

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертационное исследование Солнцевой-Чалей Марии Олеговны «Методы анализа многомерных данных посадочных траекторий самолетов», представленное на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.17 «Теоретические основы информатики».

Диссертационное исследование М.О. Солнцевой-Чалей «Методы анализа многомерных данных посадочных траекторий самолетов» выполнена на кафедре информатики МФТИ.

Цель исследования заключалась в разработке методов анализа данных (*data mining*), позволяющих при обработке набора многомерных временных рядов, представленных четырехмерными траекториями движения объектов к различным целям:

- автоматически выделять в трехмерном пространстве пучки многомерных временных рядов, асимптотически сходящиеся с заданным параметром порога, что соответствует выделению установившихся потоков движения;
- смоделировать в трехмерном пространстве типичный для выделенного пучка многомерный временной ряд – центроид;
- определять в выделенном пучке выброс (*outlier*) – многомерный временной ряд, наиболее отклоняющийся от смоделированного центроида.

Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью в условиях усложнения технических средств, роста интенсивности их использования и повышения требований эксплуатационной безопасности обрабатывать большие массивы данных (мониторинга технических средств) в режиме реального времени. Одно из перспективных направлений решения указанной задачи связано с разработкой методов и алгоритмов обработки данных, учитывающих их характерные (специфические) особенности. Типичным примером подобного массива данных являются посадочные траектории самолетов, которые обладают рядом специфических особенностей, в том числе:

- посадочные траектории являются существенно многомерными;
- посадочные траектории образуют асимптотически сходящиеся с параметром порога пучки;
- посадочные траектории имеют множественные пространственные пересечения, кривизну и кручение.

Существующие подходы к анализу данных такого рода связаны, в первую очередь, с:

- сокращением размерности данных, что приводит к потере информации и искажению итогового результата;
- использованием в качестве меры близости многомерных временных рядов евклидовой меры, что не позволяет разделять пересекающиеся траектории различной геометрической формы.

В рамках диссертационного исследования Марией Олеговной **лично получены научные результаты**, которые и выносятся на защиту:

- способ устойчивого разбиения в трехмерном пространстве набора многомерных временных рядов, представленных четырехмерными траекториями движения объектов к различным целям, на пучки, асимптотически сходящиеся с заданным параметром порога, с использованием в качестве меры близости многомерных временных рядов меры косинуса;

- способ моделирования в трёхмерном пространстве центроида для выделенного пучка многомерных временных рядов, представленных четырёхмерными траекториями движения объектов, посредством решения оптимизационной задачи с ограничениями и использовании в качестве меры близости многомерных временных рядов меры косинуса;
- способ определения выброса (*outlier*) в выделенном пучке многомерных временных рядов, представленных четырёхмерными траекториями движения объектов, основанный на оценке отклонения по мере косинуса траекторий пучка от его центроида.

Научная новизна работы заключается в том, что в качестве экспериментальной меры близости многомерных временных рядов (четырёхмерных траекторий движения объектов) используется мера косинуса, которая позволяет в условиях множественных пространственных пересечений траекторий выделять в наборе обрабатываемых данных пучки временных рядов, асимптотически сходящиеся с параметром порога, их центроиды и выбросы.

Практическая ценность результатов диссертационного исследования заключается в том, что реализующий их программный комплекс позволяет обрабатывать многомерные временные ряды, которые представляют собой зарегистрированные радаром посадочные траектории самолётов, в автоматическом режиме и может быть использован для решения прикладных задач, таких как:

- обнаружение скрытых целей движущихся объектов,
- секторизация воздушного пространства зоны аэропорта,
- создание автоматических (беспилотных) систем захода на посадку.

Обоснованность и достоверность результатов диссертационного исследования обеспечивается использованием хорошо зарекомендовавших себя в области анализа данных алгоритмов и процедур и подтверждены численными экспериментами на реальных данных.

Материалы исследований по теме диссертации **докладывались и обсуждались** на:

- 55-й, 56-й и 57-й научных конференциях МФТИ (Долгопрудный, 2012, 2013 и 2014 годы) – доклад на 57-й научной конференции МФТИ как лучший в секции информатики отмечен дипломом победителя;
- научных семинарах ВЦ РАН (Москва, 24 июня 2015 года), ИППИ РАН (Москва, 17 марта 2017 года) и им. братьев Белоцерковских (Москва, 16 июня 2016 года);
- на заседании кафедры информатики МФТИ (16 июня 2015 года);
- International conference on Big Data and its application (Москва, Deworkasy, 16 сентября 2016 года);

По материалам диссертационного исследования подготовлено и **опубликовано** более 20 работ, в том числе:

- 14 работ в журналах, включенных в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук» Высшей аттестационной комиссия при Министерстве образования и науки Российской Федерации;
- 4 заявки на получение патента на изобретение, две из которых удовлетворены и выданы патенты Российской Федерации № 2616106 и № 2616107.

Диссертационное исследование М.О. Солнцевой-Чалей является завершённым научным трудом. В рамках исследования Мария Олеговна проявила себя сложившимся исследователем в области обработки и анализа данных, продемонстрировав при этом высокую квалификацию, работоспособность и результативность.

Вывод: считаю, что диссертационное исследование Солнцевой-Чалей Марии Олеговны «Методы анализа многомерных данных посадочных траекторий самолетов» полностью соответствует требованиям, предъявляемым Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науки Российской Федерации к работам, представляемым на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.17 «Теоретические основы информатики».

Доцент кафедры логистических систем и технологий федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)», кандидат технических наук, доцент

Востоков Вадим Юрьевич
+7 915 177 1346,
vadimeast@yandex.ru

Подпись В.Ю. Востокова удостоверяю.

Ученый секретарь МФТИ



Ю.И. Скалько