Уравнения регрессии для случайных величин исходного и конечного влагосодержания пенополимерминеральной изоляции труб магистральных теплопроводов

Поступила 02.02.2019 г. / Принята к публикации 25.03.2019 г.

© Белый Вячеслав Сергеевич¹, Брыль Сергей Валерьевич^{2,3}

¹ Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение основная общеобразовательная школа №3, г. Коломна, Россия

² Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский центр экологии и строительства»,

г. Коломна, Россия

³ Коломенский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет», г. Коломна, Россия

Аннотация. В данной статье приводится вывод уравнений регрессии для случайных величин исходного и конечного влагосодержания материала пенополимерминеральной изоляции стальных труб магистральных теплопроводов по результатам испытаний, проведенных в заводских условиях. Приведенный в работе пример аппроксимации экспериментальных данных об исходном и конечном влагосодержании образцов ППМ изоляции труб показывает, что получение уравнений регрессии с помощью рассмотренного алгоритма практически возможно.

Ключевые слова. Пенополимерминеральная (ППМ) изоляция, уравнение регрессии, влагосодержание.

The regression equations for random values of initial and final moisture content of foam-polymer-mineral insulation of main heat pipes

Received on February 02, 2019 / Accepted on March 25, 2019

© Belyi Viacheslav Sergeevich¹, Bryl Sergei Valerevich^{2,3}

¹ Municipal budget educational institution secondary school №3, Kolomna, Russia

² Limited liability company «Scientific-research center of environmental engineering and construction», Kolomna, Russia

³ Kolomna Institute of Moscow Polytechnic University, Kolomna, Russia

Abstract. This article presents the conclusion of regression equations for random values of the initial and final moisture content of the material of foam-polymer insulation of steel pipes of main heat pipelines according to the results of tests conducted in the factory. The example of approximation of experimental data about the source and target moisture content of the samples of foam insulation pipes shows that the regression equations with the help of the considered algorithm is practically possible.

Keywords. Foam-polymer-mineral (PPM) insulation, regression equation, moisture content.

Введение. С точки зрения физических явлений процессы водопоглощения пенополимерминеральной (ППМ) изоляции стальных труб магистральных теплопроводов представляют собой явление прямого переноса концентрации воды в твердую среду, поверхность которой смачиваемой не является [1]. Таким образом, имеет место явление диффузии жидкости в аморфное тело. В данной статье производится попытка установления наличия приблизительной функциональной взаимосвязи между случайными величинами исходного ω_i и конечного Θ_i , $i = 1, N$ вла-

госодержания образцов ППМ изоляции стальных труб на основе имеющейся статистической информации об этих величинах, полученной экспериментальным путем [2].

После краткой формализации задачи исследований в данной работе приводятся:

– алгоритм вывода уравнений нелинейной регрессии на основе аппроксимации данных эксперимента полиномиальным методом;

– пример обработки экспериментальных данных по предлагаемому в данной статье алгоритму.

Авторы выражают глубокую благодарность и признательность руководству ООО НПП «Пенополимер» за предоставленный статистический материал.

Материалы и методы исследований. Известно [3], что случайные величины исходного ω_i и конечного Θ_i , $i = 1, N$ влагосодержания образцов ППМ изоляции стальных труб имеют бета-распределение с определенными значениями коэффициентов масштаба p и формы q . Между случайными величинами ω_i и Θ_i имеют место сильные корреляционные взаимосвязи. Кроме того, данные корреляционные связи имеют нелинейный характер и, предположительно, для адекватного их математического описания требуются полиномы второй и более степеней.

Требуется найти уравнение этого полинома в виде некоторой функции $\Theta(\omega)$, записанной в явном виде. Искомое уравнение является уравнением регрессии, отображающее корреляционные связи между случайными величинами ω_i и Θ_i . С помощью этого уравнения возможна аппроксимация множества точек на диаграмме рассеивания, построенной в системе координат $\omega_i\Theta_i$. Более того, возможно решение задачи определения функциональной зависимости конечного влагосодержания Θ_i в зависимости от исходного ω_i , что позволит разработать примерную модель происходящих в образцах ППМ изоляции диффузионных процессов.

