

การเบลอภาพอัตโนมัติด้วยการประมวลผล ความคล้ายคลึงของโครงสร้างรายละเอียดภาพ

ฐิติพร เลิศรัตน์เดชากุล^{1*} คณาภาณูจน์ รักไพฑูรย์² เกษม ทิพย์ธาราจันทร์³

^{1*}สาขาเทคโนโลยีมัลติมีเดีย คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

²สาขาเทคโนโลยีดิจิทัลและสื่อสารมวลชน คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

³สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศทางธุรกิจ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน อีเมล : thitiporn@tni.ac.th

รับต้นฉบับ: 21 กุมภาพันธ์ 2563; รับบทความฉบับแก้ไข: 8 เมษายน 2563; ตอรับบทความ: 28 เมษายน 2563

เผยแพร่ออนไลน์: 25 มิถุนายน 2563

บทคัดย่อ

การเบลอภาพถูกนำมาใช้อย่างหลากหลายเพื่อการปรับปรุงภาพ เช่น แก้ไขจุดบกพร่อง สร้างการรับรู้หรือความรู้สึกต่อภาพ ดึงดูดความสนใจให้กับวัตถุ แต่เนื่องด้วยภาพมีรายละเอียดแตกต่างกัน จึงต้องการระดับความเบลอที่เหมาะสมกับเนื้อหาภาพและวัตถุประสงค์การใช้งาน งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาพัฒนาการเบลอเพื่อเพิ่มมิติ ความลึกให้กับภาพแบบอัตโนมัติ โดยแบ่งเป็นการเบลอแบบพื้นหลังละลายและแบบรักษาโครงสร้างลวดลาย โดยใช้การประเมินคุณภาพภาพด้วยค่า Structural Similarity Index (SSIM) เฉพาะส่วนที่เป็นรายละเอียดภาพที่ส่งผลต่อการรับรู้ความเบลอของมนุษย์ เป็นตัววัดระดับความเบลอของภาพระหว่างกัน โดยใช้ค่าจุดเริ่มเปลี่ยน (Threshold) จากวิธีการของ Otsu เพื่อแยกพื้นที่ส่วนที่เป็นรายละเอียดภาพ และอ้างอิงเกณฑ์ค่าระดับความเบลอที่เหมาะสมจากผลการทดลองเบื้องต้น 100 ภาพ สร้างเป็นภาพผลลัพธ์ความเบลอทั้งสองระดับแบบอัตโนมัติ เพื่อใช้ในการสร้างความโดดเด่นให้กับจุดสนใจของภาพ ซึ่งจากผลประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการถ่ายภาพพบว่า สามารถช่วยสร้างมิติให้กับภาพได้ดี ช่วยประหยัดเวลาในการปรับแต่งภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับผู้ที่ไม่เชี่ยวชาญทางศิลปะ

คำสำคัญ : การเบลอภาพอัตโนมัติ ความคล้ายคลึงของโครงสร้างภาพ รายละเอียดภาพ ความลึกของภาพ



Automatic Blurring based on Structural Similarity of Image Detail

Thitiporn Lertrusdachakul^{1*} Kanakarn Ruxpaitoon² Kasem Thiptarajan³

^{1*,2,3}*Faculty of Information Technology, Thai-Nichi Institute of Technology, Bangkok, Thailand*

*Corresponding Author. E-mail address: thitiporn@tni.ac.th

Received: 21 February 2020; Revised: 8 April 2020; Accepted: 28 April 2020

Published online: 25 June 2020

Abstract

Image smoothing is used for a variety of purposes such as removing noise, feeling enhancement, drawing attention to the object. Since the images have different details, they require an appropriate blur level for their contents and applications. Therefore, this research studies and develops automatic blurring method to increase depth impression of image. The blur levels are divided into large blur (very shallow depth of field) and small blur (preserve image structure). The method applies image quality assessment of structural similarity index (SSIM) to measure blur level between images. Only the SSIM values of image detail which affects the blur perception of human are used to compare with the values of appropriate blur levels from preliminary experiment of 100 images. The technique isolates the detail of image in SSIM map by using Otsu's thresholding method. With the proposed approach, blurred images of both levels can be automatically created to enhance the focus to the key subject of image. The evaluation result from photography expert reveals that the proposed method can assist well in creating dimension of image, time saving of image editing especially for those who are not skilled in art.

Keywords: Automatic Image Blurring, Structural Similarity Index, Image Detail, Depth of Image

