

DOI: 10.18372/2310-5461.45.14575

УДК 681-31.001.8 (045)

**Т. І. Олешко**, д-р техн. наук, проф.  
Національний авіаційний університет  
orcid.org/0000-0002-4858-0337  
e-mail: ti\_oleshko@ukr.net;

**Д. М. Квашук**, канд. екон. наук  
Національний авіаційний університет  
orcid.org/0000-0002-4591-8881  
e-mail: kvashuk@nau.edu.ua;

**А. М. Якименко**  
Національний авіаційний університет  
orcid.org/0000-0001-9470-9456  
e-mail: anastasyakym@gmail.com

## СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО АНАЛІЗУ ЗОБРАЖЕНЬ В СИСТЕМАХ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЗАХВРЮВАНЬ РОСЛИН ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ДЕТЕКТОРУ FAST

### Вступ

Методи автоматизованого аналізу зображень, являють собою прояви штучного інтелекту, а область їх використання можна віднести до машинного навчання, що дозволяє реалізовувати задачі розпізнавання шаблонів та закономірностей певних візуальних даних.

Алгоритми розпізнавання шаблонів містять низку системних підходів до ідентифікації зображення по відповідним критеріям, визначення закономірностей в такому зображенні та співвідношення їх із певними шаблонами.

Цілком логічно, що потреби у вирішенні таких задач, все частіше з'являються в сільському господарстві. Це зумовлено шаленою конкуренцією між суб'єктами аграрного бізнесу, збільшенням вимог до продуктів харчування, а також багатьма іншими потребами, які збільшують необхідність застосування штучного інтелекту в саме сільському господарстві.

Потенційне використання технологій машинного зору у цій сфері пов'язують із ідентифікацією різних типів захворювання рослин за зображенням листя, детектування бур'янів, ідентифікацію шкідників та визначенням їх кількості. Тому, на сьогодні досить актуальним є завдання збільшенні можливостей для імплементації технологій машинного зору в сільськогосподарські види економічної діяльності.

Разом з тим, не вирішені питання, що пов'язані із залученням провідного міжнародного досвіду, навчанням фахівців та вибору обладнання, роблять такі задачі вкрай важкими. Тому, відповідно до актуальності і потреб у збільшенні технологічних можливостей вітчизняного сільсь-

когосподарського сектору, дана стаття присвячена дослідженню використання методів розпізнавання образів у галузі сільського господарства, які направлені на ідентифікацію захворювань рослин, а також дослідженню можливості алгоритму ідентифікації кутів FAST.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

З постійно зростаючим населенням світу, існує необхідність збільшити виробництво їжі на 70 % у наступні 40 років, для того щоб нагодувати всіх. Така думка, пролунала від представників Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН [1]. І хоча зміни клімату сприятимуть збільшенню врожаю в деяких регіонах, вони ж принесуть і нові труднощі для вирощування здорових зернових культур. Тому для задоволення такого попиту необхідно підвищити ефективність сільського господарства з точки зору ресурсів та часу, і, не дивно, що аграрії звертаються до будь-яких допоміжних технологій.

Зростання сільськогосподарської галузі, викликає потребу у задоволенні зростаючих вимог до підвищення стійкості культур до хвороб, зменшення впливу навколишнього середовища, застосовуючи при цьому меншу кількість води, компенсуючи це збільшенням дорив.

Все це можна задовольнити за умов точного землеробства, яке все частіше, в умовах збільшення споживання продовольчих ресурсів на планеті, дає про себе знати. Це поєднується із невизначеністю ризиків та загроз, створюючи, про що неодноразово згадується в науковій літературі [2; 3].

Точність ведення землеробства залежить від оптимальності отриманої інформації про стан

рослин, яка раніше, в основному залежала від показників різного типу датчиків, що дають можливість фізичні властивості, які оточують рослину, перетворити в безперервний потік даних. Сьогодні ж, такі оцінки наука намагається отримати завдяки зображенням цих рослин, а точніше візуальним закономірностям та особливостям. Відмінність між двома підходами суттєва. Застосування датчиків, дає можливість більш точно оцінити стан оточення рослини, що на відміну від візуальних методів може охоплювати незначні частини посівів. Візуальна ж діагностика стану рослин, дає необмежені можливості в спостереженні, проте має й недоліки, які пов'язані із впливом рівних факторів на погодні умови, стан відео-реєстраторів, програмного забезпечення тощо.

