

## ОСОБЛИВОСТІ АЛГОРИТМІВ БІНАРИЗАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ ДОКУМЕНТІВ

*Анотація.* Розглядається процес бінаризації зображення документа, що виконується на початковій стадії попередньої обробки процесу розпізнавання. Бінаризація зображення здійснюється через локальні та глобальні порогові методи. У даній роботі розглянуто глобальний метод бінаризації Отсу стосовно зображень документів та виконання пост-обробки бінарних зображень. Алгоритм Отсу був реалізований з використанням C++ і протестований на групі зображень.

*Abstract.* The process of document image binarization that is performed at an early stage pretreatment process of recognition. Image binarization is carried out through local and global threshold methods. In this paper, the global Otsu binarization method for document images in relation to implementation and post-processing of binary images. Otsu algorithm was implemented using C++ and tested on a group of images.

*Ключові слова.* Оптичне розпізнавання тексту, бінаризація, попередня обробка зображення.

*Keywords.* optical character recognition (OCR), binarization, image processing.

### Вступ.

Бінаризація зображення документа зазвичай виконується на стадії попередньої обробки процесу розпізнавання тексту. Бінаризація – це процес переведення кольорового чи напівтонового зображення документа в двоколірне (бінарне, чорно-біле). Точність процесу бінаризації є важливою, оскільки від цього залежить якість виконання наступних операцій попередньої обробки для розпізнавання тексту.

Існуючі підходи до бінаризації зображень можна умовно розділити на 2 групи: глобальні порогові та локальні (адаптивні) [1]. Порогові методи бінаризації працюють із зображенням в цілому, знаходячи деяку характеристику (порог), що дозволяє розділити це зображення на чорне і біле. Адаптивні методи працюють з окремими ділянками зображень і використовуються при неоднорідному освітленні об'єктів, що характерно при отриманні зображень документів.

### 1. Порогова бінаризація.

Бінарні зображення можна отримати з напівтонових зображень за допомогою порогової бінаризації. При виконанні цієї операції частина пікселів вибирається як пікселі переднього плану, що представляють об'єкти

---

<sup>1</sup> Українська академія друкарства

<sup>2</sup> Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

інтересу, а решта - в якості фонових пікселів. Знаючи розподіл значень яскравості на даному зображенні, деякі значення можна вибрати в якості порогів, які поділяють пікселі на групи. У найпростішому випадку вибирається одне граничне значення  $I$ . Всі пікселі з яскравістю більшою або рівною  $I$  стають пікселями переднього плану, а решта - фоновими. Ця операція називається верхньою пороговою бінарizaцією (*threshold above*). Існують і інші різновиди порогової бінарizaції. При виконанні нижньої порогової бінарizaції (*threshold below*) пікселями переднього плану стають пікселі з яскравістю меншою чи рівною  $I$ . При пороговій бінарizaції за діапазоном (*threshold inside*) вказуються два граничні значення - верхнє і нижнє. Пікселі з яскравістю в діапазоні між пороговими значеннями вибираються як пікселі переднього плану. Зворотний критерій вибору пікселів переднього плану застосовується при виконанні зовнішньої порогової бінарizaції (*threshold outside*). Зауважимо, що головним питанням, яке виникає при виконанні всіх цих різновидів операції бінарizaції, є вибір порогових значень [4].

*Вибір порогу бінарizaції по гістограмі*

В якості вихідних даних для вибору порогу бінарizaції можна розглядати гістограму розподілу значень яскравості на напівтоновому зображенні. Для стислості викладу будемо називати її гістограмою зображення. Гістограма  $h$  напівтонового зображення  $I$  задається виразом:

$$h = |\{(r, c) \mid I(r, c) = m\}|,$$

де  $m$  відповідає інтервалу значень яскравості.

Обчислити гістограму можна за допомогою процедури обробки з використанням масиву. Позначимо через  $H$  масив з індексами від 0 до  $MaxVal$ , де 0 відповідає найменшому можливому значенню яскравості, а  $MaxVal$  - найбільшому. Нехай  $I$  - це двовимірний масив зображення з індексами рядків від 0 до  $MaxRow$  та індексами стовпців від 0 до  $MaxCol$ . Процедура розрахунку гістограми:

- 1) ініціалізація інтервалів гістограми нульовими значеннями;
- 2) накопичувальне обчислення кількості значень яскравості в кожному інтервалі.

