

УДК 519.68:15:681.5

СБОР ДАННЫХ О ДВИЖЕНИИ ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

¹Гриняк В.М., ²Будников А.И.¹Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, e-mail: griniak.vm@dvfu.ru;²Владивостокский государственный университет экономики и сервиса, Владивосток,
e-mail: aleksey.budnikov@rambler.ru

Безопасность полетов воздушных судов представляет собой важнейшую научно-техническую и инженерную проблему. Разработка технологий, моделей и алгоритмов обеспечения безопасности воздушного движения выделилась в отдельную отрасль науки об управлении. Их исследование, как правило, связано с постановкой вычислительных экспериментов на реальных данных о движении воздушных судов. Статья посвящена задаче сбора данных о движении воздушных объектов в зонах ответственности систем управления воздушным движением. Эти данные имеют большую ценность для построения и верификации моделей управления коллективным воздушным движением и моделей управления безопасностью полетов. Показан практически реализованный способ сбора и обработки необходимых данных на основе открытой информации с сайта flightradar24.com. Рассмотрены возникающие при этом проблемы и их решение. Демонстрируется результат работы разработанной информационной системы на примере воздушного пространства над Приморским краем.

Ключевые слова: управление воздушным движением, моделирование движения, системы управления безопасностью полетов, траектория воздушного судна, обработка данных

CIVIL AIR TRAFFIC DATA CAPTURE

¹Grinyak V.M., ²Budnikov A.I.¹Far Eastern Federal University (FEFU), Vladivostok, e-mail: griniak.vm@dvfu.ru;²Vladivostok State University of Economics and Service, Vladivostok,
e-mail: aleksey.budnikov@rambler.ru

Safety of aircraft represents a major scientific and technical and engineering problems. Development of technologies, models and algorithms to ensure air traffic safety was allocated in a separate branch of the science of management. Their research is generally associated with the production of numerical experiments on real data on aircraft movements. The paper is solved to capture of air traffic data around flight safety control systems. These data is extremely valuable for the construction and verification of support the collective motion models and the safety control system models. The practical way of collecting and processing the necessary data on the basis of open information from the flightradar24.com are shown. The next technologies are used: JavaScript Object Notation, Automatic dependent surveillance-broadcast (ADS-B) technologies website. Some problems and its solution has watched. Results of the information system working on the example of Primorsk region aerospace has demonstrated.

Keywords: air traffic control, motion modeling, flight safety control systems, airplane trace, data processing

Обеспечение безопасности полетов воздушных судов представляет собой важнейшую научно-техническую и инженерную проблему. Эта проблема является особенно актуальной в условиях постоянного роста плотности трафика как в зонах аэропортов, так и в глобальном воздушном пространстве. Вопросы создания современных систем управления воздушным движением (далее СУВД) привлекают внимание большого количества исследователей [1, 2, 5, 6].

В основу функционирования СУВД положены задачи определения параметров траектории наблюдаемых воздушных судов по внешним измерениям (навигационные задачи). Информационной базой современных СУВД служат радары, дополняемые приемопередающими устройствами (транспондерами) спутниковых навигационных систем (GPS, Глонасс, и т.д.). Данные о движении

обрабатываются специальными алгоритмами, позволяющими распознавать опасное движение самолёта: выход за пределы регламентированных воздушных трасс, уход с предписанного эшелона, недопустимое сближение, полёт в запрещённых зонах и т.д.

При разработке соответствующих математических моделей и алгоритмов требуется их проверка на надёжность и эффективность (недопущение «пропуска» опасной ситуации, минимизация «ложных тревог»). Для решения этой задачи исследователи часто прибегают к моделированию индивидуального и коллективного движения воздушных судов: это позволяет исследовать поведение алгоритмов в типичных ситуациях. Вместе с тем наибольшей информативностью обладают данные о движении реальных объектов; они позволяют отработать поведение моделей и алгоритмов не только на типич-

ных сценариях движения, но и на сценариях, специфичных для той или иной зоны ответственности СУВД. Однако порог доступа к реальной информации о движении воздушных объектов в том или ином районе достаточно высок. Получение таких данных от центров управления воздушным движением связано с организационными трудностями и значительными материальными затратами.

