

Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution License 4.0 International (CC BY 4.0)

Content is available under Creative Commons Attribution License 4.0 International (CC BY 4.0)



НАУЧНАЯ СМЕНА

Никонов Василий Сергеевич

Никонов Василий Сергеевич в 2019 г. окончил университет управления «ТИСБИ» по специальности «Информатика и вычислительная техника», после чего поступил в магистратуру Сахалинского государственного университета (СахГУ) по направлению «Экология и природопользование». Научной деятельностью занимается на базе Научно-исследовательской лаборатории дистанционного зондирования Земли СахГУ и РАН, под руководством профессора, доктора технических наук Владимира Михайловича Пищальника. В сферу научных интересов входит разработка программного обеспечения и анализ больших данных. В настоящее время ведет исследования на тему применения методов и алгоритмов машинного обучения для автоматизации обработки данных дистанционного зондирования Земли.

УДК 004.9

<https://doi.org/10.30730/gtrz.2021.5.1.067-071>

Алгоритм обработки площадей льда по данным дистанционного зондирования Земли (на примере данных MASIE-NH)

© 2021 В. С. Никонов

*Сахалинский государственный университет, Технический нефтегазовый институт,
Южно-Сахалинск, Россия*

E-mail: vasilyni@yandex.ru

Резюме. Для автоматизации процесса обработки больших массивов данных, получаемых на основе дистанционного зондирования Земли, автором был разработан алгоритм и реализован в виде программы «M-Processor» на языке программирования Python, с использованием модулей программного обеспечения ArcGIS Desktop 10.2, что позволяет проводить сложные вычисления без затрат времени на их программирование и уменьшает количество манипуляций для расчета отдельных искомых характеристик. Проверка работоспособности алгоритма осуществлялась на примере расчета численных характеристик площади льда в Охотском море по данным мультисенсорной съемочной системы MASIE-NH с пространственным разрешением 1 и 4 км и маски районирования ледяного покрова.

Ключевые слова: морской лед, дистанционное зондирование Земли, геоинформационные системы, программное обеспечение, мультисенсорная съемочная система MASIE-NH

An algorithm for processing ice areas by Earth remote sensing data (by the example of MASIE-NH data)

Vasily S. Nikonov

Sakhalin State University, Technical Oil and Gas Institute, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

E-mail: vasilyni@yandex.ru

Abstract. An algorithm was developed to automate processing of large datasets of Earth remote sensing. The algorithm was developed and implemented in the form of an M-Processor program in the Python programming language using the modules of the ArcGIS Desktop 10.2 software, which allows complex calculations without spending additional time on programming and reduces the number of manipulations for

calculating separate desired characteristics. The implementation of the developed algorithm is considered on the example of ice data processing for the Sea of Okhotsk according to the data of the Multisensor Analyzed Sea Ice Extent – Northern Hemisphere (MASIE-NH) with a spatial resolution of 1 and 4 km and an ice-cover zoning mask.

Keyword: sea ice, Earth remote sensing, geographic information systems, software, Multisensor Analyzed Sea Ice Extent – Northern Hemisphere

Для цитирования: Никонов В.С. Алгоритм обработки площадей льда по данным дистанционного зондирования Земли (на примере данных MASIE-NH). Геосистемы переходных зон, 2021, 5(1). 67–71. <https://doi.org/10.30730/gtrz.2021.5.1.067-071>

For citation: Nikonov V.S. An algorithm for processing ice areas by Earth remote sensing data (by the example of MASIE-NH data). *Geosistemy perhodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 2021, 5(1), pp. 67–71. (In Russ., abstr. in Engl.). <https://doi.org/10.30730/gtrz.2021.5.1.067-071>

Введение

В настоящее время спутниковая съемка Земли позволяет получать оперативную информацию о состоянии земной поверхности в режиме реального времени. Одним из источников данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) является информация мультисенсорной съемочной системы MASIE-NH.

