

**Результаты научно-исследовательской деятельности в рамках реализуемых образовательных программ 02.03.02 -
Фундаментальная информатика и информационные технологии, 02.04.02 –**

**Фундаментальная информатика и информационные технологии по магистерской программе «Робототехника»,
09.06.01 – Информатика и вычислительная техника по профилю «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»**

Авторский коллектив, занимающийся вопросами анализа и обработки цифровых сигналов и изображений, имеет значительный опыт работы в области цифровой фильтрации сигналов, восстановлении изображений и анализа соответствующих математических задач. Так в области фильтрации с помощью минимизации полной вариации участниками проекта найдено описание точных решений задачи для случая функций от одной переменной при произвольном значении параметра регуляризации. Полученное описание дает ясное геометрическое представление экстремальных функций, минимизирующих функционал. На основе описания точных решений сформулирован алгоритм для численного решения задачи минимизации полной вариации, имеющий квадратичную сложность. Проведенные вычислительные эксперименты по устранению аддитивного гауссового шума на тестовых сигналах показали высокую точность восстановления. Авторами изучено асимптотическое поведение метода градиентного спуска при решении задачи восстановления функции, искаженной действием линейного оператора. В качестве модели линейного оператора рассматривался оператор равномерного горизонтального смаза. В работах коллектива доказано, что если Фурье-образ свертки исходной неискаженной функции с функцией, соответствующей оператору смаза, имеет нули в частотной области, то при любом числе шагов градиентного метода имеет место потеря информации при восстановлении. Проведенный авторами анализ показал, что метод градиентного спуска в данной задаче асимптотически сходится к сумме исходной неискаженной функции с элементом ядра искажающего оператора. С помощью вычислительного эксперимента показана недостаточность использования только метрических характеристик функций от двух переменных и наличие возможности увеличить точность распознавания при использовании топологической характеристики функции от двух переменных – линейной вариации. Показано, что использование топологической характеристики позволяет повысить точность восстановления при наличии нулей в частотной области для описанного выше случая. В области нелинейной адаптивной фильтрации участниками проекта formalizovаны понятия различных локальных окрестностей для структурного описания деталей на изображениях, предложен новый подход к построению ранговых фильтров с использованием пространственных связей между элементами изображения. Используя этот подход, можно реализовать фильтрацию различных шумов на изображении. Предложены и реализованы быстрые алгоритмы построения адаптивных окрестностей для ранговых фильтров, использующих пространственные связи между элементами изображения. Проведенные эксперименты по устранению смеси аддитивного и импульсного шума на тестовых изображениях показали, что предлагаемые фильтры значительно превосходят традиционные ранговые фильтры по качеству обработки изображений. Авторами предложены оригинальные локально-адаптивные методы фильтрации и восстановления пространственно-неоднородных данных. Характерной особенностью этих методов является их способность адаптироваться к

конкретному изображению. Локально-адаптивные линейные фильтры в скользящем окне эффективно реализованы в области ортогонального преобразования, вычисляемого для каждого положения скользящего окна. Эти фильтры модифицируют коэффициенты ортогонального преобразования, чтобы получить оптимальную, с точки зрения заданного критерия, оценку только текущего отсчета. Для реализации фильтров предложены быстрые алгоритмы синусоидальных преобразований, использующие рекурсивные уравнения второго порядка. Эти алгоритмы требуют значительно меньшего количества операций сложения и умножения по сравнению

с известными рекурсивными быстрыми алгоритмами. Многие известные методы восстановления изображений используют единственное наблюдаемое изображение для обработки. Авторами предложен эффективный метод восстановления изображений от мультипликативного и аддитивного шумов с использованием трех наблюдаемых искаженных изображений, полученных микросканированием камеры. Используя эти три искаженных изображения и критерий качества восстановления, была получена система линейных или нелинейных уравнений. Решением этой системы является восстановленное изображение. Предложен быстрый итеративный алгоритм для приближенного восстановления изображения. Проведен анализ точности восстановления с помощью предложенного метода. Все полученные авторским коллективом результаты являются оригинальными, разработанные на их основе методы являются новыми, и опубликованы в изданиях, индексируемых WoS и Scopus.

