حفظ داده‌های حاشیه‌ای برای مسئولیت پاسخگوییِ
(قابلیت اعتماد و حسابرسی)

عاملان هوش مصنوعی نیمه‌خودمختار در محیط‌های پویا: دیدگاهی آرشیوی[1]

اسکات کمرون[2]، بابک حمیدزاده[3]
ترجمه: پوریا راحت[4]، امیررضا اصنافی[5]

این مقاله دسته‌ای از سیستم‌های هوش مصنوعی بلادرنگ (AI) را پیشنهاد می‌کند که به‌عنوان کاربردهایی از سیستم‌های کنترل کامپیوتری‌شده در شرایط پویا و با محدودیت زمانی عمل می‌کنند که به‌طورمعمول توسط هوش انسانی مدیریت می‌شوند. این مقاله با اشاره به چالش‌های پاسخگویی که این سیستم‌ها ایجاد می‌کنند، نیاز به مستندسازی دقیق و ظرفیت‌های ضبط داده‌ها را در این سیستم‌ها مطرح می‌کند. این مقاله چهار سیستم هوش مصنوعی بلادرنگ را بررسی می‌کند که نیازهای قابل‌توجهی به ضبط داده‌ها دارند: وسایل نقلیه خودران، سیستم‌های هدف‌گذاری محتوای آنلاین، ابزارهای واقعیت ترکیبی برای محیط‌های جراحی و سیستم‌های همزاد دیجیتال در مدیریت تأسیسات فرودگاهی. این مقاله پارادیتاها، یا داده‌هایی که منجر به خروجی در عملکرد یک سیستم می‌شوند را به‌عنوان یک دسته کلیدی از داده‌ها معرفی می‌کند که برای شفافیت کامل در سوابق تولیدشده توسط این سیستم‌ها، نیاز به نگهداری دارند. پارادیتاها به‌عنوان «اطلاعات مربوط به فرایند(ها) و ابزارهایی که برای ایجاد و پردازش منابع اطلاعاتی استفاده می‌شوند، به همراه اطلاعات مربوط به افرادی که این فرایندها را انجام می‌دهند» تعریف می‌شوند. پارادیتاها فرایندهای فناورانه مات را که زیربنای تولید سایر مجموعه داده‌ها قرار دارند، آشکار می‌کنند و در سطحی دقیق باید برای ترسیم مرزهای بین عامل انسانی و سیستم در سیستم‌های نیمه‌مستقل شناسایی و نگهداری شوند. این مقاله درنهای ت با تکیه‌بر نظریه کنترل، چارچوبی را برای ارزیابی عملکرد سیستم‌های هوش مصنوعی بلادرنگ و ملزومات مستندسازی و ضبط داده‌های آن‌ها ارائه می‌کند.

کلیدواژه‌ها:
سیستم‌های بلادرنگ، هوش مصنوعی، سوابق (رکوردها)، داده‌های حاشیه‌ای (پارادیتاها)

استناد: کمرون، اسکات و حمیدزاده، بابک. (۱۴۰۴). حفظ داده‌های حاشیه‌ای برای مسئولیت پاسخگوییِ (قابلیت اعتماد و حسابرسی) عاملان هوش مصنوعی نیمه خودمختار در محیط‌های پویا: دیدگاهی آرشیوی. (پوریا راحت و امیررضا اصنافی، مترجمان). آرشیو ملی، ۸(۱)، ۴-۳۸.

۱. این مقاله ترجمه‌ای است از:
Cameron, S., & Hamidzadeh, B. (2024). "Preserving paradata for accountability of semi-autonomous AI agents" in dynamic environments: An archival perspective. Telematics and Informatics Reports, 14, .100135. doi:10.1016/J TELER.2024.100135

۲. پژوهشگر همکار، دانشکدهٔ علم اطلاعات، دانشگاه بریتیش کلمبیا (نویسندهٔ مسئول)
scottm.cameron@mail.utoronto.ca

۳. دانشیار پژوهشی همکار، کالج مطالعات اطلاعات، دانشگاه مریلند، ایالات متحدهٔ آمریکا
babak1@umd.edu

۴. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
pouryarahat.dir@gmail.com

۵. دانشیار، گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
aasnafi@gmail.com

شاپا چاپی: ۶۲۱۷-۲۴۲۳ ■ شاپا الکترونیکی: ۸۳۲۴-۲۹۸۰ ■ شناسانهٔ برنمود رقمی(DOI): ۱۰,۳۰۴۸۴/naq. ۲۰۲۵,۳۲۲۱

۱. مقدمه

باوجوداینکه به‌احتمال‌زیاد سیستم‌های خودکار بلادرنگ، بخش‌های مهمی از زندگی اجتماعی را از طریق واگذاری وظایف سنتی بشر به ابزارهای هوش مصنوعی و با موانع قابل‌توجه برای نظارت انسانی، هدایت خواهند کرد؛ اما درصورت عدم اجرا و مدیریت دقیق، خطرات قابل‌توجهی را به همراه خواهند داشت. این بسترهای فناورانه که به سرعت در حال تغییر هستند، ناکارآمدی ساختارهای پاسخگویی موجود را به‌ویژه در نبود یا هنگام ناکافی‌بودن سوابقی که عملکرد و فرایندهای سیستم‌های هوش مصنوعی را مستندسازی می‌کنند، نشان می‌دهد. درحالی‌که این عوامل در تمام کاربردهای هوش مصنوعی در زمینه‌های پاسخگویی و قابلیت اعتماد، مشترک هستند، این مقاله به‌طور خاص به مسائل مربوط به رکوردها یا همان سوابق می‌پردازد که در سیستم‌های هوش مصنوعی نیمه‌مستقل و مستقل که در لحظه و زمینه‌های پویا عمل می‌کنند، پدیدار می‌شوند.

این مقاله برای ممکن‌ساختن شناسایی عوامل مسئول در سیستم‌های هوش مصنوعی، لحظات تصمیم‌گیری و مبنایی را که تصمیمات بر اساس آن در سیستم گرفته می‌شوند، به‌عنوان لحظات کلیدیِ ضروری معرفی می‌کند که در آن داده‌های عملیاتیِ یک سیستمِ بلادرنگ باید کدگذاری و در یک سابقه (رکورد) پایدار نگهداری شوند. برای شروع، این مقاله، سیستم‌های بلادرنگ و ارتباط آن‌ها با فناوری‌های نوظهور هوش مصنوعی را تعریف می‌کند. این مقاله با تکیه‌بر نظریهٔ کنترل، دسته‌بندیِ سیستم‌های هوش مصنوعی بلادرنگ را تعریف می‌کند و چهار ریسکی را که سیستم‌های هوش مصنوعیِ بلادرنگ بر اساس شیوه‌های ناکافیِ مستندسازی و سوابق ایجاد می‌کنند، شرح می‌دهد: وسایل نقلیه خودران، سیستم‌های هدف‌گذاری محتوای آنلاین، ابزارهای واقعیت ترکیبیِ استفاده شده در زمینه‌های جراحی و سیستم‌های همزاد دیجیتال که برای مدیریت تأسیسات فرودگاه استفاده می‌شوند.

با استناد به این نمونه‌ها، این مقاله، ماتریسی را برای درک پیچیدگیِ سیستم و ریسک ناشی از شیوه‌های ناکافیِ سوابق، بر اساس رابطهٔ بین پویایی سیستم و استقلال آن پیشنهاد می‌کند. ازآنجایی‌که سیستم‌های موردبحث اغلب مرزهای بین کارگزاری انسانی و هوش مصنوعی را مخدوش می‌کنند، ردیابی و شناسایی عوامل مسئول، دغدغهٔ اصلی سوابق برای سیستم‌های بلادرنگ و هم‌زمان است. ترسیم مرزهای بین عامل انسانی و هوش مصنوعی، مستلزم حفظ ورودی‌ها، خروجی‌ها و فرایندهای واسطه‌ایِ سیستم است. پارادیتاها را به‌عنوان داده‌هایی که منجر به خروجی در یک عملکرد سیستم می‌شوند و به‌عنوان یک دسته کلیدی از داده‌ها که نیاز به نگهداری دارند، شناسایی می‌کنیم. پارادیتاها به فرایندهایی که زیربنای تولید و منشأ سایر مجموعه داده‌ها هستند، می‌پردازد و آن‌ها را توضیح می‌دهد (Davet et al, 2022). درحالی‌که مجموعه داده، عملکرد سیستم را شرح می‌دهد، پارادیتاها فرایندهایی را مستند می‌کند که منجر به آن عملکردها می‌شوند؛ بنابراین پارادیتاها به‌عنوان هدفی کلیدی برای نگهداری مطرح می‌شود و توضیحاتی قابل‌اعتماد برای رفتار سیستم‌های مستقل و نیمه‌مستقل ارائه می‌دهد. در برنامه‌های کاربردی

بلادرنگ، سوابق به‌طور طبیعی تولید نمی‌شوند؛ مگر اینکه امکانات ثبت سوابق از همان ابتدا در سیستم ادغام شوند.

این مقاله در ارزیابی ملزومات سوابق سیستم هوش مصنوعی هم‌زمان یا بلادرنگ (RTAI) با هدف شفافیت و پاسخگویی یا قابلیت اعتماد، لزوماً دیدگاه منافع عمومی را به‌جای یک نظام حقوقی خاص در نظر می‌گیرد. از آنجایی‌که سوابق برای اهداف حقوقی و غیرحقوقی ایجاد می‌شوند، دیدگاهی کلی چالش‌هایی را که سیستم‌های هوش مصنوعی بلادرنگ ایجاد می‌کنند آشکار می‌کند. دیدگاه ما میان‌رشته‌ای است و شامل «صلاحیت‌ها و مسئولیت‌های دارای همپوشانی [بین] آرشیوداران، دانشمندان رایانه، متصدیان دیجیتال، مدیران اطلاعات و سوابق، وکلا و کتابداران» (Mcload & lomas, 2023) است.

این مقاله رویکردهایی را از نظریه کنترل و حوزه آرشیوی برای حل مشکلات ایجاد و ارزشیابی سوابق در سامانه‌های هوش مصنوعی بلادرنگ به کار می‌گیرد که به‌احتمال‌زیاد در آینده‌ای نه‌چندان دور در حیطه مسئولیت‌های آرشیوداران و متخصصان اطلاعات ظاهر خواهند شد. پس از تعریف سیستم‌های هوش مصنوعی بلادرنگ و سیستم‌های مبتنی بر بازخورد سایبرنتیکی یا رایانشی، این مقاله به بررسی اجمالی چهار سیستم مرتبط می‌پردازد: وسایل نقلیه خودران، هدف‌گذاری محتوای رسانه‌های اجتماعی، ابزارهای واقعیت ترکیبی استفاده شده در مراقبت‌های بهداشتی و همزاد دیجیتال استفاده شده در مدیریت تأسیسات فرودگاه.

بخش دوم این مقاله هرکدام را به‌عنوان یک سیستم مبتنی بر بازخورد، تجزیه‌وتحلیل کرده و چالش‌های نگهداری سوابق ایجادشده را شناسایی می‌کند. با پرداختن به این چالش‌ها بر اساس تجزیه‌وتحلیل پیشین، بخش ۳ چارچوبی را برای شناسایی الزامات یا ملزومات سوابق هر سیستم ارائه می‌دهد. این مقاله با بحث در مورد چالش‌هایی که سیستم‌های بلادرنگ برای نگهداری سوابق ایجاد می‌کنند و اهمیت ثبت پارادیتاها در طول عملیات آن‌ها، به پایان می‌رسد.

۱.۱. تعریف سیستم‌های هوش مصنوعی بلادرنگ

سیستم‌های محاسبات بلادرنگ به شرایط پویا پاسخ می‌دهند و نیازمند پاسخ‌های حساس به زمان هستند. سیستم‌های بلادرنگ هم دقت عملکردی و هم صحت زمانی را طلب می‌کنند. پاسخ‌های آن‌ها باید صحیح و در یک محدودهٔ زمانی محدود ارائه شوند و سیستم‌ها باید وظایف را به‌طور مؤثر اولویت‌بندی کرده و تقاضاهای قدرت پردازش را مدیریت کنند(Burns, 1991; Davis et al., 2016).

سیستم‌های بلادرنگ تحت محدودیت‌های بیشتر یا کمترِ زمان قرار دارند و به‌عنوان سیستم‌های بلادرنگِ سخت یا نرم توصیف می‌شوند. در سیستم‌های بلادرنگ سخت، پاسخ‌های دیرهنگام ممکن است منجر به عواقب فاجعه‌بار شود. مهلت‌ها در سیستم‌های بلادرنگ نرم، کم‌اهمیت‌تر هستند، اگرچه پاسخ‌های دیرهنگام ممکن است کم‌کاربردتر باشند، اما منجر به خرابی‌های فوری نمی‌شوند (Burns, 1991). درنهایت، زمینهٔ کاربرد تعیین می‌کند که آیا یک

سیستم معین، سیستمی بلادرنگ است یا خیر. درحالی‌که در حال حاضر این اصطلاح در ادبیات هوش مصنوعی استفاده نمی‌شود، این مقاله چندین کاربرد نوظهور هوش مصنوعی را به‌عنوان سیستم‌های بلادرنگ، معرفی و موقعیت‌یابی می‌کند.

در خصوص ارائهٔ تعریفی از هوش مصنوعی، وانگ[1] هوش را -چه انسانی و چه مصنوعی- به‌عنوان «انطباق با دانش و منابع ناکافی» با شرایط در حالِ تغییر، تعریف می‌کند (Wang, 2019). بر اساس این مقاله، هوش در ماشین‌ها بر این اساس ممکن است به‌عنوان استفاده از ماشین‌ها برای پیش‌بینی یا تصمیم‌گیری به روشی نزدیک با توانایی‌های انسانی تعریف شود. با ادغام این دو تعریف، سیستم هوش مصنوعی بلادرنگ، سیستمی کنترل‌شده توسط رایانه است که در محیطی پویا با محدودیت زمانی اعمال می‌شود که ظرفیت‌های انسانی را تکمیل یا جایگزین می‌کند. سیستم‌های هوش مصنوعی بلادرنگ، برای اندازه‌گیری و مدیریت پیامدهای اقدامات خود و درعین‌حال انجام عملیات در یک محیط پویا طراحی‌شده‌اند و در یک چرخهٔ مداومِ اندازه‌گیری و پاسخ به شرایطِ دنیای واقعی، عمل می‌کنند.

با اینکه ممکن است هوش مصنوعی نقش پررنگ‌تری نسبت به نمونه‌های انسانی در این سیستم‌ها ایفا کند، باید گفت که هیچ‌کدام کاملاً خودکار نیستند؛ زیرا بازیگران انسانی همچنان این سیستم‌ها را طراحی، اجرا و مدیریت می‌کنند. درواقع، سیستم‌های هوش مصنوعی بلادرنگ اغلب مرزهای مبهمی ایجاد می‌کنند؛ چراکه عملکرد هوش مصنوعی، کنترل انسانی را تکمیل می‌کند یا نتایج تفسیرهای هوش مصنوعی، مبنای عمل انسان را شکل می‌دهند.

۱. ۲. نظریه کنترل رایانشی و سیستم‌های مبتنی بر بازخورد

پس از شرح هر سیستم هوش مصنوعی بلادرنگ، این بخش به برخی چالش‌های خاص ظهوریافته برای نگهداری سوابق و پاسخگویی می‌پردازد و سپس به سراغ بررسی ویژگی‌ها و چالش‌های این سیستم‌ها به‌عنوان یک دسته می‌رود. هریک از سیستم‌های شرح داده‌شده، در یک سیستم کنترل پیچیدهٔ خودکار یا نیمه‌خودکار در محیط‌های پویا ادغام شده‌اند. هر سیستم، شرایط در حال تغییر را ارزیابی و به آن‌ها پاسخ می‌دهد تا بر فرایندهای پویای در حال انجام حاکم باشد. فرض این گروه‌بندی با الهام از نظریه کنترل، همان‌طور که توسط نظریه‌پردازان اولیهٔ سایبرنتیک شرح داده شده است، شکل می‌یابد. علم سایبرنتیک که به «کنترل و ارتباط در جانور و ماشین» می‌پردازد، مکانیسم‌های تنظیم و بازخوردی که سیستم‌های پیچیده را در زمینه‌های مختلف کنترل می‌کنند، تجزیه‌وتحلیل می‌کند (Wiener, 1949; Ashby, 1956). سایبرنتیک به‌عنوان یکی از پایه‌های اولیهٔ هوش مصنوعی، یک زمینهٔ گسترده و میان‌رشته‌ای بود که سیستم‌های خودگردان و هموستاتیک (تعادلی) طبیعی و مصنوعی را مطالعه می‌کرد (Kline, 2011; Pickering, 2010). سیستم‌های مبتنی بر بازخورد سایبرنتیک، به دنبال ثبات یا هدفی مشخص در محیط‌های پویا هستند و از محرک‌های محیط خود، ازجمله نتایج اقدامات گذشتهٔ سیستم، به‌عنوان ورودی برای تعیین مسیر آیندهٔ خود استفاده می‌کنند (Gage,

1. Wang

(2007). سیستم‌های مبتنی بر بازخورد سایبرنتیک در یک چرخهٔ مداوم، بینِ حسگری که دنیای واقعی را اندازه‌گیری می‌کند، کنترلی که پاسخی به محرک‌های دنیای واقعی را تعیین می‌کند و ابزاری برای ایجاد و به‌کارانداختن تغییر در دنیای واقعی -که اثرات آن توسط حسگر سیستم اندازه‌گیری می‌شود- عمل می‌کنند. اگرچه در عمل، بسیاری از سیستم‌ها پیچیده‌تر از این مدل اولیه هستند، هرکدام را می‌توان به این عناصر اصلی خلاصه کرد.

بخش بعدی، چهار سیستم را بر اساس مدل سیستم مبتنی بر بازخورد مفروض شرح می‌دهد و سپس به چالش‌های نگهداری سوابقِ ناشی از این سیستم‌ها می‌پردازد. چنین نگرانی‌هایی به‌ویژه با توجه به شیوع سیستم‌های خودگردان پیچیده در صنعت ۴٫۰ یا انقلاب صنعتی چهارم بسیار مهم و مرتبط است. برای نظریه‌پردازان صنعت ۴٫۰، تعمیم قریب‌الوقوع سیستم‌های کنترل بلادرنگ در حوزه‌های تولید و لجستیک، ماهیت سازمان صنعتی را به‌طور اساسی تغییر خواهد داد (Lasi et al., 2014).

این مقاله معتقد است که اگر قرار است هوش مصنوعی در مدیریت بلادرنگ سیستم‌های حیاتی ادغام شود، وجود الزامات و قوانین مناسبِ نگهداری سوابق برای این محیط پیچیده، ضروری است. با توجه به محدودیت‌های توان پردازش و ذخیره‌سازی، سیستم‌های محاسبات بلادرنگ ممکن است تولید و نگهداری سوابق را به‌عنوان عملکردی ثانویه درنظربگیرند. تاجایی‌که پیشینه و متون فعلی در مورد این موضوعات، به مشکلات نگهداری سوابق می‌پردازد؛ آن هم البته به‌طوری‌که اغلب با زبان مدیریت داده‌ها مطرح می‌شود؛ درواقع به‌عنوان مشکلی برای بخش‌های فناوری اطلاعات و به‌ندرت برای آرشیوداران دیده می‌شود (Sony & Naik, 2019). چالش‌های نوظهور زمان، عامل، اندازه‌گیری و حجم داده‌ها در سیستم‌های هوش مصنوعی بلادرنگ، مستلزم راهبرد دقیق مدیریت سوابق در زمینه‌های پاسخگو (یا قابل‌اعتماد و قابل توضیح) است. بخش بعدی به بحث در مورد چالش‌های نوظهور نگهداری سوابق برای هر سیستم نمونه می‌پردازد.

