



УДК 681-5;681-7

MULTISPECTRAL IMAGES TECHNOLOGY IN POLARIZED LIGHT В ЗАДАЧАХ АВТОМАТИЧНОЇ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Вашпанов Ю.А.

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

Анотація: Аналізується комбінований метод діагностики поверхні біологічних об'єктів за допомогою технології мультиспектральних зображень в поляризованому світлі для автоматичної оцінки якості харчових продуктів.

Abstract: The combined method of diagnosing the surface of biological objects using multispectral imaging technology in polarized light for automatic evaluation of food quality have been analyzed.

Ключові слова: машинний зір, мультиспектральні зображення, поляризоване світло.

Машинний зір [1,2] дозволяє в теперішній час вирішувати безліч завдань автоматизації: ідентифікація і розпізнавання об'єктів, неруйнівний контроль, вимірювання геометричних об'єктів, температури, підрахунок кількості продукції. Технології мультиспектральних зображень у видимому і ближньому інфрачервоному областях були ефективно використані в діагностиці та моніторингу поверхонь і зараз є передовою технологією в морфологічних дослідженнях [3-6]. Поляризоване світло також використовується для тих же цілей, але більш придатне для біологічних об'єктів [7-9]. Раніше нами була запропонована комбінація цих двох технологій для медичних досліджень [10,11]. Комбінований метод поляризованого світла і мультиспектральних зображень для вивчення властивостей поверхні відкриває широке коло досліджень і, в першу чергу, для застосувань в задачах автоматичної ідентифікації і оцінки якості харчових продуктів.

Око людини, як і звичайний фотоапарат, працюючи в видимому діапазоні, не може виявити спектральні особливості об'єкту. Спектральні зображення можуть характеризувати фізико-хімічні властивості об'єкту, якщо його кольорові характеристики поєднуються зі спектральною смугою пропускання фільтру. Важливість автоматичної цифрової обробки зображень останнім часом зростає у зв'язку з розвитком багатоспектрального методу діагностики.

Однією із спеціалізованих апаратно-програмних технологій компанії National Instruments (USA) є платформа машинного зору NI Vision [12], яка складається з технології збору (частіше говорять - захоплення) зображення IMAQ (IMage AcQuision) і програмної технології його обробки та аналізу на основі програмного середовища LabView™. Апаратна частина технології IMAQ включає в себе модулі захоплення зображення з практично всіх поширених джерел відеосигналів - цифрових відеокамер різних стандартів і конфігурацій. Ці модулі розроблені таким чином, що здебільшого їх функціями можна управляти програмно, що значно спрощує введення зображення з відео-перетворювачів. З цієї причини за допомогою IMAQ можливо працювати із зображеннями будь-якого спектрального діапазону (від рентгенівського до інфрачервоного), з різною швидкістю (від одиничних знімків до десятків тисяч кадрів на секунду), з різною глибиною оцифровки (від 8 до 32 розрядів). Інтерфейси IMAQ також пропонують програмовані засоби синхронізації збору відеоданих у досліджуваних або керованих системах.

Цифрові відеокамери Redlake моделі EC4020 MegaPlus II (рис.2) забезпечують чутливість до інфрачервоного, видимого і ультрафіолетового спектру випромінювання. IMAQ модуль має чотири входи для камер, Ethernet, швидкісний IEEE 1394 інтерфейс, DVI вихід, та контакти дистанційного управління.



ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ І ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ

Feature	NI Vision
image acquisition	real time operation and simulation, easy to configure, simulated acquisition can use a sequence of pictures only
storage	real time preview, does not need any configuration
stability	good
final application speed	depends on the difficulty level
required experience	state and model-based design is intuitive in most cases, video processing knowledge is required

Рис.1. Властивості технології машинного зору програмного середовища NI Vision [12].



Рис.2. Цифрова камера Redlake моделі EC4020 MegaPlus II з апаратним модулем управління IMAQ.

Експериментальна схема для проведення мультиспектральних досліджень у поляризованому світлі показана на рис.3. Ми використовували цифрову камеру Redlake моделі EC4020 MegaPlus II (розділення 2048×2048 пікселів), джерело поляризації світла і спеціальні світлофільтри Asahi Spectra, Co.Ltd, Japan. Цифрова камера була підключена до персонального комп'ютера через інтерфейс IEEE-1394, як показано на рис.3.

