

## المركبات المستقلة والمعايير الفيدرالية للسلامة: هل هناك استثناء للقاعدة؟

لورا فراد-بلانار (Laura Fraade-Blanar) ونيدهي كالرا (Nidhi Kalra)

لسلامة المركبات الآلية (Federal Motor Vehicle Safety Standards (FMVSS)) تحدد المعايير الفيدرالية لسلامة المركبات الآلية المواصفات الواجب اتباعها عند تصميم المركبات قبل بيعها في الولايات المتحدة. ويوجد 73 معياراً فيدرالياً لسلامة المركبات الآلية لتجنب حوادث اصطدام المركبات (مثل معيار 105 لأنظمة الكبح الهيدروليكية والكهربائية FMVSS 105 Hydraulic and Electric Brake Systems)، ومقاومة الصدمات (مثل معيار 214 للحماية من الصدمات الجانبية)، والنجاة بعد الاصطدام (مثل معيار 301 لسلامة نظام الوقود). (الإدارة الوطنية للسلامة المرورية على الطرق السريعة National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), 2011).

هناك العديد من تصاميم المركبات المستقلة المبتكرة التي قد لا تمتثل للمعايير الفيدرالية لسلامة المركبات الآلية، بما في ذلك تلك المعايير الضرورية لتحقيق المزايا المنشودة من ثورة المركبات المستقلة (Anderson et al., 2016). فعلى سبيل المثال، في عام 2015، طلب قسم المركبات المستقلة في غوغل (الذي انفصل بعد ذلك وأسس شركة "وايمو" Waymo) من الإدارة الوطنية للسلامة المرورية على الطرق السريعة توضيح بشأن ترخيص تصاميم المركبات المستقلة

ستحدث المركبات المستقلة (ذاتية القيادة) ثورة في الكيفية التي يتنقل بها الناس وفي طرق معيشتهم وعملهم وتفاعلهم مع الآخرين. لكن هناك ثورة أكثر هدوءاً تحدث في الوقت الذي تدفعنا تقنية المركبات المستقلة (ذاتية القيادة) إلى إعادة النظر في سُبل تصوُّر وقياس وتنظيم السلامة على الطرقات.

على الرغم من أن المركبات المستقلة (ذاتية القيادة) لن تحد تماماً من خطورة وقوع حوادث الاصطدام (Smith, 2015)، إلا أن التقديرات الحالية تشير إلى أن هذه التقنية ستساهم بشكل كبير في التقليل منها. لا تزال البيانات محدودة جداً فيما يتعلق بالتعرض (الأميال التي تقطعها المركبة) وبالتعميم (من حيث أنظمة المركبة المستقلة والبيئة التي تتعرض لها). من زاوية أخرى، تشير التقارير الأولية إلى انخفاض محتمل، وليس انتقاء، في خطورة حوادث الاصطدام، خاصة الحوادث الطفيفة. بالإضافة إلى ذلك، نادراً ما تكون المركبات هي المتسبب في وقوع حادث الاصطدام (Teoh and Kidd, 2017; Virginia Tech Transportation Institute, 2016; Schoettle and Sivak, 2015).

في الوقت الراهن، تنقسم لوائح السلامة المرورية بين سلامة السائق (تقوم الدولة في العادة بتنظيمها من خلال سن قوانين الترخيص وسلوكيات القيادة) وسلامة المركبة (يتم تنظيمها على المستوى الفيدرالي من طرف المعايير الفيدرالية

(NHTSA, 2016b). لا تحتاج المركبات المستقلة ذاتية القيادة مثل هذه إلى وجود مقود أو مرايا أو مكابح أو دواسات وقود، أو غيرها من الآليات التي تتطلبها المعايير الفيدرالية لسلامة المركبات الآلية لتمكين البشر من القيادة.

وفي ضوء ذلك، سيكون من الضروري في النهاية مراجعة هذا المعيار بما يتلاءم مع طبيعة المركبات المستقلة (NHTSA, 2016a). لكن إن عملية مراجعة المعايير ستستغرق سنوات طويلة؛ الأمر الذي لن يقتصر على الوقت الطويل الذي ستحتاجه عملية التعديل وحسب، بل لأن التغييرات الصحيحة لاتزال غير واضحة بعد نظراً لحداثة التقنية. وجاء رد الإدارة الوطنية للسلامة المرورية على الطرق السريعة على طلب "غوغل" كما يلي:

"نظراً لأن التقنية ذاتية القيادة تتخطى ما كان متوقعاً عند إصدار المعايير، قد لا تكون الإدارة الوطنية للسلامة المرورية على الطرق السريعة قادرة على استخدام إجراءات الاختبار نفسها لتحديد الامتثال ... فما لم وحتى تضع الإدارة معيار وإجراءات اختبار للتأكد من الامتثال مع هذه الأحكام، لا يمكنها أن تقبل بأن مركبات غوغل ذاتية القيادة ممثلة لهذه المعايير والمتطلبات. ولتحديد المتطلبات الملائمة ولوضع إجراءات اختبار الامتثال لهذه المعايير - باستخدام الأدوات التنظيمية الحالية - ينبغي للإدارة إجراء تعديل للقوانين." (NHTSA, 2016b)

حددت الإدارة الوطنية للسلامة المرورية على الطرق السريعة 11 معياراً من ضمن المعايير الفيدرالية لسلامة المركبات الآلية السبعة عشر والتي طلبت «غوغل» الفصل بحاجتها إلى المزيد من التعديل على المدى الطويل (NHTSA, 2016b). إحسن الحظ، يوجد سبيل لتيسير الابتكار من دون عملية تعديل قوانين المعايير الفيدرالية لسلامة المركبات الآلية أو كسابق عليها، إذ يمكن لصانعي السيارات تقديم طلب للحصول على إعفاءات من المعايير على أسس مختلفة، بما في ذلك "تسهيل عملية التطوير أو التقييم الميداني لسلامة المركبات الآلية الجديدة أو مزايا الحماية من الصدمات التي توفر مستوى سلامة أو مستوى حماية من الصدمات مكافئ على الأقل للمستوى المنصوص عليه في المعيار" (وزارة النقل الأمريكية (U.S. Department of Transportation)، 2013).

يمكن للمصنعين بيع ما يصل إلى 2,500 مركبة سنوياً لمدة عامين بموجب كل إعفاء، مع إمكانية التجديد (وزارة النقل الأمريكية، 2013). قد تساهم الإعفاءات الممنوحة على هذه الأسس في تيسير استخدام التصاميم المبتكرة للمركبات المستقلة.

مع ذلك، لا تزال مثل هذه الطلبات بالإعفاء نادرة. فوفقاً للسجل الفيدرالي، منذ عام 1994، تم استلام ثمانية طلبات فقط على أساس تطوير وتقييم مزايا السلامة الجديدة<sup>1</sup>. وبشكل عام، رفضت الإدارة الوطنية للسلامة المرورية على الطرق السريعة الإعفاءات لأن الالتزام لم يُظهر أن ميزة السلامة الجديدة توفر مستوى سلامة مكافئ لمستوى السلامة المنصوص عليه في المعايير الفيدرالية لسلامة المركبات الآلية، أو لم يُظهر أن الإعفاء من شأنه تسهيل عملية الاختبار أو الاثنان معاً. (NHTSA, 2010; U.S. Department of Transportation, Federal Motor Carrier Safety Administration, 2015).

تسعى عملية الإعفاء الحالية إلى تقييد المخاطر المحتملة التي يشكلها استخدام مركبات لا تمثل للمعايير الفيدرالية لسلامة المركبات الآلية فيما يتعلق بأسس السلامة. وتسعى العملية أولاً إلى تقييد الخطورة من خلال تحديد مبيعات المركبات غير المطابقة بـ 2,500 مركبة بموجب الإعفاء الواحد سنوياً. مع ذلك، تسعى صناعة المركبات المستقلة إلى رفع هذا الحد لتسهيل الاختبار ونشر التقنية.

تتضمن الزيادات المقترحة زيادة فورية في المبيعات إلى 100,000 مركبة لكل إعفاء سنوياً، أو زيادة تدريجية بسقف مبدئي يبلغ 25,000 مركبة، متبوعة بزيادات أعلى خلال السنوات اللاحقة. وستمثل هذه الزيادات ارتفاعاً يتراوح ما بين 10 إلى 40 ضعفاً في التعرض للمخاطر مقارنة مع الحد الحالي البالغ 2,500 مركبة. وحتى إن قامت نصف الشركات المسجلة لاختبار المركبات المستقلة في كاليفورنيا ببيع 100,000 مركبة لكل شركة، ففي غضون عام واحد سيتم إعفاء حوالي 1% من أسطول مركبات الركاب الحالي في الولايات المتحدة من بعض المعايير الفيدرالية لسلامة المركبات الآلية<sup>2</sup>.

كما تسعى العملية الحالية إلى تقييد الخطورة عبر الاشتراط على المطورين إثبات أن تصميم المركبات غير المطابقة يضمن مستويات سلامة مكافئة للمستويات المطابقة للمعايير الفيدرالية لسلامة المركبات الآلية. جرت العادة أن ينطبق ذلك على تغييرات التصميم المباشرة نسبياً؛ فعلى سبيل المثال، في عام 2004، منحت الإدارة الوطنية للسلامة المرورية على الطرق السريعة إعفاءً لثلاثة مصنّعين لبيع درجات نارية يتم فيها التحكم بالمكابح الخلفية بواسطة المقوّد الأيسر بدلاً من التحكم بها من القدم اليمنى كما تشترط المعايير الفيدرالية لسلامة المركبات الآلية (NHTSA, 2004). وقد قدم المصنّعون مجموعة من الأدلة تثبت أن التصميم البديلة وغير المطابقة تتمتع بنفس المستوى من السلامة كالتصاميم المطابقة للمعايير أو بمستويات أعلى من السلامة. ومنحت الإدارة الوطنية للسلامة المرورية على الطرق السريعة كذلك إعفاءات مؤقتة من دون بيانات السلامة للحصول على البيانات المذكورة. في هذه الحالات، تم تقديم ما يكفي من أدلة الاختبارات المختبرية وغيرها من الاختبارات على الطرق الوعرة في طلب الإعفاء، وتمت الموافقة على منح الإعفاء لبيع 5,000 مركبة (2,500 على مدار سنتين) بموجب كل إعفاء (NHTSA, 2006a).

