

การสร้างภาพความละเอียดสูงจากภาพขนาดเล็กด้วยเทคนิค IE-T

อัฐพร กิ่งบุญ^{1,*}, ปณิมากร จริยนิติพงศ์²

^{1,2}คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

Received: 2 September 2020

Revised: 10 August 2021

Accepted: 11 August 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเทคนิคสำหรับการปรับปรุงความละเอียดของภาพที่ได้จากการขยายภาพที่มีขนาดเล็กให้มีความละเอียดเพิ่มขึ้นโดยใช้วิธีการปรับปรุงค่าพิกเซลใหม่ที่ได้จากการประมาณค่าจากพิกเซลรอบข้างที่มีขนาด 2×2 พิกเซล ทำให้พิกเซลใหม่มีความเหมาะสมกับพิกเซลรอบข้างมากที่สุด จึงทำให้ภาพที่ได้จากการขยายมีความละเอียด และความคมชัดของภาพเพิ่มมากขึ้น ลดปัญหารอยหยักของภาพ เทคนิคงานวิจัยนี้มีการพัฒนามาจากพื้นฐานของการประมาณค่า ซึ่งเป็นวิธีการสำหรับประมาณค่าให้กับพิกเซลใหม่ที่ได้รับคามนิยมและนำมาใช้สำหรับแก้ปัญหาในการเพิ่มความละเอียดของภาพได้เป็นอย่างดี และประเมินประสิทธิภาพของเทคนิคด้วยวิธีการหาค่า PSNR และ SSIM เปรียบเทียบผลการทดลองกับเทคนิคอื่นที่ใช้ในการทดลองจากผลการทดลองเทคนิค IE-T มีค่า PSNR และ SSIM ที่มีค่าสูงกว่าเทคนิคอื่นในทุกๆ ภาพที่ใช้ในการทดลองและมีความสามารถในการแก้ปัญหาภาพที่มีความละเอียดและความคมชัดต่ำที่มีขนาดเล็ก และลดรอยหยักจากภาพที่ขยายได้ดี แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของเทคนิค IE-T ในการเพิ่มความละเอียดและความคมชัดของภาพที่ได้จากการขยายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การปรับปรุงคุณภาพของภาพ การขยายภาพ การประมาณค่าภาพความละเอียดสูง

* ผู้ประสานงานหลัก; อีเมล: atha2556@hotmail.com

Super-Resolution from Smaller Image by IE-T Technique

Athaporn Kingboo^{1,*}, Patimakorn Chariyathitipong²

^{1,2}Faculty of Liberal Arts and Science, Sisaket Rajabhat University

Received: 2 September 2020

Revised: 10 August 2021

Accepted: 11 August 2021

Abstract

The objective of this research is to develop a technique for improving the quality of enlarged images by adjusting the coefficients for the new pixels obtained from estimating or predicting values from the nearest neighboring 2 x 2 pixels to create the high-resolution and high-sharpness images, and anti-aliasing. The Interpolation Based Enhancement Technique (IE-T) has been developed based on the interpolation technique, which is a popular method for estimating the new pixels, and for solving problems in increasing the resolution of the image as well. The experimental results by evaluating the efficiency of the technique using the PSNR and SSIM show that the IE-T has average PSNR and SSIM values which are higher than the obtained values from other technique, and also has the ability to reduce the aliasing effects of the enlarged images. The research results demonstrate the effectiveness of the IE-T technique in increasing the resolution and sharpness of the enlarged images efficiently.

Keywords: Image Enhancement, Image Enlargement, Interpolation, Image Super-Resolution

* Corresponding Author; E-mail: atha2556@hotmail.com

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ภาพดิจิทัล (Digital Image) สามารถแบ่งออกได้ 2 แบบ คือ ภาพแรสเตอร์ (Raster) และภาพเวกเตอร์ (Vector) แต่ถ้านำภาพแรสเตอร์ มาทำการขยายภาพให้มีขนาดใหญ่ขึ้นมากๆ เกินกว่าภาพต้นฉบับ ภาพที่ได้จากการขยายจะมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมเล็กๆ หรือรอยหยัก (Aliasing) ทำให้ภาพหลังการขยายไม่มีความละเอียดและความคมชัดของภาพโดยเฉพาะภาพต้นฉบับที่มีขนาดเล็ก ที่มีการใช้ในระบบอินเทอร์เน็ตเป็นจำนวนมากจึงเป็นปัญหาสำคัญสำหรับนำภาพนั้นไปใช้งานหรือต้องการนำภาพไปขยายในจุดที่สนใจจำเป็นต้องมีการปรับปรุงคุณภาพของภาพที่ได้จากการขยายให้มีความคมชัดเพิ่มมากขึ้นเพื่อสามารถนำภาพนั้นๆ ไปใช้งานได้ตามที่ต้องการมีหลายเทคนิคที่นำมาใช้ปรับปรุงคุณภาพของภาพให้มีคุณภาพในด้านต่างๆ เพิ่มมากขึ้น ซึ่งเทคนิคที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของภาพมีวิธีการและความสามารถในการปรับปรุงคุณภาพของภาพที่แตกต่างกัน ปัจจุบันมีเทคนิคสำหรับการปรับปรุงคุณภาพของภาพที่นิยมนำไปพัฒนาเป็นโปรแกรมประยุกต์ เพื่อช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของภาพ ได้แก่ (1) การประมาณค่า (Interpolation) (Jieying et al., 2020) (2) การเน้นขอบภาพ (Edge detection) (Thongpan, Rattanasiriwongwut, and Ketchum, 2019) (3) การปรับปรุงความมืด ความสว่าง (Brightness) และ (4) การกรองภาพ (Filter) (Yun, Yan, and Qi, 2018) การประมาณค่าเป็นวิธีการหนึ่งที่ยิมนำมาใช้ในการประมวลผลข้อมูลภาพ การประมาณค่าเป็นวิธีหาค่าของจุดสี (Pixel) จากจุดรอบข้าง ที่ต้องการประมาณ นำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของภาพให้มีความคมชัดเพิ่มมากขึ้น การประมาณค่ามีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในปัจจุบันมีเทคนิคที่พัฒนามาจากพื้นฐานการประมาณค่าหลายวิธี และมีประสิทธิภาพในการปรับปรุงคุณภาพของภาพได้เป็นอย่างดี และในปัจจุบันมีเทคนิคด้านการประมาณค่าที่นิยมนำมาใช้งาน ได้แก่ (1) Nearest Neighbor (Jieying et al., 2020) (2) Bicubic (Motmaen et al., 2018) (3) Gaussian interpolation (Zhang et al., 2017) (4) Bilinear (Suresha and Prakash, 2016) (5) Cubic Box (Li et al., 2018) และพื้นฐานการประมาณค่ายังสามารถนำไปพัฒนาให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการปรับปรุงคุณภาพของภาพเคลื่อนไหวได้หลายวิธีและปัจจุบันมีเทคนิคหนึ่งที่มีความนิยมเป็นอย่างมาก คือ เทคนิค Super-Resolution (Jing et al., 2020) เป็นเทคนิคที่มีกระบวนการในการสร้างภาพใหม่จากภาพหลายๆ ภาพ ในการประมวลผลเพื่อประมาณค่าให้กับพิกเซลใหม่จึงต้องใช้พิกเซลรอบข้าง ณ ตำแหน่งที่ต้องการประมาณค่าจากภาพหลายๆ ภาพ จึงทำให้พิกเซลใหม่ที่ประมาณค่าแล้วมีความเหมาะสมกับพิกเซลรอบข้างมากที่สุด ทำให้ภาพที่ได้มีความละเอียดและความคมชัดเพิ่มมากขึ้นพร้อมภาพมีขนาดที่ใหญ่ขึ้น จึงเป็นวิธีการเพิ่มความละเอียดและความคมชัดของภาพที่ดีกว่าวิธีการอื่น และยังลดปัญหาภาพมีสัญญาณรบกวนได้ดี แต่มีข้อเสียในด้านความล่าช้าในการประมวลผล และภาพที่ได้มีความจุข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจากหลายๆ เทคนิคถูกนำมาพัฒนาในรูปแบบโปรแกรมให้สามารถใช้งานได้อย่างง่าย ถึงแม้ว่าเทคนิคทางด้านการประมาณค่าข้อมูลภาพจะมีประสิทธิภาพในการเพิ่มความละเอียดของภาพ แต่ภาพที่ได้จากเทคนิคการประมาณค่า จะมีลักษณะเบลอ (Xueling et al., 2020) สีของภาพผิดเพี้ยนไป ภาพขาดเส้นขอบของภาพ ภาพเน้นไปโทนสีใดสีหนึ่งที่มีค่ามากที่สุด จึงทำให้ภาพไม่มีความคมชัด และภาพที่ได้มีขนาดของข้อมูลภาพใหญ่ขึ้นส่งผลให้ต้องใช้พื้นที่ในจัดเก็บมากขึ้น รวมทั้งต้องใช้ฮาร์ดแวร์ในการประมวลผลที่มีประสิทธิภาพสูง

