

IA, PREVENZIONE E CONTRASTO DEGLI ILLECITI AMBIENTALI

I SISTEMI DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE VANNO CONSIDERATI COME UN SUPPORTO NELL'AMBITO DI INDAGINI SPECIFICHE CONDOTTE DA OPERATORI ADDESTRATI E PERFETTAMENTE CONSAPEVOLI DELLE CRITICITÀ PRESENTI. BASI DI DATI ESTESE E AFFIDABILI RAPPRESENTANO UN FATTORE ABILITANTE FONDAMENTALE PER IL LORO SVILUPPO.

L'uso dell'intelligenza artificiale (Ia) può esprimere un enorme potenziale nella prevenzione e nel contrasto degli illeciti ambientali, anche nelle prospettive indicate dalla nuova direttiva (Ue) 2024/1203 del Parlamento europeo e del Consiglio dell'11 aprile 2024 sulla tutela penale dell'ambiente, che contiene riferimenti alla necessità di utilizzo di strumenti investigativi efficaci e proporzionati, inclusi quelli speciali come quelli utilizzati per contrastare la criminalità organizzata o per altri gravi reati (art. 13), di tecniche e tecnologie adeguate di contrasto ai crimini ambientali (art. 17), di adeguata formazione al riguardo di giudici, pubblici ministeri e personale di polizia (art. 18). Già in precedenza, a questo tema è stato dedicato uno studio preliminare, coordinato dagli scriventi, promosso dalla Fondazione Occorsio la quale, a partire dal 2020, ha avviato una serie di ricerche sull'uso dell'intelligenza artificiale anche per il contrasto agli illeciti ambientali. I risultati di quel lavoro vengono in questa sede riassunti e commentati anche alla luce del regolamento (Ue) 2024/1689 che stabilisce regole sull'uso dell'intelligenza artificiale, l'*Artificial intelligence act* o *Ai act*.

L'intelligenza artificiale, nell'*Ai act* (art. 3, n. 1) è definita come "un sistema automatizzato progettato per funzionare con livelli di autonomia variabili e che può presentare adattabilità dopo la diffusione e che, per obiettivi espliciti o impliciti, deduce dall'input che riceve come generare output quali previsioni, contenuti, raccomandazioni o decisioni che possono influenzare ambienti fisici o virtuali". Sono noti i molteplici vantaggi dell'uso dell'Ia, ma nella definizione sono evidenziati aspetti tecnici che coincidono con rischi relativi ai diritti fondamentali delle persone, la cui protezione è una delle finalità preminenti dell'*Ai act*. L'uso dell'Ia per il contrasto dei reati ambientali è oggi, tutto sommato,

limitato, probabilmente perché il settore, molto specialistico, sta solo ora acquisendo la consapevolezza delle potenzialità e prospettive di questo tipo di *tool* in questo specifico settore. Questo scritto ha anche la finalità di agevolare una riflessione che possa portare a scelte consapevoli per l'attivazione delle iniziative che possano fare entrare l'Ia, e i benefici che può esprimere, tra gli strumenti destinati alla lotta agli illeciti e alla criminalità ambientale anche nella realtà italiana.

L'applicazione dell'Ia nella giurisdizione ambientale

Lo studio condotto ha portato a identificare alcune principali applicazioni di sistemi di Ia nel campo della giurisdizione ambientale:

- analisi di rischio (*risk assessment*): quale stima preventiva del rischio attribuibile a un soggetto, persona fisica o giuridica, per la commissione di un illecito
 - analisi di dati (*data analytics*): per individuare anomalie in complessi insiemi di dati correlabili a violazioni e falsificazioni
 - visione artificiale (*computer vision*): interpretazione di immagini ove la morfologia di oggetti e situazioni è correlabile a un illecito.
- Di queste tecniche verranno forniti esempi, perché più maturi e trasferibili in altre realtà. Altre aree di impiego si affacciano all'orizzonte, anche sulla scorta di esperienze sviluppate in altri settori, come ad esempio l'attività di *predictive policing*, per il presidio del territorio e per attività di prevenzione ad hoc, o l'uso di *large language models* per l'interpretazione e l'estrazione da testi di informazioni rilevanti, a beneficio del trattamento elettronico di documenti e dell'ampliamento dei database. Queste aree non verranno trattate, se non superficialmente, in questo rapporto.

