

Città post-antropocentriche: visione artificiale e complessità urbana

Post-Anthropocentric Cities: Computer Vision and Urban Complexity

FABIO IAPAOLLO

Abstract

La possibile commercializzazione, in un futuro più o meno prossimo, di automobili a guida autonoma ha dato vita ad un acceso dibattito circa gli effetti trasformativi dell'automazione dei trasporti sulle realtà urbane. Proponendo un rovesciamento di prospettiva rispetto alle linee proposte dalla ricerca *Untitled* per l'analisi degli spazi urbani, questo articolo tenta di rispondere al seguente quesito: in che modo la geografia essenzialmente ibrida delle città influenza lo sviluppo di sistemi autonomi di guida? Con intento descrittivo, vengono analizzate alcune specificità socio-spaziali urbane che, rendendo particolarmente difficile la visione artificiale dei veicoli autonomi, ne ostacolano l'introduzione all'interno città. Con intento speculativo, viene prospettata la possibilità che siano le stesse città a subire interventi di riconfigurazione volti ad accomodare questi nuovi attori spaziali non-umani.

The possible commercialization, in the near or distant future, of self-driving cars has led to a heated debate on the transformative effects of transport automation on urban realities. By proposing a reversal of perspective, if compared to the proposals at urban level offered by the Untitled project, this article attempts to answer the following question: how does the essentially hybrid geography of cities influence the development of automated driving systems? With descriptive intent, this work focuses on some urban socio-spatial specificities that, by making the computer vision of autonomous vehicles particularly difficult, hinder their introduction into the cityscape. With speculative intent, it is suggested that cities themselves might be reconfigured so as to accommodate these emerging non-human spatial actors.

Fabio Iapaolo, dottorando in Urban and Regional Development presso il Politecnico di Torino.

fabio.iapaolo@polito.it

1. Autono-mobilità

Al momento della sua apparizione sulle strade americane agli inizi del Novecento, l'automobile era considerata un bene di lusso a esclusivo uso e diletto d'una ristretta cerchia di appassionati. Come ben noto, solo a seguito di graduali, seppur profondi, adattamenti culturali, normativi, economici e infrastrutturali¹, l'automobile sarebbe poi diventata, nel corso del secolo scorso, un prodotto di massa destinato non solo a diventare un simbolo indiscusso di modernità², ma anche, e soprattutto, a cambiare radicalmente la forma e la socialità urbana³. Di recente, l'automobile è tornata a far parlare di sé, diventando il tema centrale di un acceso dibattito sul presente e il futuro delle città contemporanee. Questo rinnovato interesse è in larga parte dovuto alla possibile commercializzazione, in un futuro più o meno prossimo, di automobili a guida autonoma, e cioè in grado di assumere tutte quelle funzioni di

guida che, nelle automobili tradizionali, sono gestite da un conducente umano. Un tempo relegate all'alveo della fantascienza, le automobili a guida autonoma sono oggi diventate una concreta possibilità. Al momento, la loro introduzione sulle strade urbane è da alcuni considerata imminente, o comunque inevitabile⁴, da altri, invece, una fantasia destinata a rimanere tale, almeno per qualche decennio⁵. Ciò che appare fuori discussione, tuttavia, è il potenziale di questa tecnologia di innescare, un po' come avvenne con le auto a motore più di un secolo fa, un'ampia serie di trasformazioni, culturali e spaziali, la cui portata, al momento, è oggetto di speculazione da parte di ingegneri, pianificatori, architetti, giuristi, esperti di etica e amministratori pubblici.

Come sostenuto dai suoi principali fautori, tra cui, non c'è da sorprendersi, le stesse case automobilistiche, l'utilizzo di automobili a guida autonoma potrebbe generare enormi guadagni sociali in termini di sicurezza, accessibilità, efficienza e sostenibilità. Il tema della sicurezza stradale, in particolare, costituisce la principale base discorsiva su cui fa leva la legittimazione politica al loro sviluppo. La guida autonoma, infatti, potrebbe ridurre drasticamente il numero di incidenti stradali che, secondo alcune stime, nel 94% dei casi sono da attribuirsi ad errore umano⁶. Non essendo più prevista la presenza di un guidatore, verrebbe inoltre garantito l'accesso alla mobilità privata a fasce della popolazione finora escluse quali le persone molto anziane o con disabilità visive. Un ulteriore vantaggio è riconducibile al fatto che, in via ipotetica, l'automazione della guida potrebbe favorire la transizione verso un più efficiente e sostenibile sistema di mobilità condivisa. La conseguente riduzione, stimata dell'80%⁷, dei veicoli di proprietà, consentirebbe, da un lato, di alleviare la congestione stradale, dall'altro, di destinare a nuovi usi superfici urbane ed edifici adibiti a parcheggio.

