

Information systems modeling

УДК 519.237.4

doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2022.3.03>

І. В. Григоренко, С. М. Григоренко, О. В. Жук

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

ВИКОРИСТАННЯ ДИСПЕРСІЙНОГО АНАЛІЗУ ПРИ ПОБУДОВІ МОДЕЛІ ФАКТОРНОГО ВПЛИВУ НА РЕЗУЛЬТАТ ДИСТАНЦІЙНОГО ТЕПЛОВОГО КОНТРОЛЮ БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Анотація. Розглянуто вирішення науково-практичної задачі використання дисперсійного аналізу для побудови моделі факторного впливу на результат дистанційного теплового контролю біологічних об'єктів. Представлено модель впливу на результат вимірювання температури біологічного об'єкту чотирьох факторів, що негативно впливають на точність вимірювання температури, а саме: температура повітря, запиленість повітря, яскравість світлового випромінювання, вологість повітря. Розглянута схема дії зазначених факторів. Отримані результати базуються на тім, що дисперсійний аналіз – це метод статистичної оцінки надійності проявлення залежності результативної ознаки від одного або кількох факторів. Зроблено висновки, що отримані результати дають змогу подальшого удосконалення методів обробки результатів безконтактного вимірювання температури біологічних об'єктів. Представлені перспективи подальших досліджень розробленої моделі, а саме те, що є змога отримати рівняння для оцінювання достовірності статистичних висновків про інформаційну значимість показників контролю температури; отримання аналітичних співвідношень, що дадуть змогу оцінити кількість інформації для кожного з показників контролю температури при факторному впливі на функцію перетворення цих показників з тим, щоб ранжувати показники контролю температури за зменшенням їх чутливості до зміни рівнів параметра температурного контролю.

Ключові слова: біологічний об'єкт; вимірювання температури; безконтактний метод; інфрачервона термографія; дисперсійний аналіз.

Вступ

На тлі проблеми поширення Коронавірусної інфекції (*COVID 19*) Медичні працівники та працівники ветеринарної служби зацікавлені у вимірюванні і моніторингу температури тіла людей і тварин, особливо коли вони знаходяться у скупченні. Ця зацікавленість, основана на безпосередніх залежностях між патологічними станами і температурою тіла біологічних об'єктів. Більшість захворювань супроводжуються відхиленням температури тіла від нормальної (для людей приймають $36,6\text{ }^{\circ}\text{C}$), а отже, застосування безконтактних методів вимірювання температури, дає можливість своєчасно виявляти потенційно хворих у скупченні. Це дає можливість своєчасно ізолювати хворого від соціуму.

Методи безконтактного вимірювання температури вже давно знаходять широке застосування в медичній практиці, особливо там, де прямий контакт вимірювального обладнання з біологічним об'єктом неможливий, важкодоступний або взагалі небажаний. Використання таких методів передбачає визначення температури на основі неінвазивно вимірюваних значень інтенсивності теплового випромінювання з поверхні тканин [1].

Безконтактне вимірювання температури біологічних об'єктів стає можливим за рахунок застосування технології сенсора інфрачервоного випромінювання ($\lambda = 9,35 \dots 9,19\text{ мкм}$). Сенсори інфрачервоного випромінювання, зокрема термобатарей, призначені для вимірювання температури віддалених або недосяжних об'єктів. Сенсори інфрачервоного випромінювання зарекомендували себе якнайкраще, зокрема у вузьких діапазонах температур досягнуто результатів з точністю в межах $0,01\text{ K}$ [2].

Інфрачервона термографія – це методика застосування спеціальних електронно-оптичних пристроїв, що реєструють і вимірюють величину теплового потоку. Найпростіші тепловізори здатні створювати відеосигнал, у якому білі області відображають максимуми випромінюваної енергії, а темні області вказують на більше низький рівень теплового випромінювання.

