



DOI: 10.15587/2706-5448.2024.297044

DIGITAL IDENTIFICATION AND PATTERN RECOGNITION CAPABILITIES USING MACHINE LEARNING METHODS, NAVIGATION SYSTEMS, AND VIDEO SURVEILLANCE

pages 6–13

Olena Marchenko, Senior Lecturer, Department of Informatics and Software Engineering, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5754-4920>, e-mail: marchenko.helene@gmail.com

Oleksandr Viunenko, PhD, Associate Professor, Department of Cybernetics and Informatics, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8835-0704>

Ihor Nechai, PhD, Associate Professor, Department of Physics and Applied Mathematics, Ukrainian State University of Science and Technologies, Dnipro, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9250-7794>

The objects of the study are unmanned vehicles and branches of the bridge of the city of Kyiv (Ukraine), which connects the Great Ring Road, Zhytomyr Highway and Peremogy Avenue. The built routes were analyzed using the technology of recognition of road signs, people and vehicles. The important problem of this research is to analyze the possibilities of detecting obstacles by an unmanned vehicle using pattern recognition, which combines the methods of machine communication, navigation and real-time video surveillance.

Based on the study, the results of detecting and avoiding obstacles on the road, where a study was conducted to investigate the main reasons that can cause time delays (traffic jams, weather conditions, accidents). The results of planning and navigation are obtained to determine the appropriate road route, which allows detecting and eliminating obstacles on the road, as well as building a map plan of the route in advance using online map services (Google Maps). It is shown that recognition of road signs (based on the classification using a road sign map consisting of 7 categories), people and vehicles minimizes the occurrence of road accidents, traffic jams and time delays. To recognize the images of road signs, people and vehicles, we studied the road sections connecting to the branched bridge.

Thus, the authors have reviewed and analyzed the digital capabilities of pattern identification and recognition using machine learning methods, navigation and video surveillance systems, where the safety of vehicles with detection of road signs and obstacles on the way is of great importance. The results obtained can complement the possibilities of using unmanned vehicles to avoid obstacles and road accidents based on a trained pattern recognition system. This system, using convolutional neural networks and video surveillance navigation systems, will be able to provide the driver and the people around it with safe driving conditions.

Keywords: unmanned vehicle, convolutional neural networks, pattern recognition, machine learning, navigation, planning, video surveillance.

References

1. Rezwan, S., Choi, W. (2022). Artificial Intelligence Approaches for UAV Navigation: Recent Advances and Future Challenges. *IEEE Access*, 10, 26320–26339. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2022.3157626>
2. Ni, J., Chen, Y., Chen, Y., Zhu, J., Ali, D., Cao, W. (2020). A Survey on Theories and Applications for Self-Driving Cars Based on Deep Learning Methods. *Applied Sciences*, 10 (8), 2749. doi: <https://doi.org/10.3390/app10082749>
3. Kamble, S. J., Kounte, M. R. (2020). Machine Learning Approach on Traffic Congestion Monitoring System in Internet of Vehicles. *Procedia Computer Science*, 171, 2235–2241. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.04.241>
4. Bachute, M. R., Subhedar, J. M. (2021). Autonomous Driving Architectures: Insights of Machine Learning and Deep Learning Algorithms. *Machine Learning with Applications*, 6, 100164. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mlwa.2021.100164>
5. Ali, K. S., Abid, N. M. (2021). The Importance of Google Maps for Traffic in Calculating the Level of Service for the Road and Traffic Delay. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1076 (1), 012015. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1076/1/012015>
6. Gupta, A., Anpalagan, A., Guan, L., Khwaja, A. S. (2021). Deep learning for object detection and scene perception in self-driving cars: Survey, challenges, and open issues. *Array*, 10, 100057. doi: <https://doi.org/10.1016/j.array.2021.100057>
7. Benito-Picazo, J., Domínguez, E., Palomo, E. J., López-Rubio, E. (2020). Deep learning-based video surveillance system managed by low cost hardware and panoramic cameras. *Integrated Computer-Aided Engineering*, 27 (4), 373–387. doi: <https://doi.org/10.3233/ica-200632>
8. Duarte, F. (2019). Self-driving cars: A city perspective. *Science Robotics*, 4 (28). doi: <https://doi.org/10.1126/scirobotics.aav9843>
9. Hasan, N., Anzum, T., Jahan, N. (2021). Traffic sign recognition system (TSRS): SVM and convolutional neural network. *Inventive Communication and Computational Technologies: Proceedings of ICICCT 2020*. Springer, 69–79.
10. Holovatsky, I. V., Kornaha, Ya. I. (2019). Intellectual system of recognition of road elements. *Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. Series: Technical Sciences*, 6 (1), 47–50. doi: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.6-1/09>
11. Yan, C., Jiang, H., Zhang, B., Coenen, F. (2015). Recognizing driver inattention by convolutional neural networks. *2015 8th International Congress on Image and Signal Processing (CISP)*, 680–685. doi: <https://doi.org/10.1109/cisp.2015.7407964>
12. Derrow-Pinion, A., She, J., Wong, D., Lange, O., Hester, T., Perez, L. et al. (2021). ETA Prediction with Graph Neural Networks in Google Maps. *Proceedings of the 30th ACM International Conference on Information & Knowledge Management*, 3767–3776. doi: <https://doi.org/10.1145/3459637.3481916>
13. Badrloo, S., Varshosaz, M., Pirasteh, S., Li, J. (2022). Image-Based Obstacle Detection Methods for the Safe Navigation of Unmanned Vehicles: A Review. *Remote Sensing*, 14 (15), 3824. doi: <https://doi.org/10.3390/rs14153824>
14. O'Mahony, N., Campbell, S., Krpalkova, L., Riordan, D., Walsh, J., Murphy, A., Ryan, C. (2018). Deep Learning for Visual Navigation of Unmanned Ground Vehicles: A review. *2018 29th Irish Signals and Systems Conference (ISSC)*. doi: <https://doi.org/10.1109/issc.2018.8585381>
15. Konovalov, O. Yu. (2021). *Rozrobka pidsystemy rozpiznavannia dorozhnikh znakov avtomobilnoho avtopilota*. Kharkiv, 82.
16. Kanagaraj, N., Hicks, D., Goyal, A., Tiwari, S., Singh, G. (2021). Deep learning using computer vision in self driving cars for lane and traffic sign detection. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 12 (6), 1011–1025. doi: <https://doi.org/10.1007/s13198-021-01127-6>

DOI: 10.15587/2706-5448.2024.298405

AN OVERVIEW OF STATISTICAL AND NEURAL-BASED LINE SEGMENTATION METHODS FOR OFFLINE HANDWRITING RECOGNITION TASK

pages 14–19

Oleg Yakovchuk, Assistant, Postgraduate Student, Department of System Design, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9842-9790>, e-mail: olegyakovchuk@gmail.com

Walery Rogoza, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of System Design, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2327-156X>

The object of the research is the line segmentation task. To recognize the handwritten text from the documents in image format offline handwriting recognition technology is used. The text recognizer module accepts input as separate lines, so one of the important preprocessing steps is the detection and splitting of all handwritten text into distinct lines.

In this paper, the handwritten text line segmentation task, its requirements, problems, and challenges are examined. Two main approaches for this task that are used in modern recognition systems are reviewed. These approaches are statistical projection-based methods and neural-based methods. Multiple works and research papers for each type of approach are reviewed analyzing their strengths and weaknesses considering the described tasks, constraints, and input data peculiarities. Overall acquired results are formed in a single table for comparison.

Based on the latest works that utilize deep neural networks the new possibilities of using these methods in recognition systems are described that were unavailable with traditional statistical segmentation approaches.

The constructive conclusions are made based on the review, describing the main pros and cons of these two approaches for the line segmentation task. These results can be further used for the correct selection of suitable methods in handwriting recognition systems to improve their performance and quality, and for further research in this area.

Keywords: handwriting text line segmentation, line splitting, text detection, recognition algorithms, deep neural networks.

