

ABSTRACT AND REFERENCES

INFORMATION AND CONTROLLING SYSTEM

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.211755

IMPLEMENTATION OF DRIVER'S DROWSINESS ASSISTANCE MODEL BASED ON EYE MOVEMENTS DETECTION (p. 6–13)**Jumana Waleed**

University of Diyala, Baquba, Diyala, Iraq

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3474-1029>**Thekra Abbas**

Almustanseriah University, Baghdad, Iraq

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4435-3188>**Taha Mohammed Hasan**

University of Diyala, Baquba, Diyala, Iraq

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4464-4655>

Annually, lots of persons are carrying lifelong disabilities or losing their lives owing to fatal accidents on the road. In addition to mechanical failures and people errors, driver's drowsiness represents one of the fundamental reasons for fatal accidents on the road. When drivers feel drowsy, lots of physiological and behavioral symptoms appear such as changes in the waves of the human brain, changes in facial expressions, variations in eye activity, decreasing head movements, etc. Therefore, there is a significant necessity to provide developed models of driver's drowsiness detection that exploit these symptoms for reducing accidents by warning drivers of drowsiness and fatigue. This paper concentrates on proposing a driver's drowsiness assistance model to monitor and alarm drivers by utilizing a behavioral-based method (eye movements detection method). In the proposed method of detecting eye movements (closed/opened), the Advanced Local Binary Pattern (Advanced LBP) is used, in which the descriptors are utilized to represent eye images to extract the tissue features of different persons in the driving car to see if the driver is in a drowsy state or not and this occurs after recording the driver's video and detecting the eyes of the driver. To extract the features in this way, the image of the eyes is divided into small regions through the Advanced LBP and sequenced into a single feature vector, where this method is used to determine the similarity features in the training group and to classify the eye image. The Naive Bayes classifier (NB) and Support Vector Machine (SVM) are utilized for giving good accuracy. The results indicate that the system has a high accuracy rate compared with the other existing methods, where the accuracy rate of NB and SVM using an eye detection dataset with training 90 % and testing 10 % is 96 % and 97 %, respectively.

Keywords: driver's drowsiness, eye movements, Advanced LBP, Viola-Jones, NB, SVM.

References

- Laouz, H., Ayad, S. Terrissa, L. S. (2020). Literature Review on Driver's Drowsiness and Fatigue Detection. 2020 International Conference on Intelligent Systems and Computer Vision (ISCV). Fez. doi: <http://doi.org/10.1109/iscv49265.2020.9204306>
- Baccour, M. H., Driewer, F., Kasneci, E., Rosenstiel, W. (2019). Camera-Based Eye Blink Detection Algorithm for Assessing Driver Drowsiness. 2019 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV). Paris, 987–993. doi: <http://doi.org/10.1109/ivs.2019.8813871>
- Hayawi, A. A., Waleed, J. (2019). Driver's Drowsiness Monitoring and Alarming Auto-System Based on EOG Signals. 2019 2nd International Conference on Engineering Technology and its Applications (IICETA). Al-Najef, 214–218. <http://doi.org/10.1109/iiceta47481.2019.9013000>
- Hu, J. (2017). Comparison of Different Features and Classifiers for Driver Fatigue Detection Based on a Single EEG Channel. Computational and Mathematical Methods in Medicine. Hindawi, 2017, 1–9. doi: <http://doi.org/10.1155/2017/5109530>
- Jo, J., Lee, S. J., Park, K. R., Kim, I.-J., Kim, J. (2014). Detecting driver drowsiness using feature-level fusion and user-specific classification. Expert Systems with Applications, 41 (4), 1139–1152. doi: <http://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.07.108>
- Elbagoury, B. M., Maskeliunas, R., Salem, A. B. M. M. (2018). A hybrid lidar/radar-based deep learning and vehicle recognition engine for autonomous vehicle precrash control. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5 (9 (95)), 6–17. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.141298>
- Feng, R., Zhang, G., Cheng, B. (2009). An on-board system for detecting driver drowsiness based on multi-sensor data fusion using Dempster-Shafer theory. ICNSC '09. International Conference on Networking, Sensing and Control, 897–902. doi: <http://doi.org/10.1109/icnsc.2009.4919399>
- Hemantkumar, B., Shashikant, M. D., Lokhande (2017). Non-intrusive Detection and Prediction of Driver's Fatigue Using Optimized Yawning Technique. Materials Today: Proceedings, 4 (8), 7859–7866. doi: <http://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.07.121>
- Ferreira, S., Kokkinogenis, Z., Couto, A. (2019). Using real-life alert-based data to analyse drowsiness and distraction of commercial drivers. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 60, 25–36. doi: <http://doi.org/10.1016/j.trf.2018.10.003>
- Ouabida, E., Essadik, A., Bouzid, A. (2020). Optical correlator based algorithm for driver drowsiness detection. Optik, 204, 164102. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ijleo.2019.164102>
- Cori, J. M., Anderson, C., Shekari Soleimanloo, S., Jackson, M. L., Howard, M. E. (2019). Narrative review: Do spontaneous eye blink parameters provide a useful assessment of state drowsiness? Sleep Medicine Reviews, 45, 95–104. doi: <http://doi.org/10.1016/j.smrv.2019.03.004>
- Zhang, W., Cheng, B., Lin, Y. (2012). Driver drowsiness recognition based on computer vision technology. Tsinghua Science and Technology, 17 (3), 354–362. doi: <http://doi.org/10.1109/tst.2012.6216768>
- Hussein, W., El-Seoud, M. S. A. (2017). Improved Driver Drowsiness Detection Model Using Relevant Eye Image's Features. 2017 European Conference on Electrical Engineering and Computer Science (EECS). Bern, 261–265. doi: <http://doi.org/10.1109/eecs.2017.55>
- Jabbar, R., Al-Khalifa, K., Kharbeche, M., Alhajyaseen, W., Jafari, M., Jiang, S. (2018). Real-time Driver Drowsiness Detection for Android Application Using Deep Neural Networks Techniques. Procedia Computer Science, 130, 400–407. doi: <http://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.060>
- Pinto, A., Bhasi, M., Bhalekar, D., Hegde, P. Koolagudi, S. G. (2019). A Deep Learning Approach to Detect Drowsy Drivers in Real Time. 2019 IEEE 16th India Council International Conference (INDICON). Rajkot, 1–4. doi: <http://doi.org/10.1109/indicon47234.2019.9030305>
- Herrera-Granda, E. P., Caraguay-Procel, J. A., Granda-Gudiño, P. D., Herrera-Granda, I. D., Lorente-Leyva, L. L., Peluffo-Ordóñez, D. H. et. al. (2019). Drowsiness Detection in Drivers Through Real-Time Image Processing of the Human Eye, Intelligent Informa-

tion and Database Systems. ACIIDS 2019. Lecture Notes in Computer Science. Cham: Springer, 11431, 626–637. doi: http://doi.org/10.1007/978-3-030-14799-0_54

17. Bamidele, A. A., Kamardin, K., Syazarin, N., Mohd, S., Shafi, I., Azizan, A. et al. (2019). Non-intrusive Driver Drowsiness Detection based on Face and Eye Tracking. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 10 (7), 549–569. doi: <http://doi.org/10.14569/ijacsa.2019.0100775>
18. Maior, C. B. S., Moura, M. J. das C., Santana, J. M. M., Lins, I. D. (2020). Real-time classification for autonomous drowsiness detection using eye aspect ratio. *Expert Systems with Applications*, 158, 113505. doi: <http://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113505>

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.212830
AUTOMATIC MACHINE LEARNING ALGORITHMS
FOR FRAUD DETECTION IN DIGITAL PAYMENT
SYSTEMS (p. 14–26)

Oleh Kolodiziev

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6715-2901>

Aleksey Mints

Pryazovskiy State Technical University, Mariupol, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8032-005X>

Pavlo Sidelov

Pryazovskiy State Technical University, Mariupol, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5672-8189>

Inna Pleskun

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6974-8282>

Olha Lozynska

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2882-3546>

Data on global financial statistics demonstrate that total losses from fraudulent transactions around the world are constantly growing. The issue of payment fraud will be exacerbated by the digitalization of economic relations, in particular the introduction by banks of the concept of “Bank-as-a-Service”, which will increase the burden on payment services.