۱.۳. وسایل نقلیه خودران (AVs)

درحالی‌که دستیابی به وسایل نقلیه کاملاًخودران همچنان دورازدسترس است، ویژگی‌های نیمه‌خودران که کنترل انسان را تقویت می‌کنند، به‌طور فزاینده‌ای رایج می‌شوند. رانندگی خودران و نیمه‌خودران به‌طور فزاینده‌ای وظایف سطح بالا و اجرایی را از کنترل راننده خارج می‌کند.

همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، استاندارد J۳۰۱۶ انجمن مهندسان خودرو (SAE) سطوح مختلف استقلال و خودکاربودن خودرو را بین ۰ تا ۵ طبقه‌بندی می‌کند. در سطوح ۰ تا ۲، وسایل نقلیه نیاز به راننده برای هدایت فرمان و پدال گاز دارند؛ اگرچه خودرو ممکن است شامل ویژگی‌هایی مانند کنترل تطبیقی حرکت (کنترل بهین‌رو یا کنترل سرعت بهینهٔ تطبیقی)، حفظ خط وسط[2] یا ترمز اضطراری خودکار باشد. سطح ۳ ممکن است نیاز داشته باشد که راننده در مدت‌زمان کوتاهی کنترل را به دست بگیرد، اما درغیراین‌صورت خودران است؛ سطوح ۴ و ۵

2. lane centering

■ شکل شمارهٔ ۱. سطوح رانندگی خودکار بر اساس آنچه توسط SAE ترسیم شده است.
https://www.sae.org/binaries/content/assets/cm/content/blog/sae-j3016-visual-chart_5.3.21.pdf

کاملاً خودران هستند؛ یعنی آخرین دسته بدون محدودیت جغرافیایی (SAE International, 2021). همان‌طور که شکل ۱ نشان می‌دهد، وسایل نقلیه خودران به‌طور کامل از خودروهای هدایت‌شده توسط انسان جدا نیستند. در عوض، وسایل نقلیه با استقلال بیشتر، مرز «شاید از قبل مبهم» بین عامل انسانی و ماشینی را ازبین می‌برند.

درخواست‌های مکرر برای امکانات ثبت سوابق در وسایل نقلیه خودران، تغییر عاملیت ناشی از این فناوری را به رسمیت می‌شناسند. متون حقوقی، به نیاز به ضبط‌کننده‌های داده‌های وسایل نقلیه خودران اشاره می‌کند (Bose, 2015; Martinesco et al., 2019). همان‌طور که یک گزارش به پارلمان

اروپا توصیه می‌کند، «همیشه باید این امکان وجود داشته باشد که محاسبات سیستم هوش مصنوعی را به شکلی قابل‌فهم برای انسان تقلیل داد؛... ربات‌های پیشرفته باید به یک «جعبهٔ سیاه» مجهز شوند که داده‌های مربوط به هر تراکنش انجام‌شده توسط ماشین، ازجمله منطقی که منجر به تصمیمات آن شده است را ثبت کند» (Delvaux, 2017). مؤسسه مهندسان برق و الکترونیک (IEEE) چارچوبی را برای سیستم‌های قابل‌توضیحِ رانندگی خودران ارائه کرده است که عملکردهای اساسی و فرایندهای سمت سیستم را که منجر به اقدامات خاصی می‌شوند، مستند می‌کند (Omeiza et al., 2022).

این رویکرد با حمایت مرکز اخلاق و نوآوری داده‌های بریتانیا مواجه شده است که خواستار ثبت سوابقی از روند تست جادهٔ وسایل نقلیه خودران و همچنین رویدادهای قابل‌توجه ازجمله تصادفاتی است که خودرو در آن دخیل بوده است (Centre for Data Ethics and Innovation, 2022). بااین‌حال، قوانین از این اجماع نوظهور، عقب و با وقفه مواجه هستند. برای مثال در ایالات‌متحده، اگرچه قوانین با پیشرفت‌های صورت‌گرفته درزمینهٔ خودمختارسازی خودرو، به‌روز نشده‌اند، ضبط‌کننده‌های داده‌های رویداد در خودروهای تازه‌ساخته‌شده اجباری هستند (Event Data Recorders, 2006). ازطرف مصرف‌کننده، تقاضای روزافزون برای دوربین‌های داشبورد ممکن است امکانات مضبوط‌سازی بیشتری را فراهم کند و با استفاده از تحلیل فوتوگرامتری (نقشه‌برداری از راه عکس‌برداری هوایی)، بازسازی عملکرد وسیله نقلیه خودران را ممکن سازد (Eski & Schuilenburg, 2022; Molnar & Peck, 2023). بااین‌حال، دوربین‌های داشبورد، فرایندهای کنترل AV را مستند نمی‌کنند و چالش‌های جدید نگهداری سوابق در این فناوری را بی‌پاسخ می‌گذارند. مسئلهٔ استانداردهای نگهداری سوابق وسایل نقلیه خودران، وارد مقولات پیچیده اخلاقی و عملی مقررات وسایل نقلیه خودران می‌شود (Kingston, 2018; Lim & Taeihagh, 2019; Ljungholm, 2019). درحالی‌که ممکن است استدلال‌های محکمی وجود داشته باشد که طبق آن سازندگان خودرو باید مسئول رفتار خودروهای خود در جاده‌های عمومی باشند، بسیاری از بازیگران صنعت استدلال می‌کنند که مسئول‌دانستن سازندگانِ وسایل نقلیه خودران برای آسیب‌های جانی یا مالی ناشی از خودروهایشان، بار نامناسبی را بر دوش سازندگان می‌گذارد (Marchant & Lindor, 2012; KPMG, 2020). قوانین اخیر بریتانیا مسئولیت خسارات ناشی از وسایل نقلیه خودران را بر عهده مالک خودرو یا شرکت‌های بیمه آن‌ها می‌گذارد (Queen's Printer of Acts of Parliament, 2018). در مقابل، ولوو اعلام کرده است که قصد دارد «هر زمان که یکی از خودروهایش در حالت خودران باشد، مسئولیت کامل را بپذیرد»؛ چه قانوناً الزامی باشد چه نباشد (Yehl, 2015). بدیهی است این رویکرد مستلزم ظرفیت‌های قوی برای نگهداری سوابق است. بنابراین، وسایل نقلیه خودران، مشکلات نوظهوری از عامل و مسئولیت را نشان می‌دهند که درواقع مسئله مسئولیت و پاسخگویی را پیچیده می‌کنند. درحالی‌که نیازهای روشنی برای نگهداری سوابق در این سیستم‌ها وجود دارد، رویکرد تولیدکنندگان و قانون‌گذاران همچنان تعریف نشده است.

۱.۴. هدفمندسازی محتوای رسانه‌های اجتماعی

این مقاله با الهام از رسوایی فیس بوک/کمبریج آنالیتیکا در سال ۲۰۱۸، فیدهای (خوراک‌های) محتوای هدفمند تولیدشده توسط پلتفرم‌های رسانه‌های اجتماعی را به‌عنوان نمونه‌هایی از سیستم‌های هوش مصنوعی بلادرنگ، البته براساس بلادرنگ نرم به‌جای سخت، تجزیه‌وتحلیل می‌کند. هنگامی که کاربری در حال مرور فید پست‌های رسانه‌های اجتماعی است، پلتفرم دائماً در حال ارزیابی علایق او می‌باشد. پلتفرم با انتخاب از ترکیبی از محتوای موجود - پست‌های دوستان کاربر و تبلیغات یا محتوای انتخاب‌شده توسط پلتفرم - یک توالی منحصربه‌فرد از پست‌ها را برای مرور کاربران ایجاد می‌کند. با تعامل کاربران با فید، پلتفرم هم تعاملات آن‌ها را با محتوای خود ثبت می‌کند و از این اطلاعات برای بهبود پیشنهادهای آتی خود به کاربر استفاده می‌کند. با گذشت زمان، سوابقِ تعاملات کاربر با سیستم، در اصل نمایه‌ای از سلیقه‌ها، علایق، باورها و اطلاعات جمعیت‌شناختی او را ارائه می‌دهد. تولید پروفایل‌های «سلیقه‌ای الگوریتمی، فردی و مبتنی بر داده‌ها» برای سفارشی‌سازی تجربه کاربر از پلتفرم، یکی از جنبه‌های کلیدی بسترهای بزرگ اینترنتی ازجمله رسانه‌های اجتماعی و موتورهای جستجو است (Zuboff, 2019). این سیستم‌ها با استفاده از داده‌های کاربر در جهت شخصی‌سازی تجربه کاربر، بر اساس پروفایل‌هایشان، از بازخورد لحظه‌ای در یک سیستم هوش مصنوعی بلادرنگ، با هدف افزایش تعامل کاربر و تأثیرگذاری بر رفتار مصرف‌کننده، طبق خواسته تبلیغ‌کنندگان، استفاده می‌کنند.

هدف اصلیِ یک پلتفرم رسانهٔ اجتماعی تشویق «اعتیاد از طریق طراحی» است (Bhargava & Velasquez, 2021; Goldhaber, 1997; Mujica et al., 2022). برای رسیدن به این هدف و هدف ثانویهٔ خود، یعنی برای ارائه تبلیغات درآمدزا، پلتفرم‌های رسانه‌های اجتماعی از سیستم‌های هوش مصنوعی بلادرنگ در جهت مدیریت تجربیات محتوایی کاربران بهره می‌برند. این مثال با مثال وسایل نقلیه خودران متفاوت است؛ بدیهی است که خرابی در این سیستم باعث آسیب فوری به کاربران آن نخواهد شد. این سیستم تنها بر محتوایی که کاربرانش را در معرض آن قرار می‌دهد، کنترل مستقیم دارد، نه بر رفتارهای دنیای واقعی که قصد تأثیرگذاری بر آن‌ها را دارد. پس چه مشکلات مشابهی برای علاقه‌مندان به مستندسازی فعالیت‌های این سیستم‌ها ایجاد می‌کند و چه کمبودهایی در مستندات و شیوه‌های ضبط فعلی وجود دارد؟ از دیدگاه آرشیوی، هر یک از این سیستم‌ها به دلیل پویایی و پیچیدگی‌شان در برابر نگهداری بلندمدت مقاومت می‌کنند.

آن‌ها به الگوریتم‌هایی اختصاصی که برای عموم شناخته‌شده نیستند و همچنین به مجموعه داده‌های پویایی که شامل تجربهٔ کاربر در تعامل با پلتفرم است، تکیه می‌کنند. این عوامل پویا و مقیاسِ سیستم، چالش‌های قابل‌توجهی را ایجاد می‌کنند. فراتر از ثبت و ضبط‌های ایستا از سیستم، در یک لحظه معین برای یک کاربر خاص، نگهداری بلندمدت این سیستم‌ها ازطرف کاربر، ممکن است به‌نحو معقولانه‌ای نباشد (Lynch, 2017). در جهت نشان‌دادن چالش‌های متوجه متصدیان نگهداری سوابق برای مستندسازی رفتارهای پویای یک پلتفرم رسانه اجتماعی، بررسی پیامدهای رسوایی فیس‌بوک/کمبریج آنالیتیکا (CA) مفید است.

رسوایی اطلاعاتی فیس‌بوک/کمبریج آنالیتیکا در سال ۲۰۱۸ زمانی رخ داد که یک افشاکننده فاش کرد که CA از بهانه‌ها و ادعاهای غیرموجه و اشتباه (ترفندهای فریبنده) برای جمع‌آوری اطلاعات شخصی میلیون‌ها کاربر فیس‌بوک استفاده کرده است. کمبریج آنالیتیکا با استفاده از اطلاعات پست‌ها، مکان، فید خبری، تایم‌لاین و حتی پیام‌های خصوصی کاربران، تبلیغات فردی را برای کاربران هدف قرار داد تا به نمایندگی از مشتریان خود بر انتخابات آمریکا و بریتانیا تأثیر بگذارد (Lewis & Hilder, 2018). فیس‌بوک در پاسخ به انتقادات از همدستی خود در رسوایی CA، با بهبود سازوکارهای رضایت کاربر، وعده‌های نظارت بر برنامه‌های شخص ثالث و ایجاد یک «کتابخانه تبلیغات» که یک فهرست عمومی از تبلیغات و تبلیغ‌کنندگانی را ارائه می‌دهد که با پلتفرم قرارداد دارند، به همراه اطلاعات جمعیت‌شناختی اولیه در مورد اینکه چه کسانی هدف تبلیغات هستند و بازه‌های زمانی برای آن تبلیغاتی که فعال بوده‌اند، واکنش نشان داد.

بااین‌حال، منتقدان خاطرنشان می‌کنند که سیستم انصراف[3] فیس‌بوک همچنان کنترل معناداری بر میزان استفاده از داده‌های شخصی برای ارائه تبلیغات به آن‌ها پیشنهاد نمی‌دهد و از این بابت شکست می‌خورد (Joyee & Abdessamad, 2020). علاوه‌براین، فیس‌بوک همچنان داده‌های حساس شخصی مرتبط با دلایل بالقوه تبعیض را، برای تبلیغ‌کنندگان در دسترس قرار می‌دهد (Cuevas et al., 2021). اگرچه کتابخانهٔ تبلیغات فیس‌بوک/متا وعده شفافیت در شیوه‌های تبلیغاتی را داده است، روزنامه‌نگاران و پژوهشگران از ابهام مداوم آن درمورد شیوه‌های هدف‌گذاری انتقاد می‌کنند (Dommett, 2020; Leerssen et al., 2021). تأثیرات اعمال و آداب داده‌ای[4] یا همان خط‌مشی‌های مدیریت داده‌های فیس‌بوک، آن‌چنان نتوانسته است از توجه و نگاه جامعه مدیریت اسناد و سوابق و اصحاب آرشیو، بگریزد. گلسمن[5] می‌نویسد که شیوه‌های مدیریت داده‌ها و سوابق فیس‌بوک، این کمبودها را دارد: این واقعیت که فیس‌بوک از «نقض داده‌ها و رخنه اطلاعاتی [کمبریج آنالیتیکا] آگاه بوده و کاری درمورد آن انجام نداده است، باعث می‌شود اهداف اجتماعی و بیانیهٔ مأموریت فیس‌بوک، به‌طور ویژه‌ای نادرست به نظر برسد» (Glassman, 2020). فیس‌بوک با تلاش‌هایی مانند کتابخانه تبلیغات، همچنان در برابر شفاف‌سازی شیوه‌های مدیریت داده‌های خود مقاومت می‌کند و نسبت به آن بی‌میل است؛ اگرچه برای جلوگیری از «کمبریج آنالیتیکاهای دیگر» اقداماتی انجام می‌دهد. آرشیوداران با اشاره به تأثیر پلتفرم‌های رسانه‌های اجتماعی بر زندگی معاصر، خواستار آن شده‌اند که طرف‌هایی غیر از خود غول‌های رسانه‌های اجتماعی، وظیفه آرشیوکردن جامعهٔ رسانه‌های اجتماعیِ با ارزش پایا را بر عهده گیرند (Lynch, 2017). با قرارگرفتن بخش زیادی از میراث فرهنگی دیجیتال معاصر در پلتفرم‌های رسانه اجتماعی، «اکنون مسئولیتی توزیع‌یافته در باب نگهداری، بین واسطه‌های پلتفرم، سازندگان و توسعه‌دهندگانی که از API ها (رابط برنامه‌نویسی نرم‌افزار) برای استخراج و دسترسی به داده‌ها برای نگهداری بلندمدت استفاده می‌کنند» وجود دارد (Acker & Kreisberg, 2020). درحالی‌که اتکا به خود پلتفرم‌ها یا نهادهای خارجی مانند کتابخانهٔ کنگره برای آرشیوِ رسانه‌های اجتماعی، غیرعملی به‌نظرمی‌رسد، مدل‌های آرشیو

3. opt-out
یعنی انصراف‌دادن از چیزی و مصداق ارج‌نهادن به اختیار انسان است؛ در این مورد منظور صرف‌نظرکردن، لغو اشتراک یا خارج‌شدن از برنامه‌ای است که به‌موجب آن داده‌های کاربر، با رضایت او به سازمان مالک برنامه ارائه می‌شوند (مترجمان).
4. data practices
5. Glassman

جامعه که به‌صورت توزیع‌شده هستند، به‌عنوان مسیری منطقی و پذیرفتنی برای آرشیو رسانه‌های اجتماعی ظهور کرده‌اند (Fondren & McCune, 2018). بااین‌حال، سوابق رویه‌های داخلی پلتفرم‌های رسانه اجتماعی، و نیز الگوریتم‌ها و خط‌مشی‌ها کماکان اختصاصی باقی مانده است و جامعهٔ آرشیو پس از رسوایی CA به‌طور گسترده وارد این بحث نشده است.

رسوایی کمبریج آنالیتیکا توجه‌ها را به پلتفرم‌های رسانه اجتماعی، به‌عنوان سیستم‌های بلادرنگ که از الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای تأثیرگذاری بر رفتار کاربران در داخل و خارج از پلتفرم‌هایشان استفاده می‌کنند، جلب کرد. در ارتباط با این تحلیل، تز «سرمایه‌داری نظارتی» زوبوف[6]، شیوه‌های هدفمندسازی محتوای رسانه‌های اجتماعی را در چارچوب گسترده‌تر عنوانی خود موردانتقاد قرار می‌دهد. سرمایه‌داری نظارتی بر اساس «تلفیق اصلاح رفتار و ابزارهای فناورانه برای خودکارسازی کاربرد آن»، از انبوه داده‌های کاربر برای پیش‌بینی و تأثیرگذاری بر رفتار دنیای واقعی استفاده می‌کند. زوبوف سوابق این تکنیک‌ها را در شرطی‌سازی کلاسیک می‌بیند، می‌شناسد و از وسعت استفاده از آن‌ها ابراز نگرانی می‌کند (Zuboff, 2019). کاربرد این ابزارها در زندگی سیاسی، با زیرسؤال‌بردن اشکال پذیرفته‌شده گفتار سیاسی، مشروعیت فرایند دموکراتیک را به چالش می‌کشد و به گفته زوبوف، اساساً آزادی انسان را تضعیف می‌کند (Zuboff, 2019; Dowling, 2022; Heawood, 2018). در راستای خوانش ما از هدفمندسازی محتوای رسانه‌های اجتماعی به‌عنوان یک سیستم هوش مصنوعی بلادرنگ، زیرشاخه جامعه‌شناسی سایبرنتیک، فرایندهای کنترل را در رسانه‌ها و جامعه‌ای که هدفشان کنترل اجتماعی و تغییر رفتار است، تجزیه‌وتحلیل می‌کند (Pickering, 2010; Robinson, 2007).

برای نمونه، متخصص سایبرنتیک استافورد بیر[7] تکنیک‌های تبلیغات چاپی را به‌مثابه (ابزاری برای) استفاده از بازخورد در جهت تحت‌تأثیرقراردادن رفتار می‌دید: «ما به ناشران اجازه می‌دهیم انبوهی از اطلاعات درمورد خودمان -اینکه چه کسی هستیم، علایق ما چیست- را به‌صورت الکترونیکی بایگانی کنند و آن را با طرح‌های سفارش پستی، سیستم‌های اعتباری و کمپین‌های تبلیغاتی، برای اهداف تجاری پیوند دهند» (Beer, 1974). آنچه می‌بینیم بر آنچه می‌خریم، بر چگونگی رأی‌دادن و بر نحوهٔ تفکر ما تأثیر می‌گذارد -این بینشی قدیمی برای تبلیغ‌کنندگان تلقی می‌شود؛ اما درحقیقت زیربنای سودمندبودن پلتفرم‌های رسانه‌های اجتماعی، به‌عنوان ابزارهای خودگردان و خودپالایشگر برای ارائه تبلیغات دیجیتال است.

