

## **ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ СТЕГАНОГРАФИЧЕСКОГО ВОДЯНОГО ЗНАКА НА ЭЛЕКТРОННУЮ КАРТУ**

*Блинова Е. А., Сташевская И. Ю.*

*Белорусский государственный технологический университет,  
Минск, Беларусь, [euenia.blinova@gmail.com](mailto:euenia.blinova@gmail.com), [stashevir@gmail.com](mailto:stashevir@gmail.com)*

Приведено описание алгоритма встраивания стеганографического водяного знака в файлы геоанных, преобразованных к формату GeoJSON за счет добавления дополнительных вершин в описание объектов. Разработано приложение, позволяющее внедрить метку, связанную с владельцем карты, а также проверить целостность электронной карты.

Электронные карты – это набор компьютерных файлов, содержащих пространственные данные в векторном формате. Изготовление электронных карт требует значительных усилий и средств, а использование криптографических методов для их защиты ограничено, поэтому оптимальным представляется использование стеганографических методов. Стеганография предполагает встраивание скрытого сообщения в не привлекающий внимания объект, называемый контейнером, который направляется адресату или размещается в общедоступной области.

Пространственные объекты могут быть представлены в виде точек, линий или полигонов (многоугольников), а также их наборов. Карта представляет собой набор слоев, в каждом из которых могут находиться различные пространственные объекты и может быть записана различная атрибутивная информация. В работах [1–7] разрабатывается класс методов по нанесению скрытых меток на электронные карты. В целом, подход состоит в том, чтобы скрытые метки наносились за счет добавления дополнительных вершин в пространственные объекты. Эти дополнительные вершины наносятся на ребра пространственных объектов и не отображаются на карте. Также рассматривается проблема целостности электронных карт, т. е. проблема замены или подмены атрибутов и/или пространственных объектов. Предлагается внедрять цифровые метки в каждый пространственный объект, причем метка для каждого следующего объекта будет вычисляться в зависимости от предыдущего объекта.

В настоящей статье предлагается модификация стеганографического метода для формата хранения пространственных данных GeoJSON и приложение, предназначенное для нанесения таких водяных знаков.

В качестве электронной карты будем использовать файлы формата shape-файл. Формат shape-файл (*shapefile*) – основной векторный формат для хранения пространственных объектов и атрибутов электронных карт. Из-за своей распространенности формат фактически стал стандартом для обмена данными между ГИС. На самом деле это не один файл, а набор файлов с одинаковыми именами, но разными расширениями. Основным файлом является файл в формате .SHP, который позволяет хранить различные типы пространственных объектов: точки, линии и многоугольники, а также наборы объектов определенного типа. Двумя дополнительными обязательными файлами являются файлы .DBF, который представляет собой базу данных для хранения атрибутивной информации и индексный файл .SHX.

Для нанесения стеганографической метки будем преобразовывать файл формата .SHP к объекту вида GeoJSON. Объект GeoJSON может представлять собой объект (*feature*) или коллекцию объектов (*feature collection*). Объект (*feature*) в GeoJSON состоит из пространственного объекта (*geometry*) и дополнительных атрибутов (*properties*). Значение свойства может представлять собой строку, число, объект, массив или литералы «*true*», «*false*» и «*null*». Каждый объект GeoJSON должен иметь свойство «*type*». Значение этого свойства – строка, содержащая тип объекта GeoJSON: точку, линию, полигон или набор. Предполагаем, что объекты GeoJSON будут иметь геометрический тип многоугольник (полигон).

Алгоритм нанесения стеганографической метки на электронную карту подробно описан в работе [8]. Опишем алгоритм работы приложения в случае нанесения цифрового водяного знака.

1. Пользователь регистрируется в приложении и получает уникальный идентификатор пользователя (владельца электронной карты).
2. Пользователь загружает электронную карту формата .SHP в приложение.
3. Электронная карта переводится в формат GeoJSON. Выполняется проверка, что карта состоит из объектов типа полигон.
4. По алгоритму, описанному в [8] добавляется цифровая метка, связанная с уникальным идентификатором пользователя и атрибута-

ми пространственных объектов электронной карты в существующий объект GeoJSON.