Тепловізор – це прилад, призначений для відображення сигналів, частотні характеристики яких лежать нижче діапазону оптичного спектра. Ця особливість дозволяє одержувати фотознімки або відеозображення теплової картини об'єкта, бо межа виявлення теплових розходжень сучасними тепловізорами дуже мала – усього $0,01$ градуса [2, 3].

Квадрокоптер з тепловізором часто використовується в багатьох областях, у тому числі – для розвідки вогнищ пожеж, пошуку витоків газу, для вилученого контролю ліній електропостачання (ЛЕП), для охорони територій і периметрів, для пошуку людей і тварин. Активно використовують «літаючий тепловізор» рятувальники, військові, мисливці. Виготовленням квадрокоптеру з тепловізором займаються багато компаній по всьому Світу.

Аналіз основних досліджень і публікацій. У роботах [4 – 6] пропонується використовувати для вимірювання температури біологічних об'єктів саме квадрокоптер з тепловізором.

Однак при використанні засобів безконтактної термометрії треба враховувати вплив факторів, що заважають отримувати достовірні результати вимірювання температури, а саме: засвічування від сторонніх предметів (KF), випромінювання досліджуваної поверхні (T), коефіцієнта пропускання проміжного середовища (K_A), значення випромінювання від земної

поверхні (K_G), розігрів об'єкту від сонячного світла (K_S), пропускання оптичного каналу (K_O). Всі ці впливаючі фактори ускладнюють точне визначення температури і повинні бути враховані під час опрацювання результатів вимірювання. Пропонується використовувати метод дисперсійного аналізу при побудові моделі факторного впливу на результат дистанційного теплового контролю біологічних об'єктів.

Із [3] відомо, що повна енергія, яка випромінюється з одиниці поверхні біологічного об'єкту в одиницю часу визначається законом Стефана-Больцмана:

$$M_e(T) = \int_0^{\infty} M_{\lambda}(\lambda) d\lambda = \varepsilon \sigma T^4, \quad (1)$$

де $\sigma = 5,67032 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{К}^4)$ – стала Стефана-Больцмана;

ε – випромінювальна здатність, що залежить від матеріалу (шкіра людини) та від температури його поверхні ($\varepsilon < 1$);

T – температура біологічного об'єкту (шкіра людини).

У роботі [3] зазначено, що оскільки випромінювальна здатність залежить від довжини хвилі, то зв'язок між дійсною і вимірюваною температурою визначається виразом:

$$\frac{1}{T_i} = \frac{1}{T_n} + \frac{\lambda_1 \cdot \lambda_2}{C_2(\lambda_2 - \lambda_1)} \cdot \ln \frac{\varepsilon_{\lambda_1}}{\varepsilon_{\lambda_2}}, \quad (2)$$

де $C_2 = 1,4388 \cdot 10^{-2} \text{ м} \cdot \text{К}$ – друга константа випромінювання;

ε_{λ_1} і ε_{λ_2} – коефіцієнти випромінювальної здатності біологічного об'єкту, на довжинах хвиль λ_1 і λ_2 ;

λ_1 і λ_2 – робоча і спектральна смуга оптично-приймальної системи тепловізора.

На рис. 1 представлено схему впливу навколишнього середовища на випромінювання об'єкта контролю і внаслідок цього на сам результат вимірювання температури безконтактним засобом вимірювання (квадрокоптером із тепловізором).

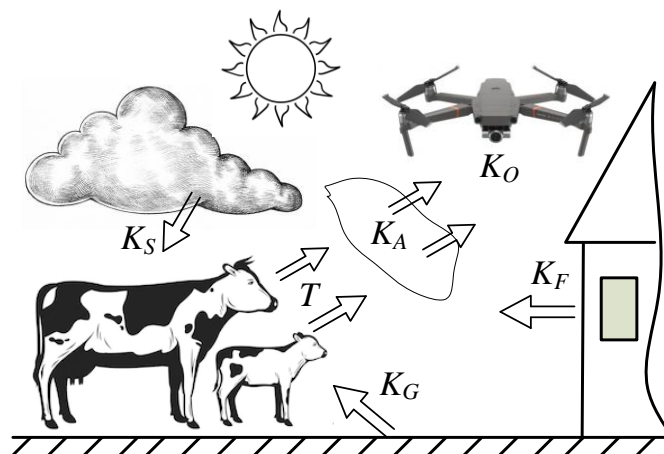


Рис. 1. Схему впливу навколишнього середовища на випромінювання об'єкта контролю
(Fig. 1. Scheme of the environment influence on the radiation of the control object)

