

УДК 636.08:535.65

ВИКОРИСТАННЯ ОПТИЧНОГО МЕТОДУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДУ СУМІШІ

Аблогін А.М., аспірант*

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-13-06

Анотація – В промисловості часто необхідно визначити склад суміші. Зазвичай для цього використовується фізичне розділення на компоненти. Для прискорення аналізу пропонується аналізувати RGB-складові кольору фотографії суміші замість сортування.

Ключові слова – аналіз суміші, аналіз кольору, RGB-модель кольорів.

Постановка проблеми. В сучасній науці і промисловості часто виникає необхідність визначення складу суміші. У більшості випадків для визначення частки окремого компонента у суміші використовується метод, за яким суміш розділюється на складові за допомогою сит або інших методів фізичного розділення, після чого проводиться зважування кожного окремого компонента. Відсоток кожної складової визначається за формулою:

$$\varepsilon_i = \frac{m_i}{\sum m_i} \cdot 100\% \quad (1)$$

де m_i – маса i -го компонента.

Цей метод використовується зокрема при визначенні якості роботи змішувача, шляхом аналізу суміші, що виходить із змішуючого пристрою, і порівнянням її складу із заданим. Подібний спосіб також використовується для виявлення домішок у зерні [1].

Даний метод є одним із найрозповсюджених та зазвичай не стикається із труднощами при використанні на практиці. Проте, нажаль, не у випадку із сумішами, компоненти яких близькі одне одному за фізико-механічними показниками. Даним сумішам притаманна низька здатність до сегрегації, через це розділити її на складові шляхом фізичного впливу – складно, а інколи неможливо. У даному випадку використовують ручне сортування, що звісно ж є трудомістким та дорогим процесом.

Для прискорення та зниження вартості аналізу пропонується використовувати статистичний аналіз фотографії суміші замість сортування на складові. У якості аналізованого параметру обираємо колір кожної з точок фотографії.

Постановка завдання. Метою досліджень є обґрунтування можливості визначення складу суміші за кольором.

Через значну різноманітність форм, розмірів гранул та можливих комбінацій їх у сумішах в даному дослідженні ми розглянемо лише суміші із сферичних зерен однакового діаметра та відмінних кольорів.

Методи досліджень. Оптичні якості ми визначаємо шляхом фотографування матеріалу у пристрої зображеному на рис. 1. Даний пристрій складається з фотокамери 1, джерела випромінювання 2 та закритої ємності 3 в яку поміщається зразок матеріалу 4.

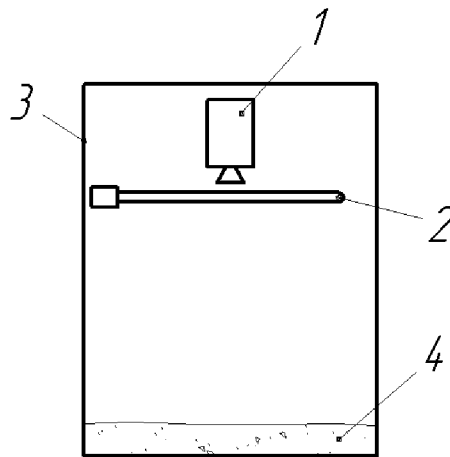


Рис. 1. Пристрій для визначення складу суміші (позначення в тексті)

В наших експериментах використовувалась фотокамера 1, яка забезпечувала отримання фотографій розміром 640×480 точок. У якості джерела випромінювання 2 була встановлена люмінесцентна лампа денного світла у формі кола. Дана форма була обрана для забезпечення рівномірного освітлення зерен з усіх сторін. Джерело випромінювання встановлюється безпосередньо під фотокамерою, але так, щоб виключити можливість її потрапляння у кадр. Ємність 3 являє собою закритий контейнер, що виключає проникнення стороннього світла всередину, із білими внутрішніми стінками, на дно якого рівномірним шаром у 3 – 5 діаметрів часток розсипається аналізований матеріал. Суміш розподіляється таким чином, щоб якомога більша частина її площі потрапила у поле зору фотокамери 1.