У процедурі побудови гістограми кожному можливому значенню яскравості на зображенні може відповідати один інтервал з гістограми або ж, іноді, бажано згрупувати декілька значень яскравості в один інтервал, наприклад, для відображення гістограми зображення з великою кількістю градацій яскравості. Для цієї мети процедуру розрахунку гістограми можна модифікувати, щоб обчислювати номер інтервалу як функцію значення яскравості.

Зрозуміло, що кожен раз вручну для кожного зображення підбирати свій поріг яскравості незручно. Можна реалізувати процедуру для автоматичного виявлення піків і впадин на заданій гістограмі. У простому випадку для цього виконується пошук одиночного порогового значення, що розділяє пікселі

зображення на світлі і темні. Якщо розподіл темних і світлих пікселів на гістограмі відокремлені один від одного значним проміжком, то така гістограма називається бімодальною: одна мода відповідає темним пікселям, а інша - світлим. При малому перекритті (або за відсутності перекриття) розподілів темних і світлих пікселів в якості порогу можна вибрати будь-яке значення в області впадини між двома модами гістограми. Однак при сильному перекритті розподілів світлих і темних пікселів вибір порогу ускладнюється, тому що впадина на гістограмі зникає, і два розподіли починають зливатися в один. Для складніших випадків існують різні критерії бінаризації, наприклад, Отсу, Бернса, Ейквеля, Ніблека та ін. [5]. Найефективнішим, як за швидкодією, так і за якістю, вважається критерій Отсу.

## 2. Автоматичний вибір порогу бінаризації: метод Отсу

Вибір порогу в цьому методі ґрунтується на мінімізації внутрішньогрупової дисперсії двох груп пікселів, розділених оператором порогової бінаризації [3]. При розгляді методу будемо вважати, що гістограма задана у вигляді дискретної функції розподілу імовірності  $P$ . Значення  $P(0), \dots, P(I)$  представляють собою спостережувані ймовірності значень яскравості  $0, \dots, I$ .  $P(i) = |\{(r, c) | Image(r, c) = i\}| / RxC$ , де  $RxC$  дорівнює площі зображення. Якщо гістограма бімодальна, то завдання вибору порогу бінаризації полягає у визначенні найкращого порогу  $t$ , що відокремлює дві моди гістограми одна від одної. Кожному пороговому значенню  $t$  відповідає дисперсія групи значень, менших або рівних  $t$ , і дисперсія групи значень, більших від  $t$ . Отсу запропонував визначення найкращого порогу бінаризації як такого значення, для якого зважена сума внутрішньогрупових дисперсій (within-group variances) мінімальна. Ваги дорівнюють сумарним ймовірностям відповідних груп.

Мірою однорідності груп є дисперсія. Чим менше розкидані значення всередині групи, тим менше значення дисперсії. Можливим способом вибору критерію для поділу груп може бути вибір такого значення, при якому зважена сума внутрішньогрупових дисперсій буде мінімальна. У цьому критерії передбачається існування однорідних груп (які складаються з приблизно однакових значень). Другий спосіб полягає у виборі значення, при якому квадрат різниці між середніми значеннями отриманих груп приймає максимальне значення. Ця різниця пов'язана з міжгруповою дисперсією (between-group variance).

Обидва критерії поділу призводять до аналогічних результатів, так як сума внутрішньогрупових і міжгрупових дисперсій постійна. Позначимо через  $\sigma_W^2$  зважену суму внутрішньогрупових дисперсій. Ця сума називається загальною внутрішньогруповою дисперсією. Через  $\sigma_1^2(t)$  позначимо дисперсію першої групи, що складається із значень, менших або рівних  $t$ .  $\sigma_2^2(t)$  – дисперсія другої групи, яка складається зі значень, більших від  $t$ .