Одним из путей решения обозначенной проблемы получения реальных данных о воздушном трафике является обращение к специализированным открытым Интернет-ресурсам. Подобный подход для сбора данных о движении морских судов был использован авторами работ [3, 4]. В настоящей работе описана информационная система сбора данных о движении самолетов гражданской авиации. Система была апробирована при сборе данных о воздушном пространстве над Приморским и Хабаровским краем.

Особенности данных о воздушном трафике в сети Интернет

В сети Интернет есть ресурсы, на которых можно получить информацию о воздушном трафике того или иного географического района. Характеристики предоставляемых ресурсами данных таковы, что они позволяют получить достоверную информацию о траекториях движения воздушных объектов для использования в исследовательских целях.

Примерами сайтов, отображающих информацию, являются planefinder.net и flightradar24.com (рис. 1).

Технологически сайты выполнены идентично и предоставляют сходную функциональность. Они отражают данные, получаемые с базовых станций ADS-B (Automatic dependent surveillance-broadcast) [7, 8]. Технология ADS-B построена на основе спутниковой системы GPS, которая имеет погрешность 6–8 метров. При этом flightradar24.com отображает данные, собранные с большего количества базовых станций ADS-B, чем planefinder.net. На момент написания статьи на сайте flightradar24.com собиралась информация примерно от 500 базовых станций ADS-B. Учитывая этот факт, в качестве информационной базы системы сбора данных о движении воздушных судов был выбран flightradar24.com.

Рассмотрим сайт flightradar24.com более подробно. Положение каждого самолета наносится сайтом на карту, предоставляемую соответствующим сервисом Google. Для наблюдения можно использовать любую произвольную область просмотра. Однако flightradar24.com не предоставляет публичного API для работы с данными трафика. Поэтому для сбора таких данных потребовалось произвести реверс-инжиниринг сайта и разработать специальный программный модуль.



Рис. 1. Вид сайта flightradar24.com

В результате реверс-инжиниринга web-приложения было установлено, что каждую секунду браузер методом GET запрашивает файл feed.js у системы сопровождения. Возвращаемый файл выглядит следующим образом:

```
{
  "full_count": 7080,
  "version": 4,
  "4df55ff": ["ABB3BE", 51.3531, 138.6574, 33, ..., 0],
  "4df681d": ["4240DC", 50.9344, 130.6921, 314, ..., 0],
  "4ded1e7": ["A62EE6", 50.2345, 137.3909, 214, ..., 0],
  "4df632a": ["424559", 50.6123, 131.2365, 314, ..., 0],
  "4df5736": ["A12D83", 51.2091, 138.5053, 33, ..., 0],
  "4df5496": ["7804C6", 50.2017, 137.3550, 34, ..., 0],
  "4df57ee": ["C03CF1", 50.0106, 137.1524, 34, ..., 0],
  "4df6c82": ["4240E1", 47.9022, 135.1134, 4, ..., 0],
  ...
}
```

В этом файле система сопровождения выдает полную информацию о самолетах, видимых на карте пользователю страницы в текущем окне. Файл имеет формат JavaScript Object Notation (JSON) [9] и содержит определение объекта для языка JavaScript, что позволяет представить информацию произвольной структуры. Формат файла наиболее удобен для передачи данных web-странице.

Запись, возвращаемая системой сайту, содержит набор полей. Первые два поля (целые числа): full_count и version – это соответственно полное количество самолетов, доступных в системе, и версия протокола. Далее идет несколько полей с именами в виде шестнадцатеричных значений. Тип данных полей – кортеж. В таблице приведены данные (конкретный пример), содержащиеся в кортеже.

Пример кортежа, хранящего информацию о воздушном судне

Номер поля данных	Значение	Описание
1	«ABB3BE»	Шестнадцатеричный идентификатор воздушного судна в формате ICAO24
2	51.3531	Широта (в градусах)
3	138.6574	Долгота (в градусах)
4	33	Курс (в градусах)
5	37025	Высота (в футах)
6	492	Скорость (в узлах)
7	«0000»	Четырехзначный идентификационный код самолетного ответчика (squawk code)
8	«T-UHKD1»	Идентификатор радара, от которого поступила информация
9	«A332»	Модель самолета
10	«N853NW»	Идентификатор воздушного судна в базе данных системы наблюдения
11	1416658957	Время ответа транспондера по UTC, представленное в формате Unix
12	«PEK»	Пункт отправки по ИАТА
13	«SEA»	Пункт назначения по ИАТА
14	«DL128»	Дополнительный идентификатор компании-владельца и номера рейса
15	0	Дополнительный параметр
16	0	Вертикальная скорость (в футах в минуту)
17	«DAL128»	Полный идентификатор компании-владельца и номера рейса
18	0	Дополнительный параметр