The aim of this study is to synthesize effective models for detecting fraud in digital payment systems using automated machine learning and Big Data analysis algorithms.

Approaches to expanding the information base to detect fraudulent transactions have been proposed and systematized. The choice of performance metrics for building and comparing models has been substantiated.

The use of automatic machine learning algorithms has been proposed to resolve the issue, which makes it possible in a short time to go through a large number of variants of models, their ensembles, and input data sets. As a result, our experiments allowed us to obtain the quality of classification based on the AUC metric at the level of 0.977–0.982. This exceeds the effectiveness of the classifiers developed by traditional methods, even as the time spent on the synthesis of the models is much less and measured in hours. The models' ensemble has made it possible to detect up to 85.7 % of fraudulent transactions in the sample. The accuracy of fraud detection is also high (79–85 %).

The results of our study confirm the effectiveness of using automatic machine learning algorithms to synthesize fraud detection models in digital payment systems. In this case, efficiency is manifested not only by the resulting classifiers' quality but also by the reduction in the cost of their development, as well as by the high potential of interpretability. Implementing the study results could enable financial institutions to reduce the financial and temporal costs of developing and updating active systems against payment fraud, as well as improve the effectiveness of monitoring financial transactions.

Keywords: digital payments, machine learning, automated synthesis, fraud detection, data science.

References

1. The Nilson Report (2013). Issue 1023. Available at: https://nilsonreport.com/publication_newsletter_archive_issue.php?issue=1023
2. The Nilson Report (2017). Issue 1118. Available at: https://nilsonreport.com/publication_newsletter_archive_issue.php?issue=1118
3. Pozzolo, A. D., Caelen, O., Johnson, R. A., Bontempi, G. (2015). Calibrating Probability with Undersampling for Unbalanced Classification. 2015 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence. doi: <https://doi.org/10.1109/ssci.2015.33>
4. Dal Pozzolo, A., Caelen, O., Waterschoot, S., Bontempi, G. (2013). Racing for Unbalanced Methods Selection. *Lecture Notes in Computer Science*, 24–31. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-642-41278-3_4
5. Polozhennia pro orhanizatsiyu zakhodiv iz zabezpechennia informatsiynoi bezpeky v bankivskiy systemi Ukrainy 28.09.2017 No. 95. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0095500-17#Text>
6. Pro zapobihannia ta protydiu lehalizatsiyi (vidmyvanniu) dokhodiv, oderzhanykh zlochynnym shliakhom, finansuvanniu teroryzmu ta finansuvanniu rozpovsiudzhennia zbroy masovoho znyschennia 2020, No. 25, st. 17. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/361-20#n831>
7. Dal Pozzolo, A. (2015). Adaptive Machine learning for credit card fraud detection. Université Libre de Bruxelles. Available at: <http://di.ulb.ac.be/map/adalpozz/pdf/Dalpozzolo2015PhD.pdf>
8. Russac, Y., Caelen, O., He-Guelton, L. (2018). Embeddings of Categorical Variables for Sequential Data in Fraud Context. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 542–552. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-74690-6_53
9. Carcillo, F., Le Borgne, Y.-A., Caelen, O., Kessaci, Y., Oblé, F., Bontempi, G. (2019). Combining unsupervised and supervised learning in credit card fraud detection. *Information Sciences*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2019.05.042>
10. Lebichot, B., Braun, F., Caelen, O., Saeens, M. (2016). A graph-based, semi-supervised, credit card fraud detection system. *Complex Networks & Their Applications V*, 721–733. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-50901-3_57
11. Lebichot, B., Le Borgne, Y.-A., He-Guelton, L., Oblé, F., Bontempi, G. (2019). Deep-Learning Domain Adaptation Techniques for Credit Cards Fraud Detection. *Recent Advances in Big Data and Deep Learning*, 78–88. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-16841-4_8
12. Georgieva, S., Markova, M., Pavlov, V. (2019). Using neural network for credit card fraud detection. *Renewable energy sources and technologies*. doi: <https://doi.org/10.1063/1.5127478>
13. Lucas, Y., Portier, P.-E., Laporte, L. et al. (2019). Towards automated feature engineering for credit card fraud detection using multi-perspective HMMs. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/335600419>

14. Fraud detection with machine learning. Available at: <https://www.researchgate.net/project/Fraud-detection-with-machine-learning>
15. Wei, W., Li, J., Cao, L., Ou, Y., Chen, J. (2012). Effective detection of sophisticated online banking fraud on extremely imbalanced data. *World Wide Web*, 16 (4), 449–475. doi: <https://doi.org/10.1007/s11280-012-0178-0>
16. Mahmoudi, N., Duman, E. (2015). Detecting credit card fraud by Modified Fisher Discriminant Analysis. *Expert Systems with Applications*, 42 (5), 2510–2516. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.10.037>
17. Sudjianto, A., Nair, S., Yuan, M., Zhang, A., Kern, D., Cela-Diaz, F. (2010). Statistical Methods for Fighting Financial Crimes. *Technometrics*, 52 (1), 5–19. doi: <https://doi.org/10.1198/tech.2010.07032>
18. Patidar, R., Sharma, L. (2011). Credit card fraud detection using neural network. *International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)*, 1, 32–38. Available at: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.301.8231&rep=rep1&type=pdf>
19. Mints, A. (2017). Classification of tasks of data mining and data processing in the economy. *Baltic Journal of Economic Studies*, 3 (3), 47–52. doi: <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2017-3-3-47-52>
20. Sahin, Y., Bulkan, S., Duman, E. (2013). A cost-sensitive decision tree approach for fraud detection. *Expert Systems with Applications*, 40(15), 5916–5923. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.05.021>
21. Xuan, S., Liu, G., Li, Z., Zheng, L., Wang, S., Jiang, C. (2018). Random forest for credit card fraud detection. 2018 IEEE 15th International Conference on Networking, Sensing and Control (ICNSC). doi: <https://doi.org/10.1109/icnsc.2018.8361343>
22. Fu, K., Cheng, D., Tu, Y., Zhang, L. (2016). Credit Card Fraud Detection Using Convolutional Neural Networks. *Lecture Notes in Computer Science*, 483–490. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-46675-0_53
23. Zareapoor, M., Shamsolmoali, P. (2015). Application of Credit Card Fraud Detection: Based on Bagging Ensemble Classifier. *Procedia Computer Science*, 48, 679–685. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.04.201>
24. Schapire, R. E. (1990). The strength of weak learnability. *Machine Learning*, 5 (2), 197–227. doi: <https://doi.org/10.1007/bf00116037>
25. Sammut, C., Webb, G. I. (Eds.) (2010). *Encyclopedia of machine learning*. Springer. doi: <https://doi.org/10.1007/978-0-387-30164-8>
26. Vnukova, N., Kavun, S., Kolodiziev, O., Achkasova, S., Hontar, D. (2019). Determining the level of bank connectivity for combating money laundering, terrorist financing and proliferation of weapons of mass destruction. *Banks and Bank Systems*, 14 (4), 42–54. doi: [https://doi.org/10.21511/bbs.14\(4\).2019.05](https://doi.org/10.21511/bbs.14(4).2019.05)
27. Malyaretz, L., Dorokhov, O., Dorokhova, L. (2018). Method of Constructing the Fuzzy Regression Model of Bank Competitiveness. *Journal of Central Banking Theory and Practice*, 7 (2), 139–164. doi: <https://doi.org/10.2478/jcbtp-2018-0016>
28. Minsky, M., Papert, S. (2017). *Perceptrons*. MIT Press. doi: <https://doi.org/10.7551/mitpress/11301.001.0001>
29. Driverless AI Documentation - Overview. Available at: <http://docs.h2o.ai/driverless-ai/latest-stable/docs/userguide/index.html>
30. Driverless AI Documentation - Scorers. Available at: <http://docs.h2o.ai/driverless-ai/latest-stable/docs/userguide/scorers.html>
31. Fabuš, M., Dubrovina, N., Guryanova, L., Chernova, N., Zyma, O. (2019). Strengthening financial decentralization: driver or risk factor for sustainable socio-economic development of territories? *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 7 (2), 875–890. doi: [https://doi.org/10.9770/jesi.2019.7.2\(6\)](https://doi.org/10.9770/jesi.2019.7.2(6))
32. Mints, O., Marhasova, V., Hlukha, H., Kurok, R., Kolodizieva, T. (2019). Analysis of the stability factors of Ukrainian banks during the 2014–2017 systemic crisis using the Kohonen self-organizing neural networks. *Banks and Bank Systems*, 14 (3), 86–98. doi: [https://doi.org/10.21511/bbs.14\(3\).2019.08](https://doi.org/10.21511/bbs.14(3).2019.08)

