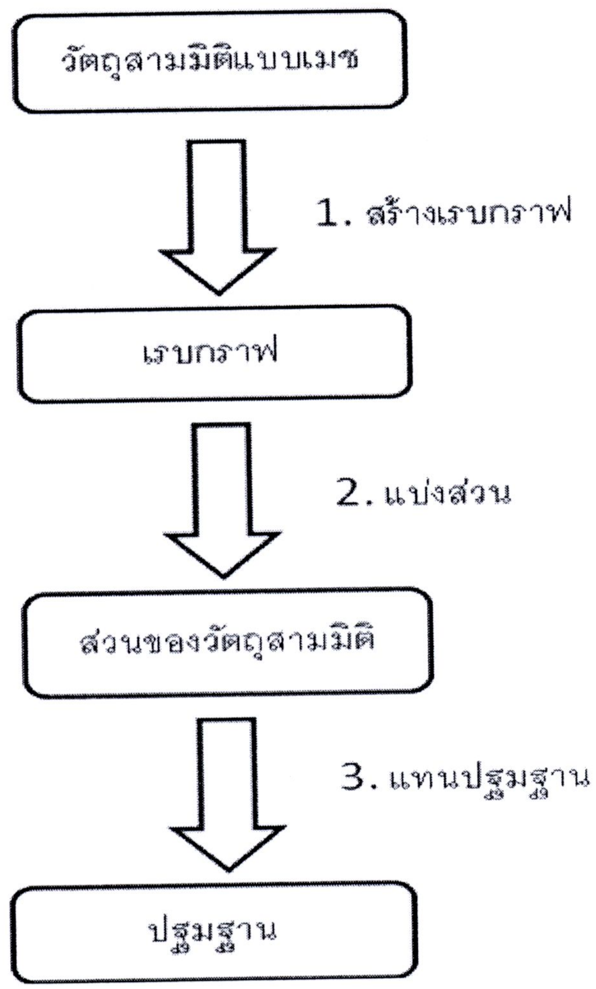
บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

นำเสนอวิธีการดำเนินงานวิจัยทั้งหมดของงานวิจัยนี้ โดยกล่าวถึงภาพรวมการทำงาน ขั้นตอนก่อนการดำเนินการ การสร้างเรบกราฟ การแบ่งส่วนวัตถุสามมิติโดยอาศัยเรบกราฟ และการแทนวัตถุสามมิติด้วยรูปเรขาคณิตปฐมฐาน

3.1 ภาพรวมของการทำงาน

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการแปลงวัตถุสามมิติแบบเมชเป็นรูปเรขาคณิตปฐมฐานโดยการใช้เรบกราฟในการหาข้อมูลทอพอโลยีเพื่อให้วัตถุสามมิติที่แทนด้วยรูปเรขาคณิตปฐมฐานมีรูปร่างเหมือนวัตถุสามมิติต้นฉบับ โดยมีภาพรวมของการทำงานแสดงดังรูปที่ 3.1 ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนตามลำดับ (ไม่นับขั้นตอนก่อนการดำเนินการ) คือ การสร้างเรบกราฟ การแบ่งส่วน และการแทนวัตถุสามมิติด้วยรูปเรขาคณิตปฐมฐาน



รูปที่ 3.1 ภาพรวมของการทำงาน

3.2 ขั้นตอนก่อนการดำเนินการ

ในการประมาณระยะทางจีออเดสิกด้วยอัลกอริทึมของดิจค์สตรานั้น ความยาวของเส้นเชื่อมที่ยาวเกินไปทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการประมาณระยะทางจีออเดสิก ดังนั้นจึงต้องมีการแบ่งเส้นเชื่อมที่ยาวเกินไปโดยเส้นเชื่อมที่ยาวไปกำหนดได้จากสมการต่อไปนี้

$$l > \frac{0.8}{n}\sum_{i=0}^{n} l_i$$

l คือความยาวของเส้นเชื่อม

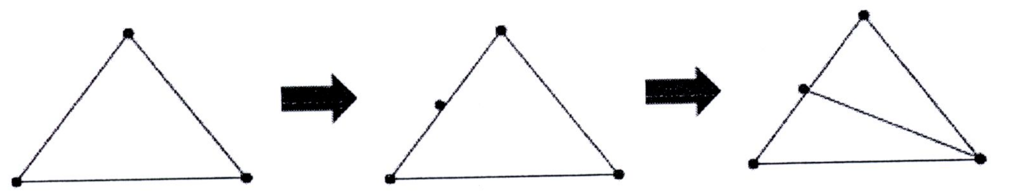
l_i คือความยาวของเส้นเชื่อม i

n คือจำนวนเส้นเชื่อมทั้งหมด

วิธีการแบ่งเส้มเชื่อมที่ยาวเกินไปแสดงดังรูปที่ 3.2 ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