У якості досліджуваного матеріалу було обране пшоно, через його близькість до сферичної форми, яке було розділено на дві партії

різних кольорів (використовувалось жовте, без фарбування, та червоне, фарбоване водорозчинним барвником, пшоно). Із даних партій формувались суміші із відомим співвідношенням компонентів. Вага кожної суміші складала 50 г і формувалась шляхом зважування складових із точністю до 0,001 г. Експерименти проводились на сумішах із масовою часткою червоного компонента 0%, 5%, 10%, 20%, 40%, 50% та 100%. Суміші із вмістом одного із компонентів 100% в подальшому називатимемо "чистими".

Для кожної з сумішей отримувалось по 3 фотографії із попереднім перемішуванням суміші та рівномірним розподіленням її по дну контейнера 3 (рис. 1). Після чого проводився аналіз кожної з фотографій.

Основна частина. Для визначення відсотка червоного матеріалу в суміші ми користувалися наступними аргументами:

- в обох партіях використовувалось пшоно однакової крупності (одного діаметра), незначні відхилення від середніх геометричних розмірів компенсуються великою кількістю зерен у кожній суміші. Таким чином співвідношення між кількістю зерен N із різних партій у суміші таке ж саме як і співвідношення між їх масами m :

$$\varepsilon = \frac{m_{\text{ч}}}{m_{\text{ч}} + m_{\text{жс}}} = \frac{N_{\text{ч}}}{N_{\text{ч}} + N_{\text{жс}}}, \quad (2)$$

де $m_{\text{ч}}$ і $m_{\text{жс}}$ – маса червоного і жовтого пшона, відповідно, кг;

$N_{\text{ч}}$ і $N_{\text{жс}}$ – відповідно, кількість червоних та жовтих зерен, шт.;

- згідно рівності діаметрів зерен, вони займають на фотографії однакову площу, або, іншими словами, будь-яке зерно зафарбовує у свій колір однакову кількість точок k :

$$n_{\text{ч}} = k \cdot N_{\text{ч}}, \text{ та } n_{\text{жс}} = k \cdot N_{\text{жс}}, \quad (3)$$

де $n_{\text{ч}}$ і $n_{\text{жс}}$ – загальна кількість точок червоного та жовтого кольору, відповідно.

Підставивши (3) в (2) отримуємо формулу

$$\varepsilon = \frac{n_{\text{ч}}}{n_{\text{ч}} + n_{\text{жс}}} \cdot 100\%. \quad (4)$$

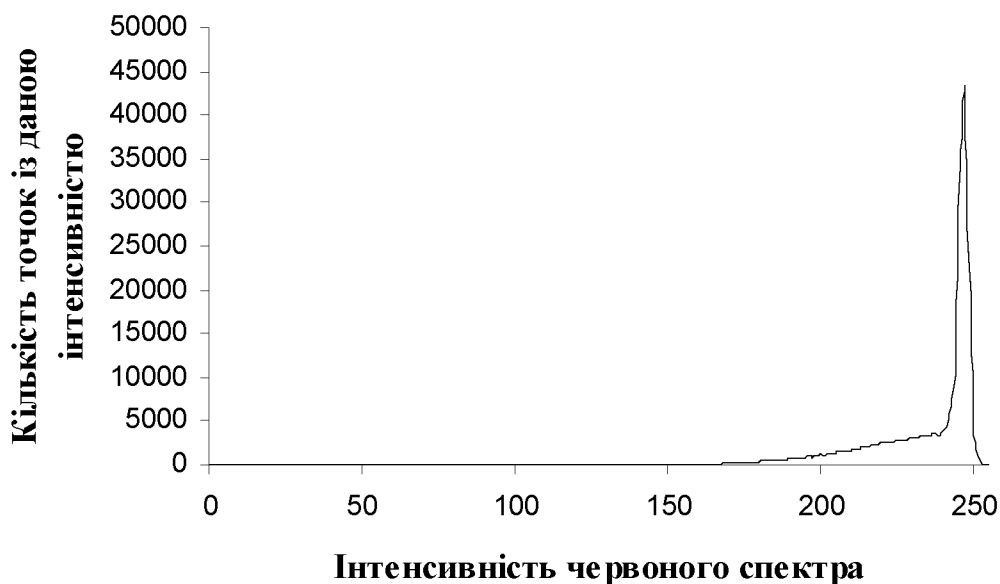
Як відомо, для визначення кольору в комп'ютерній техніці зазвичай використовується RGB-модель, згідно якій кожна точка зображення містить у собі інформацію про інтенсивність червоного, зеленого та синього спектра у її кольорі. Інтенсивність спектра визначається цілим числом від 0 до 255 (значення 0 відповідає повній відсутності даного спектра, а 255 його максимальній кількості) [2, 3]. Саме цьому другим кольором був обраний червоний, як один із основних кольорів, тому при його аналізі у більшості точок очікувалось отримати дуже високу інтенсивність червоного спектра та низьку синього і зеленого.

