

Н. С. Єрьоміна, Ю. М. Колтун, А. В. Беспалий, Ю. М. Шматько

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ СЕГМЕНТАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ В ІНТЕРЕСАХ НАВІГАЦІЇ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ

Анотація. На сьогоднішній день неможливо уявити сучасний світ без мобільних роботів (МР), які повинні своєчасно та оперативно виконувати покладені на них функції. На території України уже чимало років проводиться дослідження навігації МР з використанням кореляційно-екстремальних систем навігації (КЕСН). Можливі випадки в роботі КЕСН МР, коли необхідно терміново провести перепланування маршруту МР. Подібна ситуація може викликати проблему в рішенні задачі сегментації зображень, необхідних для високоточної навігації МР. Тому завдання розробки методів сегментації зображень є актуальним. Метою даної роботи є аналіз сучасних методів сегментації зображень та методів, які можуть бути використанні для навігації МР. Приведено аналіз існуючих методів сегментації зображень, таких як методи на основі порога, сегментація за регіонами, сегментація країв та сегментація на основі кластеризації, а також проаналізовано основні методи, які використовуються в КЕСН МР. Результати дослідження вказують на те, що до недоліків більшості наведених методів відносять високі вимоги до обчислювальних ресурсів та великий час на обробку зображень, тому існуючі методи сегментації зображень в інтересах навігації МР варто використовувати для підготовки еталонних зображень у випадках, коли немає жорстких часових обмежень. Як показав аналіз розроблені методи сегментації в інтересах МР не враховують особливості побудови та функціонування КЕСН МР, а також особливості опису об'єктів поверхні візування. У зв'язку з цим завдання розроблення нових методів сегментації зображень в інтересах навігації МР, оснащених КЕСН, є важливим і потребує в подальшому пошуку нових рішень.

Ключові слова: зображення, сегментація, метод, піксель, кореляційно-екстремальні системи навігації, мобільний робот, поверхня візування, поточне зображення, еталонне зображення, взаємно кореляційна функція, автокореляційна функція.

Вступ

На сьогоднішній день у зв'язку з широким застосуванням робототехніки, яка уже давно знайшла широке застосування у всіх сферах життя людини, великих успіхів досягнуто і в створенні мобільних роботів (МР). Як відомо МР може працювати як у автоматичному режимі (за заздалегідь заданим маршрутом) так і в дистанційному [1].

В системах навігації МР використовуються інерційні навігаційні системи (ІНС) [2], які доповнюються системами супутникової корекції [3, 4] або ж кореляційно-екстремальними системами навігації (КЕСН). Враховуючи той факт, що супутникові системи призводять до не автономності функціонування ІНС та у зв'язку з відсутністю в Україні власної навігаційної системи, то для керування МР в нашій державі більш доцільно використовувати КЕСН.

Кореляційно-екстремальні системи навігації – це системи, алгоритм роботи яких включає в себе обчислення функції взаємної або автокореляційної функції випадкових процесів, які характеризують стан керованого об'єкта, тобто МР, та визначення (пошук) координат головного екстремума даної функції [5].

Враховуючи те, що в процесі навігації МР може виникати невідповідність формування поточних зображень (ПЗ) до раніше підготовлених еталонних зображень (ЕЗ) виникає проблема порівняння ПЗ та ЕЗ. Це впливає на зниження якості оцінки стану контрольованих об'єктів.

Тому виникає необхідність зменшення факторів впливу, як на етапі формування сукупності ЕЗ так і при розробці алгоритмів формування вирівняної функції [6].

Це можливо шляхом визначення раціонального підходу до сегментації зображень, що будуть використані під час побудови ЕЗ та розробки алгоритму порівняння зображень.

Розробленню методів та алгоритмів сегментації зображень присвячена велика кількість публікацій, але вони не враховують особливості побудови та функціонування кореляційно-екстремальної системи навігації МР, а також особливості опису об'єктів поверхні візування (ПВ). Тому розробка нових методів сегментації зображень, сформованих для навігації МР являється важливим і потребує нових рішень.

Мета статті – проаналізувати сучасні методи сегментації зображень в цілому та методи, які можуть бути використанні для навігації МР.

Основний матеріал

1 Сегментація зображень є розширенням класифікації зображень, де крім класифікації виконується ще й локалізація. Таким чином, сегментація зображення являє собою надмножину класифікації зображень, при цьому модель точно визначає, де знаходиться відповідний об'єкт, окреслюючи його межі.