На практиці не завжди є можливість вимірювати температуру людини або тварини засобом безконтактного контролю заздалегідь обравши місце, в якому у процесі вимірювання не проявляється дія факторів, що негативно впливають на точність вимірювання температури. Тому треба розробити модель факторного впливу, яка буде враховувати найбільш важливі фактори, що негативно впливають на результат вимірювання. Це можливо зробити використовуючи дисперсійний аналіз.

У роботі [7] зазначено, що дисперсійний аналіз – це метод статистичної оцінки надійності проявлення залежності результативної ознаки від одного або кількох факторів, що негативно впливають на точність вимірювання температури. За допомогою методу дисперсійного аналізу проводиться перевірка статистичних гіпотез відносно середніх в кількох генеральних сукупностях, які мають нормальний розподіл. Вказано, що дисперсійний аналіз дає змо-

гу встановити, наскільки вибіркові показники зв'язку результативного і факторних ознак достатні для поширення одержаних за вибіркою даних на генеральну сукупність. Достоїнством цього методу є те, що він дає досить надійні висновки по вибірках невеликої чисельності.

Досліджуючи варіацію результативної ознаки під впливом одного або кількох факторів за допомогою дисперсійного аналізу можна одержати крім загальних оцінок істотності залежностей, також і оцінку відмінностей у величині середніх, що формуються при різних рівнях факторів, та істотності взаємодії факторів, що негативно впливають на точність вимірювання [7].

Основний матеріал

Дисперсійний аналіз базується на ряді припущень стосовно випадкових величин та параметрів, що формують помилку експерименту [8 – 12]:

– математичне сподівання кожної залишкової випадкової величини дорівнює нулю, тобто систематична складова відсутня;

– залишкові випадкові величини взаємно незалежні. Ця вимога означає, що дисперсія суми всіх залишкових випадкових величин дорівнює сумі дисперсій цих величин;

– всі залишкові випадкові величини мають однакове середньоквадратичне відхилення.

– кожна залишкова випадкова величина розподілена за нормальним законом. Зазначене припущення, як правило, не виконується, але навіть істотні відхилення від нормального закону не роблять помітного впливу на процедуру аналізу.

Основним поняттям дисперсійного аналізу є поняття фактору – якості або властивості, відповідно до якої класифікуються дані і кожний фактор має кілька рівнів. Структурна схема експерименту описується, факторами що входять до нього і способами комбінування різних факторів на різних рівнях.

У нашому випадку на біологічний об'єкт контролю впливає декілька факторів, що негативно впливають на точність вимірювання температури, які не піддаються стабілізації або важко контролюються, але які викликають похибку вихідної величини. У такому випадку варто провести процедуру рандомізації для того, щоб зробити їхній вплив випадковим.

При багатофакторному експерименті від того, яка буде обрана модель, що залежить від способу взаємодії факторів.

У практиці дисперсійного аналізу розрізняють два види взаємодій факторів – ієрархічна та перехресна класифікації.

При ієрархічній класифікації розрізняють фактори основної групи й фактори підгруп, причому кожний рівень одного основного фактору може бути пов'язаний з безліччю рівнів другого фактору – фактору підгрупи [8, 9].

При перехресній класифікації кожен рівень одного фактору можуть сполучатися з усіма рівнями іншого фактору й упорядкування всіх взаємодій у цьому випадку, на відміну від ієрархічної класифікації, неможливо [8, 9].

