

# Адаптивно-многоиндексно-кластерный алгоритм комплексной оценки воздействия химических загрязнений на лесные массивы по спутниковым фотоизображениям

**В.П. Мешалкин<sup>1,2,3</sup>, О.Б. Бутусов<sup>1,2\*</sup>, Т.Б. Чистякова<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия

<sup>2</sup>Институт физической химии и электрохимии имени А. Н. Фрумкина РАН, Москва, Россия

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Санкт-Петербург, Россия

\*butusov-1@mail.ru

**Аннотация.** Предложен оригинальный адаптивно-многоиндексно-кластерный алгоритм комплексной оценки воздействия химических загрязнений на лесные массивы по спутниковым фотоизображениям, отличающийся применением адаптивной процедуры формирования пиксельных кластеров, отображающих множество спектральных каналов фотоизображения каждого вида вегетационного состояния древостоя в зонах химических загрязнений лесных массивов, а также использованием процедуры расчета средневзвешенных значений комплексных вегетационных индексов для каждой зоны химических загрязнений, что позволяет на основе значений комплексных вегетационных индексов определять различные биологические, фитологические и физико-химические состояния зон лесных массивов. Для построения комплексных эколого-вегетационных индексов, привязанных к экологическим зонам, предлагается использовать средневзвешенные преобразования классических вегетационных индексов, с помощью которых рассчитывается новый специализированный комплексный вегетационный индекс, позволяющий выделять экологические зоны в лесных массивах по уровням воздействия на леса химических загрязнений промышленных предприятий. Специализированные комплексные вегетационные индексы адаптивного подбора весовых коэффициентов способны отображать различные биологические, физико-химические и экологические характеристики состояния лесных массивов на основе кластеризации пикселей спутниковых фотоизображений. Предложенный алгоритм позволяют вычислять в результате кластеризации более точные оценки суммарных площадей экологических зон лесных массивов, что может быть использовано в качестве основы для оценки степени экологической деградации лесных массивов и экологических ущербов.

**Ключевые слова:** вегетационные индексы, контрольные пиксели, лесные массивы, многоканальность фотоизображения, кластеры, спектральный канал, предприятие, металлургический комплекс, химические загрязнения

**Для цитирования:** Мешалкин В.П., Бутусов О.Б., Чистякова Т.Б. Адаптивно-многоиндексно-кластерный алгоритм комплексной оценки воздействия химических загрязнений на лесные массивы по спутниковым фотоизображениям // Прикладная информатика. 2022. Т. 17. № 5. С. 6–14. DOI: 10.37791/2687-0649-2022-17-5-6-14

# Adaptive-multi-index-cluster algorithm for comprehensive assessment of the impact of chemical pollution on forests using satellite photographs

V. Meshalkin<sup>1,2,3</sup>, O. Butusov<sup>1,2\*</sup>, T. Chistyakova<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry named after A. N. Frumkin of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>3</sup>Saint Petersburg State Institute of Technology (Technical University), Saint Petersburg, Russia

\*butusov-1@mail.ru

**Abstract.** An original adaptive-index-clustering algorithm is proposed: “Managed vegetation index”. An original adaptive-multi-index-cluster algorithm for comprehensive assessment of the impact of chemical pollution on forests using satellite photographs is proposed, which is distinguished by the use of an adaptive procedure for the formation of pixel clusters displaying a plurality of spectral channels of a photographic image of each type of vegetation state of a forest stand in the zones of chemical pollution of forest tracts, as well as using the procedure for calculating the weighted average values of complex vegetation indices for each zone of chemical pollution, which allows, based on the values of complex vegetation indices, to determine various biological, phytological and physico-chemical states of forest areas. It should be noted that in order to solve the complex problem of constructing complex indices linked to ecological zones, it is proposed to use the simple idea of increasing the quality of modeling and forecasting by expanding the amount of information. The proposed problem can be solved using a statistical analysis of data on the distribution of pixels whose belonging to ecological zones is known in advance. The development of the algorithm is based on the following prerequisites: (1) using a linear combination of individual classical vegetation indices of the state of forest areas, it is possible to create a new specialized complex vegetation index that makes it possible to identify ecological zones in forest areas according to the levels of impact on forests of chemical pollution of industrial enterprises; (2) the possibility of using specialized complex vegetation indices in the form of weighted average linear combinations of classical vegetation indices. Specialized complex vegetation indices of adaptive selection of weight coefficients are capable of displaying various biological, physicochemical and ecological characteristics of the state of forests based on clustering of satellite image pixels. The proposed algorithm makes it possible to calculate, as a result of clustering, more accurate estimates of the total areas of ecological zones of forest tracts, which can be used as a basis for assessing the degree of ecological degradation of forest tracts and environmental damage.

**Keywords:** vegetation indices, control pixels, forest areas, multi-channel photoimage, clusters, spectral channel, enterprise, metallurgical complex, chemical pollution

**For citation:** Meshalkin V., Butusov O., Chistyakova T. Adaptive-multi-index-cluster algorithm for comprehensive assessment of the impact of chemical pollution on forests using satellite photographs. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2022, vol.17, no.5, pp.6-14 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2022-17-5-6-14