Визначення складу суміші відбувалось наступним чином:

- спочатку отримувались еталонні фотографії жовтого (не фарбованого) пшона. Після чого шляхом аналізу кольору кожної з точок, визначалась кількість точок із однаковою інтенсивністю червоного спектра та за допомогою статистичного аналізу визначалось середнє значення $s_{жс}$ і дисперсія $\sigma_{жс}^2$ [4]. За допомогою цих даних визначався діапазон інтенсивності червоного спектра, що відповідає жовтому пшону $D_{жс} \in [s_{жс} - 3 \cdot \sigma_{жс}^2; s_{жс} + 3 \cdot \sigma_{жс}^2]$. Типовий розподіл та інші дані для "чистого" жовтого пшона приведені на рис. 2;

- аналогічним чином аналізувалось пшоно червоного кольору із отриманням середнього значення s_{\pm} , дисперсії σ_{\pm}^2 та визначався діапазон відповідний другому матеріалу $D_{\pm} \in [s_{\pm} - 3 \cdot \sigma_{\pm}^2; s_{\pm} + 3 \cdot \sigma_{\pm}^2]$. Типові дані для "чистого" червоного пшона приведені на рис. 3;

- далі отримувались фотографії сумішей, які аналізувались так само як і еталонні, із отриманням гістограми розподілу. Після цього з гістограми отримувалась кількість точок $n_{ж}$ та n_{\pm} , що знаходяться у кожному із діапазонів $D_{жс}$ та D_{\pm} . Відсоток ключового компонента (червоного пшона) у суміші розраховувався за формулою (4). Розподіл кількості точок за інтенсивністю червоного спектра для суміші із 30% червоного матеріалу зображена на рис. 4.

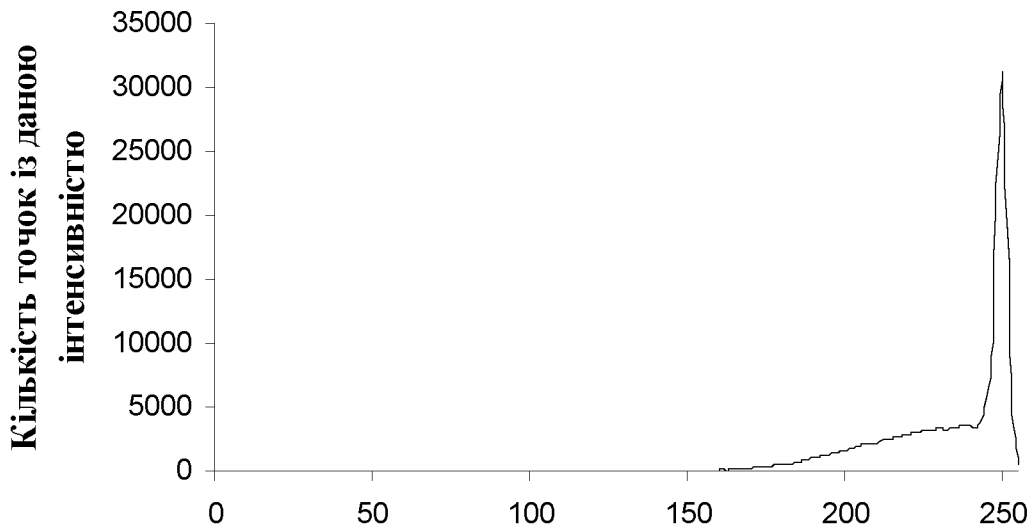


$$s_{\pm} = 235,9; \sigma_{\pm}^2 = 17,3; D_{\pm} \in [184; 255]$$

Рис. 3. Розподіл кількості точок за інтенсивністю червоного спектра для "чистого" червоного пшона