۱.۵. ابزارهای کمکی جراحی واقعیت ترکیبی

درحالی‌که چشم‌انداز عمل جراحی رباتیک بر روی انسان‌ها تاحدزیادی در قلمرو داستان‌های علمی تخیلی باقی مانده است، ظهور ابزارهای واقعیت افزوده برای تقویت توانایی جراحان انسان، وظیفه متصدیان ثبت سوابق و مستندسازان را در محیطی پرخطر، پیچیده می‌کند. واقعیت افزوده (AR) به‌عنوان «اضافه‌کردن اطلاعات مصنوعی [یا تولیدات رایانه‌ای] به یک یا چند حس، که به کاربر اجازه

6. Zuboff
7. Stafford Beer

می‌دهد وظایف را به‌طور مؤثرتر به انجام برساند» تعریف می‌شود (Khor et al., 2016). این مفهوم با واقعیت مجازی (VR) متفاوت است که به کاربران یک محیط شبیه‌سازی‌شده فراگیر و کاملاً مجازی ارائه می‌دهد (Lischer-Katz, 2020). استفاده از ابزارهای AR و VR فرصت‌های جدیدی را در عمل پزشکی، ازجمله آموزش و دستورالعمل، ارزیابی آناتومیکی و کالبدشناسانه، پزشکی از راه دور و بهبود ادراک و توانایی‌های جراحان، ارائه می‌دهد. پیشرفت‌ها در این زمینه سریع است. خور[8] و دیگران در سال ۲۰۱۶ نوشتند که «تقویت [سیستم و عمل] بلادرنگ درزمینهٔ جراحی، همچنان یک کاربرد نسبتاً آزمایشی باقی مانده است» (Khor et al., 2016). از آن زمان، کاربردهای واقعیت افزوده در عمل جراحی، توانایی‌ها و آگاهی جراحان را در امور بلادرنگ (لحظه‌ای) تقویت کرده است (Guha et al., 2017; Piramide et al., 2022; De Backer et al., 2023). کاربردهای فناوری واقعیت مجازی/واقعیت افزوده در زمینه جراحی را می‌توان در بهترین شکل آن، با عنوان «واقعیت ترکیبی» (MR) توصیف کرد که در آن محیط دنیای واقعی با «داده‌های مجازی تعاملی» غنی می‌شود (Vervoorn et al., 2023).

تکنولوژی واقعیت ترکیبی در کاربردهای جراحی، با وسایل نقلیه خودران (AV) متفاوت است؛ زیرا جراح هرگز اختیار و وجه عاملیت خود را به سیستم تسلیم نمی‌کند. بااین‌حال، همان‌طور که بحث پیش‌رو درمورد وسایل نقلیه خودران نیز وجود دارد، شاهد مطرح‌شدن مشکلات مربوط به «عاملیت ترکیبی/هایبرید/چندوجهی» در محیط جراحی هستیم. درحالی‌که جراح همچنان کنترل مستقیم بر اعمال خود دارد، تفسیر او از واقعیت به‌شدت تحت تأثیر ابزارهای هوش مصنوعی قرار می‌گیرد-تفاسیری که ممکن است اهداف نهایی برای نگهداری از آب دربیایند. مقالات علمی-تخصصی مربوط به روش‌های جراحی واقعیت ترکیبی و نگهداری سابقه، به‌طرز نسبتاً کمی توسعه یافته‌اند. کیم[9] و همکارانش، فراتر از زمینهٔ مستقیم واقعیت ترکیبی در جراحی، چنین اشاره کرده‌اند که درحالی‌که فیلم‌های جراحی به‌طورمعمول تولید می‌شوند، تعداد کمی از بیمارستان‌ها در سراسر جهان، زیرساخت نگهداری جهت مدیریت آن‌ها به‌منظور ایمن‌داشت بلندمدت را دارند (Kim et al., 2021).

یک پروژه، از بلاک‌چین در جهت حفظ و سندیت‌دادن داده‌های جراحی واقعیت افزوده با حفظ حریم خصوصی بیمار، بهره می‌برد. اگرچه این مقاله اطلاعات و بینش کمی درمورد ماهیت مجموعه داده‌های نگهداری‌شده ارائه می‌دهد (Batchu et al., 2023). مجموعه داده‌های واقعیت ترکیبی شامل ویدیو، تصاویر مجازی و ابزارهایی که برای تولید چنین تصاویری استفاده می‌شوند، ممکن است برای بسیاری از آرشیوهای پزشکی به یک هدف چالش‌برانگیز در امر نگهداری تبدیل شوند.

ممکن است ابزارهای فعلی واقعیت افزوده یا ترکیبی، در فرایند جراحی مستقیماً نقش عاملیت را نداشته باشند، اما به‌عنوان شرکت‌کنندگان مستقیم در بازنمایی واقعیتی که این متخصصان بر اساسش اقدامات خود را انجام می‌دهند، ممکن است ارزش نگهداری داشته باشند. تحقیقات ما،

8. Khor
9. kim

مشارکت حرفه‌ای قابل‌توجه درمورد مشکل نگهداری بلندمدت این محیط‌های مجازی، آن هم با افزایش پیچیدگی فناوری اطلاعات پزشکی، نشان نداده است. در مقایسه با این زمینه، مسئله مستندسازی تجربیات مجازی، به‌خوبی در تئوری آرشیوی توسعه یافته است؛ هرچند که در حرفه و عمل آرشیوی تخصصی‌تر است (Duranti & Thibodeau, 2006; Lischer-Katz, 2020).

۱. ۶. دوقلوهای دیجیتال در مدیریت تأسیسات و زمینه‌های نظارت یا حکمرانی

همزادها یا دوقلوهای دیجیتال، سیستم‌های پیچیده خودمدیریتی هستند که نمونه‌ای از سیستم‌های نوظهور هوش مصنوعی بلادرنگ با نیازهای آشکار به ثبت سوابق را نشان می‌دهند. به‌عنوان زیرساخت داده‌های مکانی، دوقلوهای دیجیتال «اکوسیستم‌هایی از زیرسیستم‌های چندبعدی و میان‌کنش‌پذیر هستند که از اشیاء فیزیکی در دنیای واقعی، نسخه‌های دیجیتالی آن اشیاء واقعی، اتصالات داده‌ای همزمان‌شده بین آن‌ها و افراد، سازمان‌ها و نهادهای دخیل در ایجاد، مدیریت و استفاده از این موارد تشکیل شده‌اند» (Frontoni et al., 2022). در یک سیستم دوقلوی دیجیتال، ورودی‌های «داده‌های هم‌زمان» از سمت سنسورهای دنیای واقعی، ورودی‌هایی را برای مدل‌های واقعیت مجازی پیچیده و پیشگویانه که در حوزه‌های مختلف استفاده می‌شوند، فراهم می‌کنند (Jones et al., 2020). سیستم‌های دوقلوی دیجیتال که تصمیمات را بر اساس اندازه‌گیری‌های هم‌زمان شرایط دنیای واقعی تولید می‌کنند، نمونه‌هایی از سیستم‌های سایبرنتیک مبتنی بر بازخورد هستند. کاربردهای رایج آن شامل مدیریت ترافیک، سیستم‌های نگهداشت و حفاظت پیش‌گویانه، امنیت، زیرساخت و تولید می‌شوند. نمونه‌های کاربردهای دوقلوی دیجیتال که درحال‌توسعه یا عملیاتی‌شدن هستند، رو به افزایش است. به‌عنوان‌مثال، فرودگاه YVR ونکوور از یک سیستم دوقلوی دیجیتال برای هدایت ترافیک و عبور و مرور زمینی، بهینه‌سازی جریان حرکت عابران پیاده در داخل فرودگاه و مدیریت سیستم‌های نگهداری و کنترل آب‌وهوای ساختمان استفاده می‌کند (Redins, 2022). با پیشرفت فناوری، دوقلوهای دیجیتال ممکن است وظایف سطح بالاتری مانند کنترل ترافیک هوایی را مدیریت کنند (Oliveira, 2020; Saifutdinov et al., 2020; Yurkevich & Stepanovskaya, 2021). اگرچه به‌صراحت در بیانیه‌های روابط عمومی تبلیغ نشده است، توانایی این سیستم‌ها در سازمان‌دهی و پردازش داده‌های گسترده، به‌احتمال‌زیاد کاربردهای امنیتی و نظارتی پیدا خواهد کرد. سیستم مدیریت فرودگاه YVR یک سیستم دوقلوی دیجیتال پیچیده را نشان می‌دهد که در یک محیط پیچیده بلادرنگ عمل می‌کند و مستلزم سطوح مختلفی از ریسک است. این سیستم‌ها در مقیاس‌هایی وسیع‌تر، ممکن است جهت حکمرانی در سطح شهر برای مدیریت سیستم‌های ترافیکی و لجستیکی، برنامه‌ریزی شهری، سیستم‌های زیست‌محیطی و مدیریت زیرساخت‌ها به کار گرفته شوند (Ketzler et al., 2020).

همزادهای دیجیتال، یک نوع توسعه‌ای از ظرفیت‌های پیش‌بینی‌کننده سیستم‌های کنترل «رایانه‌ای‌سازی‌شده» اولیه هستند. سوابق روشنی وجود دارد: به‌عنوان‌مثال، سیستم‌های

کنترل کامپیوتری دست‌کم از دهه ۱۹۶۰ ترافیک را مدیریت کرده‌اند (Parkman, 1972). دوقلوهای دیجیتال، مدل‌های مجازی پیچیده‌ای از همتایان دنیای واقعی خود را وارد مکانیسم‌های کنترل سیستم می‌کنند، آن‌ها را به این مکانیسم‌ها معرفی می‌کنند، می‌شناسانند و برای این امر از نرم‌افزارهای پیشرفته‌تر در جهت اداره واقعیت‌های که به‌طور فزاینده‌ای پیچیده و پویا هستند، استفاده می‌کنند. طبیعتاً پیچیدگی، چالش مستندسازی فعالیت‌های سیستم را افزایش می‌دهد؛ چالشی که در متون نظارت عمومی به آن پرداخته شده است. زنجیره‌های سنتی مسئولیت بوروکراتیک، ممکن است با معرفی ابزارهای پیچیده هوش مصنوعی ازجمله دوقلوهای دیجیتال، پیچیده‌تر شوند (Bracci, 2022). ظهور شکاف‌های پاسخگویی که منجر به کاربرد نادرست ابزارهای هوش مصنوعی می‌شود، ممکن است خطر اعمال و اجرای «شرورهای اداری» آرنتی[10] توسط دولت را افزایش دهد (Young et al., 2021). ازسوی‌دیگر، طرفداران محتاط اشاره می‌کنند که ابزارهای هوش مصنوعی ممکن است به‌طور مؤثر اصول عقلانیت‌گرا و وبری[11] بوروکراسی‌های سنتی را محقق سازند (Bullock et al., 2022; Eom, 2022) . درحالی‌که این بحث محدود به حکمرانی و نظارت عمومی است، مرزهای بین حوزه‌های عمومی و خصوصی توسط شرایط تاریخی، حقوقی و سیاسی تعیین می‌شود (Duranti, 1989). براین‌اساس، به‌احتمال‌زیاد نگهداری سوابق برای همزادهای دیجیتال مشکلی خواهد بود که هم حوزه‌های عمومی و هم خصوصی باید آن را حل کنند؛ به‌ویژه با توجه به نقش شرکت‌های خصوصی فناورانه در توسعهٔ سیستم‌های عمومی (دولتی) که تحت قرارداد اجرا می‌شود.

ازآنجایی‌که سوابق و اقلام آرشیوی شرط لازم برای پاسخگویی است، توجه به مشکل عملی مستندسازی این سیستم‌ها برای آرشیوداران و علاقه‌مندان به به‌کارگیری مسئولانه همزادهای دیجیتال، ضروری است. نگهداری سوابق برای سیستم‌های همزاد دیجیتال یک مشکل نسبتاً جدید است. همان‌طور که لوساویو[12] و دیگران اشاره می‌کنند، سیستم‌های پیچیدهٔ شهرهای هوشمند، چالش‌های قابل‌توجهی را برای آرشیوداران ایجاد می‌کنند: فراتر از چالش فنی اولیهٔ مستندسازیِ سیستم‌های چندلایه، آرشیوداران باید در آن دسته از سیستم‌هایی که ممکن است به‌طورمعمول سوابقی ایجاد نکنند و حجم زیادی از اطلاعات قابل‌شناسایی شخصی را جمع‌آوری کنند، اهدافی را برای نگهداری شناسایی کنند (Losavio et al., 2015). علاوه‌بر چالش‌های ناشی از به‌روزرسانی‌های مکرر در مجموعه داده‌های قابل‌توجه سیستم‌های پیچیده، لارسون[13] معتقد است که برای بافتاری‌ساختن محتوای مجموعه داده‌ای خاص، که توسط یک سیستم هوش مصنوعی دولتی تولید می‌شود، به فراداده‌ها[14] به طورگسترده نیاز است که منشأ، محدودیت‌ها و سایر ملاحظات مرتبط آن را منتقل کند. به‌همین‌ترتیب، آرشیوداران باید زمینهٔ اصلیِ مجموعه داده‌هایی را که در اختیار دارند حفظ کنند؛ درغیراین‌صورت ممکن است مجموعه داده‌ها معنای خود را از دست بدهد (Larson, 2020). با نزدیک‌شدن به مجموعه داده‌هایی که توسط یک سیستم همزاد دیجیتال تولید می‌شوند، برای اجتناب از نگرانی‌های اخلاقی مشابه، رویکردی سنجیده و

10. Arendtian (منظور هانا آرنت است)
11. Weberian (منظور ماکس وبر است)
12. Losavio
13. Larson
14. metadata

ژرف‌نگرانه نسبت به اطلاعات قابل‌شناسایی شخصی، ضروری خواهد بود. یک پروژه تحقیقاتی درحال‌انجام در دانشگاه اتاوا، نیازهای آرشیوی یک سیستم مدیریت اطلاعات ساختمانی را که برای کنترل و نگهداری زیرساخت در پردیس دانشگاه کارلتون استفاده می‌شود، ارزیابی می‌کند (Fronto-ni et al., 2022). تحقیقات و تجربیات عملی بیشتری از این قبیل، چالش‌های ناشی از همزادهای دیجیتال را روشن خواهد کرد.

۲. نظریه

۲.۱. چارچوب نظری: طرح (چارچوب‌بندی، پیکربندی) سیستم‌های هوش مصنوعی بلادرنگ به‌عنوان سیستم‌های مبتنی بر بازخورد

مقاله حاضر بر این باور است که سیستم‌های توصیف‌شده در بالا، تحت چارچوب سیستم‌های هوش مصنوعی بلادرنگ، با یکدیگر قابل قیاس، سنجش و تناسب هستند. این سیستم‌ها بی‌سابقه نیستند و ما از سیستم‌های مبتنی بر بازخورد سایبرنتیک به‌عنوان چارچوبی برای درک رابطهٔ بین شیوهٔ درک و عمل سیستم‌ها در جهان استفاده می‌کنیم. هر یک از سیستم‌های توصیف‌شده، ابزارهای هوش مصنوعی جدیدی را درزمینهٔ کاربردهای بلادرنگ معرفی می‌کنند؛ زمینه‌ای که ظرفیت‌های انسانی معمولاً عاملیت انحصاری را اعمال کرده‌اند. با توجه به اینکه سیستم‌ها باید پاسخ تقریباً فوری به محرک‌های جدید ارائه دهند، فرصت‌های دخالت انسان در عملکرد سیستم محدود است. نمودار زیر، مفهوم ما را از قابلیت مقایسه و سنجش سیستم‌ها تحت چارچوب سیستم‌های مبتنی بر بازخورد سایبرنتیک نشان می‌دهد: هرکدام بازخوردی لحظه‌ای از دنیای واقعی را در برمی‌گیرند، تصمیمی می‌گیرند و پاسخی به محرک می‌دهند و به اندازه‌گیری تأثیرات اقدامات خود و تغییرات خارجی در آینده ادامه می‌دهند. همان‌طور که در جدول ۱ در زیر اشاره شده است، سیستم‌ها هم از خود، عناصر خودمختاری نشان می‌دهند و هم از کنترل انسانی برخوردارند.

۲.۲. مشکلات در مستندسازی سیستم‌های هوش مصنوعی بلادرنگ

درک و مستندسازی هر یک از سیستم‌های توصیف‌شده در این مقاله، هم چالش‌های فناوری و هم سازمانی را به همراه دارد. مرموز بودن ابزارهای هوش مصنوعی، زیرشاخه «هوش مصنوعی قابل توضیح (XAI)» را به سمت توانمندسازی، فراهم‌آوری، امکان‌دادن، قادرساختن و تشویق به اتخاذ ابزارهای هوش مصنوعی شفاف که برای افراد عادی قابل‌درک هستند، سوق داده است (Barredo Arrieta et al., 2020; Phillips et al., 2021). بااین‌حال، در راستای توضیح هوش مصنوعی، نیازهای متصدیان ثبت سابقه در سازمان‌های پاسخگو، مسئول یا توضیح‌پذیر، لزوماً توسط حوزه XAI به‌خوبی حل نمی‌شود. درعوض، این متصدیان و آرشیوداران باید ملزومات سوابق خود را به‌وضوح برای یک زمینهٔ مشخص بیان کنند. توضیح‌پذیری، ویژگی یک سیستم هوش مصنوعی است، نه

سیستم بلادرنگ	سنسورها: چه حقایق خارجی توسط سیستم اندازه‌گیری می‌شوند؟	کنترل‌کننده: سیستم در عملیات روزمره خود از چه سطحی از خودمختاری یا عاملیت برخوردار است؟	فعالگرها: سیستم چگونه تغییر را در دنیای واقعی اعمال می‌کند؟ کدام عامل‌ها تغییرات را در سیستم اجرا می‌کنند؟	اثرات: چه چیزی تحت‌تأثیر اقدامات سیستم قرار می‌گیرد؟ چگونه سیستم اثرات خود را اندازه‌گیری می‌کند؟
وسیله نقلیه خودران	رادار، دوربین‌ها و بینایی کامپیوتری، ردیاب‌های GPS؛ سایر سنسورهای مختلف.	خودمختاری کامل یا هایبریدی و چندگانه- طیف SAE را در شکل. ۱. ببینید	شتاب، کاهش سرعت، فرمان، علامت‌دهی	خود وسیله نقلیه به‌طور مستقیم کنترل می‌شود؛ سایر وسایل نقلیه و عابران پیاده در داخل و اطراف وسیله نقلیه تحت‌تأثیر اقدامات آن قرار می‌گیرند. سیستم به‌طور مستقیم تغییرات در محیط دنیای واقعی را نسبت به وسیله نقلیه ارزیابی می‌کند.
هدف‌یابی محتوای رسانه‌های اجتماعی	داده‌های به‌دست‌آمده از مشاهده و ضبط تعاملات کاربران با محتوا در پلتفرم رسانه‌های اجتماعی.	درحالی‌که پارامترهای سطح بالا توسط کنترل‌کننده‌های انسانی تنظیم می‌شوند، سیستم در سطح تجربه کاربر فردی، مجزا و منحصر، خودمختار است.	سیستم بر محتوایی که بیننده هنگام استفاده از پلتفرم در معرض آن قرار دارد، تأثیر می‌گذارد.	محتوای فیدِ رسانه‌های اجتماعی به‌طور مستقیم و مداوم بر اساس بازخورد بیننده تغییر می‌کند. رفتار کاربر رسانه اجتماعی در پلتفرم و در زندگی فراتر از پلتفرم ممکن است تحت‌تأثیر قرار گیرد، اما به‌طور مستقیم اندازه‌گیری نمی‌شود.
واقعیت افزوده در جراحی	دوربین و بینایی کامپیوتری؛ ممکن است سنسورهای مختلف دیگر که عوامل بیولوژیکی را اندازه‌گیری می‌کنند، شامل شوند.	سیستم فاقد عاملیت؛ فقط اطلاعات را ارائه می‌دهد.	انسان جراح، عناصر شناسایی‌شده توسط سیستم کامپیوتری را حذف می‌کند.	بدن بیمار به‌طور مستقیم تحت‌تأثیر اقدامات جراح که توسط توصیه‌های سیستم هدایت می‌شود، قرار می‌گیرد. سیستم به‌طور مداوم شرایط دنیای واقعی را به‌عنوان تغییر واقعیت بازنگری و ارزیابی مجدد می‌کند.
همزاد دیجیتال: سیستم کنترل ترابری فرودگاه	ردیاب‌های GPS وسیله نقلیه؛ دوربین‌ها و بینایی کامپیوتری؛ رادار؛ سایر شمارنده‌ها و سنسورها	هایبریدی یا چندگانه؛ شامل عناصر تحت‌کنترل مستقیم [سیستم] (سیستم ممکن است مستقیماً الگوهای ترابری را تغییر دهد) و عناصر اجراشده توسط عامل انسانی (رانندگان و خلبانان همچنان کنترل وسایل نقلیه خود را در دست دارند).	صدور راهنمایی و دستورالعمل‌هایی به وسایل نقلیه، هواپیماها، به کارکنان فرودگاه و اداره حفاظت یا حراست که به‌طور مستقیم سازه‌ها یا عناصر سیستم‌های ترابری را کنترل می‌کنند.	سیستم به‌طور مستقیم تغییر می‌یابد؛ وسایل نقلیه، هواپیماها و افراد حاضر در فرودگاه تحت تأثیر اقدامات آن قرار می‌گیرند. سیستم به‌طور مستقیم فعالیت ترافیکی را ارزیابی می‌کند.