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.213834

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR ASSESSING THE EFFECTIVE INFORMATION TRANSFER RATE BASED ON AN EMPIRICAL MODEL OF STATISTICAL RELATIONSHIP BETWEEN BASIC PARAMETERS OF THE STANDARD 802.11 WIRELESS CHANNEL (p. 26–35)

Dmytro Mykhalevskiy

Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5797-164X>

A method of estimating the effective data rate in channels of the Standard 802.11 was proposed. It provides for the measurement of the main energy parameter using the software and hardware of the subscriber device. This method is based on the empirical models of statistical relationships between the main parameters of the channel which are obtained on the basis of experimental studies using monitoring algorithms. The solutions obtained during the implementation of this method make it possible to take into account the maximum possible number of destabilizing factors and significantly reduce the time of assessment of the effective data rate. It should be noted that this method can be used for technical diagnostics of wireless networks of Standards 802.11x at the stages of network design and operation.

It was established that when using the coefficient of energy efficiency, a significant error in the displacement of the points of intersection of the linear and logarithmic mathematical model occurs. This can lead to a discrepancy between the mathematical estimates of the effective data rate and real values. The statistical relationship gives a smaller error; however, it increases requirements for empirical studies to obtain the maximum possible reliability.

One of the features of the proposed method is the reliability of assessment of the effective data rate. This reliability depends on three main factors: accuracy of assessing the results based on which the mathematical model was obtained; estimation of fluctuation intervals and characteristics of the Standard 802.11 equipment of different manufacturers. The last factor can be considered as a disadvantage that involves the creation of a database of parameters of the model of statistical relationship for different devices with correction coefficients.

Keywords: wireless channel, Standard 802.11, effective data rate, signal strength, assessment method, statistical relationship.

References

1. Liu, D., Wang, H., Peng, X., McCann, S., Fang, P., Duan, X. et al. (2014). WLAN new technologies in IEEE 802.11. 2014 XXXIth URSI General Assembly and Scientific Symposium (URSI GASS). doi: <https://doi.org/10.1109/ursigass.2014.6929347>
2. Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., Ayyash, M. (2015). Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 17 (4), 2347–2376. doi: <https://doi.org/10.1109/comst.2015.2444095>
3. Chapre, Y., Mohapatra, P., Jha, S., Seneviratne, A. (2013). Received signal strength indicator and its analysis in a typical WLAN system (short paper). 38th Annual IEEE Conference on Local Computer Networks. doi: <https://doi.org/10.1109/lcn.2013.6761255>

4. Soldo, I., Malarić, K. (2013). Wi-Fi Parameter Measurements and Analysis. MEASUREMENT 2013, Proceedings of the 9th International Conference. Smolenice, 339–342. Available at: http://www.measurement.sk/M2013/doc/proceedings/339_Malaric-1.pdf
5. Foster, K. R. (2007). Radiofrequency Exposure From Wireless Lans Utilizing Wi-Fi Technology. Health Physics, 92 (3), 280–289. doi: <https://doi.org/10.1097/01.hp.0000248117.74843.34>
6. Davies, J. N., Grout, V., Picking, R. (2008). Prediction of Wireless Network Signal Strength within a Building. Proceedings of the Seventh International Network Conference (INC 2008). University of Plymouth, 193–207. Available at: https://www.researchgate.net/publication/239826121_Prediction_of_Wireless_Network_Signal_Strength_within_a_Building
7. Laitinen, E., Talvitie, J., Lohan, E.-S. (2015). On the RSS biases in WLAN-based indoor positioning. 2015 IEEE International Conference on Communication Workshop (ICCW). doi: <https://doi.org/10.1109/iccw.2015.7247277>
8. Kai, C. H., Liew, S. C. (2010). Towards a More Accurate Carrier Sensing Model for CSMA Wireless Networks. 2010 IEEE International Conference on Communications. doi: <https://doi.org/10.1109/icc.2010.5502695>
9. Liang, L., Wang, W., Jia, Y., Fu, S. (2016). A Cluster-Based Energy-Efficient Resource Management Scheme for Ultra-Dense Networks. IEEE Access, 4, 6823–6832. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2016.2614517>
10. Deek, L., Garcia-Villegas, E., Belding, E., Lee, S.-J., Almeroth, K. (2011). The impact of channel bonding on 802.11n network management. Proceedings of the Seventh Conference on Emerging Networking EXperiments and Technologies on - CoNEXT '11. doi: <https://doi.org/10.1145/2079296.2079307>
11. Rathod, K., Vatti, R., Nandre, M. (2017). Optimization of Campus Wide WLAN. International Journal of Electrical Electronics & Computer Science Engineering, 4 (5). Available at: <https://www.ijeecse.com/V4N5-001.pdf>
12. Sârbu, A., Sârbu, M., Şumălan, C. (2018). Non Wi-Fi Devices Interference Testing in a 2.4 GHz Wi-Fi Home. Land Forces Academy Review, 23 (2), 143–150. doi: <https://doi.org/10.2478/raft-2018-0017>
13. Nj, M., Sahib, S., Suryana, N., Hussin, B. (2017). RTS/CTS Framework Paradigm and WLAN Qos Provisioning Methods. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 8 (2). doi: <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2017.080224>
14. Kienle, F., Wehn, N., Meyr, H. (2011). On Complexity, Energy- and Implementation-Efficiency of Channel Decoders. IEEE Transactions on Communications, 59 (12), 3301–3310. doi: <https://doi.org/10.1109/tcomm.2011.092011.100157>
15. Mykhalevskiy, D. V. (2019). Investigation of Wireless Channels of 802.11 Standard in the 5ghz Frequency Band. Latvian Journal of Physics and Technical Sciences, 56 (1), 41–52. doi: <https://doi.org/10.2478/lpts-2019-0004>
16. Mykhalevskiy, D. V., Horodetska, O. S. (2019). Investigation of Wireless Channels According to the Standard 802.11 in the Frequency Range of 5 GHz for Two Subscribers. Journal of Mechanical Engineering Research & Developments, 42 (2), 50–57. doi: <https://doi.org/10.26480/jmerd.02.2019.50.57>
17. Mykhalevskiy, D. (2017). Development of a spatial method for the estimation of signal strength at the input of the 802.11 standard receiver. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4 (9 (88)), 29–36. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.106925>
18. Mykhalevskiy, D., Vasylyukivskiy, N., Horodetska, O. (2017). Development of a mathematical model for estimating signal strength at the input of the 802.11 standard receiver. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6 (9 (90)), 38–43. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.114191>
19. Mykhalevskiy, D. (2018). Construction of mathematical models for the estimation of signal strength at the input to the 802.11 standard receiver in a 5 GHz band. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6 (9 (96)), 16–21. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.150983>
20. Mykhalevskiy, D. M., Kychak, V. M. (2019). Development of Information Models for Increasing the Evaluation Efficiency of Wireless Channel Parameters of 802.11 Standard. Latvian Journal of Physics and Technical Sciences, 56 (5), 22–32. doi: <https://doi.org/10.2478/lpts-2019-0028>
21. Wescott, D. A., Coleman, D. D., Mackenzie, P., Miller, B. (2011). CWAP Certified Wireless Analysis Professional Official Study Guide: Exam PW0-270. John Wiley & Sons, 696. Available at: <https://books.google.com.ua/books?id=0GwFrd90G3kC&dq=CWAP+Certified+Wireless+Analysis+Professional+Official+Study+Guide:+Exam+PW0-270+%D0%BA%D1%83%D1%84%D0%B2&hl=ru>
22. Perahia, E., Stacey, R. (2013). Next Generation Wireless LANs: 802.11n and 802.11ac. Cambridge University Press. doi: <https://doi.org/10.1017/cbo9781139061407>