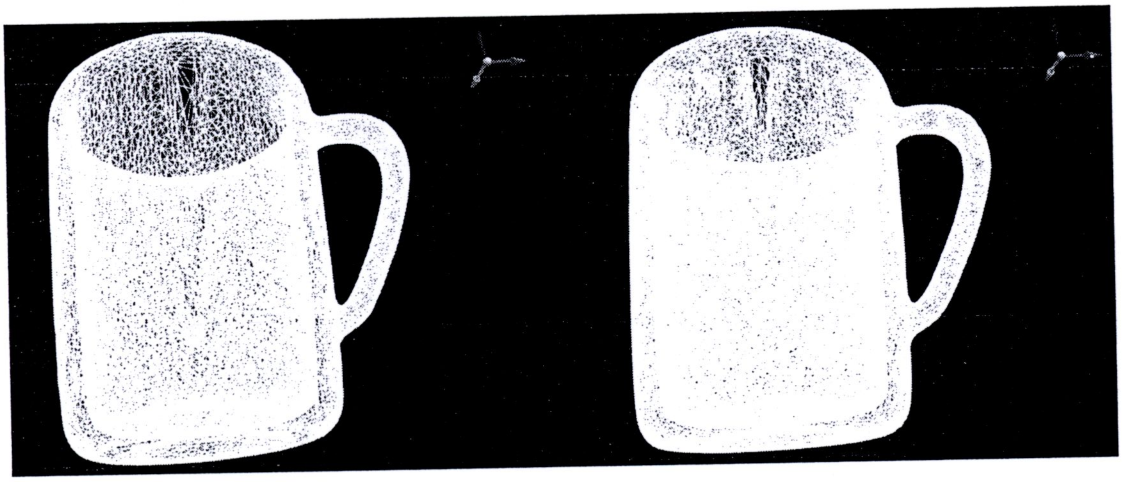
ขั้นตอนการแบ่งเส้นเชื่อมที่ยาวเกินไปมีดังต่อไปนี้

1. ตรวจสอบเส้นเชื่อมว่าความยาวมากกว่าขีดแบ่งหรือไม่ ถ้าความยาวมากกว่าขีดแบ่งให้ทำต่อในขั้นตอนที่สอง ถ้าไม่ตรวจสอบเส้นเชื่อมต่อไป
2. สร้างจุดยอดที่กึ่งกลางเส้นเชื่อมนั้น
3. ลากเส้นเชื่อมจากจุดยอดนั้นไปยังจุดยอดอีกจุดของหน้า



รูปที่ 3.2 การแบ่งเส้นเชื่อมที่ยาวเกินไป

เมื่อแบ่งเส้นเชื่อมที่ยาวเกินไปเสร็จแล้วจึงนำไปใช้ดำเนินการ รูปที่ 3.3 แสดงวัตถุสามมิติรูปร่างถ้วยก่อนการแบ่งเส้นเชื่อมที่ยาวเกินไป (ซ้าย) และหลังการแบ่งเส้นเชื่อมที่ยาวเกินไป (ขวา)



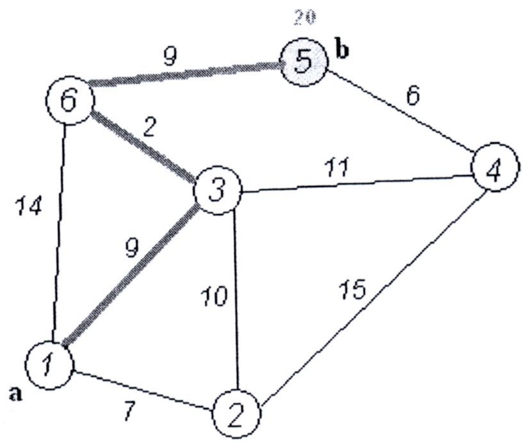
รูปที่ 3.3 วัตถุสามมิติก่อนการแบ่งเส้นเชื่อมที่ยาวเกินไป (ซ้าย) และหลังการแบ่งเส้นเชื่อมที่ยาวเกินไป (ขวา)

3.3 การสร้างเรบกราฟ

ในงานวิจัยนี้ใช้ระยะทางจีออเดสิกเฉลี่ยเป็นมอร์สฟังก์ชันเพราะระยะทางจีออเดสิกเฉลี่ยทนทานต่อการเคลื่อนที่ การหมุนและการขยายหรือย่อส่วน [5] [7] และใช้การแบ่งนับแบบเอกรูปเพื่อแบ่งนับระยะทางจีออเดสิกที่หาได้ในการสร้างเรบกราฟ ขั้นตอนการสร้างเรบกราฟสามารถแบ่งออกเป็นสามขั้นตอนย่อยคือ การหาระยะทางจีออเดสิกเฉลี่ยด้วยอัลกอริทึมของดิจค์สตรา การแบ่งนับระยะทางจีออเดสิกเฉลี่ยแบบเอกรูป และการหาจุดยอดของเรบกราฟและเชื่อมเส้นเชื่อม

3.3.1 การหาระยะทางจีออเดสิกเฉลี่ยด้วยอัลกอริทึมของดิจค์สตรา

การหาระยะทางจีออเดสิกจากจุดยอดที่กำหนดไปยังจุดยอดอื่นสามารถประมาณได้ด้วยระยะทางที่สั้นที่สุดจากจุดยอดไปยังจุดยอดอื่น [7] ซึ่งสามารถหาได้ด้วยอัลกอริทึมของดิจค์สตราดังรูปที่ 3.4 แสดงการหาระยะจีออเดสิกจากจุด a ไปยังจุด b ด้วยการประมาณจากระยะทางที่สั้นที่สุด (เส้นสีฟ้า) ซึ่งหาได้จากอัลกอริทึมของดิจค์สตรา



