

การตรวจจับและการกำจัดสัญญาณรบกวนแบบเกลือและพริกไทยในภาพระดับสีเทา
โดยอาศัยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
Salt and Pepper Noise Detecting and Denoising on Grayscale Image
Based on Standard Deviation

สุภาพ สาขา¹
เมธี พงศ์กิจวิฑูร²
วัชรินทร์ คล่องดี³

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ นำเสนอระเบียบวิธีใหม่สำหรับการกำจัดสัญญาณรบกวนแบบเกลือและพริกไทยในภาพระดับสีเทาโดยอาศัยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการตรวจจับจุดภาพที่ถูกรบกวนและกำจัดสัญญาณรบกวนนั้นโดยการแทนด้วยค่าเฉลี่ยของจุดภาพที่เหลือนอยู่ในเมทริกซ์ย่อย และจะใช้ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการตรวจสอบประสิทธิภาพของระเบียบวิธีอื่นๆ ที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ ได้แก่ ระเบียบวิธี MF AMF DBA MDBUTMF และ IMF เปรียบเทียบกับระเบียบวิธีที่นำเสนอ

คำสำคัญ: สัญญาณรบกวนแบบเกลือและพริกไทย การตรวจจับสัญญาณรบกวน การกำจัดสัญญาณรบกวน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย

Abstract

In this paper, we propose a new algorithm to restore grayscale images corrupted by salt and pepper noise by using the standard deviation to detect noisy pixels and reduce this noise with mean value. Mean Square Error (MSE) is computed in order to assess and compare the performance of our proposed algorithm and other famous methods like MF, AMF, DBA, MDBUTMF and IMF, a recently introduced method.

Keywords: salt and pepper noise, noise detecting, noise denoising, standard deviation, MSE

บทนำ

สัญญาณรบกวนแบบอิมพัลส์ (impulse noise) เป็นสัญญาณที่สามารถเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ อาทิเช่น การตรวจจับจุดภาพในกล้องที่เสียหาย การบันทึกตำแหน่งผิดพลาดในหน่วยความจำ การส่งผ่านข้อมูลในช่องที่มีสัญญาณรบกวนหรือความผิดพลาดของการกำหนดเวลาในการแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิทัล เป็นต้น ในงานวิจัยนี้สนใจศึกษาสัญญาณรบกวนแบบอิมพัลส์ประเภทเกลือและพริกไทย (salt and pepper noise) ซึ่งมีการศึกษากันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ลักษณะเฉพาะของสัญญาณรบกวนประเภทนี้คือ มีลักษณะเป็นจุดสีขาวและจุดสีดำกระจายอยู่ทั่วทั้งภาพ จุดสีขาวเกิดจากการที่สัญญาณรบกวนเปลี่ยนค่าความเข้มแสงของจุดภาพนั้นให้เป็นค่าสูงสุดและจุดสีดำเกิดจากการที่สัญญาณรบกวนเปลี่ยนค่าความเข้มแสงของจุดภาพนั้นให้เป็นค่าต่ำสุด ซึ่งผู้วิจัยสนใจ

¹ ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

² ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

³ ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น E-mail: kwatch@kku.ac.th

ที่จะศึกษาการตรวจจับและการกำจัดสัญญาณรบกวนแบบเกลือและพริกไทยในภาพระดับสีเทาโดยอาศัยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการตรวจจับและการกำจัดสัญญาณรบกวนแบบเกลือและพริกไทยในภาพระดับสีเทาโดยอาศัยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

วิธีดำเนินการ

ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ดำเนินการสร้างตัวแบบสัญญาณรบกวนแบบเกลือและพริกไทยดังนี้

ก. การสร้างตัวแบบสัญญาณรบกวนแบบเกลือและพริกไทย

กำหนดให้ $X=[X_{i,j}]_{m \times n}$ เป็นเมทริกซ์ของภาพระดับสีเทาและ $S = [s_{i,j}]_{m \times n}$ เป็นเมทริกซ์ของภาพที่ถูกรบกวนโดยสัญญาณรบกวนแบบเกลือและพริกไทย α เปอร์เซ็นต์ นิยามโดย

$$s_{i,j} = \begin{cases} 0 & \text{ถ้า } r_{i,j} \leq L \\ 255 & \text{ถ้า } r_{i,j} \geq U \\ x_{i,j} & \text{อื่นๆ} \end{cases} \quad (1)$$

โดยที่ $r_{i,j}$ เป็นจำนวนสุ่มจาก $\{0,1,2, \dots, 255\}$ และ

$$L = \left\lfloor \frac{\alpha \times 256}{200} \right\rfloor \quad \text{และ} \quad U = 255 - \left\lfloor \frac{\alpha \times 256}{200} \right\rfloor \quad (2)$$

