

Қауіпті жағдайлардың алдын алу үшін жүргізушінің автоматтандырылған бақылауы

^{1*}ШВЕЦ Ольга Яковлевна, т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, olga.shvets75@gmail.com,

¹СМАҚАНОВ Бауыржан Серікқанұлы, докторант, bauka.10.10@mail.ru,

¹«Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті» КеАҚ, Қазақстан, Өскемен, А.К. Протозанов көшесі, 69,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Зерттеудің мақсаты – көлік құралының жүргізушісінің жағдайын анықтау үшін заманауи модельдеу құралдарын пайдалану және жүргізушіні қауіпті жағдайдың пайда болуы туралы бақылау және ескерту үшін қолданылатын алгоритмді бағдарламалық қамтамасыз ету. Мақалада осы тақырып бойынша соңғы жылдардағы зерттеулерге шолу жасалады. Модельдеу құралдарын таңдау және анық емес логика аппаратын пайдалану талданып, негізделеді. Смартфонды пайдалана отырып, жүргізушінің мінез-құлқын бақылаудың қазақстандық жүйесін дамытудың негіздемесі келтірілген. Зерттеу нәтижесінде C# бағдарламалау тілінде бағдарламалық өнім жасалды. Жүргізушінің күйін тану алгоритмінің жұмыс қабілеттілігі тексерілді, оны әзірлеуді жетілдіру және оны тәжірибеде тікелей көлік салонында пайдалану жолдары анықталды.

Кілт сөздер: модельдеу, анық емес логика, адам жағдайы, бағдарламалау, мониторинг, тану, нейрондық желілер, бейнеталдау, суреттерді өңдеу, жіктеу.

Кіріспе. Қазіргі уақытта жол-көлік оқиғалары бүкіл әлемде адам денсаулығы мен өміріне ең ауыр келетін қатерлердің бірі болып табылады. Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымының [1, 2] зерттеуіне сәйкес, әлемде жыл сайын жол-көлік оқиғаларының салдарынан 1,25 миллионға жуық адам өліп, 50 миллионға дейін адам жарақат алады. Жыл сайын жүргізушінің көлік жүргізу кезінде шаршауынан немесе зейінінің нашарлауынан [3] болатын жол-көлік оқиғаларының саны өсуде және тұрғындар арасында жарақат алуға алып соғады. Көлікте отырған көптеген жүргізушілер шаршағанын немесе зейіні әлсірегенін сезінеді. Кейде олар өздерінің мұндай күйде екенін де білмейді. Жол қозғалысы қауіпсіздігі ұлттық басқармасының (NHTSA) есебіне сәйкес, жол-көлік оқиғаларының тоғыз пайызына дейін жүргізушінің көлікті басқару кезінде шаршауынан болады [3].

Жүргізушіге қауіпті жағдайдың туындағаны туралы ескерту және бақылау мәселесі туындайды. Бұл мәселенің шешімі ретінде ғылыми қауымдастық белсенді қауіпсіздік жүйелерін әзірлеу тәсілін ұсынды. Қауіпті көлік жүргізу тәртібін бақылау [4] жүргізушінің назарын олардың жүргізу стиліне және онымен байланысты тәуекелдерге аударуға көмектеседі, осылайша абайсызда жүргізуді азайтады және жол қауіпсіздігі дағдыларын арттырады. Бұл зерттеудің мақсаты қазіргі заманғы модельдеу құралдарын және алгоритмді

бағдарламалық қамтамасыз етуді қолдану арқылы драйвердің күйін анықтау болып табылады.

