الارغونوميا المعرفية وتطبيقات الذكاء الاصطناعي لتقييم سلوكيات القلق والعدوانية للسائقين.

Cognitive ergonomics and artificial intelligence applications to assess driver anxiety and aggression behaviors.

كفان سليم

Keffane Salim

قسم علم النفس، جامعة سطيف2، الجزائر.

تاريخ الإرسال: 10 / 06/ 2024. **تاريخ القبول: 24 / 08/ 2024.** **تاريخ النشر:20 / 12/ 2024.**

ملخص:

إن التكنولوجيا المتطورة في مجال الارغونوميا المعرفية من خلال استخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي تعطي بيانات ضخمة لتقنيات تشخيص مشكلات الازدحام المروري وأيضا أصبحت أداة قابلة للتطبيق لتقييم سلوكيات السلامة على الطرق، والتي يمكن من خلالها التنبؤ بالعديد من تلك السلوكيات، حيث يمكن اعتبارها كممارسات غير آمنة كالقلق والسياقة العدوانية، وما لها من تأثير على السلامة المرورية. ومن خلال استخدام دور الارغونوميا المعرفية القائمة على تطبيقات أنظمة النقل الذكية والتي من خلالها يمكن الكشف عن عديد من الحالات المسببة للحوادث المرورية. وكمثال عن السلوكيات السالفة الذكر، تقترح هذه الدراسة نهجا تطبيقًا جديدًا لتطبيقات الارغونوميا المعرفية لتقدير مخاطر الازدحام المروري وشدته من خلال نمذجة التفاعلات المدركة للسلامة لمختلف مستخدمي الطريق في بيئة حركة المرور على الطرق، تم الاعتماد على دور الارغونوميا من خلال تحليل ما مجموعه 196 ساعة من مقاطع الفيديو لحركة المرور التي تم جمعها من ثلاث تقاطعات للإشارات المرورية. إذ تم استخراج معلومات مسار مستخدم الطريق المطلوبة من خلال تحليلات الفيديوهات القائمة على الذكاء الاصطناعي. وقد أظهرت النمذجة القائمة على تطبيقات أنظمة النقل الذكية أنه يمكن أن يكون التنبؤ بشكل أكثر دقة من مؤشرات تعارض حركة المرور التي تؤدي إلى مخاطر الاصطدام، وبالتالي فإن النهج المقترح يوفر طريقة واحدة وموحدة وفعالة لتقدير مخاطر الاصطدام وشدة الإصابات بدقة الناتجة عن سلوكيات اضطراب القلق والقيادة العدوانية والتي يمكن تكييفها مع سياقات التطبيق المختلفة لأنظمة

النقل الذكية. تعمل نتائج الدراسة على تحسين فعالية سلوك السلامة بالاعتماد على تطبيقات أنظمة النقل الذكية لمنشآت النقل وبشكل كبير يمكن أن ترفع من خوارزميات التنبؤ بالسلامة لتطبيقات الوقت الفعلي مثل أنظمة التحكم في الإشارات الآلية وكذا المركبات.

الكلمات الدالة: الارغونوميا المعرفية، الذكاء الاصطناعي، سلوكيات القلق والعدوانية للسائقين.

Abstract:

The advanced technology to analyzing video information based on artificial intelligence provides big data of techniques and diagnosing traffic congestion problems and also an applicable tool for evaluating road safety behaviors. Through which it is possible to predict many behaviors that can be considered unsafe practices such as anxiety and aggressive driving that it has an impact on traffic safety, and use of data analyzes based on applications intelligent transportation systems, which many cases causing traffic accidents can be detected as an example of the aforementioned behaviors. This study proposes new application approach to Cognitive ergonomics estimate the risks of traffic congestion and its severity. While modeling the safety-perceived interactions of different road users in road traffic environment, the application of the proposed cognitive ergonomics was tested by analyzing a total of 196 hours of traffic videos collected from three traffic signal intersections and extracting the required road user path information with Artificial intelligence-based video analytics. Based modeling demonstrated ITS applications has shown that it can predict more accurately traffic conflict indicators that lead to collision risks. So, the proposed approach provides a single, standardized and effective method to accurately estimate collision risks and injury severity resulting from anxiety disorder and aggressive driving behaviors which can adapted to different application contexts of intelligent transportation systems.

The results of the study improve the effectiveness of safety behavior based on applications of intelligent transportation systems for transportation facilities, and can significantly improve safety prediction algorithms for real-time applications such as automated signal control systems as well as vehicles.

Keywords: Cognitive ergonomics, artificial intelligence, anxiety and aggressive behavior of drivers.

1. مقدمة:

تم خلال السنوات الأخيرة تطوير تقنيات حديثة لتشخيص مشكلات الازدحام المروري على مدار الخمسين عامًا الماضية، لتكون بديلاً للتطبيقات الكلاسيكية باستخدام

أنظمة النقل الذكية لتقييم سلوكيات السلامة لدى السائقين القائمة على معرفة أسباب الحوادث للتعرف على المسببات الرئيسية لحالات التصادم بين المركبات والقائمة على دور الارغونوميا المعرفية وكذا بيانات الذكاء الاصطناعي وأنظمة النقل الذكية (زنغ وآخرون، Zheng et al., 2021b، أرون وآخرون، Arun et al., 2021b;).

وتعد مؤشرات مثل وقت التصادم (TTC)، أثناء ازدحام حركة المرور من أهم المؤشرات التي تعتمد عليها بيانات الذكاء الاصطناعي وكذا أنظمة النقل الذكية في الوقت الحالي. وهذا كمثلل من خلال التوجيه الآمن لمسار للمركبات خاصة أثناء الذروة وذلك من خلال التحكم الآلي في إشارات المرور لتفادي السلوكيات المؤدية إلى ارتكاب الحوادث (إيسا والسيد Essa and Sayed, 2020).

