สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานผลการวิจัยเรื่อง

"เทคนิคการลดข้อมูลภาพแบบฟอลส์ของภาพถ่ายดาวเทียม"

โครงการวิจัยปีงบประมาณ 2537

โดย

รศ.ดร.ฟูศักดิ์ ชีวสุวิทย์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

RCH
TA
1637
ฟ571ร

เลขหมู่..............
เลขทะเบียน 32246
วัน, เดือน, ปี 11 มี.ค. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมีการนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย และการตีความภาพมักจะใช้ภาพสีผสมแบบภาพสีเท็จ (false color) แต่ระบบการแสดงผลที่ใช้แสดงภาพถ่ายดาวเทียมแบบภาพสีผสม RGB (RGB color composite image) นี้โดยมากจะมีราคาสูง ทำให้บางหน่วยงานที่จำเป็นต้องใช้แต่ขาดงบประมาณไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ วิทยานิพนธ์นี้จึงได้นำเสนอเทคนิคสำคัญในการแสดงผลภาพสีแบบภาพสีเท็จ (false color image) จากข้อมูลภาพสามแบนด์บนมอนิเตอร์สีของไมโครคอมพิวเตอร์โดยการสร้างบล็อกค่าขีดเริ่มเปลี่ยนสามมิติบนแกนสีทั้งสามที่สามารถเลื่อนไปยังตำแหน่งใด ๆ ก็ได้บนแกนสี ซึ่งจะคำนึงถึงบริเวณระดับสีที่มีความหนาแน่นของจุดภาพเป็นสำคัญ บล็อกค่าขีดเริ่มเปลี่ยนนี้ถูกกำหนดด้วยอัตราส่วนของสีทั้งสามเท่ากับ 7:6:6 ซึ่งจะให้ความเป็นเชิงเส้นทางสีดีที่สุด นอกจากนี้ยังกล่าวถึงเทคนิคพิเศษในการลดขนาดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม โดยการใช้บล็อกค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่มีการจัดเรียงค่าขีดเริ่มเปลี่ยนภายในอย่างเหมาะสมมาทำการควอนไทซ์ข้อมูลภาพแต่ละแบนด์ วิธีนี้จะสามารถลดขนาดของข้อมูลภาพสีของแต่ละแบนด์จาก 8 บิท ลงเหลือเพียง 1 บิท ต่อจุดภาพเท่านั้น ภาพสีที่ได้จะมีลักษณะสีใกล้เคียงกับภาพสีแบบภาพสีเท็จ (false color) ซึ่งเป็นวิธีการที่มีประโยชน์มากสำหรับบางหน่วยงานที่ใช้มอนิเตอร์สีแบบประสิทธิภาพต่ำอยู่ก่อนแล้ว และยังเป็นการลดแบนด์วิดท์ของการส่งข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมผ่านคู่สายโทรศัพท์ลง เพื่อให้หน่วยงานที่อยู่ไกลจากศูนย์ข้อมูล เช่น หน่วยงานป่าไม้ระดับท้องถิ่นสามารถเรียกใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจากส่วนกลางได้ตลอดเวลาที่ต้องการ เพื่อทำการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงสภาพป่าและป้องกันการลักลอบตัดไม้ทำลายป่าได้อย่างทันท่วงที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

In present, satellite images are widely used and the interpretation of those images is done in manner of false color image. But the high of most RGB color composite monitor make a big fiscal problem for some agencies which those image is very necessary for perfectly working. Therefore, this thesis presents the useful technique which can display false color satellite image from three color bands on microcomputer by using three dimensional cubic threshold block which can move to any area of a color space that the most pixels occur. The color shade of red, green, blue ratio from this technique is set to 7:6:6 which give the best color linearity of the displayed image and weight the significant of three bands of satellite image in almost equally. Furthermore, the thesis also presents the crucial technique for satellite image data reduction by using two dimension threshold block which is arranged the internal threshold in properly to compare with each color band data. This method can reduce th esize of each color band data from 8 bits down to only 1 bit perpixel effectively. The displayed image is mostly closed to false color image. The method is very useful to any agencies which have low performance monitor already and it can reduce bandwidth or transmission rate through telephone line. In this case, any remote agencies such provincial forestry agencies can receive color satellity image in any time. This will make those agencies to examine and protect the illegal deforestration with effectiveness.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทคนิคการกำหนดสีในการแสดงภาพสีบนระบบ VGA

การแสดงผลภาพสีของภาพถ่ายดาวเทียมบนระบบแสดงผลแบบ VGA ของไมโครคอมพิวเตอร์ยังคงมีความจำเป็นอยู่ในปัจจุบัน และถ้ามีโปรแกรมที่สามารถทำการประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ง่ายต่อการใช้งานแล้วจะทำให้มีการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแพร่หลายมากขึ้น เพราะผู้ใช้ส่วนใหญ่มีความคุ้นเคยกับการใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์กันอยู่แล้ว ประกอบกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์มีราคาถูกมากเมื่อเทียบกับราคาของคอมพิวเตอร์ระบบอื่น ๆ อาทิ เวิล์คสเตชันหรือมินิคอมพิวเตอร์ เป็นต้น แต่ด้วยข้อจำกัดทางฮาร์ดแวร์ของระบบแสดงผลแบบ VGA ของไมโครคอมพิวเตอร์ทำให้การแสดงผลภาพสีที่มีข้อมูลขนาด 8 บิท ต่อพิกเซลต่อข้อมูลภาพหนึ่งแบนด์ไม่สามารถกระทำได้โดยตรงทันที จึงจำเป็นต้องมีการประมวลผลข้อมูลภาพนั้น ๆ ในลักษณะการลดทอนความละเอียดของภาพโดยการลดขนาดข้อมูลภาพของแต่ละแบนด์สีลงจากเดิมซึ่งมีขนาด 8 บิทต่อพิกเซล ให้มีขนาดที่เหมาะสมพอที่จะนำไปทำการแสดงผลบนระบบแสดงผลแบบ VGA ของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งวิธีการประมวลผลจะได้กล่าวโดยละเอียดต่อไป