Припустимо, що T – параметр, що характеризує випромінювання досліджуваної поверхні, який треба вимірювати, а P_1, \dots, P_n – показники контролю, що визначаються у процесі вимірювань (наприклад, температура повітря, запиленість повітря, яскравість світлового випромінювання, вологість повітря).

Результат спостереження значення кожного з показників контролю можна записати у вигляді математичної моделі, у якій факторами, що впливають є T та $(n - 1)$ факторів, зумовлених мінливістю показників контролю, що залишилися. Це твердження зумовлене тим фактом, що показники, що залишилися характеризують кількісно $(n - 1)$ властивості об'єкта контролю та відрізняються від параметру теплового контролю T , тим, що є можливість прямого вимірювання їх рівнів.

Отже, результат спостереження залежить від n факторів, що впливають.

Модель при дисперсійному аналізі має такий вигляд [8, 9]:

{ (Значення, що спостерігається) = Σ (Фактори, що описують ефекти, що визначаються) + Σ (Випадкові величини, що описують залишкові ефекти) }.

Для безконтактного вимірювання температури біологічного об'єкту розглянемо модель впливу на результат вимірювань показника контролю P_{abcd} при чотирьох факторах, що впливають (ε_a та факторах, рівні яких кількісно відображені значеннями трьох показників контролю, що залишилися (температура повітря, яскравість світлового випромінювання, вологість повітря). Вона має вигляд:

$$P_{abcd} = \bar{P} + \varepsilon_a + \alpha_b + \beta_c + \chi_d + (\varepsilon\alpha)_{ab} + (\varepsilon\beta)_{ac} + (\varepsilon\chi)_{ad} + (\alpha\beta)_{bc} + (\beta\chi)_{cd} + (\alpha\chi)_{bd} + (\varepsilon\alpha\beta\chi)_{abcd} + d_{abcd}, \quad (3)$$

де a, b, c, d – номери рівнів факторів, що впливають; ε_a – відхилення результату вимірювання показника P_{abcd} від його середнього значення \bar{P} , обумовлене впливом параметру T ;

$\alpha_b, \beta_c, \chi_d$ – відхилення результату вимірювання P_{abcd} від \bar{P} , обумовлене трьома факторами, що залишилися;

$(\varepsilon\alpha)_{ab}, (\varepsilon\beta)_{ac}, (\varepsilon\chi)_{ad}, (\alpha\beta)_{bc}, (\beta\chi)_{cd}, (\alpha\chi)_{bd}$ – відхилення, обумовлене парними взаємодіями усіх факторів, що впливають;

$(\varepsilon\alpha\beta\chi)_{abcd}$ – відхилення, обумовлене взаємодією чотирьох факторів, що впливають;

d_{abcd} – випадковий залишок.

Початковими умовами для моделі (3) будуть такі рівності:

$$\sum_a \varepsilon_a = 0; \quad \sum_b \alpha_b = 0; \\ \sum_c \beta_c = 0; \quad \sum_d \chi_d = 0$$

$$\sum_a (\varepsilon\alpha)_{ab} = 0; \quad \sum_b (\varepsilon\alpha)_{ab} = 0;$$

$$\sum_a (\varepsilon\beta)_{ac} = 0; \quad \sum_c (\varepsilon\beta)_{ac} = 0;$$

$$\sum_a (\varepsilon\chi)_{ad} = 0; \quad \sum_d (\varepsilon\chi)_{ad} = 0;$$

$$\sum_b (\alpha\beta)_{bc} = 0; \quad \sum_c (\alpha\beta)_{bc} = 0;$$

$$\sum_b (\alpha\chi)_{bd} = 0; \quad \sum_d (\alpha\chi)_{bd} = 0;$$

$$\sum_c (\beta\chi)_{cd} = 0; \quad \sum_d (\beta\chi)_{cd} = 0.$$

$$\sum_a (\varepsilon\alpha\beta\chi)_{abcd} = 0; \quad \sum_b (\varepsilon\alpha\beta\chi)_{abcd} = 0;$$

$$\sum_c (\varepsilon\alpha\beta\chi)_{abcd} = 0; \quad \sum_d (\varepsilon\alpha\beta\chi)_{abcd} = 0;$$

$$\sum_a \sum_b \sum_c \sum_d d_{abcd} = 0.$$

Крім цих умов на випадковий залишок накладені обмеження:

1) усі випадкові залишки d_{abcd} є взаємно незалежними;

$$2) M[d_{abcd}^2] = \sigma^2;$$

3) випадкові величини d_{abcd} розподілені по нормальному закону.

Що стосується виду відхилень $\varepsilon_a, \alpha_b, \beta_c, \chi_d$, то на них будуть накладені такі умови:

1) ε_a – є випадковою величиною, оскільки вона відображає ефект апріорно невизначених рівнів параметру контролю T ;

2) $\alpha_b, \beta_c, \chi_d$ – є метрологічна визначеними параметрами показників контролю.

Модель, задана виразом (3), не є виключно параметричною, із-за випадкових рівнів параметру колориметричного контролю T . Її слід віднести до змішаних моделей.

Висновки

1. Для безконтактного вимірювання температури біологічного об'єкту запропонована модель впливу на результат вимірювань показника контролю P_{abcd} при чотирьох факторах, що впливають. Модель враховує ефекти одночасної взаємодії факторів (температура повітря, яскравість світлового випромінювання, вологість повітря). Представлена модель дає змогу при подальших дослідженнях визначити обмеження на кількість рівнів основного параметру контролю та факторів, що впливають на результат вимірювання при заданій метрологічній невизначеності параметра контролю.

2. У подальших дослідженнях представленої моделі є змога отримати рівняння для оцінювання достовірності статистичних висновків про інформаційну значимість показників контролю температури.

3. Перспективним є отримання аналітичних співвідношень, що дадуть змогу оцінити кількість інформації для кожного з показників контролю температури при факторному впливі на функцію перетворення цих показників з тим, щоб ранжувати показники контролю температури за зменшенням їх чутливості до зміни рівнів параметра температурного контролю.