إن تحديد تلك مؤشرات (TTC) أثناء الازدحام المروري يكون تقديرًا لمخاطر الاصطدام المتأصلة في تفاعلات حركة المرور، على سبيل المثال: يشير التفاعل لتتبع السيارة مع معدل نقل الحركة وقت الاصطدام (TTC) ، أن هناك مستوى منخفضا باستمرار لدى السائقين التاليين الذين يقبلون مخاطر أعلى للاصطدام نظرًا للأسس السلوكية المتعلقة بهؤلاء السائقين كالقلق والعدوانية. هذا بالنظر إلى ازدحام حركة المرور وذلك من خلال تقييم تلك السلوكيات بالاعتماد على وجود الارغونوميا العرفية في هذا المستوى، فقد تم تطبيق هذا الطرح أيضًا للحصول على نمذجة أكثر دقة لتدفقات حركة المرور أثناء حالات الازدحام (علي وآخرون، Ali et al., 2022، محمديان وآخرون، Mohammadian et al., 2021;).

وقد قام تاركو (2012)، Tarko، بتحديد مفهوم السلامة المرورية من خلال اقتراح نموذج تسلسلي لأحداث السلامة المرورية انظر (الشكل 1) يمكنه التنبؤ بالتسلسل بجميع الأحداث المتعلقة بالسلامة اللاحقة من خلال المعلومات المستمدة من الأحداث السابقة. ومع ذلك يعتقد لوريشين وآخرون (2010)، أن التحديات الكامنة في تحديد المؤشر المشترك الذي يربط المستويات المختلفة لهذا النموذج المتسلسل من خلال مؤشرات (TTC)، أثناء الازدحام المروري مثل وقت التصادم، هي مرشحة محتملة لتقدير نموذج الأمان المتسلسل هذا .ومع ذلك ، فإن أساليب تحديد مشاكل الصراع المروري تعاني من عيوب كبيرة وهذا باعتبار المؤشرات العديدة التي سواء لها علاقة بالسلامة أو الحوادث المرورية، والتي تعتمد على

العلاقة بين المشكلات المرورية بين السائق وكذا العوامل الأخرى من خلال دور الارغونوميا المعرفية في هذا السياق وهذا يعني أن عوامل مثل بيئة حركة المرور أيضا تدخل في هذا المستوى، والتي تعتمد في حد ذاتها على الموقع الجغرافي والذي من خلاله تتم مراقبة حركة المرور، وهذا بالاعتماد على العديد من الطرق في جمع البيانات (مثل الملاحظات اليدوية ، والقياسات القائمة على تحليلات الفيديو القائمة على الذكاء الاصطناعي، أو مراقبة سلوكيات السائق أثناء القيادة باعتماد دور الارغونوميا المعرفية) يمكن أن تؤثر بشكل كبير على ارتباط هذه العلاقة.

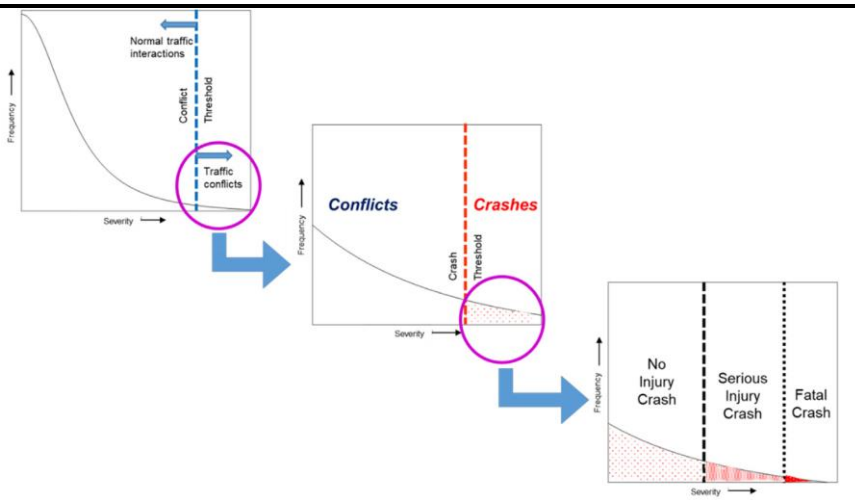
2. الدراسة الحالية

من المعروف منذ فترة طويلة أن نمذجة حركات مستخدمي الطريق أمر جوهري لتحديد احتمالات الاصطدام المروري وفي نهاية المطاف يمكن تحديد مجال استمرارية السلامة المرورية الذي يكون من خلال دراسة جميع الأحداث المرورية التي تصل إلى الحوادث الخطرة، وتشمل مستويات مختلفة من سلسلة الأحداث السببية الشائعة، ويمكن أن تحتوي أحداث المرور التي تبدو غير خطرة على مستويات السلامة المرورية، (هايدين لورانشين وآخرون، 1987 .(Hydén Laureshyn et al

قام تاركو، (2012) Tarko، بإضفاء الطابع الرسمي على هذا المفهوم من خلال اقتراح نموذج تسلسلي لأحداث السلامة المرورية (الشكل1) يمكنه التنبؤ بالتسلسل بجميع الأحداث المتعلقة بالسلامة المرورية اللاحقة من خلال المعلومات من الأحداث السابقة. ومع ذلك يشير لوريشين وآخرون (2010) إلى التحديات الكامنة في تحديد المؤشر المشترك الذي يربط المستويات المختلفة لهذا النموذج المتسلسل من خلال تعارض مؤشرات تعارض حركة المرور المستمرة، مثل وقت التصادم بين المركبات والتي قد يرجع السبب الرئيسي فيها إلى سلوك القلق والقيادة العدوانية، وهو احتمال كبير من خلال اقتراح هذا النموذج المستنبط من مجال الارغونوميا المعرفية للسلامة المرورية، ومع ذلك فإنه تبقى أساليب تحديد أسباب الحوادث المرورية تعاني من عيوب كثيرة تحد من فعاليتها وهذا لأنها: تعتمد العلاقة بين العديد من العوامل المرورية وكذا أسباب الحوادث إلى حد كبير في هذا السياق، بمعنى أن استخدام أساليب كلاسيكية مثل: تتبع عوامل مثل بيئة حركة المرور والتي تعتمد في حد ذاتها على الموقع الجغرافي حيث تتم مراقبة حركة المرور، وطريقة جمع البيانات (مثل الملاحظات اليدوية، والقياسات