1) บทนำ

ปัจจุบันทุกคนสามารถเข้าถึงการถ่ายภาพด้วยโทรศัพท์มือถือได้อย่างสะดวก รวดเร็ว ทุกที่ ทุกเวลา ซึ่งนอกจากการถ่ายภาพแบบปกติที่มีความคมชัดทั่วทั้งภาพแล้ว การใช้เทคนิค Selective Focus ยังเป็นที่นิยมในกลุ่มของช่างภาพด้วย Selective Focus คือการเลือกความคมชัดในภาพในขณะที่บันทึกภาพ โดยช่างภาพสามารถเลือกระยะความชัดเฉพาะด้านหน้าส่วนระยะหลังเบลอ หรือเลือกความคมชัดที่ระยะหลังส่วนระยะหน้าเบลอ ซึ่งเป็นที่นิยมเพื่อใช้ในการเพิ่มมิติ ความลึกให้กับภาพ [1] สร้างความโดดเด่นให้กับวัตถุที่ต้องการดึงดูดความสนใจ ซึ่งการเบลอนั้นเป็นการลดทอนความคมชัด สามารถใช้ในการแก้ไขจุดบกพร่องของภาพ เช่น สัญญาณรบกวน (Noise), วัตถุที่ไม่ต้องการต่าง ๆ ได้ โดยวิธีการที่ใช้ในการเบลอภาพ แม้จะเป็นวิธีการเดียวกันทุกประการ แต่อาจให้ผลลัพธ์ของระดับความเบลอที่รับรู้โดยมนุษย์แตกต่างกันขึ้นอยู่กับเนื้อหาในภาพ ประโยชน์ของการเบลอภาพมีหลากหลายนอกเหนือจากที่ได้กล่าวข้างต้น เช่น การเบลอเพื่อสร้างความรู้สึกคลาสสิก สร้างเอฟเฟกต์หมอกควัน [2] เพิ่มการรับรู้การเคลื่อนไหวด้วย Motion Blur ซึ่งงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาการเบลอเพื่อสร้างมิติ ความลึกให้กับภาพ โดยแบ่งออกเป็น 2 ระดับคือ 1. การเบลอแบบพื้นหลังละลาย เพื่อสร้างความโดดเด่นของวัตถุจากมิติที่ชัดเจนและดึงโฟกัสของสายตาสู่จุดสนใจของภาพ 2. การเบลอแบบรักษาโครงร่างละลาย เพื่อเพิ่มมิติให้กับภาพผ่านละลายของพื้นหลัง โดยมีวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาวิธีการเบลอทั้งสองระดับแบบอัตโนมัติตามเนื้อหารายละเอียดของภาพ และช่วยลดระยะเวลาการปรับระดับความเบลอด้วยมือ (Manual) รวมถึงใช้เป็นแนวทางแก่บุคคลทั่วไปที่อาจไม่เชี่ยวชาญทางศิลปะได้นำไปประยุกต์ใช้สำหรับการปรับแต่งภาพ

งานวิจัยที่เกี่ยวกับการเบลอ ได้แก่ การค้นหาบริเวณภาพที่เบลอแล้วแยกประเภทเพื่อปรับปรุงแก้ไขตามลักษณะรูปแบบการเบลอ [3], [4] โดยใน [5] ได้ใช้เบลอเมทริกซ์ที่มีพื้นฐานมาจากความกว้างของส่วนประกอบขอบ (Canny and Sobel Edge Components) มาทำการจำแนกภาพเบลอก่อนการตัดสินใจถ่ายหรือไม่ถ่ายภาพหรือประยุกต์ใช้ในงานอื่น ๆ เพื่อลดกระบวนการในการวัดความเบลอและการปรับปรุงแก้ไขภายหลังการถ่ายภาพ สำหรับการวัดความเบลอได้มีงานวิจัยต่าง ๆ ศึกษาวิเคราะห์โดยใช้ Blur Measure Operators, Focus Measure Operators ประมวลผลภาพในเชิงความถี่และเชิงพื้นที่ และ

ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานเพื่อการแบ่งแยกส่วนพื้นที่เบลอ [6]-[8] ซึ่งการวัดความเบลอนั้นนอกจากจะใช้เพื่อแยกส่วนพื้นที่เบลอสำหรับการฟื้นฟูภาพแล้ว ยังใช้เป็นส่วนหนึ่งของการประเมินคุณภาพภาพอีกด้วย ในส่วนของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างภาพเบลอ ได้แก่ การพัฒนาวิธีการเบลอโดยพิจารณาเกี่ยวกับแสง การปรับโฟกัสของดวงตาร่วมด้วย เพื่อให้ได้ภาพเบลออย่างเป็นธรรมชาติ [9] และใน [10] ได้พัฒนาการสร้าง Motion Blur เพื่อการรับรู้การเคลื่อนไหว โดยอาศัยอินพุตจากผู้ใช้งานน้อยที่สุด และมีการจัดการกับบริเวณขอบวัตถุอย่างระมัดระวังเพื่อหลีกเลี่ยงสิ่งแปลกปลอมที่เกิดจากกระบวนการกรองภาพ ซึ่งงานวิจัยเหล่านี้ยังไม่มีการประยุกต์ต่อยอดเพื่อการเบลอภาพแบบอัตโนมัติตามเนื้อหารายละเอียดของภาพ

การเบลอภาพเพื่อเน้นจุดสนใจให้กับวัตถุในภาพ สามารถทำได้ด้วยวิธีการถ่ายภาพ หรือการนำภาพมาตกแต่งในภายหลัง ซึ่งหลายครั้งหากสภาพแวดล้อมในการถ่ายภาพไม่ดี มีปริมาณแสงไม่เหมาะสม ก็จำเป็นต้องใช้เทคนิคการถ่ายภาพ และการปรับความสัมพันธ์ระหว่างรูรับแสง (Aperture) ความเร็วชัตเตอร์ (Shutter Speed) ความไวแสง (ISO) อย่างเหมาะสม ซึ่งหากไม่มีความเชี่ยวชาญหรือมีข้อจำกัดด้านเวลาในการถ่ายภาพ ก็ย่อมทำให้ได้ภาพที่ไม่พึงปรารถนาได้ นักถ่ายภาพหลายคนนิยมเลือกโหมดการถ่ายภาพแบบอัตโนมัติเพื่อความสะดวก รวดเร็ว ซึ่งมักจะได้ภาพที่มีความคมชัดทั่วทั้งภาพ ซึ่งก็สามารถนำมาตกแต่งปรับความเบลอในส่วนที่ต้องการภายหลังได้ โดยมีซอฟต์แวร์ ไลบรารีแอปพลิเคชัน และเว็บไซต์ให้บริการออนไลน์ช่วยในการเบลอภาพมากมาย เช่น Adobe Photoshop [11], BeFunky [12], Fotor [13] ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเลือกบริเวณที่ต้องการเบลอและปรับขนาดของการเบลอได้ตามที่ต้องการ โดยเครื่องมือต่าง ๆ เหล่านี้มีลักษณะการใช้งานง่าย แต่เนื่องด้วยภาพแต่ละภาพมีรายละเอียดเฉพาะตัว ผู้ใช้งานจึงต้องเลือกปรับระดับความเบลอให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของการใช้งานด้วยตนเอง ซึ่งค่อนข้างใช้เวลาโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อภาพมีจำนวนมาก และผู้ใช้งานไม่ค่อยถนัดทางด้านศิลปะ ดังนั้นเพื่อเป็นการลดเวลาและข้อผิดพลาดที่อาจเกิดจากความล่าช้าของสายตามนุษย์ในการปรับเบลอภาพ งานวิจัยนี้จึงได้แก้ไขปัญหาคำสั่งใช้ทักษะและเวลาในการปรับเบลอภาพด้วยมือ โดยการพัฒนาวิธีการเบลอภาพแบบพื้นหลังละลายและแบบรักษาโครงร่างละลายอย่างอัตโนมัติจากการวิเคราะห์ข้อมูลภาพ

