

сжатие кодированных данных полигональных объектов

Еремелько В.И.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь

Митюхин А.И. – доцент каф. ФМД

Представлен анализ эффективности методов описания экологических данных дистанционного зондирования полигональных объектов. В качестве кодируемых использовались полигональные объекты различных ландшафтных категорий.

Имеется база снимков ГИС содержащая K пространственно распределенных областей $g_i, i=1, \dots, K$. Снимку G соответствует матрица $\mathbf{G}=(g_{m,n})$ размером $M \times N$. Матрица \mathbf{G} характеризуется дисперсией σ_i^2 , ковариационной $\text{cov}(\mathbf{g}_i)$ или корреляционной $\text{corr}(\mathbf{g}_i)$ функциями. Далее рассматривается однослойный полигон со свойством

$$\mathbf{G} = \bigcup_{i=1}^K \mathbf{g}_i, \mathbf{g}_i \cap \mathbf{g}_j = \emptyset, i \neq j, \mathbf{g}_i, i=1, \dots, K. \quad (1)$$

В работе исследуются методы уменьшения объема V обрабатываемых данных путем применения двух подходов: энтропийного кодирования и координатного преобразования. Первый общий этап обработки связан с изменением статистических характеристик пространственных данных G . Для этого применяется предпроцессорное однородное точечное кодирование [1] вида

$$\mathbf{C} = f(g_{m,n})[\mathbf{G}], \quad (2)$$

где $\mathbf{C}=(c_{mn})$ – матрица, элементы которой соответствуют однородным поверхностям, $f(g_{m,n})$ – функция точечной операции.

Кодирование (2) процесса $g_{m,n}$ осуществляется присвоением полигону атрибутов $c_i, i=1, \dots, K, c_i \in \square^+, c_i \neq c_j$. Например, всем пикселям области с категорией «пшеница» соответствует 2D кодовое слово с атрибутом $c_1 \in \square^+$, пикселям области с категорией «озеро» соответствует слово с атрибутом $c_2 \in \square^+$ и т. д. Формируется новый образ данных (1) с общей ковариацией $\text{cov}(c_{mn})$.

С использованием концепции теории информации выражение (2) описывает дискретный источник без памяти с известным законом распределения вероятностей элементов матрицы и величиной энтропии H . Тогда эффективность описания источника можно оценить фактором сжатия вида

$$\eta_H = H/L_n, \quad (3)$$

где L_n – средняя длина кода источника.

Другой математический подход описания процесса (2), используемый в работе, основывается на свойстве коррелированности случайного процесса. Применение к сильно коррелированному процессу координатного преобразования позволяет уменьшить объем V_{uv} в области преобразований [2]. В работе рассматривается возможность использования координатного дискретного оптимального преобразования Карунена – Лоева (ПКЛ) [3]. Выбор ПКЛ связан с тем, что в сравнении с другими (Фурье-подобными) преобразованиями, реализуется полная декорреляция входного процесса, и тем самым восстановление исходных данных после выполнения обратного преобразования с минимально возможной среднеквадратической ошибкой ε_{\min} . Вычисление коэффициентов ПКЛ над каждым из фрагментов (c_{mn}) размером $N \times N$ выполняется формуле

$$\hat{c}_{uv} = \sum_{m=0}^{N-1} \sum_{n=0}^{N-1} c_{mn} \mathbf{A}_{mu} \mathbf{A}_{nv}, \quad (4)$$

где u и v обозначает индексы в области ПКЛ, \mathbf{A}_{mu} , \mathbf{A}_{nv} – ядра преобразования ПКЛ, по строкам и столбцам фрагмента (c_{mn}).

Эффективность сжатия оценивается коэффициентом

$$\eta_T = N^2 - M/N^2, \quad (5)$$

где N^2 – затраты на описание без эффективного кодирования, M – затраты на хранение (передачу) данных после отбора коэффициентов \hat{c}_{uv} на основе анализа распределения их значений дисперсий.

Экспериментальные исследования. Сравнительный анализ эффективности (3) путем применения энтропийного кодирования и эффективности (5) с использованием метода координатного преобразования осуществлялся на изображениях со сложным однослойным полигоном. Примером такого изображения может служить рисунок 1. Количество областей с отличающимися статистическими характеристиками на полигоне не превышало $K \leq 7$.



Рисунок 1 – Снимок однослойного полигона

После выполнения операции (2), вычисления распределения вероятностей источника $P(c_{mn})$ осуществлялось энтропийное кодирование матрицы (c_{mn}) кодом Хаффмена [4]. Далее оценивалась эффективность (3). Эффективность описания (хранения, передачу) изображения при использовании оптимального ортогонального дискретного ПКЛ (4) оценивалась по величине (5). Исследования показали, что максимальное значение корреляционной связи между смежными отсчетами процесса (2) не превышало величину $\text{corr}(c_{mn}) \cong 0,83$ и уменьшалось с ростом расстояния между элементами матрицы (2). В отличие от реальных изображений, отображение (2) не является однородным из-за особенностей точечного кодирования областей полигона. Эксперимент показал, что выигрыш в сжатии изображения методом координатного преобразования в сравнении с энтропийным следует ожидать для полигона вида (2) со значением $\text{corr}(c_{mn}) \geq 0,95$.

На эффективность сжатия данных тематических ландшафтных категорий методом преобразований или энтропийного кодирования влияют: тип преобразований, размер фрагмента, корреляционные свойства фрагмента источника. Для полигонов с большим количеством разных областей требуется большее число битов на пиксель. Вычислительная сложность метода преобразований значительно больше энтропийного. Для сильно коррелированных данных эффективность сжатия изображений методом преобразования значительно выше энтропийного. Особенности алгоритма точечного числового кодирования областей разных тематических категорий позволяют использовать как энтропийное, так и координатное кодирование для целей сжатия изображений однослойных полигонов. Основными критериями для выбора метода эффективного кодирования являются статистические характеристики изображения полигона, число и размеры разных областей, образующих полигон.

59-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск 2023 г.

Список использованных источников:

1. Jahne, B. Digital Image Processing. Concepts, Algorithms, and Scientific Applications / B. Jahne. – Heidelberg : Springer-Verlag, 2013.
2. Gonzalez, R.C., Woods, R.E. Digital Image Processing. / R.C. Gonzalez, R.E. Woods. – New Jersey : Prentice Hall, 2002.
3. Mitsiukhin, A. Efficient Description of the Boundary of the Object under Observation. / A. Mitsiukhin // *Proceedings 59th IWK : TU Ilmenau, 2017*. www.db-thueringen.de/rsc/viewer/dbt_derivate_00039296/ilm1-2017iwk-018.pdf?page=6.
4. Митюхин, А.И. *Прикладная теория информации : учеб.-метод. пособие* / А.И. Митюхин. – Минск : БГУИР, 2018.