

А.В. Йовченко, доц., канд. техн. наук, **І.А. Шльончак**, доц., канд. техн. наук
Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна
e-mail: a.yovchenko@chdtu.edu.ua; Igor_Shlionchak@ukr.net; 438knl@gmail.com 146

Розробка алгоритма моніторингу стану водія за допомогою Android-застосунку з метою підвищення рівня активної безпеки

В статті виконано аналіз методів моніторингу небезпечного стану водія під час руху транспортного засобу. Наведено перелік програм, які використовуються при цьому. Для проведення досліджень було обрано мобільний додаток Drive Safely, в основу роботи якого покладено моніторинг стану очей та роту водія. Згідно проведених досліджень PERCLOS очей не повинен перевищувати 28 %, а PERCLOS роту не повинен перевищувати 30 %. Розроблено алгоритм розпізнавання аварійних ситуацій у кабіні транспортного засобу на основі зображення очей та роту водія із фронтальної камери смартфона. **моніторинг, небезпечний стан, водій, активна безпека, аварійні ситуації, смартфон, транспортний засіб**

Постановка проблеми. Безпека дорожнього руху - це одне з найважливіших завдань суспільства, а дорожньо-транспортні пригоди (ДТП) є однією з найсерйозніших загроз для здоров'я та життя людей у всьому світі. Кількість ДТП, викликані станом втоми або ослаблення уваги водія за кермом транспортного засобу (ТЗ), з кожним роком зростає та призводить до травматизму серед населення у всьому світі. Симптомами сонливості водія є: повіки моргають частіше, стають важчими; зі складністю фокусується зір; часте позіхання; важко тримати голову прямо; водій не звертає уваги на дорожні знаки, з'їжджає зі смуги руху, виїжджаючи на узбіччя, та не витримує належної дистанції руху [1-3].

Слід зазначити, що для підвищення рівня активної безпеки, потрібно звернути ретельну увагу на роботу системи «водій-автомобіль-дорога». Наприклад, відомо, що під час руху водії повинні враховувати небезпеку, наслідки втоми та підвищеного рівня сонливості завжди. Однак, перед тим, як почати рух, необхідно створити умови з правильним режимом праці та відпочинку. Стосовно доріг, їх потрібно обладнати віброшумовими бордюрами на узбіччі або розділовій смузі. Саме такі конструктивні елементи доріг будуть знижувати кількість ДТП за рахунок активації водія, що перебувають у сонному стані. А от щодо ТЗ, то автомобілі слід обладнати системами, здатними виявляти зміни фізіологічного рівня неспання та параметрів керування, характерних для стомленого водія [4]. Дослідженню саме цієї проблематики і присвячена дана робота.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оскільки обладнати ТЗ сучасними системами активної безпеки досить витратно та доступно лише для автомобілів класу преміум, набуває поширення моніторинг стану водія за допомогою смартфона, який є в наявності практично в кожного.

В роботах [5-8] зазначається, що мобільні системи допомоги водієві здійснюють постійне спостереження за поведінкою водія в кабіні ТЗ та ситуацією навколо нього. При цьому відтворюється реальна картина дорожнього руху з метою підвищення рівня активної безпеки.

Наявність вбудованої в смартфон фронтальної камери дозволяє фіксувати зображення обличчя людини, передавати отриману інформацію алгоритмам комп'ютерного зору, не вимагаючи установки додаткового спеціалізованого апаратного устаткування. Як зазначається у роботі [9], смартфони з фронтальною камерою, акселерометром, GPS, магнітометром, гіроскопом тощо можуть застосовуватись в системах активної безпеки водія ТЗ при розробці програм моніторингу поведінки водія, розпізнаючи характеристики його обличчя, зокрема очей та роту, а також встановлюючи стан ослабленої уваги або втоми під час руху. Одними із популярних мобільних Android-застосунків, які виконують вище зазначені завдання, є: iOnRoad, Augmented Driving, NightDrive, Driver Guard, Nexar – AI Dashcam, Drive Safely [10-14].