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.212301

DEVELOPMENT OF A DISTRIBUTED WIRELESS WI-FI SYSTEM FOR MONITORING THE TECHNICAL CONDITION OF REMOTE OBJECTS (p. 36–48)

Nurbol Kaliaskarov

M. Kozybayev North Kazakhstan University,
Petropavlovsk, Kazakhstan

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3684-1488>

Viktor Ivel

M. Kozybayev North Kazakhstan University,
Petropavlovsk, Kazakhstan

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0854-3846>

Yulia Gerasimova

M. Kozybayev North Kazakhstan University,
Petropavlovsk, Kazakhstan

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1877-383X>

Vyacheslav Yugay

Karaganda Technical University,
Karaganda, Kazakhstan

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7249-2345>

Sayat Moldakhmetov

M. Kozybayev North Kazakhstan University,
Petropavlovsk, Kazakhstan

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2432-7983>

The research addresses the issues of collection and transmission of measurement data when monitoring various construction objects and bridge structures. The issues were resolved by developing a distributed system using Wi-Fi technologies. The results of measurements of the following parameters and data were obtained: the distance between cracks and joints, magnetometer readings and location and possible inclination of objects in three axes according to accelerometer and gyroscope data. By configuring the server, new channels are created for receiving data, which allow their subsequent processing and complete analysis of the study, for example, to solve the problem of predicting the technical conditions of construction and bridge ob-

jects. The completeness of the analysis of the study solves the problem of identifying and detecting possible errors and determining delays in the communication system. In general, the validity of all research results plays an important role in predicting the technical conditions of various objects and in finding solutions to problems arising from the technical difficulties of remote control. In this regard, the issue of the validity of the choice of Wi-Fi modules, which take into account the parameters of power consumption and availability of the boards of these modules for programming in order to obtain results of measurements in a long time has been posed and resolved. Setting power consumption parameters made it possible to increase the research time at remote sites, which in turn increases the durability and life of the control system. The simplicity of programming the module boards and support of various electronic sensors allow varying the scope and research objects, thereby expanding the geography of the subject area of research. Therefore, the developed distributed system is easily adapted to the necessary problem areas of research, the monitoring results of which can be used in many areas, such as agriculture, ecology, power, health care, meteorology and others.

Keywords: wireless communication, remote monitoring, gyroscope, accelerometer, magnetometer, distance sensor, server.

References

- Park, Dzh., Makkey, S. (2006). Sbor dannyh v sistemah kontrolya i upravleniya. Prakticheskoe rukovodstvo. Moscow: OOO "Gruppa IDT", 504. Available at: https://www.studmed.ru/park-dzh-makkey-s-sbor-dannyh-v-sistemah-kontrolya-i-upravleniya-prakticheskoe-rukovodstvo_faab5c7fbdc.html
- Pyavchenko, O. N. (2011). The distributed systems of collection and information processing of sensors of dynamic objects. *Izvestiya Yuzhnogo federal'nogo universiteta. Tehnicheskie nauki*, 5 (118), 8–14. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/raspredelennye-sistemy-sbora-i-obrabotki-informatsii-datchikov-dinamicheskikh-obektov>
- Burns, B. (2018). *Designing Distributed Systems: Patterns and Paradigms for Scalable, Reliable Services*. O'Reilly Media, 166. Available at: <https://www.amazon.com/Designing-Distributed-Systems-Patterns-Paradigms/dp/1491983647>
- Wortmann, F., Flüchter, K. (2015). Internet of Things. *Business & Information Systems Engineering*, 57 (3), 221–224. doi: <https://doi.org/10.1007/s12599-015-0383-3>
- Atzori, L., Iera, A., Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, 54 (15), 2787–2805. doi: <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>
- Xia, F., Yang, L. T., Wang, L., Vinel, A. (2012). Internet of Things. *International Journal of Communication Systems*, 25 (9), 1101–1102. doi: <https://doi.org/10.1002/dac.2417>
- Ha, D., Park, H., Choi, S., Kim, Y. (2013). A Wireless MEMS-Based Inclinometer Sensor Node for Structural Health Monitoring. *Sensors*, 13 (12), 16090–16104. doi: <https://doi.org/10.3390/s131216090>
- Ocak, M. A. (2018). Where does Arduino's power come from?: An extended literature review. *Journal of Learning and Teaching in Digital Age*, 3 (1), 21–34. Available at: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1175624>
- Faugel, H., Bobkov, V. (2013). Open source hard- and software: Using Arduino boards to keep old hardware running. *Fusion Engineering and Design*, 88 (6-8), 1276–1279. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fusengdes.2012.12.005>
- Khoa, T. A., Man, M. M., Nguyen, T.-Y., Nguyen, V., Nam, N. H. (2019). Smart Agriculture Using IoT Multi-Sensors: A Novel Watering Management System. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 8 (3), 45. doi: <https://doi.org/10.3390/jsan8030045>
- Kumar, S., Ch, N. (2020). IoT Based Multi-sensor Data Acquisition System for the Application of Smart Agriculture. *Communications in Computer and Information Science*, 329–342. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-15-3666-3_27
- Marques, G., Saini, J., Dutta, M., Singh, P. K., Hong, W.-C. (2020). Indoor Air Quality Monitoring Systems for Enhanced Living Environments: A Review toward Sustainable Smart Cities. *Sustainability*, 12 (10), 4024. doi: <https://doi.org/10.3390/su12104024>
- Holovaty, A., Teslyuk, V., Iwaniec, M., Mashevskaya, M. (2017). Development of a system for monitoring vibration accelerations based on the raspberry pi microcomputer and the ADXL345 accelerometer. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (9 (90)), 52–62. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.116082>
- Abruzzese, D., Micheletti, A., Tiero, A., Cosentino, M., Forconi, D., Grizzi, G. et al. (2020). IoT sensors for modern structural health monitoring. A new frontier. *Procedia Structural Integrity*, 25, 378–385. doi: <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2020.04.043>
- Ivel', V. P., Razinkin, V. P., Kaliaskarov, N. B. (2019). Development of wireless device monitoring of the condition of cracks and joints of buildings and structures and its advantages. *The Bulletin of KazATC*, 2 (109), 10–17. Available at: [https://www.kazatk.kz/material/nauka/11.04.2019/%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%81%D1%82%D0%BA%D0%B0%20%D0%92%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%E2%84%96%20%20\(109\).%202019%20%D1%81%20%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%BE%D0%B6%D0%BA%D0%BE%D0%B9%20%D0%B8%20%D0%B2%D1%8B%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%BC%D0%B8%20%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%BC%D0%B8.pdf](https://www.kazatk.kz/material/nauka/11.04.2019/%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%81%D1%82%D0%BA%D0%B0%20%D0%92%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%E2%84%96%20%20(109).%202019%20%D1%81%20%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%BE%D0%B6%D0%BA%D0%BE%D0%B9%20%D0%B8%20%D0%B2%D1%8B%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%BC%D0%B8%20%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%BC%D0%B8.pdf)
- Ivel', V. P., Gerasimova, Yu. V., Kaliaskarov, N. B. (2018). Obzor raspredelennoy besprovodnoy sistemy sbora i peredachi analogovykh dannyh. «Kozybaevskie chteniya-2018: Evraziyskiy potentsial i novye vozmozhnosti razvitiya v usloviyakh global'nykh vyzovov»: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Vol. 2. Petropavlovsk: SKGU im. M. Kozybaeva, 243–247. Available at: <http://repository.nkzu.kz/7813/>

