

**Журавель И.М., Максимович В.М. Трехмерное представление изображений через использование их фрактальных размерностей**

Оптические микроскопы уже давно нашли применение в различных областях – от медицины и биологии до неразрушающего контроля на производстве. Доступность цифровых видеокамер привела к появлению нового класса задач, связанных с оптическими микроскопами. В первую очередь следует выделить задачи автоматического анализа микроизображений. Развитие компьютерной техники привело к возможности решения одной из наиболее важных задач автоматического анализа – построения трехмерных моделей объектов по их изображению. Предложен подход к построению трехмерных изображений путем использования фрактальных размерностей. Основным преимуществом предложенного метода является то, что для построения рельефа поверхности используется только одно изображение.

**Ключевые слова:** обработка изображений, 3D моделирование, фрактальная размерность, морфометрическая карта.

**Zhuravel I.M., Maksymovych V.M. Three-dimensional Representation of Images Using their Fractal Dimension**

Optical microscopes have found their application in different areas a long time ago: from medicine and biology to non-destructive testing on manufacture. The availability of digital cameras initiated new classes of tasks related to optical microscopes. At first we must highlight tasks of the automatic analysis of microimages. The progress of computer technology allow us to solve one of the most important tasks of automatic analysis – constructing three-dimensional models of objects on an image. In the document proposed an solution to constructing three-dimensional images with using of fractal dimensions. One of the main advantages of this solution is that we need only one input image for construction the relief of surface.

**Keywords:** image processing, 3D modeling, local contrast, morphometric maps.

УДК 614.843(075.32)

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИВАЛОСТІ  
ЛОКАЛІЗАЦІЇ І ГАСІННЯ ПОЖЕЖ НА ВІДКРИТИХ  
СКЛАДАХ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ ШТАБЕЛЬНОГО ЗБЕРІГАННЯ**

**О.М. Коваль<sup>1</sup>**

Для визначення тривалості локалізації і гасіння пожеж на відкритих складах пиломатеріалів штабельного зберігання проведено експериментальні дослідження цього процесу. Дослідження виконано з використанням дробового факторного експерименту. Тривалість локалізації і гасіння пожежі досліджено залежно від площі локалізації, площі пожежі та кількості пожежних стволів А і Б. Отримані емпіричні моделі адекватні результатам експерименту і їх можуть використовувати на практиці пожежно-рятувальні підрозділи ДСНС.

**Ключові слова:** штабель пиломатеріалів, експериментальні дослідження, математична модель, процес локалізації, процес гасіння, пожежний ствол.

**Постановка проблеми.** На деревообробних підприємствах найбільш небезпечними спорудами є відкриті склади пиломатеріалів і склади круглих лісоматеріалів штабельного зберігання. Аналіз пожеж на деревообробних підприємствах [1-4] показав, що 64 % всіх пожеж відбувається на відкритих складах лісо- і пиломатеріалів. Тому експериментальні дослідження з тактики лока-

лізації та гасіння пожеж найбільш доцільно виконувати для визначення тривалості ліквідації пожежі на відкритих складах лісоматеріалів.

Стосовно ліквідації пожеж на відкритих складах лісоматеріалів розглянуто тільки аналіз їх ліквідації [5-7] та методики розрахунку сил і засобів [8]. Тому проведення експериментальних досліджень із ліквідації пожеж на відкритих складах лісоматеріалів є проблемною і актуальною задачею сучасності.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Основними елементами відкритих складів є штабелі. Склади круглих лісоматеріалів формуються штабелями круглого лісу (рис. 1), а склади пиломатеріалів – штабелями пиляної деревини (рис. 2).