1. การลดขนาดข้อมูลโดยวิธีตั้งค่าขีดเริ่มเปลี่ยนในฮิตโตแกรม

เนื่องจากข้อจำกัดทางฮาร์ดแวร์ของระบบแสดงผลแบบ VGA คือ ขนาดของรีจีสเตอร์ที่ใช้เป็นตัวเก็บค่าดัชนีในการอ้างอิงข้อมูลสีใน LUT (Look-up table) มีขนาดเพียง 8 บิท และรีจีสเตอร์สีใน LUT มีขนาดเพียงสีละ 6 บิท จึงทำให้การแสดงภาพสีแบบ RGB บนระบบ VGA ไม่ใช่สิ่งที่สามารถนำข้อมูลภาพแต่ละแบนด์ขึ้นแสดงโดยตรงได้ทันที เพราะรีจีสเตอร์อ้างอิงสีมีขนาด 8 บิท ซึ่งสามารถอ้างอิงสีสำหรับแต่ละพิกเซลได้เพียง 256 สี แต่ขณะที่ข้อมูลภาพของภาพแบบหลายความถี่ (Multispectral image) นั้น แต่ละพิกเซลในภาพเกิดจากการคอมบิเนชั่นกันระหว่างข้อมูลภาพสีสามแบนด์โดยที่แต่ละแบนด์มีขนาด 8 บิท ซึ่งจะให้ความแตกต่างทางสีได้ถึง 256 สี หรือ 16 ล้านสีเลยทีเดียว ฉะนั้นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ในการนำข้อมูลภาพสีขึ้นแสดงผลบนระบบ VGA ก็คือการลดขนาดข้อมูลภาพลงเพื่อให้ได้แต่ข้อมูลที่สำคัญ ๆ ของภาพซึ่งจะถูกนำไปใส่ลงในรีจิสเตอร์สีทั้งสามของ LUT การลดขนาดข้อมูลภาพนี้สามารถกระทำได้โดยอาศัยเทคนิคการตั้งค่าขีดเริ่มเปลี่ยนในฮิตโตแกรมของภาพ ซึ่งมีขั้นตอนไม่ยุ่งยากนัก สิ่งที่สำคัญที่ต้องพิจารณาในการตั้งค่าขีดเริ่มเปลี่ยนลงบนฮิตโตแกรมของข้อมูลภาพใด ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลภาพที่ผ่านการประมวลผลข้อมูลแล้ว สามารถแสดงคุณสมบัติที่สำคัญของข้อมูลภาพดั้งเดิมไว้ให้ได้มากที่สุดก็คือ จำนวนของค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่จะทำการกำหนดลงบนฮิตโตแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของข้อมูลภาพ ซึ่งจะเป็นตัวแสดงถึงขนาดของข้อมูลภาพที่ได้หลังจากผ่านการควอนไทซ์แล้ว จึงสรุปได้ว่า ถ้าใช้ค่าขีดเริ่มเปลี่ยนเป็นจำนวนมาก ข้อมูลภาพที่ได้หลังจากการควอนไทซ์แล้ว จะมีขนาดใหญ่กว่าการเลือกใช้ค่าขีดเริ่มเปลี่ยนเป็นจำนวนน้อยกว่า นั่นคือการแบ่งระดับชั้น (class) ของข้อมูลภาพให้เป็นหลาย ๆ ระดับจะสามารถรักษาคุณสมบัติของข้อมูลภาพเดิมไม่ให้เปลี่ยนแปลงไปมากนัก แต่ทั้งนี้จำนวนของค่าขีดเริ่มเปลี่ยนจะต้องไม่มากกว่าค่าระดับสีเทาของข้อมูลภาพเดิม การลดขนาดข้อมูลภาพโดยการกำหนดค่าขีดเริ่มเปลี่ยนบนฮินโตแกรมของข้อมูลเพื่อทำการควอนไทซ์ข้อมูลภาพที่มีขนาด 8 บิท ให้ได้ข้อมูลภาพที่มีขนาด 1 บิท และ 3 บิท แสดงได้ดังสมการ 1 และสมการ 2 และฮิตโตแกรมของข้อมูลที่ได้หลังจากการควอนไทซ์แล้วแสดงได้ดังในรูป 1 และรูป 2 ตามลำดับ

$$g1(y,i,j) = \begin{cases} 0 \text{ ถ้า } f(x,i,j) < t \\ 1 \text{ ถ้า } f(x,i,j) >= t \end{cases} \qquad (1)$$

โดยที่

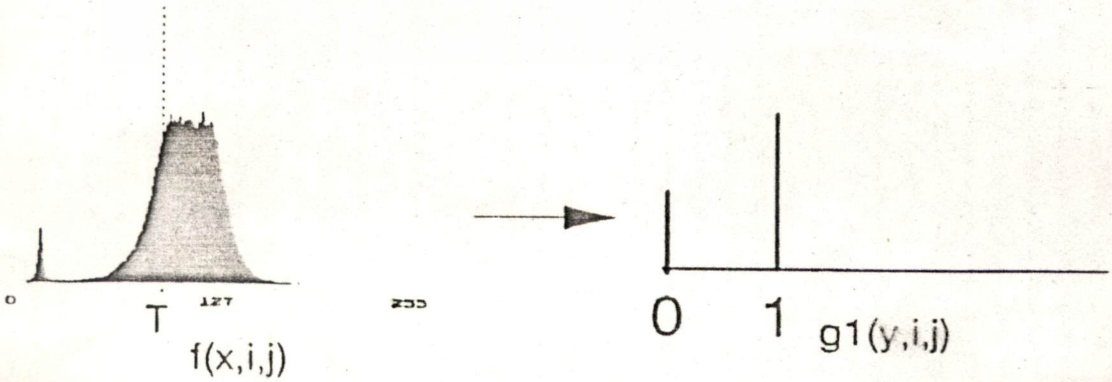
i,j คือ พิกัดในแนวนอนและในแนวตั้งของพิกเซลใด ๆ ในภาพ

x คือ ค่าระดับสีเท่าบนฮิตโตแกรมของข้อมูลภาพเดิมซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 255

f(x,i,j) คือ ฟังก์ชันของฮิตโตแกรมของข้อมูลภาพเดิม ณ พิกัด i,j ใด ๆ

y คือ ค่าระดับสีเทาบนฮิตโตแกรมของข้อมูลภาพผลลัพธ์ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1

g1(y,i,j) คือ ฟังก์ชันของฮิตโตแกรมของข้อมูลภาพผลลัพธ์หลังจากการควอนไทซ์ ณ พิกัด i,j ใด ๆ



