УДК 004.654

# СБОР ДАННЫХ О ДВИЖЕНИИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ИЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО ЗАВИСИМОГО НАБЛЮДЕНИЯ

**[1]Гриняк В.М., [2]Сапунов В.А., [2]Гусев Е.Г.**

*[1]Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, e-mail: griniak.vm@dvfu.ru;*
*[2]Владивостокский государственный университет экономики и сервиса, Владивосток, e-mail: auscol@mail.ru*

Статья посвящена задаче сбора данных о движении воздушных объектов в зонах ответственности систем управления воздушным движением. Разработка технологий, моделей и алгоритмов обеспечения безопасности воздушного движения, как правило, связана с постановкой вычислительных экспериментов на реальных данных о движении воздушных судов. Поэтому такие 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 сайтов flightradar24.com и planefinder.net. Проанализировано влияние частоты запроса полетных данных на характеристики уникальности и производительность систем хранения данных. Спроектированы и реализованы алгоритмы сбора данных из систем автоматического зависимого наблюдения (АЗН). В статье продемонстрирован результат работы созданных алгоритмов на примере некоторых зон воздушного движения.

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

# CIVIL AIR TRAFFIC DATA CAPTURE FROM ADS-B SYSTEMS

**[1]Grinyak V.M., [2]Sapunov V.A., [2]Gusev E.G.**

*[1]Far Eastern Federal University, Vladivostok, e-mail: griniak.vm@dvfu.ru;*
*[2]Vladivostok State University of Economics and Service, Vladivostok, e-mail: auscol@mail.ru*

Current paper is devoted to the problem of collecting data on the movement of air targets in the areas of responsibility of air traffic control systems. Development of technologies, models, algorithms and security of air traffic is generally associated with the production of the computational experiments on real data on aircraft movements. Therefore, these data are of great value for the construction and verification of models of collective management of air traffic and safety management models. It showed virtually implemented method of collecting and processing the necessary data on the basis of publicly available information from websites and flightradar24.com planefinder.net. The influence of the frequency of flight data request unique characteristics and performance of storage systems. Designed and implemented algorithms for data acquisition systems of automatic dependent surveillance (ADS). The paper demonstrated result of algorithms created by the example of some of the areas of air traffic.

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

По статистическим оценкам объем воздушных перевозок увеличивается с каждым годом и, как следствие, возрастает интенсивность воздушного движения. Это приводит к ужесточению требований к безопасности полета воздушных судов и побуждает к выработке новых подходов к обеспечению безопасности [1, 2, 7–13].

Международная организация гражданской авиации ИКАО разработала концепцию CNS/ATM (Navigation, Communication and Surveillance/Air Traffic Management) – будущих систем связи, навигации и наблюдения, используемых в целях организации воздушного движения. Исходя из представлений экспертов ИКАО при реализации концепции CNS/ATM необходимый уровень эффективности аэронавигационной системы может быть обеспечен только при использовании цифровых средств обработки данных.

Технологии использования глобальных навигационных систем и автоматического зависимого наблюдения (АЗН) наряду с использованием радиолокационного наблюдения являются основными компонентами в современных аэронавигационных системах, обслуживающих воздушное движение (ОВД) [14, 15].

Система автоматического зависимого наблюдения в режиме радиовещания (ADS-B) и система мультилатерации (MLAT) представляют собой дополнительные формы электронного наблюдения, которые могут использоваться в целях обеспечения обслуживания воздушного движения на маршруте, а также в районе аэродрома. Если раньше единственным средством обеспечения электронного наблюдения при обслуживании таких полетов служил радиолокатор, то в настоящее время системы ADS-B и MLAT могут внедряться в тех районах, ко-

торые вообще не обслуживались или частично обслуживались радиолокатором. В связи со своей привлекательностью с точки зрения затрат ожидается, что системы ADS-B и MLAT будут все чаще использоваться в тех районах, где использование радиолокатора экономически нецелесообразно.

Основные преимущества АЗН заключаются в улучшенном качестве наблюдения и распространении на области воздушного пространства, находящихся вне зоны радиолокационного наблюдения. АЗН предоставляет службе УВД более точную информацию для безопасного эшелонирования воздушного судна в воздухе и на аэродромах.

Важным преимуществом АЗН в режиме радиовещания является доступность полетных данных не только для участников воздушного движения, но и для других потребителей такой информации. Доступность полетных данных для исследователей, занятых в имитационном моделировании, является важной составляющей, так как позволяет делать испытания моделей и алгоритмов на данных реального трафика.

