

การปรับปรุงคุณภาพของภาพจากการขยายด้วยเทคนิค IBE-T Interpolation-Based Enhancement Technique for Image Enlargement

อัฐพร กิ่งบู^{1*} และปฏิมากร จริยธิติพงษ์²

Athaporn Kingboo^{1*} and Patimakorn Chariyathitipong²

¹ สาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และดิจิทัล คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

¹ Computer Technology and Digital, Faculty of Liberal Arts and Sciences Sisaket Rajabhat University

² สาขาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

² Software Engineering, Faculty of Liberal Arts and Sciences Sisaket Rajabhat University

*Email: atha2556@hotmail.com

Received: 24 Oct 19

Revised: 29 Feb 20

Accepted: 31 Mar 20

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เสนอเทคนิคการปรับปรุงคุณภาพของภาพที่ได้จากการขยายภาพ โดยการปรับค่าประสิทธิ์ให้กับพิกเซลใหม่ที่ได้จากประมาณค่า หรือทำนายค่าจากพิกเซลรอบข้าง ทำให้ภาพที่ได้จากการขยายมีความละเอียดและความคมชัดเพิ่มมากขึ้น ลดปัญหารอยหยักของภาพที่ได้จากการขยายภาพ เทคนิคการปรับปรุงคุณภาพของภาพจากการขยายของงานวิจัยนี้ มีการพัฒนามาจากพื้นฐานของเทคนิค Bicubic ซึ่งเป็นวิธีการสำหรับประมาณค่าให้แก่พิกเซลใหม่ที่ได้รับคามนิยมและนำมาใช้แก้ปัญหาในการเพิ่มความละเอียดของภาพได้เป็นอย่างดี และประเมินประสิทธิภาพของเทคนิค โดยใช้วิธีการหาค่า PSNR และ SSIM เปรียบเทียบผลการทดลองกับเทคนิค อื่นที่ใช้ในการทดลอง จากผลการทดลองการปรับปรุงคุณภาพของภาพจากการขยายของเทคนิคงานวิจัย มีค่า PSNR และ SSIM ที่มีค่าสูงกว่าเทคนิคอื่นในทุก ๆ ภาพที่ใช้ในการทดลอง และมีความสามารถในการแก้ปัญหารอยหยักจากภาพที่ขยายได้ดี แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของเทคนิคงานวิจัย ในการปรับปรุงคุณภาพของภาพด้วยวิธีการประมาณค่าให้แก่ภาพที่ต้องการขยายได้เป็นอย่างดี มีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: โบต์คิวบิก การปรับปรุงคุณภาพของภาพ การขยายภาพ การประมาณค่า

Abstract

This research presents a technique to improve a quality of an image obtained by adjusting the coefficients for the new pixels obtained estimating or predicting values from the neighbor pixels to create a new image that high-resolution and sharpness. The Interpolation Based Enhancement Technique (IBE-T) was developed based on the Bicubic technique, which is a method for estimating the new pixels that are popular and brought. Use to increase image resolutions. The results of evaluating the efficiency of the technique Using the PSNR and SSIM revealed the IBE-T technique had an average PSNR and SSIM which was better than other techniques, and had the ability to solve the aliasing from image enlargement. This demonstrated the effectiveness of the IBE-T to improve image quality, by estimating the image to grow effectively.

Keywords: Bicubic, Image Enhancement, Image Enlargement, Interpolation

1. บทนำ

ภาพดิจิทัลในปัจจุบัน สามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือภาพแบบแรสเตอร์ (Raster) และภาพแบบเวกเตอร์ (Vector) [1] แต่ถ้าต้องการนำภาพแบบแรสเตอร์ มาทำการขยายภาพในจุดที่สนใจภายในภาพ หรือขยายภาพให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเกินกว่าภาพต้นฉบับ ภาพที่ได้จากการขยายจะมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ (Figure 1) ทำให้ภาพหลังการขยายไม่มีความคมชัดและขาดความละเอียดของภาพ [2] จึงเป็นปัญหาสำคัญสำหรับ

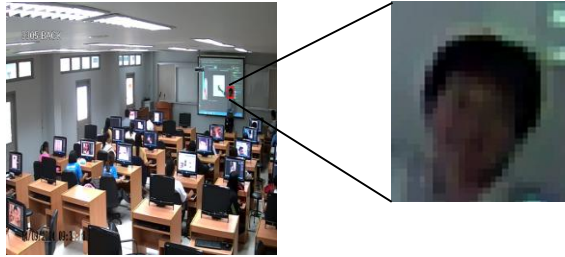


Figure 1 Image Enlarged

นำภาพนั้นไปใช้งานหรือต้องการนำภาพไปขยายในจุดที่สนใจ จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงคุณภาพของภาพที่ได้จากการขยายให้มีความคมชัดเพิ่มมากขึ้นเพื่อให้สามารถนำภาพนั้น ๆ ไปใช้งานได้ตามที่ต้องการ มีเทคนิคหลาย ๆ เทคนิคที่นำมาใช้ปรับปรุงคุณภาพของภาพ ให้มีคุณภาพในด้านต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้นกว่าภาพต้นฉบับที่มีคุณภาพต่ำ ซึ่งเทคนิคที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของภาพมีวิธีการ และความสามารถในการปรับปรุงคุณภาพของภาพในด้านต่าง ๆ ที่แตกต่างกัน [3] เทคนิคการปรับปรุงคุณภาพของภาพได้ถูกนำไปพัฒนาเป็นเครื่องมือให้กับโปรแกรมประยุกต์ต่าง ๆ สำหรับช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของภาพซึ่งเทคนิคที่นิยมนำมาใช้ ได้แก่ (1) การประมาณค่า (Interpolation) (2) การปรับปรุงความมืด ความสว่าง (Brightness) (3) การเน้นขอบภาพ (Edge detection) [4] และ (4) การกรองภาพ (Filter)

การประมาณค่า เป็นวิธีหนึ่งที่นิยมนำมาใช้สำหรับการประมวลผลข้อมูลภาพ การประมาณค่าเป็นวิธีหาค่าของจุดสี (Pixel) จากจุดรอบข้าง ที่ต้องการประมาณ นำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของภาพให้มีความคมชัดเพิ่มมากขึ้น [3] การประมาณค่ามีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในปัจจุบันมีเทคนิคต่าง ๆ สำหรับการประมาณค่า หลายวิธี [5], [6] และมีประสิทธิภาพในการปรับปรุงคุณภาพของภาพได้เป็นอย่างดี นิยมนำมาใช้งาน ได้แก่ (1) Nearest Neighbor [7] (2) Bicubic [8] (3) Bilinear [9] (4) Cubic Box [10] และ (5) Gaussian interpolation [11] ถึงแม้ว่าเทคนิคทางด้านการประมาณค่าพิกเซล จะมีประสิทธิภาพในการปรับปรุงคุณภาพของภาพ แต่ภาพที่ได้จากเทคนิคการประมาณค่าภาพจะมีลักษณะเบลอ สีของภาพผิดเพี้ยนไป ภาพขาดเส้นขอบของภาพ ภาพเน้นไปโทนสีใดสี

