



УКРАЇНА

(19) **UA**

(11) **112603**

(13) **U**

(51) МПК

G01N 33/48 (2006.01)

G06K 9/36 (2006.01)

G06F 17/17 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2016 06034	(72) Винахідник(и): Павленко Дмитро Олександрович (UA)
(22) Дата подання заявки: 03.06.2016	(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ "КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ", просп. Перемоги, 37, м. Київ-56, 03056 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 26.12.2016	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 26.12.2016, Бюл.№ 24	

(54) СПОСІБ ВИДІЛЕННЯ ТА ПІДРАХУНКУ ФОРМЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА ЕЛЕКТРОННИХ МІКРОФОТОГРАФІЯХ ЦИРКУЛЮЮЧОЇ КРОВІ (МАЗКІВ КРОВІ)

(57) Реферат:

Спосіб підрахунку еритроцитів на зображеннях мазків крові включає формування чорно-білого зображення клітин крові, виділення за допомогою алгоритму Канні контурів клітин, знаходження в виділених контурах окружностей методом Хафа заданого діаметра, визначення координат центрів знайдених окружностей. Спочатку формують кольорове зображення клітин крові, перетворюють зображення з системи RGB в простір CIELAB, розділяють зображення по кольорових характеристиках методом кластеризації k-середніх на зображення поділу "еритроцити", "лейкоцити і тромбоцити" та "фон". Після виділення за допомогою алгоритму Канні контурів зображень, знаходження в виділених контурах методом Хафа окружностей, визначення координат їх центрів. Підраховують кількість зв'язних елементів, що відповідає знайденому значенню кількості формених елементів.

UA 112603 U

Корисна модель належить до області розпізнавання та може бути використана для виділення та підрахунку формених елементів на електронних мікрофотографіях циркулюючої крові (мазків крові).

При аналізі електронних мікрофотографій циркулюючої крові особливого значення набуває необхідність в систематичі формених елементів та підрахунку їх кількості. Так, відомий спосіб підрахунку еритроцитів, що включає порогову сегментацію зображення, використання алгоритму Канні до сегментованого зображення, знаходження границь клітин еритроцитів та їх сегментація, підрахунок сегментованих еритроцитів [патент GB № 2478593 A, МПК G06K 9/00, G06T 7/00, опубл. 14.09.2011].

Найближчим аналогом є спосіб підрахунку еритроцитів на зображеннях мазків крові, що включає формування чорно-білого зображення клітин крові, порогову сегментацію отриманого зображення по яскравості на "фон" та "не фон", виділення за допомогою алгоритму Канні контурів клітин, знаходження в виділених контурах окружностей методом Хафа заданого діаметра, визначення координат центрів знайдених окружностей, формування зображення розподілення центрів знайдених окружностей, морфологічну обробку отриманого зображення оператором закриття та підрахунок кількості елементів, що відповідає шуканій кількості еритроцитів [патент RU № 2488821 C1, МПК G01N 33/48, G06K 9/36, G06F 17/17, опубл. 27.07.2013].

Цей спосіб достатньо ефективно виконує виділення та підрахунок еритроцитів на зображеннях мазку крові, проте основними недоліками зазначеного способу є неможливість класифікувати формені елементи крові - еритроцити, лейкоцити, тромбоцити (всі формені елементи розглядаються як еритроцити) та обмеженість виділення еритроцитів діаметром окружностей.

В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалити спосіб виділення та підрахунку формених елементів крові на мікрофотографіях циркулюючої крові, у якому забезпечується класифікація формених елементів та їх виділення незалежно від розмірів, а отже, і істотне розширення технологічних можливостей попередньо розглянутого способу підрахунку еритроцитів на мазку крові.

Поставлена задача вирішується тим, що Спосіб підрахунку еритроцитів на зображеннях мазків крові, що включає формування чорно-білого зображення клітин крові, виділення за допомогою алгоритму Канні контурів клітин, знаходження в виділених контурах окружностей методом Хафа заданого діаметра, визначення координат центрів знайдених окружностей, згідно з корисною моделлю, спочатку формують кольорове зображення клітин крові, перетворюють зображення з системи RGB в простір CIELAB, розділяють зображення по кольорових характеристиках методом кластеризації k-середніх на зображення поділу "еритроцити", "лейкоцити і тромбоцити" та "фон", після виділення за допомогою алгоритму Канні контурів зображень, знаходження в виділених контурах методом Хафа окружностей, визначення координат їх центрів, підраховують кількість зв'язних елементів, що відповідає знайденому значенню кількості формених елементів.