■ جدول ۱. سیستم‌های بلادرنگ که به‌عنوان سیستم‌های سایبرنتیک بازخورد-محور تحلیل شده‌اند

ویژگی سوابق: درعوض، موفقیت سوابقی که تولیدشده و برای نگهداری درنظرگرفته شده‌اند، به این مقوله بستگی دارد که آیا آن‌ها فعالیت خاصی را به‌درستی نمایندگی می‌کنند و نشان می‌دهند یا خیر (Bunn, 2020; Xie et al., 2022). همان‌طور که جنی بان[15] مطرح می‌کند، آرشیوداران باید چنین بپرسند: «اگر قرار است تجارت دیگر نه‌تنها توسط انسان‌ها، بلکه توسط عوامل هوش مصنوعی یا ترکیبی از این دو انجام شود، شواهد این تراکنش‌ها چگونه خواهد بود؟» (Bunn, 2020). اگرچه XAI ممکن است به موانع فناورانه برای توضیح و توضیح‌پذیری بپردازد، اما ابتدا آرشیوداران باید ملزومات خاص سوابق خود را، برای رفع ابهام، بازنمود و شرح هوش مصنوعی بیان کنند.

سیستم‌های هوش مصنوعی بلادرنگ، فرصت‌ها و چالش‌هایی را برای متصدیان نگهداری

15. Jenny Bunn

سوابق ایجاد می‌کنند. ازیک‌طرف، افزایش دسترسی به داده‌ها، حجم «زندگی اجتماعی مضبوط» را افزایش می‌دهد و ایجاد خودکار سوابق ممکن است نسبت به معادل‌های سنتی، قابلیت اطمینان را بالا ببرد. محیط نگهداری یک سیستم هوش مصنوعی بلادرنگ، ممکن است نسبت به زمینه‌های سنتی، با محیط عملیاتی خود بیشتر ادغام شود (Duranti et al., 2016). ازسوی‌دیگر، حجم زیاد داده‌ها نگرانی‌های مربوط به حریم خصوصی را افزایش می‌دهد، سبب عدم تعادل عظیمی در قدرت اجتماعی می‌شود و با کار با داده‌های ناپایدار و تغییرپذیر، به‌جای اینکه اساساً و به‌طور طبیعی سوابق ثابتی را برای آیندگان تولید کند، شکل ثابت اساسی سابقه را به‌چالش می‌کشد. برای به‌حداقل‌رساندن این نگرانی‌ها، یکی از نسخه‌های تجویزیِ آرشیوداران و متخصصان اطلاعات این است که «حد و دامنه کنترلی که کامپیوترها نسبت به انسان‌ها اعمال می‌کنند» را محدود کنند و «تا آنجا که ممکن است، «حضور انسان در حلقه» را حفظ کنند» (McLeod & Lomas, 2023) بااین‌حال، همان‌طور که جفری یئو[16] نوشته است، «کامپیوترها و لوازم «هوشمند» یا رباتیک کنترل‌شده توسط کامپیوتر... به‌طور فزاینده‌ای بدون دخالت انسان با هم ارتباط برقرار می‌کنند و... هوش مصنوعی، تصمیم‌گیری، انعقاد قرارداد و بسیاری از فعالیت‌های دیگر را بر عهده خواهد گرفت که زمانی قلمرو انحصاری انسان بود.» اگرچه این سیستم‌ها برای ایجاد سوابق دیجیتال پایدار، ممکن باشند، اما بازهم تلاش برای دستیابی به این هدف به نظر دشوار خواهد بود (Yeo, 2018)؛ بنابراین حفظ سیستم‌های پیچیده، پویا و به هم مرتبط، مستلزم نگهداری سوابقی است که محصولات چنین سیستم‌هایی هستند و این‌همه در کنار «قوانین پردازش داده‌ها، شامل قوانینی که امکان اعمال تغییرات در محتوا یا شکل سابقه، متجلی (نمایش‌داده‌شده) را فراهم می‌کنند» (Duranti & Thibodeau, 2006). برای حفظ، ایجاد یا رسیدن به شرح یک سابقه و زمینه یا خاستگاه آن، هم خود سوابق و هم سیستم‌هایی که آن‌ها را تولید کرده‌اند، باید حفظ شوند. در شرایط متغیر فناوری، تعیین یک استراتژی مناسب برای حفظ ارزش‌های شفافیت و پاسخگویی، آن هم با زیرساخت‌های فناورانه‌ای که برای اهداف آرشیوی طراحی نشده‌اند، چالش‌برانگیز است.

نیازهای نگهداری سوابقِ سیستم‌های هوش مصنوعی بلادرنگ در حوزهٔ وسایل نقلیه خودران به‌خوبی شناخته شده است. بااین‌حال، چالشی که به سبب کنشگری و عاملیت هوش مصنوعی و محوشدن مرزهای بین کنش‌گری انسانی و هوش مصنوعی ایجاد می‌شود، مجموعه‌ای نسبتاً جدید از مشکلات برای طراحان سیستم‌های نگهداری سوابق است. اگر هوش مصنوعی را به‌عنوان ابزاری درنظربگیریم یا فهم کنیم که توسط یک عامل مسئولیت‌پذیر استفاده می‌شود، بدیهی است که عاملین استفاده‌کننده از این ابزار، مسئولیت استفاده از آن را برعهده‌دارند. همان‌طور که توسط InterPARES (تحقیقات بین‌المللی درمورد اسناد اصیل دائمی در سیستم‌های الکترونیکی) کشف شد، زیرسیستم‌هایی که «به‌عنوان عامل در انجام کسب‌وکار عمل می‌کنند» همچنان در قالب «مسئولیت یک مقام رسمی یا کارمند باقی می‌مانند»، حتی زمانی که زیرسیستم‌ها به‌طور مستقل و خودمختار عمل می‌کنند (Duranti & Thibodeau, 2006). به‌طور سنتی، سیستم رایانه‌ای

16. Geoffrey Yeo

بیشتر به‌عنوان یک ابزار شناخته می‌شود تا عامل. بااین‌حال، سیستم‌های هوش مصنوعی با افزایش خودمختاری اعمال‌شدهٔ سیستم و ایجاد موانعی برای درک انسانی، این موضوع را به چالش می‌کشند. اگر سیستم‌های هوش مصنوعی در یک زمینه قضایی به‌عنوان عامل شناخته شوند تا ابزار، نگه‌دارندگان سوابق باید طبق آن، تمرکز خود را تنظیم کنند. تحت چارچوب‌های موجود، از دیدگاه سندشناسیِ آرشیوی، سیستم‌های هوش مصنوعی ممکن است نویسندهٔ یک سند باشند؛ اما مؤلفِ مسئولِ اقدامات مستندشده نخواهند بود، به‌همان‌ترتیبی که ممکن است یک دستیار، مسئولیت نگارش یک سند را بر عهده داشته باشد، اما مسئول اجرا یا محتوای آن نیست. بدون وجود قوانینی که وضعیت سیستم‌های هوش مصنوعی را به‌عنوان اشخاص دیجیتال به رسمیت بشناسد، سیستم‌های هوش مصنوعی، همان‌طور که در چارچوب و مقولات سندشناسی آرشیوی تعریف شده است، نمی‌توانند به‌عنوان نویسندگانی که مسئول اقدامات خود هستند درنظرگرفته شوند. با توجه به خودمختاری سیستم‌های هوش مصنوعی و فاصله آن‌ها از سازندگانشان، پیشنهادهایی در خصوص پیاده‌سازی و تحقق شخصیت‌مندی حقوقی برای سیستم‌های هوش مصنوعی در اتحادیه اروپا وجود دارد که آن‌ها را حداقل تاحدی مسئول تراکنش‌هایی می‌کند که در آن‌ها مشارکت دارند (Mordell, 2019). سیستم‌های هوش مصنوعی، صرفاً اشیایی برای تحقق اهداف و اقدامات انسانی نیستند؛ بلکه می‌توانند موجوداتی باشند که اعمال و کنش‌هایی را انجام می‌دهند، حتی اگر به شیوه عاملین انسانی مسئول نباشند. بنابراین، درحالی‌که ممکن است زمینه‌های خاص حقوقی، مسئولیت هوش مصنوعی را به‌سادگی به کاربر یا طراح آن نسبت دهند، اما این رویکرد همیشه صادق نخواهد بود.

براساس بررسی و تحلیلی که در این مقاله از سیستم‌های هوش مصنوعی بلادرنگ ارائه شده است، تشخیص و تمایزقائل‌شدن بین اعمال و کنش‌های هوش مصنوعی و انسان در عمل، اغلب چالش‌برانگیز است. یک سیستم هوش مصنوعیِ کاملاً خودمختار که بدون دخالت اپراتورِ انسانی کار می‌کند، درمورد عامل مسئول اعمالش، ابهام کمی باقی می‌گذارد. چنین سیستمی پس از راه‌اندازی، به‌طور مستقل راهکار و مسیر کنش خود را تعیین می‌کند؛ بدون وجود هیچ‌گونه دخالتی از سوی اپراتور، البته جز اینکه در پایان استفاده از سیستم، متوقف شود. از دیدگاه سندشناسی آرشیوی، اینکه آیا چنین سیستمی ازلحاظ سندشناسی، نویسنده یا خالق اعمالش منظور شود یا خیر، توسط رژیم قضایی مرتبط تعیین می‌شود. ازسوی‌دیگر، یک سیستم غیرخودمختار که تحت کنترل انسان است، عاملیت خاص خود را ندارد و هویت عامل یا عاملینی که مسئول اقدامات سیستم هستند را به‌وضوح به‌جای‌می‌گذارد و این امر به‌راحتی قابل‌شناسایی است. در اینجا، مشکل شناسایی مسئولیت ممکن است، نیازمند تحلیل سازمانی باشد و بر مهارت‌های سنتی مدیران سوابق و آرشیوداران تکیه کند. بااین‌حال، سیستم‌های بلادرنگ که در اینجا توضیح داده شده‌اند، پیچیدگی‌های بیشتری را به این تقسیم‌بندی‌های روشن اضافه می‌کنند. این‌طور نیست که این سیستم‌ها در اواسط فرایند خود متوقف شوند تا ورودی یا تأییدیهٔ انسانی را دریافت کنند.

درعوض، این سیستم‌ها تمایل دارند تا به‌صورت لحظه‌ای به ترکیبی از ورودی‌های انسانی و هوش مصنوعی تکیه کنند. ازآنجایی‌که برای دریافت تأییدیهٔ انسانی، هیچ توقفی در عملکرد سیستم وجود ندارد، شناسایی عامل مسئول یک اقدام می‌تواند چالش‌برانگیز باشد. سیستم ممکن است به ورودی‌های هم‌زمان متعددی از محیط خود، همچنین کنترل‌کننده انسانی و کنترل‌گر خودمختارش متکی باشد؛ بنابراین، ممکن است ردیابی مسئولیت یک اقدام خاص، دشوار شود. این عوامل همگی به‌واسطه حجم عظیم و گسترده اطلاعاتی که در فرایندهای این سیستم‌ها استفاده می‌شود، پیچیده‌تر می‌شوند؛ اطلاعاتی که اغلب به‌طور موقت پردازش می‌شوند؛ یعنی به‌جای تبدیل‌شدن به شکل یا فرمی ثابت موسوم به سوابق، به‌طور گذرا پردازش می‌شوند. بنابراین در کاربردهای بلادرنگ، سناریوهای عاملیت (کنش‌گری) ترکیبی پدیدار می‌شوند که در آن تمیزدادن و تشخیص مسئولیت‌های هر یک ازطرفین به‌طور معنادار، چالش‌برانگیز است.

برای دسته‌بندی سیستم‌های توصیف‌شده در سراسر این مقاله، جدول ۲ در زیر پیشنهاد شده است تا درجه خودمختاری یک سیستم خودکار یا نیمه‌خودکار را در ارتباط با محدودیت‌های زمانی کاربرد آن ارزیابی کند.

در زمینه‌های کاربردی محدود به زمان، پاسخ‌های سیستم بلادرنگ باید به محرک‌های جدید به محض ظهور، با سرعت و دقت رسیدگی کنند تا از فاجعه جلوگیری شود. ازسوی‌دیگر، در زمینه‌های کاربردی باثبات، هیچ محدودیت زمانی قابل‌توجهی بر سیستم موردنظر اعمال نمی‌شود. این دسته‌ها دودویی نیستند و اکثر برنامه‌ها در یک طیف بین این دو قرار می‌گیرند. سیستم‌های بلادرنگ به‌جای اینکه محدود به زمان یا بدون محدودیت زمانی باشند، تحت محدودیت‌های زمانی بیشتر یا کمتری نسبت به سایر سیستم‌های قابل‌مقایسه قرار می‌گیرند. به‌طور مشابه، جدول پیشنهاد می‌کند که درجهٔ خودمختاری سیستم‌ها در امتداد طیفی نگاشت شده است که از

	سیستم‌های کنترل‌شده	سیستم‌های نیمه‌خودمختار	سیستم‌های خودمختار
سیستم‌های پایدار	سیستم‌های پایدار کنترل‌شده [A1]	سیستم‌های پایدار نیمه‌خودمختار [B1]	سیستم‌های پایدار خودمختار [C1]
سیستم‌های نیمه‌محدود به زمان	سیستم‌های نیمه‌محدود به زمان کنترل‌شده [A2]	سیستم‌های نیمه‌محدود به زمان نیمه‌خودمختار [B2]	سیستم نیمه‌محدود به زمان خودمختار [C2]
سیستم‌های بلادرنگ نرم			سیستم ۲: سیستم‌های هدف‌گیری (بابی) محتوای الگوریتمی
سیستم‌های محدود به زمان	سیستم‌های محدود به زمان کنترل‌شده [A3]	سیستم‌های محدود به زمان نیمه‌خودمختار [B3]	سیستم محدود به زمان خودمختار [C3]
سیستم‌های بلادرنگ سخت	سیستم ۳: واقعیت ترکیبی در دستگاه‌های کمک جراحی	سیستم ۴: دوقلوی دیجیتال	سیستم ۱: خودروی خودمختار (سطوح SAE ۴-۵)

جدول ۲. محدودیت‌های زمانی در مقابل خودمختاری در سیستم‌های بلادرنگ

سیستم‌های کنترل‌شده که کنترل را در دست انسان باقی می‌گذارند، تا سیستم‌های با خودمختاری بالا که معمولاً شامل هیچ دخالت انسانی نمی‌شوند، گسترده شده است. اگرچه [تشخیص] مسئولیت یک عمل خاص برای سیستم‌های خودمختار و کنترل‌شده موضوعی ساده‌تر است، سیستم‌هایی که بین این دو حد قرار می‌گیرند، موقعیت‌های مبهمی را ارائه می‌دهند که نیازمند حفظ داده‌های حاشیه‌ای عملیاتی سیستم برای تعیین مسئولیت هستند.

بیشترین ابهامات در سیستم‌های نیمه‌خودمختار که به ترکیبی از کنترل انسان و سیستم، متکی هستند، به وجود می‌آید و این چالش‌ها با محدودیت‌های زمانی بیشتر تشدید می‌شوند. این مقاله پیشنهاد می‌کند درجایی‌که ترکیبی از سیستم‌های هوش مصنوعی و کنترل‌کننده‌های انسانی، عملیات سیستم را مدیریت می‌کنند، برای شناسایی عامل و عاملیت انسان و هوش مصنوعی، به‌دقت، جزئیات وریزبینی بیشتری نیاز است. به‌عبارت‌دیگر، سیستم‌های نیمه‌خودمختار باید به‌عنوان ترکیباتی از زیرسیستم‌های تحت‌کنترل انسان و تحت کنترل سیستم که با یکدیگر در ارتباط هستند، مستندسازی شوند. بدون درک و ثبت مرزهای بین اعمال این زیرسیستم‌ها، کسانی که به‌دنبال مستندسازی مؤثر سیستم هستند، با مشکل جعبه سیاه[۱۷] مواجه خواهند شد؛ بنابراین، برای ردیابی مؤثر مسئولیت‌های یک عامل خاص در داخل سیستم، در سیستم‌های هوش مصنوعی بلادرنگ، نگهداری از پارادیتایی که توسط این سیستم‌ها به‌کار گرفته می‌شود و منجر به تصمیمات اجرایی کنترل‌کننده می‌شود، ضروری است. پارادیتای مرتبط برای نگهداری، به‌عنوان اطلاعاتی که برای نتایج و خروجی فرایندهای فنی بالقوه مبهم، زمینه فراهم می‌کند، باید در اوایل فاز پیاده‌سازی شناسایی شود. اینکه این پارادادهها دقیقاً شامل چه چیزهایی می‌شوند، در زیر به‌تفصیل آمده است؛ داده‌هایی مانند تفسیرهای سیستم از ورودی‌های دوربین از طریق سیستم‌های بینایی رایانه‌ای، اولویت‌بندی آن در پاسخ به ورودی‌های هم‌زمان حس‌گرها، یا تفسیر مجموعه داده‌های بلادرنگ و لحظه‌ای که سیستم بر اساس آن‌ها تصمیم می‌گیرد، ممکن است به‌عنوان پارادیتای مرتبطی مشخص شوند که برای نگهداری ضروری هستند. چالش شناسایی این داده‌ها، موضوع بخش بعدی است.