หนึ่งที่มีค่ามากที่สุด ทำให้ภาพไม่มีความคมชัด [1], [2] และภาพที่ได้มีขนาดของข้อมูลภาพใหญ่ขึ้นกว่าภาพต้นฉบับ จึงเป็นการสิ้นเปลืองพื้นที่อุปกรณ์สำหรับการจัดเก็บภาพ รวมทั้งต้องใช้ประสิทธิภาพของฮาร์ดแวร์สำหรับการประมวลผลภาพที่มีประสิทธิภาพสูงด้วย ปัญหาเหล่านี้ได้มีการปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาอย่างต่อเนื่องแต่ยังไม่สามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

งานวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอเทคนิค IBE-T ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น สำหรับการปรับปรุงคุณภาพของภาพ ด้วยวิธีการประมาณค่า โดยใช้สำหรับการปรับปรุงภาพที่ได้จากการขยายภาพให้มีคุณภาพด้านความคมชัดเพิ่มมากขึ้น โดยใช้วิธีการประมวลผลภาพใน ภายในพื้นที่ภาพ (Spatial Domain) บนพื้นฐานของเทคนิค Bicubic และกำหนดพิกเซล (Pixel) รอบข้างจุดที่ต้องการประมาณค่าสี ให้มีขนาด 4×4 และประเมินประสิทธิภาพเทคนิคโดยการหาค่า Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) และ Structural similarity (SSIM)

2. วิธีการวิจัย

มีหลายเทคนิคที่สามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาภาพที่ได้จากการขยาย เทคนิคเหล่านี้มีความแตกต่าง ๆ กันในด้านความเร็วในการประมวลผล และลดความซับซ้อนของเทคนิค [3], [4], [5] แต่เทคนิคเหล่านี้ยังไม่สามารถแก้ปัญหาขอบหยักที่มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ ได้ดีเท่าที่จะสามารถนำภาพนั้นไปใช้งานได้ เพื่อเป็นการลดขอบหยักของภาพจำเป็นต้องใช้เทคนิคสำหรับการปรับปรุงภาพในการเพิ่มความละเอียดภาพ ซึ่งงานวิจัยในครั้งนี้สามารถแบ่งวิธีการวิจัยออกได้ตามลำดับดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การประมาณค่า (Interpolation)

การประมาณค่า เป็นวิธีการหนึ่งในการประมวลผลภาพ ซึ่งเป็นการประมาณหรือทำนายค่า ให้กับพิกเซลที่อยู่ภายในภาพ โดยการกำหนดค่าสีให้กับพิกเซลใหม่ จากข้อมูลจุดสีตัวอย่างที่มีอยู่อย่างจำกัด[5], [7] ด้วยวิธีการนี้สามารถใช้ในการประมาณค่าที่ไม่ทราบได้จากจุดใด ๆ ของพิกเซลในภาพได้ (Figure 2)

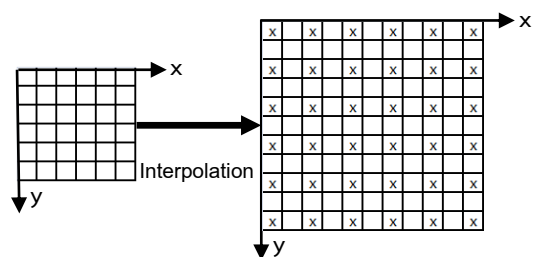


Figure 2 Matrix $m \times n$ Enlarge to $2m-1 \times 2n-1$

เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับการปรับปรุงคุณภาพของภาพด้านต่าง ๆ กระบวนการทำงานที่สำคัญของเทคนิคคือการ

ประมาณค่าของจุดภาพ หรือค่าความสว่างของจุดภาพใหม่ ซึ่ง จะเพิ่มความละเอียดของภาพขึ้นมาใหม่ ปัจจุบันมีเทคนิคการ ปรับปรุงคุณภาพของภาพด้วยวิธีการนี้ได้แก่ (1) high-frequency sub-band by discrete wavelet [3] (2) near/bi-cubic and dual tree-complex wavelet [8] (3) Super-Resolution [12], [13], [14] โดยการทำงานของ การประมาณค่า จะใช้การสันนิษฐานจากลักษณะการกระจายตัว ของวัตถุต่าง ๆ ในพื้นที่ศึกษาที่สัมพันธ์กันหรืออาจมองอีกทาง หนึ่งได้ว่าผลที่ได้มีความใกล้เคียงและมีแนวโน้มลักษณะ เดียวกัน สมการโดยทั่วไปของการประมาณค่าในการหาผลรวม จากน้ำหนักของข้อมูลมีดังนี้

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i) \quad (1)$$

โดยที่

$Z(s_i)$ = ค่าของจุดที่ได้ ณ ตำแหน่ง

λ_i = น้ำหนักที่ยังไม่ทราบค่า จากจุดที่ต้องการวัดค่า

s_0 = ตำแหน่งที่ต้องการประมาณค่า

N = จำนวนของจุดทั้งหมดที่วัดค่า

2.1.2 Bicubic Interpolation

Bicubic Interpolation เป็นเทคนิคการ ประมวลผลภาพ [5], [7], [10] ที่มีการนำไปพัฒนาอย่าง ต่อเนื่องและถูกนำไปใช้งานในโปรแกรมทางด้านการตกแต่ง ภาพอย่างแพร่หลาย ซึ่งเทคนิคที่ใช้ส่วนใหญ่ได้แก่ (1) Bicubic Smoother (2) Bicubic Sharper และ (3) Bicubic เป็น เทคนิคสำหรับการเพิ่มความละเอียดให้กับภาพที่เราทำการ ขยายภาพให้มีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าภาพต้นฉบับ โดยวิธีการของ เทคนิคนี้จะประมาณค่าพิกเซลที่เราสนใจ ซึ่งมีพื้นฐานการ ประมวลผล จากการประมาณค่าของสีในพิกเซลที่อยู่รอบข้าง จุดสนใจ พิกเซลรอบข้างพิกเซลที่สนใจจะถูกเรียกว่า “Nearest Neighbor” [10] โดยมีการประมาณค่าสีของพิกเซลรอบข้าง ขนาด พิกเซล หรือ $16 \times 4 \times 4$ พิกเซล สำหรับการคำนวณจุดที่ ต้องการประมาณค่ามีการนำมาใช้งานในมิติ (Dimension) มี 2 แบบ คือ one-dimension และ two-dimension [3] ซึ่งมี รูปแบบของสมการในการแก้ปัญหาดังต่อไปนี้