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.213892

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR DETECTING DANGEROUS STATES OF POLLUTED ATMOSPHERIC AIR BASED ON THE CURRENT RECURRENCE OF THE COMBINED RISK (p. 49–56)

Boris Pospelov

Scientific-Methodical Center of Educational Institutions in the Sphere of Civil Defence, Kyiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0957-3839>

Volodymyr Kovrehin

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5584-3767>

Evgeniy Rybka

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5396-5151>

Olekciï Krainiukov

V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5264-3118>

Olena Petukhova

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4832-1255>

Tetiana Butenko

Scientific-Methodical Center of Educational Institutions in the
 Sphere of Civil Defence, Kyiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0115-7224>

Pavlo Borodych

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9933-8498>

Ihor Morozov

National Academy of the National Guard of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9643-481X>

Oleksii Horbov

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute",
 Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8326-9413>

Inna Hrachova

National Academy of the National Guard of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4022-1719>

A method has been developed to detect hazardous conditions of contaminated air in urban areas in real time for an arbitrary number of pollutants. The method is based on restoring the hidden dynamics of the combined risk of instantaneous action on the basis of the current measurements of the concentration of pollutants at the point of control. Other data on current conditions at the point of control are not used in the developed method. Therefore, the method, in contrast to known analogs, is universal and can be applied for arbitrary conditions and control points. At the same time, the restored dynamics of the level of the combined risk of instantaneous action makes it possible not only to identify dangerous conditions relating to contaminated atmospheric air but, on the basis of the current recurrence of combined risk levels, to assess the probability of detecting and predicting dangerous levels in the combined risk of instantaneous action in real time at the predefined point of control. Using the developed method at several control points in an arbitrary area would make it possible to determine the space-time distribution of the levels of the combined risk of instantaneous action of atmospheric pollution on the population within a territory. Experimental measurements of the concentration of formaldehyde, ammonia, and nitrogen dioxide in the atmosphere have been performed at the point of control within an industrial city with an air pollution level of 37 units on the AQC scale (USA). Based on the measurements, the method has been confirmed to be feasible. It was established that at the time of a credible dangerous event, the level of the combined risk of instantaneous action was approximately 10^{-3} with a single probability of this level. This level of the combined risk is about 10^5 times higher than the corresponding upper limit of permissible individual risk. It is shown that the maximum forecast time of the dangerous level of combined risk under the considered conditions does not exceed 18 hours.

Keywords: dangerous air pollution, checkpoint, current concentrations of pollutants, combined risk, recurrence plot.

References

- Egondi, T., Kyobotungi, C., Ng, N., Muindi, K., Oti, S., Vijver, S. et al (2013). Community Perceptions of Air Pollution and Related Health Risks in Nairobi Slums. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10(10), 4851–4868. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph10104851>
- Argyropoulos, C. D., Ashraf, A. M., Markatos, N. C., Kakosimos, K. E. (2017). Mathematical modelling and computer simulation of toxic gas building infiltration. *Process Safety and Environmental Protection*, 111, 687–700. doi: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2017.08.038>
- Sorek-Hamer, M., Chatfield, R., Liu, Y. (2020). Review: Strategies for using satellite-based products in modeling PM2.5 and short-term pollution episodes. *Environment International*, 144, 106057. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106057>
- Zou, B., Wilson, J. G., Zhan, F. B., Zeng, Y. (2009). Air pollution exposure assessment methods utilized in epidemiological studies. *Journal of Environmental Monitoring*, 11 (3), 475. doi: <https://doi.org/10.1039/b813889c>
- Beckx, C., Int Panis, L., Arentze, T., Janssens, D., Torfs, R., Broekx, S., Wets, G. (2009). A dynamic activity-based population modelling approach to evaluate exposure to air pollution: Methods and application to a Dutch urban area. *Environmental Impact Assessment Review*, 29 (3), 179–185. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2008.10.001>
- Bell, M. L., Ebisu, K., Belanger, K. (2007). Ambient Air Pollution and Low Birth Weight in Connecticut and Massachusetts. *Environmental Health Perspectives*, 115 (7), 1118–1124. doi: <https://doi.org/10.1289/ehp.9759>
- Ballester, F. (2002). The EMECAM project: a multicentre study on air pollution and mortality in Spain: combined results for particulates and for sulfur dioxide. *Occupational and Environmental Medicine*, 59 (5), 300–308. doi: <https://doi.org/10.1136/oem.59.5.300>
- Kustov, M. V., Kalugin, V. D., Tutunik, V. V., Tarakhno, E. V. (2019). Physicochemical principles of the technology of modified pyrotechnic compositions to reduce the chemical pollution of the atmosphere. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*, 1, 92–99. doi: <https://doi.org/10.32434/0321-4095-2019-122-1-92-99>
- Pascual, M., Ellner, S. P. (2000). Linking ecological patterns to environmental forcing via nonlinear time series models. *Ecology*, 81 (10), 2767–2780. doi: [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2000\)081\[2767:leptef\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2000)081[2767:leptef]2.0.co;2)
- Parrott, L. (2004). Analysis of simulated long-term ecosystem dynamics using visual recurrence analysis. *Ecological Complexity*, 1 (2), 111–125. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2004.01.002>
- Proulx, R. (2007). Ecological complexity for unifying ecological theory across scales: A field ecologist's perspective. *Ecological Complexity*, 4 (3), 85–92. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2007.03.003>
- Eckmann, J.-P., Kamphorst, S. O., Ruelle, D. (1987). Recurrence Plots of Dynamical Systems. *Europhysics Letters (EPL)*, 4 (9), 973–977. doi: <https://doi.org/10.1209/0295-5075/4/9/004>
- Webber, Jr. C. L., Zbilut, J. P. (2005). Recurrence quantification analysis of nonlinear dynamical systems. *Tutorials in contemporary nonlinear methods for the behavioral sciences*, 26.
- Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Meleshchenko, R., Borodych, P. (2018). Studying the recurrent diagrams of carbon monoxide concentration at early ignitions in premises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (9 (93)), 34–40. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.133127>
- Turcotte, D. L. (1977). *Fractals and chaos in geology and geophysics*. Cambridge University Press. doi: <https://doi.org/10.1017/cbo9781139174695>
- Pospelov, B., Rybka, E., Meleshchenko, R., Borodych, P., Gornostal, S. (2019). Development of the method for rapid detection of hazardous atmospheric pollution of cities with the help of recurrence measures. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (10 (97)), 29–35. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.155027>

17. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Krainiukov, O., Karpets, K., Pirohov, O. et. al. (2019). Development of the correlation method for operative detection of recurrent states. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (4 (102)), 39–46. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.187252>
18. Pospelov, B., Rybka, E., Togobytska, V., Meleshchenko, R., Danchenko, Y., Butenko, T. et. al. (2019). Construction of the method for semi-adaptive threshold scaling transformation when computing recurrent plots. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (100)), 22–29. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.176579>
19. Pospelov, B., Rybka, E., Meleshchenko, R., Krainiukov, O., Harbuz, S., Bezuhla, Y. et. al. (2020). Use of uncertainty function for identification of hazardous states of atmospheric pollution vector. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (104)), 6–12. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.200140>
20. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Krainiukov, O., Maksymenko, N., Meleshchenko, R. et. al. (2020). Mathematical model of determining a risk to the human health along with the detection of hazardous states of urban atmosphere pollution based on measuring the current concentrations of pollutants. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (106)), 37–44. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.210059>
21. Ferrante, M., Fiore, M., Copat, C., Morina, S., Ledda, C., Maurceri, C., & Oliveri Conti, G. (2015). Air Pollution in High-Risk Sites—Risk Analysis and Health Impact. *Current Air Quality Issues*. doi: <https://doi.org/10.5772/60345>
22. Naydenko, V. V., Gubanov, L. N., Kosarikov, A. N., Afanas'eva, I. M., Ivanov, A. V. (2003). *Ekologo-ekonomicheskii monitoring okruzhayushchey sredy*. Nizhniy Novgorod, 186.
23. Leonovich, E. I., Skorobogataya, I. V. (2019). Otsenka riska dlya zhizni i zdorov'ya naseleniya ot vozdeystviya zagryaznyayushchih veshchestv v atmosfernom vozduhe. *Gigienicheskie pokazateli urovnya zagryazneniya atmosfery*. Minsk, 48.
24. Poulsen, A., Jomaas, G. (2011). Experimental Study on the Burning Behavior of Pool Fires in Rooms with Different Wall Linings. *Fire Technology*, 48 (2), 419–439. doi: <https://doi.org/10.1007/s10694-011-0230-0>
25. Pospelov, B., Meleshchenko, R., Krainiukov, O., Karpets, K., Petukhova, O., Bezuhla, Y. et. al. (2020). A method for preventing the emergency resulting from fires in the premises through operative control over a gas medium. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (10 (103)), 6–13. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.194009>
26. Kondratenko, O. M., Vambol, S. O., Stokov, O. P., Avramenko, A. M. (2015). Mathematical model of the efficiency of diesel particulate matter filter. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 6, 55–61.
27. Semko, A. N., Beskrovnaya, M. V., Vinogradov, S. A., Hritsina, I. N., Yagudina, N. I. (2014). The usage of high speed impulse liquid jets for putting out gas blowouts. *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, 52 (3), 655–664.
28. Otrosh, Y., Semkiv, O., Rybka, E., Kovalov, A. (2019). About need of calculations for the steel framework building in temperature influences conditions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 708, 012065. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/708/1/012065>
29. Vambol, S., Vambol, V., Kondratenko, O., Koloskov, V., Suchikova, Y. (2018). Substantiation of expedience of application of high-temperature utilization of used tires for liquefied methane production. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 2 (87), 77–84. doi: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.2830>
30. Loboichenko, V. M., Vasyukov, A. E., Tishakova, T. S. (2017). Investigations of Mineralization of Water Bodies on the Example of River Waters of Ukraine. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, 14 (4), 37–41. doi: <https://doi.org/10.3233/ajw-170035>

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.213989

BUILDING A MODEL OF NETWORK INTERACTION BETWEEN THE COMPONENTS OF A MULTIAGENT SYSTEM OF MOBILE ROBOTS (p. 57–63)

Vitalii Diduk

The Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy,
Cherkasy, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0118-2216>

Valerii Hrytsenko

The Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy,
Cherkasy, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5881-3491>

Andrii Yeromenko

The Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy,
Cherkasy, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9368-1375>

The results reported here represent the first stage in the development of a full-featured laboratory system aimed at studying machine learning algorithms. The relevance of the current work is predetermined by the lack of network small-size mobile robots and appropriate control software that would make it possible to conduct field experiments in real time. This paper reports the selection of network data transmission technology for managing mobile robots in real time. Based on the chosen data transmission protocol, a complete stack of technologies of the network model of a multi-agent system of mobile robots has been proposed. This has made it possible to build a network model of the system that visualizes and investigates machine learning algorithms. In accordance with the requirements set by the OSI network model for constructing such systems, the model includes the following levels:

- 1) the lower level of data collection and controlling elements – mobile robots;
- 2) the top level of the model includes a user interface server and a business logic support server.

Based on the built diagram of the protocol stack and the network model, the software and hardware implementation of the obtained results has been carried out. This paper employed the JavaScript library React with a SPA technology (Single Page Application), a Virtual DOM technology (Document Object Model), stored in the device's RAM and synchronized with the actual DOM. That has made it possible to simplify the process of control over the clients and reduce network traffic.

The model provides the opportunity to:

- 1) manage the prototypes of robot clients in real time;
- 2) reduce the use of network traffic, compared to other data transmission technologies;
- 3) reduce the load on the CPU processors of robots and servers;
- 4) virtually simulate an experiment;
- 5) investigate the implementation of machine learning algorithms.

Keywords: multi-agent systems, mobile robots, machine learning, network model, WEB interface, WebSocket.

References

1. Stepanov, P. P. (2019). Application of group control and machine learning algorithms on the example of the “Battlecode” game. *Cybernetics and programming*, 1, 75–82. doi: <https://doi.org/10.25136/2306-4196.2019.1.23527>
2. Yang, E., Gu, D. (2004). Multiagent Reinforcement Learning for Multi-Robot Systems: A Survey. Available at: https://www.researchgate.net/profile/Dongbing_Gu/publication/2948830_Multiagent_Reinforcement_Learning_for_Multi-Robot_Systems_A_Survey/links/53f5ac820cf2fceacc6f4f1a.pdf
3. Elhajji, I. H., Goradia, A., Xi, N., Kit, C. M., Liu, Y. H., Fukuda, T. (2003). Design and analysis of internet-based tele-coordinated multi-robot systems. *Autonomous Robots*, 15, 237–254. doi: <http://doi.org/10.1023/A:1026266703684>
4. Cao, Y. U., Fukunaga, A. S., Kahng, A. B. (1997). Cooperative mobile robotics: antecedents and directions. *Autonomous Robots*, 4, 7–27. doi: <http://doi.org/10.1023/A:1008855018923>
5. Van der Zwaan, S., Moreira, J. A. A., Lima, P. U. (2000). Cooperative learning and planning for multiple robots. Proceedings of the 2000 IEEE International Symposium on Intelligent Control. Held Jointly with the 8th IEEE Mediterranean Conference on Control and Automation (Cat. No.00CH37147). doi: <https://doi.org/10.1109/isic.2000.882949>
6. Asada, M., Uchibe, E., Hosoda, K. (1999). Cooperative behavior acquisition for mobile robots in dynamically changing real worlds via vision-based reinforcement learning and development. *Artificial Intelligence*, 110 (2), 275–292. doi: [https://doi.org/10.1016/s0004-3702\(99\)00026-0](https://doi.org/10.1016/s0004-3702(99)00026-0)
7. Touzet, C. F. (2000). Robot awareness in cooperative mobile robot learning. *Autonomous Robots*, 8, 87–97. doi: <https://doi.org/10.1023/A:1008945119734>
8. Mataric, M. J. (1997). Reinforcement learning in the multi-robot domain. *Autonomous Robots*, 4, 73–83. doi: <https://doi.org/10.1023/A:1008819414322>
9. Michaud, F., Mataric, M. J. (1998). Learning from history for behavior-based mobile robots in non-stationary conditions. *Machine Learning*, 31, 141–167. doi: <https://doi.org/10.1023/A:1007496725428>
10. Fernandez, F., Parker, L. E. (2001). Learning in large cooperative multi-robot domains. *International Journal of Robotics and Automation*, 16 (4), 217–226.
11. Bowling, M., Veloso, M. (2003). Simultaneous adversarial multi-robot learning. IJCAI'03: Proceedings of the 18th international joint conference on Artificial intelligence, 699–704. Available at: <http://www.cs.cmu.edu/~mmv/papers/03ijcai-grawolf.pdf>
12. Liu, J., Wu, J. (2001). Multiagent Robotic Systems. CRC Press, 328. doi: <https://doi.org/10.1201/9781315220406>
13. Mataric, M. J. (2001). Learning in behavior-based multi-robot systems: policies, models, and other agents. *Cognitive Systems Research*, 2 (1), 81–93. doi: [https://doi.org/10.1016/s1389-0417\(01\)00017-1](https://doi.org/10.1016/s1389-0417(01)00017-1)
14. Srinivasan, L., Scharnagl, J., Schilling, K. (2013). Analysis of WebSockets as the New Age Protocol for Remote Robot Tele-operation. IFAC Proceedings Volumes, 46 (29), 83–88. doi: <https://doi.org/10.3182/20131111-3-kr-2043.00032>
15. Introducing Hooks (2020). React. Available at: <https://en.reactjs.org/docs/hooks-intro.html>
16. Diduk, V. A., Savchenko, B. S. (2020). Robototekhnichna systema z viddalenym keruvanniam. Vseukrainska naukovo-praktychna Internet-konferentsiya “Avtomatyzatsiya ta kompiuterno-intehrovani tekhnolohiyi u vyrobnytstvi ta osviti: stan, dosiahnennia, perspektyvy rozvytku”. Cherkasy, 46–49. Available at: https://conference.ikto.net/pub/akit_2020_16-22march.pdf