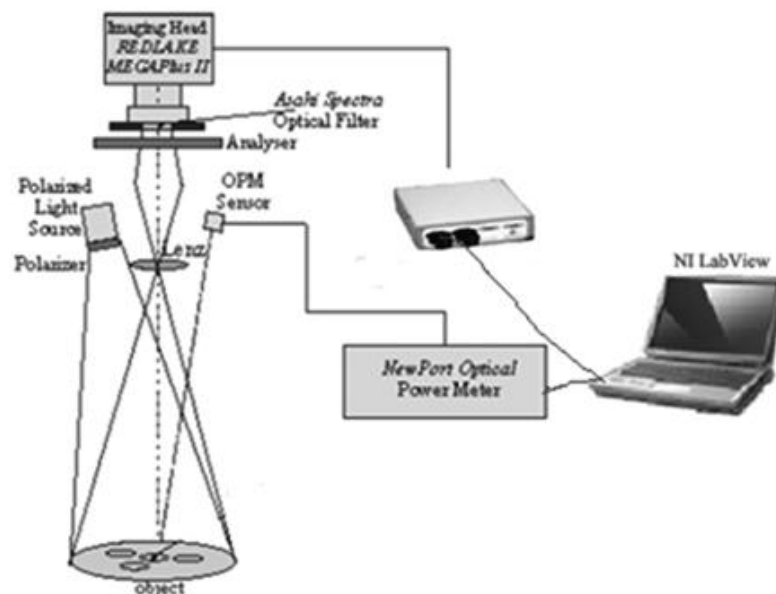


Рис.3. Експериментальна схема мультиспектральних досліджень у поляризованому світлі.



ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ І ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ

Світло від спеціальної галогенної лампи поляризується поляризатором. Аналізатор був встановлений у передній частині камери. Для формування спектрального зображення оптичні фільтри розміщені за аналізатором. Досліджувався спектральний діапазон від 400 до 900 нм з інтервалом 10 нм за допомогою Asahi фільтрів. Пропускання кожного фільтру знаходиться в діапазоні від 45 до 60 %. Глибина фокусу оптичної системи була достатньою. Калібрування інтенсивності відбитого світла від поверхні виконується за допомогою вимірювача оптичної потужності Newport 1830 C. Оптичний сенсор вимірювача Newport 1830 C був розташований на рівні джерела світла (рис. 3).

Квантова ефективність відеокамер Redlake моделі EC4020 MegaPlus II показана на рис.4. Модуль калібрування вимірювача оптичної потужності оптичного сенсора містить відповідні дані в дискретних довжинах хвиль для пов'язаного з ним оптичного сенсора. Комп'ютерною обробкою можна скорегувати та вирівняти інтенсивність світла для будь якої довжини оптичної хвилі. Точність калібрування оптичної системи знаходиться в межах від 2% до 7% в залежності від довжини оптичної хвилі. Різниця інтенсивності для різних зразків у видимій та інфрачервоній областях спектру нормована також програмою LabView™. Крім того, система забезпечує вирівнювання чутливості на всьому спектру за рахунок системи автоматичного посилення сигналу. Програмні модулі, розроблені в програмному середовищі LabView™, управління системою NI Vision через IEEE 1394 інтерфейс представлені на рис.5.

Monochrome with Microlens Quantum Efficiency

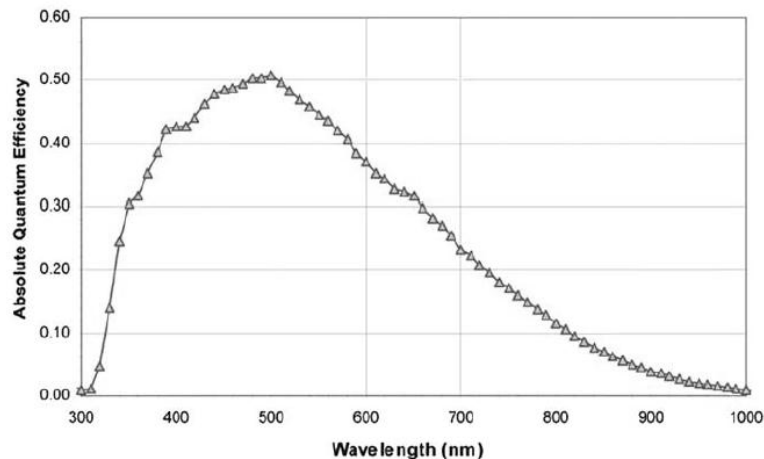


Рис.4. Квантова ефективність камер Redlake моделі EC4020 MegaPlus II.