Список грантов, полученных авторским коллективом.

1. Грант РФФИ № 13-01-00735 «Топологические методы фильтрации и восстановления изображений», 2013-2015. (Руководитель Кобер В.И.)
2. Грант Министерства образования и науки РФ в рамках реализации государственного задания в сфере научной деятельности № 2.1766.2014К «Разработка адаптивных методов для надежного слежения за трехмерными объектами», 2014-2016. (Руководитель Кобер В.И.)
3. Грант РФФИ № 15-19-10010 «Разработка алгоритмической модели технической системы для идентификации личности по мультисенсорным биометрическим данным», 2015-2017. (Руководитель Кобер В.И.)
4. Грант Министерства образования и науки РФ в рамках научных проектов, выполняемых научными коллективами исследовательских центров и (или) научных лабораторий образовательных организаций высшего образования № 2.1743.2017/ПЧ «Разработка адаптивных методов трехмерной реконструкции окружающего пространства по динамическим мультисенсорным данным», 2017-2019. (Руководитель Кобер В.И.)
5. Грант РФФИ № 15-19-10010/П «Разработка алгоритмической модели технической системы для идентификации личности по мультисенсорным биометрическим данным», 2018-2019. (Руководитель Кобер В.И.)
6. Грант РФФИ № 18-07-00963 «Разработка точных методов и алгоритмов для решения задачи построения моделей поверхностей в трехмерном пространстве». (Руководитель Маковецкий А.Ю.)
7. Грант РФФИ № 18-08-00782 «Разработка алгоритмической модели технической системы для восстановления изображений, искаженных атмосферными явлениями». (Руководитель Кобер В.И.)

Список некоторых публикаций коллектива за последние пять лет.

1. A. Makovetskii, V. Kober, "Analysis of the gradient descent method in problems of the signals and images restoration," *Pattern Recognition and Image Analysis*, January 2015, Volume 25, Issue 1, P. 53-59, **2015**. DOI: 10.1134/S1054661815010101 (Indexed in Scopus)
2. Makovetskii A., Voronin S. and Kober V., "Explicit solutions of one-dimensional total variation problem," *Proc. SPIE's 60 Annual Meeting: Applications of Digital Image Processing XXXVIII*, Vol. 9599, P. 959926-1, **2015**. DOI: 10.1117/12.2187866 (Indexed in WoS, Scopus, Accession Number WOS: 000366385200063)
3. С.М. Воронин, А.Ю. Маковецкий, В.И. Кобер, В.Н. Карнаухов, "Свойства точных решений задачи регуляризации полной вариации функций одной переменной," *Информационные процессы*, Том 15, № 2, стр. 162–168, **2015**. (РИНЦ)
4. Voronin S., Makovetskii A., Kober V. and Karnauhov V., "Properties of exact solutions of the total variation regularization functions of one variable," *Journal of Communications Technology and Electronics*, Vol. 60, No. 12, P. 1356–1359, **2015**. DOI: 10.1134/S1064226915120207 (Indexed in WoS, Scopus. Impact Factor: 0.36, Accession Number: WOS: 000366638500011)
5. A. Makovetskii, S. Voronin and V. Kober, "Total variation regularization with bounded linear variations," *Proc. SPIE's 61 Annual Meeting: Applications of Digital Image Processing XXXIX*, Vol. 9971, pp. 99712T-9, **2016**. DOI: 10.1117/12.2237162 (Indexed in WoS, Scopus. Accession Number WOS: 000390023100086)
6. D. Tihonkih, A. Makovetskii and V. Kuznetsov, "A modified iterative closest point algorithm for shape registration," *Proc. SPIE's 61 Annual Meeting: Applications of Digital Image Processing XXXIX*, Vol. 9971, pp. 99712D-1, **2016**. DOI: 10.1117/12.2237911 (Indexed in WoS, Scopus. Accession Number WOS: 000390023100072)
7. F. Alekseev, M. Alekseev and A. Makovetskii, "Fast algorithm for calculation of linear variations," *Proc. SPIE's 61 Annual Meeting: Applications of Digital Image Processing XXXIX*, Vol. 9971, 99712J-1, **2016**. DOI: 10.1117/12.2237730 (Indexed in WoS, Scopus. Accession Number WOS: 000390023100076)
8. I. Sochenkov, A. Sochenkova, A. Vokhmintsev, A. Makovetskii and A. Melnikov, "Effective Indexing for Face Recognition," *Proc. SPIE's 61 Annual Meeting: Applications of Digital Image Processing XXXIX*, Vol. 9971, 997124-1, **2016**. DOI: 10.1117/12.2238096 (Indexed in WoS, Scopus. Accession Number WOS: 000390023100064)
9. I. Sochenkov, D. Tihonkih, A. Vokhmintsev, A. Melnikov and A. Makovetskii, "A face recognition algorithm based on thermal and visible data," *Proc. SPIE's 61 Annual Meeting:*

