

11. Корнилов А.И., Исаева Т.Ю., Семенов М.Ю. Методы логического синтеза сумматоров с ускоренным переносом по модулю (2n-1) на основе BDD-технологии // Изв. ВУЗов. Электроника. – 2004. – № 3. – С. 54-60.

12. Полікаровських О.І Архітектура прямого цифрового синтезатора частоти для рішень цифрового радіо/Полікаровських О.І // Вісник Хмельницького національного університету. – 2012.Том.3. – С.142-146

References

1. Polikarovs'kih O.I Zastosuvannja novogo teoretiko-chislovogo bazisu dlja pobudovi visokoshvidkisnih obchisljuval'nih sintezatoriv chastoti (DDS)/Polikarovs'kih O.I./Vimirjuval'na ta obchisljuval'na tehnika v tehnologichnih procesah. – 2013. – № 1. – S.20-27.
2. Akushskij I.Ja., Judickij D.I. Mashinnaja arifmetika v ostatochnyh klassah. – M.: Sov. radio, 1968. – 440 s.
3. Nikolajchuk Ja.M Kodi polja Galua: teorija ta zastosuvannja / Nikolajchuk Ja.M – Ternopil': TzOV «Ternograf», 2012. – 576 s.
4. Torgashev V.A. Sistema ostatochnyh klassov i nadezhnost' CVM. – M.: Sov. radio, 1973. – 120 s.
5. Amerbaev V.M. Teoreticheskie osnovy mashinnoj arifmetiki. – Alma-Ata: Nauka, 1976. – 324 s.
6. Stempkovskij A.L., Kornilov A.I., Semenov M.Ju. Osobennosti realizacii ustrojstv cifrovoj obrabotki signalov v integral'nom ispolnenii s primeneniem modul'noj arifmetiki // Informacionnye tehnologii. – 2004. – № 2. – S. 2-9.
7. AD9958: Dvokanal'nij sintezator prjamoogo cifrovogo sintezu z shvidkodieju 500MSPS i 10-rozrjadnim CAP // [Rezhim dostupu]: <http://www.analog.com/ru/rfif-components/direct-digital-synthesis-dds/ad9958/products/product.html>
8. Kornilov A.I., Semenov M.Ju., Kalashnikov V.S. Metody apparatnoj optimizacii summatorov dlja dvuh operandiv v sisteme ostatochnyh klassov // Izv. VUZov. Jelektronika. – 2004. – № 1. – S. 75-82.
9. Kornilov A.I., Semenov M.Ju., Lastochkin O.V. Principy postroeniya modul'jarnyh indeksnyh umnozhitel'ej // Izv. VUZov. Jelektronika. – 2004. – № 2. – S. 48-55.
10. Bayoumi M.A., Jullien G.A., Miller W.C. A VLSI Implementation of Residue Adders // IEEE Trans. on Circuits and Systems. – 1987. – V. 34, № 3. – P. 284-288.
11. Kornilov A.I., Isaeva T.Ju., Semenov M.Ju. Metody logicheskogo sinteza summatorov s uskorennyim perenosom po modulju (2n-1) na osnove BDD-tehnologii // Izv. VUZov. Jelektronika. – 2004. – № 3. – S. 54-60.
12. Polikarovs'kih O.I Arhitektura prjamoogo cifrovogo sintezatora chastoti dlja rishen' cifrovogo radio/Polikarovs'kih O.I // Visnik Hmel'nic'kogo nacional'nogo universitetu. – 2012.Том.3. – S.142-146

Рецензія/Peer review : 8.7.2013 р. Надрукована/Printed : 21.12.2013 р.

УДК 004.93'12

Д.М. ФЕДОРОВ

Національний авіаційний університет

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ СПІВВІДНОШЕНЬ КОЛЬОРОВИХ КОМПОНЕНТ ДЛЯ ВИДІЛЕННЯ ОБРИСІВ ОБЛИЧЧЯ

Описано метод співвідношень кольорових компонент для виділення обрисів обличчя. Показано, що існують приклади зображень облич, на яких даний метод спрацьовує гірше, ніж на інших, і видає неприйнятний результат. Запропоновано удосконалення методу, яке полягає у використанні в ньому додаткової кольорової моделі СМЯК і її властивостей, що дозволяють уточнити алгоритм накладення масок у даному методі.