รูปที่ 3.4 การหาระยะจีออเดสิกด้วยการประมาณจากระยะทางที่สั้นที่สุด

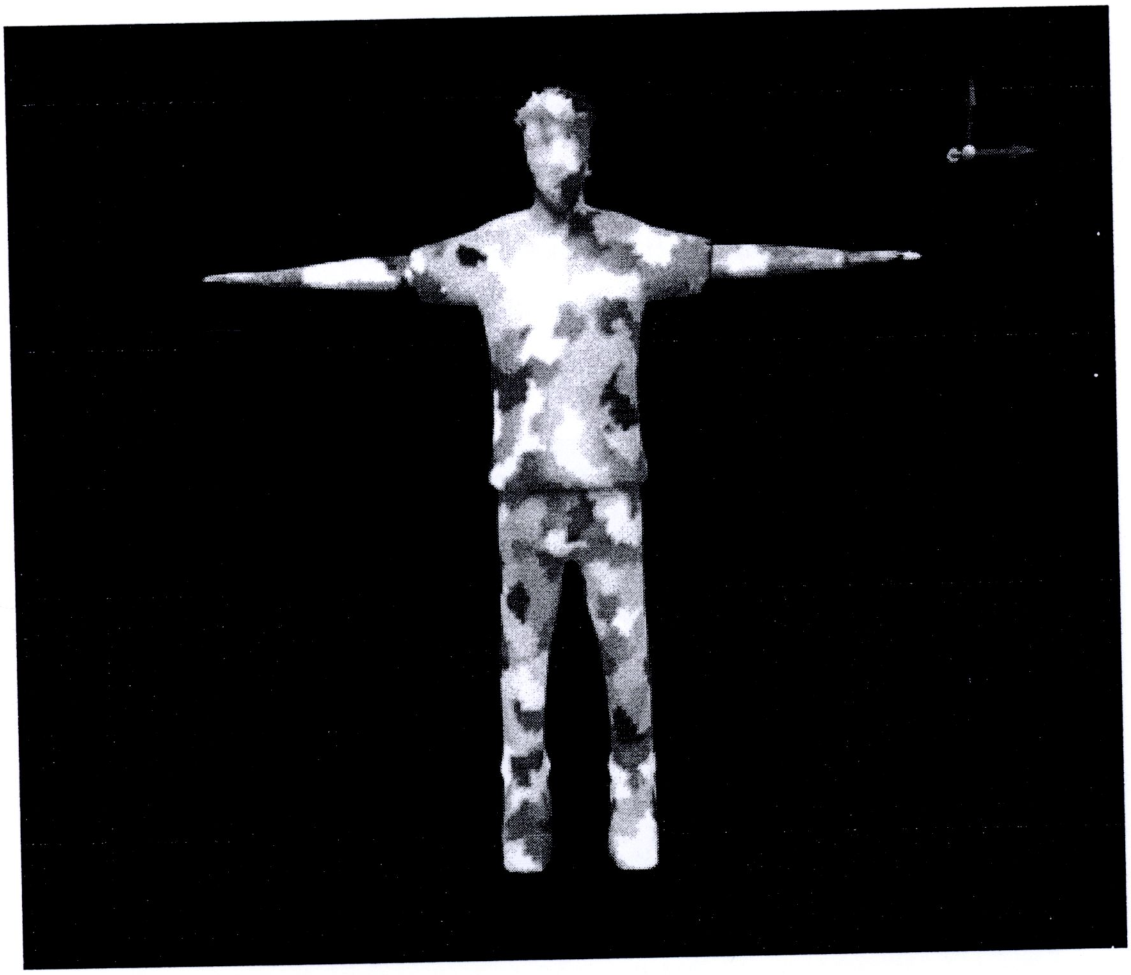
แต่การหาระยะทางจีออเดสิกเฉลี่ยของทุกจุดยอดนั้นใช้เวลานาน ดังนั้นจึงใช้จุดยอดฐานเพื่อลดจำนวนครั้งในการคำนวน [7] ซึ่งจุดยอดอื่นๆที่ระยะทางจีออเดสิกไม่เกินค่าขีดแบ่งจะมีค่าจีออเดสิกเฉลี่ยเท่ากับจุดยอดฐาน ซึ่งค่าขีดแบ่งในการหาจุดยอดฐานคือ

$$r = \sqrt{0.005 \cdot area(S)}$$

r คือค่าขีดแบ่งระยะทางจีออเดสิกจากจุดยอดฐาน

area(S) คือพื้นที่ของพื้นผิวทั้งหมดของวัตถุสามมิติแบบเมช

ตัวอย่างจุดยอดฐานของวัตถุสามมิติรูปร่างคนแสดงดังรูปที่ 3.5 โดยที่จุดในพื้นที่ที่มีสีเดียวกันจะมีจุดยอดฐานเดียวกัน



รูปที่ 3.5 จุดยอดฐานของวัตถุสามมิติรูปร่างคน

การหาระยะทางจีออเดสิกเฉลี่ยของแต่ละจุดยอดฐานสามารถหาดังสมการนี้

$$agd_i = \frac{1}{n}\sum_{j=0}^{n} gd_{ij}$$

agd_i คือระยะทางจีออเดสิกเฉลี่ยของจุดยอด i

gd_{ij} คือระยะทางจีออเดสิกจากจุดยอด i ไปยังจุดยอด j

n คือจำนวนจุดยอดทั้งหมด

เมื่อได้ระยะทางจีออเดสิกเฉลี่ยของทุกจุดยอดแล้วจึงนำมาทำให้เป็นบรรทัดฐานให้ค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 ดังนี้