One-dimension

$$u(s) = \begin{cases} (3/2)|s| - (5/2)|s| + 1 & 0 \leq |s| < 1 \\ (-\frac{1}{2})|s| - (\frac{5}{2})|s| - 4|s| - 2 & 1 \leq |s| < 2 \\ 0 & 2 \leq |s| \end{cases} \quad (2)$$

Two-dimension

$$g(x, y) = \sum_{i=-1}^2 \sum_{m=-1}^2 c_{j+i, k+m} u(\text{distan } ce_x) u(\text{distan } ce_y) \quad (3)$$

โดยที่

(x, y) = จุดที่ประมาณค่าสี

j, k = ขนาดพิกเซลของภาพ

i, m = จุดเพื่อนบ้าน (Neighbor) ขนาด 4×4

$u()$ = ระยะจุดที่ประมาณ

2.1.3 Peak Signal-to-Noise Ratio

(PSNR)

เป็นเครื่องมือการประเมินประสิทธิภาพ ของเทคนิคการปรับปรุงคุณภาพของภาพที่ได้รับความนิยมมาก ที่สุด [14], [15] โดยค่าที่คำนวณได้นำไปเปรียบเทียบกับภาพ ต้นฉบับ ค่าที่ได้จะอยู่ในช่วง 1 – 100 ถ้าค่า PSNR สูงเข้าใกล้ 100 จะชี้ให้เห็นถึงคุณภาพของภาพที่ใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับ ซึ่งเป็นมาตรฐานที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบคุณภาพของ รูปภาพดิจิทัล รวมทั้งการประเมินประสิทธิภาพของเทคนิคด้าน ความละเอียด และการกรองภาพ สามารถคำนวณได้จาก สมการต่อไปนี้

$$PSNR = 10 \log_{10} b / RMSE \quad (4)$$

โดยที่

$b = 256$

$RMSE$ คือ ค่า Root Mean Square Error สามารถหาค่าได้ จากสมการดังต่อไปนี้

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (Obs - predict)^2}{n}} \quad (5)$$

โดยที่

Obs = ค่าที่แท้จริง

$predict$ = ค่าประมาณจากแบบจำลอง

n = จำนวนข้อมูล

2.1.4 Structural similarity (SSIM)

SSIM คือเครื่องมือชี้วัด ที่มีหน้าที่ในการ ประเมินผลเพื่อใช้ในการวัดประสิทธิภาพของเทคนิคทางด้านภาพ [13], [14], [16] โดยใช้ในการวัด เรื่องแสงและความคมชัด และ โครงสร้างของรูปภาพ มีวิธีการในการประมวลผลดังสมการที่ (6)

$$SSIM[f(i)g(i)] = 1/[f(i), g(i)]c[f(i), g(i)]s[f(i), g(i)] \quad (6)$$

โดยที่ $f(i)$ และ $g(i)$ เป็นค่าของภาพ และ วัดความคล้ายคลึงกันระหว่างสองภาพ ซึ่งค่าที่ได้จากการ ประมวลผลจะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

2.2 การพัฒนาเทคนิค

จากพื้นฐานของเทคนิคการประมาณค่า มีนักวิจัย นำไปพัฒนาสร้างเทคนิคต่าง ๆ สำหรับการเพิ่มคุณภาพของ ภาพในด้านความละเอียดให้กับภาพเป็นจำนวนมาก แต่ถ้า ต้องการนำเทคนิคเหล่านี้ไปเพิ่มความละเอียดให้ภาพที่ได้ทำ การขยายภาพให้ใหญ่ขึ้นเทคนิคเหล่านี้ยังไม่สามารถทำงานได้ อย่างมีประสิทธิภาพ [1], [2] และในปัจจุบันมีเทคนิคที่นิยม นำมาพัฒนาใช้งานในด้านการขยายภาพได้แก่ (1) Nearest

Neighbor (2) Bicubic (3) bilinear และ (4) Cubic Box เทคนิคเหล่านี้มีวิธีการเพิ่มคุณภาพของภาพในด้านความละเอียดของภาพและผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน เทคนิค IBE-T เป็นการปรับปรุงประสิทธิภาพของเทคนิค Bicubic ในด้านเพิ่มความละเอียดและความคมชัดให้แก่ภาพที่ได้ทำการขยาย ซึ่งมีวิธีการและขั้นตอนในการพัฒนาเทคนิคดังต่อไปนี้

2.2.1 ข้อมูลภาพ

การประมวลผลข้อมูลภาพสำหรับเทคนิคทางด้านคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่ภาพที่ใช้ในการประมวลผลภาพจะเป็นแบบ ภาพขาวดำ ภาพเกรย์สเกล (Gray image) และภาพสี ซึ่งภาพขาวดำจะมีค่าของพิกเซลเป็น 0,1 ภาพเกรย์สเกลมีค่าพิกเซลอยู่ในช่วง 0 - 255 การประมวลผลข้อมูลภาพในงานวิจัยนี้จะใช้ภาพแบบเกรย์สเกล และเป็นการประมวลผลภาพแบบ Two-dimension ในแนวของแกน X, Y (Figure 2) ภาพที่ใช้ในการทดสอบเป็นภาพแบบ แรสเตอร์ ที่ได้จากแหล่งข้อมูลภาพ [17] จำนวน 6 ภาพ (Figure 3) และมีคุณสมบัติดังตารางที่ (Table 1) โดยภาพตัวอย่างที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้จะมี

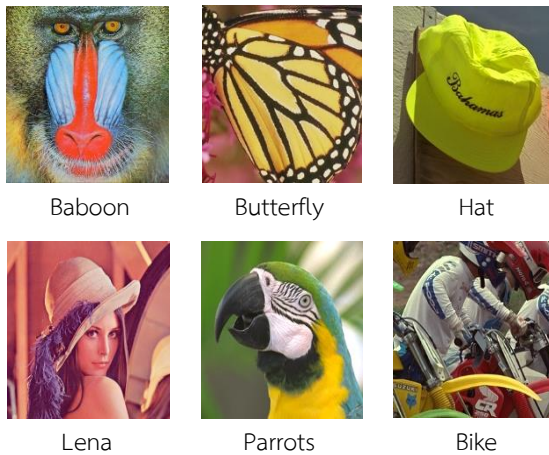


Figure 3 Original Images

Table 1 Detail Original Images

Images	Format	Resolution	Size(KB)
Baboon	Bitmap	309 x 309	280
Butterfly	Tiff	256 x 256	192
Hat	Tiff	256 x 256	192
Lena	Bitmap	309 x 309	280
Parrot	Tiff	256 x 256	192
Bike	Tiff	256 x 256	192