Ключові слова: область обличчя, розпізнавання зображень, алгоритм накладення масок.

D.M. FEDOROV

National aviation university

THE IMPROVEMENT OF COLOR COMPONENTS RATIOS METHOD FOR SELECTION OF FACE OUTLINE

There is described the method of ratios of each component to highlight the contours of the face. It is shown that there are examples of images of faces on which this method works worse than others, and gives unacceptable results. There is proposed an improvement of the method, which is to use it more CMYK color model and its properties, which allow to refine the algorithm overlay masks in this method.

Keywords: face region, image recognition, algorithm of masks overlay.

Постановка задачі

Розпізнавання образів та аналіз зображень – один з напрямків штучного інтелекту, які найбільш динамічно розвиваються. Інтерес до даної області обумовлений, в першу чергу, високою практичною значимістю задач розпізнавання для різних галузей науки і техніки. Стрімкий розвиток апаратних можливостей пристроїв прийому, обробки, передачі та зберігання інформації вимагає постійного вдосконалення існуючих та розробки нових методів розпізнавання образів та аналізу зображень. Серед задач розпізнавання образів та аналізу зображень можна виділити в окремий клас завдання, пов'язані з розпізнаванням осіб.

Інтерес до задачі ідентифікації особи за фотознімком виник досить давно, ще в кінці XIX століття в рамках розвитку методів криміналістики [1]. Перші підходи до ідентифікації осіб ґрунтувались на співставленні відношень відстаней між антропометричними точками обличчя. Для їх застосування потрібно було знати ракурс зйомки (на практиці використовувалися фотографії моделі голови, зроблені для всіх можливих ракурсів із заданим кроком по куту візування за широтою та довготою) і точну локалізацію обличчя та антропометричних ознак.

З появою електронно-обчислювальних машин природним було прагнення перенести існуючі методи

в програми для машинної обробки зображень, однак на цьому шляху дослідники зіткнулися з низкою труднощів. По-перше, автоматична локалізація характерних ознак особи (обриси обличчя, кутки очей, кутки губ, точки примикання вух, кінчик носа, висота чола) виявилась складним завданням, яке погано формалізується. По-друге, тодішні можливості засобів формування цифрових зображень не дозволяли забезпечити необхідну роздільну здатність (а також яскравість) для автоматичного визначення даних точок. Ці обставини не дозволяли використовувати існуючі методи ідентифікації осіб і потребували розробки нових.

На сьогоднішній день, обчислювальна техніка має широкі можливості для детекції та ідентифікації облич на фотознімках, а також для виділення на них окремих компонентів та обрисів облич. Виділення області обличчя – це одне з найважливіших завдань, яке виникає при розробці алгоритмів розпізнавання осіб. Дана стаття присвячена удосконаленню методу співвідношень кольорових компонент для виділення обрисів обличчя на фотознімку.

При експериментальному дослідженні цього методу виявилось, що існують приклади зображень облич (рис. 1а), на яких він виділяє зайві елементи з зображення обличчя або пропускає

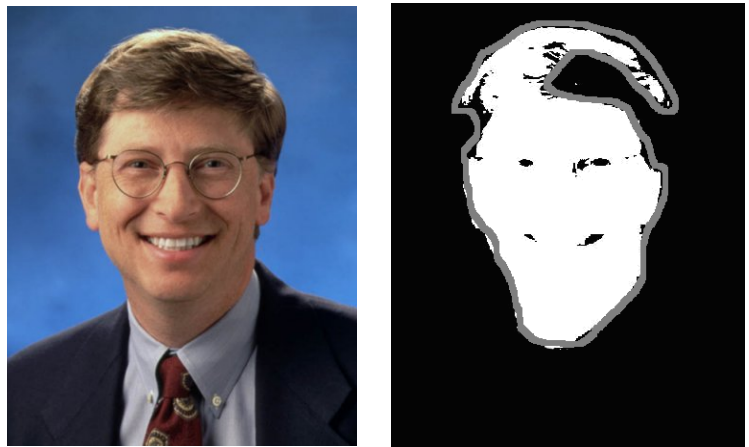


Рис. 1. Неприйнятний результат виділення області обличчя

ділянки контуру обличчя, які повинні мати білий колір (колір виділення). Тобто результатом роботи досліджуваного методу в такому випадку є біла область зображення, контур якої має велику амплітуду, на самій області обличчя знаходяться чорні проміжки, а також білі ділянки – поза нею (рис. 1б).