Applications of Digital Image Processing XXXIX, Vol. 9971, 99713F-1, **2016**. DOI: 10.1117/12.2238224 (Indexed in WoS, Scopus. Accession Number WOS: 000390023100103)

10. D. Tihonkih, A. Makovetskii, and V. Kuznetsov, "The iterative closest points algorithm and affine transformations," Proc. Int. Conference of Analysis of Images, Social Networks, and Texts (AIST 2016), CEUR Workshop Proceedings, P. 349-356, **2016**. <http://ceur-ws.org/Vol-1710/paper35.pdf> ISSN: 16130073 (Indexed in Scopus)
11. F. Alekseev, M. Alekseev and A. Makovetskii, "Linear Variation and an Optimization of Algorithms for Connected Components Labeling in a Binary Image," Proc. Int. Conference of Analysis of Images, Social Networks, and Texts (AIST 2016), CEUR Workshop Proceedings, P. 10-20, **2016**. <http://ceur-ws.org/Vol-1710/paper2.pdf> ISSN: 16130073 (Indexed in Scopus)
12. Makovetskii A., Voronin S. and Kober V., "An efficient algorithm for total variation denoising," Proc. Int. Conference of Analysis of Images, Social Networks, and Texts (AIST 2016), CCIS 661, pp. 326–337, **2017**. DOI: 10.1007/978-3-319-52920-2_30 (Indexed in WoS, Scopus, Accession Number: WOS:000407059600030)
13. A. Vokhmintsev, M. Timchenko, A. Melnikov, A. Kozko, A. Makovetskii, "Robot path planning algorithm based on symbolic tags in dynamic environment," Proceedings SPIE Volume 10396, Applications of Digital Image Processing XL, 103962E, **2017**. DOI: 10.1117/12.2273279 (Indexed in WoS, Scopus, Accession Number WOS: 000418443700067)
14. A. Vokhmintsev, T. Botova, I. Sochenkov, A. Sochenkova, A. Makovetskii, "Robot mapping algorithm based on Kalman filtering and symbolic tags," Proceedings SPIE Volume 10396, Applications of Digital Image Processing XL, 103962I, **2017**. DOI: 10.1117/12.2273562 (Indexed in WoS, Scopus, Accession Number WOS: 000418443700070)
15. Artyom Makovetskii, Sergei Voronin, Vitaly Kober, Dmitrii Tihonkih, "An efficient point-to-plane registration algorithm for affine transformations," Proceedings SPIE Volume 10396, Applications of Digital Image Processing XL, 103962J, **2017**. DOI: 10.1117/12.2273604 (Indexed in WoS, Scopus, Accession Number WOS: 000418443700071)
16. Artyom Makovetskii, Sergei Voronin, Vitaly Kober, "A generalized Condat's algorithm of 1D total variation regularization," Proceedings SPIE Volume 10396, Applications of Digital Image Processing XL, 103962K, **2017**. DOI: 10.1117/12.2273618 (Indexed in WoS, Scopus, Accession Number WOS: 000418443700072)
17. A. Sochenkova, I. Sochenkov, A. Makovetskii, A. Vokhmintsev, A. Melnikov, "Convolutional neural networks and face recognition task," Proceedings Volume 10396,