ความละเอียดและความคมชัดของภาพสูง และจะใช้เป็นภาพต้นฉบับในการทดลอง เพื่อวัดประสิทธิภาพของเทคนิค ภาพต้นฉบับจะถูกปรับให้เป็นภาพแบบเกรย์สเกล ในการทดลองจำเป็นต้องมีภาพที่มีคุณภาพต่ำ ซึ่งภาพคุณภาพต่ำถูกสร้างมาจากภาพเกรย์สเกลที่มีคุณภาพสูงที่เป็นภาพต้นฉบับ แต่ถูกลดทอนคุณภาพให้ต่ำกว่าภาพต้นฉบับ โดยการเพิ่มสัญญาณ

รบกวนตั้งแต่ 1dB – 50dB ให้กับภาพแต่ละภาพ จะได้ภาพที่มีสัญญาณรบกวนจำนวน 300 ภาพ และภาพที่ได้จากการย่อภาพให้มีขนาดเล็กลงจำนวน 300 ภาพ รวมภาพที่มีคุณภาพต่ำที่นำมาใช้ในการทดลองมีทั้งหมด 600 ภาพ และภาพเหล่านี้จะถูกปรับให้เป็นภาพขนาด 8 บิต

2.2.2 การปรับปรุงคุณภาพด้านแสง

การทำให้ภาพมีความคมชัดขึ้นส่วนใหญ่แล้วเป็นการปรับปรุงในด้านความสว่าง ความมืด เพราะช่วยให้เราสามารถเห็นรายละเอียดของภาพที่อาจจะมืดหรือสว่างมากเกินไป มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น ในการปรับภาพที่มีความสว่างหรือมืดเกินไปสามารถคำนวณได้ตามสมการดังต่อไปนี้

$$c = m \cdot s \quad (7)$$

$$s = \begin{cases} s < 1, \text{Dark} \\ s > 1, \text{Light} \\ s = 1, c \end{cases} \quad (8)$$

โดยที่

c = ภาพผลลัพธ์

m = ภาพต้นฉบับ

s = ความมืดหรือสว่าง

จากสมการที่ (7) จะนำมาใช้ในคำนวณเพื่อปรับปรุงคุณภาพของภาพกรณีภาพที่มีความมืดหรือความสว่างมากเกินไป โดยการปรับปรุงคุณภาพของภาพ ไม่จำเป็นต้องแยกการประมวลผลตามชนิดของการเกิดสี

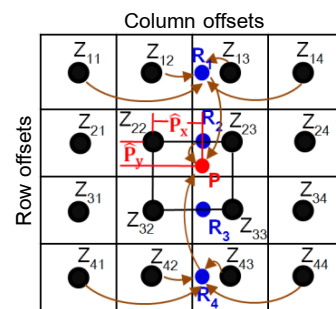


Figure 4 Method bicubic technique

2.2.3 เทคนิค Bicubic

พื้นฐานของเทคนิค Bicubic จะใช้ข้อมูลสำหรับการประมวลผลจากภาพต้นฉบับ โดยใช้พิกเซลล้อมรอบจุดที่ต้องการประมาณค่าสี่ที่มีเมทริกซ์ขนาด 4×4 พิกเซล เมื่อทำการประมาณค่าสี่เสร็จแล้วจะสร้างจุดสี่ขึ้นมาใหม่ จนครบกระบวนการของเทคนิค ซึ่งจะได้ภาพใหม่ ที่มีการประมาณค่าสี่ให้กับภาพที่ต้องการขยาย ขั้นตอนการประมวลผลจะเริ่มต้นจากการประมวลผลในส่วนของ One-dimension มีรูปแบบการทำงานของเทคนิคเป็นแบบบรรทัด (Row) และคอลัมน์

(Column) ซึ่งมีลักษณะการทำงานของเทคนิคตาม (Figure 4)

การหาค่าจุดที่ต้องการประมาณการประมาณค่าจุดสี่ ตาม(Figure 4) ถ้าต้องการหาค่า P ซึ่งเป็นจุดที่สนใจสำหรับการประมาณค่าและมีจุด Z_{22} , Z_{23} , Z_{32} และ Z_{33} เป็นจุดล้อมรอบจุดที่ต้องการประมาณ สามารถคำนวณหาค่าระยะห่างของ $\bar{P}_x$ และ $\bar{P}_y$ จากจุดสี่จุดที่ใกล้เคียงตามแนวของแกน X และ Y และกำหนดพื้นที่ภาพเพื่อทำการประมาณค่าขึ้นมาใหม่ สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\bar{P}_x = \frac{P_x - X_{22}}{X_{23} - X_{22}} \quad (9)$$

$$\bar{P}_y = \frac{P_y - Y_{22}}{Y_{23} - Y_{22}} \quad (10)$$

การหาค่า R_i ได้ ๆ ตาม (Figure 4) ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการคำนวณระยะห่าง สี่จุดในแนวของ Row โดยกำหนดให้จุด A_i, B_i, C_i และ D_i แทน Column ในตำแหน่งต่าง ๆ สามารถหาค่า R_i ได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$R_i = A_i x^3 + B_i x^2 + C_i x + D_i \quad (11)$$

จากสมการที่ (11) สามารถคำนวณหาค่าของเทคนิคใน 4 บรรทัด ของเทคนิค Bicubic ได้จากเมทริกซ์ จากสมการที่ (12)

$$\begin{bmatrix} A_1 & B_1 & C_1 & D_1 \\ A_2 & B_2 & C_2 & D_2 \\ A_3 & B_3 & C_3 & D_3 \\ A_4 & B_4 & C_4 & D_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1^3 & x_2^3 & x_3^3 & x_4^3 \\ x_1^2 & x_2^2 & x_3^2 & x_4^2 \\ x_1 & x_2 & x_3 & x_4 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} & Z_{13} & Z_{14} \\ Z_{21} & Z_{22} & Z_{23} & Z_{24} \\ Z_{31} & Z_{32} & Z_{33} & Z_{34} \\ Z_{41} & Z_{42} & Z_{43} & Z_{44} \end{bmatrix} \quad (12)$$

จากสมการพื้นฐานของเทคนิค Bicubic เมื่อนำมาพัฒนาสร้างเป็นขั้นตอนวิธี (Algorithm) สำหรับนำไปใช้ในการประมวลผลภาพ เพื่อปรับปรุงคุณภาพของภาพด้านความละเอียดหรือความคมชัดให้กับภาพที่ต้องการขยาย มีรูปแบบขั้นตอนวิธีของเทคนิค Bicubic ดังวิธีการต่อไปนี้