Al netto di questi possibili benefici, molti interrogativi sugli impatti di breve e medio termine delle automobili a guida autonoma restano ancora privi di risposta, basti pensare, a tal riguardo, alla possibile scomparsa o marginalizzazione di una delle professioni più praticate al mondo, l'autotrasporto. Inoltre, la necessità di mobilitare ingenti investimenti pubblici volti a favorire l'integrazione dei sistemi di guida automatizzata all'interno degli spazi urbani, potrebbe disincentivare misure di potenziamento del trasporto pubblico collettivo o provocare tagli ad altri settori, quali la sanità e l'istruzione⁸. Un tema particolarmente dibattuto riguarda l'attribuzione della responsabilità in caso di incidenti o infrazioni. Dato che, per definizione, la guida autonoma non richiede la presenza di un conducente, non è ancora chiaro, da un punto di vista legale, se di eventuali danni provocati dal veicolo debba rispondere il proprietario dello stesso, la casa produttrice, o le aziende che sviluppano software. Un ulteriore aspetto critico è legato al rischio concreto che i software di guida possano diventare bersaglio di attacchi informatici⁹.

Un secolo fa, le automobili a motore consentirono di modernizzare un sistema di mobilità privato basato

principalmente su carrozze a trazione animale¹⁰, ritenute lente, poco efficienti e persino inquinanti a causa della presenza di carcasse ed escrementi di cavallo sulle strade cittadine¹¹. Le trasformazioni – e annessi problemi – dovuti alla diffusione, su scala planetaria, dell'automobile a motore sarebbero però stati compresi solo a posteriori, a distanza di decenni. Oggi, i maggiori sostenitori delle auto a guida autonoma, per lo più grandi attori privati quali Waymo (Google), Tesla e Uber, si fanno portavoce di una visione di futuro che appare al contempo utopica e inevitabile. La guida autonoma è vista, in termini riduzionistici, come una mera sfida ingegneristica giustificata sulla base della possibilità di rendere le strade pubbliche più sicure, inclusive e sostenibili, ponendo così termine ad una lunga serie di eternalità negative associate alle automobili tradizionali. Tuttavia, questa visione si regge su un presupposto fallace, e cioè che l'automazione della guida possa avvenire senza frizioni politiche, lasciando le realtà urbane sostanzialmente inalterate. Di fatto, però, per consentire l'introduzione delle automobili a guida autonoma all'interno delle città, il paesaggio urbano dovrà necessariamente essere re-immaginato e ridisegnato. Allo stato attuale delle cose, infatti, le città si configurano come territori particolarmente ostici per le automobili a guida autonoma, e in particolar modo per i complessi sistemi di percezione artificiale che esse utilizzano per mappare l'ambiente circostante.

Benché il dibattito sulle automobili senza conducente sia per lo più incentrato su questioni etiche e legali relative alla loro supposta autonomia decisionale¹², di recente maggiore attenzione è stata riservata agli impatti specificatamente urbani, sia positivi che negativi, di questa tecnologia¹³. Ciò detto, un aspetto solo marginalmente preso in considerazione nella letteratura è il modo in cui il contesto-città influenzi lo sviluppo – e metta in luce i limiti – dei sistemi di guida automatizzata. In controtendenza rispetto alla dominante impostazione che mette in relazione automazione e spazio urbano secondo una logica causale diretta e tecno-determinista, questo articolo, proponendo un ribaltamento di prospettiva, si pone l'obiettivo di rispondere al seguente quesito: in che modo la geografia essenzialmente ibrida delle città condiziona lo sviluppo dei sistemi autonomi di guida?

È opportuno sottolineare che, da un punto di vista teorico e metodologico, un'automobile a guida autonoma può essere al contempo concepita sia come un assemblaggio tecnico, costituito da varie componenti hardware e software e caratterizzato da elevata complessità interna, sia come un assemblaggio socio-tecnico¹⁴, parte integrante di quello che viene qui definito, parafrasando quanto scritto da Urry¹⁵ in merito alle automobili tradizionali – un "sistema di auto-mobilità" che comprende infrastrutture fisiche e digitali, algoritmi di *machine learning*, dataset, sistemi di geo-localizzazione, cartografie 3D, leggi e codici della strada, roboetica, culture della mobilità, nuove pratiche sociali e modalità d'uso dello spazio pubblico. Di conseguenza, per comprendere – ed

anticipare – gli impatti ad ampio raggio dell'automazione dei trasporti sulle città ed evitare di darne una lettura semplificata e lineare che pone le seconde in un rapporto di effettualità rispetto alla prima, la dimensione tecnica non può essere scissa da quella socio-spaziale, e viceversa.

