

**Հ.Գ. ԴԱՐԲԻՆՅԱՆ, Գ.Ի. ԵՆԳԻԲԱՐՅԱՆ, Ջ.Գ. ԽԱՆԱՄԻՐՅԱՆ,
Բ.Կ. ԱԲՐԱՀԱՄՅԱՆ, Ռ.Կ. ՍԻՄՈՆՅԱՆ**

**ԱՆՕԴԱԶՈՒ ԹՈՉՈՂ ՍԱՐՔԻ ԹՈՒՉՔԻ ԸՆԹԱՑՔՈՒՄ ԻՐԱԿԱՆ
ԺԱՄԱՆԱԿՈՒՄ ՕԲՅԵԿՏՆԵՐԻ ՀԱՅՏՆԱԲԵՐՄԱՆ ԱԼԳՈՐԻԹՄԻ
ՄՇԱԿՈՒՄԸ**

Մշակվել է տեղանքում անմիջապես անօդաչու թռչող սարքից ցանկացած օբյեկտի հայտնաբերման և տարբերակման արհեստական բանականությամբ, բարձր ճշտությամբ և արագագործությամբ աշխատող ալգորիթմ, որը հիմնված է Կաննիի եզրագծերի ֆիլտրացման և դասակարգման մեթոդի վրա: Ալգորիթմը ներդրվել և փորձարկվել է Jetson Nano միկրոհամակարգչի միջոցով, որը հնարավորություն է տալիս օբյեկտների հայտնաբերումը և տարբերակումը իրականացնել իրական ժամանակում:

Առանցքային բառեր. Կաննիի մեթոդ, Գաուսյան պղտորման ֆիլտր, կրկնակի շեմ, օբյեկտի եզրագծերի որոշում:

Ներածություն: Ներկայումս անօդաչու թռչող սարքերը (ԱԹՍ) լայնորեն օգտագործվում են գիտության, տեխնիկայի և տնտեսության գրեթե բոլոր ոլորտներում, սակայն դրանց միջոցով առանձին խնդիրների լուծումները պահանջում են դրանց հստակ կառուցվածքի և ֆունկցիոնալության ապահովում՝ հուսալի և արդյունավետ աշխատանք իրականացնելու համար: Ուստի ԱԹՍ-ներին առաջադրվում են հստակ կիրառական չափանիշներ, ինչը որոշ դեպքերում սահմանափակում է սարքի կառուցվածքային կամ ծրագրային փոփոխության հնարավորությունը: Որպեսզի այդ սահմանափակումները չզազդեն աշխատանքային տեղանքից տեղեկույթի ստացման և ԱԹՍ-ի ավտոմատ տեղորոշման վրա, ընդունված է, բացի կատարողական (բեռ առաքող, հեղուկ նյութ սփռող, հրշեջ և այլ գործողություններ կատարող) ԱԹՍ-ից տվյալ պահին հետազոտվող տիրույթում իրականացնել նաև տեսանկարահանում իրականացնող և արհեստական բանականության ալգորիթմների հիման վրա աշխատող ԱԹՍ-ի թռիչք: Այդ ԱԹՍ-ի հիմնական խնդիրն է տեղանքում առկա իրերի դիրքի և տեսակների վերաբերյալ ճշգրիտ տեղեկությունների կուտակումը իրական ժամանակում: Ստացված տվյալների հիման վրա օպերատորը որոշում է կատարող ԱԹՍ-ի գործողությունների ալգորիթմական հերթականությունը:

Ներկայումս տարածության մեջ օբյեկտների հայտնաբերման ալգորիթմները բազմաթիվ են և բավականին լավ ուսումնասիրված, սակայն բոլոր հայտնի ալգորիթմների և մեթոդների հիմնական թերությունն այն է, որ դրանք օպտիմա-

