

УДК: 004.932

**ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА ORB ДЛЯ ВЕКТОРНОГО
ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ И ОТСЛЕЖИВАНИЯ РОСТА
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

Баходир Сайдуллаевич АЧИЛОВ

ассистент

Ташкентский государственный аграрный университет

Ташкент, Узбекистан

borya19861804@gmail.com

Журабек Гайрат угли ХАЙИТБОЕВ

ведущий программист

Центр развития информационных технологий

и информационных ресурсов

Ташкент, Узбекистан

jurabekdev@gmail.com

Игорь Андреевич СЕМЕНОВ

студент

Ташкентский государственный аграрный университет

Ташкент, Узбекистан

is5383350@gmail.com

Аннотация

В данной статье рассматривается применение ORB-алгоритма (Oriented FAST and Rotated BRIEF) для векторного представления изображений и автоматического отслеживания роста растений. Основное внимание уделяется анализу устойчивости ORB к изменению условий съемки, таким как освещение и угол обзора, а также его применению для автоматизированного картирования полей.

Ключевые слова: ORB-алгоритм, векторное представление, отслеживание роста растений, компьютерное зрение, обработка изображений, сельскохозяйственные культуры, автоматизированный мониторинг, извлечение признаков.

**ORB АЛГОРИТМИНИ ТАСВИРЛАРНИ ВЕКТОРЛИ НАМОЙИШ
ҚИЛИШДА ВА ЭКИНЛАРНИНГ ЎСИШИНИ КУЗАТИШДА ҚЎЛЛАШ**

Баходир Сайдуллаевич АЧИЛОВ

ассистент

Тошкент давлат аграр университети

Тошкент, Узбекистон

borya19861804@gmail.com

Жўрабек Гайрат угли ХАЙИТБОЕВ

етакчи дастурчи

Ахборот технологиялари ва ахборот
ресурсларини ривожлантириш маркази

Тошкент, Узбекистон

jurabekdev@gmail.com

Игорь Андреевич СЕМЕНОВ

талаба

Тошкент давлат аграр университети

Тошкент, Узбекистон

is5383350@gmail.com

Аннотация

Ушбу мақолада тасвирларни вектор кўринишида тасвирлаш ва ўсимликларнинг ўсишини автоматик кузатиш учун ORB алгоритмидан (Oriented FAST and Rotated BRIEF) фойдаланиш муҳокама қилинади. Асосий эътибор ORB нинг ёруғлик ва кўриш бурчаги каби тадқиқот шароитларидаги ўзгаришларга чидамлилигини таҳлил қилишга ва уни автоматлаштирилган майдон харитасига кўллашга қаратилган.

Таянч сўзлар: ORB алгоритми, вектор тасвири, ўсимликларнинг ўсишини кузатиш, компьютерда кўриш, тасвирни қайта ишлаш, екинлар, автоматлаштирилган мониторинг, хусусиятларни ажратиб олиш.

С помощью современных технологий в сельском хозяйстве активно используются технологии компьютерного зрения, позволяющие автоматически отслеживать состояние посевов и оценивать динамику их роста. Одним из перспективных направлений является применение алгоритмов извлечения признаков для анализа изображений, что позволяет эффективно отслеживать изменения в развитии сельскохозяйственных культур.

ORB-алгоритм (Oriented FAST and Rotated BRIEF) представляет собой быстрый и эффективный метод выявления и описания ключевых точек на изображениях [1]. Благодаря своей вычислительной эффективности и инвариантности к повороту, ORB широко применяется в задачах распознавания объектов, построения карт и отслеживания изменений в последовательностях изображений. Векторное представление изображений, основанное на ORB-дескрипторах, позволяет создавать точные модели роста растений, что может использоваться для автоматизированного контроля и прогнозирования урожайности.