### دراسة التغييرات المقترحة على المعايير والإعفاءات

ترى الشركات الرائدة في مجال المركبات المستقلة (ذاتية القيادة) أن المعايير وعملية الإعفاء الحالية تقيّد نشر التقنيات المنقذة للحياة. ورداً على ذلك، يناقش الكونغرس تشريعات لرفع الحواجز التنظيمية والتشجيع على تطوير ونشر المركبات المستقلة من خلال دمج التشريعات على المستوى الفيدرالي، وتحسين الأمن الإلكتروني، وغيرها من الإجراءات والتدابير. فعلى سبيل المثال، يراجع أحد المقترحات عملية الإعفاء عبر (a) رفع الحد الأدنى لعدد المركبات التي يمكن بيعها بقدر معلوم أو السماح بزيادة تدريجية بمرور الوقت، و(b) تطبيق أساس جديد يسمح بالإعفاء، ويقوم على الإعفاء الحالي المتعلق بتطوير مزايا السلامة الجديدة وإجراء الاختبارات الميدانية عليها. يتيح الأساس الجديد تطوير أو اختبار تقنية المركبات المستقلة التي توفر إما «مستوى سلامة مكافئ على الأقل لمستوى السلامة الذي يفرضه المعيار الذي يسعى المصنّع إلى الحصول على إعفاء منه ... (أو) توفير

مستوى سلامة إجمالي مكافئ على الأقل لمستوى السلامة الإجمالي للمركبات غير المعفاة (لجنة الطاقة والتجارة بالكونغرس House Committee on Energy and Commerce, 2017a).

مع ذلك، لا يتضح إن كانت مقاربات تقييم السلامة المكافئة في المعايير الفيدرالية لسلامة المركبات الآلية تنطبق على المركبات المستقلة! عادةً ما تطرح تقييمات السلامة المكافئة السؤال: "هل يمكن أن تتمتع مركبة غير مطابقة للمعايير عندما يقودها الإنسان بمستويات سلامة مكافئة لمستويات سلامة المركبة المطابقة؟". فعلى سبيل المثال، إذا أراد المصنّع الحصول على إعفاء لمركبة تضم تصاميم بديلة للمرايا الخلفية والجانبية (مثل نظام الكاميرات)، سيكون على المصنّع بيان أن تصاميمه المقترحة توفر مستوى الرؤية المتواصلة ذاتها للسائق البشري. اقترح البعض مقارنة مناظرة للمركبات المستقلة: ففي حال وفرت كاميرات المركبة المستقلة وغيرها من أدوات الاستشعار المستوى ذاته من الرؤية التي توفرها المرايا للسائق البشري، إذن فهي مؤهلة "لمستوى سلامة مكافئ على الأقل لمستوى السلامة في المركبات غير المعفاة (أو) ... للمعيار الذي يسعى المصنّع إلى الحصول على إعفاء منه" لأغراض الحصول على إعفاء (NHTSA, 2016a). قد تكون هذه المقاربة منطقية في حال الفصل بين المركبة المستقلة وسائق المركبة المستقلة، على سبيل المثال، في حال كانت التقنية مجرد سائق بديل. فيمكن حينها تقييم المركبة كمركبة تقليدية ممثلة للمعايير الفيدرالية لسلامة المركبات الآلية، وتقييم تقنية القيادة الذاتية كسائق بشري، من خلال إجراء اختبار قيادة على الطريق في دائرة المركبات الآلية (Department of Motor Vehicles)، على سبيل المثال.

إلا أنه لا يمكن مقارنة مكونات مركبة مستقلة مع مركبة ممثلة للمعايير الفيدرالية لسلامة المركبات الآلية، في حين المقارنة بصورة منفصلة بين مكونات التحكم في المركبة المستقلة وبين السائقين الاعتياديين، إذ يكمل بعضها الآخر بصورة تامة. تتجلى عبثية هذه المقاربة عند دراسة الموقف الافتراضي التالي: يمكن تصميم مركبة مستقلة بحيث (a) تمثل لكافة المعايير الفيدرالية لسلامة المركبات الآلية، و(b) تصطدم بتهور بأقرب جدار، ولن تتطلب مثل هذه المركبة أي إعفاءات لتباع في الولايات المتحدة. بمعنى آخر، قد تمثل المركبة المستقلة بصورة كاملة ومع ذلك تظل

غير آمنة. ومما لا شك فيه أنه سرياً ما سيتم تطبيق بروتوكولات التحقيق بالإدارة الوطنية للسلامة المرورية على الطرق السريعة وستُسحب المركبة من الأسواق. ولكن تبقى الحقيقة هي أن المعايير الفيدرالية لسلامة المركبات الآلية لم تساعد في الحكم على مستوى سلامة المركبة.

ومن هذا المنطلق، تصبح السلامة المكافئة فكرة عامة بدلاً من أن تكون معايير للمقارنة قابل للقياس والتي استخدمتها على مر السنين الجهات التنظيمية المانحة لإعفاءات المعايير الفيدرالية لسلامة المركبات الآلية. والسؤال الواقعي هو: كيف تُدرك المركبة البيئة المحيطة بها وتستجيب لها؟ أو على نطاق أوسع، "هل يمكن أن تقود المركبات المستقلة نفسها قيادة آمنة؟"

ومن جهة أخرى، يسلط تحدي تحديد السلامة المكافئة الضوء على الأعباء البيروقراطية الكبيرة التي تضعها هذه المقاربة على الإدارة الوطنية للسلامة المرورية على الطرق السريعة المسؤولة عن مراجعة كافة الطلبات ومنح الإعفاءات. وكما أشرنا سابقاً، إن طلبات الإعفاء على أسس السلامة نادرة، ولكن مع تطور المركبات المستقلة، سيزداد بسرعة عدد المعايير الفيدرالية لسلامة المركبات الآلية التي يجب على مصنعي المركبات الآلية طلب إعفاءات منها. أشار تقرير صادر عن مركز جون إيه. فولبي لنظام النقل الوطني (John A. Volpe National Transportation System Center)، تحت عنوان "استعراض المعايير الفيدرالية لسلامة المركبات الآلية للمركبات المُمكنة" (Review of Federal Motor Vehicle Safety Standards (FMVSS) for Automated Vehicles)، إلى أن 32 معياراً (44 بالمئة) من المعايير تشكل تحدياً لترخيص المركبة لأنها «تحتوي على مواصفات أداء، أو إجراءات اختبار، أو متطلبات معدات تقرض حواجز محتملة أمام عملية ترخيص جانب أو أكثر من المركبة المستقلة» (Kim et al., 2016). وتشكل هذه المعايير الاثنان والثلاثون (45 بالمئة) تحديات أمام الترخيص لأنها تشير إلى السائق (Kim et al., 2016). واعتباراً من 27 حزيران (يونيو) من عام 2017، تقدم 36 مصنّعاً بطلبات لاختبار المركبات المستقلة في كاليفورنيا. (دائرة النقل بولاية كاليفورنيا California Department of Transportation, 2017). إذا تقدمت نصف هذه الشركات بطلبات للحصول على إعفاءات من المعايير الفيدرالية لسلامة المركبات

الآلية، فإن العبء الناتج على الشركات وعلى الإدارة الوطنية للسلامة المرورية على الطرق السريعة من المرجح أن يبطئ من وتيرة نشر المركبات المستقلة على النحو الذي تسعى التشريعات إليه كما يبدو. بالإضافة إلى ذلك، تشير رسالة الإدارة الوطنية للسلامة المرورية على الطرق السريعة الموجهة إلى «غوغل» عام 2016 إلى أن التماسات الإعفاءات لن تؤدي سوى دوراً مؤقتاً إلى حين مراجعة قوانين المعايير الفيدرالية لسلامة المركبات الآلية المتعلقة بالمركبات الآلية (NHTSA, 2016b). إذن، لا تستبعد عملية الإعفاء ضرورة مراجعة المعايير الفيدرالية لسلامة المركبات الآلية. وفي الوقت الذي نشهد تركيز سياسي مكثف على الحد من الإجراءات البيروقراطية وتذليل العقبات أمام ممارسة الأعمال، يبدو أن هذه التشريعات تسير في الاتجاه المعاكس عند تنفيذها.

تكمّن الصعوبة الأساسية في أن المعايير الفيدرالية لسلامة المركبات الآلية لا تتطرق إلى القيادة الذاتية في المركبات المستقلة. وبالطبع، ووفقاً لتصريح الإدارة الوطنية للسلامة المرورية على الطرق السريعة، تم وضع معظم التشريعات والأنظمة عندما كانت المركبات المستقلة «مجرد فكرة بعيدة المنال، وبالتالي) قد لا تكفي هذه الأدوات لضمان طرح المركبات المُمكنة بالكامل بصورة آمنة وتحقيق أعلى مستويات السلامة المنشودة من التقنيات الحديثة... إن السرعة التي تتطور بها المركبات المستقلة بالكامل، بالإضافة إلى تعقيد وحداثة هذه الابتكارات، تهدد بتجاوز القدرات والعملية التنظيمية التقليدية للوكالة» (NHTSA, 2016a). قد تؤدي جهود إدارة المخاطر، مثل المعايير الفيدرالية لسلامة المركبات الآلية التي تعتمد بكثافة على الماضي، إلى غياب الاستعداد لما هو غير متوقع وغير معروف مستقبلاً (Beck, 2006). إن عملية الإعفاءات الحالية ومتطلبات السلامة المكافئة لا تنطبق بأي شكل من الأشكال على المركبات المستقلة.