Algorithm: Bicubic Interpolation

1. input image
2. set variable
3. create Matrix zero(m,n,d)
4. loop
 - 4.1 read number into variable
 - 4.2 increase counter
 - 4.3 set matrix (X)
 - 4.4 set matrix (Y)
 - 4.5 calculate

$$\text{matrix}(m,n,1) = X \text{ sample}(:,1) Y$$

4.6 calculate

$$\text{matrix}(m,n,2) = X \text{ sample}(:,2) Y$$

4.7 calculate

$$\text{matrix}(m,n,3) = X \text{ sample}(:,3) Y$$

5. end loop

6. calculate

$$\text{Bicubic}(\text{matrix}(m,n,1), (\text{matrix}(m,n,2), (\text{matrix}(m,n,3)))$$

จากขั้นตอนวิธีการของเทคนิค Bicubic เมื่อนำไปใช้ในการประมวลผลภาพ เพื่อปรับปรุงคุณภาพของภาพที่ต้องการขยายภาพให้มีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าภาพต้นฉบับ ภาพใหม่ที่ได้จากเทคนิคนี้จะมีลักษณะตาม (Figure 7 (b)) ภาพจะมีลักษณะเบลอ ภาพไม่มีความคมชัด และภาพขาดเส้นขอบของรายละเอียดต่าง ๆ ภายในภาพ

วิธีการของเทคนิค Bicubic สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของเทคนิคในการปรับปรุงคุณภาพของภาพ ด้านความละเอียดภาพได้ โดยการเพิ่มขนาดของเมทริกซ์ เช่นขนาด 6×6 , 8×8 หรือขนาดเมทริกซ์ที่ใหญ่ขึ้นตามต้องการ ซึ่งถ้ามีขนาดเมทริกซ์ที่ใหญ่ขึ้นจะทำให้ได้ภาพที่ได้มีความละเอียดเพิ่มมากขึ้น แต่ภาพจะเบลอมากขึ้นตามลำดับ

2.2.4 เทคนิค IBE-T

เพื่อให้ภาพที่ได้จากการขยายมีการลดรอยหยักของภาพและเพิ่มความคมชัดของภาพให้เพิ่มมากขึ้น โดยเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับ และลดปัญหาในความซับซ้อนของวิธีการ จึงได้ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพของเทคนิค Bicubic ในบางส่วน เพื่อการปรับปรุงคุณภาพของภาพให้มีความละเอียดและความคมชัดเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเทคนิค IBE-T มีวิธีการประมวลผลตาม(Figure 5)

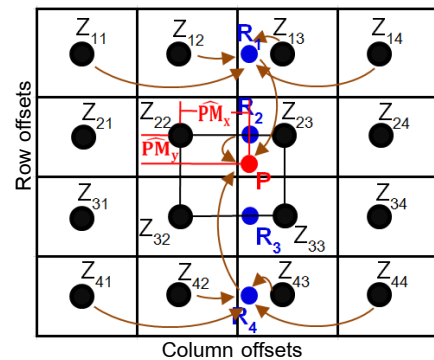


Figure 5 Method bicubic-M technique

และสามารถนำมาสร้างเป็นสมการของเทคนิคใหม่ดังต่อไปนี้

$$\bar{P}_x = P_x - [P_x] \cdot NN \quad (13)$$

$$\bar{P}_y = \frac{P_y - [P_y]}{NN} \quad (14)$$

จากสมการที่ (13) และสมการที่ (14) เป็นสมการปรับปรุงในส่วนของการประมวลผลพิกเซลที่ต้องการประมาณค่าพิกเซลใหม่ที่ประมาณค่าแล้วจะถูกปรับค่า

สัมพันธ์ในแต่ละพิกเซลภายในภาพที่สร้างขึ้นใหม่ที่อยู่ในแนวของแกน X,Y หรือ Row, Column ทั้งหมด เพื่อเพิ่มความคมชัดให้แก่ภาพที่ต้องการขยาย สำหรับวิธีการประมวลผลของเทคนิค IBE-T จะใช้ข้อมูลการประมวลผลภาพจากภาพต้นฉบับพร้อมทั้งสร้างภาพขึ้นมาใหม่ด้วยเมทริกซ์ที่มีขนาด 4×4 มีมิติ 3 มิติ โดยกำหนดให้ PM_x และ PM_y คือจุดที่ต้องการหาค่าจากจุด P_x, P_y เป็นจุดที่หาระยะห่างตามแนวแกน X,Y ซึ่งจุด P_x, P_y จะถูกสร้างขึ้นใหม่ตามขนาดภาพที่ต้องการขยายโดย $[P_x]$ คือลำดับชั้นในการประมวลผลในแนวของ Row ที่มีขนาด 4 Row และ $[P_y]$ คือลำดับชั้นในการประมวลผลในแนวของ Column ที่มีขนาด 4 Column และให้ NN คือจำนวนจุดล้อมรอบโดยกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 4 พร้อมทั้งได้ทำการปรับปรุงเทคนิค IBE-T สำหรับการปรับภาพที่มีความมืดหรือความสว่าง ด้วยการเพิ่มฟังก์ชันเพิ่มความสว่างหรือลดความสว่างของภาพ โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพเพิ่มปรับความมืดและความสว่างตามสมการที่ (15)

$$P_{xy} = X(Y \cdot S) \quad (15)$$

จากสมการให้ P_{xy} คือภาพที่ได้จากการประมวลผล ซึ่งสามารถประมวลผลจากค่าของจุดพิกเซลที่ต้องการประมาณค่า X, Y ใด ๆ ภายในภาพที่สร้างขึ้นใหม่นำค่า Y ไปคูณกับสมการเพื่อปรับค่าสัมพันธ์ของความสว่างหรือลดความสว่างตามฟังก์ชัน S ซึ่งฟังก์ชัน S เป็นเลขจำนวนเต็ม ถ้ามีการกำหนดให้ค่า S มีค่ามากกว่า 1 จะทำให้ได้ภาพที่มีความสว่างเพิ่มมากขึ้นตามค่าที่กำหนด และถ้ากำหนดให้ S มีค่าน้อยกว่า 1 ภาพที่ได้จะมีลดลงตามลำดับค่าตัวเลข

เทคนิค IBE-T สามารถพัฒนาเป็นวิธีการนำไปใช้ประมวลผลภาพจากการขยายภาพได้ตามวิธีการดังต่อไปนี้

Algorithm: IBE-T Interpolation

1. input image
2. set variable
3. create Matrix zero(m,n,d)
4. loop
 - 4.1 read number into variable
 - 4.2 increase counter
 - 4.3 set matrix (X)
 - 4.4 set matrix (Y)
 - 4.5 calculate matrix (X) $\times NN$
 - 4.6 calculate matrix (Y) $/ NN$