На данный момент существуют информационные системы, предоставляющие данные о воздушном движении в широком доступе. Подобные информационные системы используют АЗН приемники, расположенные практически по всему миру. С точки зрения исследовательских задач подобные информационные системы интересны, прежде всего, свойствами агрегации массивов данных, собранных с множества приемных устройств.

Вопрос исследования массивов полетных данных уже рассматривался авторами ранее [3–6]: были предложены разные модели обработки и хранения данных о движении. В большинстве случаев предполагалось использовать традиционные модели хранения данных, в частности реляционную модель данных. В данной статье исследуется вопрос структуры и частоты обновления данных о движении воздушных судов, предоставляемых системами с открытым доступом.

### Сбор данных из систем АЗН

Основным подходом к сбору полетных данных является использование метода GET протокола HTTP. Формат запроса определяется конструктивными особенностями информационной системы поставщика данных АЗН и, как правило, включает как минимум четыре параметра, определяющих географические координаты, задавая таким образом «фрейм» (окно) сбора данных на поверхности Земли. Пример такого запроса для системы www.radarbox24.com:

```
https://api.rb24.com/flights?
params={«bounds»:{«northEast»:
{«lat»:56.52193228626557,»lon»
:45.76585218750006},»southWest
»:{«lat»:38.046367500217755,»l
on»:-14.263444687499941}}}
```

В ответ на сформированный запрос информационная система передает структуру данных, описываемую, как правило, в формате JSON [16]. Ниже представлен фрагмент ответа на запрос данных о движении для системы www.radarbox24.com:

```
30140008:{co1:PGT,co2:PC,dst
1:,dst2:,fal:38000,far:TC-AVP,
farnd:TCAVP,fat:B738,fch:145959
1171,fgs:441,…}
30144798:{co1:RYR,co2:FR,d
st1:LROP,dst2:OTP,fal:0,far:
EI-EBO, farnd:EIEBO, fat:B738,
fch:1459591179, fgs:0,…}
30145857:{co1:ETD,co2:EY,d
st1:OMAA,dst2:AUH,fal:39000,
far:A6-EYI,        farnd:A6EYI,
fat:A332, fch:1459591179,…}
30146895:{co1:QTR,co2:QR,d
st1:OTHH,dst2:HHH,fal:33000,
far:TC-ACH,        farnd:TCACH,
fat:B744, fch:1459591179,…}
```

В структуре полученных данных можно выделить два основных блока: базовый (обязательный) и расширенный блок.

Базовый блок включает основную кодограмму-«донесение» системы АЗН. В нём обязательно присутствуют следующие параметры: регистрационная информация воздушного судна, координаты текущего местоположения (широта и долгота), значения высоты полета и момента времени формирования сообщения (в единицах всемирного скоординированного времени), признаки наличия на борту системы предупреждения столкновений, вычисленную величину показателя качества работы бортового навигационного оборудования [5, 6, 14, 15].

Расширенный блок формируется, используя другие кодограммы, и может содержать как статические, так и динамические параметры: идентификатор ИКАО, код владельца воздушного судна, коды аэропортов прибытия и отправки, модель воздушного судна, вертикальная скорость, истинный

курс, а также набор других необходимых параметров.

Частота запроса данных о движении является важной составляющей при работе соответствующего программного обеспечения. Малая частота запроса приводит к пропуску данных о движении, излишне частые запросы приводят к дублированию данных, что сказывается на эффективности их дальнейшей обработки. В качестве характеристики качества полученных данных с точки зрения их уникальности введём величину коэффициент уникальности, равную отношению количества уникальных записей о движении к их общему количеству.

Различные источники данных о движении воздушных судов обладают разными коэффициентами уникальности. На рис. 1 и 2 показаны значения коэффициента уникальности для ресурсов flightradar24.com и planefinder.net при различных значениях периода запроса данных.