Il presente contributo si articola in due parti complementari. Nel tentativo di dare una risposta empirica al quesito esplicitato poco sopra, la prima parte volge lo sguardo all'interno della "scatola nera"¹⁶ delle automobili a guida autonoma, allo scopo di portarne alla luce le logiche interne e i limiti tecnici in relazione alla complessa morfologia socio-spaziale urbana¹⁷. In particolare, con intento descrittivo, verranno analizzate alcune specificità urbane che, complicando la percezione artificiale delle auto a guida autonoma, ne ostacolano, o quanto meno ritardano, l'introduzione all'interno delle strade cittadine. La seconda parte è da intendersi come un breve esercizio di *anticipatory governance*¹⁸, in cui verranno tracciate possibili traiettorie di trasformazione degli ambienti urbani finalizzate ad accomodare la percezione algoritmica e logica preventiva delle automobili a guida autonoma. Con intento speculativo, viene dunque prospettata la possibilità che siano le stesse città a subire interventi di riconfigurazione volti a garantire una più sicura co-esistenza tra automobili a guida autonoma ed altri utenti del traffico – umani in primis – con cui esse si contenderanno lo spazio urbano.

2. Sensorio artificiale

Negli ultimi anni, il dibattito pubblico sulla mobilità automatizzata è stato quasi totalmente assorbito dal clamore mediatico che si è venuto a creare attorno alle automobili a guida autonoma. Un aspetto tuttavia rimasto per lo più in ombra è che, di fatto, l'automazione di alcuni sistemi di trasporto è già avvenuta in altri contesti, basti pensare, ad esempio, alle metropolitane automatiche con convogli senza macchinista o ai carrelli a guida automatica oggi utilizzati in misura sempre maggiore nella logistica infra-portuale¹⁹. Seppur basata su soluzioni tecnologiche decisamente meno avanzate rispetto a quelle finora proposte per lo sviluppo di automobili a guida autonoma, l'automazione di questi veicoli è stata facilitata dal fatto che essa prende forma in spazi poco complessi, relativamente statici e sostanzialmente prevedibili, in cui l'interazione tra veicolo e ambiente circostante è limitata ad un ventaglio ristretto di possibilità di azione. Un treno senza macchinista, ad esempio, opera all'interno di un sistema chiuso, con un percorso definito e delimitato da binari e fermate prestabilite per la salita e la discesa dei passeggeri. Le sue funzioni – così come l'ambiente in cui opera – sono per lo più prevedibili e dunque in larga misura preprogrammabili. Un simile discorso vale per i carrelli mobili utilizzati nella logistica automatizzata, chiamati a svolgere mansioni ripetitive in contesti strutturati e mono-funzionali, in cui vi è ridotta interazione con altri veicoli e/o persone.

Al contrario, le automobili a guida autonoma, per poter operare all'interno di spazi estremamente dinamici e complessi quali appunto le strade pubbliche, devono essere in grado di rispondere in maniera adattiva e tempestiva, nell'ordine dei millisecondi, a numerose situazioni di traffico che non possono essere conosciute a priori. Rispetto a contesti extra-urbani, le città, per la loro densità, eterogeneità morfologica e natura essenzialmente ibrida – in termini non solo di configurazione ed usi dello spazio fisico, ma anche, e soprattutto, per varietà di fruitori delle strade – moltiplicano i fattori di incertezza. Nel denso traffico cittadino, un'automobile deve interagire con una miriade di altri utenti della strada (ad es. pedoni, ciclisti, altri veicoli, animali), ciascuno dei quali agisce in maniera indipendente e il cui comportamento è spesso difficilmente predicibile. In ogni dato istante, un'automobile a guida autonoma deve essere in grado di assolvere contemporaneamente a diverse funzioni, alcune preprogrammabili, altre invece sempre contingenti ad eventi imprevedibili. Ad esempio, essa è tenuta ad adeguare il proprio andamento in base alla velocità dei veicoli che la precedono o reagire prontamente in situazioni di emergenza (ad es. se un pedone attraversa improvvisamente la strada).

Per poter operare in maniera sicura, le automobili a guida autonoma devono innanzitutto essere in grado di percepire, a prescindere da condizione meteorologiche e di illuminazione, ciò che le circonda, così da evitare collisioni con altri utenti della strada, sia umani, sia non-umani. In altre parole, un'automobile a guida autonoma costituisce un esempio concreto di quella che il filosofo ed urbanista francese Virilio²⁰, già negli anni ottanta, aveva profeticamente definito «visione senza sguardo», in cui «la capacità d'analisi dell'ambiente circostante» e «l'interpretazione automatica del senso degli avvenimenti» viene delegata al computer²¹. Per un'automobile a guida autonoma, quella che, con linguaggio antropomorfo, viene generalmente definita percezione artificiale, in termini più propriamente tecnici si riferisce a complessi metodi di analisi statistica, basati su algoritmi di *machine learning*, utilizzati per stimare classe e localizzazione degli oggetti che si trovano in prossimità del veicolo e predire il loro comportamento nell'immediato futuro. Tipicamente, un'automobile a guida autonoma opera secondo una logica sequenziale di percezione-decisione-azione. Per percepire l'ambiente, vengono impiegate quattro tipologie di sensori: videocamere, radar, sensori a ultrasuono e scanner Lidar (acronimo dall'inglese *Light Detection and Ranging*)²². I dati raccolti attraverso l'uso combinato di queste diverse tipologie di sensori vengono poi integrati e processati in tempo-reale così da elaborare un modello statistico del mondo. Sulla base di queste informazioni, i software di guida calcolano l'appropriata manovra da effettuare nella situazione di traffico corrente.