### مقاربة تدريجية للموازنة بين الابتكار والخطورة والشك

قد تكون هناك حاجة إلى مقاربة جديدة لهذه التقنية المبتكرة؛ فبدلاً من اعتماد منهج يعتمد على الإعفاءات من خلال المعايير الفيدرالية لسلامة المركبات الآلية، قد تكون هناك مزايا معينة لإعداد نظام مواز يعتمد على الرقابة المركزية من الحكومة الفيدرالية للسماح لأي مركبة قادرة على القيادة الذاتية من دون تدخل أو إشراف بشري في

فمنا وآخرون بوضع نظرية لمقاربة متدرجة تتيح قيادة المستويين 4 و 5 من المركبات المستقلة على الطرقات عبر مجموعة من المسارات التصاعديّة المستندة إلى الأداء مع تحديد سقف لعدد المركبات (Sivak and Schoettle, 2015; Danks and London, 2017; NHTSA, 2016a; Kalra, 2016). بدلاً من تطبيق زيادة واحدة في سقف أعداد مبيعات المركبات، يتيح هذا الخيار الموازنة بين مزايا تشجيع وتمكين تقنية المركبات المستقلة من خلال رفع السقف مع ضرورة توفير المزيد من المعلومات حول كيف تعمل هذه المركبات وتتفاعل مع أسطول المركبات في الولايات المتحدة وبيانات الطرقات المتنوعة. وفي إطار مقارنة تدريجية، سيقدّم المصنّعون أولاً أدلة ملموسة على السلامة من أجل المراجعة والترخيص من طرف الإدارة الوطنية للسلامة المرورية على الطرق السريعة. ويُعتبر ترخيص تقييم السلامة المقترح (House Committee on Energy and Commerce, 2017b) نقطة انطلاق فاعلة، إلا أنه ستوجد حاجة إلى مجموعة أوسع وأكثر تفصيلاً من الأدلة، التي سيتم على الأرجح اعتمادها بصورة مستقلة.

يمكن أن تشمل هذه الأدلة المركبات التي يشرف عليها سائقون مدربون في مواقع محددة في مختلف أنحاء البلد، مع تحديد عدد الأميال المقطوعة من دون وقوع حوادث في ظروف معنية مثل الازدحام المروري، وتفاوت التضاريس، والمناطق الحضرية المكتظة، والمناطق التي يكثر فيها المشاة وراكبي الدرجات النارية والهوائية، وعبر التلال المنحدرة، وخلال الضباب والتلج والجليد والمطر (Sivak and Schoettle, 2015; NHTSA, 2013; Shen and Millard-Ball, 2016; Neyens, 2017; Anderson et al., 2016). وعلى سبيل الأدلة الإضافية أو البديلة، قد تجتاز المركبات اختبارات على الطرق أو في مسارات محددة، أو اختبارات محاكاة تستند إلى الحاسوب، أو تظهر بيانات أداء النظام المستخلصة من برامج المركبات المستقلة التي يتم تشغيلها في الخلفية أثناء قيادة سائق بشري للمركبة (مثل اختبار «وضع الظل» في تسلا) (Hull, 2017). هناك حاجة إلى إجراءات وتدابير مثل عدد الأميال المقطوعة قبل التدخل البشري أو «حدوث الأعطال أو تراجع أو قصور الأداء» (NHTSA, 2016a)

بعض أو في كافة الأوقات (المستوى 4 أو المستوى 5 من الممكنة كما حددته جمعية مهندسي السيارات (Society of the Automotive Engineers))، بما في ذلك المركبات التي تمتثل لمعايير الفيدرالية لسلامة المركبات الآلية (منتدى النقل الدولي International Transport Forum, 2015). لا يمكن أن يعتمد مثل هذا النظام الموازي على التصميم (كمعظم ولكن ليس جميع جوانب المعايير الفيدرالية لسلامة المركبات الآلية الحالية)<sup>4</sup> وذلك لعدم وجود معلومات كافية حول التصميم الناجح للمركبة المستقلة. بدلاً من ذلك، ينبغي أن يستند النظام الموازي إلى الأداء؛ أي يُسمح للمركبات المستقلة بالقيادة على الطرقات عند إثبات أدائها الأمان بما يمتثل لمعيار مطلوب.

وعندها، إن الطريقة الوحيدة لإثبات الأداء الأمان للمركبة المستقلة ستكون من خلال قيادتها على الطرق المرورية الفعلية وملاحظة عدد وأنواع حوادث الاصطدام وغيرها من المخاطر التي قد تقع (Kalra, 2017b; Kalra, 2017a). ولكن بالتأكيد إن عدد الأميال التي لا بد أن تقطعها المركبة لإثبات سلامتها التامة كبير جداً لدرجة يتعذر تحقيقها قبل نشر المركبات على نطاق واسع. تجدر الإشارة إلى أن وفيات وإصابات الحوادث المرورية هي حالات نادرة بالمقارنة مع الأميال التي تقطعها المركبات في الأسطول الحالي، وعلى الأغلب ستصبح أكثر ندرة بين المركبات المستقلة. وحتى مع الاختبارات المكثفة، سيستغرق الأمر عشرات، وفي بعض الأحيان مئات، السنين لتمكين أساطيل الاختبار الحالية من أن تقطع مئات الملايين من الأميال أو أحياناً مئات المليارات من الأميال اللازمة لإثبات أداة المركبات المستقلة قبل طرحها لاستخدام المستهلكين على الطرقات. قد تؤدي أعباء الإثبات المفرطة في الحذر إلى تعطيل عجلة الابتكار والقطاع بأسره. في الوقت الحالي، سيواصل السائقون البشريون التسبب في حوادث اصطدام يمكن تجنبها (Teoh and Kidd, 2017; Schoettle and Sivak, 2015; Virginia Tech Transportation Institute, 2016) والإضرار بالناس والملكيّات (Stirling, 2003). لا يمتلك المصنّعون والجهات التنظيمية سوى موارد ووقت محدوداً، وإن تكاليف الفرصة الضائعة المترتبة على عدم الرغبة في قبول بعض الإجراءات غير المؤكدة بشأن السلامة (Eichler et al., 2013) ستحصّد أرواح الناس.

والتي ستقدم كذلك معلومات مفيدة، على الرغم من عدم وجود إجراءات مماثلة للسائقين البشريين. وهناك كذلك الاحتمال الإضافي لإجراء تقييمات أداء لعناصر محددة في النظام (مثل نطاق أجهزة الاستشعار). ستؤدي المجموعة الواسعة من الأدلة ومقارنات النتائج إلى تكوين فهم شامل ومتعدد ومتكامل حول تقييم المخاطر وأداء السلامة (Stirling, 2008; Stirling, 2003; Renn, 1998; Fischhoff, Watson, and Hope, 1984)، وذلك بما يتيح للمصنِّع تقديم إثباتات ملموسة على سلامة منتج (Smith, 2015). توفر هذه المجموعة الأولية من المتطلبات أساساً أو حداً أدنى للسلامة بالنسبة للمركبات المستقلة المتوفرة تجارياً.

وعقب هذه الإثباتات الأولية، يمكن أن يُباع عدد قليل من المركبات أو يُطرح على الصعيد التجاري. وسيستخدم هذا الطرح الأولي لجمع المزيد من المعلومات إثبات المزيد من درجات السلامة. من المرجح أن تتحسن أنظمة المركبات المستقلة من حيث السلامة والأداء نظراً لتعرضها لبيئات متنوعة بسبب وسائل التعلم الآلي التي تضمها؛ وبالتالي، سيكون من الأهمية بمكان التحديث الدوري لبيانات أداء السلامة. لن يضمن استيفاء هذه المتطلبات توفير معلومات كافية لقياس أداء السلامة، ولكن القيام بذلك سيكون تسوية ضرورية بين تعزيز الابتكار (من خلال الحد من عبء الإثبات) وإدارة الخطورة (من خلال نشر أعداد أقل من المركبات)، بما يتيح للجماهير وقتاً كافياً للتأقلم مع أنظمة المركبات المستقلة، ويضمن ألا يؤدي الزبائن دور "الاختبارات التجريبية" أو "فئران تجارب بشرية" للتقنية (Kelley, 2017).

بعد استيفاء الحدود الدنيا للسلامة لفترة من الزمن، من الممكن رفع سقف أعداد السيارات، ليتم إلغاءه بالكامل في نهاية المطاف. ورغم أنه سيتوجب على المركبات المستقلة الاستمرار في استيفاء معايير سلامة الأداء، سيُسمح ببيعها من دون فرض قيود على الكميات أو الفترات ومن دون الحاجة إلى أن تتقدم الشركات المصنِّعة بطلبات للحصول على إعفاءات.