งานวิจัยนี้จึงนำเสนอเทคนิค IE-T ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น สำหรับการปรับปรุงคุณภาพของภาพ ด้วยวิธีการประมาณค่า ใช้สำหรับการปรับปรุงภาพที่ได้จากการขยายภาพให้มีคุณภาพด้านความละเอียดและความคมชัดเพิ่มมากขึ้น โดยใช้วิธีการประมวลผลภาพนิ่งภายในพื้นที่ภาพ (Spatial Domain) บนพื้นฐานของเทคนิคการประมาณค่า

และกำหนดพิกเซลรอบข้างจุดที่ต้องการประมาณค่าสี่ ให้มีขนาด 2×2 พิกเซล และประเมินประสิทธิภาพเทคนิค โดยการหาค่า Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) (Zhang et al., 2018) และ Structural similarity (SSIM) (Li et al., 2018)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาเทคนิคสำหรับการปรับปรุงคุณภาพของภาพที่ได้จากการขยายภาพ จากภาพที่มีคุณภาพต่ำที่มีขนาดเล็ก ให้มีความละเอียดและความคมชัดเพิ่มขึ้น

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การประมาณค่า(Interpolation)

การประมาณค่า (Jieying et al., 2020) เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับการปรับปรุงคุณภาพของภาพด้านต่างๆ กระบวนการทำงานที่สำคัญของเทคนิค คือ การประมาณค่าของจุดภาพ หรือค่าความสว่างของจุดภาพใหม่ ซึ่งจะเพิ่มความละเอียดของภาพขึ้นมาใหม่ การทำงานของการประมาณค่า จะใช้การสันนิษฐานจากลักษณะการกระจายตัวของวัตถุต่างๆ ในพื้นที่ศึกษาที่สัมพันธ์กัน สมการโดยทั่วไปของการประมาณค่าในการหาผลรวมจากน้ำหนักของข้อมูลมีดังนี้

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

กำหนดให้

- $Z(s_i)$ คือ ค่าของจุดที่ได้ ณ ตำแหน่ง
- λ_i คือ น้ำหนักที่ยังไม่ทราบค่า จากจุดที่ต้องการวัดค่า
- s_0 คือ ตำแหน่งที่ต้องการประมาณค่า
- N คือ จำนวนของจุดทั้งหมดที่วัดค่า

Bicubic Interpolation

Bicubic Interpolation (Motmaen et al., 2018) เป็นเทคนิคสำหรับการประมวลผลภาพ ที่มีการนำไปพัฒนาอย่างแพร่หลาย เป็นเทคนิคเพิ่มความละเอียดให้กับภาพ โดยวิธีการของเทคนิคนี้จะประมาณค่าพิกเซลที่เราสนใจ มีพื้นฐานการประมวลผล จากการประมาณค่าของสี่พิกเซลที่อยู่รอบข้างจุดสนใจ พิกเซลรอบข้างพิกเซลที่สนใจจะถูกเรียกว่า “Nearest Neighbor” (Jieying et al., 2020) โดยมีการประมาณค่าสี่ของพิกเซลใหม่จากพิกเซลรอบข้างขนาด 4×4 พิกเซล และมีการคำนวณจุดที่ต้องการประมาณค่าในมิติ (Dimension) มี 2 แบบ คือ One-dimension และ Two-dimension ตามสมการ (2) และสมการ (3)

One-dimension

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

Two-dimension

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

กำหนดให้

(x,y) คือ จุดที่ประมาณค่าสี j,k คือ ขนาดพิกเซลของภาพ $u()$ คือ ระยะจุดที่ประมาณ
 i,m คือ จุดเพื่อนบ้าน (Nearest Neighbor) ขนาด 4×4 พิกเซล

Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR)

PSNR (Zhang et al., 2018) เป็นเครื่องมือการประเมินประสิทธิภาพของเทคนิคการปรับปรุงคุณภาพของภาพที่ได้รับความนิยมมากที่สุด โดยค่าที่คำนวณได้นำไปเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับ ค่าที่ได้จะอยู่ในช่วง 1-100 ถ้าค่า PSNR สูงเข้าใกล้ 100 จะชี้ให้เห็นถึงคุณภาพของภาพที่ใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับ ซึ่งเป็นมาตรฐานที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบคุณภาพของรูปภาพดิจิทัล รวมทั้งการประเมินประสิทธิภาพของเทคนิคด้านความละเอียด และการกรองภาพ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (4) ต่อไปนี้

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

กำหนดให้ $b = 255$ และ $RMSE$ คือ ค่า Root Mean Square Error สามารถหาค่าได้จากสมการที่ (5) ดังต่อไปนี้

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

กำหนดให้

Obs คือ ค่าที่แท้จริง
 $predict$ คือ ค่าประมาณจากแบบจำลอง
 n คือ จำนวนข้อมูล

Structural similarity (SSIM)

SSIM (Li et al., 2018) คือเครื่องมือชี้วัดที่มีหน้าที่ในการประเมินผลเพื่อใช้ในการวัดประสิทธิภาพของเทคนิคทางด้านภาพโดยใช้ในการวัด เรื่องแสงและความคมชัด และ โครงสร้างของรูปภาพ มีวิธีการในการประมวลผลดังสมการที่ (6)

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

โดยที่ $f(i)$ และ $g(i)$ เป็นค่าของภาพ และวัดความคล้ายคลึงกันระหว่างสองภาพ ซึ่งค่าที่ได้จากการประมวลผลจะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เทคนิค Adaptive Sparse Domain Selection and Adaptive Regularization หรือ ASDS_LR_NL_TD2 (Xueling et al., 2020; Jing et al., 2020) เป็นวิธีการปรับปรุงคุณภาพสำหรับภาพเบลอ และภาพมีสัญญาณรบกวน โดยการเพิ่มความละเอียดของภาพเพิ่มมากขึ้น ใช้วิธีการ adaptive sparse domain selection (ASDS) และ adaptive regularization (AREG) มีการปรับปรุงข้อมูลภาพให้มีความถูกต้องโดยการฝึก (Training) และการเรียนรู้ (Learning) จากข้อมูลที่มีคุณภาพสูง ดังนั้นเพื่อเป็นการปรับปรุงคุณภาพของภาพให้ดีขึ้น จึงได้ใช้ 2 วิธี คือ AREG และ ASDS ข้อดีของวิธีการนี้ คือ พิกเซลใหม่ที่ได้จากเทคนิคมีความใกล้เคียงกับพิกเซลรอบข้าง จึงทำให้ภาพมีค่าข้อมูลของพิกเซลที่ไม่ผิดเพี้ยนจากภาพต้นฉบับ ลดปัญหาการเบลอและสัญญาณรบกวนของภาพได้ ภาพมีความละเอียดและความคมชัดเพิ่มมากขึ้น ข้อเสียคือ ถ้ามีการกำหนดสัญญาณรบกวนหรือการเบลอภาพมากๆ ภาพที่ได้จะเบลอมากขึ้น มีการประมวลผลที่ล่าช้าภาพมีขนาดใหญ่ มีความจุข้อมูลภาพที่สูง