Analisi di rischio su rifiuti e scarichi negli Stati Uniti

L'approccio utilizzato dall'*Environment protection agency* statunitense (Us-Epa), nella pianificazione dei controlli è mirato a massimizzare l'individuazione di non conformità e i sistemi di Ia utilizzati sono stati addestrati sulla base di questo obiettivo.

Per l'addestramento dei sistemi di Ia, Us-Epa ha utilizzato il vasto inventario di dati relativi agli esiti delle ispezioni e degli autocontrolli costruito nell'ambito del programma di digitalizzazione delle informazioni sui controlli *Next generation compliance*, iniziato nel 2013.

Esempi di quest'approccio sono la pianificazione delle attività ispettive sugli scarichi idrici e sulla gestione dei rifiuti. Nel caso della programmazione dei controlli sugli scarichi idrici, il *training set* del sistema di Ia è stato costituito da 316.030 imprese estratte da 1.831.032 catalogate in questo settore. Questo sistema ha previsto correttamente l'esito dei controlli nel 94,1% dei casi, sulla base di test di tipo retrospettivo.

Il sistema invece allestito per i controlli sulle aziende del ciclo dei rifiuti ha dimostrato la capacità di portare al 56% la frazione di ispezioni che individuano almeno una violazione, rispetto al 38% della programmazione di tipo tradizionale.

Data analytics: il trattamento dei dati alla ricerca di non conformità

L'Ia si presenta come uno strumento ottimale per i compiti di analisi di database, sostituendosi a complesse attività di programmazione dei sistemi e di costruzioni di *query*. La Fondazione Occorsio ha svolto approfondimenti sul tema analizzando le potenzialità presenti, prendendo a

riferimento la filiera nazionale dei rifiuti, come rappresentata nei database dedicati italiani.

Infatti, è attraente l'ipotesi di poter identificare, attraverso sistemi di *data analytics* avanzati, nessi e relazioni in prima approssimazione non evidenti tra situazioni, operazioni di vario tipo e soggetti nell'ambito di indagini penali, oltre che per estendere la visuale sulle responsabilità implicate nei reati perseguiti e per una ricerca mirata di prove. L'attività di *data analytics* può supportare inoltre operazioni di *predictive policing* (polizia predittiva) a supporto del dispiegamento mirato di risorse per il contrasto di attività criminali.

Nello studio citato si era prospettata inoltre la realizzazione di una banca dati nazionale in materia di criminalità ambientale per consentire un approccio molto più selettivo del materiale rispetto alla consultazione della sola banca dati Sidra-Sidra la quale, oltre a includere solo dati relativi al delitto di cui all'art. 452-quaterdecies c.p. (di competenza della Dda), contiene molto "rumore", ossia dati che non pertengono allo specifico tema della criminalità ambientale e che complicano la ricerca. Sarebbe inoltre necessaria la disponibilità, in forma digitale, di informazioni sull'attività di polizia amministrativa e dell'attività giurisdizionale nel settore dei rifiuti, per etichettare le aziende presenti nei database a disposizione al fine di addestrare i sistemi di Ia.

Il contrasto alla falsificazione degli autocontrolli

Un altro interessante esempio di applicazione di strumenti di *data analytics* e di Ia è la ricerca di falsificazioni nei dati degli autocontrolli obbligatoriamente effettuati e trasmessi dalle aziende a Us-Epa.

L'alterazione di dati trasmessi all'autorità competente è, anche negli Stati Uniti, un reato penale e la disponibilità di un sistema di *screening* delle falsificazioni rappresenta un notevole elemento di deterrenza.

La verifica sulla falsificazione dei dati è, ad esempio, applicata ai *discharge monitoring report* (Dmr), relativi agli esiti degli autocontrolli sulle acque di scarico. La ricerca di anomalie viene effettuata attraverso filtri statistici estratti dall'analisi di un numero elevato di Dmr. Il discostamento da tracciati standard può essere sintomo di un'alterazione volontaria dei dati. Il sospetto di alterazione dei dati diviene un elemento di priorità nella programmazione delle ispezioni.

L'esperienza è interessante per il dibattito nazionale sugli autocontrolli, sulla loro affidabilità, sul loro valore ai fini dell'assicurazione della conformità ambientale.

