

# Come l'Intelligenza Artificiale può Supportare le Decisioni Giuridiche: Un Caso di Studio sugli Omicidi Stradali

Grazia Garzo <sup>1\*</sup>, Alessandro Palumbo <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Università di Siena, Italia; g.garzo@student.unisi.it

<sup>2</sup> CentraleSupélec, Inria, Univ Rennes, CNRS, IRISA, France; alessandro.palumbo@inria.fr

\* Correspondence: g.garzo@student.unisi.it

**Abstract:** Nel contesto dei procedimenti penali per omicidio stradale, l'accertamento della responsabilità richiede un significativo impegno in termini di risorse e tempi. Questo studio introduce un approccio metodologico basato sull'Intelligenza Artificiale, finalizzato ad accelerare la determinazione della configurabilità del reato. Il sistema sviluppato analizza 44 variabili descrittive della scena del crimine, stimate mediante un algoritmo digitale. Le informazioni raccolte vengono elaborate attraverso una funzione logica Booleana per valutare, nelle indagini preliminari, la sussistenza del reato. Il modello è stato validato su un dataset di 79 casi italiani di omicidio stradale, esaminati secondo i principi del diritto nazionale. I risultati evidenziano un incremento dell'efficienza nel processo decisionale, evidenziando il potenziale delle tecniche di Intelligenza Artificiale come strumenti di supporto per i giudici. Tuttavia, il pieno utilizzo di tali tecnologie richiede il superamento di criticità legate alla trasparenza e verificabilità delle analisi, nonché alla costruzione di fiducia da parte dei magistrati e dei cittadini, affinché vengano percepite come strumenti equi, affidabili e in linea con i principi del diritto.

**Parole chiave:** Intelligenza Artificiale; Machine Learning; Processo Decisionale Giuridico

## 1. Introduzione

Il *Regulation on Artificial Intelligence (AI Act, 2024)* dell'Unione Europea disciplina i sistemi di Intelligenza Artificiale nell'ambito dell'amministrazione della giustizia.

Il presente Regolamento, pur ponendo vincoli e limitazioni restrittive, è in linea con coloro che operando nel settore legale italiano stanno manifestando un interesse sempre maggiore verso l'applicazione di questi sistemi. Le speranze sono quelle di incrementare l'efficienza dei processi decisionali in ambito giudiziario (Sartor, 2022; Alcantara Francia et al., 2022). Processi, complessi e dispendiosi sia in termini di tempo che di risorse, richiedono di individuare e selezionare le informazioni pertinenti all'interno di un vasto corpus di testi e documenti. Sistemi di IA potrebbero agevolare l'analisi di questioni giuridiche complesse, quali la verifica della sussistenza di un fatto di reato e acquisire un ruolo rilevante (Alcantara Francia et al., 2022).

Il settore dell'assistenza decisionale basata sull'IA nell'ambito giuridico ha suscitato un interesse crescente negli ultimi anni, come confermato da un'ampia gamma di studi condotti sull'argomento (Cui et al., 2023). Diversi autori hanno approfondito l'applicazione delle tecnologie di Intelligenza Artificiale in questo ambito, mettendo in evidenza la flessibilità e l'efficacia di tali strumenti. Ad esempio, autori come Travaini hanno elaborato un modello predittivo finalizzato alla