Анализ данной информации является важным для исследования ледового режима дальневосточных морей. В связи с развитием нефтегазовых проектов в шельфовой зоне о. Сахалин, а также северного морского пути, полученные результаты имеют большое практическое значение для прогнозирования возможного возникновения опасных явлений и дальнейшего обеспечения безопасного плавания в акватории Охотского моря в зимнее время года.

Научно-исследовательская лаборатория дистанционного зондирования Земли Сахалинского государственного университета и Российской академии наук имеет ежедневно пополняемый большой архив пространственных гидрометеорологических данных [Никулина и др., 2020]. Для автоматизации процесса обработки поступающей информации автором статьи был разработан алгоритм. Его реализация в виде программного обеспечения (ПО) позволяет получать искомые характеристики исследуемых областей за короткий промежуток времени, с минимальным количеством манипуляций.

Данное программное приложение, в отличие от предыдущих разработок [Шумилов и др., 2017], обеспечивает возможность об-

рабатывать данные в пакетном режиме. При расчете площади учитывается географическая проекция данных.

В работе представлено краткое описание разработанного алгоритма для обработки данных дистанционного зондирования Земли, реализованного в виде программного обеспечения «M-Processor». Рассмотрена работа программы на примере вычисления площадей льда в Охотском море.

Материалы и методы исследования

Для расчета ледовых характеристик в работе использовались данные MASIE-NH¹, отражающие местоположение льда в северном полушарии (рис. 1 а). Получаемые векторные данные, содержащие информацию о форме, размере и местоположении льда, представлены в формате shapefile. Численные характеристики площади льда разделены на два архива с пространственными разрешениями 4 и 1 км. Публикация архивов NSIDC происходит один раз в три дня в сети интернет.

Маска районирования ледяного покрова Охотского моря [Минервин и др., 2015], по которой проводились вычисления, представлена на рис. 1 б.

Для реализации алгоритма обработки площадей льда автором написана программа «M-Processor». При этом использованы язык программирования Python² и программные модули ПО ArcGIS Desktop: встроенный интерпретатор языка Python, программные библиотеки ArcPy³, GDAL⁴.

¹ Архив данных MASIE [Data archive of MASIE]. National Snow & Ice Data Centre.

URL: http://masie_web.apps.nsidc.org/pub/DATASETS/NOAA/G02186/shapefiles/ (accessed 10.09.2020).

² Документация языка программирования Python 2.x. Python Software Foundation [Python 2.x programming language documentation. Python Software Foundation]. URL: <https://docs.python.org/2/> (accessed 10.09.2020).

³ Справочник по инструментам. ESRI ArcGIS [Tools reference book. ESRI ArcGIS].

URL: <https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/tool-reference/main/arcgis-pro-tool-reference.htm> (accessed 13.09.2020).

⁴ Программная библиотека GDAL [GDAL programming library]. URL: <https://gdal.org/> (accessed 12.09.2020).