การกำจัดหรือการลดสัญญาณรบกวนจากภาพเป็นกระบวนการแรกที่ถูกใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของภาพก่อนที่จะนำภาพดังกล่าวเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ภาพต่อไป นักวิจัยหลายคนได้ให้ความสนใจต่องานด้านนี้เป็นอย่างมาก ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อค้นหาระเบียบวิธีที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดสัญญาณรบกวนโดยที่ไม่ทำให้รายละเอียดของภาพเสียหายและรักษาความสมบูรณ์ของภาพไว้ดังเดิม

ในงานวิจัยนี้นำเสนอระเบียบวิธีการตรวจจับสัญญาณรบกวนและกำจัดสัญญาณรบกวนแบบเกลือและพริกไทยโดยใช้เกณฑ์ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และนำผลลัพธ์ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับตัวกรองสัญญาณมาตรฐาน ได้แก่ ระเบียบวิธี standard Median Filter (MF) (Shrestha, 2014) Adaptive Median Filter (AMF) (Hwang และ Haddad, 1995) (Thivakaran และ Chandrasekaran, 2010) Decision Based Algorithm (DBA) (Srinivasan และ Ebenezer, 2007) Modified Decision Based Unsymmetric Trimmed Median Filter (MDBUTMF) (Esakkirajan และคณะ, 2011) และ Improved Mean Filter (IMF) (Yadav และคณะ, 2013) (Malviya และ Amhia, 2014)

ระเบียบวิธี MF

- ขั้นที่ 1: นำเข้าภาพระดับสีเทาแล้วเก็บไว้ในเมทริกซ์ G ขนาด $m \times n$
- ขั้นที่ 2: เติมขอบของเมทริกซ์ G ด้วยค่าศูนย์ แล้วให้เป็นเมทริกซ์ P ขนาด $(m + 2) \times (n + 2)$
- ขั้นที่ 3: พิจารณาแต่ละเมทริกซ์ย่อยขนาด 3×3 จากเมทริกซ์ P แล้วคำนวณหาค่ามัธยฐานและแทนทุกจุดภาพในเมทริกซ์ย่อยด้วยค่ามัธยฐานที่คำนวณได้

ระเบียบวิธี MF มีข้อจำกัดคือ จะมีประสิทธิภาพเฉพาะกับภาพที่ถูกรบกวนด้วยความหนาแน่นของสัญญาณรบกวนต่ำและประสิทธิภาพจะลดลงเมื่อความหนาแน่นของสัญญาณรบกวนสูงขึ้นเกินกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนจุดภาพทั้งหมด

ตัวแปรสำหรับใช้ในระเบียบวิธีอื่นๆ ที่ศึกษาในงานวิจัย นิยามดังนี้

กำหนดให้ S เป็นเมทริกซ์ย่อยขนาด $W \times W$ ของเมทริกซ์ภาพที่ถูกรบกวนและ S_{cen} S_{min} S_{med} และ S_{max} เป็นค่าของจุดภาพตรงกลาง ค่าต่ำสุด ค่ามัธยฐานและค่าสูงสุดของเมทริกซ์ย่อย S ตามลำดับ

ระเบียบวิธี AMF

ระเบียบวิธี AMF เป็นวิธีในการกำจัดสัญญาณรบกวนที่ใช้เทคนิคกับจุดภาพที่ถูกรบกวนโดยตรง โดยปราศจากการเปลี่ยนแปลงใดๆ ต่อจุดภาพที่ไม่ถูกรบกวน อาจเป็นที่รู้จักในอีกหลายชื่อ เช่น decision-based หรือ switching median filters เป็นต้น ระเบียบวิธีนี้สามารถวิเคราะห์และแยกแยะระหว่างจุดภาพที่ถูกรบกวนและไม่ถูกรบกวนได้ ซึ่งระเบียบวิธีสามารถอธิบายได้ดังนี้

ให้ W_{max} เป็นขนาดของเมทริกซ์ย่อยสูงสุดที่กำหนดไว้

ขั้นที่ 1: กำหนดค่าเริ่มต้น $W = 3$

ขั้นที่ 2: คำนวณหา S_{cen} , S_{min} , S_{med} และ S_{max} ในเมทริกซ์ย่อย S

ขั้นที่ 3: ถ้า $S_{min} < S_{med} < S_{max}$ ให้ข้ามไปขั้นที่ 5 ในกรณีที่ไม่สอดคล้องกับเงื่อนไขดังกล่าว