До цього часу, можливості дослідження зображень в сільському господарстві переважно були зосереджені в програмних пакетах або бібліотеках. Конкретних алгоритмів, за виключенням комерційних на сьогодні не існує. Проте, зусилля в цьому напрямку помітно зростають.

Значний вклад в розвиток даної проблематики зробили вчені Національного авіаційного університету України (НАУ). Так, наукові здобутки було внесено в розвиток таких галузей, як: картографія [4], сільське господарство [5–6], інтелектуальні системи супроводження рухомих об'єктів [7], інформаційна безпека [8] та ін. Разом з тим НАУ займається рядом успішних проєктів по створення безпілотних інтелектуальних систем, які базуються на технологіях машинного зору.

Крім того слід звернути увагу на те, що розпізнавання образів є предметом багатопрофільної дисципліни, яка охоплює такі сфери, як статистика, машинобудування, штучний інтелект, інформатика, психологія, фізіологія тощо. І тому застосування таких систем може бути лише на основі певних знань про об'єкт дослідження, тобто його співвідношення із шаблоном зразку. Так, процес ідентифікації захворювань рослин характеризується специфічністю певної хвороби, який включає в себе такі основні етапи:

- попередня обробка зображення;
- визначення функцій розпізнавання зображення;
- визначення особливостей на зображенні;
- співвідношення із зразком.

**Мета роботи** — на основі сучасних підходів до аналізу зображень, показати можливості для забезпечення ідентифікації хвороб рослин, з використанням технологій машинного зору.

Дослідити методологічні основи машинного зору, які можуть використовуватись в задачах

ведення точного господарства. Розглянути метод детектування особливих точок на зображенні, використовуючи алгоритм FAST та з його використанням, запропонувати спосіб розпізнавання захворювання листя ячменю на базі бібліотеки OpenCv.

### Результати дослідження

Попередня обробка зображення включає в себе визначення особливих точок, які є загальними на зображенні, що досліджується і зображенні, яке є зразком.

Особлива точка представлена рядом закономірностей у відтинках зображення, які є унікальними та можуть бути встановлені не залежно від масштабу та обертання.

Саме таку унікальність відображають дескриптори, які залежно від методу вставлення особливих точок, отримуються в результаті співвідношення кожного пікселя зображення із його сусідніми пікселями.

Так, FAST-детектор (*Features from Accelerated Test*) [9; 10] застосовується для визначення кутів на зображенні, застосовуючи певний алгоритм машинного навчання для тренування класифікатора точок на деякій множині зображень, що в результаті дає можливість побудувати дерево рішень для класифікації пік селів. Даний алгоритм був запропонований Едвардом Ростен та Томом Драммонд у своїй праці «Машинне навчання для швидкісного виявлення кутів» у 2006 р. [11] (рис. 1).

Так, для кожного пікселя встановлюється коло з центром в точці де розташований даний піксель, формуючи квадрат зі стороною 7 пікселів (рис. 2). Окружність проходить через 16 пікселів на межі відповідного кола.

Кожен піксель на околицях даного кола  $x\{1, 2, 3, \dots, 16\}$ , відносно центрального ( $p \rightarrow x$ ), може знаходитись в одному із трьох станів:

$$S_{p \rightarrow x} = \begin{cases} d, I_x \leq I_p - t & \text{(темніше);} \\ s, I_p - t < I_x < I_p + t & \text{(оптимально);} \\ b, I_p + t \leq I_x & \text{(світліше),} \end{cases} \quad (1)$$

де  $p$  — положення певного пікселя на площині зображення;  $I$  — яскравість пікселів;  $t$  — деякий, заздалегідь фіксований поріг яскравості.

Таким чином, точка позначається як особлива, якщо на колі певна кількість пікселів, які перевищують поріг яскравості  $t$ , дорівнює кількості пікселів, які менше ніж поріг яскравості.

