

Министерство образования Республики Беларусь  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 004.932

№ госрегистрации 20160652

Инв №

Проректор по научной работе  
к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ Д.О. Глухов

«28» декабря 2018г.

ОТЧЕТ  
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Разработка методов и алгоритмов обработки сложных динамических изображений  
(заключительный)

ГПНИ «Информатика, космос и безопасность» 1.7.05

Начальник ОСНИ

\_\_\_\_\_ Т.В. Гончарова

«28» декабря 2018г.

Научный руководитель  
заведующий кафедрой  
вычислительных систем и сетей,  
к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ Р.П. Богуш

«28» декабря 2018г.

Новополоцк 2018

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель,  
зав. каф. ВСиС, к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_

Богуш Р.П.  
(введение, п.1.1, гл. 2,  
п.3.3, гл.4, заключение)

Ответственный исполнитель  
магистрант каф. ВСиС

\_\_\_\_\_

Захарова И.Ю.  
(гл.3)

Аспирант каф. ВСиС

\_\_\_\_\_

Ярошевич П.В.  
(п.1.1-1.5)

Нормоконтролер

\_\_\_\_\_

Ищенко Л.В.

## Реферат

Отчет 74 с., 35 рис., 7 табл., 72 источника

ВИДЕОПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ, АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ,  
СВЕРТОЧНАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ, УПРАВЛЕНИЕ ПАРКОВКОЙ,  
ОБНАРУЖЕНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ, МИКРОСТРУКТУРА МЕТАЛЛОВ.

Объект исследования или разработки: изображения и последовательности изображений.

Цель исследований - синтез методов и алгоритмов обработки сложных динамических изображений с улучшенными качественными характеристиками для повышения эффективности интеллектуальных систем анализа видеоинформации.

При проведении исследований использовались следующие методы и методологии: обработки изображений; распознавания образов; теории вероятности и математической статистики; программирования.

В результате исследований разработаны новые алгоритмы обработки сложных динамических изображений: алгоритм классификации изображений парковочных мест на свободные и занятые с использованием гистограмм ориентированных градиентов и метода опорных векторов, позволяющий повысить вероятность правильной классификации; алгоритм обнаружения дыма лесного пожара на динамических изображениях на основе блочного пространственно-временного анализа и ковариационных признаков, который детектирует области с дымом малого размера на сложных кадрах видеопоследовательностей; алгоритм обнаружения объектов на видеопоследовательностях с разрешением 4К, который направлен на повышения точности обнаружения объектов небольших размеров на изображениях большого разрешения.

Результаты НИР используются в контрольно-испытательной лаборатории учреждения образования «Полоцкий государственный университет», а также при организации учебного процесса по курсам «Цифровая обработка сигналов и изображений», «Цифровая обработка изображений» и при проведении научно-исследовательской работы студентов первой ступени высшего образования специальностей 1-400201 «Вычислительные машины, системы и сети», 1-400101 «Программное обеспечение информационных технологий» и второй ступени высшего образования специальности 1-408004 «Математическое моделирование, численные методы и комплекс программ».

Полученные алгоритмы могут использоваться при разработке современных систем обнаружения произвольных объектов на видеопоследовательностях, в том числе получаемых с камер большого разрешения, для обнаружения и классификации объектов в видеосистемах управления автомобильными парковками, системах мониторинга лесных пожаров.

## Содержание

Введение	6
1 Структура и алгоритмы обработки изображений интеллектуальных систем управления парковками	7
1.1 Структура интеллектуальной системы управления парковками	8
1.2 Сегментация парковочных мест на изображениях автомобильных парковок	10
1.3 Вычисление вектора признаков парковочного места	16
1.4 Классификация признаков	17
1.5 Программная реализация и результаты исследований	18
2 Обнаружение дыма лесного пожара на динамических изображениях	27
2.1 Общие принципы построения алгоритмов детектирования дыма лесного пожара на видео	28
2.2 Алгоритм раннего обнаружения лесных пожаров на основе пространственно-временного анализа и метода опорных векторов	28
2.3 Программная реализация и результаты исследования алгоритма	34
3. Обнаружение объектов на видеопоследовательностях с большим разрешением на основе сверточных нейронных сетей	37
3.1 Сверточные нейронные сети для обнаружения объектов на основе их статических признаков	37
3.1.1 Модель AlexNet	37
3.1.2 Модель R-CNN	37
3.1.3 Модель Fast R-CNN	37
3.1.4 Модель Faster R-CNN	38
3.1.5 Модель GoogLeNet и модификации	38
3.1.6 Модель ResNet и модификации	39
3.1.7 Модель YOLO и модификации	40
3.2 Сверточные нейронные сети для обнаружения объектов с учетом их динамических признаков	41
3.2.1 Модель Seq-NMS	41
3.2.2 Модель T-CNN и модификации	42
3.2.3 Модель DFFCNN	43
3.3 Блочный алгоритм обнаружения объектов на видеопоследовательностях с большим разрешением на основе СНС YOLO	44
3.3.1 Описание алгоритма	44
3.3.2 Результаты исследований	47
3.3.3 Модификация блочного алгоритма	49