References

- Sumi, T., Kenji Iwana, B., Hayashi, H., Uchida, S. (2019). Modality Conversion of Handwritten Patterns by Cross Variational Autoencoders. *Computer Vision and Pattern Recognition*. doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1906.06142>
- Volkova, V., Deriuga, I., Osadchyi, V., Radyvonenko, O. (2018). Improvement of Character Segmentation Using Recurrent Neural Networks and Dynamic Programming. *2018 IEEE Second International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP)*, 218–222. doi: <https://doi.org/10.1109/dsmp.2018.8478457>
- Omayio, E. O., Sreedevi, I., Panda, J. (2022). Word Segmentation by Component Tracing and Association (CTA) Technique. *Journal of Engineering Research*. doi: <https://doi.org/10.36909/jer.15207>
- Gruning, T., Labahn, R., Diem, M., Kleber, F., Fiel, S. (2018). READ-BAD: A New Dataset and Evaluation Scheme for Baseline Detection in Archival Documents. *2018 13th IAPR International Workshop on Document Analysis Systems (DAS)*. Vienna, 351–356. doi: <https://doi.org/10.1109/das.2018.38>
- Moysset, B., Kermorvant, C., Wolf, C., Louradour, J. (2015). Paragraph text segmentation into lines with Recurrent Neural Networks. *2015 13th International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR)*, 456–460. doi: <https://doi.org/10.1109/icdar.2015.7333803>
- Vo, Q. N., Lee, G. (2016). Dense prediction for text line segmentation in handwritten document images. *2016 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, 3264–3268. doi: <https://doi.org/10.1109/icip.2016.7532963>
- Yakovchuk, O., Cherneha, A., Zhelezniakov, D., Zaytsev, V. (2020). Methods for Lines and Matrices Segmentation in RNN-based Online Handwriting Mathematical Expression Recognition Systems. *2020 IEEE Third International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP)*. doi: <https://doi.org/10.1109/dsmp47368.2020.9204273>
- Razak, Z., Zulkiflee, K., Idris, M., Tamil, E., Noor, M., Salleh, R. et al. (2007). Off-line handwriting text line segmentation: A review. *International Journal of Computer Science and Network Security*, 8 (7), 12–20.
- Arivazhagan, M., Srinivasan, H., Srihari, S. (2007). A statistical approach to line segmentation in handwritten documents. *Document Recognition and Retrieval XIV*. doi: <https://doi.org/10.1117/12.704538>
- Ptak, R., Żygadło, B., Unold, O. (2017). Projection-Based Text Line Segmentation with a Variable Threshold. *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science*, 27 (1), 195–206. doi: <https://doi.org/10.1515/amcs-2017-0014>
- Renton, G., Chatelain, C., Adam, S., Kermorvant, C., Paquet, T. (2017). Handwritten Text Line Segmentation Using Fully Convolutional Network. *2017 14th IAPR International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR)*, 5–9. doi: <https://doi.org/10.1109/icdar.2017.321>
- Zhang, Z., Zhang, C., Shen, W., Yao, C., Liu, W., Bai, X. (2016). Multi-oriented Text Detection with Fully Convolutional Networks. *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 4159–4167. doi: <https://doi.org/10.1109/cvpr.2016.451>
- Liao, M., Wan, Z., Yao, C., Chen, K., Bai, X. (2020). Real-Time Scene Text Detection with Differentiable Binarization. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 34 (7), 11474–11481. doi: <https://doi.org/10.1609/aaai.v34i07.6812>
- Xu, Y., Yin, X., Huang, K., Hao, H. W. (2013). Robust Text Detection in Natural Scene Images. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 36 (5), 970–983. doi: <https://doi.org/10.1109/tpami.2013.182>

DOI: 10.15587/2706-5448.2024.298425

DEVELOPMENT OF FUZZY SEARCH METHOD FOR CREATING AN EFFICIENT INFORMATION SEARCH SYSTEM IN TEXT DATA

pages 20–24

Kyrylo Kleshch, Assistant, Postgraduate Student, Department of System Design, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-8133-3086>, e-mail: kleshch.kirill@gmail.com

The object of research is the processes of effective search for information in a set of textual data. The subject of the research is the fuzzy search method, which will allow to effectively solve the problem of searching for information in a set of textual data. The paper considers the process of developing a fuzzy search method, which consists of 9 consecutive steps and is required for a quick search for matches in a large set of text data. Based on this method, it is proposed to create a fuzzy search system that will solve the problem of finding the most relevant documents from a set of such documents.

The proposed fuzzy search method combines the advantages of algorithms based on deterministic finite automata and algorithms

based on dynamic programming for calculating the Damerau-Levenshtein distance. Such a combination allows to implement the symbol similarity table in an optimal way. As part of the work, an approach for creating a symbol similarity table was proposed and an example of such a table was created for symbols from the English alphabet, which allows to find the degree of similarity between two symbols with constant asymptotics and to convert the current symbol into its basic counterpart. For document filtering, a metric was developed to evaluate the correspondence of text data to a search phrase, which simultaneously takes into account the number of found and not found characters and the number of found and not found words.

The Damerau-Levenshtein algorithm allows to find the edit distance between two words, taking into account the following types of errors: substitution, addition, deletion, and transposition of characters. The work proposed a modification of this algorithm by using a similarity table to more accurately estimate the editing distance between two words.

The developed method makes it possible to create a fuzzy search system that will help find the desired results faster and increase the relevance of the obtained results by sorting them according to the values of the proposed test data similarity metric.

Keywords: fuzzy search, Damerau-Levenshtein distance, editing distance, character similarity table, text data processing.

References

1. Boytsov, L. (2011). Indexing methods for approximate dictionary searching. *ACM Journal of Experimental Algorithmics*, 16. doi: <https://doi.org/10.1145/1963190.1963191>
2. Carvalho, J. P., Coheur, L. (2013). Introducing UWS – A fuzzy based word similarity function with good discrimination capability:

Preliminary results. *2013 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE)*. Hyderabad. doi: <https://doi.org/10.1109/fuzz-ieee.2013.6622494>

3. Yu, M., Li, G., Deng, D., Feng, J. (2015). String similarity search and join: a survey. *Frontiers of Computer Science*, 10 (3), 399–417. doi: <https://doi.org/10.1007/s11704-015-5900-5>
4. Navarro, G. (2001). A guided tour to approximate string matching. *ACM Computing Surveys*, 33 (1), 31–88. doi: <https://doi.org/10.1145/375360.375365>
5. *Fancy Letters*. Available at: <https://symbl.cc/en/collections/fancy-letters/>
6. Snášel, V., Kepřt, A., Abraham, A., Hassanien, A. E. (2009). Approximate String Matching by Fuzzy Automata. *Advances in Soft Computing*. Berlin Heidelberg: Springer, 281–290. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-642-00563-3_29
7. Kleshch, K., Shablii, V. (2023). Comparison of fuzzy search algorithms based on Damerau-Levenshtein automata on large data. *Technology Audit and Production Reserves*, 4 (2 (72)), 27–32. doi: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2023.286382>
8. Kleshch, K. O., Tsarov, M. O. (2023). Modification of the fuzzy search algorithms to use a symbols similarity table. *Taurida Scientific Herald. Series: Technical Sciences*, 3, 21–28. doi: <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.3.3>
9. Mihov, S., Schulz, K. U. (2004). Fast Approximate Search in Large Dictionaries. *Computational Linguistics*, 30 (4), 451–477. doi: <https://doi.org/10.1162/0891201042544938>
10. Wang, J., Li, G., Fe, J. (2011). Fast-join: An efficient method for fuzzy token matching based string similarity join. *2011 IEEE 27th International Conference on Data Engineering*. Hannover, 458–469. doi: <https://doi.org/10.1109/icde.2011.5767865>

SYSTEMS AND CONTROL PROCESSES

DOI: 10.15587/2706-5448.2024.298518

INCREASING THE ACCURACY OF THE VESSEL'S COURSE ORIENTATION

pages 25–30

Mykola Khlopenko, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Electrical Equipment and Automatic Devices, Kherson State Maritime Academy, Odesa, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7773-4721>

Igor Gritsuk, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Ship Power Plants Operations, Kherson State Maritime Academy, Odesa, Ukraine, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7065-6820>

Oleksandr Sharko, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Transport Technologies and Mechanical Engineering, Kherson State Maritime Academy, Odesa, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9025-7990>

Eduard Appazov, PhD, Associate Professor, Head of the Postgraduate Studies and Doctoral Studies Department, Kherson State Maritime Academy, Odesa, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4277-1981>, e-mail: eappazov@i.ua

The object of the study is the process of increasing the accuracy of measuring the vessel's course and course orientation by using the mathematical model of the gyrocompass in the on-board computer. On modern vessels, the gyrocompass is the main course measuring device. Its advantages lie in measuring the current course relative to the geographic meridian, its readings are not af-

ected by magnetic anomalies, as was the case when using magnetic compasses, which led to a partial or complete loss of orientation of control objects. At the same time, gyrocompasses also have their drawbacks. The most significant of them is the inertial deviation of the sensitive element caused by the curvature of the Earth's surface, a change in course, acceleration or deceleration of the vessel. With the appearance of the moments of these forces, the axis of the gyrocompass leaves the equilibrium position and begins to make precessional movements. To reduce the inertial deviation, constructive solutions and recommendations to shipmasters regarding the consideration of deviational errors are used. Structural solutions lead to an increase in weight, complexity of the design, a decrease in reliability, and an increase in cost. The recommendations of regulatory documents regarding the consideration of the inertial deviation of the sensitive element of the gyrocompass are difficult to implement in practice, but they can be implemented in the on-board computer of the vessel control system by using a mathematical model of the sensitive element. The paper developed a method of increasing the accuracy of gyrocompass course measurement and the accuracy of course orientation by using an observation device built on the basis of a mathematical model of the gyrocompass in the on-board computer of the course control system. This makes it possible to estimate the useful component of course measurement and deviational errors from changes in speed and course, the curvature of the earth's surface. The useful component, without deviational errors, is used in the vessel's course control channel. The developed method can be used on vessels, provided it is integrated into the existing automated system of the on-board computer to solve the problem of monitoring the components of the gyrocompass measurement.