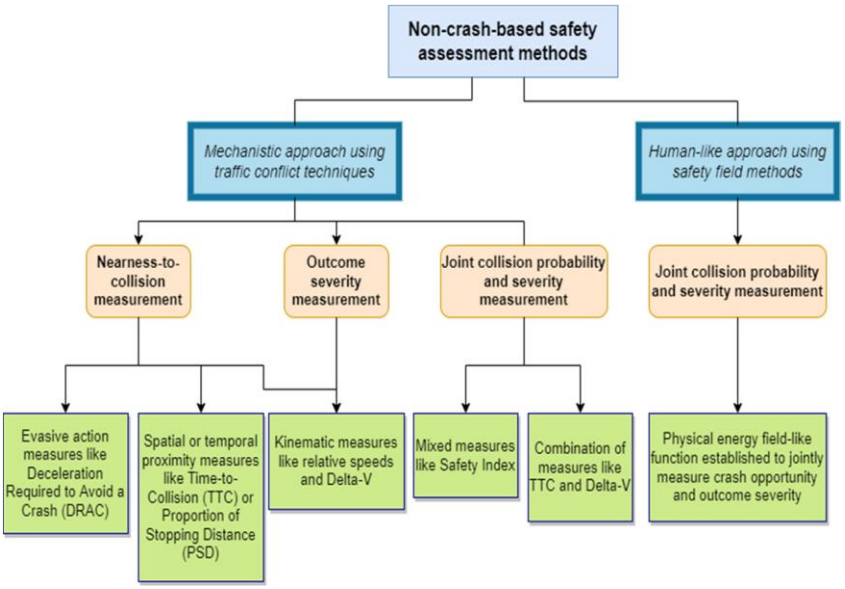
القائمة على الفيديو، والقيادة الطبيعية)، يمكن أن تؤثر بشكل كبير على الارتباط بين تلك المؤشرات وكذا العلاقة التي تربط فيما بينها، بالإضافة إلى ذلك هناك عدد قليل من المؤشرات التي تحدد مدى تعارض حركة المرور في الأخذ بعين الاعتبار عدد من العوامل: مثل أوقات رد فعل مستخدم الطريق أو قدراته على مناورة السيارة (الكبح والتوجيه)، ومن ثم فإن عدم التجانس في خصائص مستخدم الطريق والمركبة يمكن أن يؤثر أيضًا بشكل كبير على الارتباط بين مخاطر الحوادث المرورية وتدابير السلامة المرورية، كما أن تحديد مؤشرات الصراع الفردية كالقلق والقيادة العدوانية بالاعتماد على الارغونوميا المعرفية هي مجرد صور جزئية لصورة السلامة المرورية بشكل عام كما هو موضح في الشكل 2. (Arun et al. 2022c).

على الرغم من إمكانية اعتماد مؤشرات متعارضة ومتعددة في تحديد مستويات السلامة المرورية، إلا أن استخدام تلك المؤشرات المتعارضة والمتعددة لكل تفاعل مروري يمكن أن يكون مرهقًا بحد ذاته في معرفة السبب الرئيسي في ذلك الحادث المروري وذلك فمن المهم جدا الاعتماد على تقنيات الارغونوميا المعرفية وكذا تطبيقات الذكاء الاصطناعي أنظمة النقل الذكية التي تعتبر عملية جد فعالة تحديد السبب الرئيس للحادة بالرغم من تلك المؤشرات المتعددة والمتعارضة. فباعتبار إذا كان مقياس واحد فقط من مقاييس الحوادث المرورية المتعددة المستخدمة في تقييم السلامة (على سبيل المثال: وقت الاصطدام، ووقت ما قبل الاصطدام، ومعدل التباطؤ لسير المركبة قبل الاصطدام الذي قد يتجاوز عتبة الحد الأقصى)، فان التقييم الموضوعي باستخدام تقنيات الارغونوميا المعرفية وكذا تطبيقات الذكاء الاصطناعي أمر بالغ الأهمية في تحديد السبب الرئيسي للحادث وقد يكون ذلك العامل الإنساني المتمثل في سلوك القلق وكذا العدوانية أثناء السياقة. وأخيرًا لا يتم عادةً فقط مراعاة تقدير شدة وخطورة الحادثة الناتجة عن الاصطدام من خلال تحليل تلك المؤشرات المتعددة والمتعارضة أثناء حركة المرور قبل الحادثة وهذا إذا تم أخذ المعلومات باستخدام أنظمة الذكاء الاصطناعي وقد اقترحت هذه الدراسة نظرية مجال السلامة للتقييم الموضوعي القائم دور الارغونوميا المعرفية وكذا أنظمة النقل الذكية اثناء وقت التصادم المروري، التي نقترح من خلالها العامل الإنساني والمتمثل في سلوك القلق والقيادة والعدوانية (Li et al. Wolf and Burdick.2020، 2008 -Mullakkal) Babu et al 2020b



الشكل 1. نموذج تقييم السلامة المرورية المتسلسل المقتبس من تاركو (2012).