2) วิธีดำเนินการวิจัย

การเบลอภาพเป็นการทำให้ภาพพร่ามัวหรือมีความคมชัดลดลงหรือที่เรียกว่ามีความราบเรียบมากขึ้น นับเป็นการลดทอนคุณภาพของภาพอย่างหนึ่ง งานวิจัยนี้จึงได้เลือกการประเมินคุณภาพภาพมาประยุกต์ใช้ โดยศึกษาทดลองเบื้องต้นเกี่ยวกับการวัดคุณภาพของภาพที่เบลอเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับ และพบว่า Structural Similarity Index (SSIM) ให้ค่าที่มีความเหมาะสมสำหรับการเปรียบเทียบ และแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงระดับความเบลอของภาพต่าง ๆ มากกว่า Mean Squared Error และ Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) กล่าวคือ มีช่วงค่าชัดเจนและมีความสอดคล้องกับการรับรู้ของมนุษย์มากกว่า เนื่องจากใช้ข้อมูลโครงสร้าง (รูปร่างความเข้มของพิกเซล) มาช่วยในการวัดประเมิน ซึ่งตรงกับระบบการมองเห็นภาพของมนุษย์ที่มีความสามารถดีในการรับรู้โครงสร้างรูปร่างนั่นเอง คณะผู้วิจัยได้ทำการทดสอบภาพถ่ายจำนวน 100 ภาพ ที่ถ่ายสถานที่ต่าง ๆ ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ โดยได้รวบรวมและคัดเลือกภาพที่มีรายละเอียดแบบต่าง ๆ และทำการเบลอด้วยตัวกรองแบบเกาส์เซียน (Gaussian Filter) ด้วยเกาส์เซียนฟังก์ชันดังสมการที่ 1 จำนวน 20 ระดับ โดยใช้ $\sigma = 0.5, 1, 1.5, \dots, 10$ และขนาดตัวกรองเท่ากับ $4\sigma+1$ ซึ่งภาพทั้งหมดในการทดลองจะถูกปรับให้มีขนาดเท่ากัน โดยด้านที่สั้นมีขนาดเท่ากับ 500 พิกเซล และรักษาอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวเดิมของภาพไว้

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

โดย x คือ ระยะทางจากจุดกำเนิดในแนวแกนนอน

y คือ ระยะทางจากจุดกำเนิดในแนวแกนตั้ง

σ หรือ sigma คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการแจกแจงเกาส์เซียน

จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการถ่ายภาพ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ที่มีทักษะและประสบการณ์การถ่ายภาพมากกว่า 10 ปี รวมถึงมีองค์ความรู้ทางศิลปศาสตร์และการปรับแต่งภาพ เลือกภาพที่

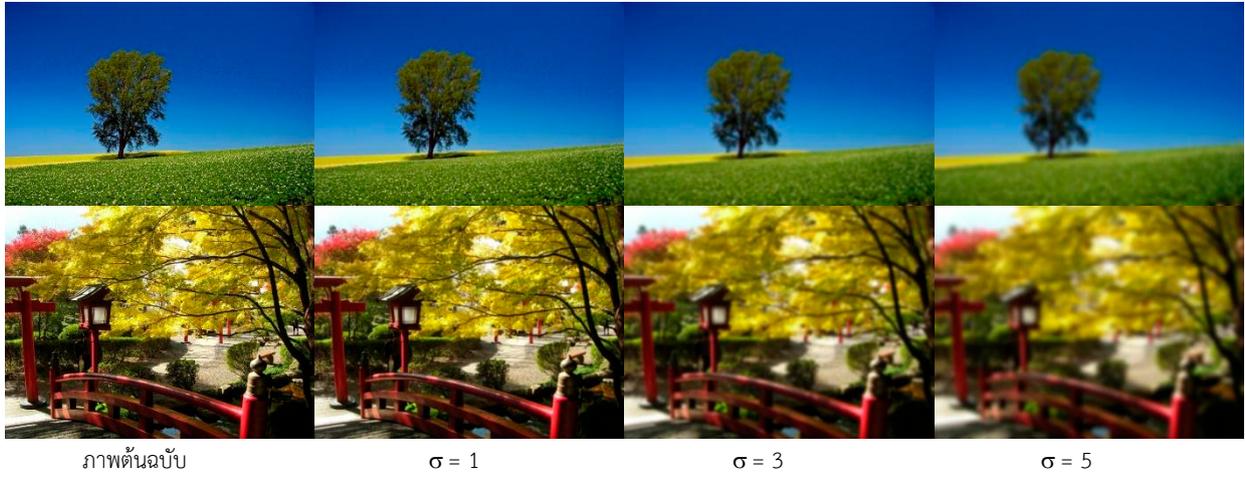
เหมาะสมสำหรับระดับความเบลอแบบพื้นหลังละลาย (เบลอแบบไม่เห็นรายละเอียดของภาพ) และแบบรักษาโครงร่างลวดลาย (เบลอแบบยังคงเห็นรายละเอียดของภาพ) และนำภาพที่ได้ไปหาค่า SSIM [14] ซึ่งมีพื้นฐานการคำนวณมาจาก 3 ส่วน คือ ความสว่าง (Luminance) ความแตกต่างระหว่างความสว่างและความมืด (Contrast) และโครงสร้างรูปร่าง (Structure) ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปย่อได้ดังสมการที่ 2

$$SSIM(A, B) = \frac{(2\mu_A\mu_B+C_1)(2\sigma_{AB}+C_2)}{(\mu_A^2+\mu_B^2+C_1)(\sigma_A^2+\sigma_B^2+C_2)} \quad (2)$$