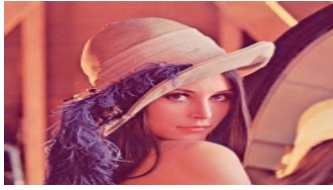
เทคนิค Image Super-Resolution Using Deep Convolutional Networks (SCN) หรือเทคนิค Demo_SR (Li et al., 2018; Jieying et al., 2020; Yunfeng et al., 2020) เป็นเทคนิคสำหรับการปรับปรุงคุณภาพจากภาพที่มีคุณภาพต่ำ ให้ภาพใหม่ที่สร้างขึ้นมีความละเอียดเพิ่มมากขึ้น โดยมีพื้นฐานของเทคนิค มาจากเทคนิค Deep Convolution Neural Networks (CNN) (Haiwu et al., 2020) วิธีการ SCN จะใช้ความหลักความสัมพันธ์จากการเชื่อมต่อกันของพิกเซลในแต่ละภาพ โดยการฝึก (Training) และการเรียนรู้จากภาพนิ่งหลายภาพจากนั้นหาค่าพิกเซลให้กับภาพใหม่ เพื่อสร้างภาพที่มีความละเอียดสูง ข้อดีของวิธีการนี้คือ พิกเซลใหม่ที่ได้จากเทคนิคมีความใกล้เคียงกับพิกเซลรอบข้าง เพราะมีการประมาณค่าจากภาพหลายๆ ภาพ จึงทำให้ภาพมีค่าข้อมูลของพิกเซลที่มีความถูกต้องและใกล้เคียงกัน ลดปัญหาการเบลอ และสัญญาณรบกวนของภาพได้ดี ภาพมีความละเอียดและความคมชัดเพิ่มมากขึ้น มีการประมวลผลที่เร็วข้อเสียคือ ในการประมวลผลต้องมีการสร้างภาพหลายๆ ภาพเพื่อช่วยในการประมาณค่า หากภาพมีคุณภาพต่ำมากๆ ภาพที่ได้จากการประมวลผลจะเบลอมาก ภาพมีขนาดใหญ่ มีความจุข้อมูลภาพที่สูง

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาเทคนิคงานวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาเทคนิคที่ทำงานร่วมกับเทคนิค Bicubic โดยใช้วิธีการปรับปรุงพื้นฐานเทคนิคการประมาณค่า ในด้านการเพิ่มความละเอียดและความคมชัดให้กับภาพ เพื่อแก้ปัญหาของภาพที่มีความละเอียดและความคมชัดต่ำที่ได้จากการขยาย สำหรับเทคนิคที่พัฒนาขึ้นมีวิธีดำเนินการวิจัยและขั้นตอนในการพัฒนาเทคนิค โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ข้อมูลภาพ

การประมวลผลข้อมูลภาพในงานวิจัยในนี้จะใช้ภาพแบบเกรย์สเกล (Gray Scale) ภาพเกรย์สเกลจะมีค่าพิกเซลอยู่ในช่วง 0-255 และเป็นการประมวลผลภาพแบบ Two-dimension ในแนวของแกน X, Y ภาพที่ใช้ในการทดสอบเป็นภาพสี แบบแรสเตอร์ ที่ได้จากแหล่งข้อมูลภาพ (Programmersough, 2018) จำนวน 6 ภาพ ภาพที่นำมาใช้ในการทดลองงานวิจัยนี้ เป็นภาพที่มีการนำมาใช้งานในการทดลองทางด้านการประมวลผลภาพที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย มีลักษณะของภาพตามตัวอย่างภาพที่ 1



(ก) Lena



(ข) Hat



(ค) Bike



(ง) Baboon



(จ) Butterfly



(ฉ) Parrots

ภาพที่ 1 ภาพมาตรฐานทั่วไปจากแหล่งข้อมูลภาพในระบบอินเทอร์เน็ต

และมีคุณสมบัติของภาพตามตารางที่ 1 โดยภาพตัวอย่างที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้จะมีความละเอียดและความคมชัดของภาพสูง และภาพเหล่านี้จะใช้เป็นภาพต้นฉบับในการทดลอง เพื่อวัดประสิทธิภาพของเทคนิค

ภาพต้นฉบับที่ได้จากแหล่งข้อมูลภาพ จะถูกปรับให้เป็นภาพแบบเกรย์สเกล เพื่อช่วยในประหยัดเวลาในด้านการประมวลผลของเทคนิคและไม่จำเป็นต้องใช้ฮาร์ดแวร์ที่มีประสิทธิภาพสูง และเป็นที่ยอมรับนำมาใช้ในการประมวลผลภาพในการทดลองเทคนิคต่างๆ และเมื่อต้องการนำภาพไปใช้งานจริงสามารถแปลงภาพแบบเกรย์สเกลเป็นภาพสีแบบ RGB ได้ตามต้องการ สำหรับการทดลองจำเป็นต้องมีภาพที่มีคุณภาพต่ำ ซึ่งภาพคุณภาพต่ำถูกสร้างมาจากภาพเกรย์สเกลที่มีคุณภาพสูงที่เป็นภาพต้นฉบับ แต่ถูกลดทอนคุณภาพให้ต่ำกว่าภาพต้นฉบับ โดยการเพิ่มสัญญาณรบกวนที่ระดับ 1dB-20dB และเพิ่มการเบลอ โดยใช้โปรแกรม MATLAB เวอร์ชัน 14(B) พร้อมทั้งปรับขนาดของภาพแต่ละภาพให้มีขนาดเล็กลงจะได้ภาพที่มีคุณภาพต่ำที่นำมาใช้ในการทดลองทั้งหมดจำนวน 120 ภาพตามตารางที่ 1 ด้านภาพคุณภาพต่ำ และภาพคุณภาพต่ำเหล่านี้ เมื่อนำมาใช้ในการทดลองจะถูกขยายภาพให้มีขนาดใหญ่ขึ้น โดยมีการขยายขนาดที่ระดับ x2, x4, x6, x8 และ x10 จะได้ภาพที่ถูกขยายขนาดที่นำมาใช้ในการทดลองทั้งหมด 720 ภาพ และมีข้อมูลภาพที่มีคุณภาพต่ำทั้งหมดที่ใช้ในการทดลองจำนวน 840 ภาพ และภาพเหล่านี้จะถูกปรับให้เป็นภาพขนาด 8 บิต เพื่อความรวดเร็วในการประมวลผลภาพ

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของภาพมาตรฐานทั่วไปจากแหล่งข้อมูลภาพในระบบอินเทอร์เน็ตที่ใช้ในการทดลอง

