

DOI: 10.18454/2079-6641-2018-22-2-28-32

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

УДК 512.24

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТРАЖЕНИЙ ЛИДАРНЫХ СИГНАЛОВ В ВЕРХНЕЙ АТМОСФЕРЕ

А. А. Набокин

Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга, 683032,
г. Петропавловск-Камчатский, ул. Пограничная, 4
E-mail: r01a10y11@gmail.com

Данная статья описывает проблему создания научных сервисов на основе веб-технологий. Представлена реализация программного комплекса обработки данных атмосферных явлений на различных высотах. Программный комплекс использует метод упругого рассеяния света, модель атмосферы NRLMSISE-00 и её ответвленную реализацию, для получения отношения рассеяния на высотах от 0 до 150 километров.

Ключевые слова: лидарное уравнение, отношение рассеяния, лидарный метод, аэрозольная стратификация, веб сервис, веб технологии

© Набокин А. А., 2018

MATHEMATICAL MODELLING

MSC 68U20

MODELING OF LIDAR SIGNAL REFLECTIONS IN THE UPPER ATMOSPHERE

A. A. Nabokin

Vitus Bering Kamchatka State University, 683031, Petropavlovsk-Kamchatsky,
Pogranichnaya st., 4, Russia
E-mail: r01a10y11@gmail.com

This article describes the problem of creating scientific services based on web technologies. The implementation of the software complex of processing of atmospheric phenomena data at different heights is presented. The software package uses the method of elastic light scattering, atmospheric model NRLMSISE-00 and fork of this model, to get a ratio of scattering at heights from 0 to 150 kilometers.

Key words: lidar equation, ratio scattering, lidar method, aerosol stratification, web service, web technology.

© Nabokin A. A., 2018

Введение

На данный момент развитие технологии получения и обработки информации об удаленных объектах с помощью активных оптических систем применяются в большом количестве различных областей, от исследования атмосферы, исследования земли до строительства и горного дела, и транспорта.

Актуальность данной работы состоит в идее о том, что на данном этапе развития интернет технологий, все научные разработки, которые могут функционировать как отдельные клиентские приложения, нужно доводить до уровня сервисов для профессионалов. основополагающей тенденцией для развития научных сервисов являются Веб технологии. Веб технологии, в отличие от клиентских приложений, имеют ряд преимуществ. Во-первых, возможность удаленно работать сервисом, при наличии интернет-соединения. Во-вторых, снимает ограничения на используемую программную платформу, то есть операционную систему, так как браузер, в наше время, имеется практически на любом устройстве.

Цель работы – разработки программного комплекса обработки данных атмосферных явлений на различных высотах для «Института космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН»(далее ДВО РАН).

Объектом исследования данной работы является исследование лидарного метода упругого рассеяния света.

Предметом исследования является проектирование программного комплекса моделирующего отражения лидарных сигналов в верхней атмосфере для ИКИР ДВО РАН.

Результатом работы будет являться функционирующий веб-сервис, который делает расчет лидарного отношения рассеяния атмосферы.

Математическая модель упругого рассеяния света

Для формирования данных в веб сервисе используется лидарный метод упругого рассеяния света. В данном методе лидарные сигналы образуются при взаимодействии лазерного импульса с аэрозолем и молекулами воздуха [1] [2].

Для получения конечного результата, а именно отношения рассеяния, необходимо рассмотреть методику восстановления аэрозольной стратификации атмосферы из одноволновых лидарных измерений [3].

Лидарное уравнение в приближении однократного упругого рассеяния света имеет вид:

$$N(H) = CT^2[\beta_a(H) + \beta_m(H)]H^{-2} + N_f, \quad (1)$$

где H - высота (в обобщенном случае - расстояние), $N(H)$ - эхо сигнал с высоты H ; β_a , β_m - коэффициент обратного аэрозольного и молекулярного рассеяния; C - аппаратная постоянная лидара, включающая площадь приемного телескопа, пропускание приемо-передающего тракта, энергию лазерного импульса, квантовую эффективность фотодетектора; $T(H)$ - прозрачность слоя атмосферы от лидара до текущей высоты H на зондируемой длине волны, N_f - суммарный фоновый и темновой шум.