โดย $\mu_A, \mu_B, \sigma_A, \sigma_B$ และ σ_{AB} คือ ค่าเฉลี่ยท้องถิ่น (Local Means), ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviations) และ Cross-Covariance สำหรับภาพ A, B

$C_1 = (0.01L)^2, C_2 = (0.03L)^2$ โดย L คือ ค่าช่วงไดนามิกของภาพอินพุต

ซึ่งหากภาพยิ่งมีความใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับ ก็จะทำให้ค่า SSIM เข้าใกล้ 1 มากยิ่งขึ้น รูปที่ 1 แสดงตัวอย่างภาพที่ใช้ในการทดสอบ เรียงจากภาพต้นฉบับและภาพที่เบลอด้วย $\sigma = 1, 3, 5$ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าภาพที่มีระดับความเบลอด้วยค่า σ เดียวกัน เช่น $\sigma = 5$ อาจให้การรับรู้ความรู้สึกเบลอที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับรายละเอียดของภาพ และจากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า บริเวณที่มีความราบเรียบของพื้นผิวหรือบริเวณที่มีรายละเอียดของภาพน้อย จะให้ค่า SSIM สูง และมีการเปลี่ยนแปลงของค่า SSIM น้อยเมื่อเพิ่มระดับความเบลอ กล่าวคือ มีความคล้ายคลึงกันของภาพสูงในระดับความเบลอต่าง ๆ ดังในรูปที่ 2 ซึ่งเป็นภาพแสดงค่า SSIM (SSIM Map) ที่ระดับความเบลอ $\sigma = 1, 3, 5$ ของตัวอย่างภาพในรูปที่ 1 โดยสีขาวแสดงค่าสูงสุดของ SSIM (เท่ากับ 1)



รูปที่ 1 ตัวอย่างภาพที่ใช้ในการทดสอบระดับความเบลอ (ภาพต้นฉบับและภาพที่เบลอด้วย $\sigma = 1, 3, 5$)

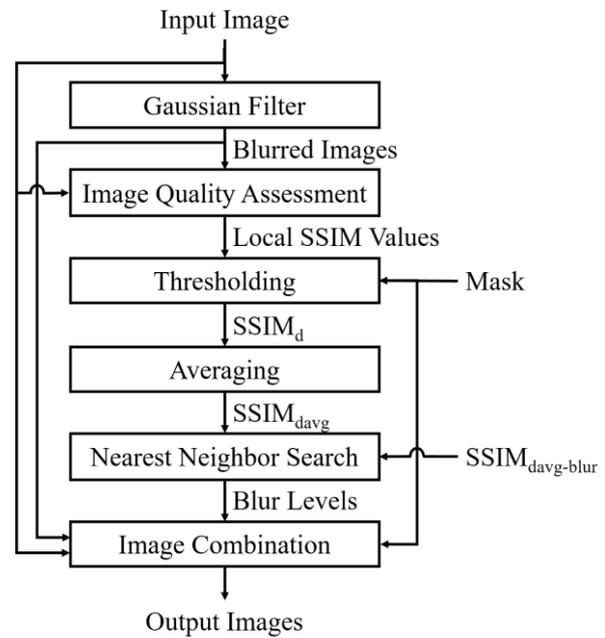


รูปที่ 2 ภาพแสดงค่า SSIM ของแต่ละพิกเซลของภาพตัวอย่างในรูปที่ 1

จากตัวอย่างในรูปที่ 2 สังเกตได้ว่าบริเวณพื้นผิวราบเรียบของภาพจะเป็นสีขาวและไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อระดับความเบลอเปลี่ยนไป ซึ่งพบว่าการรับรู้ความแตกต่างของความเบลอจะเกิดจากบริเวณที่มีรายละเอียดของภาพที่มากกว่า ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้นำเสนอวิธีการปรับระดับความเบลอแบบอัตโนมัติโดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ย SSIM เฉพาะส่วนที่เป็นรายละเอียดของภาพที่มีอิทธิพลต่อการรับรู้ความเบลอ ซึ่งมีขั้นตอนในการคำนวณดังแสดงในรูปที่ 3 โดยภาพต้นฉบับจะถูกกรองด้วยตัวกรองแบบเกาส์เซียน และทำการวัดคุณภาพของภาพเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับด้วยการหาค่า SSIM ของแต่ละพิกเซล จากนั้นค่า SSIM ที่ได้จะถูกนำมาใช้แบ่งส่วนภาพที่มีรายละเอียดมากและน้อยออกจากกัน โดยกระบวนการ Thresholding แบบ Global Thresholding ด้วยค่าจุดเริ่มเปลี่ยน (Threshold) ที่ได้จากวิธีการของ Otsu [15] ซึ่งเป็น