รูป 1 แสดงการใช้ค่าขีดเริ่มเปลี่ยนเพื่อทำการแปลงข้อมูลภาพให้เป็นแบบสองระดับหรือภาพแบบไบนารี่ตามสมการ (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงแหล่งที่มาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$
g3(y,i,j) = \begin{cases} 0 \text{ ถ้า } f(x,i,j) < t_0 \\ 1 \text{ ถ้า } t_0 <= f(x,i,j) <= t_1 \\ 2 \text{ ถ้า } t_1 <= f(x,i,j) <= t_2 \\ 3 \text{ ถ้า } t_2 <= f(x,i,j) <= t_3 \\ 4 \text{ ถ้า } t_3 <= f(x,i,j) <= t_4 \\ 5 \text{ ถ้า } t_4 <= f(x,i,j) <= t_5 \\ 6 \text{ ถ้า } t_5 <= f(x,i,j) <= t_6 \\ 7 \text{ ถ้า } f(x,i,j) >= t_6 \end{cases} \qquad (2)
$$

โดยที่

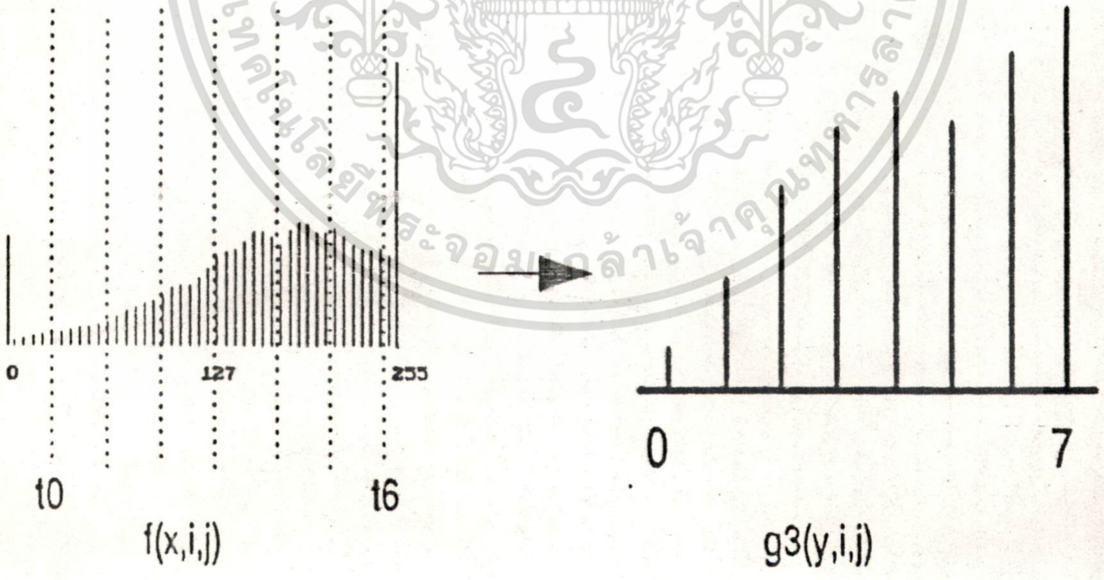
i,j คือ พิกัดในแนวนอนและในแนวตั้งของพิกเซลใด ๆ ในภาพ

x คือ ค่าระดับสีเทาบนฮิตโตแกรมของข้อมูลภาพเดิมซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 255

f(x,i,j) คือ ฟังก์ชันของฮินโตแกรมของข้อมูลภาพเดิม ณ พิกัด i,j ใด ๆ

y คือ ค่าระดับสีเทาบนฮิตโตแกรมของข้อมูลภาพผลลั พธ์ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 7

g3(y,i,j) คือ ฟังก์ชันของฮิตโตแกรมของข้อมูลภาพผลลัพธ์หลังจากการควอนไทซ์ ณ พิกัด i,j ใด ๆ

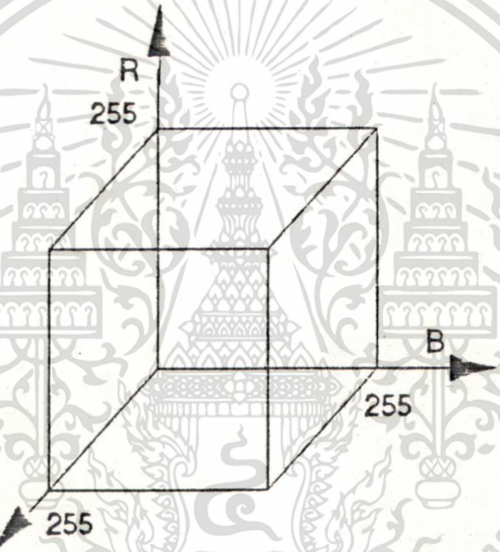


รูป 2 แสดงการใช้ค่าขีดเริ่มเปลี่ยนเพื่อทำการแปลงข้อมูลภาพให้มีขนาด 3 บิท ตามสมการ (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การสร้างบล็อกค่าเฮร์ชโฮลด์สามมิติบนแกนสีทั้งสาม

เนื่องจากข้อมูลสีของภาพแบบหลายความถี่ (Multispectral image) มีลักษณะของข้อมูลเป็นข้อมูลภาพสามแบนด์ โดยที่แต่ละพิกเซลของภาพเกิดจากการคอมบิเนชันกันระหว่างข้อมูลภาพทั้งสามแบนด์ที่มีขนาดแบนด์ละ 8 บิทต่อพิกเซล นั่นคือแต่ละพิกเซลของภาพจะมีค่าความเป็นไปได้ที่จะเกิดสีที่แตกต่างกันถึง 256^3 สี ซึ่งถ้านำข้อมูลภาพทั้งสามแบนด์มาทำการพล็อตเป็นฮิตโตแกรมสามมิติโดยที่แต่ละแกนคือค่าระดับสีเทาของข้อมูลภาพแต่ละฮิตโตแกรมจะแสดงได้ดังรูป 3 ซึ่งจะเห็นว่าแต่ละแกนสีของบล็อกสามมิติซึ่งมีค่าระดับสีเทาของข้อมูลแต่ละแกนเป็นโดเมนมีค่าแปรเปลี่ยนไปตั้งแต่ 0 ถึง 255 จะทำให้เกิดบล็อกสีเหลี่ยมเล็ก ๆ ภายในฮิตโตแกรมดังกล่าว 256x256x256 บล็อกโดยที่แต่ละบล็อกก็คือข้อมูลของสีที่จะมีโอกาสเกิดขึ้นได้ในแต่ละพิกเซลของภาพนั่นเอง