Per un'automobile a guida autonoma, la percezione dell'ambiente non è mai certa al 100%, e ciò è dovuto in parte a ragioni interne riferibili ai limiti tecnici dei sistemi di percezione

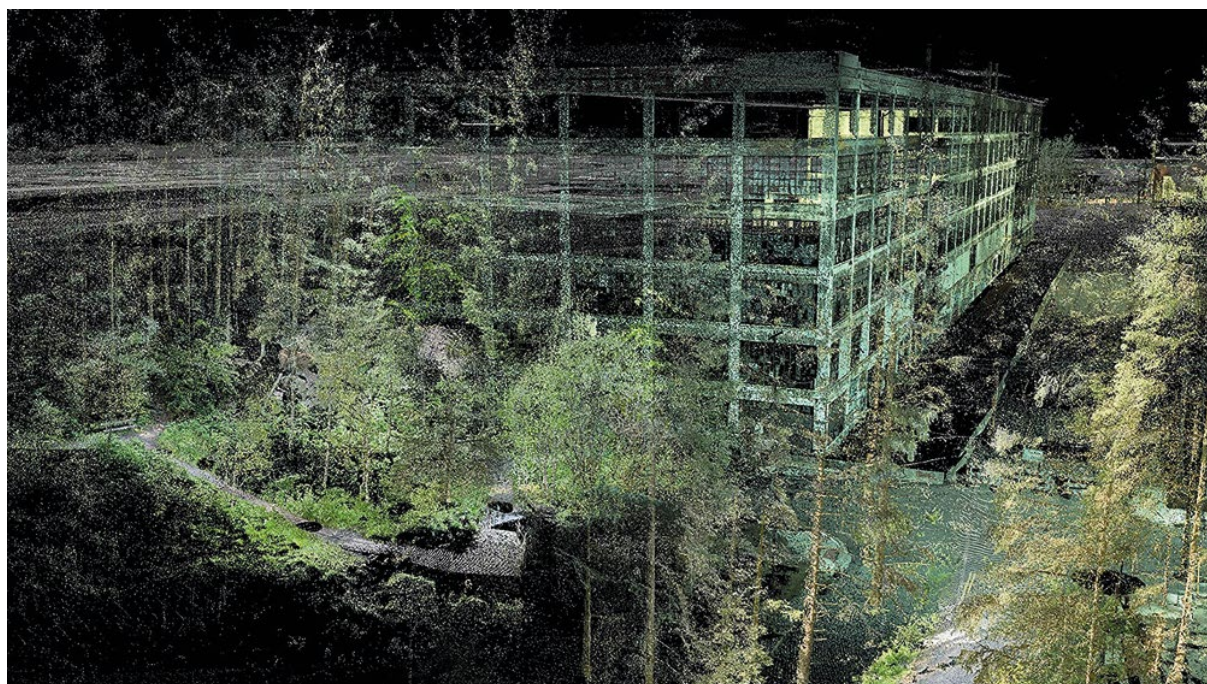


Figura 1. Liam Young, Tim Maughan, *Where The City Can't See* (fotogramma), 2016. Ambientato in una futuristica Detroit, questo film è stato girato interamente utilizzando uno scanner Lidar. Per gentile concessione degli Artisti.

artificiale, in parte a variabili esterne. L'incertezza interna scaturisce da possibili errori a livello sia di acquisizione (ad es. ostruzione o malfunzionamento di uno o più sensori) che elaborazione dati (ad es. errata determinazione di classe, posizione e traiettorie future degli altri utenti del traffico). La principale fonte di incertezza è però da attribuirsi a fattori esterni, ed in particolar modo all'interazione tra veicolo, infrastruttura urbana e, soprattutto, esseri umani.

Le strade urbane sono state finora costruite in maniera tale da facilitare la loro fruizione da parte di persone, automunite e non. I segnali stradali, ad esempio, sono progettati e posizionati nell'ambiente urbano avendo a mente il mondo in cui le persone percepiscono, a livello visivo e uditivo, il mondo circostante, e fare in modo che il loro contenuto semantico possa essere interpretato in maniera rapida ed inequivocabile, anche in condizioni di scarsa visibilità, parziali ostruzioni o quando si viaggia in automobile a velocità elevate. Ciò che per una persona può risultare di immediata lettura, per un'automobile a guida autonoma può talvolta diventare un compito molto complesso, che richiede un dispendio di ingenti risorse computazionali²³. Inoltre, adesivi e graffiti applicati sulla segnaletica stradale²⁴ o sull'asfalto²⁵ possono trasformarsi, volutamente o non, in pericolosi dispositivi di manomissione dei complessi sistemi di visione artificiale di cui esse sono dotate.

