

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ СВЯЗИ МЕЖДУ ОТДЕЛЬНЫМИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ ЗЕРЕН РАЗЛИЧНЫХ КУЛЬТУР

Роман Кузьминский, Олег Соколовский, Роман Шеремета

Львовский национальный аграрный университет

Ул. В. Великого 1, Дубляны, Украина. E-mail: romansheremeta@ukr.net

Roman Kuzminskyi, Oleg Sokolovskyi, Roman Sheremeta

Lviv National Agrarian University

St. Vladimir the Great 1, Dubliany, Ukraine. E-mail: romansheremeta@ukr.net

Аннотация. Изложены результаты анализа геометрических параметров (длины, ширины и толщины) зерен различных сельскохозяйственных культур. За результатами измерений и корреляционного анализа установлено, что для зерен отдельных культур (пшеница, рожь) имеет место существенная корреляционная связь между отдельными геометрическими параметрами, что следует учитывать, используя для моделирования их геометрии, многомерные распределения зависимых случайных величин. Для других культур (кофе различных сортов) корреляционная связь между отдельными геометрическими параметрами зерен оказалась слабой, а потому для моделирования их геометрии достаточно ограничиться использованием многомерных распределений независимых случайных величин.

Ключевые слова: зерна сельскохозяйственных культур, геометрические параметры, корреляционная связь, моделирование.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Геометрические параметры зерен различных культур необходимо знать для моделирования рабочих процессов технологического оборудования, например процессов сепарации [1; 24], шелушения, измельчения, а также процессов транспортировки и хранения. Достоверные результаты моделирования указанных рабочих процессов можно получить при условии адекватности применяемых моделей геометрических параметров зерен. Получение таких моделей является проблематичным [2; 3; 13; 14], поскольку геометрические параметры зерен являются очень изменчивыми, что характерно для биологических материалов в целом.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Геометрические параметры зерен различных культур изучают исследователи многих стран [6-10; 15; 18]. Преимущественно рассматривают лишь два параметра зерен, а именно длину и ширину, поскольку, исходя из формы большинства зерен, толщина практически совпадает с шириной. Установлено, что на геометрические параметры зерен существенно влияет относительная влажность зернового материала [4-5; 12; 16; 19-21; 25]. В свою очередь геометрические параметры зерен тесно связаны с их массой [22,

23].

S. Gursoy [9], M. Karimi [11], A. Rojano [17] и A. Tabatabaeefar [21] рассматривали геометрические параметры семян пшеницы как случайные величины. За результатами статистической обработки результатов измерений геометрических параметров семян озимой пшеницы сорта Смуглянка установлены статистические распределения длины, ширины и толщины отдельных семян [3].

M. Karimi использовал двумерное распределение для описания геометрических параметров изюма [11]. Двумерное распределение геометрических параметров было получено в предположении, что отдельные параметры являются независимыми случайными величинами, однако данные, подтверждающие эту гипотезу, не приводились.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

За результатами экспериментальных исследований установить плотность корреляционной связи между геометрическими параметрами зерен.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Геометрические параметры зерен определяли путем измерения длины (l), ширины (b) и толщины (h) электронным штангенциркулем ШЦЦ-I-150 ГОСТ 166-89 с ценой деления 0,01 мм.

Влажность зернового материала определяли в соответствии со стандартом ГОСТ 13586.5-93.