В среднем размер файла feed.js составляет 820 Байт. Недельная статистика подразумевает обработку около 600 000 файлов общим объемом приблизительно 500 МБ. Хотя измерения в воздушном пространстве собираются в основном ежесекундно, опрос каждой в отдельности базовой станции происходит значительно реже (от 5 до 10 секунд). В результате обработки данных было установлено, что объем уникальных записей составляет около 16% от общего количества. Вместе с тем предоставляемая информация достаточно точна для исследовательских целей.

GET-запрос на домен data.fr24.com, управляемый браузером, имеет следующий вид:

```
http://bma.data.fr24.com/zones/cgi/feed.js?bounds=47,40,123,13
9&faa=1&gnd=1&mLat=1&estimated=1&flarm=1&adsb=1&vehicles=1&glide
rs=1&
```

Здесь важно отметить параметр bounds (выделен полужирным начертанием). Он задаёт прямоугольную область в географических координатах, которая определяет текущее окно. В данном случае: широта в пределах от 47 до 40° СШ и долгота – от 123 до 139° ВД. Таким образом, есть возможность программным способом задавать необходимую область отображения, изменяя соответствующим образом географические границы зоны и отправляя необходимый GET-запрос; в результирующем файле отображается информация только о тех воздушных

объектах, которые попадают в указанную область.

Описание информационной системы

При создании информационной системы сбора данных о воздушных объектах было разработано три программных модуля: модуль сбора информации, модуль обработки и фильтрации и модуль отображения.

Основная функция модуля сбора информации – отправка GET-запросов сайту flightradar24.com и сохранение информации

на жесткий диск. При этом сохраняемые файлы удобно именовать в формате

<целое число>.js,

где «целое число» – это время UTC в формате Unix. Это позволяет обеспечить уникальность каждого полученного файла.

Функция модуля обработки и фильтрации – разбор файлов и запись информации в базу данных. При этом СУБД обеспечивает фильтрацию данных за счёт наложения соответствующих ограничений (создания составного первичного ключа) на таблицу с данными.

Результаты работы информационной системы можно увидеть на рис. 2.

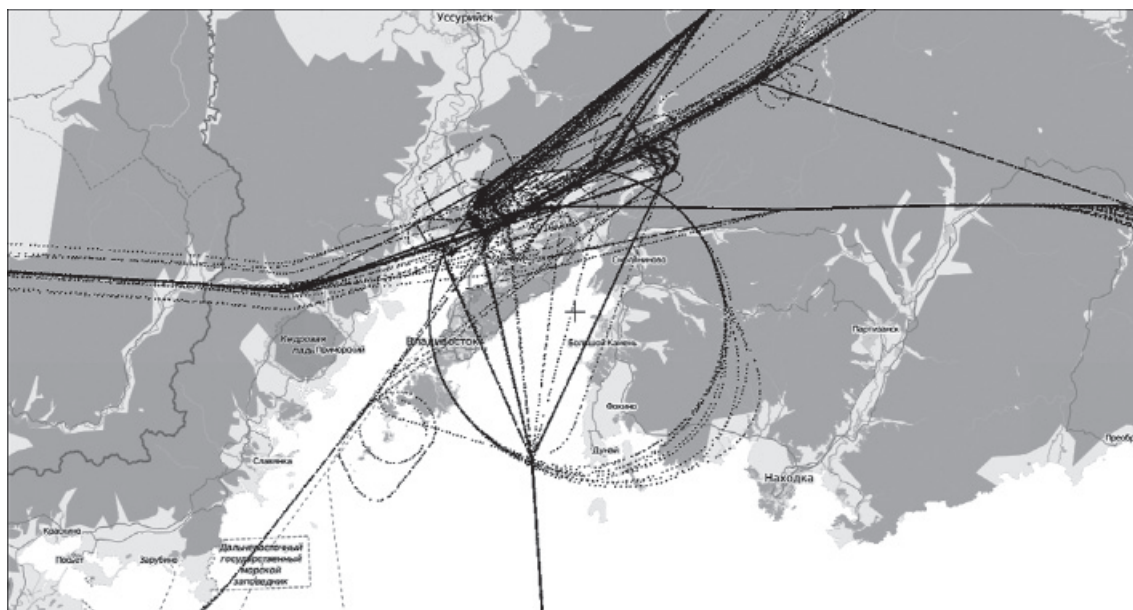


Рис. 2. Данные о движении самолетов с 11 по 18 ноября 2014 года над югом Приморского края (около 330 тысяч измерений)