تطرح هذه المقاربة التدرجية سؤاليين رئيسيين بشأن طرح المركبات، واللذين لم تتم الإجابة عليهما في الدراسات السابقة: ما متطلبات الأداء التي ينبغي فرضها؟ وما عدد المركبات الذي ينبغي السماح به؟ عند النظر إلى كل سؤال على حدة، تبدو الإجابات على السؤالين غير مؤكدة وتعسفية. فمن حيث متطلبات الأداء، تُعد

المتطلبات الحالية للسلامة على الطرقات للسائق البشري نقطة مقارنة منطقية. ليس من المتوقع أن تساهم المركبات المستقلة في الحد من حوادث الاصطدام، وبالتالي يمكن أن تضم مقاييس نتائج الحد من حوادث الاصطدام أنواعاً مختلفة من معدلات حوادث الاصطدام (مثل إجمالي حوادث الاصطدام، وحوادث الاصطدام المميتة، وحوادث الاصطدام الناجم عنها إصابات، وحوادث الاصطدام التي نتج عنها أضراراً في الملكية فقط)، بالإضافة إلى معدلات حوادث السلامة غير المتعلقة بالاصطدام (مثل حالات الانحراف عن الحارات المرورية). ويمكن منح وزن خاص لحوادث الاصطدام التي تضم مستخدمي الطرق المعرضين للخطر مثل المشاة وراكبي الدراجات الهوائية وراكبي الدراجات النارية. ومع ذلك، لا يزال تحديد إن كانت المركبات المستقلة أفضل قليلاً من السائق البشري أو أفضل كثيراً، أو حتى أسوأ، هي مسألة متعلقة بالسياسات تنتظر البت فيها (Kalra, 2017b; Kalra, 2017a; Pratt, 2017).

الأهم من ذلك، هناك رابط بين هذين السؤالين: تتطلب الدقة المتناهية في قياس سلامة المركبات المستقلة طرح المزيد من المركبات، وبالتالي زيادة التعرض إلى الخطر. (Stirling, 2003). إن هذه المفاضلة بين الخطورة والشك ليست قاصرة على المركبات المستقلة (Stirling, 2003)، فهي تنطبق على مجالات أخرى مثل الهندسة الجيولوجية أو الرعاية الطبية المُخصصة. في إطار ترخيص المنتجات الصيدلانية، تمر الأدوية بمرحلة متعددة أولاً «مرحلة الاكتشاف والمسح»، والتي تتفدها الجهات المصنِّعة أو الجهات الراعية، ثم تمر بعد ذلك بمجموعة من التجارب السريرية على ثلاث مراحل، حيث يزيد عدد المشاركين والمراقبة والقدرة الإحصائية لفحص الكفاءة والأعراض الجانبية في مجموعة من المواقف والعينات في كل مرحلة. وأخيراً، تخضع الأدوية إلى مراجعة «استعمال الأدوية الجديدة» لضمان السلامة والتسمية (للتأكد من تقديم كافة المعلومات الضرورية) قبل الموافقة عليها (إدارة الغذاء والدواء الأمريكية U.S. Food and Drug Administration، غير مؤرخ). تتيح هذه العملية المتطورة تدريجياً لإدارة الغذاء والدواء الأمريكية تقييم قابلية تحمل الخطورة في مقابل تجنبها، وموازنة الشك في فعالية الدواء وأعراضه الجانبية في مقابل خطورة تأثيرات الدواء وأعراضه الجانبية (والقدرة على قياس الخطر) (Eichler et al., 2013).

أما فيما يخص المركبات المستقلة، في حال أراد المجتمع معرفة مدى سلامة تقنية ثورية وصعبة التوقع، إذن عليه أن يتقبل المزيد من التعرض للخطر في طرح التقنية لاكتشاف ذلك (المركز الدولي لحوكة المخاطر International Risk Governance Center, 2016). وفي ضوء ذلك، يمكن الإجابة على السؤالين في نفس الوقت: يمكن للمعيار المقارنة المرجو تحديد عدد المركبات التي ينبغي طرحها، أو العكس، يمكن أن يحدد عدد المركبات المرجو طرحها معيار المقارنة الأنسب.

يمكن تمثيل العلاقة بين الخطورة والشك رياضياً. الشكل 1 هو من إعداد كالرا (Kalra) وبادوك (2016) Paddock، ويستعرض عدد الأميال الواجب قطعها في القيادة (المحور العمودي) للكشف عن اختلاف محدد في مقاييس أداء السلامة بين السائقين البشريين والمركبات المستقلة (المحور الأفقي). ويمكن قياس الفرق من حيث حوادث الاصطدام، والإصابات، والوفيات. وكلما قل الاختلاف في سلامة السائق البشري والمركبة المستقلة، كلما زادت الحاجة إلى قطع المزيد من الأميال للكشف عن هذا الاختلاف. بالإضافة إلى ذلك، فكلما قل وقوع الحدث، زادت الحاجة إلى قطع المزيد من الأميال للكشف عن الاختلاف.

يستعرض الشكل 1، على سبيل المثال، ضرورة تقبل مستوى عالي من الخطورة للكشف عن التحسينات المتواضعة في معدلات الوفيات الناجمة عن المركبات المستقلة مقابل معدلات الوفيات الناجمة عن السائقين البشريين. وستتطلب مؤشرات تحقيق تحسينات بنسبة 20 بالمئة في معدلات الوفيات ستتطلب قطع 5 مليارات ميل من القيادة، وهي مسافة ستستغرق مئات السنوات في اختبارات ما قبل طرح على الطرقات.

ستساعد هذه العلاقة في الإجابة على سؤال المعايير وعدد المركبات. هب، على سبيل المثال، أن السقف الأول سمح بطرح 5,000 مركبة. فإذا قطعت كل مركبة من هذه المركبات 12,000 ميل في العام الأول (متوسط المركبات الشخصية) (Deaton and Winebrake, 2000; Greenblatt and Saxena, 2015)، سيصل مجموع الأميال التي قطعها الأسطول 60 مليون ميل خلال العام الأول. وهي مسافة ستكفي لتحديد إن كان أسطول المركبات المستقلة أكثر سلامة بنسبة 10 بالمئة على الأقل بالمقارنة مع السائقين البشريين من حيث حوادث الاصطدام، وبنسبة 15% على الأقل من حيث وقوع الإصابات. ونظراً لندرة حالات الوفيات، من الضروري الانتظار

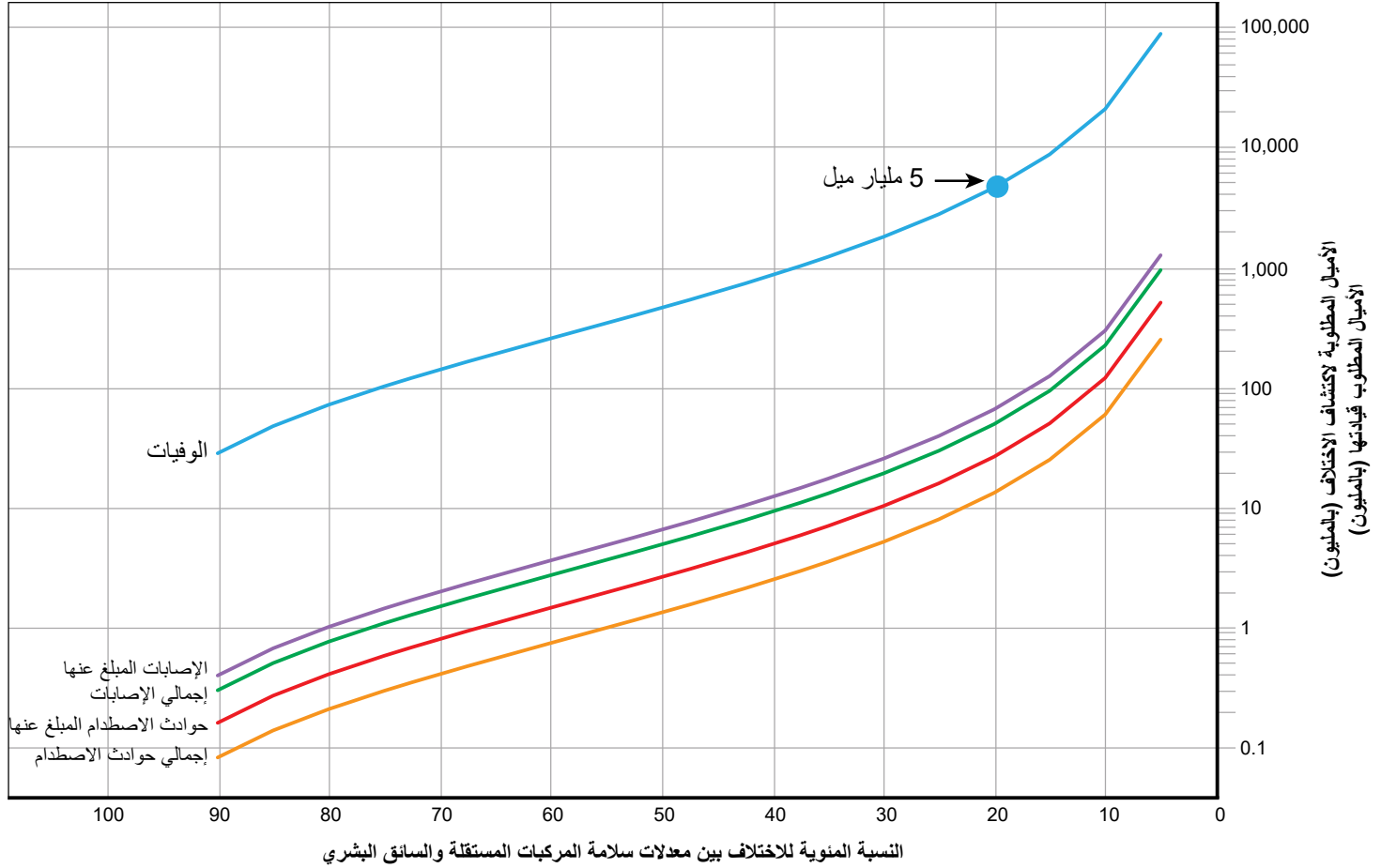
إلى حين تحديد سقف الطرح التالي لتقييم إن كانت معدلات الإصابات المميتة قد تأثرت، إلا في حال كان أداء نظام المركبة المستقلة مختلفاً بدرجة حادة (إما أكثر سلامة أو أقل سلامة بصورة كبيرة بالمقارنة مع السائقين البشريين).