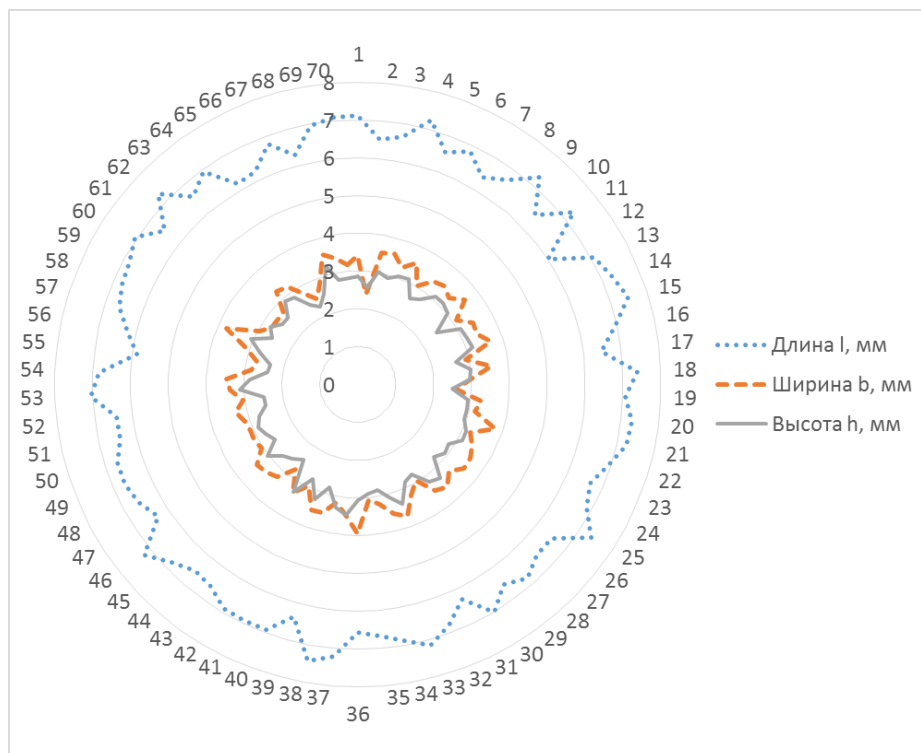
Значения отдельных геометрических параметров зерен пшеницы сорта Смуглянка приведены в табл. 1.

Для сравнения геометрических параметров (длины, ширины и толщины) зерен озимой пшеницы сорта Смуглянка построена лепестковая диаграмма (рис. 1).

Анализ распределения значений геометрических параметров показал, что выступам на диаграмме длины зерен соответствуют выступы на диаграммах ширины и толщины. Эта же закономерность присуща и для впадин соответствующих лепестковых диаграмм. Таким образом, зерна большей длины имеют преимущественно большую толщину и ширину, что свидетельствует о взаимозависимости отдельных геометрических параметров.

Таблица 1. Геометрические параметры зерен пшеницы сорта Смуглянка**Table 1.** The geometrical parameters of wheat grains variety *Smuglyanka*

Параметры	Количество измерений	Среднее значение, мм	Диапазон значений, мм	Среднее квадратическое отклонение
Длина	100	6,75	5,9 – 7,5	0,3592
Ширина	100	3,23	2,39 – 3,94	0,3105
Толщина	100	2,85	2,28 – 3,47	0,2627

**Рис. 1.** Лепестковая диаграмма для сравнения геометрических параметров (длины, ширины и толщины) зерен пшеницы сорта Смуглянка.**Fig. 1.** Radar chart for comparison of geometric parameters (length, width and thickness) of wheat grains variety *Smuglyanka*.**Таблица 2.** Значения коэффициентов корреляции для различных культур (плотность корреляционной связи)**Table 2.** The values of correlation coefficients for different crops (the density of the correlation)

Культура (влажность)	Длина – ширина	Ширина – толщина	Длина – толщина
Пшеница сорта Смуглянка ($\psi = 14,37\%$)	0,266 (слабая)	0,745 (сильная)	0,475 (умеренная)
Пшеница сорта Ранняя 93 ($\psi = 15,4\%$)	0,633 (значительная)	0,584 (значительная)	0,597 (значительная)
Рожь сорта Пуховчанка ($\psi = 13,41\%$)	0,422 (умеренная)	0,237 (слабая)	0,217 (слабая)
Кофе Арабика ($\psi = 26,43\%$)	0,379 (умеренная)	0,147 (слабая)	0,262 (слабая)
Кофе Робуста ($\psi = 22,95\%$)	0,124 (слабая)	0,052 (практически отсутствует)	0,168 (слабая)

Плотность связи между отдельными геометрическими параметрами зерен определяли на основании значений коэффициентов корреляции, которые рассчитывали за формулой:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

где: x_i, y_i – значения сравниваемых геометрических параметров для i -го зёрнышка; \bar{x}, \bar{y} – средние значения сравниваемых геометрических параметров; n – объем выборки.