ภาพ	ภาพคุณภาพสูง				ภาพคุณภาพต่ำ			
	ไฟล์ภาพ	ขนาดภาพ (RGB)	ข้อมูลภาพ (KB)	จำนวนภาพ ที่ใช้	ปรับขนาด ลง	ขนาดภาพ (ระดับสีเทา)	ข้อมูลภาพ (KB)	จำนวนภาพ ที่ใช้
Lena	Bitmap	309 x 309	280	1	3 เท่า	103 x 103	11.5	20
Hat	Tiff	256x256	192	1	8 เท่า	32 x 32	.268	20
Bike	Tiff	256 x 256	192	1	4 เท่า	64x 64	8.15	20
Baboon	Bitmap	309x309	280	1	3 เท่า	103 x 103	11.5	20
Butterfly	Tiff	256x256	192	1	8 เท่า	32 x 32	.268	20
Parrots	Tiff	256 x 256	192	1	2 เท่า	128x128	63.7	20

เทคนิค Bicubic

พื้นฐานของเทคนิค Bicubic จะใช้ข้อมูลสำหรับการประมวลผลจากภาพต้นฉบับ โดยใช้พิกเซลล้อมรอบจุดที่ต้องการประมาณค่าสีที่มีเมทริกซ์ขนาด 4×4 พิกเซล เมื่อทำการประมาณค่าสีเสร็จแล้วจะสร้างจุดสีขึ้นมาใหม่จนครบกระบวนการของเทคนิค ซึ่งจะได้ภาพใหม่ ที่มีการประมาณค่าสีให้กับภาพที่ต้องการขยาย ขั้นตอนการประมวลผลจะเริ่มต้นจากการประมวลผลในส่วนของ One-dimension มีรูปแบบการทำงานของเทคนิคเป็นแบบบรรทัด (Row) และคอลัมน์ (Column) การหาค่าจุดที่ต้องการประมาณค่าสี ถ้าต้องการหาค่า P ซึ่งเป็นจุดที่สนใจสำหรับการประมาณค่า สามารถคำนวณหาค่าระยะห่างของ $\hat{P}_x$ และ $\hat{P}_y$ จากจุดสี่จุดที่ใกล้เคียงตามแนวของแกน X และ Y และกำหนดพื้นที่ภาพเพื่อทำการประมาณค่าขึ้นมาใหม่ สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\hat{P}_x = \frac{P_x - X_{22}}{X_{23} - X_{22}} \quad (7)$$

$$\hat{P}_y = \frac{P_y - Y_{22}}{Y_{23} - Y_{22}} \quad (8)$$

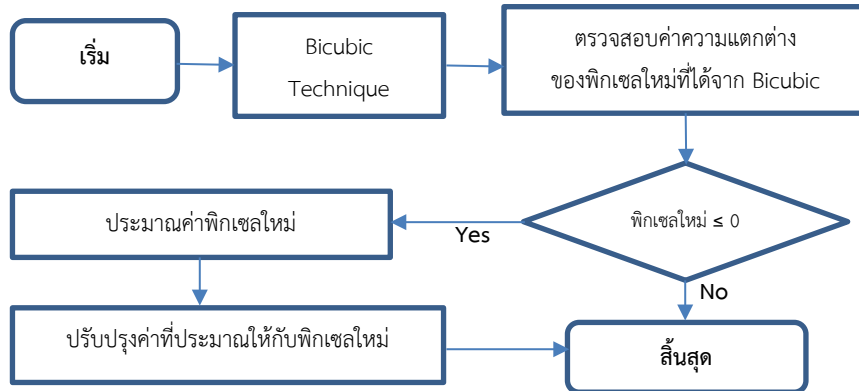
$$R_i = A_i x^3 + B_i x^2 + C_i x + D_i \quad (9)$$

ค่า R_i ใดๆ ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการคำนวณระยะห่างจากสี่จุดในแนวของ Row โดยกำหนดให้จุด A_i, B_i, C_i และ D_i แทน Column ในตำแหน่งต่างๆ สามารถหาค่า R_i ได้จากสมการที่ (9) แต่วิธีเทคนิค จากวิธีการของเทคนิค Bicubic เมื่อนำไปใช้ในการประมวลผลภาพ เพื่อปรับปรุงคุณภาพของภาพ ที่ต้องการขยายภาพให้มีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าภาพต้นฉบับ ภาพใหม่ที่ได้จากเทคนิคนี้จะมีลักษณะเบลอ ภาพไม่มีความคมชัด และภาพขาดเส้นขอบ

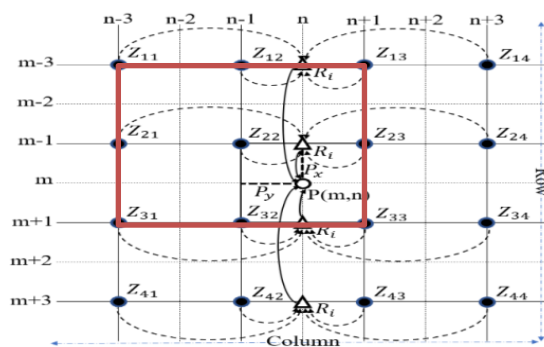
เทคนิค IE-T (Interpolation Based Enhancement Technique)

เพื่อให้ภาพที่ได้จากการขยายมีความละเอียดและความคมชัดของภาพเพิ่มมากขึ้น พร้อมทั้งลดปัญหาในความซับซ้อนของวิธีการ จึงได้ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพของเทคนิค Bicubic ในบางส่วน โดยการเพิ่มวิธีการของเทคนิค IE-T เพื่อช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของภาพให้มีความละเอียดและความคมชัดเพิ่มมากขึ้น เทคนิค IE-T มีขั้นตอนการประมวลผลตามภาพที่ 2 การประมวลผลภาพเพื่อแก้ปัญหาภาพไม่มีความคมชัดโดยวิธีการของเทคนิค IE-T จะทำงานหลังจากการประมวลผลของเทคนิค Bicubic ค่าข้อมูล ณ ตำแหน่งที่ต้องการประมาณค่าในเทคนิค

Bicubic จะถูกนำมาประมาณค่าอีกครั้งหนึ่งตามวิธีการของเทคนิค IE-T เพื่อให้พิกเซลใหม่ที่ต้องการประมาณค่า มีความถูกต้องมากที่สุด ในการประมาณค่าพิกเซล จะใช้วิธีปรับปรุงพิกเซลที่มีค่าความแตกต่างกับพิกเซลภายในพื้นที่ภาพโดยกำหนดขนาดพื้นที่ ที่ใช้ในการหาค่าพิกเซล 3×3 พิกเซล มีการกำหนดขอบเขตให้กับภาพตามภาพที่ 3



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการทำงานของเทคนิค IE-T



ภาพที่ 3 กำหนดขอบเขตการประมาณค่าของเทคนิค IE-T

เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการประมาณค่าพิกเซลและสามารถนำมาเขียนเป็นเมทริกซ์ของพื้นฐานการประมวลผลตามสมการที่ (10) จากนั้นทำการแทรกพิกเซลใหม่ที่มีค่าที่เหมาะสม แทนพิกเซลที่มีความแตกต่าง มีวิธีการสำหรับการประมวลผลของเทคนิคสำหรับการหาพิกเซลและประมาณค่าสีให้พิกเซลใหม่ดังต่อไปนี้

$$W_i = \begin{bmatrix} Z_{11}Z_{12}Z_{13} \\ Z_{21}Z_{22}Z_{23} \\ Z_{31}Z_{23}Z_{33} \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$c_i = \frac{|Z_i - \bar{Z}_i|}{\bar{Z}_i} \quad (11)$$

$$\tilde{c}_i = \frac{Z_i - \bar{Z}_i}{\bar{Z}_i} \quad (12)$$

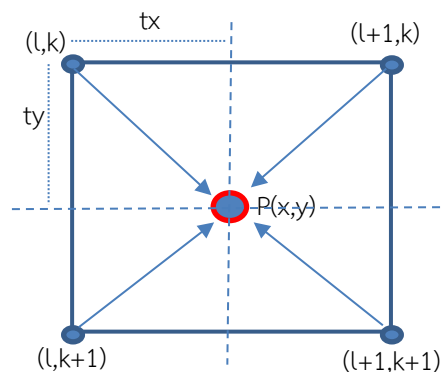
$$P_i = \frac{c_i - \tilde{c}_i}{\sum_{i=1}^n c_i} \quad (13)$$

$$\text{โดย } P_i \begin{cases} P_i \leq 0 & \text{ประมาณค่าพิกเซลใหม่} \\ P_i > 0 & \text{ไม่ประมาณค่าพิกเซล} \end{cases} \quad (14)$$