ให้ $W = W + 2$

ขั้นที่ 4: ถ้า $W > W_{max}$ แล้ว $S_{cen} = S_{med}$ ในกรณีที่สอดคล้องกับเงื่อนไขดังกล่าวให้กลับไปขั้นที่ 2

ขั้นที่ 5: ถ้า $S_{cen} \leq S_{min}$ หรือ $S_{cen} \geq S_{max}$ แล้ว $S_{cen} = S_{med}$

ขั้นที่ 6: ทำซ้ำในขั้นที่ 2 - 5 สำหรับเมทริกซ์ย่อยที่เหลือ

ระเบียบวิธี AMF จะมีประสิทธิภาพเมื่อความหนาแน่นของสัญญาณรบกวนในภาพต่ำ เนื่องจากจุดภาพที่ถูกรบกวนซึ่งถูกแทนค่าด้วยค่ามัธยฐานมีจำนวนเพียงเล็กน้อย แต่เมื่อความหนาแน่นของสัญญาณรบกวนสูงขึ้น เมทริกซ์ย่อยจะมีขนาดใหญ่ขึ้น จึงทำประสิทธิภาพของระเบียบวิธีลดลง อีกทั้งระเบียบวิธี MF และ AMF มีข้อจำกัดคือไม่สามารถเข้าถึงลักษณะสำคัญของภาพได้ ซึ่งเป็นผลมาจากรายละเอียดและขอบของภาพไม่สามารถกู้คืนได้เท่าที่ควร โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อความหนาแน่นของสัญญาณรบกวนสูงขึ้น

ระเบียบวิธี DBA

พิจารณาแต่ละเมทริกซ์ย่อย S ขนาด 3×3

ขั้นที่ 1: คำนวณหา S_{cen} , S_{min} , S_{med} และ S_{max} ในเมทริกซ์ย่อย S

ขั้นที่ 2: ถ้า $S_{cen} \leq S_{min}$ หรือ $S_{cen} \geq S_{max}$ แล้ว S_{cen} เป็นจุดภาพที่ถูกรบกวน หรือ

ถ้า $S_{min} < S_{cen} < S_{max}$ แล้ว S_{cen} เป็นจุดภาพที่ไม่ถูกรบกวนและจะไม่มีการทำการเปลี่ยนแปลงใดๆ กับจุดภาพนี้

ขั้นที่ 3: ถ้า S_{cen} เป็นจุดภาพที่ถูกรบกวนแล้ว

กรณีที่ 1 ถ้า $S_{min} < S_{med} < S_{max}$ แล้ว $S_{cen} = S_{med}$

กรณีที่ 2 ถ้า $S_{med} \leq S_{min}$ หรือ $S_{med} \geq S_{max}$ แล้ว S_{med} จะเป็นจุดภาพที่ถูกรบกวน

ในกรณีนี้จะทำการแทน S_{cen} ด้วยค่าเฉลี่ยของจุดภาพในเมทริกซ์ย่อย

ในระเบียบวิธี DBA ค่ามัธยฐานที่คำนวณได้ในแต่ละเมทริกซ์ย่อยจะมีค่าเป็น 0 หรือ 255 เมื่อความหนาแน่นของสัญญาณรบกวนในภาพสูง ซึ่งค่าดังกล่าวเป็นค่าของสัญญาณรบกวนแบบเกลือและพริกไทย ดังนั้นค่าของจุดภาพใกล้เคียงจะถูกนำมาใช้ในการแทนค่า ซึ่งการทำซ้ำการแทนค่าแบบนี้จะส่งผลต่อรายละเอียดของภาพด้วย

ระเบียบวิธี MDBUTMF

พิจารณาแต่ละเมทริกซ์ย่อย S ขนาด 3×3

ขั้นที่ 1: ถ้า $0 < S_{cen} < 255$ แล้ว S_{cen} จะเป็นจุดภาพที่ไม่ถูกรบกวนและจะไม่มีการทำการเปลี่ยนแปลงใดๆ กับจุดภาพนี้

ขั้นที่ 2: ถ้า $S_{cen} = 0$ หรือ $S_{cen} = 255$ แล้ว S_{cen} จะเป็นจุดภาพที่ถูกสัญญาณรบกวน

กรณีที่ 1 ถ้าจุดภาพทุกจุดในเมทริกซ์ย่อยมีค่าเป็น 0 และ 255 จะแทน S_{cen} ด้วยค่าเฉลี่ยของจุดภาพในเมทริกซ์ย่อย