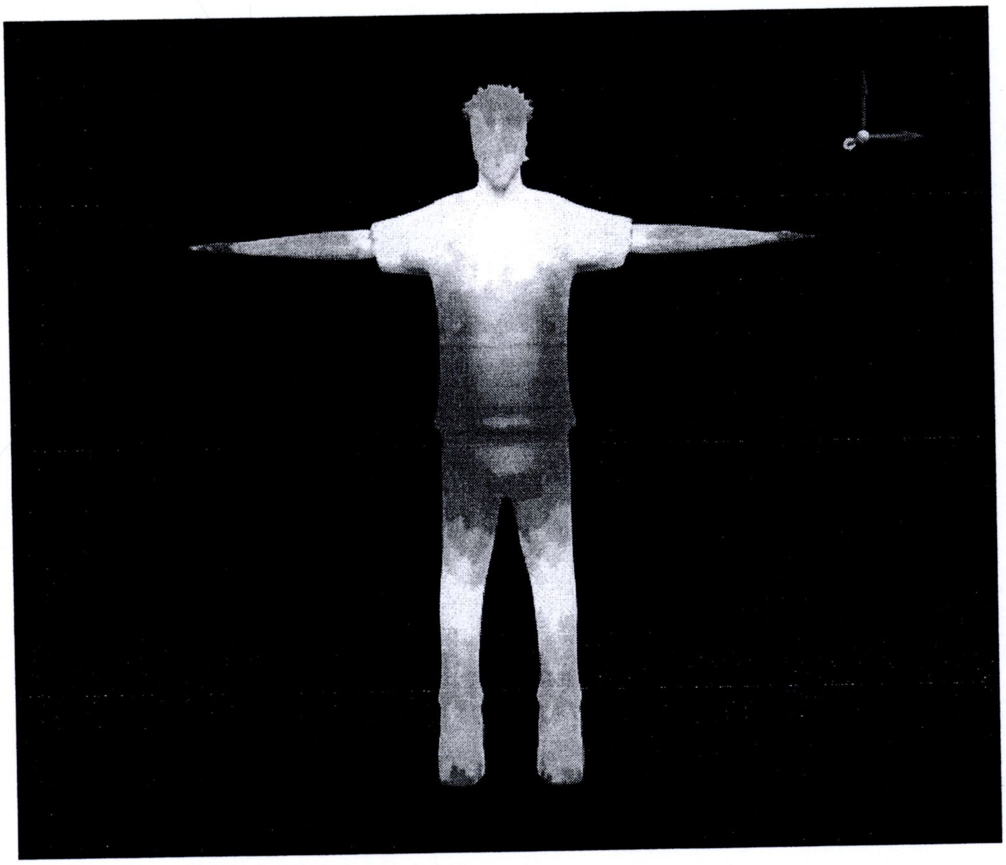
$$agd_i = \frac{agd_i - agd_{min}}{agd_{max} - agd_{min}}$$

agd_i คือระยะทางจีออเดสิกเฉลี่ยของจุดยอด i

agd_{min} คือระยะทางจีออเดสิกน้อยสุด

agd_{max} คือระยะทางจีออเดสิกมากสุด

ตัวอย่างระยะจีออเดสิกเฉลี่ยหลังจากทำให้เป็นบรรทัดฐานแล้วของวัตถุสามมิติแบบเมชรูปร่างคนแสดงดังรูปที่ 3.6 โดยสีแดงแสดงค่าน้อย สีเขียวแสดงค่าปานกลาง สีฟ้าแสดงค่ามาก