فعلى سبيل المثال، لنفترض أن السقف الأول سمح بطرح 20,000 مركبة، ربما لقلّة تحمل الشك أو لزيادة الإقبال على المخاطرة. إذا قطعت كل مركبة 12,000 ميل سنوياً، سيتمكن الأسطول من قطع 240 مليون ميل خلال العام الأول، وهي مسافة كافية للكشف عن أي اختلافات في السلامة من حوادث الاصطدام والإصابات، وكذا الكشف عن الاختلاف في معدلات الوفيات التي تزيد على 55 بالمئة. في المقابل، يمكن أن سنشكّل هذه الحالة أساس المرحلة الثانية بعد أن يستوفي الأسطول المكون من 5,000 مركبة الحدود الأولى للأداء. قد تشهد أسقف الطرح زيادات متواصلة في المستقبل، على سبيل المثال قد ترتفع إلى 50,000 مركبة ثم إلى 100,000 مركبة ثم قد يتم إلغاء السقف بالكامل. من خلال ربط سقف مبيعات المركبات مع حدود الأداء بدلاً من السنوات، يمكننا استخدام التنفيذ لتكوين فهم أوسع لوظائف أنظمة المركبات المستقلة ولتحفيز أداء السلامة مع تقليص التعرض للخطر.

## نقاش السياسات

تجدر الإشارة إلى أن الأرقام المذكورة في الأقسام السابقة هي بغرض التوضيح، ولا تهدف إلى تقديم أي توصيات متعلقة بالسياسات. كما لا يهدف الشكل 1 إلى استعراض توقعات بالعلاقات بين وفيات وإصابات حوادث الاصطدام وكافة حوادث الاصطدام في المركبات المستقلة بالمقارنة مع المركبات التي يقودها البشر. بل قمنا من خلال الشكل 1 بشرح مقارنة تضم العديد من المزايا بالمقارنة مع البديل الحالي في إطار إعفاءات المعايير الفيدرالية لسلامة المركبات الآلية القائمة. أولاً، من خلال وضع مجموعة منفصلة من القوانين، والتي اعترفت الإدارة الوطنية للسلامة المرورية على الطرق السريعة بالحاجة إليها (NHTSA, 2016b)، ستتمكن الحكومة الفيدرالية من تجنب إنفاق الموارد على مراجعة ورصد الدورة المتواصلة من التماسات الإعفاء القائمة على التصميم.

## الشكل 1. الأميال المقطوعة لإثبات التحسن في أنظمة المركبات المستقلة من حيث معدلات السلامة بالمقارنة مع السائقين البشريين



ملحوظة: يظهر هذا الشكل وجود التباين في مقاييس معدل السلامة بين المركبة المستقلة والسائق البشري على المحور الأفقي. ويمكن إجراء المقارنة من حيث مجموعة من النتائج، مثل الوفيات (اللون الأزرق)، والإصابات المبلغ عنها (اللون البنفسجي)، وإجمالي الإصابات المقدرة (اللون الأخضر)، وحوادث الاصطدام المبلغ عنها (اللون الأحمر)، وإجمالي حوادث الاصطدام المقدرة (اللون البرتقالي) (Kalra and Paddock, 2016). وحيث إن المركبات المستقلة ستبلغ بالتأكيد بالتأكيد عن حوادث الاصطدام (Kalra and Paddock, 2016) وإن حدودها الدنيا للإبلاغ ستكون أقل (NHTSA, 2016a)، فإن نتائج المقارنات مع إجمالي الإصابات وحوادث الاصطدام المبلغ عنها بسبب السائقين البشريين ربما ستكون متحفظة.

RAND PE258-1



ثانياً، تستند هذه المقاربة إلى الأدلة في تصميمها، وهي مصممة من أجل تقديم إثباتات جديدة، الأمر الذي ينسجم مع الممارسات التنظيمية التكوينية التي ربما تكون أفضل الممارسات في تنظيم التقنيات غير المؤكدة (International Risk Governance Center, 2016).

ثالثاً، تنطبق هذه المقاربة بالمثل على نماذج الأعمال التي توفّر المركبات المستقلة كخدمة (كالمركبات المستقلة مثل شركتي « أوبر » و « ليفتس »)، بدلاً من بيعها للملكية الشخصية. ففي هذه الحالة، يكون التعرض محدداً بعدد الأميال الممكن قطعها (والتي تجسد مقياساً أدق بالمقارنة مع عدد المركبات المباعة). وبصورة عامة، توازن هذه المقاربة بين غياب المعلومات عن أداء تقنية جديدة ومبتكرة وبين التعرض لهذه التقنية، إلى جانب تعزيز الابتكار في الوقت ذاته.

ولا تستبعد هذه المقاربة التدريجية كافة التعقيدات المتعلقة بتنظيم سلامة المركبات المستقلة. على سبيل المثال، قد يقوم المطوّرون بتقييد استخدام المركبات المستقلة ليكون في منطقة جغرافية معينة أو لاستخدامات خاصة (مثل مشاركة استخدام المركبة) أو في أجواء مناخية بعينها أو بسرعات محددة أو غيرها من القيود والضوابط. يتطلب تقييم الأداء الحصول على بيانات عن السائقين البشريين في إطار الضوابط ذاتها، إذ لا بد من تحسين عملية جمع وإدارة بيانات الأداء عن السائقين البشريين لتعزيز فاعلية إجراء المقارنات مع المركبات المستقلة.

ستوجد صعوبة مستمرة في إبلاغ المستهلكين بقيود أنظمة المركبات المستقلة بما يضمن استيعابهم لها. تفتقر تشريعات البرلمان الحالية إجراء أبحاث مستمرة على هذه المسألة (House Committee on Energy and Commerce, 2017b). وفي الوقت ذاته، لا بد أن تعمل الإدارة الوطنية للسلامة المرورية على الطرق السريعة على الموازنة بين حماية بيانات الأعمال السرية وبين نشر بيانات السلامة، بما في ذلك بيانات التصميم والتحقق والاختبار والأمن الإلكتروني وحوادث الاصطدام، إلى مجموعة من الجماهير التي تضم عموم الشعب والباحثين والجهات الرقابية. فقد تساهم إتاحة الوصول إلى هذه البيانات في تسريع عملية تطوير السلامة وبلوغ القبول الجماهيري.

بالإضافة إلى ذلك، لا يجب أن تُفسر الأدلة على السلامة وتخطي حدود السلامة الدنيا على أنها إعفاء من المسؤولية سواءً من طرف السائق أو المصنّع. فعلى سبيل المثال، يشير التشريع الصادر عن لجنة الطاقة والتجارة بالكونغرس في تموز (يوليو) 2017 إلى أن الامتثال لمعايير السلامة «لا يعني الشخص من مسؤوليته أمام القانون العام» (House Committee on Energy and Commerce, 2017a).

إلى جانب ذلك، من المتوقع أن يقوم المطوّرون بتحديث برمجيات المركبات المستقلة عن بعد بصورة دائمة (Nelson, 2017; Taub, 2016)، علماً بأن التحسينات المتسارعة هي إحدى وعود هذه التقنية (Kalra and Paddock, 2016; Anderson et al., 2016). مع ذلك، لا يمكن ضمان التحسينات عند إجراء التحديثات؛ فكما شهد غالبيتنا مع تحديثات برامج أجهزة الحاسوب أو الهواتف المتنقلة، هناك بعض التحديثات التي تؤدي إلى نتائج أسوأ. ربما تتطلب العملية الحالية لإعفاءات المعايير الفيدرالية لسلامة المركبات الآلية إجراء مراجعة للإعفاءات أو إعادة التقديم بالطلب في كل مرة يتم فيها طرح تغيير، الأمر الذي سيزيد من الأعباء البيروقراطية على القطاع والجهات التنظيمية على حد سواء. وقد أشرنا في البديل المقترح إلى ضرورة إعداد منهج إحصائي لتحديد سبل جمع البيانات قبل وبعد إجراء التحديث، بحيث تثمر عن عملية قياس للسلامة تتسم بالشمولية والدقة الإحصائية.

أخيراً، قد تنشأ بعض مخاوف إذا كان أداء الأسطول أسوأ من معيار المقارنة في أي مرحلة من المراحل. ففي ظل الإعفاءات التقليدية، قد تُرفض طلبات التجديد (على سبيل المثال، رفضت الإدارة الوطنية للسلامة المرورية على الطرق السريعة طلب مرسيدس-بنز لمواصلة أبحاث المصابيح الأمامية) (NHTSA, 2010). إلا أنه مع احتمالية وجود مئات الآلاف من المركبات المعفاة على الطرقات، ستجد الجهات التنظيمية نفسها في موقف تحاول فيه التصرف بعد فوات الأوان. يوفّر البديل المقترح إجراءً وقائياً مدمجاً: ضوابط متعددة ومصممة بإحكام. وفي الحالات المتطرفة، يمكن أن تنظر الإدارة الوطنية للسلامة المرورية على الطرق السريعة في سحب مركبة ما، وستكون هذه العملية أسهل عندما يكون عدد المركبات محدوداً.