Позначимо через  $q_1(t)$  сумарну ймовірність першої групи і через  $q_2(t)$  - сумарну ймовірність другої групи. Середні значення першої і другої груп позначимо  $\mu_1(t)$  і  $\mu_2(t)$ . Тоді загальна внутрішньогрупова дисперсія  $\sigma_W^2$  визначається як:

$$\sigma_W^2(t) = q_1(t)\sigma_1^2(t) + q_2(t)\sigma_2^2(t)$$

де:

$$q_1(t) = \sum_{i=1}^t P(i)$$

$$q_2(t) = \sum_{i=t+1}^I P(i)$$

$$\mu_1(t) = \sum_{i=1}^t iP(i) / q_1(t)$$

$$\mu_2(t) = \sum_{i=t+1}^I iP(i) / q_2(t)$$

$$\sigma_1^2(t) = \sum_{i=1}^t [i - \mu_1(t)]^2 P(i) / q_1(t)$$

$$\sigma_2^2(t) = \sum_{i=t+1}^I [i - \mu_2(t)]^2 P(i) / q_2(t)$$

Найкраще значення порогу можна визначити простим перебором всіх можливих значень  $t$  для пошуку значення  $t$ , яке буде мінімізувати значення  $\sigma_W^2(t)$ . В багатьох ситуаціях область перебору можна зменшити до проміжку між двома модами гістограми. Однак витрати на виявлення мод співставні з пошуком значення, що розділяє розподіл в околі цих мод.

Отсу показав, що значенням  $t$ , яке буде мінімізувати  $\sigma_W^2(t)$ , буде таке значення  $t$ , при якому досягається максимум міжгрупової дисперсії  $\sigma_B^2(t)$

$$\sigma_B^2(t) = q_1(t)[1 - q_1(t)][\mu_1(t) - \mu_2(t)]^2.$$

Для визначення  $t$ , що буде максимізувати  $\sigma_B^2(t)$  всі необхідні величини повинні бути обчислені. Обчислення цих величин не обов'язково незалежно виконувати для кожного значення  $t$ . Існує взаємозв'язок між значеннями цих величин для  $t$  і для наступного значення  $t + 1$ .

$$q_1(t + 1) = q_1(t) + P(t + 1); \quad q_1(1) = P(1);$$

$$\mu_1(t + 1) = \frac{q_1(t)\mu_1(t) + (t+1)P(t+1)}{q_1(t+1)}; \quad \mu_1(0) = 0,$$

$$\mu_2(t + 1) = \frac{\mu - q_1(t + 1)\mu_1(t + 1)}{1 - q_1(t + 1)}$$

Алгоритм бінаризації методом Отсу можна представити наступною

послідовністю дій:

1. Обчислити гістограму й імовірність для кожного рівня інтенсивності.
2. Обчислити значення  $q_i$  і  $\mu_i$ .
3. Для кожного значення порога від  $t = 1$  до максимальної

інтенсивності:

3.1. Оновлюємо  $q_i$  і  $\mu_i$ ,

3.2. Обчислюємо  $\sigma_B^2(t)$ .

4. Бажаний поріг  $t$  відповідає максимуму  $\sigma_B^2(t)$ .

5. Повторно пробігаємо по піксельно все зображення. Порівнюємо рівень яскравості кожного пікселя з порогом  $t$ . Якщо цей рівень менше або дорівнює  $t$ , то піксель стає чорним, інакше – білим.

### 3. Обробка бінарного зображення

Експериментальні дослідження (рис.2) показують, що після здійснення процесу бінаризації на зображенні появляються деякі помилкові області, які не відповідають реальним об'єктам на зображенні (рис.1). Тому необхідно розробити алгоритм пост-обробки бінарного зображення для корекції помилок процесу бінаризації та для видалення шуму, утвореного в процесі бінаризації [3].

