

# Застосування коваріаційного аналізу для визначення факторного впливу на параметр контролю при колориметричному дослідженні

С.А. Єфименко<sup>1</sup>, І.В. Григоренко<sup>2</sup>, Ю.Є. Хорошайло<sup>1</sup>, С.М. Григоренко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Харківський національний університет радіоелектроніки, пр. Науки, 14, 61166, Харків, Україна  
sefimenko64@gmail.com

<sup>2</sup> Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут",  
вул. Кирпичова, 2, 61002, Харків, Україна  
grigmaestro@gmail.com

## Анотація

У роботі розглянуто вирішення науково-практичної задачі застосування коваріаційного аналізу для визначення факторного впливу на функціональне перетворення параметра контролю при колориметричному дослідженні. Дослідження полягає у визначенні факторного впливу на адитивну та мультиплікативні складові похибки вимірювання параметра колориметричного контролю для оцінювання достовірності висновків про факторні впливи на перетворення параметра контролю. Визначені обмеження на кількість рівнів основного (параметр контролю) та факторів, що впливають на результат колориметричного контролю. У ході дослідження отримані рівняння для оцінювання достовірності статистичних висновків про інформаційну значущість показників колориметричного контролю для спрощеної моделі перехресної класифікації.

Необхідність проведення дослідження пов'язана з тим, що при колориметричному контролі зернових культур невизначеність результатів вимірювань значень показників, що контролюються, при заданих рівнях параметра контролю досить велика. Вона пов'язана з рядом факторів, що впливають на процес проведення експерименту, а саме з суб'єктивним впливом оператора, умовами проведення контролю (підвищена вологість сировини, високий рівень пилу у повітрі, запиленість поверхового шару зерна, підвищена активність Сонця та інші). Також потрібно враховувати сортність зерна.

**Ключові слова:** коваріаційний аналіз; експрес-контроль; факторний вплив; жовтизна пшениці; колориметрія.

Отримано: 06.07.2022

Відредаговано: 21.09.2022

Схвалено до друку: 29.09.2022

## Вступ

У сучасній промисловості колориметрія має цілий ряд переваг перед іншими методами, наприклад перед ваговим аналізом. Колориметричні визначення виконуються набагато швидше. Якщо у ваговому аналізі хімічна реакція є тільки початком визначення, за яким йде ряд тривалих операцій, то у колориметрії після хімічної реакції відразу проводять порівняння забарвлень. Отже, колориметричний метод належить до методів експрес-контролю.

Головним завданням колориметричного експрес-контролю (у нашому випадку) є визначення якості зерна. Завдання важливе й актуальне, оскільки зерно, а точніше, борошно входить до складу багатьох продуктів харчування, починаючи від хліба і макаронних виробів до тістечок і печива. Якісну продукцію можливо отримати тільки при використанні якісної сировини. Отже, визначення якості зерна та його похідної – борошна наразі є актуальним для України.

Якість зерна можна визначити за різними параметрами. Під якістю зерна будемо розуміти сукупність властивостей та ознак (біологічних, фізико-хімічних, технологічних, споживних), які визначають придатність зерна до вживання за призначенням. Колориметрія дає нам можливість визначати якість зерна за зміною кольору. Експрес-контролю стану зернових культур засобами колориметрії присвячено ряд робіт закордонних вчених, що підтверджують зацікавленість світової наукової спільноти проблемами визначення якості зернових культур. Сортність зерна визначає головний показник контролю, а саме – жовтизну зерна пшениці. Жовтизна є основним показником для визначення якості борошна.

