บทที่ 2
การสร้างกลับภาพอัลตราซาวนด์สามมิติ

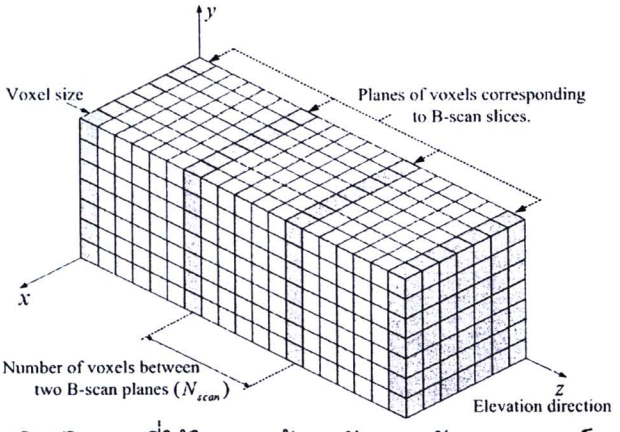
ระเบียบวิธีในการสร้างกลับภาพอัลตราซาวนด์สามมิติจากชุดภาพบีสแกน (B-scan) โดยทั่วไปนั้น ชุดภาพบีสแกนดังกล่าวจะได้มาจากระบบการสแกนแบบถืออิสระ (Freehand scanning) ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 1 อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้จะได้พัฒนาระเบียบวิธีการสร้างกลับภาพอัลตราซาวนด์สามมิติในขอบข่ายงานของการสแกนแบบเชิงเส้นทางกล (Mechanical linear scanning framework) เพื่อใช้ประโยชน์จากรูปแบบความสม่ำเสมอของชุดภาพเหล่านั้นมาเพิ่มประสิทธิภาพในการสร้างกลับทางเวลาให้ดีขึ้น โดยในหัวข้อต่อไปจะได้กล่าวถึงการกำหนดแนวทางและขอบเขตของปัญหาในการสร้างกลับภาพอัลตราซาวนด์สามมิติในขอบข่ายงานของการสแกนแบบดังกล่าว จากนั้นจึงจะนำเสนอระเบียบวิธีทางคณิตศาสตร์ที่มีผู้นำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาต่อไป

2.1 ระบบพิกัดเชิงปริมาตรสำหรับขอบข่ายงานของการสแกนแบบเชิงเส้นทางกล

ในขอบข่ายงานของการสแกนแบบเชิงเส้นทางกลนั้น ลำดับของชุดภาพบีสแกนที่บันทึกได้จากทรานส์ดิวเซอร์ที่ถูกเคลื่อนที่ด้วยกลไกที่ทำงานอย่างเที่ยงตรงและมีรูปแบบที่กำหนดไว้แล้วล่วงหน้า จะมีลักษณะที่ขนานกันและตั้งฉากกับทิศทางของการสแกน โดยความละเอียดในภาพบีสแกนที่บันทึกได้นั้น จะหมายความถึง "In-plane resolution" ซึ่งถูกกำหนดโดยความกว้างแถบของพัลส์ (Pulse bandwidth) และช่องเปิดของทรานส์ดิวเซอร์ (Transducer aperture) ในขณะที่ความละเอียดในทิศทางของการสแกน จะหมายความถึง "Elevation resolution" ซึ่งถูกกำหนดโดยความหนาของทรานส์ดิวเซอร์ (Transducer thickness) และช่วงของการชักตัวอย่างในแนวเอลลิเวชัน (Elevation sampling interval) โดยทั่วไปแล้วความหนาของทรานส์ดิวเซอร์และช่วงของการชักตัวอย่างในแนวเอลลิเวชันจะมีขนาดที่ใหญ่กว่าความกว้างแถบของพัลส์และช่องเปิดของทรานส์ดิวเซอร์ ดังนั้นจึงส่งผลให้ความละเอียดภายในภาพมีค่ามากกว่าความละเอียดในทิศทางของการสแกน [24]