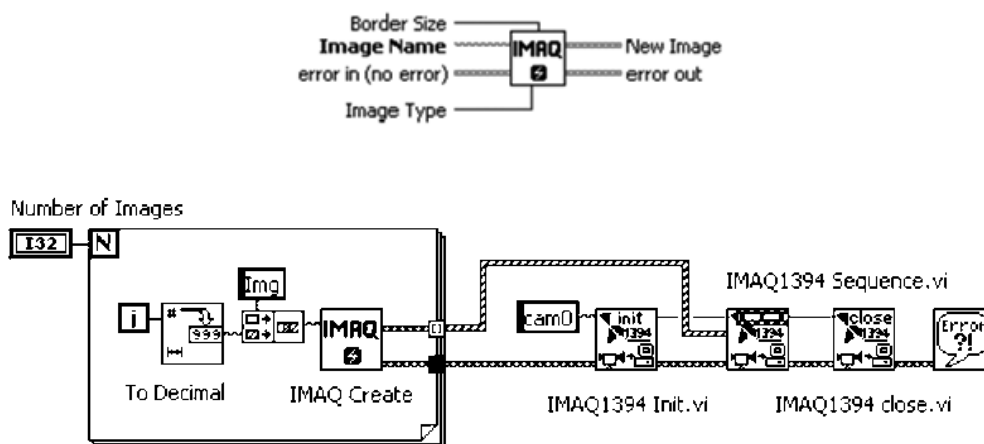


Рис.5. Програмні модулі LabView™ управління системою NI Vision через IMAQ 1394 інтерфейс.



ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ І ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ

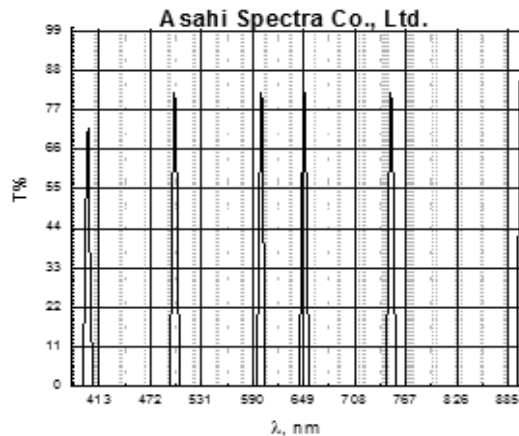


Рис.6. Спеціальні вузько-смугові фільтри фірми Asahi Spectra Co.Ltd, Japan [13].

Мультиспектральна технологія зображень (multispectral images technology) є принципово новим напрямком машинного зору, оскільки можлива ідентифікація промислової продукції за специфічними спектрами випромінювання. Основу цього напрямку закладають новітні надто вузько-смугові фільтри оптичного діапазону, розроблені японською фірмою Asahi Spectra Co., Ltd (рис.6). Програма управління автоматичної зміни фільтрів за допомогою спеціального барабана була розроблена компанією National Instrument в програмному середовищі LabView™ (рис.7).