Під сегментацією розуміють процес поділу цифрового зображення на різноманітні підгрупи, які називають сегментами зображення. Метою сегментації є спрощення зображення, щоб полегшити його аналіз або ж передачу каналами зв'язку.

Завдання сегментації зображення здебільшого поділяють на три групи (види), в залежності від кількості та типу інформації:

- семантична сегментація;
- сегментація екземпляра;

- паноптична сегментація.

У той час як семантична сегментація визначає широку межу об'єктів, що належать до певного класу, сегментація екземпляра надає карту сегментів для кожного об'єкта, який він переглядає на зображенні, без будь-якого уявлення про клас, до якого належить даний об'єкт.

Моделі сегментації екземплярів класифікують пікселі за категоріями на основі «екземплярів», а не класів. Алгоритм сегментації екземплярів не знає, до якого класу належить класифікована область, але може розділити області об'єкта, що перекриваються або дуже схожі області об'єкта на основі їхніх меж.

Паноптична сегментація, безумовно, є найбільш інформативною, оскільки вона являє собою сполучення завдань екземплярної та семантичної сегментації. Паноптична сегментація дає карти сегментів усіх об'єктів будь-якого конкретного класу, присутніх на зображенні.

2 Аналіз існуючих методів сегментації зображень. До традиційних методів сегментації зображень відносять:

- методи на основі порога;
- сегментація за регіонами;
- сегментація країв;
- сегментація на основі кластеризації.

2.1 Метод на основі порога один із найпростіших методів сегментації зображення, за якого встановлюється порогове значення для поділу пікселів на два класи. Даний метод використовують з метою виокремлення об'єкта від фону. Пікселі, значення яких перевищують порогове значення, встановлюються рівними 1, а пікселі, значення яких менші за порогове значення, встановлюються рівними 0.

Математично це можна записати наступним чином:

$$S(i, j)^b = \begin{cases} 1, \text{ якщо } S(i, j) > 0 \\ 0, \text{ в інших випадках,} \end{cases} \quad (1)$$

де $S(i, j)$ – яскравість селективного зображення в точці (i, j) .

Таким чином, зображення перетворюється на двійкову карту, що призводить до процесу, який часто називають бінаризацією. Порогове значення зображення дуже корисне, якщо різниця в значеннях пікселів між двома цільовими класами дуже велика, і легко вибрати середнє значення як порога.

Порогове значення часто використовується для бінаризації зображення, щоб можна було використовувати додаткові алгоритми, такі як виявлення контуру та ідентифікація, які працюють тільки з бінарними зображеннями [2].

Методи на основі порогу в свою чергу розділяють на методи глобального та локального порога [7].

Методи на основі глобального порога розділяють зображення на дві області (об'єкт, фон). Для реалізації даних методів насамперед задають початковий поріг l^0 , який вираховується за допомогою

гістограми розподілу інтенсивності значень сірого кольору.

Для розрахунку порогового значення існує чимало методів. Найвідоміші з них це:

- ітеративний метод;
- метод Оцу.

Ітеративні методи ще називають методами послідовних наближень.

Ітеративні методи – це способи розв'язання задач, у яких вибираючи деякий початковий наближений розв'язок, обчислюють наступні, точніші наближення, при цьому використовуючи попередні значення.

Даний метод дає змогу ефективно боротися з крайовими ефектами і надмірним посиленням шумів під час відновлення обробки зображень. Ітеративний процес завжди можна зупинити, якщо шум на зображенні різко посилюється.

Метод Оцу (Otsu, 1979) [8] не підходить для багаторівневої сегментації зображень.

Тому було розроблено новий модифікований метод Оцу, заснований на оптимізації рою частинок (MoPSO), для вирішення проблеми багаторівневої сегментації зображень та для подолання проблеми багаторівневого порогового розбиття.

Основна мета запропонованого методу – це знаходження оптимальних порогів для сегментації зображень шляхом максимізації цільової функції Оцу за менший час обчислень.

Метод Оцу – це метод порогових значень, який використовує дисперсію для вимірювання рівномірності розподілу рівнів сірого на зображенні.