Рис. 1. Склад круглих лісоматеріалів



Рис. 2. Склад пиломатеріалів

Результати теоретичних досліджень показали, що швидкість розповсюдження фронту пожежі на складі круглих лісоматеріалів приблизно у два рази менша порівняно зі складом пиломатеріалів. Наш висновок підтверджується результатами експериментальних досліджень ВНДІПО (Росія) [9]. Вже виконано значну кількість експериментальних досліджень із ліквідації пожеж у закритих приміщеннях промислових підприємств [10-12], результати яких використовують на практиці підрозділи ДСНС України. Крім цього, опубліковано багато робіт стосовно аналізу ліквідації пожеж у закритих виробничих будівлях, які дають змогу ефективно виконувати технологію гасіння пожеж у закритих виробничих цехах деревообробних підприємств. Результати аналізу останніх досліджень і публікацій свідчать, що відносно визначення тривалості виконання процесів локалізації і гасіння пожежі на відкритих складах лісоматеріалів у технічній літературі не наведено. Тому розв'язування цієї задачі за рахунок проведення експериментальних досліджень дасть змогу пожежно-рятувальним підрозділам прогнозувати свої можливості для оперативної ліквідації пожежі на відкритих складах лісоматеріалів.

**Мета роботи.** На підставі результатів експериментальних досліджень отримати математичні моделі для визначення часу локалізації і гасіння пожежі на складі пиломатеріалів.

**Постановка задачі та її розв'язання.** На тривалість локалізації і гасіння пожежі на складі пиломатеріалів впливають такі основні фактори:

- площа пожежі  $S_{П}$ , м<sup>2</sup>;
- площа локалізації пожежі  $S_{лок}$ , м<sup>2</sup>;
- кількість ручних пожежних стволів типу А,  $N_A$ ;
- кількість ручних пожежних стволів типу Б,  $N_B$ .

Виходячи з того, що тривалість ліквідації пожежі залежить від наведених факторів, ставимо задачу, яка полягає в отриманні математичних моделей для визначення часів локалізації  $\tau_{лок}$  і гасіння  $\tau_r$  пожежі такого виду

<sup>1</sup> докторант О.М. Коваль, канд. техн. наук – Національний університет цивільного захисту України

$$\tau_{лок} = C_{лок} S_{лок}^{\alpha} N_A^{\beta} N_B^{\gamma}, \text{ хв}; \quad (1)$$

$$\tau_z = \tau_{лок} \frac{S_{II}}{S_{лок}}, \text{ хв}, \quad (2)$$

де:  $C_{лок}$  – коефіцієнт пропорційності, який одночасно переводить всі одиниці розмірів у хв;  $\alpha, \beta, \gamma$  – показники степеня для кожного з трьох факторів.

Під час проведення експериментальних досліджень потрібно враховувати наявність теплового випромінювання від осередку пожежі [9]. Густина теплового потоку в зоні встановлення пожежного автомобіля не повинна перевищувати 4,2 кВт/м<sup>2</sup>, при цьому особовий склад може працювати у звичайній бойовому одязі і в касках із захисними щитками, а на елементи пожежного автомобіля не виявляється помітного негативного впливу, крім систем живлення та охолодження двигуна. Значення густини теплового потоку  $q$  визначаємо за залежністю [16]

$$q = \frac{90 \sqrt[3]{S_{II}}}{\sqrt{l_q^3}}, \text{ кВт/м}^2, \quad (3)$$

де:  $l_q$  – відстань пожежного зі стволем від фронту пожежі, м ( $l_q = L - h_{лок}$ ;  $L$  – встановлена довжина суцільного струменя вогнегасної речовини, м);  $h_{лок}$  – глибина подачі вогнегасної речовини в осередок пожежі при її локалізації ( $h_{лок} = 5$  м для ручних стволів [13]).

Для проведення експерименту скористуємося результатами роботи [14], в якій зазначено, що найбільша швидкість розповсюдження пожежі при її виникненні знаходиться у центральній частині кварталу складу пиломатеріалів. Виходячи з цього висновку, розглянемо план розміщення штабелів у центральній частині кварталу (рис. 3).

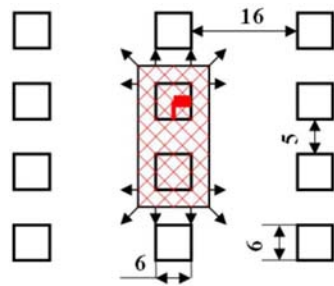


Рис. 3. План розміщення штабелів і осередку пожежі у центральній частині кварталу складу пиломатеріалів

Виконання експериментальних досліджень з використанням дійсних штабелів пиломатеріалів та з урахуванням повторення кожного дослідження економічно недоцільно. Тому, враховуючи рекомендації [15], для проведення експериментальних досліджень для визначення часу локалізації і гасіння пожежі на відкритому складі пиломатеріалів будемо використовувати модель штабеля з масштабуванням його розмірів. Найбільш доцільно в цьому випадку використати масштаб 1:3. Для визначення дійсного часу локалізації і гасіння пожежі потрібно

отримані результати збільшити в 3 рази. Модель одного штабеля з масштабуванням його розмірів у вигляді модельного вогнища зображено на рис. 4.