يصف هذا النهج لمجال السلامة لمخاطر الاصطدام كخاصية أساسية، من خلال الحاجة إلى التوجيه الآلي الآمن للمسار وتخطيط المسار الخاص بالمركبات، مع أن الدافع الأهم لفهم وشرح كيف يمكن للمركبات أن تنفذ بأمان من مناورات القيادة النموذجية مثل البقاء على الطريق، والحفاظ على المسار، وتجنب العقبات، والتجاوز....الخ. وبالتالي على عكس نهج الصراع المروري الآلي الذي يعتمد على المؤشرات الحتمية مثل سرعة مستخدم الطريق، والتسارع، والمسافات النسبية، فإن النهج الارغونومي يركز على العامل الإنساني بدرجة أكبر من حيث أنه يمكن أن يفسر الدوافع البشرية و"المخاوف" التي توجه سلوكهم على الطريق الشكل 2. كما أوضح جيبسون وكروكس (1938)، Gibson & Crooks، أنه يمكن أن توفر مثل هذه الأساليب قدرا من المعلومات العملية في المؤشرات السلوكية لنمذجة حركات مستخدمي الطريق.



الشكل 2. نظرة عامة على طرق تقييم السلامة الحالية غير القائمة على الحوادث (انظر أرون وآخرون (2021ج) للحصول على تفاصيل حول تدابير الصراع).

تقترح الدراسة الحالية تطبيقًا جديدًا لنهج الارغونوميا المعرفية لتقدير مخاطر الاصطدام المروري وشدة الإصابة الناتجة عن سلوكيات القلق والعدوانية أثناء السياقة عن طريق نمذجة تفاعلات مختلف مستخدمي الطريق في بيئة حركة المرور على الطرق باستخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي، يستعير النهج المقترح من مفهوم المجالات الكهرومغناطيسية في الفيزياء ويضع نموذجًا رياضيًا لـ "حاجز الأمان" الذي يحافظ عليه كل مستخدم للطريق عند التفاعل مع مستخدمي الطريق الآخرين والأشياء الأخرى في بيئة المرور على الطرق، ويكون ذلك من خلال التفاعلات عند التقاطعات ذات الإشارات الضوئية في مدينة سطيف بالجزائر، ويتم أيضًا مقارنة أداء التنبؤ بالاصطدام بالاعتماد على الارغونوميا المعرفية وهذا بالتوازي مع تنبؤات الاصطدام من خلال المؤشرات المتعارضة والمتعددة لحركة المرور بالاعتماد على أنظمة النقل الذكية. وتتم مراحل هذه الدراسة على النحو التالي: يقدم القسم 1 الموضوع ويحدد الأهداف والغايات. يقدم القسم 2 مراجعة مفصلة للأدبيات، ويناقش عيوب تقنيات الصراع المروري الحالية ولمحة عامة عن البحث باستخدام مجال الارغونوميا المعرفية. تتم المناقشة المنهجية التفصيلية لهذه الدراسة بما في ذلك مواصفات نظرية مجال الأمان المقترح وتقدير

مخاطر الاصطدام المروري الناتج عن سلوك القلق والعدوانية اثناء السياقة، وفي القسم 3 نقدم تفاصيل البيانات المستخدمة في هذه الدراسة، ووصف بيانات الفيديو باعتماد أنظمة الذكاء الاصطناعي لمسار مستخدم الطريق المتبعة. ويقدم القسم 5 نتائج التحليل لتقدير النموذج لمخاطر الاصطدام المروري عند التقاطعات للإشارات الضوئية، بينما تتم مناقشة النتائج بالتفصيل في القسم 6. وأخيرًا في القسم 7 الدراسة قيمة أهمية الدراسة ومساهمتها العلمية.

3. المنهجية والإجراءات

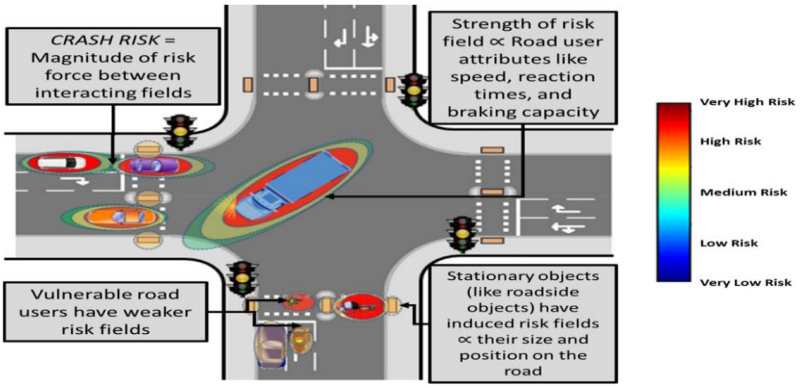
1.3. نظرية مجال السلامة وسلوك السائق:

عادة ما يتم تطبيق مجال الأرغنوميا المعرفية في سياق مستخدمي الطريق من خلال النظر إلى كل مستخدم لها على أنه معرض لخطر الحوادث المرورية بحكم السلوكيات غير الآمنة في السياقة والتي من بينها القلق والعدوانية في السياقة ويأتي مجال الارغونوميا المعرفية لتقليل مخاطر الاصطدام المروري لتحقيق الحد الأدنى من مستوى السلامة المرورية، كما يعد هذا النوع من الأخطار المرورية أساسا جوهريًا بالنسبة لتطبيقات أنظمة النقل الذكية وكذا الذكاء الاصطناعي الذي يحتوي على مستخدم الطريق، والمركبة، وبيئة الطريق، ويكون عادة خطر الاصطدام المروري ناتج عن السرعة الفائقة لمستخدم الطريق (في نفس الاتجاه أو الاتجاه المعاكس للحركة)، ويتم اعتماد أنظمة النقل الذكية للتقليل من المخاطر المرورية عادة بالاعتماد على العوامل الآتية: مستخدم الطريق والمركبة ونظام بيئة الطريق.