- Applications of Digital Image Processing XL, 103962L, **2017**. DOI: 10.1117/12.2273624 (Indexed in WoS, Scopus, Accession Number WOS: 000418443700073)
18. Dmitry Nikolaev, Dmitrii Tihonkih, Artyom Makovetskii, Sergei Voronin, “An efficient direct method for image registration of flat objects,” Proceedings SPIE Volume 10396, Applications of Digital Image Processing XL, 103962U, **2017**. DOI: 10.1117/12.2274101 (Indexed in WoS, Scopus, Accession Number WOS: 000418443700081)
19. Dmitrii Tihonkih, Artyom Makovetskii, Aleksei Voronin, “A modified iterative closest point algorithm for noisy data,” Proceedings SPIE Volume 10396, Applications of Digital Image Processing XL, 103962W, **2017**. DOI: 10.1117/12.2274139 (Indexed in WoS, Scopus, Accession Number WOS: 000418443700083)
20. Artyom Makovetskii, Sergei Voronin, Vitaly Kober, Dmitrii Tihonkih, “Affine registration of point clouds based on point-to-plane approach,” Procedia Engineering, Volume 201, Pages 322-330, **2017**. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.09.635 (Indexed in WoS, Scopus, Accession Number WOS: 000426433500041)
21. Artyom Makovetskii, Sergei Voronin, Vitaly Kober, “A fast one dimensional total variation regularization algorithm,” CEUR Workshop Proceedings Volume 1901, Pages 176-179, **2017**. ISSN: 16130073. <http://ceur-ws.org/Vol-1901/paper28.pdf> (Indexed in Scopus)
22. А. Ю. Маковецкий, С. М. Воронин, Д. В. Тихоньких, М. Н. Алексеев, “Точные решения вариационной задачи алгоритма иср в классе аффинных преобразований,” Челябинский физико-математический журнал, Т. 2, вып. 3, С. 282–294, **2017**.
23. А. Маковetskii, S. Voronin, V. Kober, D. Tihonkih, “Affine registration of point clouds based on point-to-plane approach,” Сборник трудов III международной конференции «Информационные технологии и нанотехнологии» (ИТНТ-2017), 684-688, **2017**. (РИНЦ)
24. А. Маковetskii, S. Voronin, V. Kober, “A fast one dimensional total variation regularization algorithm,” Сборник трудов III международной конференции «Информационные технологии и нанотехнологии» (ИТНТ-2017), 689-692, **2017**. (РИНЦ)
25. А. Маковetskii, S. Voronin, V. Kober, A. Voronin, “A non-iterative method for approximation of the exact solution to the point-to-plane variational problem for orthogonal transformations,” Mathematical Methods in the Applied Sciences, Volume 41, n. 18, P. 9218-9230, **2018**. DOI:10.1002/mma.5173 (Indexed in WoS, Scopus, Q2 WoS, Q1 Scopus, Impact factor: 1.18).
26. А. Маковetskii, S. Voronin, V. Kober, A. Voronin, D. Tihonkih, “Point clouds registration based on the point-to-plane approach for orthogonal transformations,” CEUR Workshop