Исходными данными для вывода уравнения регрессии являются результаты исследования образцов ППМ изоляции стальных труб на предмет их исходного и конечного влагосодержания. Результаты испытаний на влагосодержание материала ППМ изоляции стальных труб сводятся в таблицу [5]. Значения постоянных коэффициентов b_0 , b_1 , $b_2, \dots, b_k$ уравнения регрессии вида: $b_0 + b_1 \cdot \omega + b_2 \cdot \omega^2 + \dots + b_k \cdot \omega^k = \Theta(\omega)$ определяются путем решения соответствующей системы уравнений [4]. Коэффициенты (4) рассчитываются отдельно для каждого ряда случайных величин влагосодержания.

Испытания ППМ изоляции труб на водопоглощение осуществлялось по методике, разработанной специалистами ООО НПП «Пенополимер» и предусматривающей непрерывное пребывание ис-

следуемых образцов в воде в течение 7, 21, 42 и 77 суток [2].

Результаты исследований и их обсуждение. Предполагается, что для наиболее точной аппроксимации экспериментальных данных для начала достаточно взять степень полинома $k = 2$. Тогда, в соответствии с предложенным алгоритмом для экспериментальных данных, полученных по результатам 7 суток непрерывного пребывания образцов ППМ изоляции в воде, составляется система уравнений в аналитическом

$$\begin{cases} 48 \cdot b_0 + 34.94 \cdot b_1 + 27.47 \cdot b_2 = 72.48 \\ 34.94 \cdot b_0 + 27.47 \cdot b_1 + 22.92 \cdot b_2 = 57.52 \\ 27.47 \cdot b_0 + 22.92 \cdot b_1 + 20.02 \cdot b_2 = 48.75 \end{cases}$$

и матричном видах:

$$\begin{pmatrix} 48 & 34.94 & 27.47 \\ 34.94 & 27.47 & 22.92 \\ 27.47 & 22.92 & 20.02 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 72.48 \\ 57.52 \\ 48.75 \end{pmatrix}.$$

Из системы уравнений определяется вектор постоянных коэффициентов

$$\begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 48 & 34.94 & 27.47 \\ 34.94 & 27.47 & 22.92 \\ 27.47 & 22.92 & 20.02 \end{pmatrix}^{-1} \times \begin{pmatrix} 72.48 \\ 57.52 \\ 48.75 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.63 \\ -3.2 \\ 3.86 \end{pmatrix}.$$

Уравнение регрессии имеет вид

$$\Theta_7(\omega) = 1.63 - 3.2 \cdot \omega + 3.86 \cdot \omega^2.$$

На диаграмме рассеивания (рис. 1) изображен график функции $\Theta_7(\omega)$

Рис. 1. График функции $\Theta_7(\omega)$ на диаграмме рассеивания величины Θ_7

Для экспериментальных данных, полученных по результатам 21 суток

непрерывного пребывания образцов ППИМ изоляции в воде, система уравнений будет иметь соответственно аналитический и матричный виды:

$$\begin{cases} 48 \cdot b_0 + 34.94 \cdot b_1 + 27.47 \cdot b_2 = 76.80 \\ 34.94 \cdot b_0 + 27.47 \cdot b_1 + 22.92 \cdot b_2 = 61.66, \\ 27.47 \cdot b_0 + 22.92 \cdot b_1 + 20.02 \cdot b_2 = 53.08 \end{cases}$$

$$\begin{pmatrix} 48 & 34.94 & 27.47 \\ 34.94 & 27.47 & 22.92 \\ 27.47 & 22.92 & 20.02 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 76.80 \\ 61.66 \\ 53.08 \end{pmatrix}.$$