Keywords: intelligent transport systems, automatic control, navigational safety, human factor, inertial deviation, course orientation accuracy.

References

1. Nesterenko, O. I., Sapehin, O. M. (2022). *Hiroskopichni i navihatsiini pryklady*. Kyiv: KPI im. Ihoria Sikorskoho, 138.
2. *Matematychni modeli datchykyv informatsii*. Available at: https://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/11005/4/4-%D0%93%D0%BB_3.pdf
3. Kulikov, D. O., Kupina, O. A., Loria, M. H., Tselishchev, O. B. (2022). Use of a mathematical model for optimization of dynamic parameters of ammonia production processes. *Visnik of the Volodymyr Dahl East Ukrainian National University*, 5 (275), 49–54. doi: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2022-275-5-49-54>
4. Kupina, O. A., Loria, M. H., Tselishchev, O. B., Homa Akhmed, H. A. (2021). Identification of dynamic characteristics of control objects. *Visnik of the Volodymyr Dahl East Ukrainian National University*, 6 (270), 129–134. doi: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2021-270-6-129-134>
5. Melashchenko, O. M., Volovyk, B. V. (2012). *Analiz tochnosti alhorytmiv intehruvannia kinematychnykh rivnian rukhu tverdoho tila*. Available at: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/7305/1/p_09.pdf
6. Plotnikov, P. K., Mikheev, A. V., Naumov, S. G. (2013). *Pogreshnosti besplatformennogo girokompasa dlia obektov s neogranichenymi uglyami povorotov*. Available at: <http://optolink.ru/documents/Publications/Our/%D0%9C%D0%9A%D0%98%D0%9D%D0%A1-2013%20%D0%9F%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2.pdf>
7. Vikulin, I. M., Mikhailov, N. S., Mikhailov, S. A. (2020). Electronic compass for unmanned ships. *Shipping & Navigation*, 30 (1), 42–50. doi: <https://doi.org/10.31653/2306-5761.30.2020.42-50>
8. Alekseychuk, M. S., Chapchay, P. A., Avramenko, E. A. (2020). Decline of lateral displacement of ship after a maneuver by the input of additional amendment of the course. *Shipping & Navigation*, 30 (1), 8–15. doi: <https://doi.org/10.31653/2306-5761.30.2020.08-15>
9. Ivanov, S., Oliinyk, P., Virchenko, G. (2022). Improving an analytical gyroscope azimuth mode to compensate for the ballistic deviation of a marine gyrocompass. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (5 (117)), 36–46. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.259024>
10. Bogolyubov, V., Bakhtieva, L. (2021). Compensation Gyrocompass Based on MEMS. *Journal of Physics: Conference Series*, 2096 (1), 012203. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2096/1/012203>

DOI: 10.15587/2706-5448.2024.297339

RESEARCH OF MICROPROCESSOR DEVICE AND SOFTWARE FOR REMOTE CONTROL OF A ROBOTIC SYSTEM

pages 31–37

Andrii Zuiev, PhD, Associate Professor, Department of Automation and Control in Technical Systems, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8206-4304>

Viktoriiia Krylova, PhD, Associate Professor, Department of Automation and Control in Technical Systems, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine, e-mail: viktoriiia.krylova@kpi.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4540-8670>

Anatolii Hapon, PhD, Associate Professor, Department of Automation and Control in Technical Systems, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2582-6154>

Stanislav Honcharov, Postgraduate Student, Department of Automation and Control in Technical Systems, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9874-3189>

The modern stage of the development of intelligent robotic systems is characterized by the expansion of fields of application, which is due to autonomous work and decision-making in conditions of uncertainty. The object of research is the system of remote control of robotic systems. During the remote control of robotic systems, problems arise that are associated with the use of wireless communication in real time. The article analyzes software and hardware implementations of various remote control systems suitable for use as part of autonomous robotic systems and analyzes promising microcontroller platforms for implementing a remote control device for a robotic system. A brief review of existing protocols for transmitting control signals using radio communication equipment and microprocessor platforms for the development of embedded systems is performed, among which a solution is selected for research. Several approaches to the control of a robotic system are highlighted – control using a wired connection and corresponding protocols, control via wireless communication or via the Internet, control via general-purpose network protocols. The target platform is chosen and justified, and the S.BUS protocol is analyzed with the provision of an algorithm for obtaining the values of the control channels from the S.BUS package. The structure and algorithm of functioning of the microprocessor remote control system based on the ESP32 microcontroller and the FreeRTOS OS are given. A study of the operation process of the proposed remote control system is carried out, for which it is placed on the chassis of a ground autonomous robotic system with four-wheel drive, and the delay time of the control signal from the receiver to the engine control modules is determined. According to the conducted analysis, the expediency of using specialized radio communication equipment with the S.BUS protocol for controlling executive devices as part of a robotic system, for precise movement control in real time, is shown.

Keywords: robotic systems, IoT, microcontrollers, wireless communication channels, remote control, S.BUS, ESP32, FreeRTOS.

References

1. Chen, L., Dong, X., Sun, Y., Su, Z. (2019). Real-time Image Transmission and Operation Control for Power Transmission Line Patrol using Unmanned Aerial Vehicle. *25th International Conference on Electricity Distribution. Madrid, 3–6 June 2019. Paper No. 488*. doi: <https://doi.org/10.34890/79>
2. Shafique, K., Khawaja, B. A., Sabir, F., Qazi, S., Mustaqim, M. (2020). Internet of Things (IoT) for Next-Generation Smart Systems: A Review of Current Challenges, Future Trends and Prospects for Emerging 5G-IoT Scenarios. *IEEE Access*, 8, 23022–23040. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2020.2970118>
3. Bonarini, A., Matteucci, M., Migliavacca, M., Rizzi, D. (2014). R2P: An open source hardware and software modular approach to robot prototyping. *Robotics and Autonomous Systems*, 62 (7), 1073–1084. doi: <https://doi.org/10.1016/j.robot.2013.08.009>
4. Cederberg, P., Olsson, M., Bolmsjö, G. (2002). Virtual triangulation sensor development, behavior simulation and CAR integration applied to robotic arc-welding. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, 35, 365–379. doi: <https://doi.org/10.1023/a:1022306821640>
5. Bolmsjö, G., Cederberg, P., Olsson, M. (2002). Remote Control of a Standard ABB Robot System in Real Time Using the Robot Application Protocol (RAP). *Proceedings of the 33rd ISR (International Symposium on Robotics)*. Stockholm.