У своєму дослідженні Оцу (1979) визначив дисперсію між класами як суму функції кожного класу, яку можна обчислити за допомогою рівнянь:

$$g(t) = \delta_0 + \delta_1, \quad (2)$$

$$\delta_0 = w_0 + (\mu_0 - \mu_A)^2, \quad (3)$$

$$\delta_1 = w_1 + (\mu_1 - \mu_A)^2. \quad (4)$$

де δ_0 та δ_1 – дисперсія першого та другого класів відповідно;

μ – середня інтенсивність вихідного зображення (ВЗ).

При дворівневному пороговому розрізненні середній рівень кожного класу (μ_i) може бути обчисленим за допомогою рівнянь:

$$\mu_0 = \sum_{i=0}^{T-1} \frac{ip_i}{w_0}, \quad (5)$$

$$\mu_1 = \sum_{i=T}^{L-1} \frac{ip_i}{w_1}. \quad (6)$$

Оптимальний поріг отримують з функції максимізації між дисперсіями класів, яку можна обчислити за допомогою рівняння:

$$T^* = \arg \max g(t). \quad (7)$$

Відповідно для багатопорогової задачі метод Оцу можна записати у наступному вигляді:

$$\begin{aligned}\delta_0 &= w_0 + (\mu_0 - \mu_A)^2; \\ \delta_1 &= w_1 + (\mu_1 - \mu_A)^2; \\ \delta_j &= w_j + (\mu_j - \mu_A)^2; \\ \delta_m &= w_m + (\mu_m - \mu_A)^2.\end{aligned}\quad (8)$$

Відповідно оптимальний багаторівневий поріг отримують шляхом максимізації функції між класами, яку можна отримати за допомогою такого рівняння:

$$T^* = \arg \max \left(\sum_{i=0}^n \delta_i \right). \quad (9)$$

Методів на основі локального порога досить багато, проте серед них виділяють наступні:

- метод Ніблека,
- метод Бернсена,
- метод Савуолі.

Найшвидшим із класичних методів на основі локального порога вважається метод Ніблека.

В локальній пороговій обробці, існують сильно зашумлені зображення, які неможливо обробити як зображення в сукупності. Відповідно, зображення розбивають на підобласті.

Однак у локальній пороговій обробці рішення про приналежність пікселя до будь-якого з класів приймається на аналізі даних про просторове положення цього пікселя та безпосередньо неважливо, які по сусідству з ним пікселі знаходяться, і якою характеристикою вони володіють.

Метод Бернсена [9] базується на ідеї зіставлення рівнів яскравості пікселя, що перетворюється, зі значеннями локальних середніх, обчислених у його оточенні.

Пікселі обробляються по черзі шляхом порівняння їхньої інтенсивності із середніми значеннями яскравості.

Алгоритм, який використовується в даному методі, дає змогу виконати сегментацію для зображень, що містять шум, що залежать від чутливого сигналу, зображень, які мають складну структуру фону або ж малий контраст, і при цьому практично без втрат корисної інформації.

2.2 Сегментація за регіонами. Алгоритми сегментації на основі областей (регіонів) працюють, шукаючи схожість між сусідніми пікселями і групує їх у спільний клас.

Прикладом подібного алгоритму є популярний алгоритм вододілу для сегментації, який працює, починаючи з локальних максимумів карти евклідових відстаней і зростає за умови, що жодні два початкових числа не можуть бути класифіковані як такі, що належать до однієї й тієї самої області або карти сегмента [10].

2.3 Сегментація країв, також звана виявленням країв, являє собою завдання виявлення країв на зображеннях.

З погляду сегментації можна сказати, що виявлення країв відповідає класифікації пікселів зображення, які є крайовими пікселями, і відповідно виділенню цих крайових пікселів в окремий клас.

Виявлення країв зазвичай виконується за допомогою спеціальних фільтрів, які дають краї зображення після згортки. Ці фільтри розраховуються за допомогою спеціальних алгоритмів, які оцінюють градієнти зображення в координатах x і y просторової площини.

2.4 Сегментація на основі кластеризації. Кластеризація K -середніх, зокрема, враховує всі пікселі та групує їх у k класів. На відміну від методів нарощування регіонів, методи на основі кластеризації не потребують вихідної точки для початку сегментації [11].

Даний метод застосовується наступним чином: як об'єкти можуть виступати пікселі зображення, а як характеристики – колір даних об'єктів.

Ітераційний алгоритм K -середніх полягає в наступному:

1. Вибирається кількість кластерів k .
2. Випадковим чином із заданого зображення вибирається k точок, так звані «центри» кластерів. Кожному кластеру відповідає один центр.
3. Усі точки зображення розподіляються по кластерах. Обчислюється відстань від точки до кожного центру кластера, і точку відносять до того кластера, відстань до центру якого буде найменшою.
4. Коли всі точки зображення розподілені по кластерах, відбувається перерахунок центрів кластерів.