In contesti urbani, densamente trafficati e con percorsi pedonali e ciclabili che molto spesso intersecano e/o sono contigui alle carreggiate stradali, la convivenza tra automobili a guida autonoma ed esseri umani diventa particolarmente



Figura 2. James Bridle, *Untitled (Autonomous Trap 001)*, Monte Pernaso, Grecia, 2017. Per gentile concessione dell'artista.

rischiosa. Ciò è dovuto a due principali ragioni. Innanzitutto, il movimento di pedoni e ciclisti, notoriamente caratterizzato da cambi di direzione repentini, è difficilmente inscrivibile entro pattern ricorrenti di comportamento, e dunque solo approssimativamente descrivibile in termini probabilistici. Inoltre, le persone sono caratterizzate da elevata variabilità, in termini sia fisionomici/somatici, sia di abbigliamento²⁶. Lo sviluppo di un algoritmo utilizzato per classificare ciclisti e pedoni avviene generalmente tramite metodi di



Figura 3. Adam Harvey, CV Dazzle (Look N° 5 per il New York Times Op-Art), 2010. Questo progetto esplora tecniche di camouflage basate esclusivamente sull'utilizzo di particolari acconciature e trucchi che, alterando i tratti tipici di un volto umano, sono in grado di sabotare algoritmi di riconoscimento facciale. Per gentile concessione dell'Artista.

apprendimento automatico supervisionato. Durante la fase di allenamento (in inglese, *training*), l'algoritmo apprende, sulla base di un vastissimo campione di immagini pre-etichettate contenenti persone, i pattern visivi distintivi degli esseri umani. In questo modo, l'algoritmo estrae induttivamente una funzione matematica che verrà a seguito utilizzata per discernere ciclisti e pedoni nelle immagini catturate in tempo reale dalle videocamere di bordo. Tuttavia, l'elevata variabilità umana, in termini di posa/apparenza, riduce sensibilmente la capacità dell'algoritmo di generalizzare oltre quanto appreso nella fase di *training*, e cioè di interpretare con successo immagini a cui non è mai stato esposto prima. Diverse soluzioni sono state finora adottate per ridurre i fattori di incertezza, sia interni che esterni, associati all'utilizzo di automobili a guida autonoma, specialmente considerando che errori a livello di percezione dell'ambiente possono risultare fatali per la vita di persone sia all'interno che all'esterno dell'automobile. Ciò si è generalmente tradotto nell'utilizzo di un numero maggiore di sensori per assicurare ridondanza e ridurre incertezza nell'acquisizione ed elaborazione di dati relativi all'ambiente circostante²⁷, a scapito però di un maggiore onere computazionale e tempi di esecuzione più lunghi²⁸, nonché costi di produzione (e vendita) proibitivi.

3. Città post-antropocentriche

L'inaffidabilità dello stato dell'arte dei sistemi di guida automatizzata nell'interpretare e anticipare la complessità del mondo urbano rappresenta il principale deterrente per l'introduzione, su larga scala, di veicoli a guida autonoma all'interno delle città, fatta eccezione per alcuni accordi specifici

come ad esempio quello siglato tra Uber e lo stato dell'Arizona e tuttavia poi sospeso a seguito di un incidente stradale costato la vita, nel marzo 2018, a un pedone a Tempe²⁹. Finora, l'atteggiamento generalmente assunto a livello istituzionale in merito alla *governance* dei sistemi di guida automatizzata è stato per lo più passivo, autorizzando, e talvolta promuovendo, l'utilizzo di aree circoscritte e controllate dei centri urbani come territori *test-bed*³⁰ per i sistemi di guida automatizzati. Un tale atteggiamento denota non solo ferma confidenza nei possibili benefici legati all'automazione della guida, ma anche una certa fiducia nel fatto che essi possano essere realizzati senza un diretto e sostanziale coinvolgimento pubblico, in termini sia regolamentari che materiali/infrastrutturali. Al contempo, per le case automobilistiche, garantirsi l'accesso ai centri urbani è fondamentale, da un lato, per valutare l'affidabilità dello stato dell'arte dei propri veicoli, dall'altro, per raccogliere dati in condizioni di traffico reale essenziali per migliorare i software di guida.

Alla luce dei diversi incidenti che hanno finora coinvolto automobili a guida semi-autonoma o autonoma, quest'ultime sono spesso finite sotto i riflettori per via della loro intrusiva, se non addirittura pericolosa, presenza sulle strade pubbliche, mentre le case automobilistiche sono state spesso criticate a causa della loro irresponsabilità sociale. Di recente, però, si è assistito ad un rovesciamento discorsivo nel dibattito pubblico³¹, e diverse critiche sono state mosse, per lo più da parte dalle stesse case automobilistiche, verso l'assenza di sforzi pubblici, finanziari e politici, volti ad adeguare gli spazi urbani al funzionamento delle automobili a guida autonoma, con conseguente ritardo nella realizzazione dei

potenziali benefici associati alla loro introduzione sulle strade pubbliche³². In altre parole, se fino a poco tempo fa ad essere messa in discussione era la capacità dei veicoli autonomi di navigare in maniera sicura il mondo urbano così com'è, più di recente si è iniziato a problematizzare l'infrastruttura materiale e sociale urbana in quanto incongrua al loro funzionamento. Questa impostazione retorica prevede che, benché pure sempre perfettibili grazie al *machine learning*, le tecnologie di guida autonoma hanno raggiunto una fase matura³³, con conseguente slittamento sugli enti governativi della responsabilità politica nell'accelerare la transizione verso la mobilità automatizzata.