6. Duong, P. M., Hoang, T. T., Vinh, T. Q. (2010). Control of an Internet-based Robot System Using the Real-time Transport Protocol. *Proc of the 5th Vietnam Conference on Mechatronics*. doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1707.05456>
7. Migliavacca, M., Bonarini, A., Matteucci, M. (2013). RTCAN: a Real-Time CAN-Bus Protocol for Robotic Applications. *Proceedings of the 10th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO-2013)*, 353–360. doi: <https://doi.org/10.5220/0004484303530360>
8. Ishak, K. A., Ishak, M. K., Roslan, M. I. (2018). Design of Robotic Arm Controller based on Internet of Things (IoT). *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering*, 10 (2-3), 5–9.
9. Grocholsky, B., Bayraktar, S., Kumar, V., Taylor, C. J., Pappas, G.; Ang, M. H., Khatib, O. (Eds.) (2006). Synergies in Feature Localization by Air-Ground Robot Teams. *Experimental Robotics IX. Springer Tracts in Advanced Robotics. Vol. 21*. Berlin, Heidelberg: Springer, 352–361. doi: <https://doi.org/10.1007/1155224634>
10. *ESP32 Technical Reference Manual. Version 5.0 Espressif Systems* (2023). Available at: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32technical_reference_manual_en.pdf
11. *ESP32 Series Datasheet. Version 4.3 Espressif Systems* (2023). Available at: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf
12. Maier, A., Sharp, A., Vagapov, Y. (2017). Comparative analysis and practical implementation of the ESP32 microcontroller module for the internet of things. *2017 Internet Technologies and Applications (ITA)*. IEEE: Piscataway, 143–148. doi: <https://doi.org/10.1109/itecha.2017.8101926>
13. Hangan, A., Chiru, C.-G., Arsene, D., Czako, Z., Lisman, D. F., Mocanu, M., Pahontu, B., Predescu, A., Sebestyen, G. (2022). Advanced Techniques for Monitoring and Management of Urban Water Infrastructures – An Overview. *Water*, 14 (14), 2174. doi: <https://doi.org/10.3390/w14142174>
14. Allafi, I., Iqbal, T. (2017). Design and implementation of a low cost web server using ESP32 for real-time photovoltaic system monitoring. *2017 IEEE Electrical Power and Energy Conference (EPEC)*. IEEE: Piscataway. doi: <https://doi.org/10.1109/epec.2017.8286184>
15. Carducci, C. G. C., Monti, A., Schraven, M. H., Schumacher, M., Mueller, D. (2019). Enabling ESP32-based IoT Applications in Building Automation Systems. *2019 II Workshop on Metrology for Industry 4.0 and IoT (MetroInd4.0&IoT)*. IEEE: Piscataway, 306–311. doi: <https://doi.org/10.1109/metroi4.2019.8792852>
16. Taştan, M., Gökozan, H. (2019). Real-Time Monitoring of Indoor Air Quality with Internet of Things-Based E-Nose. *Applied Sciences*, 9 (16), 3435. doi: <https://doi.org/10.3390/app9163435>
17. *FreeRTOS*. Available at: <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/api-reference/system/freertos.html> Last accessed: 15.11.2022

DOI: 10.15587/2706-5448.2024.297399

ANALYSIS OF EXPERIENCE IN OPTIMIZING THE OPERATION OF AN AUTOMATED PRODUCTION LINE FOR FOLDING CARDBOARD BOXES

pages 37–45

Oleksandr Malyyi, PhD, Associate Professor, Acting Head of Department of Information Technologies of Electronic Devices, Zaporizhzhia Polytechnic National University, Zaporizhzhia, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8457-8154>

Nataliia Furmanova, PhD, Associate Professor, Department of Information Technologies of Electronic Devices, Zaporizhzhia Polytechnic National University, Zaporizhzhia, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8670-2948>, e-mail: nfurmanova@gmail.com

Vadym Onyshchenko, PhD, Associate Professor, Department of Information Technologies of Electronic Devices, Zaporizhzhia Polytechnic National University, Zaporizhzhia, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4213-7131>

Iryna Pospeieva, Senior Lecturer, Department of Information Technologies of Electronic Devices, Zaporizhzhia Polytechnic National University, Zaporizhzhia, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7100-9245>

Pavlo Kostianoi, Postgraduate Student, Department of Information Technologies of Electronic Devices, Zaporizhzhia Polytechnic National University, Zaporizhzhia, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0833-8084>

The object of research is an automated system for controlling the bending mechanisms of the folding-gluing line for cardboard packaging products. In the work, the ways of optimization and the development of an automated control system for the bending mechanisms of the folding and gluing line, which makes it possible to fold various structures and standard sizes of cardboard boxes using modern automation tools based on programmable logic controllers, were carried out in the work.

A mathematical model has been proposed to describe operations on the folding-gluing line. Based on the model, a methodology has been developed for calculating the parameters of the automated control system for the box folding production line, depending on the technical parameters of the line and the parameters of the boxes to be bent. This will make it possible to choose optimal technological modes of the production process and obtain high quality parameters of cardboard packaging products. To verify the mathematical model of the production line, software has been developed in the Delphi development environment, which was applied with the developed automated production process control system based on a programmable logic controller (PLC) and an operator panel. This produced a number of results, in particular, controlling the speed of the hook bend in proportion to the speed of the line. And also provided an opportunity to increase line speed and, accordingly, production productivity. It has been possible to change the mutual location of system elements, which made it possible to reduce the distance between workpieces and increase the capacity of the line tape by 30 %.

The obtained research results were implemented at the production enterprise of typographic products «Dinas» (Zaporizhzhia, Ukraine), which contributed to the improvement and optimization of production processes. Conducting further research will provide an opportunity to expand the proposed methodology for use on all types of folding and gluing lines.

Keywords: automated system, technological process, structural diagram, programmable logic controller, panel-controller.

References

1. Twede, D., Selke, S. E., Kamdem, D. P., Shires, D. (2014). *Cartons, crates and corrugated board: handbook of paper and wood packaging technology*. DESTech Publications, Inc. Available at: <https://destechpub.com/wp-content/uploads/2015/01/Cartons-Crates-and-Corrugated-Board-2nd-Ed-preview.pdf>
2. Freddi, A., Salmon, M. (2019). Design of a Packaging Machine: General Description and Conceptualization. *Design Principles and Methodologies*. Springer Tracts in Mechanical Engineering. Cham: Springer, 205–237. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-95342-7_9
3. Zhang, X. (2022). The Application of Folding Structure in Paper Packaging Design. *Proceedings of the 2021 Conference on Art and*

- Design: Inheritance and Innovation (ADII 2021)*. Atlantis Press, 281–285. doi: <https://doi.org/10.2991/assehr.k.220205.046>
4. Shan, S., Ma, Y., Tang, C., Chen, X. (2018). Folding cartons: Interactive manipulation of cartons from 2D layouts. *Computer Aided Geometric Design*, 62, 228–238. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cagd.2018.03.018>
 5. Zhu, L., Xie, B., Zhang, Y. J., Yu, L.-F. (2019). Cartonist: Automatic Synthesis and Interactive Exploration of Nonstandard Carton Design. *Computer-Aided Design*, 114, 215–223. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cad.2019.04.007>
 6. Garbowski, T., Gajewski, T., Knitter-Piątkowska, A. (2022). Influence of Analog and Digital Crease Lines on Mechanical Parameters of Corrugated Board and Packaging. *Sensors*, 22 (13), 4800. doi: <https://doi.org/10.3390/s22134800>
 7. Srivastava, A., Kumar, V., Singh, A. K. (2018). Computerized and electronic controls in food packaging. *Journal of Applied Packaging Research*, 10 (1), 3.
 8. Xiao, L., Qu, B., Shi, E. (2021). Design of Automatic Packing System in Workshop Based on Programmable Logic Controller (PLC). *2021 4th International Conference on Information Systems and Computer Aided Education*, 2268–2272. doi: <https://doi.org/10.1145/3482632.3484142>
 9. Hambir, P., Joshi, N., Karande, P., Kolhe, A., Karande, P., Kolhe, A. (2019). Automatic weighing and packaging machine. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 7 (5), 2129–2138.
 10. Rehei, I. I., Behen, P. I. (2023). Blanks extraction and feeding devices of semi-finished cardboard in the technological section of packaging equipment: analysis, perspectives and ways of improvement. *Printing and Publishing*, 1 (85), 164–173. doi: <https://doi.org/10.32403/0554-4866-2023-1-85-164-173>
 11. Wang, D., Ge, C. (2016). Opening of Perforated Folding Cartons: From the Field to Testing. *Packaging Technology and Science*, 30 (8), 411–425. doi: <https://doi.org/10.1002/pts.2266>
 12. Monir, M., Nasser, M., AbdelGhaffar, E., Omar, M., Sabry, Y., Mandour, M. (2022). PLC Based Automatic Packaging System. *The International Undergraduate Research Conference*, 6 (6), 1–5.

DOI: 10.15587/2706-5448.2024.298422

DEVELOPMENT OF INFORMATION SYSTEM FOR PLANNING PERSONALIZED TOURIST ROUTES

pages 45–52

Artur Kondra, Postgraduate Student, Departments of Information Systems and Networks, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-1391-6727>

Valeriia Savchuk, PhD, Business Analyst, GlobalLogic Ukraine, Protasov Business Park, Kyiv, Ukraine; Postgraduate Student, Departments of Information Systems and Networks, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2951-6532>

Sergiy Pasichnyk, Postgraduate Student, Departments of Information Systems and Networks, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-8011-5618>

Nataliia Kunanets, Doctor of Sciences in Social Communications, Professor, Departments of Information Systems and Networks, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3007-2462>

Hanna Mashika, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Head of Department of Tourism, Uzhhorod National University, Uzhgorod, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6063-5823>

The object of research is processes of information and technological planning of tourist trips. The article analyzes the processes of information technology planning of tourist trips and develops an information system for personalized planning of tourist routes using graph theory. The paper describes in detail a new approach to the formation of optimal routes based on graph models and the analysis of personal preferences of users.