والاعتماد على مجال الأرغنوميا المعرفية لدى مستخدمي الطريق، يُظهر لنا حاجز الأمان لهؤلاء السائقين وهو يمثل مستوى فطري لهم. حيث يتشكل عندهم من خلال: السائق/المركبة أثناء تحركها (الشكل 4)، ويمكن تشبيهه بالمجال الكهربائي المنبثق من جسيم مشحون مثل الإلكترون، تعتمد شدة المجال الكهربائي على شحنة الإلكترون والمسافة بينه وبين الإلكترون ويتم تعديل شدة المجال الكهربائي من خلال استجابة الوسط الذي يوجد فيه الإلكترون.

يعتمد مجال السلامة على احتمالية المخاطرة، والتي تعتمد على خصائص السائق/المركبة وكذا والمسافة مع مستخدم الطريق الآخر، والتي يتم التحكم فيها من خلال الاستجابة لمخاطر الطريق الذي يتم السير فيه وكذا بيئة المرور، وتنتج مجالات الأمان المتفاعلة

من خلال وجود مجموعتين متفاعلتين بين السائق والمركبة للحفاظ على فجوة مادية آمنة بينهما وهي قوة الخطر هذه ليست قوة فيزيائية فعلية لأنها لا تتبع قوانين نيوتن مثل قوى الفعل ورد الفعل ولكنها قوة نفسية لا يظهر تأثيرها إلا من خلال سلوك مستخدمي الطريق.



الشكل 4. ملخص رسومي للمفهوم المهم لمجال سلامة مستخدمي الطريق.

2.3. جمع البيانات لمسار مستخدمي الطريق

تم جمع البيانات المستخدمة في هذه الدراسة في شهري فيفري ومارس 2023، من ثلاث تقاطعات ذات إشارات رباعية في مدينة سطيف شرق الجزائر، وتتشابه هذه المواقع من حيث التخطيط الهندسي (التقاطعات ذات الأوجه الأربعة) والعمليات (التحكم بالإشارات). وتم استخدام كاميرات بجوار أعمدة الإشارة المرورية لالتقاط الحركات المرورية في هذه التقاطعات، وتم الاعتماد على تسجيلات الفيديو عند كل تقاطع، وتم تسجيل منظرين مختلفين للتقاطع من كل كاميرا تمت ملاحظة الحركات المرورية لمدة أربعة أيام من أيام الأسبوع من الأحد إلى الأربعاء في أسبوع عمل نموذجي، وتمت مراقبة كل منظر للتقاطع من كاميرا واحدة لمدة يومين، ومن ثم تم تدوير الكاميرات لتغطية منظر آخر للتقاطع لليومين التاليين حتى يمكن ملاحظة جميع التحركات الممكنة عند التقاطع، وهذا بغرض وضع الجدول الزمني لجمع بيانات الفيديو لهذه التقاطعات.

3.3. معالجة بيانات الفيديو للمخاطر المرورية القائمة على الذكاء الاصطناعي

إن معالجة بيانات الفيديو الأولية باستخدام طريقة باستخراج التحكم الآلي المستند إلى الشبكة العصبية العميقة لتحديد مسارات مستخدمي الطريق من خلال تقدير قوة

المخاطرة المتفاعلة مع عدة أبعاد لدى سلامة مستخدمي الطريق. حيث تتضمن طريقة استخراج التحكم الآلي ستة إجراءات رئيسية: معاينة الكاميرا، واكتشاف البيئة المرورية وتتبعها، وإنشاء النموذج الأولي، ومطابقة النموذج الأولي، ونمذجة البيئة المرورية، وتحديد التعارض المروري.

تم تطوير هذا النظام في جامعة كوينزلاند للتكنولوجيا بناءً على أبحاث سابقة أجريت في جامعة كولومبيا البريطانية، تتضمن الخطوة الأولى في هذا النظام معاينة الكاميرا، والتي تنتج تقديرات لموضع الكاميرا وهذا للتحليل الموضعي لمستخدمي الطريق، وفي هذه الخطوة مطلوب ترجمة العالم الحقيقي ثلاثي الأبعاد إلى مساحة صورة ثنائية الأبعاد في الكاميرات، تضمنت الخطوات التالية اكتشاف مستخدمي الطريق وتتبعهم عبر مسارات الطريق ومن ثم تم تحليل مسارات المركبات الأخرى لتقدير وقت الاصطدام، استخدمت بيانات التصادم المروري من التقاطعات التي تم أخذ عينات منها للتحقق من صحة تكرار التصادم القائم على سلوكيات القلق والعدوانية أثناء القيادة من خلال تقديرات نموذج الخطورة (Saunier and Sayed, 2008, St-Aubin et al., 2015).

تم توفير بيانات التصادم المروري من خلال المعلومات الرئيسية التي اعتمدنا عليها هي الوقت والموقع والخطورة ومعلومات مستخدم الطريق والتصادم المروري ونوع كل حادث، ومن ثم تمت تصفية بيانات الحوادث لتشمل فقط الحالات المطابقة للمعايير التالية: الحوادث التي تحدث خلال أيام الأسبوع، وأثناء النهار، وأثناء الظروف الجوية المعتدلة.

4. النتائج:

لقد كانت الخطوة الأولى في هذه الدراسة هو اقتراح نموذج الارغونوميا المعرفية بالاعتماد على بيانات الفيديو القائمة على الذكاء الاصطناعي وهذا لتقييم خطورة القلق والعدوانية للسائقين على مجال السلامة المرورية، الذي يتضمن تقدير الأبعاد التي تمثل خصائص مستخدم الطريق والمركبة والطريق وحركة المرور، ونظراً لوجود العديد من الخصائص الجزئية المتعلقة بهذه العناصر: مثل سلوك القلق والعدوانية أثناء السياقة، فكان من المهم تحديد أهم العوامل المؤثرة في مجالات السلامة، ونظرًا لأن قوة المخاطرة لمستخدمي الطريق التي كان سببها الرئيسي السلوكيات السالفة الذكر لها قيمة قصوى في حدوث الاصطدام خاصة عندما

