

Сравнительный анализ одноклассового и двухклассового методов опорных векторов для обнаружения текстурных аномалий в изображениях кожи

Д.В. Скрипкина¹, А.В. Левитин¹

¹ Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина, ул. Гагарина 59/1, Рязань, 390005, Россия

Аннотация

В статье проводится сравнительный анализ одноклассового (one-class SVM) и двухклассового (two-class SVM) методов опорных векторов для автоматизации определения дефектов в изображениях кожи, вызванных ее линейной деформацией. Задача обнаружения текстурных аномалий кожи очень актуальна, и решается во всех отраслях промышленности, связанных с переработкой кожи в кожаные изделия. В исследованиях использовались реальные изображения кожи. Аномальные текстуры получались в результате линейной компьютерной деформации (растяжения и сжатия) исходных образцов. В качестве текстурных признаков используются локальные бинарные паттерны (LBP). Оценка качества работы производится с помощью доли правильных ответов алгоритма. Анализируется влияние глубины деформации аномальных образцов на качество работы одноклассового и двухклассового методов в условиях отсутствия помех и в присутствии помех типа «соль-перец».

Ключевые слова

Машинное обучение, одноклассовый метод опорных векторов, двухклассовый метод опорных векторов, техническое зрение, текстура кожи.

Comparative Analysis of One-class and Two-class Support Vector Machines for Detecting Textural Anomalies in Leather Images

D.V. Skripkina¹, A.V. Levitin¹

¹ Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin, Gagarina Str. 59/1, Ryazan, 390005, Russia

Abstract

The article presents a comparative analysis of the one-class (one-class SVM) and two-class (two-class SVM) support vector machine for automating the detection of defects in skin images caused by its linear deformation. The task of detecting textural anomalies of the skin is very relevant, and is used in all industries related to the processing of leather into leather products. Real skin images were used in the research. Abnormal textures were obtained as a result of linear computer deformation (stretching and compression) of the original samples. Local binary patterns (LBP) are used as texture features. The evaluation of the quality of work is carried out using the proportion of correct answers of the algorithm. The influence of the deformation depth of anomalous samples on the quality of one-class and two-class methods in the absence of interference and in the presence of salt-pepper interference is analyzed.

ГрафиКон 2023: 33-я Международная конференция по компьютерной графике и машинному зрению, 19-21 сентября 2023 г., Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук, г. Москва, Россия

EMAIL: scripkina.daria@yandex.ru (Д.В. Скрипкина); levarvik@yandex.ru (А.В. Левитин)

ORCID: 0009-0009-2460-585X (Д.В. Скрипкина) 0000-0002-4829-7398 (А.В. Левитин)



© 2023 Copyright for this paper by its authors.

Use permitted under Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

Keywords

Machine learning, one-class method of support vectors, two-class method of support vectors, technical vision.template.

1. Введение

Одним из основных показателей для кожевенной промышленности является количество брака в используемом сырье, напрямую влияющего на качество выделанной кожи. На многих кожевенных заводах до сих пор отбраковка сырья проводится с помощью визуального осмотра. Кроме того, что такая работа предполагает вредные условия труда, она требует кропотливости и точности и очень часто приводит к ошибкам в выявлении дефектов. Автоматизация определения дефектов кожи позволяет не только убрать людей с вредного производства, но и понизить процент брака, что в итоге увеличит качество конечных изделий.

Система технического зрения, решающая задачу распознавания текстурных аномалий в изображениях кожи, может быть построена с использованием процедур машинного обучения, в частности методов классификации изображений. При двухклассовой классификации [1] кроме обучающих образцов нормальной текстуры необходимо иметь набор изображений, представляющих весь спектр потенциальных текстурных аномалий кожи. Такой подход предполагает априорное представление обо всех повреждениях или пороках кожи. Альтернативный подход связан с использованием методов одноклассовой классификации, предусматривающих формирование только обучающих образцов нормальной текстуры [2]. Возможность избежать трудоемкой процедуры сбора и разметки образцов разнообразных аномалий, которую дают одноклассовые классификаторы, делают последних особенно привлекательными. Однако, отказ от использования большого объема информации, содержащегося в образцах дефектной текстуры, неизбежно приводит к ожиданию снижения качества распознавания аномалий.