รูปที่ 2.1 แสดงระบบพิกัดเชิงปริมาตรที่ใช้ในการสร้างกลับภาพอัลตราซาวนด์สามมิติจากชุดภาพบีสแกนที่บันทึกได้ด้วยโพรบสามมิติที่มีการสแกนแบบเชิงเส้นทางกล ในการอธิบาย

การสร้างกลับภาพอัลตราซาวนด์สามมิติในรูปที่ 3 นั้น เราจะกำหนดตำแหน่งของว็อกเซล υ ในแถวลำดับของว็อกเซลสามมิติ (3-D voxel array) ด้วย (i, j, k) เมื่อ i มีค่าในช่วง ...,-1,0,1,.... j มีค่าในช่วง ...,-1,0,1,... และ k มีค่าในช่วง ...,-1,0,1,... กำหนดให้ $\ldots, f_{-1}, f_0, f_1, \ldots$ เป็นลำดับของชุดภาพอัลตราซาวนด์แบบบีสแกนสองมิติ โดยที่ f_l คือฟังก์ชันสำหรับใช้เป็นตัวแทนของภาพบีสแกนสไลซ์ที่ l เมื่อ l มีค่าในช่วง ...,-1,0,1,.... กำหนดให้ f เป็นฟังก์ชันบนแถวลำดับของว็อกเซล υ สำหรับใช้เป็นตัวแทนของความเข้มในว็อกเซลที่ถูกเติมมาจากจุด ภาพในฟังก์ชัน f_l และเนื่องจากมีปริมาณข้อมูลในแนวการสแกนที่ต่ำ ดังนั้นในรูปที่ 3 จะเห็นว่าทุกๆ ระนาบที่มีระยะห่าง N_{SCAN} เท่านั้นจึงจะถูกเติมด้วยค่าความเข้มของจุดภาพที่บันทึกได้ โดย ว็อกเซลที่ถูกเติมดังกล่าวจะแสดงด้วยว็อกเซลที่ถูกแรเงา นั่นคือค่าความเข้ม f ในว็อกเซล $\upsilon(i, j, lN_{SCAN})$ จะถูกเซ็ตให้มีค่าเท่ากับ $\upsilon_l(i, j)$ ส่วนว็อกเซลที่เหลืออยู่และยังไม่ถูกเติมจะถูกเซ็ตให้เป็นค่าใดๆ เช่นเซ็ตให้มีค่าเท่ากับ -1



รูปที่ 2.1 ระบบพิกัดเชิงปริมาตรที่ใช้ในการสร้างกลับภาพอัลตราซาวนด์สามมิติจากชุดภาพบีสแกนที่บันทึกได้ด้วยโพรบสามมิติที่มีการสแกนแบบเชิงเส้นทางกล

นอกเหนือจากฟังก์ชัน f ที่นำมาใช้เป็นตัวแทนของความเข้มในว็อกเซลที่ถูกเติมมาจากจุดภาพในฟังก์ชัน f_l แล้ว ยังกำหนดให้ $\tilde{f}$ เป็นฟังก์ชันบนแถวลำดับของว็อกเซล υ สำหรับใช้เป็นตัวแทนของความเข้มในว็อกเซลที่ต้องการสร้างกลับ นั่นคือเราสามารถกำหนดแนวทางในการสร้างกลับ $\tilde{f}$ ในว็อกเซลที่ไม่ถูกเติมมาจากจุดภาพในฟังก์ชัน f_l ได้โดยการประมาณค่าในช่วง (Interpolation) และสามารถลดทอนสัญญาณรบกวนแบบจุดในว็อกเซลที่ถูกเติมมาจากจุดภาพในฟังก์ชัน f_l ได้โดยการประมาณค่า (Approximation) จากฟังก์ชัน f.

