

**МЕТОД АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОЩАДИ ДЕФЕКТА
ВНУТРЕННЕЙ ОТДЕЛКИ ПОМЕЩЕНИЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ**

Качалин В.С., Чванова М.С.

Качалин Василий Сергеевич (ORCID: 0000-0002-7370-109X),
Чванова Марина Сергеевна (ORCID: 0000-0002-2993-0194)
Московский авиационный институт,
г. Москва, Россия. 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4.
E-mail: vasiliy.kachalin@gmail.com, tmbtsu@gmail.com

В данной статье предложен метод автоматизированного определения площади дефекта внутренней отделки помещений на основе анализа изображений. Предложенный метод использует эталоны с известными размерами и цветовыми характеристиками, которые позволяют определить соответствие между пикселями на изображении и реальными единицами измерения для точного расчета площади дефекта. Алгоритм включает следующие этапы: размещение эталона в плоскости дефекта, фотосъемка эталона и дефекта, обнаружение и сегментация эталона и дефекта с использованием методов компьютерного зрения и расчет площади дефекта на основе пропорционального соотношения с эталоном. Проведено экспериментальное применение предложенного метода, показавшее его точность в 99%. Применение предложенного метода позволяет снизить влияние субъективных факторов, повысить точность определения площадей дефектов и минимизировать затраты.

Ключевые слова: метод, площадь, дефект, эталон, помещение, изображение

**METHOD FOR AUTOMATED DETERMINATION OF THE AREA OF INTERIOR
DECORATION DEFECT BASED ON IMAGE ANALYSIS**

Kachalin V.S., Chvanova M.S.

Kachalin Vasilii Sergeevich (ORCID: 0000-0002-7370-109X),
Chvanova Marina Sergeevna (ORCID: 0000-0002-2993-0194)
Moscow Aviation Institute,
Moscow, Russia. 125993, Moscow, Volokolamskoe highway, 4.
E-mail: vasiliy.kachalin@gmail.com, tmbtsu@gmail.com

This article proposes a method for automated determination of the area of defects in interior decoration based on image analysis. The proposed method uses reference objects with known dimensions and color characteristics, which make it possible to determine the correspondence between pixels in an image and real units of measurement for accurate calculation of the defect area. The algorithm includes the following steps: placing the reference object in the plane of the defect, photographing the reference object and the defect, detecting and segmenting the reference object and the defect using computer vision methods, and calculating the area of the defect based on a proportional ratio with the reference object. An experimental application of the proposed method has been carried out, which has shown its accuracy to be 99%. The application of the proposed method makes it possible to reduce the influence of subjective factors, increase the accuracy of determining the area of defects and minimize costs.

Keywords: method, area, defect, reference object, room, image

Для цитирования:

Качалин В.С., Чванова М.С. Метод автоматизированного определения площади дефекта внутренней отделки помещений на основе анализа изображений. *Современные наукоёмкие технологии. Региональное приложение*. 2026. № 1. С. 136-141. DOI: 10.6060/snt.20268501.00016

For citation:

Kachalin V.S., Chvanova M.S. A method for automated determination of the area of defects in interior decoration based on image analysis. *Modern high technology. Regional application*. 2026. N 1. P. 136-141. DOI: 10.6060/snt. 20268501. 00016

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире наблюдается устойчивая тенденция к автоматизации различных процессов с целью повышения эффективности деятельности. Данная тенденция активно развивается в таких областях, как здравоохранение [1, 2], авиация [3, 4], банковская сфера [5] и других.

Однако, сфера ремонтно-восстановительных работ в помещениях в настоящее время в недостаточной степени автоматизирована. Преобладание ручного труда приводит к возникновению издержек, связанных с человеческим фактором, которые можно минимизировать за счет внедрения автоматизированных решений.

Этапу ремонтных работ предшествует оценка состояния помещения, включающая выявление дефектов и определение площади их распространения. Результаты данной оценки являются основой для принятия решения о необходимости проведения ремонта, определения его объема и расчета требуемых материалов.