Формують кольорове зображення циркулюючої крові (мазок крові). На основі кластеризації по методу k-середніх відбувається розділення зображення на три вихідні зображення поділу, а саме на "еритроцити", "лейкоцити і тромбоцити" та "фон". формують чорно-білі зображення з отриманих зображень "еритроцити", "лейкоцити і тромбоцити", та за допомогою алгоритму Канні знаходять контури формених елементів. За допомогою методу Хафа в виділених контурах шукають окружності, визначають координати центрів знайдених окружностей та підраховують кількість зв'язних елементів, що відповідає знайденій кількості еритроцитів на зображенні поділу "еритроцити", для зображення поділу "лейкоцити і тромбоцити" попередньо знаходять окружності, до певного порогового діаметра, підраховують їх кількість, що відповідає знайденій кількості тромбоцитів, та кількість окружностей, що більші за цей діаметр, що відповідає знайденій кількості лейкоцитів.

Задана сукупність запропонованих вище дій дозволяє класифікувати формені елементи крові та підвищує точність їх підрахунку.

Суть корисної моделі полягає в наступному.

Мікрофотографію циркулюючої крові, отриманої за допомогою електронного мікроскопа, перетворюють з системи RGB в простір CIELAB. Завдяки тому, що при забарвленні мазка крові, зображення на мікрофотографії набуває трьох відтінків: білий (фон), рожевий (еритроцити), синій або фіолетовий (лейкоцити і тромбоцити) простір CIELAB дозволяє виділити відмінності цих кольорів між собою. Використовуючи метод k-середніх, за допомогою евклідової метрики, можливо розділити об'єкти зображення на три кластери. Так кожному пікселю на вихідному зображенні, на основі методу k-середніх, присвоюється індекс відповідного кластеру, що

дозволяє розділити об'єкти на зображенні по кольорах. Таким чином ми отримаємо три вихідні зображення поділу, а саме "еритроцити", "лейкоцити і тромбоцити" та "фон".

Оскільки алгоритм Канні для виділення контурів об'єктів на зображенні ґрунтується на аналізі фотографій в чорно-білих тонах, то перетворюємо отримані кольорові зображення "еритроцити" та "лейкоцити і тромбоцити" спочатку з простору CIELAB в систему RGB, а потім в чорно-білі зображення. Для кожного пікселя кольорового зображення проводиться перетворення в тони сірого. Значення інтенсивності пікселя чорно-білого зображення визначається за формулою:

$$I_S = 0.2989 \times I_R + 0.5870 \times I_G + 0.1140 \times I_B,$$

де I_S , I_R , I_G , I_B відповідно інтенсивність сірого пікселя та інтенсивності червоної, зеленої і синьої складових кольорового пікселя.

Алгоритм виділення контурів Канні включає декілька етапів. На першому етапі відбувається розмиття зображення для видалення шуму за допомогою фільтра Гауса, в основі якої лежить двовимірна функція Гауса:

$$f(x,y) = \frac{1}{2 \times \pi \times \sigma^2} \times \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2 \times \sigma^2}\right).$$

На наступному етапі відбувається пошук градієнта кожної точки зображення. За допомогою оператора Собеля для визначення градієнта зображення використовують пару масок згортки розміром 3 на 3:

$$G_x = \begin{pmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -2 & 0 & +2 \\ -2 & 0 & +1 \end{pmatrix}, \quad G_y = \begin{pmatrix} +1 & +2 & +1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{pmatrix}.$$

Величина або край сили, градієнта потім апроксимується по формулі:

$$|G| = |G_x| + |G_y|$$

Контури визначають там, де градієнт зображення набуває максимального значення, при цьому тільки локальні максимуми визначаються як контури. На наступному етапі визначаються потенційні контури подвійною пороговою фільтрацією. Остаточні контури визначаються шляхом придушення всіх контурів, незв'язних з певними межами ґрусування області неоднозначності.