4.7 calculate

$$matrix(m,n,1) = X \text{ sample}(:, :, 1) Y (S/100)$$

4.8 calculate

$$matrix(m,n,2) = X \text{ sample}(:, :, 2) Y (S/100)$$

4.9 calculate

$$matrix(m,n,3) = X \text{ sample}(:, :, 3) Y (S/100)$$

5. end loop

6. calculate bicubic(matrix(m,n,1), (m,n,2), (m,n,3))

7. print IBE-T

จากเทคนิค IBE-T เมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิค Bicubic เห็นความแตกต่างตามวิธีการที่ 4.5 - 4.9 โดยวิธีการ IBE-T สามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของภาพจากการขยาย ซึ่งได้ผลการทดลอง ภาพที่ได้จะมีคุณภาพในด้านความละเอียดและความคมชัดเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับภาพที่ได้จากวิธีการ Bicubic

3. ผลการทดลองและการประเมินประสิทธิภาพ

การประเมินประสิทธิภาพของเทคนิค IBE-T จะใช้ผลการทดลองจากค่า PSNR และค่า SSIM ซึ่งค่าที่ได้จะเป็นการวัดประสิทธิภาพของเทคนิคในการปรับปรุงคุณภาพจากภาพที่มีคุณภาพต่ำให้มีคุณภาพของภาพที่เพิ่มมากขึ้น โดยทำการเปรียบเทียบภาพที่ได้จากเทคนิคกับภาพต้นฉบับที่มีความละเอียดสูง และเพื่อให้เห็นถึงประสิทธิภาพของเทคนิค IBE-T ในการปรับปรุงคุณภาพของภาพด้านการประมาณค่าพิกเซลในการเพิ่มความละเอียดและความคมชัดของภาพ จึงได้ทำการเปรียบเทียบผลการทดลองกับเทคนิค ASDS_LR_NL [12] และเทคนิค Demo_SR [13] ทั้งสองเทคนิคนี้เป็นเทคนิคที่ได้รับการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง และเป็นเทคนิคสำหรับการสร้างภาพความละเอียดสูง (Super-Resolution) ที่มีวิธีการสร้างภาพพื้นฐานจากการประมาณค่า พร้อมทั้งเปรียบเทียบผลการทดลองกับเทคนิค Bicubic มีผลการทดลองจากค่า PSNR และ SSIM ของภาพที่ได้จากเทคนิคดังต่อไปนี้

Table 2 Compared technique for Baboon Images noise 20dB

Scale	ASDS_AR_NL		Demo_SR		IBE-T	
	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM
x2	22.819	0.588	20.370	0.381	20.836	0.488
x3	19.617	0.339	18.938	0.221	20.246	0.363
x4	14.415	0.134	17.356	0.142	19.446	0.269
x5	11.271	0.065	15.974	0.100	18.585	0.207
x6	9.731	0.039	14.878	0.077	17.745	0.164
Average	15.570	0.233	17.503	0.184	19.371	0.298

Table 3 Compared technique for Butterfly Images noise 20dB

Scale	ASDS_AR_NL		Demo_SR		IBE-T	
	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM
x2	25.886	0.685	23.785	0.432	24.741	0.581
x3	20.796	0.341	21.046	0.228	23.396	0.405
x4	14.540	0.106	18.640	0.138	21.856	0.285
x5	11.044	0.045	16.786	0.094	20.422	0.216
x6	9.599	0.027	15.432	0.069	19.167	0.161
Average	16.373	0.240	19.137	0.192	21.916	0.329

Table 4 Compared technique for Hat Images noise 20dB

Scale	ASDS_AR_NL		Demo_SR		IBE-T	
	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM
x2	22.240	0.667	20.214	0.406	20.635	0.535
x3	18.853	0.341	18.769	0.229	20.052	0.385
x4	13.498	0.129	17.103	0.146	19.242	0.279
x5	10.465	0.066	15.614	0.102	18.349	0.210
x6	9.190	0.042	14.465	0.078	17.470	0.165
Average	14.849	0.249	17.233	0.192	19.149	0.314

Table 5 Compared technique for Lena Images noise 20dB

Scale	ASDS_AR_NL		Demo_SR		IBE-T	
	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM
x2	17.895	0.542	16.067	0.313	16.212	0.375
x3	16.131	0.353	15.497	0.211	15.999	0.296
x4	12.767	0.187	14.701	0.155	15.672	0.236
x5	10.318	0.111	13.868	0.122	15.264	0.193
x6	9.014	0.074	13.123	0.100	14.814	0.162
Average	13.225	0.253	14.651	0.180	15.592	0.252

Table 6 Compared technique for Parrots Images noise 20dB

Scale	ASDS_AR_NL		Demo_SR		IBE-T	
	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM
x2	20.980	0.610	18.998	0.349	19.317	0.470
x3	18.277	0.318	17.898	0.192	18.893	0.334
x4	13.840	0.137	16.595	0.123	18.297	0.249
x5	10.967	0.078	15.401	0.088	17.627	0.189
x6	9.470	0.050	14.427	0.069	16.946	0.147
Average	14.706	0.238	16.663	0.164	18.216	0.277

Table 7 Compared technique for Bike Images noise 20dB

Scale	ASDS_AR_NL		Demo_SR		IBE-T	
	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM
x2	20.893	0.532	19.292	0.335	19.614	0.421
x3	18.434	0.345	18.194	0.215	19.187	0.328
x4	14.010	0.162	16.855	0.149	18.565	0.255
x5	11.078	0.086	15.582	0.109	17.837	0.204
x6	9.563	0.053	14.544	0.085	17.088	0.166
Average	14.795	0.235	16.893	0.178	18.458	0.274

Table 8 Compared technique for PSNR, noise 20dB

Scale	Baboon		Butterfly		Hat	
	Bicubic	IBE-T	Bicubic	IBE-T	Bicubic	IBE-T
x2	19.655	19.733	17.179	17.188	23.958	24.042
x3	19.153	19.303	16.880	16.926	22.684	22.909
x4	18.434	18.676	16.430	16.530	21.184	21.527
x5	17.621	17.951	15.889	16.043	19.749	20.167
x6	16.811	17.215	15.306	15.510	18.480	18.948
Average	18.334	18.575	16.336	16.439	21.211	21.518