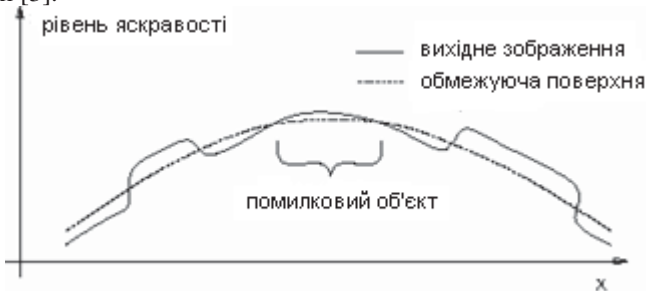


Рис. 1. Утворення помилкових об'єктів під час процесу бінаризації

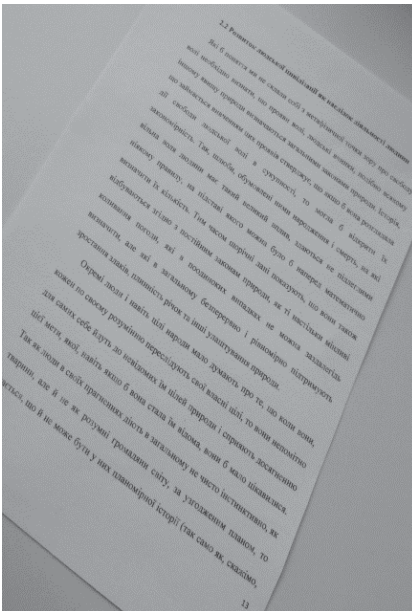
Пропонується наступний алгоритм процесу пост-обробки бінарного зображення:

1. Згладжується вихідне зображення фільтром  $3 \times 3$  для видалення шуму.

2. Розраховується значення градієнта для кожного пікселя згладженого зображення за допомогою контурного оператора Собеля [2].

3. Вибирається значення порогу для градієнта, який буде розділяти об'єкти на значущі і помилкові. Це значення вказується вручну.

4. Для всіх контурних пікселів об'єкта розраховується середній градієнт (в околі). Контурним пікселем об'єкта вважається інформаційний піксель, який приєднаний до фонового згідно з умовою 4-х зв'язності [4]. Якщо середнє значення градієнта виявиться меншим, ніж порогове, то відповідний інформаційний піксель повинен стати фоновим.



**Доказательства.** Так как комитет существует, то выполняется условие (7). Не ограничивая общности, будем предполагать, что среди  $e_i$  нет и одинаково направленных векторов, т.е.

$$\forall \alpha \in \mathbb{R}^n: \alpha_i + \alpha_j = 0 \quad (9)$$

Покажем, что существует  $(n \times 2)$ -матрица  $A$ , для которой  $\forall \alpha \in \mathbb{R}^n: \alpha A + \alpha e, A \alpha = 0 = (0, 0)$ .

Обозначим столбцы матрицы  $A$  через  $u \in \mathbb{R}^n$  и  $v \in \mathbb{R}^n$ :  $A = (u, v), e, A = ((e, u), (e, v)) \in \mathbb{R}^n$ .

В качестве  $u$  выберем такой вектор, что  $(e, u) = 0$  (v). Введем обозначение:  $\alpha_i = (e, u), (e, v)$ . По условию (9),  $\alpha_i - \alpha_j = 0$ . Тогда  $\exists \alpha \in \mathbb{R}^n: (\alpha_i - \alpha_j, e) = 0 \quad (10)$ .

Найденные векторы  $u$  и  $v$  образуют, очевидно, столбцы искомой матрицы  $A$ .

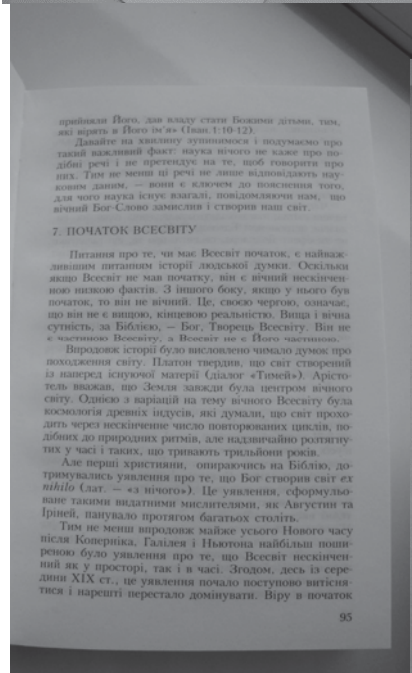
Системе (5) поставим в соответствие систему  $(e, A, v) > 0 \quad (v \in \mathbb{R}^n), u \in \mathbb{R}^n$  (10).