**Copyright:** © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

valutazione della probabilità di recidiva tra i detenuti (Travaini et al., 2022). Altri autori come Simmler, hanno impiegato tali modelli per supportare le forze di polizia svizzere nella previsione delle aree a più alto rischio di attività criminali (Simmler et al., 2023). Un ulteriore contributo di grande rilievo è fornito dallo studio condotto da Barnett, che illustra in dettaglio lo sviluppo di "*JudicialTech*", un innovativo software concepito per rendere il sistema legale più accessibile a tutti i cittadini. Questo strumento, inoltre, si propone di favorire una maggiore equità nell'amministrazione della giustizia, garantendo che il processo decisionale sia più trasparente, inclusivo e imparziale (Barnett et al., 2023). Shaikh e gli altri autori con cui ha collaborato hanno adottato diversi modelli di *Machine Learning* per classificare gli individui come colpevoli o innocenti basandosi sull'analisi di dati relativi a procedimenti per omicidio nella giurisdizione di Delhi (Shaikh et al., 2020). Inoltre, autori come Chou hanno impiegato l'algoritmo *Support Vector Machine* (SVM) per classificare, raggruppare e ricercare documenti, con l'obiettivo di migliorare l'efficienza nella gestione delle sentenze penali da parte delle forze dell'ordine (Chou et al., 2010). Altri studiosi, come Luo, hanno approfondito l'utilizzo di tecnologie avanzate quali reti neurali di vario tipo per sviluppare modelli predittivi in grado di anticipare le accuse penali in specifici contesti giuridici (Luo et al., 2017). Studiosi come Strickson hanno sviluppato un sistema digitale volto alla previsione delle decisioni legali basandosi sull'analisi di documenti redatti in lingua inglese e sull'applicazione di tecniche di apprendimento supervisionato (Strickson et al., 2020). Analogamente, Mahmoudi ed altri autori con cui ha collaborato hanno utilizzato un algoritmo basato su transformer, denominato "*CamemBERT*", per la previsione delle decisioni giudiziarie (Mahmoudi et al., 2022).

Nel presente contributo viene proposto un metodo di analisi basato su tecniche di IA che pone particolare attenzione alla spiegabilità e alla trasparenza dei processi decisionali, caratteristiche essenziali per garantire la fiducia e l'accettazione da parte degli operatori del diritto. Questo metodo si inserisce in modo coerente nel panorama degli sviluppi più avanzati nel campo dell'Intelligenza Artificiale e dell'apprendimento automatico, offrendo un concreto spunto per migliorare l'efficienza e l'affidabilità del supporto decisionale nei contesti legali complessi. Un'analisi scientifica, tecnica e approfondita della metodologia proposta è disponibile nell'articolo "*Opening the Black Box: How Boolean AI Can Support Legal Analysis*" (Garzo et al., 2024). Ulteriori dettagli sulla relativa implementazione hardware sono presentati nel successivo articolo "*The First Hardware Circuit Emulating Italian Road Homicide Legal Logic, DAJE!*" (Garzo et al., 2025).

## 2. Il metodo

Come rappresentato nella Figura 1, tecniche di Intelligenza Artificiale sono state utilizzate in una prima fase per automatizzare l'estrazione di 44 caratteristiche rilevanti nelle scene del crimine, e in una seconda fase per valutare effettivamente se il crimine sussiste, sulla base della presenza o assenza di determinate caratteristiche. In particolare, si è fatto riferimento ad un dataset composto da 79 casi di omicidio stradale avvenuti in Italia, selezionati attraverso la consultazione di database giuridici come *De Iure* e *One Legale*.

Queste caratteristiche comprendono dettagli significativi riguardanti la scena dell'incidente, come la tipologia e il numero dei veicoli coinvolti, la localizzazione geografica dell'evento, le condizioni stradali, e ulteriori informazioni che ne descrivono la dinamica. La definizione di tali caratteristiche è stata accuratamente

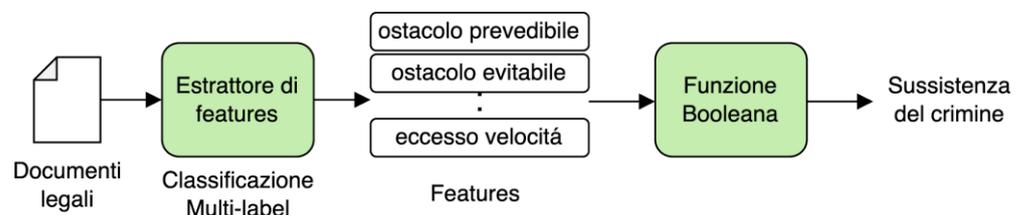
concepita per assicurare la piena conformità alla normativa italiana relativa agli omicidi stradali. Ogni aspetto preso in esame è ancorato a regole giuridiche chiaramente definite, derivanti dalla legislazione applicabile o dalla giurisprudenza consolidata.