Из системы уравнений определяется вектор постоянных коэффициентов

$$\begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 48 & 34.94 & 27.47 \\ 34.94 & 27.47 & 22.92 \\ 27.47 & 22.92 & 20.02 \end{pmatrix}^{-1} \times \begin{pmatrix} 76.80 \\ 61.66 \\ 53.08 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3.12 \\ -8.04 \\ 7.58 \end{pmatrix}.$$

Уравнение регрессии имеет вид

$$\Theta_{21}(\omega) = 3.12 - 8.04 \cdot \omega + 7.58 \cdot \omega^2.$$

На диаграмме рассеивания (рис. 2) изображен график функции $\Theta_{21}(\omega)$. Из рисунка 2 видно, что для обеспечения более высокой точности аппроксимации данных требуется изменить степень полинома. Поэтому, для обработки данных, полученных по результатам непрерывного пребывания образцов ППИМ изоляции в воде, необходимо воспользоваться полиномом степени $k = 4$.

Для экспериментальных данных, полученных по результатам 42 суток непрерывного пребывания в воде образцов ППИМ изоляции, также, как и в предыдущих случаях составляется система уравнений (2) в аналитическом

$$\begin{cases} 48 \cdot b_0 + 34.94 \cdot b_1 + 27.47 \cdot b_2 + 22.92 \cdot b_3 + 20.02 \cdot b_4 = 103.68 \\ 34.94 \cdot b_0 + 27.47 \cdot b_1 + 22.92 \cdot b_2 + 20.02 \cdot b_3 + 18.15 \cdot b_4 = 80.60 \\ 27.47 \cdot b_0 + 22.92 \cdot b_1 + 20.02 \cdot b_2 + 18.15 \cdot b_3 + 16.94 \cdot b_4 = 69.57 \\ 22.92 \cdot b_0 + 20.02 \cdot b_1 + 18.15 \cdot b_2 + 16.94 \cdot b_3 + 15.98 \cdot b_4 = 62.76 \\ 20.02 \cdot b_0 + 18.15 \cdot b_1 + 16.94 \cdot b_2 + 15.98 \cdot b_3 + 15.80 \cdot b_4 = 58.24 \end{cases}$$

и матричном

$$\begin{pmatrix} 48 & 34.94 & 27.47 & 22.92 & 20.02 \\ 34.94 & 27.47 & 22.92 & 20.02 & 18.15 \\ 27.47 & 22.92 & 20.02 & 18.15 & 16.94 \\ 22.92 & 20.02 & 18.15 & 16.94 & 15.98 \\ 20.02 & 18.15 & 16.94 & 15.98 & 15.80 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 103.68 \\ 80.60 \\ 69.57 \\ 62.76 \\ 58.24 \end{pmatrix}$$

видах. Результатом решения системы уравнений является вектор

$$\begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 48 & 34.94 & 27.47 & 22.92 & 20.02 \\ 34.94 & 27.47 & 22.92 & 20.02 & 18.15 \\ 27.47 & 22.92 & 20.02 & 18.15 & 16.94 \\ 22.92 & 20.02 & 18.15 & 16.94 & 15.98 \\ 20.02 & 18.15 & 16.94 & 15.98 & 15.80 \end{pmatrix}^{-1} \times \begin{pmatrix} 103.68 \\ 80.60 \\ 69.57 \\ 62.76 \\ 58.24 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.64 \cdot 10^{-3} \\ -1.06 \cdot 10^{-4} \\ 2.37 \cdot 10^{-4} \\ -2.24 \cdot 10^{-4} \\ 7.56 \cdot 10^{-3} \end{pmatrix}$$

Уравнение регрессии имеет вид

$$\Theta_{42}(\omega) = 1.64 \cdot 10^{-3} + (-1.06 \cdot 10^{-4}) \omega + 2.37 \cdot 10^{-4} \cdot \omega^2 + (-2.24 \cdot 10^{-4}) \omega^3 + 7.56 \cdot 10^{-3} \cdot \omega^4.$$

На диаграмме рассеивания (рис. 3) изображен график функции $\Theta_{42}(\omega)$.