تنخفض المسافة بين مركبة مستخدمي الطريق 1 ومستخدم الطريق 2، يمكن استخدام بيانات التصادم ذات الصلة لتقدير الأبعاد المختلفة المطلوبة لتقدير مجال السلامة من خلال سيناريوهات مختلفة. حيث تسجل بيانات التصادم النموذجية القائمة على الذكاء الاصطناعي عدة متغيرات مهمة مثل خصائص مستخدمي الطريق (السرعة وقت الاصطدام، القيادة تحت تأثير القلق والعدوانية، وما إلى ذلك) التي يمكن أن تؤثر على أوقات استجابة مستخدمي الطريق، وباستخدام بيانات الفيديو الاصطدام الخلفي المذكورة أعلاه من جميع التقاطعات المزودة بإشارات في ولاية سطيف يمكن استخلاص النتائج الآتية: 1) مجموعة متنوعة من عوامل استخدام الطريق مثل الفئة العمرية للسائقين المعنيين (16–25، 40-60، أو 60+)، سواء كانوا شباب، أو كهول، فهم كلهم يتشاركون في السياقة بسرعة، مخالفة قواعد الطريق، وهذا تحت تأثير عامل رئيسي وهو القلق والعدوانية وقت وقوع الحادث، 2) عوامل السيارة مثل نوع السيارة ووجود أي عيوب ميكانيكية، و3) خصائص الطريق/العوامل البيئية مثل محاذاة الطريق (الأفقي والرأسي)، والظروف الجوية، وظروف سطح الطريق، والإضاءة المحيطة وهذه الظروف لها تأثير كبير وقت وقوع الحادث.

5. المناقشة

إن الأساليب السائدة لتقييم مستوى السلامة المرورية القائمة على الاصطدام المروري، بما في ذلك الصراع المروري بين مستخدمي الطريق لها عيوب كبيرة تتعلق بعدم النظر في سياقات عديدة في أسباب تلك الحوادث، و يكون عدم التجانس هذا بسبب اختلاف خصائص مستخدم الطريق والمركبة، ونتائج خطورة الحوادث المحتملة، ويمثل نموذج مجال السلامة المعتمد نظرية مجال السلامة المستمد من مجال الفيزياء والمقترح في هذه الدراسة مساهمة مهمة نحو تقييمات أكثر شمولاً لسلوكيات القلق والعدوانية أثناء السياقة الذي له تأثير مهم على مستوى السلامة المروية لما له من تأثير كبير في مستوى الصراع المروري بين السائقين أثناء القيادة.

وقد جاءت هذه الورقة من أجل معالجة الأسئلة البحثية التالية: 1) كيف يمكن استخدام مفهوم مجالات الطاقة من الفيزياء لتطوير نهج الارغونوميا المعرفية في تطبيقات الذكاء الاصطناعي؛ 2) كيف يمكن للارغونوميا المعرفية استيعاب المتغيرات السياقية المختلفة وعدم التجانس السائق والمركبة؛ 3) يمكن لمجال الارغونوميا المعرفية أن تمثل فرصة لتقييم سلوك القلق والعدوانية أثناء السياقة؛ و4) كيفية تطبيق نموذج الارغونوميا المعرفية بالموازاة مع تقنيات

أنظمة النقل الذكية لتقدير مخاطر الاصطدام المروري الناتج عن سلوك القلق والعدوانية أثناء السياقة. ويتعلق السؤال البحثي الأول بتطوير مجال الارغونوميا المعرفية المبنية على المفهوم الفيزيائي لمجالات الطاقة، وفي هذا السياق فإن تطبيق مجال الارغونوميا المعرفية يمكن التنبؤ من خلاله بأن خطر الاصطدام هو خاصية أساسية لحركات مستخدمي الطريق، ويفهم من ذلك أن مستخدم الطريق يتحرك بشكل حدسي نحو خطر الاصطدام المروري، هذا يعطي بشكل فعال اعتمادا على الذكاء الاصطناعي لتحقيق أعلى مستوى من الأمان السلوكي للسائقين أو على الأقل تقليل من مستوى خطر الاصطدام المروري إلى مستوى مقبول، ويشبه هذا السلوك المجال الكهربائي للإلكترون، حيث يمارس قوة على الجسيمات المشحونة الأخرى القريبة. ويتجلى مجال الارغونوميا المعرفية كقوة نفسية مثيرة يعاني منها العديد من مستخدمي الطريق الآخرين الذين يحافظون على فجوة آمنة، وأخيرا يمكن اعتبار مستوى التباعد لمستخدمي الطريق بمثابة تباعد الشحنات في المجال الكهربائي، ساعد هذا التشبيه في تطبيق مجال الارغونوميا المعرفية وصياغتها الأساسية لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في تحسين سلوكيات مستخدمي الطريق.

6. الاستنتاج

قدمت هذه الدراسة تطبيقًا جديدًا لمجال الارغونوميا المعرفية التي يمكن أن تتغلب على المخاطر المرورية مثل الاعتماد على السياق ومراعاة عدم تجانس السائق / السيارة، يسعى نموذج مجال الارغونوميا المعرفية المستمد من مجال الفيزياء إلى تقديم شرح أساسي لحركات مستخدمي الطريق الذين ينتهجون السلوكيات غير الآمنة في السياقة كالقلق والعدوانية في القيادة مع الأخذ بعين الاعتبار دوافعهم كاستجابةً لمحيطهم المباشر، وأيضا من خلال دمج حدوث الحوادث وتقدير مخاطر الخطورة ضمن إطار عمل نموذجي واحد، يوفر نموذج مجال السلامة طريقة فعالة وشاملة لتقييمات الحوادث الشاملة في مجال النقل.