լացված չեն իրական ժամանակում աշխատելու համար և պահանջում են հաշվողական մեծ ռեսուրսներ: Սովորաբար օդային ռոբոտատեխնիկայում հաշվողական մեծ ռեսուրսներ ապահովելն այդքան էլ հեշտ չէ, քանի որ հաշվողական հզորության դիմաց անհրաժեշտ է լինում վատնել օդային ռոբոտի թռիչքի ժամանակը: Ուստի ԱԹՍ-ների միջոցով օբյեկտների հայտնաբերումը արդի հիմնախնդիր է [1]:

Աշխատանքում նկարագրվել է իրերի հայտնաբերման և տարբերակման արհեստական բանականության ալգորիթմ, որն ավտոմատ կերպով և մեծ արագագործությամբ անմիջապես ԱԹՍ-ի միջոցով ապահովում է դաշտում պատահականորեն դասավորված երկրաչափական պատկերների հայտնաբերումը և տարբերակումը:

Կաննիի եզրագծերի որոշման և Գաուսյան պղտորման ֆիլտրերի նկարագիրը: Հաշվի առնելով վերը նշված սահմանափակումները, անօդաչու թռչող սարքերի միջոցով օբյեկտների հայտնաբերման ալգորիթմի մշակումն իրականացվել է Կաննիի եզրագծերի հայտնաբերման մեթոդով [2]: Մեթոդի առավելություններից մեկը այն է, որ ալգորիթմը նախատեսված է սև-սպիտակ նկարների համար, ինչը մեծացնում է պատկերի հետագա մշակման և եզրագծերի որոշման արագությունը:

Կաննիի եզրագծերի որոշման ալգորիթմը բաղկացած է հետևյալ 5 քայլերից՝

1. աղմուկների նվազեցում,
2. գրադիենտի հաշվարկ,
3. ոչ առավելագույնի ճնշում,
4. կրկնակի շեմ,
5. հիստերեզիսով եզրագծերի հետևում:

Աղմուկների նվազեցում: Քանի որ եզրագծերի հայտնաբերման մեթոդների կիրառման դեպքում պատկերում առկա աղմուկները մեծ ազդեցություն են թողնում ստացված արդյունքների վրա, և մեթոդների մեծ մասը շատ «զգայուն» է պատկերի աղմուկի նկատմամբ, ուստի նախքան մեթոդի կիրառումը անհրաժեշտ է իրականացնել նկարից աղմուկների ֆիլտրում: Պատկերից աղմուկի վերացման եղանակներից մեկը Գաուսյան պղտորման մեթոդի կիրառումն է: Պատկերի պղտորման տեխնիկան կիրառվում է միջուկով: Պղտորման չափը կախված է Գաուսի միջուկի ընտրությունից [3]: Հիմնականում որքան փոքր է միջուկը, այնքան քիչ տեսանելի է պատկերի պղտորումը: $(2k+1) \times (2k+1)$ չափի միջուկով Գաուսյան ֆիլտրի հավասարումը ներկայացված է ստորև՝

$$H_{ij} = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{(i-(k+1))^2 + (j-(k+1))^2}{2\sigma^2}\right); 1 \leq i, j \leq (2k+1): \quad (1)$$

Գրադիենտի հաշվարկ: Պատկերի եզրագծերի ինտենսիվության և ուղղության որոշման համար հաշվարկվում է պատկերի գրադիենտը՝ օգտագործելով պատկերի եզրագծերի հայտնաբերման օպերատորներ: Դա անելու ամենապարզ տարբերակը Սոբելի ֆիլտրի կիրառումն է, որն ընդգծում է ինտենսիվության փոփոխությունը նկարի հորիզոնական (x) և ուղղահայաց (y) ուղղություններով, և որոշվում են I_x և I_y համապատասխան ածանցյալները: Պատկերի x ուղղությամբ եզրագծերի հայտնաբերման համար կիրառվում է K_x իսկ y ուղղությամբ՝ K_y ֆիլտրերը:

$$K_x = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}, K_y = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{pmatrix}: \quad (2)$$