Підрахунок формених елементів крові може бути проведений за допомогою методів виділення окружностей на зображенні, так як в більшості випадків еритроцити, лейкоцити і тромбоцити мають округлу форму. Метод Хафа дозволяє знайти на зображенні об'єкти, що належать певному класу фігур. Окружність може бути задана параметричними рівняннями:

$$x = a + R \cos(\theta); \quad y = b + R \sin(\theta),$$

де (x,y) - координати точок кола, (a,b) - координати центру кола, R - радіус кола.

При використанні методу Хафа створюються комірки, розмірність яких дорівнює кількості невідомих параметрів окружності.

Якщо достатня кількість контурних точок зображення задовольнила параметричні рівняння, то вміст відповідної комірки збільшується на одиницю.

Таким чином, максимуми комірок будуть відповідати параметрам шуканої окружності в даній точці. Велика розмірність комірок збільшує складність алгоритму, і тому мінімальний та максимальний діаметри шуканих окружностей та кроки збільшення діаметра від мінімального до максимального вказуються до початку виконання методу Хафа.

Координати передбачуваних центрів окружностей утворюють сукупність точок на зображенні, що мають найбільшу щільність в районі центрів формених елементів. Це дозволяє, по найбільш щільних і великих скупченнях передбачуваних центрів окружностей, точно визначити місцезнаходження шуканих окружностей - формених елементів.

Оскільки тромбоцити, в порівнянні з іншими форменими елементами крові, мають досить малі розміри, то для відділення тромбоцитів від лейкоцитів задають порогове значення діаметрів знайдених окружностей, таким чином, кількість знайдених окружностей з діаметрами до порогового значення є знайденою кількістю тромбоцитів на зображенні "лейкоцити і тромбоцити".

Суть способу, що заявляється, пояснюється зображеннями 1-6, де:

На фігурі 1 блок-схема 1 схема способу виділення та підрахунку формених елементів на електронних мікрофотографіях циркулюючої крові (мазків крові).

На фігурі 2 зображення 1 мікрофотографія циркулюючої крові.

На фігурі 3 зображення 1 поділ мікрофотографії циркулюючої крові на 3 області по кольорових характеристиках.

На фігурі 3 зображення 2 результат поділу мікрофотографії циркулюючої крові "еритроцити".

5 На фігурі 3 зображення 3 результат поділу мікрофотографії циркулюючої крові "лейкоцити і тромбоцити".

На фігурі 3 зображення 4 результат поділу мікрофотографії циркулюючої крові "фон".

На фігурі 4 зображення 1 результат виділення контурів знайдених окружностей на поділі мікрофотографії циркулюючої крові "еритроцити".

10 На фігурі 4 зображення 2 результат виділення контурів знайдених окружностей на поділі мікрофотографії циркулюючої крові "лейкоцити і тромбоцити".

За допомогою цифрового мікроскопа формують зображення мікрофотографії циркулюючої крові (мазка крові). Отримане зображення передається на обробку в персональний комп'ютер. В результаті обробки підраховують кількість зв'язкових елементів, яке відповідає знайденому числу кількості формених елементів на зображенні.

15 Таким чином, заявлений спосіб дозволяє точно здійснити підрахунок формених елементів на зображеннях мазків крові.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

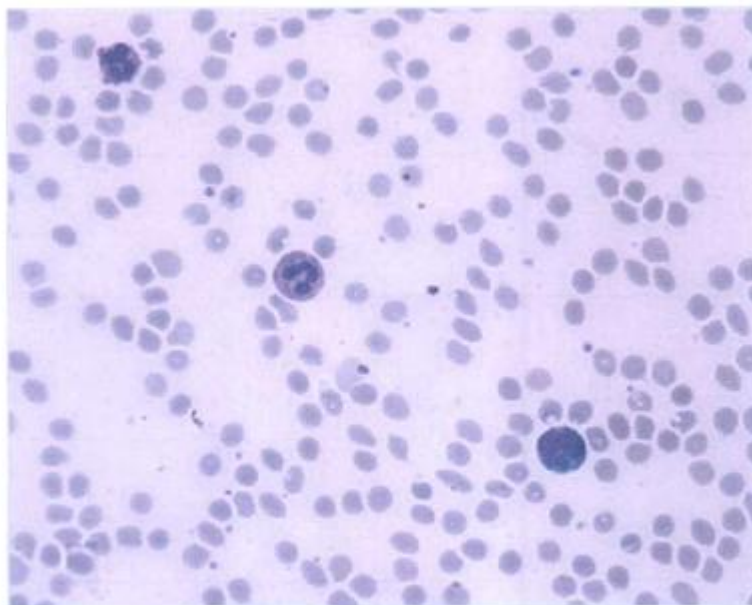
20 Спосіб підрахунку еритроцитів на зображеннях мазків крові, що включає формування чорно-білого зображення клітин крові, виділення за допомогою алгоритму Канні контурів клітин, знаходження в виділених контурах окружностей методом Хафа заданого діаметра, визначення координат центрів знайдених окружностей, який **відрізняється** тим, що спочатку формують кольорове зображення клітин крові, перетворюють зображення з системи RGB в простір CIE LAB, розділяють зображення по кольорових характеристиках методом кластеризації k-середніх на зображення поділу "еритроцити", "лейкоцити і тромбоцити" та "фон", після виділення за допомогою алгоритму Канні контурів зображень, знаходження в виділених контурах методом Хафа окружностей, визначення координат їх центрів, підраховують кількість зв'язних елементів, що відповідає знайденому значенню кількості формених елементів.

