

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ СПОТВОРЕННЯ КОЛЬОРУ ЗЕРНА ЦИФРОВИМИ КАМЕРАМИ

Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва
Національної академії аграрних наук України

Анотація: Запропоновано методику визначення спотворення кольору зерна цифровими камерами. За даною методикою попередньо колір зразка зерна вимірювався колориметром в системі HSV, а потім знімався цифровою фотокамерою. На одержаному цифровому фото середній колір контурів зразка зерна визначався в системі HSV та значення кольорових координат HSV підставлялись у розроблену формулу, яка визначає спотворення кольору у відсотках. Таким чином, дана методика враховує значення відтінку кольору та визначає спотворення кольору цифрової камери за заданих умов (параметри камери, умови середовища, параметри освітлення) для подальшої ідентифікації (розпізнавання) зерен та домішок зернового матеріалу.

Ключові слова: цифрова камера, спотворення кольору, зразок зерна, зерновий матеріал, машинний зір.

Вступ

Цифрові камери є ключовим елементом у системах машинного зору, які все більше використовуються у сільському господарстві, зокрема у сортуванні зернових матеріалів за фізико-механічними властивостями [1] та виявленні сторонніх домішок у зерні [2, 3]. Незважаючи на високий рівень розвитку цифрових сенсорів та алгоритмів оброблення зображень, точність передачі кольору залишається однією з основних характеристик, що необхідно для аналізу зображень зерна та зернових сумішей. Спотворення кольору, яке може виникати внаслідок особливостей апаратного забезпечення, умов освітлення або оброблення зображення, суттєво впливає на достовірність аналізу зображень зерна та точність роботи системи машинного зору [5].

Оцінка та вимірювання спотворень кольору є важливим завданням для забезпечення відповідності камери стандартам точності відображення кольору, а також для її калібрування та подальшого використання у системах машинного зору. У зв'язку з цим виникає потреба у розробленні чіткої достовірної методики для визначення спотворення кольору цифровими камерами.

Основна частина

Для порівняння різних кольорів, важливо враховувати відтінок, краще використовувати систему кольорового простору HSV [4]. Система кольорового простору HSV в якості трьох координат застосовують відтінок кольору (Hue), його насиченість (Saturation) та яскравість (Value). Для визначення спотворення кольору цифровою камерою потрібно взяти зразок зерна та попередньо визначити його колір колориметром в системі HSV, каліброваним еталонними зразками кольору, наприклад WALCOM CM-200S (рис. 1).

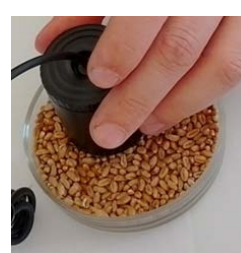
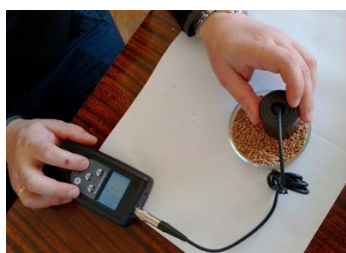


Рисунок 1 – Вимірювання параметрів кольору зразка зерна за допомогою колориметра WALCOM CM-200S

На одержаному цифровому фото середній колір контурів зразка зерна визначався в системі HSV та значення кольорових координат HSV підставлялись у формулу, яка визначає спотворення кольору c_{dis} у відсотках:

$$c_{dis} = \frac{1}{\Delta HSV_{max}} \cdot \sqrt{\min(|H1 - H2|, 360 - |H1 - H2|)^2 + (S1 - S2)^2 + (V1 - V2)^2} \cdot 100\%, (1)$$

де ΔHSV_{max} - максимально можлива евклідова відстань у просторі HSV;

$H1, S1, V1$ - кольорові координати HSV, виміряні колориметром;

$H2, S2, V2$ - середні кольорові координати HSV контурів зерна на цифровому фото.

Висновки

Розроблена методика враховує значення відтінку кольору та визначає спотворення кольору цифровою камерою у відсотках за заданих умов (параметри камери, умови середовища, параметри освітлення). Точність даної методики залежить тільки від точності визначення кольору колориметром. Вона може бути застосована для налаштування цифрових камер у системах машинного зору для сортування та визначення параметрів зерна за заданих виробничих умов.

Дослідження виконано в рамках проекту 2023.04/0040, що фінансується Національним фондом досліджень України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Степаненко С.П., Кузьмич А.Я., Борис А.М., Днесь В.І., Волик Д.А., Кузьмич А.А. (2024) Дослідження фізико-механічних та оптичних характеристик зернових матеріалів. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Вип. 54. – Кропивницький: ЦНТУ, 2024. – С. 36-47. <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2024.54.36-46>
2. Zhang S., Liu L., Li G., Du Y., Wu X., Song Z., Li X. Diffusion model-based image generative method for quality monitoring of direct grain harvesting (2025) Computers and Electronics in Agriculture, 233, art. № 110130. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2025.110130>
3. Fan L., Fan D., Ding Y., Wu Y., Di D., Pagnucco M., Song Y. (2025) GrainBrain: Multiview Identification and Stratification of Defective Grain Kernels. <https://doi.org/10.1109/TII.2025.3528555>
4. Gonzalez R., Woods R. (2018) Digital Image Processing, Fourth Edition, ISBN 978-0-13-335672-4, 1019 p.
5. Stepanenko S., Kuzmych A., Kharchenko S., Borys A., Dnes V., Volyk D., Kalinichenko R. (2025). A machine vision approach for grain quality control during separation. *Journal of Engineering Sciences (Ukraine)*, Vol. 12(1), pp. E9–E17. [https://doi.org/10.21272/jes.2025.12\(1\).e2](https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(1).e2)

Степаненко Сергій Петрович – д-р техн. наук, ст. наук. співр., завідувач відділу, Інститут механіки та автоматизації агропромислового виробництва Національної академії аграрних наук України, с-ще Глеваха, stepanenko_s@ukr.net

Віктор Олександрович Швидя – к.т.н., стар. дослід., провідний науковий співробітник, Інститут механіки та автоматизації агропромислового виробництва Національної академії аграрних наук України, с. Глеваха, e-mail: shvidia@gmail.com

METHODOLOGY FOR DETERMINING GRAIN COLOR DISTORTION BY DIGITAL CAMERAS

Abstract: A methodology for determining grain color distortion by digital cameras is proposed. According to this method, the color of the grain sample was first measured with a colorimeter in the HSV system and then photographed with a digital camera. On the resulting digital photo, the average color of the grain sample contours was determined in the HSV system and the values of the HSV color coordinates were substituted into the developed formula that determines the color distortion in percent. Thus, this methodology takes into account the value of the color hue and determines the color distortion of a digital camera under specified conditions (camera parameters, environmental conditions, lighting parameters).

Keywords: digital camera, color distortion, grain sample, machine vision.

Sergey Stepanenko – Doctor of Technical Sciences, Senior Research Scientist, Head of the department of mechanical and technological problems of harvesting and post-harvest processing of grain and oilseeds, Institute of mechanics and automatics of agroindustrial production of the National academy of agrarian sciences of Ukraine, Glevakha, e-mail: stepanenko_s@ukr.net

Viktor Shvydia – PhD, Senior Researcher, leading researcher, Institute of mechanics and automatics of agroindustrial production of the National academy of agrarian sciences of Ukraine, Glevakha, e-mail: shvydia@gmail.com