Այնուհետև հաշվարկվում են գրադիենտի G բացարձակ արժեքը և θ թեքությունը հետևյալ հավասարումներով՝

$$|G| = \sqrt{I_x^2 + I_y^2}, \quad (3)$$

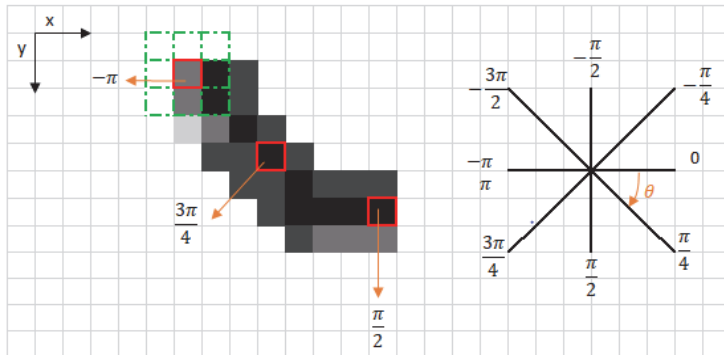
$$\theta(x, y) = \arctan\left(\frac{I_y}{I_x}\right): \quad (4)$$

Այս քայլից հետո պատկերը պետք է ունենա բարակ եզրագծեր:

Ոչ առավելագույնի ճնշում: Ստացված արդյունքը ավելի հստակեցնելու համար հաճախ կիրառվում է նաև *ոչ առավելագույնի ճնշման ալգորիթմը*, ինչը թույլ է տալիս բարակացնել ստացված հաստ եզրագծերը՝ այդպիսով մեղմելով դրանք:

Ալգորիթմն անցնում է գրադիենտի ինտենսիվության մատրիցի բոլոր կետերով և եզրագծային ուղղություններով գտնում է առավելագույն արժեք ունեցող պիքսելները:

Նկ. 1-ում ներկայացված է ոչ առավելագույնի ճնշման ալգորիթմի սխեմատիկական նկարագիրը: Վերևի ձախ անկյունի կարմիր վանդակը ներկայացնում է մշակվող գրադիենտի ինտենսիվության մատրիցի ինտենսիվության պիքսելը: Համապատասխան եզրագծային ուղղությունը ներկայացված է նարնջագույն սլաքով (+/-180 աստիճան):

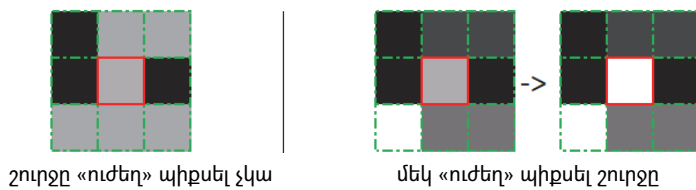


Նկ.1. Ոչ առավելագույնի ճշման պլգորիթմի սխեմայիկ նկարագիրը

Արդյունքում ստացվելում է նույն պատկերը՝ ավելի բարակ եզրագծերով: Այնուամենայնիվ, պատերի բարդությունից կախված, հնարավոր է պահպանվեն եզրագծերի ինտենսիվության որոշ տատանումներ (որոշ պիքսելներ ավելի պայծառ են, քան մյուսները): Այս թերությունը վերացվում է երկու վերջնական քայլերով [4]:

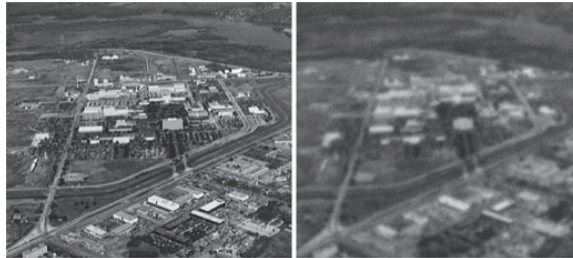
Կրկնակի շեմ: Կրկնակի շեմի կիրառման նպատակն է բացահայտել պատկերում առկա 3 տեսակի պիքսելները՝ «ուժեղ», «թույլ» և «ոչ համապատասխան» և դրանք վերածել ընդամենը 2՝ «ուժեղ» և «թույլ», պիքսելային ինտենսիվության արժեքներով պատկերի:

Հիստերեզիսով եզրագծերի հեղևում: Ելնելով կրկնակի շեմից ստացված արդյունքների արժեքներից, հիստերեզիսով եզրագծմամբ կատարվում է հետազոտվող հատվածի «թույլ» պիքսելների փոխարինում «ուժեղներով» միայն այն դեպքում, եթե մշակվող հատվածի ներսում պիքսելներից առնվազն մեկը «ուժեղ» է, ինչպես ներկայացված է նկ. 2-ում:



Նկ.2. Հիստերեզիսով եզրագծերի հեղևում

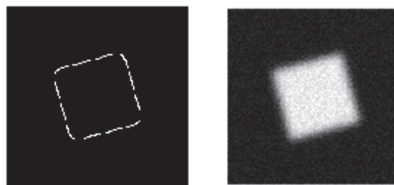
Հետազոտության արդյունքները: Առաջնային ֆիլտրը RGB գունային սպեկտրում ստացված պատկերը վերածում է սև-սպիտակ գունային սպեկտրի պատկերի: Գաուսի պլտորման ֆիլտրի միջոցով կատարվել է պատկերի աղավաղում: Ֆիլտրացում իրականացնելուց հետո պատկերը ստանում է նկ. 3-ում բերված տեսքը:



Նկ.3. Ֆիլտրացման արդյունքում ստացված պատկերը

Օբյեկտների եզրագծերի հայտնաբերման ալգորիթմի նկարագրությունը:

Ֆիլտրացված պատկերից եզրագիծը ստանալու համար որոշվել է կետերի ինտենսիվությունը՝ նկարը վերածելով թվային մատրիցի, որի արժեքը բարձր է այն դեպքում, երբ առկա է կետերի ինտենսիվության փոփոխություն: Տվյալ մեթոդի կիրառմամբ պատկերն ընդունում է նկ. 4-ում բերված տեսքը:



Նկ. 4. Պատկերը մինչև Կաննի մեթոդի կիրառումը և Կաննի մեթոդի կիրառումից հետո

Այսպիսով, ունենալով եզրագծերի կետերի բազմությունը, մնում է իրականացնել կետերի մոտարկում և ստանալ օբյեկտը նկարագրող նվազագույն կողմերի հավասարումները և դրանց քանակը: Ստանալով կողմերի քանակը՝ հնարավոր է որոշել օբյեկտի երկրաչափական տեսքը:

Ծրագրային մաս.

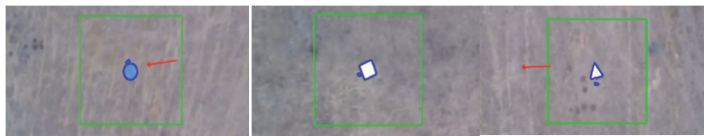
```
Ret_val, frame = video_capture.read()
if cv2.get Window Property (window_title, cv2.WND_PROP_FULLSCREEN) >= 0:
frame = cv2.GaussianBlur(frame, (5, 5), 3)
edge = cv2.Canny(frame, 30, 350)
(cnts, _) = cv2.findContours (edge.copy(), cv2.RETR_EXTERNAL, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
coins = frame.copy()
new = cv2.drawContours(coins, cnts, -1, (255, 0, 0), 2)
rect_merging = False
if rect_merging:
clusters = []
for c in clusters:
x, y, w, h = cv2.boundingRect(cnt)
cv2.rectangle(coins, (c.left, c.top,), (c.right, c.bottom), (0, 255, 0), 2)
cv2.imshow ('Canny Edge', new)
```

```

else:
for cnt in cnts:
    x, y, w, h = cv2.boundingRect(cnt)
    #print(w * h)
    if w * h > 500:
        x_rec_s = constrain((x - 100),0,1080)
        y_rec_s = constrain((y - 100),0,720)
        x_rec_e = constrain((x + w + 100),0,1080)
        y_rec_e = constrain((y + h + 100),0,720)
        new_lat,new_lng=correct_GPS(lat,lng,yaw_d,x+w/2,y+h/2)
new_lat_sk=WGS84_SK42_Lat(new_lat,new_lng,0)
new_lng_sk=WGS84_SK42_Long(new_lat,new_lng,0)
#print(lat,lng)
# print(new_lat, new_lng)