วิธีการเลือกค่าจุดเริ่มเปลี่ยนแบบอัตโนมัติที่ถูกใช้อย่างแพร่หลาย โดยมีหลักในการเลือกค่าจุดเริ่มเปลี่ยน ที่สามารถทำให้ฮิสโตแกรมทั้งสองกลุ่มของภาพ (ในกรณีนี้คือกลุ่มส่วนที่เป็นรายละเอียดของภาพ และกลุ่มส่วนที่เป็นพื้นผิวราบเรียบ) มีการกระจายตัวน้อยที่สุด หรือ มีค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม (Between-Class Variance) มากที่สุด หลังจากนั้นจึงคำนวณค่าเฉลี่ยของค่า SSIM เฉพาะส่วนภาพที่มีรายละเอียดมาก ($SSIM_{davg}$) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบระดับความเบลอของภาพระหว่างกัน ภาพที่ใช้ในการทดสอบที่ถูกเลือกสำหรับระดับความเบลอแบบพื้นหลังละลาย และระดับความเบลอแบบรักษาโครงสร้างลวดลาย ทั้ง 200 ภาพ จะถูกคำนวณหาค่า $SSIM_{davg}$ และค่าเฉลี่ยของ $SSIM_{davg}$ ในแต่ละระดับความเบลอ จะถูกนำมาอ้างอิงสำหรับการปรับความเบลอในภาพอื่น ๆ ต่อไป

สำหรับขั้นตอนในการปรับระดับความเบลอบนอัตโนมัติสรุปได้ดังรูปที่ 4 โดยสามารถทำได้ทั้งแบบเบลอทั่วทั้งภาพ หรือเบลอเฉพาะส่วนพื้นหลังด้วยการเพิ่มภาพขาวดำที่กำหนดให้ส่วนพื้นหลังที่ต้องการเบลอเป็นสีขาว (Mask) โดยในขั้นตอนแรกของรูปที่ 4 ภาพอินพุตจะถูกเบลอด้วยตัวกรองแบบเกาส์เซียน โดยใช้ค่า $\sigma = 1, 1.5, 2, \dots, 10$ และคำนวณหาค่า SSIM ของแต่ละพิกเซล เพื่อใช้ในการแยกส่วนภาพที่มีรายละเอียดมากด้วยค่าจุดเริ่มเปลี่ยนที่ได้จากวิธีการของ Otsu [15] เช่นเดียวกับขั้นตอนในรูปที่ 3 และในขั้นตอนนี้ Mask ซึ่งเป็นภาพ RGB ที่ถูกสร้างขึ้นขนาดเท่ากับภาพอินพุต โดยกำหนดให้บริเวณส่วนพื้นหลังที่ต้องการเบลอเป็นสีขาวและบริเวณส่วนวัตถุเป็นสีดำ จะถูกแปลงเป็นภาพที่มีสองระดับ (Binary Image) และนำมาใช้ในการกรองค่า SSIM ของพิกเซลเฉพาะส่วนสีขาวหรือส่วนที่ต้องการเบลอเท่านั้นสำหรับใช้ในกระบวนการแบ่งส่วนภาพด้วยวิธีการ Thresholding โดยผลลัพธ์ที่ได้คือค่า $SSIM_d$ ซึ่งเป็นค่า SSIM ของส่วนภาพที่มีรายละเอียดมากพิจารณาจากความสัมพันธ์เฉพาะส่วนที่ต้องการเบลอ ซึ่งจะนำมาคำนวณค่าเฉลี่ยที่เรียกว่า $SSIM_{davg}$ หรือค่าเฉลี่ย SSIM ของพื้นที่ส่วนที่เป็นรายละเอียดของภาพเฉพาะส่วนที่ต้องการเบลอนั่นเอง หลังจากนั้นจึงนำมาเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง $SSIM_{davg-blur}$ ที่ได้จากการทดลองในเบื้องต้น ซึ่งประกอบด้วยค่าเฉลี่ยของ $SSIM_{davg}$ ของระดับความเบลอบนพื้นหลังละลาย ($SSIM_{davg_lb}$) และค่าเฉลี่ยของ $SSIM_{davg}$ ของระดับความเบลอบนรักษาโครงสร้างละลาย ($SSIM_{davg_sb}$) โดยในการเปรียบเทียบเพื่อค้นหาค่าความเบลอ

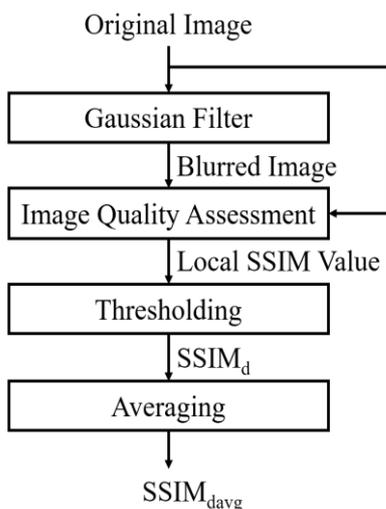


รูปที่ 4 ขั้นตอนการปรับระดับความเบลอบนอัตโนมัติ

ที่เหมาะสมนั้น ใช้หลักการค้นหาค่าที่มีความใกล้เคียงกับค่าอ้างอิงมากที่สุดหรือมีระยะห่างน้อยที่สุด เมื่อได้ระดับความเบลอที่เหมาะสมสำหรับการเบลอบนพื้นหลังละลายและการเบลอบนรักษาโครงสร้างละลายแล้ว จึงเข้าสู่กระบวนการรวมภาพต้นฉบับ ภาพที่เบลอทั้งสองระดับ และ Mask เข้าด้วยกัน สร้างเป็นภาพผลลัพธ์ที่ประกอบด้วยหน้าชัดหลังละลายและหน้าชัดหลังเบลอบนรักษาโครงสร้างละลาย