กำหนดให้

$c_i, \tilde{c}_i$ คือ ค่าพิกเซลใหม่ภายในพื้นที่ W_i z_i คือ ค่าพิกเซลภาพต้นฉบับคุณภาพต่ำ
 $\bar{z}_i$ คือ ค่าเฉลี่ยของพิกเซล P_i คือ ค่าของพิกเซลจุดที่สนใจ

จากพื้นที่ W_i กำหนดให้ Z_{22} เป็นพิกเซลที่ต้องการหาค่าความแตกต่างระหว่างพิกเซลรอบข้างภายในพื้นที่ W_i มีความแตกต่างกันเล็กน้อยเท่าใด ค่าที่ได้จะเป็นตัวกำหนดว่า พิกเซล Z_{22} ที่ได้จากการประมวลผลของ Bicubic ควรจะมีการปรับปรุงค่าพิกเซลใหม่หรือไม่ พิจารณาจากสมการที่ (15) ถ้าค่าพิกเซล P_i ที่ประมวลผลได้มีความแตกต่างจากพิกเซลรอบข้างมาก ค่าของพิกเซล P_i จะมีเท่ากับ 0 แต่ถ้าไม่มีความแตกต่างหรือมีความแตกต่างน้อย ค่าพิกเซล P_i จะมีค่ามากกว่า 0 ดังนั้น จึงนำหลักการนี้มาทำการปรับปรุงพิกเซลใหม่ให้กับภาพ โดยทำการตรวจสอบหาพิกเซล P_i ที่มีค่าเป็น 0 เมื่อได้ตำแหน่งที่พิจารณาแล้วนำพิกเซล P_i ไปประมาณค่าพิกเซลใหม่ให้มีความใกล้เคียงกับพิกเซลรอบข้าง แต่ถ้าพิกเซล P_i มีค่ามากกว่า 0 ณ ตำแหน่งพิกเซลที่พิจารณาก็จะไม่ถูกนำไปประมาณค่าพิกเซลใหม่หรือไม่ถูกนำไปประมวลผลเพื่อปรับปรุงพิกเซลใหม่ ในการประมาณค่าพิกเซลใหม่ของเทคนิค IE-T จะมีวิธีการประมาณค่าดังแสดงตามภาพที่ 4



ภาพที่ 4 วิธีการประมาณค่าของเทคนิค IE-T

$$P(x,y) = (1 - tx) \times im(l,k) + (1 - tx) \times ty \times im(l,k+1) + tx \times (1 - ty) \times im(l+1,k) + tx \times ty \times im(l+1,k+1) \quad (15)$$

$$\text{โดย } tx = x - l, ty = y - k$$

กำหนดให้

$P(x,y)$ คือ พิกเซลใหม่ที่มีการประมาณค่าที่เหมาะสม
 im คือ พิกเซลรอบข้าง

สำหรับการประมวลผลเพื่อประมาณค่าพิกเซลของงานวิจัยนี้ สามารถคำนวณหาค่าที่เหมาะสมของพิกเซลใหม่ได้จากสมการที่ (15) ในการประมาณค่าให้พิกเซลที่ได้ทำการหาค่าความแตกต่างแล้ว ณ ตำแหน่งที่สนใจจะใช้ข้อมูลภาพที่มีพิกเซลที่เป็นพิกเซลรอบข้างมาช่วยในการประมวลผล โดยจะใช้พิกเซลของภาพรอบข้างขนาด 2×2

พิกเซล เพื่อให้ได้ข้อมูลพิกเซลที่ต้องการประมาณค่าใหม่มีความถูกต้องมากที่สุด ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาเทคนิคและสามารถเขียนเป็นขั้นตอนวิธี (Algorithm) ของการตรวจสอบและพิจารณาพิกเซลในงานวิจัยนี้ตาม Algorithm 1

Algorithm 1: IE-T (การตรวจสอบพิกเซลที่แตกต่างและปรับปรุงพิกเซลใหม่)

1. **Bicubic Interpolation**; set variable;
 2. input image, set variable; create Matrix zero(c,r,d); Loop, read number into variable; $m = 3$, $n = 3$; $l = 2$, $k = 2$;
 3. for $x = 0$, $x < m$; For $y = 0$, $y < n$; ZBar = MeanWindows(x, y);
 4. $ZBc(x,y) = [Z(x,y) - Zbar] / ZBar$; //สมการที่ (11)
 5. $ZBC(x,y) = (Z(x,y) - Zbar) / ZBar$; //สมการที่ (12)
 6. MeanW = SumWindows(x,y);
 7. $P = ZBc(x,y) - ZBC(x,y) / MeanW$; //สมการที่ (13)
 8. if ($P > 0$) (x,y) = ZB(x,y); end if ; //สมการที่ (14)
 9. if ($P \leq 0$) (x,y) = RemoveNoise;
 10. (x,y) = Output $P(x,y)$; //สมการที่ (15)
 11. else (x,y) = Z(x,y);
 12. end; End loop;
-

จาก Algorithm 1 เป็นวิธีการหาค่าพิกเซลที่มีความแตกต่างกันภายในพื้นที่สนใจภายในพื้นที่ภาพ ข้อมูลภาพที่นำเข้า $Z(x,y)$ เป็นพิกเซลที่ตำแหน่ง (x,y) ของภาพและมีขนาด $m \times n$ ตำแหน่งของ (x,y) จะมีค่า โดย $x = 0, 1, 2, \dots, m-1$ และ $y = 0, 1, 2, \dots, n-1$ กำหนดพื้นที่ W_i สำหรับการพิจารณาหาค่าพิกเซลที่มีความแตกต่างจากพื้นที่ โดยวิธีการของเทคนิค IE-T สามารถกำหนดขนาดของเมทริกซ์ $m \times n$ กำหนดให้ $m = 3$ และ $n = 3$ ดังนั้นการหาค่าพิกเซลที่มีความแตกต่างจากพิกเซลที่ใกล้เคียงสามารถหาได้จากพื้นที่นี้ การประมวลผลของเทคนิค IE-T ในลำดับแรกจะต้องดำเนินการหาค่าเฉลี่ยของพื้นที่โดยหาได้จากฟังก์ชัน MeanWindows จากนั้นจะดำเนินการหาค่าความแตกต่างของพิกเซลภายในพื้นที่ W_i ที่ตำแหน่ง (x,y) สามารถคำนวณหาพิกเซลที่แตกต่างจากกลุ่มได้ตามสมการที่ (11) สมการที่ (12) และสมการที่ (13) และใช้ฟังก์ชัน SumWindows ในการประมวลผลเพื่อหาค่าผลรวมของพื้นที่ W_i จากนั้นทำการตรวจสอบพิกเซลที่สนใจ มีความแตกต่างจากพิกเซลในพื้นที่ W_i หรือไม่ โดยใช้สมการที่ (14) ถ้าพิกเซลที่สนใจมีค่ามากกว่า 0 แสดงว่าพิกเซลนั้น ไม่มีความแตกต่างจะไม่ถูกนำไปประมาณค่าพิกเซลใหม่ แต่ถ้าพิกเซลที่สนใจมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0 แสดงว่ามีความแตกต่างจากพิกเซลรอบข้าง จะทำการปรับปรุงพิกเซลที่เป็นพิกเซลที่ตำแหน่งที่มีความแตกต่างจากพิกเซลอื่น โดยทำการประมาณค่าพิกเซลใหม่ให้มีความเหมาะสมกับพิกเซลรอบข้างให้มากที่สุด สำหรับการประมาณค่าจะใช้สมการที่ (15) ช่วยในการประมวลผลรวมกับการลดสัญญาณรบกวนด้วยฟังก์ชัน RemoveNoise และกำหนดขนาดของเมทริกซ์ $l \times k$ กำหนดให้ $l = 2$ และ $k = 2$ จากวิธีการเทคนิค IE-T เพื่อให้ภาพที่มีคุณภาพต่ำ ที่มีสัญญาณรบกวน มีความละเอียดและความคมชัดเพิ่มมากขึ้น และลดปัญหาความซับซ้อนของวิธีการ จึงได้ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพบางส่วน of เทคนิค Bicubic ตามวิธีการ Algorithm 1 เพื่อประมาณค่าให้กับพิกเซลที่สนใจมีความถูกต้องมากที่สุด โดยสามารถพัฒนาเป็น Algorithm นำไปใช้ประมวลผลปรับปรุงคุณภาพของภาพและเพิ่มการปรับปรุงประสิทธิภาพสำหรับการตรวจสอบและประมาณค่าพิกเซลใหม่ของเทคนิค Bicubic โดยเพิ่มวิธีการของเทคนิค IE-T ตาม Algorithm1