กรณีที่ 2 ถ้าจุดภาพในเมทริกซ์ย่อยไม่มีค่าเป็น 0 และ 255 ทุกจุด จะคำนวณหาค่ามัธยฐาน

ในเมทริกซ์ย่อย โดยที่ไม่คำนวณจุดภาพที่มีค่าเป็น 0 กับ 255 และแทน S_{cen} ด้วยค่ามัธยฐานที่คำนวณได้

ระเบียบวิธี MDBUTMF มีข้อจำกัดเช่นเดียวกันกับระเบียบวิธีอื่นๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วก่อนหน้านี้ เมื่อความหนาแน่นของสัญญาณรบกวนในภาพสูงขึ้น ประสิทธิภาพของระเบียบวิธีจะลดลง โดยระเบียบ MDBUTMF จะมีประสิทธิภาพลดลงเมื่อความหนาแน่นของสัญญาณรบกวนอยู่ในช่วง 70 - 90 เปอร์เซ็นต์

ระเบียบวิธี IMF

ให้ s_{ij} เป็นจุดภาพที่พิจารณาบนภาพที่ถูกรบกวน

ขั้นที่ 1: ถ้า $0 < s_{ij} < 255$ แล้ว s_{ij} จะเป็นจุดภาพที่ไม่ถูกรบกวนและจะไม่มีการทำการเปลี่ยนแปลงใดๆ กับจุดภาพนี้

ขั้นที่ 2: สำหรับ s_{ij} ที่ไม่สอดคล้องกับเงื่อนไขในขั้นที่ 1 จะเป็นจุดภาพที่ถูกรบกวนและจะสร้างเมทริกซ์ย่อยขนาด 3×3 โดยมีจุดภาพ s_{ij} อยู่ในเมทริกซ์ย่อยด้วย

กรณีที่ 1 ถ้าจุดภาพทุกจุดในเมทริกซ์ย่อยมีค่าเป็น 0 และ 255 จะแทนทุกจุดภาพในเมทริกซ์ย่อยด้วยค่าเฉลี่ยของจุดภาพในเมทริกซ์ย่อย

กรณีที่ 2 ถ้าจุดภาพในเมทริกซ์ย่อยไม่มีค่าเป็น 0 และ 255 ทุกจุด จะคำนวณหาค่าเฉลี่ยจากจุดภาพที่อยู่ในเมทริกซ์ย่อย โดยที่ไม่คำนวณจุดภาพที่มีค่าเป็น 0 กับ 255 และแทนจุดภาพ ที่มีค่าเป็น 0 กับ 255 ด้วยค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้

ระเบียบวิธี IMF แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่เชื่อถือได้และการมีเสถียรภาพของระเบียบวิธีในช่วงของความหนาแน่นของสัญญาณรบกวนที่แตกต่างกันจาก 70 - 90 เปอร์เซ็นต์ แต่มีข้อจำกัดในการตรวจจับสัญญาณรบกวนเมื่อความหนาแน่นของสัญญาณรบกวนในภาพต่ำ

สรุปผลการศึกษา

1. การตรวจจับและการกำจัดสัญญาณรบกวนแบบเกลือและพริกไทยในภาพระดับสีเทาโดยอาศัยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นการวัดการกระจายทางสถิติที่เป็นปกติทั่วไป ใช้สำหรับเปรียบเทียบว่าค่าต่างๆ ในเซตข้อมูลกระจายตัวออกไปมากน้อยเท่าใด ถ้าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าน้อย หมายความว่าข้อมูลส่วนใหญ่อยู่ใกล้ค่าเฉลี่ยมาก ในทางกลับกันถ้าข้อมูลแต่ละจุดอยู่ห่างจากค่าเฉลี่ยเป็นส่วนมาก ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานก็จะมีค่ามาก และเมื่อข้อมูลทุกตัวมีค่าเท่ากันหมด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจะมีค่าเท่ากับศูนย์ กล่าวคือไม่มีการกระจายตัวของข้อมูล ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ σ และนิยามดังนี้

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \mu)^2} , \mu = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} \quad (3)$$

เมื่อ μ คือค่าเฉลี่ย m แทนจำนวนแถว n แทนจำนวนหลัก และ x_{ij} แทนจุดภาพ ณ ตำแหน่งที่ i, j บนภาพที่ถูกรบกวน ดังนั้นเกณฑ์ในการตรวจจับสัญญาณรบกวนมีเงื่อนไขคือ ถ้าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมทริกซ์ย่อยที่กำลัง