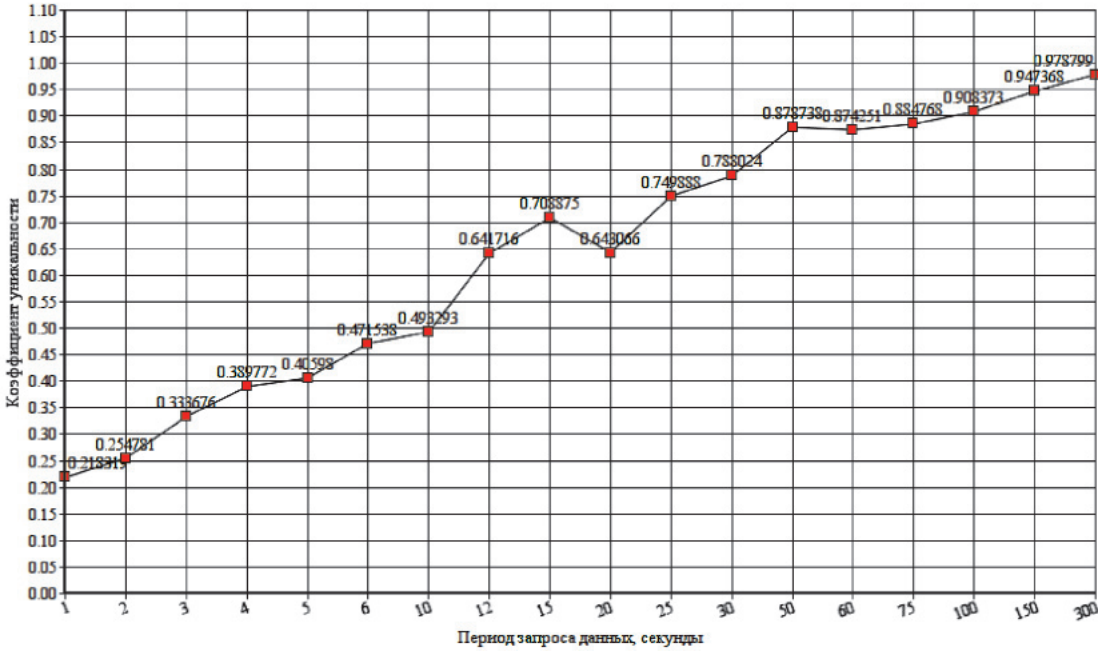


*Рис. 1. Значения коэффициентов уникальности данных flightradar24.com*

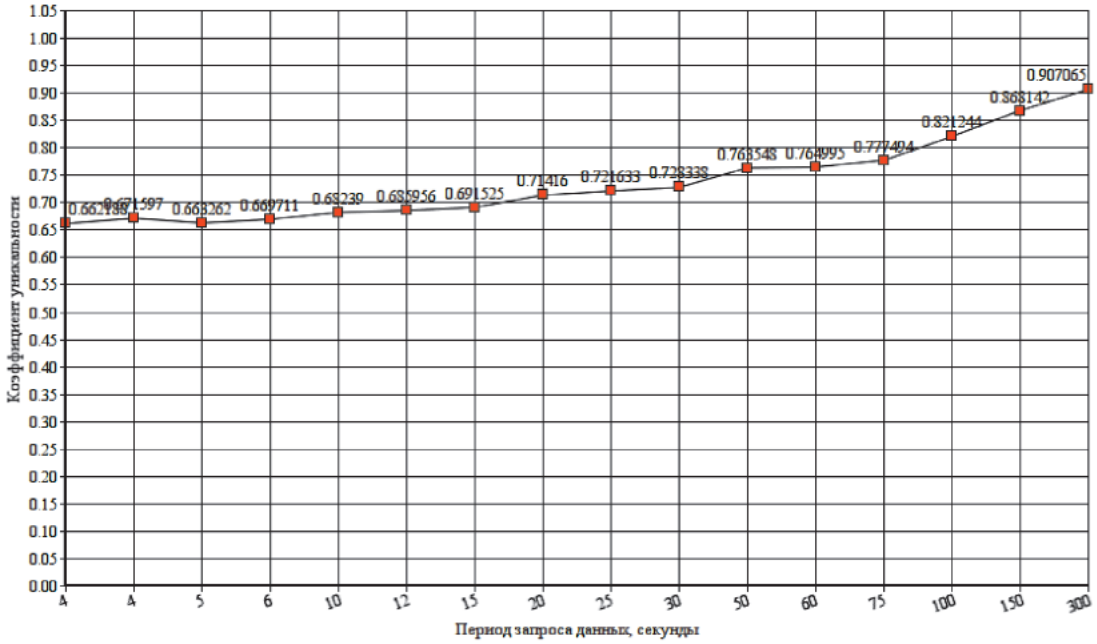


*Рис. 2. Значения коэффициентов уникальности данных planefinder.net*

*Рис. 3. Воздушный трафик над Москвой и Подмосковьем*

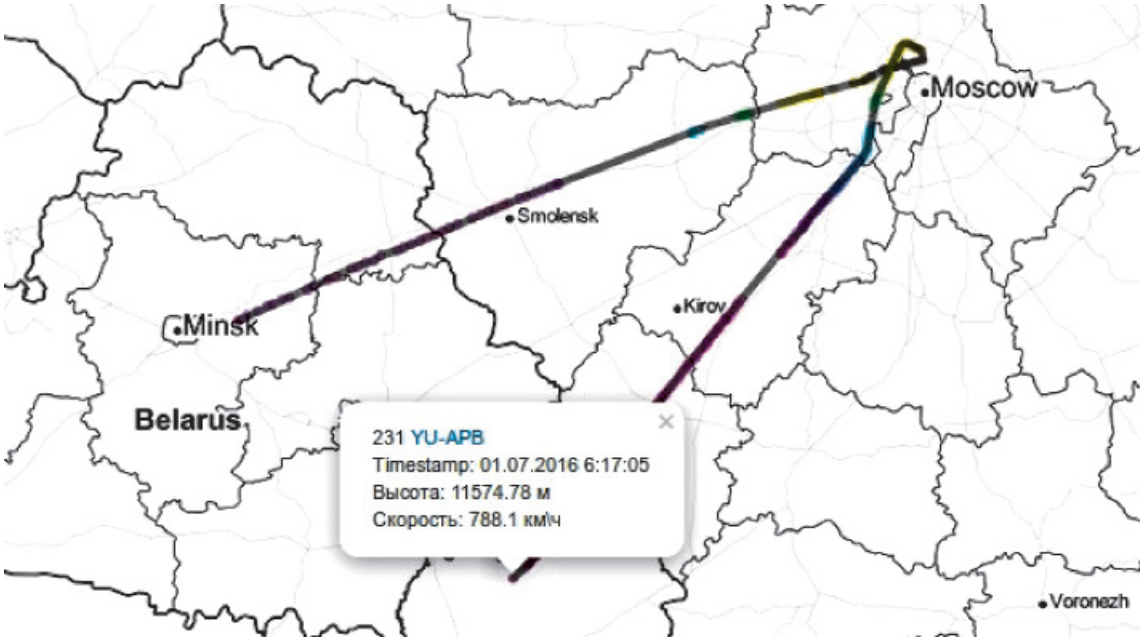


*Рис. 4. Пример траектории воздушного судна*

Исходя из представленных данных отчетливо видно, что при увеличении частоты запроса коэффициент уникальности уменьшается. Значение оптимального для анализа коллективного движения воздушных судов периода запроса данных flightradar24.com и planefinder.net лежит в диапазоне от 50 до 75 с. Частота запроса данных непосредственно влияет на эффективность решения задач сбора, обработки и хранения данных о движении, её оптимизация позволит снизить ресурсоёмкость системы хранения и обработки данных.

**Заключение**

В заключение приведём несколько примеров работы созданной информационной системы по сбору данных о движении воздушных судов, собранных системой данных о движении самолётов над европейской частью России.

Рис. 3 отражает маршруты движения воздушных судов, сформированных из собранных данных о движении над Москвой и Подмосковьем.

На рис. 4 изображен маршрут движения воздушного судна с кодом YU-APB.

Траекторные данные включают в себя 231 точку маршрута, среднее расстояние между смежными точками равно около 5 км.

## Список литературы


1. Баженов С.Г., Кулида Е.Л., Лебедев В.Г. Формирование бесконфликтных траекторий предпосадочного маневрирования с учетом ограничений на маневренные возможности самолёта // 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. Гриняк В.М., Будников А.И. Информационная система сбора данных о движении воздушных объектов гражданскй авиации // Транспорт: наука, техника, управление. – 2015. – № 8. – С. 44–47.