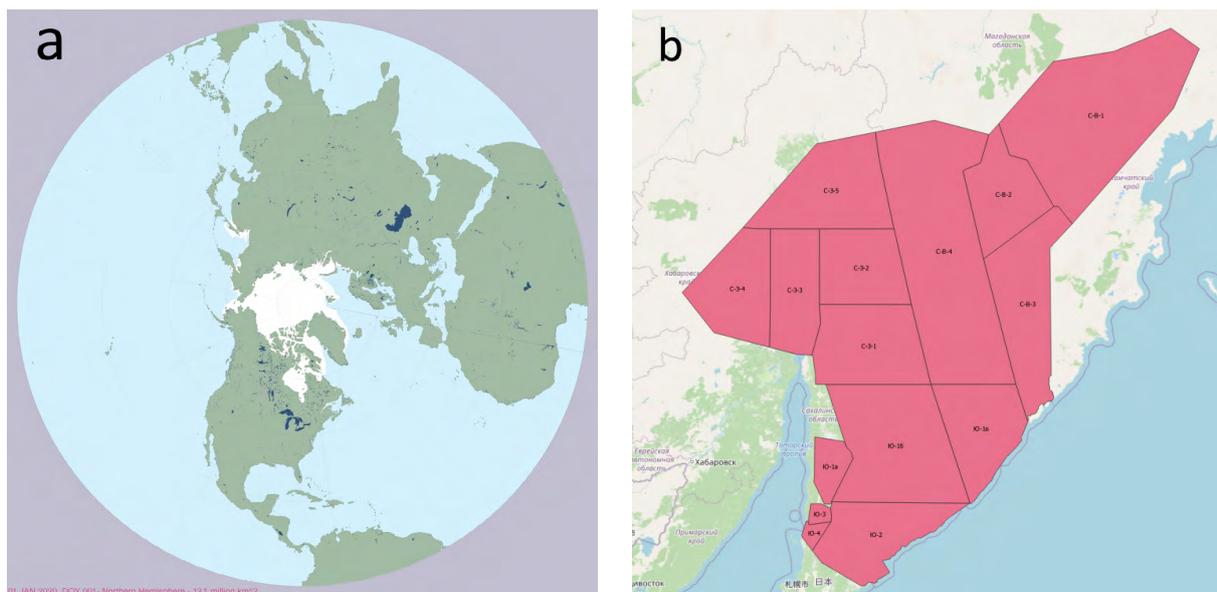


Рис. 1. Входные данные для программы «M-Processor»: а) данные MASIE-NH, б) маска районирования.

Figure 1. «M-Processor» input: a) MASIE-NH data, b) zoning mask.



Рис. 2. Блок-схема алгоритма обработки спутниковых данных.

Figure 2. Flowchart of satellite data processing algorithm.

Принцип работы программного алгоритма

Программный алгоритм работает по принципу вычисления площади пересечений двух групп многоугольников из набора входных данных. Выходными данными алгоритма является информация о вычисленных значениях параметров из атрибутов пересечений в каждом из полигонов, заданных файлом-маской. При этом процедура вычисления может быть задана произвольным образом, что позволяет использовать алгоритм при расчете различных характеристик на основе гидрометеорологических параметров.

Блок-схема алгоритма обработки спутниковых данных представлена на рис. 2. Она состоит из 6 основных шагов.

1. *Инициализация переменных, создание временных каталогов.* На этом шаге переменным присваиваются первоначальные значения: пути к файлам, значения для вычислений; создаются временные каталоги для хранения промежуточных результатов работы алгоритма.

2. *Вычисление пересечения целевого файла с маской районирования.* Выполняется операция пересечения между двумя наборами полигонов. Вычисляется геометрическое пересечение полигонов, заданных входными файлами. Результатом операции является упорядоченный набор данных, содержащий области пересечений.

3. *Выбор проекции данных.* Производится анализ выполнения условий на соответствие проекции.

4. Расчет площади многоугольников. Для этого вычисляем искомый атрибут каждого полигона из полученного на шаге 2 пересечения.

5. Анализ и вычисление суммы площадей полигонов. Суммируем вычисленные значения атрибутов пересечений данных файлов маски и входных данных по соответствующим районам.

6. Вывод результатов работы алгоритма. Значения приводятся к заранее заданному виду и выводятся во внешний файл.

Особенности реализации алгоритма в ПО «M-Processor»

Для реализации вышеописанного алгоритма разработано программное приложение «M-Processor». Программа работает под управлением операционной системы Windows.

При запуске ПО «M-Processor» происходит инициализация значений переменных, создается временный каталог «temp» для хранения промежуточных результатов работы. Далее программа обращается к функции «arcgry.Intersect_analysis» для вычисления геометрического пересечения векторных данных двух (или более) файлов и объединения таблицы атрибутов.

В ходе реализации ПО оказалось, что некоторые из входных файлов имеют поврежденную структуру, а это вызывает некорректное поведение «Intersect_analysis» из библиотеки

ArcPy. Для устранения данной проблемы был написан отдельный модуль, получивший название «Rebuild». Он осуществляет «пересборку» shaperefile, копируя геометрию из входного файла в новый, и получает префикс к имени «rebuild», далее используется в качестве входного файла и переходит к шагу 2 описанного ранее алгоритма.