Сұрақ теориясы. Қоршаған ортаны бақылау және жүргізушіні ескерту жүйелерін әзірлеу бойынша алғашқы зерттеулер 90-шы жылдары жүргізілді [5]. Бүгінгі таңда өндіруші зауыттан жеткізілетін әрбір жаңа автомобиль қауіпсіздік құралдарымен жабдықталған. Мұндай құралдарға қауіпсіздік белдіктері, қауіпсіздік жастықтары және белсенді қауіпсіздік сияқты пассивті қауіпсіздік құралдары жатады, мысалы, құлыпқа қарсы жүйе, бағамдық тұрақтылық жүйесі, қозғалыс қатарларын бақылау жүйесі және т.б. [6]. Белсенді қауіпсіздік жүйелері қауіпті жағдайдың алдын алуға немесе болдырмауға тырысады. Ұсыну нысаны бойынша жүргізушінің жай-күйін және жол жағдайын бақылаудың белсенді жүйелерін жүргізушіге жәрдемдесудің қазіргі заманғы жүйелеріне, ұсынымдар генерациялаудың мобильді жүйелеріне, көлік құралдарының ішінде орнатылатын бейне камераларға (автомобиль бейне тіркегіштер, жүргізушіге немесе жолға бағытталған жеке бейнебақылау құрылғылары) және алып жүретін электроника құрылғыларына бөлуге болады. Статистикалық мәліметтерді [7] ескере отырып, 2022 жылға қарай смартфонды пайдаланушылар саны 5 миллиардтан асты, бүкіл әлемде мобильді құрылғылардың (смартфондардың) кең таралуы мен қол жетімділігін бағалауға болады.

Айта кету керек, жүргізушінің күйін бақылау

үшін қолданылатын мобильді қосымшалардың, мысалы, Google және Apple әзірлеген [8], бірқатар кемшіліктері бар. Ең бастысы, мобильді қосымшалар көлікті басқару процесіне кедергі келтіре алмайды және осылайша көлік жүргізу кезінде орын алатын төтенше жағдайларға жылдам әрекет етеді. Мұндай шешімдердің тағы бір кемшілігі – қауіпті жағдайларды тану дәлдігі қазіргі заманғы жүргізушіге көмек көрсету жүйелерімен салыстырғанда айтарлықтай төмен. Жүргізушіні бақылауға арналған көптеген дайын шешімдерге қарамастан, олардың бірқатар кемшіліктері бар: кейбіреулері автомобильге орнатылған жүйе ретінде жеткізіледі және басқа көлікте пайдалануға болмайды, басқа портативті құрылғылар көлік жүргізу кезінде жүргізушіге физикалық кедергі жасайды және барлығы да жоғары шығындарға ие.

Осылайша, көлік құралының кабинасындағы жүргізушінің қауіпті жағдайын анықтайтын және смартфонды пайдалану арқылы авариялық жағдайдың туындауы мүмкін екендігі туралы ескертетін жүргізушінің мінез-құлқына мониторинг жүргізудің қазақстандық жүйесін әзірлеу өзекті және талап етілетін міндет болып табылады.

Материалдар мен талдау әдістерінің сипаттамасы. Жүргізушінің жағдайын бағалау жүйесінің жұмыс схемасы келесі негізгі кезеңдерден тұратын болады: камерадан бейне түсіру; кіріс кескінін алу; алдын ала өңдеу сатысы; бет пен көздің кескінінде анықтау; каскадты классификатордың көмегімен анықтауды бағалау қадамы; көздің ашылуы/жабылуын, бастың қалпын, уақытты, көздің жабық күйде қанша уақыт болғанын бағалау; қажет болған жағдайда хабарлау. Бұл зерттеуде көздің ашылуы/жабылуы, бастың қалпы, көздің жабық күйде болған уақытын бағалауды жүзеге асыруды қарастырамыз. Алтыншы кезеңді жүзеге асыру үшін нейрондық желілерді пайдалану негізінде адамның эмоцияларын танудың екі тәсілі қарастырылды.

Эмоцияларды жіктеу мәселесіне классикалық көзқарас адамның бет-әлпетінің негізгі нүктелерін жіктеуге негізделген. Негізгі нүктелердің орналасуы адамның бас қозғалысы мен бет әлпетіне байланысты беттің қатты және қатаң емес деформацияларын түсіреді. Классикалық тәсілді жүзеге асыру үшін PDM, CML, AAM, DPM немесе CNN сияқты алгоритмдер адам бетінің негізгі нүктелерін алу үшін пайдаланылуы мүмкін [9]. Классикалық көзқарастағы танудың келесі кезеңі негізгі нүктелерді жіктеу болып табылады. Бұл үшін тірек векторлық әдіс жақсы жұмыс істейді. Классикалық тәсілді қолдану үшін суреттегі беттің орналасуы туралануы керек: адам тіке қарайды, беті камераға қарама-қарсы орналасқан. Мұндай жағдай әрдайым мүмкін емес.