В настоящее время определение площадей дефектов выполняется традиционными методами, включающими визуальный осмотр и ручные измерения. Данный подход является трудоемким и подвержен влиянию субъективных факторов, что снижает точность результатов. Целью данной работы является разработка решения для автоматизации определения площадей дефектов внутренней отделки помещений, повышения точности и снижения затрат. Новизна заключается в разработке метода автоматизированного определения площадей дефектов на основе анализа изображений с использованием эталонов, имеющих уникальные цветовые характеристики.

Впервые предложено применение цветовой информации для автоматической идентификации размеров эталонов, с целью определения площадей дефектов, что позволяет значительно повысить точность измерений по сравнению с традиционными методами, основанными на визуальном осмотре и ручных измерениях.

Предлагаемый метод может быть интегрирован в системы количественной оценки состояния помещений [6] и использован в рамках систем поддержки принятия решений о проведении ремонтных работ, основанных на архитектуре, представленной в [7].

ОПИСАНИЕ МЕТОДА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОЩАДИ ДЕФЕКТА

Для автоматизированного вычисления площади дефекта на изображении необходимо его обнаружение и классификация. Для решения этой задачи могут быть применены существующие методы компьютерного зрения, такие как R-CNN [8], YOLO [9] и SSD [10]. После обнаружения дефекта для точного вычисления его площади требуется определение контура, для чего могут быть использованы методы сегментации изображений. Применение этих технологий является необходимым, но недостаточным условием для автоматизированного определения площади дефекта, так как для корректного расчета требуется знание масштаба изображения [11].

Для обхода данного ограничения предлагается адаптировать метод измерительной фотографии, используемый в судебной экспертизе [12, 13]. В основе данного метода лежит использование эталонов (например, линеек) с известными размерами, размещаемых вблизи объекта съемки. Это позволяет установить соответствие между размером объекта на изображении и реальными единицами измерения, что необходимо для точного расчета реальных размеров объекта.

В качестве модификации метода измерительной фотографии предлагается использовать набор плоских эталонов квадратной формы, изготовленных из жесткого материала для сохранения формы, и оснащенных клейкой основой для фиксации на различных поверхностях рядом с дефектами. Для обеспечения возможности исследования дефектов различного масштаба (от нескольких сантиметров до метров) целесообразно использовать эталоны нескольких заранее известных размеров. Это позволит избежать ситуаций, когда эталон слишком мал по сравнению с дефектом или, наоборот, слишком велик.

Для автоматического обнаружения эталоны должны обладать установленным узором, а для определения реального размера – уникальной цветовой маркировкой, что позволит определять его реальный размер на основе анализа изображения. Пример реализации эталонов различных размеров, цветов и с узорами представлен на рис. 1. Относительно самого процесса съемки дефектов стоит сказать, что эталоны, аналогично криминалисти-

ческой линейке, необходимо размещать в той же плоскости, на которой находятся сами дефекты внутренней отделки, чтобы и дефект, и эталон были равноудалены от камеры. Также, чтобы не было никаких искажений, необходимо, чтобы во время съемки оптическая ось камеры проходила

перпендикулярно плоскости, в которой находится дефект. Дополнительно стоит сказать, что эталон должен полностью находиться на снимаемом изображении и нельзя допускать, чтобы его закрывали какие-либо объекты.

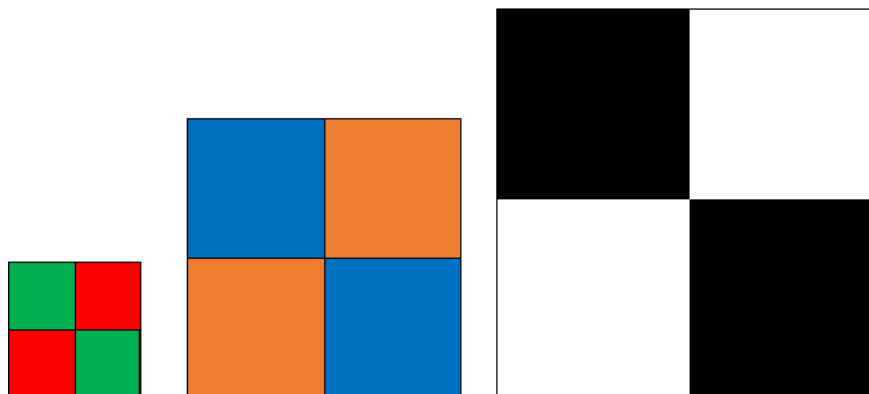


Рис. 1. Пример эталонов для определения площадей дефектов
Fig. 1. Example of reference objects for determining the areas of defects