ผลการวิจัย

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

ตารางที่ 2 ผลการทดลองกับภาพ Lena, Hat ที่ระดับสัญญาณรบกวนที่ 20dB

Scale	Lena						Hat					
	ASDS_AR_NL		Demo_SR		IE-T		ASDS_AR_NL		Demo_SR		IE-T	
	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM
x2	17.895	0.542	16.067	0.313	16.212	0.375	20.120	0.662	18.094	0.401	18.515	0.53
x4	12.767	0.187	14.701	0.155	15.672	0.236	11.378	0.124	14.983	0.141	17.122	0.274
x6	9.014	0.074	13.123	0.100	14.814	0.162	7.070	0.037	12.345	0.073	15.350	0.160
x8	8.063	0.043	12.202	0.072	13.531	0.154	6.281	0.016	11.240	0.037	14.390	0.105
x10	6.150	0.015	11.120	0.054	12.620	0.110	5.412	0.010	10.100	0.020	13.300	0.065
เฉลี่ย	10.777	0.172	13.442	0.138	14.569	0.207	10.052	0.170	13.352	0.134	15.735	0.227

ตารางที่ 3 ผลการทดลองกับภาพ Bike, Baboon ที่ระดับสัญญาณรบกวนที่ 20dB

Scale	Bike						Baboon					
	ASDS_AR_NL		Demo_SR		IE-T		ASDS_AR_NL		Demo_SR		IE-T	
	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM
x2	18.773	0.527	17.172	0.330	17.494	0.416	22.819	0.588	20.370	0.381	836.20	488.0
x4	11.890	0.157	14.735	0.144	16.445	0.250	14.415	0.134	17.356	0.142	446.19	269.0
x6	7.443	0.048	12.424	0.080	14.968	0.161	9.731	0.039	14.878	0.077	745.17	164.0
x8	5.290	0.021	11.300	0.056	14.752	0.115	7.623	0.024	13.560	0.043	17.120	0.135
x10	3.806	0.010	10.105	0.038	13.604	0.090	5.536	0.011	12.610	0.023	16.850	0.102
เฉลี่ย	9.440	0.153	13.147	0.130	15.453	0.206	12.024	0.159	15.754	0.133	18.399	0.231

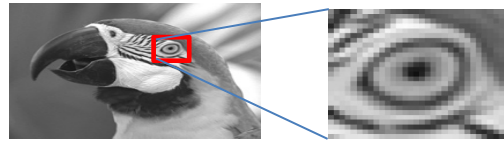
ตารางที่ 4 ผลการทดลองกับภาพ Butterfly, Parrots ที่ระดับสัญญาณรบกวนที่ 20dB

Scale	Butterfly						Parrots					
	ASDS_AR_NL		Demo_SR		IE-T		ASDS_AR_NL		Demo_SR		IE-T	
	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM
x2	23.766	0.680	21.665	0.427	22.621	0.576	20.980	0.610	18.998	0.349	19.317	0.470
x4	12.420	0.101	16.520	0.133	19.736	0.280	13.840	0.137	16.595	0.123	18.297	0.249
x6	7.479	0.022	13.312	0.064	17.047	0.156	9.470	0.050	14.427	0.069	16.946	0.147
x8	5.340	0.014	12.550	0.027	16.090	0.115	8.550	0.024	13.310	0.054	15.420	0.095
x10	3.452	0.000	11.425	0.007	15.200	0.045	7.400	0.015	12.215	0.025	14.820	0.045
เฉลี่ย	10.491	0.163	15.094	0.132	18.139	0.234	12.048	0.167	15.109	0.124	16.960	0.201

ตารางที่ 5 ผลการทดลองค่า PSNR และ SSIM กับภาพที่ใช้ในการทดลองกับเทคนิค Bicubic และ IE-T

Scale	PSNR						SSIM					
	Baboon		Butterfly		Hat		Baboon		Butterfly		Hat	
	Bicubic	IE-T	Bicubic	IE-T	Bicubic	IE-T	Bicubic	IE-T	Bicubic	IE-T	Bicubic	IE-T
x2	19.655	19.733	15.059	15.068	21.838	21.922	0.255	0.258	0.460	0.465	0.534	0.549
x4	18.434	18.676	14.31	14.41	19.064	19.407	0.172	0.182	0.300	0.311	0.242	0.263
x5	17.621	17.951	13.769	13.923	17.629	18.047	0.141	0.151	0.252	0.263	0.175	0.192
x8	15.530	16.012	12.700	12.830	15.630	16.020	0.073	0.095	0.196	0.209	0.103	0.117
x10	14.600	15.210	11.620	11.745	14.55	15.422	0.040	0.078	0.143	0.174	0.053	0.088
เฉลี่ย	17.168	17.516	13.491	13.595	17.742	18.163	0.136	0.152	0.270	0.284	0.221	0.241

จากผลการทดลองเทคนิค ตามตารางที่ 2, 3, 4 และ 5 กับภาพคุณภาพต่ำ และเพิ่มการขยายภาพให้มีขนาดที่ใหญ่ขึ้น ตามขนาด x2, x4, x6, x8 และ x10 เท่า เมื่อพิจารณาเฉพาะค่า PSNR เทคนิค IE-T มีค่า PSNR ในแต่ละภาพที่สูงกว่าเทคนิคอื่นที่ใช้ในการทดลองและมีค่าเฉลี่ยสูงสุดกับภาพ Baboon ตามตารางที่ 3 ที่ PSNR 18.399 และพิจารณาเฉพาะค่า SSIM เทคนิค IE-T มีค่า SSIM ในแต่ละภาพที่สูงกว่าเทคนิคอื่นที่ใช้ในการทดลองและมีค่าเฉลี่ยสูงสุดกับภาพ Butterfly ตามตารางที่ 4 ที่ SSIM 0.234 ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของเทคนิค IE-T ที่มีความสามารถในการปรับปรุงคุณภาพของภาพที่มีคุณภาพต่ำที่มีขนาดเล็ก เมื่อทำการขยายภาพแล้วทำให้ภาพที่ได้จากการขยายมีคุณภาพในด้านความละเอียดและความคมชัดเพิ่มมากขึ้น สามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของภาพที่มีขนาดเล็ก ที่ต้องการขยายภาพให้มีขนาดที่ใหญ่ขึ้น ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และดีกว่าเทคนิคอื่นที่ใช้ในการทดลองและมีค่า PSNR และ SSIM ที่มีค่าสูงกว่า เทคนิค Bicubic ในทุกภาพที่ใช้ในการทดลอง