Le tecniche di IA adottate si basano su modelli matematici e algoritmi computazionali avanzati, concepiti per analizzare i dati e ottimizzare i processi decisionali, identificando schemi e relazioni significative. In particolare, nella fase di estrazione automatica delle caratteristiche, sono stati impiegati due modelli: il *Multi-Layer Perceptron* (MLP) e il *Decision Tree* (DT). Successivamente, per la valutazione delle stesse e per implementare la decisione riguardo alla sussistenza del crimine, si è fatto riferimento a una funzione Booleana basata su regole che sono state costruite sulla base della legge italiana in tema di omicidio stradale.

MLP consiste in una rete neurale artificiale caratterizzata da una struttura a più strati iterativi. Per garantire una migliore capacità di generalizzazione del modello e mitigare il rischio di *overfitting*, sono state applicate tecniche avanzate di regolarizzazione. Tra queste, il *dropout* si è rivelato fondamentale, in quanto disattiva casualmente un sottoinsieme di neuroni durante il processo di addestramento, riducendo la dipendenza del modello da specifici percorsi interni. Questo approccio contribuisce a migliorare la robustezza del modello, consentendogli di adattarsi efficacemente a nuovi dati, pur mantenendo un elevato livello di accuratezza predittiva.

DT, invece, rappresenta un modello fondato su alberi decisionali che suddivide iterativamente i dati in sottogruppi omogenei sulla base delle caratteristiche più rilevanti. Ogni suddivisione viene determinata selezionando i criteri che massimizzano la riduzione dell'impurità all'interno dei dati, garantendo così una segmentazione efficace e interpretabile. Per ottimizzare le prestazioni del modello, è stato utilizzato il framework *Optuna* che ha permesso di eseguire una ricerca automatizzata e sistematica delle configurazioni migliori. Tale processo ha contribuito a massimizzare l'accuratezza e l'efficienza del modello, garantendo una soluzione robusta e adattabile alle specificità dei dati analizzati.

Figura 1. Panoramica dell'approccio proposto.



La funzione Booleana, infine, è stata utilizzata per elaborare la presenza o l'assenza delle caratteristiche principali delle scene del crimine, secondo quanto previsto dalla normativa italiana. In tale contesto, il valore 1 indica che una caratteristica è presente (vero), mentre il valore 0 ne segnala l'assenza (falso).

I fattori chiave presi in esame per valutare la possibile configurazione del reato sono: Ostacolo Prevedibile da parte dell'imputato (OP), Ostacolo Evitabile da parte dell'imputato (OE), Violazione dell'Imputato (VI), Violazione della Vittima (VV). Ad

esempio, in presenza di violazioni delle norme di sicurezza o di abuso di sostanze da parte dell'imputato, il valore di VI sarà pari a 1. Analogamente, se la vittima compie delle violazioni, anche il valore di VV sarà impostato su 1. La Tabella 1 illustra il nucleo decisionale della funzione booleana. Si evidenzia che non è possibile configurare uno scenario in cui l'ostacolo sia evitabile ( $OE = 1$ ) senza che sia anche prevedibile ( $OP = 1$ ), motivo per cui le righe della tabella con Sussistenza pari a "-" rappresentano casi impossibili. Nella metodologia proposta si considerano inoltre il Numero di Violazioni commesse dall'Imputato e dalla Vittima, rispettivamente NVI e NVV, quando entrambi hanno commesso delle violazioni di legge. Questi casi corrispondono alle righe della Tabella 1 con Sussistenza pari a "\*". Per tali scenari, la Sussistenza assume il valore 0 se  $NVI \geq NVV$ , altrimenti il valore è 1.