Експрес-контролю стану зернових культур засобами колориметрії присвячено ряд робіт [1–8], що підтверджують зацікавленість світової наукової спільноти проблемами визначення якості зернових культур. Наприклад, у [9] представлені відмінності в кольорі зерна пшениці твердої







1) при багатофакторному впливі на показник контролю  $K$  (не враховуючи фактори, що впливають

$$F_0^{yk} = \frac{\Sigma_{\delta} (N-2)}{\Sigma_{\alpha\beta} + \Sigma_{\alpha} + \Sigma_{\beta} + \Sigma_e}; \quad (17)$$

2) при врахуванні усіх факторів, що впливають

$$F_0 = \frac{\Sigma}{\Sigma_e} (N-2g). \quad (18)$$

Якщо потрібно отримати інформацію про рівні впливу на коефіцієнти  $y_{ad}$  та  $k_{ad}$  моделі (7), то слід використовувати табл. 4.

Кількість інформації за варіантами впливу отримують із рівняння:

$$I = \log \sqrt{1 + \left( \frac{\sigma_K}{\sigma_{\Delta K}} \right)^2}, \quad (19)$$

де  $\sigma_K^2 = \bar{\Sigma}_{\delta}$ , а  $\sigma_{\Delta K}^2$  є функцією суми квадратів відхилень  $(\bar{\Sigma}_{\delta}, \bar{\Sigma}_{\alpha}, \bar{\Sigma}_{\beta}, \bar{\Sigma}_{\delta\alpha}, \bar{\Sigma}_{\delta\beta}, \bar{\Sigma}_e^f)$ , замінивши відношення  $\frac{\sigma_K}{\sigma_{\Delta K}}$  на відповідну  $F$  – статистику [10]. Для оцінювання достовірності висновків про факторні впливи на перетворення параметра контролю

слід враховувати, що метрологічна невизначеність впливає на адитивний зсув функції перетворення, тому для оцінювання відношення дисперсій слід використовувати модель 2 ( $F_{g-1, N-2g}^y$ ).

## Висновки

1. Зроблено аналіз та запропоновано спрощену модель перехресних класифікацій, що враховує ефекти одночасної взаємодії трьох факторів (маси, вологості, освітленості) на результат вимірювання одиничного показника колориметричного контролю (жовтизна зерна пшениці); проведено її дослідження.

2. У ході дослідження отримані рівняння для оцінювання достовірності статистичних висновків про інформаційну значущість показників колориметричного контролю для спрощеної моделі перехресної класифікації.

3. Отримані аналітичні співвідношення, що дають змогу оцінити кількість інформації для кожного з показників колориметричного контролю при факторному впливі на лінійну функцію перетворення цих показників.

# Применение ковариационного анализа для определения факторного воздействия на параметр контроля при колориметрическом исследовании

С.А. Ефименко<sup>1</sup>, И.В. Григоренко<sup>2</sup>, Ю.Е. Хорошайло<sup>1</sup>, С.Н. Григоренко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Харьковський національний університет радіоелектроніки, пр. Науки, 14, 61166, Харків, Україна  
sefimenko64@gmail.com

<sup>2</sup> Национальний технічний університет "Харківський політехнічний інститут",  
ул. Кирпичева, 2, 61002, Харків, Україна  
grigmaestro@gmail.com

## Аннотация

В работе рассмотрены решения научно-практической задачи применения ковариационного анализа для определения факторного воздействия на функциональное преобразование параметра контроля при колориметрическом исследовании. Исследование состоит в определении факторного воздействия на аддитивную и мультипликативную составляющие погрешности измерения параметра колориметрического контроля для оценки достоверности выводов о факторных влияниях на преобразование параметра контроля. Определены ограничения на количество основного уровня (параметр контроля) и факторов, влияющих на результат колориметрического контроля. В ходе исследования были получены уравнения для оценки достоверности статистических выводов об информационной значимости показателей колориметрического контроля для упрощенной модели перекрестной классификации.

Необходимость проведения исследования связана с тем, что при колориметрическом контроле зерновых культур достаточно велика неопределенность результатов измерений значений контролируемых показателей и её необходимо оценить.