Основной целью настоящей работы является сравнительный анализ эффективности использования двухклассового и одноклассового классификаторов в задаче обнаружения дефектов кожи, вызванных ее линейной деформацией (сжатием-растяжением).

Другой целью являлось исследование влияния на качество работы выбранных методов классификации шума типа «соль-перец», встречающегося в описанной задаче.

2. Используемые признаки текстур

Для построения дескрипторов в работе были выбраны LBP (local binary patterns), которые часто используются в задачах классификации текстур благодаря своей эффективности и низкой вычислительной сложности. В инвариантной к вращению модификации подхода, которая была использована, элементы матрицы LBP – $P(X)$, соответствующей некоторой матрице изображения X , вычисляются по правилу: $p_{ij} = n$, где $n = 0$, если значения всех 8-ми соседних элементов меньше центрального x_{ij} ; $n \in \{1, \dots, 8\}$, если элемент x_{ij} имеет ровно n соседних последовательно смежных элементов, значения которых не меньше значения x_{ij} ; $n = 9$ в остальных случаях. В качестве вектора признаков для изображения X была использована нормированная гистограмма $h(P)$ матрицы P , имеющая 10 отчетов – по числу возможных целочисленных значений элементов матрицы P .

3. Используемые классификаторы

Классификация изображений проводилась с помощью одноклассового и двухклассового методов опорных векторов (one-class SVM и two-class SVM). Оценка эффективности одноклассового метода в задаче обнаружения текстурных аномалий кожи дана в [2] и [3].

В большинстве задач SVM предполагает переход в признаковое пространство более высокой размерности, позволяющий построить гиперплоскость, оптимально в определенном смысле отделяющую «нормальные» точки от «аномальных».

В two-class SVM с мягким зазором разделяющая гиперплоскость ищется путем условной минимизации квадратичной функции:

$$\begin{cases} \frac{1}{2} \omega^T \omega + C \sum_{i=1}^{N_t} \xi_i \rightarrow \min_{\omega, \xi_i, p}; \\ y_i (\omega^T \varphi(h_i) - p) \geq 1 - \xi_i, \xi_i \geq 0. \end{cases} \quad (1)$$

Здесь: ω – вектор нормали к разделяющей гиперплоскости; p – параметр гиперплоскости; ξ_i – расстояние i -й точки от гиперплоскости, нарушающее разделение; $C \geq 0$ – гиперпараметр метода, управляющий количеством точек, которым разрешено нарушить ограничение зазора; $\varphi(h_i)$ – отображение точки h_i исходного признакового пространства в пространство более высокой размерности с линейно разделимыми признаками; $y_i \in \{-1, 1\}$ – метки классов, N_t – общее число обучающих образцов.

В one-class SVM разделяющая гиперплоскость находится в результате решения следующей задачи:

$$\begin{cases} \frac{1}{2} \omega^T \omega + \frac{1}{v N_o} \sum_{i=1}^{N_o} \xi_i - p \rightarrow \min_{\omega, \xi_i, p}; \\ \omega^T \varphi(h_i) \geq p - \xi_i, \xi_i \geq 0. \end{cases} \quad (2)$$

В соотношении (2): v – максимальная доля точек в обучающем облаке, которые могут считаться выбросами; N_o – число образцов с нормальной текстурой. Остальные обозначения имеют тот же смысл, что и в соотношении (1).

Отличительная особенность метода опорных векторов заключается в том, что функцию $\varphi(h)$ не обязательно задавать в явном виде, достаточно лишь задать так называемую ядерную функцию $K(x, y) = \varphi^T(x) \varphi(y)$. Хорошие результаты в этом качестве дает гауссова радиальная базисная функция (RBF), которая и использовалась в исследованиях:

$$K(x, y) = \exp(-\gamma(x - y)^T(x - y)), \quad (3)$$

где γ – параметр, определяющий ширину RBF.

4. Сравнительный анализ двухклассового и одноклассового классификаторов

Данные для обучения и тестирования алгоритмов классификации текстур представляют собой набор изображений полуфабрикатов кожи с тремя различными текстурами (рисунок 1).