Классикалық тәсілді қолданудың баламасы – бұл қоршаған пиксельдердің мәндерін ескере отырып, таңдалған пиксельдің жаңа мәнін

есептеу операциясы арқылы үлгіні тиімді тануға бағытталған жасанды нейрондық желілердің архитектурасын ұсынатын конвульсиялық нейрондық желілерге негізделген тәсіл. Конволюциялық желілер – бұл жұмыста қолданылатын әртүрлі визуалдық деректерді жіктеудің жақсы шешімі. Жинақтау жұмысын келесі формуламен сипаттауға болады [9], мұндағы f – кескіннің бастапқы матрицасы; g – жинақтау ядросы (матрица), l – қабат, k – жинақтау ядросының саны, $m \times n$ – өлшем.

$$(f \cdot g)[m, n] = \sum_{k, l} f[m - k, n - l] \cdot g[k, l].$$

Тәсіл анық емес логиканың принциптері мен алгоритмдеріне негізделген. Модельдеу үшін MATLAB пакеті пайдаланылды.

Жүргізушінің үш күйі бағаланды: ояу, ұйықтап кету, ұйықтау. Жүргізушінің күйін сипаттау үшін 19 анық емес ереже тұжырымдалған, оның ішінде көздер ашық/жабылған, бас қалпы, көзді жабу ұзақтығы (1-сурет).

Жүргізушінің күйін модельдеу нәтижелерінің визуализациясы 2-суретте көрсетілген.

Модельдің жалпы құрылымы келесідей көрінеді (3-сурет).

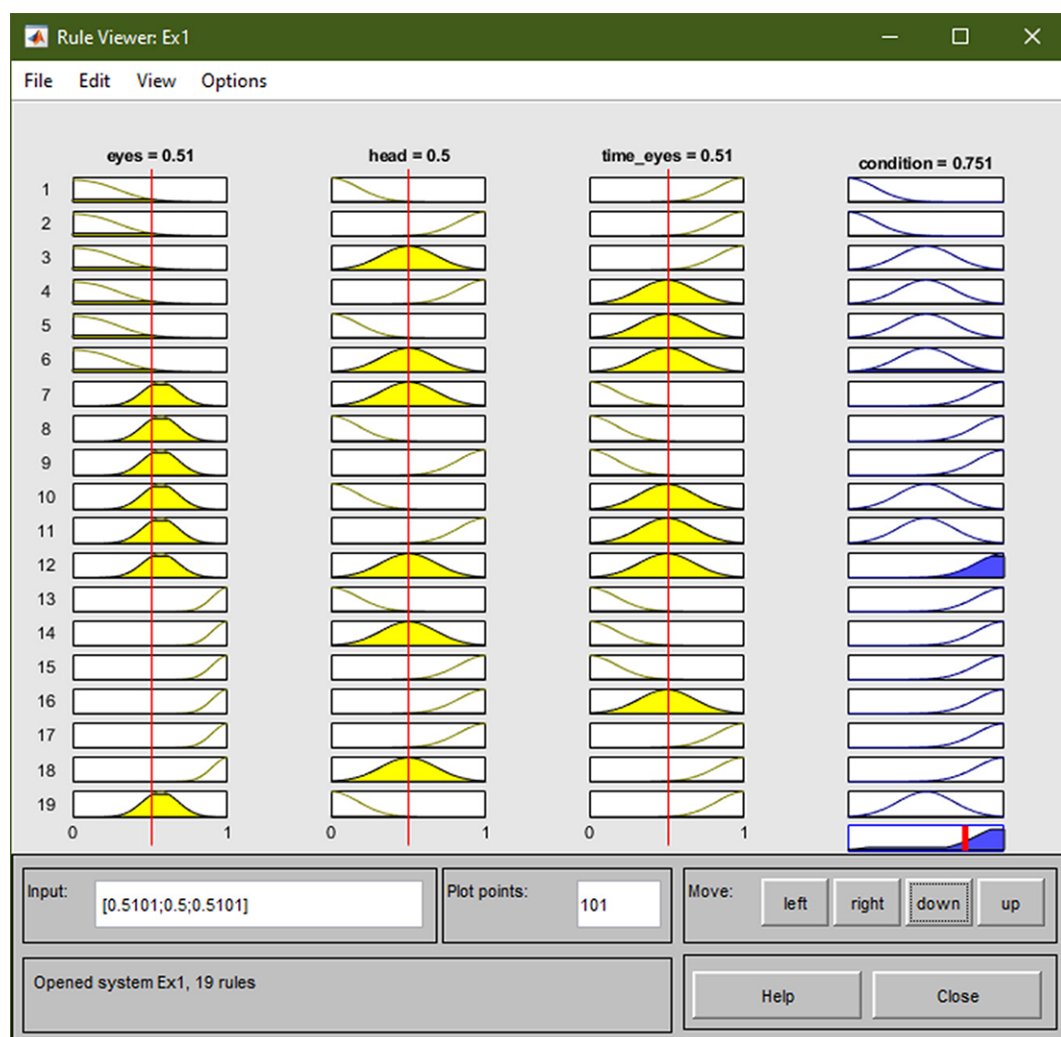
Нәтижелерді талқылау. Зерттеу нәтижесінде C# бағдарламалау тілінде жүргізушінің күйін анықтауға арналған бағдарламалық өнім әзірленді. Қолданба архитектурасы, оқыту үлгісі және математикалық сипаттама 2021 жылы Секешфехерварде, Венгрияда өткен қолданбалы информатика симпозиумында егжей-тегжейлі қаралды және талқыланды [10]. Іске асыру үшін жүргізушінің тек екі күйі таңдалады: «ұйықтау» немесе «ояу». «Ұйқыдағы» күй «маужырау» күйін қамтиды, өйткені бұл екі күй де жүргізушіден қауіп туралы ескертуді талап етеді.