Модельні штабелі для отримання пожежі класу А виглядають як куб, який розміщується на металеву основу висотою 400 мм (рис. 4). Горючим матеріалом є бруски хвойних порід перерізом 39 мм із вологістю деревини 10-14 %.

Під модельні штабелі підкладають піддони і наливають в них шар води товщиною 30 мм, а на цей шар наливають бензин А-76 приблизно 8,5-9 л. Далі підпалюють бензин у піддоні та після його вигорання піддон забирають з-під штабеля. Тривалість вільного горіння модельного штабеля приблизно 7-8 хв без врахування тривалості вигорання бензину із піддону. Після цього приступають до гасіння модельних штабелів.

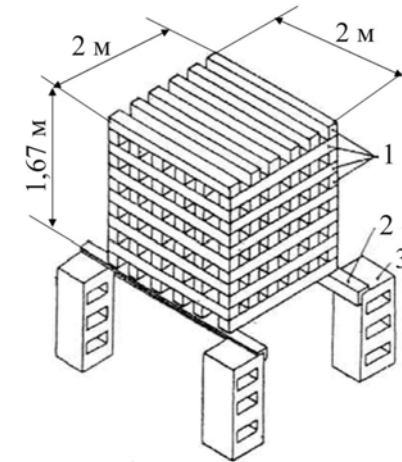


Рис. 4. Модель дерев'яного штабеля (модельного вогнища) для проведення експерименту із гасіння пожежі класу А: 1 – дерев'яні бруски; 2 – сталевий кутник; 3 – бетонний (сталевий) блок

Схему розміщення моделей штабелів для проведення експерименту із локалізації і гасіння пожежі зображено на рис. 5.

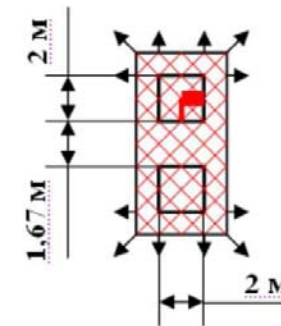


Рис. 5. Схеми розміщення моделей штабелів для проведення експерименту із локалізації і гасіння пожежі

На першому етапі визначимо для модельних штабелів площу пожежі і площу локалізації. Площа пожежі  $S_{П}$  – це площа, яка відповідає проекції зони горіння на горизонтальну площину. До площі пожежі входить також площа розривів між штабелями у тому випадку, коли ці розриви не перешкоджають горінню для цього виду пожежного навантаження. У нашому випадку  $S_{П} = k(2 + 1,67 + 2)2 = 1,2 \cdot 5,67 \cdot 2 = 13,6 \text{ м}^2$ , де  $k$  – коефіцієнт, який враховує збільшення площі пожежі за рахунок відходу полум'я за об'єкт горіння. Під площею локалізації  $S_{лок}$  розуміють площу поверхонь штабелів, на яку подають вогнегасну речовину. Площу локалізації можна визначити за залежністю

$$S_{лок} = l_{\phi}(h + h_{лок}), \quad (4)$$

де:  $l_{\phi}$  – довжина (периметр) фронту пожежі, м;  $h$  – висота штабеля, м;  $h_{лок}$  – глибина подачі вогнегасної речовини, м.

