

НЕЙРОСЕТЕВОЙ, JPEG И ФРАКТАЛЬНЫЙ АЛГОРИТМЫ СЖАТИЯ КОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Назаров Л.Е.

Институт радиотехники и электроники РАН, Фрязино, (nazarov@ire.rssi.ru)

Проблема сжатия актуальна при создании архивов и атласов высокоинформативных космических изображений земной поверхности в электронном виде. Применение сжатия дает возможность качественной передачи изображений с борта космических аппаратов по каналам телекоммуникационных систем, обладающих ограниченной пропускной способностью.

Известные алгоритмы сжатия образуют два класса. В первый класс входят алгоритмы, не вносящие искажения при сжатии изображений (алгоритмы энтропийного кодирования). Эти алгоритмы характеризуются коэффициентом сжатия изображений не превышающим 1.5÷2.

Существенно большие значения коэффициентов сжатия (до 10 и более) достигаются при использовании алгоритмов, вносящих искажения при кодировании изображений и образующие второй класс. Общая суть этих алгоритмов сжатия заключается в выделении наиболее информативных характеристик обрабатываемого изображения, их хранение требует меньшего объема памяти по отношению к исходному изображению. При этом для повышения эффективности сжатия к выделенным информативным характеристикам можно применить энтропийное кодирование.

Наиболее известными алгоритмами сжатия из второго класса являются - алгоритм JPEG [1]; итеративный фрактальный алгоритм сжатия [2], основу которого составляет теорема о сжимающем отображении в полном метрическом пространстве.

Алгоритм JPEG использует подоптимальное для сжатия разложение по системе дискретных двумерных косинусных функций, оптимальным линейным базисом является базис Карунена-Лозва. Однако его определение традиционными методами вычислительной математики представляет сложную проблему.

В докладе приведены результаты исследования нейросетевого метода сжатия, основу которого составляют двухслойные нейронные сети. Первый слой нейронной сети выполняет роль кодирования изображений (сжатие). Второй слой осуществляет декодирование (восстановление) кодированных изображений. Коэффициент сжатия χ равен отношению числа нейронов первого слоя к числу нейронов второго слоя. При использовании рассматриваемой нейросетевой методики сжатия проблема определения оптимального базиса Карунена-Лозва эффективно решается при помощи формализованных процедур обучения сети (например, применяя алгоритм "backpropagation"). Вторым преимуществом данного метода сжатия является его высокая производительность, обусловленная возможностью реализации средствами параллельного программирования.

Приведены результаты сравнения алгоритма сжатия на основе нейронных сетей с алгоритмом сжатия JPEG и с фрактальным алгоритмом сжатия, в качестве параметра при сравнении исследовалось отношение сигнал/помеха при кодировании изображений в зависимости от значений коэффициента сжатия χ . Отношение сигнал/помеха χ (дБ) определяется соотношением [2]

$$\chi = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{D^2 N_x N_y}{E(A, \tilde{A})} \right).$$

Здесь $E(A, \tilde{A})$ - евклидово расстояние между исходным A и декодируемым \tilde{A} изображениями, N_x, N_y - размеры обрабатываемых изображений, D - динамический диапазон амплитуд отсчетов изображения A . Сравнение эффективности рассматриваемых алгоритмов сжатия произведено путем их моделирования с использованием космических изображений земной поверхности МСУ-СК (многозональные изображения в оптическом и инфракрасном диапазонах) и РСА (радиолокационные изображения с синтезированной апертурой)

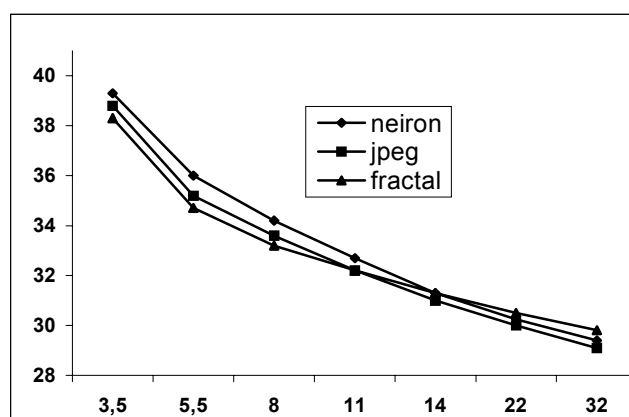


Рис.1. Зависимость сигнал/помеха χ (дБ) от коэффициента сжатия γ при кодировании изображений (нейросетевой алгоритм сжатия, алгоритм сжатия JPEG, итеративный фрактальный алгоритм сжатия).