Рис. 2. График функции $\Theta_{21}(\omega)$ на диаграмме рассеивания величины Θ_{21}

Рис. 3. График функции $\Theta_{42}(\omega)$ на диаграмме рассеивания величины Θ_{42}

Для экспериментальных данных, полученных по результатам 77 суток непрерывного пребывания в воде образцов ППИМ изоляции, система уравнений будет иметь аналитический и матричный виды:

$$\begin{cases} 48 \cdot b_0 + 34.94 \cdot b_1 + 27.47 \cdot b_2 + 22.92 \cdot b_3 + 20.02 \cdot b_4 = 131.64 \\ 34.94 \cdot b_0 + 27.47 \cdot b_1 + 22.92 \cdot b_2 + 20.02 \cdot b_3 + 18.15 \cdot b_4 = 101.65, \\ 27.47 \cdot b_0 + 22.92 \cdot b_1 + 20.02 \cdot b_2 + 18.15 \cdot b_3 + 16.94 \cdot b_4 = 86.73 \\ 22.92 \cdot b_0 + 20.02 \cdot b_1 + 18.15 \cdot b_2 + 16.94 \cdot b_3 + 15.98 \cdot b_4 = 77.46 \\ 20.02 \cdot b_0 + 18.15 \cdot b_1 + 16.94 \cdot b_2 + 15.98 \cdot b_3 + 15.80 \cdot b_4 = 71.68 \end{cases}$$

$$\begin{pmatrix} 48 & 34.94 & 27.47 & 22.92 & 20.02 \\ 34.94 & 27.47 & 22.92 & 20.02 & 18.15 \\ 27.47 & 22.92 & 20.02 & 18.15 & 16.94 \\ 22.92 & 20.02 & 18.15 & 16.94 & 15.98 \\ 20.02 & 18.15 & 16.94 & 15.98 & 15.80 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 131.64 \\ 101.65 \\ 86.73 \\ 77.46 \\ 71.68 \end{pmatrix}.$$

Результатом решения системы уравнений является вектор

$$\begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 48 & 34.94 & 27.47 & 22.92 & 20.02 \\ 34.94 & 27.47 & 22.92 & 20.02 & 18.15 \\ 27.47 & 22.92 & 20.02 & 18.15 & 16.94 \\ 22.92 & 20.02 & 18.15 & 16.94 & 15.98 \\ 20.02 & 18.15 & 16.94 & 15.98 & 15.80 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} 131.64 \\ 101.65 \\ 86.73 \\ 77.46 \\ 71.68 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 252.62 \\ -1.62 \cdot 10^3 \\ 3.65 \cdot 10^3 \\ -3.45 \cdot 10^3 \\ 1.17 \cdot 10^3 \end{pmatrix}.$$

Уравнение регрессии имеет вид

$$\Theta_{77}(\omega) = 252.62 + -1.62 \cdot 10^3 \cdot \omega + 3.65 \cdot 10^3 \cdot \omega^2 + (-3.454 \cdot 10^3) \cdot \omega^3 + 1.17 \cdot 10^3 \cdot \omega^4.$$

На диаграмме рассеивания (рис. 4) изображен график функции $\Theta_{77}(\omega)$.

Рис. 4. График функции $\Theta_{77}(\omega)$ на диаграмме рассеивания величины Θ_{77}

Из графиков функций $\Theta_{42}(\omega)$ и $\Theta_{77}(\omega)$ следует, что даже увеличение степени полинома k не привело к желаемой точности аппроксимации экспериментальных данных. Дальнейшее увеличение величины k приведет к увеличению количества уравнений в системе (2) и размерности матрицы в (3). Это, в свою очередь, приведет к возрастанию вычислительных затрат.