Table 9 Compared technique for SSIM, noise 20dB

Scale	Baboon		Butterfly		Hat	
	Bicubic	IBE-T	Bicubic	IBE-T	Bicubic	IBE-T
x2	0.255	0.258	0.467	0.472	0.541	0.556
x3	0.212	0.219	0.374	0.384	0.361	0.384
x4	0.172	0.182	0.307	0.318	0.249	0.270
x5	0.141	0.151	0.259	0.270	0.182	0.199
x6	0.118	0.128	0.222	0.234	0.140	0.155
Average	0.179	0.187	0.325	0.335	0.294	0.312

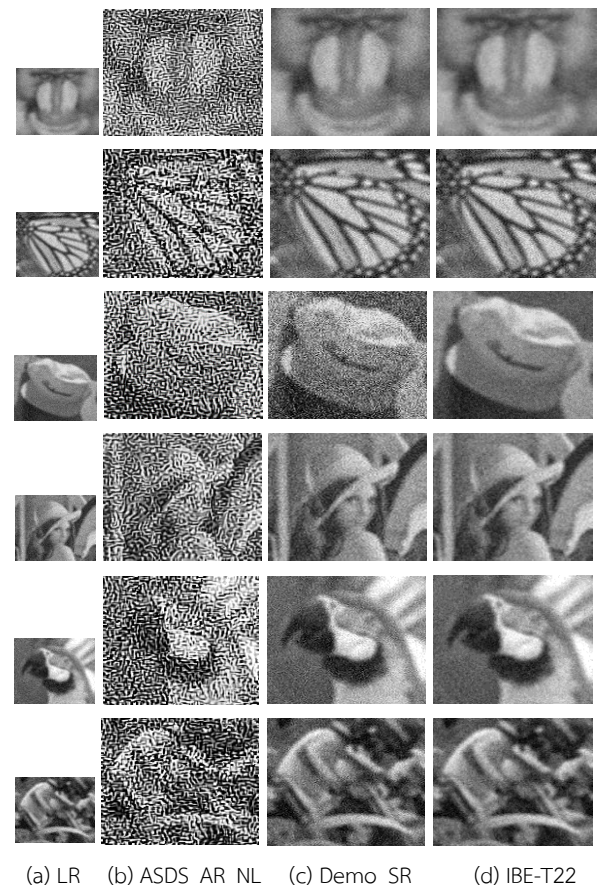


Figure 6 Compared images enhancement techniques For Low-Resolution (LR) image enlarged x2, noise 20dB.

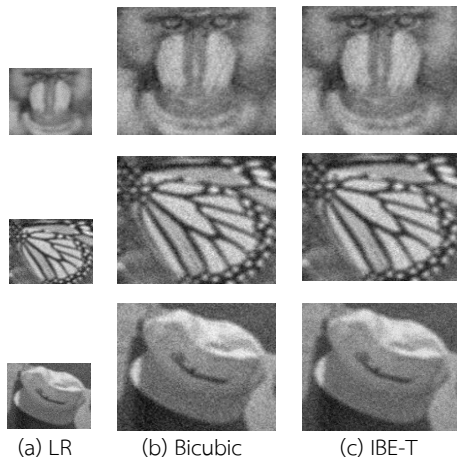


Figure 7 Compared images enhancement techniques for enlarged x2, noise 20dB.

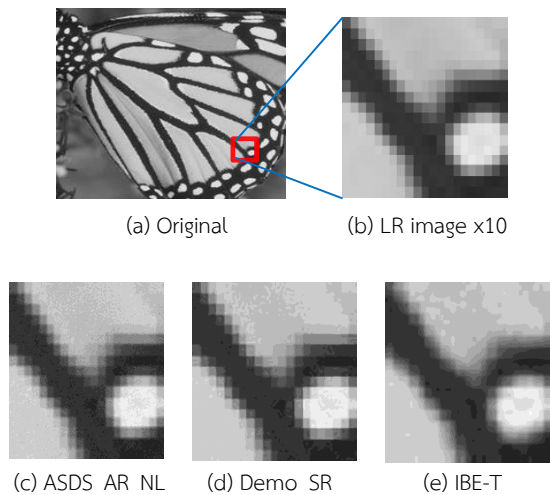


Figure 8 Compared images enhancement techniques for Butterfly enlarged x10.

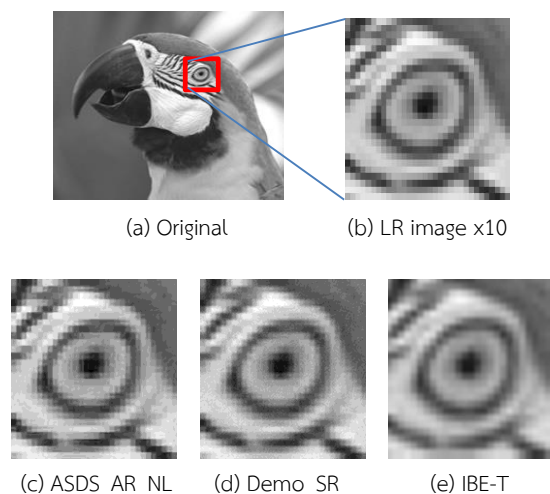


Figure 9 Compared images enhancement techniques for Parrots enlarged x10.

จากตัวอย่างผลการทดลองที่ระดับสัญญาณรบกวน 20dB และเพิ่มการขยายภาพให้มีขนาดที่ใหญ่ขึ้น ตามขนาด 2, 3, 4, 5 และ 6 เท่า เพื่อวัดประสิทธิภาพในการปรับปรุงคุณภาพของภาพที่ต้องการขยายให้ใหญ่ขึ้น ด้วยเทคนิค IBE-T และเทคนิคอื่นที่ใช้ในการทดลองเมื่อพิจารณาเฉพาะค่า PSNR เทคนิค IBE-T มีค่า PSNR ในแต่ละภาพที่สูงกว่าเทคนิคอื่นที่ใช้ในการทดลองและมีค่าเฉลี่ยสูงสุดกับภาพ Butterfly (Table 3) ที่ PSNR 21.916 และพิจารณาเฉพาะค่า SSIM เทคนิค IBE-T มีค่า SSIM ในแต่ละภาพที่สูงกว่าเทคนิคอื่นที่ใช้ในการทดลอง และมีค่าเฉลี่ยสูงสุดกับภาพ Butterfly (Table 3) ที่ SSIM 0.329 จากค่า PSNR และ ค่า SSIM เทคนิค IBE-T ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพในการปรับปรุงคุณภาพของภาพที่มีคุณภาพต่ำให้มีคุณภาพของภาพในด้านความละเอียดและความคมชัดเพิ่มมากขึ้นด้วยวิธีการประมาณค่าจากพิกเซลรอบข้าง ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของภาพที่มีขนาดเล็ก ที่ต้องการขยายภาพให้มีขนาดที่ใหญ่ขึ้น ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และดีกว่าเทคนิคอื่นที่ใช้ในการทดลอง เมื่อพิจารณาจากภาพตัวอย่าง (Figure 6) และ (Figure 7) จากผลการทดลองด้วยตาเปล่า ภาพที่ได้จากเทคนิค IBE-T มีความราบเรียบ (Smooth) มากขึ้นกว่าเทคนิคอื่นที่ใช้ในการทดลอง ภาพมีความชัดเจนนมากขึ้น แสดงให้เห็นว่าถึงประสิทธิภาพของเทคนิค IBE-T ที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มความละเอียดให้กับภาพที่ต้องการขยายได้ดีกว่าวิธีอื่นที่ใช้ในการทดลอง และสามารถแก้ปัญหาภาพที่มีสัญญาณรบกวนได้ดี เมื่อพิจารณาภาพที่ได้จากการขยายเฉพาะจุด (Figure 8) และ (Figure 9) จะสังเกตเห็นว่า ภาพที่ได้จากการปรับปรุงคุณภาพจากเทคนิค IBE-T สามารถแก้ปัญหารอยหยัก ที่เกิดจากการขยายภาพให้มีขนาดใหญ่ขึ้นได้ดี สามารถขจัดรอยหยักของภาพที่ได้จากการขยายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. สรุปผลการทดลอง