25



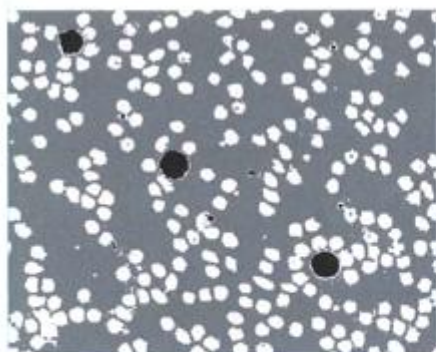
Блок-схема 1

Фіг. 1

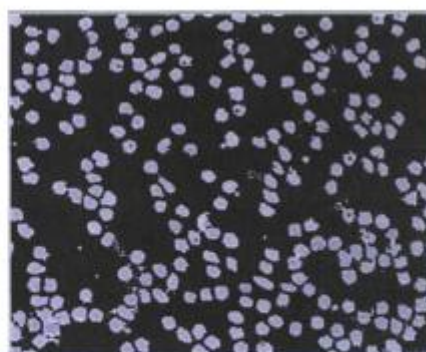


Зображення 1

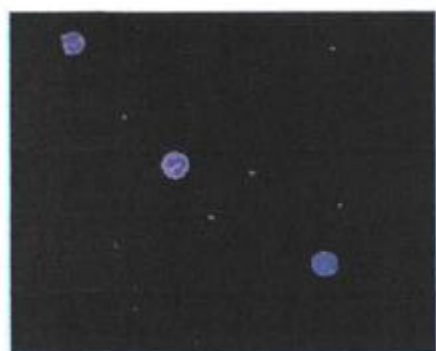
Fig. 2



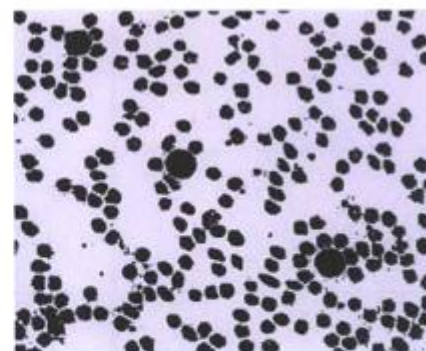
Зображення 1



Зображення 2

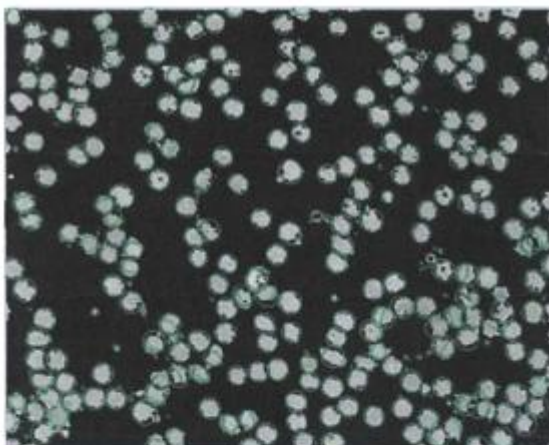


Зображення 3



Зображення 4

Fig. 3



Зображення 1



Зображення 2

Fig. 4

Комп'ютерна верстка Л. Литвиненко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601