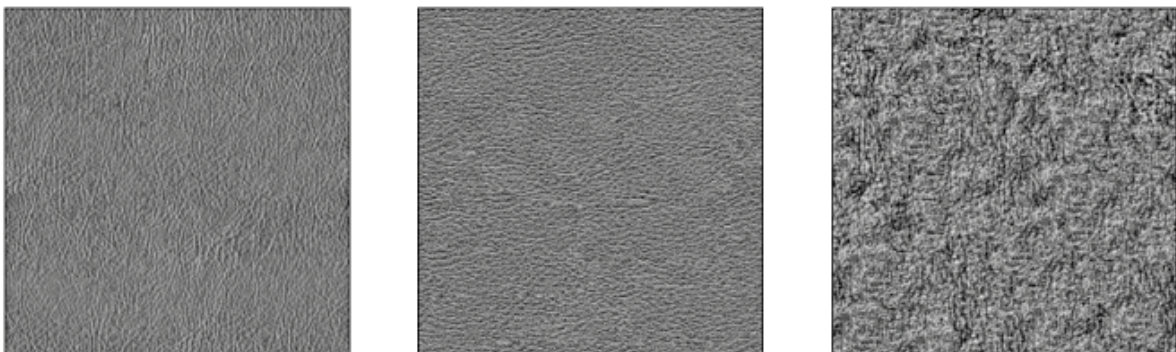


Рисунок 1 – Образцы текстур кожи

Предполагается, что система технического зрения будет сканировать эти изображения скользящим или прыгающим окном размером 64×64 . Текстурные аномалии в виде линейных растяжения и сжатия образцов (рисунок 2) получены с помощью компьютерного моделирования. Для количественной оценки глубины аномалий используется коэффициент линейной деформации k . При $k = 1$ изображение остается нормальным, при $k > 1$ оно будет растянутым, при $k < 1$ – сжатым.

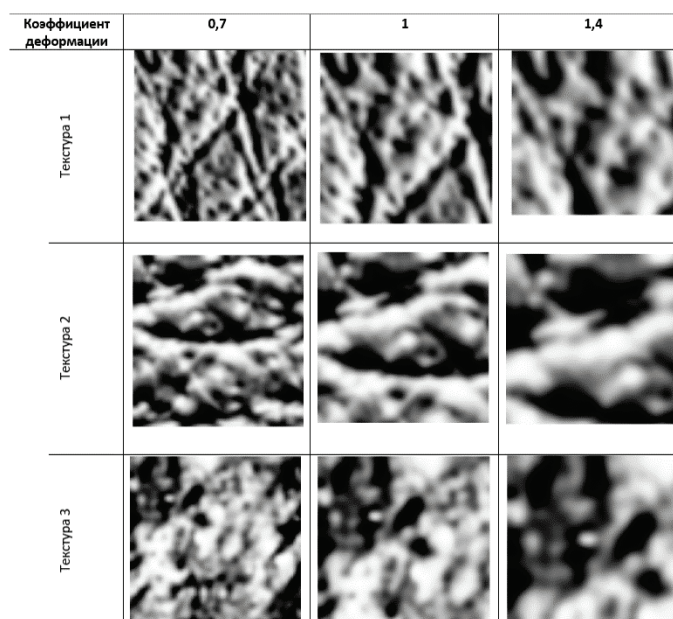


Рисунок 2 – Изображения кожи в окне обработки при различной глубине деформации

Одноклассовый SVM обучался только на нормальных образцах с коэффициентом деформации $k = 1$, двухклассовый же на нормальных и аномальных образцах с коэффициентом деформации $k = 1.4$. В обучающей выборке для каждого вида текстуры присутствовало 25 392 изображений с нормальной текстурой и столько же изображений с аномальной текстурой. Тестовая выборка содержала по 8 464 изображений с нормальной и аномальной текстурами.

Гиперпараметры two-class SVM подбирались из условия безошибочной работы алгоритма при $k = 1.4$ и имели значения: $C = 1$, $\gamma = 0,1$.

Гиперпараметры one-class SVM были следующими: $\nu = 0,001$, $\gamma = 0,1$.

Для оценки качества работы классификаторов при различной глубине деформации аномальных изображений использовалась доля правильных ответов (ассигасу).