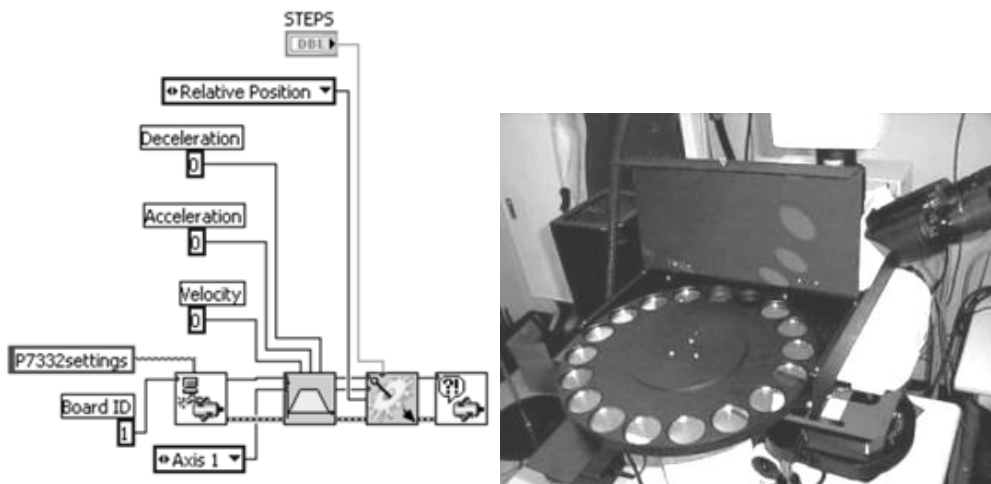


Рис.7. LabView модуль управління двигуном барабана для зміни фільтрів [12].

На рис.8 представлені зображення зерен, які мають пошкоджені та непошкоджені зерна (фотографія зліва отримана камерою NIKON D3, справа - шляхом перетворення зображення системою NI Vision в поляризованому світлі при використанні фільтра). Фотографія зліва відповідає випадку як сприймає зображення око людини. Бачимо, що пошкоджені зерна мають незначні морфологічні зміни. Але пошкоджені зерна в досліджуваній спектральній полосі мають значну інтенсивність відбитого світла, що чітко зображено на правому знімку. Максимальна ступінь пошкодження має максимальну інтенсивність відбитого світла. Таким чином, машинний зір може бути використаний для детектування рівня пошкодження біологічних об'єктів.



ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ І ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ

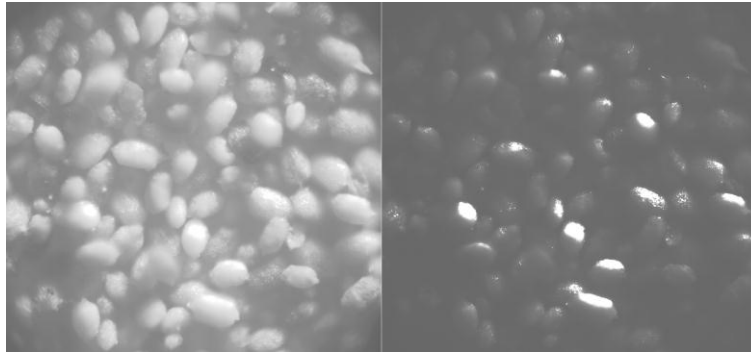


Рис.8. Зображення зерен звичайною камерою і при використанні спеціального фільтру, які отримано шляхом математичних перетворень системою NI Vision.

Розроблено програмне забезпечення для автоматичного перерахунку інтенсивності відбитого світла різних ділянок поверхні. Зображення мають вигляд матриць для математичних перетворень. Була запропонована кількісна оцінка ділянок поверхні зразків на основі співвідношення максимальної інтенсивності до середньої інтенсивності непошкоджених зразків у вигляді параметра

$$\alpha = \frac{I_{\max}}{I_{\text{mean}}} \quad (1)$$

Непошкоджені зразки мають значно невелику варіацію інтенсивності (рис.9.а), що може бути використано як матриця еталона. Пошкоджені зразки зерен мають суттєво більшу локальну зміну інтенсивності (рис.9.б). Розрахунки за формулою (1) можна виконати в математичному модулі LabView™ і отримати кількісну оцінку рівня змін властивостей біологічного матеріалу. Як видно з даних рис.8 ступінь пошкодження ділянок поверхні має залежність від інтенсивності відбитого світла I_{\max} . Використовуючи значення I_{mean} для непошкоджених ділянок поверхні як еталон можна знайти значення ступеню пошкодження β . Крива калібрування $\beta(\alpha)$ приведена на рис.10.