The developed information system uses graph theory to represent and optimize tourist routes, taking into account various criteria such as distance, travel time, and individual user preferences. Algorithms for calculating optimal routes are designed to improve the quality of recommendations and provide a high level of personalization.

The functionality of the information system for planning tourist routes is based on the use of a number of innovative approaches and technologies that make the system more efficient, accurate and attractive to users. This takes into account the need to use modern route optimization algorithms. Algorithms have been developed to optimize tourist routes based on various criteria, such as cost, time, personal preferences, and environmental aspects. The introduction of intelligent analytical tools for predicting tourist trends helps to determine the popularity of places and other factors that influence the choice of routes. For the audio support of the excursion route, an algorithm for generating multimedia information content that is relevant to an individual personalized excursion route and its duration is used. The authors formulate the requirements and analyze the functionality of the information system for personalized planning of tourist routes, since a personalized approach and the use of graph models facilitate route planning that takes into account various aspects, including user-friendliness, accuracy of recommendations, system flexibility and security.

The developed information system can open up new opportunities for individual and intelligent planning of tourist routes, providing users with a unique tourist experience.

Keywords: information system, tourism industry, graph theory, personalized planning, optimal routes, unique tourist experience.

References

1. Labunska, S., Zyma, O., Sushchenko, S. (2022). The use of information systems as a way to ensure interaction between small and big tourism enterprises. *Access Journal – Access to Science, Business, Innovation in the Digital Economy*, 3 (1), 16–28. doi: [https://doi.org/10.46656/access.2022.3.1\(2\)](https://doi.org/10.46656/access.2022.3.1(2))
2. Robb, M. C. (1987). Route information systems for motorists. *Transport Reviews*, 7 (3), 259–275. doi: <https://doi.org/10.1080/01441648708716659>
3. Ebner, A.; Schertler, W., Schmid, B., Tjoa, A. M., Werthner, H. (Eds.) (1994). TIS Tourism Information System for the Tyrol. *Information and Communications Technologies in Tourism*. Vienna: Springer, 35–42. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-7091-9343-3_6
4. Almer, A., Schnabel, T., Stelzl, H., Stieg, J., Luley, P.; Carswell, J. D., Tezuka, T. (Eds.) (2006). A Tourism Information System for Rural Areas Based on a Multi Platform Concept. *Web and Wireless Geographical Information Systems. W2GIS 2006. Lecture Notes in Computer Science. Vol 4295*. Berlin, Heidelberg: Springer, 31–41. doi: https://doi.org/10.1007/11935148_4
5. Miočić, B. K., Vidić, G., Klarin, T. (2014). Comparative analysis of tourist satisfaction and online booking services usage for incoming tourists in Zadar County. *2014 37th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*. Opatija, 1544–1549. doi: <https://doi.org/10.1109/mipro.2014.6859811>
6. Abuelrub, E. M., Solaiman, H. M. (2010). A Tourism e-Guide System Using Mobile Integration. *International Journal of Interactive*

Mobile Technologies (IJIM), 4 (2), 4. doi: <https://doi.org/10.3991/ijim.v4i2.1051>

7. Tallinucci, V., Zehrer, A., Pechlaner, H. (2004). Using Interactive Maps as Tourism Information Source: The Case of DESTOUR. *Information and Communication Technologies in Tourism 2004*, 49–57. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-7091-0594-8_5
8. Huk, K., Kurowski, M. (2021). Innovations and new possibilities of vehicle tracking in transport and forwarding. *Wireless Networks*, 28 (1), 481–491. doi: <https://doi.org/10.1007/s11276-021-02623-0>
9. Bedair, S., Sayed, S. A., AlMetwaly, W. M. (2022). Enhancing Hybrid Learning using Open Source GIS-Based Maps Archiving System. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 25 (3), 779–793. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2022.07.003>
10. Cranmer, E. E., tom Dieck, M. C., Fountoulaki, P. (2020). Exploring the value of augmented reality for tourism. *Tourism Management Perspectives*, 35. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tmp.2020.100672>
11. Yang, J., Zheng, B., Chen, Z. (2020). Optimization of Tourism Information Analysis System Based on Big Data Algorithm. *Complexity*, 2020, 1–11. doi: <https://doi.org/10.1155/2020/8841419>
12. Sustacha, I., Baños-Pino, J. F., Del Valle, E. (2023). The role of technology in enhancing the tourism experience in smart destinations: A meta-analysis. *Journal of Destination Marketing & Management*, 30. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jdmm.2023.100817>
13. Fernandes, R. P. A., Almeida, J. E., Rosseti, R. J. F. (2013). A Collaborative Tourist System Using Serious Games. *Advances in Information Systems and Technologies*, 725–734. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-642-36981-0_67

DOI: 10.15587/2706-5448.2024.295438

IDENTIFYING THE EFFECTS OF DRIVING PARAMETERS ON STOPPING DISTANCE TO REDUCE ACCIDENT RISKS

pages 53–61

Nesrine Boulmedais, Postgraduate Student, Laboratory of Transports and Environment Engineering, Mentouri Brothers University Constantine 1, Constantine, Algeria, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0156-6300>, e-mail: nesrineboulmedais@gmail.com

Lyes Bidi, PhD, Institute of Applied Sciences and Techniques, Mentouri Brothers University Constantine 1, Constantine, Algeria, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0621-1274>

Rachid Chaib, Professor, Department of Transportation Engineering, Laboratory of Transports and Environment Engineering, Mentouri Brothers University Constantine 1, Constantine, Algeria, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8680-1906>

Salim Boukebbab, Professor, Department of Transport Engineering, Laboratory of Transports and Environment Engineering, Mentouri Brothers University Constantine 1, Constantine, Algeria, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8997-989X>

Mohamed Salah Boulahlib, Professor, Department of Transport Engineering, Laboratory of Transports and Environment Engineering, Mentouri Brothers University Constantine 1, Constantine, Algeria, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3590-6745>

The object of the research is the most important factors causing road accidents. This paper aimed to study the effects of this factors and their interactions on the stopping distance function. Understanding this function through simulation and comparing the results with mathematical models and experimental tests will help to reduce the number of road accidents. A large part of road accidents is linked to non-compliance with regulatory speed associated with

vehicle braking system (grip, road and tires) and weather conditions. A speed measurement campaign on peri-urban roads was carried out to study driving behavior and compliance with speed limits in several Algerian cities. An experimental modelling of speed, anti-lock system, weather, grip and their interaction effects on the stopping distance of a vehicle using the experimental design method, combined with driving simulator tests was been conducted. The developments of experimental design with speed variation ranges (70 and 130 km/h) were necessary to study the influence of the various driving parameters on stopping distance. The mathematical model developed has been validated by the results obtained on the simulator. The experimental design method and simulator results were used to identify and define the important parameters that influence the braking distance. The results show that the stopping distance (*SD*) is mainly influenced by the vehicle speed (*S*), the weather conditions (*M*), and their interaction. The increase due to speed leads to an increase in the stopping distance with an estimated effect of 54.30 m. When the speed varies between its lower experimental level (70 km/h) and its higher level (130 km/h), it is estimated that the stopping distance will increase by 54.30 m. The analysis of the road speed measurement campaign, 55 % of road users do not obey the speed limits. The results obtained in this study can be applied to other countries, only the parameters need to be adjusted.

Keywords: road accidents, stopping distance, driving simulator, experimental design, vehicle braking system.

