

Ф. Яо, Ч. Лань, Л. Ван, Х. Ван, Т. Гао, З. Вей // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. – 2024. – Vol. 135. – P. 104277.

3. Шах, Ш., Дей, Д., Ловетт, К., Капур, А. AirSim: High-fidelity visual and physical simulation for autonomous vehicles / Ш. Шах, Д. Дей, К. Ловетт, А. Капур // Field and Service Robotics: Results of the 11th International Conference. – Cham: Springer, 2018. – P. 621-635.

4. Чапек Д., Грнчир Я., Бача Т., Йиркал Я., Вонасек В., Пеничка Р., Саска М. FlightForge: Advancing UAV research with procedural generation of high-fidelity simulation and integrated autonomy / Д. Чапек, Я. Грнчир, Т. Бача, Я. Йиркал, В. Вонасек, Р. Пеничка, М. Саска // 2025 IEEE International Conference on Robotics & Automation (ICRA 2025). – 2025. – P. 1-7. [Электронный ресурс] // arXiv preprint arXiv:2502.05038.

5. Рани П., Сингх А., Кумар М. Vision-based navigation challenges and solutions for autonomous UAVs / П. Рани, А. Сингх, М. Кумар // IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems. – 2024. – Vol. 60. – № 3. – P. 2456-2468.

6. Панокин Н.В., Аверин А.В., Костин И.А., Карловский А.В., Орелкина Д.И., Наливайко А.Ю. Method for sparse representation of complex data based on overcomplete basis, l1 norm, and neural MFNN-like network / Н.В. Панокин, А.В. Аверин, И.А. Костин, А.В. Карловский, Д.И. Орелкина, А.Ю. Наливайко // Applied Sciences. – 2024. – Vol. 14. – № 5. – P. 1959. DOI: 10.3390/app14051959.

УДК 004.021

ПРИМЕНЕНИЕ СТЕГАНОГРАФИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ СПЛАЙНЫ

А.С. КОВАЛЕВИЧ, Е.А. БЛИНОВА

Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

Стеганография — область, занимающаяся методами сокрытия факта передачи информации, часто применяемая для защиты авторских прав, маркировки цифровых данных и обеспечения конфиденциальности. В отношении изображений наиболее широко распространены пиксельные и частотные методы: LSB-встраивание, методы на основе дискретного косинусного преобразования, дискретного вейвлет-преобра-

зования и их модификации [1]. Однако, поскольку такие методы подвержены искажениям при сжатии, фильтрации или масштабировании изображения, для контроля целостности могут быть использованы комбинации методов, каждый из которых применяется к определенным параметрам изображения. Один из методов применяется для размещения контрольной метки или скрытого сообщения, а второй служит для размещения контрольной суммы метки или контрольного сообщения соответственно [3, 4].

Векторные изображения могут использовать в своем описании сплайны — гладкие кривые, которые задаются с помощью набора контрольных точек и математических функций. Сплайны не обязательно проходят через контрольные точки, они определяют внешний вид и поведение сплайновой кривой. Сплайны используются в компьютерной графике и обработке изображений для построения кривых и поверхностей. При этом форма кривой или поверхности определяется не отдельными пикселями изображения, а системой математических функций, каждая из которых отвечает за локальный участок кривой или поверхности. Такой подход позволяет изменять форму локально: небольшие корректировки отдельных контрольных точек не влияют на все изображение в целом. В компьютерной графике это свойство используется для построения и редактирования изображений с высокой точностью.

В изображениях используются интерполяционные и аппроксимирующие типы сплайнов. Интерполяционные сплайны точно проходят через заданные точки, и могут применяться для масштабирования геопространственных данных, где важна точность. Аппроксимирующие сплайны не проходят через все контрольные точки, а лишь сглаживают их. К такому виду относятся сплайны Безье, В-сплайны, NURBS. Для отображения сложных поверхностей используются так называемые сплайновые поверхности, контрольные точки которых образуют не линию, а поверхность.

Для задач стеганографии важным является то, что параметры сплайнов можно модифицировать в пределах допустимых значений, сохраняя визуальное качество изображения. Это открывает возможность внедрения скрытых цифровых меток в структуру аппроксимации, что повышает устойчивость метода к различным преобразованиям по сравнению с традиционными пиксельными подходами. Сплайновые методы стеганографии находят применение в самых разных сферах. Они могут использоваться для защиты авторских прав и маркировки цифровой графики, обеспечивая возможность скрытой идентификации изображений без заметного ухудшения их качества. Перспективным направлением является внедрение водяных знаков в пространственные

данные, медицинские и научные изображения, где помимо высокой точности требуется сохранение достоверности визуальной информации. Кроме того, подобные методы применимы при передаче изображений в открытых сетях, которые подвержены воздействию шума и различным преобразованиям, что требует особой устойчивости встраиваемых меток.

Использование сплайновых аппроксимаций открывает новые возможности для стеганографии изображений. Смещение акцента с пиксельных представлений на параметрические модели позволяет повысить устойчивость методов к атакам и преобразованиям, сохраняя при этом визуальное качество. Перспективным направлением остаётся поиск баланса между скрытностью, ёмкостью и вычислительной эффективностью таких алгоритмов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лобач, С.В. Стегоанализ графических изображений: учебное пособие / С.В. Лобач. – Минск: БГУИР, 2012. – 68 с.
2. Блинова, Е. А. Стеганографический метод для встраивания идентификатора в пространственные данные электронной карты / Е.А. Блинова, И.Ю. Сташевская, П.П. Урбанович – Журнал Белорусского государственного университета. Математика. Информатика, 2023. – № 1. – С. 76-87.
3. Блинова, Е.А. Стеганографический метод на основе встраивания скрытых сообщений в кривые Безье изображений формата SVG/ Е.А. Блинова, П.П. Урбанович – Журнал Белорусского государственного университета. Математика. Информатика, 2022. – № 3. – С. 68–83.

УДК 623.454.862

ОСОБЕННОСТИ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ, ИЗГОТОВЛЕНИЯ, ИСПЫТАНИЙ И ПРИМЕНЕНИЯ УСТРОЙСТВ И АППАРАТУРЫ АЭРОГАММА-СЪЕМКИ ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ СИСТЕМ

В.А. КОЖЕМЯКИН

Научно-производственное унитарное предприятие «АТОМТЕХ»
Минск, Беларусь

Широкое распространение беспилотных систем обуславливает увеличивающийся интерес к их оснащению приборами и аппаратурой