Автори робіт [11-12] зазначають, що з використанням, наприклад, додатку iOnRoad об'єкти попереду водія реєструються в реальному часі, визначаючи швидкість за допомогою сенсорів. Augmented Driving надає водієві інформацію щодо недотримання дистанції з ТЗ, що рухається попереду, про перевищення швидкості ТЗ та перетинання дорожньої розмітки. Застосунок NightDrive слідкує за очима та попереджає про стан ослабленої уваги водія. Driver Guard попереджує про фронтальне зіткнення. Nexar AI Dashcam – записує відеопоток, зберігає номерні знаки ТЗ, що порушують правила дорожнього руху. Drive Safely моніторить стан очей, нахил голови та одночасно є навігатором. Однак, дані програми працюють окремо одна від одної, тобто між ними немає функціонального зв'язку. Ось чому постає потреба в розробці застосунка, у якого буде функціональний зв'язок між різними параметрами втоми водія з метою підвищення рівня активної безпеки [13-14].

Оскільки найбільша кількість ДТП трапляється через втому та ослаблену увагу водія із переліку наданих програмних Android-застосунків для проведення досліджень було обрано мобільний додаток Drive Safely. В основу роботи даного застосунка покладено моніторинг стану очей та роту.

Моніторинг стану рівня втоми водія за кермом відбувається з використанням індикатора сонливості PERCLOS (PERcentage of eye CLOSure – час, протягом якого очі водія закриті деякий час). Робочим параметром даного застосунка є тривалість закриття повік, яка не повинна перевищувати 3 секунди [15]. При сонливості швидкість реакції та координація рухів водія уповільнюється, знижується увага та пам'ять. А від так водії можуть не усвідомлювати, що вони знаходяться в стані сонливості.

Одночасне використання комплексу характеристик обличчя водія підвищує точність та достовірність отриманих результатів розпізнавання. Такі функціональні параметри PERCLOS, як: відкритість та закритість очей; напрям погляду; тривалість та частота моргання повік; кут нахилу та повороту голови; ступінь відкритості роту людини тощо, здійснюється за допомогою програмних бібліотек OpenCV та Dlib. Останні використовують 68 характерних точок людини, в тому числі положення та розміри очей, роту і носу. Система PERCLOS характеризує також і час, протягом якого повіки водія закриті більш ніж на 80 %. Якщо показник PERCLOS спостерігається понад 28 % часу протягом однієї хвилини, то вважається, що людина перебуває у стані сонливості. Додатковим критерієм визначення сонливості є частота моргання очей. Тривалість моргання повік визначається як час, витрачений на змикання верхньої та нижньої повік. Позіхання також є важливим параметром і часто використовується індикатором при моніторингу стану сонливості водія. Як результат, швидкість реакції водія уповільнюється, ускладнюється прийняття рішень, а також знижується увага, пам'ять, страждає координація рухів [16].

Також потрібно врахувати, що при керуванні ТЗ більше чотирьох годин знижується швидкість реагування водія вдвічі, протягом 8 годин в 5-7 разів. Водій стає

неуважним: голова може бути повернута або не спрямована в напрямку руху ТЗ більш, ніж на 2 секунди. При проходженні водієм поворотів ліворуч чи праворуч кут повороту голови водія фіксується в межах 15° чи взагалі відсутній в напрямку руху ТЗ. При цьому водій перебуває в стані невпевненості безпеки маневру [17-18].

Постановка завдання. Метою роботи є аналіз існуючих систем моніторингу стану водія з використанням мобільного Android-застосунку, для підвищення рівня активної безпеки, з розробкою алгоритму моніторингу стану водія. При цьому враховуються такі параметри, як поворот та нахил голови, тривалість моргання повіками, позіхання. Як результат аналізується стан сонливості, ослабленої уваги та сп'яніння водія.

Виклад основного матеріалу. Для визначення моргання очей використовується коефіцієнт співвідношення висоти та ширини ока *Ear* – показник PERCLOS (рис. 1).



Рисунок 1 – Схематичне позначення коефіцієнта співвідношення висоти та ширини ока EAR

Джерело: розроблено авторами

Коефіцієнт співвідношення висоти та ширини ока можна розрахувати за наступною формулою:

$$ear = \frac{|p_2 - p_6| + |p_3 - p_5|}{2|p_1 - p_4|} \quad (1)$$

Коефіцієнт співвідношення висоти та ширини ока *ear* має менші значення коли очі відкриті, та більші – коли закриті. Наприклад, при значенні 0,23 очі слід вважати закритими.