С помощью методов сегментации на изображении, на котором запечатлены дефект и эталон, определяются их площади в пикселях. Также исходя из определения цвета эталона устанавливается его реальная площадь. Неизвестной остается только реальная площадь самого дефекта. Имея данную информацию, можно составить соотношение:

$$\frac{S_{дп}}{S_{д}} = \frac{S_{эп}}{S_{э}}, \quad (1)$$

где $S_{дп}$ – площадь дефекта на изображении, пиксели, $S_{д}$ – реальная площадь дефекта, м²,

$S_{эп}$ – площадь эталона на изображении, пиксели, $S_{э}$ – реальная площадь эталона, м².

Из данного соотношения можно вывести формулу расчета площади дефекта внутренней отделки:

$$S_{д} = \frac{S_{дп}S_{э}}{S_{эп}}, \quad (2)$$

где $S_{д}$ – реальная площадь дефекта, м², $S_{дп}$ – площадь дефекта на изображении, пиксели, $S_{э}$ – реальная площадь эталона, м², $S_{эп}$ – площадь эталона на изображении, пиксели.

Таким образом, отдельно выделим этапы алгоритма, которые позволяют вычислить площадь дефекта внутренней отделки помещения:

1. Размещение эталона в плоскости дефекта (выполняется человеком);

2. Фотосъемка дефекта и эталона (выполняется человеком);

3. Обнаружение на изображении эталона (выполняется автоматически);

4. Определение расцветки эталона (выполняется автоматически);

5. Сегментирование эталона и вычисление его площади в пикселях (выполняется автоматически);

6. Обнаружение на изображении дефекта (выполняется автоматически);

7. Сегментирование дефекта и вычисление его площади в пикселях (выполняется автоматически);

8. Вычисление реальной площади дефекта (выполняется автоматически).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ РАЗРАБОТАННОГО МЕТОДА

Для демонстрации работоспособности предложенного подхода по определению площадей дефектов внутренней отделки помещений был проведен эксперимент, в ходе которого был создан эталон квадратной формы с длинами сторон по 10 см каждая, который размещался в плоскости дефекта и фотографировался. Изображения эталона с дефектами представлены на рис. 2 и 3.

Были посчитаны площади дефектов и эталонов в пикселях на каждом изображении. На рисунке 2 площадь эталона составила 1 056 785 пикселей, а площадь дефекта – 85 649 пикселей. На рисунке 3 площадь эталона – 774 019 пикселей, а площадь дефекта – 376103 пикселей.



Рис. 2. Эталон в плоскости дефекта линолеума
Fig. 2. The reference object in the plane of the linoleum defect



Рис. 3. Эталон в плоскости потертостей на линолеуме
Fig. 3. The reference object in the plane of scuffs on linoleum

Подставив данные значения и фактическую площадь эталона 100 см^2 в формулу (2), можно получить площадь дефекта на первом изображении, вычисленное значение которой составляет примерно $8,1 \text{ см}^2$, и площадь потертостей на втором изображении – $48,6 \text{ см}^2$. Ввиду того, что реальные размеры данных дефектов $8,2 \text{ см}^2$ и $48,8 \text{ см}^2$ соответственно, то можно утверждать, что предложенный подход обладает точностью 99%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе предложен метод автоматизированного определения площадей дефектов внутренней отделки помещения по изображению. Предлагаемый метод минимизирует участие человека в данном процессе и перекладывает основную работу на программное обеспечение.

Предлагаемый метод обладает следующими преимуществами:

- Снижение влияния человеческого фактора: Минимизация участия человека позволяет уменьшить субъективность и повысить объективность результатов, что приводит к снижению затрат на этапе подготовки к ремонтным работам.

- Простота использования: Метод не требует от пользователя специальных навыков или квалификации, что упрощает его внедрение и расширяет круг потенциальных пользователей.