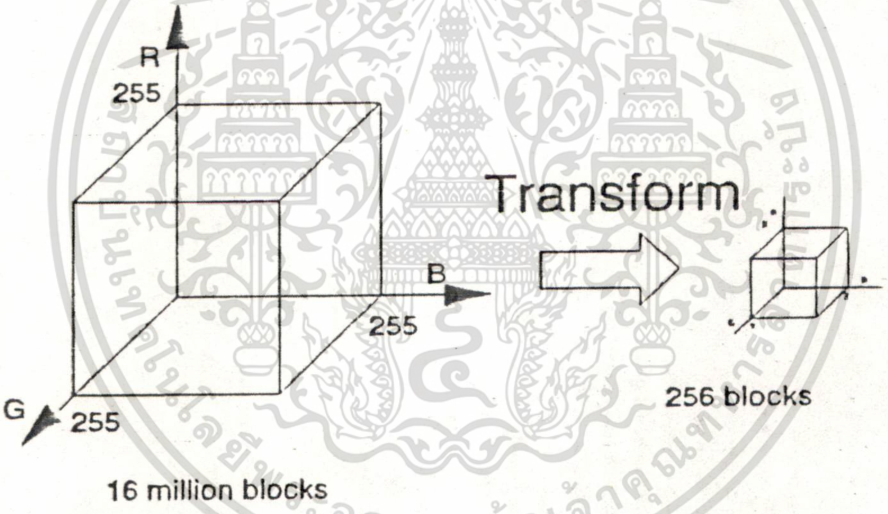
รูป 3 แสดงไดอะแกรมของฮิตโตแกรมสามมิติของข้อมูลภาพ RGB

ซึ่งมีข้อมูลขนาด 8 บิทต่อจุดภาพ

แต่ด้วยข้อจำกัดทางฮาร์ดแวร์ของระบบ VGA ด้วยมีขนาดรีจีสเตอร์อ้างอิงสีเพียง 8 บิท ซึ่งจะสามารถแสดงความแตกต่างทางสีของแต่ละพิกเซลในภาพได้เพียง 256 สีเท่านั้น จึงจำเป็นต้องอาศัยอัลกอริธึมอันหนึ่งที่สามารถเลือกสรรแต่เฉพาะค่าสีที่สำคัญจริง ๆ และสามารถรักษาคุณสมบัติใหญ่ ๆ ของภาพภาพไว้ได้เพื่อนำมาใส่ลงในรีจีสเตอร์สีของระบบ VGA ซึ่งให้มีความแตกต่างสีได้เพียง 256 สี ฉะนั้นลักษณะของอัลกอริธึมดังกล่าวจะต้องทำการลดขนาดของค่าระดับสีเทาของข้อมูลแต่ละแบนด์บนแกนสีทั้งสามของฮิตโตแกรมสามมิติในรูป 3 ลง ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดิมมีบล็อกข้อมูลสีภายในถัง 256x256x256 บล็อกสี ให้เหลือเพียง 256 บล็อกสี โดยที่จำนวนค่าระดับสีเทาของข้อมูลแต่ละแบนด์บนแกนสีทั้งสามของฮิตโตแกรมอันใหม่ที่เกิดจากการแปลงข้อมูลด้วยอัลกอริธึมดังกล่าวจะมีค่ากี่ระดับก็แล้วแต่ผู้ใช้กำหนด แต่เมื่อนำข้อมูลภาพชุดใหม่มาทำการสร้างเป็นฮิตโตแกรมสามมิติแล้วจะต้องมีบล็อกสีภายในที่เกิดจากการทำคอมบิเนชั่นของข้อมูลทั้งสามมิติแล้วไม่เกิน 256 บล็อกสีเป็นอันขาด ลักษณะของการแปลงข้อมูลแสดงได้ดังรูป 4 ซึ่งจะเห็นว่า ฮิตโตแกรมสามมิติของข้อมูลเดิมจะมีขนาดใหญ่มากเกินกว่าขีดความสามารถของระบบแสดงผลแบบ VGA จะทำการแสดงผลได้ จึงต้องนำข้อมูลภาพนั้นมาผ่านการควอนไทซ์เพื่อให้ได้ข้อมูลภาพผลลัพธ์ที่มีฮิตโตแกรมสามมิติเล็กลงมาก โดยที่ค่าระดับสีเทาของข้อมูลภาพใหม่ในแต่ละแกนของฮิตโตแกรมเป็น x,y,z ตามลำดับ ซึ่งคอมบิเนชั่นทั้งหมดของ x,y,z จะต้องมีค่าน้อยกว่า 256 เท่านั้น ด้วยวิธีการแปลงข้อมูลภาพในลักษณะนี้ข้อมูลภาพชุดใหม่ที่มีความแตกต่างทางสีน้อยลงกว่าของข้อมูลภาพเดิมก็ยังคงสามารถรักษาคุณสมบัติของภาพเดิมไว้ได้มากที่สุด