**Tabella 1.** Look Up Table per la valutazione della sussistenza del crimine.

OP	OE	VI	VV	Sussistenza
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	-
0	1	0	1	-
0	1	1	0	-
0	1	1	1	-
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	0	1	1	*
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

L'accuratezza e l'F1 dei modelli di IA per l'estrazione delle caratteristiche sono state analizzate. L'accuratezza misura la percentuale complessiva di predizioni corrette rispetto al totale, fornendo una valutazione generale delle prestazioni. Il punteggio F1 permette di bilanciare i compromessi tra falsi positivi e falsi negativi. Per valutare l'accuratezza della decisione digitale derivante dall'applicazione della funzione booleana basata sulla rilevazione di specifiche caratteristiche della scena del crimine, si è proceduto a un confronto sistematico tra le decisioni digitali generate dall' algoritmo e le decisioni effettivamente adottate dai giudici nei casi reali. Le caratteristiche utilizzate per alimentare la funzione booleana sono state estratte a partire dalle evidenze raccolte nei procedimenti giudiziari analizzati. Questo confronto ha consentito di verificare la corrispondenza tra il modello digitale e il ragionamento giuridico umano, con l'obiettivo di validare l'efficacia dell'approccio proposto e di identificare eventuali discrepanze o margini di miglioramento.

### 3. I risultati

Sono state confrontate le prestazioni dei due modelli di Intelligenza Artificiale MLP e DT nel riconoscere e nell'estrarre le caratteristiche rilevanti. MLP ha mostrato una precisione di 87,7%, nell'identificare correttamente le caratteristiche più comuni nei testi legali. Tuttavia, il suo F1 è di 0,507, il che indica che il modello non è altrettanto efficace nel riconoscere caratteristiche meno frequenti o più difficili da identificare. DT, ha raggiunto una precisione di 83,2% ed un F1 di 0,505, indicando, ancora difficoltà nel gestire l'equilibrio delle classi meno rappresentate.

Una volta estratte e determinate le caratteristiche, la funzione Booleana, valutando lo scenario secondo la Tabella 1, risulta avere un'accuratezza del 69.6%.

### 4. Discussione

L'applicazione del sistema di Intelligenza Artificiale ha messo in luce alcune limitazioni significative. I modelli hanno dimostrato un grado di accuratezza relativamente elevato nell'identificazione delle caratteristiche più comuni nelle scene del crimine. Ciò è di rilevante utilità pratica, poiché consente al sistema di focalizzarsi sugli aspetti chiave e strutturali delle informazioni giuridiche, migliorando la precisione nell'individuazione delle caratteristiche salienti. Tuttavia, l'attenzione predominante verso le caratteristiche comuni potrebbe potenzialmente tradursi in una limitata sensibilità verso elementi meno frequenti ma altrettanto significativi per l'analisi complessiva. Questo aspetto rappresenta una delle principali aree di miglioramento individuate nella valutazione del sistema.

Dall'altro lato, il sistema ha evidenziato significative difficoltà nella gestione dello squilibrio tra classi e nell'interpretazione delle sfumature linguistiche specifiche del contesto giuridico italiano. Tali problematiche sono emerse chiaramente attraverso punteggi F1. Ciò suggerisce la necessità di ottimizzazioni mirate, sia per affrontare la distribuzione sbilanciata delle classi, sia per migliorare la capacità del modello di catturare le sottigliezze semantiche e concettuali proprie del linguaggio giuridico.

Infatti, una delle principali sfide identificate è rappresentata dalla complessità intrinseca del linguaggio giuridico italiano. I testi legali si distinguono per l'uso di una terminologia specialistica, spesso articolata e varia, che presenta una notevole complessità interpretativa per i sistemi automatizzati. Questa peculiarità linguistica include non solo termini tecnici di natura giuridica, ma anche costruzioni sintattiche complesse e riferimenti normativi impliciti, che possono risultare difficilmente decifrabili da modelli di Intelligenza Artificiale.

La funzione booleana responsabile della decisione sulla sussistenza del reato si basa su regole, senza margine per valutazioni argomentative. Questo approccio, infatti, si fonda esclusivamente sulla presenza o assenza di caratteristiche (vero o falso). Tuttavia, una modellazione binaria di questo tipo non è sempre applicabile in contesti legali o nella complessità della vita reale.