Мы показали, что если система (5) без противоречий, то существует линейное преобразование  $A$  такое, что система (10) также без противоречий.

Заметим, что если  $K = \{x_1, \dots, x_n\}$  - комитет системы (10), то множество  $\{x_1^T, \dots, x_n^T\}$ , где  $A^T$  - матрица, транспонированная по отношению к  $A$ , является комитетом системы (5), так как  $(e, A, v)^T = (e, A^T, v^T)$ .

Следовательно, нам достаточно доказать, что если (5) - система над  $\mathbb{R}^n$  без противоречий, то существует её комитет с числом членов  $q \ll n$ .

Итак, предположим, что (5) - система без противоречий над пространством  $\mathbb{R}^n$ . Покажем, что тогда, если для каждой максимальной совместной подсистемы  $(\mu - \text{подсистемы})$  системы (5) взять по одному решению, то полученное множество, будет комитетом системы (5), причём число всех



принял Иего, дав владу старе Божьому дитямо, тым, як переть в Иего ім'я» (Іван. 1:10-12).

Давати на хвилину думаймося і подумаймо про такий важливий факт: наука нічого не каже про подібні речі і не претендує на те, щоб говорити про них. Тим не менш ці речі не лише відповідають науковим даним, — вони є ключем до пояснення того, для чого наука існує взагалі, повідомляючи нам, що вічний Бог-Слово замислив і створив наш світ.

### 7. ПОЧАТОК ВСЕСВІТУ

Питання про те, чи має Всесвіт початок, є найважливішим питанням історії людського думки. Оскільки якщо Всесвіт не має початку, він є вічний нескінченно низькою фактом. З іншого боку, якщо у нього був початок, то він не вічний. Це, спочивало б, означає, що він не є ширшою, кінцевою реальністю. Випа і вічна сутність, як Біблією, — Бог. Творець Всесвіту. Він не є частиною Всесвіту, а Всесвіт не є Іого частиною.

Виродок історії було виключено чимало думок про походження світу. Платон твердив, що світ створений із матеріалу існуючої матерії («Логос» «Тімея»). Аристотель вважав, що Земля завжди була центром вічного світу. Однією з варіантів на тему вічного Всесвіту була космологія древніх індусів, які думали, що світ проходить через нескінченне число повторюваних циклів, подібних до природних ритмів, але надзвичайно розгнітаних у часі і таких, що тривають трильйони років.

Але люди християни, опираючись на Біблію, дотримувались уявлення про те, що Бог створив світ ex nihilo (лат. — «з нічого»). Це уявлення, сформульоване такими видатними мислителями, як Августин та Іринеї, панувало протягом багатьох століть.

Тим не менш виродок майже усього Нового часу після Коперника, Галілея і Ньютона найбільш поширеною було уявлення про те, що Всесвіт нескінченний як у просторі, так і в часі. Згодом, десь із середини XIX ст., це уявлення почало поступово витіснюватися і нарешті перестало домінувати. Віру в початок

(а) початкові півтонові зображення документів (видно нерівномірність яскравості)



**Доводження.** Так як комитет існує, то виконується умова (7). Не обмежуючись общістю, будемо передполагати, що среди  $\epsilon$ , нег і однаково направлених векторів, т.б.

$$\forall \epsilon \in N: \epsilon_1 + \alpha_2 \epsilon_2 = 0 (\epsilon \neq 1). \quad (9)$$

Покажемо, що існує  $(n+2)$ -матриця  $A$ , для якої якої  $\forall \epsilon \in N: \epsilon_1 A + \alpha_2 \epsilon_2 A = (0, 0)$ .

Обозначим столбцы матрицы  $A$  через  $\alpha_i \in N$  і  $\epsilon \in N$ :

$$A = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n, \epsilon_1, \epsilon_2) \in N^{n+2}$$

В качестве и выберем такой вектор, что  $(\epsilon_1, \alpha_1) \neq 0 (\forall \epsilon)$ .

Введем обозначения:  $\alpha_3 = (\epsilon_1, \alpha_1), \alpha_4 = (\epsilon_2, \alpha_2)$ . По условию (9),  $\epsilon_1 - \alpha_2 \epsilon_2 = 0$ . Тогда  $\exists \alpha \in N: (\epsilon_1 - \alpha_2 \epsilon_2) = 0 (\epsilon \neq 1)$ .

