

Svetlana Suvorova  
Informatica per la comunicazione digitale  
Matricola 952121

# **Illusioni Ottiche e AI: Analisi e Generazione**

**Principi e modelli della percezione 19 febbraio 2025**

# Indice

## 1. Introduzione

- 1.1. Contesto e rilevanza del tema
- 1.2. Obiettivi della ricerca
- 1.3. Perché è importante

## 2. Le Illusioni Ottiche e il Processo Percettivo Umano

- 2.1. Definizione e Classificazione delle Illusioni Ottiche
- 2.2. Meccanismi Percettivi Coinvolti
- 2.3. Limiti e Vulnerabilità del Sistema Percettivo Umano

## 3. Intelligenza Artificiale e Percezione Visiva

- 3.1. Modelli di Visione Artificiale
- 3.2. Differenze tra Percezione Umana e Visione Artificiale
- 3.3. Problemi di Bias e Vulnerabilità nei Sistemi AI
- 3.4. Creazione e Riconoscimento delle Illusioni Ottiche da parte delle AI

## 4. Applicazioni Pratiche delle Illusioni Ottiche nelle AI

- 4.1. Miglioramento dei Modelli Percettivi nelle AI e Rilevamento di Difetti e Anomalie nei Sistemi di Visione Artificiale
- 4.2. Creazione di Illusioni per Applicazioni Creative e Interattive e settori Applicativi delle Illusioni Ottiche nelle AI
- 4.3. Benefici Complessivi delle Applicazioni delle Illusioni nelle AI

## 5. AI, Arte Matematica e Illusioni Ottiche: il Caso Escher

- 5.1. Matematica, Illusioni Ottiche e Creatività nell'AI
- 5.2. L'AI può essere davvero creativa?
- 5.3. Illusioni Ottiche come Chiave per la Creatività nell'AI

# 1. Introduzione

Nel panorama dell'innovazione digitale, l'analisi delle illusioni ottiche sta acquisendo un ruolo sempre più significativo per comprendere tanto i meccanismi della percezione umana quanto le potenzialità e i limiti dell'intelligenza artificiale. Le illusioni ottiche sono fenomeni visivi in cui l'immagine percepita non corrisponde alla realtà oggettiva, offrendo uno spunto prezioso per investigare come il cervello "interpreti" le informazioni e allo stesso tempo per testare l'affidabilità dei sistemi di visione artificiale.

## Contesto e rilevanza del tema

Lo studio delle illusioni ottiche attraversa discipline diverse: **psicologia, neuroscienze, arte e, più di recente, informatica e AI.**

Da un lato, la ricerca sulle illusioni ha rivelato moltissimo sulle strategie di elaborazione dei segnali visivi nel cervello umano; dall'altro, l'adozione di algoritmi di visione artificiale in settori come la guida autonoma, la realtà aumentata o i sistemi di riconoscimento facciale rende indispensabile capire come le macchine "vedono" e dove possono cadere in errore.

Le **illusioni** rappresentano dunque un "**caso di stress**" sia per i nostri sensi sia per gli algoritmi di AI: se l'essere umano e il computer reagiscono in maniera simile di fronte a determinate distorsioni, questo suggerisce analogie nei rispettivi meccanismi di elaborazione, dove invece divergono, emergono spunti fondamentali per migliorare le architetture di rete neurale o correggere gli errori dovuti ai dati di addestramento.

## Obiettivi della ricerca

La ricerca mira a esplorare e analizzare in profondità il rapporto tra illusioni ottiche e AI, con particolare attenzione a:

- **Comprendere i meccanismi percettivi di base:** Studiare come il sistema visivo umano elabora le informazioni, evidenziando i punti di forza e debolezza (per esempio, la percezione del movimento, la dipendenza dal contesto, i fenomeni di completamento percettivo).
- **Valutare la capacità dell'AI di riconoscere illusioni:** Esaminare come i modelli di visione artificiale reagiscono a immagini ambigue o distorte, individuando possibili vulnerabilità e margini di miglioramento.
- **Trovare delle tecniche per la generazione di illusioni ottiche:** Definire come vengono le reti generative (ad esempio le GANs) vengono utilizzate per creare nuove illusioni, studiandone le implicazioni estetiche, artistiche e applicative.
- **Indagare il potenziale creativo delle AI:** Riflettere sul concetto di creatività computazionale, anche alla luce delle opere di artisti che uniscono arte e matematica (come M. C. Escher), con l'obiettivo di capire se e come le AI possano "inventare" nuove tipologie di illusioni.