Для расчета отношения рассеяния используется формула отношения суммарного коэффициента обратного рассеяния к молекулярному:

$$R(H) = \frac{\beta(H)}{\beta_m(H)} = \frac{\beta_a(H) + \beta_m(H)}{\beta_m(H)} = 1 + \frac{\beta_a(H)}{\beta_m(H)} \quad (2)$$

Через лидарное уравнения определяется полное уравнение отношения рассеяния:

$$R(H) = \frac{[N(H) - N_f]H^2}{CT^2(H)\beta_m(H)} \quad (3)$$

Модель атмосферы NRLMSISE-00

Эмпирические модели термосферы и мезосферы - это незаменимый инструмент для исследователей. Такие модели, представляя собой таблицы предварительно обработанных данных, используются как для простого анализа данных, так и для проектирования задач исследований.

Модель NRLMSISE-00 (Mass-Spectrometer-Incoherent-Scatter) – это эмпирическая атмосферная модель, которая является крупным обновлением модели 90-х годов MSISE-90 модели термосферы. Модель была разработана коллективом из трёх исследователей (Mike Picone, Alan Hedin, Doug Drop). NRLMSISE-00 использует данные радаров, спутниковых измерений и дальномеры оптического диапазона, они же атмосферные лидары. Данная модель может рассчитывать концентрации различных элементов по типу гелия, кислорода и азота, общую массовую плотность и нейтральную температуру на высотах до 100 км. При расчете общей массовой плотности на высотах свыше 500 км, модель использует вклад так называемого «аномального кислорода», то есть горячего атомарного кислорода и ионизированного кислорода. NRLMSISE-90 доступна во многих научных сообществах в свободном доступе [4].

Так же стоит упомянуть об эмпирической модели CIRA (COSPAR International Reference Atmosphere), которая рассчитывает температуру и плотность атмосфера для высот до 2000 км [5].

В скомпилированном виде модель представляет из себя файл для запуска в программной среде и текстовый документ в котором указываются входные параметры, или сигналы, для работы модели.

Поскольку для осуществления задачи данной работы необходимо рассчитать отношения рассеяния. Модель NRLMSISE-00 была переписана из исходного кода Пережогиним Андреем Сергеевичем научным сотрудником ИКИР ДВО РАН. Данный форк использует следующие параметры.

Входными сигналами являются:

- День в году
- Широта
- Долгота
- Предельная высота расчета в километрах
- Шаг по высоте в метрах

- Два служебных параметра

Выходными данными модели являются:

- Высота в километрах
- Молекулярное рассеяние $\beta_{M(km - 1 * шаг - 1)}$
- Оптическая толщина в квадрате
- Плотность атмосферы
- Температура в Кельвинах
- Давление в миллибарах

Программный комплекс

Программа представляет собой приложение написанное на языке Java с использованием технологии Java Servlet ([6]) установленное на сервере Apache Tomcat ([7]).

На данный момент все компоненты веб-сервиса готовы. Из оставшихся задач остается только наладить отображение данных на графике, так как программа неверно воспринимает значения с большим количеством цифр после запятой. Ниже приведены скриншоты программы запущенной на локальном сервере.

На первой этапе пользователю необходимо выбрать файл с данными с лидарных станций. На втором этапе необходимо проверить, и по необходимости заменить данные на панели «params», и ввести высоту на для обсчета лидарной постоянной. Далее эти данные пойдут как параметры для NRLMSISE-00. На третьем этапе строится график с отношения рассеяния Rh .