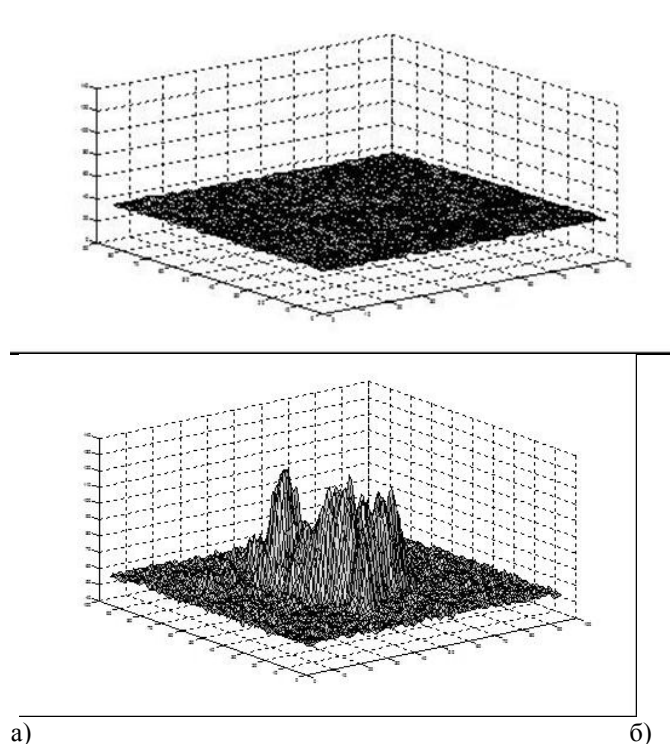
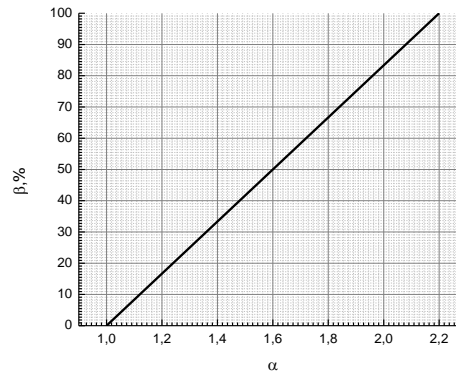


Рис. 9. Тривимірне представлення матриць інтенсивності зображень непошкодженої та пошкодженої ділянки зразків.



ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ І ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ

Рис. 10. Крива калібрування $\beta(\alpha)$.

Слід зазначити, що технології мультиспектральних зображень мають великі перспективи для безконтактної потокової автоматичної оцінки якості харчових продуктів. Знаходження специфічних спектральних областей для фізико-хімічної характеристики об'єктів потребують значних зусиль і проведення широкого кола досліджень.

Висновки

Сучасна платформа машинного зору NI Vision має апаратне IMAQ і програмне LabView забезпечення для автоматичного безконтактного потокового контролю поверхні. Розглянутий комбінований метод діагностики поверхні біологічних об'єктів за допомогою технології мультиспектральних зображень в поляризованому світлі є ефективним для задач автоматизації якості харчових продуктів. Запропонований параметр α може бути корисний для кількісної характеристики зразків.

Література

1. Computer and Machine Vision, Fourth Edition: Theory, Algorithms, Practicalities. Edited by E. R. Davies, Academic Press, 2012, 912 p.
2. Handbook of Machine Vision, Edited by Alexander Hornberg, WILEY-VCH Verlag, Weinheim, 2006, 798 p.
3. J.L. Prince, and J.M. Links, *Medical Imaging, Signals, and Systems*, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 2006.
4. Richard Levenson; James Mansfield, *Cytometry A*. 2006, vol.69, no8, p.758.
5. Robert Gillies,; Robin Levin, James Mansfield, Michael Hopmeier, Jenny Freeman, Proc. SPIE, 2003, vol.5072, p.44.
6. P. Dwyer, C. DiMarzio. Proc. SPIE, 1999, vol.3752, p.82.
7. S.L. Jacques, J.C. Ramella-Roman and R. Lee, J. Biomed. Optics, 2002, vol.7, no3, p.329.
8. S.L. Jacques and R. Lee, Proc. SPIE, 1998, vol.3245, p.362.
9. R.R. Anderson Arch.Dermatol, 1991, vol.127, p.1005.
10. Yuriy Vashpanov, Jung-Young Son, Proceedings of IEEE International Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems Seoul, Korea, 2008, pp.86-89.
11. **Jung-Young Son, Yuriy Vashpanov, Dae-Hyun Jung, Dong-Su Lee, Kae-Dal Kwack**, *Japanese Journal of Applied Physics* vol.48, no.9 (3), 2009, 09LD06.
12. www.ni.com/vision/.
13. <http://www.asahi-spectra.com/>.