REFERENCES

- Shuangbao, Shu, Huajun, Liang, Yu, Zhang, Yuzhong, Zhang and Ziqiang, Yang (2022), "Non-contact measurement of human respiration using an infrared thermal camera and the deep learning method", *Measurement Science and Technology*, Vol. 33, No. 7, 075202, doi: <https://doi.org/10.1088/1361-6501/ac5ed9>.
- Anderson, J., Kaplan-Stein, S., Adolph, S. and Peralta, J.M. (2020), "Assessment of Non-Contact Infrared Thermometer Measurement Sites in Birds", *Journal of Applied Animal Welfare Science*, Vol. 23(2), pp. 131-139, doi: <https://doi.org/10.1080/10888705.2019.1664303>.
- Shlykov V.V. and Volyniy O.M. (2018), Microprocessor temperature control system. Internauka: International Scientific Journal. No. 13. P. 66-68.
- Hryhorenko, S.M., Hryhorenko, I.V. and Zhuk, O.V. (2020), "Analysis of problems of thermal control of biological objects", *Theoretical and practical research of young scientists*, XIV International scientific and practical conference of masters and postgraduate students, Kharkiv: NTU «KHP», Kharkiv, pp. 135-136.
- Hryhorenko, S.M., Hryhorenko, I.V. and Zhuk, O.V. (2021), "Application of microcontroller systems for remote thermal control of biological objects", *Information technologies: science, engineering, technology, education, health: XXIX International. of science-practice conf*, Vol. 2, NTU "KhPI", Kharkiv, p. 299.
- Zhuk, O.V., Hryhorenko, S.M. and Hryhorenko, I.V. (2021), "Planning an experiment to determine the temperature of biological objects", *Theoretical and practical research of young scientists: XV International scientific and practical conference of masters and postgraduate students*, NTU "KhPI", Kharkiv, p. 70.
- Diskaeva, E.I., Vechev, O.V., Bazikov, I.A. and Maltsev, A.N. (2019), "Dispersion analysis of niosomes different composition", *Journal of Nanoparticle Research*, Vol. 21(1), Article number: 21 (2019), doi: <https://doi.org/10.1007/s11051-018-4453-6>.
- Yefymenko, S. A. (2020), "Analysis of the influence of the uncertainty of measurement results on the reliability of colorimetric control", *Metrolohiya ta pryklady*, Kharkiv, No 6 (86), pp. 52–58.
- Barnes, L., Blumenau, J., Lauderdale, B.E. (2022), "Measuring Attitudes toward Public Spending Using a Multivariate Tax Summary Experiment", *American Journal of Political Science*, Vol. 66(1), pp. 205-221, doi: <https://doi.org/10.1111/ajps.12643>.
- Fokianos, K., Fried, R., Khari, Yu. and Voloshko, V. (2021), "Statistical analysis of multivariate discrete-valued time series", *Journal of multivariate analysis*, Vol. 188, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmva.2021.104805>.
- Hryhorenko, I., Kondrashov, S., and Hryhorenko, S. (2021), "Development and research of the parameters control system of the artificial ecosystem environment by the fuzzy-logic system", *Advanced Information Systems*, Vol. 5, No. 4, pp. 49–54, doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2021.4.07>
- Prabhaker, Mishra, Chandra Mani, Pandey, Uttam, Singh, Amit, Keshri and Mayilvaganan, Sabaretnam (2019), "Selection of Appropriate Statistical Methods for Data Analysis", *Annals of cardiac anaesthesia*, no. 2 (3) , pp. 297–301, doi: https://doi.org/10.4103/aca.ACA_248_18.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Shuangbao Shu, Huajun Liang, Yu Zhang, Yuzhong Zhang and Ziqiang Yang. Non-contact measurement of human respiration using an infrared thermal camera and the deep learning method. *Measurement Science and Technology*. 2022. Vol. 33, No. 7. 075202. DOI: <https://doi.org/10.1088/1361-6501/ac5ed9>.

2. Anderson J., Kaplan-Stein S., Adolph S., Peralta J.M. Assessment of Non-Contact Infrared Thermometer Measurement Sites in Birds. *Journal of Applied Animal Welfare Science*. 2020. Vol. 23(2), pp. 131-139, doi: <https://doi.org/10.1080/10888705.2019.1664303>.
3. Шликов В. В., Воляник О. М. Мікропроцесорна система контролю температури. *Інтернаука* : Міжнародний науковий журнал. 2018. № 13. С. 66-68.
4. Григоренко С. М., Григоренко І. В., Жук О. В. Аналіз проблем теплового контролю біологічних об'єктів. *Теоретичні та практичні дослідження молодих вчених* : XIV Міжнародна науково-практична конференція магістрів та аспірантів. Харків: НТУ «ХПІ», 2020. С. 135-136.
5. Григоренко І. В., Григоренко С. М., Жук О. В. Застосування мікроконтролерних систем для дистанційного теплового контролю біологічних об'єктів. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я* : XXIX Міжнар. наук. – практ. конф. Том 2. Харків: НТУ «ХПІ», 2021. С. 299.
6. Жук О. В., Григоренко С. М., Григоренко І. В. Планування експерименту по визначенню температури біологічних об'єктів. *Теоретичні та практичні дослідження молодих вчених* : XV Міжнародна науково-практична конференція магістрів та аспірантів. Харків: НТУ «ХПІ», 2021. С. 70.
7. Diskaeva E.I., Vecher O.V., Bazikov I.A., Maltsev A.N. Dispersion analysis of niosomes different composition, *Journal of Nanoparticle Research*, 2019. Vol. 21(1). Article number: 21 (2019). DOI: <https://doi.org/10.1007/s11051-018-4453-6>.
8. Єфименко С. А. Аналіз впливу невизначеності результатів вимірювань на достовірність колориметричного контролю. *Метрологія та прилади*. Харків, 2020. № 6 (86). С. 52–58.
9. Barnes, L., Blumenau, J., Lauderdale, B.E. Measuring Attitudes toward Public Spending Using a Multivariate Tax Summary Experiment, *American Journal of Political Science*, 2022. Vol. 66(1). P. 205-221, DOI: <https://doi.org/10.1111/ajps.12643>.
10. Fokianos K., Fried R., Kharin Yu., Voloshko, V. Statistical analysis of multivariate discrete-valued time series. *Journal of multivariate analysis*. 2022. Vol. 188. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmva.2021.104805>.
11. Григоренко І., Кондрашов С. Григоренко С. Розробка та дослідження системи контролю параметрів середовища штучної екосистеми апаратом fuzzy-logic. *Сучасні інформаційні системи*. 2021. Том 5, № 4, С. 49–54. DOI: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2021.4.07>.
12. Prabhaker Mishra, Chandra Mani Pandey, Uttam Singh, Amit Keshri, Mayilvaganan Sabaretanam. Selection of Appropriate Statistical Methods for Data Analysis. *Annals of cardiac anaesthesia*. 2019. No. 2 (3), P. 297–301. DOI: https://doi.org/10.4103/aca.ACA_248_18.