۱۷. مشکل نامعلوم؛ مشکل جعبه سیاه به وضعیتی اشاره دارد که فرایندهای درونی یک سیستم پیچیده قابل مشاهده نیستند. در این حالت، فقط ورودی‌ها و خروجی‌های سیستم قابل دیدن هستند؛ اما چگونگی تبدیل ورودی به خروجی مشخص نیست. این امر درک و تحلیل عملکرد سیستم را دشوار می‌کند. این اصطلاح در حوزه‌های مختلف ازجمله هوش مصنوعی و سیستم‌های پیچیده کاربرد دارد.

۲. ۳. شناسایی مسئولیت‌ها، عاملین و اقدامات

سیستم‌های هوش مصنوعی بلادرنگ ممکن است ثبت و نگهداری را پیچیده کنند؛ اما اصول اساسی علم آرشیو همچنان مرتبط باقی می‌مانند. سوابق یا در اقدامات مشارکت می‌کنند یا از آن‌ها پشتیبانی می‌کنند (Duranti & Thibodeau, 2006). این امر درمورد سوابقی که توسط سیستم‌های بلادرنگ تولید می‌شوند نیز صادق است؛ زیرا آن‌ها برای ایجاد تغییرات در دنیای واقعی، اطلاعات را ایجاد و پردازش می‌کنند. با اِعمال چارچوبی که قبلاً برای درک سیستم‌های هوش مصنوعی بلادرنگ به‌عنوان سیستم‌های مبتنی بر بازخورد توضیح داده شد، نیازهای مستندسازی این سیستم‌ها قابل‌ارزیابی است. همان‌طورکه در بخش پیشین با عنوان «چارچوب‌بندی سیستم‌های

هوش مصنوعی بلادرنگ به‌عنوان سیستم‌های مبتنی بر بازخورد» توضیح داده شد، سیستم‌های هوش مصنوعی بلادرنگ یا RTAI را می‌توان شامل حس‌گرها، کنترل‌کننده‌ها و فعالگرهایی (عملگرها) دانست که تأثیراتی را در دنیای واقعی ایجاد می‌کنند. اگرچه هوش مصنوعی یک کنترل‌کننده متفاوت را وارد سیستم می‌کند، اما وظیفه اساسی مستندسازی، عملکرد سیستم را تغییر نمی‌دهد. مطالعه‌ای که در اواسط دهه ۲۰۰۰ توسط InterPARES روی سیستم اطلاعات جغرافیایی VanMap انجام شد، سابقه نمونه‌ای را برای مستندسازی سیستم‌های هوش مصنوعی بلادرنگ فراهم می‌کند. VanMap که هنوز توسط شهر ونکوور به‌عنوان یک پلتفرم اطلاعاتی آنلاین استفاده می‌شود، یک رابط کاربری نقشه‌نگاری را ارائه می‌دهد که به کاربران امکان مشاهده مجموعه داده‌های مکانی مرتبط با دارایی‌های شهر، ناحیه‌بندی، اطلاعات املاک و زیرساخت‌ها را می‌دهد. داده‌هایی که VanMap از آن‌ها استفاده می‌کند، به‌مرور زمان به‌روزرسانی می‌شوند؛ اگرچه این ابزار فاقد ظرفیت داخلی برای نگهداری سابقه است. InterPARES دریافت که اگر سوابق قابل‌اعتمادی در طول تکامل نقشه ایجاد می‌شد، این قابلیت وجود داشت که تاریخچه‌ای از فایل پایگاه داده‌ها، برای امکان بازسازی VanMap در هر نقطه و مقطعی، نگهداری بشود. ازآنجایی‌که این ابزار توسط مقامات شهر به‌عنوان مبنایی برای تصمیم‌گیری مسئولانه استفاده می‌شود، InterPARES استدلال کرد که فراتر از سوابق مربوط به تجسم و نمونه‌برداری‌های نقشه در طول زمان، «توضیحات دقیق از هر فرایند تجاری که VanMap در آن درگیر است و نحوه استفاده از VanMap در هر یک از آن‌ها» برای ارائه یک گزارش و شرح کامل از نقش مدیریتی-اجرایی VanMap ضروری خواهد بود (Duranti & Thibodeau, 2006). درحالی‌که سیستم ممکن است پویا باشد، سوابقی که برای [و در روند] مستندسازی سیستم تولید می‌شوند، باید محتوای ثابتی داشته باشند که با زمینه مدیریتی- اجرایی و ارتباط آن‌ها با سایر سوابق، تعامل (صحبت) کنند.

این مقاله پیشنهاد می‌کند که دستورالعمل‌های تدوین‌شده برای مدل VanMap می‌تواند برای مشکلات ثبت سوابق در سیستم‌های هوش مصنوعی بلادرنگ نیز به کار رود. VanMap به‌عنوان یک سیستم پویا که در یک بافت مدیریتی سنتی گنجانده شده بود، سیستم پویای نسبتاً ساده‌ای بود که حجم زیادی از داده‌های لحظه‌ای یا عوامل هوش مصنوعی را شامل نمی‌شد. مطالعه VanMap پیشنهاد می‌کند که دو لحظه در یک سیستم پویا بیشترین اهمیت را دارند:

۱. لحظات تغییر در ورودی داده‌ها: سوابق باید هم‌زمان با به‌روزرسانیِ داده‌های سیستم ایجاد شوند، به‌طوری‌که سیستم را به‌طور مداوم در طول زمان مستند کنند.

۲. لحظات تصمیم‌گیری بر اساس اطلاعات تولیدشده توسط سیستم: سوابق باید روابط خود را با اقداماتی که بر اساس اطلاعات‌شان انجام‌شده مستند کنند.

در سطح کلان و کلی، این دستورالعمل‌ها برای سیستم‌های هوش مصنوعی بلادرنگ همچنان مرتبط باقی می‌مانند؛ به‌ویژه در مواردی که حفظ تمام داده‌های سیستم ممکن است فشار تقاضای نامتناسبی بر ظرفیت‌های ذخیره‌سازی و پردازش یک سیستم هوش مصنوعی بلادرنگ وارد کند؛

تقاضایی فراتر ازآنچه شاید برای یک کاربرد خاص مناسب است. ازآنجایی‌که پارامترهای دنیای واقعی توسط سنسورهای سیستم ثبت می‌شوند، داده‌های ثبت‌شده می‌توانند تاریخچه‌ای از ورودی‌های سیستم را فراهم کنند. ورودی‌های سیستم باید در ارتباط با اقدامات ناشی از آن‌ها ثبت شوند و عوامل مسئول آن‌ها را، چه انسانی و چه سیستم هوش مصنوعی، به‌دقت ردیابی کنند. همان‌طور که در بالا بحث شد، تجزیه سیستم‌های مسئول و ترکیب‌های عوامل انسانی و کامپیوتری به کوچک‌ترین اجزای ممکن برای اجتناب از ابهام در امر ردیابیِ عاملیت و مسئولیت، ضروری است. درک و ارائه داده‌های عملیاتی و واسطه‌ای که منجر به یک نتیجه شده‌اند، در مقام پارادیتای مرتبط با یک مجموعه داده خاص می‌تواند ارتباط متقابل بین مجموعه داده‌های تولیدشده توسط این سیستم‌ها را روشن کند و شفافیت این سیستم‌ها را برای نظارت عمومی افزایش دهد.

دستورالعمل‌های عمومی VanMap برای ایجاد سوابق ضروری ممکن است برای سیستم‌های هوش مصنوعی بلادرنگ در سطح خرد نیاز به به‌روزرسانی داشته باشند. در مواردی که حفظ سوابق انتخابی به‌جای حفظ کامل سوابق ضروری است، انتخاب به‌احتمال زیاد بر اساس دو معیار انجام می‌شود: اول، یک بسامد نمونه‌برداری منظم و حقیقی که نماینده ثبت سوابق است، آن هم متناسب با زمینه کاربردی سیستم. دوم، ثبت سوابق بر این مبنا که آیا براساس ورودی‌های داده‌شده، یک تصمیم معنادار، اتخاذ شده است یا خیر. هنگامی‌که اقدامات سیستم از یک آستانه مشخص که نشان‌دهنده حالت پایدار است فراتر رود، سوابق دقیق‌تری از ورودی‌های سیستم، فرایندها و اقدامات انجام‌شده در آن لحظه ممکن است تولید شود. بااین‌حال، تصمیم به حفظ مسیر فعلی اقدام نیز می‌تواند یک تصمیم ارزشمند برای ثبت‌کردن و ضبط‌شدن باشد. در کاربردهای پویاتر با محدودیت‌های زمانی بیشتر (همان‌طور که در جدول ۲ توصیف شده است)، ممکن است نیاز باشد تا سوابق اضافی با نرخ نمونه‌برداری مناسب ایجاد شوند؛ صرف‌نظر از این موضوع که آیا سیستم در آن زمان عمل کرده یا مسیر خود را تغییر داده است. نرخ‌های نمونه‌برداری مناسب، ضرورتاً باید برابر با، یا کسری از نرخ نمونه‌برداری باشد که سیستم دنیای واقعی را حس یا اندازه‌گیری می‌کند. اعتبارسنجی خارجی به شکل فیلم‌برداری با دوربین، می‌تواند سوابق تولیدشده در داخل سیستم را تکمیل کند تا مستندسازی اضافی از رفتار سیستم در ارتباط با دنیای خارج فراهم شود. تصمیماتی که توسط خود سیستم گرفته شده‌اند، ممکن است به توضیح اضافی نیاز داشته باشند که این توضیحات، زیرسیستم‌ها یا عوامل دقیقی را که منجر به یک نتیجه خاص شده‌اند و در اصل زیربنای آن نتیجه بوده‌اند، بررسی کند و توضیح دهد. به‌این‌ترتیب، علاوه بر سوابق ورودی‌ها و تصمیمات گرفته‌شده توسط سیستم، نگه‌داشتن پارادیتای مورداستفاده منتج (منتهی به نتیجه) در داخل سیستم نیز ضروری است. در ارتباط با سوابق اقدامات سیستم، ورودی‌های سیستم و فرایندهای کنترلی آن، پارادیتای مرتبطی را تشکیل می‌دهند که باید به‌منظور نگهداشت وارد سابقه شوند.

این بررسی کلی و کلان، دسته‌بندی‌های ضروری مستندسازی برای سیستم‌های هوش مصنوعی بلادرنگ را تعیین می‌کند. بگذارید اکنون به بررسی پیامدهای این مدل برای چهار سیستم

RTAI که قبلاً بحث شد، بپردازیم. دو مورد از این سیستم‌ها -وسیله نقلیه خودران و هدف‌گیری محتوا در رسانه‌های اجتماعی- سیستم‌های عملیاتی با خطرات نوظهورِ قابل‌توجه هستند. کاستی‌های تکنیک‌های ثبت سوابق در این موارد، خطراتی را که در زمینه‌های هوش مصنوعی بلادرنگ پدیدار می‌شوند و ممکن است گسترش یابند، تشدید می‌کند. دو سیستم باقی‌مانده- دوقلوی دیجیتال مانند نمونه سیستم مدیریت تأسیسات فرودگاه و ابزارهای واقعیت ترکیبی مورداستفاده در محیط‌های جراحی- در مقیاس‌های محدود عملیاتی هستند و توجه عمومی کمتری را جلب کرده‌اند. بااین‌حال، پتانسیل ریسک و خطر در این محیط‌ها به دلیل خاصیت‌های بلادرنگ آن‌ها بالا رفته است که نیاز به ثبت سوابق آن‌ها را افزایش می‌دهد. سیستم‌های پیچیدهٔ هوش مصنوعی بلادرنگ در کاربردهای پرخطر، گسترش، بسط و توسعه خواهند یافت. به‌عنوان‌مثال، داده‌های لحظه‌ای از دستگاه‌های سلامتی و خودروها در برخی موارد در محاسبات نرخ خط‌مشیِ بیمه‌نامه‌ها ادغام شده‌اند که طرح‌های قیمت‌گذاری پویای بیمه بر اساس رفتار فردی را وعده می‌دهند (Sadowski, 2023). با ورود سیستم‌های پویا و بلادرنگ به اشتغال و کاربردهای گسترده‌تر، ایجاد مجموعه‌ای قوی از مفاهیم و هنجارها برای مستندسازی این سیستم‌ها می‌تواند مسئولیت‌پذیری اجتماعی بیشتری را در کاربردهای هوش مصنوعی بلادرنگ تشویق کند.

۳. نتایج

۳. ۱. وسایل نقلیه خودران

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، نیازهای مستندسازی خودروهای خودران در متون حرفه‌ای به‌خوبی مشخص شده است. افشاگری‌های اخیر تسلا[18] درمورد تصادفات ناشی از اتومبیل‌های خودران آن‌ها، برخی از چالش‌های شفافیت در این حوزه را نشان می‌دهد. این بخش به بررسی استانداردها و سوابق نمونه اخیر درزمینهٔ ثبت سوابق خودروهای خودران می‌پردازد و مفیدبودن آن‌ها را درارتباط با مدل مستندسازی مبتنی بر بازخورد که در بالا بحث شد و همچنین در رابطه با نمونه VanMap اینترپرس برای ایجاد سوابق در سیستم‌های پویا، ارزیابی می‌کند.

استاندارد IEEE ۱۶۱۶٫۱ که در ژوئن ۲۰۲۳ منتشر شد، یک استاندارد مستقل از حوزه قضایی را ارائه می‌دهد که مستندسازی لازم برای یک خودروی خودران را که تحت سطح ۳ SAE (اتوماسیون مشروط) تا سطح ۵ (اتوماسیون کامل) کار می‌کند، تجویز می‌کند. تحت IEEE ۱۶۱۶٫۱، یک سیستم ذخیره‌سازی داده‌ها برای رانندگی خودکار (DSSAD) مستنداتی از عملکرد خودروی خودران را به‌صورت یک سری رویدادهای مجزا تولید می‌کند که هرکدام بر اساس فهرستی از نقاط ماشه (نقطه تحریک) ازپیش‌تعریف‌شده که نشان‌دهنده ضرورت مستندسازی است، ثبت می‌شوند. داده‌ها بر اساس اولین ورودی، اولین خروجی بازنویسی می‌شوند و قوانین محلی، دوره‌های نگهداری را تعیین می‌کنند (بخش ۸٫۳). این سیستم عمدتاً بر تمایز بین اقدامات سیستم و کنترل‌کننده انسانی تمرکز دارد و لحظاتی را ثبت می‌کند که کنترل بین انسان و سیستم

18. Tesla

خودمختار منتقل می‌شود. برای هرلحظه مستندسازی شده، «رویدادهای DSSAD باید دارای برچسب زمانی باشند... [تا] مشخص شود که آیا راننده یا سیستم در هرلحظه در سه ماه گذشته کنترل را در دست داشته است» (IEEE, 2023). بخش ۸٫۱ استاندارد، الزامات عملکردی را برای تعریف دسته‌های رویداد که حداقلِ لازمِ مستندسازی برای خودروهای خودران را تشکیل می‌دهند، فهرست می‌کند. این موارد شامل لحظات فعال‌سازی و غیرفعال‌سازی سیستم خودکار و دلایلی که سیستم کنترل را به راننده انسانی منتقل می‌کند، می‌شود. دسته‌های اضافی شامل شروع و پایان مانورهای اضطراری، تصادفات تشخیص‌داده‌شده، خرابی‌های اجزای خودرو و لحظاتی که ضبط‌کننده داده‌های رویدادی خودرو (متمایز از DSSAD) فعال شده است، می‌شود (IEEE, 2023). بااین‌حال تحت این استاندارد، اقدامات خاص رانندگان انسانی ثبت نمی‌شود، مگر لحظاتی که راننده انسانی کنترل را از دست سیستم خودکار می‌گیرد. در عوض، استاندارد اجازه می‌دهد فناوری‌های موجود ضبط‌کننده داده‌های رویدادی، اطلاعات لازم برای عملکرد خودرو درحالی‌که تحت‌کنترل انسان است را ثبت کنند. علاوه‌بر این، استاندارد موردبحث تنها مستندسازی علت تقریبی و نزدیک یک رخداد را تجویز می‌کند؛ اما فرایندهای زیربنایی که ممکن است منجر به آن‌ها شوند را ثبت نمی‌کند (به ۸٫۲ b) مراجعه کنید. همچنین استاندارد مذکور حفظ ویدئوهای تولیدشده یا استفاده شده توسط سیستم را تجویز یا توصیه نمی‌کند. فیلم‌برداری یا ویدئوهای عملیاتی و قابل‌استفاده، نگرانی‌های جدی درمورد حریم خصوصی ایجاد می‌کنند، این درعین‌حالی است که به همان میزان، امکان بازسازی کامل رفتار خودروهای خودران را هم فراهم می‌کنند (Bohm et al., 2020). صرف‌نظر از این نگرانی‌های حریم خصوصی، تقاضای مصرف‌کنندگان ممکن است ضبط ویدئویی خودروهای خودران و محیط اطراف آن‌ها را به یک استاندارد بالفعل خودرو، حتی بدون الزام قانونی یا صنعتی، تبدیل کند (Eski & Schuilenburg, 2022).

فراتر از استانداردهای موجود، بررسی‌های عمومی فعلی درمورد ایمنی سیستم‌های اتومبیل‌های خودران، سوابق لازم برای بازسازی عملیات یک وسیله نقلیه خودران را نشان می‌دهد. یک نمونه، تحقیقات جاری اداره ملی ایمنی ترافیک بزرگراه‌های آمریکا (NHTSA) درمورد توانایی‌های اتوپایلوت تسلا، برای عکس‌العمل نسبت به آژیر خودروهای امدادی (یا خودروهای واکنش اضطراری[۱۹]) در شب است. اسناد عمومی درخواست‌های دقیق NHTSA از تسلا برای سوابق هر حادثهٔ موردنظر را نشان می‌دهد؛ مانند IEEE ۱۶۱۶٫۱، درخواست‌ها بر لحظاتی تمرکز دارند که کنترل خودرو بین سیستم خودکار و راننده انسانی ردوبدل می‌شود. یک نامه در سال ۲۰۲۲ درخواست مستنداتی را می‌کند که ممکن است «نقش دوربین کابین، بر اجرا و تحقق هوشیاری در تعامل راننده و شیوه‌ای که ورودی‌های آن در عملکرد سیستم موردنظر لحاظ می‌شوند (در نظر گرفته می‌شوند) را توصیف کند» و این همه، در کنار اطلاعات تکمیلی درمورد «توضیحات مهندسی و ایمنی، همراه با شواهد مربوط به تصمیمات طراحی در رابطه با چگونگی تضمین و اجرای مشارکت یا تعامل / هوشیاری راننده در حین کارکرد سیستم موردبحث» (Ridella, 2022).