2.2 ระเบียบวิธีในการสร้างกลับภาพอัลตราซาวนด์สามมิติ

ในหัวข้อนี้จะได้อธิบายถึงหลักการและการคำนวณของระเบียบวิธีในการสร้างกลับภาพอัลตราซาวนด์สามมิติที่จะนำมาใช้ในการประเมินประสิทธิภาพโดยเปรียบเทียบกับระเบียบวิธีที่จะได้พัฒนาขึ้นมา

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

2.2.1 ระเบียบวิธีการประมาณค่าในช่วงแบบ Voxel Nearest-Neighbor (VNN Interpolation Algorithm)

ระเบียบวิธี VNN นั้น แถวลำดับของว็อกเซลสามมิติ (3-D voxel array) จะถูกเติมด้วยค่าความเข้มของจุดภาพที่อยู่ในชุดภาพบีสแกนที่ใกล้ที่สุด จากนั้นว็อกเซลที่ยังไม่ถูกเติมจะถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับค่าในว็อกเซลที่ถูกเติมที่ใกล้ที่สุดอีกครั้ง [16] ถึงแม้ว่าการสร้างกลับด้วยวิธีการนี้จะค่อนข้างง่ายและรวดเร็ว แต่ระเบียบวิธีนี้จะปรากฏสิ่งแปลกปลอมในภาพสามมิติที่สร้างกลับคืนมาโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อช่วงในการสุ่มภาพในทิศทางของการสแกนมีขนาดที่ใหญ่ ดังนั้นผลการสร้างกลับที่ได้จากระเบียบวิธีดังกล่าวนี้จึงต้องนำมาประมวลผลในภายหลัง (Post-processing) ด้วยวงจรกรองสำหรับลดทอนสัญญาณรบกวนในภาพอัลตราซาวนด์เพื่อทำให้ภาพที่ได้จากการสร้างกลับมีความราบเรียบและสามารถนำไปใช้ในกระบวนการแยกส่วนภาพต่อได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยระเบียบวิธีของวงจรกรองที่นิยมใช้กันมีดังต่อไปนี้

2.2.1.1 วงจรกรองลดทอนสัญญาณรบกวนแบบจุดปรับตัวได้ (Adaptive Speckle Reduction Filters)

วงจรกรองลดทอนสัญญาณรบกวนแบบจุดปรับตัวได้ อาศัยหลักการประมาณค่าอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (Signal to Noise Ratio : SNR) จากค่าเชิงสถิติในว็อกเซลบริเวณใกล้เคียง (Voxel neighborhood) ด้วยอัตราส่วนของค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยเพื่อแยกความแตกต่างระหว่างหมวดของโครงสร้างภาพ Fully Formed Speckle (FFS) และ Non-Randomly distributed with Long-Range order (NRLR) ซึ่งเป็นหมวดของสัญญาณที่สะท้อนกลับมา (อธิบายในภาคผนวก ก) [22] โดยมีรูปแบบสมการของวงจรกรองดังนี้

$$g_{\{i,j,k\}} = \mu_{\{i,j,k\}} + \eta(f_{\{i,j,k\}} - \mu_{\{i,j,k\}}), \qquad (2.1)$$

เมื่อ $g_{\{i,j,k\}}$ คือค่าความเข้มเอาต์พุตของวงจรกรอง

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 17 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 247792
เลขเรียกหนังสือ

$f_{\{i,j,k\}}$ คือค่าความเข้ม ณ ตำแหน่งศูนย์กลางของว็อกเซลบริเวณใกล้เคียง

$\mu_{\{i,j,k\}}$ คือค่าเฉลี่ยของความเข้มข้อมูลในว็อกเซลบริเวณใกล้เคียง

โดยค่าสัมประสิทธิ์ในการปรับตัว η สามารถคำนวณได้จาก

$$\eta = \frac{\nu - \mu_n}{\nu}, \tag{2.2}$$

และ

$$\nu = \frac{\sigma^2_{\{i,j,k\}}}{\mu_{\{i,j,k\}}} = \frac{1}{\mathrm{SNR}}, \tag{2.3}$$

เมื่อ $\sigma^2_{\{i,j,k\}}$ เป็นค่าความแปรปรวนของข้อมูลในว็อกเซลบริเวณใกล้เคียงและ