Є й недоліки даного методу. Так, наприклад, кілька поруч розташованих пікселів можуть бути позначені як особливі точки, що дублює унікальність самої точки.

Також недоліком є швидкість даного методу.

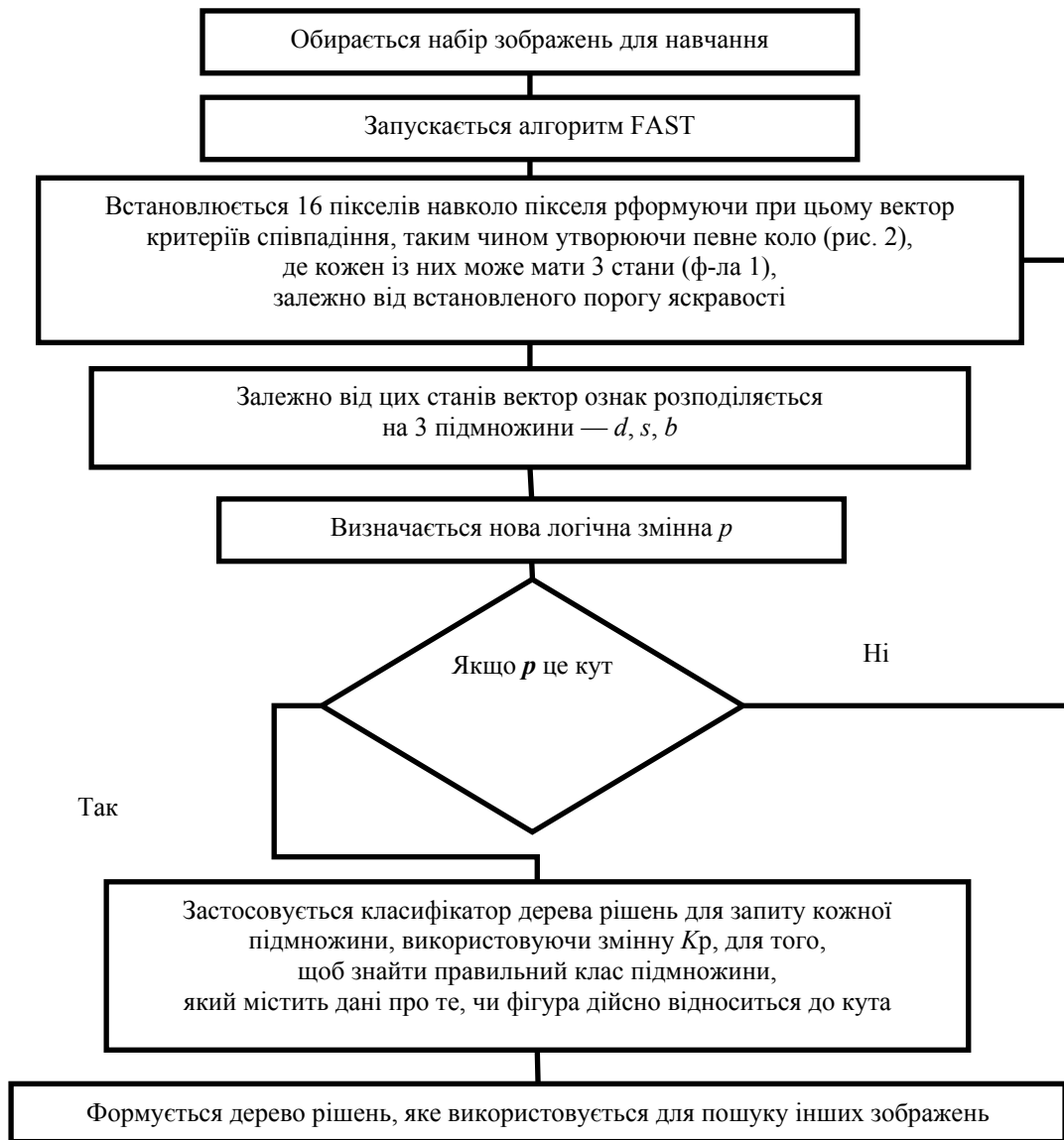


Рис. 1 Алгоритм реалізації пошуку кутів з використанням

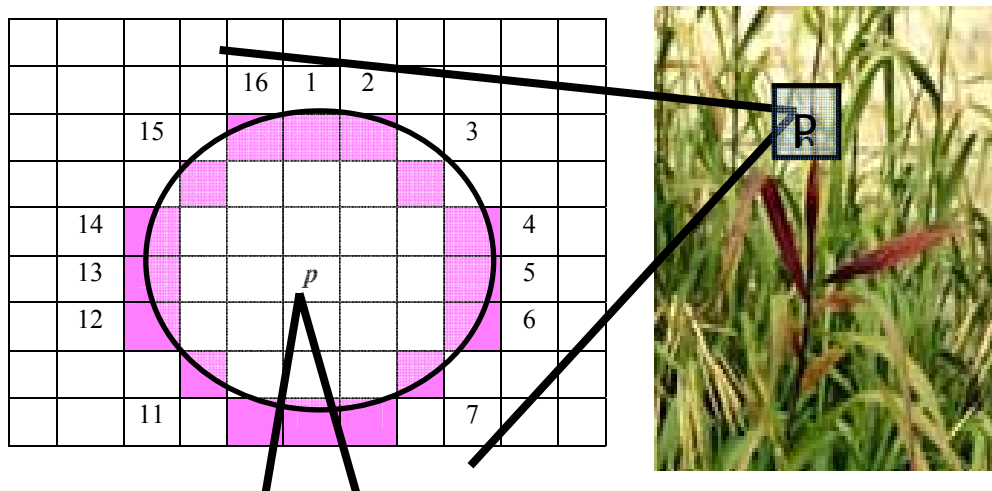


Рис. 2 Робоче коло, що визначає особливість пікселя  $p$ , який характеризує кут на зображенні

Слід відзначити, що на сьогодні не існує повноцінного універсального методу, який підійшов би під завдання з ідентифікації захворювання рослин. Тому, розглядаючи особливі точки на зображенні, слід відмітити, що це, як правило кутові точки, або такі, де різко змінюється колір, яскравість тощо, а кожен метод виявлення особливих точок, повинен гарантувати інваріантність будь-яких перетворень зображення. Після встановлення особливих точок, відбувається вилучення особливостей зображення з урахуванням особливих точок. Так, встановлюється відповідність зображення до відповідають шаблону. Важливість вилучення таких особливостей, полягає в тому, щоб встановити унікальні закономірності та співпадіння між зображеннями. Враховуючи те, що особливі точки можуть хибно співпадати та отримувати зайві дані та про зображення.

А усунення зайвої інформації є життєво важливим фактором для скорочення часу обробки в процесі розпізнавання зображення [12].