На рис.1 приведены типичные зависимости сигнал/помеха χ от коэффициента сжатия γ при использовании нейросетевого алгоритма сжатия, алгоритма JPEG и фрактального алгоритма сжатия, применяемых при обработке космических изображений. Видно, что при $\gamma = 32$ кривые, относящиеся к нейросетевому алгоритму сжатия и алгоритму JPEG, практически совпадают, с уменьшением γ различие этих кривых увеличивается (при $\gamma = 5.5$ различие χ достигает около 0.8 дБ). Моделирование показало также, что для коэффициентов γ до 12÷15 нейросетевой алгоритм сжатия обеспечивает более высокие значения сигнал/помеха χ по отношению к фрактальному алгоритму сжатия, при $\gamma = 5.5$ различие в этом случае значений χ превышает 1 дБ. Для значений γ превышающих 15 фрактальный алгоритм более эффективен относительно алгоритма JPEG и нейросетевого алгоритма сжатия по отношению к значениям сигнал/помеха χ . При совместном использовании нейросетевого алгоритма сжатия и энтропийного кодирования эффективность сжатия изображений повышается (это также справедливо и для алгоритма JPEG). Применение энтропийного кодирования для совместного использования с фрактальным алгоритмом малоэффективно.

На рис.2 приведены зависимости сигнал/помеха χ от коэффициента сжатия γ при использовании нейросетевого алгоритма сжатия, алгоритма JPEG и фрактального алгоритма сжатия, применяемых в совокупности с энтропийным кодированием. Видно, что в этом случае при $\gamma < 15$ эффективность нейросетевого алгоритма сжатия также выше эффективности фрактального алгоритма (при $\gamma = 5.5$ различие соответствующих значений χ превышает 1.5 дБ). Для значений γ превышающих 15 фрактальный алгоритм более эффективен относительно алгоритма JPEG и нейросетевого алгоритма сжатия.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (№02-07-90181).

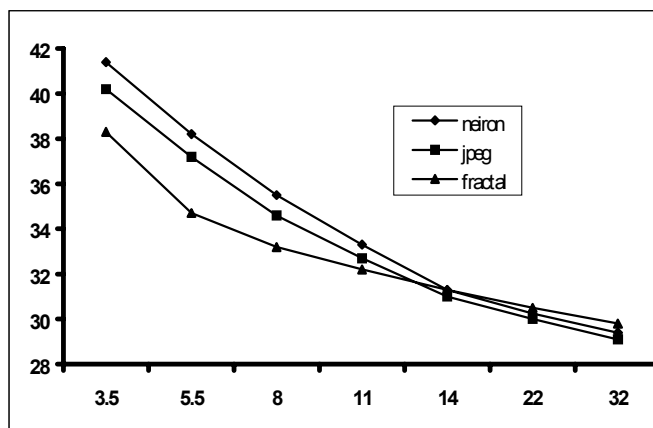


Рис.2. Зависимость сигнал/помеха χ (дБ) от коэффициента сжатия γ при кодировании изображений (нейросетевой алгоритм сжатия, алгоритм сжатия JPEG и фрактальный алгоритм сжатия применяются в совокупности с энтропийным кодированием).

Литература

1. Pennebaker W.B., Mitchell J.L. "JPEG: still image data compression standard". Van Nostrand Reinhold. New York, 1993. 432 p.
2. Fisher Y. Fractal image compression, theory and application. Springer-Verlag. 1995. 340 p.