Зазвичай, якщо контур виділеного об'єкту на зображенні має незначні нерівності, пов'язані з якістю роботи алгоритму виділення об'єкту, то для отримання більш гладкого контуру зображення спочатку розмивається, а потім за проміжним кольором на розмитому контурі об'єкта будується новий контур (згладжений) [2]. Але в даному випадку (рис. 1б) побудований таким чином контур не буде мати овальної форми.

Тому пропонується удосконалити досліджуваний метод виділення обрисів обличчя за допомогою використання в ньому додаткової кольорової моделі СМΥК (Cyan Magenta Yellow Key color) і таких співвідношень між її кольоровими складовими, які виконуються на області обличчя.

Аналіз досліджень та публікацій

Існують різні підходи виявлення обличчя, наприклад такі як: нейронні мережі [3], Boosting Cascade [4], template matching [5], “skin color” [6] і т.д. В методі співвідношень кольорових складових виділення області обличчя реалізується за допомогою подання його зображення в кожному з каналів кольорових моделей HSV, $YCbCr$ і $I_1I_2I_3$. Як видно з рис. 2, палітра RGB для цього не придатна

На рис. 2 жодна з компонент палітри RGB не виділяє (не визначає) однозначно область людського обличчя з фону. Тут вибір області обличчя можливий тільки на основі спільної порогової обробки всіх трьох компонент. Але

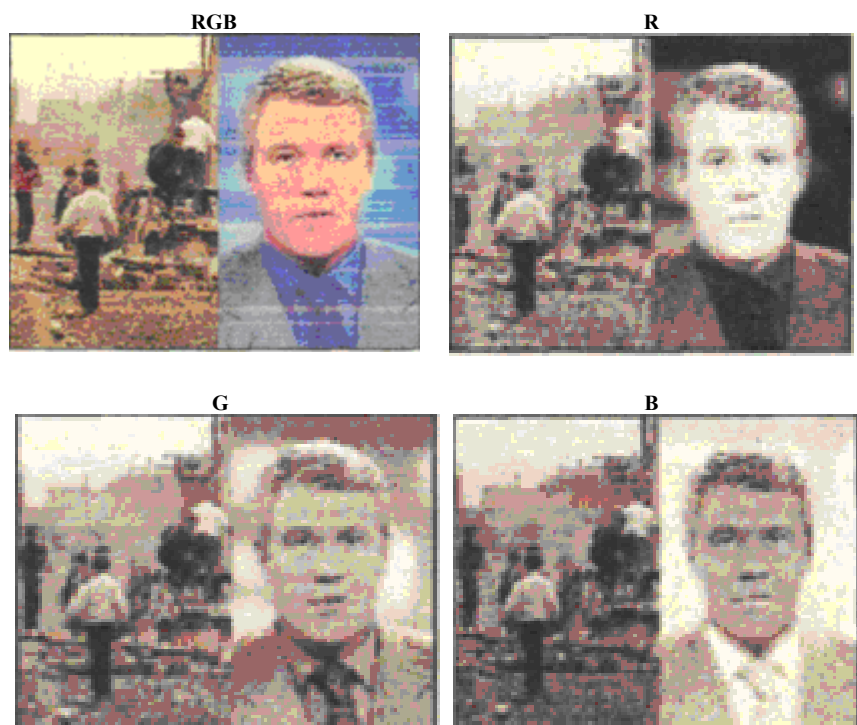


Рис 2. Кольорове зображення і його компоненти R, G і B

відомо, що пікселі для компонент R, G і B на області обличчя співвідносяться наступним чином $R \gg G > B$ і $|R - G| > 50$ [2,3].

На рис. 3 (а-в) показані вдалі приклади виділення області обличчя за допомогою представлення зображень окремими компонентами палітр HSV, $YCbCr$ і $I_1I_2I_3$.