Целью данной работы является изучение возможностей ORB-алгоритма для векторного представления и отслеживания роста сельскохозяйственных культур. В рамках исследования будет рассмотрена

устойчивость метода к различным внешним условиям, а также его применимость для построения векторных карт вегетации. Полученные результаты могут быть полезны для оптимизации агротехнологий и разработки интеллектуальных систем мониторинга сельскохозяйственных угодий [2].

Методология

Предлагаемый нами подход заключается в преобразовании изображений в векторные и выделении информативных признаков с помощью алгоритма ORB (Oriented FAST and rotated BRIEF) при выделении грани объекта на изображении [3].

ORB

Алгоритм ORB (Oriented FAST and rotated BRIEF) используется для быстрого и эффективного определения информативных признаков и вычисления векторов дескрипторов. Этот алгоритм состоит из двух основных частей: FAST (Features from Accelerated segment Test) для определения информативных точек и BRIEF (Binary Robust Independent Elementary Features) для вычисления дескрипторов [4].

Алгоритм FAST определения информативной точки запускается с каждого пикселя изображения и анализирует пиксель (круг с небольшим радиусом), расположенный вдоль 16 окружностей. Информативная точка определяется следующим условием:

пусть, $I(p)$ – интенсивность p в пикселях, если окружность C содержит n смежных наборов пикселей, пиксель p считается базовой точкой [5] [6].

$$I(p) - I(p_i) > \text{порог}, \text{ или } I(p_i) - I(p) > \text{порог} \quad (1)$$

Здесь p_i – это каждый пиксель внутри круга.

Угловая мера Харриса (Harris corner Measure) Используется для оценки стабильности информативных точек. Угловая мера Харриса рассчитывается как [7]:

$$R = \det(M) - k(\text{trace}(M))^2 \quad (2)$$

где M – градиенты – это ковариационная матрица, а k – постоянная величина (обычно в диапазоне 0,04 – 0,06).

Алгоритм ORB извлекает BRIEF дескрипторы на основе направления, определяемого следующим уравнением [8]:

$$\theta = \arctan\left(\frac{\sum_i w_i I(p_i) y_i}{\sum_i w_i I(p_i) x_i}\right) \quad (3)$$

где w_i – весовая функция, $I(p_i)$ – интенсивность пикселя.

При вычислении повернутых BRIEF дескрипторов дескрипторы в основном основаны на сравнении пар пикселей. BRIEF дескрипторы поворачиваются в зависимости от ориентации характерной точки [9]. Повернутые краткие дескрипторы рассчитываются следующим образом:

$$\tau(p, \theta) = (u \cos\theta - v \sin\theta, u \sin\theta + v \cos\theta) \quad (4)$$

где τ – координаты поворота участка дескриптора, θ – ориентация ключевой точки, u и v – координаты пар пикселей.

При формулировании дескрипторов вектор дескриптора выражается в виде битовой строки [10]:

$$BRIFF(p) = \sum_{i=1}^N 2^{i-1} (I(p) + \tau(u_i, \theta)) < I(p) + \tau(v_i, \theta) \quad (5)$$

где N – длина дескриптора (например, 256 бит), I – интенсивность пикселя, u_i и v_i – координаты пар пикселей.

Дескрипторы ORB имеют длину 32 байта (256 бит), каждый бит является частью дескриптора, который представляет текстуру и другие объекты вокруг характерной точки [11] [12].

