

Для решения проблемы больших коэффициентов масштабирования входных данных и, следовательно, повышения требований к точности обучения сети, использовались не сами координаты полюса, а разности текущего и предыдущего значения. Для восстановления непосредственных значений прогнозируемых координат достаточно прибавить полученные результаты к текущим координатам по x_p и y_p .

В качестве обучающей выборки был взят период с 1962 г. (начало наблюдений) до конца 2012 г. (всего около 18 тысяч значений). А в качестве проверочной выборки выступали данные за 2013 и 2014 гг.

В большинстве случаев прогноз, построенный нейронной сетью, оказался точнее публикуемых прогнозов МСВЗ. Кроме того, он сопоставим с результатами, полученными при краткосрочном прогнозировании с использованием численно-аналитической модели колебательного процесса земного полюса.

В дальнейшем, для улучшения точности обучения и точности прогноза предполагается использовать сплайновое сглаживание входных данных, как на этапе обучения сети, так и на этапе ее использования.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОКОЛОЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА

П. Ю. Орлов^{1,2}, И. Г. Журкин²,

¹АО «Корпорация «ВНИИЭМ», г. Москва

*²Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования*

*«Московский государственный университет геодезии и картографии»
(МИИГАиК), г. Москва*

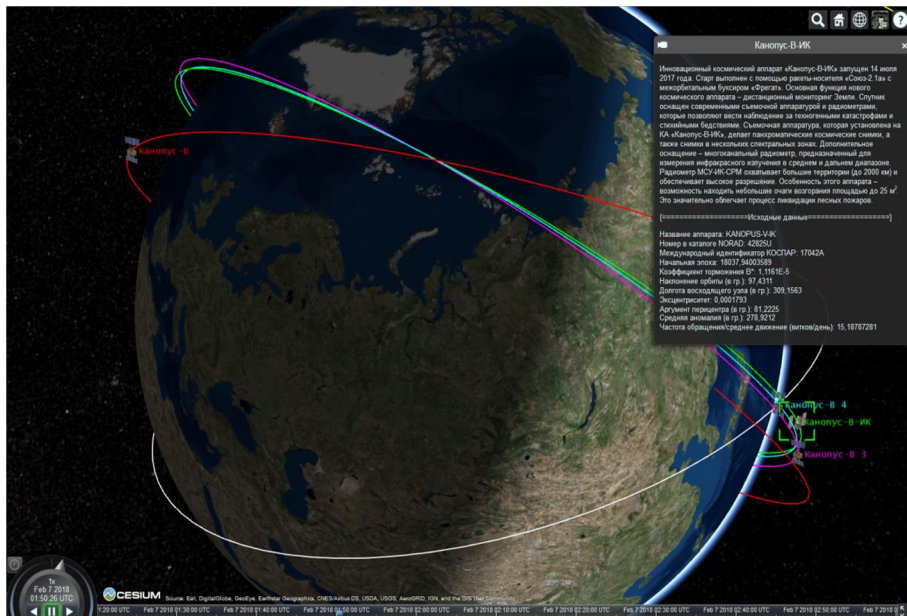
К настоящему моменту, космический мусор (КМ) и космические аппараты (КА) не рассматриваются как объекты геоинформационного моделирования, которое лишь эпизодически применяется как метод анализа и исследования загруженности околоземного космического пространства (ОКП) космическими объектами (КО) антропогенного происхождения как в России, так и за рубежом. Сложилась ситуация, когда геоинформационная система (ГИС) рассматривается лишь как система для агрегирования, каталогизации, оценки, визуализации и передачи данных (в том числе и в распределённые хранилища) о при-

родных и антропогенных объектах, находящихся на поверхности Земли (реже в воздушном пространстве). Напротив, с позиции геоинформатики, различные объекты в ОКП, за которым требуется постоянный контроль и ведение необходимого учёта для поддержки принятия решений, остаются без внимания. Поэтому авторы предлагают моделировать движение космических объектов в рамках соответствующей геоинформационной системы околоземного космического пространства (ГИС ОКП).

Под ГИС ОКП авторы понимают геоинформационную систему, предметной областью которой является Земля, рассматриваемая как единое целое, и пространство от верхней границы атмосферы до орбиты Луны, а функциональным назначением – обработка и визуализация динамических пространственных данных космических объектов (КО), а также их атрибутивных данных, которые менее подвержены изменениям с течением времени. Данный программный комплекс следует реализовать в виде геоинформационного web-сервиса на базе открытой библиотеки для обработки пространственных данных и визуализации положения космических объектов, использующей графический процессор.

Проанализировано инструментальное средство разработки ГИС ОКП – графическая библиотека *Cesium*, предназначенная для визуализации трёхмерных динамических сцен в формате *CZML*, в том числе движения космических объектов, высокоточных расчётов и перевода положения объектов в различные системы координат и отсчёта. Представлена её архитектура и схема работы. Рассмотрена аналитическая модель *SGP4* для прогнозирования движения космических объектов. Отмечено, что в сопроводительной документации разработчиков модели нет подтверждённых сведений о её точности, при этом сведения в зарубежной справочной литературе также носят лишь декларативный характер. Для оценки точности данной модели прогнозирования в качестве эталона были использованы фактические координаты участков орбиты космического аппарата дистанционного зондирования Земли «Канопус-В-ИК» на несколько временных интервалов. Продемонстрированы трёхмерные динамические сцены движения группировки

спутников «Канопус-В» в рамках прототипа ГИС ОКП (см. рисунок). Работа выполнена в рамках государственного задания ФАНО России (№5.6680.2017/8.9).



Визуализация движения КА дистанционного зондирования Земли «Канопус-В» № 1, «Канопус-В-ИК», «Канопус-В» № 3 и № 4 (7 февраля 2018 года, 01:20:14 – 03:00:14 UTC)