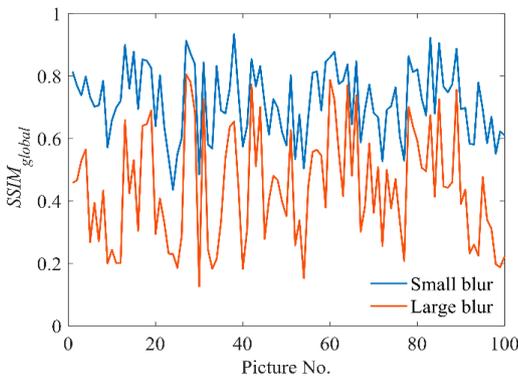
3) ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการทดลองภาพถ่ายจำนวน 100 ภาพ ตามขั้นตอนในรูปที่ 3 โดยใช้ระดับความเบลอ 20 ระดับ ด้วยตัวกรองแบบเกาส์เซียน ($\sigma = 0.5, 1, 1.5, \dots, 10$) รูปที่ 5 และ 6 แสดงค่าเฉลี่ย SSIM ของทุกพิกเซล ($SSIM_{global}$) และค่าเฉลี่ย SSIM ของพิกเซลส่วนที่เป็นรายละเอียดของภาพ ($SSIM_{davg}$) สำหรับระดับความเบลอบนพื้นหลังละลาย (Large Blur) และระดับความเบลอบนรักษาโครงสร้างละลาย (Small Blur) ที่ถูกเลือกโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการถ่ายภาพ โดย Small Blur จะมีค่า SSIM สูงกว่า Large Blur และพบว่า $SSIM_{global}$ มีค่าสูงกว่า $SSIM_{davg}$ ทั้งนี้เนื่องจาก $SSIM_{global}$ พิจารณาส่วนบริเวณที่มีรายละเอียดน้อยหรือมีพื้นผิวราบเรียบด้วย ซึ่งเป็นบริเวณที่มีค่า SSIM ของพิกเซลสูงนั่นเอง

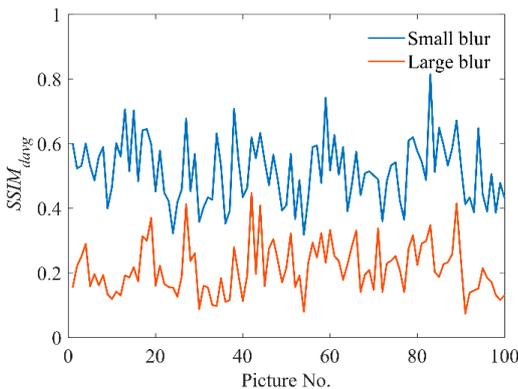


รูปที่ 3 ขั้นตอนการหาค่าเฉลี่ย SSIM เฉพาะส่วนที่เป็นรายละเอียดของภาพ

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ย (Average) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของ $SSIM_{global}$ และ $SSIM_{davg}$ สำหรับ Large Blur และ Small Blur โดย $SSIM_{davg}$ มีการกระจายตัวของข้อมูล ใกล้ค่าเฉลี่ยมากกว่า $SSIM_{global}$ ด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.0794 (Large Blur) และ 0.0996 (Small Blur) ซึ่งค่าเฉลี่ยของ $SSIM_{davg}$ ของระดับความเบลอแบบพื้นหลังละลาย ($SSIM_{davg_lb}$) และค่าเฉลี่ยของ $SSIM_{davg}$ ของระดับความเบลอแบบรักษาโครงร่างวัตถุละลาย ($SSIM_{davg_sb}$) ที่ได้จากการทดลองมีค่าเท่ากับ 0.2138 และ 0.5161 ตามลำดับ



รูปที่ 5 $SSIM_{global}$ ของ Large Blur และ Small Blur ของภาพทดสอบ จำนวน 100 ภาพ

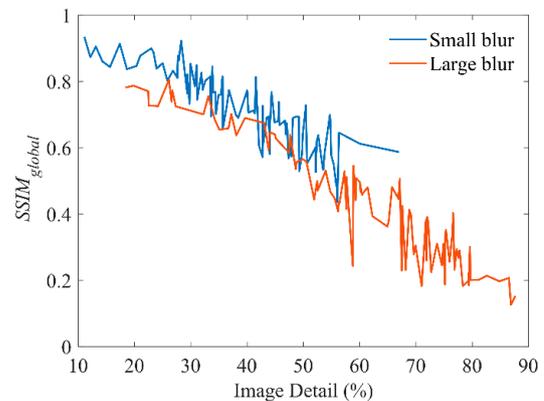


รูปที่ 6 $SSIM_{davg}$ ของ Large Blur และ Small Blur ของภาพทดสอบ จำนวน 100 ภาพ

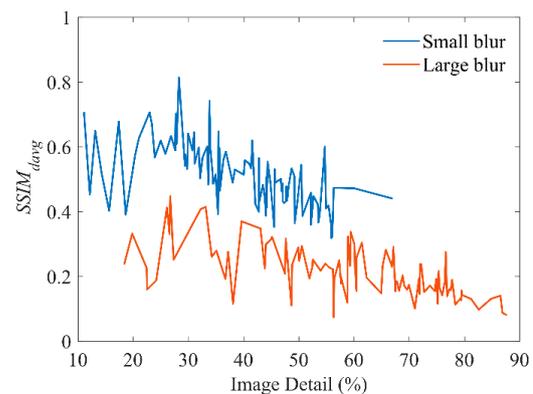
ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย (Average) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของ $SSIM_{global}$ และ $SSIM_{davg}$ สำหรับ Large Blur และ Small Blur

Blur Type	SSIM Type	Average	SD
Large Blur	$SSIM_{global}$	0.4414	0.1816
	$SSIM_{davg}$	<u>0.2138</u>	0.0794
Small Blur	$SSIM_{global}$	0.7193	0.1137
	$SSIM_{davg}$	<u>0.5161</u>	0.0996