4 Анализ изображений микроструктуры металлов	53
4.1 Этапы обработки	53
4.1.1 Предварительная обработка	53
4.1.2 Подсчет зерен	55
4.1.3 Определение длин хорд	56
4.1.4 Подсчет пересечения границ	57
4.1.5 Определение содержания углерода	57
4.2 Программная реализация алгоритмов обработки	57
Заключение	61
Список использованных источников	63
ПРИЛОЖЕНИЕ А Перечень публикаций по заданию «Информатика, космос и безопасность» 1.7.05 за 2016-2018гг.	68
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Список конференций, на которых докладывались результаты исследований	71
ПРИЛОЖЕНИЕ В Акты внедрения результатов НИР	72

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Васин, Н.Н. Система технического зрения для контроля состояния железнодорожного пути / Н.Н. Васин, Р.Р. Дязитдинов // Компьютерная оптика. – 2016. – Т. 40. - №3. – С. 410-415
2. Brovko, N. Smoke detection algorithm for intelligent video surveillance system / N. Brovko, R. Bogush, S. Ablameyko // Computer Science Journal of Moldova. – 2013. – Vol.21. - №1. – P. 142-156
3. Ngan, K. Video Segmentation and Its Applications / K. Ngan, H. Li // Springer. – 2011. – 164p.
4. Luming, F. A study of the key technology of forest fire prevention based on a cooperation of video monitor and GIS/ F. Luming, X. Aijun, and T. Lihua // Proc. of the 10<sup>th</sup> Int. Conf. on Natural Computation. –2008.-Vol. 5.-p. 391–396
5. Idris, M.Y. Car park system: A review of smart parking system and its technology / M.Y.I. Idris, Y.Y. Leng, E.M. Tamil, N.M. Noor, Z. Razak // Information Technology Journal. – 2009. – Vol. 8(2). – P. 101–113
6. Managing and Monitoring of a Parking Lot by a Video Camera [Electronic resource]– Mode of access: [http:// bib.irb.hr/datoteka/509872.Automatizacija\\_u\\_prometu\\_2010.pdf](http://bib.irb.hr/datoteka/509872.Automatizacija_u_prometu_2010.pdf)
7. R. Yusnita, Fariza Norbaya, and Norazwinawati Basharuddin Intelligent Parking Space Detection System Based on Image Processing. International Journal of Innovation, Management and Technology.2012. - Vol. 3. - N3. – p. 232-235
8. Tschentscher M., Neuhausen M. Video-based parking space detection // Proceedings of the Forum Bauinformatik. -2012. p. 159-166
9. True, N. Vacant parking space detection in static images /N.True // [Electronic resource]–2007.-Mode of access: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.129.1444&rep=rep1&type=pdf> - Date of access: 08.06.16
10. Bong, D.B.L. Car-Park Occupancy Information System / D.B.L. Bong, K.C. Ting, N. Rajae // Proc. of the 3<sup>rd</sup> Real-Time Technology and applications symposium. – 2006. - p. 65-70
11. Sastre, R. Computer algebra algorithms applied to computer vision in a parking management system /R. Sastre, P. Gil Jimenez, F. Acevedo, S. Maldonado Bascon// Proc. of the IEEE Int. Symposium on Industrial Electronics. -2007. - p. 1675–1680
12. Almeida, P.R. Parking space detection using textural descriptors / P.R. de Almeida, L.S. Oliveira, A.S.B.Jr., E.J.S.Jr., A.L. Koerich // Proc. of the IEEE Int. Conf. on Systems, Man, and Cybernetics. - 2013. - p. 3603–3608
13. Huang, C.-C. Vacant parking space detection based on plane-based bayesian hierarchical framework / C.-C. Huang, Y.-S Tai, S.-J Wang // IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. - 2013. –Vol.23 - №9. - p. 1598–1610
14. Wang, X. Parking lot analysis and visualization from aerial image / X. Wang, A. Hanson // Proc. 4th IEEE Workshop on Applications of Computer Vision. 1998. - p.36-41
15. Bong, D.B.L. Integrated approach in the design of car park occupancy information system / D.B.L. Bong, K.C. Ting, K.C. Lai // IAENG International Journal of Computer Science. – 2008. - № 35.-p.1–8