μ_n เป็นค่าเฉลี่ยของสัญญาณรบกวนในย่าน FFS

โดยค่าสัมประสิทธิ์ในการปรับตัว η จะสนใจในช่วงค่าเท่ากับศูนย์จนถึงหนึ่ง $0 \le \eta \le 1$ เพื่อให้ค่าเอาต์พุตที่ได้มีค่าอยู่ในช่วงเท่ากับค่าเดิมกับค่าเฉลี่ย ดังนั้นในบางครั้งจึงมีผู้เรียกชื่อวงจรกรองนี้ว่าวงจรกรองที่มีพื้นฐานการเฉลี่ยแบบปรับตัวได้ (Adaptive mean-based filter) [25]

2.2.1.2 **วงจรกรองมัธยฐานถ่วงน้ำหนักแบบปรับตัวได้** (Adaptive Weighted Median Filters)

วงจรกรองมัธยฐานถ่วงน้ำหนักแบบปรับตัวได้พัฒนามาจากวงจรกรองมัธยฐานโดยการประมาณค่า SNR ในย่านของข้อมูลที่กำลังสนใจเช่นเดียวกับในวงจรกรองลดทอนสัญญาณรบกวนแบบจุดปรับตัวได้มาใช้ในการคำนวณฟังก์ชันถ่วงน้ำหนักดังสมการ

$$w_{\{i,j,k\}} = \left\lfloor w_c - c \cdot d_{\{i,j,k\}} \cdot \frac{\sigma^2_{\{i,j,k\}}}{\mu_{\{i,j,k\}}} \right\rfloor, \tag{2.4}$$

เมื่อ c คือค่าคงที่ในการสเกล

$d_{\{i,j,k\}}$ คือระยะทางจากศูนย์กลางหน้าต่างวงจรกรองไปยังตำแหน่งข้อมูลที่ถูกเติมในว็อกเซลบริเวณใกล้เคียง

w_c คือค่าถ่วงน้ำหนัก ณ ตำแหน่งศูนย์กลางของว็อกเซลบริเวณใกล้เคียง

$\mu_{\{i,j,k\}}$ คือค่าเฉลี่ยของความเข้มข้อมูลในว็อกเซลบริเวณใกล้เคียง

$\sigma^2_{\{i,j,k\}}$ เป็นค่าความแปรปรวนของข้อมูลในว็อกเซลบริเวณใกล้เคียงและ

$\lfloor\ \rfloor$ คือฟังก์ชัน floor สำหรับใช้ในการปัดจุดทศนิยมเพื่อให้ค่าภายในฟังก์ชันเป็นจำนวนเต็มที่ใกล้เคียงที่สุดทางฝั่งศูนย์

โดยหากค่าอัตราส่วนความแปรปรวนต่อค่าเฉลี่ย $\sigma^2_{\{i,j,k\}} / \mu_{\{i,j,k\}}$ มีค่าต่ำ เอาต์พุตของวงจรกรองมัธยฐานถ่วงน้ำหนักแบบปรับตัวได้จะคำนวณจากค่ามัธยฐานของข้อมูลซึ่งสอดคล้องกับฟังก์ชันถ่วงน้ำหนักในสมการข้างต้นในย่านของข้อมูลที่กำลังสนใจ หาก $\sigma^2_{\{i,j,k\}} / \mu_{\{i,j,k\}}$ มีค่าสูง เอาต์พุตที่ได้จะถูกไบแอสให้มีค่าเท่ากับค่าความเข้มเดิม [23]