รูปที่ 3.6 ระยะจีออเดสิกเฉลี่ยของวัตถุสามมิติรูปร่างคน

3.3.2 การแบ่งนับระยะทางจีออเดสิกเฉลี่ยแบบเอกรูป

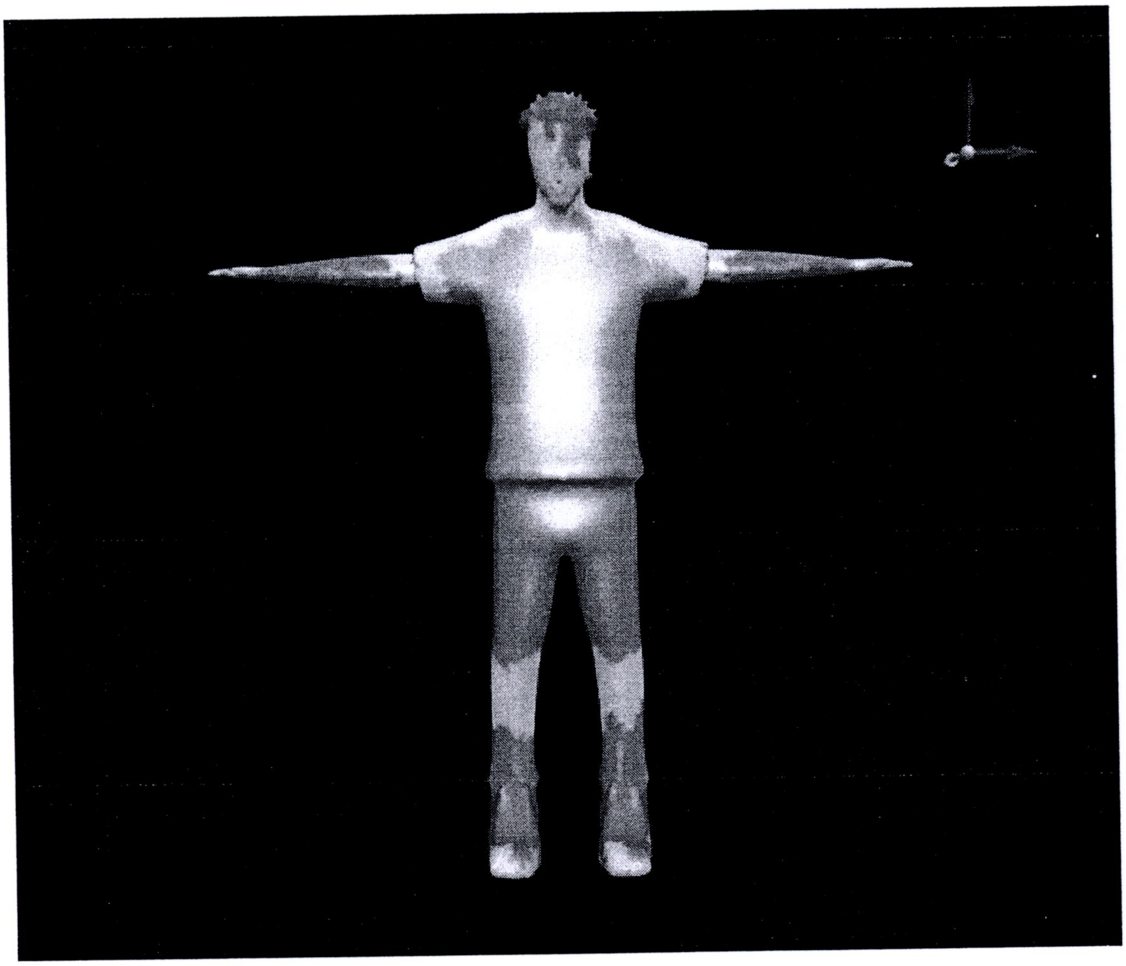
การแบ่งนับในงานวิจัยนี้ใช้การแบ่งนับแบบเอกรูปโดยผู้ใช้สามารถกำหนดจำนวนชุดระดับได้ เนื่องจากได้ทำค่าระยะทางจีออเดสิกเฉลี่ยให้เป็นบรรทัดฐานทำให้ค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 ดังนั้นช่วงของค่าจีออเดสิกเฉลี่ยจึงขึ้นอยู่กับจำนวนชุดระดับดังนี้

$$r_0 = \left[0, \frac{1}{K}\right), r_1 = \left[\frac{1}{K}, \frac{2}{K}\right), \dots, r_{K-1} = \left[\frac{K-1}{K}, 1\right]$$

r คือช่วงของค่าจีออเดสิกเฉลี่ย

K คือจำนวนชุดระดับ

ตัวอย่างของการแบ่งนับระยะทางจีออเดสิกเฉลี่ยแบบเอกรูปของวัตถุสามมิติรูปร่างคนออกเป็นห้าชุดระดับ แสดงดังรูปที่ 3.7 โดยที่สีเดียวกันคือช่วงของค่าจีออเดสิกเฉลี่ยเดียวกัน



รูปที่ 3.7 การแบ่งนับระยะทางจีออเดสิกเฉลี่ยของวัตถุสามมิติรูปร่างคนออกเป็นห้าชุดระดับ

3.3.3 การหาจุดยอดของเรบกราฟและเชื่อมเส้นเชื่อม

เมื่อได้ช่วงของค่าจีออเดสิกเฉลี่ยแล้วจึงนำมาสร้างเรบกราฟ โดยที่จุดยอดที่อยู่ในช่วงเดียวกันและเชื่อมถึงกันจะรวมกันกลายเป็นจุดของเรบกราฟ ซึ่งตำแหน่งของจุดของเรบกราฟหาได้ดังนี้