Il tema è rilevante, infatti, nell'applicazione del Testo unico ambientale (Tua) il quale prevede in diversi casi la comunicazione dei dati emersi in sede di autocontrollo. Basti

pensare alla disciplina dell'autorizzazione integrata ambientale in cui il superamento dei limiti di emissione può dipendere, oltre che dall'accertamento emerso nell'ambito delle ispezioni da parte dell'autorità di controllo o degli organi di vigilanza (art. 29-decies, rispettivamente commi 4 e 7, Tua), anche dall'emersione della violazione dei valori limite di emissione in sede di autocontrollo da parte del gestore, attività disciplinata dall'art. 29-decies, comma 2, secondo cui a far data dall'invio della comunicazione di avvio dell'installazione, il gestore trasmette all'autorità competente e ai Comuni interessati, nonché all'ente responsabile degli accertamenti, i dati relativi ai controlli delle emissioni richiesti dall'autorizzazione integrata ambientale (Aia), secondo modalità e frequenze stabilite nell'autorizzazione stessa.

La disciplina sanzionatoria è prevista dall'art. 29-quattordices:

- al comma 8, che prevede come illecito amministrativo l'omessa comunicazione dei dati relativi alle misurazioni delle emissioni di cui all'art. 29-decies, comma 2
- al comma 9, che prevede l'applicazione della pena di cui all'art. 483 c.p. se con tale comunicazione il gestore fornisca dati falsificati o alterati.

Si pone la questione se il reato di violazione delle prescrizioni sia configurabile qualora il superamento dei limiti delle emissioni emerga in sede di autocontrollo e venga a conoscenza dell'amministrazione a seguito della

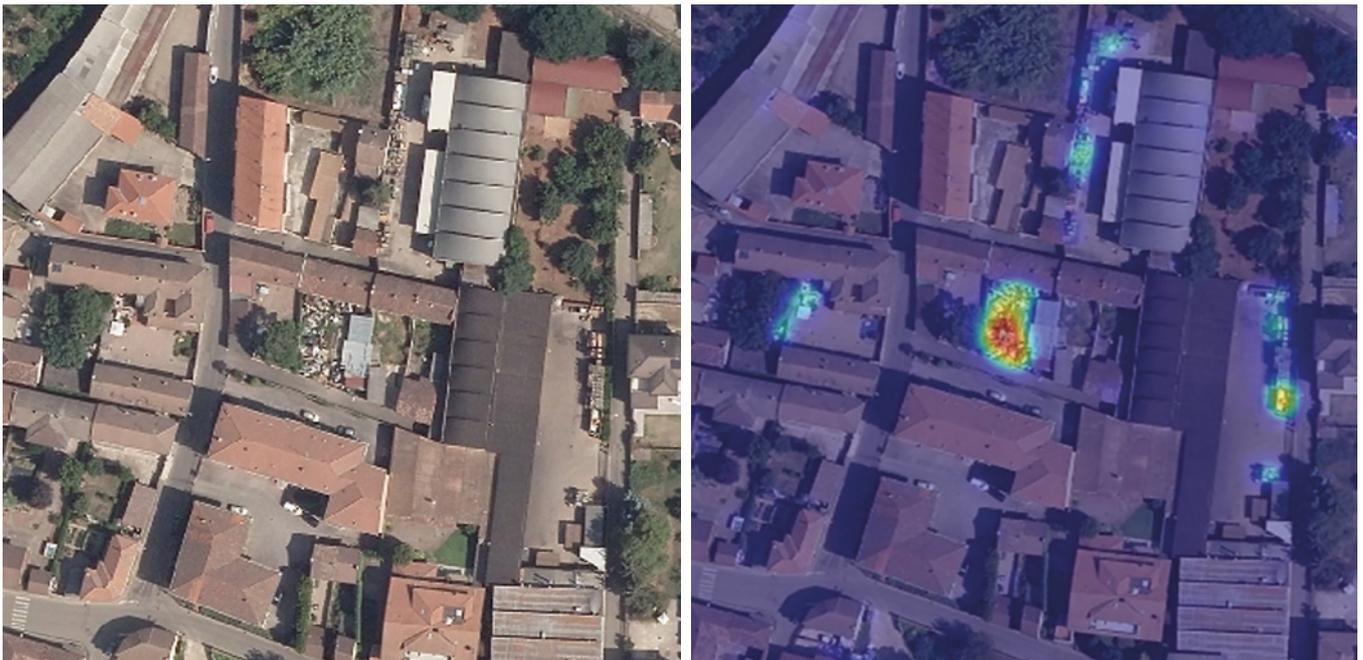


FIG. 1 PROGETTO SAVAGER

Immagine aerea Rgb di una zona contenente un deposito illegale di rifiuti ed elaborazione con un sistema di computer vision che mette in evidenza tale deposito ("Class Activation Map"). Materiale illustrativo della fase preparatoria del progetto Savager di Arpa Lombardia per la ricerca di depositi illegali di rifiuti, 2020.