**Ключевые слова:** ковариационный анализ; экспресс-контроль; факторное влияние; желтизна пшеницы; колориметрия.

# Applying covariance analysis to determine the factor influence on the control parameter in colorimetric study

S. Yefymenko<sup>1</sup>, I. Hryhorenko<sup>2</sup>, Iu. Khoroshailo<sup>1</sup>, S. Hryhorenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kharkiv National University of Radio Electronics, Nauky Ave., 14, 61166, Kharkiv, Ukraine  
sefimenko64@gmail.com

<sup>2</sup> National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kyrpychova Str., 2, 61002, Kharkiv, Ukraine  
grigmaestro@gmail.com

## Abstract

The paper considers solutions to a scientific and practical problem of applying covariance analysis to determine the factor influence on the functional transformation of the control parameter in colorimetric study. The study implies determining the factor influence on the additive and multiplicative components of the measurement error of the colorimetric control parameter to assess the validity of conclusions about the factor influence on the transformation of the control parameter. The limitations on the number of basic levels (control parameters) and the factors influencing the result of colorimetric control are determined. During the study, the equations to assess the validity of statistical conclusions about the informational significance of the colorimetric control indicators for a simplified model of cross-classification were obtained.

The need for the study is due to the fact that in colorimetric control of cereal grains, the measurement uncertainty of the results of measuring the values of the controlled indicators at given levels of the control parameter is quite high.

In modern industry, colorimetry has a number of advantages over other methods, such as weight analysis. Colorimetric determinations are performed much faster. In the case of weight analysis, the chemical reaction is at the beginning of the determination followed by a series of long operations, while in the case of colorimetry, the colors are compared immediately after the chemical reaction. Therefore, the colorimetric method belongs to the methods of express control.

The main task of colorimetric express control (in our case) is to determine the quality of cereal grains. The task is important and relevant because grain, namely flour, is the main ingredient of many foods, e.g. bread, pasta, pastries, and cookies. Quality products can be obtained only from quality raw materials. Thus, at present time, it is relevant to determine the quality of cereal grains, and flour as the derived product, in Ukraine.

**Keywords:** covariance analysis; express control; factor influence; yellowness of wheat; colorimetry.

## Список літератури

1. Селекція зернових та зернобобових культур в умовах змін клімату: напрями і пріоритети: *тези доповідей міжнародної наукової конференції*. Одеса: СГІ–НЦНС, 2021. 190 с.
2. Chaurand M., Lempereur I., Roulland T.M. et al. Genetik and Agronomic Effects on Semolina Milling Value of Durum Wheat. *Crop Science*, 1999, vol. 39, no. 3, pp. 790–795. doi: <https://doi.org/10.2135/cropsci1999.0011183X003900030029x>
3. Rharrabti Y.E., Villegas D., Del Moral L.F.G. et al. Environmental and genetic determination of protein content and grain yield in durum wheat under Mediterranean conditions. *Plant Breeding*, 2001, vol. 120, issue 5, pp. 381–388. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1439-0523.2001.00628.x>
4. Осина Т.Г. Развитие методов многопараметрического экспресс-контроля состава органических сыпучих материалов: дис. ... канд. техн. наук: 05.11.13. Харьков, 2008. 203 с.
5. Шапов П.Ф., Томашевский Р.С., Зольман Е.В. Информационный анализ регрессионной модели факторного планирования медико-биологического эксперимента. *Український метрологічний журнал*. 2017. № 1. С. 58–62. doi: [doi.org/10.24027/2306-7039.1.2017.102000](https://doi.org/10.24027/2306-7039.1.2017.102000)
6. Шапов П.Ф., Осина Т.Г. Оценка информационной значимости показателей измерительного контроля метрологических неопределенных параметров зерна пшеницы: *сб. науч. трудов МНК "Метрология и измерительная техника"*. Харьков, 2005. Т. VII. С. 146–149.
7. Efimenko S., Horoshajlo Y., Suchkov G., Umyarov R., Domrin O. Optoelectronic methods of reflekted surfaces color control. *Proceedings of 28-th International scientific symposium "Metrology and metrology assurance 2018"*. Sozopol, Bulgaria, 2018, pp. 95–98.
8. Hryhorenko I., Tverytnykova E., Hryhorenko S., Demidova Yu. The usage of statistical analysis methods for controlling the operational stability of Gas Treatment Facility. *Ukrainian Metrological Journal*, 2021, no. 1, pp. 26–32.
9. Єфіменко С.А. Колориметричний метод та засіб для експрес-контролю якості зернових культур: дис. докт. філософії: 152. Харків, 2022. 165 с.