تقدم هذه الدراسة العديد من المساهمات الهامة في ممارسة وتقييمات السلامة القائمة على تحديد مستوى معين من المخاطر المرورية، أولاً: وقبل كل شيء، تقدم الدراسة إطارًا شاملاً لتقييم مجال سلامة مستخدمي الطريق من خلال تصميم هرم للسلامة بناء على سلوك القلق والعدوانية أثناء السياقة، بما في ذلك مستويات خطورة الحوادث المختلفة، ثانيًا:

تم التحقق من صحة النهج المقترح للتطبيق في العالم الحقيقي من خلال دراسة العلاقة بدقة مع حوادث الطرق الملحوظة التي غالبًا ما تفتقر إلى المحاولات السابقة لتطبيق نماذج تشبه نظرية مجال السلامة لتقييم مخاطر الاصطدام المروري. لقد افترضت الدراسات السابقة ضمنيًا أن قوة الأمان الناتجة عن تفاعل مجالات الأمان "كافية" لمنع أي حادث ومع ذلك، فإن الأعمال السابقة بشكل عام لم تأخذ في الاعتبار الحالة التي يفشل فيها مستخدمو الطريق المتفاعلون في اتخاذ إجراءات المناورة اللازمة، قد يكون هذا الفشل في مراعاة السيناريوهات "الاستثنائية" في تطبيقات الذكاء الاصطناعي مثل توجيه المسار للمركبات وإشارات التحكم بأنظمة ذكية.

بالإضافة إلى ذلك فإن نموذج الارغونوميا المعرفية المقترح يأخذ بعين الاعتبار بوضوح مصادر عدم التجانس المختلفة التي قد تؤثر على مجال السلامة المرورية بصفة إجمالية، وبالتالي، فهو يوفر أداءً فائقًا للتنبؤ بمستوى بالتصادم مقارنة بمؤشرات التعارض النموذجية مثل الوقت المعدل حتى الاصطدام (MTTC) ومعدل التباطؤ لتجنب التصادم (DRAC) ، كما تفيد هذه المؤشرات في صياغة مجال السلامة من نقاط قوة مؤشرات المخاطر المرورية التي تتمثل في تفاعلات مستخدمي الطريق على المستوى الدقيق، ويتضمن أيضًا تأثير الأبعاد الأخرى كتدفق حركة المرور والعوامل البيئية للطريق التي تُبلغ بشكل لا شعوري قرارات الحركة ذات الصلة بالسلامة التي يتخذها مستخدمو الطريق، علاوة على ذلك يأخذ إطار مجال السلامة بشكل واضح في خطورة النتائج. حيث لا يحمل التفاعل بين سيارتين نفس المخاطر التي تحدث بين شاحنة وسيارة لأن شدة الاصطدام المتوقعة أعلى بكثير في الحالة الأخيرة، وللأسف تضطر الخوارزميات الحالية إلى التعامل مع الحالتين على أنهما نفس الأثر دون تقديم معلومات أكثر دقة في مستوى الخطورة. وبالتالي يوفر نموذج مجال السلامة اعتمادا على الذكاء الاصطناعي تقديرًا أكثر واقعية لمخاطر الاصطدام.

تمثل هذه الدراسة إحدى الفرص البحثية المستقبلية المثيرة في استخدام الارغونوميا المعرفية، التي تعتمد على بيانات الفيديو القائمة على الذكاء الاصطناعي للتحكم بشكل أكثر دقة إشارات التحكم الضوئية، خاصة في تقاطعات الطرق وأثناء الازدحام المروري الذي يوثر بشكل سلبي على سلوكيات السائق كالقلق والعدوانية أثناء القيادة، نموذج مجال السلامة اعتماداً على أنظمة النقل الذكية تعطي المعلومات الدقيقة لكل من السائق والمركبة، وإجمالا يمكن لمجال الارغونوميا المعرفية بالتوازي مع استخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي أن يعطي

تحليلا دقيقا وموضوعيا لمجال السلامة المرورية في الوقت الفعلي لكل من المركبات وكذا سلوكيات السائق على حد سواء.

7. قائمة المراجع

1. Ali, Y., Haque, M.M., Zheng, Z. (2022) An extreme value theory approach to estimate crash risk during mandatory lane-changing in a connected environment. Analytic Methods in Accident Research 33, 100193.
2. Arun, A., Haque, M.M., Bhaskar, A., Washington, S., Sayed, T. (2021a. A bivariate extreme value model for estimating crash frequency by severity using traffic conflicts. Analytic Methods in Accident Research 32, 100180.
3. Arun, A., Haque, M.M., Bhaskar, A., Washington, S., Sayed, T. (2021b) A systematic mapping review of surrogate safety assessment using traffic conflict techniques. Accident Analysis and Prevention 153, 106016.
4. Arun, A., Haque, M.M., Washington, S., Sayed, T., Mannering, F. (2021c) A systematic review of traffic conflict-based safety measures with a focus on application context. Analytic Methods in Accident Research 32, 100185.
5. Arun, A., Haque, M.M., Bhaskar, A., Washington, S. (2022a) Transferability of multivariate extreme value models for safety assessment by applying artificial intelligence-based video analytics. Accident Analysis & Prevention 170, 106644.
6. Arun, A., Haque, M.M., Washington, S., Sayed, T., Mannering, F. (2022b.)How many are enough?: Investigating the effectiveness of multiple conflict indicators for crash frequency-by-severity estimation by automated traffic conflict analysis. Transportation Research Part C 138, 103653.
7. Asljung, D., Nilsson, J., Fredriksson, J., 2017. Using extreme value theory for vehicle level safety validation and implications for autonomous vehicles. IEEE Transactions on Intelligent Vehicles 2 (4), 288–297.
8. Beirlant, J., Goegebeur, Y., Segers, J., Teugels, J.L. (2004) Statistics of Extremes: Theory and Applications.
9. John Wiley & Sons. Cavadas, J., Azevedo, C.L., Farah, H., Ferreira, A. (2020) Road safety of passing maneuvers: A bivariate extreme value theory approach under non-stationary conditions. Accident Analysis and Prevention 134, 105315.
10. Coles, S. (2001) An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values. UK, Springer-Verlag, London, London.
11. Coulomb, M. (1785) Second mémoire sur l'électricité et le magnétisme. Histoire de I'Académie Royale des Sciences 88, 578–611.
12. De Haan, L., De Ronde, J. (1998) Sea and wind: Multivariate extremes at work. Extremes 1 (1), 7–45.
13. Ding, N., Jiao, N., Zhu, S., Liu, B. (2019) Structural equations modeling of real-time crash risk variation in car-following incorporating visual perceptual, vehicular, and roadway factors. Accident Analysis and Prevention 133, 105298.
14. Essa, M., Sayed, T. (2020) Self-learning adaptive traffic signal control for real-time safety optimization. Accident Analysis and Prevention 146, 105713.
15. Farhadi, A., Redmon, J. (2018) Yolov3: An Incremental Improvement. Computer Vision and Pattern Recognition. Springer, Berlin/Heidelberg, Germany. 1804-02.
16. Fu, C., Sayed, T. (2021a) Comparison of threshold determination methods for the deceleration rate to avoid a crash (DRAC)-based crash estimation. Accident Analysis and Prevention 153, 106051.
17. Fu, C., Sayed, T., Zheng, L. (2020) Multivariate Bayesian hierarchical modeling of the non-stationary traffic conflict extremes for crash estimation. Analytic Methods in Accident Research 28, 100135.