หากนำค่า $SSIM_{global}$ และ $SSIM_{davg}$ มาพิจารณาในเทอมของ ร้อยละของรายละเอียดภาพ (Image Detail in Percentage) สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7 และ 8 โดยในรูปที่ 7 พบว่า สำหรับค่าเฉลี่ย $SSIM$ ของทุกพิกเซล หรือ $SSIM_{global}$ นั้น เมื่อรายละเอียดของภาพเพิ่มขึ้น จะต้องใช้ความเบลอมากขึ้น หรือมีค่า $SSIM_{global}$ ที่มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่หากพิจารณาค่า $SSIM$ เฉพาะส่วนที่เป็นรายละเอียดของภาพ หรือ $SSIM_{davg}$ จะมีแนวโน้มอยู่ในช่วงระดับเดียวกันมากกว่า ไม่ค่อยแปรผันตามปริมาณรายละเอียดของภาพดังแสดงในรูปที่ 8 ซึ่งค่าเฉลี่ยของ $SSIM_{davg}$ นี้หรือที่เรียกว่า $SSIM_{davg_blur}$ ประกอบด้วย $SSIM_{davg_lb}$ สำหรับ Large Blur และ $SSIM_{davg_sb}$ สำหรับ Small Blur จะถูกนำไปใช้ในการหาระดับความเบลอที่เหมาะสมสำหรับภาพอื่น ๆ ต่อไป



รูปที่ 7 แนวโน้ม $SSIM_{global}$ ตามปริมาณรายละเอียดของภาพ



รูปที่ 8 แนวโน้ม $SSIM_{davg}$ ตามปริมาณรายละเอียดของภาพ

รูปที่ 9 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับระดับความเบลอบนอัตราโนมิติตามขั้นตอนในรูปที่ 4 โดยคอลัมน์ซ้ายแสดงภาพต้นฉบับที่มีความคมชัดทั่วทั้งภาพ คอลัมน์กลางแสดงภาพพื้นหลังเบลอบนอัตราโนมิติ (เพิ่มมิติให้กับภาพ แต่

ยังคงเห็นรายละเอียดความงามของพื้นหลัง) และคอลัมน์ขวาแสดงภาพเบลอบนอัตราโนมิติพื้นหลังละลาย (ดึงความสนใจให้กับวัตถุ) โดยสามารถดูภาพขนาดจริงเพื่อการรับรู้ความเบลอที่ถูกต้องได้ที่ลิงค์ <https://bit.ly/36yruCY>



การเบลอบนอัตราโนมิติพื้นหลัง



การเบลอทั่วทั้งภาพ (ตัวอย่างภาพในรูปที่ 1)

รูปที่ 9 ภาพผลลัพธ์จากการปรับระดับความเบลอบนอัตราโนมิติ
(คอลัมน์ซ้าย: ภาพต้นฉบับ, คอลัมน์กลาง: ภาพพื้นหลังเบลอบนอัตราโนมิติ, คอลัมน์ขวา: ภาพเบลอบนอัตราโนมิติพื้นหลังละลาย)

จากภาพผลลัพธ์ พบว่า บริเวณที่ต้องการเบลอนในแต่ละภาพ มีเนื้อหารายละเอียดที่แตกต่างกัน และอาจต้องการการปรับระดับความเบลอด้วยค่า σ ของตัวกรองที่แตกต่างกัน เพื่อให้ได้การรับรู้ระดับความเบลอน้อยและมากอย่างเหมาะสม ซึ่งผลจากวิธีการที่นำเสนอ โดยพิจารณาการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย SSIM ของบริเวณที่เป็นรายละเอียดของภาพ กับค่าอ้างอิงที่ได้จากการทดลอง สามารถสร้างภาพพื้นหลังเบลอแบบรักษาโครงร่าง ลวดลายและแบบพื้นหลังละลายได้อย่างอัตโนมัติ ช่วยลดเวลาในการปรับด้วยมือเพื่อสร้างมิติ ดึงดูดจุดสนใจให้กับภาพโดยเฉพาะผู้ที่ไม่มี ความเชี่ยวชาญทางศิลปะ ซึ่งผลประเมินภาพที่ได้จากการเบลอภาพแบบอัตโนมัติโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการถ่ายภาพ พบว่า ภาพผลลัพธ์ทั้งสองระดับความเบลอ สร้างมิติให้กับภาพได้ดี สามารถช่วยลดทอนรายละเอียดส่วนที่ไม่ต้องการหรืออาจไม่สวยงามในภาพลงได้ โดยมีข้อเสนอแนะว่า ภาพควรมีวัตถุที่สนใจอย่างชัดเจน อาจเป็นวัตถุจริงในภาพ หรือวัตถุที่สร้างขึ้นเพิ่มเติมเข้าไป เช่น ผลิตภัณฑ์สำหรับการโฆษณา และหากวัตถุอยู่ระยะใกล้หรือระยะไกลของภาพ สามารถปรับระดับความเบลอแบบไล่ระดับหรือแบบฉับพลันระหว่างวัตถุกับพื้นหลังได้ ขึ้นอยู่กับเนื้อหาและความเหมาะสมของภาพ แต่หากวัตถุอยู่ระยะกลางของภาพ ควรมีการไล่ระดับความเบลอเพื่อสร้างความ เป็นธรรมชาติของมุมมอง ลดความโดดเด่นเกินจริงของวัตถุ นอกจากนั้นผู้เชี่ยวชาญมีข้อเสนอแนะให้ปรับการประมวลผล บริเวณขอบระหว่างวัตถุกับพื้นหลังเพื่อลดความฟุ้งของภาพที่ อาจเกิดขึ้นได้ในกรณีการเบลอแบบพื้นหลังละลายเมื่อวัตถุมีความสว่างและสีแตกต่างกับพื้นหลังมาก ซึ่งโดยภาพรวมแล้วการเบลอภาพแบบอัตโนมัตินี้ มีประโยชน์ช่วยในการปรับภาพถ่ายที่มีความคมชัดทั่วทั้งภาพ ให้เบลอพื้นหลังในระดับที่เหมาะสม สามารถนำไปใช้โดยตรงสำหรับผู้ที่ไม่เชี่ยวชาญทางศิลปะ หรือต้องการประหยัดเวลาในการปรับแต่งภาพ และยังสามารถใช้เป็นระดับความเบลอตั้งต้นสำหรับผู้ที่ต้องการปรับความละเอียดของการเบลอตามความชอบส่วนบุคคลหรือการใช้งานเฉพาะทางได้อีกด้วย