Nonostante queste criticità, riteniamo che il sistema sviluppato possieda un notevole potenziale applicativo potendo essere impiegato per automatizzare diversi aspetti del processo decisionale legale, supportando nell'analisi di documenti complessi e riducendo il carico di lavoro manuale richiesto per interpretare testi giuridici articolati. Infatti, oltre a migliorare l'efficienza operativa e a ridurre significativamente i tempi di analisi nei procedimenti legali, il sistema sviluppato ha il potenziale per promuovere una maggiore trasparenza e replicabilità delle decisioni, caratteristiche fondamentali per rafforzare la fiducia dei cittadini nei confronti del

sistema giudiziario. Il modello proposto, basandosi su una funzione logica booleana ancorata a regole giuridiche chiaramente definite, garantisce una tracciabilità rigorosa delle valutazioni effettuate, consentendo di verificare in modo oggettivo la coerenza con il quadro normativo. Tuttavia, affinché questi strumenti possano essere pienamente accettati e adottati, è cruciale che vengano percepiti non come sostituti dell'intervento umano, ma come supporti capaci di ampliare e potenziare l'analisi dei giudici, senza sminuirne il ruolo centrale. In questo senso, è necessario integrare ulteriori ottimizzazioni, come la gestione delle caratteristiche meno rappresentate e il miglioramento dell'accuratezza nei casi più complessi, per garantire che le tecnologie impiegate non introducano *bias* o errori che possano compromettere l'equità delle decisioni.

Dal punto di vista sociale, l'adozione di tali strumenti implica una riflessione critica sull'impatto che essi potrebbero avere sull'inclusività e sull'accessibilità del sistema giudiziario. Il rischio che queste tecnologie creino nuove disparità, ad esempio penalizzando individui o gruppi con minore familiarità con il contesto tecnologico, deve essere attentamente monitorato attraverso uno sviluppo inclusivo e una continua validazione in contesti reali. Allo stesso tempo, l'applicazione di questi modelli offre un'occasione per ridefinire il rapporto tra istituzioni legali e cittadini, introducendo forme di giustizia più trasparenti, replicabili e orientate al servizio pubblico.

In definitiva, il sistema proposto, sebbene ancora suscettibile di perfezionamenti, rappresenta un significativo passo avanti nella direzione di un'amministrazione della giustizia supportata da tecnologie avanzate in grado di combinare efficienza operativa, rigore scientifico e attenzione alle implicazioni etiche e sociali. Tale approccio interdisciplinare pone le basi per una modernizzazione del sistema giudiziario che mantenga intatti i valori fondamentali di equità, imparzialità e rispetto dei diritti delle parti coinvolte.

## 5. Conclusione

Abbiamo impiegato tecniche di Intelligenza Artificiale per analizzare casi di omicidio stradale avvenuti in Italia, con l'obiettivo di dimostrare come l'utilizzo di sistemi basati sull'IA possa contribuire a rendere il processo decisionale giuridico più rapido ed efficiente.

Nello specifico, il nostro studio si è focalizzato sull'impiego di modelli avanzati per l'estrazione automatizzata delle caratteristiche rilevanti dai documenti legali, utilizzando il *Multi-Layer Perceptron* (MLP) e il *Decision Tree* (DT). I risultati ottenuti hanno evidenziato che il modello MLP si distingue per l'elevata performance in contesti caratterizzati da un ridotto squilibrio tra classi, dimostrando una capacità superiore nell'elaborazione di scenari più uniformi.

Il modello basato su *Decision Tree* si è rivelato particolarmente adatto in situazioni in cui trasparenza e spiegabilità delle decisioni rivestono un ruolo fondamentale. La capacità di fornire interpretazioni comprensibili e motivazioni chiare rende il DT uno strumento di supporto particolarmente efficace nei contesti giuridici, dove la giustificazione delle decisioni rappresenta un requisito imprescindibile.

Gli esperimenti sono stati condotti su un dataset composto da 79 casi di omicidio stradale verificatisi in Italia. L'analisi ha permesso di ottenere un'accuratezza dell'83,2% nell'estrazione automatizzata delle caratteristiche descrittive della scena del crimine dai testi dei documenti legali. Tali documenti contengono informazioni cruciali per delineare gli elementi caratterizzanti dell'evento analizzato. Inoltre, il

sistema ha raggiunto una precisione del 69,6% nella previsione della sussistenza o meno del fatto di reato, basandosi su una funzione Booleana che valuta l'eventuale presenza delle caratteristiche estratte attraverso il processo descritto.