Найдённые векторы  $\alpha$  и  $\nu$  и образуют, очевидно, столбцы искомого матрицы  $A$ .

Система (5) поставим в соответствие систему

$$(\epsilon_1, \alpha_1) > 0 (\forall \epsilon \in N), \epsilon \in N \quad (10)$$

Мы показали, что если система (5) без противоречий, то существует линейное преобразование  $A$  такое, что система (10) также без противоречий.

Заметим, что если  $K = \{\nu_1, \dots, \nu_n\}$  - комитет системы (10), то множество

$$\{A^T \nu_1, \dots, A^T \nu_n\}, \text{ где } A^T - \text{матрица, транспонированная по отношению к } A, \text{ является комитетом системы (5), так как } (\epsilon_1, \alpha_1) = (\epsilon_1, A^T \nu_1)$$

Следовательно, нам достаточно доказать, что если (5) - система над  $N$  без противоречий, то существует её комитет с числом членов  $\leq n$ .

Итак, предположим, что (5) - система без противоречий над пространством  $N$ . Покажем, что тогда, если для каждой максимальной совместной подсистемы ( $\mu$  - подсистема) системы (5) взять по одному решению, то полученное множество, будет комитетом системы (5), причём число всех

приняли Його, дав владу старі Божими дітьми, там, які вряту в Його ім'я» (Іван І:10-12).  
 Давайте на звичайну зустріч з підсумком про такий важливий факт: наука нічого не каже про подібні речі і не претендує на те, щоб говорити про них. Там не менш на речі не лише основоювати науковий даним, — вони є ключем до пояснення того, для чого наука існує взагалі, поведомляючи нам, що вчений Бог-Слово замислив і створив цю світ.

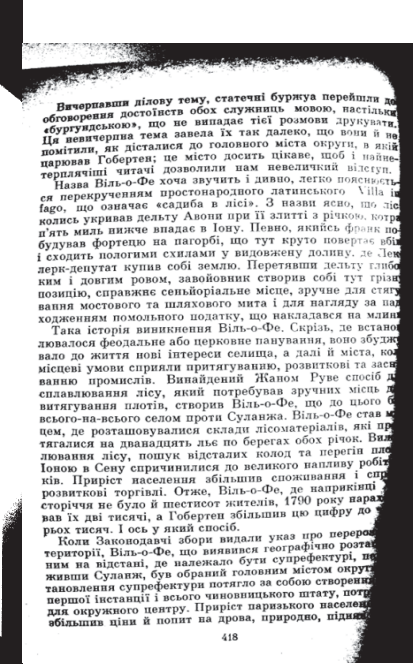
**7. ПОЧАТОК ВСЕСВІТУ**

Питання про те, чи має Весвіт початок, є найважливішим питанням історії людської думки. Оскільки якщо Весвіт не має початку, він є виний нескінченно низькою фактич. З іншого боку, якщо у нього був початок, то він не виний. Це, своєю чергою, означає, що він не є віщю, кінецьовою реальністю. Вища і вічна сутність, за Біблією, — Бог, Творець Весвіту. Він не є частинкою Весвіту, а Весвіт не є Його частинкою.

Виродок історії було висловлено чимало думок про походження світу. Платон твердив, що світ створений із шаперд існуючої матерії (диалог «Тимей»). Аристотель вважав, що Земля завжди була центром вічного світу. Однією з варіантів на тему чогось Весвіту була космологія древніх іудеїв, які думали, що світ проходить через нескінченне число повторюваних циклів, подібних до природних ритмів, але надзвичайно розтягнутих у часі і таких, що тривають трильйони років.

Але перші християни, опираючись на Біблію, доводилися зупинитися про те, що Бог створив світ ex nihilo (лат. — «з нічого»). Це уявлення, сформульоване такими видатними мислителями, як Августин та Іринеї, панувало протягом багатьох століть.