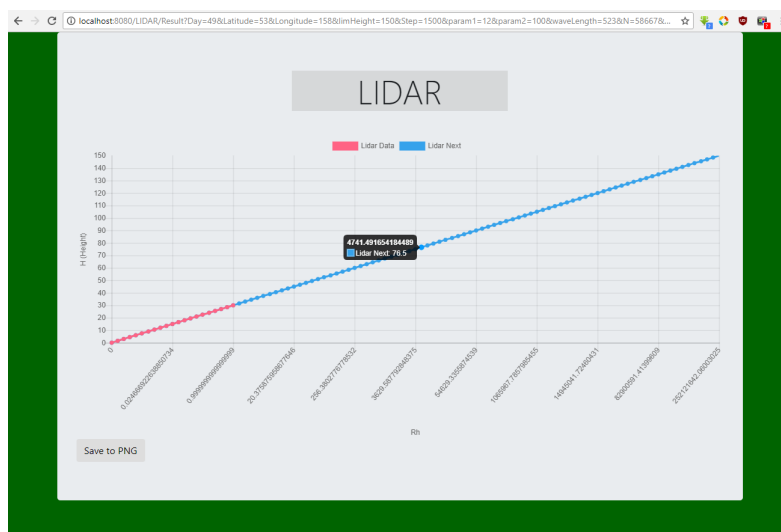


График отношения рассеяния к высоте

Заключение

Результатом проектирования стал веб-сервис для обсчета лидарных данных. Основной проблемой при создании сервисов для исследований, является создание разного рода инструментов для обработки данных, поскольку не всегда данные представляются в том виде, в котором программная часть приложения будет их обрабатывать. Такая проблема наблюдается часто, и для её решения чаще всего применяется возможность создавать расширения для приложений.

Таким образом, остается только один открытый вопрос, как можно в рамках научной сферы создавать такие расширения.

Список литературы

- [1] Бычков В. В., Непомнящий Ю. А., Пережогин А. С., Шевцов Б. М., *Лидарные сигналы верхней атмосферы и возможный механизм их формирования*, Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Камчатский край, Елизовский р-н, с. Паратунка, 2015, 5 с. [Bychkov Vasily V., Nepomnyashchiy Yuri A., Perezhogin Andrey S., Shevtsov Boris M., *Resonance scattering at excited atoms and ions of the upper atmosphere as a possible mechanism for ionosphere investigations*, Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation FEB RAS, Kamchatskii krai, Elizovskii raion, Paratunka, 2015, 4 pp.]
- [2] Ельников А. В., Креков Г. М., Маричев В.Н., *Лидарные наблюдения стратосферного слоя аэрозоля над западной сибирью*, Академия наук СССР, Сибирское отделение, Институт оптики атмосферы, Новосибирск, 1987, 818 с. [El'nikov A. V., Krekov G. M., Marichev V.N., *Lidarnye nablyudeniya stratosfernogo sloya aehrozolya nad zapadnoy sibir'yu*, Akademiya nauk SSSR, Sibirskoe otdelenie, Institut optiki atmosfery, Novosibirsk, 1987, 818 pp.]
- [3] <https://ccmc.gsfc.nasa.gov/pub/modelweb/atmospheric/msis/nrlmsise00/>.
- [4] <ftp://nssdcftp.gsfc.nasa.gov/models/atmospheric/cira/cira86/>.
- [5] <http://www.oracle.com/technetwork/java/javaee/servlet/>.
- [6] <http://tomcat.apache.org/>.

Список литературы (ГОСТ)

- [1] Бычков В. В., Непомнящий Ю. А., Пережогин А. С., Шевцов Б. М. Лидарные сигналы верхней атмосферы и возможный механизм их формирования. Камчатский край, Елизовский р-н, с. Паратунка: Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН. 2015. 5 с.
- [2] Ельников А. В., Креков Г. М., Маричев В.Н. Лидарные наблюдения стратосферного слоя аэрозоля над западной сибирью. Новосибирск: Академия наук СССР, Сибирское отделение, Институт оптики атмосферы, 1987. 818 с.
- [3] <https://ccmc.gsfc.nasa.gov/pub/modelweb/atmospheric/msis/nrlmsise00/>
- [4] <ftp://nssdcftp.gsfc.nasa.gov/models/atmospheric/cira/cira86/>
- [5] <http://www.oracle.com/technetwork/java/javaee/servlet/>
- [6] <http://tomcat.apache.org/>

Для цитирования: Набокин А. А. Моделирование отражений лидарных сигналов в верхней атмосфере // *Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки*. 2018. № 2(22). С. 28-32. DOI: 10.18454/2079-6641-2018-22-2-28-32

For citation: Nabokin A. A. Modeling of Lidar signal refractions in the upper atmosphere, *Vestnik KRAUNC. Fiz.-mat. nauki*. 2018, **22**: 2, 28-32. DOI: 10.18454/2079-6641-2018-22-2-28-32