พิจารณาอยู่นั้น มีค่ามากกว่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของจุดภาพทั้งหมดบนภาพ แสดงว่าในเมทริกซ์ย่อยมีจุดภาพที่ถูก
รบกวน แต่ถ้ามีค่าน้อยกว่าก็จะถือว่าจุดภาพในเมทริกซ์ย่อยนั้นไม่ถูกรบกวน

ในงานวิจัยนี้ นำเสนอระเบียบวิธีใหม่สำหรับการกำจัดสัญญาณรบกวนแบบเกลือและพริกไทยในภาพ
ระดับสีเทา ระเบียบวิธีนี้แบ่งออกเป็น 2 ระยะ ระยะที่หนึ่งคือ การหาเกณฑ์ในการตัดสินใจว่า ใน
เมทริกซ์ย่อยที่กำลังพิจารณาอยู่นั้นมีจุดภาพที่ถูกรบกวนหรือไม่ โดยใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อช่วยในการ
ตรวจสอบ และระยะที่สองคือ การจัดการกับจุดภาพที่ถูกรบกวนโดยการแทนค่าจุดภาพเหล่านี้ด้วยค่าเฉลี่ยของจุดภาพ
ที่อยู่ในเมทริกซ์ย่อย ซึ่งระเบียบวิธีสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1: นำเข้าและอ่านค่าภาพที่ถูกรบกวน แล้วเก็บไว้ในเมทริกซ์ Y

ขั้นที่ 2: คำนวณส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมทริกซ์ Y เพื่อใช้เป็นเกณฑ์การตัดสินใจต่อไป

โดยให้สัญลักษณ์เป็น SD

ขั้นที่ 3: พิจารณาเมทริกซ์ย่อยของจุดภาพขนาด 3×3 จากเมทริกซ์ Y

ขั้นที่ 4: คำนวณส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมทริกซ์ย่อยที่กำลังพิจารณา โดยให้สัญลักษณ์เป็น sd

ขั้นที่ 5: ถ้า $sd > SD$ จะแทนจุดภาพที่มีค่าเป็น 0 กับ 255 ในเมทริกซ์ย่อยที่กำลังพิจารณา ด้วยค่าเฉลี่ยของจุดภาพ
ที่อยู่ในเมทริกซ์ย่อย โดยที่ไม่คำนวณจุดภาพที่มีค่าเป็น 0 กับ 255 ในกรณีที่ไม่สอดคล้องเงื่อนไข ทุกจุดภาพที่อยู่ใน
เมทริกซ์ย่อยจะถือว่าไม่ถูกรบกวนและจะไม่มีทำการเปลี่ยนแปลงใดๆ กับทุกจุดภาพในเมทริกซ์ย่อยนี้

ขั้นที่ 6: ทำซ้ำในขั้นที่ 3 ถึงขั้นที่ 5 สำหรับเมทริกซ์ย่อยที่เหลือ

2. ผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ ใช้ภาพระดับสีเทาอย่างเช่น ภาพ Lena ขนาด 512×512 ดังรูปที่ 1 ในการทดลอง ภาพ
ดังกล่าวจะถูกรบกวนด้วยสัญญาณรบกวนแบบเกลือและพริกไทยโดยสมการ (1) และ (2) และทดสอบในกรณีของ
ความหนาแน่นของสัญญาณรบกวนที่แตกต่างกันจาก 10 - 90 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 1 ภาพ Lena ขนาด 512×512

ในการประเมินประสิทธิภาพของระเบียบวิธีต่างๆ ที่ได้กล่าวถึงในงานวิจัยและเปรียบเทียบกับระเบียบวิธีที่
นำเสนอ จะใช้ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$MSE = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (d_{i,j} - x_{i,j})^2 \quad (4)$$

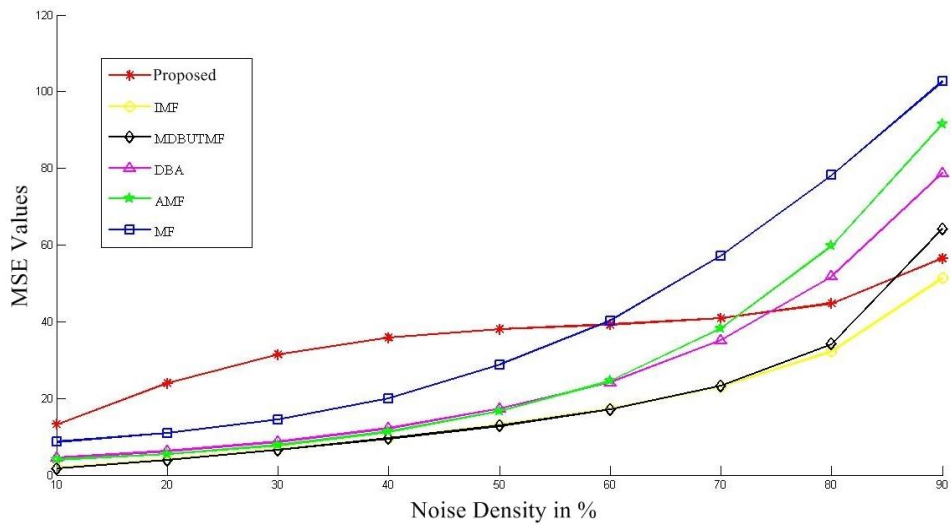
โดยที่ $D = [d_{i,j}]_{m \times n}$ เป็นเมทริกซ์ภาพที่กำลังกำจัดสัญญาณรบกวนแล้วและ $X = [x_{i,j}]_{m \times n}$ เป็นภาพต้นฉบับ