На рисунке 3 представлены зависимости ассигасу от значения коэффициента деформации аномальных текстур. Видим, что one-class SVM лучше чем two-class SVM справляется с обнаружением аномалий при малых деформациях растяжения для текстур первого и второго вида и уверенно обнаруживает все сжатые текстуры при $k = 0.7$. Two-class SVM сжатые текстуры, как и ожидалось, не обнаруживает.

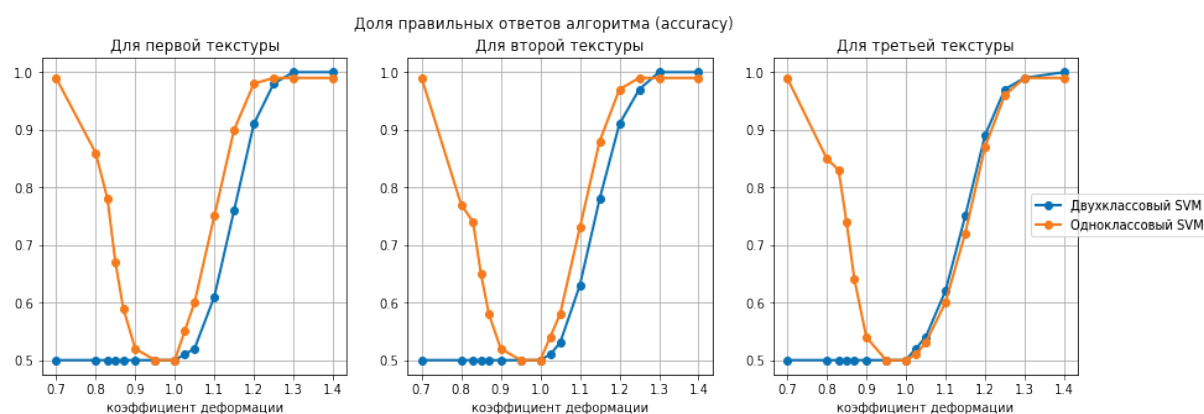


Рисунок 3 – Доля правильных ответов (ассигасу) в зависимости от коэффициента деформации

Следующая группа экспериментов была связана с оценкой качества классификации в присутствии помех типа «соль-перец» (рисунок 4). Влияние таких помех выражается в том, что некоторая часть ρ элементов изображения случайным образом принимает минимальные («перец») или максимальные значения («соль»). На рисунке 5 представлены зависимости

ассигасу от значения коэффициента деформации аномальных текстур при различных интенсивностях шума для текстуры первого вида. Как видно, качество работы обоих классификаторов в зоне растяжения ухудшается и для one-class SVM это ухудшение более выражено. Однако, при малых сжатиях изображения работоспособность one-class SVM увеличивается.

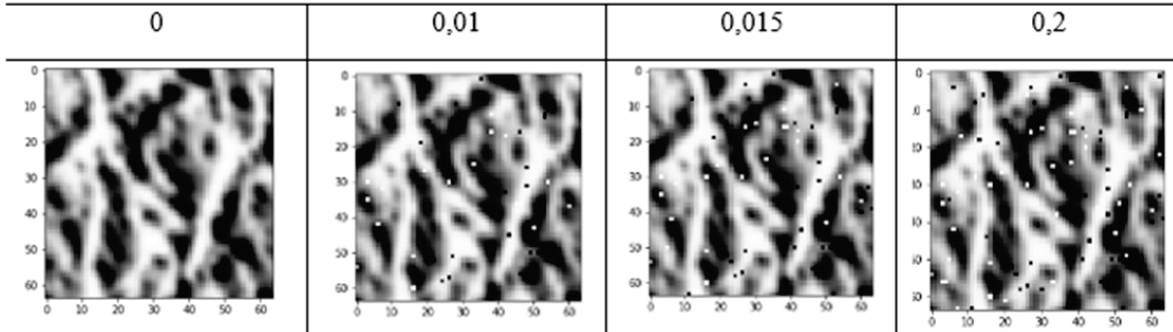


Рисунок 4 – Изображения кожи в окне обработки в присутствии шума типа «соль-перец» различной интенсивности (части зашумленных пикселей ρ)