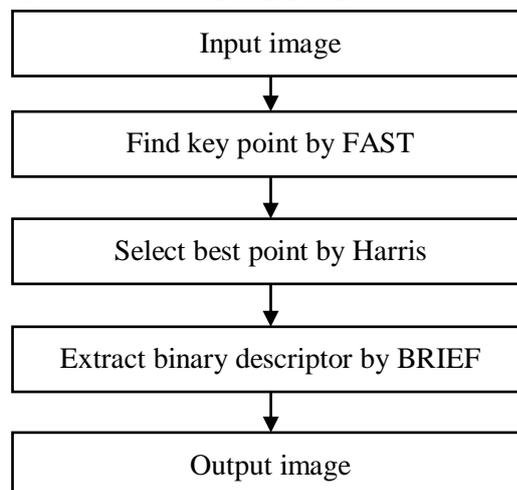


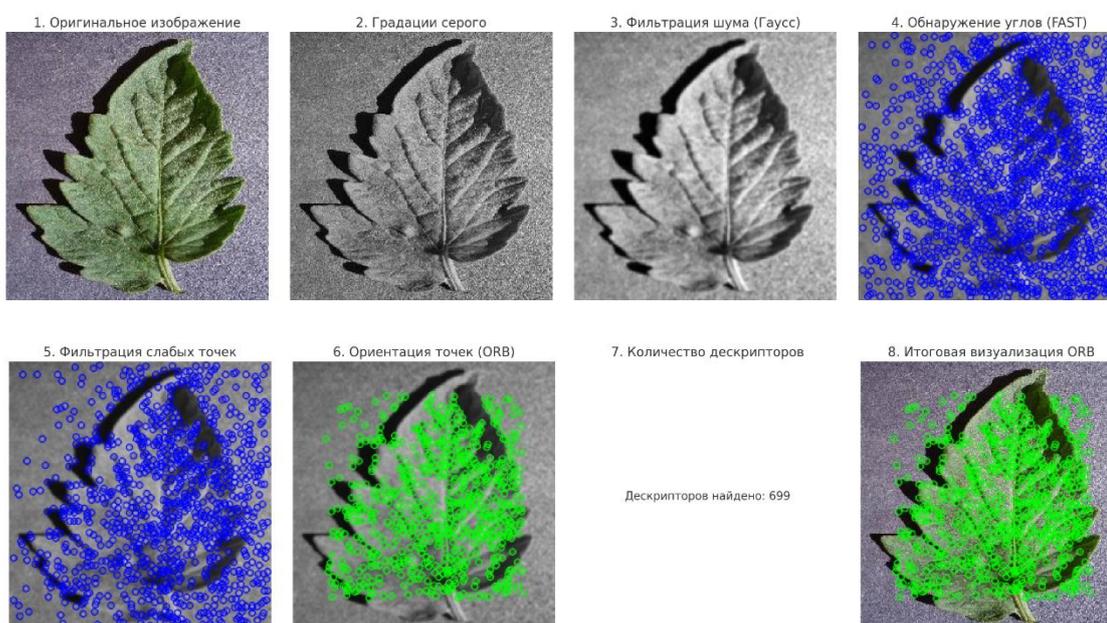
Рис. 1. Преобразование изображения в вектор с использованием алгоритма ORB

Алгоритм требует меньше памяти и вычислительной мощности, что делает его подходящим для встраиваемых систем компьютерного зрения.

Результаты

Эксперименты показали, что ORB-алгоритм эффективно обнаруживает информативные признаки на изображениях и устойчив к изменениям масштаба и ориентации. Визуализация обработки изображения по шагам демонстрирует, как алгоритм последовательно обнаруживает ключевые точки, фильтрует их, создает дескрипторы и сопоставляет точки между изображениями. Применение данного алгоритма в сельскохозяйственных работах поможет классифицировать любой метод машинного обучения.

а)



б)

Рис 2. Визуализация данных на основе ORB-алгоритма

На рисунке 2 показано, что информативные признаки выделены методом ORB, которые преобразованы в виде векторов в таблице 1.

Таблица 1.

