Метод оценки результатов детектировании и классификации объектов на медицинских изображениях

A method for evaluating the results of detecting and classifying objects in medical images

Руденко А.В. Rudenko A.V. rudenkoandre@mail.ru

Руденко М.А. Rudenko M.A. rudenko.ma@cfuv.ru

Каширина И.Л. Kashirina I.L. kash.irina@mail.ru

*ФГБОУ ВО Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского,*

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University*

*ФГБОУ ВО Воронежский государственный университет,*

*Voronezh state university*

**Аннотация.** В статье предлагается метод оценки результатов детектирования и классификации объектов на медицинских изображениях, полученных по результатам компьютерной томографии внутренних органов человека нейросетью архитектуры YOLO, содержащий алгоритм и математические модели нечеткой оценки. Разработанные алгоритм и модели позволяют классифицировать объекты в зависимости от их расположения и проекции изображения, автоматизировать и сократить время диагностирования заболевания, перейти от оценки двумерных изображений к сборке и оценке трехмерных объектов, повысить точность оценки параметров объектов, снизить риски неправильных хирургических решений при планировании и проведении операций. Предложенные алгоритм и модели были реализованы в прототипе системы поддержки принятия врачебных решений в хирургии и урологии с использованием технологий компьютерного зрения в составе программных модулей по детектированию объектов и расчету параметров объектов. Представленный метод оценки результатов детектирования и классификации объектов на медицинских изображениях показал высокую эффективность.

**Annotation**. The article proposes a method for evaluating the results of detecting and classifying objects in medical images obtained from computed tomography of human internal organs by the YOLO architecture neural network, containing an algorithm and mathematical models of fuzzy estimation. The developed algorithm and models make it possible to classify objects depending on their location and image projection, automate and reduce the time for diagnosing a disease, move from evaluating two-dimensional images to assembling and evaluating three-dimensional objects, increase the accuracy of evaluating object parameters, reduce the risks of incorrect surgical decisions when planning and conducting operations. The proposed algorithm and models were implemented in a prototype of a medical decision support system in surgery and urology using computer vision technologies as part of software modules for detecting objects and calculating object parameters. The presented method for evaluating the results of detecting and classifying objects in medical images has shown high efficiency.

**Ключевые слова:** YOLO, компьютерное зрение, глубокое обучение, сверточная нейронная сеть, обнаружение объектов, нечеткое оценивание.

**Keywords:** YOLO, computer vision, deep learning, convolutional neural network, object detection, fuzzy estimation.

**Список литературы**

1. Мелдо, А. А. Искусственный интеллект в медицине: современное состояние и основные направления развития интеллектуальной диагностики / А. А. Мелдо, Л. В. Уткин, Т. Н. Трофимова // Лучевая диагностика и терапия. – 2020. – № 1(11). – С. 9-17. – DOI 10.22328/2079-5343-2020-11-1-9-17. – EDN QDVFOM.

2. Назаренко, Г. И. Медицинские информационные системы : Теория и практика / Г. И. Назаренко, Я. И. Гулиев, Д. Е. Ермаков. – Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 320 с. – ISBN 5-9221-0594-9. – EDN UGLLEH.

3. Борисов, Д. Н. Использование искусственного интеллекта при анализе цифровых диагностических изображений / Д. Н. Борисов, С. В. Кульнев, Р. Н. Лемешкин // Состояние и перспективы развития современной науки по направлению "Техническое зрение и распознавание образов" : Сборник тезисов докладов научно-технической конференции, Анапа, 16–17 октября 2019 года. – Анапа: Федеральное государственное автономное учреждение "Военный инновационный технополис "ЭРА", 2019. – С. 163-169. – EDN OQBRZU.

4. Козарь, Р. В. Методы распознавания медицинских изображений в задачах компьютерной диагностики / Р. В. Козарь, А. А. Навроцкий, А. Б. Гуринович // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. – 2020. – № 3(120). – С. 116-121. – EDN HJRPNR.

