

Automation of Forming a Database of the Glaciers Based on Remote Sensing

Roman K. Fedorov¹, Alexander D. Kitov¹, Yury V. Avramenko¹

¹ Matrosov Institute of system dynamics and control theory SB RAS, Irkutsk, Russia, idstu@icc.ru

² V.B.Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia, isc@isc.irk.ru

Abstract: The technology of forming a database of glaciers based on a set of WPS services is discussed in the article. Technology services are used to highlight the boundaries of the visible part of glaciers by satellite imagery using a trained neural network. Based on the results of the glacier extraction, its characteristics are calculated and a database is formed according to specified rules.

Keywords: space images, glaciers, neural networks, learning to recognize, data base.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ ЛЕДНИКОВ НА ОСНОВЕ ДЗЗ

Фёдоров Р.К.⁽¹⁾, Китов А.Д.⁽²⁾, Авраменко Ю.В.⁽¹⁾

⁽¹⁾ Институт динамики систем и теории управления СО РАН, г. Иркутск

⁽²⁾ Институт географии СО РАН, г. Иркутск,

В статье рассматривается технология формирования базы данных ледников на основе совокупности WPS сервисов. Сервисы технологии применяются для выделения границ видимой части ледников по космоснимкам с использованием обучаемой нейронной сети. По результатам выделения ледника рассчитываются его характеристики и формируется база данных по заданным правилам.

Ключевые слова: космоснимки, ледники, нейронные сети, обучение распознаванию, базы данных.

Введение. В горах Южной Сибири сохранилось множество малых современных ледников. Эти ледники являются хорошими индикаторами изменения климата. Ледники и их динамику отражают такие характеристики как площадь, длина, экспозиция, верхняя и нижняя высотные отметки, высота фирновой линии и др. Одной из характерных характеристик является площадь ледника. Выделяют общую площадь и площадь открытой части. По известной площади и типу ледника можно также оценить его мощность (объем накопленного льда). Наиболее показательна для анализа динамики ледника и его реакции на изменение климата – открытая часть (не покрытый поверхностными моренами участок, как правило верхний, ледника со снегом и льдом). В то же время, ледники представляют трудно доступные и опасные объекты. Поэтому использование данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), космоснимков, для измерения характеристик ледников приобрело особое значение. Именно открытая часть ледника хорошо выделяется на данных ДЗЗ. Кроме того наиболее фотогеничны ледники в узкий промежуток времени, как правило в Сибири с середины июля до середины августа, а то и в меньший промежуток – с последней декады июля по первую декаду августа.

Векторизация границ ледника достаточно трудоёмкий процесс, который требует автоматизации и разработки новых методов компьютерного анализа. В то же время «ручное» дешифрирование трудно стандартизовать. Алгоритмический подход позволяет единообразно, на выбранных критериях, выделять границы ледников. Но учитывая разную экспозиция, характер съёмки объективное выделение границ может оказаться не столь простой задачей. Нужны обучающиеся алгоритмы. Одним из таких эффективных подходов является распознавание с использованием нейронных сетей. Применение современных методов ДЗЗ является достаточно сложным процессом, требующим некоторой квалификации в информационных технологиях. Исследователю требуется выбрать из большого количества методов ДЗЗ наиболее подходящий, установить, правильно его настроить и применить. Кроме того на результат обработки нейронными сетями значительно влияет размер и представительность обучающей выборки. Формирование обучающей выборки достаточно трудоемкий процесс.

Поэтому является необходимым разработка технологии, которая позволит:

- 1) упростить применение современных методов обработки ДЗЗ;

- 2) обеспечит возможность расширения набора методов обработки данных ДЗЗ;
- 3) объединит усилия специалистов в части формирования обучающих выборок данных;
- 4) предоставит доступ к результатам обработки ДЗЗ и обеспечит каталогизацию и поиск.

В соответствии с современным развитием сети Интернет и программного обеспечения данная технология должна базироваться на сервис-ориентированном подходе, который позволяет удаленно применять различные методы без необходимости установки и настройки их на локальной машине.

Материалы и методы. В качестве характерного объекта были выбраны ледники горного массива Мунку-Сардык – ледник Перетолчина (наибольший ледник этой территории) и ледник Радде, имеющие историю наблюдения более 100 лет [1, 2].