## Perché è importante

Le illusioni ottiche non sono soltanto un curioso esperimento percettivo, ma un autentico “laboratorio naturale” per investigare i limiti e le possibilità sia dell’uomo sia dei sistemi AI:

- **Miglioramento dei modelli AI:** Comprendere come le AI falliscono in situazioni ambigue o ingannevoli aiuta a rendere i sistemi più robusti, riducendo il rischio di errori in contesti critici (ad esempio nella sicurezza dei veicoli autonomi o nella diagnostica medica).
- **Innovazione artistica e comunicativa:** La creazione di illusioni visive tramite algoritmi offre nuove frontiere espressive in ambiti come il design, la pubblicità, la realtà virtuale e l’interazione uomo-macchina.
- **Approfondimento della natura della percezione:** Confrontare la percezione umana con quella artificiale (evidenziando analogie e differenze) permette di sviluppare una visione più ampia sui principi che governano la cognizione visiva e l’intelligenza, sia biologica sia sintetica.

## 2. Le Illusioni Ottiche e il Processo Percettivo Umano

Questa sezione esplora il concetto di illusioni ottiche, classificandole e analizzando i meccanismi percettivi alla base delle distorsioni visive. Verranno descritti sia i tipi di illusioni che i processi psicologici e neurologici coinvolti.

### Definizione e Classificazione delle Illusioni Ottiche

Le illusioni ottiche si verificano quando la percezione visiva non corrisponde alla realtà oggettiva. Questi fenomeni sono classificati in diversi tipi, in base alla loro natura:

#### 1. Illusioni geometriche o di forma

Esempi: Illusione di Müller-Lyer (linee di uguale lunghezza appaiono diverse), Illusione di Ponzo.

Origine: Il cervello interpreta erroneamente dimensioni e distanze a causa di prospettiva o contesto visivo.

#### 2. Illusioni di movimento

Esempio: Illusione di Rotating Snakes (immagini statiche che sembrano muoversi).

Origine: L'occhio e il cervello elaborano rapidamente cambiamenti di contrasto e colori.

#### 3. Illusioni di colore e contrasto

Esempio: Illusione di Adelson (scacchiera ombreggiata).

Origine: La percezione dei colori è influenzata dal contesto di luci e ombre.

#### 4. Illusioni cognitive: questi effetti non derivano solo da meccanismi ottici, ma anche da aspettative, memoria e conoscenze pregresse.

### Meccanismi Percettivi Coinvolti

Le illusioni ottiche rivelano come il sistema percettivo umano elabori le informazioni visive:

- **Percezione selettiva:** Il cervello sceglie quali informazioni visive processare, ignorando o distorcendo il resto.
- **Predisposizione a modelli:** La mente tende a completare e interpretare le immagini in base a modelli noti.
- **Processi di inferenza:** Il cervello compensa automaticamente per variabili come distanza, prospettiva e illuminazione.

Questi processi sono fondamentali per la percezione quotidiana ma possono portare a errori, come quelli evidenziati dalle illusioni ottiche.

### Limiti e Vulnerabilità del Sistema Percettivo Umano

Il sistema visivo umano è vulnerabile a determinati tipi di distorsioni per diverse ragioni:

**Evoluzione:** La percezione visiva si è evoluta per garantire rapidità e sopravvivenza, non precisione assoluta.

**Bias percettivi:** Il cervello è incline a interpretare le immagini in modi che possono essere utili in contesti normali, ma errati in casi specifici.

Esempio: Percezione di linee parallele come convergenti a causa dell'esperienza con la prospettiva.

**Conflitti tra segnali visivi:** Quando diverse fonti di informazione (ad esempio, luce e ombra) sono incoerenti, il cervello può produrre una percezione distorta.

### 3. Intelligenza Artificiale e Percezione Visiva

In questa sezione viene analizzato il modo in cui i sistemi di intelligenza artificiale (AI) elaborano le immagini e le informazioni visive, mettendo in evidenza le differenze e le somiglianze con il processo percettivo umano. Si discute inoltre delle vulnerabilità delle AI rispetto a illusioni visive e distorsioni, nonché dei problemi di bias e affidabilità.