۱۹. «Emergency response vehicle» به‌معنای خودروی واکنش اضطراری یا وسیلهٔ نقلیه امدادی است. این اصطلاح به انواع خودروهایی اشاره دارد که برای پاسخگویی سریع به شرایط اضطراری و بحرانی استفاده می‌شوند (مترجمان)

اولین درخواست NHTSA برای اطلاعات، به‌طور مفصل‌تر مستندات موردنیاز را شرح می‌دهد. این نامه درخواست مستنداتی شامل اطلاعات نسخه‌بندی خاص خودرو، بازسازی رفتار خودرو در حوادث موردنظر، اقدامات راننده و اتوپایلوت، مستندات تصویری یا عکس از تصادف (درصورت وجود)، هشدارهای سیستم اتوپایلوت به راننده درمورد تصادف قریب‌الوقوع یا انتقال کنترل، بازسازی‌های «زمانی که انتظار می‌رود سیستم خودروهایی که با آن‌ها تصادف کرده‌اند را تشخیص دهد» و لاگ یا گزارشی از ورودی‌های سنسورها که ممکن است توانسته باشند به جلوگیری از حادثه کمک کنند (Ridella, 2021). درمورد اطلاعات نسخه‌بندی، به (Topeka, 2023) مراجعه کنید. درخواست از سازنده برای نگهداری سوابق عملکرد خودروی کاربران، یک تحول جدید را نشان می‌دهد و با توجه به اینکه قوانین فعلی و جاری آمریکا، مالک خودرو را مالک داده‌های تولیدشده توسط ضبط‌کننده داده‌های رویدادی آن خودرو می‌داند (Driver Privacy Act, 2015)، واضح است که خودروهای خودران بار ثبت سوابق بیشتری را برای سازندگان خود ایجاد می‌کنند.

مشابه سابقه‌ای که در مطالعه VanMap اینترپرس بحث شد، هم استاندارد IEEE ۱۶۱۶٫۱ و هم NHTSA، اقدامات و پارادیتایی را که اساس اقدامات را تشکیل می‌دهند، به‌عنوان بلوک‌های ساختاری ضروری برای مستندسازی خودروهای خودران شناسایی می‌کنند. اگرچه یک خودروی خودران ممکن است در یک حالت پویای مداوم عمل کند، سوابق باید به لحظات مجزای فعالیت تقسیم شوند. جدول‌های زیر، اجزای ذکرشده در استاندارد IEEE ۱۶۱۶٫۱ و درخواست‌های اطلاعاتی NHTSA را که مربوط به ملزومات سوابق وسایل نقلیه خودران و سایر سیستم‌ها است، با استفاده از مدل مفهومی سیستم مبتنی بر بازخورد قبلی نگاشت می‌کند. سوابق به دو دسته گسترده‌تر تقسیم می‌شوند:

۱. **سوابق خط‌مشی (جدول ۳):** که به‌طورکلی به سیستم و سازنده مربوط می‌شوند.

۲. **سوابق عملیاتی (جدول ۴):** که به یک نمونه خاص از سیستم -یعنی به عملکرد یک خودروی خاص- مربوط می‌شوند.

تقسیم‌بندی بین سوابق خط‌مشیی و عملیاتی که توسط آرشیوداری به نام شلنبرگ[20] ارائه شده است، تقریباً با تقسیم‌بندی در حوزه XAI که بین توضیحات جهانی و محلی هوش مصنوعی انجام شد، مطابقت دارد (Phillips et al., 2021; Schellenberg, 1996). مورد اول در هر مورد، مستنداتی را توصیف می‌کند که به کل یک سیستم مربوط می‌شود؛ درحالی‌که مورد دوم مستنداتی را توصیف می‌کند که جزئیات عملکرد آن در یک زمینه خاص را شرح می‌دهد. در زیرمجموعهٔ سوابق عملیاتی، ما دسته‌های عملکردیِ متناظر با عناصر سیستم بلادرنگ ازجمله ورودی‌های سنسور، کنترل‌کننده، فعالگرها و اثرات را ایجاد می‌کنیم. جدول‌های ۳ و ۴ را به‌منظور خلاصه‌کردن دسته‌بندی‌های مستندسازی، ضروری در راستای به‌دست‌آوردن یک سابقه کامل از اقدامات خودروی خودران یا سایر سیستم‌های هوش مصنوعی بلادرنگ، ارائه می‌دهیم. اگر سیستم‌های بلادرنگ بر اساس چرخه بازخورد بین سنسور، کنترل‌کننده، فعالگر و اثر عمل می‌کنند، پس سوابق عملیاتی نیز

20. T. Schellenbergt

باید هر یک از این مراحل را مستند کنند. ازآنجاکه داده‌ها به‌صورت بلادرنگ (لحظه‌ای) تولید و نیز بر اساس آن‌ها عمل می‌شود، سیستم نیز باید پارادیتای استفاده شده منتهی به تصمیمات و اقدامات خود را در لحظه و به شکل بلادرنگ حفظ کند.

۳. ۲. هدف‌گذاری محتوا در رسانه‌های اجتماعی

ما سیستم‌های هدف‌گیری محتوا در رسانه‌های اجتماعی را به‌عنوان سیستم‌های خودمختار نیمه‌محدود به زمان توصیف می‌کنیم که در نسبت با «سیستم‌های بلادرنگ سخت» با محدودیت‌های زمانی کاهش‌یافته‌ای عمل می‌کنند؛ اما همین سیستم‌ها درواقع پس از تعیین پارامترهای عملیاتی، با خودمختاری کامل عمل می‌کنند. پس از انتخاب مواد تبلیغاتی توسط پلتفرم، سیستم در هدف‌گیری کاربران خاص کاملاً به‌طور خودکار عمل می‌کند.

اگرچه این سیستم به‌اندازه یک خودروی خودران محدودیت زمانی ندارد، اما عدم انتخاب محتوای مناسب در زمان مناسب، کارآیی سیستم را کاهش می‌دهد و آن را به یک سیستم نیمه‌محدود به زمان تبدیل می‌کند. تفاوت دیگر بین این سیستم و خودروی خودران آن است که فعالگرهای آن مستقیماً تغییری را که هدف سیستم است، ایجاد نمی‌کنند. پلتفرم تنها می‌تواند تبلیغاتی را که کاربرانش در معرض آن قرار می‌گیرند تغییر دهد؛ اما هدف سیستم -یعنی تغییر

چه چیزی مستند شده است؟	این مستندسازی باید به چه سؤالی پاسخ دهد؟	برای هر سیستم، این سوابق چه مواردی را می‌تواند شامل شود؟ (توجه: این لیست جامع نیست)			
		وسیله نقلیه خودران	سیستم‌های هدف‌گذاری محتوا در رسانه‌های اجتماعی	دستگاه‌های کمک جراحی واقعیت ترکیبی	دوقلوی دیجیتال (مدیریت تأسیسات فرودگاه YVR)
خود سیستم	آیا خود سیستم می‌تواند در تکرارهای نسخه‌های مختلف سخت‌افزار و نرم‌افزار در هر نسل حفظ شود؟	حفظ خود سیستم؛ اگر امکان‌پذیر نباشد، حفظ مجموعه‌های داده آموزشی و زیرمؤلفه‌های کلیدی سیستم، ابزاری برای شبیه‌سازی سیستم، طرح ها و نقشه‌های سخت‌افزاری. توسط سازنده نگهداری می‌شود.	حفظ مستندات همراه سیستم، درخت‌های تصمیم‌گیری یا الگوریتم‌های هدف‌گذاری جمعیت‌شناختی؛ اگر امکان‌پذیر نباشد، حفظ مجموعه‌های داده آموزشی و زیرمؤلفه‌های کلیدی سیستم، ابزاری برای شبیه‌سازی سیستم. حفظ تبلیغات و ترکیب‌های جمعیتی مشخص‌شده و هدف برای هرکدام. توسط مالک پلتفرم نگهداری می‌شود.	حفظ خود سیستم؛ اگر امکان‌پذیر نباشد، حفظ مجموعه‌های داده آموزشی و زیرمؤلفه‌های کلیدی سیستم، ابزاری برای شبیه‌سازی سیستم. توسط سازنده نگهداری می‌شود.	حفظ خود سیستم؛ اگر امکان‌پذیر نباشد، حفظ مجموعه‌های داده آموزشی و زیرمؤلفه‌های کلیدی سیستم، ابزاری برای شبیه‌سازی سیستم. نگهداری شده توسط سازنده درصورت آماده بودن برای مصرف [از پیش‌ساخته و در دسترس].
نظارت یا حاکمیت و اطلاعات انطباق	سازنده چه سیاست‌هایی را برای اطمینان از پیاده‌سازی مسئولانه و انطباق قانونی وضع کرده است؟	سوابق سازمانی برای مستندسازی فرایندهای خودارزیابی؛ تاریخچه گسترده‌تر فروش مدل‌های وسایل نقلیه.	سوابق سازمانی برای مستندسازی قراردادها با تبلیغ‌کنندگان و فرایندهای خودارزیابی. توسط مالک پلتفرم نگهداری می‌شود.	سوابق سازمانی مستندسازی پیاده‌سازی و فرایندهای خودارزیابی.	سوابق سازمانی مستندسازی پیاده‌سازی و فرایندهای خودارزیابی.

■ جدول ۳. الزامات عملکردی برای سوابق خط‌مشیِ سیستم‌های هوش مصنوعی بلادرنگ

چه چیزی مستند شده است؟	این مستندسازی باید به چه سؤالی پاسخ دهد؟	برای هر سیستم، این سوابق چه مواردی را می‌تواند شامل شود؟ (توجه: این لیست جامع نیست)			
		وسیله نقلیه خودران	سیستم‌های هدف‌گذاری محتوا در رسانه‌های اجتماعی	دستگاه‌های کمک جراحی واقعیت ترکیبی	دوقلوی دیجیتال (مدیریت تأسیسات فرودگاه YVR)
ورودی حسگر	سیستم به چه ورودی‌هایی از دنیای واقعی پاسخ می‌داد؟	ثبت لاگ (گزارش) داده‌های حسگر (سرعت‌سنج، داده‌های GPS، دماسنج‌ها، مکانیسم‌های فرمان و غیره)؛ فیلم دوربین مورداستفاده برای سیستم‌های بینایی کامپیوتری	ثبت لاگ (گزارش) تبلیغات نمایش داده‌شده به کاربر و لاگ تعامل کاربر با سیستم در حین هر جلسه استفاده (استفاده از موس و رفتار اسکرول یا پیمایش).	فیلم دوربین در لحظه و بلادرنگ.	تصاویر زنده دوربین، داده‌های حسگر (شمارنده عابر پیاده، ترافیک وسیله نقلیه، داده‌های هواشناسی، داده‌های نگهداری و زیرساخت)
کنترل‌کننده	سیستم چه دستورات کنترلی صادر می‌کند؟ این تصمیمات چگونه تولید می‌شوند؟	ثبت لاگ دستورات کنترل؛ تنظیمات مربوطه سیستم کنترل؛ پارادیتاهای فرایندهای واسطه منجر به تصمیم‌گیری؛ توضیحات پس از واقعه هوش مصنوعی از این فرایندها؛ لاگ اعلان‌های هشدار و اعلان‌های تحویل کنترل	ثبت لاگ انتخاب‌های تبلیغات برای نمایش؛ پارادیتاهای فرایندهای واسطه منجر به تصمیم‌گیری؛ توضیحات پس از واقعه هوش مصنوعی از این فرایندها؛ سوابق پیشرفت نمایه الگوریتمی کاربر که بر اساس آن تصمیمات گرفته می‌شود؛ سوابق تبلیغات موجود در یک زمان مشخص.	عکس‌برداری از صفحه تفسیرهای بلادرنگ ارائه‌شده توسط سیستم بینایی کامپیوتری؛ پارادیتاهای فرایندهای واسطه منجر به تصمیم‌گیری؛ توضیحات پس از واقعه هوش مصنوعی از این فرایندها.	ثبت لاگ تصمیمات تولیدشده توسط سیستم؛ پارادیتاهای فرایندهای واسطه منجر به تصمیم‌گیری؛ توضیحات پس از واقعه هوش مصنوعی از این فرایندها.
فعالگرها	چه مکانیسم‌هایی برای اجرای تصمیمات کنترلی استفاده می‌شود؟	ثبت لاگ اقدامات کنترلی انسانی؛ ثبت اقدامات کنترلی سیستم خودکار در حین اجرا (یعنی عملکرد واقعی، همان‌طور که اجرا شده)؛ ثبت لاگ پیام‌های ارسال‌شده از سیستم به کنترل‌کننده انسانی و اشخاص ثالث خارجی	ثبت لاگ تصمیمات تبلیغاتی سیستم و نمایش محتوا (محتوای جهت نمایش).	جراح کنترل کامل را حفظ می‌کند و دنیای واقعی، به‌علاوه تفسیر AR را ارزیابی می‌کند؛ فیلم‌های دوربین اضافه بر سازمان و سوابق نوشتاری ممکن است اقدامات آن‌ها را ثبت کند.	دستورات و اعلان‌های صادرشده به کنترل‌کننده‌های انسانی؛ رهنمودهای (دستورالعمل‌ها) کنترل ترافیک صادرشده.
اثرات	در دنیای واقعی چه تغییراتی توسط سیستم ایجاد می‌شود؟ سیستم تحت چه شرایط دنیای واقعی فعالیت می‌کرد؟	ثبت لاگ داده‌های حسگر؛ فیلم دوربین	ممکن است سیستم بر رفتار کاربر هنگام استفاده از پلتفرم تأثیر بگذارد. سیستم ممکن است فقط تغییرات را از طریق داده‌های ثبت‌شده توسط حسگرها اندازه‌گیری کند؛ ضبط صفحه تجربه کاربران را ثبت می‌کند.	پیامدهای اقدامات جراح قابل‌مشاهده توسط جراح و ضبط‌شده توسط دوربین. ارزیابی‌های مربوط به پیگیری اضافی با بیمار نیز ممکن است مستند شود.	تغییرات در الگوهای ترافیک و عبور و مرور (عابران پیاده، وسایل نقلیه زمینی، هواپیماها)، اقدامات امنیتی یا تعمیر و نگهداری. ثبت‌شده از طریق ورودی‌های حسگر و به‌وسیله دوربین

■ جدول ۴. دسته‌بندی‌های عملکردی برای سوابق عملیاتی جاری و مستمر در سیستم‌های هوش مصنوعی بلادرنگ

رفتار مصرف‌کننده یا رأی‌دهنده- ازطریق یک حلقه مبتنی‌بر بازخورد محدودتر بر اساس فعالیت کاربر در پلتفرم انجام می‌شود.

کاربران ممکن است به روش‌های خاصی با یک مورد مشخص تعامل داشته باشند یا نداشته باشند. این و کل پروفایل داده‌ها مبنای تبلیغاتی می‌شود که در آینده در پلتفرم نمایش داده خواهد شد. هدف سیستم چنین فرضی است که اثرات این نمایش تبلیغات -که دقت فزاینده‌ای دارد- ممکن است رفتار افراد در دنیای خارج از محدوده‌های سیستم را تحت تأثیر قرار دهد. حتی اگر این تغییرِ رفتاری به دست آید، نمی‌توان آن را در محدوده حلقه بازخورد اصلی حاکم بر سیستم اندازه‌گیری کرد. سیستم، درست مانند سوژه‌های شرطی‌سازی تغییرِ رفتار در فیلم «پرتقال کوکی»، واکنش‌های شرکت‌کنندگان به محرک‌های ارائه‌شده توسط خود سیستم را، آن هم با هدف تغییر رفتار فراتر از محدودیت‌های آن اندازه‌گیری می‌کند. اگرچه بدین‌ترتیب سیستم با خودروی خودران متفاوت است، همان دسته‌بندی‌های عملکردی شناسایی‌شده در نمودار بالا ممکن است ملزومات سوابق سیستم را توصیف کند. درواقع، به دنبال واکنش به رسوایی کمبریج آنالیتیکا، فیسبوک/متا تغییراتی را برای مستندسازی شیوه‌های تبلیغاتی خود اجرا کرد. این تغییرات مشتمل است بر کتابخانه تبلیغات متا که در بالا بحث شد و توضیحات پایه و اولیه، برای تبلیغات هدفمند فردی که کاربران با آن مواجه می‌شوند.

اگرچه امتیازات داده‌شده توسط فیسبوک/متا نسبت به وضعیت قبل از رسوایی کمبریج آنالیتیکا شفافیت بیشتری ارائه می‌دهد، اما جزئیات مستنداتِ موجود همچنان ناکافی است. همان‌طور که منتقدان اشاره کرده‌اند، سیستم عمدتاً غیرشفاف است و بینش کمی درباره فرایندهای واقعی تکنیک میکروتارگتینگ (هدف‌گذاری خرد) تبلیغاتی که زیربنای تأثیر ضمنی سیستم را تشکیل می‌دهند، ارائه می‌دهد. کتابخانه تبلیغات، اطلاعات کمی درباره روابط بین تبلیغات و فرایندهای استفاده شده برای هدف‌گیری کاربران ارائه می‌دهد و به‌این‌ترتیب، نگرانی‌های مربوط به تأثیر این پلتفرم بر لیبرال دموکراسی را کاهش نمی‌دهد (Leerssen et al., 2021). دامت[21] استدلال می‌کند که شفافیت درمورد پرونده کمبریج آنالیتیکا مستندسازی منابع تبلیغات، امور مالی، استفاده از داده‌های کاربر و فرایندهای هدف‌گیری را که همه به‌صورت قابل‌دسترسی منتقل می‌شوند، الزامی می‌کند (Dommett, 2020). مانند سایر سیستم‌های بلادرنگ توصیف‌شده در این مقاله، فناوری‌های اختصاصی و اسرار تجاری محافظت‌شده، مانع از دسترسی کامل به سوابق مطابق با منافع عمومی می‌شوند (Bailey et al., 2016; Hersh & Schaffner, 2013; Lepore, 2020; Nickerson & Rogers, 2014). درحالی‌که مقیاس عظیم سیستم تبلیغاتی فیسبوک/متا نیازمند مجموعه‌ای (متمم) کامل از سوابق سیاستی برای مستندسازی عملکرد آن در مقیاس بزرگ است، در سطح تجربه کاربر فردی، فید محتوای بلادرنگ با استفاده از مدل‌های آماری پیچیده، اطلاعات جمعیت‌شناختی و پروفایل‌های سلیقه کاربر که بر اساس رفتار فردی کاربر در طول زمان توسعه یافته‌اند، برای پیش‌بینی تبلیغاتی که «کاربران ممکن است به آن پاسخ دهند»، تولید می‌شود. ارزیابی ملزومات مستندسازی سیستم ازنظر ورودی‌های سنسور، کنترل‌کننده، فعالگر و اثر، یک گزارش کامل از اطلاعات لازم برای درک سیستم در سطح فردی و عملیاتی را ارائه می‌دهد. درحالی‌که

21. Dommett

مستندسازی جهانی می‌تواند درک سطح بالایی از سیستم را ارائه دهد، در سطح عملیاتی، سوابق لازم مربوط به ورودی‌های سنسور، کنترل‌کننده، فعالگرها و اثرات سیستم هستند که در جداول ۳ و ۴ فهرست شده‌اند.