16. Seo, Y.-W. Utilizing prior information to enhance self-supervised aerial image analysis for extracting parking lot structures / Y.-W. Seo, C. Urmson // Proc. of the IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems. - 2009. - p. 339–344
17. Ярошевич, П.В. Сегментация парковочных мест на изображениях автостоянок / П.В. Ярошевич, Р.П. Богущ // Вестник Полоцкого государственного университета, серия С. Фундаментальные науки. - 2016. - №12 – с. 6-12
18. Otsu, N. A threshold selection method from gray-level histogram // IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics – 1979. - №9. – pp. 62-66
19. Dalal, N. Histograms of oriented gradients for human detection / N. Dalal, B. Triggs // Proc of the. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2005. – vol. 1. – P. 886-893
20. Вапник В.Н. Теория распознавания образов / В.Н. Вапник, А.Я. Червонекис – М.: Издательство «Наука», 1974. – 416 с.
21. PKLot - A robust dataset for parking lot classification - [Электронный ресурс] - 2015. URL: <http://www.inf.ufpr.br/vri/databases/PKLot.tar.gz> (дата обращения 5.12.2015).
22. Huang, C.-C. A surface-based vacant space detection for an intelligent parking lot / Ching-Chun Huang, Yu-Shu Dai, Sheng-Juh Wang // Proc. of 12<sup>th</sup> Int. Conf. on ITS Telecommunications. – 2012. – p. 284-288.
23. Huang, C.-C. A multiclass boosting approach for integrating weak classifiers in parking space detection / Ching-Chun Huang, Hoang Tran Vu, Yi-Ren Chen // Proc. of the IEEE Int. Conf. on Consumer Electronics, – 2015. – p. 314-315.
24. Fusek, R. AdaBoost for parking lot occupation detection / Fusek R, Mozdren K, Surkala M, Sojka E // Proc. of the 8<sup>th</sup> Int. Conf. on Computer Recognition Systems. – 2013. – P. 681-690.
25. Tschentscher, M. Scalable real-time parking lot classification an evaluation of image features and supervised learning algorithms / M. Tschentscher, M. Neuhausen, C. Koch, M. Konig, J. Salmen, M. Schlipf // Proc. of the Int. Joint Conf. on Neural Networks. – 2015. – p. 1-8.
26. Baroffio, L. A visual sensor network for parking lot occupancy detection in Smart Cities / L. Baroffio, L. Bondi, M. Cesana, A. Redondi, M. Tagliasacchi // Proc. of the IEEE 2<sup>nd</sup> World Forum on Internet of Things (WF-IoT). – 2015. – p. 745-750
27. Кудрин, А.Ю. Современные методы обнаружения и мониторинга лесных пожаров / А.Ю. Кудрин, А.И. Запорожец, Ю.В. Подрезов // Технологии гражданской безопасности. - 2006.- №3. – С. 66-67
28. Narwade, A Result analysis of smoke detection in video for early warnings using static and dynamic features/ A. Narwade, A. Chakkarwar// International Journal of Computer Applications Understanding. – 2014.-Vol. 95. - №24. – p.12-18
29. Xiong, Z. Video-based Smoke Detection: Possibilities, Techniques, and Challenges / Z. Xiong, R. Caballero, H. Wang, A. Finn // Proc. of the Suppression and Deflection Research and Applications Conference. - 2007. p. 157–164.
30. Gomes-Rodriguez, F. Smoke monitoring and measurement using image processing. Application to Forest Fires/ F. Gomes-Rodriguez, B. Arrue, A. Ollero // Proc. SPIE 5094, Automatic Target Recognition.–2003.– p. 404-411