- Повышенная точность оценки: Благодаря автоматизации измерений и минимизации человеческого фактора, обеспечивается более высокая точность вычисления площадей дефектов по сравнению с традиционными методами.

Ограничением метода является потенциальное влияние угла съемки на точность вычисления площади дефекта из-за возникающих геометрических искажений. Решение данной проблемы и разработка методов коррекции, учитывающих перспективные искажения, станут предметом дальнейших исследований и будущих публикаций. Таким образом, результаты, полученные в данной работе, могут быть использованы для расширения функциональности систем поддержки принятия решений о проведении ремонтных работ.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

The authors declare the absence a conflict of interest warranting disclosure in this article.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лукманов А.А., Агаев В.Н., Цыпкин Д.А. Автоматизация труда в сфере здравоохранения: преимущества, перспективы, барьеры восприятия. *Здоровье мегаполиса*. 2024. Т. 5. № 2. С. 181-188. DOI: 10.47619/2713-2617.zm.2024.v.5i2;181-188
2. Семеева А.А. Анализ информационных систем, предназначенных для автоматизации деятельности учреждений здравоохранения. *Студенческая наука и XXI век*. 2015. № 12. С. 250-252.
3. Малышев Н.А. Роль автоматизации в повышении безопасности и эффективности авиации. *Научно-исследовательский центр «Technical Innovations»*. 2024. № 28. С. 29-33.
4. Новожилов Ю.Ю., Лучников И.В. Развитие автоматизации в авиации: перспективы искусственного интеллекта. Современные тенденции развития науки и мирового сообщества в эпоху цифровизации: Сборник материалов XXII Международной научно-практической конференции. М.: Издательство «АНО ДПО ЦРОН». 2024. С. 93-97.
5. Сагайдак Я.И., Ильина С.И. Автоматизация бизнес-процессов в банковской сфере. Экономика сегодня: современное состояние и перспективы развития (Вектор-2023): Сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием. М.: ФГБОУ ВО "Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)". 2023. Т. 4. С. 181-184.
6. Качалин В.С. Количественная оценка состояния помещения относительно дефектов внутренней отделки. *Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение*. 2024. № 4 (80). С. 104-110. DOI: 10.6060/snt.20248004.00014.
7. Качалин В.С. Функциональная архитектура системы принятия решения о проведении косметического ремонта помещений. Сборник тезисов работ международной молодежной научной конференции L Гагаринские чтения 2024. М.: Издательство «Перо». 2024. С. 260-261.
8. Girshick R., Donahue J., Darrell T., Malik J. Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation. ArXiv.org e-Print archive. 2014. [Электронный ресурс]. <https://arxiv.org/abs/1311.2524> (дата обращения: 25.02.2025) DOI: 10.48550/arXiv.1311.2524.

REFERENECES

1. Lukmanov A.A., Agaev V.N., Cypkin D.A. Automation in Healthcare: Advantages, Prospects, Perceptual Barriers. *City Healthcare*. 2024. V. 5. N 2. P. 181-188. (in Russian). DOI: 10.47619/2713-2617.zm.2024.v.5i2;181-188
2. Semeeva A.A. Analysis of information systems designed to automate the activities of healthcare institutions. *Student science and the XXI century*. 2015. N 12. P. 250-252.
3. Malyshev N.A. The role of automation in improving aviation safety and efficiency. *Scientific Research Center «Technical Innovations»*. 2024. N 28. P. 29-33. (in Russian).
4. Novozhilov Ju.Ju., Luchnikov I.V. Development of automation in aviation: prospects of artificial intelligence. Current trends in the development of science and the global community in the era of digitalization: Proceedings of the XXII International Scientific and Practical Conference. M.: Publishing house «ANO DPO CRON». 2024. P. 93-97. (in Russian).
5. Sagajdak Ja.I., Il'ina S.I. Automation of business processes in the banking sector. Economy today: current state and development prospects (Vector-2023): Collection of materials of the All-Russian Scientific Conference of young researchers with international participation. M.: FSBEI HE "A.N. Kosygin Russian State University (Technology. Design. Art)". 2023. V. 4. P. 181-184. (in Russian).
6. Kachalin V.S. Quantitative assessment of the condition of the room with respect to defects in interior decoration. *Modern high technologies. Regional application*. 2024. N 4 (80). P. 104-110. (in Russian). DOI: 10.6060/snt. 20248004. 00014
7. Kachalin V.S. Functional architecture of the decision-making system for carrying out cosmetic repairs of premises. Collection of abstracts of the international youth scientific conference L Gagarin Readings 2024. M.: Publishing house «Pero». 2024. P. 260-261. (in Russian).
8. Girshick R., Donahue J., Darrell T., Malik J. Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation. ArXiv.org e-Print archive. 2014. <https://arxiv.org/abs/1311.2524> (date of the application: 25.02.2025) DOI: 10.48550/arXiv.1311.2524.
9. Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2016. P. 779-788. DOI: 10.1109/CVPR.2016.91.

