

Модификация алгоритмов машинного обучения для встраивания в методы компрессии изображений

Р.Р. Юзькив

Самарский национальный исследовательский университет
им. академика С.П. Королева
Самара, Россия
yuzkiv@geosamara.ru

М.В. Гашников

Самарский национальный исследовательский университет
им. академика С.П. Королева
Самара, Россия
mih-fastt@yandex.ru

Аннотация—Статья имеет дело с модификацией методов машинного обучения для встраивания в фреймворк компрессии изображений. Эта модификация приводит к необходимости изменения как структуры методов машинного обучения, так и алгоритмов настройки этих методов. При настройке методов машинного обучения мы используем показатель качества, релевантный задаче компрессии изображений. Мы разрабатываем алгоритм настройки бинарных классификаторов, а затем обобщаем этот алгоритм на ситуацию настройки произвольных алгоритмов машинного обучения при компрессии цифровых изображений. Мы описываем структуры данных, числовые массивы, и расчётные формулы, используемые в алгоритме настройки модифицированного метода машинного обучения. Мы встраиваем модифицированный основанный на машинном обучении метод в фреймворк компрессии цифровых изображений. Мы проводим вычислительные эксперименты по исследованию эффективности модифицированных методов машинного обучения при компрессии натуральных изображений. Вычислительные эксперименты подтверждают высокую эффективность модифицированных методов машинного обучения при компрессии цифровых изображений.

Ключевые слова— цифровое изображение, машинное обучение, компрессия изображений, показатель качества, классификатор.

1. ВВЕДЕНИЕ

Исследования алгоритмов машинного обучения (МО) в области компрессии изображений, безусловно, в настоящее время являются актуальными, так как потенциал алгоритмов машинного обучения в настоящее время раскрыт далеко не полностью, что в перспективе должно позволитькратно улучшить результаты распространённых в настоящее время технологий компрессии изображений.

В данной работе выполняется модификация алгоритмов машинного обучения для встраивания в методы компрессии изображений. При таком встраивании следует учитывать, прежде всего, специфику задачи компрессии [1], связанную с показателем качества. При компрессии наиболее естественным показателем качества является коэффициент сжатия, в то время как большинство алгоритмов машинного обучения [2] используют иные меры качества. Например, алгоритмы машинного обучения, основанные на деревьях решений (и деревьях регрессии, которые в рассматриваемом контексте не имеют отдельной специфики и поэтому далее рассматриваются полностью аналогично деревьям

решений), могут быть встроены в методы компрессии, основанные на интерполяции и экстраполяции. Однако деревья решений обычно используют такие показатели качества [3], как показатель Джинни, прирост информации и СКО.

В данной работе модификация алгоритмов машинного обучения для встраивания в методы компрессии изображений выполняется на примере деревьев решений, которые применяются для интерполяции изображений [4]. При этом используется показатель качества на основе энтропии кодируемых данных, использование которого, в свою очередь, влечёт за собой необходимость модификации алгоритма обучения [5], включающей специализированный алгоритм поиска разделяющей поверхности в каждом нетерминальном узле дерева.

Кроме того, мы встраиваем модифицированный основанный на машинном обучении метод в фреймворк компрессии [4], основанный на представлении изображения как квадродерева. Затем мы проводим вычислительные эксперименты по исследованию эффективности модифицированных методов машинного обучения при компрессии натуральных цифровых изображений. Вычислительные эксперименты подтверждают высокую эффективность модифицированных методов машинного обучения при компрессии цифровых изображений.

2. МОДИФИКАЦИЯ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ КОМПРЕССИИ

Рассмотрим достаточно широкий класс методов компрессии цифровых изображений, основанных на предсказании пикселей изображения по соседним пикселям того же самого изображения. Этот класс включает методы компрессии изображений, основанные на дифференциальной импульсно-кодовой модуляции, иерархической сеточной интерполяции, и т.д.

Рассмотрим задачу встраивания методов машинного обучения в основанный на предсказании фреймворк компрессии изображений. Мы используем для предсказания некоторый классификатор C , который выбирает номер $c_{i,j}$ предсказанного значения $\hat{b}_{i,j}^c$ в каждом пикселе изображения $b_{i,j}$ с координатами (i, j) :

$$\hat{b}_{i,j}(\vec{w}) = \hat{b}_{i,j}^c, \quad c_{i,j} = C(\vec{u}_{i,j}, \vec{w}), \quad (1)$$

где \bar{w} — настраиваемый параметр классификатора, $\bar{u}_{i,j}$ — функция классификатора, $\hat{b}_{i,j}(\bar{w})$ — прогнозируемое значение.

Мы вычисляем набор предсказанных значений $\{\hat{b}_{i,j}^k\}$ посредством некоторых предсказателей $\{\hat{B}^k(\bar{b}'_{i,j})\}$:

$$\{\hat{b}_{i,j}^k, 1 \leq k \leq K\} = \{\hat{B}^k(\bar{b}'_{i,j}) : 1 \leq k \leq K\}, \quad (2)$$

где K количество предикторов, $\bar{b}'_{i,j}$ массив базовых пикселей для предсказания в координатах (i, j) .