Бағдарламалық өнімді пайдалану үшін бейне ағынының қозғалыссыз кадрлары түріндегі бастапқы деректері бар бумаға жолды және жүргізуші күйін анықтау үшін сүзгі файлдарына жолды көрсету арқылы бастапқы параметрлерді жасау керек (4-сурет).

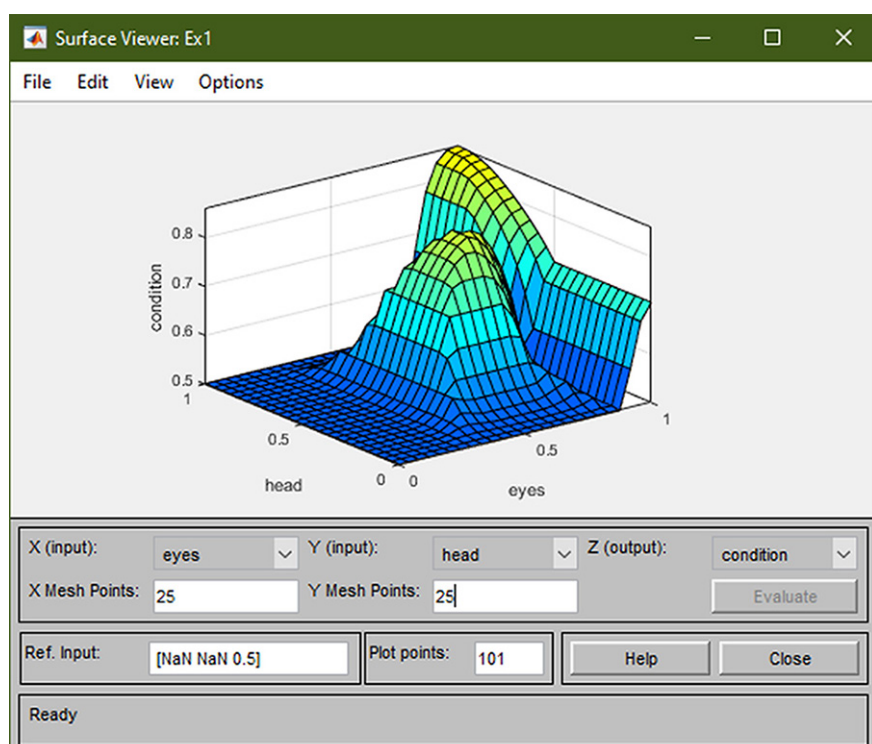
Суретті өңдеу нәтижелері бар бумаға апаратын жол бөлек көрсетіледі. Бастапқы орнатуды аяқтағаннан кейін жүргізушінің күйін тану басталады. Өңделген кескін (қатар жақтау) терезенің сол жақ бөлігіне жүктеледі (5-сурет). Терезенің оң жақ бөлігінде берілген кескіннің «ұйықтау» сүзгісіне немесе «ұйқысыз» сүзгісіне сәйкестігі туралы ақпаратты қамтитын өңдеу журналы көрсетіледі.