Зважаючи на певні недоліки спробуємо застосувати даний алгоритм для ідентифікації хворого листа ячменю.

#### Апробація алгоритму FAST

З метою визначення особливих точок на виділених контурах хворого листа ячменю було б доцільно:

- встановити ряд ключових дескрипторів для окремих, уражених хворобою зон;
- виділити такі зони за кольором;
- порівняти дескриптори особливих точок з метою встановлення відповідності пошукових критеріїв;
- встановити поріг відповідності.

Для прикладу візьмемо зображення (а), що містить ознаки хвороби листа ячменю та визна-



а

чимо межі кольорового порогу для таких особливостей (рис. 3).

Для цього застосуємо бібліотеку для роботи із зображеннями OpenCv

Мовою програмування Python, код буде таким:

```
import cv2
image = cv2.imread('images.jpg')
image_hsv = cv2.cvtColor(image,
cv2.COLOR_BGR2HSV)
image_color_low = (1,40,60)
image_color_high = (18,255,200)
only_image_hsv = cv2.inRange(image_hsv,
image_color_low, image_color_high)
cv2.imwrite('image_color_hsv.jpg',
only_image_hsv)
cv2.waitKey(0)
```

Визначимо особливі точки на зображенні (б) (рис. 4).

```
img = cv2.imread('image_color_hsv.jpg',0)
fast = cv2.FastFeatureDetector_create()
kp = fast.detect(img,None)
img2 = cv2.drawKeypoints(img, kp, None,
color=(255,0,0))
br = cv2.BRISK_create();
kp, des = br.compute(img, kp)
cv2.imwrite('im_end.png',img2)
cv2.waitKey(0)
```

Порівняємо дескриптори, які мають 64 показники унікальності.