obbligatoria comunicazione dei dati da parte del gestore della installazione. La Cassazione ha ritenuto che “la violazione delle prescrizioni ben può scaturire dalla comunicazione obbligatoria da parte del gestore dell’impianto dei risultati in sede di autocontrollo, essendo il gestore soggetto tenuto all’effettuazione di analisi in sede di autocontrollo e poi all’inoltro dei dati così rilevati e, in tale ambito, la previsione della sanzione penale è coerente con la *ratio legis* e si colloca a chiusura della disciplina di settore che pone obblighi precisi, indicati nell’Aia, al gestore dell’impianto che è tenuto a procedura di autocontrollo, e costituisce un presidio sanzionatorio all’osservanza delle prescrizioni imposte nell’Aia, con la punizione dell’inosservanza alle prescrizioni imposte a tutela dell’ambiente.

Quanto alla responsabilità connessa alla posizione del gestore che è destinatario della richiesta di inoltro dei dati, in esito a procedure di autocontrollo, essa non contrasta con il diritto costituzionale di difesa sul presupposto che, in tal modo, si imporrebbe agli stessi un obbligo di possibile autodenuncia, in quanto le suddette richieste derivano da specifici obblighi normativi per consentire lo svolgimento della vigilanza amministrativa demandata agli organi indicati nel comma 3, e, come tali, da un lato assoggettano l’imprenditore allo stesso trattamento riservato a ogni cittadino sottoposto ad atti di controllo amministrativi per fini di interesse generale.

Non di meno, dal tenore delle norme di settore e dal riferimento alla “tolleranza” per frequenza e entità, non c’è alcuna automaticità che potrebbe avere profili di dubbia compatibilità con il diritto di difesa, nel senso che la sanzione penale non consegue al mero dato del rilevamento in sede di autocontrollo del superamento, nel nostro caso, delle emissioni, ma dalla complessiva valutazione, cui è tenuto il giudice del merito, anche a fronte delle allegazioni difensive, dei dati provenienti dai sistemi di autocontrollo e della tolleranza delle violazioni.

Visione automatica e contrasto ai reati ambientali

È oggi disponibile un imponente patrimonio, anche aggiornato in tempo reale o “quasi reale” di immagini terrestri, usato anche per il contrasto agli illeciti ambientali, rilevate attraverso satelliti