Произведены расчёты значений коэффициентов корреляции между тремя геометрическими параметрами (длина, ширина, толщина) зерен нескольких сельскохозяйственных культур. Установлено, что между геометрическими параметрами зерен пшеницы существует сильная либо значительная корреляционная связь, а между геометрическими параметрами зерен кофе – умеренная или слабая корреляционная связь (табл. 2).

ВЫВОДЫ

Анализ полученных результатов показал, что гипотеза о независимом характере геометрических параметров зерен различных культур, широко используемая многими исследователями, требует обязательной экспериментальной проверки. Для зерен отдельных культур (например, кофе различных сортов) эта гипотеза может быть принята, а модели зерен, полученные с использованием многомерных распределений независимых случайных величин, будут адекватными. Для зерен значительной группы других культур (например, для пшеницы и ржи различных сортов) гипотеза о независимости отдельных геометрических параметров зерен не нашла своего подтверждения, а поэтому для получения адекватных моделей геометрии зерен следует использовать многомерные распределения зависимых случайных величин.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Ковалишин С., Паранюк В., Дадак В., Соколюк В. 2012.** Оценка и выявление новых признаков делимости мелкосеменных смесей сельскохозяйственных культур. Motrol – 2012. Commission of motorization and energetic in agriculture. Vol. 14, №4. 160–164. (Украина).
2. **Кузьминский Р.Д., Соколовский О.Р., Шеремета Р.Б. 2014.** Моделирование геометрических параметров семян сельскохозяйственных культур с использованием многомерных распределений. Роль науки в повышении технологического уровня и эффективности АПК Украины: тезисы IV Междунар. научно-практической. конф., 15-16 мая 2014 Тернополь, 91–94. (Украина).
3. **Кузьминский Р., Соколовский О., Шеремета Р. 2014.** Математическая модель геометрических параметров семян пшеницы. Вестник Львов. национальный. аграр. ун-т: Агроинженерные исследования. №18. 171–176. (Украина).
4. **Соколовский О.Р., Кузьминский Р.Д., Лозовый Р.В. 2011.** Влияние относительной влажности на геометрические параметры кофейных зерен. Вестник Львов. национальный аграр. ун-т: Агроинженерные исследования. №15, т.2. 87–95. (Украина).
5. **Amer Eissa A. H., Mohamed M.A., Moustafa H. and Alghannam A. O. (2010).** Moisture dependent physical and mechanical properties of chickpea seeds. International Journal of Agricultural and Biological Engineering. Vol.3 No. 1, 1-14.
6. **Bart-Plange A.; Baryeh E. A. 2003.** The physical properties of category B cocoa beans. Journal of Food Engineering. 60(3), 219–227.
7. **Emesu P., Mabuza P. 2014.** Determination of some engineering properties of morama bean. Agric. Eng. Int. : CIGR Journal. Vol. 16, No.3, 180–188.
8. **Geodecki M., Grundas S. 2003.** Charakterystyka cech geometrycznych ziarniaków pszenicy ozimej i jarej. Acta Agrophysika, 2(3), 531-538.
9. **Gursoy S., Guzel E. 2010.** Determination of Physical Properties of Some Agricultural Grains. Res. J. Appl. Sci. Eng. Technol. 2 (5), 492–498.
10. **Hojat A, Kaveh, M, Jalal K, Seyed SM, Ali R (2009).** Some Physical and Mechanical Properties of Fennel Seed (*Foeniculum vulgare*). J. Agric. Sci., 1(1), 66-75.
11. **Karimi M. 2011.** Modelling of raisin berries by some physical and statistical characteristics. Int. Agrophys. № 25, 141–147.
12. **Karimi M., Kheiralipour K., Tabatabaefar A. [et al.]. 2009.** The effect of moisture content on physical properties of wheat. Pakistan J. Nutrition. 90–95.
13. **Mirzabe A.H., Khazaei J., Chegini G.R. 2012.** Physical properties and modeling for sunflower seeds. Agric. Eng. Int.: CIGR Journal. Vol.14, No.3, 190–202.
14. **Mieszkalski L. 2013.** Metoda matematycznego modelowania płatami beziera kształtu ziarna pszenżyta: Inżynieria Rolnicza. Z.2 (143) T.1, 225-232.
15. **Pradhan R. C., Said P. P., Singh S. 2013.** Physical properties of bottle gourd seeds. Agricultural Engineering International: CIGR Journal. Vol. 15, No.1, 106–113.
16. **Rodrigues M.A.A., Borges M.L.A., Franca A.S., Oliveira L.S., Corrêa P.C. 2003.** Evaluation of physical properties of coffee during roasting. Agricultural Engineering International: The CIGR Journal of Scientific Research And Development, 5. Manuscript, FP03004, 12.