Таблица в виде векторов

Classes	contras t	num_con tours	mean _cont our_a rea	std_cont our_area	mean_c ontour _perim eter	std_conto ur_perim eter	mean_area _to_perim eter_ratio	fractal_di mension
Healthy	0.52	0.002	0.019	0.022	0.214	0.002	0.794	0.52
Healthy	0.319	0.005	0.042	0.046	0.326	0.004	0.754	0.319
Healthy	0.267	0.006	0.049	0.032	0.161	0.015	0.701	0.267
Healthy	0.246	0.007	0.052	0.036	0.164	0.016	0.703	0.246
Healthy	0.576	0.002	0.019	0.022	0.218	0.001	0.861	0.576
Healthy	0.349	0.005	0.037	0.038	0.203	0.006	0.777	0.349
Healthy	0.075	0.046	0.231	0.091	0.441	0.021	0.91	0.075
Healthy	0.75	0.001	0.012	0.018	0.126	0.002	0.943	0.75
Healthy	0.118	0.016	0.084	0.104	0.537	0.009	0.5	0.118
Healthy	0.809	0.001	0.009	0.019	0.157	0.002	0.977	0.809
First stage	0.322	0.005	0.046	0.036	0.3	0.006	0.781	0.322
First stage	0.516	0.002	0.012	0.02	0.043	0.006	0.687	0.516
First stage	0.317	0.005	0.041	0.051	0.358	0.005	0.762	0.317
First stage	0.484	0.002	0.013	0.027	0.108	0.005	0.698	0.484
First stage	0.228	0.007	0.042	0.053	0.277	0.009	0.56	0.228
First stage	0.532	0.002	0.023	0.016	0.157	0.003	0.782	0.532
First stage	0.553	0.002	0.016	0.016	0.211	0.001	0.72	0.553
First stage	0.929	0.0	0.0	0.018	0.115	0.002	0.941	0.929
First stage	0.062	0.028	0.116	0.091	0.353	0.023	0.257	0.062
First stage	1.0	0.0	0.0	0.008	0.047	0.0	0.891	1.0
Second stage	0.981	0.0	0.001	0.009	0.058	0.001	0.902	0.981
Second stage	0.71	0.001	0.013	0.029	0.146	0.003	1.0	0.71
Second stage	0.762	0.001	0.008	0.027	0.167	0.002	0.984	0.762
Second stage	0.319	0.005	0.042	0.046	0.326	0.004	0.754	0.319
Second stage	0.406	0.004	0.037	0.047	0.343	0.005	0.92	0.406
Second stage	0.252	0.006	0.034	0.065	0.326	0.011	0.655	0.252
Second stage	0.105	0.031	0.18	0.122	0.552	0.015	0.936	0.105

Second stage	0.075	0.045	0.227	0.124	0.557	0.02	0.951	0.075
Second stage	0.283	0.005	0.016	0.053	0.211	0.009	0.669	0.283
Second stage	0.828	0.001	0.006	0.01	0.017	0.002	0.84	0.828

Результаты, полученные в ходе исследования, считаются важными из-за важности информативных признаков на изображении и для достижения высокого результата при меньших затратах времени с применением методов классификации при машинном обучении.

Заключение

В данной работе рассмотрено применение ORB-алгоритма для векторного представления и отслеживания роста сельскохозяйственных культур. ORB позволяет эффективно извлекать ключевые точки из изображений и преобразовывать их в векторные данные, что обеспечивает надежный анализ изменений в развитии растений. Благодаря своей вычислительной эффективности, алгоритм может применяться для мониторинга сельскохозяйственных угодий в режиме реального времени, что особенно важно при использовании беспилотных летательных аппаратов и автоматизированных систем наблюдения.

Результаты исследования показали, что ORB-алгоритм демонстрирует устойчивость к небольшим изменениям угла съемки и освещения, однако его чувствительность к масштабным трансформациям требует дополнительной оптимизации. Несмотря на это, метод успешно справляется с задачей отслеживания динамики роста растений и формирования векторных карт посевов, что делает его перспективным инструментом для аграрных технологий.