Таким образом, задача аппроксимации имеющихся в наличии экспериментальных данных решена, однако точность аппроксимации оставляет желать лучшего. Крутизна графиков аппроксимирующих функций (по уравнениям регрессии из рис. 1–4),

представленных на рисунке 5, показывает, что углы наклона кривых $\Theta(\omega)$ к оси абсцисс ω тем больше, чем дольше исследуемые образцы изоляции пребывают в воде.

Рис. 5. График функции $\Theta_7(\omega)$, $\Theta_{21}(\omega)$, $\Theta_{42}(\omega)$ и $\Theta_{77}(\omega)$ на всей области определения ω

Из графиков функций $\Theta_7(\omega)$, $\Theta_{21}(\omega)$, $\Theta_{42}(\omega)$ и $\Theta_{77}(\omega)$, изображенных на рисунке 5 также следует, что при малых значениях аргумента ω , не превышающих значения 0.6...0.8, точность аппроксимации полиномиальным методом является наименьшей даже при высоких значениях степени полинома k . При этом, из диаграмм рассеивания величин Θ , приведенных на рисунках 1–4, видно, что величина конечного влагосодержания практически не зависит от значений исходного влагосодержания ω . Это связано с особенностями протекания диффузионных процессов в образцах материалов ППМ изоляции труб. Однако, при условии $\omega > 0.85$ [%], зависимость $\Theta(\omega)$ становится значительной (рис. 6). Скорость возрастания функции $\Theta(\omega)$ тем выше, чем дольше исследуемые образцы материалов ППМ изоляции непрерывно находятся в воде. Исследование особенностей протекания диффузионных процессов при повышенных значениях исходного содержания влаги в образцах изоляции труб выходит за рамки данной статьи и является направлением для дальнейших научных изысканий.

Рис. 6. График функции $\Theta_7(\omega)$, $\Theta_{21}(\omega)$, $\Theta_{42}(\omega)$ и $\Theta_{77}(\omega)$ в области определения $\omega > 0.85$

Выводы

Вывод уравнений регрессии для представленных в виде диаграмм рассеивания (рис. 1–4) экспериментальных данных об исходном и конечном влагосодержании образцов ППМ изоляции труб, основан на полиномиальном методе аппроксимации данных.

Приведенный в работе пример аппроксимации экспериментальных данных об исходном и конечном влагосодержании образцов ППМ изоляции труб показывает, что получение уравнений регрессии с помощью рассмотренного алгоритма практически возможно. При этом, точность аппроксимации данных, оставляет желать лучшего даже в случае использования полинома четвертой степени. В конечном итоге, полученные уравнения регрессии позволяют установить приближенную явную функциональную взаимосвязь между конечным исходным влагосодержанием образцов ППМ изоляции труб, что, возможно, поможет произвести анализ диффузионных процессов, происходящих в материалах изоляции труб.

Библиографический список

1. ГОСТ 17177-94 «Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний». М.: МНТКС, 1994. 38 с.

2. Исследование величины водопоглощения ППМ изоляции на трубе и характера распределения влажности по толщине ППМ изоляции при полном погружении в воду [Текст]: отчет об испытаниях: № 001/2018 от 9.01.2018 г. / ООО «НПП «Пенополимер»; исполн.: Белый В.С. [и др.]. Коломна, 2018. 13 с.

3. Белый В.С., Мишина А.М. Исследование водопоглощения пенополимер-минеральной изоляции на трубе в условиях затопления // Коммунальный комплекс России. 2018, март. № 3(165).

4. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Academia, 2005. 576 с.

5. Белый В.С., Брыль С.В., Мишина А.М., Зверьков М.С. Оценка возможностей сокращения объема испытаний пенополимерминеральной изоляции труб на предмет исходного влагосодержания // Экология и строительство. 2018. № 2. С. 35–43. doi: [10.24411/2413-8452-2018-10005](https://doi.org/10.24411/2413-8452-2018-10005).