การทดลองกำจัดสัญญาณรบกวนของแต่ละระเบียบวิธี ทำการทดสอบเป็นจำนวน 100 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ยของผลที่ได้ ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของแต่ละระเบียบวิธี ในกรณีของความหนาแน่นของสัญญาณรบกวนที่แตกต่างกันจาก 10 - 90 เปอร์เซ็นต์

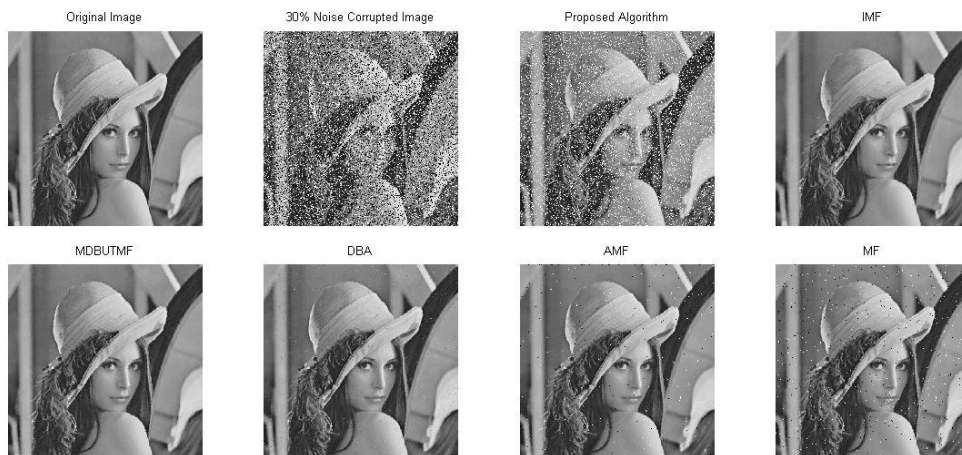
Noise density	MSE					
	MF	AMF	DBA	MDBUTMF	IMF	Proposed
10%	8.63	4.00	4.44	1.70	1.85	13.24
20%	10.99	5.49	6.21	3.91	4.07	23.93
30%	14.44	7.78	8.69	6.51	6.65	31.44
40%	19.93	11.24	12.20	9.48	9.62	35.81
50%	28.78	16.71	17.38	12.87	13.04	38.05
60%	40.25	24.54	24.17	17.14	17.24	39.21
70%	57.22	38.20	35.14	23.32	23.11	40.87
80%	78.20	59.73	51.81	34.13	32.19	44.74
90%	102.67	91.56	78.80	64.29	51.38	56.56

ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่มีค่าเป็นศูนย์หรือมีค่าน้อยๆ หมายความว่าจุดภาพแต่ละจุดบนภาพที่ถูกกำจัดสัญญาณรบกวนแล้วมีค่าใกล้เคียงกับจุดภาพบนภาพต้นฉบับ หรือหมายความว่าภาพที่ถูกกำจัดสัญญาณรบกวนมีความใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับ ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของแต่ละระเบียบวิธีที่เป็นผลจากการทดลองแสดงดังตารางที่ 1 จากการพิจารณาค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย จะเห็นว่าค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของระเบียบวิธีที่นำเสนอมีค่าสูงกว่าระเบียบวิธี IMF ในทุกกรณีของความหนาแน่นของสัญญาณรบกวนที่ทำการทดสอบและสูงกว่าระเบียบวิธีอื่นๆ ในกรณีของความหนาแน่นของสัญญาณรบกวนจาก 10 - 50 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อความหนาแน่นของสัญญาณรบกวนเพิ่มสูงขึ้น ที่อยู่ในช่วง 60 - 90 เปอร์เซ็นต์ ระเบียบวิธีที่นำเสนอมีค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำกว่าระเบียบวิธี MF ในช่วง 80 - 90 เปอร์เซ็นต์ ระเบียบวิธีที่นำเสนอมีค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำกว่าระเบียบวิธี AMF และ DBA และที่ 90 เปอร์เซ็นต์ ระเบียบวิธีที่นำเสนอมีค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำกว่าระเบียบวิธี MDBUTMF และใกล้เคียงกับระเบียบวิธี IMF แสดงให้เห็นว่าระเบียบวิธีที่นำเสนอมีประสิทธิภาพเมื่อความหนาแน่นของสัญญาณรบกวนเพิ่มสูงขึ้นมากๆ และเพื่อให้ง่ายต่อการพิจารณาข้อมูลในตารางที่ 1 สามารถแสดงในรูปของกราฟ ได้ดังกราฟที่ 1