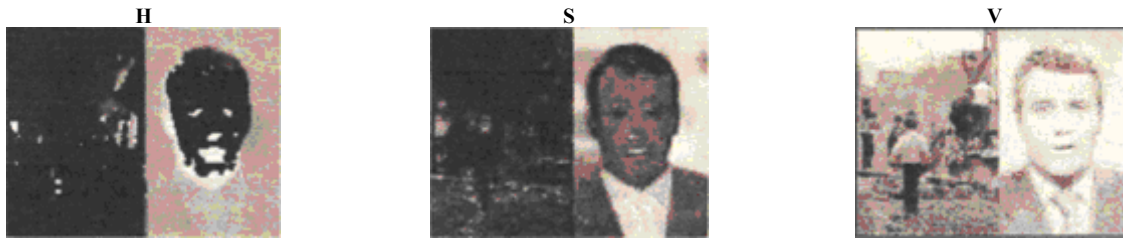


Рис. 3а. Компоненти зображення обличчя в кольоровій палітрі HSV

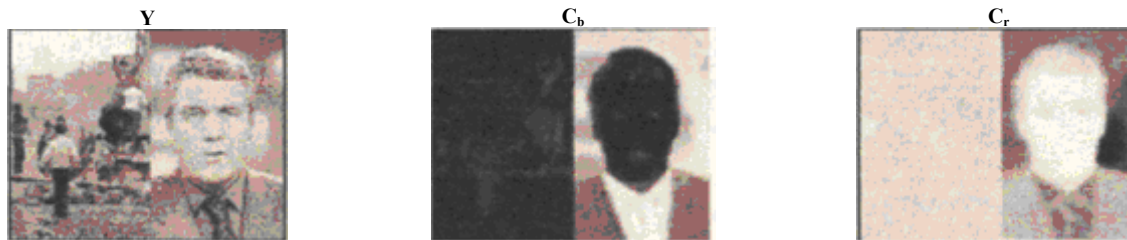


Рис. 3б. Компоненти зображення обличчя в кольоровій палітрі $YCbCr$

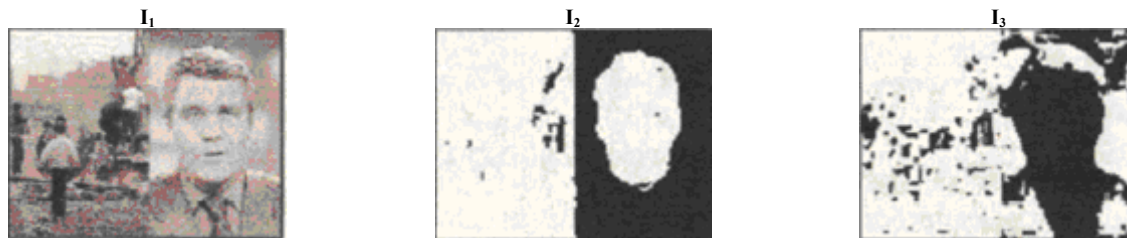


Рис. 3в. Компоненти зображення обличчя в кольоровій палітрі $I_1I_2I_3$

З рисунків видно, що найбільш чітко область обличчя людини виділяється в компонентах H (палітра HSV), C_b і C_r (палітра $YCbCr$) і I_2 (палітра $I_1I_2I_3$). Область обличчя на них задовольняє наступним умовам (табл. 1)

Таблиця 1

Умови, які виконуються між кольоровими складовими на області обличчя

Маска	Умова
RGB	$R \gg G > B$ і $ R - G > 50$;
HSV	$H < H_{\min}$ або $H > H_{\max}$, де $H_{\min} \leq 0.1$ і $H_{\max} \geq 0.9$;
$I_1I_2I_3$	$I_2 >$ середньої яскравості (або $I_2 > 0$)

Оригінальний метод співвідношення кольорових складових складається з таких кроків [2]:

1. Визначаються розміри вихідних зображень M і N ;
2. Визначаються компонента H і компонента I_2 ;
3. Формуються три нульових матриці (маски) розміром $M \times N$;
4. Виконується аналіз кожного пікселя компонент R, G, B, H і I_2 з метою перевірки умов з таблиці 1 для них;
5. Записується у відповідні матриці значення "1" за адресою (i, j) , для якої виконується відповідна умова з таблиці 1

$$MASKA(i, j) = \begin{cases} 1, & \text{якщо умова виконується} \\ 0, & \text{в іншому випадку} \end{cases}$$

6. Повторюються кроки 4 та 5 для кожного $i = 1, 2, \dots, M$ і всіх $j = 1, 2, \dots, N$.