#### Modelli di Visione Artificiale

I sistemi di visione artificiale imitano in parte il funzionamento del sistema visivo umano utilizzando algoritmi avanzati, come:

**1. Reti neurali convoluzionali (CNN - Convolutional Neural Networks):**

Utilizzate per riconoscere e classificare oggetti nelle immagini. Le CNN analizzano le immagini scomponendole in caratteristiche come bordi, colori e forme.

**2. Deep Learning e reti neurali profonde:**

I modelli più avanzati apprendono da grandi quantità di dati. Sono in grado di riconoscere schemi complessi, come volti, scene e movimenti.

**3. Apprendimento supervisionato:**

L'AI viene addestrata con dati etichettati (ad es. immagini con la descrizione degli oggetti presenti). Questo approccio può introdurre bias se i dati di addestramento non sono rappresentativi.

**4. Apprendimento non supervisionato:**

L'AI cerca autonomamente schemi nei dati non etichettati. Può essere più adattabile ma meno preciso rispetto all'apprendimento supervisionato.

#### Differenze tra Percezione Umana e Visione Artificiale

Il processo percettivo umano e quello delle AI presentano alcune somiglianze, ma anche significative differenze.

##### Similitudini

Leong (*"Optical Illusions Recognition Intelligence"* di Wai Yie Leong, Yuan Zhi Leong e Wai San Leong) dimostra che i modelli di AI basati su reti neurali convoluzionali (CNN) possono essere ingannati da illusioni ottiche, proprio come il cervello umano. Le illusioni basate su contrasto, pattern ripetuti e distorsioni prospettiche possono indurre errori nei sistemi di riconoscimento delle immagini, rivelando vulnerabilità nella loro capacità di interpretazione contestuale.

##### Differenze

- **Capacità di astrazione:** Il cervello umano è in grado di comprendere il significato di un'immagine in diversi contesti, mentre le AI tendono a interpretare le immagini esclusivamente sulla base dei dati di addestramento.

- **Adattabilità:** Gli esseri umani possono adattare rapidamente la percezione a nuovi ambienti, mentre le AI necessitano di nuovi dati o della rielaborazione degli algoritmi per aggiornare la propria capacità di riconoscimento.
- **Errori tipici:** Le AI possono essere facilmente ingannate da immagini manipolate o distorte (*adversarial examples*), mentre gli esseri umani sono generalmente più resistenti a queste manipolazioni grazie alla loro capacità di integrare il contesto e l'esperienza pregressa.
- **Omogeneità stilistica:** Zhou e Lee (2024) evidenziano che i sistemi di generazione di immagini basati su AI tendono a produrre opere con uno stile visivo più omogeneo nel tempo, a causa della ripetitività dei dati di addestramento e delle tecniche di generazione. Questo comportamento contrasta con il sistema visivo umano, che interpreta le immagini con maggiore variabilità contestuale e soggettività. Poiché le AI si basano su dataset esistenti per generare immagini, potrebbero sviluppare una percezione più rigida e meno adattiva rispetto agli esseri umani, influenzando il modo in cui riconoscono illusioni ottiche e distorsioni visive.

## Problemi di Bias e Vulnerabilità nei Sistemi AI

I sistemi di visione artificiale, come gli esseri umani, sono soggetti a errori e bias. Questi problemi possono derivare da vari fattori:

1. **Bias nei dati:** se i dati di addestramento non sono rappresentativi (ad es. contengono solo immagini di persone di una determinata etnia o genere), il sistema può sviluppare pregiudizi. Questo porta a errori nelle applicazioni critiche, come il riconoscimento facciale.
2. **Errori nelle situazioni ambigue:** come gli esseri umani, le AI possono interpretare erroneamente immagini ambigue o illusioni visive. Esempio: Un modello di AI potrebbe classificare una foto di un oggetto parzialmente nascosto in modo errato.
3. **Adversarial Examples:** le AI possono essere ingannate con immagini manipolate contenenti piccole alterazioni impercettibili per l'occhio umano. Questi attacchi possono avere implicazioni serie in ambiti come la sicurezza (ad es. segnaletica stradale falsamente interpretata da un'auto a guida autonoma).

## Creazione e Riconoscimento delle Illusioni Ottiche da parte delle AI

Le AI non solo possono essere vulnerabili alle illusioni ottiche, ma possono anche essere utilizzate per generare nuove illusioni e studiarne l'impatto sia sugli esseri umani sia su altri modelli di AI. Questo processo offre spunti importanti per la comprensione della percezione e per il miglioramento dei sistemi di visione artificiale.