```

Ավգորիթն ապահովում է 25 կադր վայրկյանում արագագործություն, որը բավարար է անօդաչու թռչող սարքերով տարածքի մշտադիտարկում իրականացնելու համար: Փորձարկման արդյունքերը ներկայացված են նկ. 5-ում:



Նկ.5. Դաշտային պայմաններում փորձարկման արդյունքները

Եզրակացություն: Կատարելով համապատասխան ֆիլտրացման գործողություններ՝ հնարավոր է կրճատել պատկերի ծավալը երեք անգամ՝ արդյունքում մեծացնելով հետագա հաշվողական գործընթացների արագագործությունը, բացառել շատ փոքր դետալների և աղմուկների դեպքում սխալմամբ օբյեկտների հայտնաբերումը: Մշակված ալգորիթմը ներդրվել, փորձարկվել, թեստավորվել և օպտիմալացվել է դաշտային պայմաններում, անմիջապես ԱԹՍ-ից Jetson Nano միկրոհամակարգչի միջոցով, որը հնարավորություն է տալիս օբյեկտների հայտնաբերումը և տարբերակումն իրականացնել իրական ժամանակում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Jian Ding, Nan Xue, Gui-Song Xia, Xiang Bai.** Object Detection in Aerial Images: A Large-Scale Benchmark and Challenges//IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 10.1109/TPAMI.2021.3117983. – 2021. -P. 7778 – 7796.
2. **Weibin Rong, Zhanjing Li, Wei Zhang and Lining Sun.** An Improved Canny Edge Detection Algorithm// International Conference on Mechatronics and Automation: Proceedings of 2014 IEEE- 978-1-4799-3979-4/14. -2014. -P. 577-582.
3. **Manyu Wang, Sheng Zheng, Xiaolong Li.** A Digital Image Denoising Algorithm Based on Gaussian Filtering and Bilateral Filtering// ITM Web of Conferences 17. 10.1051/itmconf/20181701006. -2018. -8p.

4. Mamta Mittal, Amit Verma, Iqbaldeep Kaur, Bhavneet Kaur. An Efficient Edge Detection Approach to Provide Better Edge Connectivity for Image Analysis// IEEE Access (Volume: 7), 10.1109/ACCESS.2019.2902579. – 2019. -P. 33240 – 33255.

**А.Г. ДАРБИНЯН, Г.И. ЕНГИБАРЯН, З.Г. ХАНАМИРЯН,
Б.К. АБРААМЯН, Р.К. СИМОНЯН**

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ В
РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ПРИ ПОЛЕТЕ
БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА**

Разработан высокоточный и высокоскоростной алгоритм обнаружения и различения любого объекта непосредственно с БПЛА, который основан на методе граничной фильтрации и классификации Кэнна. Алгоритм реализован и протестирован с использованием микрокомпьютера Jetson Nano, который позволяет обнаруживать и различать объекты в реальном времени.

Ключевые слова: метод границ Кэнни, фильтр размытия по Гауссу, двойной порог, обнаружение границ объекта.

**H.G. DARBINYAN, G.I. YENGIBARYAN, Z.G. KHANAMIRYAN,
B.K. ABRAHAMYAN, R.K. SIMONYAN**

**DEVELOPING A REAL-TIME OBJECT DETECTION ALGORITHM
DURING THE FLIGHT OF AN UNMANNED AERIAL VEHICLE**

A high-accuracy and high-speed algorithm is developed for detecting and differentiating any object directly from the UAV. It is based on the Canny border filtering and classification method. The algorithm is implemented and tested through Jetson Nano microcomputer, which enables real-time object detection and differentiation.

Keywords: Canny contour method, Gaussian blur filter, double threshold, object's edge detection.