Критерієм дрімоти є стан, коли очі закриті більше ніж на 80 % протягом однієї хвилини. У водіїв, що знаходяться в стані дрімоти, уповільнені рухи очей, зменшений тонус м'язів обличчя і збільшений час закритих очей.

Позіхання менш небезпечніше для водіїв у порівнянні із закритістю очей. Для моніторингу позіхання використовується співвідношення сторін роту, тривалість позіхання та їх періодичність. Потрібно враховувати, що позіхання може відбутися і в нормальному стані людини. Згідно [19] очі та рот можуть бути в одному з трьох станів: закриті, напіввідкриті чи повністю відкриті. Це відповідає низькочастотному, проміжному та високочастотному станам. Стан втоми можна поділити на три рівні: нормальна, легка та сильна втома. Шляхом тестування частоти моргання та позіхання необхідно проаналізувати різні стани втоми: від легкої до важкої. В роботі [20-21] PERCLOS очей при проміжному стані не повинен перевищувати 21 %. Однак, згідно проведених нами досліджень та при аналізі літературних даних цей параметр не повинен перевищувати 28 %. Три параметри PERCLOS очей (P) та PERCLOS роту (K) наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – PERCLOS очей та роту

Стан	Низькочастотний	Проміжний	Високочастотний
Рот	$K < 20\%$	$20\% < K < 30\%$	$K > 30\%$
Очі	$P < 13\%$	$13\% < P < 28\%$	$P > 28\%$

Джерело: розроблено на підставі [20-21]

Розпізнавання стану сонливості та ослабленої уваги було проведено з використанням смартфона Samsung Galaxy A8 та програмного забезпечення Drive Safely. На основі проведених досліджень зовнішніх ознак втомлюваності, при різних параметрах PERCLOS очей та роту, можна визначити 9 різних станів водія (табл. 2).

Таблиця 2 – Таблиця зовнішніх ознак втомлюваності

Ситуація	Рот	Очі	Результат
1	Низькочастотний	Низькочастотний	Бадьорість
2	Низькочастотний	Проміжний	Незначна втома
3	Низькочастотний	Високочастотний	Сильна втома
4	Проміжний	Низькочастотний	Бадьорість
5	Проміжний	Проміжний	Сильна втома
6	Проміжний	Високочастотний	Сильна втома
7	Високочастотний	Низькочастотний	Незначна втома
8	Високочастотний	Проміжний	Сильна втома
9	Високочастотний	Високочастотний	Сильна втома

Джерело: розроблено авторами

Було оцінено точність розпізнавання небезпечного стану водія залежно від рівня освітлення в кабіні ТЗ (рис. 2).

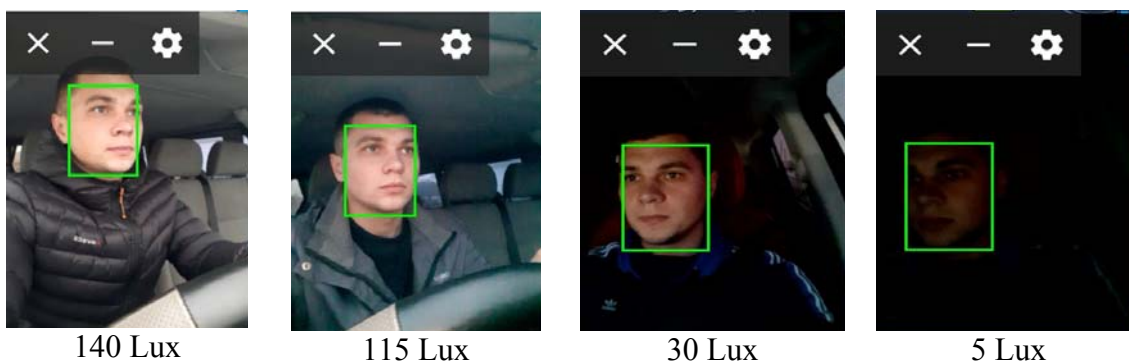


Рисунок 2 – Реєстрація стану водія з використанням програмного Android-застосунка Drive Safely в залежності від рівня освітленості

Джерело: розроблено авторами

Смартфон було встановлено таким чином, щоб камера мала можливість повністю знімати положення голови та характеристики обличчя. При цьому забезпечувалося відсутність зайвих предметів в кадрі.