Метод кластеризації даних k -середніх є ефективним і швидким методом. Однак він має свої недоліки. Одним із недоліків методу k -середніх є необхідність задавати кількість кластерів. Проте головним недоліком цього методу є вибір центрів кластерів випадковим чином. Оскільки центри кластерів обирають випадковим чином, то результати роботи програми, запущеної декілька раз для одного й того самого зображення, відрізнятимуться.

3 Аналіз існуючих методів КЕСН мобільних робіт. Методи і алгоритми сегментації можна розглядати як формалізацію поняття відокремлення об'єкта з фону.

3.1 Метод ітераційного формування селективних ЕЗ. Кореляційний аналіз зображення можна здійснювати методом «ковзного вікна». Його суть полягає в загальному аналізі пікселів зображення, які «покриваються» деякою двовимірною областю, кінцевого розміру. Усі пікселі зображення обробляються за певним правилом. Результатом обробки може бути яскравість пікселя вихідного зображення (ВЗ).

Процес обробки продовжується до тих пір поки вікно буде зміщено на всі можливі значення пікселів в межах зображення. Якщо при використанні даного методу по чергово використовувати фрагменти ВЗ, то результатом буде набір значень взаємно кореляційних функцій (ВКФ) фрагментів зображення та цілого зображення.

Кореляційний аналіз дає змогу визначити внесок фрагментів зображення в автокореляційну функцію (АКФ) зображення, що являється необхідним для отримання селективного ЕЗ.

Отримані таким чином селективні зображення зберігають кореляційний зв'язок із вихідним зображенням.

Необхідною частиною методу формування ЕЗ повинна бути перевірка якості отриманих селективних зображень шляхом побудови та порівняння автокореляційних функцій ВЗ і ВКФ вихідного і селективних зображень.

Для кількісного порівняння побудованих автокореляційних функцій (ВКФ) варто використати кількісний показник, який в подальшому використовується як показник якості селективного зображення.

Селективне зображення, яке характеризується найкращим значенням такого показника і буде ЕЗ.

Отже, метод ітераційного формування селективних ЕЗ для КЕСН може застосовуватися в системах КЕСН з датчиками зовнішньої інформації, що формують зображення у видимому оптичному, інфрачервоному та радіолокаційному діапазоні.

До недоліків даного методу відносять високі вимоги до обчислювальних ресурсів. Час підготовки ЕЗ може займати кілька годин.

Таким чином, цей підхід доцільно використовувати для підготовки еталонних зображень у яких випадках, коли немає жорстких часових обмежень [12].

3.2 Методи формування ЕЗ КЕСН з використанням кореляційного аналізу зображень за яскравістю та контрастністю.

Суть методу з використанням кореляційного аналізу зображень по яскравості застосовується для виявлення ділянок або об'єктів на ВЗ з максимальною яскравістю.

Формування ЕЗ для КЕСН МР в умовах обмеженого числа об'єктів на ПВ здійснюється за результатами кореляційного порівняння ВЗ з сукупністю селективних зображень.

Кореляційне порівняння запропоновано здійснювати за яскравісним параметром, який вимірюється датчиком первинної обробки (ПО) системи, відповідно до якого здійснюється формування селективних зображень відповідних ділянок місцевості.

Відповідно, згідно проведених досліджень [12] можна зробити висновок, що селективні зображення, які отримуються шляхом виділення максимально яскравих ділянок ВЗ, дозволяють зберегти кореляційний зв'язок з ВЗ.

Відповідно отримані селективні зображення даним методом дозволяють формувати ЕЗ для фун-

кціонування кореляційно-екстремальних систем навігації мобільних роботів.

Метод з використанням кореляційного аналізу зображень за контрастністю полягає у виділенні контрастних меж об'єктів на зображенні.

Контрастність границь об'єктів на зображенні являється більш стабільною ніж яскравість, так як яскравість більш сильно залежить, від освітленості об'єктів.

Даний метод має ті ж самі недоліки, так само як і попередній, в тому числі високі вимоги обчислювальних ресурсів.

