



## ВИКОРИСТАННЯ ДЕТЕКТОРІВ ВІОЛИ-ДЖОНСА ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ

*Супрун О.О., доцент, кафедра МІРЕС, ХНУРЕ*  
*Грицаков І.В., студент, кафедра МІРЕС, ХНУРЕ*

В даний час для обробки інформації активно застосовуються підходи математичної теорії розпізнавання. На сьогоднішній день ступінь розробленості методу Віоли та Джонса досить високий. Дослідниками по всьому світу запропоновано безліч модифікацій оригінального алгоритму та окремих його частин. Розвиток ознакового простору відбувається як щодо форми, так і щодо самої природи обчислення ознаки.

Однак високий ступінь розробленості алгоритму Віоли і Джонса і велику кількість модифікацій, застосування його для вирішення великого діапазону прикладних завдань в індустріальних системах розпізнавання часто виявляється скрутним. По-перше, значення класичних ознак Хаара, навіть у відомих нормалізованих модифікаціях, виявляються неінваріантними до зміни освітленості, а модифікації ознакового простору, що оперують з граничними точками, виявляються обчислювально трудомісткими, або чутливі до шумових викидів, або непристосованими до масштабування. По-друге, алгоритм Віоли та Джонса, як і представлені модифікації, вирішує завдання пошуку об'єктів у «лабораторній» постановці: набори прецедентів відомі, зафіксовані та не вимагають додаткової кластеризації на окремі підтипи, детекція об'єктів виконується на окремих стаціонарних зображеннях.

Метод Віоли і Джонса є схемою побудови детекторів об'єктів з досить жорсткою геометрією статистичним чином (спираючись на прецеденти). Висока продуктивність у методі Віоли та Джонса додатково забезпечується за рахунок використання каскаду класифікаторів, який є твір сильних класифікаторів і дозволяє швидко (на ранніх етапах обчислення) розпізнавати «порожні» зображення (тобто зображення, що не містять цільового об'єкта).

Пошук об'єкта на зображенні виконується за допомогою побудованого бінарного класифікатора каскадного за допомогою методу ковзного вікна (рис. 1).



Рисунок 1 – Ознаки Хаара та приклад розташування ознаки щодо скануючого вікна

Карта спрямованих кордонів будується за допомогою модифікованого методу Кенні, який як відповідь повертає безліч пар. Поверх побудованої карти спрямованих меж (діагональної чи прямої) обчислюються прямокутні ознаки Хаара.

Таким чином, розроблені ознаки мають наступні властивості:  
– враховують геометричні особливості об'єктів;



- інваріантні до монотонного перетворення пікселів зображення;
- обчислювально ефективні (складність обчислення значення ознаки залежить від геометричних розмірів базових прямокутників);
- нечутливі до незначних геометричних спотворень об'єктів;
- лінійно масштабуються (полегшує завдання пошуку об'єктів при різних масштабах).

Ефективність описаних ознак була випробувана в процесі вирішення двох задач розпізнавання: розпізнавання образів коліс на фотографіях у бічному ракурсі та розпізнавання номера кредитної картки. В обох випадках на одній і тій же навчальній вибірці будувалися класифікатори на базі яскравих контурних ознак Хаара. Для оцінки якості роботи побудованих детекторів використовувалися метрики точність (precision) та повнота (recall), що визначаються наступним чином (табл. 1).

Таблиця 1 – Значення повноти контурного та яскравого класифікаторів за значення точності

Цифра	Контурний класифікатор	Яскравий класифікатор
0	0,91	0,45
1	0,89	0,57
2	0,72	0,49
3	0,64	0,52
4	0,96	0,54
5	0,83	0,52
6	0,86	0,54
7	0,78	0,68
8	0,86	0,48
9	0,75	0,41

Вирішальне дерево сильних класифікаторів є видом бінарного вирішального дерева: вузол дерева - це сильний класифікатор, на праве ребро якого потрапляють підвіконня, що ймовірно містять об'єкт, а на ліве - ті, які не розпізналися як об'єкт, відповідно.

Ефективність розробленого алгоритму оцінювалася під час вирішення двох завдань: розпізнавання образів коліс на фотографіях у бічному ракурсі й завдання пошуку логотипу платіжної системи VISA на зображеннях банківських карт.

Як згадувалося раніше, автомобільне колесо в бічному ракурсі – досить варіативний об'єкт, отже, для якісного детектування такого об'єкта необхідний складний класифікатор. У процесі вирішення задачі на тому самому навчальному наборі було проведено два експерименти. Перший експеримент був навчанням класичного каскаду Віоли і Джонса, в результаті якого було побудовано каскад, що складається з 20 сильних класифікаторів. Другий експеримент полягав у навчанні деревоподібного класифікатора за допомогою розробленого алгоритму. Якість роботи навчених класифікаторів, поражена



на тестовому наборі, що складається з 12437 зображень і містить 2621 образів коліс, представлена в таблиці 2.

Таблиця 2 – Якість детектування каскадного та деревоподібного класифікаторів автомобільного колеса в бічному ракурсі

Класифікатор	TP	FP	FN	Precision	Recall
Каскадний	2452	57	169	0,9773	0,9355
Деревоподібний	2587	61	34	0,9770	0,9870

Таким чином, аналізуючи отримані результати, відзначимо такі особливості розробленого алгоритму:

– розроблений алгоритм дозволяє навчати ефективні класифікатори для варіативних об'єктів, не проводячи попередню кластеризацію навчальної вибірки;

– донавчання лінійного каскаду до деревоподібної структури дозволяє підвищити повноту детектора, трохи втративши при цьому в точності.

Представлено сімейство ознак для алгоритму Віоли та Джонса, стійких до різних параметрів освітленості та враховують геометричні особливості об'єктів. Обчислювальна складність представлених ознак можна порівняти зі складністю яскравих ознак Хаара. Ефективність контурних ознак продемонстрована на прикладі розпізнавання образів коліс у рамках задачі розпізнавання типу транспортного засобу, а також на прикладі розпізнавання номера банківської картки в рамках задачі розпізнавання документів. В обох випадках якість детектування за допомогою контурних ознак виявилася вищою більш ніж на 15% порівняно з ознаками яскравості.

Розроблено алгоритм навчання деревоподібного класифікатора Віоли та Джонса, який автоматично виконує кластеризацію даних у процесі навчання, а також забезпечує швидке донавчання класифікаторів при розширенні навчальних наборів.

#### Список літератури

1. Viola, P., & Jones, M. (2021). Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. Proceedings of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 1(1), 511-518.
2. Schapire, R.E., & Singer, Y. (1999). Improved Boosting Algorithms Using Confidence-rated Predictions. Machine Learning, 37(3), 297-303.