Тим не менш вирождж майже усього Нового часу ренесансу було уявлення про те, що Весвіт існує в просторі, так і в часі. Згодом, десь із середини XIX ст., це уявлення почало поступово витіснятися і нарешті перестало домінувати. Віру в початок



Вечерявши ділову тему, статичні буржуа перейшли до обговорення достоїнств або служливі мовою, настільки «буржуазною», що не впадала тієї розмови друкувати. Ця вечірня тема завела їх так далеко, що вони й на Ця вечірня тема завела їх так далеко, що вони й на Ця вечірня тема завела їх так далеко, що вони й на

Вечерявши ділову тему, статичні буржуа перейшли до обговорення достоїнств або служливі мовою, настільки «буржуазною», що не впадала тієї розмови друкувати. Ця вечірня тема завела їх так далеко, що вони й на Ця вечірня тема завела їх так далеко, що вони й на Ця вечірня тема завела їх так далеко, що вони й на

Вечерявши ділову тему, статичні буржуа перейшли до обговорення достоїнств або служливі мовою, настільки «буржуазною», що не впадала тієї розмови друкувати. Ця вечірня тема завела їх так далеко, що вони й на Ця вечірня тема завела їх так далеко, що вони й на Ця вечірня тема завела їх так далеко, що вони й на

Вечерявши ділову тему, статичні буржуа перейшли до обговорення достоїнств або служливі мовою, настільки «буржуазною», що не впадала тієї розмови друкувати. Ця вечірня тема завела їх так далеко, що вони й на Ця вечірня тема завела їх так далеко, що вони й на Ця вечірня тема завела їх так далеко, що вони й на

(б) - бінарне зображення, отримане в результаті застосування методу Отсу;





## **Висновок**

У статті розглянуто один з глобальних методів порогової бінаризації стосовно зображень документів; реалізований алгоритм даного методу протестований на групі зображень. Також запропоновано алгоритм додаткової обробки зображень для корекції помилок процесу бінаризації та для видалення шуму. Результати експериментів показують, що пост-обробка бінарних зображень значно покращує отримані зображення. Тому можна зробити висновок про достатню ефективність цього підходу і використовувати його для наступних етапів попередньої обробки зображення для розпізнавання символів.

1. *Кручинин А.* Бинаризация изображений: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://recog.ru/blog/applied/15.html>
2. *Прэтт У.* Цифровая обработка изображений / У. Прэтт; пер. с англ. под ред. канд. техн. наук Д. С. Лебедева. – Кн. 1,2. – М.: Наука, 2000
3. *Федоров А.* Бинаризация черно-белых изображений: состояние и перспективы развития: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://itclaim.ru/Library/Books/TTS/wwwbook/ist4b/its4/fyodorov.htm>
4. *Shapiro L.* Computer Vision / Linda Shapiro, George Stockman. – Prentice Hall. – 2001
5. *Trier O.D.* Evaluation of binarization methods for document images / Oivind Due Trier, Torfinn Taxt. – Pattern analysis and recognition, IEEE. – Volume 17. – Issue 3. – 1995. – 312-315
6. *Otsu N.* A threshold selection method from gray-level histograms / N. Otsu // IEEE Trans. Syst., Man. and Cybern. – v. SMC. - №9. – 62-66

*Поступила 16.10.2013р.*

УДК 621.3

Л.С. Сікора, д.т.н. (НУ «Львівська політехніка», м. Львів), Н.К. Лиса (ЦСД «ЕБТЕС, м. Львів), к.т.н., Б.Л. Якимчук, співшукач (ЦСД «ЕБТЕС, м. Львів), Ю.Г. Міюшкович, к.т.н. (НУ «Львівська політехніка», м. Львів), Р.С. Марцишин, к.т.н. (НУ «Львівська політехніка», м. Львів)

## **СИСТЕМНІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ РІВНЕМ ВИКИДІВ ПРОДУКТІВ ЗГОРАННЯ ТЕС**

*Анотація.* Розглянуто і обґрунтовано вимоги до інформаційного забезпечення систем моніторингу викидів продуктів згорання ТЕС.

*Анотація.* Рассмотрены и обоснованы требования к информационным системам для мониторинга выбросов продуктов сгорания.

*Abstract.* Considered and justified requirements for information systems for monitoring emissions of combustion products.