Questo slittamento della responsabilità produce effetti concreti per quanto riguarda le modalità attraverso cui l'automazione della guida potrebbe essere realizzata. Di fatto, se fino ad oggi si è cercato di migliorare l'affidabilità dei veicoli autonomi attraverso l'utilizzo di tecnologie sempre più avanzate in grado di far fronte alla complessità urbana, una possibile soluzione potrebbe essere quella di ridurre la complessità degli ambienti in cui essi operano.

Agli inizi del Novecento, le strade pubbliche erano co-abitata da innumerevoli attori, tra cui pedoni, venditori ambulanti, bambini a cui era consentito di giocare liberamente, ciclisti, mezzi su rotaia. L'introduzione dell'automobile motore diede però vita a un nuovo fenomeno sociale specificatamente urbano, l'incidente stradale di massa³⁴, di cui erano spesso vittime pedoni e soprattutto bambini. In Gran Bretagna, come prima risposta a questo problema, si intervenne normativamente imponendo che le automobili circolassero a passo d'uomo, precedute da una persona agitante una bandiera rossa³⁵. Negli Stati Uniti, invece, lo spazio fisico urbano fu nel giro di pochi decenni trasformato radicalmente in funzione delle automobili, con interventi a livello sia infrastrutturale, suddividendo le strade pubbliche in aree riservate ai veicoli e altre, più marginali, alle persone, sia normativo, per garantire che questa partizione materiale e funzionale fosse effettivamente rispettata.

Oggi, diverse soluzioni sono state proposte per favorire l'integrazione dei veicoli autonomi nel traffico urbano, come ad esempio l'utilizzo di segnaletica digitale comunicante via wireless con i sistemi automatici di guida, o utilizzando una colorazione speciale per le automobili a guida autonoma che ne segnali la presenza nel traffico³⁶. Tuttavia, un po' come avvenuto per le automobili tradizionali, le automobili a guida autonoma potranno diventare realtà soltanto se sostenute da un complesso sistema di automobilità³⁷ che comprende non solo infrastrutture e segnaletica stradale, ma anche nuove forme di socialità urbana. Una possibile soluzione per favorire l'introduzione dei veicoli autonomi in contesti urbani potrebbe essere quella di creare corsie ad essi riservate, così da rendere il loro funzionamento più prevedibile e simile a quello di una metropolitana automatica (cosa che però richiederebbe ingenti investimenti pubblici e radicali cambiamenti dello spazio fisico urbano). Oppure, allo

stato attuale delle cose, potrebbero esserci interventi normativi (e normalizzanti) volti a standardizzare l'apparenza delle persone, ad esempio, imponendo l'uso di vestiti più simili ad un'uniforme, in modo da garantire la loro leggibilità da parte degli algoritmi.

A oggi, non è ancora chiaro se, quando, e come le automobili a guida autonoma potranno circolare nei centri urbani. Ciò che appare inevitabile, tuttavia, è che la loro commercializzazione potrà avvenire solo a seguito di cambiamenti infrastrutturali e sociali volti a rendere le città più "leggibili" da parte dei sistemi di percezione artificiale, attualmente inaffidabili nel denso e popolato traffico urbano. Si apre così la prospettiva per un urbanismo post-antropocentrico, in cui le strade delle nostre città saranno ridisegnate non più attorno alle persone (automunite e non), ma per accomodare questi nuovi attori spaziali non-umani.

Note

¹ Peter D. Norton, *Fighting Traffic: The Dawn of the Motor Age in the American City*, MIT Press, Cambridge-Londra 2008. Si veda anche Mike Featherstone, Nigel Thrift, John Urry (a cura di), *Automobilities*, Sage, Londra 2005.

² Henri Lefebvre, *La vita quotidiana nel mondo comune*, Il Saggiatore, Milano 1979.

³ Jane Jacobs, *Life and Death of American Cities*, Random House, New York 1961.

⁴ Matthew Claudel, Carlo Ratti, *Full speed ahead: How the driverless car could transform cities*, in «McKinsey and Company», n. 14, 2015. Recuperato da <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/full-speed-ahead-how-the-driverless-car-could-transform-cities>.

⁵ Joel Janai, Fatma Güney, Aseem Behl, Andreas Geiger, *Computer Vision for Autonomous Vehicles: Problems, Datasets and State-of-the-Art*, in «Journal of Photogrammetry and Remote Sensing», 2017. Recuperato da <https://arxiv.org/abs/1704.05519>.