27. A. Makovetskii, S. Voronin, V. Kober, A. Voronin, "A point-to-plane registration algorithm for orthogonal transformations," Proc. SPIE 10752, Applications of Digital Image Processing XLI, 107522R, **2018**. DOI: 10.1117/12.2321396 (Indexed in WoS, Scopus, Accession Number WOS: 000450861700092)
28. D. Tihonkih, A. Voronin, A. Makovetskii, J. Diaz-Escobar, "Reducing number of points for ICP algorithm based on geometrical properties," Proc. SPIE 10752, Applications of Digital Image Processing XLI, 107522P, **2018**. DOI: 10.1117/12.2321282 (Indexed in WoS, Scopus, Accession Number WOS: 000450861700090)
29. S. Voronin, V. Kober, A. Makovetskii, "Image dehazing using total variation regularization," Proc. SPIE 10752, Applications of Digital Image Processing XLI, 107522T, **2018**. DOI: 10.1117/12.2321636 (Indexed in WoS, Scopus, Accession Number WOS: 000450861700094)
30. S. Leonov, A. Vasilyev, A. Makovetskii, V. Kuznetsov, J. Diaz-Escobar, "An algorithm for selecting face features using deep learning techniques based on autoencoders," Proc. SPIE 10752, Applications of Digital Image Processing XLI, 107522M, **2018**. DOI: 10.1117/12.2321068 (Indexed in WoS, Scopus, Accession Number WOS: 000450861700087)
31. S. Leonov, A. Vasilyev, A. Makovetskii, J. Diaz-Escobar, "An algorithm of face recognition based on generative adversarial networks," Proc. SPIE 10752, Applications of Digital Image Processing XLI, 107522L, **2018**. DOI: 10.1117/12.2321039 (Indexed in WoS, Scopus, Accession Number WOS: 000450861700086)
32. S. Voronin, A. Makovetskii, A. Voronin, J. Diaz-Escobar, "A regularization algorithm for registration of deformable surfaces," Proc. SPIE 10752, Applications of Digital Image Processing XLI, 107522S, **2018**. DOI: 10.1117/12.2321521 (Indexed in WoS, Scopus, Accession Number WOS: 000450861700093)
33. A. Makovetskii, S. Voronin, V. Kober, "An efficient algorithm of 3D total variation regularization," Proc. SPIE 10752, Applications of Digital Image Processing XLI, 107522V, **2018**. DOI: 10.1117/12.2321646 (Indexed in WoS, Scopus, Accession Number WOS: 000450861700096)
34. A. Vokhmintsev, M. Timchenko, T. Botova, K. Mironov, A. Makovetskii, A. Kober, "Development of a method for constructing a 3D accurate map of the surrounding environment," Proc. SPIE 10752, Applications of Digital Image Processing XLI, 107521X, **2018**. DOI: 10.1117/12.2320194 (Indexed in WoS, Scopus, Accession Number WOS: 000450861700063)

35. A. Vokhmintcev, A. Melnikov, M. Timchenko, A. Kozko, A. Makovetskii, A. Kober, "Development of methods for selecting features using deep learning techniques based on autoencoders," Proc. SPIE 10752, Applications of Digital Image Processing XLI, 1075227, **2018**. DOI: 10.1117/12.2320189 (Indexed in WoS, Scopus, Accession Number WOS: 000450861700073)
36. A. Makovetskii, S. Voronin, V. Kober, "A fast total variation regularization algorithm for 2D piecewise constant radially symmetric functions," Journal of Physics: Conference Series, Volume 1096, n. 1, 012041, **2018**. DOI: 10.1088/1742-6596/1096/1/012041 (Indexed in Scopus)
37. A. Makovetskii, S. Voronin, V. Kober, A. Voronin, D. Tihonkih, "Approximation of the exact solution of point clouds registration based on point-to-plane approach for orthogonal transformations," Proc. ITNT-2018 (Сборник Трудов ИТНТ-2018, IV международная конференция и молодежная школа «Информационные технологии и нанотехнологии»), P. 939-945, **2018**. ISBN: 978-5-88940-146-9 (Indexed in RINC)
38. A. Makovetskii, S. Voronin, V. Kober, "A fast total variation regularization algorithm for 2d piecewise constant radially symmetric functions," Proc. ITNT-2018 (Сборник Трудов ИТНТ-2018, IV международная конференция и молодежная школа «Информационные технологии и нанотехнологии»), P. 930-938, **2018**. ISBN: 978-5-88940-146-9 (Indexed in RINC)
39. Sergey S. Leonov, Alexander N. Vasilyev, Artyom Makovetskii, "Analysis of the convolutional neural network architectures in image classification problems," Proc. SPIE 11137, Applications of Digital Image Processing XLII, 111372E, **2019**. DOI: 10.1117/12.2529232 (Indexed in WoS, Scopus)
40. Dmitrii Tihonkih, Vitaly Kober, Artyom Makovetskii, Aleksei Voronin "An efficient 3D mapping framework," Proc. SPIE 11137, Applications of Digital Image Processing XLII, 111372L, **2019**. DOI: 10.1117/12.2529632 (Indexed in WoS, Scopus)
41. Sergei Voronin, Vitaly Kober, Artyom Makovetskii, Aleksei Voronin, "Image dehazing using spatially displaced images," Proc. SPIE 11137, Applications of Digital Image Processing XLII, 111372M, **2019**. DOI: 10.1117/12.2529684 (Indexed in WoS, Scopus)
42. Sergei Voronin, Vitaly Kober, Artyom Makovetskii, Aleksei Voronin, "Non-rigid ICP and 3D facial models," Proc. SPIE 11137, Applications of Digital Image Processing XLII, 111372K, **2019**. DOI: 10.1117/12.2529525 (Indexed in WoS, Scopus)
43. Artyom Makovetskii, Sergei Voronin, Vitaly Kober, Aleksei Voronin, "A Generalized Point-to-Point Approach for Orthogonal Transformations," CCIS, volume 1090, pp. 217-231, **2019**. DOI: 10.1007/978-3-030-33394-2_17 (Indexed in WoS, Scopus)