Визначаємо для моделей штабелів  $S_{лок}$  за залежністю (4) і рис. 5

$$S_{лок} = [2(2 + 1,67 + 2) + 2 \cdot 2](1,67 + 2) = 56,3, \text{ м}^2.$$

У зв'язку з тим, що  $S_{лок} > S_{П}$ , то під час проведення експериментальних досліджень для визначення тривалості гасіння приймаємо площу локалізації  $S_{лок}$ . Для визначення відстані пожежного ствола від осередку пожежі скористуємося залежністю (3). У цьому випадку приймаємо, що  $S_{П} = 0,5 \cdot S_{лок}$ , а  $q = 4 \text{ кВт/м}^2$

$$l_q = 0,33 \sqrt[4]{\frac{90 \sqrt[3]{28,15}}{4}} = 2, \text{ м.}$$

На другому етапі виконуємо експериментальні дослідження для визначення тривалості локалізації і гасіння пожежі на модельному вогнищі штабеля пиломатеріалів. Для гарної відтворюваності результатів дослідів приймаємо число повторних дослідів  $r = 2$ . У процесі виконання дослідів використовуємо план-матрицю дробового факторного експерименту типу  $2^{3-1}$  (табл. 1), а отримані результати заносимо в табл. 2.

Табл. 1. План-матриця дробового факторного експерименту типу  $2^{3-1}$

№ дослідів	$x_1$	$x_2$	$x_3 = x_1 x_2$
1	+	+	+
2	–	+	–
3	+	–	–
4	–	–	+

Табл. 2. Умови та результати дослідів дробового факторного експерименту типу  $2^{3-1}$

№	$S_{лок}$		$N_A$		$N_B$		Перший дослід $y_{1i}$ , хв	Другий дослід $y_{2i}$ , хв	Середнє значення $\bar{y}_i$ , хв	$-\ln y_i$
	$x_1$	значення $x_2$	значення $x_3$	значення $x_3$	значення $x_3$	значення $x_3$				
1	+	56,3	+	2	+	2	43,0	45,0	44,0	3,78
2	–	28,15	+	2	–	1	25,2	26,4	25,8	3,25
3	+	56,3	–	1	–	1	78,0	76,6	77,3	4,35
4	–	28,15	–	1	+	2	31,5	30,5	31,0	3,43

Рівняння із введенням членів, які враховують взаємодію факторів, запишемо в кодових змінних

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3. \quad (5)$$

На третьому етапі виконуємо математичне оброблення результатів експерименту і отримуємо математичні моделі для визначення часу локалізації і гасіння пожежі під час горіння штабелів пиломатеріалів на відкритих складах:

$$\tau_{лок} = 0,93 S_{лок}^{1,07} N_A^{-0,55} N_B^{-0,289}, \text{ хв}; \quad (5)$$

$$\tau_e = 0,93 S_{П} S_{лок}^{0,07} N_A^{-0,55} N_B^{-0,289}, \text{ хв.} \quad (6)$$

**Висновки:**

1. Отримано, на підставі дробового факторного експерименту, математичні моделі для визначення часу локалізації і гасіння пожежі під час горіння штабелів пиломатеріалів на відкритих складах залежно від площі локалізації, площі пожежі та кількості пожежних стволів А і Б.
2. Встановлено, що зі збільшенням площі локалізації тривалість локалізації збільшується. Наприклад, у разі збільшення площі локалізації у 5 разів, тривалість локалізації збільшується у 5,6 раза. На тривалість локалізації також впливає кількість ручних пожежних стволів типу А. Наприклад, у разі збільшення кількості стволів А у 2 рази,  $\tau_{лок}$  зменшується приблизно в 1,5 раза, а за збільшення в 3 рази,  $\tau_{лок}$  зменшується приблизно в 1,9 раза.
3. Для зменшення тривалості локалізації і гасіння пожежі потрібно збільшувати використання стволів типу А (для гасіння) і стволів типу Б для гасіння та захисту. Їх кількість доцільно встановлювати на підставі оптимізації тривалості процесу ліквідації пожежі.