$$p = \frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n} V_i$$

p คือตำแหน่งของจุดของเรบกราฟ

V_i คือตำแหน่งของจุดยอด i ในช่วงเดียวกันที่เชื่อมต่อกัน

n คือจำนวนของจุดยอดในช่วงเดียวกันที่เชื่อมต่อกัน

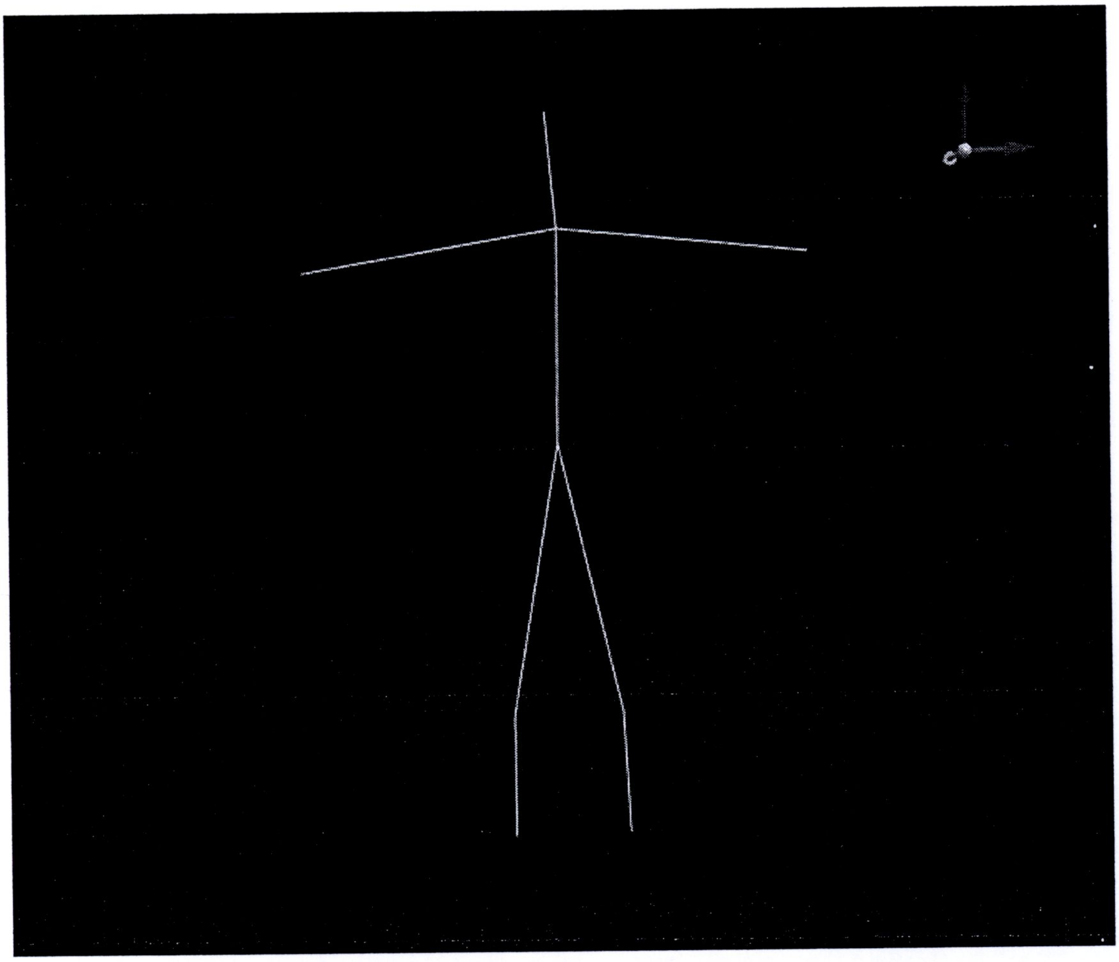
และเชื่อมต่อจุดของเรบกราฟของช่วงที่อยู่ติดกันที่มีจุดยอดติดกันด้วยเส้นเชื่อม ถ้าจำนวนจุดยอดของวัตถุสามมิติที่แทนด้วยจุดของเรบกราฟมีค่าน้อยกว่าค่าขีดแบ่งจะรวมกับจุดของเรบกราฟที่เชื่อมกัน โดยค่าขีดแบ่งคือ

$$n = \lceil 0.01 \cdot V \rceil$$

n คือค่าขีดแบ่งในการรวมกันของจุดของเรบกราฟ

V คือจำนวนจุดยอดทั้งหมด

รูปที่ 3.8 แสดงเรบกราฟของวัตถุสามมิติรูปร่างคนจากการแบ่งนับออกเป็นห้าชุดระดับ



รูปที่ 3.8 เรบกราฟของวัตถุสามมิติรูปร่างคนจากการแบ่งนับออกเป็นห้าชุดระดับ

3.4 การแบ่งส่วนวัตถุสามมิติโดยอาศัยเรบกราฟ

ในการจะแทนรูปเรขาคณิตปฐมฐานตามทอพอโลยีซึ่งในงานวิจัยนี้คือการแทนรูปเรขาคณิตปฐมฐานตามเส้นเชื่อมของเรบกราฟที่หามาได้นั้นต้องหาว่าเส้นเชื่อมของเรบกราฟนั้นแทนจุดยอดใดในวัตถุสามมิติแบบเมช ซึ่งหาได้ดังนี้

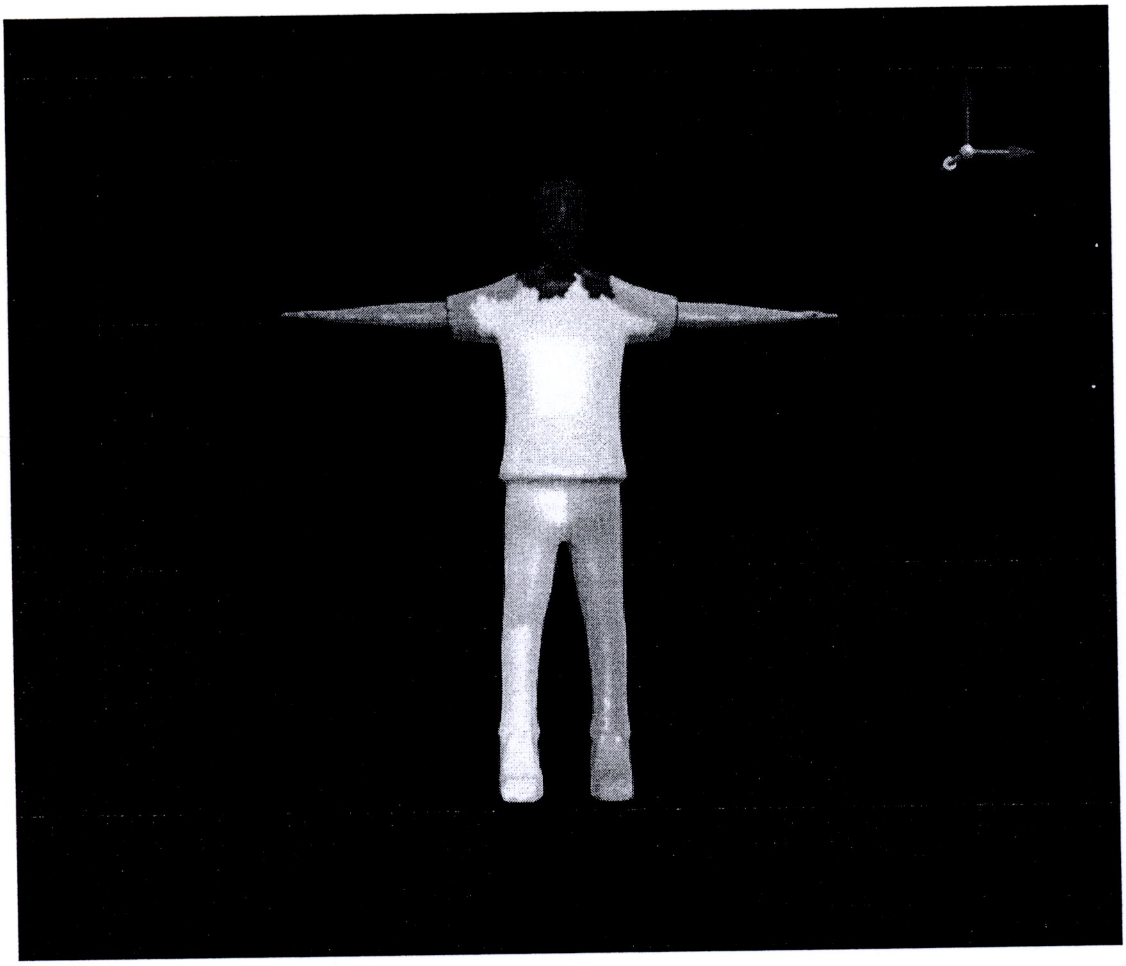
$$\min\{(d_{e1} + d_{n_{e1}}), (d_{e2} + d_{n_{e2}}), \ldots, (d_{eK} + d_{n_{eK}})\}$$