Қазіргі уақытта сынақтар сәтті өткізіліп, авторлық құқықпен қорғалатын объектілерге (компьютерлік бағдарламалар [10]) құқықтардың мемлекеттік тізіліміне мәліметтерді енгізу туралы куәлік алғаннан кейін бағдарламалық өнімді жетілдіру және оны Android платформасына көшіру жұмыстары жүргізілуде.

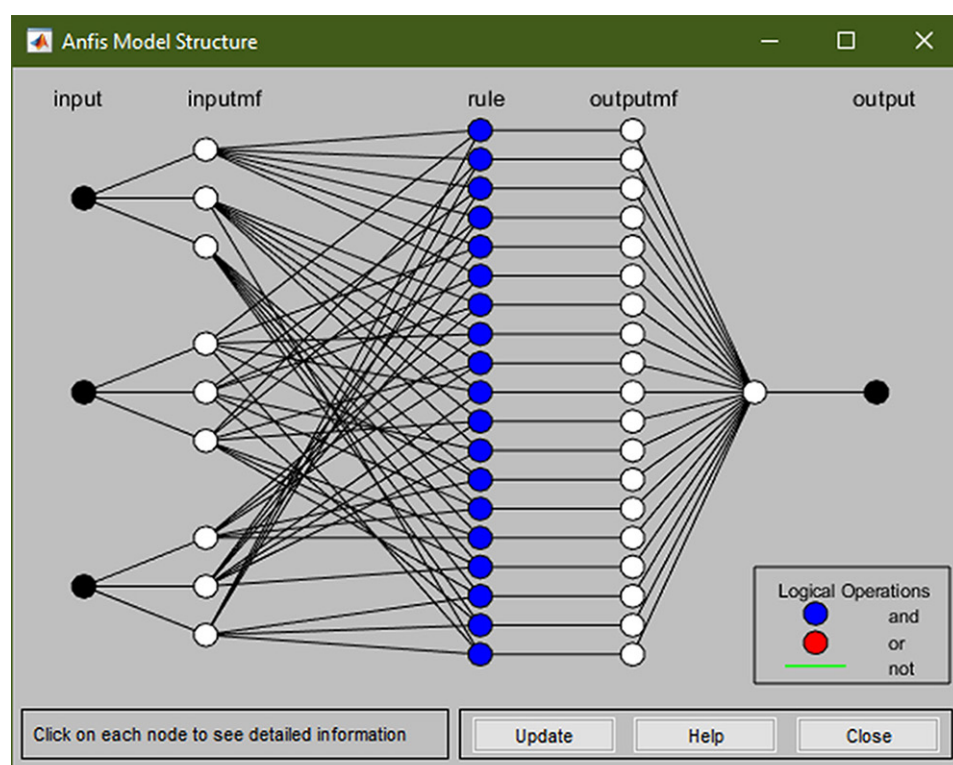
Қорытынды. Зерттеу нәтижесінде мынадай қорытындылар жасалды.