เทคนิค IBE-T เป็นเทคนิคที่พัฒนามาจากพื้นฐานเทคนิค Bicubic ซึ่งใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของภาพด้านความละเอียดของภาพที่ได้จากการขยาย โดยใช้วิธีการประมาณค่าหรือการทำนายค่าให้กับพิกเซลที่ต้องการประมาณค่าให้ภาพที่สร้างขึ้นใหม่ โดยการปรับค่าสัมประสิทธิ์ให้กับพิกเซลที่ได้จากการประมาณค่า ซึ่งเป็นวิธีการที่ไม่มีความซับซ้อน และมีประสิทธิภาพในการเพิ่มความละเอียดให้กับภาพ จึงทำให้ภาพที่ได้มีความคมชัดเพิ่มมากขึ้น สามารถนำไปปรับปรุงคุณภาพของภาพที่มีขนาดเล็กที่ต้องการขยายให้ใหญ่ขึ้น ที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในระบบเครือข่ายในปัจจุบันได้เป็นอย่างดี

ด้วยวิธีการเทคนิค IBE-T มีความสามารถในการปรับปรุงคุณภาพของภาพที่มีขนาดเล็กได้ดี และเป็นวิธีการเพิ่มความละเอียดและความคมชัดของภาพเท่านั้น แต่ยังไม่ได้มีการวัดหรือเปรียบเทียบคุณภาพของภาพในเรื่องการปรับปรุง

คุณภาพของภาพที่มีการเน้นขอบภาพ และการเบลอภาพ ซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้วิจัยจะทำการวิจัยในอนาคต

5. References

- [1] Munezawa,T., Goto, T. and Hirano, S. 2017. "Super-resolution method for enlarged images utilizing non-linear filtering". **2017 IEEE 6th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)**. 2017. Nagoya: 1-2.
- [2] Hsin, H. 2017. "Combination of saliency histogram equalization and seam carving for image resizing". **The Journal of Engineering**. 2017. : 285-291.
- [3] Suresha, D. and Prakash, H. 2016. "Single picture super resolution of natural images using N-Neighbor Adaptive Bilinear Interpolation and absolute asymmetry based wavelet hard thresholding". **2016 2nd International Conference on Applied and Theoretical Computing and Communication Technology (ICATccT)**. 2016. Bangalore: 387-393.
- [4] Minho, N. and Kyoungrok, C. 2018. " Implementation of real-time image edge detector based on a bump circuit and active pixels in a CMOS image sensor, Integration". **VLSI Journal**. 2018. 60(C) : 56-62.
- [5] Hu, Jing, and Wu. 2018. "Noise robust single image super-resolution using a multiscale image pyramid". **Signal Processing**. vol 148, July 2018: 157-171.
- [6] Yun, C., Yan, W. and Qi, L. 2018. "Research on Digital Image Scaling Based on Bicubic Filter Algorithm". **2018 IEEE 3rd International Conference on Image, Vision and Computing (ICIVC)**. 2018. Chongqing: 225-229.
- [7] Ga, P. and Um, G. 2018. "A compendious study of super-resolution techniques by single image". **Optik**. vol 166, August 2018 : 147-160.
- [8] Motmaen, M. and et al. 2018. "Image Inpainting by Hyperbolic Selection of Pixels for Two-Dimensional Bicubic Interpolations". **Electrical Engineering (ICEE), Iranian Conference**. 2018. Mashhad: 665-669.
- [9] Zhang, J. and et al. 2017. "Multilayer image segmentation based on Gaussian weighted Euclidean distance and nonlinear interpolation". **2017 10th International Congress on Image and Signal Processing, BioMedical Engineering and Informatics (CISP-BMEI)**. 2017. Shanghai: 1-5.
- [10] Li, H. and et al. 2018. "Super-Resolution Based on Noise Resistance Deep Convolutional Network". **Proc. Proceedings of the 2018 6th International Conference on Bioinformatics and Computational Biology**. 2018. Chengdu, China: 12-19.
- [11] Zhao, X. and et al. 2017. "Study on super-resolution reconstruction algorithm based on sparse representation and dictionary learning for remote sensing image". **2017 10th International Congress on Image and Signal Processing, BioMedical Engineering and Informatics (CISP-BMEI)**. 2017. Shanghai: 1-4.
- [12] Dong, W. and et al. 2012. "Image deblurring and Super-resolution by Adaptive Sparse Domain Selection and Adaptive Regularization". **IEEE Transactions on Image Processing**. Vol.20, no.7. July 2012: 1838-7857.
- [13] Dong, C. and Change, C. 2016. "Image Super-Resolution Using Deep Convolutional Networks". in **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**. Vol.3, Issue 2, February 2016: 295-307.
- [14] Zhang, Y. and et al. 2018. "Single-Image Super-Resolution Based on Rational Fractal Interpolation". in **IEEE Transactions on Image Processing**. Vol.27, no.8. Aug, 2018: 3782-3797.
- [15] Yue, L. and et al. 2016. "Image super-resolution: The techniques, applications, and future". **Signal Processing**. vol. 128. 2016: .408-389
- [16] Zhang, F. and et al. 2019. "Super resolution reconstruction for medical image based on adaptive multi-dictionary learning and structural self-similarity". **Computer Assisted Surgery**. 24:sup1, 2019: 81-88.
- [17] programmersought.com. 2018. **Digital image processing common data set resources**. <http://www.programmersought.com/article/7373391357/>. Accessed 6 January 2019.