References

1. Traumatismes dus aux accidents de la circulation (2023). *World Health Organization*. Available at: <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>
2. Global status report on road safety 2015 (2015). *World Health Organization*. Available at: <https://www.afro.who.int/publications/global-status-report-road-safety-2015#:~:text=The%20Global%20status%20report%20on,rates%20in%20low%2Dincome%20countries>
3. Global Status Report on Road Safety (2017). *World Health Organization*. Available at: https://www.afro.who.int/sites/default/files/2017-06/vid_global_status_report_en.pdf
4. Accidents-Bilan 2020: le moins tragique depuis trois décennies (2021). *Algérie press service*. Available at: <https://www.aps.dz/societe/117350-accidents-bilan-2020-le-moins-tragique-depuis-trois-decennies>
5. D'Onghia, F., Delhomme, P., Dubois, N. (2008). How to Convince Drivers to Respect Speed Limits? Effects of Framing and the Presence of an Image on Attitudes about Speeding and the Intent to Respect Speed Limits. *Bulletin de psychologie*, 498 (6), 561–576. doi: <https://doi.org/10.3917/bupsy.498.0561>
6. Podoprigora, N., Dobromirov, V., Pushkarev, A., Lozhkin, V. (2017). Methods of Assessing the Influence of Operational Factors on Brake System Efficiency in Investigating Traffic Accidents. *Transportation Research Procedia*, 20, 516–522. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.01.084>
7. Statistical report n°: 830, national car park at 31/12/2017 (2017). *National Statistics Office, Algiers*.
8. Boughédaoui, M., Chikhi, S., Driassa, N., Kerbachi, R., Joumard, R. (2009). *Caractérisation du parc de véhicule algérien et son usage*. Environment and Transport in different contexts/Environnement et Transports dans des contextes différents, 201–208.
9. Karwowska, E., Simiński, P. (2015). Analysis of the influence of perception time on stopping distance from the angle of psychophysical factors. *Archivum Motoryzacji*, 70 (4), 59–74.
10. Gürbüz, H., Buyruk, S. (2019). Improvement of safe stopping distance and accident risk coefficient based on active driver sight field on real road conditions. *IET Intelligent Transport Systems*, 13 (12), 1843–1850. doi: <https://doi.org/10.1049/iet-its.2019.0322>

11. Cho, J. R., Choi, J. H., Yoo, W. S., Kim, G. J., Woo, J. S. (2006). Estimation of dry road braking distance considering frictional energy of patterned tires. *Finite Elements in Analysis and Design*, 42 (14-15), 1248–1257. doi: <https://doi.org/10.1016/j.finel.2006.06.005>
12. Koylu, H., Tural, E. (2021). Experimental study on braking and stability performance during low speed braking with ABS under critical road conditions. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 24 (5), 1224–1238. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2021.02.001>
13. Toma, M., Andreescu, C., Stan, C. (2018). Influence of tire inflation pressure on the results of diagnosing brakes and suspension. *Procedia Manufacturing*, 22, 121–128. doi: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.019>
14. Carcaterra, A., Roveri, N. (2013). Tire grip identification based on strain information: Theory and simulations. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 41 (1-2), 564–580. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2013.06.002>
15. Imprialou, M.-I. M., Quddus, M., Pitfield, D. E., Lord, D. (2016). Revisiting crash-speed relationships: A new perspective in crash modelling. *Accident Analysis and Prevention*, 86, 173–185. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.10.001>
16. Choudhary, P., Imprialou, M., Velaga, N. R., Choudhary, A. (2018). Impacts of speed variations on freeway crashes by severity and vehicle type. *Accident Analysis and Prevention*, 121, 213–222. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.09.015>
17. Cheng, Z., Lu, J., Li, Y. (2018). Freeway crash risks evaluation by variable speed limit strategy using real-world traffic flow data. *Accident Analysis and Prevention*, 119, 176–187. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.07.009>
18. Bergel-Hayat, R., Debarh, M., Antoniou, C., Yannis, G. (2013). Explaining the road accident risk: Weather effects. *Accident Analysis and Prevention*, 60, 456–465. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.03.006>
19. Chand, A., Jayesh, S., Bhasi, A. B. (2021). Road traffic accidents: An overview of data sources, analysis techniques and contributing factors. *Materials Today: Proceedings*, 47, 5135–5141. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.415>
20. Naik, B., Tung, L.-W., Zhao, S., Khattak, A. J. (2016). Weather impacts on single-vehicle truck crash injury severity. *Journal of Safety Research*, 58, 57–65. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2016.06.005>
21. Malin, F., Norros, I., Innamaa, S. (2019). Accident risk of road and weather conditions on different road types. *Accident Analysis and Prevention*, 122, 181–188. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.10.014>
22. Heqimi, G., Gates, T. J., Kay, J. J. (2018). Using spatial interpolation to determine impacts of annual snowfall on traffic crashes for limited access freeway segments. *Accident Analysis and Prevention*, 121, 202–212. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.09.014>
23. Moomen, M., Rezapour, M., Ksaibati, K. (2019). An investigation of influential factors of downgrade truck crashes: A logistic regression approach. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 6 (2), 185–195. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2018.03.005>
24. Gürbüz, H., Buyruk, S. (2016). The prototype design and tests of vibration controlled driver warning system from the steering wheel. *International Journal of Automotive Engineering and Technologies*, 5 (3), 77–84. doi: <https://doi.org/10.18245/ijaet.287174>
25. Andrieux, A., Lengellé, R., Beuseroy, P., Chabanon, C. (2008). A Novel Approach to Real Time Tire-Road Grip and Slip Monitoring. *IFAC Proceedings Volumes*, 41 (2), 7104–7109. doi: <https://doi.org/10.3182/20080706-5-kr-1001.01204>
26. Salehi, M., Noordermeer, J. W. M., Reuvekamp, L. A. E. M., Dierkes, W. K., Blume, A. (2019). Measuring rubber friction using a Laboratory Abrasion Tester (LAT100) to predict car tire dry ABS braking. *Tribology International*, 131, 191–199. doi: <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2018.10.011>
27. Soulmana, B., Boukebbab, S., Boulahlib, M. S. (2021). Hand position on steering wheel during fatigue and sleepiness case: driving simulator. *Advances in transportation studies*, 53, 69–84.
28. de Groot, S., Centeno Ricote, F., de Winter, J. C. F. (2012). The effect of tire grip on learning driving skill and driving style: A driving simulator study. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 15 (4), 413–426. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trf.2012.02.005>
29. Hault-Dubrulle, A., Robache, F., Pacaux, M.-P., Morvan, H. (2011). Determination of pre-impact occupant postures and analysis of consequences on injury outcome. Part I: A driving simulator study. *Accident Analysis and Prevention*, 43 (1), 66–74. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2010.07.012>
30. Davenne, D., Lericollais, R., Sagaspe, P., Taillard, J., Gauthier, A., Espié, S., Philip, P. (2012). Reliability of simulator driving tool for evaluation of sleepiness, fatigue and driving performance. *Accident Analysis and Prevention*, 45, 677–682. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.09.046>
31. Auberlet, J.-M., Pacaux, M.-P., Anceaux, F., Plainchault, P., Rosey, F. (2010). The impact of perceptual treatments on lateral control: A study using fixed-base and motion-base driving simulators. *Accident Analysis and Prevention*, 42 (1), 166–173. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.07.017>
32. Branzi, V., Domenichini, L., La Torre, F. (2017). Drivers' speed behaviour in real and simulated urban roads – A validation study. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 49, 1–17. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trf.2017.06.001>
33. Nichici, A., Cicală, E. F., Mee, R. (1996). *Experimental data processing. Cursșia aplicații*, Timișoara, 63.
34. Goupy, J., Creighton, L. (2006). *Introduction aux plans d'expériences-2ème édition-Livre+ CD-Rom*. Hachette.
35. Vigier, M. (1988). *Pratique des plans d'expériences: méthodologie Taguchi*. Éditions d'Organisation.
36. Cicală, E. F. (2005). *Metoda experimentelor factoriale: proiectarea experimentelor, modelare, optimizare*. Timișoara: Editura Politehnica.



DOI: 10.15587/2706-5448.2024.297044

ЦИФРОВІ МОЖЛИВОСТІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТА РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ, СИСТЕМ НАВІГАЦІЇ ТА ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ (стор. 6–13)

Марченко О. І., В'юнченко О. Б., Нечай І. В.

Об'єктами дослідження є безпілотні транспортні засоби та розгалуження мосту міста Києва (Україна), який сполучає між собою Велику Округлу дорогу, Житомирське шосе та проспект Перемоги. Були проаналізовані побудовані маршрути з використанням технології розпізнавання автодорожніх знаків, людей та автотранспортних засобів. Важливою проблемою даного дослідження є проведення аналізу можливостей з виявлення перешкод безпілотним транспортним засобом за допомогою розпізнавання образів, що поєднує в собі методи машинного зв'язку, навігацію та відеоспостереження в режимі реального часу.

На основі проведеного дослідження були отримані результати виявлення та уникнення перешкод на автодорожньому шляху, де проводилося дослідження з вивчення основних причин, які можуть спричинити затримки у часі (затори, погодні умови, ДТП). Отримано результати планування та навігації для визначення доцільного автодорожнього маршруту, що дозволяє виявляти та усувати перешкоди на дорожньому шляху, а також завчасно побудувати картографічний план маршруту за допомогою використання онлайн-сервісів з карти (Google Maps). Показано, що розпізнавання автодорожніх знаків (на основі класифікації з використанням карти дорожніх знаків, яка складається з 7 категорій), людей та автотранспортних засобів, зводить до мінімуму виникнення дорожньо-транспортних пригод, заторів та затримки у часі. Для розпізнавання образів дорожніх знаків, людей та автотранспортних засобів досліджувалися автодорожні ділянки, які сполучаються з розгалуженим мостом.