На основі проведених досліджень, точність розпізнавання стану водія при використанні програмного забезпечення Drive Safely становила 80 % при мінімальному рівні освітленості 30 Lux (рис. 3).

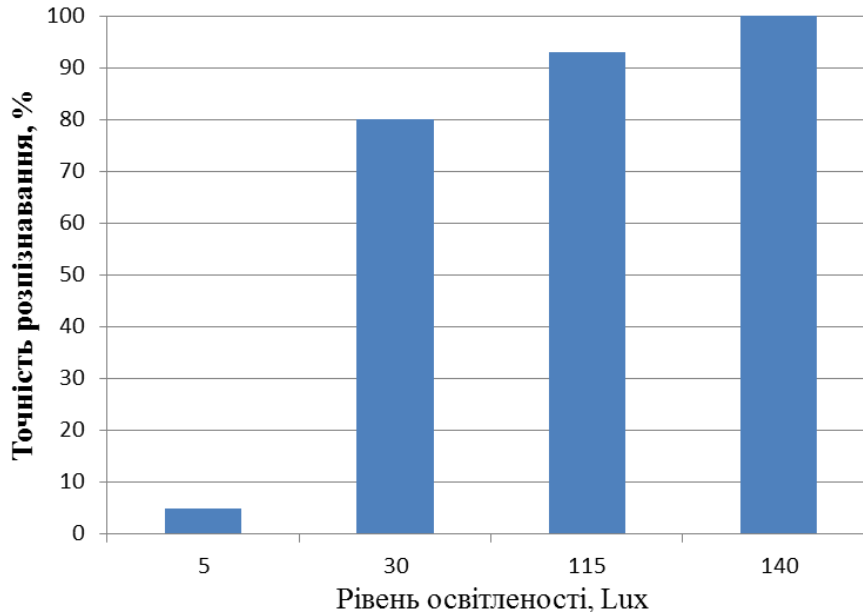


Рисунок 3 – Залежність точності розпізнавання характеристик обличчя від рівня освітленості в кабіні ТЗ

Джерело: розроблено авторами

Під час руху ТЗ, якщо водій знаходиться в небезпечному стані, час до зіткнення становить 2-3 секунд. Традиційно це залежить від реальних умов руху ТЗ та часу реакції водія, яка зазвичай сягає від 0,5 до 1,5 секунд. У свою чергу час реакції водія характеризує момент виявлення небезпечного стану до початку прийняття водієм відповідних рішень.

В результаті проведеного аналізу існуючих Android-застосунків розроблено алгоритм розпізнавання аварійних ситуацій у кабіні ТЗ. Алгоритм було отримано на основі зображення фронтальної камери смартфона (рис. 4).