Як бачимо, розподіли кількості точок за інтенсивністю червоного спектра у "чистих" матеріалах (рис. 2 і 3) є дуже схожими, що також підтверджується статистичними даними (значення $s_{жс}$ та s_{\pm}

є досить близькими; для "чистого" червоного матеріалу характерне досить велике значення дисперсії, тому D_{ce} повністю перекривається $D_{\bar{c}}$). Розподіл точок за інтенсивністю для суміші (рис. 4) принципово не відрізняється від двох попередніх, що не дозволяє зробити будь-якого однозначного висновку щодо її кількісного складу.

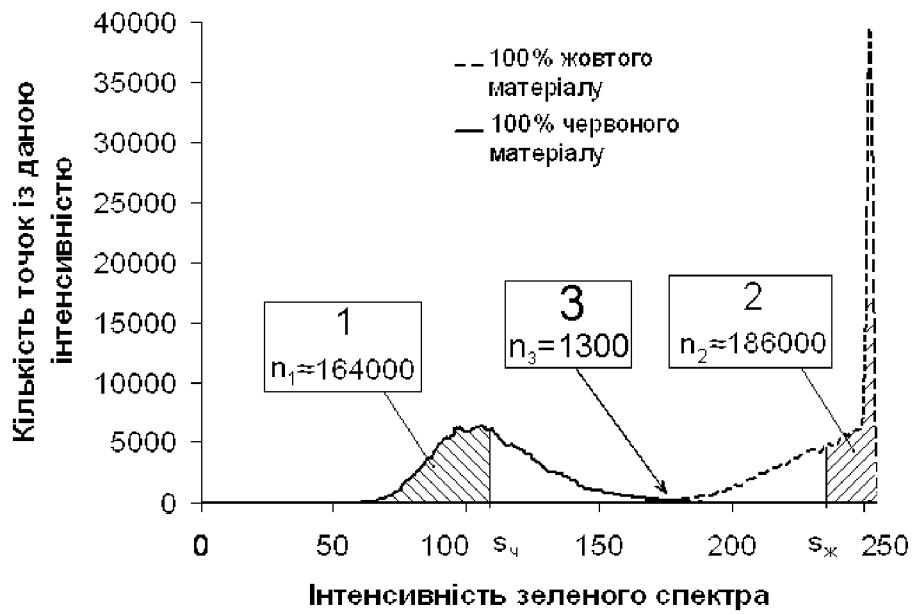


Інтенсивність червоного спектра

$$s = 233,8; \sigma^2 = 20,5$$

Рис. 4. Розподіл кількості точок за інтенсивністю червоного спектра для фотографії суміші із 30% червоного і 70% жовтого пшона

Аналогічна ситуація виникає при аналізі тих самих фотографій за синім спектром. Проте, при порівнянні фотографій "чистих" матеріалів за інтенсивністю зеленого спектра ситуація виглядає значно краще: середні значення інтенсивності суттєво відрізняються один від одного, і хоча дисперсія є досить значною діапазони не перекриваються (рис. 5). Однак навіть при використанні даного підходу не вдається зробити однозначний висновок щодо складу суміші. Причиною цього, найвірогідніше, є неочікуване збільшення кількості точок із інтенсивністю зеленого спектра у діапазоні $[s_{\bar{c}}; s_{\bar{ж}}]$ (рис. 6), особливо в області 3. Також спостерігалось одночасне зменшення кількостей точок у зонах 1 і 2. Загальна кількість точок, що потрапила у діапазон "червоного" матеріалу в даному випадку дорівнює $n_{\bar{c}} \approx 149300$, а у "жовтому" діапазоні – $n_{\bar{ж}} \approx 142800$. Розрахунок за формулою (4) із цими даними дає відсоток червоного матеріалу у суміші $\varepsilon = 51,1\%$, що зовсім не відповідає дійсному співвідношенню (30%). Подібна ситуація спостерігалась і в решті експериментальних сумішей (рис. 7).