Так, із 2344 знайдених ключових точок на зображенні рис. 3 (б), їх дескриптори, мають спільні риси, що виражаються у певній схожості, кластерний аналіз якої, представлений на рис. 5. Вибірка була взята із 80 точок. Для візуалізації використовувався програмний пакет MsExcel.



б

Рис. 3. Виділення хвороби листа ячменю за кольором



Рис. 4. Визначення особливих точок на враженій хворобою ділянці листа ячменю

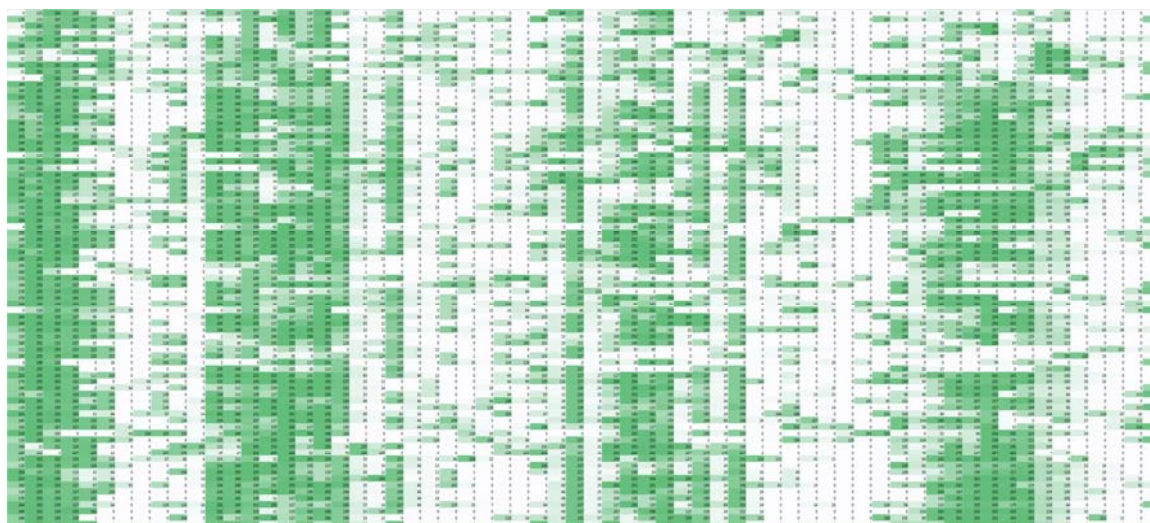


Рис. 5. Кластерний аналіз дескрипторів особливих точок зображення (рис. 3, б)

Таким чином застосування детектору FAST в задачах розпізнавання хвороб рослин, може застосовуватись у поєднанні із детекторами кольору, які дозволяють виділити область захворювання. Така область, потім може бути предметом дослідження даного детектору.

#### **Висновки**

На сьогоднішній день існує безліч засобів для ідентифікації хвороб рослин із застосування машинного зору.

При роботі більшості з них використовують окремі методи визначення дескрипторів особливих точок на зображенні, які є певною мірою унікальними, що дозволяє порівнювати зображення, і, таким чином визначати хворобу.

Проте жоден з методів не може бути універсальним, оскільки на точність впливає безліч факторів.

Застосування детектора FAST показало можливість встановлювати значну кількість особливих точок на зображенні, в результаті чого визначено певні закономірності між дескрипторами

таких точок, проте точність та практичне застосування даного методу в реальних умовах потребують подальшого дослідження.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. **World Food Summit.** URL: [www.fao.org](http://www.fao.org). Retrieved 31 December 2019. (access 31.12.2019)

2. **Chubukova O., Ivanchenko H., Ivanchenko N.** Development of the system for prediction of security state of an enterprise using semantic-frame fuzzy models of knowledge base. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. Vol 6. No 3 (90). p. 138-148. DOI:10.15587/1729-4061.2017.119100

3. **Кудрицька Ж. В.** Моделювання бізнес-процесів складського управління з використанням автоматизованої системи. *Причорноморські економічні студії*. 2018. № 28. Ч.2. URL:[http://bses.in.ua/journals/2018/28\\_2\\_2018/37.pdf](http://bses.in.ua/journals/2018/28_2_2018/37.pdf)

4. **Приставка П. О., Нічіков Є. П.** Інформаційна технологія моделювання рельєфу місцевості із прив'язкою даних аерокосмічної фотозйомки. *Наукоємні технології*. 2012. 3 (15). С. 52–57.