ตัวอย่าง สมมุติคำนวณฟังก์ชันถ่วงน้ำหนักของลำดับข้อมูล $\left\{f_{\{i,j,k\},1}, f_{\{i,j,k\},2}, f_{\{i,j,k\},3}\right\}$ ได้ค่า $w_{\{i,j,k\},1} = 1$, $w_{\{i,j,k\},2} = 3$, และ $w_{\{i,j,k\},3} = 2$, ดังนั้นเอาต์พุต $g_{\{i,j,k\}}$ หาได้จาก

$$g_{\{i,j,k\}} = \text{median}\left\{f_{\{i,j,k\},1}, f_{\{i,j,k\},2}, f_{\{i,j,k\},2}, f_{\{i,j,k\},2}, f_{\{i,j,k\},3}, f_{\{i,j,k\},3}\right\}. \quad (2.5)$$

หากค่าของฟังก์ชันถ่วงน้ำหนัก $w_{\{i,j,k\}}$ ในหน้าต่างวงจรกรองบริเวณใดๆ มีค่าติดลบ จะทำการปัดค่าดังกล่าวให้เท่ากับศูนย์หรือไม่มีการถ่วงน้ำหนักค่าข้อมูล ณ ตำแหน่งนั้น ด้วยความง่ายในตัวระเบียบวิธีของวงจรกรองนี้ จึงทำให้เป็นวงจรกรองที่นิยมนำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านต่างๆ

2.2.2 ระเบียบวิธีการประมาณค่าในช่วงแบบ Pixel Nearest-Neighbor (PNN Interpolation Algorithm)

สำหรับระเบียบวิธี PNN นั้น เป็นวิธีที่ใช้หลักการรวมเชิงพื้นที่ (Spatial compounding) เมื่อมีข้อมูลที่จะเข้าไปอยู่ในวอกเซลเดียวกันหลายๆ ค่า โดยเริ่มแรกนั้นแถวลำดับของวอกเซลสามมิติจะถูกเติมด้วยค่าความเข้มของจุดภาพที่อยู่ในชุดภาพบีสแกนที่ใกล้ที่สุดเช่นเดียวกับระเบียบวิธี VNN หากในวอกเซลที่จะถูกเติมมีข้อมูลที่จะนำไปใส่อยู่หลายค่า ข้อมูลเหล่านั้นจะถูกนำมาเฉลี่ยแล้วจึงค่อยเติมค่าเฉลี่ยนั้นลงไป ส่วนวอกเซลที่ยังไม่ถูกเติมจะถูกกำหนดค่าลงไปด้วยการเฉลี่ยข้อมูลในวอกเซลที่ถูกเติมในบริเวณใกล้เคียงขนาด 3×3×3 วอกเซล หากในบริเวณดังกล่าวยังไม่มีวอกเซลของข้อมูลที่ถูกเติม จะทำการขยายขนาดของวอกเซลบริเวณใกล้เคียงไปเป็น 5×5×5, 7×7×7,... วอกเซล จนกว่าจะมีการเฉลี่ยของข้อมูลในวอกเซลที่ถูกเติมในบริเวณดังกล่าว [17]

2.2.3 ระเบียบวิธีการประมาณค่าในช่วงแบบ Distance-Weighted (DW Interpolation Algorithm)

สำหรับระเบียบวิธี DW นั้นข้อมูลของจุดภาพที่อยู่ในชุดภาพบีสแกนในย่าน (Local neighborhood) ที่มีศูนย์กลางอยู่ที่วอกเซลที่กำลังสนใจ จะถูกถ่วงน้ำหนักตามระยะทางแบบผกผัน (Inverse distance-weights) ระหว่างวอกเซลจุดศูนย์กลางไปยังจุดภาพเหล่านั้น จากนั้นจึง

นำค่าที่ถูกถ่วงน้ำหนักมาเฉลี่ยเป็นค่าผลลัพธ์ของว็อกเซลจุดศูนย์กลางนั้น [18] โดยค่าเอาต์พุตของระเบียบวิธี DW สามารถเขียนได้ดังสมการ

$$g_{\{i,j,k\}} = \frac{\sum_{\Psi} W_{\{i,j,k\}} f_{\{i,j,k\}}}{\sum_{\Psi} W_{\{i,j,k\}}} \tag{2.16}$$