### Creazione di Illusioni Ottiche tramite AI

Le AI sono in grado di generare illusioni visive attraverso diverse tecniche, tra cui:

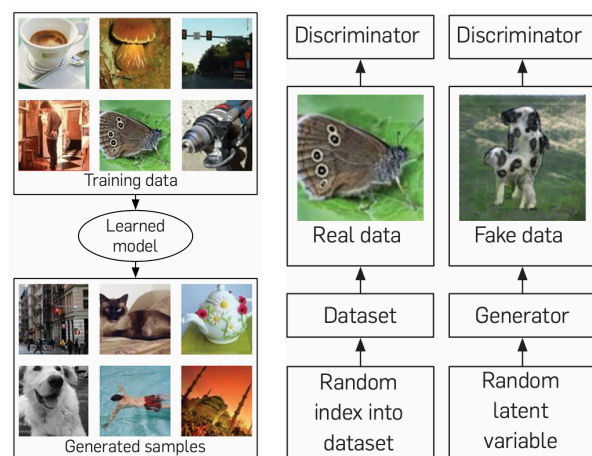
1. **Generative Adversarial Networks (GANs)**



Le *Generative Adversarial Networks* (GANs) sono una classe di modelli di intelligenza artificiale sviluppata per la modellazione generativa. Come spiegato nell'articolo *Generative Adversarial Networks* di Ian Goodfellow, Jean Pouget-Abadie, Mehdi Mirza, Bing Xu, David Warde-Farley, Sherjil Ozair, Aaron Courville e Yoshua Bengio (2020), l'obiettivo principale di una GAN è apprendere la distribuzione probabilistica di un dataset di addestramento e utilizzarla per generare nuovi esempi realistici

Sono composte da:

- **Generatore (G):** genera dati sintetici simili agli originali.
- **Discriminatore (D):** distingue tra dati reali e generati, migliorando nel tempo. Questa competizione porta a risultati sempre più sofisticati, rendendo le GANs ideali per generare immagini altamente realistiche.



Le GANs possono essere utilizzate per generare nuove illusioni ottiche, con le seguenti tecniche:

- **Training su dataset di illusioni ottiche esistenti:** Se si allena una GAN su immagini di illusioni ottiche note, il generatore può imparare a creare illusioni completamente nuove, con caratteristiche simili ma originali.
- **Modifica delle strutture visive:** Attraverso modelli condizionali (*Conditional GANs* o *StyleGAN*), è possibile modificare specifici elementi delle immagini per potenziare gli effetti ottici e creare nuove percezioni visive.
- **Trasferimento di stile (Style Transfer)** per generare illusioni ottiche personalizzate a partire da immagini standard.

## 2. Manipolazione delle caratteristiche visive

Gli algoritmi possono essere progettati per modificare parametri come colori, prospettiva e pattern ripetitivi, generando illusioni ottiche personalizzate. Questo consente di esplorare nuove modalità per ingannare la percezione visiva.

## 3. Applicazioni creative

Le AI vengono impiegate da artisti e designer per sviluppare illusioni visive innovative e uniche attraverso tecniche di deep learning.

Uno degli aspetti più interessanti dell'AI generativa applicata alle illusioni ottiche è la sua capacità di ampliare lo *space of ideas*. **Zhou e Lee (2024)** evidenziano che, sebbene l'uso dell'AI possa portare a una maggiore omogeneità stilistica, esso consente anche agli artisti di esplorare nuovi concetti visivi. Questo significa che l'AI potrebbe contribuire alla scoperta di illusioni ottiche inedite, basate su pattern visivi mai sperimentati prima, oppure adattare illusioni esistenti a nuovi contesti digitali e interattivi.

## Riconoscimento delle Illusioni Ottiche nelle AI

Il riconoscimento delle illusioni rappresenta una sfida complessa per i modelli di visione artificiale. Le illusioni ottiche rivelano i limiti percettivi delle AI e suggeriscono possibili miglioramenti nei sistemi di visione computazionale.

Le principali difficoltà includono:

- **Limitazioni nella comprensione del contesto**

I sistemi di AI spesso non riescono a distinguere tra un'immagine manipolata e un'immagine reale in assenza di informazioni contestuali. Questo evidenzia la rigidità dei modelli nell'interpretare immagini in modo flessibile come fa il cervello umano.