In conclusione, i risultati ottenuti suggeriscono che l'integrazione di strumenti basati su tecniche di Intelligenza Artificiale potrebbe costituire un prezioso ausilio per i professionisti del diritto, favorendo una maggiore efficienza e rapidità nell'accertamento della configurabilità di un reato. Tuttavia, affinché tali strumenti possano essere effettivamente adottati e pienamente integrati nei procedimenti legali, è imprescindibile affrontare alcune criticità di rilievo. In particolare, occorre perfezionare la precisione e la trasparenza delle analisi prodotte, assicurandone la comprensibilità e la verificabilità, e promuovere un clima di fiducia verso tali tecnologie. Questo implica la necessità di rassicurare i giudici sulla loro affidabilità e sicurezza, nonché di garantire ai cittadini che esse siano utilizzate in modo equo e rispettoso dei principi fondamentali della giustizia.

## Bibliografia

- Regulation EU 2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 27 June 2024 on Artificial Intelligence and amending certain Union legislative acts.
- Sartor, Giovanni. *L'intelligenza artificiale e il diritto*. Giappichelli, 2022.
- O. A. Alcántara Francia, et al., “*Survey of text mining techniques applied to judicial decisions prediction*” *Applied Sciences*, vol. 12, no. 20, p. 10200, 2022; J. Cui, et al., “*A survey on legal judgment prediction: Datasets, metrics, models and challenges*” *IEEE Access*, 2023.
- O. A. Alcántara Francia, et al., “*Survey of text mining techniques applied to judicial decisions prediction*” *Applied Sciences*, vol. 12, no. 20, p. 10200, 2022; J. Cui, et al., “*A survey on legal judgment prediction: Datasets, metrics, models and challenges*” *IEEE Access*, 2023.
- J. Cui, et al., “*A survey on legal judgment prediction: Datasets, metrics, models and challenges*” *IEEE Access*, 2023.
- G. V. Travaini, et al., “*Machine learning and criminal justice: A systematic review of advanced methodology for recidivism risk prediction*” *International journal of environmental research and public health*, vol. 19, no. 17, p. 10594, 2022.
- M. Simmler, et al., “*Smart criminal justice: exploring the use of algorithms in the swiss criminal justice system*” *Artificial Intelligence and Law*, vol. 31, no. 2, pp. 213–237, 2023.
- J. Barnett, et al., “*Judicialtech supporting justice*” Available at SSRN, 2023.
- R. A. Shaikh, et al., “*Predicting outcomes of legal cases based on legal factors using classifiers*” *Procedia Computer Science*, vol. 167, pp. 2393–2402, 2020.
- S. Chou et al., “*Text mining technique for chinese written judgment of criminal case*” in *Intelligence and Security Informatics: Pacific Asia Workshop, PAISI 2010, Hyderabad, India, June 21, 2010*. Proceedings, pp. 113–125, Springer, 2010.
- B. Luo, et al., “*Learning to predict charges for criminal cases with legal basis*” arXiv preprint arXiv:1707.09168, 2017.
- B. Strickson et al., “*Legal judgement prediction for UK Courts*” in *Proceedings of the 3rd International Conference on Information Science and Systems*, pp. 204–209, 2020.
- S. A. Mahmoudi, et al., “*Ner sur décisions judiciaires françaises: Camembert judiciaire ou méthode ensembliste?*” in *Extraction et Gestion des connaissances EGC 2022*, 2022.

- G. Garzo, et al., "Opening the Black Box: How Boolean AI can Support Legal Analysis," 2024 4th International Conference on Computer Communication and Artificial Intelligence (CCAI), Xi'an, China, 2024, pp. 269-272.
- G. Garzo, et al., "The First Hardware Circuit Emulating Italian Road Homicides Legal Logic, DAJE!" In: Proceedings of the IADIS International Conference on e-Society. Accepted for publication, 2025.