โดยที่ Ψ คือโดเมนของว็อกเซลที่ถูกเติมในว็อกเซลบริเวณใกล้เคียง $V_{\{i,j,k\}}$, $f_{\{i,j,k\}}$ คือความเข้มของว็อกเซลที่ถูกเติมในว็อกเซลบริเวณใกล้เคียง $W_{\{i,j,k\}}$ คือฟังก์ชันถ่วงน้ำหนักแบบผกผันตามระยะทางได้โดยสามารถเขียนได้ดังสมการ

$$W_{\{i,j,k\}} = \frac{1}{d_{\{i,j,k\}}} \tag{2.17}$$

เมื่อ $d_{\{i,j,k\}}$ คือระยะทางจากศูนย์กลางหน้าต่างวงจรกรองไปยังตำแหน่งข้อมูลที่ถูกเติมในว็อกเซลบริเวณใกล้เคียง

2.2.4 ระเบียบวิธีการประมาณค่าในช่วงแบบ Adaptive Distance-Weighted (ADW Interpolation Algorithm)

ระเบียบวิธีการประมาณค่าในช่วงแบบ Adaptive Distance-Weighted (ADW interpolation) ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อคงสภาพของขอบภาพและทำให้ความคมชัดภายในภาพดีขึ้น โดยเริ่มแรกระเบียบวิธี ADW จะทำการประมาณค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าความแปรปรวน (Variance) ของแต่ละว็อกเซลจากจุดภาพที่อยู่ในชุดภาพบีสแกนในย่าน (Local neighborhood) ที่กำลังสนใจ โดยถ้าค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนของว็อกเซลใดในว็อกเซลบริเวณใกล้เคียง (Voxel neighborhood) อยู่ในเงื่อนไขพื้นที่เดียวกัน (Homogeneous region) กับข้อมูลในว็อกเซลศูนย์กลาง ว็อกเซลดังกล่าวนั้นจะถูกเซ็ตให้มีค่าถ่วงน้ำหนักเท่ากับหนึ่ง หรือก็คือเป็นการนำข้อมูล เหล่านั้นมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic mean) แต่ถ้าค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนของว็อกเซลใดในว็อกเซลบริเวณใกล้เคียงอยู่ในเงื่อนไขไม่อยู่ในพื้นที่เดียวกัน (Inhomogeneous region) กับข้อมูลในว็อกเซลศูนย์กลาง ว็อกเซลดังกล่าวนั้นจะถูกเซ็ตให้มีค่าถ่วงน้ำหนักเท่ากับศูนย์ หรือก็คือเป็นการกำจัดข้อมูลเหล่านั้นออก นอกเหนือจากเงื่อนไขข้างต้นแล้วถ้าค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนของว็อกเซลใดในว็อกเซลบริเวณใกล้เคียงอยู่ในเงื่อนไขพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง (Transition region) และมีความสัมพันธ์กับข้อมูลในว็อกเซลศูนย์กลาง ว็อกเซลดังกล่าวนั้นจะถูกเซ็ตให้มีค่าถ่วงน้ำหนักแบบปรับตัวได้ตามระยะทางแบบผกผันเช่นเดียวกับระเบียบวิธี DW [20] โดยค่าเอาต์พุตของระเบียบวิธี ADW, $g_{\{i,j,k\}}$ สามารถเขียนได้ดังสมการ

$$g_{\{i,j,k\}} = \frac{\sum_{\Psi} W_{\{i,j,k\}} f_{\{i,j,k\}}}{\sum_{\Psi} W_{\{i,j,k\}}} \tag{2.18}$$