- **Difficoltà nell'adattamento**

Le AI possono essere addestrate a riconoscere alcune categorie di illusioni ottiche, ma tendono a generalizzare male in situazioni nuove. Per migliorare la loro capacità di riconoscimento, i modelli devono integrare informazioni contestuali e una maggiore variabilità di dati nel loro addestramento.

- **Uso delle illusioni per testare la robustezza delle AI**

Le illusioni ottiche possono essere utilizzate come strumenti di verifica per valutare la resilienza dei sistemi di visione artificiale. I modelli che riescono a superare questi test dimostrano una maggiore capacità di interpretare immagini complesse e ambigue, migliorando la loro affidabilità in scenari reali.

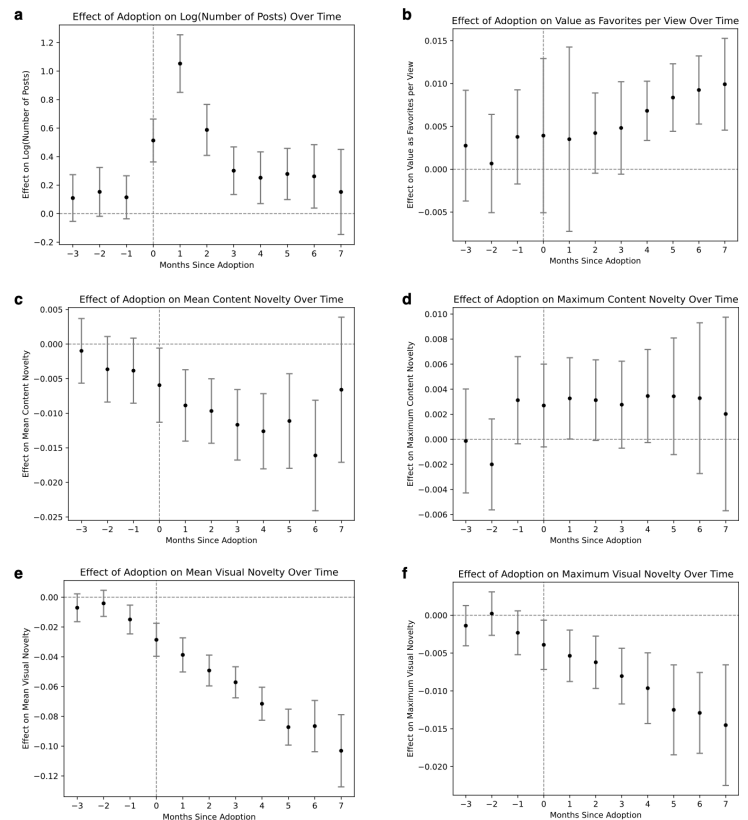


Fig. 1. Causal effect of adopting generative AI on a) creative productivity as the log of monthly posts; b) creative value as number of favorites per view; c) mean Content Novelty; d) maximum Content Novelty; e) mean Visual Novelty; f) maximum Visual Novelty. The error bars represent 95% CI.

## 4. Applicazioni Pratiche delle Illusioni Ottiche nelle AI

Questa sezione esplora le applicazioni delle illusioni ottiche nel miglioramento dei sistemi di intelligenza artificiale. Si analizzano sia il loro impiego per la creazione e il riconoscimento di illusioni che i benefici derivanti da tali capacità, applicate a vari settori tecnologici.

### Illusioni Ottiche per il Miglioramento e il Rilevamento di Difetti nei Sistemi di Visione Artificiale

Le illusioni ottiche rappresentano uno strumento essenziale per il miglioramento delle capacità percettive dei sistemi di visione artificiale e per l'individuazione di vulnerabilità nei modelli AI. Grazie alla loro natura ambigua e ingannevole, le illusioni possono essere utilizzate sia per rafforzare la capacità di adattamento dell'AI sia per individuare eventuali anomalie nei dati e negli algoritmi di riconoscimento visivo.

#### Miglioramento della Percezione nei Modelli AI

L'esposizione a illusioni ottiche aiuta le AI a sviluppare modelli più **robusti e adattivi**, migliorando la loro capacità di riconoscere immagini in contesti complessi e imprevedibili.