۳. ۳. دستگاه‌های کمک جراحی واقعیت ترکیبی

درحالی‌که به ترتیب مطالب زیادی در مورد مستندسازی خودروهای خودران و رسوایی کمبریج آنالیتیکا/فیسبوک نوشته شده است، استفاده از ابزارهای واقعیت ترکیبی در مراقبت‌های بهداشتی به چنین جنجال عمومی تبدیل نشده است. بااین‌حال ما معتقدیم که خطرات مشابهی از این ابزارها به‌عنوان سیستم‌های بلادرنگ که در یک کاربرد پرخطر ادغام شده‌اند، پدیدار می‌شوند. اخلاق حرفه‌ای قویِ موجود و هنجارهای ثبت سوابق ممکن است این خطرات را در این مثال کاهش دهد. علاوه‌بر این، استفاده‌های فعلی از ابزارهای واقعیت افزوده در زمینه‌های مراقبت بهداشتی و جراحی، به‌جای این‌که چنین اختیاری را به ابزارهای هوش مصنوعی واگذار کند، عاملیت و ظرفیت‌های اجرایی را در دستان متخصصان پزشکی نگه می‌دارد. به‌عنوان سیستم‌های کنترل‌شدهٔ محدود به زمان، سیستم واقعیت ترکیبی، اطلاعات را بلادرنگ پردازش و ارائه می‌کند که به‌عنوان پایهٔ تصمیم‌گیری استفاده می‌شود. اگرچه در این مثال تصمیمات همچنان توسط انسان‌ها گرفته می‌شوند، اما اساس این تصمیمات هم تخصص جراح و هم فرایندهای تفسیر پیچیدهٔ ابزار واقعیت ترکیبی است. اگر بگوییم که هم اقدامات و هم اساس یک اقدام باید ثبت بشود، حفظ سوابق ورودی‌های سنسور، کنترل‌کننده، اقدامات جراح و اثرات آن‌ها ضروری خواهد بود. جدول‌های ۳ و ۴ ملزومات سوابق در استفاده از ابزار واقعیت ترکیبی در یک فرایند جراحی را فهرست می‌کنند. این نمودارها عوامل دیگری غیر از ابزار AR که ممکن است اساس تصمیم‌گیری جراح باشد را شامل نمی‌شوند که درواقع خارج از محدودهٔ این مقاله است؛ درعوض، در اینجا مجموعه سوابق احتمالاً شامل پارادیتاها ازجمله تصاویر دوربین خوانده‌شده توسط سیستم بینایی کامپیوتر، هرگونه داده پردازش واسطه‌ای یا تفسیرهای تعقیبی (پس‌ازآن) موجود است که بینش درمورد خروجی‌های سیستم و همچنین خود آن خروجی‌ها را ارائه می‌دهد. با توسعه فناوری هوش مصنوعی، می‌توانیم انتظار ظهور و کاربرد ابزارهای نیمه خودمختار و کاملاً خودمختار در زمینه‌های پزشکی پرمخاطره و مهم را داشته باشیم؛ بنابراین، توسعه ظرفیت برخورد با سوابق فنی پیچیده تولیدشده توسط ابزارهای هوش مصنوعی در پاسخ به پیشرفت‌های اولیه، ممکن است از مشکلات طولانی‌مدت جلوگیری کند که این از آنجایی است که فناوری‌های پزشکی و هوش مصنوعی در زمینه‌های مراقبت‌های بهداشتیِ بلادرنگ گسترش می‌یابند.

۳. ۴. دوقلوهای دیجیتال در مدیریت تأسیسات و زمینه‌های نظارت یا حکمرانی

باتوجه به تنوع بسیار زیاد سیستم‌های دوقلوی دیجیتال، تدوین یک لیست جهانی و تجویزی

از ملزومات سوابق عملیاتی آن‌ها در زمینه‌های مختلف امکان‌پذیر نیست؛ درعوض، در اینجا به مثال خاص فرودگاه YVR ونکوور به‌عنوان یک سیستم دوقلوی دیجیتال که در نقش‌های مدیریت امکانات و تأسیسات پیچیده‌تر و با حساسیت بالاتری اجرا می‌شود، می‌پردازیم. همان‌طور که در یک بیانیهٔ مطبوعاتی از YVR و Unity (توسعه‌دهندگان سیستم) ذکر شد، این سیستم «سنسورها، داده‌های تاریخی و بلادرنگ را... [برای فعال کردن] تصمیم‌گیری مبتنی بر داده‌ها و همکاری، در پلتفرم ادغام می‌کند». همان‌طور که قابل‌تصور است، دوقلوی دیجیتال به محیط تصمیم‌گیری YVR پیچیدگی اضافه می‌کند. در برخی موارد، دوقلوی دیجیتال ممکن است توصیه‌هایی را به آن دسته از انسان‌ها که مسئولیت تصمیم‌گیری را حفظ می‌کنند، ارائه دهد؛ درحالی‌که در موارد دیگر، سیستم‌ها ممکن است به‌صورت مستقلانه تغییراتی را ایجاد کنند. به‌عنوان‌مثال، YVR خاطرنشان می‌کند که «در طول اوج فصل سفرهای تابستانی ۲۰۲۲، تیم تجربه مهمان YVR از دوقلوی دیجیتال برای کاهش ازدحام مسافران در ایست‌های بازرسی استفاده کرد» (Vancouver Airport Authority, 2023). با مدل‌سازی و پیش‌بینی رفتار جمعیت در داخل فرودگاه، دوقلوی دیجیتال ظرفیت پذیرش یا توان عملیاتی مسافران را در گلوگاه‌هایی مانند ایست‌های بازرسی افزایش می‌دهد. در این مثال، تغییرات پیشنهادی توسط کنترل‌کنندهٔ سیستم ممکن است مستقیماً از طریق فعالگرها یا محرک‌هایی مانند تغییر نمادهای نمایش داده‌شده بر تابلوهای الکترونیکی اجرا شود. تغییرات همچنین ممکن است به‌طور غیرمستقیم از طریق عوامل انسانیِ مسئول جابه‌جایی فیزیکی خطوط نواری صف‌ها و هدایت مسافران اجرا شود. این عوامل ممکن است درصورت لزوم، مسئولیت و ظرفیت متفاوتی برای لغو و بازتعریف دستورالعمل‌های کنترل‌کننده سیستم داشته باشند؛ بنابراین سیستم به‌عنوان یک سیستم نیمه‌خودمختارِ محدود به زمان درک می‌شود که عامل‌های انسانی و سیستم را در طول عملکرد خود درهم‌می‌آمیزد. برای به‌حداقل‌رساندن مشکل عاملیت ترکیبی، که در آن مسئولیت را نمی‌توان به سمت کنترل‌کننده‌های انسانی یا ابزارهای هوش مصنوعی ردیابی کرد، وجود سوابق واضحی از فرایندهای سیستم که منتهی به تصمیمات آن می‌شوند و اقدامات انجام‌شده (یا نشده) بر اساس آن‌ها ضروری است. با مؤثرتر و قابل‌اعتمادترشدن سیستم دوقلوی دیجیتال فرودگاه، می‌توان انتظار داشت که دامنه کاربردهای آن به کاربردهای حساس‌تر گسترش یابد. سایر کاربردهای ممکن احتمالاً شامل استفاده برای ایجاد هشدارهای امنیتی، مشاهده وضعیت کارهای تعمیراتی و نگهداری به‌صورت بلادرنگ، هدایت ترافیک هوایی و زمینی در فرودگاه یا شبیه‌سازی نتایج برنامه‌های آمادگی اضطراری باشد (Botin-Sanabria et al., 2022; Unity Technologies, 2023). با ادغام دوقلوی دیجیتال در عملیات روزمرهٔ تأسیسات، نیاز به شیوه‌ای از حفظ سوابق که نشان‌دهندهٔ اجرای مسئولانه و عملکرد سیستم در یک محیط پیچیده باشد نیز افزایش خواهد یافت. می‌توان گفت که دوقلوی دیجیتال پیچیده‌ترین سیستم هوش مصنوعی بلادرنگ موردبحث در این مقاله است. نمودار ارائه‌شده، لحظات کلیدی در پیاده‌سازی و استفاده از سیستم را درجهت مستندسازی مشخص می‌کند. حتی بیشتر از مثال وسیلهٔ نقلیه خودمختار،

دوقلوی دیجیتال همان‌طور که در مثال YVR توضیح داده‌شده است، یک سیستم پیچیده از زیرسیستم‌ها است. این سیستم از مجموعه‌ای از سنسورهای اختصاصی و سیستم‌های بینایی کامپیوتری، برای استخراج اندازه‌گیری‌های منطبق با واقعیت (جهان واقعی) از دنیای واقعی و یک سیستم مدل‌سازی دیجیتال پیچیده برای تولید دستورالعمل‌ها، استفاده می‌کند. هر زیرسیستم ممکن است به یک تحلیل دقیق‌تر از آنچه در اینجا قابل‌دستیابی است نیاز داشته باشد؛ اما به‌عنوان یک نقطه شروع، ما مدل مفهومی ارائه‌شده در جدول‌های ۳ و ۴ را برای درک نیازهای سوابق سیستم (یا همان ملزومات سوابق) ارائه می‌کنیم. مقیاس و ماهیت سیستم‌های دوقلوی دیجیتال در زمینه‌های کاربردی مختلف، متفاوت خواهد بود. بااین‌حال، هر سیستم را می‌توان بر اساس سنسورها، کنترل‌کننده‌ها و محرک‌ها یا همان فعالگرها درک کرد و دیگر آن‌که، هر سیستم به حفظ سوابق و پارادیتای توضیح‌گر مرتبط با لحظات کلیدی اقدام یا عمل، نیاز خواهد داشت.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

با جایگزینی جریان داده‌ها با سوابق ثابت در زمینه‌های مختلف، «آرشیوداران باید سوابق و درنتیجهٔ آن، مکانیسم نگهداری آنها را برای تمایز بین سوابق ضروری و باقیمانده، بازتعریف کنند» (Jeurgens, 2017). سیستم‌های پویا و بلادرنگ توصیف‌شده در این مقاله، حجم عظیمی از داده‌ها را پردازش می‌کنند و مشکلات پیچیده‌ای را برای آرشیوداران ایجاد می‌کنند. انتخاب حداقل داده‌های لازم برای حفظ، وظیفه‌ای دشوار است و حجم قابل‌توجهی را برای نگهداری باقی می‌گذارد. در کاربردهای حیاتی، «برش آرشیوی»[۲۲] یا همچنان حجم عظیمی از داده‌ها را ارائه می‌دهد، همان‌طور که در درخواست‌های خاص سوابق از تسلا توسط NHTSA پیشنهاد شده است (Ridella, 2022; Ridella, 2021; Owens, 2018). در کاربردهای بلادرنگ، به دلیل افزایش تقاضا در ذخیره‌سازی و قدرت پردازش، امکانات نگهداری سوابق ممکن است به‌سختی قابل‌بازسازی و بهسازی باشند. به همین دلیل، امکانات ایجاد و نگهداری سوابق برای سیستم‌های بلادرنگ در محیط‌های پرخطر باید در مراحل اولیه توسعه سیستم گنجانده شود. سیستم‌های بلادرنگ داده‌ها را ایجاد و استفاده می‌کنند و می‌توانند ظرفیت‌های حفظ سوابق را در خود داشته باشند. بااین‌حال، آرشیوداران باید دایرهٔ واژگان لازم در راستای بیان ملزومات سوابق برای سیستم‌های بلادرنگ را توسعه دهند. یک مطالعهٔ درحال انجام ازسوی اینترپرس که در اتاوای کانادا مستقر است، متخصصان اطلاعات را با تیم مهندسان مسئول اجرای یک سیستم دوقلوی دیجیتال مختص به اطلاعات ساختمان در پردیس دانشگاه کارلتون هماهنگ می‌کند. همان‌طور که در این مطالعه آمده است، «مجموعه اطلاعات یا شواهد مرتبط با هم برای حفظ طولانی‌مدت» باید از مرحله طراحی سیستم در نظر گرفته شود (Frontoni et al., 2022). کارهای تجربی دیگر مانند این پروژه نیز باید استراتژی‌های عملی جهت اجرای استراتژی‌های نگهداری برای سیستم‌های هوش مصنوعی بلادرنگِ مورداستفاده در زمینه‌های پاسخگو، توسعه دهند. اگرچه این مقاله چهار مطالعه موردی را به‌صورت کلی ارائه کرده است، باید اذعان کنیم که مقاله ما تنها یک

۲۲. archival sliver در این مقاله، منظور حداقل حجم داده‌های ضروری است که از مجموعهٔ بزرگ داده‌های تولیدشده توسط سیستم‌های پویا، برای اهداف متوجه نگهداری و آرشیو انتخاب می‌شوند؛ ریزه آرشیوی؛ تکه باریک آرشیوی (مترجمان).

گام اولیه در این جهت است. این مقاله پیشنهاد می‌کند که لحظاتی که در آن تصمیم‌گیری‌ها انجام می‌شوند، برای مقولهٔ حفظ سوابق، حیاتی هستند و اینکه اساس یک عمل، خود عمل، و نتایج فوری آن باید در سیستم‌های بلادرنگ ثبت شوند. یک چالش پیچیدهٔ نوظهور در نگهداری سوابق برای سیستم‌های هوش مصنوعی بلادرنگ، اَشکال جدید اطلاعاتی است که باید ثبت شوند. همان‌طور که به سبب احتمال مقرراتی مانند مقررات اتحادیه اروپا مبنی بر الزام حفظ شواهد فرایندهای واسطه‌ای در آنچه در اینجا پارادیتا نامیده می‌شود، مطرح می‌شود، حفظ سوابق خروجی‌های سیستم ممکن است به‌تنهایی کافی نباشد. سیستم‌هایی که سوابق هر دو فرایند واسطه‌ای و خروجی‌های نهایی خود را تولید می‌کنند باید روابط بین این مجموعه داده‌ها را حفظ کنند. در اینجا، اطلاعات حیاتی، چندان در درون نقاط داده‌های تولیدشده توسط فرایندهای میانی سیستم یا در لاگ خروجی‌های سیستم قرار ندارد؛ بلکه در رابطهٔ بین این مجموعه‌های اطلاعاتی است. روابط وابستگی متقابل بین پارادیتای ثبت فرایندهای واسطه‌ای و تصمیمات کنترلی نهایی فرموله‌شده توسط کنترل‌کننده‌های سیستم وجود دارد. سوابق تولیدشده توسط این سیستم‌ها باید مجموعه داده‌های خود را به‌گونه‌ای تدوین و گردآوری کنند که روابط بین این فرایندهای میانی یا واسطه‌ای قابل‌درک باشد.

این مقاله واژگان و مجموعه‌ای از مفاهیم مبتنی بر نظریه کنترل را برای ارزیابی نیازهای نگهداری سوابق سیستم‌های هوش مصنوعی بلادرنگ از نظر سنسورها، کنترل‌کننده‌ها، فعالگرها، و اثرات و پارادیتای تولیدشده و استفاده شده در این سیستم‌ها پیشنهاد کرده است. این مقاله پیشنهاد کرده است که طیفی از سیستم‌های هوش مصنوعی بلادرنگ در نقش‌های خودمختار، نیمه‌خودمختار و کنترل‌شده-مشاوره‌ای ممکن است چالش‌های پاسخگویی مشابهی را ایجاد کنند؛ اگر امکانات مناسبِ ایجاد و حفظ سوابق فراهم نشوند. ازآنجاکه این سیستم‌ها در محیط‌های پویا عمل می‌کنند و لزوماً به‌طور طبیعی و اساسی سوابق تولید نمی‌کنند، آرشیوداران و مدیران اطلاعات باید در مرحله طراحی سیستم مداخله کنند تا عملکردهای کافیِ سوابق را پیاده‌سازی کنند. بر اساس تحلیل ساختار سیستم‌های RTAI، این مقاله نمونه‌هایی برای هر سیستم توصیف‌شده را ارائه کرده است؛ نمونه‌هایی از آنچه که ممکن است یک مجموعه سوابق، کامل به نظر برسد؛ تحقیقات عملی بیشتری برای اعتبارسنجی یافته‌های توصیف‌شده در اینجا، موردنیاز خواهد بود. به‌عنوان فناوری نوظهور، این سیستم‌ها چالش‌های جدیدی را برای حریم خصوصی و شفافیت ایجاد می‌کنند، به‌ویژه ازآنجاکه بسیاری از سیستم‌های هوش مصنوعی بلادرنگ توصیف‌شده، اطلاعات را بدون آگاهی یا رضایت افراد جمع‌آوری می‌کنند. درحالی‌که نگهداری سوابق ممکن است امر پاسخگویی را در سیستم‌های هوش مصنوعی بلادرنگ امکان‌پذیر کند، ملزومات نگهداری سوابق باید با حقوق افراد برای حریم خصوصی متعادل شود. ناشناس‌سازی یا محدودیت دوره‌های نگهداری سوابق / داده‌ها ممکن است نگرانی‌های حریم خصوصی را کاهش دهد، اگر که نتواند آن‌ها را کاملاً برطرف کند (Eski & Schuilenburg, 2022). فناوری اختصاصی چالش دیگری را ایجاد می‌کند، زیرا سازندگان ممکن است تمایلی به اشتراک‌گذاری اطلاعات درمورد فناوری توسعه‌یافتهٔ خصوصی نداشته باشند.

درحالی‌که ثبت ورودی‌ها و خروجی‌های اساسی سیستم ممکن است بدون تهدید مالکیت معنوی آسان باشد، به‌دست‌آوردن فرایندهای میانیِ مستندشده در پارادیتاها ممکن است چالش‌برانگیزتر باشند. تنظیم‌کنندگان و نهادهای نظارتی احتمالاً باید این نگرانی‌های مالکیت معنوی را متعادل کنند؛ آن هم بدون اینکه به تضعیف و خطر بیش‌ازحد در قابلیت فهم و درک سیستم‌ها اجازه دهند.

بااین‌حال، در پرداختن به این مسائل، جامعه آرشیوداران و متخصصان اطلاعات باید مفاهیم، واژگان و ابزار بیان لازم برای توصیف نیازهای خود را براساس ارزش‌های حرفه‌ایِ این حوزه توسعه دهند. این مقاله پیشنهاد می‌کند که داده‌های تولیدشده منتهی به خروجی یک سیستم بلادرنگ را می‌توان در دسته پارادیتاها درک کرد -و ممکن است آن مقولات در این دسته قرار گیرند- که به‌عنوان «اطلاعات درباره سایر منابع اطلاعاتی ثبت‌شده به‌عنوان وسیله‌ای برای مستندسازی فرایندهای ایجاد، نگهداری یا مدیریت سایر منابع اطلاعاتی» تعریف می‌شود (Cameron et al., 2023). توانایی کنکاش، بررسی و ارجاع نه‌تنها با سوابق خروجی‌ها و عملیات‌های یک سیستم، بلکه با فرایندهای میانی آن‌که در پارادیتای سیستم مستند شده‌اند، ممکن است امکان حسابرسی قابل‌اعتماد از اقدامات یک سیستم هوش مصنوعی بلادرنگ را فراهم کند.

منابع:

Acker, A., & Kreisberg, A. (2020). Social media data archives in an API-driven world. ***Archival Science***, 20(2), 105–123. https://doi.org/10.1007/s10502-019-09325-9

Ashby, W. R. (1956). ***An introduction to cybernetics***. Chapman & Hall Ltd. http://pcp.vub.ac.be/books/IntroCyb.pdf

Automated and Electric Vehicles Act 2018, c. 18 (UK). https://www.legislation.gov.uk/ukpga/2018/18/contents/enacted

Bailey, M. A., Hopkins, D. J., & Rogers, T. (2016). Unresponsive and unpersuaded: The unintended consequences of a voter persuasion effort. ***Political Behavior***, 38(3), 713–746. https://doi.org/10.1007/s11109-016-9338-8

Barredo Arrieta, A., Daz-Rodríguez, N., Del Ser, J., Bennetot, A., Tabik, S., Barbado, A., Garcia, S., Gil-Lopez, S., Molina, D., Benjamins, R., Chatila, R., & Herrera, F. (2020). Explainable Artificial Intelligence (XAI): Concepts, taxonomies, opportunities and challenges toward responsible AI. ***Information Fusion***, 58, 82–115. https://doi.org/10.1016/j.inffus.2019.12.012

Batchu, S., Diaz, M. J., Ladehoff, L., Root, K., & Lucke-Wold, B. (2023). Utilizing the Ethereum blockchain for retrieving and archiving augmented reality surgical navigation data. Exploratory Drug Science, 1, 55–63. https://doi.org/10.37349/eds.2023.00005

Beer, S. (1974). ***Designing freedom***. CBC Publications.