โดยที่ Ψ คือโดเมนของว็อกเซลที่ถูกเติมและอยู่ในว็อกเซลบริเวณใกล้เคียงของว็อกเซลที่ต้องการจะประมาณค่า, $f_{\{i,j,k\}}$ คือค่าความเข้มของว็อกเซลที่ถูกเติมและอยู่ในว็อกเซลบริเวณใกล้เคียงของว็อกเซลที่ต้องการจะประมาณค่า และ $W_{\{i,j,k\}}$ คือฟังก์ชันถ่วงน้ำหนักแบบปรับตัวได้โดยสามารถเขียนได้ดังสมการ

$$W_{\{i,j,k\}} = \begin{cases} 0, & \text{if } \dfrac{\sigma^2_{\{i,j,k\}}}{\mu_{\{i,j,k\}}} \le H_0 \text{ and } f_{\{i,j,k\}} \notin [\mu_{\{i,j,k\}} - \sigma_{\{i,j,k\}}, \mu_{\{i,j,k\}} + \sigma_{\{i,j,k\}}], \\ 1, & \text{if } \dfrac{\sigma^2_{\{i,j,k\}}}{\mu_{\{i,j,k\}}} \le H_0 \text{ and } f_{\{i,j,k\}} \in [\mu_{\{i,j,k\}} - \sigma_{\{i,j,k\}}, \mu_{\{i,j,k\}} + \sigma_{\{i,j,k\}}], \\ \dfrac{1}{d^{\alpha}_{\{i,j,k\}}}, & \text{if } \dfrac{\sigma^2_{\{i,j,k\}}}{\mu_{\{i,j,k\}}} > H_0, \ \alpha = b\left(\dfrac{\sigma^2_{\{i,j,k\}}}{\mu_{\{i,j,k\}}} - H_0\right) + 1, \end{cases} \tag{2.19}$$

เมื่อ $\sigma_{\{i,j,k\}}$ คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเข้มในว็อกเซลที่ถูกเติมโดยสามารถคำนวณหาค่าได้จากข้อมูลที่อยู่ในว็อกเซลบริเวณใกล้เคียงกับว็อกเซลที่ถูกเติมนั้นๆ

$\mu_{\{i,j,k\}}$ คือค่าเฉลี่ยของความเข้มในว็อกเซลที่ถูกเติมโดยสามารถคำนวณหาค่าได้จากข้อมูลที่อยู่ในว็อกเซลบริเวณใกล้เคียงกับว็อกเซลที่ถูกเติมนั้นๆ

$d_{\{i,j,k\}}$ คือระยะทางจากตำแหน่งของว็อกเซลที่ถูกเติม $f_{\{i,j,k\}}$ ไปยังตำแหน่งว็อกเซลที่ต้องการจะประมาณค่า $g_{\{i,j,k\}}$

b คือค่าพารามิเตอร์สำหรับถ่วงดุลกันระหว่างระดับความราบเรียบและระดับในการรักษาขอบภาพโดยปกติจะเซ็ตให้มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 1

H_0 คือค่าระดับในการการแยกกลุ่มข้อมูลของว็อกเซลที่ถูกเติมว่าควรจะอยู่ในพื้นที่ใดเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูล ณ ตำแหน่งศูนย์กลางของว็อกเซลบริเวณใกล้เคียงที่ต้องการจะประมาณค่า

โดยค่า H_0 นี้จะหาได้จากการสุ่มหาค่าสถิติ (Local statistic) ของพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นแบบเดียวกันเดียวกัน (Homogeneous region) ในแต่ละย่าน นั่นคือผู้ใช้จะต้องเลือกสุ่มคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนในพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นแบบเดียวกันเดียวกันหลายๆ ที่ภายในภาพ จากนั้นจึงนำค่าความแปรปรวนมาพล็อตเทียบกับค่าเฉลี่ยที่สอดคล้องกันในแต่ละพื้นที่ในแนวแกนตั้งและแนวแกนนอนตามลำดับ ข้อมูลที่ถูกนำมาพล็อตจะถูกนำมาประมาณด้วยฟังก์ชันเส้นตรงอันดับหนึ่งแบบกำลังสองน้อยสุดอีกครั้ง โดยค่า H_0 ที่คำนวณได้ก็คือค่าสัมประสิทธิ์ความชันของฟังก์ชันเส้นตรงที่นำไปฟิตข้อมูลที่ได้กล่าวมาในข้างต้น