9. **Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A.** You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2016. P. 779-788. DOI: 10.1109/CVPR.2016.91.
10. **Liu W., Anguelov D., Erhan D., Szegedy C., Reed S., Fu C.Y., Berg A.C.** SSD: Single Shot MultiBox Detector. Computer Vision – ECCV 2016. 2016. V. 9905. P. 21-37. DOI: 10.1007/978-3-319-46448-0_2.
11. **Minaee S., Boykov Y., Porikli F., Plaza A., Kehtarnavaz N., Terzopoulos D.** Image Segmentation Using Deep Learning: A Survey. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2021. V. 44. N. 7. P. 3523-3542. DOI: 10.1109/TPAMI.2021.3059968.
12. **Воронин В.В., Камелов А.В., Павличенко Г.В., Петров П.В., Раева А.С.** Судебная запечатлевающая и исследовательская фотография: учебно-практическое пособие. Н.Новгород: Нижегородский государственный университет. 2018. 100 с.
13. **Блиничев В.Н., Лабутин А.Н., Зуева Г.А., Колобов М.Ю., Алексеев Е.А., Волкова Г.В., Воробьев С.В., Козлов А.М., Кокурина Г.Н., Лысова М.А., Миронов Е.В., Натарева С.В., Невиницын В.Ю., Пономарева Ю.Н., Постникова И.В., Сахаров С.Е., Чагин О.В.** Проблемы разработки энерго- и ресурсосберегающих процессов, реакторных систем и оборудования интенсивного действия, моделирования и оптимального управления. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2023. Т. 66. № 7. С. 185-202. DOI:10.6060/ivkkt.20236607.6845j
10. **Liu W., Anguelov D., Erhan D., Szegedy C., Reed S., Fu C.Y., Berg A.C.** SSD: Single Shot MultiBox Detector. Computer Vision – ECCV 2016. 2016. Vol. 9905. P. 21-37. DOI: 10.1007/978-3-319-46448-0_2.
11. **Minaee S., Boykov Y., Porikli F., Plaza A., Kehtarnavaz N., Terzopoulos D.** Image Segmentation Using Deep Learning: A Survey. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2021. Vol. 44. N. 7. P. 3523-3542. DOI: 10.1109/TPAMI.2021.3059968.
12. **Voronin V.V., Kamelov A.V., Pavlichenko G.V., Petrov P.V., Raeva A.S.** Judicial imprinting and research photography: an educational and practical guide. N. Novgorod: Nizhegorodskij gosudarstvennyj universitet. 2018. 100 p. (in Russian).
13. **Blinichev V.N., Labutin A.N., Zueva G.A., Kolobov M.Yu., Alekseev E.A., Volkova G.V., Vorobyov S.V., Kozlov A.M., Kokurina G. N., Lysova M.A., Mironov E.V., Natareev S.V., Nevinityn V.Yu., Ponomareva Yu. N., Postnikova I.V., Sakharov S.E., Chagin O.V.** Problems of developing energy- and resource-saving processes, reactor systems and intensive equipment, modeling and optimal control. *ChemChemTech [Izv. Vyssh.Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2023. V. 66. N 7. P. 185-202. DOI:10.6060/ivkkt.20236607.6845j

Поступила в редакцию(Received) 16.10.2025
Принята к опубликованию (Accepted) 14.01.2026