## الخاتمة

إن التقارير الأولية التي تتناول مزايا السلامة لتقنية المركبات المستقلة مشجعة للغاية، إلا أن هذه المزايا لم تثبت بعد بالأدلة وقد لا تتأكد حتى طرح التقنية على نطاق واسع. (Teoh and Kidd, 2017; Schoettle and Sivak, 2016; Virginia Tech Transportation Institute, 2016). يزخر التاريخ بالطرق التي أدهشنا بها أداء التقنيات، بدءاً باكتشاف أن الوسائد الهوائية الأمامية تسبب وفيات الرضع في فترة التسعينات (Wetmore, 2008)، وحتى حادثة الاصطدام المميتة الأخيرة التي تسبب بها الرَبان الآلي في مركبة تسلا والتي نشأت بسبب خلل فني غير متوقع مقترناً بخطأ من المستخدم (الإدارة الوطنية للسلامة المرورية على الطرق السريعة، غير مؤرخ). نظراً للتعقيد الشديد في بيئة الطرقات والارتباطات بين حوادث الاصطدام وأسبابها ونتائجها (Reason, 2000)، لا يمكن أن نتوقع سلامة المركبات المستقلة بالكامل (Beck, 2006). ويمكن لسياسات السلامة على الطرقات الاعتراف بهذه النقطة المجهولة والتصالح معها (Beck, 2006) عن طريق تغليب الشك على خطورة وقوع حوادث الاصطدام مع تقليص التعرض للمخاطر (مكتب تشريعات أفضل الممارسات، Office of the Best Practice Regulation, 2016).

على عكس غالبية الابتكارات الثورية المقبولة بالهياكل الحالية (مثل حبوب تحديد النسل وإدارة الغذاء والدواء) أو التي تستدعي الحاجة إلى تشريع بعد

طرحها (مثل شركة أوبر وتشريعات سيارات التاكسي [Wyman, 2017])، لا بد من مراجعة المعايير الفيدرالية لسلامة المركبات الآلية قبل طرح المركبات المستقلة في الأسواق، مع الأخذ بعين الاعتبار أن المراجعات الفاعلة تجمع بين دعم الابتكار والحاجة للمعرفة مع حماية كافة المستخدمين على الطرقات. تتمتع الوكالات الفيدرالية بتاريخ طويل من استعدادها لتطوير القوانين الرهانة بالاستناد إلى الأثر القائم (McCray, Oye, and Petersen, 2010; NHTSA, 2010). وفي الوقت الحالي، لا بد أن تتطور هذه القوانين لدعم الابتكارات المستقبلية مع ضمان الحماية من التبعات غير المرغوبة.

من وجهة نظرنا، لا تحقق سياسة إعفاء المعايير الفيدرالية لسلامة المركبات الآلية الحالية والتعديلات المقترحة هذا التوازن بصورة ملائمة، الأمر الذي قد يشكّل أعباءً على الحكومة والمصنّعين، ولا يترك سوى أدوات قليلة لإدارة المخاطر غير المؤكدة للمركبات المستقلة. بالإضافة إلى ذلك، فإن محاولة إعادة تنظيم وتطبيق المعايير الحالية لتتلاءم مع هذه الثورة هو بمثابة محاولة تطبيق قواعد الفروسية الآمنة (M\*\*\*\*\*, 1842) على نموذج فورد T. ولنا أن نتوقع نتائج باهرة من وضع مجموعة تنظيمية بديلة من المعايير المتطورة المصممة خصيصاً للمركبات المستقلة، مع طرح أسطول مركبات يُدار وفقاً لمقاربة تدريجية بالاستناد إلى الأثر المقاس على السلامة العامة.

## ملاحظات

1 تم رفض طلب يتعلق بالمعيار 121 من المعايير الفيدرالية لسلامة المركبات الآلية، أنظمة المكابح الهوائية. (NHTSA, 2006b)، كما تم رفض طلب للإعفاء من المعيار 111 من المعايير الفيدرالية لسلامة المركبات الآلية، المرايا الخلفية (وزارة النقل الأمريكية، الإدارة الفيدرالية لسلامة الناقلات الآلية، U.S. Department of Transportation, Federal Motor Carrier Safety 2015 Administration, 2015). تم قبول طلب إعفاء من المعيار 108 من المعايير الفيدرالية لسلامة المركبات الآلية، المصابيح والأجهزة العاكسة والمعدات المرتبطة (NHTSA, 2006a) إلا أنه تم رفض طلب تجديد الإعفاء (NHTSA, 2010). تم منح أربعة إعفاءات، منها طلبي تجديد، من المعيار 122 من المعايير الفيدرالية لسلامة المركبات الآلية، أنظمة الدرجات النارية (NHTSA, 1997; NHTSA, 1998; NHTSA, 1999; NHTSA, 2001).

2 18 شركة تتبع كل منها 100,000 مركبة وتمثل 0,75 بالمئة من مجموع 240,115,238 مركبة ركاب مسجلة في عام 2014 (مكتب إحصاءات النقل، Bureau of Transportation Statistics, 2017).

3 يشمل ذلك إعفاء شركة مرسيدس-بنز عام 2006 من المعيار 108 من المعايير الفيدرالية لسلامة المركبات الآلية، المصابيح والأجهزة العاكسة والمعدات المرتبطة، للتحقق من تقنية الإضاءة (NHTSA, 2006a).

4 قد تضم المعايير الفيدرالية لسلامة المركبات الآلية كذلك متطلبات أداء الاختبار مثل المعيار 208، معايير حماية الراكب من الاصطدام بخصوص حماية المركبة خلال اختبارات الاصطدام (Occupant Crash Protection's Criteria Around Vehicle Protection in Crash Tests) (U.S. Department of Transportation, 2013).

## المراجع

Anderson, James M., Nidhi Kalra, Karlyn Stanley, Paul Sorensen, Constantine Samaras, and Oluwatobi A. Oluwatola, *Autonomous Vehicle Technology: A Guide for Policymakers*, Santa Monica, Calif.: RAND Corporation, RR-443-2-RC, 2016. As of September 6, 2017: [https://www.rand.org/pubs/research\\_reports/RR443-2.html](https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR443-2.html)

Beck, Ulrich, "Living in the World Risk Society," *Economy and Society*, Vol. 35, No. 3, 2006, pp. 329–346. As of September 6, 2017: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03085140600844902>

Bureau of Transportation Statistics, *2017 Pocket Guide to Transportation*, Washington, D.C.: U.S. Department of Transportation, May 2017. As of September 6, 2017: <https://www.bts.gov/sites/bts.dot.gov/files/docs/browse-statistical-products-and-data/bts-publications/202411/pocketguide2017revised.pdf>

California Department of Transportation, "Application Requirements for Autonomous Vehicle Tester Program," last updated September 1, 2017. As of September 6, 2017:

[https://www.dmv.ca.gov/portal/dmv/?1dmy&urfile=wcm:path:/dmv\\_content\\_en/dmv/vehindustry/ol/auton\\_veh\\_tester](https://www.dmv.ca.gov/portal/dmv/?1dmy&urfile=wcm:path:/dmv_content_en/dmv/vehindustry/ol/auton_veh_tester)

Danks, David, and Alex John London, "Regulating Autonomous Systems: Beyond Standards," *IEEE Intelligent Systems*, Vol. 32, No. 1, January-February 2017, pp. 88–91.

Deaton, Michael L., and James J. Winebrake, *Dynamic Modeling of Environmental Systems*, New York: Springer, 2000.

Eichler, Hans-Georg, Brigitte Bloechl-Daum, Daniel Brasseur, Alasdair Breckenridge, Hubert Leufkens, June Raine, Tomas Salmonson, Christian K. Schneider, and Guido Rasi, "The Risks of Risk Aversion in Drug Regulation," *Nature Reviews Drug Discovery*, Vol. 12, No. 12, 2013, pp. 907–916.

Fischhoff, Baruch, Stephen R. Watson, and Chris Hope, "Defining Risk," *Policy Sciences*, Vol. 17, No. 2, October 1984, pp. 123–139.

Greenblatt, Jeffery B., and Samveg Saxena, "Autonomous Taxis Could Greatly Reduce Greenhouse-Gas Emissions of U.S. Light-Duty Vehicles," *Nature Climate Change*, Vol. 5, September 2015, pp. 860–863.

House Committee on Energy and Commerce, "Amendment in the Nature of a Substitute to H.R. 3388," U.S. Congress, 115th Congress, 1st Session, Washington, D.C., July 2017a. As of September 6, 2017:

<http://docs.house.gov/meetings/IF/IF00/20170727/106347/BILLS-115-HR3388-L000566-Amdt-9.pdf>

House Committee on Energy and Commerce, "Safely Ensuring Lives Future Deployment and Research In Vehicle Evolution Act (H.R. 3388)," U.S. Congress, 115th Congress, 1st Session, Washington, D.C., September 6, 2017b. As of September 11, 2017:

<https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/BILLS-115hr3388eh/pdf/BILLS-115hr3388eh.pdf>

Hull, Dana, "The Tesla Advantage: 1.3 Billion Miles of Data," Bloomberg, December 20, 2017.

International Risk Governance Center, "Conference Report: Planning Adaptive Risk Regulation," London: University College London, January 2016.