В результаті виконання наведеного алгоритму отримаємо три маски, що будуть містити всі області вихідного зображення, які відповідають області обличчя на ньому. Результуюча маска обчислюється за формулою

$$MASKA_R(i, j) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } \frac{1}{3} \sum_{k=1}^3 MASKA_k(i, j) \geq 0,5, \text{ де } k=1,2,3 \text{ – матриці масок} \\ 0, & \text{інакше} \end{cases}$$

Вона та маски для палітр RGB, HSV, I₁I₂I₃ показані в таблиці 2

Таблиця 2

Початкові зображення на вході детектора і відповідні маски, що визначають області облич

Зображення		Бінарні маски			
Вхідне	Після обробки	RGB	H	I ₂	Результат
					
					
					

Розв'язання задачі

Представимо зображення з рис. 1а у чотирьох складових кольорової моделі СМУК (рис. 4а-г)



а. Cyan



б. Magenta



в. Yellow



г. Key color

Рис. 4 Представлення зображення в чотирьох каналах моделі СМУК

В процесі експериментальної перевірки виявилось, що для знаходження області обличчя найбільш прийнятними є канали С та Y (Блакитний та Жовтий). Це також видно і з рис. 4. Для подальших розрахунків інвертуємо кольори зображення з рис. 4а. і порівняємо з зображенням 4в. (рис. 5)



Рис. 5 Інвертована Y-складова зображення та C-складова

З рисунку 5 видно, що два зображення на ньому схожі між собою за відтінком сірого в області обличчя. Маючи їх, можна запропонувати удосконалення досліджуваного методу за допомогою використання в ньому додаткової кольорової моделі (СМУК). Воно полягає у виведенні простої формули для об'єднання зображень з рис. 5 і умови належності точки до області обличчя (маючи її координати та колір). Така формула хоча і не дозволить однозначно виділити область обличчя самостійно, але при використанні з оригінальним методом дозволить посилити його і уникнути неправильного результату.

Якщо прийняти білий колір за 1, а чорний за 0, то формула для об'єднання C-складової та інвертованої Y-складової СМУК-зображення може виглядати як

$$MASKA_{СМУК(i,j)} = \begin{cases} 1, & |C_{ij} - Y_{ij}| < d, \quad 0 \leq C_{ij} \leq p, \quad 0 \leq Y_{ij} \leq p \\ 0, & \text{інакше} \end{cases}$$

де d – різниця між відтінками сірого кольору, p – найбільше допустиме значення відтінку сірого кольору. Дана формула пояснюється тим, що одні і ті ж точки обох зображень повинні мати однакові або близькі між собою кольори. І оскільки область обличчя на зображенні темніша за інші ділянки, то кольори точок області обличчя повинні мати значення відтінку сірого кольору не більше за максимальне допустиме значення рівне p . В результаті експериментів виявлено, що правильний результат досягається при $d = 0,4$ і $p = 0,5$. Тобто

$$MASKA_{СМУК(i,j)} = \begin{cases} 1, & |C_{ij} - Y_{ij}| < 0,4, \quad 0 \leq C_{ij} \leq 0,5 \quad 0 \leq Y_{ij} \leq 0,5 \\ 0, & \text{інакше} \end{cases}$$

Застосувавши цю формулу для обчислення маски для СМУК-зображення обличчя, отримаємо результат дещо схожий на рис. 1б, але оскільки використовується тільки одна кольорова модель і планується застосовувати її для покращення алгоритму накладення масок, то такий результат є цілком прийнятним. Він показаний на рис. 6

З рис. 6 видно, що контур обличчя має більш правильну форму знизу, але зверху він все ще залишається із чорними проміжками. Це буде виправлено при використанні моделі СМУК вкупі з іншими кольоровими моделями. Тобто, алгоритм накладення масок доповниться ще однією умовою та однією матрицею і матиме наступний набір умов (табл. 3)