Висновок

Надійність алгоритмів та сегментація зображень залежить від того, наскільки точно і повно при цьому врахована додаткова інформація, яка має включати в себе наступні відомості [13-18]:

- число об'єктів S;
- характеристики розподілу яскравості в областях об'єктів або фону (екстремальні значення яскравості, кількість перепадів яскравості);
- оцінки яскравості перепаду при переході з області фону в область об'єктів;
- форма об'єкта;
- інформація про те, яку частину поля зору займає об'єднання областей об'єктів.

Спотворення інформації сильно впливає на формування ПЗ, що в свою чергу може призвести до невідповідності ПЗ еталонному зображенню, яке сформовано раніше.

Така невідповідність призводить до зниження якості оцінки стану об'єктів [19-21]. Відповідно, викликає необхідність усунення можливої невідповідності, що ускладнює процедуру формування результату порівняння зображень та впливає на зниження точності показників КЕСН.

Тому варто ще на етапі формування сукупності ЕЗ та розроблення алгоритмів формування розв'язувальної функції зменшувати чинники впливу [16].

Це можливо шляхом визначення раціонального підходу до сегментації зображень з урахуванням необхідних інваріантів, що будуть використані під час побудови ЕЗ та розробки алгоритму порівняння зображень.

Розробленню методів та алгоритмів сегментації зображень присвячено дуже значну кількість публікацій.

Однак, як показав аналіз, вони не враховують особливості побудови та функціонування КЕСН МР, а також особливості опису об'єктів ПВ.

У зв'язку з цим завдання розроблення методу сегментації зображень в інтересах навігації МР, оснащених КЕСН, є важливим і потребує пошуку нових рішень.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Особливості застосування безпілотних літальних апаратів органами та підрозділами поліції: метод. рек. / А. А. Саковський, С. М. Науменко, С. І. Кравченко, І. М. Єфіменко та ін. Київ: Нац. акад. внутр. справ. 2022. 72 с.
2. Методи фільтрації сигналів у кореляційно-екстремальних системах навігації // В.К. Баклицкий, А.М. Бочкарев, М.П. Мусьяков. – М.: Сов. Радио. – 1986. – 216 с.
3. Кузовков Н. Т., Саличев О. С. Інерціальна навігація і оптимальна фільтрація. М.: Машинобудування, 1982.

