opere avvalendosi delle GAN: il punto di partenza sono i teschi che Barrot disegna in quasi tutti i suoi dipinti, i quali vengono poi mostrati all'algoritmo programmato da Barrat, che ne crea di nuovi ulteriormente modificati in pittura da Barrot. Qui non solo avviene uno scambio continuo tra uomo e macchina ma si assiste anche all'alternarsi di medium diversi, il digitale e il pittorico. Il lavoro è affascinante poiché in un primo momento le immagini presentate all'algoritmo avevano tutte lo stesso layout e perciò i risultati ottenuti erano piuttosto simili agli originali. In un secondo tempo invece Barrat ha deciso di mostrare alla GAN le stesse immagini ma con formati e prospettive diverse e i risultati sono stati molto più vari, fantasiosi e talvolta inquietanti. L'autore "primario", in questo caso Ronan Barrot, affida la sua arte all'algoritmo che diventa autore e allo stesso tempo opera d'arte, producendo nuove immagini e quindi nuovi spunti di lavoro, senza mai negare l'autorialità originale.<sup>18</sup>

Lo stesso Robbie Barrat, nonostante la sua giovane età, aveva d'altronde già lavorato con algoritmi di AI per creare opere d'arte, in particolare una serie di nudi dall'effetto disturbante e allo stesso tempo affascinante. L'aspetto insolito di queste immagini è la loro distanza dalla realtà – è quasi impossibile riconoscerci dei nudi femminili – causata da una sorta di glitch nell'algoritmo. In un'intervista per «Artnome», Barrat ha paragonato il suo ruolo a quello di Sol Lewitt che era solito scrivere una lista di istruzioni per la realizzazione dei suoi disegni che poi lasciava



**Fig. 30 e 31: AI Generated Nude Portrait #3 e #4 (2018) di Robbie Barrat.**

---

<sup>18</sup> A. BARALE, *Arte e intelligenza artificiale. Be my GAN*, pp. 215-218.

ai collaboratori, i quali dovevano interpretarle e realizzare ciò che lui richiedeva.<sup>19</sup> Nel passaggio tra l'idea dell'artista, l'istruzione e l'opera realizzata, chiaramente si potevano creare delle differenze, causate da errori o fraintendimenti; allo stesso modo, l'algoritmo può interpretare diversamente le istruzioni del suo programmatore e portare a risultati inaspettati.

Le ricerche di Robbie Barrat, un vero e proprio prodigio dell'*AI-art*, non si esauriscono nell'ambito della pittura e delle GAN. Lavorando per NVIDIA, un'azienda tech di San Francisco, ha progettato una rete neurale capace di comporre canzoni rap basate sull'intera discografia di Kanye West: RAPBOT è stato allenato su oltre 6mila frasi di testi del rapper statunitense fino ad imparare a generare canzoni utilizzando la sua stessa cadenza. In un altro progetto recente e ancora in corso ha invece utilizzato un dataset di video di sfilate, foto da cataloghi e campagne promozionali di Balenciaga per dare vita a una nuova collezione che rispetta perfettamente i tratti caratteristici del brand di alta moda: blocchi di colore, pattern stravaganti, tagli asimmetrici e volumi che sembrano scolpiti. La rete neurale qui utilizzata, pix2pixHD, non ha alcuna consapevolezza della funzione dei diversi elementi dell'abbigliamento, non conosce i gusti, gli stili o la storia del brand ed è quindi in grado di produrre schizzi di abiti che a primo impatto risultano strani ma che un essere umano forse non sarebbe mai arrivato a immaginare, acquisendo totale unicità.<sup>20</sup>

#### ▪ **Lorem**

Il compositore americano Danny Elfman e Lorem hanno recentemente collaborato per la realizzazione di un videoclip che accompagnasse un brano eseguito da Blixa Bargeld, frontman del gruppo tedesco Einstürzende Neubauten.<sup>21</sup> Lorem è un progetto italiano curato da Francesco d'Abbraccio, musicista, artista e ricercatore che lavora con reti neurali e AI per produrre suoni, immagini e testi con un potente messaggio narrativo e talvolta politico.<sup>22</sup> Dal 2016 l'artista sfrutta l'AI per sperimentare nuove creazioni passando da un medium a un altro, utilizzando le

---

<sup>19</sup> JASON BAILEY, *AI Art Just Got Awesome*, «Artnome», 5 aprile 2018, <https://www.artnome.com/news/2018/3/29/ai-art-just-got-awesome> (consultato in data 3 ottobre 2022).

<sup>20</sup> <https://aiartists.org/robbie-barrat> (consultato in data 29 novembre 2022).

<sup>21</sup> VALERIO VENERUSO, *L'italiano Lorem realizza videoclip con Intelligenza Artificiale per il compositore Danny Elfman*, «Artribune», 20 ottobre 2022, <https://www.artribune.com/television/2022> (consultato in data 26 ottobre 2022).

<sup>22</sup> <http://www.lorem.parts/> (consultato in data 27 ottobre 2022).

nuove tecnologie come strumenti a supporto della sua ricerca, che non limitano di certo la sua creatività ma anzi ne aumentano il potenziale. Il suo lavoro intreccia immagini, musiche e video e si traduce spesso in performance audiovisive in tempo reale che catturano lo spettatore in un'atmosfera avvolgente e densa di contenuti. In un'intervista a «t-magazine», in occasione della presentazione di *Distrust everything* al Seeyou sound festival di Torino del 2022, Lorem apre un nuovo dilemma:

«In un mondo in cui ancora le immagini hanno il valore di “evidenza” e di prova, quanto pericoloso e affascinante è un dispositivo che rende quasi indistinguibile un'immagine “catturata” da una sintetica? E cosa ci dice delle immagini e del nostro atteggiamento in quanto fruitori?».<sup>23</sup>

L'arte di Lorem dimostra che lavorare con l'AI non significa solamente utilizzarla come strumento di supporto per creare qualcosa di sorprendente con facilità, ma significa immergersi in una ricerca fatta di spunti e di significati che permettono di ampliare la tradizionale concezione di arte, integrando le nuove tecnologie al pensiero creativo. *Distrust everything* è un'installazione immersiva sviluppata attraverso sistemi di AI e fotogrammetrie 3D, che genera immagini e composizioni elettroniche sulla base di un dataset composto dalle trascrizioni di 21 anni di sogni di Mirek Amendant Hardiker, artista ed ex ricercatore in linguistica di Stanford con cui Lorem ha collaborato. Nel luglio 2022, l'installazione è stata portata anche a Venezia nella chiesa dei Santi Cosma e Damiano sull'isola della Giudecca. *In Time* è invece un videoclip in cui si susseguono in modo caotico una serie di suggestioni evocative del volto del compositore, Danny Elfman, in un intreccio di corpi umani, animali, elementi vegetali e ibridi, paesaggi terrestri e spaziali, il tutto generato da una AI. Il suo successo a livello internazionale è il risultato di un'attività di collaborazione con altri AI-artist, video artisti, ingegneri e musicisti che si concentra sulla loro interazione con i programmi, le tecnologie e i software che di volta in volta vengono utilizzati. Il suo obiettivo, infatti, non si limita alla produzione di materiale audiovisivo ma si concentra proprio sull'atto di

---

<sup>23</sup> ANNA VITTORIA MAGAGNA, *IN CONVERSATION WITH LOREM FROM SEEYOUSOUND FESTIVAL Presenting: “Distrust everything”*, «t-magazine», 16 marzo 2022, <https://www.t-magazine.it/post/in-conversation-with-lorem-from-seeyousound-festival-presenting-distrust-everything> (consultato in data 27 ottobre 2022).

lavorare a fianco delle tecnologie; inoltre, rifiuta l'idea secondo cui qualcosa di artificiale non possa essere capace di creatività o di collaborazione creativa, andando a sfumare i confini tra l'intervento umano e la produzione tecnologica.

▪ **Mario Klingemann (Quasimondo)**

Il caso di *Edmond de Belamy* non rimane isolato e viene subitaneamente raggiunto da un'altra opera battuta all'asta, stavolta da Sotheby's: si tratta di *Memories of Passersby I* (2019) di Mario Klingemann, uno dei più famosi AI-artist al mondo.<sup>24</sup> L'opera è in realtà un'installazione in cui un sistema di reti neurali produce in un ciclo potenzialmente infinito ritratti di persone che non esistono, anche in questo caso sulla base di un addestramento con migliaia di dipinti dei grandi maestri della pittura occidentale. Quest'opera apre un ulteriore interessante spunto di riflessione, ovvero la necessità da parte dello spettatore di essere presente davanti allo schermo per osservare qualcosa che non si ripeterà più, proprio perché l'algoritmo è continuamente al lavoro per produrre ritratti sempre diversi. In un'era in cui siamo costantemente connessi, bombardati di notizie, dati e immagini e in cui sembra impossibile perdersi qualsiasi cosa succeda, *Memories of Passersby I* ci ricorda che a volte è ancora necessario fermarsi ed essere presenti per poter partecipare. Qui il vero artista è l'algoritmo, Mario Klingemann ne è solo il programmatore e questo aspetto porta a rileggere ulteriormente il ruolo dell'artista che come lui stesso sostiene è una sorta di padre che attraverso la programmazione e l'addestramento insegna a un figlio, l'algoritmo, a stare al mondo senza più bisogno del suo aiuto.<sup>25</sup>

Mario Klingemann, in arte Quasimondo, si definisce “un artista e uno scettico con una mente curiosa”<sup>26</sup> che lavora con reti neurali, codici e algoritmi per capire, mettere in discussione e sovvertire il funzionamento interno dei sistemi di qualsiasi tipo, con particolare interesse per l'estetica e la percezione umana. Si è interessato ai linguaggi di programmazione fin dagli anni '80 e da quel momento ha cercato di creare in autonomia algoritmi capaci di sorprendere e di mostrare comportamenti creativi. Gli ultimi progressi dell'AI hanno quindi rappresentato un ulteriore slancio per la sua ricerca artistica. Nel 2018 ha realizzato *Neural*

---

<sup>24</sup> A. BARALE, *Arte e intelligenza artificiale. Be my GAN*, pp. 74-78.

<sup>25</sup> <https://www.sothebys.com/en/videos/the-hypnotic-allure-of-the-ai-art-generator> (consultato in data 3 ottobre 2022).

<sup>26</sup> <https://underdestruction.com/about/> (consultato in data 5 ottobre 2022).

*Glitch/Mistaken Identity*, una tecnica con cui è riuscito a manipolare delle GAN già addestrate alterando, eliminando o scambiando casualmente i pesi di addestramento. A causa della struttura complessa delle reti neurali questi glitch si manifestano sia a livello di texture sia a livello semantico, dando vita a una sorta di creatività imprevedibile. Sempre nel 2018, alla Seoul Mediacity Biennale, ha presentato *Uncanny Mirror*, un'installazione interattiva che produce ritratti degli spettatori in tempo reale, come uno specchio che anziché riflettere la realtà la filtra attraverso gli occhi di una AI.<sup>27</sup> Il tutto è possibile grazie a un sistema di fotocamere che analizzano i parametri biometrici delle figure che si posizionano davanti allo schermo e, a partire da quelli, realizza nuove immagini basate sulle persone viste in precedenza. Una delle sue ultime opere è *Appropriate Response* (2020), un complesso meccanismo con cui ha collegato una rete neurale basata sulla tecnologia GPT-2 che genera frasi di senso compiuto a un teleindicatore a palette di quelli che venivano utilizzati negli aeroporti, composto da 125 lettere. Lo spettatore, inginocchiato su un genuflessorio (anche questo, come il teleindicatore, un oggetto sempre meno diffuso) guarda il tabellone aspettando una risposta appropriata dalla rete, come un fedele aspetta una risposta dall'alto, sospeso tra la paura e la speranza.<sup>28</sup> Per Klingemann il messaggio è come un seme e lo spettatore rappresenta il terreno in cui questo viene piantato, ma proprio per le differenze che intercorrono tra i vari spettatori i messaggi assumono significati profondamente diversi, generando ogni volta nuove sensazioni.



**Fig. 32: *Appropriate Response* (2020) di Mario Klingemann.**

<sup>27</sup> A. BARALE, *Arte e intelligenza artificiale. Be my GAN*, pp. 97.

<sup>28</sup> Nella video intervista pubblicata sul suo sito web, Mario Klingemann afferma che la prima frase composta da questa nuova rete è stata «*The best thing that I can do is to get out of bed every year.*» <https://underdestruction.com/2020/08/29/appropriate-response/> (consultato in data 5 ottobre 2022).



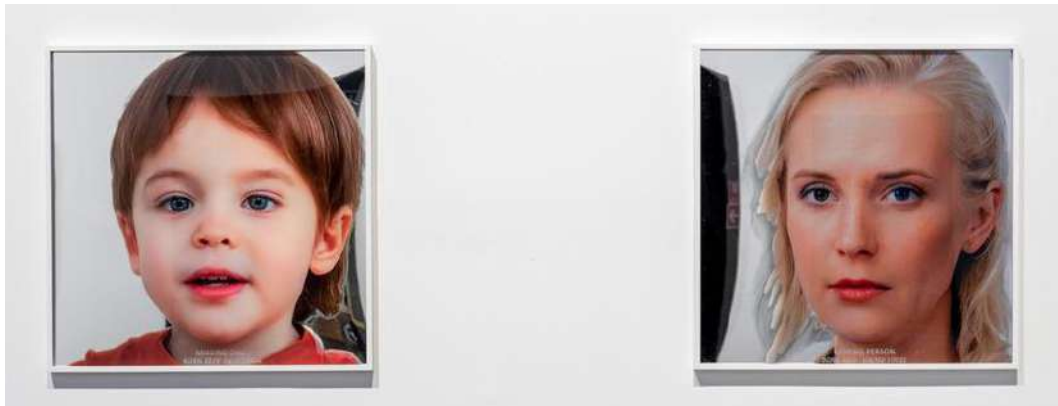


**Fig. 33: *Memories of Passersby I* (2019) di Mario Klingemann.**

▪ **Lynn Hershman Leeson alla Biennale di Venezia**

Il lavoro di Lynn Hershman Leeson è invece un caso recente di istituzionalizzazione di una pratica artistica che fa uso di una tecnologia molto moderna. Alla 59esima Esposizione Internazionale d'Arte curata da Cecilia Alemani, l'artista americana è stata invitata ad esporre alcuni dei suoi lavori realizzati con l'AI e che caratterizzano la sua ricerca basata sui nuovi media, le tecnologie e la loro interazione con una società in continua evoluzione. Si tratta di *Missing Person*, una serie di stampe su specchio che ritraggono persone inesistenti generate da una AI, e di *Logic Paralyzes the Heart*, un video che ripercorre la storia dell'AI e in cui la voce narrante è quella di un cyborg. Lynn Hershman Leeson usa la tecnologia per parlare di tecnologia e per analizzare l'impatto che questa ha nelle nostre vite di tutti i giorni, in termini di consumismo, sorveglianza, identità e relazione tra mondo reale e virtuale. La sua presenza alla Biennale di Venezia è sicuramente un momento di riconoscimento importante di una tecnologia – la GAN in grado di creare volti artificiali – che viene qui applicata per dar vita a una riflessione sui confini sempre più sfumati che separano la vita naturale da quella artificiale. Il suo lavoro ha anche ricevuto una menzione speciale “per aver indicizzato le preoccupazioni cibernetiche che attraversano le mostre in modo illuminante e potente, in un atteggiamento che risale anche a momenti visionari

della sua stessa pratica che prevedeva l'influenza della tecnologia nella nostra vita quotidiana.<sup>29</sup>



**Fig. 34: *Missing Child, Cyborg* (2021) e *Missing Person, Cyborg* (2021) di Lynn Heersman Leeson alla 59esima Biennale di Venezia – *Il latte dei sogni*.**



**Fig. 35: La stanza che ospita il video *Logic Paralyzes the Heart* è tappezzata da immagini di volti di persone inesistenti.**

Quelli visti finora sono casi, anche molto diversi fra di loro, di come gli artisti hanno incorporato l'AI nella loro pratica artistica, talvolta affiancandola ai media tradizionali, altre volte abbracciando completamente il digitale. Verrà ora affrontato un caso di quasi totale indipendenza dell'AI dall'intervento umano, perlomeno per quanto riguarda il processo creativo.