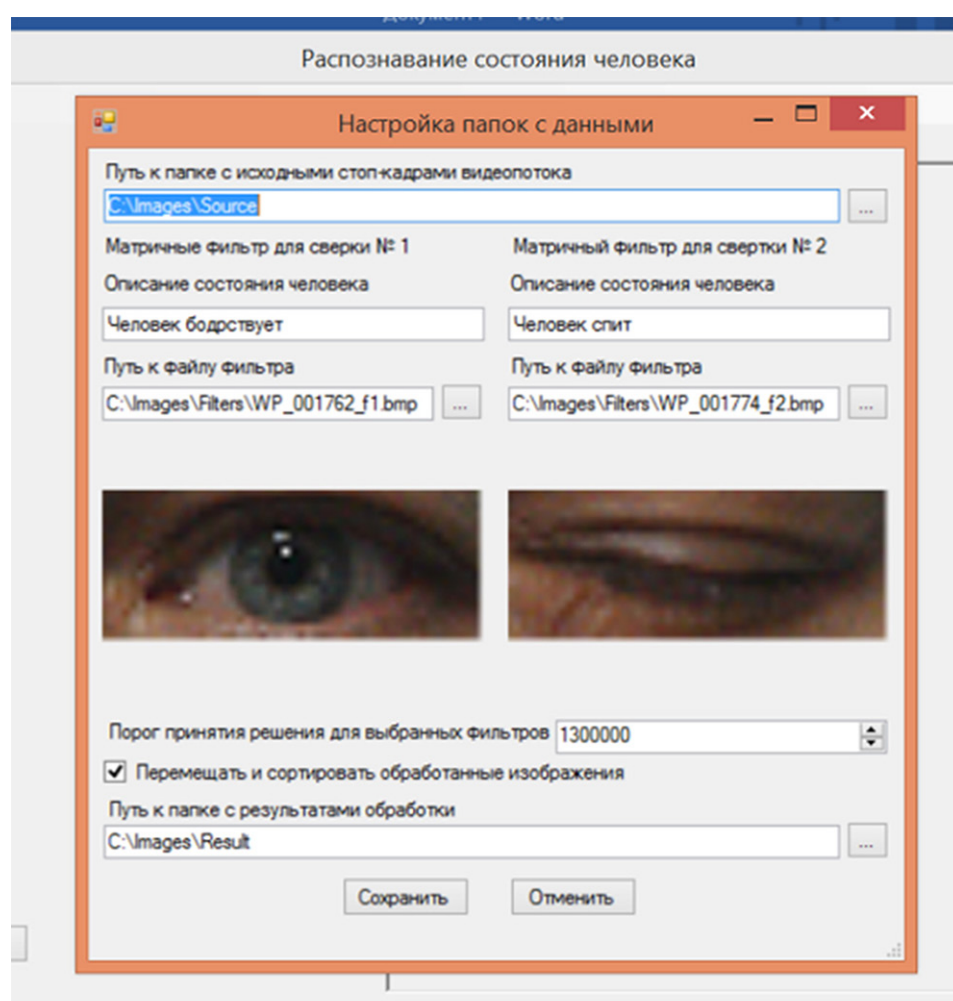
1-сурет – Анық емес ереже құру терезесі



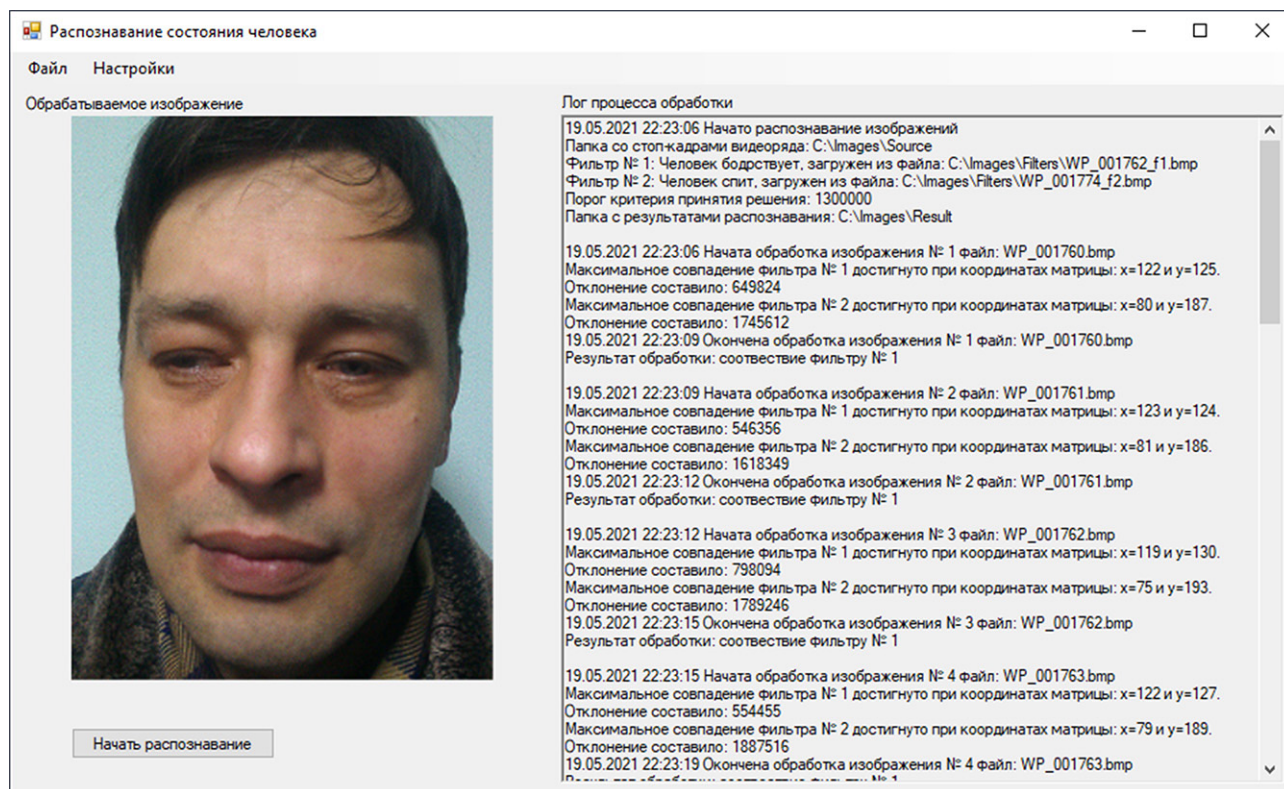
2-сурет – Модельдеу нәтижелерін визуализациялау