**Література**

1. Климась Р. Аналіз стану з пожежами в Україні за 2014 рік / Р. Климась, А. Одинець // Пожежна та техногенна безпека. – 2015. – № 2(17). – С. 23-26.
2. Климась Р. Статистика пожеж на деревообробних підприємствах за 2012-2013 роки / Р. Климась. – К.: Вид-во УкрНДЦЗ, 2013. – 2 с.
3. Климась Р. Статистика пожеж на деревообробних підприємствах за 2014 рік / Р. Климась. – К.: Вид-во УкрНДЦЗ, 2014. – 1 с.
4. Аналіз масиву карток обліку пожеж за 2015 рік. [Електронний ресурс]. – Доступний з [http://www.undicz.mns.gov.ua/files/2015/2/17/AD\\_01\\_15.pdf](http://www.undicz.mns.gov.ua/files/2015/2/17/AD_01_15.pdf).
5. Курбатский О.М. Результаты исследования тушения пожаров лесобирж / О.М. Курбатский // Вопросы пожаротушения и пожарной профилактики : сб. науч. тр. – М.: Изд-во ВНИИПО, 1959. – С. 41-52.
6. Повзик Я.С. Пожарная тактика / Я.С. Повзик, П.П. Клос, А.М. Матвейкин. – М.: Изд-во "Стройиздат", 1990. – 335 с.
7. Кимстач И.Ф. Пожарная тактика / И.Ф. Кимстач, П.П. Девлишев, Н.М. Евтошкин. – М.: Изд-во "Стройиздат", 1984. – 590 с.
8. Гасіння пожеж на об'єктах зберігання та перероблення деревини. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://5fan.ru/wiewjob.php?id=78447>.
9. Рекомендации по тушению пожаров на открытых складах лесоматериалов. – М.: Изд-во ВНИИПО МВД России, 1995. – 76 с.
10. Войтович Д.П. Підвищення ефективності функціонування пожежно-рятувальних підрозділів в процесі ліквідації пожежі : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 21.06.02 "Пожежна безпека" / Д.П. Войтович. – Львів: Вид-во ДУ БЖД, 2011. – 20 с.
11. Садковой В.П. Экспрес-решение прямой и обратной задач пожаротушения / В.П. Садковой // Проблемы пожарной безопасности : сб. науч. тр. – Харьков: Вид-во УГЗУ, 2007. – Вып. 22. – С. 166-169.
12. Мовчан І.О. Визначення прогнозованого часу гасіння пожежі на промислових підприємствах / І.О. Мовчан, Е.М. Гуліда, Д.П. Войтович // Проблеми пожежної безпеки : зб. наук. праць. – Харків: Вид-во УЦЗУ. – 2008. – Вип. 21. – С. 241-247.

13. Иванников В.П. Справочник руководителя тушения пожара / В.П. Иванников, П.П. Клос. – М. : Изд-во "Стройиздат", 1987. – 288 с.

14. Коваль О.М. Процес розвитку та поширення пожежі в приміщеннях будівель деревообробних підприємств / О.М. Коваль // Пожежна безпека : зб. наук. праць. – 2013. – № 22. – С. 121-127.

15. ДСТУ Б В.1.1-18:2007. Метод натурних вогневих випробувань. Загальні вимоги. – К. : Вид-во "Мінрегіонбуд України", 2007. – 13 с.

Надійшла до редакції 29.08.2016 р.

**Коваль А.М. Экспериментальное исследование продолжительности локализации и тушения пожара на открытых складах пиломатериалов штабельного хранения**

Для определения продолжительности локализации и тушения пожаров на открытых складах пиломатериалов штабельного хранения проведены экспериментальные исследования этого процесса. Исследования выполнены с использованием дробного факторного эксперимента. Продолжительность локализации и тушения пожара исследована в зависимости от площади локализации, площади пожара и количества пожарных стволов А и Б. Полученные эмпирические модели адекватны результатам эксперимента и могут использоваться на практике пожарно-спасательными подразделениями ГСЧС.

**Ключевые слова:** штабель пиломатериалов, экспериментальные исследования, математическая модель, процесс локализации, процесс тушения, пожарный ствол.

**Koval O.M. Experimental Study Duration Localize And Fight Fires on Open Storage Timber Stacking Storage**

To determine the duration of containment and extinguishing fires in open storage warehouse stacking lumber pilot the Exploration of the process were conducted. Studies were carried out using a fractional factorial experiment. Duration contain and extinguish the fire were studied as a functioning on the localization of the area, fire area and the number of fire nozzles A and B. These empirical models are adequate and the results of the experiment can be used subsequent to the practice of fire-rescue units GSCHS.

**Keywords:** pile of lumber, experimental studies, mathematical model, the localization process, the process of extinguishing, fire barrel.