Таким чином, авторами було розглянуто та проаналізовано цифрові можливості ідентифікації та розпізнавання образів за допомогою методів машинного навчання, систем навігації та відеоспостереження, де вагоме значення відіграє безпека руху автомобільних засобів з виявленням на шляху автодорожніх знаків та перешкод. Отримані результати можуть доповнити можливості використання безпілотних транспортних засобів з метою уникнення перешкод та дорожньо-транспортних пригод на основі навченої системи для розпізнавання образів. Ця система за допомогою згорткових нейронних мереж та систем навігації з відеоспостереженням зможе забезпечити водія та оточуючих людей навколо безпечними умовами під час дорожнього руху.

Ключові слова: безпілотний транспортний засіб, згорткові нейронні мережі, розпізнавання образів, машинне навчання, навігація, планування, відеоспостереження.

DOI: 10.15587/2706-5448.2024.298405

ОГЛЯД СТАТИСТИЧНИХ ТА НЕЙРОННИХ МЕТОДІВ СЕГМЕНТАЦІЇ РЯДКІВ ДЛЯ ЗАДАЧІ ОФЛАЙН РОЗПІЗНАВАННЯ РУКОПИСНОГО ВВЕДЕННЯ (стор. 14–19)

Яковчук О. К., Рогоза В. С.

Об'єктом дослідження є задача сегментації рядків рукописного тексту. Для розпізнавання рукописного тексту в документах, що мають формат зображень, застосовується технологія офлайн розпізнавання рукописного тексту. Модуль розпізнавання тексту приймає на вхід окремі рядки тексту, тому одним з важливих етапів попередньої обробки даних є знаходження та розбиття рукописного тексту на окремі лінії.

В роботі досліджується задача сегментації рядків рукописного тексту, вимоги до неї, існуючі проблеми та виклики. Було розглянуто два основні підходи до цієї задачі, що застосовується в сучасних системах розпізнавання, а саме: статистичні методи на основі проєкцій та методи на основі нейронних мереж. По кожному з підходів проведено огляд сучасних робіт та досліджень. Описано основні принципи запропонованих методів, проведено аналіз їх сильних і слабких сторін, з врахуванням поставлених задач, обмежень та особливостей вхідних даних. Загальні отримані результати сформовано в спільну таблицю для порівняння методів між собою.

Базуючись на останніх роботах, що застосовують глибокі нейронні мережі, визначено нові можливості використання цих методів в системах розпізнавання, що були недоступні з традиційними статистичними підходами сегментації тексту.

На основі проведеного дослідження сформовано конструктивні висновки, що описують основні переваги та недоліки кожного з підходів до сегментації рукописного тексту. Ці результати можуть бути надалі використані для правильного вибору підходящих методів у системі розпізнавання рукописного тексту для покращення продуктивності та якості їх роботи, а також для подальших досліджень в цій області.

Ключові слова: сегментація рядків рукописного тексту, розбиття на лінії, знаходження тексту, алгоритми розпізнавання, глибокі нейронні мережі.

DOI: 10.15587/2706-5448.2024.298425

РОЗРОБКА МЕТОДУ НЕЧІТКОГО ПОШУКУ ДЛЯ СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ ЕФЕКТИВНОГО ПОШУКУ ІНФОРМАЦІЇ В ТЕКСТОВИХ ДАНИХ (стор. 20–24)

Клец К. О.

Об'єктом дослідження є процеси ефективного пошуку інформації в наборі текстових даних. Предметом дослідження є метод нечіткого пошуку, який дозволить ефективно розв'язати задачу пошуку інформації в наборі текстових даних. В роботі розглянуто процес розробки методу нечіткого пошуку, який складається з 9 послідовних кроків та потрібен для швидкого пошуку співпадінь у великому наборі текстових даних. На основі цього методу пропонується створення системи нечіткого пошуку, яка дозволить вирішити задачу пошуку найбільш релевантних документів з набору таких документів.

Запропонований метод нечіткого пошуку комбінує переваги алгоритмів на основі детермінованих скінченних автоматів та алгоритмів на основі динамічного програмування для підрахунку відстані Дамерау-Левенштейна. Така комбінація дозволяє впровадити таблицю подібності символів оптимальним чином. В рамках роботи запропоновано підхід для створення таблиці подібності символів та створено приклад такої таблиці для символів з англійського алфавіту, що дозволяє з константною асимптотикою знаходити міру подібності поміж двома символами та перетворювати поточний символ в його базовий аналог. Для фільтрування документів було розроблено метрику оцінки відповідності текстових даних до пошукової фрази, яка одночасно враховує кількість знайдених і незнайдених символів та кількість знайдених і незнайдених слів.

Алгоритм Дамерау-Левенштейна дозволяє знаходити відстань редагування між двома словами, враховуючи помилки наступних типів: заміна, додавання, видалення та транспозиція символів. В рамках роботи була запропонована модифікація цього алгоритму за допомогою використання таблиці подібності для більш точної оцінки відстані редагування між двома словами.

Розроблений метод дозволяє створити систему нечіткого пошуку, яка допоможе знаходити шукані результати швидше та підвищить релевантність отриманих результатів, за рахунок їх сортування відповідно до значень запропонованої метрики подібності тестових даних.

Ключові слова: нечіткий пошук, відстань Дамерау-Левенштейна, відстань редагування, таблиця подібності символів, обробка текстових даних.

SYSTEMS AND CONTROL PROCESSES

DOI: 10.15587/2706-5448.2024.298518

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ КУРСОВОЇ ОРІЄНТАЦІЇ СУДНА (стор. 25–30)

Хлопенко М. Я., Грицук І. В., Шарко О. В., Аппазов Е. С.

Об'єктом дослідження є процеси підвищення точності вимірювання курсу та курсової орієнтації судна шляхом використання у бортовому обчислювачі математичної моделі гірокомпасу. На сучасних суднах гірокомпас є основним приладом вимірювання курсу. Його переваги полягають у вимірюванні поточного курсу відносно географічного меридіану, на його показання не впливають магнітні аномалії, як це мало місце при використанні магнітних компасів, що призводило до часткової або повної втрати орієнтації об'єктів керування. Водночас, гірокомпаси також мають свої недоліки. Найбільш суттєвий із них – інерційна девіація чутливого елемента, викликана кривизною земної поверхні, зміною курсу, розгоном чи гальмуванням судна. З появою моментів цих сил вісь гірокомпасу виходить із положення рівноваги та починає робити прецесійні рухи. Для зменшення інерційної девіації використовують конструктивні рішення та рекомендації судноводіям щодо врахування девіаційних похибок. Конструктивні рішення призводять до збільшення ваги, ускладнення конструкції, зменшення надійності, підвищення вартості. Рекомендації нормативних документів щодо врахування інерційної девіації чутливого елемента гірокомпасу важко реалізувати на практиці, однак їх можна реалізувати в бортовому обчислювачі системи керування судном шляхом використання математичної моделі чутливого елемента. У роботі розроблено метод підвищення точності вимірювання курсу гірокомпасом та точності курсової орієнтації шляхом використання у бортовому обчислювачі системи керування курсом пристрою спостереження, побудованого на основі математичної моделі гірокомпасу. Це дозволяє оцінювати корисну складову вимірювання курсу та девіаційні похибки від зміни швидкості та курсу, кривизни земної поверхні. Корисна складова, без девіаційних похибок, використовується у каналі керування курсовим рухом судна. Розроблений метод може використовуватися на суднах, за умови інтегрування в існуючу автоматизовану систему бортового обчислювача для вирішення задачі спостереження за складовими вимірювання гірокомпасу.

Ключові слова: інтелектуальні системи транспорту, автоматичне керування, навігаційна безпека, людський чинник, інерційна девіація, точність курсової орієнтації.

DOI: 10.15587/2706-5448.2024.297339

ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНОГО ПРИСТРОЮ ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ РОБОТОТЕХНІЧНОЮ СИСТЕМОЮ (стор. 31–37)

Зуєв А. О., Крилова В. А., Галок А. І., Гончаров С. В.