3-сурет – Модельдің жалпы құрылымы



4-сурет – Бастапқы орнату



5-сурет – Жүргізуші күйін тану терезесі

Жүргізуші мінез-құлқын бақылау жүргізушіге көмектесіп, қауіпті жағдайлардың алдын алады.

Конволюциялық нейрондық желілер әртүрлі визуалды деректерді жіктеу үшін жақсы базалық шешім болып табылады, бұл зерттеуде драйвер күйлерін жіктеу үшін жасалды.

Алгоритмнің тиімділігін растайтын C# бағдарламалау тілінде драйвердің күйін анықтау үшін бағдарламалық өнім әзірленді.

Бағдарламалық өнімді тікелей көлік салонында пайдалану үшін Android платформасына тасымалдау қажет.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/irtad-road-safety-annual-report-2021.pdf>, Global status report on road safety, World Health Organization, 2021, accessed 11.05.2022.
2. <https://www.fars.nhtsa.dot.gov/Main/index.aspx>, Fatality Analysis Reporting System (FARS), NHTSA, accessed 11.05.2022.
3. Brian C. Teff, Acute Sleep Deprivation and Risk of Motor Vehicle Crash Involvement, Report, Washington, DC 20005, AAAFoundation.org, December 2016, 21 p.
4. G.S. Nair, C.R. Bhat. «Sharing the road with autonomous vehicles: Perceived safety and regulatory preferences», Transportation research part C: emerging technologies, 122, 2021, p. 102885.
5. E. Papadimitriou, C. Schneider, J.A. Tello, W. Damen, M.L. Vrouenraets, A. Ten Broeke. «Transport safety and human factors in the era of automation: What can transport modes learn from each other?», Accident Analysis & Prevention, 144, 2020, p. 105656.
6. J. Orlovska, F. Novakazi, B. Lars-Ola, M. Karlsson, C. Wickman, R. Söderberg. «Effects of the driving context on the usage of automated driver assistance systems (ADAS) – naturalistic driving study for ADAS evaluation», Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, 4, 2020, p. 100093, DOI:10.1016/j.trip.2020.100093 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S259019822030004X>.
7. <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS42334717>, Smartphone Volumes Expected to Rebound in 2017 with a Five-Year Growth Rate of 3.8%, Driving Annual Shipments to 1.53 Billion by 2021, According to IDC, accessed 05.05.2022.
8. Y. LeCun, L. Bottou, Y. Bengio, and P. Haffner. Gradient-based learning applied to document recognition., Proceedings of the IEEE, November 1998, 86 (11), pp. 2278-2324.
9. Shvets O., Smakanov B., Bakatbayeva Zh. Monitoring Of The State Of A Person At Hazardous Work. Proceedings 16th International Symposium on Applied Informatics and Related Areas, November 2021, ISBN 978-963-449-263-4, pp. 88-91.
10. Свидетельство о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом № 18410 «Интеллектуальная система контроля состояния человека при работах, связанных с повышенной опасностью» от «4» июня 2021 года (Авторы: Швеце О.Я., Шокарев А.В., Бакатбаева Ж.).

