

investigate index value changes while these regions are moving along each coordinate axes and construct the corresponding colormaps. There was attempted to specify the periodicity of the analyzed signal and the liver tissue condition according to these results.

References

1. Sudarshan V.K., Krishnan Mookiah M.R., Acharya R., Chandran V., Molinari F., Fujita H., Ng K.H. Application of wavelet techniques for cancer diagnosis using ultrasound images: A Review *Computers in Biology and Medicine* **69** (2016), 97–111.
2. Benítez R., Bolós V.J., Ramírez M.E. A wavelet-based tool for studying non-periodicity *Comput. Math. Appl.* **60** (2010), 634–641.
3. Doubrovina O., Gambin B., Piotrkowska-Wróblewska H. The backscattered ultrasound signal wavelet decomposition applied to recognize of regular positioning of scatterers in a sonicated medium. Материалы международного семинара “Аналитические методы анализа и дифференциальных уравнений (АМАДЕ)”, Минск, 17–21 сентября 2018 г. ИМ НАН РБ. (2018), 64–65.
4. Doubrovina O. Improving The Method For Studying The Periodicity Of Tissue Structure And Its Violations By Means Of Wavelet Techniques. In: *Cyber-Physical Systems. Digital Technologies and Applications*. (Eds. Kravets, A.G., et al.) Springer International Publishing (2021), 271–282.

К ВОПРОСУ ОБ ЭКОЛОГИЗАЦИИ ЛОГИСТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

А. А. Дутина, Арина А. Королёва (Минск, Беларусь)

Республика Беларусь, находясь на пересечении важнейших торговых путей, играет значительную роль в современной мировой логистике, связывая европейские и азиатские страны и внося свой вклад в логистику всего мира. Именно поэтому для белорусской логистики особенно важно соответствовать новейшим мировым тенденциям, в том числе и в области экологии.

С помощью эколого-экономического индекса (ЕЕИ) можно оценить экономическую и экологическую динамику развития страны. Он был выбран в качестве показателя для оценки степени экологизации логистики. На основе изучения динамики эколого-экономического индекса ЕЕИ для стран ЕАЭС за 2013–2018 годы (см. [3]) можно сделать следующие выводы. Республика Беларусь является государством с самым стабильным ЕЕИ. Это означает, что степень экологизации логистики практически не изменилась, и государству необходимо внедрять в экономику новейшие разработки в этой сфере. Быстрый темп роста эколого-экономического индекса в Киргизии связан с незначительным уменьшением ВВП, а в Казахстане и Армении ВВП стабильно увеличивается, таким образом, снижая эколого-экономический индекс этих стран.

С нашей точки зрения, для уменьшения вредного воздействия логистики на окружающую среду, в Республике Беларусь необходимо:

- осуществлять транспортировку согласно оптимальному маршруту, затрагивая как экономическую, так и с экологическую стороны;
- внедрять интермодальные перевозки и производить консолидацию грузов;
- способствовать выбору «экологического» вида транспорта — железнодорожного, морского, делая его более экономически привлекательным;
- использовать обратные контейнеры, сокращая отходы;
- совершенствовать виды упаковки, делая ее многоразовой или менее вредоносной для окружающей среды [1, 2].

Развитие экологической логистики в Республике Беларусь тесно связано с глобальными тенденциями в области «зеленой» экономики. В настоящее время устойчивое развитие является одной из целей, которая теперь должна быть согласована с такими традиционными показателями транспортно-логистических компаний, как прибыльность, эффективность, удовлетворенность клиентов и качество.

Литература

1. Инструменты экологизации в транспортно-логистической деятельности / Кошечнов, А.С. // Economics: Yesterday, Today and Tomorrow, Vol. 9, (2019), 1–12.
2. Яндыганов Я.Я., Власова Е.Я., Никулина Н.Л. Экологическая безопасность региона (социально-экологоэкономический аспект) // Экономика региона. №3 (2008), 144–153.
3. Database [Electronic resource] // Worldbank. – Mode of access: <https://data.worldbank.org/> – Date of access: 15.04.2021.

К ТЕОРИИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ВАРИАЦИОННЫМИ ПРОИЗВОДНЫМИ М. В. Игнатенко, Л. А. Янович (Минск, Беларусь)

Пусть на множестве X функций $x(t)$, $t \in T \subseteq \mathbb{R}$, задан функционал

$$J(x) = J(x_0) + \int_0^1 ds \int_T f[s(P_n(x) - P_n(x_0)) + P_n(x_0), a(t)](P_n(x) - P_n(x_0))dt, \quad (1)$$

где $P_n(x)$ — алгебраический многочлен n -й степени от функции $x = x(t)$ с переменными коэффициентами; $a(t)$ — некоторая функция, заданная на T .

Теорема 1. Решением дифференциального уравнения

$$\frac{\delta J(x)}{\delta x(t)} = J_0 + f(P_n(x), a(t))P'_n(x) \quad (2)$$

с начальным условием $J(x_0) = J_0$ является функционал (1).

Схема доказательства. Используя определение, вычислим дифференциал Гато $\delta J[x; h]$ функционала (1) и получим следующую формулу для вариационной производной этого функционала:

$$\begin{aligned} \frac{\delta J(x)}{\delta x(t)} = \int_0^1 ds \{ f' [s(P_n(x) - P_n(x_0)) + P_n(x_0), a(t)] s P'_n(x) (P_n(x) - P_n(x_0)) + \\ + f[s(P_n(x) - P_n(x_0)) + P_n(x_0), a(t)] P'_n(x) \}. \end{aligned}$$

Введем функцию $\phi(s) = f[s(P_n(x) - P_n(x_0)) + P_n(x_0), a(t)]P'_n(x)s$, тогда

$$\frac{\delta J(x)}{\delta x(t)} = \int_0^1 \phi'(s)ds = \phi(1) - \phi(0) = f(P_n(x), a(t))P'_n(x),$$

что доказывает теорему 1.

Рассмотрим уравнение (2) в частном случае, когда в качестве независимой переменной функционала f выступают алгебраические многочлены с функциональными коэффициентами $P_n(x) = \sum_{k=0}^n a_{nk}(t)x^k$ ($x = x(t)$, $x_0 = x_0(t)$, $t \in T$). Через $J(P_n(x))$ обозначим функционал

$$\begin{aligned} J(P_n(x)) = J(P_n(x_0)) + \\ + \int_0^1 ds \int_T f[s(P_n(x) - P_n(x_0)) + P_n(x_0), a(t)](P_n(x) - P_n(x_0))dt. \end{aligned} \quad (3)$$

Вычислив дифференциал Гато $\delta J[P_n(x); H]$ и вариационную производную $\frac{\delta J(P_n(x))}{\delta P_n(x(t))}$ функционала (3), приходим к следующей теореме.

Теорема 2. Функционал (3) является решением уравнения

$$\frac{\delta J(P_n(x))}{\delta P_n(x(t))} = J(P_n(x_0)) + f[P_n(x), a(t)](P_n(x) - P_n(x_0)).$$