6. Гриняк В.М., Будников А.И. Сбор данных о движении воздушных объектов гражданской авиации // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 7–3. – С. 530–534.

7. 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.

8. Девятисильный А.С., Гриняк В.М. Прогнозирование опасных ситуаций при управлении движением на море // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. – 2004. – № 3. – С. 127–136.

9. Девятисильный А.С., Дорожко В.М., Гриняк В.М. Нейроподобные алгоритмы высотной классификации движущихся объектов // Информационные технологии. – 2001. – № 12.

10. Девятисильный А.С., Дорожко В.М., Гриняк В.М. Определение гидродинамического сопротивления по траекторным данным инерционного движения объекта // Журнал технической физики. – 2003. – № 2. – С. 38–42.

11. Малиевский Я.Г., Баженов Р.И. Управление проектами в среде TRELLO // Постулат. – 2015. – № 1. – С. 3.

12. Пронина О.Ю., Баженов Р.И. Исследование методов регрессионного анализа программной среды EVIEWS // Nauka-Rastudent.ru. – 2015. – № 1. – С. 45.

13. Смирнова Ю.В. О совершенствовании системы управления безопасностью полетов в России // Безопасность в техносфере. – 2012. – № 3. – С. 43–45.

14. ADS-B Технология (TIS-B, FIS-B) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://adsbradar.ru/ads-b_fis-b_tis-b_technology.

15. ADS-B Technologies Website [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ads-b.com.

16. The JavaScript Object Notation (JSON) Data Interchange Format [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc7159.txt.