References in roman script

1. GOST 17177-94 «Materialy i izdeliya stroitel'nye teploizolyacion-nye. Metody ispytaniy». M.: MNTKS, 1994. 38 s.

2. Issledovanie velichiny vodopogloshcheniya PPM izolyacii na trube i haraktera raspredeleniya vlazhnosti po tolshchine PPM izolyacii pri polnom pogruzhenii v vodu [Tekst]: otchet ob ispytaniyah: № 001/2018 ot 9.01.2018 g. / ООО «NPP «Penopolimer»; is-poln.: Belyj V.S. [i dr.]. Kolomna, 2018. 13 s.

3. Belyj V.S., Mishina A.M. Issledovanie vodopogloshcheniya penopolimer-mineral'noj izolyacii na trube v usloviyah zatopeniya // Kommunal'nyj kompleks Rossii. 2018, mart. № 3(165).

4. Ventcel' E.S. Teoriya veroyatno-stej. M.: Academia, 2005. 576 s.

5. Belyj V.S., Bryl S.V., Mishina A.M., Zverkov M.S. The assessment of the possibilities of reducing the number of tests of the initial moisture content in the foampolymer-mineral insulation of pipes // Ekologiya i stroitelstvo. 2018. № 2. P. 35–43. doi: [10.24411/2413-8452-2018-10005](https://doi.org/10.24411/2413-8452-2018-10005).

Дополнительная информация

Сведения об авторах:

Белый Вячеслав Сергеевич, кандидат технических наук; Муниципальное бюджетное общеобра-

зовательное учреждение основная общеобразовательная школа №3; 140400, Российская Федерация, Московская область, Коломна, Лазарева, 12; e-mail: el.belaya2015@yandex.ru.

Брыль Сергей Валерьевич, кандидат технических наук, заведующий кафедрой строительного производства; Коломенский институт (филиал) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет»; 140402, г. Коломна, ул. Октябрьской революции, д. 408; e-mail: stroy@polytech-kolomna.ru.

В этой статье под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 International License, которая разрешает копирование, распространение, воспроизведение, исполнение и переработку материалов статей на любом носителе или формате при условии указания автора(ов) произведения, защищенного лицензией Creative Commons, и указанием, если в оригинальный материал были внесены изменения. Изображения или другие материалы третьих лиц в этой статье включены в лицензию Creative Commons, если иные условия не распространяются на указанный материал. Если материал не включен в лицензию Creative Commons, и Ваше предполагаемое использование не разрешено законодательством Вашей страны или превышает разрешенное использование, Вам необходимо получить разрешение непосредственно от владельца(ев) авторских прав.

Для цитирования: Белый В.С., Брыль С.В. Уравнения регрессии для случайных величин исходного и конечного влагосодержания пенополимерминеральной изоляции труб магистральных теплопроводов // Экология и строительство. 2019. № 1. С. 25–30. doi: [10.35688/2413-8452-2019-01-004](https://doi.org/10.35688/2413-8452-2019-01-004).

Additional Information

Information about the authors:

Belyi Viacheslav Sergeevich, candidate of technical sciences; Municipal budget educational institution secondary school №3; 140400, Moscow region, town Kolomna, ul. Lazareva, 12; e-mail: el.belaya2015@yandex.ru.

Bryl Sergei Valerevich, candidate of technical sciences, head of the construction production department; Kolomna Institute of Moscow Polytechnic University; 140402, Moscow region, town Kolomna, ul. Oktyabrskoy revolyutsii, 408; e-mail: stroy@polytech-kolomna.ru.

This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons license, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons license and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder.

For citations: Belyj V.S., Bryl S.V. The regression equations for random values of initial and final moisture content of foam-polymer-mineral insulation of main heat pipes // Ekologiya i stroitelstvo. 2019. № 1. P. 25–30. doi: [10.35688/2413-8452-2019-01-004](https://doi.org/10.35688/2413-8452-2019-01-004).