Модуль отображения обращается к СУБД, выбирает географические координаты самолетов, имеющиеся в БД, и отображает их на карте. В качестве источника карт используется сервис openstreetmap.org, так как он не налагает ограничений на использование картографической информации. Модуль отображения обеспечивает навигацию по карте в интерактивном режиме.

Созданная информационная система позволяет собирать информацию о движении воздушных судов по всему земному шару в зонах доступа базовых станций ADS-B. Собираемые системой реальные данные представляют собой исключительную ценность для моделирования и исследования задач в области управления воздушным движением и обеспечения безопасности полетов.

Список литературы

1. Баженов С.Г., Кулида Е.Л., Лебедев В.Г. Формирование бесконфликтных траекторий предпосадочного маневрирования с учетом ограничений на маневренные возможности самолета // Проблемы управления. – 2012. – № 2. – С. 70–75.
2. Варфоломеев К.С., Щепилов Ю.Н. о подходе к количественной оценке качества процедур маневрирования в районе аэродрома // Транспорт: наука, техника, управление. – 2012. – № 6. – С. 27–29.
3. Головченко Б.С., Гриняк В.М. Информационная система сбора данных о движении судов на морской акватории // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2014. – № 2 (24). – С. 156–162.
4. Головченко Б.С., Гриняк В.М. Информационная система сбора данных трафика морской акватории // Научно-техническая информация. Сер. 2: Информационные процессы и системы. – 2014. – № 8. – С. 24–28.
5. Дашков И.Д., Зубков Б.В. Определение и оценка состояний функциональных систем воздушных судов в системе управления безопасностью полетов // Научный вестник московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2014. – № 205. – С. 32–36.
6. Смирнова Ю.В. О совершенствовании системы управления безопасностью полетов в России // Безопасность в техносфере. – 2012. – № 3. – С. 43–45.
7. ADS-B Технология (TIS-B, FIS-B) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://adsbradar.ru/ads-b_fis-b_tis-b_technology.
8. ADS-B Technologies Website [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ads-b.com>.
9. The JavaScript Object Notation (JSON) Data Interchange Format [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc7159.txt>.

References

1. Bazhenov S.G., Kulida E.L., Lebedev V.G. *Problemy upravleniya*, 2012, no. 2, pp. 70–75.
2. Varfolomeev K.S., Shepilov Yu.N. *Transport: nauka, tekhnika, upravleniye*, 2012, no. 6, pp. 27–29.
3. Golovchenko B.S., Grinyak V.M. *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admiral S.O. Makarova*, 2014, no. 2 (24), pp. 156–162.
4. Golovchenko B.S., Grinyak V.M. *Nauchno tekhnicheskaya informatsiya. Seriya 2: Informatsionnye protsessy i sistemy*, 2014, no. 8, pp. 24–28.
5. Dashkov I.D., Zubkov B.V. *Nauchnyy vestnik moskovskogo universiteta grazhdanskoy aviatsii*, 2014, no. 205, pp. 32–36.
6. Smirnova Yu.V. *Bezopasnost v tekhnosfere*, 2012, no. 3, pp. 43–45.
7. ADS-B Технология (TIS-B, FIS-B), Available at: http://adsbradar.ru/ads-b_fis-b_tis-b_technology
8. ADS-B Technologies Website, Available at: <http://www.ads-b.com>.
9. The JavaScript Object Notation (JSON) Data Interchange Format, Available at: <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc7159.txt>.

Рецензенты:

Номоконова Н.Н., д.т.н., профессор кафедры информационных технологий и систем, Владивостокский государственный университет экономики и сервиса Минобразования РФ, г. Владивосток;

Кривошеев В.П., д.т.н., профессор кафедры информационных технологий и систем, Владивостокский государственный университет экономики и сервиса Минобразования РФ, г. Владивосток.