5. Полученный объект GeoJSON сохраняется в базе данных.

6. Если пользователь хочет выгрузить карту, то требуемый объект GeoJSON преобразуется к формату .SHP, и пользователь может выгрузить электронную карту.

Опишем алгоритм работы приложения в случае проверки цифрового водяного знака.

1. Пользователь загружает электронную карту формата .SHP в приложение.

2. Электронная карта переводится в формат GeoJSON. Выполняется проверка, что карта состоит из объектов типа полигон.

3. По алгоритму, описанному в [8], последовательно извлекаются все значения хэш-функции из каждого пространственного объекта.

4. В случае, если все извлеченные значения хэш-функции совпадают с вычисленными значениями для аналогичного пространственного объекта, а для первого пространственного объекта аналогичная проверка выполняется успешно для уникального идентификатора пользователя, то пользователь получает уведомление, что карта верна.

Разработано приложение для создания стеганографического контейнера формата GeoJSON. Приложение реализовано с использованием микросервисной и клиент-серверной архитектуры. Приложение реализовано в виде интернет-сервиса «StegoMap», который предназначен для нанесения стеганографического водяного знака на электронную карту формата GeoJSON и проверки целостности электронной карты.

С помощью разработанного приложения в карту добавляется информация о владельце карты и контрольные суммы для атрибутов пространственных областей. Для этого был создан набор классов, включающий в себя методы осаждения и извлечения информации из полигонов электронной карты, а также несколько вспомогательных классов для, например, вычисления значения хэш-функции по алгоритму MD5.

Приложение реализовано с помощью технологии Java Spring Boot. Пакеты проекта: Controller – пакет, содержащий REST контроллер; Entity – пакет, содержащий объекты передачи данных; Helper – пакет, содержащий вспомогательные файлы, отвечающие за нанесение цифрового водяного знака на электронную карту; Repository – пакет,

содержащий набор базовых методов для работы с сущностью в методах.

Для предоставления пользователю возможности взаимодействия с интернет-сервисом было разработано клиентское приложение на основе ASP.NET Core, а также база данных Microsoft SQL Server. Для удобного доступа пользователя к приложению из браузера, а также реализации графического интерфейса используется фреймворк Angular. Для достижения возможности масштабирования проекта в структуре выделены отдельные директории: *Controllers* – для файлов, связанных с организацией контроллеров; *Authorization* – для файлов, отвечающих за авторизацию; *ClientApp* – файлы, связанные с клиентским приложением; *Helpers* – вспомогательные файлы; *Migrations* – снимок контекстной модели базы данных приложения; *Pages* – файлы страниц; *Temporary* – временные файлы; *View Models* – файлы моделей приложения. Общий вид веб-приложения представлен на рисунке 1.

Для произведения процедуры добавления стеганографической метки пользователю необходимо нажать кнопку «Load Map». После чего в открывшемся окне выбрать три файла с разрешениями .shp, .shx и .dbf.

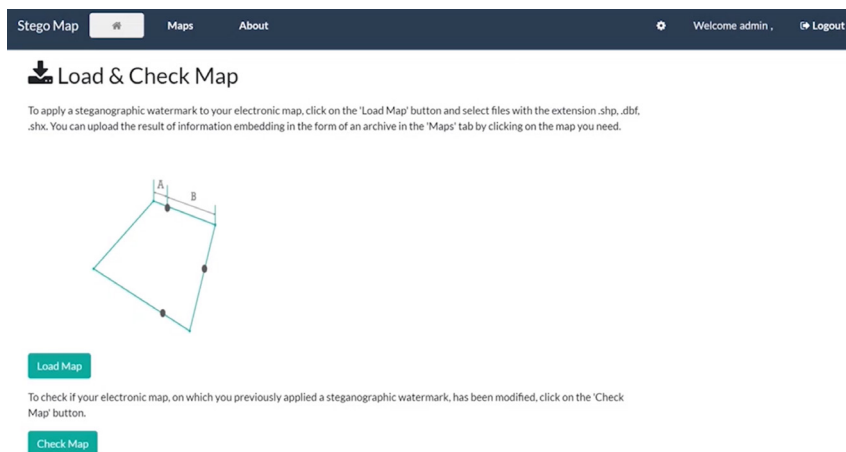


Рисунок 1 – Общий вид приложения

Для преобразования shape-файлов в формат GeoJSON использовалась библиотека *Aspose.GIS*, которая является программной би-