31. Genovese, A. Wildfire smoke detection using computational intelligence/ A. Genovese, R. D. Labati, V. Piuri, F. Ccotti// Proc of the IEEE Int. Conf. on Computational Intelligence for Measurement Systems and Applications.- 2011. - p. 1-6
32. Cetin, A. Wildfire detection using LMS based active learning / A. Cetin, B. Toreyin // Proc. of the IEEE Int. Conf. on Acoustics, Speech, and Signal Processing. – 2009. - p. 1461-1464, 2009,
33. Kim, D. Smoke detection in video/ D. Kim. Y. Wang/ /Proc. of the World Congress on Computer Science and Information Engineering. - 2009. - p. 759-763
34. Vicente, J. An image processing technique for automatically detecting forest fire/ J. Vicente, P. Guillemant// International Journal of Thermal Sciences. 2002. – Vol.41. - №12. - p. 1113-1120.
35. Gunay, O. Entropy functional based online adaptive decision fusion framework with application to wildfire detection in video/ O. Gunay, B. Ugur Toreyin, A. Enis Cetin// IEEE Transactions on Image Processing. - 2012 – Vol.21. - №5. - p. 2853 - 2865
36. Habiboglu, Y. Real-time wildfire detection using correlation descriptors / Y. H. Habiboglu, O. Gunay // Proc. of the 19<sup>th</sup> European Signal Processing Conference. - 2011. - p. 894 – 898
37. Toreyin, B. Wavelet based real-time smoke detection in video/B. Toreyin, Y. Dedeoglu and A. E. Cetin // Proc. of the Signal Processing Conference. -2005.- p.1-4.
38. Toreyin, B. Contour based smoke detection in video using wavelets/B. Toreyin, Y. Dedeoglu and A. E. Cetin // Proc. of the 14<sup>th</sup> European Signal Processing Conference. – 2006. - p.1-5
39. Piccinini, P. Reliable smoke detection in the domains of image energy and color/P. Piccinini, S. Calderara, R. Cucchiara//Proc. of the 15<sup>th</sup> IEEE Int. Conf. on Image Processing. -2008. - p.1376-1379
40. Calderara, S. Smoke detection in video surveillance: A MoG model in the wavelet domain/ S. Calderara, P. Piccinini and R. Cucchiara // Proc. of the 6<sup>th</sup> International Conference on Computer Vision Systems. – 2008. - p.119-128
41. Yuan, F. A fast accumulative motion orientation model based on integral image for video smoke detection/F. Yuan//Pattern Recognition Letters.- 2008 - Vol.29. - p.925-932
42. Morerio, P. Early fire and smoke detection based on colour features and motion analysis/P. Morerio, L. Marcenaro, C. Regazzoni, G. Gera//Proc. of the IEEE Int. Conf. on Image Processing - . 2012. – p. 1041-1044
43. Zivkovic, Z. Improved adaptive Gaussian mixture model for background subtraction / Z. Zivkovic //Proc. of the 17<sup>th</sup> Int. Conf. on Pattern Recognition. - 2004. – Vol. 2. – p. 28 – 31
44. Krizhevsky, A. ImageNet classification with deep convolutional neural networks/ A. Krizhevsky, I. Sutskever, G.E. Hinton //Proc. Of 26<sup>th</sup> Annual Conference on Neural Information Processing, Lake Tahoe, Nevada, United States. – 2012. – p. 1106-1114
45. Han, X. Pre-Trained AlexNet Architecture with Pyramid Pooling and Supervision for High Spatial Resolution Remote Sensing Image Scene Classification/ X. Han, Y. Zhong, L. Cao, L. Zhang //Remote Sensing. – 2017. - №9 - T.8-p.2-22



46. R-CNN for Object Detection [Electronic resource]– Mode of access: [https://courses.cs.washington.edu/courses/cse590v/14au/cse590v\\_wk1\\_rcnn.pdf](https://courses.cs.washington.edu/courses/cse590v/14au/cse590v_wk1_rcnn.pdf)- Date of access: 09.03.17
47. Girshick, R. Fast R-CNN/R. Girshick // Proc. of the IEEE International Conference on Computer Vision. - 2015.- p.1440-1448
48. Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks [Electronic resource]– Mode of access: <http://papers.nips.cc/paper/5638-faster-r-cnn-towards-real-time-object-detection-with-region-proposal-networks.pdf>- Date of access: 10.03.17
49. Is Faster R-CNN Doing Well for Pedestrian Detection[Electronic resource]– Mode of access: <https://arxiv.org/pdf/1607.07032.pdf>- Date of access: 10.03.17
50. Going Deeper with Convolutions [Electronic resource]– Mode of access: <https://arxiv.org/pdf/1409.4842.pdf>- Date of access: 10.03.17
51. Erhan, D. Scalable object detection using deep neural networks/ D. Erhan, C. Szegedy, A. Toshev, and D. Anguelov // Proc. of IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR 2014, Columbus, OH, USA. – 2014. – p. 2155-2162
52. Rethinking the Inception Architecture for Computer Vision [Electronic resource]– Mode of access: <https://arxiv.org/pdf/1512.00567.pdf>- Date of access: 10.03.17
53. Batch Normalization: Accelerating Deep Network Training by Reducing Internal Covariate Shift [Electronic resource]– Mode of access: <https://arxiv.org/pdf/1502.03167.pdf>- Date of access: 10.03.17
54. He, K. Deep Residual Learning for Image Recognition/ K. He, X. Zhang, S. Ren, J. Sun //Proc. of IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR 2016, Las Vegas, NV, USA. – 2016. – p. 770 - 778
55. Szegedy, C. Inception-v4, Inception-ResNet and the Impact of Residual Connections on Learning/ C. Szegedy, S. Ioffe, V. Vanhoucke // Proc. of the Thirty-First AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-17), 2017. – 4278-4284
56. TensorFlow: Large-Scale Machine Learning on Heterogeneous Distributed Systems [Electronic resource]– Mode of access: <https://arxiv.org/pdf/1603.04467.pdf>- Date of access: 22.09.17
57. Redmon, J. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection / J. Redmon, S. K. Divvala, R. B. Girshick, A. Farhadi // Proc. of IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR 2016, Las Vegas, NV, USA. - 2016. –p.779-788
58. YOLO9000 Better, Faster, Stronger[Electronic resource]– Mode of access: <https://arxiv.org/pdf/1612.08242.pdf>- Date of access: 15.06.17
59. Han, W. Seq-NMS for Video Object Detection/ W. Han and ather // [Electronic resource]– Mode of access: <https://openreview.net/pdf?id=2xwPBxZoQTpKBZvXtQng> - Date of access: 15.06.18
60. Zeiler M. D., Visualizing and Understanding Convolutional Networks/ M. D. Zeiler, R. Fergus // ECCV. – 2014. - Vol. 8689. - p. 818-833
61. Simonyan K., Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition/ K. Simonyan, A. Zisserman // [Electronic resource]– Mode of access: <https://arxiv.org/pdf/1409.1556.pdf>- Date of access: 15.06.18