---

<sup>29</sup> <https://www.labiennale.org/it/news/biennale-arte-2022-i-premi-ufficiali> (consultato in data 28 ottobre 2022).

## ▪ BOTTO

BOTTO<sup>30</sup> è una combinazione di algoritmi di AI per la generazione di immagini (VQGAN, CLIP, GPT-3) che lavora grazie al sostegno di una comunità online (DAO, *Decentralized autonomous organization*) e che si definisce un artista autonomo decentralizzato. Nasce nel 2021 da un'idea di Mario Klingemann, che scrive l'algoritmo e lo addestra con termini neutri per poi lasciargli completa libertà nel processo di generazione. Ogni settimana BOTTO genera 350 opere (definite "frammenti" poiché non sono ancora considerate concluse) e le mostra alla comunità, i cui membri sono chiamati a votare per quelle che ritengono più artistiche ed esteticamente appaganti; i voti sono poi utilizzati dall'algoritmo come un riscontro immediato, delle linee guida per le creazioni successive. Una volta a settimana BOTTO mette all'asta su SuperRare una delle sue opere per poi venderla in forma di NFT al miglior offerente. I primi tre pezzi sono stati venduti per un totale di 900'000 \$ e dalle prime 22 settimane di operatività BOTTO ha generato ricavi per oltre 2 milioni di dollari. È un progetto pionieristico che scommette sull'autonomia e libertà di un algoritmo, aprendo una via alterativa e d'avanguardia sul modo di fare e condividere l'arte. Non vi è alcuna interferenza umana nel lavoro di BOTTO, l'unico supporto è quello dato dalla comunità che funziona come una sorta di pubblico che guida e indirizza le creazioni ma senza alcuna possibilità di intervento diretto sulla generazione delle opere. Il suo manifesto parla al plurale, è la voce di una comunità e allo stesso tempo di un'entità autogestita che vuole abbattere le barriere tra creatori e pubblico, sovvertendo i canoni tradizionali della storia dell'arte e delle figure che da sempre l'hanno caratterizzata. Quella di BOTTO non è più un'arte per pochi eletti, che si trova solo nei musei o nelle grandi case d'asta, ma è di tutti e per tutti, che guarda al futuro senza esitazione e rappresenta un punto di svolta nella collaborazione tra arte contemporanea e AI.<sup>31</sup>

---

<sup>30</sup> <https://www.botto.com/> (consultato in data 30 novembre 2022).

<sup>31</sup> <https://www.botto.com/dashboard/manifesto> (consultato in data 30 novembre 2022).

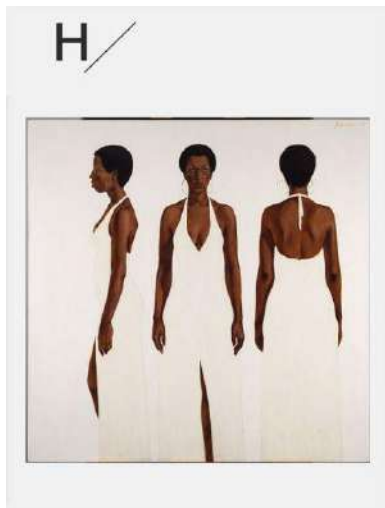
## 3.2 La curatela delle collezioni

L'AI entra a contatto con il mondo dell'arte non solo per quanto riguarda la creazione di opere, ma si dimostra un supporto anche nella gestione, catalogazione e curatela di collezioni già esistenti. Grazie alla capacità delle tecnologie di AI come la *computer vision* di prendere in esame in pochissimo tempo grandi quantità di dati e immagini e catalogarle secondo schemi ed etichette predefinite, queste vengono sempre più spesso utilizzate come strumenti per potenziare il lavoro dei curatori, con un approccio di stampo non tradizionale alle collezioni.

Un primo caso piuttosto esemplificativo è quello dell'Harvard Art Museum che, fin dal 2016, ha implementato l'uso dell'AI per descrivere le collezioni museali, grazie alle ricerche del dipartimento di Infrastrutture Digitali e Tecnologie Emergenti (DIET).<sup>32</sup> I ricercatori del DIET hanno creato un dataset composto da oltre 56 milioni di etichette e descrizioni generate automaticamente per descrivere circa 370 mila immagini di opere d'arte. Con questa mole di dati è stato possibile realizzare AI Explorer, uno strumento che permette di ottenere informazioni molto dettagliate sulle opere catalogate; tramite il riconoscimento delle caratteristiche e l'analisi dei volti, può predire sesso, età, emozioni dei soggetti che compaiono in dipinti, fotografie e sculture. Sono stati utilizzati cinque diversi servizi di *computer vision* – Amazon Rekognition, Clarifai, Imagger, Google Vision e Microsoft Cognitive Services – che per ciascuna immagine hanno generato annotazioni ed etichette per identificarne il contenuto e dare informazioni sempre più dettagliate sulle opere, da un punto di vista prettamente visuale. Questo modello offrirebbe al pubblico un approccio più semplice e immediato alle collezioni, perché l'AI non possiede alcuna conoscenza della storia dell'arte e quindi cataloga le opere esattamente come un farebbe un visitatore che entra per la prima volta nel museo. L'interfaccia è semplice da utilizzare, si può partire selezionando un'immagine dal sito, oppure cercando per parole chiave o per categorie. Dopodiché, si apre la scheda descrittiva dell'opera, divisa in due parti: prima vi sono le informazioni date dai curatori (titolo dell'opera, autore, data, classificazione, ecc.) e poi i dati ricavati dai sistemi di AI (etichette, analisi del volto e delle caratteristiche, descrizioni, ecc.).

---

<sup>32</sup> Harvard Art Museums <https://ai.harvardartmuseums.org/about> (consultato in data 2 dicembre 2022).



## Human Generated Data

**Title**  
October's Gone...Goodnight [🔗](#)

**People**  
Artist: Barkley L. Hendricks, American  
1945 - 2017

**Credit Line**  
Harvard Art Museums/Fogg Museum,  
Richard Norton Memorial Fund, 2010.2

**Date**  
1973

**Classification**  
Paintings

**Copyright**  
© Barkley Hendricks

## Machine Generated Data

### Tags

Amazon created on 2019-04-07	Clarifai created on 2018-03-16	Imagga created on 2018-03-16	Google created on 2018-03-16
Person 98.6	woman 99.5	sexy 50.8	standing 87
Human 98.6	illustration 99.5	dancer 46.3	shouider 82.9
Back 98.6	body 99.3	fashion 40	arm 68.1
Person 96.4	fitness 98.4	person 39.9	joint 66.8
Person 94.9	people 98.2	adult 39.7	back 62.8
Torso 71.1	sexy 98.1	body 38.4	neck 58.9
Arm 59.4	silhouette 97.9	model 37.3	costume design 56.4

### Face analysis

**Amazon**

**Microsoft**

**Google**

**AWS Rekognition**

Age	45-63
Gender	Female, 85.9%
Angry	5.3%
Sad	1%
Calm	7.5%
Confused	4.3%
Surprised	77.1%
Happy	1.3%
Disgusted	3.6%

### Feature analysis

**Amazon**

Person

Person 98.6%

### Captions

**Microsoft**

a group of people on a beach	62%
a group of people	61.0%
a group of people around each other	54.1%

Fig. 36: Esempio di una scheda d'opera dell'AI Explorer, il sistema creato dall'Harvard Art Museum per catalogare le proprie collezioni.

Perdipiù, questo tipo di ricerca è utile per approfondire il funzionamento degli stessi software di AI che, come delle scatole nere, lavorano senza rendere visibili i processi al loro interno. Perciò, l'Harvard Art Museum utilizza i propri dati forniti anche per identificare, laddove ve ne siano, le differenze e i pregiudizi insiti nei sistemi di AI.

Come l'Harvard Art Museum, anche altre istituzioni hanno iniziato ad appropriarsi delle nuove tecnologie per approfondire la conoscenza delle proprie collezioni e renderle accessibili ai visitatori in un'ottica del tutto nuova. Dal momento in cui i musei hanno iniziato a digitalizzare il proprio patrimonio (attività che ha subito una forte accelerazione negli anni della pandemia da Covid-19), i dati digitali relativi alle opere d'arte si sono moltiplicati e hanno reso possibile una rapida applicazione dei sistemi di *machine learning* e *computer vision* che, come già visto, hanno la capacità di analizzare in pochi istanti grandi quantità di dati, riorganizzarli secondo etichette predefinite, trovare pattern e scoprire nuove caratteristiche comuni che normalmente sfuggirebbero all'occhio umano, molto preciso per quanto riguarda la ricerca nel dettaglio ma purtroppo incapace di estrarre informazioni da insiemi troppo larghi. Ad esempio, il MoMA in collaborazione con Google Arts & Culture ha utilizzato l'AI per analizzare 30 mila fotografie di vecchie mostre, risalenti fino al 1929, e rintracciare le 65 mila opere che oggi fanno parte della collezione online.<sup>33</sup> L'algoritmo è stato in grado di riconoscerne oltre 27 mila e queste immagini sono state impiegate per tracciare nuovi collegamenti tra esposizioni passate e presenti, permettendo ai visitatori online di conoscere in quali altre occasioni e secondo quali modalità espositive le stesse opere erano già state presentate in passato. Un lavoro che prevede l'analisi di una così vasta mole di dati sarebbe stato impossibile senza il supporto di un potente mezzo come l'AI: la funzione di *clustering* delle reti neurali convoluzionali, infatti, estrae da ciascuna immagine caratteristiche visive e tecniche (colori, forme, oggetti, texture) e sulla base di queste le raggruppa in *cluster*, ovvero gruppi più piccoli che condividono le stesse caratteristiche.

Alcuni studiosi propongono una collaborazione tra curatori e sistemi di AI, secondo un approccio cooperativo in cui l'essere umano diventa parte di un apparato che permette di unire le conoscenze storico-artistiche con la potenza della

---

<sup>33</sup> <https://experiments.withgoogle.com/moma> (consultato in data 2 dicembre 2022).

tecnologia del *machine learning*. Il progetto *Training the Archive* (2020-2023) è nato al Ludwig Forum for International Art di Aachen proprio per approfondire l'idea secondo cui uomo e macchina possono lavorare insieme per riscoprire gli oggetti di una collezione digitale e offrire al pubblico un nuovo punto di vista sul patrimonio museale, dando vita alla cosiddetta *Curator's Machine*.<sup>34</sup> Si tratta di un concetto, non di una macchina vera e propria, che prevede l'interazione tra un sistema di AI ed esperti del settore per migliorare le ricerche curatoriali e l'esplorazione delle collezioni digitali dei musei al fine di elaborare nuove forme espositive. Per la sua attuazione sono stati elaborati tre possibili metodi. Un primo è quello di annotare gli schemi nascosti delle relazioni fra le opere d'arte, includendo aspetti quali il contesto, l'estetica, l'iconografia e i riferimenti storico-artistici, caratteristiche che sfuggono alla *computer vision* ma che possono essere insegnate a una rete neurale grazie alle conoscenze dei curatori. Un secondo metodo è la creazione di un sistema di raccomandazione che suggerisca di abbinare le opere d'arte a una determinata selezione di oggetti dalla collezione digitalizzata. Per farlo, vengono creati per ciascuna opera dei vettori di dimensioni fisse che ne descrivono e conservano le proprietà e vengono poi inseriti nello spazio latente dell'*autoencoder* di una rete, che li processa riducendone il rumore. Il sistema di raccomandazione viene quindi addestrato a individuare le relazioni tra opere diverse sotto la supervisione di un esperto che indica quali pezzi potrebbero essere giustapposti all'interno di una mostra. Infine, il terzo metodo proposto prevede l'allenamento di una GAN su un set ristretto di immagini preesistenti al fine di comprendere le regole di generazione di nuove immagini. Una volta individuate, ne vengono modificati i pesi per ottenere immagini specifiche e molto realistiche che però non esistono. Queste offrono un aiuto pratico laddove non vi siano sufficienti dati di partenza (ad esempio se il patrimonio digitalizzato di un museo è esiguo) e rappresentano un'opportunità per comprendere meglio le pratiche curatoriali.

---

<sup>34</sup> DOMINIK BÖNISCH, *Suggestions for a Curator's Machine: A Collaborative Approach to the Use of Artificial Intelligence in Art Museums*, in *Art, Museums and Digital Cultures. Rethinking Change*, a cura di HELENA BARRANHA, JOANA SIMÕES HENRIQUES, Lisbona, Institute of Art History, School of Social Sciences and Humanities, Universidade NOVA de Lisboa, 2021, pp. 136 e seguenti.

### 3.3 Intelligenza artificiale nella composizione di brani musicali

Sebbene l'ambito della cultura visuale è quello su cui si concentra particolarmente questo elaborato, è importante ricordare che non è l'unico in cui l'AI trova un'applicazione di tipo creativo. I software che utilizzano il *deep learning* per la generazione automatica di output possono infatti essere applicati ad altri contesti, dal momento che gli output a cui si fa riferimento possono essere costituiti non solo da immagini ma anche da altri tipi di contenuti, come testi e brani musicali. Per quanto concerne i testi, vi sono già stati alcuni tentativi di scrittura automatica di racconti o brevi romanzi (*The day the computer writes a novel* è stato uno dei primi romanzi ad essere presentato a un concorso letterario, in Giappone, da parte del team di ricerca sull'AI guidato dal professor Hitoshi Matsubara<sup>35</sup>), ma poiché il linguaggio naturale e la narrazione sono attività estremamente complesse, vincolate da regole grammaticali, semantiche e logiche, i testi scritti anche dagli algoritmi più potenti presentano ancora difetti stilistici e linguistici difficili da superare. Il discorso è diverso per quanto riguarda invece i brani musicali, non vincolati dalle norme rigide che caratterizzano i testi scritti e quindi più disponibili alle sperimentazioni creative dell'AI. Leggere un testo che non rispetta le logiche semantiche o la grammatica della lingua in cui è scritto, che non ha un senso o una direzione è infatti un'esperienza abbastanza sgradevole per un lettore, mentre l'ascolto di un brano imperfetto non suscita lo stesso effetto straniante. Ecco perché si stanno diffondendo sempre più applicazioni per la generazione automatica di composizioni musicali, utilizzate da musicisti e compositori come supporto al proprio lavoro o da amatori come espressione della propria creatività. In realtà, la tecnologia è al servizio della musica già dalla metà del XX secolo. Nel 1956 per la prima volta un computer, programmato da Lejaren Hiller e Leonard Isaacson, componeva *Illiac Suite*, un brano per un quartetto di archi realizzato con una serie di modelli probabilistici. L'incontro tra musica e AI è infatti agevolato dalla struttura matematica delle composizioni, di cui è possibile individuare un canone, estrarlo e replicarlo con variazioni sul tema. Tuttavia, vi sono diverse possibilità di utilizzo della tecnologia nella pratica musicale ed è quindi opportuno prendere in

---

<sup>35</sup> MICHAEL SCHAUB, *Is the future award-winning novelist a writing robot?*, «Los Angeles Times», 22 marzo 2016, <https://www.latimes.com/books/jacketcopy/la-et-jc-novel-computer-writing-japan-20160322-story.html> (consultato in data 8 dicembre 2022).



considerazione alcuni esempi pratici per delineare al meglio il rapporto di musicisti e compositori con l'AI.