44. Dmitrii Tihonkih, Artyom Makovetskii, Vitaly Kober, Aleksei Voronin, "Preliminary ICP stage for data-thinning based on object geometry," *Journal of Physics: Conference Series*, Volume 1368, 032010, **2019**. DOI: 10.1088/1742-6596/1368/3/032010 (Indexed in Scopus)
45. Кобер В.И., Маковецкий А.Ю., Воронин С.М., Карнаухов В.Н., "Быстрый алгоритм регуляризации полной вариации для класса радиально-симметричных функций," *Информационные процессы*, Т. 19, № 1, С. 33-46, **2019**. (Indexed in RINC)
46. V. I. Kober, A. Yu. Makovetskii, S. M. Voronin, and V. N. Karnaukhov, "A Fast Algorithm of Regularization of the Total Variation for the Class of Radially Symmetrical Functions," *Journal of Communications Technology and Electronics*, Vol. 64, No. 12, pp. 1500–1507, **2019**. DOI: 10.1134/S1064226919120064 (Indexed in WoS, Scopus, Q2 Scopus).
47. A. Makovetskii, S. Voronin, V. Kober, A. Voronin, "A regularized point cloud registration approach for orthogonal transformations," *Journal of Global Optimization*, **2020**. DOI: 10.1007/s10898-020-00934-8 (Indexed in WoS, Scopus, Q1 WoS, Q1 Scopus, Impact factor 1.805)
48. A. Makovetskii, S. Voronin, V. Kober, A. Voronin, "Tube-based taut string algorithms for total variation regularization," *Mathematics*, Volume 8, Issue 7, 1141, **2020**. DOI: 10.3390/math8071141 (Indexed in WoS, Scopus, Q1 WoS, Q3 Scopus, Impact factor 1.74)
49. A. Makovetskii, S. Voronin, V. Kober, A. Voronin, "An efficient algorithm for non-rigid object registration," *Computer Optics*, Volume 44, Issue 1, , pp. 67-73, **2020**. DOI: 10.18287/2412-6179-CO-586 (Indexed in WoS, Scopus, Q1 Scopus)
50. Artyom Makovetskii, Sergei Voronin, Vitaly Kober, Aleksei Voronin, "An efficient algorithm of total variation regularization in the two-dimensional case," *Proc. SPIE 11510, Applications of Digital Image Processing XLIII*, 115102Y (21 August 2020), **2020**. DOI: 10.1117/12.2568954 (Indexed in WoS, Scopus)
51. Sergei Voronin, Artyom Makovetskii, Aleksei Voronin, Dmitrii Zhernov, "Neural network and non-rigid ICP in facial recognition problem," *Proc. SPIE 11510, Applications of Digital Image Processing XLIII*, 115102Z (21 August 2020), **2020**. DOI: 10.1117/12.2568961 (Indexed in WoS, Scopus)
52. Sergei Voronin, Artyom Makovetskii, Vitaly Kober, Aleksei Voronin, Tatyana Makovetskaya, "Image dehazing based on microscanning approach," *Proc. SPIE 11510, Applications of Digital Image Processing XLIII*, 115102X (21 August 2020), **2020**. DOI: 10.1117/12.2568946 (Indexed in WoS, Scopus)