⁶ Commissione Europea, *Salvare vite umane: migliorare la sicurezza dei veicoli nell'UE*, Commissione Europea, Bruxelles 2016. Recuperato da <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:52016DC0787>.

⁷ Matthew Claudel, Carlo Ratti, *Full speed ahead... cit.*

⁸ Pascale-L. Blyth, Milos N. Mladenovic, Bonnie A. Nardi, Hamid R. Ekbia, Norman M. Su, *Expanding the Design Horizon for Self-Driving Vehicles: Distributing Benefits and Burdens*, in «IEEE Technology and Society Magazine», n. 35, 2016/3, pp. 44-49.

⁹ Tim Maughan, *No One's Driving: Autonomous Vehicles Will Reshape Cities, but is Anyone Taking Control of How?*, in Liam Young (a cura di), *Machine Landscapes: Architectures of the Post-Anthropocene*, John Wiley & Sons, Oxford 2019, pp. 92-99. Recuperato da <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/ad.2395>.

¹⁰ Frank W. Geels, *The dynamics of transitions in socio-technical systems: A multi-level analysis of the transition pathway from horse-drawn carriages to automobiles (1860-1930)*, in «Technology Analysis and Strategic Management», n. 17, 2005/4, pp. 445-476.

¹¹ Joel A. Tarr, Clay Meshane, *The Horse in the City: Living Machines in the Nineteenth Century*, Johns Hopkins University Press, Baltimore 2007.

¹² Edmond Awad, Sohan Dsouza, Richard Kim, Jonathan Schulz, Joseph Henrich, Azim Shariff, Jean-François Bonnefon, Iyad Rahwan, *The Moral Machine experiment*, in «Nature», vol. 7729, n. 563, 2018, pp. 59-64.

¹³ Fábio Duarte, Carlo Ratti, *The Impact of Autonomous Vehicles on Cities: A Review*, in «Journal of Urban Technology», 25/4, 2018, pp. 3-18.

¹⁴ Manuel De Landa, *A New Philosophy of Society: Assemblage Theory and Social Complexity*, Continuum, Londra-New York 2006.

¹⁵ John Urry, *The 'System' of Automobility*, in Mike Featherstone, Nigel Thrift, John Urry (a cura di), *Automobilities...* cit., pp. 25-39.

¹⁶ Bruno Latour, *Pandora's Hope: Essays on the Reality of Science Studies*, Harvard University Press, Cambridge-Londra 1999.

¹⁷ La conoscenza degli aspetti tecnico-ingegneristici delle automobili a guida autonoma è stata acquisita, nell'ambito della mia ricerca di dottorato, tramite una sistematica revisione della letteratura sul tema e interviste con esperti di settore, nonché grazie alla collaborazione, in qualità di studente visitatore, con il gruppo di ricerca: *Intelligenza Artificiale e Filosofia dei Media* (in tedesco: *Künstliche Intelligenz und Medienphilosophie*, KIM), Università di Arte e Design, Karlsruhe. Per una panoramica sul funzionamento, da un punto di vista strettamente tecnico, delle automobili a guida autonoma, si rimanda a: Ekim Yurtsever, Jacob Lambert, Alexander Carballo, Kazuya Takeda, *A Survey of Autonomous Driving: Common Practices and Emerging Technologies*, in *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles* (in corso di stampa). Recuperato da <https://arxiv.org/abs/1906.05113>. Si veda inoltre: Joel Janai, Fatma Güney, Aseem Behl, Andreas Geiger, *Computer Vision...* cit.

¹⁸ Leon S. Fuerth, *Foresight and anticipatory governance*, in «Foresight», n. 11/4, 2009, pp. 14-32.

¹⁹ Fox Chu, Sven Gailus, Lisa Liu, Liumin Ni, *The future of automated ports*, in «McKinsey & Company», 2018. Recuperato da <https://www.mckinsey.com/industries/travel-transport-and-logistics/our-insights/the-future-of-automated-ports>.

²⁰ Paul Virilio, *La macchina che vede. L'automazione della percezione*, Sugarco, Milano 1989.

²¹ *Ibid.*, p. 123.

²² Gli oggetti presenti nei fotogrammi catturati dalle videocamere vengono classificati mediante algoritmi che ne determinano la categoria semantica di appartenenza (ad es. pedoni, ciclisti, altri veicoli). I radar di medio e lungo raggio vengono utilizzati per determinare posizione e velocità relativa di possibili ostacoli, mentre i sensori ad ultrasuono sono impiegati principalmente per evitare urti durante manovre di parcheggio. La tecnologia Lidar consente di acquisire dettagliate scansioni tridimensionali, a 360 gradi, dell'ambiente circostante.