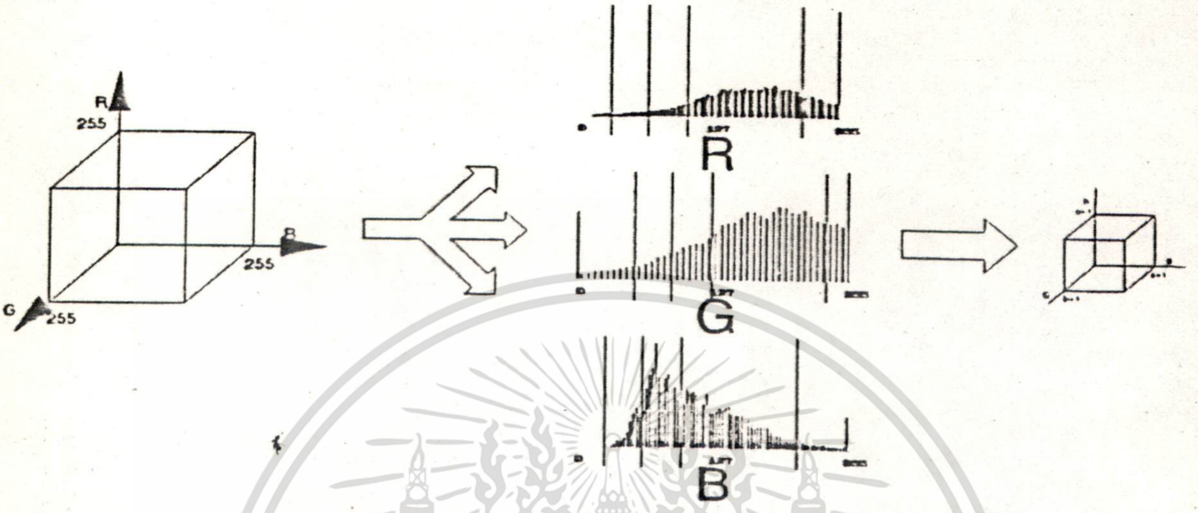


รูป 4 แสดงลักษณะการแปลงข้อมูลภาพ

สำหรับอัลกอริธึมที่ใช้ในการทรานฟอร์มข้อมูลภาพทั้งสามแบนด์ดังกล่าวนั้นสามารถกระทำได้ โดยอาศัยเทคนิคการตั้งค่าขีดเริ่มเปลี่ยนให้แก่ข้อมูลภาพทั้งสามแบนด์ดังกล่าวมาแล้วในหัวข้อ 4.1 โดยที่ผู้ใช้จะต้องตัดสินใจก่อนว่าข้อมูลภาพใหม่ที่ต้องการจากแต่ละแบนด์จะให้มีความแตกต่างของค่าระดับสีเทาเป็นเท่าไร จากนั้นจึงเริ่มทำการกำหนดค่าขีดเริ่มเปลี่ยนตามจำนวนที่ต้องการลงไปในฮิตโตแกรมของข้อมูลภาพแต่ละแบนด์ โดยที่ต้องคำนึงถึงคอมบิเนชั่นของข้อมูลภาพชุดใหม่ว่าจะต้องไม่เกิน 256 ค่า เช่น ถ้าต้องการแปลงข้อมูลจากฮิตโตแกรมของข้อมูลแต่ละแบนด์ซึ่งมีค่าระดับสีเทาแปรเปลี่ยนตั้งแต่ค่า 0 ถึง 255 เป็นข้อมูลใหม่ที่

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ค่าระดับสีเทาในฮิตโตแกรมของแต่ละแบนด์แปรเปลี่ยนตั้งแต่ 0-x,0-y และ 0-y จะต้องทำการกำหนดค่าขีดเริ่มเปลี่ยนในฮิตโตแกรมสำหรับข้อมูลภาพแต่ละแบนด์เป็นจำนวน x,y,z ค่าด้วย โดยที่คอมบิเนชั่นของ x,y,z จะต้องไม่เกิน 256 ค่า ดังแสดงในรูปที่ 5



รูป 5 แสดงการแปลงข้อมูลภาพสามแบนด์ให้มีขนาดเล็กลง

จากรูปที่ 5 จะเห็นว่าการตั้งค่าขีดเริ่มเปลี่ยนในฮิตโตแกรมเพื่อทำการจัดระดับชั้นของข้อมูลใหม่ เราจะได้ข้อมูลภาพใหม่ที่มีค่าระดับสีเทาลดลงจากข้อมูลเดิม โดยนำข้อมูลภาพเดิมมาทำการเปรียบเทียบกับค่าขีดเริ่มเปลี่ยนของฮิตโตแกรมแต่ละชุด โดยใช้อัลกอริธึมดังนี้

สำหรับข้อมูลภาพแบนด์ที่หนึ่ง r(x) กำหนดให้ใช้ค่าขีดเริ่มเปลี่ยน a+1 ค่าคือ $t_0, \ldots, t_a$

$$
(y,i,j) = \begin{cases} 0 & \text{ถ้า } r(x,i,j) < t_0 \\ 1 & \text{ถ้า } t_0 <= r(x,i,j) <= t_1 \\ 2 & \text{ถ้า } t_1 <= r(x,i,j) <= t_2 \\ 3 & \text{ถ้า } t_2 <= r(x,i,j) <= t_3 \\ \vdots & \\ \vdots & \\ a & \text{ถ้า } t_{a-1} <= r(x,i,j) <= t_a \\ a+1 & \text{ถ้า } r(x,i,j) >= t_a \end{cases}
$$

สำหรับข้อมูลภาพแบนด์ที่สาม g(x) กำหนดให้ใช้ค่าขีดเริ่มเปลี่ยน b+1 ค่าคือ $u_0, \ldots, u_b$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

32246

$$
G(y,i,j) = \begin{cases} 0 & \text{ถ้า } g(x,i,j) < u_0 \\ 1 & \text{ถ้า } u_0 <= g(x,i,j) <= u_1 \\ 2 & \text{ถ้า } u_1 <= g(x,i,j) <= u_2 \\ 3 & \text{ถ้า } u_2 <= g(x,i,j) <= u_3 \\ : & \\ : & \\ b & \text{ถ้า } u_{b-1} <= g(x,i,j) <= u_b \\ b+1 & \text{ถ้า } g(x,i,j) >= u_b \end{cases}
$$

สำหรับข้อมูลภาพแบนด์ที่สาม b(x) กำหนดให้ใช้ค่าขีดเริ่มเปลี่ยน c+1 ค่าคือ $v_0,.....,v_c$

$$
(y,i,j) = \begin{cases} 0 & \text{ถ้า } b(x,i,j) < v_0 \\ 1 & \text{ถ้า } v_0 <= b(x,i,j) <= v_1 \\ 2 & \text{ถ้า } v_1 <= b(x,i,j) <= v_2 \\ 3 & \text{ถ้า } v_2 <= b(x,i,j) <= v_3 \\ : & \\ : & \\ c & \text{ถ้า } v_{c-1} <= b(x,i,j) <= v_c \\ c+1 & \text{ถ้า } b(x,i,j) >= v_c \end{cases}
$$

โดยที่

r(x,i,j) คือ ข้อมูลภาพของพิกเซลใด ๆ ที่พิกัด i,j ของข้อมูลภาพแบนด์ที่ 1

g(x,i,j) คือ ข้อมูลภาพของพิกเซลใด ๆ ที่พิกัด i,j ของข้อมูลภาพแบนด์ที่ 2

b(x,i,j) คือ ข้อมูลภาพของพิกเซลใด ๆ ที่พิกัด i,j ของข้อมูลภาพแบนด์ที่ 3

R(y,i,j) คือ ข้อมูลภาพของพิกเซลใด ๆ ที่พิกัด i,j หลังการทรานฟอร์มแล้วของแบนด์ที่ 1