Bhargava, V. R., & Velasquez, M. (2021). Ethics of the attention economy: The problem of social media addiction. ***Business Ethics Quarterly***, 31(3), 321–359. https://doi.org/10.1017/beq.2020.32

Bohm, K., Kubjatko, T., Paula, D., & Schweiger, H.-G. (2020). New developments on EDR (Event Data Recorder) for automated vehicles. ***Open Engineering***, 10(1), 140–146. https://doi.org/10.1515/eng-2020-0007

Bose, U. (2015). The black box solution to autonomous liability. ***Washington University Law Review***, 92(5), 1325–1351.

Botín-Sanabria, D. M., Mihaita, A.-S., Peimbert-García, R. E., Ramírez-Moreno, M. A., Ramírez-Mendoza, R. A., & Lozoya-Santos, J. de J. (2022). Digital twin technology challenges and applications: A comprehensive review. ***Remote Sensing***, 14(6), 1335. https://doi.org/10.3390/rs14061335

Bracci, E. (2022). The loopholes of algorithmic public services: An "intelligent" accountability research agenda. ***Accounting, Auditing & Accountability Journal***, 36(9), 134-155. https://doi.org/10.1108/AAAJ-06-2022-5856

Bullock, J. B., Huang, H., & Kim, K.-C. (Casey). (2022). Machine intelligence, bureaucracy, and human control. ***Perspectives on Public Management and Governance***, 5(3), 187–196. https://doi.org/10.1093/ppmgov/gvac006

Bunn, J. (2020). Working in contexts for which transparency is important: A recordkeeping view of explainable artificial intelligence (XAI). ***Records Management Journal***, 30(2), 143–153. https://doi.org/10.1108/RMJ-08-2019-0038

Burns, A. (1991). Scheduling hard real-time systems: A review. ***Software Engineering Journal***, 6(3), 116–128. https://doi.org/10.1049/sej.1991.0015

Cameron, S., Franks, P., & Hamidzadeh, B. (2023). Positioning paradata: A conceptual frame for AI processual documentation in archives and recordkeeping contexts. ***Journal on Computing and Cultural Heritage***, 16(4), 1-19. Article 75. https://doi.

org/10.1145/3594728

Centre for Data Ethics and Innovation. (2022). ***Responsible innovation in self-driving vehicles***. GOV.UK. https://www.gov.uk/government/publications/responsible-innovation-in-self-driving-vehicles/responsible-innovation-in-self-driving-vehicles

Cuevas, Á., Cabanas, J. G., Arrate, A., & Cuevas, R. (2021). Does Facebook use sensitive data for advertising purposes? Worldwide analysis and GDPR impact. ***Communications of the ACM***, 64(1), 62–69. https://doi.org/10.1145/3426361

Davet, J., Hamidzadeh, B., Franks, P., & Bunn, J. (2022). Tracking the functions of AI as paradata & pursuing archival accountability. In ***Archiving 2022: Final Programs and Proceedings*** (pp. 83–88). Society for Imaging Science and Technology. https://doi.org/10.2352/issn.2168-3204.2022.19.1.17

Davis, R. I., Cucu-Grosjean, L., Bertogna, M., & Burns, A. (2016). A review of priority assignment in real-time systems. ***Journal of Systems Architecture***, 65, 64–82. https://doi.org/10.1016/j.sysarc.2016.04.002

De Backer, P., Van Praet, C., Simoens, J., Peraire Lores, M., Creemers, H., Mestdagh, K., Allaeys, C., Vermijs, S., Piazza, P., Mottaran, A., Bravi, C. A., Paciotti, M., Sarchi, L., Farinha, R., Puliatti, S., Cisternino, F., Ferraguti, F., Debbaut, C., De Naeyer, G., … Mottrie, A. (2023). Improving augmented reality through deep learning: Real-time instrument delineation in robotic renal surgery. ***European Urology***, 84(1), 86-94. https://doi.org/10.1016/j.eururo.2023.02.024

Delvaux, M. (2017). ***Report With Recommendations to the Commission on Civil Law Rules on Robotics*** (A8-0005/2017). European Parliament Committee on Legal Affairs. https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-8-2017-0005_EN.html

Dommett, K. (2020). Regulating digital campaigning: The need for precision in calls for transparency. ***Policy & Internet***, 12(4), 432–449. https://doi.org/10.1002/poi3.234

Dowling, M.-E. (2022). Cyber information operations: Cambridge Analytica's challenge to democratic legitimacy. ***Journal of Cyber Policy***, 7(2), 230–248. https://doi.org/10.1080/23738871.2022.2081089

Duranti, L. (1989). Diplomatics: New uses for an old science, Part II. ***Archivaria***, 29, 4–17.

Duranti, L., & Thibodeau, K. (2006). The concept of record in interactive, experiential and dynamic environments: The view of InterPARES*. ***Archival Science***, 6(1), 13–68. https://doi.org/10.1007/s10502-006-9021-7

Duranti, L., Jansen, A., Michetti, G., Courtney, M., Prescott, D., Rogers, C., & Kenneth, T. (2016). Preservation as a service for trust. In J. R. Vacca (Ed.), ***Security in the private cloud*** (pp. 47–72). CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781315372211-5

Eom, S.-J. (2022). The emerging digital twin bureaucracy in the 21st century. ***Perspectives on Public Management and Governance***, 5(3), 174–186. https://doi.org/10.1093/ppmgov/gvac005

Eski, Y., & Schuilenburg, M. (2022). On Tesla. ***Criminological Encounters***, 5(1), 234–251. https://doi.org/10.26395/CE22050118

Event Data Recorders, 49 C.F.R. pt. 563 (2006). https://www.law.cornell.edu/cfr/text/49/part-563

Fondren, E., & McCune, M. M. (2018). Archiving and preserving social media at the Library of Congress: Institutional and cultural challenges to build a Twitter archive. ***Preservation, Digital Technology & Culture***, 47(1), 33–44. https://doi.org/10.1515/pdtc-2018-0011

Frontoni, E., Paolanti, M., Lauriault, T. P., Stiber, M., Duranti, L., & Muhammad, A.-M. (2022). ***Trusted data forever: Is AI the answer?*** arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2203.03712

Gage, S. (2007). The boat/helmsman. ***Technoetic Arts***, 5(1), 15–24. https://doi.org/10.1386/tear.5.1.15_1

Glassman, D. (2020). Facebook is creating records — But who is managing them? ***Archives and Manuscripts***, 48(1), 45–58. https://doi.org/10.1080/01576895.2019.1614077

Goldhaber, M. H. (1997). The attention economy and the net. ***First Monday***, 2(4). https://firstmonday.org/ojs/index.php/fm/article/download/519/440

Guha, D., Alotaibi, N. M., Nguyen, N., Gupta, S., McFaul, C., & Yang, V. X. D. (2017). Augmented reality in neurosurgery: A review of current concepts and emerging applications. ***Canadian Journal of Neurological Sciences***, 44(3), 235–245. https://doi.org/10.1017/cjn.2016.443

Heawood, J. (2018). Pseudo-public political speech: Democratic implications of the Cambridge Analytica scandal. ***Information Polity***, 23(4), 429–434. https://doi.org/10.3233/IP-180009

Hersh, E. D., & Schaffner, B. F. (2013). Targeted campaign appeals and the value of ambiguity. ***Journal of Politics***, 75(2), 520–534. https://doi.org/10.1017/S0022381613000182

Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). (2023). ***IEEE standard for data storage systems for automated driving*** (IEEE Std 2842-2023). https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2023.10205988

Jeurgens, C. (2017). Threats of the data-flood: An accountability perspective in the era of ubiquitous computing. In F. Smit, A. Glaudemans, & R. Jonker (Eds.), ***Archives in liquid times*** (pp. 197–210). Stichting Archiefpublicaties. https://openresearchlibrary.org/viewer/406881d8-3099-4935-b2bb-0bb8b4bc8ab3

Jones, D., Snider, C., Nassehi, A., Yon, J., & Hicks, B. (2020). Characterising the digital twin: A systematic literature review. ***CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology***, 29, 36–52. https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2020.02.002

Joyee, D. S., & Abdessamad, I. (2020). Consent for targeted advertising: The case of Facebook. AI & Society, 35(4), 1055–1064. https://doi.org/10.1007/s00146-020-00981-5

Ketzler, B., Naserentin, V., Latino, F., Zangelidis, C., Thuvander, L., & Logg, A. (2020). Digital twins for cities: A state of the art review. ***Built Environment***, 46(4), 547–573. https://doi.org/10.2148/benv.46.4.547

Khor, W. S., Baker, B., Amin, K., Chan, A., Patel, K., & Wong, J. (2016). Augmented and virtual reality in surgery—The digital surgical environment: Applications, limitations and legal pitfalls. ***Annals of Translational Medicine***, 4(23), Article 454. https://doi.org/10.21037/atm.2016.12.23

Kim, D., Hwang, W., Bae, J., Park, H., & Kim, K. G. (2021). Video archiving and communication system (VACS): A progressive approach, design, implementation, and benefits for surgical videos. ***Healthcare Informatics Research***, 27(2), 162–167. https://doi.org/10.4258/hir.2021.27.2.162

Kingston, J. (2018). ***Artificial intelligence and legal liability***. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.1802.07782

Kline, R. (2011). Cybernetics, automata studies, and the dartmouth conference on artificial intelligence. ***IEEE Annals of the History of Computing***, 33(4), 5–16. https://doi.org/10.1109/MAHC.2010.44

Klynveld Peat Marwick Goerdeler International Cooperative (KPMG). (2020). 2020 ***Autonomous Vehicles Readiness Index***. https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/xx/pdf/2020/07/2020-autonomous-vehicles-readiness-index.pdf

Larson, E. (2020). Big questions: Digital preservation of big data in government. ***American Archivist***, 83(1), 5–20. https://doi.org/10.17723/0360-9081-83.1.5

Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.-G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. ***Business & Information Systems Engineering***, 6(4), 239–242. https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4

Leerssen, P., Dobber, T., Helberger, N., & de Vreese, C. (2021). News from the ad archive: How journalists use the Facebook Ad Library to hold online advertising accountable. ***Information, Communication & Society***, 25(13), 1–20. https://doi.org/10.1080/1369118X.2021.2009002

Lepore, J. (2020). ***If then: How the Simulmatics Corporation invented the future***. Liveright Publishing Corporation.

Lewis, P., & Hilder, P. (2018, March 23). Leaked: Cambridge Analytica's blueprint for Trump victory. ***The Guardian***. https://www.theguardian.com/uk-news/2018/mar/23/leaked-cambridge-analyticas-blueprint-for-trump-victory

Lim, H. S. M., & Taeihagh, A. (2019). Algorithmic decision-making in AVs: Understanding ethical and technical concerns for smart cities. ***Sustainability***, 11(20), 5791. https://doi.org/10.3390/su11205791

Lischer-Katz, Z. (2020). Archiving experience: An exploration of the challenges of preserving virtual reality. ***Records Management Journal***, 30(3), 253–274. https://doi.org/10.1108/RMJ-09-2019-0054

Ljungholm, D. P. (2019). Governing self-driving cars: Do autonomous vehicles pose a significant regulatory problem? Review of ***Contemporary Philosophy***, 18, 119–126.

Losavio, M., Rogers, C., & Elmaghraby, A. (2015). Digital heritage from the smart city and the internet of things: History or stasis? ***Proceedings of the 2015 Digital Heritage International Congress*** (Vol. 1, pp. 431–434). IEEE. https://doi.org/10.1109/DigitalHeritage.2015.7419541

Lynch, C. (2017). Stewardship in the "age of algorithms." ***First Monday***, 22(12). https://doi.org/10.5210/fm.v22i12.8097

Marchant, G., & Lindor, R. (2012). The coming collision between autonomous vehicles and the liability system. ***Santa Clara Law Review***, 52(4), 1321–1340.

Martinesco, A., Netto, M., Neto, A. M., & Etgens, V. H. (2019). A note on accidents involving autonomous vehicles: Interdependence of event data recorder, human-vehicle cooperation and legal aspects. ***IFAC-PapersOnLine***, 51(34), 407–410. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.01.003

McLeod, J., & Lomas, E. (2023). Record DNA: Reconceptualising digital records as the future evidence base. ***Archival Science***, 23, 1–36. https://doi.org/10.1007/s10502-023-09414-w

Molnar, B. T., & Peck, L. R. (2023). ***Evaluation of Tesla dashcam video system for speed determination via reverse projection photogrammetry*** (SAE Technical Paper 2023-01-0629). SAE International. https://doi.org/10.4271/2023-01-0629

Mordell, D. (2019). Critical questions for archives as (big) data. ***Archivaria***, 87, 140–161.

Mujica, A. L., Crowell, C. R., Villano, M. A., & Uddin, K. M. (2022). Addiction by design: Some dimensions and challenges of excessive social media use. ***Medical Research Archives***, 10(2), Article 2677. https://doi.org/10.18103/mra.v10i2.2677

National Highway Traffic Safety Administration. (2021). ***Letter to Eric Williams (Tesla Associate General Counsel, Regulatory) regarding investigation EA22-002***. U.S. Department of Transportation. https://static.nhtsa.gov/odi/inv/2022/INIM-EA22002-87961.pdf.

National Highway Traffic Safety Administration. (2023). Letter to Eddie Gates (Tesla Director, Field Quality) regarding investigation EA22-002 (Recall Query No. NEF-104). U.S. Department of Transportation. https://static.nhtsa.gov/odi/inv/2022/INIM-EA22002-90927P.pdf

Nickerson, D. W., & Rogers, T. (2014). Political campaigns and big data. ***Journal of Economic Perspectives***, 28(2), 51–74. https://doi.org/10.1257/jep.28.2.51

Oliveira, P. P. (2020). Digital twin development for airport management. ***Journal of Airport Management***, 14(3), 246–259.

Omeiza, D., Webb, H., Jirotka, M., & Kunze, L. (2022). Explanations in autonomous driving: A survey. ***IEEE Transactions on***

Intelligent Transportation Systems, 23(11), 10142–10162. https://doi.org/10.1109/TITS.2021.3122865

Owens, T. (2018). ***The theory and craft of digital preservation***. Johns Hopkins University Press.

Parkman, R. (1972). ***The cybernetic society***. Pergamon Press.

Phillips, P. J., Hahn, C. A., Fontana, P. C., Yates, A. N., Greene, K., Broniatowski, D. A., & Przybocki, M. A. (2021). ***Four principles of explainable artificial intelligence*** (NISTIR 8312). National Institute of Standards and Technology. https://doi.org/10.6028/NIST.IR.8312

Pickering, A. (2010). ***The cybernetic brain: Sketches of another future***. University of Chicago Press. https://s3.amazonaws.com/arena-attachments/344636/330407b55885c885bd40a91195445cc0.pdf

Piramide, F., Amparore, D., Pecoraro, A., Verri, P., Checcucci, E., De Cillis, S., Piana, A., Manfredi, M., Fiori, C., & Porpiglia, F. (2022). Augmented reality 3D robot-assisted partial nephrectomy: Tips and tricks to improve surgical strategies and outcomes. ***Urology Video Journal***, 13, 100137. https://doi.org/10.1016/j.urolvj.2022.100137

Redins, L. (2022, October 19). Using digital twins to improve operations at Vancouver's airport. ***Edge Industry Review***. https://www.edgeir.com/using-digital-twins-to-improve-operations-at-vancouvers-airport-20221019

Ridella, S. A. (2022). ***Letter to Eddie Gates (Tesla Director, Field Quality)*** (NEF-104 EA22-002). National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA). https://static.nhtsa.gov/odi/inv/2022/INIM-EA22002-88513Ppdf.

Robinson, D. T. (2007). Control theories in sociology. ***Annual Review of Sociology***, 33, 157–174. https://doi.org/10.1146/annurev.soc.33.040406.131729

S.766 - 114th Congress (2015-2016): Driver Privacy Act of 2015. (2015, September 28). https://www.congress.gov/bill/114th-congress/senate-bill/766

Sadowski, J. (2023). Total life insurance: Logics of anticipatory control and actuarial governance in insurance technology. ***Social Studies of Science***, 53(6), 917-938. https://doi.org/10.1177/03063127231186437

SAE International. (2021). ***Taxonomy and definitions for terms related to driving automation systems for on-road motor vehicles*** (Standard No. J3016_202104). https://www.sae.org/standards/content/j3016_202104/

Saifutdinov, F., Jackson, I., Tolujevs, J., & Zmanovska, T. (2020). Digital twin as a decision support tool for airport traffic control. Proceedings of the 2020 61st ***International Scientific Conference on Information Technology and Management Science of Riga Technical University (ITMS)*** (pp. 1–5). IEEE. https://doi.org/10.1109/ITMS51158.2020.9259294

Schellenberg, T. R. (1996). ***Modern archives: Principles and techniques***. Society of American Archivists. (Original work published 1956)

Sony, M., & Naik, S. (2019). Key ingredients for evaluating Industry 4.0 readiness for organizations: ***A literature review. Benchmarking: An International Journal***, 27(7), 2213–2232. https://doi.org/10.1108/BIJ-09-2018-0284

Unity Technologies. (2023). ***Vancouver International Airport digital twin case study***. https://unity.com/case-study/vancouver-airport-authority

Vancouver Airport Authority (YVR). (2023). ***YVR and Unity accelerate digital transformation in aviation with YVR's digital twin platform***. https://www.yvr.ca/en/media/news-releases/2023/yvr-and-unity-accelerate-digital-transformation-in-aviation

Vervoorn, M. T., Wulfse, M., Van Doormaal, T. P. C., Ruurda, J. P., Van der Kaaij, N. P., & De Heer, L. M. (2023). Mixed reality in modern surgical and interventional practice: Narrative review of the literature. ***JMIR Serious Games***, 11, e41297. https://doi.org/10.2196/41297

Wang, P. (2019). On defining artificial intelligence. ***Journal of Artificial General Intelligence***, 10(2), 1–37. https://doi.org/10.2478/jagi-2019-0002

Wiener, N. (1949). ***Cybernetics; or, Control and communication in the animal and the machine***. Technology Press. https://catalog.hathitrust.org/Record/000468497

Xie, S. L., Gao, Y., & Han, R. (2022). Information resilient society in an AI world—Is XAI sufficient? ***Proceedings of the Association for Information Science and Technology***, 59(1), 522–526. https://doi.org/10.1002/pra2.663

Yehl, K. (2015, November 18). ***US urged to establish nationwide federal guidelines for autonomous driving*** [Press release]. Volvo Car Corporation. https://www.media.volvocars.com/global/en-gb/media/pressreleases/167975/us-urged-to-establish-nationwide-federal-guidelines-for-autonomous-driving

Yeo, G. (2018). Representation, performativity and social action: why records are not (just) information. In G. Yeo (Ed.), ***Records, information and data: Exploring the role of record keeping in an information culture*** (pp. 129–162). Facet. https://doi.org/10.29085/9781783302284.007

Young, M. M., Himmelreich, J., Bullock, J. B., & Kim, K.-C. (2021). Artificial intelligence and administrative evil. ***Perspectives on Public Management and Governance***, 4(3), 244–258. https://doi.org/10.1093/ppmgov/gvab006

Yurkevich, E. V., & Stepanovskaya, I. A. (2021). Controlling the security of the airport airspace using the digital twin. ***Journal of Physics: Conference Series***, 1864(1), Article 012128. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1864/1/012128

Zuboff, S. (2019). ***The age of surveillance capitalism: The fight for a human future at the new frontier of power***. PublicAffairs.