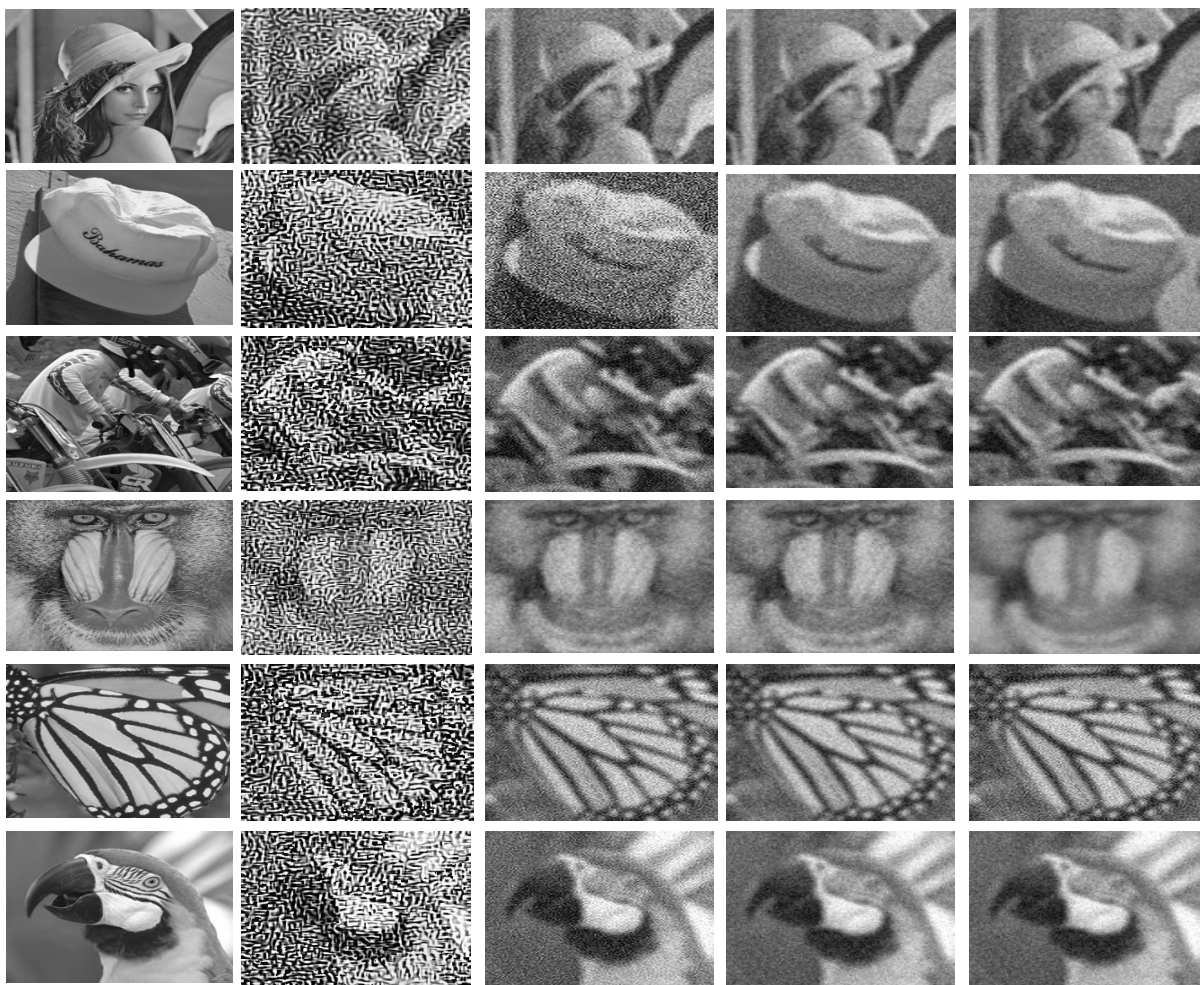


(ก) ภาพต้นฉบับ (ข) ภาพความละเอียดต่ำขยายขนาด 10 เท่า



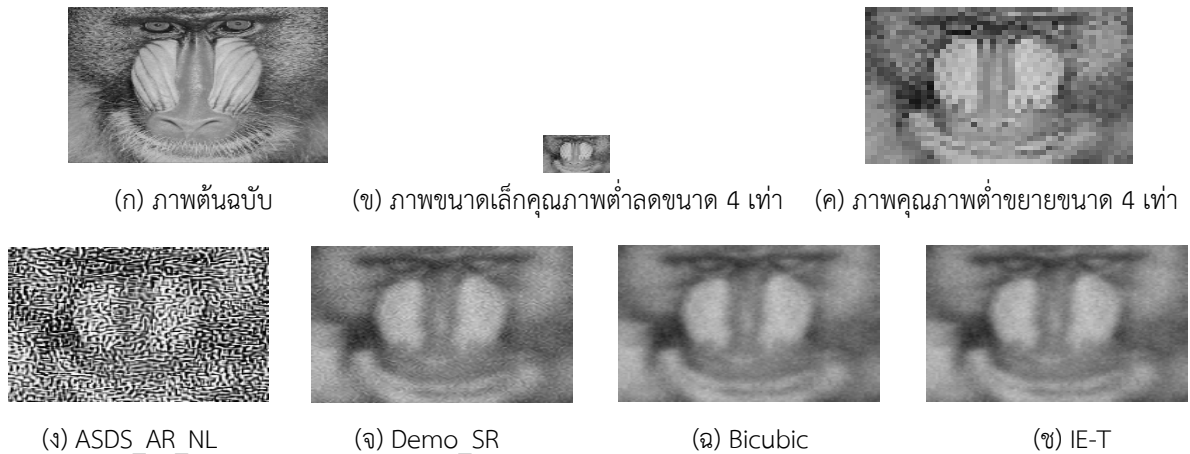
(ค) ASDS_AR_NL (ง) Demo_SR (จ) Bicubic (ฉ) IE-T

ภาพที่ 5 ผลการทดลองเทคนิค กับภาพ Parrots ที่มีการขยายภาพเฉพาะจุด ขนาด 10 เท่า



(ก) ภาพต้นฉบับ (HR) (ข) ASDS_AR_NL (ค) Demo_SR (ง) Bicubic (ฉ) IE-T

ภาพที่ 6 ภาพความละเอียดสูงจากการทดลองเทคนิคที่ใช้ในงานวิจัย ที่ได้จากขยายขนาด 10 เท่า
เมื่อเทียบกับภาพต้นฉบับที่มีความละเอียดสูง (High-Resolution : HR)



ภาพที่ 7 ผลการทดลองเทคนิคที่ใช้ในงานวิจัย กับภาพ Baboon (ข) ที่มีการลดขนาดลง 4 เท่า