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.211755**РЕАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛІ ДОПОМОГИ ВОДИЄВИ ПРИ СОНЛИВОСТІ НА ОСНОВІ ВИЯВЛЕННЯ РУХІВ ОЧЕЙ (с. 6–13)****Jumana Waleed, Thekra Abbas, Taha Mohammed Hasan**

Щорічно багато людей стає інвалідами на все життя або гинуть в результаті дорожньо-транспортних пригод зі смертельними наслідками. Крім механічних несправностей і людських помилок, однією з основних причин смертельних дорожньо-транспортних пригод є сонливість водія. Коли водії відчувають сонливість, з'являється безліч фізіологічних і поведінкових симптомів, таких як зміни хвиль людського мозку, міміки, активності очей, зменшення рухів голови і т. д. Тому існує значна необхідність у розробці моделей виявлення сонливості водія, які використовують ці симптоми для зниження аварійності шляхом попередження водіїв про сонливість і втому. У даній статті основна увага приділяється моделі допомоги водієві при сонливості для моніторингу та оповіщення водіїв з використанням поведінкового методу (метод виявлення рухів очей). Запропонований метод виявлення рухів очей (закриті/відкриті) використовує розширений локальний бінарний шаблон (розширений ЛБШ), в якому використовуються дескриптори для представлення зображень очей для вилучення особливостей тканин різних людей у рухомому автомобілі для визначення того, чи водій перебуває в сонному стані чи ні. Це відбувається після запису відео водія і виявлення його очей. Для вилучення ознак, зображення очей ділиться на невеликі області за допомогою розширеного ЛБШ і впорядковується в єдиний вектор ознак, де цей метод використовується для визначення ознак подібності в навчальній групі і класифікації зображення очей. Для забезпечення високої точності використовується наївний байєсівський класифікатор (НБ) і метод опорних векторів (МОВ). Отримані результати свідчать про те, що система має високий ступінь точності в порівнянні з іншими існуючими методами, де рівень точності НБ і МОВ з використанням набору даних виявлення очей з навчанням 90 % і тестуванням 10 % становить 96 % і 97 % відповідно.

Ключові слова: сонливість водія, рухи очей, розширений ЛБШ, Віола-Джонс, НБ, МОВ.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.212830**СИНТЕЗ МОДЕЛЕЙ ВИЯВЛЕННЯ ШАХРАЙСТВА В ЦИФРОВИХ ПЛАТІЖНИХ СИСТЕМАХ З ВИКОРИСТАННЯМ АЛГОРИТМІВ АВТОМАТИЧНОГО МАШИННОГО НАВЧАННЯ (с. 14–26)****О. М. Колодізєв, О. Ю. Мінци, П. А. Сідельов, І. В. Плєскун, О. І. Лозинська**

Дані глобальної фінансової статистики свідчать, що загальні втрати від шахрайських транзакцій у всьому світі постійно зростають. Проблему платіжного шахрайства загострює цифровізація економічних відносин, зокрема впровадження банками концепції "Bank-as-a-Service", що підвищить навантаження на платіжні сервіси.

Метою дослідження є синтез ефективних моделей виявлення шахрайства в цифрових платіжних системах з використанням алгоритмів автоматичного машинного навчання та аналізу Big Data.

Запропоновано і систематизовано підходи до розширення інформаційної бази для виявлення шахрайських транзакцій. Обґрунтовано вибір метрик ефективності для побудови і порівняння моделей.

Для розв'язання задачі запропоновано використання алгоритмів автоматичного машинного навчання, які дозволяють за короткий час перебрати велику кількість варіантів моделей, їх ансамблів і наборів вхідних даних. За рахунок цього в проведених експериментах вдалося отримати якість класифікації по метриці AUC на рівні 0.977–0.982. Це перевищує ефективність класифікаторів, розроблених традиційними методами, при тому, що витрати часу на синтез моделей набагато нижче і вимірюються годинами. Ансамбль моделей дот зволів виділити до 85,7 % шахрайських транзакцій в вибірці. Точність виявлення шахрайських транзакцій також є високою (79–85 %).

Результати дослідження підтверджують ефективність використання алгоритмів автоматичного машинного навчання для синтезу моделей виявлення шахрайства в цифрових платіжних системах. Причому ефективність проявляється не тільки в якості отриманих класифікаторів, але і в зниженні витрат на їх розробку, а також у високому потенціалі інтерпретованості. Використання результатів дослідження дозволить фінансовим установам скоротити фінансові і часові витрати на розробку та актуалізацію активних систем протидії платіжному шахрайству, підвищити ефективність моніторингу фінансових операцій.

Ключові слова: цифрові платежі, машинне навчання, автоматичний синтез, виявлення шахрайства, наука про дані.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.213834**РОЗРОБКА МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ШВИДКОСТІ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ НА БАЗІ ЕМПІРИЧНОЇ МОДЕЛІ СТАТИСТИЧНОГО ЗВ'ЯЗКУ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ БЕЗПРОВІДНОГО КАНАЛУ СТАНДАРТУ 802.11 (с. 26–35)****Д. В. Михалєвський**

Запропоновано метод оцінювання ефективної швидкості передачі інформації у каналах стандарту 802.11, який передбачає вимірювання основного енергетичного параметра за допомогою програмно-апаратних засобів абонентського пристрою. Основою

такого методу є емпіричні моделі статистичного зв'язку між основними параметрами каналу, які отримано на основі експериментальних досліджень із застосуванням алгоритмів моніторингу. Отриманні при реалізації даного методу рішення дозволяють враховувати максимально-можливу кількість дестабілізуючих факторів та значно зменшити час оцінювання ефективної швидкості передачі інформації. Слід відзначити, що такий метод може використовуватись для технічної діагностики безпроводних мереж стандартів 802.11x на етапах проектування та експлуатації мереж.

Встановлено, що використовуючи коефіцієнт енергетичної ефективності виникає значна похибка при зміщенні точок перетину лінійної та логарифмічної математичної моделі. Це може приводити до відхилення математичної оцінки ефективної швидкості передачі інформації та реальних значень. Статистичний зв'язок дає меншу похибку, але підвищує вимоги до емпіричних досліджень для отримання максимально-можливої достовірності.