Una delle applicazioni più utilizzate per comporre musica in modo automatico è Amper Music, ideata nel 2014 da Drew Silverstein, produttore e compositore per film, serie tv e videogiochi.<sup>36</sup> È sostanzialmente un algoritmo che permette a chiunque di creare musica in pochi istanti grazie alla combinazione di alti livelli artistici e avanzate tecnologie di AI. La tecnologia musicale, nella visione di Silverstein, aiuta a trasformare le idee in realtà, partendo dal presupposto che chiunque sia in grado di utilizzare la propria immaginazione abbia in sé del potenziale creativo. Offre la possibilità di abilitare e valorizzare questo potenziale sopito, rimuove le barriere all'espressione artistica e allo stesso tempo abbassa i tempi e i costi di produzione. L'utente che utilizza Amper Music può scegliere la durata del brano e delle sue singole parti (introduzione, corpo centrale e outro), anche per adattarlo a video preesistenti, si possono selezionare lo stile musicale, gli strumenti e il mood: tutto il processo è completamente personalizzabile fino al raggiungimento del risultato desiderato. Dopodiché, in pochi secondi si scarica il brano e si riceve una licenza perpetua, globale ed esente dai diritti d'autore per poterlo riprodurre e utilizzare a proprio piacimento. Quella proposta da Silverstein è una vera e propria democratizzazione della creatività, fenomeno che senza dubbio spaventa i professionisti del mestiere. Ma lui offre una visione ottimistica del suo progetto, sottolineando come l'applicazione possa rappresentare uno strumento utile a tutta quella categoria di creatori che già lavorano con musiche di stock – costose e difficili da reperire – come podcaster e videomaker, permettendogli di mettere in musica le proprie idee personali, senza allo stesso tempo togliere il lavoro a musicisti e compositori professionisti, i quali invece continuano a creare un'arte che è valutata per il modo in cui viene realizzata, ovvero l'originalità e la collaborazione con altri artisti. Per loro l'AI-music rappresenta uno strumento come altri per esplorare nuova musica e portare avanti ricerche innovative e sperimentali (è affascinante, ad esempio, la possibilità di collaborare con una versione digitale di sé stessi). I creatori professionisti per non soccombere alla democratizzazione della creatività devono dunque avanzare sulla catena del valore e sapersi reinventare: è proprio questo il punto chiave di qualsiasi ricerca artistica. Amper

---

<sup>36</sup> <https://www.ampermusic.com/> (consultato in data 8 dicembre 2022).

Music non potrà mai rimpiazzare la produzione musicale che deriva dalla collaborazione e dalle ricerche degli esseri umani ma di sicuro metterà in atto una rivoluzione creativa nel mondo della musica.<sup>37</sup>

Prima di passare ad analizzare il lavoro di alcuni artisti che hanno già introdotto l'AI nella propria musica, è utile descrivere un altro strumento di supporto nella realizzazione di brani. Si tratta di NSynth Super, un progetto sviluppato da Google Magenta, un piccolo gruppo dell'azienda che si concentra su arte e reti neurali artificiali, e presentato per la prima volta al Moogfest di Durham del 2017, il festival di musica, arte e tecnologia.<sup>38</sup> Nsynth Super è un algoritmo di *machine learning* costruito su un database di suoni raccolti da migliaia di strumenti diversi, di cui ha registrato le note per impararne le caratteristiche uditive (oltre 300 mila note musicali, ciascuna con intonazione, timbro e involuppo unici) per poi trasportarle su una serie di vettori matematici; con questi è in grado non solo di replicare i suoni originali ma di crearne di nuovi, unendo insieme due o più strumenti. È un vero e proprio sintetizzatore intelligente, che non crea brani in autonomia, ma che è in grado di replicare e mixare i suoni di un'ampia gamma di strumenti, mantenendone la qualità originale, per aiutare i musicisti nella composizione digitale di brani.

Utilizzando le reti neurali, genera suoni a livello di singoli campioni e offre agli artisti il controllo sul timbro e sulla dinamica, esplorando nuovi suoni che altrimenti sarebbero impossibili da produrre con un sintetizzatore manuale. Il suo codice di sviluppo è stato reso *open source* dai programmatori di Google e per utilizzarlo è necessaria un'interfaccia bidimensionale attraverso cui è possibile personalizzare i suoni e scegliere gli strumenti.

#### ▪ ***Beyond the Fence***

Uno dei primi ambiziosi progetti artistici realizzati interamente con procedure automatiche è *Beyond the Fence*, un musical composto nel 2016 con il patrocinio di Sky Arte, in cui tutti gli elementi dello spettacolo (testi, brani, soggetto, sceneggiatura, scenografia) sono stati prodotti con l'AI.<sup>39</sup>

---

<sup>37</sup> DREW SILVERSTEIN, *The Greatest Creative Revolution in the History of Music*, TEDxRoma, [https://www.youtube.com/watch?v=aH\\_uBvYIs24](https://www.youtube.com/watch?v=aH_uBvYIs24) (consultato in data 8 dicembre 2022).

<sup>38</sup> <https://nsynthsuper.withgoogle.com/> (consultato in data 8 dicembre 2022).

<sup>39</sup> MARK BROWN, *World's first computer-generated musical to debut in London*, «The Guardian», 1 dicembre 2015, <https://www.theguardian.com/stage/2015/dec/01/beyond-the-fence-computer-generated-musical-greenham-common> (consultato in data 9 dicembre 2022).



**Fig. 37: Il prototipo dell'interfaccia di NSynth Super sviluppato da Google Magenta.**

I ricercatori del *Machine Learning Group* dell'Università di Cambridge hanno raccolto dati da numerosi musical di successo per individuare le caratteristiche principali di alcune specifiche tecniche come il numero di attori, i contenuti, la scenografia, che potessero influenzare la buona riuscita dello spettacolo. Dopodiché è stata utilizzata una *What-If-Machine*, un software dell'Università Goldsmiths di Londra capace di generare ipotesi e conseguenze di determinate situazioni, proponendo idee molto creative e che in questo caso ha dato spunti sulle premesse della storia da sviluppare e sui personaggi principali. Anche la trama è stata scritta da un software (*PropperWryter*), sebbene sotto la supervisione umana, e le musiche sono state composte da *Android Lloyd Webber* – un algoritmo che omaggia uno dei più famosi compositori di musical, Andrew Lloyd Webber (autore fra gli altri di *Jesus Christ Superstar*, *Evita*, *Cats*, *The Phantom of the Opera* per citare solo alcuni dei suoi lavori più celebri). Il risultato è una storia che parla di aspirazioni, amore e unione ambientata nel 1982, portata in scena all'Arts Theatre di Londra da un cast giovane e versatile che non si è lasciato intimorire dall'innovazione del progetto. Si è trattato di un primo grande progetto che cercava di capire come arti performative e AI possano collaborare per creare insieme un nuovo tipo di arte e intrattenimento, senza comunque rinunciare all'expertise umana (tutto il progetto è stato infatti supervisionato da un compositore, Benjamin Till, e da uno scrittore, Nathan Taylor).

## ▪ **Cracking Danilo Rea**

“Cracking Danilo Rea” è uno spettacolo italiano che ha portato in scena uno dei più grandi pianisti jazz accompagnato da un software di intelligenza artificiale che interagiva con le improvvisazioni dell’artista, rielaborandole e improvvisando a sua volta nuovi suoni in un duetto imprevedibile e affascinante.<sup>40</sup> Il progetto è nato nel 2017 in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria dell’Università di Roma Tre, ideato dall’ingegnere Alex Braga e condiviso dal celebre jazzista, uniti in una performance in dialogo con una tecnologia di *machine learning*, AMI (*Artificial Musical Intelligence*).<sup>41</sup> L’algoritmo era programmato per ricevere in input le note del pianista e in tempo reale (o meglio, dopo averne sentito almeno un centinaio), apprendere le sue modalità di improvvisazione e restituire una previsione di quello che secondo lui sarebbe stato suonato successivamente. Ma Danilo Rea, a sua volta, tentava sempre strade diverse, per non rendere la sua musica prevedibile e per “craccare” l’algoritmo prima che lo facesse lui. Le note prodotte da AMI venivano orchestrate da Alex Braga che, sul palco con il pianista, selezionava strumenti e tonalità da una postazione simile a un sintetizzatore, per creare un effetto di ensemble e arricchire la performance. Durante l’esibizione – che si è svolta in occasione della conferenza Data Driven Innovation – sullo sfondo erano proiettate immagini digitali in continuo movimento a rispecchiare le elaborazioni musicali dei suoni prodotti dai vari strumenti, ma in forma grafica. Per i ricercatori che hanno lavorato al progetto, questo ha rappresentato uno spunto di riflessione sulla produzione culturale realizzata attraverso una sinergia uomo/macchina. L’effetto finale era affascinante poiché manteneva intatto l’apporto umano, qui rappresentato dall’enorme talento di Danilo Rea, valorizzandolo ancora di più con l’elemento artificiale. La musica, e più in generale l’arte, è espressione di un sentimento umano che le macchine non possono rimpiazzare ma che possono aiutare ad esprimere secondo modalità diverse e innovative.

---

<sup>40</sup> *Jam Session con l’Intelligenza Artificiale. Il pianista Danilo Rea in duetto con un algoritmo*, «Rai Cultura» <https://www.raicultura.it/raicultura/articoli/2020/02/Jam-Session-con-lIntelligenza-Artificiale> (consultato in data 9 dicembre 2022).

<sup>41</sup> FRANCESCO PRISCO, *Jazz e machine learning, a Roma l’intelligenza artificiale sfida il piano di Danilo Rea*, «Il Sole 24 Ore», 18 maggio 2018, <https://francescoprisco.blog.ilsole24ore.com/2018/05/18> (consultato in data 9 dicembre 2022).

- **Robbie Barrat e l'algoritmo che rapa come Kanye West**

È stato già citato, nell'ambito delle arti visive, Robbie Barrat, il giovane AI-artist che lavora con algoritmi e reti neurali e il cui eclettismo lo porta a sperimentare con media diversi e algoritmi sempre più avanzati, programmati da lui stesso. Il suo esordio è avvenuto proprio nel mondo della musica quando, nel 2017, quasi per scommessa e per dimostrare ai suoi compagni di scuola il potere delle reti neurali, ha realizzato in brevissimo tempo un algoritmo capace di rappare. Questa rete è stata allenata su 6'000 versi del rapper americano Kanye West, per imparare a generare parola per parola nuovi testi, utilizzando i modi di dire, la cadenza e lo stile di Kanye. Il suo esperimento ha inizialmente presentato qualche criticità poiché i dati non erano formattati correttamente, ma questo gli ha permesso di comprendere più a fondo il funzionamento delle reti neurali e la loro complessità. Ciò che ha reso davvero possibile la realizzazione di tale algoritmo, afferma Barrat in un'intervista per «Quartz», è stato l'utilizzo di codici AI in *open source* che le grandi aziende di tech mettono a disposizione di tutti per permettere una libera ricerca e sperimentazione, facilitando l'approccio a queste nuove tecnologie.<sup>42</sup>

- **Concerto per Titan V di NVIDIA**

Sempre nel 2017, durante la presentazione di Titan V, il nuovo processore grafico (GPU) dell'azienda tech californiana NVIDIA, il suo CEO Jensen Huang ha stupito i partecipanti della conferenza sui sistemi di elaborazione delle informazioni neurali con l'esecuzione di un brano originale interamente composto da una AI e ispirato alle musiche di Star Wars. L'evento ha avuto un immediato successo mediatico poiché ha dimostrato i progressi del settore negli ultimi anni ed evidenziato come i computer fossero sempre più capaci di compiere azioni un tempo ritenute impossibili per le macchine, come il riconoscimento vocale e delle immagini o la composizione musicale. L'AI in questione era stata realizzata da Pierre Barreau (CEO di AIVA) e da un team che lavora con i processori NVIDIA, elemento chiave per il funzionamento degli algoritmi di *deep learning*, che richiedono grandi prestazioni in termini di velocità e potenza computazionale. Il

---

<sup>42</sup> DAVE GERSHGORN, *A West Virginia teen taught himself how to build a rapping AI using Kanye West lyrics*, «Quartz», 17 marzo 2017, <https://qz.com/920091/a-west-virginia-teen-taught-himself-how-to-build-a-rapping-ai-using-kanye-west-lyrics/> (consultato in data 10 dicembre 2022).

brano, eseguito dalla Hollywood Symphony Orchestra e diretto da John Scott, ha creato un'atmosfera coinvolgente e carica di emozione all'evento a cui tra l'altro partecipavano i più grandi pionieri delle ricerche sul *deep learning*, Yann LeCun, Yoshua Bengio e Nicholas Pinto.<sup>43</sup>

#### ▪ ***Adversarial Feelings* di Lorem**

Infine, un altro artista già citato rappresenta un ottimo esempio di utilizzo di mixed media, in particolare di video arte e musica digitale. Si tratta di Francesco D'Abbraccio (in arte Lorem) che nel 2019 ha realizzato *Adversarial Feelings*, un progetto multidisciplinare (album, installazione visiva, libro) che include nove tracce audio e video generate interamente con AI, in collaborazione con altri artisti (Mario Klingemann, Damien Henry, Karol Sudolski, Yuma Kishi, Jo at Tapewave). È composto da tre capitoli, basati a loro volta su tre dataset diversi: nel primo, una rete neurale legge storie e poesie che parlano di sentimenti umani; nel secondo, la rete si interroga sulla sua stessa natura, poiché il dataset è composto da libri sci-fi che parlano dell'interazione fra l'AI e l'essere umano; il terzo, creato da Mirek Amendant Hardiker, un linguista e artista americano con cui Lorem porta avanti anche altri progetti, si concentra sul concetto di "Macchine Spirituali".<sup>44</sup> L'idea che ha portato alla nascita del progetto era quella di utilizzare le macchine per osservare i comportamenti umani e di capire come in certi casi gli algoritmi siano in grado di simulare emozioni, sentimenti e forme di coscienza tipicamente umane. Attraverso l'analisi di dataset emozionali, ovvero composti da musica, immagini e testi, le reti generano reazioni non-umane ma simil-umane; lo studio di queste permette di comprendere meglio l'esperienza umana nell'era digitale. Nella visione di Lorem, l'AI rappresenta un dispositivo con cui interagire durante l'atto creativo, in continua evoluzione e capace di imparare molto velocemente, ma ben lontano dall'aver caratteristiche umane.<sup>45</sup>

---

<sup>43</sup> BRIAN CAULFIELD, *NVIDIA CEO Brings Orchestra, AI-Generated Star Wars-Inspired Musica – and First TITAN V GPUs – to Top AI Brainiacs*, «blogs.nvidia», 7 dicembre 2017, <https://blogs.nvidia.com/blog/2017/12/07/titan-v-launch/> (consultato in data 12 dicembre 2022).

<sup>44</sup> <http://www.krisispublishing.com/prodotto/lorem-adversarial-feelings/> (consultato in data 12 dicembre 2022).

<sup>45</sup> ALLAN GARDNER, *LOREM, the gravitas of an AI music composer*, «Clot», 16 aprile 2019, <https://www.clotmag.com/interviews/lorem-the-gravitas-of-an-ai-music-composer> (consultato in data 12 dicembre 2022).

Da un punto di vista tecnico le reti neurali hanno ricoperto un ruolo predominante durante ogni fase della realizzazione di *Adversarial Feelings*. Per le musiche, sono state utilizzate per generare pattern in formato MIDI, e soprattutto per simulare i comportamenti dei musicisti e i loro processi creativi. Per i video, hanno creato immagini grazie alla tecnologia GAN, utilizzate poi dal sistema per realizzare video sincronizzati alle tracce audio in completa autonomia. Anche questo progetto creativo rappresenta un tentativo di dimostrare come uomo e macchina possono collaborare al fine di produrre nuove forme artistiche attraverso i media digitali, approfondendo sia la ricerca sulle tecnologie di AI, in particolare sui loro limiti e capacità, sia sulla mente umana, sulle emozioni e sul modo di intendere l'arte nella società contemporanea.