4. Petrovska, I. and Kuchuk, H. (2023), "Adaptive resource allocation method for data processing and security in cloud environment", *Advanced Information Systems*, Vol. 7(3), pp. 67–73, doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2023.3.10>
5. Білоглазов І. М., Тарасенко В.П. Кореляційно-екстремальні системи. М.: Сов. радио, 1974.
6. Sotnikov O., Petrov K., Udovenko S., Gnusov Yu., Radchenko V., Kaliakin S., Gromliuk K., Kyrychenko O. The Use of Coplanar Transmission Lines for Protecting Receiving Antenna Systems from Powerful. *Problemele energeticii regionale*. 2023. –1 (57), pp. 134-146. <https://doi.org/10.52254/1857-0070.2023.1-57.11>
7. Yuheng S., Hao Y. Image Segmentation Algorithms Overview. 2017. URL: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1707/1707.02051.pdf>
8. Otsu, N. (1979). A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms. *IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS*, SMC-9(1), 62–66.
9. Bernsen J. Dynamic thresholding of grey-level images. *Proc. Eighth Int'l Conf Pattern Recognition*. 1986. P. 1251-1255.
10. Kovalenko, A. and Kuchuk, H. (2022), "Methods to Manage Data in Self-healing Systems", *Studies in Systems, Decision and Control*, Vol. 425, pp. 113–171, doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-96546-4_3
11. URL <https://towardsdatascience.com/understanding-k-means-clustering-in-machinelearning-6a6e67336aa1>
12. N. Yeromina, V. Samoilenko, D. Chukanivskyi, O. Zadkova, O. Brodova, O. Levchenko. The Method of Iterative Formation of Selective Reference Images, *IJETER*, 8 (7), 2020, pp. 3753-3759, doi:10.30534/ijeter/2020/138872020.
13. Свиридов А. С., Коваленко А. А., Кучук Г. А. Метод перерозподілу пропускної здатності критичної ділянки мережі на основі удосконалення ON/OFF-моделі трафіку. *Сучасні інформаційні системи*. 2018. Т. 2, № 2. С. 139–144. DOI: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.2.24>
14. Коваленко А. А., Кучук Г. А. Методи синтезу інформаційної та технічної структур системи управління об'єктом критичного застосування. *Сучасні інформаційні системи*. 2018. Т. 2, № 1. С. 22–27. DOI: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.1.04>
15. Кучук Г.А. Метод мінімізації середньої затримки пакетів у віртуальних з'єднаннях мережі підтримки хмарного сервісу / Г.А. Кучук, А.А. Коваленко, Н.В. Лукова-Чуйко // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава . ПНТУ, 2017. – Вип. 2(42). – С. 117-120.
16. Худов В.Г. Аналіз відомих методів сегментування зображень, що отримані з бортових систем оптикоелектронного спостереження / В.Г. Худов, Г.А. Кучук, О.М. Маковейчук, А.В. Крижний // Системи обробки інформації, 2016. – Вип. 9 (146). – С. 77-80.
17. Ruban, I.V., Martovytskyi, V.O., Kovalenko, A.A. and Lukova-Chuiko, N.V. (2019), "Identification in Informative Systems on the Basis of Users' Behaviour", *Proceedings of the International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers, CAOL 2019-September*,9019446, pp. 574-577,
18. Sotnikov O., Kartashov V., Tymochko O., Sergiyenko O., Tyrsa V., Mercorelli P., Flores-Fuentes W. Methods for ensuring the accuracy of radiometric and optoelectronic navigation systems of flying robots in a developed infrastructure (eds) *Machine Vision and Navigation*. Springer, Cham, https://doi.org/10.1007/978-3-030-22587-2_16.
19. Sotnikov O., Tymochko O., Bondarchuk S., Dzhuma L., Rudenko V., Mandryk Ya., Surkov K.2, Palonyi A., Olizarenko S. Generating a Set of Reference Images for Reliable Condition Monitoring of Critical Infrastructure using Mobile Robots. *Problemele energeticii regionale*. 2023. –2 (58), pp. 41-51. <https://doi.org/10.52254/1857-0070.2023.2-58.04>
20. S. Trehubenko, L. Berkman, N. Yeromina, S. Petrov, Y. Bryzhatyi, H. Kovalov, V. Dachkovskyi, L. Mikhailova. The Operation of Detection Systems in Conditions of Contrast Decrease of Ground Objects, *IJETER*, 8 (1), 2020, pp. 208-212, doi:10.30534/ijeter/2020/28812020.
21. Sotnikov O., Petrov K., Udovenko S., Gnusov Yu., Radchenko V., Kaliakin S., Gromliuk K., Kyrychenko O. The Use of Coplanar Transmission Lines for Protecting Receiving Antenna Systems from Powerful. *Problemele energeticii regionale*. 2023. –1 (57), pp. 134-146. <https://doi.org/10.52254/1857-0070.2023.1-57.11>

Received (Надійшла) 13.02.2024

Accepted for publication (Прийнята до друку) 17.04.2024

Analysis of modern image segmentation or mobile robot navigation

N. Yeromina, Yu. Koltun, A. Bespalyi, Yu. Shmatko

Abstract. Today, it is impossible to imagine the modern world without mobile robots (MR), which must perform their functions in a timely and efficient manner. In Ukraine, for many years, the study of MR navigation using correlation-extreme navigation systems (CENS) has been carried out. There may be cases in the operation of the MR CENS when it is necessary to urgently re-plan the MR route. Such a situation can cause a problem in solving the problem of image segmentation required for high-precision MR navigation. Therefore, the task of developing methods for image segmentation is relevant. The aim of this paper is to analyse the current methods of image segmentation and methods that can be used for MR navigation. The analysis of existing image segmentation methods, such as threshold-based methods, segmentation by regions, edge segmentation, and clustering-based segmentation, is presented, and the main methods used in the CENS of MR are analysed. The results of the study indicate that the disadvantages of most of the above methods include high requirements for computing resources and long image processing time, so the existing methods of image segmentation for the purposes of MR navigation should be used to prepare reference images in cases where there are no strict time constraints. As the analysis has shown, the developed methods of segmentation for the benefit of MR do not take into account the peculiarities of the construction and operation of CENS MR, as well as the peculiarities of describing the objects of the imaging surface. In this regard, the task of developing new methods of image segmentation for the purposes of navigation of MR equipped with CENS is important and requires further search for new solutions.

Keywords: image, segmentation, method, pixel, correlation-extreme navigation systems, mobile robot, viewing surface, current image, reference image, mutual correlation function, autocorrelation function.