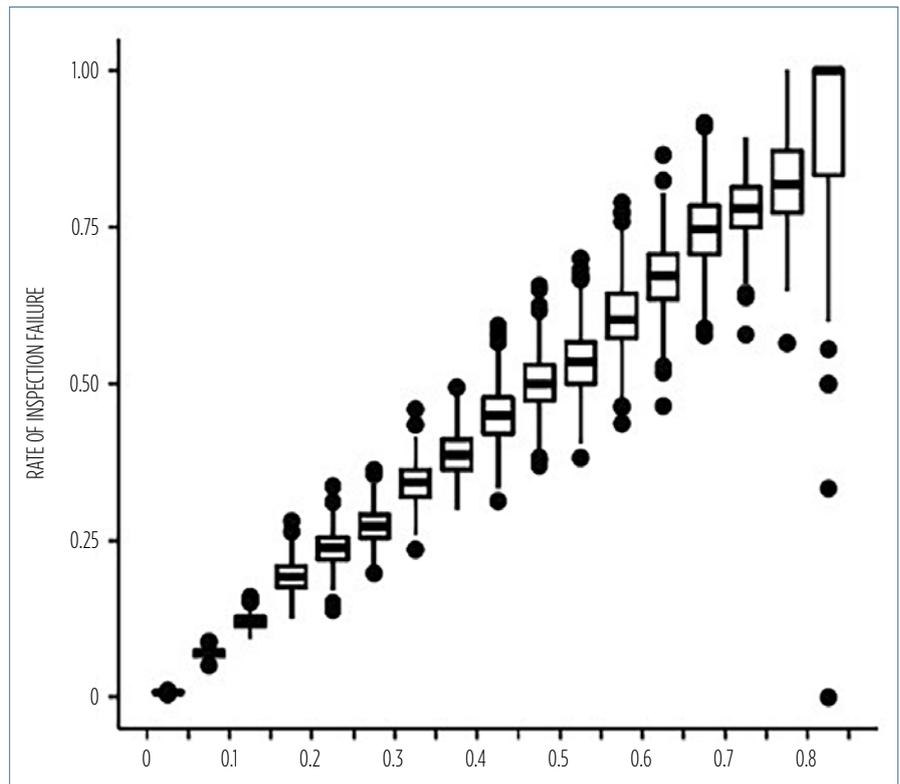


FIG. 2 INTELLIGENZA ARTIFICIALE E CONTROLLO AMBIENTALE

Relazione tra il livello di rischio valutato attraverso un specifico sistema di intelligenza artificiale e la percentuale di casi nei quali un controllo ha evidenziato una non conformità - settore degli scarichi idrici negli Usa.

Fonte: Hino M., Benami E., Brooks N., 2018, “Machine learning for environmental monitoring”, *Nature Sustainability*, vol. 1, October 2018, 583-588, www.nature.com/natsustain

o mezzi o aerei, offerto da numerose fonti, compreso il progetto Copernicus dell’Unione europea.

La *computer vision* basata su Ia ha enormemente potenziato le attività di osservazione terrestre, svincolandola dalle tempistiche necessarie per attività simili condotte dall’uomo e migliorandone l’efficacia.

Gli esempi di *computer vision* che seguono sono stati sviluppati tramite sistemi di *AI-deep learning* con l’uso di reti neurali convoluzionali (Cnn).

I due esempi principali di questa applicazione per la ricerca di non conformità sono rappresentati dall’attività statunitense per la ricerca degli allevamenti intensivi di suini e pollame (*concentrated animal feeding operation*, Cafo) non dotati di autorizzazioni allo scarico e dal progetto Savager (sorveglianza avanzata gestione rifiuti) sviluppato da Arpa Lombardia, a partire dal 2018.

Per quanto riguarda il caso statunitense, Us Epa ha stimato che circa il 60% delle installazioni Cafo, al 2011, non era in possesso di un’autorizzazione per la gestione dei reflui zootecnici, contribuendo in modo elevatissimo all’inquinamento da nitrati e, per la

ricerca sistematica di queste installazioni, è stato previsto l’uso della tecnica di *computer vision*.

Le prime esperienze sono state realizzate nel North Carolina, utilizzando come *training set* immagini contenute nell’archivio del Dipartimento dell’Agricoltura degli Stati Uniti. Dal totale di 1.684.879 immagini dello Stato a disposizione ne sono state estratte un totale di 24.440; oltre a immagini “negative” il *training set* ne conteneva 3.385 relative ad allevamenti di pollame e 1.559 di suini, suddivise casualmente nei gruppi *training set* (60%), di validazione (15%) e test retrospettivo (25%).

L’accuratezza del sistema è stata misurata attraverso l’indicatore precisione, pari al 91,7% per gli allevamenti di pollame e al 92,35% per i suini e con uno specifico indicatore, Roc, che combina sensibilità e specificità, pari al 97,2 % e al 98,6% per pollame e sui suini. Oltre a essere più efficace del 15% rispetto a operatori umani, il sistema di ricerca automatizzato ha permesso l’abbattimento delle risorse umane da impiegare per l’attività tra il 90 e il 98%.

Il progetto italiano Savager nasce per il contrasto al fenomeno degli incendi nei depositi illegali di rifiuti, particolarmente intenso a partire dal 2018, attraverso

l'individuazione precoce delle situazioni a rischio. Il primo test ha previsto l'analisi, manuale e automatizzata, del territorio di 63 Comuni, per un totale di 1.357 chilometri quadrati, in provincia di Pavia. La sperimentazione è stata realizzata in collaborazione con il Politecnico di Milano. Come *training set* è stato utilizzato un insieme di 3.000 immagini, delle quali il 30% era rappresentato da campioni positivi, selezionate da operatori esperti tra le immagini a disposizione. L'analisi della qualità delle prestazioni è stata misurata attraverso il descrittore statistico precisione, superiore al 94% al livello di sensibilità pari al 89%. La *computer vision* si è dimostrata estremamente efficace per lo *screening* di ampie superfici, a livello delle dimensioni di una regione o di uno Stato, a condizione di disporre di un campione di immagini relativo alla stessa tipologia del caso da ricercare sufficientemente esteso.