18. Fu, C., Sayed, T. (2021b) Multivariate Bayesian hierarchical gaussian copula modeling of the non-stationary traffic conflict extremes for crash estimation. Analytic Methods in Accident Research 29, 100154.
19. Gao, K., Yan, D., Yang, F., Xie, J., Liu, L., Du, R., Xiong, N., 2019. Conditional artificial potential field-based autonomous vehicle safety control with interference of lane changing in mixed traffic scenario. Sensors (Basel) 19.
20. Gibson, J.J., Crooks, L.E. (1938) A theoretical field-analysis of automobile-driving. The American Journal of Psychology 51 (3), 453–471.
21. Hang, P., Lv, C., Xing, Y., Huang, C., Hu, Z. (2021) Human-like decision making for autonomous driving: A noncooperative game theoretic approach. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems 22 (4), 2076–2087.
22. Hediyeh, H., Sayed, T., Zaki, M.H. (2015) The use of gait parameters to evaluate pedestrian behavior at scramble phase signalized intersections. Journal of Advanced Transportation 49, 523–534.
23. Helbing, D., Molnar, P. (1995) Social force model for pedestrian dynamics. Physical Review E 51 (5), 4282–4286.
24. Helbing, D., Tilch, B. (1998) Generalized force model of traffic dynamics. Physical Review E 58 (1), 133–138.
25. Huang, Z., Chu, D., Wu, C., He, Y. (2019) Path planning and cooperative control for automated vehicle platoon using hybrid automata. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems 20 (3), 959–974.
26. Hydén, C. (1987) The Development of a Method of Traffic Safety Evaluations: The Swedish Traffic Conflicts Technique PhD. Lund University.
27. Ismail, K., Sayed, T., Saunier, N., Bartlett, M. (2013) A methodology for precise camera calibration for data collection applications in urban traffic scenes. Canadian Journal of Civil Engineering 40 (1), 57–67.
28. Ji, J., Khajepour, A., Melek, W.W., Huang, Y. (2017) Path planning and tracking for vehicle collision avoidance based on model predictive control with multiconstraints. IEEE Transactions on Vehicular Technology 66 (2), 952–964.
29. Khatib, O., 1986. Real-time obstacle avoidance for manipulators and mobile robots. The International Journal of Robotics Research 5 (1), 90–98.
30. Kolekar, S., De Winter, J., Abbink, D. (2020) Human-like driving behavior emerges from a risk-based driver model. Nature Communications 11, 4850.
31. Laureshyn, A., Svensson, A., Hyden, C. (2010) Evaluation of traffic safety, based on micro-level behavioral data: Theoretical framework and first implementation. Accident Analysis and Prevention 42 (6), 1637–1646.
32. Li, Y., Chen, Y. (2018) A new method based on field strength for road infrastructure risk assessment. Journal of Advanced Transportation, 6379146.
33. Li, B., Du, H., Li, W. (2016) A potential field approach-based trajectory control for autonomous electric vehicles with in-wheel motors. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems 18 (8), 2044–2055.
34. Li, L., Gan, J., Ji, X., Qu, X., Ran, B. (2020a) Dynamic driving risk potential field model under the connected and automated vehicles environment and its application in car-following modeling. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 1–20.
35. Li, L., Gan, J., Yi, Z., Qu, X., Ran, B. (2020b) Risk perception and the warning strategy based on safety potential field theory. Accident Analysis and Prevention 148, 105805.
36. Li, L., Gan, J., Qu, X., Lu, W., Mao, P., Ran, B. (2021a) A dynamic control method for CAVs platoon based on the MPC framework and safety potential field model. KSCE Journal of Civil Engineering 25 (5), 1874–1886.
37. Li, L., Gan, J., Qu, X., Mao, P., Yi, Z., Ran, B. (2021b) A novel graph and safety potential field theory-based vehicle platoon formation and optimization method. Applied Sciences 11 (3), 958.
38. Li, L., Ji, X., Gan, J., Qu, X., Ran, B. (2021c) A macroscopic model of

heterogeneous traffic flow based on the safety potential field theory. IEEE Access 9, 7460–7470.
39. Lu, B., Li, G., Yu, H., Wang, H., Guo, J., Cao, D., He, H. (2020) Adaptive potential field-based path planning for complex autonomous driving scenarios. IEEE Access 8, 225294–225305.
40. Mannering, F. (2018) Temporal instability and the analysis of highway accident data. Analytic Methods in Accident Research 17, 1–13.