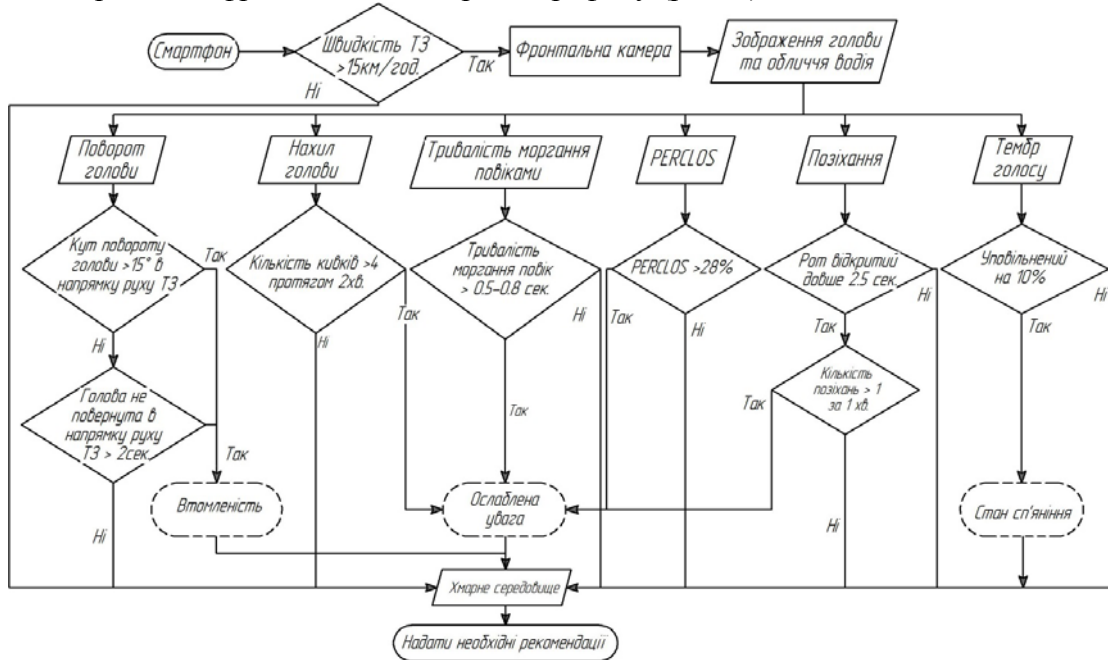


Рисунок 4 – Алгоритм розпізнавання аварійних ситуацій у кабіні ТЗ на основі зображення фронтальної камери смартфона

Джерело: розроблено авторами

В даному алгоритмі враховано всі можливі небезпечні стани водія, що перебуває за кермом ТЗ. Для кращого функціонування такого алгоритму необхідно, щоб він був з'єднаний з хмарним середовищем для самовдосконалення за рахунок взаємодії з іншими учасниками дорожнього руху.

Камера смартфона отримує відповідний масив вхідних параметрів. Далі виконується конвертування отриманих даних та обробка параметрів водія. При цьому звертається обов'язкова увага на інші функціонали смартфона, а саме: показники акселерометру, магнітометру, гіроскопу, GPS, мікрофону. Всі ці параметри допомагають більш адекватно охарактеризувати поточний стан водія, виявити небезпечну його поведінку та надати необхідні рекомендації. Для ефективної роботи смартфон збирає таку інформацію про водія, як: поворот та нахил голови, тривалість моргання повіками, показники PERCLOS, позіхання, а також тембр голосу.

Висновки. В результаті проведених досліджень було здійснено аналіз існуючих систем моніторингу стану водія з використанням мобільного Android-застосунку Drive Safely. При цьому враховувались наступні параметри: поворот і нахил голови, моргання та позіхання, стан сонливості, ослабленої уваги чи сп'яніння. Ці параметри можна розглядати окремо, поєднувати та, як наслідок, визначати стан людини.

В результаті проведеного аналізу існуючих Android-застосунків розроблено алгоритм розпізнавання аварійних ситуацій у кабіні ТЗ. Алгоритм було отримано на основі зображення фронтальної камери смартфона. Використання в програмі даного алгоритму та під'єднання його результатів до хмарного середовища дозволить йому самовдосконалюватись та підвищить ефективність функціонування, підвищуючи таким чином рівень активної безпеки.

Список літератури

1. Driver fatigue and road accidents. The Royal Society for the Prevention of Accidents, 2011. 4 p.
2. Akerstedt T., Gillberg M. Subjective and objective sleepiness in the active individual. *Int. Journal Neurosci.* 2014. Vol. 52. p. 29-37
3. Driver Identification Using Driving Behavior Signals / T. Wakita et al. *Proceedings of the IEEE Intelligent Transportation Systems*, 2005. 396-401p.
4. Гюлев, Н. У., Доля В. К., Доля О. В. Экспериментальное определение транспортного утомления пассажиров при поездке на работу. Київ: УкрНИИТИ 18.06.90 г., № 1136.Укр90
5. Jiadi Yu, Yingying Chen, Xiangyu Xu. Sensing Vehicle Conditions for Detecting Driving Behaviors, 2018. 81 p.
6. Distracted Driving: Traffic Safety Facts Research Note. Report No. DOT HS 812 517, Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration. April, 2018. 6 p.
7. Global status report on road safety 2022. Geneva: World Health Organization; 2022. URL: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/277370/WHO-NMH-NVI-18.20-eng.pdf>.
8. Fatigue and crash risk URL: https://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/knowledge/fatigue/fatigue_and_road_crashes/fatigue_and_crash_risk_en.
9. W. Sakpere, M. Adeyeye-Oshin, N. Mlitwa. A state-of-the-art survey of indoor positioning and navigation systems and technologies. *South African Computer Journal.* №29. 2017. 145-197p.
10. iOnRoad. URL: <http://www.ionroad.com> (дата звернення: 17.03.2023).
11. Augmented Driving. URL: <http://www.imaginize.com/> (дата звернення: 20.03.2023)
12. Driver Guard, URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.badrit.cv.vehicledetect> (дата звернення: 20.03.2023).
13. Nexar – AI Dashcam. URL: <https://www.getnexar.com/> (дата звернення: 20.03.2023)
14. NightDrive. URL: <https://itunes.apple.com/us/app/nightdrive/id902703316?mt=8> (дата звернення: 20.03.2023).
15. Dinges, D. PERCLOS: A Valid Psychophysiology Measure of Alertness as Assessed by Psychomotor Vigilance, Technical Report Federal Highway Administration: Washington, DC, USA, 2018
16. Viola P., Jones M. Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features Mitsubishi Electr. Res. Labs. Cambridge, MA, USA, 2014.
17. Open CV library, URL: <https://opencv.org/> (дата звернення 20.03.2023).