Автоматизированный мониторинг состояния водителя для предотвращения опасных ситуаций

¹*ШВЕЦ Ольга Яковлевна, к.т.н., ассоциированный профессор, olga.shvets75@gmail.com,

¹СМАКАНОВ Бауыржан Сериканович, докторант, bauka.10.10@mail.ru,

¹НАО «Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева», Казахстан, Усть-Каменогорск, ул. А.К. Протозанова, 69,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Целью исследования являются применение современных средств моделирования для определения состояния водителя транспортного средства и программная реализация используемого алгоритма для мониторинга и предупреждения водителя о наступлении опасного состояния. Приведен обзор исследований по данной тематике за последние годы. Проанализирован и обоснован выбор средств моделирования и применение аппарата нечеткой логики. Приведено обоснование разработки казахстанской системы мониторинга поведения водителя с использованием смартфона. В результате исследования был разработан программный продукт на языке программирования C#. Проверена работоспособность алгоритма распознавания состояния водителя, определены пути улучшения разработки и использования ее в эксперименте непосредственно в кабине транспортного средства.

Ключевые слова: моделирование, нечеткая логика, состояние человека, программирование, мониторинг, распознавание, нейронные сети, видеоаналитика, обработка изображений, классификация.

Automated Driver's Condition Monitoring to Prevent Dangerous Situations

¹*SHVETS Olga, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, olga.shvets75@gmail.com,

¹SMAKANOV Bauyrzhan, Doctoral Student, bauka.10.10@mail.ru,

¹NCJSC «D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University», Kazakhstan, Oskemen, A.K. Protozanov Street, 69,

*corresponding author.

Abstract. The purpose of the research is the use of modern simulation tools to determine the driver's condition and the software development of the algorithm used to monitor and alarm the driver about the dangerous condition. A review of studies on this topic in recent years is given. The choice of modeling tools and the use of the apparatus of fuzzy logic are analyzed and substantiated. It is given the rationale for the development of a Kazakhstani system for monitoring driver behavior using a smartphone. As a result of the research, a software product was developed in the C# programming language. The correctness of the algorithm for recognizing the driver's condition has been tested, ways to improve the development and its use in the experiment directly in the vehicle cabin have been determined.

Keywords: simulation, fuzzy logic, human condition, programming, monitoring, recognition, neural networks, video analytics, image processing, classification.

REFERENCES

1. <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/irtad-road-safety-annual-report-2021.pdf>, Global status report on road safety, World Health Organization, 2021, accessed 11.05.2022.
2. <https://www.fars.nhtsa.dot.gov/Main/index.aspx>, Fatality Analysis Reporting System (FARS), NHTSA, accessed 11.05.2022.
3. Brian C. Teff, Acute Sleep Deprivation and Risk of Motor Vehicle Crash Involvement, Report, Washington, DC 20005, AAAFoundation.org, December 2016, 21 p.
4. G.S. Nair, C.R. Bhat. «Sharing the road with autonomous vehicles: Perceived safety and regulatory preferences», Transportation research part C: emerging technologies, 122, 2021, p. 102885.
5. E. Papadimitriou, C. Schneider, J.A. Tello, W. Damen, M.L. Vroenenraets, A. Ten Broeke. «Transport safety and human factors in the era of automation: What can transport modes learn from each other?», Accident Analysis & Prevention, 144, 2020, p. 105656.
6. J. Orlovska, F. Novakazi, B. Lars-Ola, M. Karlsson, C. Wickman, R. Söderberg. «Effects of the driving context on the usage of automated driver assistance systems (ADAS) – naturalistic driving study for ADAS evaluation», Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, 4, 2020, p. 100093, DOI:10.1016/j.trip.2020.100093 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S259019822030004X>.
7. <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS42334717>, Smartphone Volumes Expected to Rebound in 2017 with a Five-Year Growth Rate of 3.8%, Driving Annual Shipments to 1.53 Billion by 2021, According to IDC, accessed 05.05.2022.
8. Y. LeCun, L. Bottou, Y. Bengio, and P. Haffner, Gradient-based learning applied to document recognition., Proceedings of the IEEE, November 1998, 86 (11), pp. 2278-2324.
9. Shvets O., Smakanov B., Bakatbayeva Zh. Monitoring Of The State Of A Person At Hazardous Work. Proceedings 16th International Symposium on Applied Informatics and Related Areas, November 2021, ISBN 978-963-449-263-4, pp. 88-91.
10. A certificate on data registration in the state register of copyrighted objects of the Republic of Kazakhstan No. 18410, from June 04, 2021 (Authors: Shvets O, Shokarev A., Bakatbayeva Zh.).