

УДК 620.179.11

Методика оперативного определения дефектов технической поверхности

Л.В. Маркова

Белорусский национальный технический университет,
просп. Независимости, 65, г. Минск 220013, Беларусь

Поступила в редакцию 25.07.2023.

После доработки 11.12.2023.

Принята к публикации 12.12.2023.

С целью повышения достоверности оперативного определения мелких дефектов на технической поверхности предложена методика и алгоритм цифровой обработки изображения поверхности. Методика основана на сегментации высокочастотной компоненты текстуры поверхности, в которой наиболее ярко проявляются мелкие дефекты. Для выделения высокочастотной компоненты, в частности, шероховатости, выполняется разделение частотных составляющих с помощью вейвлет-преобразования и компенсация низкочастотных искажений, вносимых неравномерным освещением контролируемой поверхности при регистрации ее изображения, путём гомоморфной фильтрации. Сегментация высокочастотной компоненты текстуры поверхности заключается в создании бинарного изображения с использованием текстурного признака, полученного методом матриц совместной встречаемости, в качестве порога. Предложенная методика и алгоритм апробированы при обнаружении дефектов моделированной поверхности, а также реальной шлифованной поверхности закалённой стали и поверхности полимерного композиционного материала. Показана эффективность выделения высокочастотной компоненты текстуры поверхности. Установлено, что для выделения дефектов на анизотропной шлифованной поверхности в качестве порога для сегментации могут использоваться текстурные признаки «контраст» и «энергия», в то время как при анализе изотропной поверхности композиционного материала положительные результаты сегментации получены лишь при использовании «энергии» как порога. Предложенная методика может использоваться в системах компьютерного зрения для оперативного контроля текстуры и обнаружения мелких дефектов технической поверхности как на стадии изготовления, так и в ходе эксплуатации трибосопряжений.

Ключевые слова: техническая поверхность, текстура поверхности, определение дефектов, компьютерное зрение, цифровая обработка, сегментация изображения.

DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-6-571-581

Адрес для переписки:

Л.В. Маркова
Институт проблем механики им. А. Ю. Ишлинского РАН,
пр. Вернадского, д. 101, к. 1., г. Москва 119526, Россия
e-mail: lvmark@mail.ru

Для цитирования:

Л.В. Маркова
Методика оперативного определения дефектов технической поверхности.
Трение и износ.
2023. — Т. 44, № 6. — С. 571–581.
DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-6-571-581

Address for correspondence:

L.V. Markova
The Belarusian National Technical University,
Nezavisimosty Ave., 65, Minsk 220013, Belarus
e-mail: lvmark@mail.ru

For citation:

L.V. Markova
[Technique of Real-Time Detection of Engineering Surface Defects].
Trenie i Iznos.
2023, vol. 44, no. 6, pp. 571–581 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-6-571-581

Technique of Real-Time Detection of Engineering Surface Defects

L.V. Markova

The Belarusian National Technical University,
Nezavisimosty Ave., 65, Minsk 220013, Belarus

Received 25.07.2023.

Revised 11.12.2023.

Accepted 12.12.2023.

Abstract

A technique and an algorithm of digital surface image processing are proposed to increase the validity of real-time detection of small size defects. The algorithm is implemented in the MATLAB programming environment. The technique is based on segmentation of high-frequency component of surface texture because small size defects are especially pronounced in this component. The high-frequency component, in particular roughness, is extracted by means of wavelet transform for frequency components separation and homomorphic filtration for compensation of low-frequency distortion caused by nonuniform illumination of test surface. Segmentation of high-frequency texture component consists in formation of binary image using the texture descriptors derived from gray-level co-occurrence matrix as segmentation threshold. Proposed technique and an algorithm are approved in application to defect detection for simulated surface, for real ground surface of hardened steel and for surface of carbon fibre reinforced plastic composite. Extraction efficiency of high-frequency component of surface texture is shown. It is found that texture descriptors “contrast” and “energy” can be applied as segmentation thresholds for defect extraction/determination on ground (anisotropic) surface while segmentation of image of plastic composite (isotropic) surface is effective just with “energy” as threshold. Proposed technique can be applied for simultaneously real-time monitoring the surface texture and detecting the small size defect in machine vision systems in the course of production and operation of tribosystems.