เมื่อพิจารณาจากภาพตัวอย่างจากผลการทดลอง ตามภาพที่ 6 และภาพที่ 7 เมื่อพิจารณาด้วยตาเปล่า ภาพที่ได้จากเทคนิค IE-T มีความราบเรียบ (Smooth) มากขึ้นกว่าเทคนิคอื่นที่ใช้ในการทดลองภาพมีความชัดเจนนมากขึ้น แสดงให้เห็นว่าถึงประสิทธิภาพของเทคนิค IE-T ที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มความละเอียดให้กับภาพที่ต้องการขยายได้ดีกว่าวิธีอื่นที่ใช้ในการทดลอง และสามารถแก้ปัญหาภาพที่มีสัญญาณรบกวนได้ดี เมื่อพิจารณาภาพที่ได้จากการขยายเฉพาะจุด ตามภาพที่ 5 จะสังเกตเห็นว่า ภาพที่ได้จากการปรับปรุงคุณภาพจากเทคนิค IE-T สามารถแก้ปัญหารอยหยัก ที่เกิดจากการขยายภาพให้มีขนาดใหญ่ขึ้นได้ดี สามารถจัดรอยหยักของภาพที่ได้จากขยายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อภิปรายผล

งานวิจัยนี้นำเสนอเทคนิค IE-T ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาบนพื้นฐานวิธีการประมาณค่าเพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาภาพที่มีขนาดเล็กที่ต้องการขยายภาพให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เทคนิค IE-T มีขั้นตอนในการประมวลผลร่วมกับเทคนิค Bicubic และใช้ข้อมูลภาพสำหรับการประมวลผลเทคนิคเป็นภาพแบบเกรย์สเกล กระบวนการประมวลผลของเทคนิคจะรับค่าของพิกเซลที่ประมวลผลได้จากเทคนิค Bicubic จะถูกนำมาพิจารณาหาตำแหน่งของพิกเซลที่มีความแตกต่างมากๆ จากพิกเซลรอบข้าง ภายในพื้นที่ที่กำหนดที่มีขนาด 3×3 พิกเซล โดยที่พิกเซลที่มีความแตกต่างกันมากจะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0 และจะถูกนำมาปรับปรุงพิกเซลใหม่ และถ้าพิกเซลที่มีความแตกต่างกันน้อยหรือไม่แตกต่างกันจะมีค่ามากกว่า 0 พิกเซลที่มีค่ามากกว่า 0 จะไม่ถูกนำมาปรับปรุงพิกเซล เมื่อพิจารณาหาพิกเซลที่มีความแตกต่างจากพื้นที่ที่กำหนดแล้ว จะทำการปรับปรุงพิกเซลที่มีความแตกต่างนั้นจากพิกเซลรอบข้างขนาด 2×2 พิกเซล ซึ่งการกำหนดขนาดพิกเซลนี้ เมื่อมีการขยายภาพขนาดเล็กให้มีขนาดใหญ่จะทำให้พิกเซลใหม่ที่สร้างขึ้นมามีค่าใกล้เคียงกับพิกเซลรอบข้าง จึงทำให้ภาพที่ได้จากเทคนิคนี้มีความละเอียดและความคมชัดเพิ่มมากขึ้น และยังสามารถแก้ปัญหาภาพที่มีสัญญาณรบกวนและภาพที่มีการเบลอได้ดี จากการทดลองเทคนิค IE-T ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในการปรับปรุงความละเอียดและความคมชัดของภาพจากการขยายภาพขนาดเล็กให้มีขนาดใหญ่ขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นวิธีการที่ง่าย และมีความรวดเร็วในการประมวลผลสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงภาพที่มีคุณภาพต่ำจากภาพขนาดเล็ก ที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในระบบเครือข่าย Internet ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

การปรับปรุงคุณภาพของภาพจากเทคนิค IE-T ฟังก์ชัน (Function) ของเทคนิคจะทำงานร่วมกับโปรแกรม MATLAB การนำไปใช้งานเพื่อปรับปรุงคุณภาพของภาพจากการขยายภาพขนาดเล็ก ภาพที่นำมาใช้งานจะเป็นภาพแบบแรสเตอร์ และจะต้องปรับภาพให้เป็นภาพแบบ Gray Scale เพื่อให้ฟังก์ชันของเทคนิคงานวิจัยสามารถประมวลผลได้ เมื่อประมวลผลเสร็จแล้วจึงแปลงภาพให้เป็นภาพสีตามที่ต้องการโดยใช้เครื่องมือในโปรแกรม

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ผู้วิจัยจะนำไปพัฒนาต่อยอดในการเพิ่มความละเอียดและความคมชัดให้กับภาพที่มีสัญญาณรบกวนและภาพมีการเบลอมากๆ จากภาพที่ได้จากการบันทึกของระบบกล้องวงจรปิดหรือภาพวิดีโอ

เอกสารอ้างอิง

- Haiwu, Z., Ming, H., Guawei, T., Xiwu, S., Guozhong, W. and Yiyang, F. (2020). A CNN-Based Post-Processing Algorithm for Video Coding Efficiency Improvement. *IEEE Access*, 8, 920-929.
- Jieying, Z., Wanru, S., Yahong, W. and Feng, L. (2020). Image interpolation with adaptive k-nearest neighbours search and random nonlinear regression. *IET Image Processing*, 14(8), 1539-1548.
- Jing, Z., Minhao, S., Lulu, Y. and Yunsong, L. (2020). Image super-resolution reconstruction based on sparse representation and deep learning. *Signal Processing: Image Communication*, 87, 75-89.
- Li, H., Gao, Y., Dong, J. and Feng, G. (2018). Super-Resolution Based on Noise Resistance Deep Convolutional Network. *The Proceedings of the 2018 6th International Conference on Bioinformatics and Computational Biology*, 12-14 march 2018 at Chengdu China, 88-94.
- Motmaen, M., Mohrekesh, M., Akbari, M., Karimi, N. and Samavi, S. (2018). Image Inpainting by Hyperbolic Selection of Pixels for Two-Dimensional Bicubic Interpolations. *The Proceedings of Electrical Engineering (ICEE), Iranian Conference*, 8-10 May 2018 at Mashhad Iran, 665-669.
- Programmersought. (2018). *Digital image processing common data set Resources*. [Online]. Retrieved Jan 6, 2019, from: <http://www.programmersought.com/article/7373391357/>.
- 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. *The Proceedings of the 2016 2nd International Conference on Applied and Theoretical Computing and Communication Technology(iCATccT)*, 21-23 July 2016 at Bangalore India, 387-393.

- Thongpan, N., Rattanasiriwongwut, M. and Ketchum, M. (2019). Prototype of Real-time lane Detection device. *Sripatum Review of Science and Technology*, 11, 53-66. (in Thai)
- Xueling, C., Yu, Z., Wei, L., Jinqu, S. and Yanning, Z. (2020). Blur kernel estimation of noisy-blurred image via dynamic structure prior. *Neurocomputing*, 403, 268-281.
- Yun, C., Yan, W. and Qi, L. (2018). Research on Digital Image Scaling Based on Bicubic Filter Algorithm. *The Proceedings of the 2018 IEEE 3rd International Conference on Image, Vision and Computing (ICIVC)*, 27-29 June 2018 at Chongqing China, 225-229.
- Yunfeng, Z., Ping, W., Fangxun, B., Xunxiang, Yao., Caiming, Z. and Hongwei, L. (2020). A Single Image Super-Resolution Method Based on Progressivelterative Approximation. *IEEE Transactions on Multimedia*, 22(6), 1407-1422.
- Zhang, J., Cui, Y., Lu, S. and Xiao, L. (2017). Multilayer image segmentation based on Gaussian weighted Euclidean distance and nonlinear interpolation. *The Proceedings of the 2017 10th International Congress on Image and Signal Processing, BioMedical Engineering and Informatics (CISP-BMEI)*, 14-16 October 2017 at Shanghai China, 1-5.
- Zhang, Y., Fan, Q., Bao, F., Liu, Y. and Zhang, C. (2018). Single-Image Super-Resolution Based on Rational Fractal Interpolation. *IEEE Transactions on Image Processing*, 27(8), 3782-3797.