53. Makovetskii A., Kober V., Voronin A., Zhernov D., "Facial recognition and 3d non-rigid registration," ИТНТ-2020, Сборник трудов по материалам VI Международной конференции, 656-660, **2020**. (Indexed in RINC)
54. Makovetskii A., Voronin S., Kober V., Voronin A., "An algorithm for rough alignment of point clouds in threedimensional space," ИТНТ-2020, Сборник трудов по материалам VI Международной конференции, 652-655, **2020**. (Indexed in RINC)
55. A. Makovetskii, S. Voronin, V. Kober and A. Voronin, "An algorithm for rough alignment of point clouds in three-dimensional space," 2020 International Conference on Information Technology and Nanotechnology (ITNT), Samara, Russia, IEEE Proceedings, pp. 1-4, **2020**. DOI: 10.1109/ITNT49337.2020.9253338 (Indexed in WoS, Scopus)
56. A. Makovetskii, V. Kober, A. Voronin and D. Zhernov, "Facial recognition and 3D non-rigid registration," 2020 International Conference on Information Technology and Nanotechnology (ITNT), Samara, Russia, IEEE Proceedings, pp. 1-4, **2020**. DOI: 10.1109/ITNT49337.2020.9253224 (Indexed in WoS, Scopus).
57. J. Diaz-Escobar, V. Kober, V. Karnaukhov, M. Mozerov, "Recognition of breast abnormalities using phase features," Journal of Communications Technology and Electronics, 2020, Vol. 65, No. 12, pp. 1476-1483. DOI: 10.1134/S1064226920120050.
58. A. Ruchay, V. Kober, K. Dorofeev, V. Kolpakov, S. Miroshnikov, "Accurate body measurement of live cattle using three depth cameras and non-rigid 3D shape recovery," Journal of Computers and Electronics in Agriculture, 2020, Vol. 179, 105821. DOI: 0.1016/j.compag.2020.105821. Indexed in WoS Q1, Scopus, РИНЦ. Impact Factor: 4.020.
59. A. Ruchay, V. Kober, K. Dorofeev, V. Kolpakov, S. Miroshnikov, "Accurate body measurement of live cattle using three depth cameras and non-rigid 3D shape recovery," Journal of Computers and Electronics in Agriculture, 2020, Vol. 179, 105821. DOI: 0.1016/j.compag.2020.105821. Indexed in WoS Q1, Scopus, РИНЦ. Impact Factor: 4.020.\
60. V. Kober, "Fast recursive computation of sliding DHT with arbitrary step," Sensors, 2020, 20, 5556; DOI: 10.3390/s20195556. Indexed in WoS Q1, Scopus, РИНЦ. Impact Factor: 3.275.
61. V. Kober, "Fast recursive computation of sliding DHT with arbitrary step," Sensors, 2020, 20, 5556; DOI: 10.3390/s20195556. Indexed in WoS Q1, Scopus, РИНЦ. Impact Factor: 3.275.
62. A. Makovetskii, S. Voronin, V. Kober, A. Voronin, "A regularized point cloud registration approach for orthogonal transformations," Journal of Global Optimization, 2020, vol. 8, DOI: 10.1007/s10898-020-00934-8. Indexed in WoS Q1, Scopus, РИНЦ. Impact Factor: 1.805.