18. Метод Виолы-Джонса как основа для распознавания лиц, URL: <https://habrahabr.ru/post/133826/>.
19. Soukupova T, Cech J. Real-Time Eye Blink Detection using Facial Landmarks, Center for Machine Perception, Department of Cybernetics Faculty of Electrical Engineering, Czech Technical University in Prague, 2016.
20. Towards Data Science, 2016. URL: <https://towardsdatascience.com/> (дата звернення 20.03.2023).
21. Eriksson, M. Eye-tracking for detection of driver fatigue. Papanikolopoulos, Proceedings of the IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2017. 314-319p.

References

1. Driver fatigue and road accidents (2011). The Royal Society for the Prevention of Accidents [in English].
2. Akerstedt, T. (2014) . Subjective and objective sleepiness in the active individual. *Int. J. Neurosci. Vol. 52.* 29-37 [in English].
3. Driver Identification Using Driving Behavior Signals (2015). *Proceedings of the IEEE Intelligent Transportation Systems.* 396-401 [in English].
4. Gjulev, N.U., Dolja V.K., & Dolja, O.V. Jeksperimental'noe opredelenie transportnogo utomlenija passazhirovo pri poezdke na rabotu. Kiiiv: UkrNIINTI 18.06.90 g., № 1136.Uk90 [in Russian].
5. Jiadi, Yu, Yingying, Chen & Xiangyu, Xu (2018). Sensing Vehicle Conditions for Detecting Driving Behaviors [in English].
6. Distracted Driving: Traffic Safety Facts Research Note (2018). *Report No. DOT HS 812 517, Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration. April, 6* [in English].
7. Global status report on road safety (2023). Geneva: World Health Organization. *apps.who.int* . Retrieved from <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/277370/WHO-NMH-NVI-18.20-eng.pdf>. [in English].
8. Fatigue and crash risk (2015). *ec.europa.eu* , Retrieved from https://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/knowledge/fatigue/fatigue_and_road_crashes/fatigue_and_crash_risk_en [in English].
9. W. Sakpere, M. Adeyeye-Oshin & N. Mlitwa (2017). A state-of-the-art survey of indoor positioning and navigation systems and technologies. *South African Computer Journal. №29.* 145-197 [in English].
10. iOnRoad (2023). *ionroad.com*. Retrieved from <http://www.ionroad.com> [in English].
11. Augmented Driving (2023). Retrieved from <http://www.imaginyze.com/> [in English].
12. Driver Guard (2023). *play.google.com* . Retrieved from <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.badrit.cv.vehicledetect> [in English].
13. Nexar – AI Dashcam. (2023). *getnexar.com*. Retrieved from <https://www.getnexar.com/> [in English].
14. NightDrive (2023). *itunes.apple.com*. Retrieved from <https://itunes.apple.com/us/app/nightdrive/id902703316?mt=8> [in English].
15. Dinges, D. (2018). PERCLOS: A Valid Psychophysiology Measure of Alertness as Assessed by Psychomotor Vigilance. *Technical Report Federal Highway Administration: Washington, DC, USA* [in English].
16. Viola, P. & Jones, M. (2014). Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features, *Mitsubishi Electr. Res. Labs. Cambridge, MA, USA* [in English].
17. Open CV library (2023). *opencv.org*. Retrieved from <https://opencv.org/> [in English].
18. Метод Виолы-Джонса как основа для распознавания лиц [Viola-Jones method as a basis for face recognition]. (2023). *habrahabr.ru*. Retrieved from <https://habrahabr.ru/post/133826/> [in Russian].
19. Soukupova, T. & Cech, J. (2016). Real-Time Eye Blink Detection using Facial Landmarks. Center for Machine Perception, *Department of Cybernetics Faculty of Electrical Engineering, Czech Technical University in Prague* [in English].
20. Towards Data Science. (2016). *towardsdatascience.com*. Retrieved from URL: <https://towardsdatascience.com/> [in English].
21. Eriksson, M. (2017). Eye-tracking for detection of driver fatigue. *Papanikolopoulos, Proceedings of the IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, 314-319 [in English].