Авторами статьи разработана технология (Рисунок 1) в виде совокупности WPS сервисов [3], каждый из которых может применять отдельно. Разработанная технология состоит из следующих этапов:

- 1) получение снимков, на этом этапе пользователь производит выбор подходящего снимка, на котором имеется ледник;
- 2) формирование обучающей выборки, на этом этапе пользователь указывает границы ледников. Данный этап является опциональным;
- 3) создание классификатора, на текущий момент применяются пока только нейронные сети. Данный этап является опциональным;
- 4) классификация снимков, пользователь может использовать готовые классификаторы или создать свои с помощью предыдущих этапов;
- 5) включение результатов классификации в каталог, который позволяет быстро найти нужный ледник и сохранить в одном из форматов.

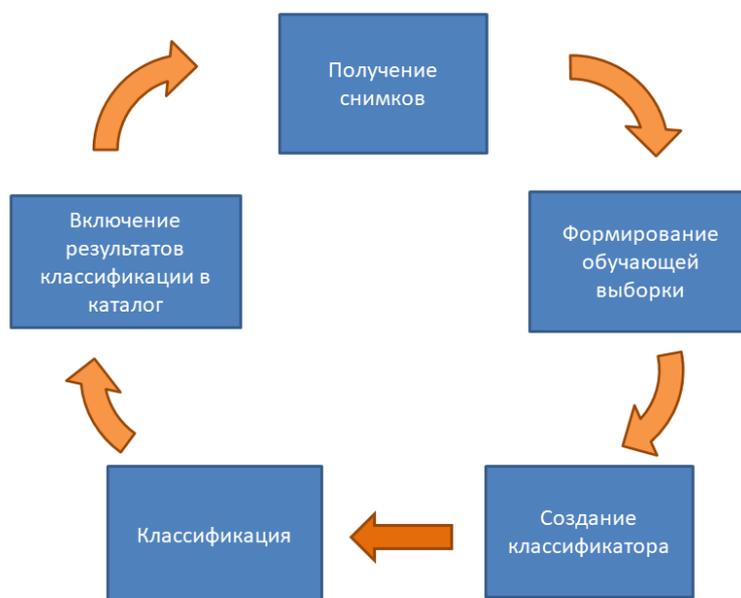


Рисунок 1. Основные этапы технологии выделения ледников

Рассмотрим эти этапы подробнее.

Формирование обучающей выборки. Часто существующие классификаторы могут не корректно выделять ледники из-за наличия специфики исследуемой территории. В этом случае необходимо сформировать обучающую выборку, включающую специфичные случаи, и создать новый классификатор. В рамках геопортала [4] создана таблица (Рисунок 2), в которой пользователь указывает границы ледников на различных снимках.

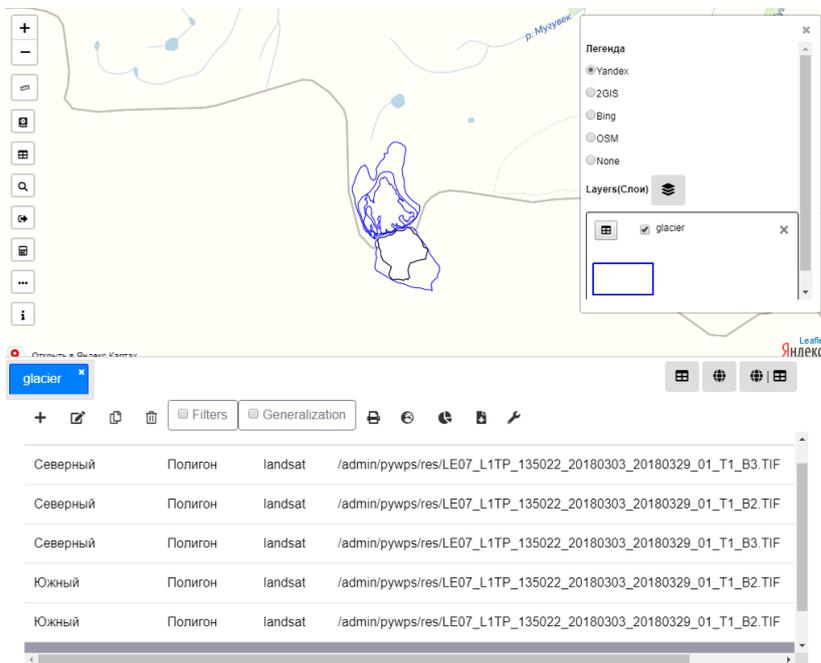


Рисунок 2. Таблица обучающей выборки

Таблица состоит из следующих атрибутов:

- 1) name – название ледника;
- 2) boundaries – границы ледника в виде полигонального объекта;
- 3) date – дата снимка;
- 4) imagename – путь к файлу снимка в директории системы хранения данных геопортала;
- 5) imprecisedate – неточная дата снимка.

В каждой записи таблицы пользователь определяет границы одного ледника на конкретном снимке. Вся область снимка делится на два класса, область, покрытая полигонами из таблицы для этого снимка, считается ледником. Вся оставшаяся область изображения противоположным классом. Соответственно в процессе составления обучающей выборки необходимо полностью покрыть ледники полигонами.

Космоснимки, полученные со спутника Landsat, представлены в виде набора файлов в формате GEOTIFF, в каждом из которых находится отдельный канал (монохромное изображение). Для отображения на карте геопортала необходимо совокупность файлов преобразовать в RGB представление. Для этого используется сервис Bands_to_RGB, который принимает на вход три монохромных изображения, соответствующих каналам модели RGB и строит из них цветное. В основе сервиса используется модуль gdal_merge_simple (https://github.com/gina-alaska/dans-gdal-scripts#gdal_merge_simple).

Создание классификатора. Для создания классификатора на основе обучающей выборки разработан набор сервисов, на вход которых подается таблица и на выходе получаем файл классификатора. В таблице можно отфильтровать записи по всем атрибутам, в том числе указать область обработки. Например, задать диапазон дат или определенный ледник. Для каждого изображения в обучающей выборке формируется набор записей. Затем используется сервис Rasterize, который принимает на вход векторный файл в формате SHAPE, определяющий положения прецедентов, исходное изображение в формате GEOTIFF и область прямоугольную область интереса. На рисунке 3 представлен пример запуска сервиса Rasterize.

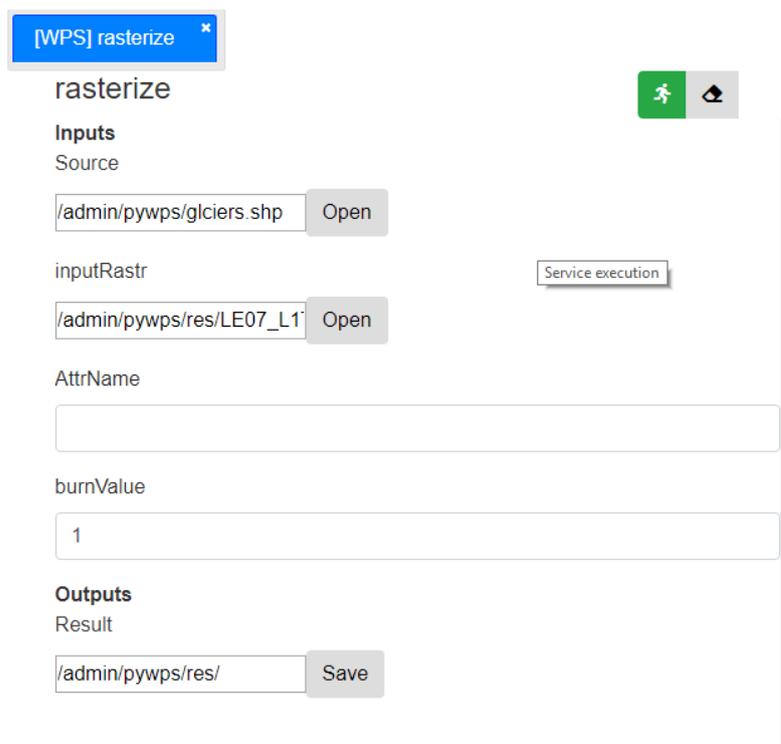


Рисунок 3. Запуск сервиса Rasterize

Результатом работы сервиса является растровое изображение – бинарная маска (Рисунок 4), содержащая положения прецедентов по заданной области интереса. В основе сервиса используется инструмент `gdal_rasterize` (https://gdal.org/programs/gdal_rasterize.html). Сервис позволяет задать размер выходного изображения в пикселях.