5. Шубкин, Е. О. Обзор методов сегментации медицинских изображений / Е. О. Шубкин // Молодежь и современные информационные технологии : Сборник трудов XVIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 22–26 марта 2021 года. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2021. – С. 90-91.

6. Hidas, G. Determination of renal stone composition with dual-energy CT: in vivo analysis and comparison with x-ray diffraction. / Hidas G, Eliahou R, Duvdevani M, Coulon P, Lemaitre L, Gofrit ON, Pode D, Sosna J. // Radiology. 2010. - №257(2). С. 394-401. DOI 10.1148/radiol.10100249. Epub 2010 Aug 31. PMID: 20807846.

7. Kermany D.S. Identifying medical diagnoses and treatable diseases by image-based deep learning. / Kermany DS, Goldbaum M, Cai W, Valentim CC, Liang H, Baxter SL, McKeown A, Yang G, Wu X, Yan F, et al. //Cell. – 2018. – №.172. – С. 1122–1131.

8. Андриянов, Н. А. Обнаружение объектов на изображении: от критериев Байеса и Неймана-Пирсона к детекторам на базе нейронных сетей / Н. А. Андриянов, В. Е. Дементьев, А. Г. Ташлинский // Компьютерная оптика. – 2022. – Т. 46, № 1. – С. 139-159. – DOI 10.18287/2412-6179-CO-922. – EDN IGOBDC.

9. Everingham, M. The Pascal Visual Object Classes Challenge: A Retrospective / M. Everingham, S. M. A. Eslami, L. Van Gool [et al.] // International Journal of Computer Vision. – 2015. – №. 111(1). – стр. 98-136. – DOI 10.1007/s11263-014-0733-5. – EDN DRJASN.

10. Yadav, K. Image detection in noisy images / K. Yadav, D. Mohan, A. S. Parihar // Proceedings - 5th International Conference on Intelligent Computing and Control Systems, ICICCS 2021 : 5, Madurai, 06–08 мая 2021 года. – Madurai, 2021. – стр. 917-923. – DOI 10.1109/ICICCS51141.2021.9432243. – EDN CJZFYP.

11. Redmon, J. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection / J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, A. Farhadi // 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Las Vegas, NV, USA, 2016, стр. 779-788, DOI 10.1109/CVPR.2016.91.

12. Kubera, E. Detection and Recognition of Pollen Grains in Multilabel Microscopic Images / E. Kubera, A. Kubik-Komar, P. Kurasiński, K. Piotrowska-Weryszko, M. Skrzypiec // Sensors 2022, 22, 2690. DOI 10.3390/s22072690

13. Руденко, М. А. Нечеткая модель классификации медицинских изображений на основе нейронных сетей / М. А. Руденко, А. В. Руденко // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. – 2021. – Т. 1. – С. 336-339. – EDN ELMYDU.

14. Система детектирования и анализа объектов на КТ-снимках в урологии / М. А. Руденко, А. В. Руденко, М. А. Крапивина, В. С. Лисовский // III Международная конференция по нейронным сетям и нейротехнологиям (NEURONT'2022) : сборник докладов, Санкт-Петербург, 16 июня 2022 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ" им. В.И. Ульянова (Ленина), 2022. – С. 38-42. – EDN LXCNGO.

**Referenses**

1. Meldo, A.A. (2020) Artiﬁcial intelligence in medicine: current state and main directions of development of the intellectual diagnostics. Meldo, A.A., Utkin, L.V., Troﬁmova, T.N.Diagnostic radiology and radiotherapy. 11 (1), P. 9-17. DOI 10.22328/2079-5343-2020-11-1-9-17. (in Russian)

2. Nazarenko, G. I. (2005) Medical information systems: Theory and practice. G. I. Nazarenko, Ya. I. Guliyev, D. E. Ermakov. – Moscow : FIZMATLIT, 320 – ISBN 5-9221-0594-9. – EDN UGLLEH. (in Russian)