G(y,i,j) คือ ข้อมูลภาพของพิกเซลใด ๆ ที่พิกัด i,j หลังการทรานฟอร์มแล้วของแบนด์ที่ 2

B(y,i,j) คือ ข้อมูลภาพของพิกเซลใด ๆ ที่พิกัด i,j หลังการทรานฟอร์มแล้วของแบนด์ที่ 3

$t_0,...,t_a$ คือ ค่าขีดเริ่มเปลี่ยน (threshold) a+1 ค่าของข้อมูลภาพแบนด์ที่ 1

$t_0,...,t_b$ คือ ค่าขีดเริ่มเปลี่ยน (threshold) b+1 ค่าของข้อมูลภาพแบนด์ที่ 2

$t_0,...,t_c$ คือ ค่าขีดเริ่มเปลี่ยน (threshold) c+1 ค่าของข้อมูลภาพแบนด์ที่ 3

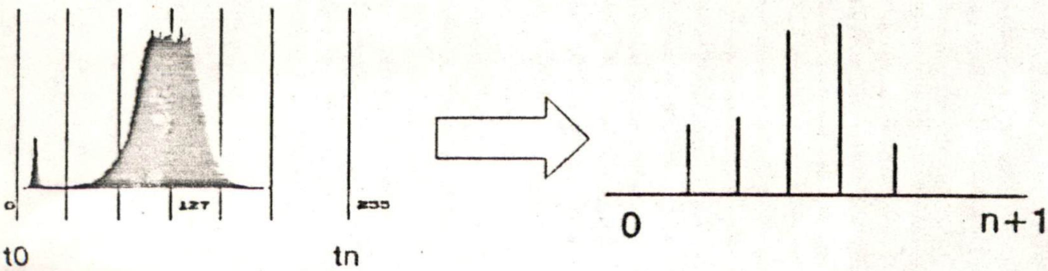
i คือ พิกัดในแนวตั้งของพิกเซลใด ๆ

j คือ พิกัดในแนวนอนของพิกเซลใด ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

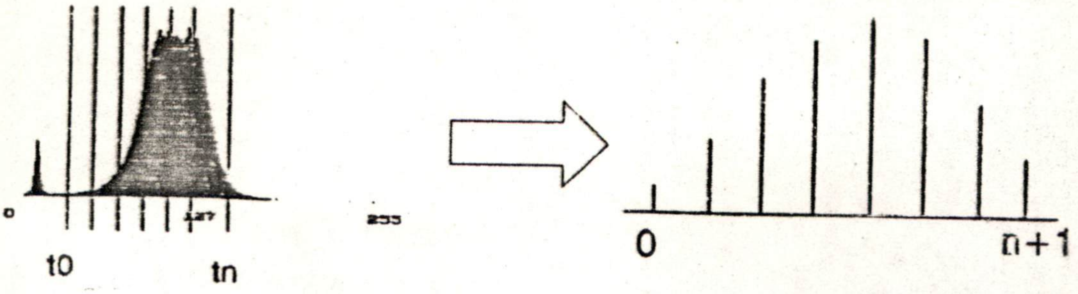
หลังจากทราบแล้วว่าเทคนิคในการตั้งขีดค่าเริ่มเปลี่ยน (threshcld) บนฮิตโตแกรมของข้อมูลภาพและทำการทรานฟอร์มในลักษณะที่กล่าวมา จะทำให้ได้ข้อมูลภาพชุดใหม่ที่มีขนาดเล็กลงพอที่จะนำไปใส่ในรีจิสเตอร์สีของ LUT ใน VGA ได้ แต่อย่างไรก็ตามวิธีการเลือกค่าขีดเริ่มเปลี่ยนดังกล่าวก็เป็นสิ่งสำคัญมากที่ต้องคำนึงถึง เพราะโดยปกติแล้วการตั้งค่าขีดเริ่มเปลี่ยนแล้วทำการทรานฟอร์มข้อมูลเพื่อให้ได้ข้อมูลก็คือ การลดรายละเอียดของภาพลงนั่นเอง ดังนั้นในการกำหนดค่าเริ่มเปลี่ยนนั้นจะต้องคำนึงถึงบริเวรที่มีความหนาแน่นของพิกเซลบนฮิตโตแกรมเป็นสำคัญ เพื่อให้ข้อมูลภาพใหม่ที่ได้จากการทรานฟอร์มแล้วยังคงสามารถรักษารายละเอียดและคุณสมบัติของภาพเดิมไว้ได้มากที่สุด อนึ่ง ฮิตโตแกรมของข้อมูลภาพโดยทั่ว ๆ ไปจะมีการกระจายไม่เหมือนกันบางครั้งตลอดช่วงของค่าระดับสีเทาบนฮิตโตแกรมซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 จนถึง 255 จะมีพิกเซลปรากฎอยู่ในบริเวณใดบริเวณหนึ่งเป็นช่วงสั้น ๆ เท่านั้น ดังแสดงในรูป 6 (a) ถ้าทำการกำหนดค่าขีดเริ่มเปลี่ยน n ค่าเพื่อแบ่งระดับชั้นของข้อมูล (class) ออกเป็น n+1 ช่วง โดยให้ค่าขีดเริ่มเปลี่ยนทั้ง n ค่าครอบคลุมค่าระดับสีเทาตลอดช่วง 0 ถึง 255 ดังรูป 6 (b) จะเห็นว่ารายละเอียดของภาพที่ได้จากการแปลงข้อมูลจะถูกลดทอนลงไปอย่างมากทำให้การตีความหมายของภาพทางสายตาผิดพลาดได้ ฉะนั้นในการตั้งค่าขีดเริ่มเปลี่ยนบนฮิตโตแกรมของข้อมูลภาพแต่ละแบนด์ให้มีประสิทธิภาพที่สุด จะต้องกำหนดตรงบริเวณที่มีความหนาแน่นของการกระจายของพิกเซลอย่างหนาแน่น ข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้จึงจะรายละเอียดและคุณสมบัติของภาพไว้ได้มากที่สุด ดังแสดงในรูป 6 (c)

(a)



(b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(c)