63. A. Makovetskii, S. Voronin, V. Kober, A. Voronin, "Tube-based taut string algorithms for total variation regularization," *Mathematics*, 2020, vol. 8, 1141; 20 pages, DOI: 10.3390/math8071141. Indexed in WoS Q1, Scopus, РИНЦ. Impact Factor: 1.747.
64. V. Kober, "Recursive algorithms for computing sliding DCT with arbitrary step," *IEEE Sensors*, 2020, 10. DOI: 10.1109/JSEN.2020.3023892. Indexed in WoS Q2, Scopus, РИНЦ. Impact Factor: 3.073.
65. J. Diaz-Escobar, V. Kober, "Natural scene text detection and segmentation using phase-based regions and character retrieval," *Mathematical Problems in Engineering*, 2020, Vol. 2020, Article ID 7067251, 17 pages. DOI: 10.1155/2020/7067251. Indexed in WoS, Scopus, РИНЦ. Impact Factor: 1.179.
66. V. Kober, A. Ruchay, V. Karnaukhov, "Tracking multiple objects with locally adaptive generalized optimum correlation filters," *Journal of Communications Technology and Electronics*, 2020, Vol. 65, No. 6, pp. 716-724. DOI: 10.1134/S1064226920060169. Indexed in WoS, Scopus, РИНЦ. Impact Factor: 0.51.
67. A. Ortiz-González, V. Kober, V. Karnaukhov, M. Mozerov, "Algorithm for the design of a three-dimensional map of the environment with a depth camera," *Journal of Communications Technology and Electronics*, 2020, Vol. 65, No. 6, pp. 690-697. DOI: 10.1134/S1064226920060224. Indexed in WoS, Scopus, РИНЦ. Impact Factor: 0.51.
68. M. Ruiz-Rodriguez, V. Kober, V. Karnaukhov, M. Mozerov, "Algorithm for three-dimensional reconstruction of nonrigid objects," *Journal of Communications Technology and Electronics*, 2020, Vol. 65, No. 6, pp. 698-705. DOI: 10.1134/S1064226920060248. Indexed in WoS, Scopus, РИНЦ. Impact Factor: 0.51.
69. A. Makovetskii, S. Voronin, V. Kober, A. Voronin, "An efficient algorithm for non-rigid object registration," *Computer Optics*, 2020, Vol. 44(1), pp. 67-73. DOI: 10.18287/2412-6179-CO-586. Indexed in WoS, Scopus Q1, РИНЦ. Impact Factor: 2.73.
70. A. Ruchay, V. Kober, V. Karnaukhov, "Algorithm for estimating type and probability of impulse noise in color images," *Journal of Communications Technology and Electronics*, 2019, Vol. 64, No. 12, pp. 1508–1512. DOI: 10.1134/S1064226919120143. Indexed in WoS, Scopus, РИНЦ. Impact Factor: 0.51.
71. V. Kober, A. Makovetskii, S. Voronin, V. Karnaukhov, "A fast algorithm of regularization of the total variation for the class of radially symmetrical functions," *Journal of Communications Technology and Electronics*, 2019, Vol. 64, No. 12, pp. 1500–1507. DOI: 10.1134/S1064226919120064. Indexed in WoS, Scopus, РИНЦ. Impact Factor: 0.51.
72. S. Voronin, V. Kober, A. Makovetskii, A. Voronin, "Image dehazing based on microscanning approach," *Proc. SPIE's Annual Meeting: Applications of Digital Image Processing XLIII*, 2020, Vol. 11510, pp. 115102X-8. DOI: 10.1117/12.2568946. Indexed in WoS, Scopus, РИНЦ.

73. A. Makovetskii, S. Voronin, V. Kober, A. Voronin, "An efficient algorithm of total variation regularization in the two-dimensional case," Proc. SPIE's Annual Meeting: Applications of Digital Image Processing XLIII, 2020, Vol. 11510, pp. 115102Y-8. DOI: 10.1117/12.2568954. Indexed in WoS, Scopus, РИИЦ.

74. A. Ruchay, K. Dorofeev, V. Kober, "Classification of breast abnormalities in digital mammography with a deep convolutional neural network," Proc. SPIE's Annual Meeting: Applications of Digital Image Processing XLIII, 2020, Vol. 11510, pp. 115102D-8. DOI: 10.1117/12.2567252. Indexed in WoS, Scopus, РИИЦ.