**Fig. 38:** La copertina dell'album di *Adversarial Feelings* di Lorem.

## 4. Conseguenze dell'AI-art e relative problematiche

Come già accennato, l'ingresso delle tecnologie di AI nel mondo dell'arte lascia molte perplessità e solleva diversi quesiti, sia tra i professionisti del settore – artisti, critici, storici dell'arte, galleristi, ecc. – sia tra i “profani”, ovvero tutti coloro che normalmente fruiscono dell'arte. Per cercare di rispondere a tali dubbi è quindi necessario condurre una riflessione più approfondita sul significato che viene attribuito ai concetti di creatività e artisticità. Occorre inoltre interrogarsi su alcuni aspetti più tecnici relativi alle opere digitali, come l'attribuzione dell'autorialità e la regolamentazione relativa alla tutela e alla fruizione di tali opere. Per quanto riguarda il primo aspetto, infatti, è spontaneo domandarsi chi sia il vero autore di un'opera creata da una AI, ma la risposta non è così immediata e richiede qualche ulteriore approfondimento sia sul significato di autorialità, sia sui soggetti che ruotano attorno agli algoritmi di AI. Relativamente al discorso sulla normativa, invece, vi è ancora poca letteratura in merito, poiché il settore è nuovo e in continuo mutamento; ma risulta utile osservare, attraverso alcuni casi più o meno recenti, cosa è stato fatto finora per regolamentare la produzione di AI-art.

### 4.1 Creatività

Il termine *creare* deriva dal latino, a sua volta derivato dal sanscrito, e la sua radice *kar-* è condivisa dal verbo *crescere*, motivo per cui oltre ai significati di “fare dal nulla, produrre, generare, formare, istruire” veniva un tempo utilizzato per “allevare, educare, ammaestrare nei costumi”.<sup>46</sup> Per creatività si intende quindi la capacità del tutto umano di creare dal nulla grazie all'uso dell'intelletto e della fantasia. In psicologia, il termine è stato assunto a indicare un processo di dinamica intellettuale che ha come fattori caratterizzanti: particolare sensibilità ai problemi, capacità di produrre idee, originalità nell'ideare, capacità di sintesi e di analisi, capacità di definire e strutturare in modo nuovo le proprie esperienze e conoscenze.<sup>47</sup> A livello neurologico, è anche possibile osservare le aree del cervello che si attivano solo quando entra in gioco la creatività e che sono simili a quelle del pensiero laterale, ovvero la capacità di risoluzione di problemi per vie non

---

<sup>46</sup> Dizionario Etimologico della Lingua Italiana <https://www.etimo.it/?term=creare> (consultato in data 4 novembre 2022).

<sup>47</sup> <https://www.treccani.it/vocabolario/creativita/> (consultato in data 4 novembre 2022).



convenzionali. Ma, a livello pratico, ogni individuo esprime la propria creatività in maniera del tutto personale ed è quindi difficile circoscriverne la definizione in modo univoco. Come si può quindi capire se la definizione di *creativo* è applicabile a un sistema di AI? A tal proposito, un contributo fondamentale è quello dato da Margaret Boden, esperta di creatività computazionale e professoressa di ricerca di scienze cognitive presso il Dipartimento di informatica dell'Università del Sussex. Nel suo saggio *Creativity and artificial intelligence*,<sup>48</sup> spiega innanzitutto la differenza tra le idee creative: vi possono essere creazioni che risultano nuove solo per il singolo individuo che le ha prodotte e che sono frutto di quella che lei chiama *P-creativity* (creatività psicologica), e creazioni che sono invece del tutto nuove per l'intera società, nate dalla *H-creativity* (creatività storica). Le prime sono quelle su cui ci si concentra quando si parla di creatività in relazione ai sistemi di AI, poiché appare interessante vedere come gli algoritmi sono in grado di scoprire, comprendere e rielaborare qualcosa che noi potremmo dare per scontata ma che per loro è una totale novità. Successivamente, individua tre forme diverse di creatività: combinatoria, esplorativa e trasformativa.

1. Combinatoria: deriva dalla combinazione di idee o concetti familiari (immagini poetiche, analogie), tra i quali viene messo in luce un certo tipo di legame, dal quale generare combinazioni di senso compiuto;
2. Esplorativa: è la generazione di idee nuove e inaspettate attraverso l'esplorazione di spazi concettuali strutturati;
3. Trasformativa: consente la creazione, attraverso la trasformazione di una o più dimensioni dello spazio, di nuove strutture che prima non sarebbero potute emergere.

Scienziati, artisti e musicisti vivono di creatività esplorativa: ereditano un certo modo di pensare dalla loro cultura, lo studiano, ne esplorano i contenuti e poi tentano di trasformarlo, modificando, rimuovendo o aggiungendo alcune dimensioni. Non a caso, la storia dimostra che le idee più innovative derivano da un totale capovolgimento di determinate strutture date per certe dalla maggioranza degli appartenenti a quel settore, grazie all'intuizione di un singolo individuo. I modelli computazionali attuali sono in grado di riprodurre in misura diversa tutte e

---

<sup>48</sup> MARGARET BODEN, *Creativity and artificial intelligence*, Artificial Intelligence, Volume 103, Issues 1–2, 1998, pp. 347-356, <https://reader.elsevier.com> (consultato in data 4 novembre 2022).

tre le forme di creatività sopracitate, anche se la creatività di tipo esplorativo è quella che ha più successo, poiché la ricchezza e complessità della memoria associativa dell'essere umano sono difficili da replicare e da rappresentare in forma computazionale. Già alla fine degli anni '90, alcuni programmi avevano imparato a fare battute (Jape), altri invece erano capaci di identificare analogie all'interno di stringhe di lettere (Copycat, un software che partendo da alcune informazioni di base provava a formulare analogie intelligenti per rispondere a problemi logici circoscritti), altri ancora potevano comporre brani musicali (EMI componeva nello stile di Mozart). Ma, al tempo in cui scrisse, Margaret Boden suggerì che AARON fosse il programma di AI dotato di maggior creatività, poiché capace di esplorare diversi stili di disegno e di pittura in modi originali e imprevedibili, riconducibili dunque a un certo grado di creatività.<sup>49</sup> Le stesse affermazioni potrebbero oggi essere rivolte a un programma come DALL-E, erede di AARON ma dotato di un'autonomia creativa ancora maggiore. In generale, infatti, le GAN dopo aver ricevuto le istruzioni dall'utente sono libere di generare immagini di ogni tipo senza troppi vincoli, ed è proprio da questo ampio grado di libertà che emerge il loro lato creativo.

In questo contesto, è interessante il lavoro portato avanti dal laboratorio Art and Artificial Intelligence alla Rutgers University<sup>50</sup> per implementare la creatività nei sistemi artificiali attraverso AICAN (AI-Creative Adversarial Network).<sup>51</sup> I ricercatori si sono concentrati su come gli algoritmi entrano in relazione con le opere d'arte (quelle utilizzate nel set di addestramento) per creare nuove immagini, esattamente come un artista umano modifica la propria produzione perché continuamente esposto al lavoro di altri artisti. Eppure, per gli umani così come per le macchine, non è possibile decifrare quali sono i meccanismi che integrano la conoscenza dell'arte passata con la capacità di generare nuove forme. Per capirlo meglio i ricercatori si sono ispirati alla teoria psicologica di Colin

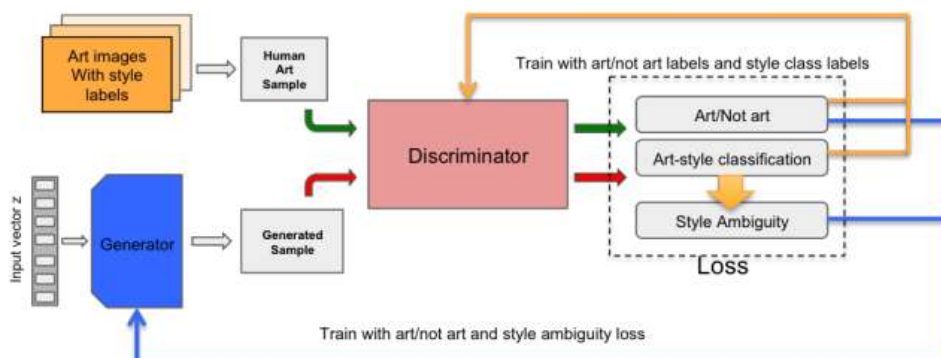
---

<sup>49</sup> Progettato da Harold Cohen all'inizio degli anni '70 e sviluppato nel corso degli anni, era un programma in grado di creare disegni astratti, inizialmente molto semplici e poi via via più complessi, non in autonomia ma sulla base dei codici che venivano manualmente inseriti al suo interno.

<sup>50</sup> A. ELGAMMAL, *Generating "art" by Learning About Styles and Deviating from Style Norms*, «Medium», 26 giugno 2007, [https://medium.com/@ahmed\\_elgammal/generating-art-by-learning-about-styles-and-deviating-from-style-norms-8037a13ae027](https://medium.com/@ahmed_elgammal/generating-art-by-learning-about-styles-and-deviating-from-style-norms-8037a13ae027) (consultato in data 6 novembre 2022).

<sup>51</sup> MIRIAM MAZZONE, *Le GAN e la questione della creatività nell'arte e nell'intelligenza artificiale*, in *Arte e intelligenza artificiale. Be my GAN*, a cura di A. BARALE, Milano, Jaca Book, 2020, pp. 51-73.

Martindale,<sup>52</sup> il quale teorizzò il cosiddetto “principio del minimo sforzo”: gli artisti per contrastare la ripetizione e l’assuefazione cercano sempre di aumentare il potenziale di eccitazione delle loro opere, ma poco alla volta, in modo tale da evitare reazioni negative da parte del pubblico. Martindale aveva inoltre ipotizzato che le rotture di stile avvengono solo dopo che gli artisti hanno completamente esaurito le possibilità all’interno di uno stile e l’unico modo che resta loro per migliorare la propria produzione è appunto tramite una rottura netta con il passato. Nonostante il funzionamento della creatività umana non sia ancora del tutto chiaro, sappiamo che le associazioni mentali avvengono su un doppio livello visivo e concettuale; i sistemi di AI invece creano solamente a livello visivo (analizzando e manipolando elementi visivi), ma non sono capaci di associare concetti per significato. Quando una GAN crea immagini, non ha alcuna motivazione per generare qualcosa di creativo e quindi cerca di mantenere un equilibrio in modo che queste non siano né troppo simili alle originali utilizzate durante l’addestramento, né troppo diverse. Ma, a differenza di una GAN tradizionale, AICAN ha un discriminatore con accesso a un set di opere d’arte etichettate per stile (oltre 80mila immagini), e un generatore con nessun accesso all’arte che riceve due segnali ad ogni immagine che crea: la classificazione “arte/non arte” e una sorta di “ambiguità stilistica” che misura la capacità del discriminatore a ricondurre le nuove immagini a stili preesistenti. Sulla base di questi due segnali, il generatore cerca di migliorare la sua capacità di generare arte che non segua nessuno degli stili stabiliti, per ottenere un livello sempre maggiore di ambiguità stilistica: è così che la creatività è stata “matematizzata” e trasformata in un algoritmo.



**Fig. 39: La schematizzazione di un sistema CAN (Creative Adversarial Network).**

<sup>52</sup> Colin Martindale (1943-2008) fu professore di psicologia all’università del Maine per 35 anni; studiò la creatività e i processi artistici e arrivò a considerare la storia dell’arte come una scienza sperimentale. [https://en.wikipedia.org/wiki/Colin\\_Martindale](https://en.wikipedia.org/wiki/Colin_Martindale) (consultato in data 6 novembre 2022).

Con le immagini generate i ricercatori hanno poi condotto diversi esperimenti per capire se le persone sarebbero state in grado di distinguerle da quelle create da artisti umani, per valutare se effettivamente possano essere considerate innovative e creative. I risultati hanno dimostrato che, in confronto a un set di opere di Espressionismo Astratto e uno di opere contemporanee presentate ad Art Basel nel 2016, per una media del 75% gli osservatori hanno pensato che le immagini generate fossero state dipinte da un artista, rispetto all'85% delle volte per la collezione di Espressionismo Astratto e al 48% per Art Basel. È stato poi chiesto loro di dare un giudizio su alcuni parametri come il grado di intenzionalità, la struttura visiva, la forza comunicativa e l'ispirazione delle opere – sia quelle di artisti reali sia quelle generate – e, con grande sorpresa da parte dei ricercatori, è emerso che le immagini generate da AICAN sono state valutate con punteggi più alti rispetto a quelle reali di entrambi i set mostrati agli osservatori.

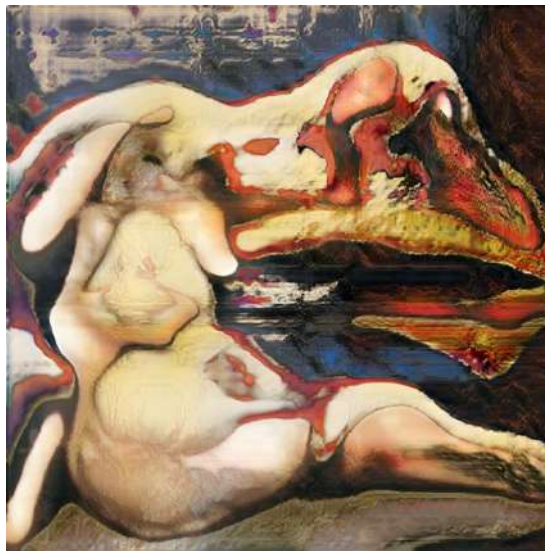
Anche se l'opinione pubblica rimane ancora molto divisa sulla questione di attribuire caratteristiche di creatività e artisticità ad opere non create da mano umana ma generate da un computer, esperimenti di questo genere dimostrano che i dubbi e le perplessità sono perlopiù fondati su pregiudizi: quando un osservatore non sa di essere diinnanzi a un'opera creata da una AI, infatti, non fa fatica ad assegnarle lo status di “opera d'arte”. Tuttavia, non vi dovrebbe essere alcuna necessità di ingannare le persone a credere che le opere di una AI siano state in realtà create da un artista umano; bisognerebbe invece arrivare alla consapevolezza che umani e macchine possono creare entrambi forme d'arte ugualmente valide, talvolta molto vicine e quasi indistinguibili tra di loro, altre volte più riconoscibili, per accogliere e integrare nel sistema artistico queste nuove forme creative che dimostrano il progresso e l'integrazione della tecnologia all'interno della nostra cultura e società.

#### **4.2 Effetto spiazzamento e *uncanny valley*: i *Nudes* di Barrat**

Oltre a cercare di capire il grado di accoglienza da parte del pubblico delle immagini create artificialmente, è interessante indagare l'effetto che queste hanno su chi le osserva e considerare le emozioni che suscitano – se ne suscitano. Al di là delle considerazioni più semplicistiche che tendono a dare giudizi di valore o di somiglianza al Bello (“mi piace/non mi piace”) o dei pareri sul grado di comunicazione delle opere (“lo capisco/non lo capisco”), le riflessioni che

andrebbero fatte quando ci si trova di fronte a un'opera d'arte dovrebbero tener conto dei sentimenti che scaturiscono dalla mera osservazione dell'opera stessa. Nonostante molti programmi siano oggi talmente avanzati da riuscire a creare immagini estremamente realistiche e quasi indistinguibili da fotografie o disegni realizzati da mano umana, talvolta capitano errori o inconvenienti negli algoritmi e ciò che ne risulta sono figure perlopiù astratte e prive di significato a livello semantico, ma comunque ricche di senso.

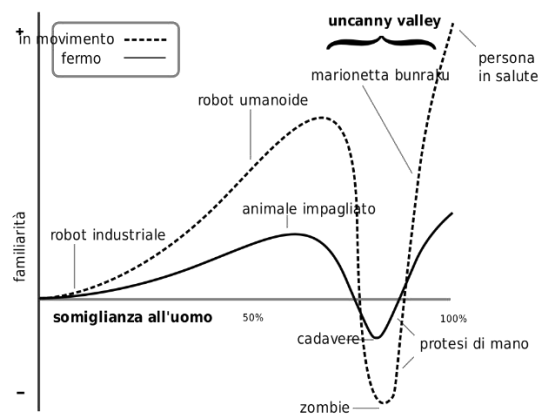
A tal proposito, torna utile riprendere un esempio citato in precedenza, ovvero la serie di *Nudes* realizzata da un giovanissimo *AI-artist*, Robbie Barrat, con l'utilizzo di una GAN. Nel tentativo di creare immagini di corpi nudi femminili, qualcosa nell'algoritmo non ha funzionato, forse per un glitch, un errore di scrittura del programma o una limitazione del discriminatore, e le immagini prodotte hanno mostrato un aspetto inatteso. Se da un lato richiamano effettivamente dei nudi femminili, per i colori e le forme assunte, dall'altro sono talmente lontane dalla realtà che l'effetto complessivo generato è spiazzante e allo stesso tempo ammaliante. I corpi, in uno stile molto surrealista, sembrano sciogliersi nello spazio e ripiegarsi su sé stessi, mentre i volti non sono mai definiti e assumono colori innaturali e a tratti inquietanti.