62. T-CNN Tubelets with Convolutional Neural Networks for Object Detection from Videos [Electronic resource]– Mode of access: <https://arxiv.org/pdf/1604.02532.pdf> - Date of access: 15.06.18
63. Hou, R. Tube Convolutional Neural Network (T-CNN) for Action Detection in Videos/ R. Hou, C. Chen, M. Shah // [Electronic resource]– Mode of access: <https://arxiv.org/pdf/1703.10664.pdf> - Date of access: 15.06.18
64. Zhu, X. Deep Feature Flow for Video Recognition/ X. Zhu, Y. Xiong, J.Dai, L. Yuan, Y. Wei // Proc. of IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR 2017, Honolulu, HI, USA. - 2017. - p. 4141 - 4150
65. Flownet: Learning optical flow with convolutional networks [Electronic resource]– Mode of access: [https://www.cv-foundation.org/openaccess/content\\_iccv\\_2015/papers/Dosovitskiy\\_FlowNet\\_Learning\\_Optical\\_ICCV\\_2015\\_paper.pdf](https://www.cv-foundation.org/openaccess/content_iccv_2015/papers/Dosovitskiy_FlowNet_Learning_Optical_ICCV_2015_paper.pdf)- Date of access: 15.06.18
66. DeepLab: Semantic Image Segmentation with Deep Convolutional Nets, Atrous Convolution, and Fully Connected CRFs [Electronic resource]– Mode of access: <https://arxiv.org/pdf/1606.00915.pdf> - Date of access: 15.06.18
67. Flow-Guided Feature Aggregation for Video Object Detection [Electronic resource] – Mode of access: <https://arxiv.org/pdf/1703.10025.pdf>- Date of access: 15.06.18
68. The PASCAL Visual Object Classes Homepage [Electronic resource]– Mode of access: <http://host.robots.ox.ac.uk/pascal/VOC/>- Date of access: 15.06.17
69. Vorobjov, D. An effective object detection algorithm for high resolution video by using convolutional neural network/D. Vorobjov, I. Zakharava, R. Bohush, S. Ablameyko// Proc. of the 15<sup>th</sup> Int. Symposium on Neural Networks (ISNN 2018), June 25-28 2018, Minsk. – 2018. – p.503-508
70. Стали и сплавы. Методы выявления и определения величины зерна: ГОСТ 5639-82. – Введ. 01.01.83. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам: Министерство черной металлургии СССР, 2003. – 8 с.
71. Анисович А.Г. Микроструктуры черных и цветных металлов / Анисович А.Г., Андрушевич А.А. – Мн.: Беларуская навука, 2015. – 131с.
72. Богуш, Р.П. Программное обеспечение для анализа изображений микроструктуры металлов / Богуш Р.П., Туркова В.В., Глухов Д.О. // Информатика: проблемы, методология, технологии. Материалы XVIII Междун. конф., 8-9 февраля 2018 г. – Воронеж: Воронежский гос. ун-т, 2018. –Т.4 - с.69-73