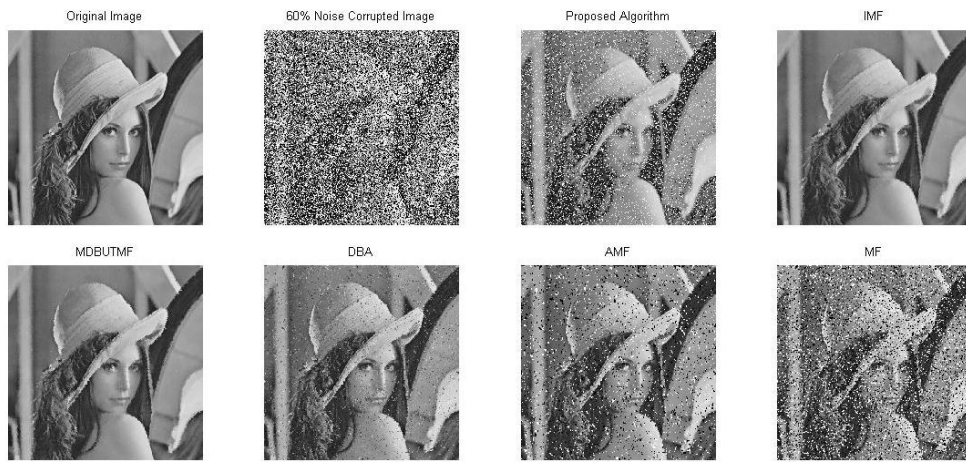


กราฟที่ 1 แสดงค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของแต่ละระเบียบวิธีและความหนาแน่นของสัญญาณรบกวนที่แตกต่างกันจาก 10 - 90 เปอร์เซ็นต์

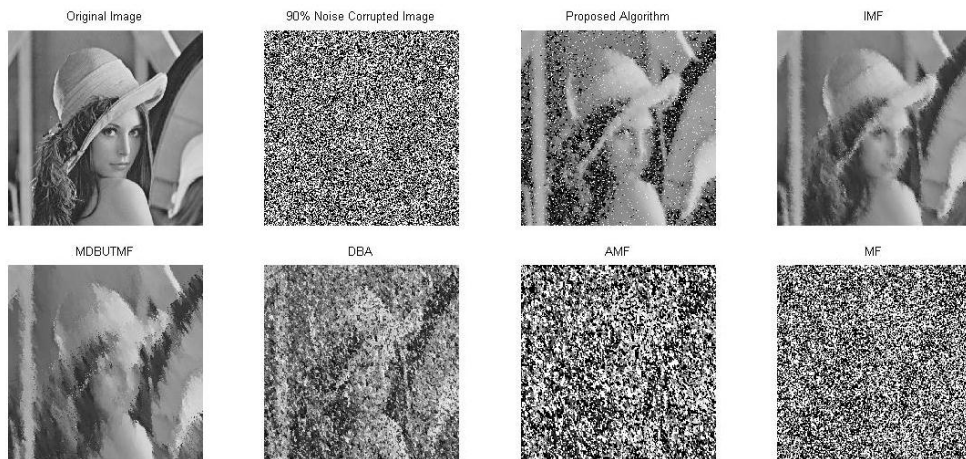
นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาความแตกต่างของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยระหว่างความหนาแน่นของสัญญาณรบกวน 10 เปอร์เซ็นต์และ 90 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นว่าระเบียบวิธีที่นำเสนอมีค่าความแตกต่างของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยประมาณ 43.32 ซึ่งต่ำกว่าระเบียบวิธีอื่นๆ ทุกวิธี โดยระเบียบวิธี MF AMF DBA MDBUTMF และ IMF มีความแตกต่างของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยประมาณ 49.53 62.59 74.36 87.56 และ 94.04 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าระเบียบวิธีที่นำเสนอมีประสิทธิภาพที่เชื่อถือได้และมีเสถียรภาพในการตรวจจับสัญญาณรบกวนแบบเกลือและพริกไทยในภาพระดับสีเทา