**Fig. 40: AI Generated Nude Portrait #1 (2018) di Robbie Barrat.**

Da queste immagini scaturiscono quindi emozioni e sentimenti contrastanti, che si collocano nella cosiddetta *uncanny valley* (o valle perturbante). Si tratta di un fenomeno psicologico presentato per la prima volta nel 1970 da Masahiro Mori,

studioso di robotica giapponese, per spiegare l'inquietudine generata da robot e figure antropomorfe quando assomigliano troppo alla figura umana.<sup>53</sup> Per rappresentare la *uncanny valley*, Masahiro Mori ha utilizzato un piano cartesiano dove sull'asse delle ordinate è rappresentato il grado di familiarità, mentre su quello delle ascisse la somiglianza all'essere umano. In un primo momento, al crescere della somiglianza le persone provano empatia e familiarità con gli automi antropomorfi, fino a un punto in cui la somiglianza è talmente alta da far crollare la percentuale di gradimento generando anzi emozioni negative di repulsione e turbamento (come nel caso di cadaveri e zombie). Il gradimento risale poi nei confronti di protesi e marionette, per arrivare al culmine di fronte agli individui sani. Il tratto di picco verso il basso, proprio perché assomiglia a una valle, rappresenta la *uncanny valley*, in cui possono essere collocati fenomeni di diversa natura.



**Fig. 41: La rappresentazione grafica della *uncanny valley* proposta da Masahiro Mori.**

Le immagini di Barrat non sono perfettamente somiglianti a nudi umani, eppure provocano un effetto misto di repulsione e curiosità. Lo spiazzamento deriva dalla possibilità di riconoscere in esse corpi femminili anche se anatomicamente non vi è nulla di umano, se non il colore della pelle e qualche curva che richiama le forme femminili. Il turbamento che creano è analogo a quello della *uncanny valley*, che in generale è utile a spiegare le reazioni degli osservatori di fronte a opere create non da mano umana ma da una tecnologia il cui funzionamento è molto simile a quello del cervello umano. I nudi di Picasso o di Dalì non creano la stessa

<sup>53</sup> MASAHIRO MORI, *Bukimi no tani – The Uncanny Valley*, «Energy», 7 (4), 1970, (trad. ing. a cura di KARL F. MACDORMAN, TAKASHI MINATO), pp. 33-35.

inquietudine poiché, pur essendo deformi, sono il frutto di un processo creativo umano che segue un pensiero e un'intenzione ben precisa; al contrario, le deformità create dalla GAN di Barrat non hanno alcuna ragione d'essere che si colleghi a una logica umana, sono nate perché il programma ha funzionato in un determinato modo che è quasi impossibile da decifrare e descrivere. Si potrebbe quasi pensare che questo modo di rappresentazione della nudità umana rispecchi la visione che l'AI ha dell'essere umano, accentuando l'angoscia che tali immagini generano. Dal momento che le nuove tecnologie capaci di imitare l'azione umana ormai permeano non solo il quotidiano ma anche il mondo dell'arte, è inevitabile il confronto con quest'ampia gamma di sentimenti che emergono dal contatto con esse.

Siamo perennemente immersi in una valle del perturbante e la rapida evoluzione verso un futuro in cui l'AI è onnipresente deve essere affrontato non solo con dati e reti neurali ma anche con umanità, etica e sentimento. Perciò capire il significato delle emozioni che si provano guardando un'immagine generata da un algoritmo è un ottimo punto di partenza per un'analisi più profonda sul ruolo delle nuove tecnologie nella vita di oggi e di domani.



**Fig. 42: *Nu Féminin* di Salvador Dalí (1928).**

### 4.3 Autorialità

L'arte pura e libera dalle dinamiche di mercato non è fatta per piacere, ma per comunicare qualcosa, come un messaggio personale, politico o sociale, un'emozione o un sentimento. Già dal Medioevo e fino alla fine del Settecento, la produzione artistica era strettamente legata alla richiesta di un committente il quale, per esprimere il proprio messaggio (di potere, di devozione, di celebrazione, ecc.) incaricava un artista per realizzare l'opera; questo poteva avere più o meno libertà espressiva ma era in ogni caso tenuto a rispettare la volontà comunicativa del committente. Questo discorso è necessario a sottolineare la valenza che l'arte ha da sempre avuto in quanto mezzo di comunicazione immediato e da tutti facilmente comprensibile: gli affreschi nelle chiese raccontavano il messaggio biblico ai fedeli, perlopiù analfabeti, le collezioni private dei grandi magnati ne esprimevano l'opulenza e gli interessi, i monumenti pubblici celebravano vittorie e personaggi storici, e così via. Oggi invece una grande parte del pubblico individua nell'arte contemporanea un oggetto di nicchia, fruito e apprezzato solo da coloro che appartengono a quel campo e che hanno quindi una preparazione sufficiente per comprenderne il funzionamento. D'altronde però è difficile determinare che cosa sia arte e che cosa no, quali opere siano realizzate per dar sfogo a esigenze creative e/o comunicative e quali invece solo per rispondere alle richieste del mercato, vista soprattutto la capacità che hanno le nuove tecnologie di spianare la strada anche a chi non possiede particolari talenti artistici. In questa situazione attuale è interessante provare a rileggere l'*AI-art* come il sistema della committenza ma traslato, ovvero l'artista diventa ora il nuovo committente mentre chi realizza l'opera è l'algoritmo. Anche chi programma può in un certo senso essere considerato artista, poiché la costruzione dell'algoritmo rientra nel processo di creazione dell'opera d'arte. In alcuni casi poi le figure del programmatore e del committente coincidono, altre volte invece i nuovi committenti (siano essi veri artisti o comuni utenti) utilizzano programmi già costruiti per liberare la propria fantasia. In questo modo si torna immediatamente all'idea di creare arte per diffondere un messaggio: i sistemi di AI sono il mezzo più semplice per dare vita a immagini con un significato ben preciso, veloci da creare e da condividere (la condivisione è chiaramente agevolata da una caratteristica intrinseca di queste opere, ovvero il fatto di essere digitali). E, come un tempo gli artisti erano liberi di utilizzare il proprio stile e lasciare un'inconfondibile impronta personale alle opere



richieste dai committenti, allo stesso modo l'AI-art è fortemente caratterizzata dall'impronta degli algoritmi, i quali portano a risultati talvolta spiazzanti, o per l'estremo realismo o per il totale allontanamento da ciò che era stato loro chiesto di creare.

In un panorama così vario e caotico si rischia però di perdere quella certezza data dai ruoli tradizionali che prima erano inequivocabili: da un lato il committente, che richiede un certo tipo di opera per comunicare un suo messaggio, dall'altro l'artista che la esegue e poi il pubblico, costituito da tutti coloro che possono accedere all'opera. Partendo dalla figura del committente, si può dire che questa è ormai da tempo superata. Vi sono ancora casi in cui enti e organizzazioni richiedono agli artisti l'esecuzione di opere per proprio conto, ma la maggior parte della produzione artistica al giorno d'oggi è libera da vincoli di committenza. Rimane però salda la figura dell'artista, ovvero colui che nella pratica dà vita all'opera e a cui spetta quindi il titolo di autore. Ma nelle immagini generate con AI gli autori sono molteplici: vi è colui che inserisce l'input, colui che scrive e progetta il programma e infine il programma stesso, che non può essere non tenuto da conto nel processo di creazione dell'immagine. Nonostante i confini che un tempo definivano nettamente queste figure così diverse tra di loro siano oggi molto più sfumati, si tende comunque a considerare come autore chi idea il prompt da cui scaturisce l'immagine, poiché il programma senza input non può generare nulla. Lo sostiene anche Jason Allen, l'artista sopracitato che ha vinto un concorso d'arte con un'opera generata da una AI. In un'intervista al Washington Post, ha infatti dichiarato che l'algoritmo è uno strumento, proprio come lo è un pennello e che senza la persona non vi è alcuna forza creativa.<sup>54</sup> Lui stesso per arrivare a far generare al programma l'immagine che gli ha permesso di vincere, ha trascorso oltre 80 ore creando più di 900 iterazioni fino a raggiungere il risultato desiderato. L'impegno dell'artista è quindi comunque necessario, così come il suo genio creativo nell'elaborare il prompt più adatto, che lui ha infatti deciso di non condividere, sostenendo che se c'è una cosa su cui si ha diritto di proprietà è certamente la frase data come input. Ma il suo lavoro non si è limitato a questo, poiché in post-produzione ha apportato ulteriori modifiche all'immagine per

---

<sup>54</sup> DREW HARWELL, *He used Ai to win a fine-arts competition, Was it cheating?*, «The Washington Post», 2 settembre 2022, <https://www.washingtonpost.com/technology/2022/09/02/midjourney-artificial-intelligence-state-fair-colorado/> (consultato in data 14 novembre 2022).

renderla ancora più personale e per soddisfare le sue stesse esigenze creative (ha ad esempio aggiunto la testa alla figura centrale, ha aumentato la qualità dell'immagine utilizzando un altro strumento di *machine learning*, per poi stampare il tutto su una tela). Quindi se è vero che nel processo di produzione di un'opera digitale intervengono soggetti diversi rispetto alle produzioni più tradizionali, è anche vero che il ruolo dell'artista rimane centrale, seppure con qualche differenza. Vi sono anzi dei casi in cui l'artista espande il proprio campo d'azione e le proprie conoscenze, andando a lavorare già in fase di programmazione dell'algoritmo. È il caso di Mario Klingemann, che da solo scrive e addestra modelli di AI, combinando la mente analitica da programmatore con il fervore creativo da artista, senza mai rinunciare al suo ruolo di autore:

*«Quando ascoltate qualcuno suonare il pianoforte vi chiedereste mai se l'artista è il pianoforte? No. E qui è la stessa cosa. Solo perché il meccanismo è più complicato, non vuol dire che i ruoli cambino.»<sup>55</sup>*

In ogni caso, la crisi della nozione di autorialità non è una novità introdotta dall'*AI-art*, ma è un problema su cui da tempo si cerca di riflettere per capire fino a che punto un'opera (sia essa artistica, letteraria o musicale) vada considerata tale in relazione alla sua creazione da parte di un autore. In altre parole, ci si chiede se l'aura dipenda dall'autorialità o se sia una caratteristica intrinseca dell'opera d'arte. Già Michel Foucault, citando Samuel Beckett, si domandava «che importa chi parla?» decretando la morte dell'autore nell'ambito della scrittura.<sup>56</sup> Il filosofo francese, in un'importante conferenza al Collège de France nel 1969, pur mantenendo inalterata la nozione di “opera” evidenziava la necessità di liberarsi dal legame di essa con l'autore, trattandolo come una semplice funzione capace di caratterizzare «un modo di esistenza, di circolazione e di funzionamento di certi discorsi all'interno di una società».<sup>57</sup> Le sue riflessioni erano rivolte in particolar modo alla letteratura e si soffermavano su come la funzione-autore avesse assunto caratteristiche e ruoli diversi nel corso della storia: per tutto il Medioevo non vi era

---

<sup>55</sup> MARIO KLINGEMANN, *Memories of Passersby I*, in *Arte e intelligenza artificiale. Be my GAN*, a cura di A. BARALE, Milano, Jaca Book, 2020, p. 75.

<sup>56</sup> MICHEL FOUCAULT, *Scritti letterari*, Milano, Feltrinelli, 2004, pp. 1-21. Il saggio *Che cos'è un autore?* è tratto da una conferenza-dibattito tenutasi il 22 febbraio 1969 presso il Collège de France.

<sup>57</sup> *Ivi*, p. 9.

stata la necessità di assegnare ai testi letterari un autore, anzi l'anonimato garantiva un'aura di mistero e quindi di fascino ai testi antichi, il cui valore si riconosceva proprio nell'antichità; invece, tra la fine del XVIII secolo e l'inizio del XIX, l'autorialità è diventata un'esigenza utile a individuare e punire i responsabili dei discorsi più "trasgressivi" e, infatti, è in quell'epoca che sono state emanate le prime regole sui diritti di riproduzione.<sup>58</sup> Ma, nella cultura contemporanea, la funzione-autore non ha più l'importanza di un tempo e le domande prima volte ad indagare l'autenticità di un autore si trasformano ora in domande sui discorsi, sui loro modi di essere, sulla loro provenienza e sul loro significato.<sup>59</sup> Appare quindi chiaro come le riflessioni di Foucault sui testi possano essere estese in maniera più generale alle opere d'arte e agli artefatti culturali. Che importanza ha oggi la paternità di un'immagine generata da un algoritmo, dal momento che il suo autore può essere un qualsiasi utente online? Il suo valore culturale cambierebbe se quell'utente fosse un artista già affermato o un fotografo professionista? La possibilità fornita da internet di mantenere l'anonimato è un indicatore di quanto l'individuazione dell'autore sia un'azione ormai superata e svuotata di significato. Tale svalutazione permette però di concentrare l'attenzione su altri aspetti relativi all'oggetto culturale, tra cui la sua origine, i significati e i messaggi che porta con sé, la possibilità che ha di circolare e di essere condiviso in tutto il mondo. Ed è proprio su questi aspetti che dovrebbe concentrarsi la critica, quelli legati all'atto creativo e a ciò che ne scaturisce. L'autore diventerebbe così, come affermava anche Foucault, solo una delle specificazioni possibili della funzione-soggetto che ad oggi è il centro della ricerca artistica e anche l'elemento più interessante per dar vita a discorsi non solo culturali ma anche sociologici, antropologici e politici legati alla generazione e all'uso di tali oggetti (immagini, testi, brani, ecc.) in rapporto alla tecnologia.

#### **4.3.1 Il sistema degli NFT a tutela dell'autorialità: pro e contro**

Un elemento che aiuta gli artisti digitali ad apporre la propria "firma" sulle opere create con l'AI, per garantirne autenticità, provenienza e proprietà, è l'NFT di cui si è già parlato nel corso di questa trattazione. Si tratta di un vero e proprio

---

<sup>58</sup> *Ivi*, pp. 10-11.

<sup>59</sup> *Ivi*, pp. 20-21.

certificato digitale basato sulla tecnologia della *blockchain* (letteralmente una “catena di blocchi”) che, funzionando come un registro pubblico suddiviso in blocchi non modificabili concatenati in ordine cronologico, tiene in memoria i dati inseriti al suo interno (mittente, destinatario e somma nel caso delle criptovalute, ma in generale qualsiasi tipo di dato può essere archiviato al suo interno) e tutte le transazioni verificate e certificate, senza la necessità di un controllo da parte di un’ autorità centrale.<sup>60</sup> Ciascun blocco possiede un *hash*, ovvero un codice numerico che lo identifica in maniera univoca e che contiene anche l’*hash* del blocco precedente dalla catena, in modo da rendere inalterabili sia la posizione del blocco sia il suo contenuto. Inoltre, un’ ulteriore protezione è costituita dalla *proof-of-work* (PoW), ovvero un problema matematico complesso che rallenta artificialmente la creazione di nuovi blocchi.<sup>61</sup> Dunque, gli artisti che trasformano le proprie opere in NFT, creano di fatto un *hash* dell’opera, un’ impronta digitale univoca e non violabile, più leggera del *file* originale e quindi inseribile nella *blockchain*, insieme a un altro *file* che contiene tutti i metadati di quell’opera (dati di proprietà, ID identificativo, formato, pixel, data di creazione). Ogni transazione o passaggio di proprietà vengono registrati sulla *blockchain* rendendo sempre tracciabile la proprietà dell’opera e assicurandone l’autenticità. Poiché questo sistema si appoggia a piattaforme online, chiunque visiti tali piattaforme può scaricare le opere digitali e condividerle, ma solo il vero proprietario, cioè il possessore dell’NFT, vanta i diritti di proprietà. Va infatti ricordato che l’NFT non corrisponde all’opera in sé ma a un certificato digitale di autenticità e di proprietà, che può essere collegato in egual modo a opere digitali così come a opere materiali – opportunamente scansionate e digitalizzate per permettere la condivisione online del loro contenuto – proteggendo così l’originale.