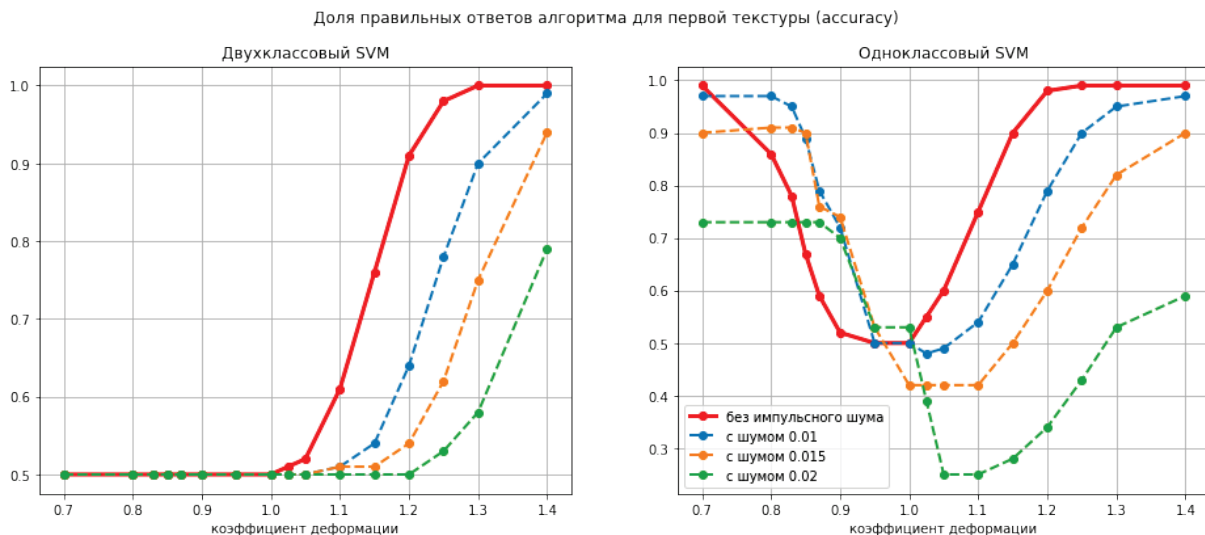


Рисунок 5 – Зависимости доли правильных ответов от коэффициента деформации для первой текстуры на зашумленных изображениях

5. Заключение

Полученные результаты позволяют говорить о том, что отказ от использования в обучении образцов конкретных текстурных аномалий кожи и применение one-class SVM вместо two-class SVM в ситуациях с линейными деформациями может расширить диапазон обнаруживаемых аномалий без существенного ухудшения качества обнаружения тех аномалий, на которых обучался two-class SVM. Однако, сделанный вывод относится к работе с определенным видом и глубиной аномалий и для обобщения нуждается в подкреплении более обширными исследованиями.

Присутствие шума типа «соль-перец» по-разному влияет на качество работы исследуемых классификаторов: снижая качество обнаружения обоих классификаторов в зоне растяжения (при $\rho = 0.02$ и $k = 1.4$ ассигасу падает с 1.0 до 0.78 для two-class SVM и с 0.99 до 0.59 для one-class SVM), шум повышает долю правильных ответов one-class SVM при коэффициентах деформации, соответствующих небольшому сжатию изображения (при $\rho = 0.015$ и $k = 0.9$ ассигасу повышается с 0.52 до 0.74).

6. СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Aslam M. et al. On the application of automated machine vision for leather defect inspection and grading: a survey // IEEE Access. – 2019. – № 7. – P. 176065-176086.
- [2] Левитин А.В., Муравьев В.С. Обнаружение текстурных аномалий в изображениях полуфабрикатов кожи // Вестник РГРТУ. 2022. № 80. С. 163 -170.
- [3] Скрипкина Д.В. Сравнительный анализ одноклассового и двухклассового методов обнаружения текстурных в изображениях кожи в условиях помех [Электронный ресурс] // 70-я студенческая научная конференция РГРТУ (Рязань, 2023 г.): сб. трудов. Конференции URL: https://disk.yandex.ru/i/63bOIvd_kI1j0g (дата обращения 04.07.2023).