Ai act e controlli ambientali

I sistemi di intelligenza artificiale utilizzati a supporto delle autorità di contrasto ai crimini, compresi quelli ambientali, sono qualificati dall'*Ai act* ad alto rischio (art. 6, comma 2 e allegato III, n. 6) – con applicazione della relativa restrittiva disciplina in tema di produzione e utilizzo. Inoltre, i reati ambientali rientrano tra quelli di cui all'allegato II, per i quali l'art. 5, comma 1, lett. h prevede la deroga al divieto di uso di sistemi di identificazione biometrica remota "in tempo reale" in spazi accessibili al pubblico a fini di attività di contrasto, quando "e nella misura in cui tale uso sia strettamente necessario" per "la localizzazione o l'identificazione di una persona sospettata di aver commesso un reato, ai fini dello svolgimento di un'indagine penale, dell'esercizio di un'azione penale o dell'esecuzione di una sanzione penale per i reati di cui all'allegato II, punibile nello Stato membro interessato con una pena o una misura di sicurezza privativa della libertà della durata massima di almeno quattro anni" (il divieto, ad esempio, non opera nel contrasto ai reati di attività organizzate per il traffico illecito di rifiuti di cui all'art. 452-quaterdecies TUA o di inquinamento o disastro ambientali di cui agli artt. 452-bis e quater c.p., puniti con una pena massima superiore a tale soglia).

Quanto alla polizia predittiva, la sua praticabilità va analizzata in relazione al divieto (art. 5, lett. d) di immissione sul

mercato, messa in servizio per tale finalità specifica o uso "di un sistema di Ia per effettuare valutazioni del rischio relative a persone fisiche al fine di valutare o prevedere la probabilità che una persona fisica commetta un reato, unicamente sulla base della profilazione di una persona fisica o della valutazione dei tratti e delle caratteristiche della personalità; tale divieto non si applica ai sistemi di Ia utilizzati a sostegno della valutazione umana del coinvolgimento di una persona in un'attività criminosa, che si basa già su fatti oggettivi e verificabili direttamente connessi a un'attività criminosa". La portata di tale divieto è spiegata dal considerando 42, per il quale: "In linea con la presunzione di innocenza, le persone fisiche nell'Unione dovrebbero sempre essere giudicate in base al loro comportamento effettivo. Le persone fisiche non dovrebbero mai essere giudicate sulla base di un comportamento previsto dall'Ia basato unicamente sulla profilazione, sui tratti della personalità o su caratteristiche quali la cittadinanza, il luogo di nascita o di residenza, il numero di figli, il livello di indebitamento o il tipo di automobile, senza che vi sia un ragionevole sospetto che la persona sia coinvolta in un'attività criminosa sulla base di fatti oggettivi verificabili e senza una valutazione umana al riguardo. Pertanto, dovrebbero essere vietate le valutazioni del rischio effettuate in relazione a persone fisiche intese a determinare il rischio che queste ultime commettano un reato o volte a prevedere il verificarsi di un reato effettivo o potenziale unicamente sulla base della loro profilazione o della valutazione dei loro tratti della personalità e delle loro caratteristiche. In ogni caso, tale divieto non fa riferimento né riguarda l'analisi del rischio che non è basata sulla profilazione delle persone o sui tratti della personalità e sulle caratteristiche delle persone, come i sistemi di Ia che utilizzano l'analisi dei rischi per valutare il rischio di frode finanziaria da parte di imprese sulla base di transazioni sospette o di strumenti di analisi del rischio per prevedere la probabilità di localizzazione di stupefacenti o merci illecite da parte delle autorità doganali, ad esempio sulla base di rotte di traffico conosciute". L'uso dell'Ia nella polizia predittiva nel campo degli illeciti ambientali deve quindi ritenersi consentita in tutti i casi in cui non si basi esclusivamente su condotte pregresse della persona fisica interessata ricavando il rischio da valutazioni unicamente personalistiche, ma, contemporaneamente:

- si fondi su dati oggettivi, quali la

struttura dell'organizzazione nella quale opera, i profili logistici e territoriali, i rapporti commerciali, l'analisi fiscale e i dati ricavabili dalle banche dati - sia finalizzato all'accertamento di un'attività criminosa.