Inoltre, un enorme vantaggio per gli artisti è costituito dalla possibilità di predeterminare, al momento della creazione del contratto incluso nell’NFT, la percentuale di guadagno che si riceve ad ogni cessione dell’opera.<sup>62</sup> Si tratta

---

<sup>60</sup> DOMENICO QUARANTA, *Surfing con Satoshi. Arte, blockchain, NFT*, Milano, Postmedia Books, 2021, pp. 15-16.

<sup>61</sup> *Ibidem*.

<sup>62</sup> Questa funzione è permessa dai cosiddetti contratti intelligenti (*smart contract*), ovvero programmi informatici incorporati nel codice che possono essere personalizzati al fine di facilitare, verificare o far rispettare determinati diritti, ad esempio quelli relativi alla proprietà intellettuale. Sono stati introdotti per la prima volta nel 2015 sulla piattaforma Ethereum, progettata da Vitalik Buterin. Cfr. VITALIK BUTERIN, *Ethereum: A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform*, 2014, <https://ethereum.org/it/whitepaper/>

sostanzialmente di un'automatizzazione del diritto di seguito previsto dalla Legge sul diritto d'autore n. 633/41, per cui un autore (o i suoi eredi fino a settant'anni dopo la sua morte) ha il diritto «a percepire una percentuale sul prezzo di vendita degli originali delle proprie opere d'arte visiva o di manoscritti».<sup>63</sup> Ma, se la legge prevede che ad ogni transazione successiva alla prima la percentuale di remunerazione sia via via minore<sup>64</sup>, secondo il funzionamento degli NFT l'artista percepisce sempre la stessa percentuale di royalties stabilita nel contratto, che potrebbe non solo non corrispondere a quella prevista dalla legge ma addirittura superarla. Inoltre, il diritto non si applica nel caso di cessione tra privati e richiede sempre la presenza di un professionista del mercato dell'arte, perciò al momento le vendite sui *marketplaces* di NFT pur favorendo gli artisti, non rientrano correttamente nel quadro giuridico previsto per il settore e necessitano quindi di revisioni e soluzioni che tengano conto dei cambiamenti nel mercato dell'arte. Quindi, se da un lato l'NFT costituisce un alleato per i professionisti che vedono così garantiti i propri diritti, attraverso contratti non falsificabili, e una possibilità di guadagno potenzialmente illimitata, dall'altro non esclude i rischi di furto (non solo di opere ma anche di identità), di espropriazione della qualità o di estorsioni di denaro. Nonostante vi sia ancora una forte polarizzazione nel discorso sui benefici degli NFT, è innegabile che anch'essi – come l'AI – stanno svoltando il mondo dell'arte contemporanea, attirando nuovi attori al suo interno e sollevando questioni mai affrontate prima d'ora e, soprattutto, mettendo in discussione le tradizionali categorie della storia dell'arte e il ruolo di critici, curatori e galleristi che da sempre pretendono di avere il diritto di giudicare cosa sia arte e cosa no.<sup>65</sup> Anche in questo contesto, dunque, le arti visive assumono un ruolo cruciale per riflettere sulle nuove frontiere aperte dall'introduzione della tecnologia in un settore apparentemente lontano da essa.

---

<sup>63</sup> *Diritto di seguito*, in «SIAE», <https://www.siae.it/it/autori-ed-editori/diritto-autore/diritto-seguito/> (consultato in data 15 novembre 2022).

<sup>64</sup> Secondo la legge, il diritto di seguito si applica con la partecipazione di un professionista del mercato dell'arte in qualità di venditore, acquirente o intermediario e con prezzi, al netto dell'imposta, pari o superiori a 3'000 €. Le percentuali di compenso vanno da un massimo di 4% per la parte del prezzo di vendita compreso fra 3'000 € e 50'000 €, a un minimo di 0,25% per la parte del prezzo di vendita superiore a 500'000 €. <https://www.siae.it/it/autori-ed-editori/diritto-autore/diritto-seguito/> (consultato in data 15 novembre 2022).

<sup>65</sup> D. QUARANTA, *Surfing con Satoshi. Arte, blockchain, NFT*, pp. 168-169.

## 4.4 Normativa

Per quanto concerne invece la regolamentazione dal punto di vista normativo dell'utilizzo dei sistemi di AI per la creazione di opere d'arte, dei loro diritti di proprietà e di vendita la letteratura offre poche linee guida poiché, come detto precedentemente, l'attualità e la velocità di mutamento di questo settore non hanno ancora permesso di delineare chiaramente norme e regole d'utilizzo. È possibile però osservare, attraverso singoli casi, quali soluzioni sono state individuate laddove siano sorte controversie o dubbi in merito.

Nel 2019 negli Stati Uniti, l'Ufficio del copyright ha negato ad un algoritmo di AI, *Creativity Machine*, la paternità di un'opera da esso realizzata. Steven Thaler, il suo creatore, si è a lungo battuto per far riconoscere i diritti dell'opera al suo algoritmo ma, secondo l'Ufficio, nell'immagine non vi è nessun elemento di paternità umana e dunque non può essere attribuita ad alcuna persona. Tutto ciò perché la legge statunitense sul diritto di copyright può essere applicata solo su opere che siano frutto del lavoro intellettuale di una persona, sulla base dei "poteri creativi della mente umana".<sup>66</sup> Se Thaler fosse intervenuto nella creazione dell'immagine, il processo di riconoscimento dei diritti sarebbe stato più semplice, ma la sua scelta di non intervenire è stata appositamente voluta. Il suo scopo era infatti di lasciare alla sua *Creativity Machine* la più totale libertà nell'immaginare l'aldilà senza alcuno spunto da parte dell'uomo: l'opera così creata, *A Recent Entrance to Paradise*, ha l'effetto di un'esperienza di pre-morte simulata. In molti si chiedono se sia giusto così o se prima o poi si arriverà a riconoscere i diritti di produzione anche alle AI. Le leggi sulla proprietà intellettuale esistono per evitare che altri usino le idee protette da copyright per generare profitti, ma le AI sono utilizzate solo come strumento per creare nuovi contenuti.<sup>67</sup> Inoltre, possono sorgere nuovi problemi nel caso in cui per creare nuove opere si utilizzino opere già esistenti, poi modificate con il *machine learning*: bisognerebbe chiedersi se chi ha creato l'immagine di partenza non abbia anche i diritti sulla nuova immagine generata. Ma anche in questo caso non vi sono leggi a regolamentare queste

---

<sup>66</sup> LUCA TREMOLADA, *Intelligenza artificiale, chi detiene i diritti delle opere d'arte? Il caso di Creativity Machine*, «Il Sole 24 Ore», 6 marzo 2022, <https://www.ilsole24ore.com/art/intelligenza-artificiale-chi-detiene-diritti-opere-d-arte-senza-artista-umano-AEd6bnHB> (consultato in data 15 novembre 2022).

<sup>67</sup> ROBERT DAVID HART, *If an AI creates a work of art, who owns the rights to it?*, «Quartz», 15 agosto 2017, <https://qz.com/1054039/google-deepdream-art-if-an-ai-creates-a-work-of-art-who-owns-the-rights-to-it> (consultato in data 16 novembre 2022).

situazioni e non resta che appellarsi al buon senso. Secondo alcuni giuristi, la posizione degli Stati Uniti nei confronti dei sistemi di AI è troppo netta e andrebbe rivalutata tenendo conto della capacità di questi di compiere scelte in autonomia e della velocità con cui il livello di sofisticazione e di complessità dell'AI continua a crescere.



**Fig. 43: *A Recent Entrance to Paradise* realizzata da *Creativity Machine*, l'algoritmo addestrato da Steven Thaler.**

Per quanto riguarda il diritto di seguito, come già accennato nel paragrafo precedente, la trasformazione delle opere digitali in NFT permette agli artisti non solo di vedersi garantita la paternità delle proprie opere, ma anche di ricevere un compenso prestabilito ad ogni nuova transazione. Poiché gli NFT sono facili da scambiare e rappresentano una nuova tendenza molto in voga tra appassionati e collezionisti contemporanei, questa opzione concessa dai contratti sulle *blockchain* risulta essere un'ottima alleata degli artisti digitali che possono così assicurarsi un guadagno sicuro e garantito sul loro lavoro, aggirando il problema della riproducibilità e della condivisione continua delle proprie opere sul web. Ma questa forma di remunerazione non si conforma alle leggi dello Stato italiano poiché non tiene conto della Legge sul diritto d'autore n. 633/41 di cui sopra e dei limiti al guadagno dell'autore ad ogni vendita successiva alla prima, che sono fissati a 12'500 €. <sup>68</sup> Nell'ordinamento giuridico italiano i diritti che spettano esclusivamente all'autore sono quelli patrimoniali (art. 12 L.d.A. art. 2577 c.c.) intesi come i diritti

---

<sup>68</sup> FILIPPO ANNUNZIATA, ANDREA CONSO, [et al.], *NFT. L'arte e il suo doppio. Non fungible token: l'importanza delle regole, oltre i confini dell'arte*. Milano, Montabone Editore, 2021, pp. 53-54.

di «utilizzare economicamente l'opera in ogni forma e modo, originale o derivato» e di percepirne un compenso per ogni utilizzazione e quelli morali, che la legge riconosce come tutela della personalità dell'autore, quindi il diritto di esso di decidere se e quando pubblicare l'opera, di rivendicarne la paternità e di opporsi a qualsiasi deformazione, mutilazione o altra modificazione a danno della stessa (art. 20 L.d.A.). I diritti patrimoniali sono rinunciabili, possono essere oggetto di cessione a terzi tramite forma contrattuale (art. 107 L.d.A., art. 2581 c.c.) e hanno il limite temporale della durata della vita dell'autore più settant'anni oltre la sua morte (art. 25 L.d.A.).<sup>69</sup> I diritti morali invece sono inalienabili, imprescindibili e irrinunciabili e possono essere esercitati qualora si verifichi un pregiudizio all'onore o alla reputazione dell'autore e, per di più, sono illimitati nel tempo.<sup>70</sup>

Con il trasferimento degli NFT, l'acquirente può dunque ottenere i diritti patrimoniali dell'opera, ovvero quelli relativi allo sfruttamento economico, ma è necessario che questo venga indicato nel contratto di trasferimento, mentre non vi è alcun modo di ottenere i diritti morali. L'utilizzo di questo sistema di scambio rappresenta quindi un modo sicuro per tutelare i diritti di tutte le parti coinvolte e riduce il rischio che insorgano contenziosi, poiché sulla *blockchain* tutto è scritto e tracciato in maniera irreversibile. La circolazione delle opere sul mercato dell'arte online è protetta da una tecnologia che permette in ogni momento di conoscere la paternità delle opere, l'attuale proprietà e tutti gli scambi che si sono verificati nel corso del tempo, accertando che non vi siano violazioni al Diritto d'Autore.

Un'ulteriore problematica che riguarda in particolare i modelli generatori di immagini e che richiederebbe al più presto un inquadramento normativo è quella della violazione del copyright di opere che vengono utilizzate da tali modelli per l'apprendimento automatico. Già da qualche tempo gli artisti richiedono ai governi un intervento per la tutela dei propri diritti, ma un caso recentissimo ha accelerato le riflessioni sulla ricerca di una soluzione al problema. Lo scorso 17 gennaio, tre artiste americane – Sarah Andersen, Kelly McKernan e Karla Ortiz – si sono rivolte alla Corte Federale della California per fare causa a Stability AI, Deviantart e Midjourney, ovvero tre delle principali piattaforme che utilizzano immagini protette da copyright per mescolarle e ottenere nuove opere del medesimo

---

<sup>69</sup> *Diritti patrimoniali*, in «SIAE», <https://www.siae.it/it/autori-ed-editori/diritto-autore/> (consultato in data 20 gennaio 2023).

<sup>70</sup> *Diritti morali*, in «SIAE», <https://www.siae.it/it/autori-ed-editori/diritto-autore/> (consultato in data 20 gennaio 2023).



genere, ma senza averne la licenza.<sup>71</sup> Lo scopo della difesa non è smontare i progressi dell'AI nel settore artistico, ma regolarne l'utilizzo e renderlo più etico ed equo, per impedire la diffusione di immagini contraffatte che rischiano di creare danni sia al mercato dell'arte, sia agli artisti che vedono lo scambio e la commercializzazione di opere simili alle proprie, senza ottenere alcun tipo di riconoscimento. La questione è molto complicata e la causa è ancora in corso, perciò è difficile prevedere a quale soluzione si giungerà. I programmatori dei sistemi basati sull'AI generalmente fanno appello alla dottrina del *fair use*, che negli Stati Uniti sancisce la possibilità di riutilizzare materiale protetto da copyright senza necessità di autorizzazioni da parte del titolare dei diritti, ma solo in determinate circostanze. Tuttavia, molti casi che riguardano il *fair use* devono ancora concludersi e in più la presenza dell'AI rende la questione ancora più spinosa, poiché è necessario tener conto della localizzazione delle organizzazioni fondatrici degli strumenti per la generazione di immagini (Unione Europea e Stati Uniti hanno leggi diverse che regolano il copyright e il *data scraping*) e del loro scopo, ovvero se operano per pura ricerca o se vi sono scopi di lucro. Il processo sarà lungo e tortuoso ma molto probabilmente costituirà un precedente per la regolamentazione di un settore tanto nuovo quanto delicato, che richiede senza dubbio maggiori approfondimenti giuridici per assicurare un corretto utilizzo dei materiali già presenti online e uno sviluppo etico delle nuove applicazioni di AI.

---

<sup>71</sup> GIUDITTA GIARDINI, *Copyright: tre artiste citano in giudizio AI App*, «Il Sole 24 Ore», 23 gennaio 2023, <https://www.ilsole24ore.com/art/copyright-tre-artiste-citano-giudizio-app-AEHJ2KYC> (consultato in data 25 gennaio 2023).