Мы вычисляем функцию классификатора $\bar{u}_{i,j}$ аналогично посредством векторнозначной функции $\hat{U}(\bar{b}'_{i,j})$:

$$\bar{u}_{i,j} = \hat{U}(\bar{b}'_{i,j}). \quad (3)$$

После предсказания пикселя фреймворк компрессии изображений вычисляет предсказательное отклонение $(b_{i,j} - \hat{b}_{i,j}(\bar{w}))$ и переквантовывает его:

$$\delta_{i,j}(\bar{w}) = \lfloor b_{i,j} - \hat{b}_{i,j}(\bar{w}) \rfloor, \quad (4)$$

где $\lfloor \dots \rfloor$ это переквантование, а $\delta \in [1, \Delta]$ это переквантованное предсказательное отклонение.

Затем фреймворк компрессии изображений кодирует это переквантованное предсказательное отклонение и записывает его в архивный или канал связи. Мы настраиваем классификатор C при компрессии каждого изображения $b_{i,j}$ для вычисления настраиваемого параметра \bar{w} . Мы настраиваем этот классификатор исходя из минимизации размера сжатых данных при компрессии изображений.

Мы используем энтропию переквантованного предсказательного отклонения как оценку размера сжатых данных. Вместо минимизации энтропии мы максимизируем «энтропию со знаком минус» g . Критерий при настройке методов машинного обучения при компрессии приобретает вид:

$$g(\bar{w}) = \sum_{\tilde{\delta}} n(\tilde{\delta}, \bar{w}) \ln n(\tilde{\delta}, \bar{w}) \rightarrow \max_{\bar{w}}, \quad (5)$$

где $n(\tilde{\delta}, \bar{w})$ - количество значений переквантованного прогностического отклонения $\delta_{i,j}(\bar{w})$, равное $\tilde{\delta}$:

$$n(\tilde{\delta}, \bar{w}) = \text{card}\{(i, j) : \tilde{\delta}_{i,j}(\bar{w}) = \tilde{\delta}\}. \quad (6)$$

Описанная модификация структуры и критерия методов машинного обучения позволяет нам встроить эти методы в фреймворк компрессии изображений.

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ АЛГОРИТМОВ

В данной работе выполнено экспериментальное исследование эффективности модифицированных алгоритмов МО, основанных применении деревьев решений для интерполяции, в рамках задачи компрессии изображений. Усреднённый по набору реальных изображений процентный выигрыш по энтропии кодируемых данных показан на рис. 1. Нетрудно видеть, что модифицированный алгоритм МО показывает существенный выигрыш.

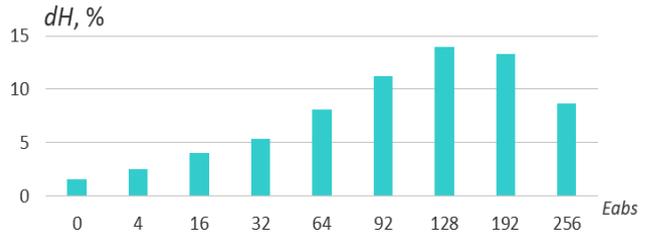


Рис. 1. Процентный выигрыш по энтропии модифицированного алгоритма машинного обучения на основе дерева решений в рамках задачи компрессии изображений

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполнена модификация методов МО для встраивания в фреймворк компрессии изображений. Модификация затронула как структуру методов МО, так и алгоритмы их настройки. Вычислительные эксперименты показали высокую эффективность модифицированных методов МО при компрессии.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект 22-21-00662).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Тюльков, В.С. Обзор некоторых методов сжатия изображений / В.С. Тюльков // Молодежный научный форум. – 2019. – С. 27.
- [2] Вьюгин, В.В. Математические основы машинного обучения и прогнозирования / В.В. Вьюгин // Литрес, 2017. – 305 с.
- [3] Сулейманова, А.Н. Обзор развития алгоритмов деревьев решений / А.Н. Сулейманова // Социология: методология, методы, математическое моделирование. – 2020. – № 50-51. – С. 63-96.
- [4] Сергеев, В.В. Программная система компрессии и быстрого мультимасштабного просмотра изображений / В.В. Сергеев, М.В. Гашников, Н.И. Глузов, В.В. Мясников // VI Всероссийская с участием стран СНГ конференция “Методы и средства обработки сложной графической информации”. – 2001. – С. 66-67.
- [5] Гашников, М.В. Адаптивная интерполяция на основе оптимизации решающего правила в многомерном признаковом пространстве / М.В. Гашников // Компьютерная оптика. – 2020. – Т. 44, № 1. – С. 101-108. DOI: 10.18287/2412-6179-CO-661.