A maggior ragione il divieto non si applica quando l'analisi di rischio riguarda la struttura organizzativa in sé e non la persona fisica che in essa opera (d'altra parte, sia la direttiva 27/04/2016, n. 2016/680/UE relativa alla protezione delle persone fisiche con riguardo al trattamento dei dati personali da parte delle autorità competenti a fini di prevenzione, indagine, accertamento e perseguimento di reati o esecuzione di sanzioni penali, nonché alla libera circolazione di tali dati, sia il DLgs 18 maggio 2018, n. 51 che la recepisce fanno ripetuto riferimento, quale destinataria della tutela, alla persona fisica e, quale *ratio* della disciplina, alla protezione dei suoi dati personali).

Considerazioni finali

Dall'interpretazione critica delle esperienze illustrate, anche alla luce della conoscenza almeno elementare delle basi concettuali e tecniche dell'Ia, emergono alcuni aspetti che è opportuno mettere in evidenza.

I sistemi di Ia lavorano con una logica inferenziale e sono pronti a trasferire nelle loro analisi tutti gli errori, i pregiudizi e le limitazioni presenti nel *training set* utilizzato per il loro addestramento. Per questi motivi, gli esiti di ogni analisi effettuata attraverso intelligenza artificiale non devono essere utilizzati come un giudizio applicabile *tout court*, ma devono essere considerati essenzialmente come un supporto nell'ambito di indagini specifiche condotte da operatori addestrati e perfettamente consapevoli delle criticità presenti, o come un iniziatore di un percorso probatorio condotto poi sulla base di valutazioni umane esperte. I temi citati sono fortemente regolamentati, tra l'altro, nell'*Ai act*.

La validazione dell'affidabilità dei sistemi di Ia nella ricostruzione degli illeciti ambientali costituisce poi una condizione necessaria per l'ingresso nel processo penale dei dati da essi provenienti, se non quale prova scientifica, almeno quali indizi gravi, precisi e concordanti ai sensi dell'art. 192, comma 2 c.p.p.

La possibilità di avere a disposizione basi di dati estese e affidabili rappresenta poi

un fattore abilitante fondamentale per lo sviluppo di strumenti di Ia.

È quindi opportuno, anche ai fini della piena attuazione della direttiva (UE) 2024/1203 sulla tutela penale dell'ambiente, un impegno profondo sulla raccolta della casistica da utilizzare per l'impiego di strumenti di Ia nel campo della *compliance* ambientale nei Paesi europei ed extraeuropei, al fine di determinare standard essenziali per i database da utilizzare per lo sviluppo di sistemi di Ia e, non secondariamente, per la formazione del personale delle strutture pubbliche di controllo e della giurisdizione in campo ambientale.

È opportuno ricordare, per quanto riguarda il panorama normativo

italiano, che il recente Dlgs 103/2024 all'art. 9 detta l'obbligo di adottare misure di automatizzazione delle proprie attività, a fini di semplificazione, "ricorrendo a soluzioni tecnologiche, ivi incluse quelle di intelligenza artificiale in coerenza con il principio di proporzionalità al rischio". L'insieme dei fascicoli di impresa di cui alla L 580/1993, anch'esso richiamato nel decreto, può costituire la base sulla quale "addestrare" appositi sistemi di Ia, "al fine di [...] programmare l'attività ispettiva in ragione del profilo di rischio".

Tra l'altro, la massa di dati che dovrebbe essere inoltrata al Rentri (Registro elettronico nazionale per la tracciabilità dei rifiuti, Dm 4 aprile 2023, n. 59) ben potrebbe essere utilizzata da sistemi

di Ia in grado di individuare, anche in modo selettivo, criticità e contraddizioni. La previsione dell'uso del registro in questo senso, però, non è esplicita, e ciò rischia di non permettere lo sfruttamento profondo attraverso strumenti di Ia delle informazioni raccolte per un approccio sistemico per la prevenzione e la repressione dei crimini ambientali.

Pasquale Fimiani¹, Giuseppe Sgorbati²

1. Avvocato generale, Procura generale Corte di cassazione, membro del Comitato scientifico della Fondazione Occorsio per le attività nel campo della legalità ambientale

2. Già direttore tecnico scientifico di Arpa Lombardia, *special advisor* della ricerca "Intelligenza artificiale e illeciti ambientali" della Fondazione Occorsio

REFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Berk R.A., 2020, "Artificial intelligence, predictive policing and risk assessment for law enforcement", www.annualreviews.org.

Butti L., 2022, "Attribution science: la scienza che studia il possibile nesso causale tra alcuni eventi meteorologici estremi e il riscaldamento globale", *Rivista giuridica dell'ambiente*, www.rgaonline.it, n. 32.

Calisai F., 2021, "Intelligenza artificiale e ambiente", *Giust. civ.*, n. 4, 2021, 895.