²³ Benché al di là della portata di questo articolo, un aspetto molto importante da sottolineare è che lo sviluppo di algoritmi di *machine learning* sottende il reclutamento (e molto spesso sfruttamento), tramite *crowdsourcing*, di manodopera invisibile impiegata per etichettare target d'interesse (ad es. pedoni, ciclisti) in milioni di immagini grezze che verranno a seguito utilizzate per "allenare" gli algoritmi di classificazione in modalità di apprendimento supervisionato. Ad oggi, l'irreperibilità di dataset contenenti un numero esaustivo di immagini pre-etichettate raffiguranti vari target di interesse (ad es. immagini di persone riprese da diverse angolazioni ed in contesti stradali/urbani) costituisce uno dei principali problemi legati allo sviluppo di più affidabili algoritmi di classificazione. Per quanto riguarda l'impiego di manodopera invisibile per lo sviluppo di tecnologie basate su *machine learning*,

si veda ad esempio: Kate Crawford, Vladan Joler, *Anatomy of an AI System: The Amazon Echo as an anatomical map of human labor, data and planetary resources*, in «AI Now Institute & Share Lab», 2018. Recuperato da <https://anatomyof.ai>.

²⁴ Trevor Mogg, *Stickers on street signs can confuse self-driving cars, researchers show*, in «Digital Trends», 6 agosto, 2017. Recuperato da <https://www.digitaltrends.com/cars/self-driving-cars-confuse-stickers-signs/>.

²⁵ Tencent Keen Security Lab, *Experimental Security Research of Tesla Autopilot*, 2019. Recuperato da <https://keenlab.tencent.com/en/2019/03/29/Tencent-Keen-Security-Lab-Experimental-Security-Research-of-Tesla-Autopilot/>.

²⁶ Joel Janai, Fatma Güney, Aseem Behl, Andreas Geiger, *Computer Vision...* cit., p. 15.

²⁷ Per esempio, le automobili semi-autonome di Tesla sono dotate di otto telecamere, utilizzate in maniera integrata in modo da garantire una copertura visiva omnidirezionale. Informazione reperibile sul sito ufficiale italiano di Tesla: https://www.tesla.com/it_IT/support/software-v9.

²⁸ In base a quanto stabilito dalla SAE (*Society of Automotive Engineers*), le automobili a guida autonoma, per essere considerate tali, devono essere in grado di mappare l'infrastruttura stradale cosiddetta fissa (ad es. percorsi di navigazione, segnaletica stradale, edifici) ricorrendo esclusivamente ai sensori di bordo, ma ciò comporterebbe un enorme dispendio di risorse computazionali che potrebbero essere invece utilizzate per potenziare la percezione di target mobili, quali pedoni, ciclisti, o altri veicoli. Per ovviare a questo problema, Waymo (Google), con uno sforzo cartografico notevole, ha sviluppato mappe ad alta risoluzione in cui sono dettagliate, nell'ordine dei centimetri, informazioni relative, ad esempio, all'altezza del bordo dei marciapiedi, larghezza delle carreggiate e tipologia / posizione esatta della segnaletica stradale. Si veda: Waymo Team, *Building maps for a self-driving car*, in «Medium», 13 dicembre, 2016. Recuperato da <https://medium.com/waymo/building-maps-for-a-self-driving-car-723b4d9c-d3f4>.

²⁹ Nell'area metropolitana di Phoenix. Si veda: Andrea Daniele Signorelli, *L'Arizona sospende i test delle auto autonome di Uber*, in «La Stampa», 27 marzo 2018. Recuperato da <https://www.lastampa.it/>.

³⁰ Orit Halpern, Jesse LeCavalier, Nerea Calvillo, Wolfgang Pietsch, *Test-bed Urbanism*, in «Public Culture», 25/2, 2013, pp. 272-306.

³¹ Jack Stilgoe, *Seeing Like a Tesla: How Can We Anticipate Self-Driving Worlds?*, in «Glocalism: Journal of Culture, Politics and Innovation», n. 3, 2017, pp. 1-20. Recuperato da <http://www.glocalismjournal.net/issues/beyond-democracy-innovation-as-politics/articles/seeing-like-a-tesla-how-can-we-anticipate-self-driving-worlds.kl>.

³² Andrew Ng, Yuanqing Lin, *Self-Driving Cars Won't Work Until We Change Our Roads And Attitudes*, in «Wired», 15 marzo 2015. Recuperato da <https://www.wired.com/2016/03/self-driving-cars-wont-work-change-roads-attitudes/>.

³³ Secondo quanto sostenuto, ad esempio, da Claudel e Ratti «da un punto di vista tecnologico, le automobili senza guidatore sono arrivate, adesso sta alle città riuscire a integrarle [trad. dell'autore]». Matthew Claudel, Carlo Ratti, *Full Speed...* cit.

³⁴ Peter D. Norton, *Fighting Traffic...* cit., p. 11 sg.

³⁵ Jack Stilgoe, *Seeing Like a Tesla...* cit., p. 11.

³⁶ Andrew Ng, Yuanqing Lin, *Self-Driving Cars...* cit.

³⁷ John Urry, *The 'System' of Automobility...* cit.