Вычисление площади полученных полигонов осуществляется с помощью функции «arcgry.Describe», результатом работы которой является программный объект, содержащий параметры полигонов в файле. Суммирование площадей происходит с применением механизма «курсора» – указателя на запись в таблице объектов shaperefile. С помощью данной абстракции программа последовательно проходит по записям в таблице. Для хранения площади пересечений применяется стандартный тип данных «dict» (словарь, или ассоциативный массив) языка Python. В качестве ключей (индексов) выступают названия районов из файла-маски, которые требуют последующей сортировки для вывода конечных результатов.

Далее программа открывает файл (в режиме добавления) для вывода, путь к которому задает пользователь. В открытый файл записывается текстовая строка, которая содержит данные в формате csv таблицы⁵. По завершении файл закрывается. Полученный файл содержит

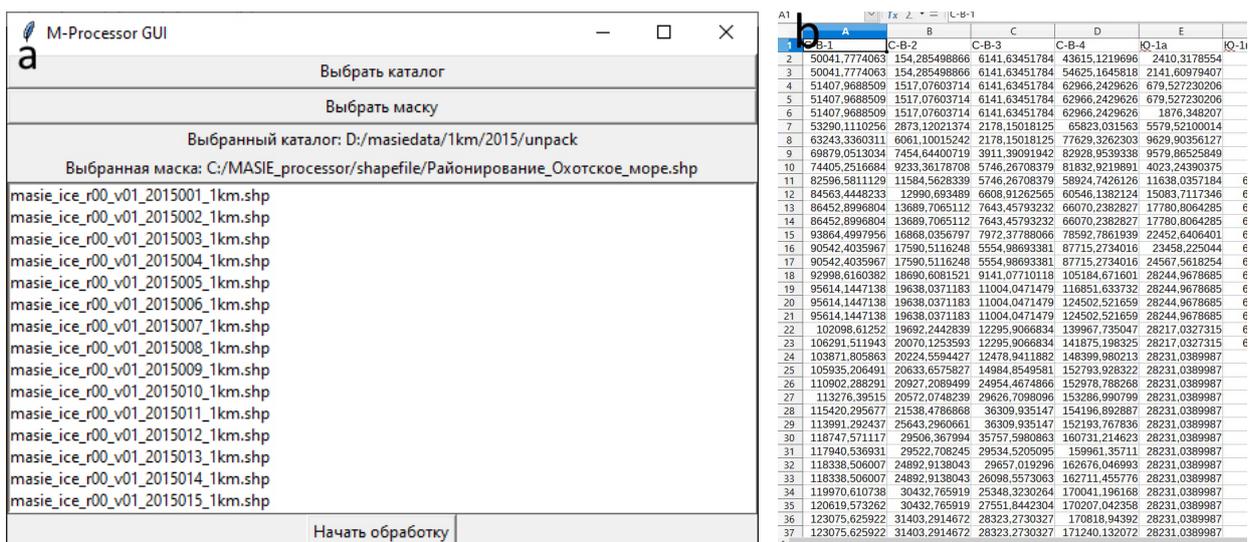


Рис. 3. Обработка данных в ПО «M-Processor»: а) окно программы, б) фрагмент таблицы с полученными результатами. Figure 3. Data processing by means of the «M-Processor»: a) program window, b) part of the table with the obtained results.

⁵ Common Format and MIME Type for Comma-Separated Values (CSV) Files. The Internet Society. URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc4180> (accessed 10.09.2020).

информацию о площади пересечений с разбиением на районы из файла-маски (рис. 3).

Программа была использована для обработки массива информации из архива MASIE-NH с 2006 по 2020 г. Время выполнения программы при обработке данных за один календарный год (365 файлов) составляет около 5 мин. Для сравнения, обработка подобного объема информации в предыдущей разработке [Шумилов и др., 2017] занимает порядка 1 ч.