Keywords: engineering surface, surface texture, defect detection, machine vision, digital processing, image segmentation.

DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-6-571-581

Адрес для переписки:

Л.В. Маркова
Институт проблем механики им. А. Ю. Ишлинского РАН,
пр. Вернадского, д. 101, к. 1., г. Москва 119526, Россия
e-mail: lvmark@mail.ru

Для цитирования:

Л.В. Маркова
Методика оперативного определения дефектов технической поверхности.
Трение и износ.
2023. — Т. 44, № 6. — С. 571–581.
DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-6-571-581

Address for correspondence:

L.V. Markova
The Belarusian National Technical University,
Nezavisimosty Ave., 65, Minsk 220013, Belarus
e-mail: lvmark@mail.ru

For citation:

L.V. Markova
[Technique of Real-Time Detection of Engineering Surface Defects].
Trenie i Iznos.
2023, vol. 44, no. 6, pp. 571–581 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-6-571-581

Список использованных источников

1. **Крагельский И.В.** Трение и износ — Москва: Машиностроение. — 1968
2. **Григорьев А.Я.** Физика и микрогеометрия технических поверхностей. — Минск: Белорусская наука. — 2016
3. **Naresh P., Hussain S.A., and Prasad D.B.** Surface Roughness Measurement of Machined Surfaces by Machine Vision Technique // International Journal of Recent Technology and Engineering. — 2019 (7), no. 1, 129—134
4. **Zhonghe Ren, Fang F., Ning Yan, and You Wu.** State of the Art in Defect Detection Based on Machine Vision // International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology. — 2022 (9), 661—691
5. **Ghafil H.N. and Ali D.M.B.** Cracks Measurement On The Basis Of Machine Vision // International Journal of Video & Image Processing and Network. — 2016 (16), no. 6, 160606-8585
6. **Rosenboom L., Kreis T., and Jüptner W.** Surface Description and Defect Detection by Wavelet Analysis // Measurement Science and Technology — 2011 (22). doi: 10.1088/0957-0233/22/4/045102
7. **John J.G. and Arunachalam N.** Illumination Compensated Images for Surface Roughness Evaluation Using Machine Vision in Grinding Process // Procedia Manufacturing. — 2019 (34), 969—977
8. **Lucas K., Sanz-Libera A., Anton-Acedos P., and Amatriain A.A.** Survey of Bidimensional Wavelet Filtering in Surface Texture Characterization // Procedia Manufacturing. — 2019 (41), 811—818
9. **Маркова Л.В., Конг Х., Хан Х.-Г.** Метод выделения профиля шероховатости поверхности, основанный на эмпирической модовой декомпозиции // Трение и износ. — 2021 (42), № 6, 639—648
10. **Wang X, Shi T., Liao G., Zhang Y., Hong Y., and Chen K.** Using Wavelet Packet Transform for Surface Roughness Evaluation and Texture Extraction // Sensors. — 2017 (17), 933
11. **Dutta S., Sen R., and Pal S.K.** Tool Condition Monitoring in Turning by Applying Machine Vision // Journal of Manufacturing Science and Engineering. — 2015 (138), no. 5. doi: 10.1115/1.4031770
12. **Ketaki J. and Bhushan P.** Prediction of Surface Roughness by Machine Vision using Principal Components based Regression Analysis // Procedia Computer Science. — 2020 (167), 382—391
13. **Селиванов А.С., Севастьянов А.А., Лукьянов А.А., Бобровский Н.М.** Особенности формирования микрорельефа поверхности закаленной стали при ультразвуковой упрочняющей обработке выглаживанием // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. — 2018 (331), № 5, 13—20
14. **El-Hofy M.H.** Milling Routing of Carbon Fibre Reinforced Plastic (CFRP) Composites: A Thesis of