4) สรุปผล

การเบลอภาพนอกจากจะใช้เพื่อการปรับปรุงภาพ กำจัด Noise หรือวัตถุที่ไม่ต้องการแล้ว ยังสามารถช่วยในการเน้น/เพิ่มหรือลดทอนความรู้สึกให้กับภาพได้ เปรียบเสมือนการปรับโพกัสของสายตา ช่วยเพิ่มมิติของภาพอย่างเป็นธรรมชาติ ซึ่งโดยทั่วไป

ผู้ใช้จะเป็นผู้ปรับแต่งระดับความเบลอตามความเหมาะสมขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การใช้งาน ลักษณะเนื้อหาในภาพ โดยงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการปรับระดับความเบลอแบบอัตโนมัติ โดยใช้หลักความคล้ายคลึงของส่วนที่เป็นรายละเอียดภาพที่มีอิทธิพลต่อการรับรู้ความเบลอ มาพิจารณาเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงที่ได้จากการทดลอง โดยแบ่งเป็นระดับความเบลอแบบพื้นหลังละลายและแบบรักษาโครงร่างลวดลาย เพื่อให้ได้ความเบลอที่สอดคล้องกับการรับรู้ของสายตามนุษย์ โดยประยุกต์ใช้ Structural Similarity Index (SSIM) ร่วมกับการหาค่าจุดเริ่มเปลี่ยนด้วยวิธีการของ Otsu เพื่อคำนวณค่าเฉลี่ยของ SSIM เฉพาะส่วนที่เป็นรายละเอียดของภาพ แล้วสร้างเป็นตัววัดสำหรับค้นหาระดับความเบลอที่เหมาะสมของภาพที่มีรายละเอียดแตกต่างกัน ซึ่งวิธีการดังกล่าวสามารถสร้างภาพเบลอทั้ง 2 ระดับได้อย่างอัตโนมัติตรงตามวัตถุประสงค์ และหากพิจารณาช่วงร้อยละของปริมาณรายละเอียดในภาพเพิ่มเติม อาจพัฒนาไปสู่การปรับค่าอ้างอิงที่ใช้ในการปรับระดับความเบลอให้อยู่ในรูปฟังก์ชันของรายละเอียดภาพ เพื่อระดับความเบลอที่มีความละเอียดอ่อนมากยิ่งขึ้น นอกจากนั้นในอนาคตการนำ Machine Learning มาประยุกต์ใช้เพื่อการเรียนรู้ภาพในลักษณะเฉพาะตัวต่าง ๆ ก็จะช่วยให้การวัดประเมินผลมีความชัดเจนและการสร้างสรรค์ผลงานมีเอกลักษณ์ โดดเด่นมากยิ่งขึ้น

REFERENCES

- [1] G. Mather, "The use of image blur as a depth cue," *Perception*, vol. 26, no. 9, pp. 1147-1158, Sep. 1, 1997.
- [2] M. Gawron and U. Boryczka, "Heterogeneous fog generated with the effect of light scattering and blur," *JACS*, vol. 26, no. 2, pp. 31-44, Oct. 2019.
- [3] R. Liu, Z. Li, and J. Jia, "Image partial blur detection and classification," in *2008 IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition*, Anchorage, AK, USA, 2008, pp. 1-8.
- [4] D. Yang and S. Qin, "Restoration of partial blurred image based on blur detection and classification," *Journal of Electrical and Computer Engineering*, pp. 1-12, Jan. 13, 2016.
- [5] P. Shivakumara, B. S. Anami, and G. H. Kumar, "A new structural no-reference rule based blur metric for classification of blurred home photos," *ECTI-EEC*, vol. 7, no. 1, pp. 73-81, Feb. 2009.



- [6] U. Ali and M. T. Mahmood, "Analysis of blur measure operators for single image blur segmentation," *Appl. Sci.*, vol. 8, no. 5, pp. 1-32, May 17, 2018, doi: 10.3390/app8050807.
- [7] S. Pertuz, D. Puig, and M. A. Garcia, "Analysis of focus measure operators for shape-from-focus," *Pattern Recognition*, vol. 46, no. 5, pp. 1415-1432, May 2013.
- [8] K. De and V. Masilamani, "Image sharpness measure for blurred images in frequency domain," *Procedia Engineering*, vol. 64, pp. 149-158, 2013.
- [9] S. A. Cholewiak, G. D. Love, and M. S. Banks, "Creating correct blur and its effect on accommodation," *Journal of Vision*, vol. 18, no. 9, pp. 1-29, Sep. 2018.
- [10] X. Luo, N. Z. Salamon and E. Eisemann, "Controllable motion-blur effects in still images," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 26, no. 7, pp. 2362-2372, 2020, doi: 10.1109/TVCG.2018. 2889485.
- [11] Adobe, "How to add blur to a photo in Adobe Photoshop," ADOBE.com. <https://www.adobe.com/creativecloud/photography/discover/blur-image.html> (accessed Feb. 14, 2020).
- [12] BeFunky, "Photo blurring with a focus on quality," BEFUNKY.com. <https://www.befunky.com/features/blur-image/> (accessed Feb. 14, 2020).
- [13] Fotor, "Easily blur images with powerful blur photo editor," FOTOR.com. <https://www.fotor.com/features/blur.html> (accessed Feb. 14, 2020).
- [14] Z. Wang, A. C. Bovik, H. R. Sheikh, and E. P. Simoncelli, "Image quality assessment: From error visibility to structural similarity," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 13, no. 4, pp. 600-612, Apr. 2004.
- [15] N. Otsu, "A threshold selection method from gray-level histograms," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, vol. 9, no. 1, pp. 62-66, Jan. 1979.