International Transport Forum, *Automated and Autonomous Driving Regulation Under Uncertainty*, Paris, April 30, 2015. As of September 6, 2017:

<https://www.itf-oecd.org/automated-and-autonomous-driving>

Kalra, Nidhi, *Shaping the Future of Autonomous Vehicles: How Policymakers Can Promote Safety, Mobility, and Efficiency in an Uncertain World*, Santa Monica, Calif.: RAND Corporation, CT-459, 2016. As of August 22, 2017: <https://www.rand.org/pubs/testimonies/CT459.html>

———, *Challenges and Approaches to Realizing Autonomous Vehicle Safety*, Santa Monica, Calif.: RAND Corporation, CT-463, 2017a. As of August 22, 2017: <https://www.rand.org/pubs/testimonies/CT463.html>

———, *Challenges and Approaches to Realizing Autonomous Vehicle Safety and Mobility Benefits*, Santa Monica, Calif.: RAND Corporation, CT-475, 2017b. As of August 22, 2017: <https://www.rand.org/pubs/testimonies/CT475.html>

Kalra, Nidhi, and Susan M. Paddock, *Driving to Safety: How Many Miles of Driving Would It Take to Demonstrate Autonomous Vehicle Reliability?* Santa Monica, Calif.: RAND Corporation, RR-1478-RC, 2016. As of September 06, 2017: [https://www.rand.org/pubs/research\\_reports/RR1478.html](https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR1478.html)

Kelley, Ben, “Public Health, Autonomous Automobiles, and the Rush to Market,” *Journal of Public Health Policy*, Vol. 38, No. 2, January 2017, pp. 167–184.

Kim, Anita, David Perlman, Dan Bogard, and Ryan Harrington, *Review of Federal Motor Vehicle Safety Standards (FMVSS) for Automated Vehicles Preliminary Report*, Cambridge, Mass.: U.S. Department of Transportation, John A. Volpe National Transportation Systems Center, March 2016.

M\*\*\*\*\*, Captain, *The Handbook of Horsemanship*, London: Printed for Thomas Tegg, No. 73, 1842.

McCray, Lawrence E., Kenneth A. Oye, and Arthur C. Petersen, “Planned Adaptation in Risk Regulation: An Initial Survey of U.S. Environmental, Health, and Safety Regulation,” *Technological Forecasting & Social Change*, Vol. 77, No. 6, July 2010, pp. 951–959. As of September 6, 2017: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162509001942>

Millard-Ball, Adam, “Pedestrians, Autonomous Vehicles, and Cities,” *Journal of Planning Education and Research*, October 27, 2016. As of September 6, 2017: <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0739456X16675674?journalCode=jpea>

National Highway Traffic Safety Administration, “Timeline of Federal Motor Vehicle Safety Standards,” Washington, D.C., U.S. Department of Transportation, undated. As of September 11, 2017: <https://www.nhtsa.gov/staticfiles/communications/pdf/Lives-Saved-Tech-Timeline.pdf>

———, “American Honda Motor Company, Inc., Grant of Application for Temporary Exemption from Federal Motor Vehicle Safety Standard No. 122,” *Federal Register*, Vol. 62, No. 194, October 1997. As of September 6, 2017: <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-1997-10-07/pdf/97-26491.pdf>

———, “American Honda Motor Company, Inc.; Grant of Renewal of Temporary Exemption from Federal Motor Vehicle Safety Standard No. 122,” *Federal Register*, Vol. 63, No. 227, November 1998. As of September 6, 2017: <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-1998-11-25/pdf/98-31534.pdf>

———, “American Honda Motor Company, Inc.; Grant of Application for Second Renewal of Temporary Exemption from Federal Motor Vehicle Safety Standard No. 122,” *Federal Register*, Vol. 64, No. 156, 1999. As of September 6, 2017: <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-1999-08-13/pdf/99-20961.pdf>

———, “Honda Motor Company, Ltd: Grant of Application of Temporary Exemption from Federal Motor Vehicle Safety Standard No. 122,” *Federal Register*, Vol. 66, No. 7, 2001. As of September 6, 2017: <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2001-01-10/html/01-699.htm>

———, “Grant of Applications of Three Motorcycle Manufacturers for Temporary Exemptions and Renewal of Temporary Exemptions from Federal Motor Vehicle Safety Standard No. 123,” *Federal Register*, Vol. 69, No. 196, October 2004.

———, “Mercedes-Benz, U.S.A. LLC; Grant of Application for a Temporary Exemption from Federal Motor Vehicle Safety Standard No. 108,” *Federal Register*, Vol. 71, No. 19, January 2006a. As of September 6, 2017: <https://www.federalregister.gov/documents/2006/01/30/E6-1079/mercedes-benz-usa-llc-grant-of-application-for-a-temporary-exemption-from-federal-motor-vehicle>

———, “InterModal Technologies, Inc.; Denial of Petition for a Temporary Exemption from Federal Motor Vehicle Safety Standard No. 121,” *Federal Register*, Vol. 71, No. 29, February 2006b. As of September 6, 2017: <https://www.federalregister.gov/documents/2006/02/13/E6-2001/intermodal-technologies-inc-denial-of-petition-for-a-temporary-exemption-from-federal-motor-vehicle>

———, “Mercedes-Benz, U.S.A. LLC; Denial of Application for Renewal of Temporary Exemption from Federal Motor Vehicle Safety Standard No. 108,” *Federal Register*, Vol. 75, No. 98, May 2010. As of September 6, 2017: <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2010-05-21/pdf/2010-12190.pdf>

———, “Quick Reference Guide (2010 Version) to Federal Motor Vehicle Safety Standards and Regulations,” Washington, D.C., U.S. Department of Transportation, February 2011. As of September 6, 2017: <https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/fmvss-quickrefguide-hs811439.pdf>

———, “National Highway Traffic Safety Administration Preliminary Statement of Policy Concerning Automated Vehicles,” Washington, D.C., U.S. Department of Transportation, 2013.

———, “Federal Automated Vehicles Policy: Accelerating the Next Revolution in Roadway Safety,” Washington, D.C., U.S. Department of Transportation, 2016a.

———, “Letter to Chris Urmson, Director, Self-Driving Car Project,” Washington, D.C., U.S. Department of Transportation, 2016b.

Nelson, Gabe, “Over-the-Air Updates on Varied Paths,” *Automotive News*, January 25, 2017.

NHTSA—See National Highway Traffic Safety Administration.

Office of the Best Practice Regulation, “Risk Analysis in Regulation Impact Statements,” Australian Government, Department of the Prime Minister and Cabinet, February 2016. As of September 6, 2017:  
<https://www.pmc.gov.au/resource-centre/regulation/risk-analysis-regulation-impact-statements-guidance-note>

Pratt, Gill, “Statement of Gill Pratt, CEO, Toyota Research Institute, on ‘Self-Driving Cars: Road to Deployment’ before the U.S. House of Representatives Committee on Energy & Commerce Subcommittee on Digital Commerce and Consumer Protection,” Washington, D.C., February 14, 2017. As of September 6, 2017:  
<http://docs.house.gov/meetings/IF/IF17/20170214/105548/HHRG-115-IF17-Wstate-PrattG-20170214.pdf>

Reason, James, “Human Error: Models and Management,” *British Medical Journal*, Vol. 320, March 2000, pp. 4–6.

Renn, Ortwin, “Three Decades of Risk Research: Accomplishments and New Challenges,” *Journal of Risk Research*, Vol. 1, No. 1, 1998, pp. 49–71.

Schoettle, Brandon, and Michael Sivak, *A Preliminary Analysis of Real-World Crashes Involving Self-Driving Vehicles*, University of Michigan Transportation Research Institute, 2015. As of September 6, 2017:  
<http://umich.edu/~umtristwt/PDF/UMTRI-2015-34.pdf>

Shen, Sijun, and David M. Neyens, “Assessing Drivers’ Response During Automated Driver Support System Failures with Non-Driving Tasks,” *Journal of Safety Research*, Vol. 61, 2017, pp. 149–155.

Sivak, Michael, and Brandon Schoettle, *Should We Require Licensing Tests and Graduated Licensing for Self-Driving Vehicles?* University of Michigan Transportation Research Institute, October 2015. As of September 6, 2017:  
<http://umich.edu/~umtristwt/PDF/UMTRI-2015-33.pdf>

Smith, Bryant Walker, “Regulation and the Risk of Inaction,” in Markus Maurer, J. Christian Gerdes, Barbara Lenz, and Hermann Winner, eds., *Autonomous Driving*, New York: SpringerOpen, 2015, pp. 571–587.

Stirling, Andy, “Risk, Uncertainty and Precaution: Some Instrumental Implications from the Social Sciences,” in F. Berkhout, M. Leach and I. Scoones, eds., *Negotiating Change: New Perspectives from the Social Sciences*, United Kingdom: University of Sussex, 2003.

———, “‘Opening Up’ and ‘Closing Down,’” *Science, Technology, and Human Values*, Vol. 33, No. 2, 2008, pp. 262–294.

Taub, Eric A., “Your Car’s New Software Is Ready. Update Now?” *New York Times*, September 8, 2016.

Teoh, Eric R., and David G. Kidd, “Rage Against the Machine? Google’s Self-Driving Cars Versus Human Drivers (in Draft),” Insurance Institute for Highway Safety, April 2017.

U.S. Department of Transportation, “Motor Vehicle Safety Title 49, United States Code, Chapter 301 and Related Uncodified Provisions Administered by the National Highway Traffic Safety Administration,” Washington, D.C., May 2013. As of September 6, 2017:  
[https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/documents/motor\\_vehicle\\_safety\\_unrelated\\_uncodified\\_provisions\\_may2013.pdf](https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/documents/motor_vehicle_safety_unrelated_uncodified_provisions_may2013.pdf)

U.S. Department of Transportation, Federal Motor Carrier Safety Administration, “Parts and Accessories Necessary for Safe Operation; Denial of an Exemption Application from Atwood Forest Products,” *Federal Register*, Vol. 80, No. 234, December 7, 2015. As of September 6, 2017:  
<https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2015-12-07/pdf/2015-30803.pdf>

U.S. Food and Drug Administration, “Drug Approval Process,” undated. As of September 6, 2017:  
<https://www.fda.gov/downloads/drugs/resourcesforyou/consumers/ucm284393.pdf>

Virginia Tech Transportation Institute, “Automated Vehicle Crash Rate Comparison Using Naturalistic Data,” January 8, 2016. As of September 6, 2017:  
<http://www.vtti.vt.edu/featured/?p=422>

Wetmore, Jameson M., “Engineering with Uncertainty: Monitoring Air Bag Performance,” *Science and Engineering Ethics*, Vol. 14, No. 2, 2008, pp. 201–218.