Doctor of Philosophy. — University of Birmingham. — 2014

References

1. **Kragel'skij I.V.** Trenie i iznos — Moskva: Mashinostroenie. — 1968 (in Russian)
2. **Grigoriev A.Ya.** Fizika i mikrogeometriya tekhnicheskikh poverhnostej. — Minsk: Belorusskaya nauka. — 2016 (in Russian)
3. **Naresh P., Hussain S.A., and Prasad D.B.** Surface Roughness Measurement of Machined Surfaces by Machine Vision Technique // International Journal of Recent Technology and Engineering. — 2019 (7), no. 1, 129—134
4. **Zhonghe Ren, Fang F., Ning Yan, and You Wu.** State of the Art in Defect Detection Based on Machine Vision // International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology. — 2022 (9), 661—691
5. **Ghafil H.N. and Ali D.M.B.** Cracks Measurement On The Basis Of Machine Vision // International Journal of Video & Image Processing and Network. — 2016 (16), no. 6, 160606-8585
6. **Rosenboom L., Kreis T., and Jüptner W.** Surface Description and Defect Detection by Wavelet Analysis // Measurement Science and Technology — 2011 (22). doi: 10.1088/0957-0233/22/4/045102
7. **John J.G. and Arunachalam N.** Illumination Compensated Images for Surface Roughness Evaluation Using Machine Vision in Grinding Process // Procedia Manufacturing. — 2019 (34), 969—977
8. **Lucas K., Sanz-Libera A., Anton-Acedos P., and Amatriain A.A.** Survey of Bidimensional Wavelet Filtering in Surface Texture Characterization // Procedia Manufacturing. — 2019 (41), 811—818
9. **Markova L.V., Kong H., and Han H.-G.** Method of Extraction of Surface Roughness Profile Based on Empirical Mode Decomposition // Journal of Friction and Wear. — 2021 (42), no. 6, 415—421
10. **Wang X, Shi T., Liao G., Zhang Y., Hong Y., and Chen K.** Using Wavelet Packet Transform for Surface Roughness Evaluation and Texture Extraction // Sensors. — 2017 (17) 933
11. **Dutta S., Sen R., and Pal S.K.** Tool Condition Monitoring in Turning by Applying Machine Vision // Journal of Manufacturing Science and Engineering. — 2015 (138), no. 5. doi: 10.1115/1.4031770
12. **Ketaki J. and Bhushan P.** Prediction of Surface Roughness by Machine Vision using Principal Components based Regression Analysis // Procedia Computer Science. — 2020 (167), 382—391
13. **Selivanov A.S., Sevast'yanov A.A., Luk'yanov A.A., Bobrovskij N.M.** Osobennosti formirovaniya mikrorel'efa poverhnosti zakalenoj stali pri ul'trazvukovoj uprochnyayushchej obrabotke vyglazhivaniem // Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. — 2018 (331), № 5, 13—20 (in Russian)

14. **El-Hofy M.H.** Milling Routing of Carbon Fibre Reinforced Plastic (CFRP) Composites: A Thesis of

Doctor of Philosophy. — University of Birmingham. — 2014

Для приобретения полного текста статьи, обращайтесь в редакцию журнала.

Адрес редакции: 246050, ул. Кирова 32а, г. Гомель, Беларусь. Телефон/факс: +375 (232) 34 06 36 / 34 17 11

Full text of articles can be purchased from the editorial office.

Address: 32a Kirov Street, Gomel, Belarus, 246050. Phone: +375 (232) 34 06 36. Fax: +375 (232) 34 17 11

E-mail: FWJ@tut.by