При этом приложение обеспечивает высокий уровень автоматизации обработки информации. Пользователю необходимо лишь указать для работы программы каталог с данными и маску районирования. При этом возможно использовать программу для любых векторных данных в формате shapefile.

После обработки данных с помощью подготовленных масок районирования были получены результаты по Берингову, Охотскому и Японскому морям. Для дальнейшей автоматизации процесса обработки был создан алгоритм и написана вспомогательная программа «M-Download», предназначенная для получе-

ния новых данных MASIE-NH и последующей обработки их с помощью «M-Processor».

Выводы

Разработанный алгоритм, реализованный в виде программного приложения «M-Processor», дает возможность рассчитывать площади ледяного покрова замерзающих морей по ежедневным данным дистанционного зондирования Земли. Расчет площади производится с учетом географической проекции входных данных, что дает более точные результаты вычислений.

С помощью программного приложения обработан архив данных MASIE-NH с 2006 по 2020 г. по Берингову, Охотскому и Японскому морям, что позволило пополнить новыми данными архив научно-исследовательской лаборатории дистанционного зондирования Земли СахГУ и РАН.

Выходные файлы с данными поддерживаются всеми табличными процессорами для визуализации, дальнейшей обработки и анализа.

Список литературы

1. Никулина И.В., Никонова Е.В., Романюк В.А., Дорофеева Д.В. 2020. Организация хранения и обработки пространственных гидрометеорологических данных на основе веб-геоинформационных платформ. В кн.: *Современные тенденции и перспективы развития гидрометеорологии в России: материалы III Всерос. науч.-практ. конф., Иркутск, ИГУ, 25–27 ноября 2020 г.* Иркутск: ИГУ, с. 360–365.
2. Минервин И.Г., Романюк В.А., Пищальник В.М., Трусков П.А., Покрашенко С.А. 2015. Районирование ледяного покрова Охотского и Японского морей. *Вестник Российской академии наук*, 85(1): 24–32.
3. Шумилов И.В., Пищальник В.М., Минервин И.Г. 2017. О новой версии программного комплекса «Лед». *Материалы Международной конференции «ИнтерКарто. ИнтерГис»*. М.: Изд-во Московского ун-та, 23: 250–256. <https://doi.org/10.24057/2414-9179-2017-2-23-250-256>

References

1. Nikulina I.V., Nikonova E.V., Romanyuk V.A., Dorofeeva D.V. 2020. Organization of storage and processing of spatial hydrometeorological data based on web geoinformation platforms. In: *Current trends and prospects for the development of hydrometeorology in Russia: Materials of the III All-Russian Scientific and Practical Conference, Irkutsk, November 25–27, 2020*. Irkutsk: IGU Publ., p. 360–365. (In Russ.).
2. Minervin I.G., Romanyuk V.A., Pishchalnik V.M., Truskov P.A., Pokrashenko S.A. 2015. Zoning of the ice cover of the Sea of Okhotsk and the Sea of Japan. *Vestnik Rossiyskoy akademii nauk = Herald of the Russian Academy of Sciences*, 85: 132–139.
3. Shumilov I.V., Pispchalnik V.M., Minervin I.G. 2017. About new version of the “Ice” software package. *Materials of the International conference “InterCarto. InterGis”*, Moscow: Moscow University Publ., 23: 250–256. (In Russ.). <https://doi.org/10.24057/2414-9179-2017-2-23-250-256>

Об авторе

НИКОНОВ Василий Сергеевич, студент 2 курса направления подготовки «Экология и природопользование» (магистратура), научно-исследовательская лаборатория дистанционного зондирования Земли Сахалинского государственного университета и Российской академии наук, Сахалинский государственный университет, Южно-Сахалинск, vasilinyi@yandex.ru

About Author

NIKONOV Vasily S., 2nd year Student of the specialty “Ecology and nature management” (master’s program), Research laboratory of remote sensing of the Earth of Sakhalin State University and Russian Academy of Sciences, Technical Oil and Gas Institute, Sakhalin State University, Yuzhno-Sakhalinsk, vasilinyi@yandex.ru