Однією із особливостей запропонованого методу, можна виділити достовірність оцінювання ефективної швидкості передачі інформації. Така достовірність залежить від трьох основних факторів: точність оцінювання результатів, на основі яких отримана математична модель; оцінювання інтервалів флуктуацій та характеристики обладнання стандарту 802.11 різних виробників. Останній фактор можна виділити як недолік, що передбачає створення бази даних параметрів моделі статистичного зв'язку для різних пристроїв із корегуючими коефіцієнтами.

Ключові слова: безпроводний канал, стандарт 802.11, ефективна швидкість передачі даних, потужність сигналу, метод оцінювання, статистичний зв'язок.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.212301

РОЗРОБКА РОЗПОДІЛЕНОЇ БЕЗДРОТОВОЇ WI-FI СИСТЕМИ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВІДАЛЕНИХ ОБ'ЄКТІВ (с. 36–48)

Н. Б. Каліаскаров, В. П. Івель, Ю. В. Герасимова, В. В. Югай, С. С. Молдахметов

Дослідження присвячене вирішенню питань збору і передачі даних вимірювання при моніторингу різних будівельних об'єктів і мостових споруд. Вирішення питань здійснювалося за допомогою розробки власної розподіленої системи, що працює за технологією Wi-Fi. Отримані результати вимірювання наступних параметрів і даних: відстань між тріщинами і стиками, показання магнітометра і розташування і можливий нахил об'єктів в трьох осях за даними акселерометра і гіроскопа. Завдяки налаштуванню сервера створюються нові канали для прийому даних, які дозволяють провести подальшу їх обробку і виконання повного аналізу дослідження, наприклад, для вирішення проблеми прогнозу технічних станів будівельних і мостових об'єктів. Повнота аналізу дослідження вирішує проблему, пов'язану з виявленням можливих помилок і визначенням затримок в системі зв'язку. В цілому, достовірність всіх результатів досліджень має важливу роль при прогнозуванні технічних станів різних об'єктів і при пошуку вирішення проблем, що виникають унаслідок технічних складнощів віддаленого контролю. У зв'язку з цим, поставлено і вирішено питання обґрунтованості вибору Wi-Fi модулів, в яких для отримання результатів вимірювань в тривалому часі враховані параметри енергоспоживання і доступності до програмування плат даних модулів. Налаштування параметрів енергоспоживання дозволило збільшити час проведення дослідження на віддалених об'єктах, що в свою чергу підвищує довговічність і термін експлуатації керуючої системи. Простота програмування плат модулів і підтримка різних електронно-вимірювальних датчиків дозволяють варіювати сферу і об'єкти дослідження, тим самим розширюючи географію предметної області досліджень. Тому, розроблена розподілена система легко адаптується під необхідні проблемні сфери дослідження, результати моніторингу яких можуть знайти застосування в багатьох областях, таких як сільське господарство, екологія, енергетика, охорона здоров'я, метеорологія та інші.

Ключові слова: бездротовий зв'язок, віддалений моніторинг, гіроскоп, акселерометр, магнітометр, датчик відстані, сервер.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.213892

РОЗРОБКА МЕТОДУ ВИЯВЛЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ СТАНІВ ЗАБРУДНЕНОГО АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ НА ОСНОВІ ПОТОЧНОЇ РЕКУРЕНТНОСТІ КОМБІНОВАНОГО РИЗИКУ (с. 49–56)

Б. Б. Поспелов, В. В. Коврегін, Є. О. Рибка, О. М. Крайнюков, О. А. Петухова, Т. Ю. Бутенко, П. Ю. Бородич, І. Є. Морозов, О. М. Горбов, І. В. Грачева

Розроблено метод виявлення небезпечних станів забрудненого атмосферного повітря урбанізованих територій в реальному часі для довільного числа забруднювачів. Метод базується на відновленні прихованої динаміки рівня комбінованого ризику миттєвої дії за поточними вимірами концентрації забруднювачів в точці контролю. Інші дані про поточні умови в точці контролю в розробленому методі не використовуються. Тому метод на відміну від відомих аналогів є універсальним і може застосовуватися для довільних умов і точок контролю. При цьому відновлювана динаміка рівня комбінованого ризику миттєвої дії дозволяє не тільки виявляти небезпечні стани забрудненого атмосферного повітря, але і на основі поточної рекурентності рівнів комбінованого ризику оцінювати вірогідність виявлення і прогнозування небезпечних рівнів комбінованого ризику миттєвої дії в реальному часі в заданій точці контролю. Застосування розробленого методу в декількох точках контролю на довільній території дозволить визначати просторово-часові розподіли рівнів комбінованого ризику миттєвої дії атмосферних забруднень на населення території. Виконано експериментальні вимірювання концентрації формальдегіду, аміаку і двоокису азоту в атмосферному повітрі в точці контролю на території промислового міста з рівнем забруднення атмосфери, що характеризується 37 одиницями за шкалою AQI (США). На основі отриманих вимірів підтверджена працездатність методу. Встановлено, що в момент достовірно небезпечної події рівень комбінованого ризику миттєвої

дії склав приблизно 10^{-3} при одиничній ймовірності цього рівня. Даний рівень комбінованого ризику приблизно в 10^5 разів перевищує рівень відповідної верхньої межі допустимого індивідуального ризику. Показано, що для розглянутих умов максимальний час прогнозу небезпечного рівня комбінованого ризику не перевищує 18 годин.

Ключові слова: небезпечні забруднення атмосферного повітря, контрольна точка, поточні концентрації забруднювачів, комбінований ризик, рекурентна діаграма.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.213989

ПОБУДОВА МОДЕЛІ МЕРЕЖЕВОЇ ВЗАЄМОДІЇ СКЛАДОВИХ МУЛЬТИАГЕНТНОЇ СИСТЕМИ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ (с. 57–63)

В. А. Дідук, В. Г. Грищенко, А. Д. Єрьоменко

Представлені результати роботи є першим етапом розробки повнофункціональної лабораторної системи дослідження алгоритмів машинного навчання. Актуальність роботи зумовлена відсутністю мережових малогабаритних мобільних роботів та відповідного керуючого програмного забезпечення, що дозволило б проводити натурні експерименти в реальному часі. В роботі здійснено підбір мережової технології передачі даних для керування мобільними роботами в реальному часі. На основі обраного протоколу передачі даних запропоновано повний стек технологій мережової моделі мультиагентної системи мобільних роботів. Це дозволило побудувати мережеву модель системи візуалізації та дослідження алгоритмів машинного навчання. Відповідно до вимог мережової моделі OSI щодо побудови подібних систем, модель включає в себе наступні рівні:

- 1) нижній рівень збору даних та виконавчих механізмів – мобільні роботи;
- 2) верхній рівень моделі – складається з серверу користувацького інтерфейсу та серверу підтримки бізнес-логіки.

Базуючись на побудованих діаграмі стеку протоколів та мережовій моделі здійснена програмно-апаратна реалізація отриманих результатів. У роботі використано JavaScript бібліотека React з технологією SPA (Single Page Application), технологію Virtual DOM (Document Object Model), що зберігається в оперативній пам'яті пристрою і синхронізується з реальним DOM. Це дозволило спростити процес керування клієнтами та зменшити мережевий трафік.

Модель надає можливість:

- 1) керувати прототипами роботів-клієнтів в реальному часі;
- 2) зменшити використання мережевого трафіку, в порівнянні з іншими технологіями передачі даних;
- 3) зменшити навантаження на центральні процесори роботів та серверів;
- 4) виконувати віртуальну симуляцію експерименту;
- 5) досліджувати виконання алгоритмів машинного навчання.

Ключові слова: мультиагентні системи, мобільні роботи, машинне навчання, мережева модель, WEB-інтерфейс, WebSocket.