$$s_{e^-} = 236,3; \sigma_{e^-}^2 = 17,7; D_{e^-} \in [183; 255]$$

$$s_{e^+} = 109,3; \sigma_{e^+}^2 = 21,7; D_{e^+} \in [44; 174]$$

n_1, n_2 та n_3 – сумарні кількості точок у діапазонах $[44; 109]$, $[236; 255]$ та $[175; 182]$ відповідно

Рис.5. Розподіл кількості точок за інтенсивністю зеленого спектра для фотографій «чистих» матеріалів

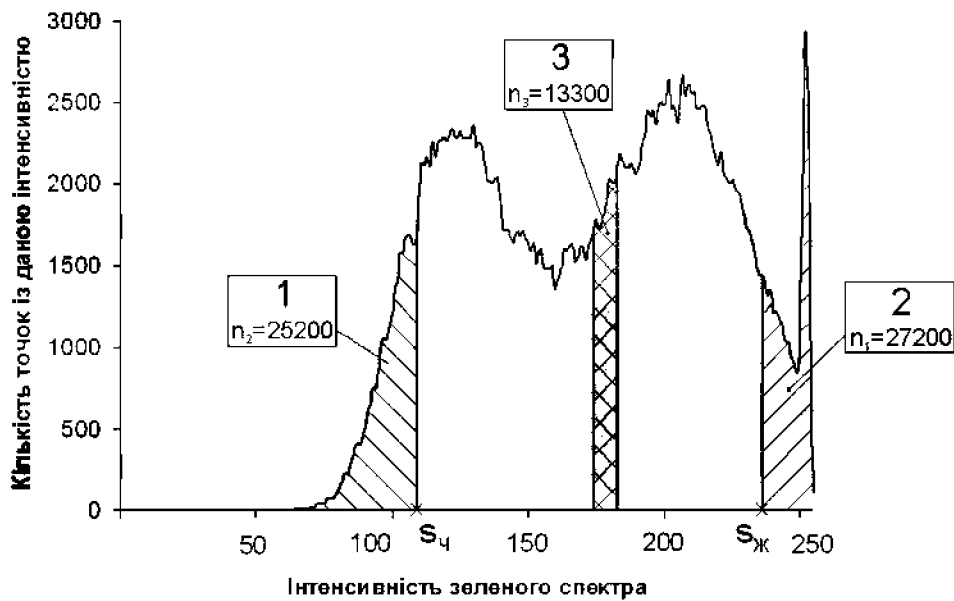


Рис.6. Розподіл кількості точок за інтенсивністю зеленого спектра для фотографії суміші із 30% червоного та 70% жовтого пшона