УДК 004.93

**АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МЕТОДІВ ДЕТЕКТУВАННЯ ВОГНЮ ЗАСОБАМИ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ**

**О.П. Максимів<sup>1</sup>, Т.Є. Рак<sup>2</sup>, Д.Д. Пелешко<sup>3</sup>**

Здійснено аналітичний огляд сучасних методів детектування вогню за допомогою засобів комп'ютерного зору. Внаслідок проведеної роботи виявлено, що на сьогодні проблема розроблення системи детектування полум'я є актуальною та потребує подальших досліджень. Представлено порівняльний аналіз ефективності роботи окремо взятих методів та відзначено проблематичні моменти, які зумовлюють зниження якості детектування. Наведено перспективні напрямки розвитку алгоритмів, які, на нашу думку, дають змогу значною мірою покращити ефективність системи детектування полум'я.

**Ключові слова:** детектування полум'я, комп'ютерний зір, відеоспостереження, автоматизація.

<sup>1</sup> ад'юнкт О.П. Максимів – Львівський державний університет безпеки життєдіяльності;

<sup>2</sup> доц. Т.Є. Рак, д-р техн. наук – Львівський державний університет безпеки життєдіяльності;

<sup>3</sup> проф. Д.Д. Пелешко, д-р техн. наук – НУ "Львівська політехніка"

**Вступ.** Незважаючи на загальний технічний прогрес, в Україні відбувається значне зростання кількості пожеж і надзвичайних ситуацій (НС). Щорічно тільки показник завданих матеріальних збитків збільшується в середньому на 6 % [1], що зумовлює пошуки досконаліших шляхів реагування на такі загрози.

Протягом останніх років, з метою зменшення збитків, які можуть бути спричинені пожежею, чимало зусиль спрямовано на встановлення систем пожежної сигналізації, пожежних сповіщувачів (димових, теплових тощо). Проте їх використання супроводжується значними матеріальними затратами, а їх вузька специфіка дії нерідко зумовлює ігнорування людьми вимог правил пожежної безпеки про їх встановлення. При цьому, паралельно, на підприємствах, в установах і житлових приміщеннях останніми роками активно впроваджують різноманітні охоронні системи, основою яких є камери відеоспостереження. Як правило, такі системи використовують для пасивного спостереження на моніторі за об'єктами в зоні уваги з можливістю автоматичного детектування руху в полі зору камери. Зважаючи на розвиток методів та технологій машинного зору і можливостей сучасних відеокамер, актуальною та перспективною є задача використання систем відеоспостереження у контексті розширення кола прикладних задач, які можна вирішувати завдяки інтелектуальному аналізу відеопотоків. Наприклад, розширення систем відеоспостереження модулями автоматизованого виявлення та визначення параметрів пожеж чи загорянь.

**Постановка завдання.** Проаналізувати можливості та визначити перспективи використання систем відеоспостереження для автоматичного чи автоматизованого детектування полум'я у пасивних системах відеоспостереження.

Результати цього аналізу повинні стати основою синтезу нових методів чи технологій, побудованих на принципах комп'ютерного зору, які характеризувались би високою точністю ідентифікації об'єктів уваги в широкому робочому діапазоні та стійкістю до негативного впливу різноманітного зашумлення.

**Загальна характеристика методів детектування в роботехнічних системах комп'ютерного зору.** Протягом останніх років спостерігається значний розвиток існуючих підходів у сфері комп'ютерного зору та розроблення нових методів для детектування об'єктів на зображенні. Проте, незважаючи на доволі високий рівень якості розпізнавання об'єктів у таких системах, за певних умов спостерігається ряд некоректних спрацювань детектора, що в контексті їх використання в системі безпеки життєдіяльності, не є допустимим.

На сьогодні виділяють чотири основних підходи до автоматичного виявлення полум'я та диму у відеопотоці [2]. Це – колірна сегментація полум'я, виявлення руху на зображенні, аналіз просторових змін яскравості та аналіз часових змін меж об'єкта. Відповідно до цих підходів спробуємо проаналізувати існуючі напрацювання вчених у задачах детектування полум'я.

**1. Колірна сегментація.** Загальним підходом до виявлення вогню на зображенні є використання різноманітних колірних моделей. Для цього виконується інтерактивна сегментація області зображення, в області спостереження полум'я та, відповідно до отриманих статистичних розподілів пікселів, формуються граничні умови, в межах яких визначається належність пікселя до шуканої області.