## Conclusioni

Lo scopo di questo elaborato è dare una visione generale sullo stato attuale delle tecnologie di AI in rapporto al mondo dell'arte, in particolar modo alle nuove forme di creatività. Per comprendere come gli artisti contemporanei si avvicinano ai nuovi strumenti sono stati proposti alcuni casi esemplificativi che, a parer mio, dimostrano che vi è un ampio spazio per l'esplorazione di forme d'arte innovative. Nonostante molti sistemi di AI siano ormai perfettamente integrati nei dispositivi che utilizziamo quotidianamente – tanto da rendere la loro presenza scontata e difficile da notare – il loro approdo nel campo della creatività solleva ancora dubbi e inquietudini, non solo da parte di un pubblico che fatica a trovare familiarità con l'arte digitale, ma anche e soprattutto da parte degli artisti più tradizionalisti che vedono nell'AI un rivale che minaccia il loro mestiere. Inquietudini comprensibili, come quelle dei partecipanti alla Colorado State Fair che hanno visto assegnato il premio del concorso ad un anonimo creator che ha saputo dare l'input giusto al software giusto. Eppure, la curiosità di sperimentare nel campo artistico queste tecnologie avanzate dai tratti quasi umani (ascoltano, capiscono, rispondono, vedono, creano proprio come farebbe un essere umano) supera ogni perplessità e ci pone dinanzi a un'evoluzione che non si può arrestare. Certamente ne conseguono una serie di cambiamenti nel modo in cui si crea e si recepisce l'arte, come d'altronde è già accaduto innumerevoli volte durante il corso della storia. La presenza dell'elemento digitale è ormai consolidata e tra le altre cose ha permesso la nascita di un nuovo sistema di scambio delle opere d'arte sul mercato in forma di NFT, che ne garantisce l'originalità tutelando autori ed acquirenti. Ma ciò che caratterizza l'AI-art non è tanto il suo formato digitale, quanto l'impatto dato dal fatto che nel processo di creazione il contributo umano è sempre più marginale. Lo dimostra BOTTO, l'algoritmo che una volta programmato ha ora assunto la sua autonomia nel creare periodicamente nuove immagini per soddisfare il proprio pubblico. La percezione di chi si trova di fronte a un'opera d'arte cambia se vi è la consapevolezza che questa non è stata creata da un essere umano bensì da una macchina e porta l'osservatore a interrogarsi sul significato della creatività e sul potere della tecnologia. Stupore e meraviglia sono reazioni molto comuni quando ci si avvicina ai nuovi strumenti, in particolare a quelli resi disponibili attraverso piattaforme online e quindi facilmente utilizzabili da tutti. La semplicità di accesso

e l'elevata capacità dei software di trasformare in immagini esteticamente piacevoli e realistiche qualsiasi idea umana rappresentano forse un passo verso la democratizzazione della creatività. Ciò che a lungo è stato bloccato dietro alla manualità, al talento e alle doti creative, oggi è reso accessibile a chiunque e forse un giorno tutti avranno la possibilità di esprimersi attraverso nuove forme artistiche, senza che questo debba necessariamente svalutare le forme d'arte più tradizionali e legate alla tecnica.

Un altro punto su cui ritengo sia utile soffermarsi è la dimostrazione di come l'arte rappresenti ancora una volta un terreno di prova per sperimentare l'impatto di nuovi elementi introdotti nella società contemporanea e la conseguente reazione di questa alle novità. Come si è visto, l'inserimento di macchine e software nell'atto creativo è accompagnato da una serie di criticità che derivano dalle ampie possibilità di azione che questi hanno e che possono sfuggire al controllo umano. Si pensi dunque alla gravità delle questioni che sorgono quando queste tecnologie vengono introdotte in campi più delicati, come la realizzazione di sistemi per la guida autonoma, o l'applicazione di AI in campo biomedico, solo per citarne alcuni. Anche in questi settori sono in corso sperimentazioni e tentativi che probabilmente terminano con quesiti simili a quelli che sorgono in campo artistico: chi è l'autore, e quindi il responsabile di una protesi malfunzionante progettata da un'AI? Di chi è la responsabilità in caso di incidente di un veicolo a guida autonoma? Anche se per il momento certi scenari sembrano estremamente futuristici, l'esponenziale rapidità di evoluzione delle nuove tecnologie ci suggerisce che forse in un futuro non troppo lontano dovremo tentare di rispondere sempre con maggior frequenza a domande simili. In tal caso, provare ad affrontarle in un campo più sicuro come quello artistico permetterebbe di anticipare riflessioni che sicuramente emergeranno con maggior prepotenza, come ad esempio quelle relative alla responsabilità degli algoritmi e alla paternità dei progetti. L'arte e il lavoro degli artisti da sempre si evolvono adattandosi ai cambiamenti della società e della tecnologia e sono perciò in grado di identificare prima di altri le sensibilità del mondo in cui sono immersi.

Inoltre, l'approfondimento su DALL-E 2 ha messo in evidenza i suoi limiti da un punto di vista etico, dimostrando che gli atteggiamenti degli algoritmi non sono altro che un riflesso degli atteggiamenti della società che dà vita a quegli algoritmi, riflettendone i modi di pensare e di vedere la realtà, ma anche le sue

criticità. Le problematiche sorte non devono essere interpretate come dei fallimenti tecnologici ma, a parer mio, possono essere sfruttate come spunti di riflessione sul mondo contemporaneo e sui suoi difetti. Un database di addestramento che porta con sé pregiudizi e assunzioni di stampo razzista o sessista altro non è che lo specchio in cui si riflettono i fenomeni sociali che caratterizzano il contemporaneo, sia nella vita reale sia in quella online. Per provare a eliminarli si potrebbero, ad esempio, creare dei database selezionando con criteri di parità e uguaglianza le immagini di partenza, senza pescare automaticamente tutto ciò che è disponibile su internet. In tal modo, gli algoritmi non avrebbero la possibilità di perpetrare atteggiamenti scorretti e il loro utilizzo rappresenterebbe una forma di educazione all'etica e al rispetto. Data la novità dei sistemi di AI, non tutti sanno farne un uso corretto, perciò dovrebbero essere i sistemi stessi a porre dei limiti e a insegnare un approccio consapevole ai propri utenti. Proprio perché queste tecnologie stanno entrando sempre più velocemente nello spazio del quotidiano, è fondamentale imparare a conoscerne limiti e potenzialità per sfruttarle al meglio, qualsiasi sia la loro applicazione, e allenarsi con le piattaforme per la generazione di immagini rappresenta un punto di partenza semplice, interessante e accessibile a tutti. Una volta evidenziati gli aspetti principali di queste piattaforme, il loro funzionamento e i rischi che ne derivano, gli utenti acquisiscono una maggior consapevolezza generale sul mondo dell'AI e sulle sue dinamiche e possono quindi coscientemente adattare i propri comportamenti nei confronti degli algoritmi e degli altri utenti.

Per la stesura di questo elaborato, sono state sperimentate direttamente le applicazioni citate (DALL-E 2, Stable Diffusion e Midjourney) ed è stato quindi possibile verificarne in prima persona l'efficacia e i limiti. Va innanzitutto sottolineata la loro semplicità di accesso e di utilizzo: le interfacce appaiono chiare e dopo brevi introduzioni è subito possibile iniziare a creare, quasi senza limiti di utilizzo (ad esempio la versione gratuita di DALL-E 2 fornisce 15 crediti al mese). Un elemento molto interessante è la possibilità di vedere ciò che creano anche gli altri utenti, attraverso dashboard in cui i membri delle community online pubblicano prompt e risultati, che funzionano come un ottimo spunto al lavoro creativo, in un continuo scambio di idee e di immagini. Attraverso un'attenta osservazione di queste dashboard è emerso come le comunità siano coese e ben disposte alla collaborazione; i singoli utenti si aiutano vicendevolmente per raggiungere i propri obiettivi creativi e questo si riflette nell'incanto delle immagini

pubblicate. Gli stessi algoritmi, essendo *open source*, subiscono continue modifiche volte al miglioramento dell'esperienza di utilizzo e del processo di generazione di immagini, mostrando che la messa a disposizione delle capacità e conoscenze dei singoli risulta in un beneficio per l'intera comunità di creativi online.

Ritengo infine necessario citare che durante l'esplorazione di questi temi e la ricerca attraverso le piattaforme online sono emersi forti pareri contrari da parte di artisti e creator che identificano nell'AI una vera e propria minaccia al loro lavoro, in particolar modo sui social network. La voce degli artisti si fa sentire soprattutto su Twitter, dove sorgono ogni giorno veri e propri dibattiti attorno all'AI-art, che permettono di verificare in tempo reale i malumori di chi teme un uso scorretto e spropositato delle nuove tecnologie. Alcuni si sentono attaccati da chi difende la diffusione dell'AI sostenendo che questa finalmente rimpiazzerà quegli artisti guidati esclusivamente da logiche di guadagno anziché dalla passione, auspicando a un ritorno verso la pura creatività. Questo atteggiamento si nasconde solitamente dietro a concetti come la democratizzazione dell'arte anche se, come sottolineano gli artisti stessi, c'è poco di democratico nel minacciare con le nuove tecnologie un mestiere che permette di guadagnare il minimo necessario per sopravvivere. Un altro sentimento particolarmente diffuso è la preoccupazione degli artisti che vedono le proprie opere utilizzate all'interno dei set di addestramento degli algoritmi senza averne dato il consenso. A tal proposito è stato creato uno strumento sul web, "Have I Been Trained?", che permette ai creator di cercare le proprie opere tra i database solitamente utilizzati dalle piattaforme per la generazione di immagini, e di segnalarne la rimozione.<sup>1</sup> La ricerca può avvenire tramite l'inserimento di parole chiave (es. il nome dell'artista) o il caricamento di immagini. Si tratta di uno strumento molto utile perché permette agli artisti di riacquisire il controllo sui propri lavori, impedendo agli algoritmi di farne un uso gratuito che andrebbe a svalutare le opere originali. Tuttavia, per il momento, i sistemi di AI possono continuare ad utilizzare qualsiasi immagine trovata sul web senza dover chiedere alcun consenso perché, sulla base di alcune sentenze della Corte Suprema degli Stati Uniti, la raccolta di dati pubblicamente accessibili su internet (il cosiddetto *web scraping*) non costituisce una violazione del *Computer*

---

<sup>1</sup> <https://haveibeentrained.com/> (consultato in data 13 gennaio 2023).

*Fraud and Abuse Act*, ovvero l'atto che regola tutto ciò che costituisce la pirateria informatica ai sensi della legge statunitense.<sup>2</sup>



**Fig. 44:** Un utente su Twitter ironizza “È come se lo scopo dell’arte fosse l’espressione umana” in aperta opposizione contro le immagini generate da AI.

La nuova tendenza sui social, sfociata dalle proteste della comunità creativa, è dunque la pubblicazione di immagini accompagnate dall’hashtag #artbyhumans, proprio per indicare la presenza della mano umana dietro alle creazioni: un equivalente all’hashtag #nofilter di chi vuole sottolineare la spontaneità e la naturalezza delle foto che pubblica. A tal proposito, un evento molto recente esemplifica alla perfezione i sentimenti di una larga parte degli artisti che lavorano attraverso le piattaforme digitali. Lo scorso 27 dicembre, infatti, un artista vietnamita – Ben Moran – si è visto costretto a rimuovere una sua opera d’arte dal forum r/Art sulla piattaforma Reddit, pochissimo tempo dopo averla pubblicata.<sup>3</sup> Questo perché, nonostante il disegno fosse stato realizzato da lui stesso con il solo ausilio di Photoshop, agli utenti l’immagine sembrava creata da un’AI. Moran è

---

<sup>2</sup> BENJI EDWARDS, *Have AI image generators assimilated your art? New tool lets you check*, «Ars Technica», 15 settembre 2022, <https://arstechnica.com/information-technology/2022/09/have-ai-image-generators-assimilated-your-art-new-tool-lets-you-check/> (consultato in data 13 gennaio 2023).

<sup>3</sup> GIULIA GIAUME, *“Fai opere d’arte troppo simili all’Intelligenza Artificiale”. Artista cacciato dai social*, «Artribune», 17 gennaio 2023, <https://www.artribune.com/progettazione/new-media/2023/01/opere-troppo-simili-intelligenza-artificiale-artista-cacciato-social/> (consultato in data 17 gennaio 2023).

stato accusato di non prendere sul serio il proprio lavoro e sbeffeggiato da chi sosteneva che un'AI avrebbe addirittura potuto creare un'immagine migliore in molto meno tempo. Di conseguenza l'artista è stato bloccato per 30 giorni dalla piattaforma e la sua opera, un'illustrazione commissionata da Kart Studio per la copertina di un libro, rimossa definitivamente.

I malumori degli artisti sono condivisibili e costringono a riflettere sull'uso che faremo dell'AI man mano che la tecnologia progredirà e sul ruolo che assumerà nelle nostre vite. Come già ampiamente detto, queste tecnologie altro non sono che strumenti che permettono di espandere le capacità umane per portare alla creazione di nuove forme d'arte, ma ciò non deve sminuire l'impegno degli artisti che decidono di non utilizzare tali strumenti. Da anni stiamo assistendo a una rivoluzione socio-economica strettamente legata alla diffusione del digitale, che coinvolge anche la cultura: dalle installazioni multimediali, ai tour virtuali in realtà aumentata, fino ai lavori di artisti contemporanei che – come quelli analizzati in questa tesi – operano ibridazioni di media e linguaggi per offrire un'arte sempre più immersiva e interattiva, diretta a un pubblico che è affascinato dall'estetica digitale contemporanea. L'utilizzo di sistemi di AI non fa altro che inserirsi in questo panorama, portando con sé un'ulteriore novità, ovvero la quasi totale assenza dell'elemento umano. Eppure lo scopo di chi fa arte, a prescindere dai mezzi o dagli algoritmi, è sempre quello di trasmettere un'emozione, di dare forma – più o meno materiale – a un sentimento che possa essere condiviso e trasmesso dalla comunità di fruitori che, secondo le nuove tendenze, non sono più osservatori passivi ma hanno la possibilità di partecipare attivamente al processo creativo. Stiamo vivendo in un momento di passaggio, abbiamo la possibilità di assistere in diretta all'introduzione di una novità che per ora sembra rappresentare una minaccia all'arte tradizionale, percepiamo la tensione che precede un importante cambiamento. Tuttavia, possiamo immaginare che con ogni probabilità, tra qualche anno le nuove tecnologie si saranno assestate e integrate nella pratica creativa e, forse, assisteremo allo sviluppo di un nuovo filone artistico che prevede una stretta collaborazione con l'AI, non solo per quanto riguarda le arti visive ma in tutti i settori della produzione culturale.





# Bibliografia

## Monografie (libri)

- ARIELLI, EMANUELE, MANOVICH, LEV, *Artificial Aesthetics: A Critical Guide to AI, Media and Design*, manovich.net, 2022.
- BARALE, ALICE, *Arte e intelligenza artificiale. Be my GAN*, Milano, Jaca Book, 2020.
- BARRANHA, HELENA, HENRIQUES, JOANA SIMÕES *Art, Museums and Digital Cultures. Rethinking Change*, Lisbona, Institute of Art History, School of Social Sciences and Humanities, Universidade NOVA de Lisboa, 2021.
- BASILE, ALESSANDRO, *Blockchain. La nuova rivoluzione industriale*, Palermo, Dario Flaccovio, 2019.
- BENJAMIN, WALTER, *L'opera d'arte nell'epoca della sua riproducibilità tecnica*, Torino, Einaudi, 1974 (ed. or. 1966).
- BODEN, MARGARET, *Artificial Intelligence: A Very Short Introduction*, Oxford, Oxford University Press, 2018.
- BURATTINI, ERNESTO, CORDESCHI, ROBERTO, *Intelligenza Artificiale*, Roma, Carocci, 2001.
- CHARNIAK, EUGENE, MCDERMOTT, DREW, *Introduzione alla intelligenza artificiale*, edizione italiana a cura di Stefano A. Cerri, Masson S.p.A, Milano, 1988 (ed. or. 1985).
- CHAUDET, HERVÉ, PELLEGRIN, LILIANE, *Intelligenza artificiale e psicologia cognitiva*, Roma, Edizioni Borla, 1999 (ed. or. 1998).
- CHIODI, STEFANO, *Marcel Duchamp: critica, biografia, mito*, Milano, Electa, 2009.
- CREVIER, DANIEL, *AI: The Tumultuous Search for Artificial Intelligence*, New York, Basic Books, 1993.
- DUCHAMP, MARCEL, *The essential writings of Marcel Duchamp: marchand du sel; salt seller*, Londra, Thames and Hudson, 1975.
- DU SAUTOY, MARCUS, *The creativity code*, Londra, 4<sup>th</sup> Estate, 2019.
- FOUCAULT, MICHEL, *Scritti letterari*, Milano, Feltrinelli, 2004.
- GOODFELLOW, IAN, BENGIO, YOSHUA, COURVILLE, AARON, *Deep Learning*, Cambridge, MIT Press, 2017.