- **Adattamento a situazioni ambigue:** Le illusioni visive insegnano ai modelli AI a gestire immagini con elementi ambigui, aumentando la loro capacità di discernimento e riducendo gli errori di interpretazione.
- **Rafforzamento della percezione contestuale:** L'AI può migliorare la propria "percezione del contesto", apprendendo a distinguere meglio tra luci, ombre e oggetti parzialmente visibili.
- **Riduzione degli attacchi adversarial:** L'uso delle illusioni nell'addestramento può aumentare la resistenza dell'AI agli attacchi adversarial, in cui piccole alterazioni impercettibili possono ingannare il sistema di riconoscimento delle immagini.

#### Individuazione di Difetti e Anomalie nei Sistemi AI

Oltre a migliorare le capacità percettive, le illusioni ottiche permettono di identificare i punti deboli nei modelli di visione artificiale, rivelando errori sistematici e bias nei dati di addestramento.

- **Test di stress visivo:** Le illusioni rappresentano casi limite che permettono di verificare come un'AI reagisca a informazioni visive ingannevoli o fuorvianti.
- **Identificazione di bias nei dati di addestramento:** Se un modello AI fallisce nel riconoscere correttamente illusioni ottiche, questo può indicare carenze nei dati o negli algoritmi utilizzati per l'addestramento.
- **Sviluppo di diagnostiche automatiche:** Le AI possono essere progettate per generare illusioni di test, evidenziando difetti nella percezione e suggerendo miglioramenti nei modelli di riconoscimento visivo.

## Applicazioni Creative e Settori di Utilizzo delle Illusioni Ottiche nell'AI

Le illusioni ottiche generate dall'intelligenza artificiale trovano numerose applicazioni nei settori **creativo, tecnologico e commerciale**. Grazie alla capacità di manipolare pattern visivi, prospettive e giochi di luce, le AI stanno rivoluzionando il design, la pubblicità, la realtà virtuale e persino settori scientifici come la sicurezza digitale e la medicina.

### Illusioni Ottiche e Creatività: Arte, Design e Interazione Uomo-Macchina

L'AI viene impiegata nella creazione di illusioni ottiche per arricchire esperienze visive e migliorare l'interazione con l'utente in vari ambiti:

- **Design e arti visive:** Le AI generano illusioni ottiche per realizzare opere d'arte interattive, installazioni visive e animazioni digitali, offrendo nuove prospettive creative.
- **Esperienze di realtà aumentata e virtuale (AR/VR):** Le illusioni visive vengono utilizzate per simulare cambiamenti di profondità, prospettiva e movimento, creando ambienti immersivi più realistici.
- **Interfacce uomo-macchina:** L'uso delle illusioni ottiche in UI/UX design rende le interfacce più intuitive e naturali, migliorando l'esperienza dell'utente nelle applicazioni digitali.

### Illusioni Ottiche e Pubblicità: Nuove Strategie di Comunicazione Visiva

L'intelligenza artificiale sta rivoluzionando il **marketing e la pubblicità**, creando illusioni ottiche che attraggono l'attenzione e aumentano il coinvolgimento del pubblico.

Strumenti basati su AI, come **Krea.ai**, consentono di **integrare elementi grafici (loghi, messaggi promozionali) all'interno di illusioni ottiche**, rendendo le campagne pubblicitarie più memorabili e interattive.

- **Pubblicità digitali interattive:** Immagini che cambiano in base all'angolo di visione dell'utente o illusioni animate per catturare l'attenzione nei social media.
- **Branding e packaging:** Loghi e confezioni con illusioni ottiche rendono il marchio più distintivo e riconoscibile.
- **Installazioni e vetrine immersive:** Nei punti vendita fisici, illusioni ottiche vengono impiegate per attirare clienti e creare esperienze sensoriali coinvolgenti.
- **Marketing virale:** Campagne basate su illusioni ottiche diventano facilmente condivisibili e virali grazie al loro effetto sorpresa.

### Settori Applicativi delle Illusioni Ottiche nell'AI

Oltre al settore creativo, le illusioni ottiche supportano il miglioramento della percezione AI in diversi ambiti tecnologici e scientifici:

- **Guida autonoma:** I veicoli a guida autonoma devono distinguere tra segnali stradali reali e illusioni visive (ombre, riflessi) per evitare errori di navigazione.

- **Sicurezza digitale:** L'uso di illusioni nei sistemi di riconoscimento facciale e autenticazione biometrica aiuta a ridurre i falsi positivi e negativi.
- **Medicina e diagnostica:** L'intelligenza artificiale applicata alla diagnostica per immagini può essere testata con illusioni ottiche per migliorare l'interpretazione di scansioni mediche.