Alla Yovchenko, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Ihor Shlionchak**, Assoc. Prof., PhD tech. sci.
Cherkassy State Technological University, Cherkassy, Ukraine

Development of an Algorithm for Monitoring the Driver's Condition Using an Android Application in Order to Increase the Level of Active Safety

The purpose of the research is the analysis of existing systems for monitoring the driver's condition using an Android mobile application to increase the level of active safety with the development of an algorithm for monitoring the driver's condition. At the same time, such parameters as turns and tilts of the head, duration of eyelid blinking, yawning are taken into account. As a result, the state of drowsiness, impaired attention, and drunkenness of the driver is analyzed.

The article analyzes the methods of monitoring the dangerous condition of the driver during the movement of the vehicle. The list of programs used in this case is given. The Drive Safely mobile application was chosen for the research, which is based on monitoring the condition of the driver's eyes and mouth. Based on research, eye PERCLOS should not exceed 28% and mouth PERCLOS should not exceed 30%. An algorithm for recognizing emergency situations in the vehicle cabin based on the image of the driver's eyes and mouth from the front camera of a smartphone has been developed. As a result of the analysis of existing Android applications, an algorithm for recognizing emergency situations in the cabin of the vehicle was developed. The algorithm was obtained based on the image of the smartphone's front camera. This algorithm takes into account all possible dangerous conditions of the driver behind the wheel of the vehicle.

As a result of the conducted research, an analysis of the existing systems for monitoring the driver's condition using the Drive Safely mobile Android application was carried out. As a result of the analysis of existing Android applications, an algorithm for recognizing emergency situations in the cabin of the vehicle was developed. The use of this algorithm in the program and the connection of its results to the cloud environment will allow it to self-improve and increase the efficiency of its operation, thus increasing the level of active security.

monitoring, dangerous condition, driver, active safety, emergency situations, smartphone, vehicle

Одержано (Received) 23.03.2023

Прорецензовано (Reviewed) 04.04.2023

Прийнято до друку (Approved) 29.05.2023

УДК 629.114.45

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.7\(38\).2.146-153](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.7(38).2.146-153)

І.О. Хітров, доц., канд. техн. наук

*Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне,
Україна*

e-mail: i.o.khitrov@nuwm.edu.ua

Аналіз конструкції кузова вантажного транспортного засобу

Конструктивні параметри сучасних кузовів вантажних транспортних засобів повинні враховувати визначальні властивості перевезеного вантаж, умови експлуатації та спеціальні вимоги їх перевезень. У статті наведено аналіз типів кузовів транспортних засобів для вантажних перевезень. Розкрито їх призначення, конструктивні особливості і способи виготовлення. Описано вибір типу кузова для визначеного виду вантажу.

вантажний транспортний засіб, кузов, конструкція, спосіб виконання

Постановка проблеми. Транспорт є важливою складовою частиною єдиної транспортної системи нашої країни, за допомогою якого забезпечується задоволення

потреб населення та суспільного виробництва у перевезеннях пасажирів та доставки вантажів. Особлива увага приділяється спеціалізованому рухомому складу автомобільного транспорту (самоскиди, цистерни, фургони та ін.), які у свою чергу потребують спеціально підібраних типів кузовів для забезпечення цілісності вантажів з врахуванням його виду, величини партії та умов перевезень, можливості механізації вантажно-розвантажувальних робіт тощо.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У науково-технічних джерелах в достатній мірі висвітлено результати досліджень конструктивних особливостей транспортних засобів та їх експлуатаційних властивостей, яка базується на відповідності науково-практичному взаємозв'язку між його конструкцією та ефективністю використання.