รูป 6 แสดงลักษณะการตั้งค่าขีดเริ่มเปลี่ยนบนฮิตโตแกรม

เมื่อทำการตั้งค่าขีดเริ่มเปลี่ยน (threshold) บนฮิตโตแกรมสามมิติของข้อมูลทั้งสามแบนด์ในลักษณะดังแสดงในรูป 6 (c) ซึ่งจะคำนึงถึงบริเวณที่มีพิกเซลกระจายอยู่อย่างหนาแน่น จะเห็นว่าวิธีตั้งค่าขีดเริ่มดังกล่าวจะสร้างตัวเป็นบล็อกค่าขีดเริ่มเปลี่ยนสามมิติ ซึ่งมีขนาดเท่ากับจำนวนคอมบิเนชันของข้อมูลภาพผลลัพธ์ทั้งสามแบนด์ และบล็อกค่าเริ่มเปลี่ยนสามมิตินี้จะสามารถเลื่อนไป ณ บริเวณใด ๆ ในสเปซของคอมบิเนชั่นของสีทั้งสามก็ได้ขึ้นอยู่กับว่าบริเวณนั้น ๆ มีการกระจายของพิกเซลของภาพอยู่หนาแน่นหรือไม่ ซึ่งข้อมูลที่ได้หลังจากทำการทรานฟอร์มแล้วจะเป็นข้อมูลที่จัดได้ว่ายังคงรักษารายละเอียดและคุณสมบัติของภาพดั้งเดิมไว้มากที่สุด

3. การกำหนดข้อมูลสีลงบนรีจิสเตอร์ของระบบ VGA

หลังจากที่ได้ทำการแปลงข้อมูลภาพทั้งสามแบนด์โดยวิธีการกำหนดค่าเริ่มเปลี่ยนบนฮิตโตแกรมเพื่อจะนำข้อมูลภาพผลลัพธ์มาทำการแสดงผลบนมอนิเตอร์ดังกล่าวมาแล้วในตอน 4.2 แต่ข้อมูลภาพผลลัพธ์ที่ได้มานั้นเป็นเพียงข้อมูลที่จะเป็นตัวอ้างอิงสีว่าที่พิกเซลนั้น ๆ จะมีรายละเอียดของสีเป็นเท่าไรหรือเกิดจากการผสมของสีทั้งสามในลักษณะอย่างไรเท่านั้น ซึ่งข้อมูลดังกล่าวไม่ได้บอกไว้ซึ่งรายละเอียดหรือข้อมูลของแต่ละสีที่จะถูกนำมาผสมกัน ผู้ใช้จะต้องทำการกำหนดข้อมูลเหล่านั้นอีกครั้ง โดยจะต้องคำนึงถึงเงื่อนไขของอัตราส่วนของการผสมของข้อมูลสีทั้งสามที่ได้กำหนดไว้ในขั้นตอนการควอนไทซ์ข้อมูล ซึ่งถ้าใช้การทรานฟอร์มที่มีอัตราส่วนของสีทั้งสามเท่ากับ X:Y:Z จะตีความได้ว่าทุก ๆ ค่าหนึ่งของ Y ของสีเขียวจะต้องประกอบด้วยข้อมูลสีของสีฟ้า Z ค่าขณะเดียวกันทุก ๆ ค่าหนึ่งของ X ของสีแดงจะต้องประกอบด้วยข้อมูลสีของสีเขียว Y ค่า เป็นต้น ซึ่งสามารถแสดงเป็นตารางได้ดังตาราง 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INDEX	RED	GRE	BLU
0	↑	↑	B0 - Bn
1			B0 - Bn
2			B0 - Bn
3		G0 - Gn	B0 - Bn
4			B0 - Bn
5		↓	B0 - Bn
6		↑	
7			
8			
9		G0 - GN	
10			
11		↓	
↓	R0 - Rn		
244			
245			
246			
247			
248			
249			
250		↑	B0 - Bn
251			B0 - Bn
252			B0 - Bn
253		G0 - Gn	B0 - Bn
254			B0 - Bn
255	↓	↓	B0 - Bn

ตาราง 1 แสดงลักษณะของข้อมูลสีในรีจิสเตอร์สีทั้งสามของ

Color look-up table ตามอัตราส่วนของข้อมูลภาพที่ผ่านการควอนไทซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางในรูป 1 นั้นจะแสดงให้เห็นถึงรูปแบบของข้อมูลสีทั้งสามแต่ค่าของข้อมูลแต่ละตัวที่จะถูกกำหนดลงบนรีจิสเตอร์จริง ๆ นั้น จะมีค่าเป็นเท่าไรก็ได้ ซึ่งในรีจิสเตอร์แต่ละตัวนั้นยอมรับค่าได้ในช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 63 หรือข้อมูลขนาด 6 บิท ซึ่งลักษณะเช่นนี้จะมีไว้ให้ผู้ใช้ทำการเลือกช่วงความเข้มของสีแต่ละสีที่นำมารวมกันได้ ซึ่งจะขึ้นกับพารามิเตอร์ตัวหนึ่งที่จะถูกนำมาใช้สเกลข้อมูลสีเหล่านั้น เช่น ถ้าผู้ใช้ต้องการภาพที่แสดงให้มีสีแบบจาง ๆ ก็ทำได้โดยการกำหนดค่าสีที่จะนำมาทำการสเกลให้มีค่าน้อย เพื่อให้ช่วงความแตกต่างของข้อมูลสีมีค่าไม่มากนักและมีค่าสูงสุดไม่มากนัก แต่ถ้าต้องการให้ภาพที่จะถูกแสดงผลมีสีที่ค่อนข้างเข้มก็ทำได้โดยการกำหนดค่าที่จะนำทำการสเกลข้อมูลสีให้มีค่าใหญ่ ๆ เพื่อที่จะทำให้ข้อมูลสีที่ถูกสเกลแล้วมีค่าค่อนข้างสูงสุดซึ่งจะสูงที่สุดได้ไม่เกิน 63 เป็นต้น ทั้งนี้ก็ต้องขึ้นกับการตัดสินใจของผู้ใช้ว่าลักษณะความเข้มสีอย่างไรจึงจะเหมาะกับรูปที่ต้องการแสดงผล

ตัวอย่าง การกำหนดข้อมูลสีลงบนรีจิสเตอร์สีทั้งสามโดยมีอัตราส่วน RGB เท่ากับ 7:6:6 สามารถแสดงได้ดังนี้คือ จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เมื่อพิจารณาอัตราส่วนแล้วแสดงว่า ทุก ๆ หนึ่งค่าของข้อมูลสีแดง ซึ่งมีทั้งหมด 7 ค่า จะประกอบด้วยสีเขียวจำนวน 6 ค่า และทุก ๆ หนึ่งของข้อมูลสีเขียว ซึ่งมีทั้งหมด 6 ค่า จะประกอบไปด้วยข้อมูลสีฟ้าจำนวน 6 ค่า ซึ่งข้อมูลทุก ๆ ค่าของสีแดงสมมุติให้เท่ากับ $R_1,R_2,...,R_7$ และสีเขียวเท่ากับ $G_1,G_2,.....,G_6$ และสีฟ้าเท่ากับ $B_1,B_2,....,B_6$