## Benefici Complessivi delle Applicazioni delle Illusioni nelle AI

- **Migliore robustezza e adattabilità:** le illusioni ottiche rendono i sistemi di AI più resilienti, capaci di affrontare scenari imprevedibili e situazioni ambigue.
- **Riduzione dei bias:** il riconoscimento delle illusioni aiuta a identificare e correggere pregiudizi nei dati di addestramento.
- **Innovazione creativa:** le capacità di generazione delle illusioni espandono le opportunità creative in diversi settori, dalle arti visive alla realtà aumentata.

## 5. AI, Arte Matematica e Illusioni Ottiche: il Caso Escher

Ho deciso di aggiungere questa sezione perché la mia esperienza pregressa nello studio delle illusioni di M.C. Escher e il loro legame con la matematica mi ha portato a riflettere su un aspetto chiave: può l'intelligenza artificiale essere creativa? Escher, pur utilizzando rigorosi principi matematici, riusciva a creare opere che stimolavano la nostra percezione e introducevano nuovi modi di vedere la realtà. L'AI, invece, è ancora lontana dall'avere una vera creatività, poiché impara basandosi su dati esistenti. Tuttavia, attraverso le illusioni ottiche e la matematica alla base delle opere di Escher, potremmo insegnare alle AI a generare nuove forme di espressione visiva, superando il limite della semplice riproduzione di pattern esistenti.

### Matematica, Illusioni Ottiche e Creatività nell'AI

L'opera di Escher dimostra come l'uso della matematica, in particolare simmetrie, geometria proiettiva, topologia e trasformazioni geometriche, possa creare illusioni ottiche che sfidano la nostra percezione. L'AI può essere "istruita" a generare nuove illusioni ottiche attraverso:

1. **Tassellazione e Simmetria:** Modelli generativi basati su reti neurali (come le GANs, Generative Adversarial Networks) possono essere addestrati su strutture geometriche come quelle usate da Escher, imparando a scomporre e riassemblare spazi visivi in modi innovativi.
2. **Geometria Non Euclidea e Prospettive Impossibili:** Modelli di visione artificiale possono essere allenati a riconoscere e ricreare prospettive paradossali, generando immagini che giocano con la nostra percezione spaziale. Ad esempio, un'AI potrebbe imparare a creare scale impossibili o spazi multidimensionali come quelli di Escher.
3. **Automatizzazione della Creatività:** Escher combinava intuizione artistica e logica matematica; per insegnare all'AI qualcosa di simile, possiamo usare apprendimento rinforzato e tecniche di evoluzione delle immagini, in cui la macchina impara iterativamente a produrre illusioni nuove e originali che superano i suoi dati di addestramento.

### L'AI può essere davvero creativa?

Uno dei problemi principali è che l'AI non "crea" in modo spontaneo, ma rielabora informazioni esistenti. Tuttavia, le illusioni ottiche possono rappresentare un ponte tra l'imitazione e l'innovazione, perché costringono la rete neurale a trovare nuove soluzioni per ingannare la percezione. Possiamo sperimentare con algoritmi generativi che esplorano soluzioni visive inaspettate, senza essere vincolati a ciò che è stato fatto in passato.

Un esperimento pratico potrebbe essere allenare una rete neurale su opere di Escher e su illusioni ottiche moderne, ma con un vincolo: generare illusioni mai viste prima. Questo potrebbe portare alla scoperta di nuovi paradigmi percettivi, portando l'AI più vicino a una forma di creatività autonoma.

## **Illusioni Ottiche come Chiave per la Creatività nell'AI**

L'aggiunta di questa parte alla ricerca nasce dalla volontà di superare il concetto di AI come mero strumento di riproduzione, esplorando invece come le illusioni ottiche possano diventare un veicolo per stimolare una nuova forma di creatività computazionale. Partendo dall'opera di Escher e dalle sue connessioni con la matematica, possiamo utilizzare la tecnologia AI per spingere i limiti della percezione e dell'arte, generando qualcosa di davvero nuovo e innovativo.

# Conclusione

Le illusioni ottiche si sono rivelate uno strumento di ricerca e sperimentazione estremamente prezioso, in grado di evidenziare sia i punti di forza sia i limiti dei sistemi percettivi (umani e artificiali).