10. Єфименко С.А. Аналіз впливу невизначеності результатів вимірювань на достовірність колориметричного контролю. *Метрологія та прилади*. 2020. № 6(86). С. 52–58.

#### References

1. Seleksiya zernovykh ta zernobobovykh kultur v umovakh zmin klimatu: napryamy i priorytety [Breeding of grain and leguminous crops in conditions of climate change: directions and priorities]. *Abstracts of reports of the International Scientific Conference*. Odesa, 2021. 190 p. (in Ukrainian).
2. Chaurand M., Lempereur I., Roulland T.M. et al. Genetik and Agronomic Effects on Semolina Milling Value of Durum Wheat. *Crop Science*, 1999, vol. 39, no. 3, pp. 790–795. doi: <https://doi.org/10.2135/cropsci1999.0011183X003900030029x>
3. Rharrabti Y.E., Villegas D., Del Moral L.F.G. et al. Environmental and genetic determination of protein content and grain yield in durum wheat under Mediterranean conditions. *Plant Breeding*, 2001, vol. 120, issue 5, pp. 381–388. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1439-0523.2001.00628.x>
4. Osina T.G. Razvitie metodov mnogoparametricheskogo ekspres-kontrolya sostava organicheskikh syipuchih materialov: dis. kand. tehn. nauk [Development of methods for multi-parameter express control of the composition of organic bulk materials: cand. techn. sci diss.]: 05.11.13. Kharkov, 2008. 203 p. (in Russian).
5. Shchapov P.F., Tomashevsky R.S., Zoltman E.V. Informatsionnyy analiz regressionnoy modeli faktornogo planirovaniya medico-biologicheskogo eksperimenta [Information analysis of the regression model of factor planning of a life-science experiment]. *Ukrainian Metrological Journal*, 2017, no. 1, pp. 58–62 (in Russian). doi: 10.24027/2306-7039.1.2017.102000
6. Shchapov P.F., Osina T.G. Otsenka informatsionnoy znachimosti pokazateley izmeritelnogo kontrolya metrologicheskikh neopredelennykh parametrov zerna pshenitsy [Estimation of the informational significance of indicators of measuring control of metrological uncertain parameters of wheat grain]. *Proceedings of International Scientific Conference “Metrology and Measuring Techniques”*. Kharkov, 2005, vol. VII, pp. 146–149 (in Russian).
7. Efimenko S., Horoshajlo Y., Suchkov G., Umyarov R., Domrin O. Optoelectronic methods of reflected surfaces color control. *Proceedings of 28-th International Scientific Symposium “Metrology and Metrology Assurance 2018”*. Sozopol, Bulgaria, 2018, pp. 95–98.
8. Hryhorenko I., Tverytnykova E., Hryhorenko S., Demidova Yu. The usage of statistical analysis methods for controlling the operational stability of Gas Treatment Facility. *Ukrainian Metrological Journal*, 2021, no. 1, pp. 26–32.
9. Yefymenko S.A. Kolorymetrychnyy metod ta zasib dlya ekspres-kontrolyu yakosti zernovykh kultur: dys. dokt. filosofii [Colorimetric method and tool for express quality control of grain crops: PhD diss.]: 152. Kharkiv, 2022. 165 p. (in Ukrainian).
10. Yefymenko S.A. Analiz vplyvu nevyznachenosti rezultativ vymiryuvan na dostovirnist kolorymetrychnoho kontrolyu [Analysis of the influence of the uncertainty of measurement results on the reliability of colorimetric control]. *Metrology and instruments*, 2020, no. 6(86), pp. 52–58 (in Ukrainian).