3. Borisov, D. N. (2019) The use of artificial intelligence in the analysis of digital diagnostic images. D. N. Borisov, S. V. Kulnev, R. N. Lemeshkin. State and prospects of development of modern science in the direction of "Technical vision and pattern recognition" : Collection of abstracts of scientific and technical conference, Anapa, October 16-17, 2019 year. – Anapa: Federal State Autonomous Institution "Military Innovative Technopolis "ERA". P. 163-169. – EDN OQBRZU. (in Russian)

4. Kozar, R. V. (2020) Methods of recognition of medical images in problems of computer diagnostics. R. V. Kozar, A. A. Navrotsky, A. B. Gurinovich. Izvestiya Gomel State University named after F. Skoriny. 3 (120). P. 116-121. – EDN HJRPNR. (in Russian)

5. Shubkin, E. O. (2021) Review of medical image segmentation methods. E. O. Shubkin. Youth and modern information technologies: Proceedings of the XVIII International Scientific and Practical Conference of Students, postgraduates and Young Scientists, Tomsk, March 22-26, 2021. – Tomsk: National Research Tomsk Polytechnic University. P. 90-91. (in Russian)

6. Hidas, G. (2010) Determination of renal stone composition with dual-energy CT: in vivo analysis and comparison with x-ray diffraction. Hidas G, Eliahou R, Duvdevani M, Coulon P, Lemaitre L, Gofrit ON, Pode D, Sosna J. Radiology. 257 (2), 394-401. DOI: 10.1148/radiol.10100249. Epub 2010 Aug 31. PMID: 20807846.

7. Kermany D.S. (2018) Identifying medical diagnoses and treatable diseases by image-based deep learning. Kermany DS, Goldbaum M, Cai W, Valentim CC, Liang H, Baxter SL, McKeown A, Yang G, Wu X, Yan F, et al. Cell, (172), 1122–1131.

8. Andriyanov, N. A. (2022) Detection of objects in an image: from Bayes and Neumann-Pearson criteria to detectors based on neural networks. N. A. Andriyanov, V. E. Dementiev, A. G. Tashlinsky. Computer optics. 46 (1), 139-159. – DOI 10.18287/2412-6179-CO-922. – EDN IGOBDC.

9. Everingham, M. (2015) The Pascal Visual Object Classes Challenge: A Retrospective. M. Everingham, S. M. A. Eslami, L. Van Gool [et al.]. International Journal of Computer Vision. Vol. 111, No. 1. – P. 98-136. – DOI 10.1007/s11263-014-0733-5. – EDN DRJASN.

10. Yadav, K. (2021) Image detection in noisy images. K. Yadav, D. Mohan, A. S. Parihar // Proceedings - 5th International Conference on Intelligent Computing and Control Systems, ICICCS 2021 : 5, Madurai, 06-08 May 2021. – Madurai. P. 917-923. – DOI 10.1109/ICICCS51141.2021.9432243. – EDN CJZFYP.

11. Redmon, J. (2016) You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, A. Farhadi. 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Las Vegas, NV, USA. P.779-788, DOI: 10.1109/CVPR.2016.91.

12. Kubera, E. (2022) Detection and Recognition of Pollen Grains in Multilabel Microscopic Images. E. Kubera, A. Kubik-Komar, P. Kurasiński, K. Piotrowska-Weryszko, M. Skrzypiec. (22), 2690. DOI 10.3390/s22072690

13. Rudenko, M. A. (2021) Fuzzy model of classification of medical images based on neural networks. M. A. Rudenko, A.V. Rudenko. International Conference on Soft Computing and Measurements. Vol. 1. P. 336-339. – EDN ELMYDU. (in Russian)

14. The system of detecting and analyzing objects on CT images in urology (2022). M. A. Rudenko, A.V. Rudenko, M. A. Krapivina, V. S. Lisovsky. III International Conference on Neural Networks and Neurotechnologies (NEURONT'2022) : collection of reports, St. Petersburg, June 16, 2022. – St. Petersburg: St. Petersburg State Electrotechnical University "LETI" named after V.I. Ulyanov (Lenin). P. 38-42. – EDN LXCNGO. (in Russian)