Received (Надійшла) 15.04.2022

Accepted for publication (Прийнята до друку) 29.06.2022

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ / ABOUT THE AUTHORS

Григоренко Ігор Володимирович – кандидат технічних наук, професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій і систем, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна;

Ihor Hryhorenko – Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Information and Measuring Technologies and Systems, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine; e-mail: grigmaestro@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4905-3053>.

Григоренко Світлана Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерних та радіоелектронних систем контролю і діагностики, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна;

Svitlana Hryhorenko – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Computer and Radio-Electronic Control Systems and Diagnostics, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine; e-mail: sngloba@gmail.com; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-5375-9534>.

Жук Олександр Васильович – аспірант кафедри комп'ютерних та радіоелектронних систем контролю та діагностики Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна;

Oleksandr Zhuk – postgraduate of the Department of computer and radio-electronic control systems and diagnostics National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine. e-mail: seozavr@gmail.com; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-1496-2836>.

Use of dispersion analysis in building a model of factor influence on the result of remote thermal control of biological objects

Ihor Hryhorenko, Svitlana Hryhorenko, Oleksandr Zhuk

Abstract. The solution to the scientific and practical problem of using dispersion analysis to build a model of factor influence on the result of remote thermal control of biological objects is considered. A model of the effect on the result of measuring the temperature of a biological object of four factors that negatively affect the accuracy of temperature measurement is presented, namely: air temperature, air dustiness, global radiation brightness, air humidity. The scheme of action of the specified factors is considered. In practice, it is not always possible to measure the temperature of a person or an animal by means of non-contact control by choosing a place in advance in which the influence of factors that negatively affect the accuracy of temperature measurement is not manifested during the measurement process. Therefore, it is necessary to develop a factor influence model that will take into account the most important factors that negatively affect the measurement result. This can be done using variance analysis. It was concluded that the obtained results enable further improvement of the methods of processing the results of non-contact temperature measurement of biological objects. Prospects for further research of the developed model are presented, namely, that it is possible to obtain an equation for evaluating the reliability of statistical conclusions about the informational significance of temperature control indicators; obtaining analytical ratios that will make it possible to estimate the amount of information for each of the temperature control indicators under the factorial influence on the transformation function of these indicators in order to rank the temperature control indicators according to the decrease in their sensitivity to changes in the temperature control parameter levels.

Keywords: biological object; temperature measurement; non-contact method; infrared thermography; dispersion analysis.