รูปที่ 2 ผลการกำจัดสัญญาณรบกวนของแต่ละระเบียบวิธีของภาพ Lena ที่ถูกสัญญาณรบกวนแบบเกลือและพริกไทย 30 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 3 ผลการกำจัดสัญญาณรบกวนของแต่ละระเบียบวิธีของภาพ Lena ที่ถูกสัญญาณรบกวนแบบเกลือและพริกไทย 60 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4 ผลการกำจัดสัญญาณรบกวนของแต่ละระเบียบวิธีของภาพ Lena ที่ถูกสัญญาณรบกวนแบบเกลือและพริกไทย 90 เปอร์เซ็นต์

รูปที่ 2 - 4 แสดงผลการกำจัดสัญญาณรบกวนของแต่ละระเบียบวิธีของภาพ Lena ที่ถูกรบกวนโดยสัญญาณรบกวนแบบเกลือและพริกไทย 30 เปอร์เซ็นต์ 60 เปอร์เซ็นต์ และ 90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะเห็นว่า ระเบียบวิธีที่นำเสนอแสดงผลภาพที่ดีขึ้นเมื่อเทียบกับภาพที่ยังไม่ได้กำจัดสัญญาณรบกวนและยังคงแสดงผลได้ดีเมื่อความหนาแน่นของสัญญาณรบกวนเพิ่มสูงขึ้น

อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้ ได้นำเสนอระเบียบวิธีใหม่สำหรับการกำจัดสัญญาณรบกวนแบบเกลือและพริกไทยในภาพระดับสีเทาโดยอาศัยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการตรวจจับสัญญาณรบกวนและใช้เทคนิคการแทนค่าจุดภาพที่ถูกรบกวนด้วยค่าเฉลี่ยของจุดภาพที่อยู่ใกล้เคียง ผลการทดลองปรากฏว่า เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่ความหนาแน่นของสัญญาณรบกวน 10 เปอร์เซ็นต์และ 90 เปอร์เซ็นต์ ระเบียบวิธีที่นำเสนอมีประสิทธิภาพที่เชื่อถือได้และมีเสถียรภาพในการตรวจจับสัญญาณรบกวนแบบเกลือและพริกไทยในภาพระดับสีเทา นอกจากนี้เมื่อพิจารณาผลภาพที่ได้จากการกำจัดสัญญาณรบกวนแล้ว จะเห็นว่าระเบียบวิธีที่นำเสนอ

แสดงผลภาพที่ดีขึ้นเมื่อเทียบกับภาพที่ยังไม่ได้กำจัดสัญญาณรบกวนและยังคงแสดงผลได้ดีเมื่อความหนาแน่นของสัญญาณรบกวนเพิ่มสูงขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- H. Hwang, and R. A. Haddad. (1995, Apr). Adaptive Median Filters: New Algorithms and Results, **IEEE Trans. Image Process.**, 4(4), 499-502.
- K. S. Srinivasan, and D. Ebenezer. (2007, Mar). A New Fast and Efficient Decision Based Algorithm for Removal of High Density Impulse Noise, **IEEE Signal Process. Lett.**, 14(3), 189-192.
- P. Yadav, V. Kumar, M. Jain, A. Samadhiya, and S. Jain. (2013). Image De-Noising For Salt and Pepper Noise by Introducing New Enhanced Filter, **Proceeding of International Conference on Innovations in Engineering and Technology**, 25-26.
- S. Esakirajan, T. Veerakumar, A. N. Subramanyam, and C. H. PremChand. (2011, May). Removal of High Density Salt and Pepper Noise Through Modified Decision Based Unsymmetric Trimmed Median Filter, **IEEE Signal Process. Lett.**, 18(5). 287-290.
- S. Malviya, and H. Amhia. (2014, Jun). Image Enhancement Using Improved Mean Filter at Low and High Noise Density, **International Journal of Emerging Engineering Research and Technology**, 2(3). 45-52.
- S. Shrestha. (2014, Aug). Image Denoising Using New Adaptive Based Median Filter, **Signal and Image Processing: An International Journal**, 5(4). 1-13.
- T. K. Thivakaran, and RM. Chandrasekaran. (2010). Nonlinear Filter Based Image Denoising Using AMF Approach, **International Journal of Computer Science and Information Security**, 7(2), 224-227.