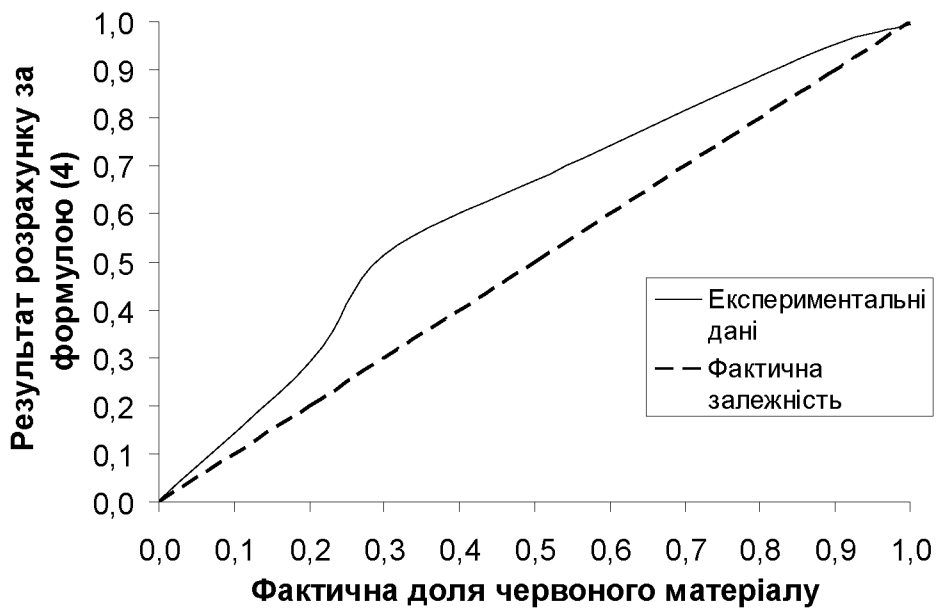


Рис.7. Порівняння аналітичних даних, що отримані в результаті досліджень, із фактичними

Як видно з рис. 7, існує чітка залежність між реальним співвідношенням компонентів та співвідношенням кількостей точок, що потрапили у діапазони D_{ae} і D_{\pm} . Однак, характер цієї залежності значно ускладнює отримання будь-яких однозначних висновків. Крім того, використання даного методу ускладнилось деякими неочікуваними труднощами.

Відмінність інтенсивності червоного спектра для двох "чистих" (червоного і жовтого) матеріалів виявилась мінімальною, на відміну від інтуїтивних очікувань. Внаслідок цього ми були змушені проводити дослідження і двох інших спектрів. Різниця, достатня для однозначного визначення кольору матеріалу, була виявлена лише у зеленому спектрі, що наводить на думку, про необхідність попередніх досліджень для будь-якої іншої пари кольорів.

Аналіз сумішей за зеленим спектром виявив зменшення кількості точок у областях 1 і 2 (рис. 5 та 6) та значне збільшення їх кількості у зоні 3. У порівнянні із "чистими" матеріалами, у суміші з 30% червоного кількість точок в області 3 (рис. 5 та 6) збільшилась із 0,4% до 4,3% від їх загальної кількості. Причому, чим ближче було співвідношення компонентів до 50%, тим більшою була кількість точок у зоні 3. Імовірно із цим пов'язана неадекватність отриманих результатів фактичному співвідношенню.

Висновки. Визначення складу суміші за допомогою фотографування виглядає принципово можливою, хоча, нажаль, використання описаного вище методу поки що не дозволяє

отримувати результати із достатньою точністю. Тому даний метод вимагає подальших досліджень і вдосконалення.

Література

1 ГОСТ 12037-81. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения чистоты и отхода семян. – Введ. 01.07.1982. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 26 с.

2 RGB color model [Електронний ресурс] / Матеріали сайту <http://wikipedia.org/>. – Режим доступу до документу: <http://en.wikipedia.org/wiki/Rgb>.

3 RGB color model [Електронний ресурс] / Матеріали сайту <http://msdn.microsoft.com/en-us/dynamics/default.aspx>. - Режим доступу до документу: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/dd355244.aspx>

4 Румшицкий Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента / Л.З Румшицкий. – Москва; Наука, 1971. – 192 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА СМЕСИ

А.Н. Аблогин

Аннотация - В промышленности часто необходимо определить состав смеси. Обычно для этого используется физическое разделение на компоненты. Для ускорения анализа предлагается анализировать RGB-составляющие цвета фотографии смеси вместо сортировки.

USING OF OPTICAL METHOD FOR DETERMINING OF MIXTURE COMPOSITION

A. Ablogin

Summary

Industry often needs to determine mixture composition. Usually it is realized by physical separation on components. Mostly using this method does not meet any difficulties, however, not with low-segregating mixtures. In these cases, labor-valuable manual separation is used. As express method, analysis of RGB colors of photograph of mixture is proposed. Results of our research has shown a principle possibility of using this method, however, it is unable to give precise results yet. Following researches and improving are needed.