Wyman, Katrina M., “Taxi Regulation in the Age of Uber,” *New York University Journal of Legislation and Public Policy*, Vol. 2, No. 1, 2017, pp. 1–100.

## شكر و عرفان

نود أن نتوجه بالشكر للزملاء في مؤسسة RAND: أنيتا شاندر (Anita Chandra) ومارجوري بلومنتال (Marjory Blumenthal) وجيمس أندرسون (James Anderson) ولورا باتون (Laura Patton) على الدعم المتواصل والمشورة التي قدموها خلال إعداد هذا التقرير. ونود أن نعرب كذلك عن امتناننا الشديد إلى كل من إلين بارتريدج (Ellen Partridge) من مركز القانون والسياسات البيئية (Environmental Law & Policy Center) ومولي مورغان جونز (Molly Morgan Jones) من مؤسسة RAND لمرآعاتهما الثاقبة للتقرير.

## نبذة عن المؤلفين

**لورا فرايد-بلانار (Laura Fraade-Blanar)** هي زميلة ما بعد الدكتوراه (Postdoctoral Fellow) لدراسة الشيخوخة في المعهد الوطني للصحة/المعهد الوطني للشيخوخة (National Institutes of Health/National Institute on Aging Postdoctoral Fellow). تتمتع لورا بخلفية طويلة في مجال أوبئة الإصابات. وترتكز اهتماماتها البحثية على السائقين الأكبر سناً، وخطورة حوادث اصطدام المركبات الآلية المتعلقة بالتدهور الجسدي والإدراكي، والمركبات المستقلة، والإصابات المهنية للعمال الأكبر سناً، ومناهج بحث الإصابات المهنية. وقد حصلت على درجة الدكتوراه في الصحة العامة من جامعة واشنطن. وعملت قبل ذلك مع منظمة الصحة للبلدان الأمريكية/منظمة الصحة الدولية (Pan American Health Organization/World Health Organization) ومعهد التأمين للسلامة على الطرق السريعة (Organization and the Insurance Institute for Highway Safety).

**نيدي كالرا (Nidhi Kalra)** هي خبيرة معلومات أولى لدى مؤسسة RAND، وتشغل منصب مدير مكتب RAND في منطقة خليج سان فرانسيسكو والمديرة المشاركة لمركز صنع القرارات في ظل الشكوك (Center for Decision Making Under Uncertainty) التابع لمؤسسة RAND. وترتكز أبحاثها على سياسات المركبات المستقلة، والتكيف من التغير المناخي، والأدوات والمناهج التي تساعد الأفراد والمؤسسات على اتخاذ قرارات أفضل في ظل الشكوك. وتترأس كذلك أعمال RAND المتعلقة بسياسات المركبات المستقلة.

## حول هذا المنظور

تتمتع مؤسسة RAND بتاريخ طويل من إجراء الأبحاث الموضوعية والمستندة إلى الأدلة للبحث في الطرق التي تمكن المجتمع من تحقيق أعلى درجات الفائدة وإدارة المخاطر التي قد تفرضها التقنيات التحويلية الذكية. وتأتي جهود مؤسسة RAND بشأن المركبات المستقلة استكمالاً لهذا الأساس الصلب. في التقرير الرئيسي، "تقنية المركبات المستقلة: الدليل الإرشادي لصناع السياسات" (Autonomous (Vehicle Technology: A Guide for Policymakers)، الصادر عام 2016 (والمنقح عام 2016)، والتقرير اللاحق "القيادة الآمنة: ما عدد الأميال التي ستقطعها المركبات المستقلة لتثبت موثوقيتها؟ Driving to Safety: How Many Miles of Driving Would It Take to Demonstrate Autonomous Vehicle Reliability) (؟) الصادر عام 2016، تم فحص مشهد السياسات ومخاوف السلامة التي تكتنف هذه التقنيات.

مع اقتراب طرح التقنية على الصعيد التجاري، يواجه صنّاع السياسات أسئلة ملحة حول تشجيع التقنية مع الحد من مخاطرها المحتملة على السلامة في الوقت ذاته. يقدم هذا المنظور إجابة مباشرة على هذه القضية السياسية من خلال الإسهام في الحوار حول سبل صياغة عمليات المعايير الفيدرالية لسلامة المركبات الآلية للتتلامع مع المركبات المستقلة.

خلال إعداد هذا المنظور وفي وقت نشره، شغل زوج نيدهي كالرا، دافيد فيرغسون (David Ferguson)، منصب المؤسس المشارك ورئيس شركة "نورو" (Nuro)، وهي شركة ناشئة للتعليم الآلي والروبوتات تعمل في مجال تطوير المركبات المستقلة. وقد شغل قبل ذلك منصب المهندس الرئيسي لمشروع مركبة "غوغل" (Google) ذاتية القيادة، ولم يكن لدافيد أو لأي من الشركات التي عمل بها أي تأثير على هذا التقرير.

## برنامج RAND للعلوم والتكنولوجيا والسياسات

تم إجراء الأبحاث الواردة في هذا المنظور في إطار برنامج RAND للعلوم والتكنولوجيا والسياسات (RAND Science, Technology, and Policy program) الذي يركز على دور التطورات العلمية والابتكارات التقنية في السلوك البشري، وفي عملية صنع القرارات الإقليمية والعالمية المرتبطة بالعلوم والتقنيات، والتأثيرات المترتبة للعلوم والتقنيات على تحليل السياسات وخياراتها.

ويأتي البرنامج كجزء من قسم RAND للعدالة والبنية التحتية والبيئة (RAND Justice, Infrastructure, and Environment) الذي يكرس جهوده لتحسين عملية صنع القرارات والسياسات عبر مجموعة واسعة من المجالات السياسية، التي تضم العدالة المدنية والجنائية، وتطوير البنية

التحتية وتمويلها، والسياسات البيئية، وتقنيات وتخطيط النقل، والهجرة وحماية الحدود، السلامة المهنية والعامّة، وسياسات الطاقة، وسياسات العلوم والابتكار، والفضاء، والاتصالات عن بُعد.

يُرجى إرسال الاستفسارات أو الملاحظات حول هذا التقرير إلى مديرة المشروع، لورا فراد-بلانار (Laura Fraade-Blanar)، على البريد الإلكتروني: (lblanar@rand.org). للمزيد من المعلومات حول برنامج RAND للعلوم والتكنولوجيا والسياسات، يُرجى زيارة [www.rand.org/jje/](http://www.rand.org/jje/) stp أو التواصل مع المدير على البريد الإلكتروني: [stp@rand.org](mailto:stp@rand.org)

## مشاريع RAND Ventures

مؤسسة RAND هي منظمة بحثية تُعنى بتطوير حلول خاصة للتحديات التي تواجه السياسة العامة بهدف المساعدة في جعل المجتمعات في جميع أنحاء العالم أكثر أمنًا وصحةً وازدهارًا. مؤسسة RAND هي مؤسسة غير ربحية، حيادية، وملتزمة بالصالح العام. تجسد مشاريع RAND Ventures أداة للاستثمار في حلول السياسات. وتساعد الإسهامات الخيرية في دعم قدرتنا على تكوين نظرة بعيدة المدى وتناول المواضيع الصعبة والخلاقية في معظم الأحيان، ومن ثم مشاركة النتائج بطرق مبتكرة ومقنعة. تعتمد نتائج أبحاث RAND وتوصياتها على البيانات والأدلة، وبالتالي لا تعكس بالضرورة التفضيلات السياسية أو مصالح العملاء والجهات المانحة والجهات الداعمة. تم تقديم التمويل لهذا المشروع كجهات من داعمي مؤسسة RAND والدخل من العمليات. ونقدّر تقديرًا خاصًا الدعم الذي قدمه لنا المجلس الاستشاري لقسم RAND للعدالة والبنية التحتية والبيئة.

## حقوق الطبع والنشر الإلكتروني محدودة

هذه الوثيقة والعلامة/العلامات التجارية الواردة فيها محمية بموجب القانون. إن هذا التمثيل للملكية الفكرية الخاصة بمؤسسة RAND متاح للاستخدام لأغراض غير تجارية فقط. يحظر النشر غير المصرّح به لهذا المنشور عبر الإنترنت. يُصرح بنسخ هذه الوثيقة للاستخدام الشخصي فقط، شريطة أن تظل مكمّلة دون إجراء أي تعديل عليها. يلزم الحصول على تصريح من مؤسسة RAND، لنسخ أو إعادة استخدام أي من الوثائق البحثية الخاصة بالمؤسسة، بأي شكل كان، لأغراض تجارية. للمزيد من المعلومات حول إعادة الطبع والنشر والتصاريح ذات الصلة، الرجاء زيارة صفحة التصاريح في موقعنا الإلكتروني [www.rand.org/pubs/permissions.html](http://www.rand.org/pubs/permissions.html). لا تعكس منشورات مؤسسة RAND بالضرورة آراء عملاء ورعاة الأبحاث الذين يتعاملون معها. ©RAND علامة تجارية مسجلة.

للمزيد من المعلومات حول هذا المنشور، الرجاء زيارة الموقع الإلكتروني: [www.rand.org/t/pe258](http://www.rand.org/t/pe258)

[www.rand.org](http://www.rand.org)



Arabic Translation:

"Autonomous Vehicles and Federal Safety Standards: An Exemption to the Rule?"

PE-258/1-RC (2017)