библиотека для платформ .NET. Она выполняет все стандартные задачи, связанные с файлами пространственных данных: она выполняет преобразование между поддерживаемыми форматами данных, может преобразовывать пространственные данные между различными системами пространственной привязки, даже позволяя использовать настраиваемую систему привязки, обеспечивает удобный API для чтения и редактирования пространственных данных и их атрибутов из файлов, а также для создания пространственных данных с нуля.

Как только файлы были выбраны с жесткого диска, происходит их преобразование к формату GeoJSON, внедрение стеганографической метки и загрузка на сервер. Полученный стеганографический контейнер размещается в базе данных и отображается во вкладке приложения «Maps», откуда пользователь и может его выгрузить. При выгрузке формируется share-файл карты, который пользователь может распространять.

Для проверки карты на подлинность пользователю на главной странице необходимо нажать кнопку «Check Map» и далее выбрать три файла карты. В ответ на это действие в приложении появляется сообщение, была ли карта изменена. В случае, если карта была изменена, пользователю выводится информация о том, какие изменения могли быть проведены в электронной карте: изменения атрибутов или самих пространственных объектов, или же не совпадает уникальный идентификатор пользователя.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блинова Е. А., Смелов В. В. Применение стеганографических методов при хранении картографической информации в экспертной системе прогнозирования последствий пролива нефтепродуктов // Сахаровские чтения 2017 года: экологические проблемы XXI века: материалы 17-й Междунар. науч. конф., Минск, 18–19 мая 2017 / Междунар. гос. экол. ин-т им. Д. А. Сахарова Белорус. гос. ун-та. Минск, 2017. С. 223–224.

2. Смелов В. В., Блинова Е. А. Экспертная система прогнозирования последствий пролива нефтепродуктов // Материалы V Междунар. вод. форума Водные ресурсы и климат, Минск, 5–6 октября 2017 / Белорус. гос. технол. ун-т. Минск, 2017. С. 196–197.

3. Блинова Е. А. Применение стеганографических методов для защиты данных электронных карт / Е. А. Блинова, П. П. Урбанович // Управление информационными ресурсами: материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф. Минск, 20 дек. 2017 г. / Акад. упр.

При Президенте Респ. Беларусь; под общ. ред. М. Г. Жилинского. – Минск: Академия управления при Президенте Республики Беларусь, 2017. – с. 154–155.

4. Блинова Е. А., Урбанович П. П. Защита целостности данных электронных карт стеганографическим методом // Тезисы 4-ой Междунар. науч.-практ. конф. Веб-программирование и интернет-технологии WebConf2018, Минск, 14–18 мая 2018 / Белорус. гос. ун-т. Минск, 2018. С. 147.

5. Блинова, Е. А. Стеганографический метод на основе встраивания дополнительных значений координат в пространственные данные, хранящиеся в базе данных / Е. А. Блинова, П. П. Урбанович // Информационные технологии: тезисы докладов 82-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 1–14 февраля 2018 г. / БГТУ. – Минск: БГТУ, 2018. – С. 8–9.

6. Блинова Е. А. Алгоритмические особенности и оценка эффективности использования стеганографических методов в электронных картах // Информационные технологии: Материалы докладов 83-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 4–15 февраля 2019 г. / Белорусский государственный технологический университет. – Минск: БГТУ, 2019. – С. 33–35.

7. Блинова Е. А., Урбанович П. П. Сравнительные особенности использования стеганографических методов в электронных картах. // X Международная научно-техническая конференция «Информационные технологии в промышленности, логистике и социальной сфере» (ITI\*2019): Тезисы докладов, Минск, 23–24 мая 2019 г. – Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2019. – С. 22–24.

8. Блинова, Е. А. Стеганографический метод на основе встраивания дополнительных значений координат в картографические данные / Е. А. Блинова // Труды БГТУ. Сер. 3, Физико-математические науки и информатика. – Минск: БГТУ, 2019. – № 1 (218). – С. 69–74.