5. **Приставка П. О., Курочкін В. М.** Аналіз неоднорідних текстур посівних площ на основі оцінки суміші розподілів. *Наукоємні технології*. 2015. №4(28). С. 305–310.

6. **Квашук Д. М., Підлужній В. В.** Діагностика захворювань рослин з використанням технологій розпізнавання образів в системі економічної безпе-

ки фермерських домогосподарств. *Ефективна економіка*. 2019. № 6. URL: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=7137> (дата звернення: 05.04.2020).

7. **Приставка П. О., Рогатюк А.** Математичне забезпечення розпізнавання та супроводу рухомого об'єкта в режимі реального часу для відео. *Вісник НАУ*. 2013. №2 (55). С. 141–148.

8. **Харченко В. П., Нахаба О. О.** Новий спосіб уніфікованої обробки інформації, відображеної у вигляді тривимірної асоціативно-логічної структури для оптимізації мультироторної безпілотної авіаційної системи. *Вісник НАУ*. 2017. №3 (72). С. 8–14.

9. **Alonso D., Nieto M., Saldaro L.** Robust Vehicle Detection through Multidimensional Classification for On Broad Video Based Systems. *IEEE*. 2007. P. 50–55.

10. **Andrews S., Hofmann T., Tsochantaridis I.** Support vector machines for multiple-instance learning Advances in Neural Information. *Processing Systems*. 2002. P. 561–568.

11. **Rosten E., Drummond T.** Machine Learning for High-Speed Corner Detection. *ECCV (1)*. Springer. 2006. Vol. 3951 of Lecture Notes in Computer Science. Pp. 430–443.

12. **Gunal D. S.** Automated categorization scheme for digital libraries in distance learning: a pattern recognition approach. *Turkish Online Journal of Distance Education-TOJDE*. 2008. Vol. 9. No. 4. Article 1.

**Олешко Т. І., Квашук Д. М., Якименко А. М.**

### СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО АНАЛІЗУ ЗОБРАЖЕНЬ В СИСТЕМАХ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЗАХВОРЮВАНЬ РОСЛИН ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ДЕТЕКТОРУ FAST

*В умовах ведення точного господарства, з метою забезпечення ефективності управлінських рішень, шаленої конкуренції та зменшення родючих площ, постає питання про створення інтелектуальної системи управління аграрним сектором. Найбільшу небезпеку для аграріїв, на сьогоднішній день, складають ризики захворювання рослин, що значною мірою зменшують урожайність. Тому фермери вимушені знаходити нові засоби ідентифікації хвороб рослин.*

*Застосування детектору FAST в задачах розпізнавання хвороб рослин, може бути реалізовано у поєднанні із детекторами кольору, що дозволяють виділити область захворювання, яка потім може бути предметом дослідження. Перш за все, це пов'язано із можливостями виникнення помилок, не достатньо чіткими зображеннями та нестабільним освітленням. Разом з тим визначення особливих точок на зображенні не повністю вирішує проблему ідентифікації захворювань рослин, оскільки в умовах шумів вони можуть бути також хибними та недостатньо ідентифікованими. Тому все залежить від умов діагностики, та задач розпізнавання хвороби. Переважна більшість прикладів основана на встановленні особливих точок, проте дослідження ведуться і в галузі машинного навчання на основі нейронних мереж. Звичайно, що відповідні задачі потребують значних обчислювальних потужностей, що в умовах ведення точного господарства, яке реалізується в польових умовах забезпечити досить складно. Таким чином, необхідно просте та водночас ефективне рішення, що забезпечить використовувати дешеві засоби на яких реалізуються алгоритми розпізнавання образів.*