Сучасний етап розвитку інтелектуальних робототехнічних систем характеризується розширенням галузей застосування, що обумовлено автономною роботою та прийняття рішення в умовах невизначеності. Об'єктом дослідження є система дистанційного керування робототехнічними системами. Під час дистанційного керування робототехнічними системами виникають проблеми, які пов'язані з використанням бездротового зв'язку в реальному масштабі часу. У статті проведено аналіз програмно-апаратних реалізацій різних систем дистанційного керування, придатних для використання в складі автономних робототехнічних систем та аналіз перспективних мікроконтролерних платформ для реалізації пристрою дистанційного керування робототехнічною системою. Виконано короткий огляд існуючих протоколів передачі сигналів керування за допомогою апаратури радіозв'язку та мікропроцесорних платформ для розробки вбудованих систем, серед яких обрано рішення для проведення досліджень. Було виділено декілька підходів до керування робототехнічною системою – керування за допомогою дротового з'єднання та відповідних протоколів, керування за бездротовим зв'язком або через Інтернет, керування через мережеві протоколи загального призначення. Здійснено вибір та обґрунтування цільової платформи та виконано аналіз протоколу S.BUS з наданням алгоритму отримання значень каналів керування з пакету S.BUS. Наведено структуру та алгоритм функціонування мікропроцесорної системи дистанційного керування на основі мікроконтролера ESP32 та ОС FreeRTOS. Проведено дослідження процесу функціонування запропонованої системи дистанційного керування, для чого вона була розміщена на шасі наземної автономної робототехнічної системи з чотирьох колісним ходом, та встановлено час затримки надходження сигналу керування від приймача до модулів керування двигунами. Відповідно до проведеного аналізу показано доцільність використання спеціалізованої апаратури радіозв'язку з протоколом S.BUS для керування виконуваними пристроями у складі робототехнічної системи, для точного контролю руху у реальному масштабі часу.

Ключові слова: робототехнічні системи, IoT, мікроконтролерні засоби, бездротові канали зв'язку, дистанційне керування, S.BUS, ESP32, FreeRTOS.

DOI: 10.15587/2706-5448.2024.297399

АНАЛІЗ ДОСВІДУ ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ВИРОБНИЧОЇ ЛІНІЇ ЗІ ЗГОРТАННЯ КАРТОННИХ КОРОВОК (стор. 37–45)

Малий О. Ю., Фурманова Н. І., Онищенко В. Ф., Поспєєва І. Є., Костяной П. А.

Об'єктом дослідження є автоматизована система керування механізмами загину фальцювально-склеюючої лінії для пакувальної продукції з картону. В роботі проведено визначення шляхів оптимізації та розробка автоматизованої системи керування механізмами загину фальцювально-склеюючої лінії, що дає можливість згортання різних конструкцій та типорозмірів картонних коробок з використанням сучасних засобів автоматизації на основі програмованих логічних контролерів.

Була запропонована математична модель для опису операцій на фальцювально-склеюючій лінії. На основі моделі було розроблено методику розрахунку параметрів автоматизованої системи керування виробничою лінією згортання коробок в залежності від технічних параметрів лінії та параметрів коробок, які підлягають згинанню. Це дозволить обирати оптимальні технологічні режими процесу виробництва та одержувати високі параметри якості пакувальної продукції з картону. Для перевірки математичної моделі виробничої лінії було розроблено програмне забезпечення у середовищі розробки Delphi, яке було застосоване з розробленою автоматизованою системою керування виробничим процесом на базі програмованого логічного контролера (ПЛК) та панелі оператора. Це дало ряд результатів, зокрема, керування швидкістю загину гачків пропорційно швидкості руху лінії. А також надало можливість збільшити швидкість лінії та, відповідно, продуктивність виробництва. Реалізовано можливість зміни взаєморозташування елементів системи, що надало змогу зменшити відстань між заготовками та збільшити заповнюваність стрічки лінії на 30 %.

Отримані результати досліджень впроваджені на виробничому підприємстві типографічної продукції «Дінас» (Запоріжжя, Україна), що сприяло вдосконаленню та оптимізації виробничих процесів. Проведення подальших досліджень надасть можливість розширити запропоновану методику для застосування на усіх типах фальцювально-склеюючих ліній.

Ключові слова: автоматизована система, технологічний процес, структурна схема, програмований логічний контролер, панель-контролер.

DOI: 10.15587/2706-5448.2024.298422

РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПЛАНУВАННЯ ПЕРСОНАЛІЗОВАНИХ ТУРИСТИЧНИХ МАРШРУТІВ (стор. 45–52)

Кондра А. І., Савчук В. В., Пасічник С. О., Кунанець Н. Е., Машіка Г. В.

Об'єктом дослідження є процеси інформаційно-технологічного планування туристичних подорожей. Робота присвячена аналізу процесів інформаційно-технологічного планування туристичних подорожей та розробці інформаційної системи для персоналізованого планування туристичних маршрутів з використанням теорії графів. У роботі детально описано новий підхід до формування оптимальних маршрутів, який базується на графових моделях та аналізі особистих вподобань користувачів.

Розроблена інформаційна система використовує теорію графів для представлення та оптимізації туристичних маршрутів, враховуючи різні критерії, такі як відстань, час подорожі та індивідуальні вподобання користувачів. Алгоритми обчислення оптимальних маршрутів покликані покращити якість рекомендацій та забезпечити високий рівень персоналізації.

Функціонал інформаційної системи планування туристичних маршрутів базується на використанні ряду інноваційних підходів та технологій, які роблять систему більш ефективною, точною та привабливою для користувачів. При цьому враховується потреба використання сучасних алгоритмів оптимізації маршрутів. Розроблено алгоритми для оптимізації туристичних маршрутів з урахуванням різних критеріїв, таких як вартість, час, особисті вподобання, та екологічні аспекти. Впровадження інтелектуальних аналітичних інструментів для прогнозування туристичних трендів сприяють визначенню популярності місць та інших факторів, що впливають на вибір маршрутів. Для аудіосупроводу екскурсійного маршруту використано алгоритм формування мультимедійного інформаційного контенту, який релевантний до індивідуального персоналізованого екскурсійного маршруту та його тривалості. Авторами сформульовані вимоги та проаналізовано функціонал інформаційної системи для персоналізованого планування туристичних маршрутів, оскільки персоналізований підхід та використання графових моделей сприяє плануванню маршрутів, які враховують різні аспекти, включаючи зручність для користувача, точність рекомендацій, гнучкість системи та безпеку.

Розроблена інформаційна система може відкрити нові можливості для індивідуального та інтелектуального планування туристичних маршрутів, забезпечуючи користувачам унікальний туристичний досвід.

Ключові слова: інформаційна система, індустрія туризму, теорія графів, персоналізоване планування, оптимальні маршрути, унікальний туристичний досвід.

DOI: 10.15587/2706-5448.2024.295438

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ВОДИННЯ НА ГАЛЬМІВНИЙ ШЛЯХ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ РИЗИКІВ ДТТ (стор. 53–61)

Nesrine Boulmedais, Lyes Bidi, Rachid Chaib, Salim Boukebbab, Mohamed Salah Boulahlib

Об'єктом дослідження є найважливіші фактори, що спричиняють дорожньо-транспортні пригоди. Ця робота направлена на дослідження впливу цих факторів та їх взаємодій на функцію гальмівного шляху. Розуміння цієї функції за допомогою імітаційного моделювання та порівняння результатів з математичними моделями та експериментальними тестами допоможе зменшити кількість дорожньо-транспортних пригод. Значна частина дорожньо-транспортних пригод пов'язана з недотриманням нормативної швидкості, що пов'язано з гальмівною системою транспортного засобу (зчепленням, дорогою та шинами) та погодними умовами. Кампанія з вимірювання швидкості на приміських дорогах була проведена з метою вивчення поведінки водіїв та дотримання швидкісного режиму в декількох містах Алжира. Проведено експериментальне моделювання впливу швидкості, антиблокувальної системи, погодних умов, зчеплення з дорогою та їх взаємодії на гальмівний шлях транспортного засобу з використанням методу експериментального дизайну в поєднанні з випробуваннями на симуляторі водіння. Для дослідження впливу різних параметрів руху на гальмівний шлях необхідна була розробка експериментального плану з діапазонами зміни швидкості (70 і 130 км/год). Розроблена математична модель була підтверджена результатами, отриманими на симуляторі. Метод експериментального дизайну та результати на симуляторі були використані для виявлення та визначення важливих параметрів, які впливають на гальмівний шлях. Результати показують, що на гальмівний шлях (ГШ) в основному впливають швидкість транспортного засобу (S), погодні умови (M) та їх взаємодія. Збільшення за рахунок швидкості призводить до збільшення гальмівного шляху з оціночним ефектом 54,30 м. Коли швидкість змінюється від нижчого експериментального рівня (70 км/год) до вищого (130 км/год), гальмівний шлях збільшується на 54,30 м. Аналіз кампанії з вимірювання швидкості на дорогах показав, що 55 % учасників дорожнього руху не дотримуються швидкісного режиму. Результати, отримані в цьому дослідженні, можуть бути застосовані до інших країн, лише параметри мають бути скориговані.

Ключові слова: дорожньо-транспортні пригоди, гальмівний шлях, симулятор водіння, експериментальний дизайн, гальмівна система транспортного засобу.