Рис. 6. Результат об'єднання C-складової та інвертованої Y-складової моделі СМУК

Таблиця 3

Набір умов для удосконаленого алгоритму накладення масок

Маска	Умова
RGB	$R \gg G > B$ і $ R - G > 50$;
HSV	$H < H_{\min}$ або $H > H_{\max}$, де $H_{\min} \leq 0.1$ і $H_{\max} \geq 0.9$;
$I_1 I_2 I_3$	$I_2 >$ середньої яскравості (або $I_2 > 0$)
СМУК	$ C_{ij} - Y_{ij} < 0,392, 0 \leq C_{ij} \leq 0,51, 0 \leq Y_{ij} \leq 0,51$

Кроки алгоритму:

1. Визначаються розміри вихідних зображень M і N ;
2. Визначаються компоненти H, I_2, C, Y .
3. Формуються чотири нульових матриці (маски) розміром $M \times N$;
4. Виконується аналіз кожного пікселя компонент R, G, B, H, I_2, C, Y з метою перевірки умов з таблиці 3;
5. Записується у відповідні матриці значення "1" за адресою (i, j) , для якої виконується відповідна умова з таблиці 3

$$MASKA(i, j) = \begin{cases} 1, & \text{якщо умова виконується} \\ 0, & \text{в іншому випадку} \end{cases}$$

6. Повторюються кроки 4 та 5 для кожного $i = 1, 2, \dots, M$ і всіх $j = 1, 2, \dots, N$.

В результаті отримаємо чотири маски, що будуть містити всі області вихідного зображення, які відповідають області обличчя на ньому. Результуюча маска обчислюється за формулою

$$MASKA_R(i, j) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } \frac{1}{4} \sum_{k=1}^4 MASKA_k(i, j) \geq 0,5, \text{ де } k=1,2,3,4 \text{ – матриці масок} \\ 0, & \text{інакше} \end{cases}$$

В результаті отримаємо правильно виділену область зображення обличчя, що видно з рис. 7



Рис. 7 Результат роботи удосконаленого алгоритму накладення масок

Висновки

Отже, в даній статті був описаний оригінальний метод накладення масок, в якому використовуються співвідношення кольорових компонент для виділення обрисів обличчя. Був наведений приклад зображення, на якому метод неправильно виділяє область обличчя. Було запропоновано покращення даного методу шляхом використання додаткової кольорової моделі СМУК в обчисленнях.

Література

1. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика / Ф. Уоссермен, 1992. – 184с.
2. Ву Зуї Лінь Експрес-методи обробки зображень обличчя для біометричних систем / Ву Зуї Лінь. – Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. – Санкт-Петербург, 2011.
3. Mohammad J. Saberian Boosting Classifier Cascades / Mohammad J. Saberian. – Statistical Visual Computing Laboratory, University of California, San Diego La Jolla, CA 92039
4. R. Brunelli, Template Matching Techniques in Computer Vision: Theory and Practice, Wiley, 2009
5. Sanjay Kr. Singh A Robust Skin Color Based Face Detection Algorithm / Sanjay Kr. Singh, D. S. Chauhan, Mayank Vatsa, Richa Singh. – Department of Computer Science and Engineering Institute of Engineering and Technology. – Jaunpur – 222002, India
6. Tarek M. Mahmoud A New Fast Skin Color Detection Technique / Tarek M. Mahmoud. – World Academy of Science, Engineering and Technology 19 2008

References

1. Wasserman F. Neurocomputer hardware: Theory and practice / F. Wasserman, 1992. – 184 p.
2. Vu Zui Lin Express-methods of image processing of faces for biometric systems / Vu Zui Lin. – Dissertation for getting scientific degree. – St. Peterburg, 2011.
3. Mohammad J. Saberian Boosting Classifier Cascades / Mohammad J. Saberian. – Statistical Visual Computing Laboratory, University of California, San Diego La Jolla, CA 92039
4. R. Brunelli, Template Matching Techniques in Computer Vision: Theory and Practice, Wiley, 2009
5. Sanjay Kr. Singh A Robust Skin Color Based Face Detection Algorithm / Sanjay Kr. Singh, D. S. Chauhan, Mayank Vatsa, Richa Singh. – Department of Computer Science and Engineering Institute of Engineering and Technology. – Jaunpur – 222002, India
6. Tarek M. Mahmoud A New Fast Skin Color Detection Technique / Tarek M. Mahmoud. – World Academy of Science, Engineering and Technology 19 2008

Рецензія/Peer review : 6.7.2013 р. Надрукована/Printed :21.12.2013 р.