โดยที่

$$0 <= R_1 < R_2 < R_3 < R_4 < R_5 < R_6 < R_7 <= 63$$

$$0 <= G_1 < G_2 < G_3 < G_4 < G_5 < G_6 < G_7 <= 63$$

$$0 <= B_1 < B_2 < B_3 < B_4 < B_5 < B_6 < B_7 <= 63$$

ซึ่งสามารถแสดงลักษณะการจัดเรียงของข้อมูลสีในรีจิสเตอร์สีของ Color look-up table ได้ดังตาราง 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INDEX	RED	GRE	BLU
0	R1	G1	B1
1	R1	G1	B2
2	R1	G1	B3
3	R1	G1	B4
4	R1	G1	B5
5	R1	G1	B6
6	R1	G2	B1
7	R1	G2	B2
8	R1	G2	B3
9	R1	G2	B4
10	R1	G2	B5
11	R1	G2	B6
↓	↓	↓	↓
244	R1	G1	B1
245	R1	G1	B2
246	R1	G1	B3
247	R1	G1	B4
248	R1	G1	B5
249	R1	G1	B6
250	R1	G2	B1
251	R1	G2	B2
252	R1	G2	B3
253	R1	G2	B4
254	R1	G2	B5
255	R1	G2	B6

ตาราง 2 แสดงข้อมูลสีในรีจิสเตอร์สีของ Color look-up table โดยใช้อัตราส่วน ในการควอนไทซ์ข้อมูลภาพทั้งสามแบนด์เท่ากับ 7:6:6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สง ... ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดค่าของข้อมูลสีในรีจิสเตอร์สีทั้งสามของ Color look-up table กระทำได้โดยลักษณะดังนี้คือ

ให้

$$R_1,\ldots,R_7 = 0,1,2,3,4,5,6$$

$$G_1,\ldots,G_6 = 0,1,2,3,4,5$$

$$B_1,\ldots,B_6 = 0,1,2,3,4,5$$

ถ้าต้องการให้ภาพสีที่จะทำการแสดงมีสีค่อนข้างเข้ม ควรจะทำการสเกลค่า R,G,B ดังนี้

$$NR_n = (10xR_n) + 3 \quad ; (1 <= n <= 7)$$

$$NR_1,\ldots,NR_7 = 3,13,23,33,43,53,63$$

แต่เราต้องการให้ภาพที่จะทำการแสดงมีความเข้มสีค่อนข้างมาก ซึ่งควรที่จะให้ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของข้อมูลสีแต่ละสีมีความแตกต่างกันมากที่สุด จึงทำการกำหนดค่า NR1 ใหม่ให้เป็น '0' ฉะนั้น

$$NR_1,\ldots,NR_7 = 0,13,23,33,43,53,63$$

$$NG_n = (12xG_n) + 3 \quad ; (1 <= n <= 6)$$

$$NG_1,\ldots,NG_6 = 3,15,27,39,51,63$$

เช่นเดียวกันกับข้อมูลสีของสีแดง ฉะนั้น

$$NG_1,\ldots,NG_6 = 0,15,27,39,51,63$$

$$NB_n = (12xB_n) + 3 \quad ; (1 <= n <= 6)$$

$$NB_1,\ldots,NB_6 = 0,15,27,39,51,63$$

เช่นเดียวกันกับข้อมูลสีของสีแดงและสีเขียว ฉะนั้น

$$NB_1,\ldots,NB_6 = 0,15,27,39,51,63$$

ซึ่งเมื่อนำข้อมูลสีในตัวแปร NR_n,NG_n,NB_n ไปกำหนดลงบนรีจีสเตอร์สีทั้งสามแล้ว ข้อมูลสีในรีจีสเตอร์ทั้งสามจะมีลักษณะดังแสดงในตาราง 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INDEX	RED	GRE	BLU
0	0	0	0
1	0	0	15
2	0	0	27
3	0	0	39
4	0	0	51
5	0	0	63
6	0	15	0
7	0	15	15
8	0	15	27
9	0	15	39
10	0	15	51
11	0	15	63
	13		
	23		
	33		
	43		
	53		
244	63	51	0
245	63	51	15
246	63	51	27
247	63	51	39
248	63	51	51
249	63	51	63
250	63	51	0
251	63	51	15
252	63	51	27
253	63	51	39
254	63	51	51
255	63	51	63

ตาราง 3 แสดงข้อมูลสีในรีจีสเตอร์สีทั้งสามซึ่งมีอัตราส่วนของ RGB เท่ากับ 7:6:6

ซึ่งจะทำให้ภาพที่ทำการแสดงมีความเข้มสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการควอนไทซ์ข้อมูลภาพแบบหลายความถี่สามแบนด์คือ LOC.TM4 ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นข้อมูลภาพสำหรับแบนด์สีแดงและ LOC.TM3 ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นข้อมูลภาพสำหรับแบนด์สีเขียว และ LOC.TM1 ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นข้อมูลภาพสำหรับแบนด์สีน้ำเงิน ซึ่งเป็นภาพถ่ายดาวเทียมในระบบ TM ของดาวเทียม LANDSAT ด้วยความละเอียดของพิกเซลเท่ากับ 30 เมตร X 30 เมตร บริเวณอ่างเก็บน้ำในประเทศแคนาดาซึ่งทำการควอนไทซ์ข้อมูลภาพทั้งสามแบนด์ด้วยอัตราส่วนของสีแดง:สีเขียว:สีน้ำเงิน เท่ากับ 7:6:6 และทำการแสดงผลบนระบบ VGA ซึ่งมีข้อมูลสีในรีจีสเตอร์สีทั้งสามของ Color look-up table ดังในตาราง 2 จะเห็นว่าภาพผลลัพธ์จะมีความเข้มของสีค่อนข้างสูงดังแสดงในรูป 7

รูป 7 แสดงภาพสีผลลัพธ์ซึ่งข้อมูลสีในรีจีสเตอร์สีทั้งสามมีค่าค่อนข้างสูงจากตาราง 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้