d_e คือระยะระหว่างจุดยอดกับเส้นเชื่อมในชุดระดับเดียวกับจุดยอดที่ต้องการหา

d_{ne} คือระยะระหว่างจุดยอดกับจุดของเส้นเชื่อมในชุดระดับเดียวกับจุดยอดที่ต้องการหา

K คือจำนวนเส้นเชื่อมในชุดระดับเดียวกับจุดยอดที่ต้องการหา

รูปที่ 3.9 แสดงวัตถุสามมิติรูปร่างคนที่แบ่งส่วนตามเส้นเชื่อมของเรบกราฟ โดยที่สีเดียวกันแสดงคือส่วนเดียวกัน



รูปที่ 3.9 วัตถุสามมิติรูปร่างคนที่แบ่งส่วนตามเส้นเชื่อมของเรบกราฟ

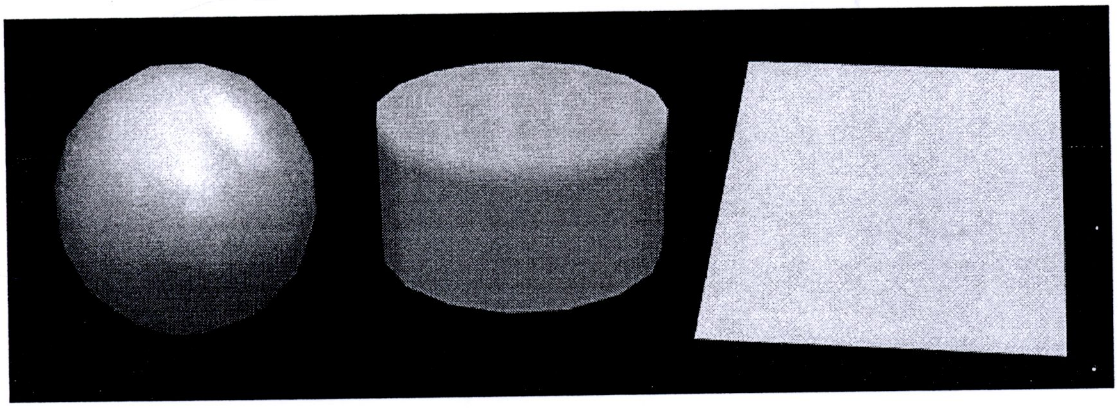
3.5 การแทนวัตถุสามมิติด้วยรูปเรขาคณิตปฐมฐาน

การแทนวัตถุสามมิติด้วยรูปเรขาคณิตปฐมฐานในงานวิจัยนี้มีขั้นตอนดังนี้ นำรูปเรขาคณิตปฐมฐานที่กำหนดมาทำการแทนวัตถุสามมิติที่แบ่งส่วนโดยเรบกราฟให้เหมาะสมที่สุด แล้วจึงเปรียบเทียบรูปเรขาคณิตปฐมฐานกับวัตถุสามมิติที่แบ่งส่วนโดยเรบกราฟ และเลือกรูปเรขาคณิตปฐมฐานที่มีระยะห่างน้อยที่สุด

3.5.1 รูปเรขาคณิตปฐมฐานที่ใช้

รูปเรขาคณิตปฐมฐานที่ใช้งานวิจัยนี้มีสามประเภทได้แก่ ทรงกลม ทรงกระบอก และระนาบ ดังรูปที่ 3.10 แสดงรูปเรขาคณิตปฐมฐานที่ใช้สามประเภท โดยรูปเรขาคณิตปฐม