*Використання детектора FAST показало можливість встановлювати значну кількість особливих точок на зображенні, в результаті чого визначено певні закономірності між дескрипторами таких точок, проте точність та практичне застосування даного методу в реальних умовах потребують подальшого дослідження.*

**Ключові слова:** рослини; захворювання; зображення; розпізнавання FAST; господарство; алгоритми FAST.

**Oleshko T., Kvashuk D., Yakimenko A.**

## **MODERN APPROACHES TO IMAGE ANALYSIS IN PLANT DISEASE IDENTIFICATION SYSTEMS WITH THE USE OF FAST DETECTOR**

*In terms of doing the exact economy with the aim of ensuring the effectiveness of management decisions, frantic competition and reduction of fertile areas, the question arises about the development of an intelligent system of management of agrarian sector. The greatest danger to the farmers, today, are the risks plant diseases, which greatly reduce the yield. Therefore, farmers are forced to find new means of identification of plant diseases.*

*The use of FAST detector in pattern recognition of plant diseases, can be implemented in combination with the detectors of colors, allowing you to select the area of the disease, which can then be the subject of research. First of all, it is connected with possibilities of errors, not enough clear photos and unstable lighting. However, the definition of singular points in the image are not completely solves the problem of identification of plant diseases, as in the noise they can also be incorrect and insufficiently identified. So it all depends on conditions, diagnostics, and pattern recognition of the disease. The vast majority of examples are based on the set of singular points, but research conducted in the field of machine learning based on neural networks. Of course, that the respective tasks require significant computing power, in terms of keeping accurate farming, which is implemented in the field to provide quite difficult. Thus, it is necessary simple and time efficient solution which will provide use cheap tools which are implemented the algorithms of pattern recognition.*

*The use of FAST detector showed the possibility to install a significant number of singular points in the image, with the result that certain patterns are defined between the descriptors of such points, however, the accuracy and practical application of this method in real conditions require further study.*

**Keywords:** plants; diseases of; picture; recognition FAST; economy; algorithms and FAST.

**Олешко Т. И., Квашук Д. М., Якименко А. М.**

## **СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СИСТЕМАХ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЗАБОЛЕВАНИЙ РАСТЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДЕТЕКТОРА FAST**

*В условиях ведения точного хозяйства, с целью обеспечения эффективности управленческих решений, безумной конкуренции и уменьшению плодородных площадей, встает вопрос о создании интеллектуальной системы управления аграрным сектором. Наибольшую опасность для аграриев, на сегодняшний день, составляют риски заболевания растений, что в значительной степени уменьшают урожайность. Поэтому фермеры вынуждены изыскивать новые средства идентификации болезней растений.*

*Применение детектора FAST в задачах распознавания болезней растений, может быть реализовано в сочетании с детекторами цвета, позволяющие выделить область заболевания, которая затем может быть предметом исследования. Прежде всего, это связано с возможностями возникновения ошибок, не достаточно четкими фото и нестабильным освещением. Вместе с тем определение особых точек на изображении не полностью решает проблему идентификации заболеваний растений, поскольку в условиях шумов они могут быть также ошибочными и недостаточно идентифицированными. Поэтому все зависит от условий диагностики, и задач распознавания болезни. Подавляющее большинство примеров основано на установленные особые точек, однако исследования ведутся и в области машинного обучения на основе нейронных сетей. Конечно, что соответствующие задачи требуют значительных вычислительных мощностей, что в условиях ведения точного хозяйства, которое реализуется в полевых условиях обеспечить достаточно сложно. Таким образом, необходимо простое и одновременно эффективное решение, которое обеспечит использовать дешевые средства на которых реализуются алгоритмы распознавания образов.*

*Использование детектора FAST показало возможность устанавливать значительное количество особых точек на изображении, в результате чего определены определенные закономерности между дескрипторами таких точек, однако точность и практическое применение данного метода в реальных условиях требуют дальнейшего исследования.*

**Ключевые слова:** растения; заболевания; изображение; распознавание FAST; хозяйство; алгоритмы FAST.

Стаття надійшла до редакції 24.02.2020р.

Прийнято до друку 06.03.2020 р.