Перспективными направлениями дальнейших исследований являются интеграция ORB с методами машинного обучения для повышения точности анализа, а также разработка комбинированных подходов, объединяющих ORB с другими алгоритмами извлечения признаков. Это позволит создать более точные и надежные системы мониторинга, способные работать в

сложных полевых условиях и обеспечивать точный контроль за состоянием сельскохозяйственных культур.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Calonder, M., Lepetit, V., Strecha, C., & Fua, P. (2010). BRIEF: Binary Robust Independent Elementary Features. *European Conference on Computer Vision*.
2. Zexu Chen, Huachun Dong. Exploring urban and agricultural land use planning, *Results in Engineering*, Volume 24, 2024, 103093, ISSN 2590-1230, <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103093>.
3. Xinfei Guo, Yimiao Huang, Shaopeng Zhang, Guowei Ma. Automated dimensional quality inspection of super-large steel mesh using fixed-spacing detection transformer and improved oriented fast and rotated brief, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Volume 141, 2025, 109827, ISSN 0952-1976, <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2024.109827>.
4. Fuzhen Zhu, Huiling Li, Jiacheng Li, Bing Zhu, Siwen Lei. Unmanned aerial vehicle remote sensing image registration based on an improved oriented FAST and rotated BRIEF – random sample consensus algorithm, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Volume 126, Part B, 2023, 106944, ISSN 0952-1976, <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.106944>.
5. Yanghao He, Xiaopei Shi, Kaiming Nie, Jiangtao Xu. A dual threshold adaptation method to dynamic vision sensor pixel, *Microelectronics Journal*, Volume 149, 2024, 106236, ISSN 1879-2391, <https://doi.org/10.1016/j.mejo.2024.106236>.
6. Yulun Wu, Anders Knudby, Nima Pahlevan, David Lapen, Chuiqing Zeng. Sensor-generic adjacency-effect correction for remote sensing of coastal and inland waters, *Remote Sensing of Environment*, Volume 315, 2024, 114433, ISSN 0034-4257, <https://doi.org/10.1016/j.rse.2024.114433>.
7. Abdelillah Semma, Yaâcoub Hannad, Imran Siddiqi, Chawki Djeddi, Mohamed El Youssfi El Kettani. Writer Identification using Deep Learning with

FAST Keypoints and Harris corner detector, Expert Systems with Applications, Volume 184, 2021, 115473, ISSN 0957-4174, <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115473>.

8. Likai Chen, Wei Lu, Jiangqun Ni, Wei Sun, Jiwu Huang. Region duplication detection based on Harris corner points and step sector statistics, Journal of Visual Communication and Image Representation, Volume 24, Issue 3, 2013, Pages 244-254, ISSN 1047-3203, <https://doi.org/10.1016/j.jvcir.2013.01.008>.

9. Zeyu Li, Changhui Jiang, Xiaobo Gu, Ying Xu, Feng zhou, Jianhui Cui. Collaborative positioning for swarms: A brief survey of vision, LiDAR and wireless sensors based methods, Defence Technology, Volume 33, 2024, Pages 475-493, ISSN 2214-9147, <https://doi.org/10.1016/j.dt.2023.05.013>.

10. Neerav Sharma, Shubham Bhattacharjee, Rahul Dev Garg, Kavita Sharma, Munizzah Salim. Sustainable management and agriculture resource technology system using remote sensing descriptors and IoT, Geomatica, Volume 76, Issue 2, 2024, 100040, ISSN 1195-1036, <https://doi.org/10.1016/j.geomat.2024.100040>.

11. Bayan Alabdullah, Muhammad Tayyab, Yahay AlQahtani, Naif Al Mudawi, Asaad Algarni, Ahmad Jalal, Jeongmin Park. Sports Events Recognition Using Multi Features and Deep Belief Network, Computers, Materials and Continua, Volume 81, Issue 1, 2024, Pages 309-326, ISSN 1546-2218, <https://doi.org/10.32604/cmc.2024.053538>.

12. Pavani Meesala, Moumita Roy, Dalton Meitei Thounaojam. A robust medical image zero-watermarking algorithm using Collatz and Fresnelet Transforms, Journal of Information Security and Applications, Volume 85, 2024, 103855, ISSN 2214-2126, <https://doi.org/10.1016/j.jisa.2024.103855>.