- GOODFELLOW, IAN, BENGIO, YOSHUA, COURVILLE, AARON, *Deep Learning*, Cambridge, MIT Press, 2017.
- MANOVICH, LEV, *AI Aesthetics*, Mosca, Strelka Press, 2018.
- MANOVICH, LEV, *Software takes command*, Londra, Bloomsbury Academic, 2008.
- MARMO, ROBERTO, *Algoritmi per l'intelligenza artificiale. Progettazione dell'algoritmo, dati e machine learning, neural network, deep learning*, Milano, Hoepli, 2020.
- MAZZETTI, ALESSANDRO, *Reti neurali artificiali*, Milano, Apogeo, 1991.
- PATARNELLO, STEFANO, *Le reti neuronali*, Milano, Franco Angeli, 1991.
- PINOTTI, ANDREA, SOMAINI, ANTONIO, *Cultura visuale: immagini, sguardi, media, dispositivi*, Torino, Einaudi, 2016.
- QUARANTA, DOMENICO, *Surfing con Satoshi. Arte, blockchain, NFT*, Milano, Postmedia Books, 2021.
- SCHWARZ, ARTURO, *La Sposa messa a nudo in Marcel Duchamp, anche*, Torino, Einaudi, 1974 (trad. ita. a cura di ELENA BARUCHELLO).
- SEJNOWSKI, TERRENCE J., *The Deep Learning Revolution*, Cambridge, MIT Press, 2018.
- SUTTON, RICHARD S., BARTO, ANDREW G., *Reinforcement Learning: An Introduction*, Cambridge, MIT Press, 1998.

### **Articoli e saggi**

- AGUERA Y ARCAS, BLAISE, *Art in the Age of Machine Intelligence*, «Arts» 6, 18, 2017.
- ASLAN, SINEM, STEELS, LUC, *Identifying Centres of Interest in Paintings Using Alignment and Edge Detection.*, in *Pattern Recognition. ICPR International Workshops and Challenges. ICPR 2021. Lecture Notes on Computer Science*, vol 12663, Cham, Springer, 2021.
- BODEN, MARGARET, *Creativity and artificial intelligence*, «Artificial Intelligence», Volume 103, Issues 1–2, 1998.
- BROWN, TOM B., MANN, BENJAMIN, RYDER, NICK [et al.], *Language Models are Few-Shot Learners*, «arXiv», 2020.
- CASTELLUCCI, PAOLA, GOMELINO, ELISABETTA, *Chatbot. Un giorno, al museo*, «DigItalia», 16 (2), 2021.

- CHEN, MARK, RADFORD, ALEC, CHILD, REWON, *Generative Pretraining from Pixels*, in *Proceedings of the 37th International Conference on Machine Learning*, 2020.
- COLTON, SIMON, *The Painting Fool: Stories from building an automated painter*, «Computers and Creativity», Vol. 9783642317279, Springer, 2012.
- DONAHUE, JEFF, KRÄHENBÜHL, PHILIPP, DARRELL, TREVOR, *Adversarial Feature Learning*, «arXiv», 2016.
- ELGAMMAL AHMED, LIU, BINGCHEN, ELHOSEINY, MOHAMED, MAZZONE, MARIAN, *CAN: Creative Adversarial Network, Generating “Art” by Learning About Styles and Deviating from Style Norms*, in *8th International Conference on Computational Creativity*, 2017.
- ELGAMMAL, AHMED, MAZZONE, MARIAN, *Art, Creativity and the Potential of Artificial Intelligence*, «Arts» 8, 26, 21 febbraio 2019.
- GOODFELLOW, IAN, POUGET-ABADIE, JEAN, MIRZA, MEHDI, XU, BING, WARDEFARLEY, DAVID, OZAIR, SHERJILL, COURVILLE, AARON, BENGIO, YOSHUA, *Generative Adversarial Networks*, «arXiv», 2014.
- HERTZMANN, AARON, «Arts. Special Issue “The Machine as Artist (for the 21st Century)”», 9 maggio 2018.
- LECUN, YANN, BOTTOU, LEON, BENGIO, YOSHUA, HAFFNER, PATRICK, *Gradient-based learning applied to document recognition*, «Proceedings of the IEEE», LXXXVI, 11, 1998.
- LIAGKOU, KONSTANTINA, PAVLOPOULOS, JOHN, MACHOTKA, EWA, *Study of Distant Viewing of ukiyo-e prints*, in *Proceedings of the Thirteenth Language Resources and Evaluation Conference*, Marsiglia, European Language Resources Association, 2022.
- MACERA, LUCIANO, *Reti neurali di Kohonen*, «MCmicrocomputer», 107, Roma, Technimedia, maggio 1991.
- MORI, MASAHIRO, *Bukimi no tani – The Uncanny Valley*, «Energy», 7 (4), 1970, (trad. ing. a cura di KARL F. MACDORMAN, TAKASHI MINATO).
- NADKARNI, PRAKASH M., OHNO-MACHADO, LUCILA, CHAPMAN, WENDY W., *Natural language processing: an introduction*, «Journal of the American Medical Informatics Association», XVIII, 5, settembre 2011.
- OPPENLAENDER, JONAS, *The Creativity of Text-to-Image Generation*, «Academic Mindtrek 2022», Tampere, 16-18 novembre 2022.

- RADFORD, ALEC, KIM, JONG WOOK, HALLACY, CHRIS [et al.], *Learning Transferable Visual Models From Natural Language Supervision*, «arXiv», 2021.
- ROMBACH, ROBIN, BLATTMANN, ANDREAS, LORENZ, DOMINIK, ESSER, PATRICK, OMMER, BJÖRN, *High-Resolution Image Synthesis with Latent Diffusion Models*, «arXiv», 2021.
- RONNEBERGER, OLAF, FISCHER, PHILIPP, BROX, THOMAS, *U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation*, «arXiv», 2015.
- RUMELHART, DAVID, HINTON, GEOFFREY, WILLIAMS, RONALD, *Learning representations by back-propagating errors*, «Nature» 323, 1986.
- SAMUEL, ARTHUR L., *Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers*, «IBM Journal of research and development», 1959.
- SANGUINETI, GUIDO, *Machine Learning: accuratezza, interpretabilità e incertezza*, «Ithaca: Viaggio nella Scienza», XVI, 2020.
- SOMALVICO, MARCO, *Intelligenza Artificiale*, in Progetto di Intelligenza Artificiale e Robotica Dipartimento di Elettronica e Informazione Politecnico di Milano, Milano, 2002.
- TURING, ALAN, *Computing Machinery and Intelligence*, «Mind», LIX (236), ottobre 1950.
- ZHU, JUN-YAN, PARK, TAESUNG, ISOLA, PHILLIP, EFROS, ALEXEI, *Unpaired Image-to-Image Translation using Cycle-Consistent Adversarial Networks*, in *IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, 2017.

## Sitografia

- BAILEY, JASON, *DeepDream Creator Unveils Very First Images After Three Years*, «Artnome», 2 gennaio 2019, [www.artnome.com](http://www.artnome.com)
- BROWN, MARK, *World's first computer-generated musical to debut in London*, «The Guardian», 1 dicembre 2015, [www.theguardian.com](http://www.theguardian.com)
- CASADEI, CRISTIANO, *Le reti neurali ricorrenti*, «Maggioli Developers», 19 marzo 2020, [www.developersmaggioli.it](http://www.developersmaggioli.it)
- CAULFIELD, BRIAN, *NVIDIA CEO Brings Orchestra, AI-Generated Star Wars-Inspired Musica – and First TITAN V GPUs – to Top AI Brainiacs*, «NVIDIA blog», 7 dicembre 2017, [www.blogs.nvidia.com](http://www.blogs.nvidia.com)

DAVIS, ERNEST, MARCUS, GARY, *GPT-3, Bloviator: OpenAI's language generator has no idea what it's talking about*, «MIT Technology Review», 22 agosto 2020, [www.technologyreview.com](http://www.technologyreview.com)

DOUGLAS HEAVEN, WILL, *This avocado armchair could be the future of AI*, «MIT Technology Review», 5 gennaio 2021, [www.technologyreview.com](http://www.technologyreview.com)

DVORSKY, GEORGE, *Computer Science Students Fooled by Artificially Intelligent TA*, «Gizmodo», 9 maggio 2016, [www.gizmodo.com](http://www.gizmodo.com)

EDWARDS, BENJI, *Have AI image generators assimilated your art? New tool lets you check*, «Ars Technica», 15 settembre 2022, [www.arstechnica.com](http://www.arstechnica.com)

ELGAMMAL, AHMED, *Generating "art" by Learning About Styles and Deviating from Style Norms*, «Medium», 26 giugno 2007, [www.medium.com/@ahmed\\_elgammal](http://www.medium.com/@ahmed_elgammal)

GARDNER, ALLAN, *LOREM, the gravitas of an AI music composer*, «Clot», 16 aprile 2019, [www.clotmag.com](http://www.clotmag.com)

GERSHGORN, DAVE, *A West Virginia teen taught himself how to build a rapping AI using Kanye West lyrics*, «Quartz», 17 marzo 2017, [www.qz.com](http://www.qz.com)

GIARDINI, GIUDITTA, *Copyright: tre artiste citano in giudizio AI App*, «Il Sole 24 Ore», 23 gennaio 2023, [www.ilsole24ore.com](http://www.ilsole24ore.com)

GIAUME, GIULIA, *"Fai opere d'arte troppo simili all'Intelligenza Artificiale". Artista cacciato dai social*, «Artribune», 17 gennaio 2023, [www.artribune.com](http://www.artribune.com)

GONSALVES, ROBERT A., *Exploring DALL-E for Digital Art Creation*, «Towards Data Science», 8 agosto 2022, [www.towardsdatascience.com](http://www.towardsdatascience.com)

GRETTER, JOHNNY, *I capolavori dell'intelligenza artificiale*, «UniTrentoMag», 8 settembre 2022, [www.webmagazine.unitn.it](http://www.webmagazine.unitn.it)

HART, ROBERT DAVID, *If an AI creates a work of art, who owns the rights to it?*, «Quartz», 15 agosto 2017, [www.qz.com](http://www.qz.com)

HARWELL, DREW, *He used Ai to win a fine-arts competition, Was it cheating?*, «The Washington Post», 2 settembre 2022, [www.washingtonpost.com](http://www.washingtonpost.com)

KESSLER, SARAH, *How Twitter Bots Fool You into Thinking They Are Real People*, «Fast Company», 10 giugno 2014, [www.fastcompany.com](http://www.fastcompany.com)

MAGAGNA, ANNA VITTORIA, *IN CONVERSATION WITH LOREM FROM SEEYOUSOUND FESTIVAL Presenting: "Distrust everything"*, «t-magazine», 16 marzo 2022, [www.t-magazine.it](http://www.t-magazine.it)

- MISHKIN, PAMELA, AHMAD, LAMA, BRUNDAGE, MILES, KRUEGER, GRETCHEN, SASTRY, GIRISH, *DALL-E 2 Preview – Risks and Limitations*, «GitHub», 2022 [www.github.com](http://www.github.com)
- NICHOLAS, GABRIEL, *These stunning A.I. Tools Are About to Change the Art World*. «Slate», 11 dicembre 2017, [www.slate.com](http://www.slate.com)
- PERERA, ANJANA SAMINDRA, *DALL-E 2 vs Midjourney vs Stable Diffusion*, «MLearning.ai», 2 ottobre 2022, [www.medium.com/mllearning-ai](http://www.medium.com/mllearning-ai)
- POGUE, DAVID, *Is Art Created by AI Really Art?* «Scientific American», 1 febbraio 2018, [www.scientificamerican.com](http://www.scientificamerican.com)
- PRISCO, FRANCESCO, *Jazz e machine learning, a Roma l'intelligenza artificiale sfida il piano di Danilo Rea*, «Il Sole 24 Ore», 18 maggio 2018, [www.francescoprisco.blog.ilsole24ore.com](http://www.francescoprisco.blog.ilsole24ore.com)
- ROOSE, KEVIN, *An AI-Generated Picture Won an Art Prize. Artists Aren't Happy*, «The New York Times», 2 settembre 2022, [www.nytimes.com](http://www.nytimes.com)
- SCHAUB, MICHAEL, *Is the future award-winning novelist a writing robot?*, «Los Angeles Times», 22 marzo 2016, [www.latimes.com](http://www.latimes.com)
- SILVERSTEIN, DREW, *The Greatest Creative Revolution in the History of Music*, TEDxRoma, [www.youtube.com](http://www.youtube.com)
- STRICKLAND, ELIZA, *DALL-E 2's Failures Show the Limits of AI*, «Spectrum», 14 luglio 2022, [www.spectrum.ieee.org](http://www.spectrum.ieee.org)
- STUPPI, FABIOLA, *Come l'AI sta cambiando il modo di fare arte*, «AI4Business», 7 giugno 2022, [www.ai4business.it](http://www.ai4business.it)
- TIKU, NATASHA, *AI can now create any image in seconds, bringing wonder and danger*, «The Washington Post», 28 settembre 2022, [www.washingtonpost.com](http://www.washingtonpost.com)
- TREMOLADA, LUCA, *Intelligenza artificiale, chi detiene i diritti delle opere d'arte? Il caso di Creativity Machine*, «Il Sole 24 Ore», 6 marzo 2022, [www.ilsole24ore.com](http://www.ilsole24ore.com)
- VENERUSO, VALERIO, *L'italiano Lorem realizza videoclip con Intelligenza Artificiale per il compositore Danny Elfman*, «Artribune», 20 ottobre 2022, [www.artribune.com](http://www.artribune.com)
- ZACHARIOU, RENÉE, *Machine Learning Art: an interview with Memo Akten*, «Artnome», 16 dicembre 2018, [www.artnome.com](http://www.artnome.com)

*Artificial Intelligence (AI). Funzionamento, applicazioni e impatti sulla società*, «osservatori.net», [www.blog.osservatori.net](http://www.blog.osservatori.net)

*Che cos'è l'intelligenza artificiale e come viene usata?*, «Attualità. Parlamento europeo», 3 settembre 2020 (aggiornato il 29 marzo 2021), [www.europarl.europa.eu](http://www.europarl.europa.eu)

*CLIP: Connecting Text and Images*, 5 gennaio 2021, [openai.com/blog/clip](https://openai.com/blog/clip)

*Cos'è la GPT-3 e perché sta rivoluzionando l'IA?*, «yeeply», [www.it.yeeply.com](http://www.it.yeeply.com)

*DALL-E: Introducing Outpainting*, 31 agosto 2022, [openai.com/blog/dall-e-introducing-outpainting/](https://openai.com/blog/dall-e-introducing-outpainting/)

*Intelligenza Artificiale: Istruzioni per l'uso*, «accenture», 21 settembre 2018, [www.accenture.com](http://www.accenture.com)

*Jam Session con l'Intelligenza Artificiale. Il pianista Danilo Rea in duetto con un algoritmo*, «Rai Cultura» [www.raicultura.it](http://www.raicultura.it)

*Proposta di Dartmouth*, trad. ita. a cura di GIANLUCA PARONITTI, 12 gennaio 2015, [www.web.archive.org](http://www.web.archive.org)

### **Altre piattaforme consultate**

[www.ai4business.it](http://www.ai4business.it)

[www.aiartists.org](http://www.aiartists.org)

[www.ampermusic.com](http://www.ampermusic.com)

[www.artistinthemachine.net](http://www.artistinthemachine.net)

[www.botto.com](http://www.botto.com)

[www.haveibeentrained.com](http://www.haveibeentrained.com)

[www.imagen.research.google](http://www.imagen.research.google)

[www.intelligenzaartificiale.it](http://www.intelligenzaartificiale.it)

[www.labiennale.org](http://www.labiennale.org)

[www.lorem.parts](http://www.lorem.parts)

[www.midjourney.com](http://www.midjourney.com)

[www.nsynthsuper.withgoogle.com](http://www.nsynthsuper.withgoogle.com)

[www.openai.com](http://www.openai.com)

[www.oxfordreference.com](http://www.oxfordreference.com)

[www.parti.research.google](http://www.parti.research.google)

[www.retineuraliartificiali.net](http://www.retineuraliartificiali.net)

[www.sothebys.com](http://www.sothebys.com)

[www.talentsventure.com](http://www.talentsventure.com)

[www.treccani.it](http://www.treccani.it)

[www.it.wikipedia.org](http://www.it.wikipedia.org)

[www.wiki.pathmind.com](http://www.wiki.pathmind.com)

[www.youtube.com](http://www.youtube.com)