Рисунок 4. Маска ледника, полученная на основе таблицы

После сервиса Rasterize используется сервис Learning, который непосредственно производит обучение нейронной сети. На вход сервису подается растровое изображение модели RGB и бинарная маска, с указанием положений ледников. На выходе формируется файл модели. В основе сервиса используется проект Segmentation models (https://github.com/qubvel/segmentation_models). Данный проект позволяет использовать одну из предобученных нейросетей, распространенных архитектур Unet, FPN, Linknet или PSPNet. Принцип работы сервиса следующий. Из изображения и маски методом скользящего окна формируется обучающая выборка. После чего вызывается метод обучения модели. Затем полученная модель возвращается пользователю в качестве результата. Так как процесс обучения достаточно долгий, то данный сервис вызывается в асинхронном режиме. Пользователь может следить за статусом его выполнения.

Классификация снимков. Классификация осуществляется с помощью сервиса Segmentation. На вход сервису подается растровое изображение модели RGB. На выходе получается бинарная маска, с отмеченными положениями объектов. В основе сервиса используется проект Segmentation models (https://github.com/qubvel/segmentation_models). Сервис получает на вход изображение, после чего пробегается по нему скользящим окном. В результате чего изображение делится на строки и столбцы. Из каждой строки формируется набор данных и передается на вход нейронной сети. Затем результат работы записывается на соответствующие позиции копии исходного изображения и так далее пока не будет обработано все изображение целиком.

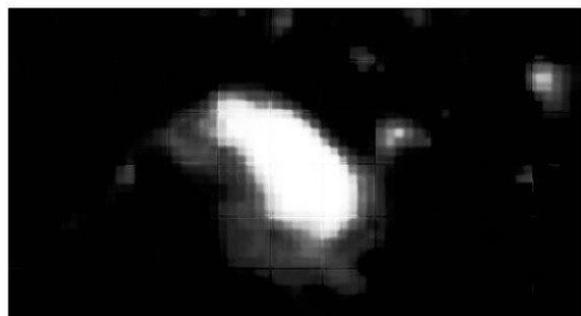


Рисунок 5. Снимок Landsat и результат классификации

Заключение. Разработана технология применение нейронных сетей для анализа космоснимков, которая позволяет упростить применение современных методов обработки ДЗЗ. Применение методов в виде сервисов обеспечивает возможность расширения набора методов обработки данных ДЗЗ. Вместо нейронных сетей может быть использован любой другой метод, реализованный в виде WPS сервиса. Геопортал позволяет одновременно работать специалистам при формировании обучающих выборок данных, создании классификаторов, обработке данных ДЗЗ. Данной технологией могут воспользоваться для решения подобных задач на других территориях. Результаты анализа предоставляются в общий доступ.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 17-05-0040 и интеграционного проекта №37 Сибирского отделения РАН).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Перетолчин С.П. Ледники хребта Мунку-Сардык. Изв. Томск.техн. ин-та. Т. 9. Томск: Типолиитография Сиб. т-ва печатного дела, 1908. 60 с
- [2] *Kitov A.D., Kovalenko S.N., Plyusnin V.M.* The results of 100-year-long observations of the glacial geosystem dynamics in the Munku-Sardyk massif. *Geography and natural resources*, 2009. V. 30. No 3. P. 272–278. DOI:10.1016/j.gnr.2009.09.012
- [3] Geospatial and location standards [Электронный ресурс] // Open Geospatial Consortium [сайт]. URL: <http://www.opengeospatial.org/> (дата обращения: 04.09.2014).
- [4] Paramonov V., Fedorov R., Ruzhnikov G., Shumilov A. Web-Based Analytical Information System for Spatial Data Processing // *Communications in Computer and Information Science*. 2013. Vol. 403. P. 93–101.