17. **Rojano A., Salazar R., and Galicia R. 2004.** Oat characterization by means of Weibull distribution. Proc. ASAE/CSAE Annual Int. Meeting, August 1-4, St. Joseph, MI, USA.
18. **Saif A. O., Bahnasawy A. H. 2002.** Some physical properties of Yemeni coffee grains. Egypt J. Appl. Sci. 17(9), 57–69.
19. **Sirisomboon P., P. Kitchaiya P. 2009.** Physical properties of *Jatropha curcas L.* kernels after heat treatments. Biosystems engineering. 102, 244 – 250.
20. **Sokolovskiy O., Kuz'minskiy R., Sheremeta R. 2012.** Effect of relative humidity on the geometrical parameters of the seeds of wheat and rye. Motorization and power industry in agriculture. Motrol – 2012. T. 14, 65–70.
21. **Tabatabaefar A. 2003.** Moisture-dependent physical properties of wheat. Int. Agrophysics Polish Academy Sciences. №17, 207–211.
22. **Tabatabaefar A., Vefagh-Nematolahee A., Rajabipour A. 2000.** Modeling of Orange Mass Based on Dimensions. Journal of Agricultural Science and Technology. Vol. 2, 299–305.
23. **Troccoli A., di Fonzo N. 1999.** Relationship between size features and test weight in *Trilicum durum*. Cereal Chem., 76 (1), 45-49.
24. **Voicu G., Casandroi T., Tarcolea C. 2008.** Testing stochastic models for simulating the seeds separation process on the sieves of a cleaning system, and a comparison with experimental data. Agriculturae Conspectus Scientificus. Vol. 73, No. 2, 95–101.
25. **Zdybel A., Gawłowski S., Laskowski J. 2009.** Wpływ wilgotności na wybrane właściwości fizyczne ziarna żyta. Acta Agrophysica. 14(1), 243-255.

DETERMINATION OF CORRELATION
RELATIONSHIP BETWEEN INDIVIDUAL
GEOMETRICAL PARAMETERS OF GRAINS OF
DIFFERENT CULTURES

Summary. The results of analysis of geometric parameters (length, width and thickness) of the grains of various crops are presented. For the measurement results and correlation analysis were founded that for certain grain crops (wheat, rye) holds a significant correlation between the individual geometric parameters that should be taken into account by using multi-dimensional distributions of dependent random variables for the modeling of their geometry. For other crops (for different varieties of coffee beans) correlation between individual geometrical parameters of grains appeared to be weak and therefore multi-dimensional distributions of independent random variables for simulation of their geometry are sufficient to use.

Key words: grain crops, geometric parameters correlation, modeling.