Handan-Nader C., Ho D.E., 2019, "Deep learning to map concentrated animal feeding operations", *Nature Sustainability*, 2(4):298-306 2019.

Ciaralli C.A., 2023, "Intelligenza artificiale, decisione politica e transizione ambientale: sfide e prospettive per il costituzionalismo", *Federalismi*, 2023.

Cogode M., 2021, "L'impatto dell'intelligenza artificiale sulla profilazione", *Diritto di Internet*.

D'Avanzo W., 2019, "Le applicazioni dell'intelligenza artificiale a tutela dell'ambiente", *Diritto e giur. agraria e dell'ambiente*, n. 2.

D'Avanzo W., 2021, "Riflessioni di informatica giuridica per l'ambiente. Digitalizzazione pubblica e applicazioni di intelligenza artificiale", www.hal.science.it.

Di Florio M., 2021, "Il diritto penale che verrà. Brevi considerazioni sul possibile impiego dell'ia per prevenire il rischio di disastri colposi", www.archiviopenale.it.

Di Stefano V., 2023, "L'utilizzo della blockchain nel settore forestale per la prevenzione degli illeciti", *Diritto e giur. agraria e dell'ambiente*, n. 1.

Du L. et al., 2023, "Assessing and predicting the illegal dumping risks in relation to road characteristics", www.sciencedirect.com.

Epa, 2011, "National pollutant discharge elimination system (Npdes) concentrated animal feeding operation (Cafo) reporting rule", www.federalregister.gov

Epa, 2013, "Literature review of contaminants in livestock and poultry manure and implications for water quality report", <https://nepis.epa.gov>

Eea, 2021, "Digital technologies will deliver more efficient waste management in Europe", www.eea.europa.eu

Fimiani P., 2022, *La tutela penale dell'ambiente*, Giuffrè, Milano.

Fimiani P., Sgorbati G., 2022, "Ia e reati ambientali", in Atti del workshop organizzato dalla Fondazione Occorsio (19 novembre 2021), www.sistemapenale.it.

Fimiani P., Sgorbati G., 2023, "Artificial intelligence and its application in environmental crimes", in Atti della IV *Networks conference, Cooperation in strengthening environmental enforcement*, Roma, , www.environmentalprosecutors.eu

Francisco M., 2023, "Artificial intelligence for environmental security: national, international, human and ecological perspectives", www.sciencedirect.com

Graham J.P. et al., 2010, "Managing waste from confined animal feeding operations in the United States: the need for sanitary reform", www.pubmed.ncbi.nlm.nih.gov

Kirsanova N. et al., 2021, "The use of digital technologies in the administration of justice in the field of environmental crime", www.e3s-conferences.org

Maher H. et al., 2022, "How Ai can be a powerful tool in the fight against climate change", www.preventionweb.net.

Mason C. (ed.), 2019, *Artificial intelligence and the environment. Ai blueprints for 16 environmental projects pioneering sustainability*, 978-1-7335248-0-3.

Nespor S., 2023, "L'attribution science e i danni provocati dal cambiamento climatico", www.rgaonline.it, n. 45.

Poccianti P., 2019, "Impatto ambientale: la grande sfida dell'Intelligenza artificiale", www.agendadigitale.eu.

Quaranta A., 2021, "Digitale e ambiente: strumenti di sostenibilità (al plurale)", *Ambiente&Sviluppo*, n. 2, 117.

Rolnick D. et al., 2019, "Tackling climate change with machine learning", www.arxiv.org

Ruggeri L., 2023, "Ambiente e tecnologie: nuove sfide per la tutela della persona", www.ambientediritto.it, n. 3.

Sabia R., 2020, "Artificial intelligence and environmental criminal compliance", *Revue Internationale de Droit pénal*, n. 1, 179.

Sharma R. et al., 2020, "Applying machine learning to predict illegal dumpsites", www.omdena.com

Spangaro A., 2022, "Profilazione e privacy. Il concetto di profilazione tra 'direttiva madre' e Gdpr", *Giur. it.*, n. 7, 1577.

Vigl L.E. et al., 2021, "Harnessing artificial intelligence technology and social media data to support cultural ecosystem service assessments", <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com>

Vinuesa R. et al., 2020, "The role of artificial intelligence in achieving the sustainable development goals", www.nature.com
World economic forum, 2018, *Harnessing artificial intelligence for the Earth*, www.weforum.org