Da una parte, ci aiutano a comprendere come il cervello elabora gli stimoli visivi e reagisce a distorsioni o incongruenze; dall'altra, mettono in luce le vulnerabilità degli algoritmi di visione artificiale e suggeriscono strategie per irrobustirli, riducendo bias e aumentando l'affidabilità in contesti reali, come la guida autonoma o la diagnostica medica. L'adozione di reti neurali convoluzionali, Generative Adversarial Networks e altre tecniche di deep learning consente inoltre di generare nuove illusioni, ampliando le frontiere creative nell'arte, nel design e in molteplici ambiti industriali.

L'uso di illusioni visive, pertanto, rappresenta un ponte fra la comprensione dei processi percettivi umani e la necessità di migliorare costantemente le capacità delle macchine. Esplorando il potenziale creativo insito in queste distorsioni, si intravede la possibilità di dare vita a forme d'arte ibride, frutto della collaborazione tra l'uomo e l'AI, nonché di sviluppare sistemi di visione più "consapevoli" e adattivi. In un futuro in cui l'intelligenza artificiale sarà sempre più integrata nelle nostre vite, l'analisi e la creazione di illusioni ottiche possono contribuire a un progresso tecnologico più solido, stimolando al contempo riflessioni profonde sulla natura della percezione e sulla creatività, sia biologica che artificiale.



## Fonti:

1. **"Optical Illusions Recognition Intelligence" di Wai Yie Leong, Yuan Zhi Leong e Wai San Leong (2024):** Questo articolo, presentato al *2024 IEEE Symposium on Wireless Technology & Applications (ISWTA)*, esplora l'uso di tecniche di elaborazione delle immagini per analizzare e comprendere le illusioni ottiche. Gli autori propongono un modello di deep learning multimodale progettato per migliorare l'accuratezza e l'efficienza nel riconoscimento delle illusioni ottiche, evidenziando come l'elaborazione digitale possa svelare i meccanismi interni di queste illusioni e le loro potenziali applicazioni in vari campi, dalla psicologia alla visione artificiale.

[https://www.researchgate.net/publication383721440\\_Optical\\_Illusions\\_Recognition\\_Intelligence](https://www.researchgate.net/publication383721440_Optical_Illusions_Recognition_Intelligence)

2. **"Generative Artificial Intelligence, Human Creativity, and Art" di Eric Zhou e Dokyun Lee (2024):** Pubblicato su *PNAS Nexus*, questo studio analizza l'impatto dell'intelligenza artificiale generativa, in particolare dei sistemi di conversione testo-immagine, sulla produttività creativa umana. Utilizzando un dataset di oltre 4 milioni di opere d'arte generate da più di 50.000 utenti, la ricerca dimostra che l'uso di AI aumenta la produttività creativa del 25% e la probabilità di ricevere apprezzamenti per visualizzazione del 50%. Tuttavia, mentre la novità dei contenuti di punta aumenta nel tempo, la novità media dei contenuti diminuisce, suggerendo un'espansione inefficiente dello spazio delle idee.

<https://academic.oup.com/pnasnexus/article/3/3/pgae052/7618478>

**"The Mathematical Side of M. C. Escher" di Doris Schattschneider:** Questo articolo, pubblicato nelle *Notices of the American Mathematical Society*, esamina la profonda connessione tra l'arte di M. C. Escher e la matematica. Nonostante Escher dichiarasse di avere difficoltà con l'aritmetica e l'algebra, le sue opere mostrano una comprensione intuitiva di concetti geometrici complessi. Schattschneider esplora come Escher abbia utilizzato la matematica, in particolare la geometria, per creare le sue celebri tassellature e rappresentazioni dell'infinito, influenzando sia artisti che matematici.

<https://www.ams.org/notices/201006/rtx100600706p.pdf>

**"Generative Adversarial Networks" di Ian Goodfellow et al.:** In questo articolo pionieristico, gli autori introducono il framework delle *Generative Adversarial Networks* (GANs), un approccio innovativo per l'addestramento di modelli generativi attraverso un processo competitivo tra due reti neurali: un generatore e un discriminatore. Questo metodo ha rivoluzionato il campo dell'intelligenza artificiale, permettendo la creazione di dati sintetici realistici e trovando applicazione in vari settori, dalla generazione di immagini alla modellazione di dati complessi.

<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3422622>