ฐานที่ใช้มีจำนวนหน้าเท่ากัน ที่กำหนดเช่นนี้เนื่องจากรูปเรขาคณิตปฐมฐานแบบปั้นในโลกเสมือนที่เกิดจากรูปเรขาคณิตปฐมฐานในขณะนี้นั้นมีสี่ประเภทคือ ทรงกลม ทรงกระบอก ระนาบ และทรงห่วงยาง แต่ในงานวิจัยนี้ไม่ได้ใช้ทรงห่วงยางเนื่องจากทรงห่วงยางสามารถแทนได้ด้วยทรงกระบอกต่อกัน (ถ้าหากโลกเสมือนกำหนดรูปแบบรูปเรขาคณิตปฐมฐานแบบปั้นเพิ่มก็สามารถเพิ่มรูปเรขาคณิตปฐมฐานที่ใช้ได้)



รูปที่ 3.10 รูปเรขาคณิตปฐมฐานที่ใช้สามประเภท ทรงกลม(ซ้าย) ทรงกระบอก(กลาง) ระนาบ (ขวา)

3.5.2 วิธีการแทนวัตถุสามมิติด้วยรูปเรขาคณิตปฐมฐาน

วิธีการแทนวัตถุสามมิติด้วยรูปเรขาคณิตปฐมฐานมีขั้นตอนดังนี้ ปรับรูปเรขาคณิตปฐมฐานให้มีแกน ขนาด และอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมกับส่วนที่ต้องการแทนด้วยรูปเรขาคณิตปฐมฐานของวัตถุสามมิติแล้วจึงนำมาเปรียบเทียบกับส่วนของวัตถุสามมิติ ซึ่งรูปเรขาคณิตปฐมฐานแต่ละประเภทมีวิธีการปรับแกน ขนาดและตำแหน่งที่ต่างกันดังนี้

3.5.2.1 ทรงกลม

แกน ตำแหน่ง และขนาดที่เหมาะสมของทรงกลมกับส่วนที่ต้องการแทนด้วยรูปเรขาคณิตปฐมฐานของวัตถุสามมิติหาได้ดังนี้

1. แกน สำหรับทรงกลมไม่มีแกน
2. ตำแหน่ง จุดศูนย์กลางของทรงกลมหาได้จากสมการนี้

$$x = \frac{x_{max} - x_{min}}{2}, y = \frac{y_{max} - y_{min}}{2}, z = \frac{z_{max} - z_{min}}{2}$$

x คือตำแหน่งในแกน x ของจุดศูนย์กลางของทรงกลม

y คือตำแหน่งในแกน y ของจุดศูนย์กลางของทรงกลม

z คือตำแหน่งในแกน z ของจุดศูนย์กลางของทรงกลม

x_{min} คือตำแหน่งในแกน x ที่มีค่าน้อยที่สุดของจุดยอด

y_{min} คือตำแหน่งในแกน y ที่มีค่าน้อยที่สุดของจุดยอด

z_{min} คือตำแหน่งในแกน z ที่มีค่าน้อยที่สุดของจุดยอด

x_{max} คือตำแหน่งในแกน x ที่มีค่ามากที่สุดของจุดยอด

y_{max} คือตำแหน่งในแกน y ที่มีค่ามากที่สุดของจุดยอด

z_{max} คือตำแหน่งในแกน z ที่มีค่ามากที่สุดของจุดยอด

3. ขนาด ขนาดของทรงกลมหาได้จากสมการนี้

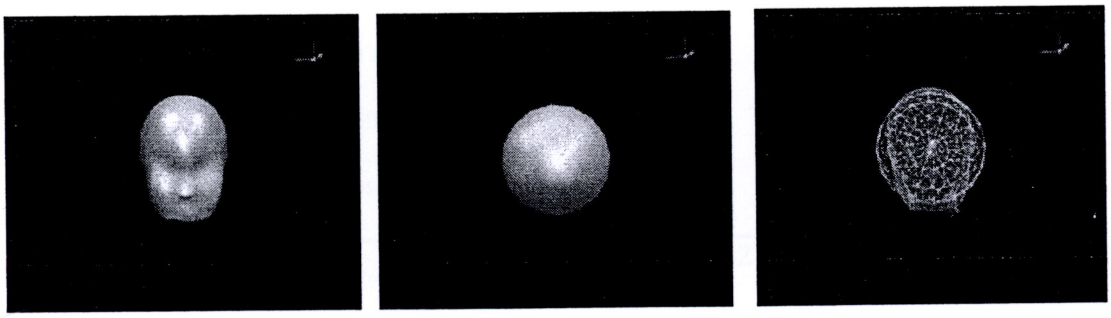
$$r = \frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n} d_i$$

r คือรัศมีของทรงกลม

n คือจำนวนจุดยอดทั้งหมด

d_i คือระยะทางจากจุดศูนย์กลางไปยังจุดยอด i

ตัวอย่างการหาทรงกลมที่เหมาะสมที่สุดกับส่วนของวัตถุสามมิติแสดงดังรูปที่ 3.11 ซ้ายแสดงวัตถุสามมิติรูปร่างคนส่วนหัว กลางแสดงทรงกลมที่เหมาะสมที่สุด ขวาแสดงการเปรียบเทียบระหว่างวัตถุสามมิติรูปร่างคนส่วนหัวกับทรงกลมที่เหมาะสมที่สุด



รูปที่ 3.11 การหาทรงกลมที่เหมาะสมที่สุดกับส่วนของวัตถุสามมิติ

3.5.2.2 ทรงกระบอก

แกน ตำแหน่ง และขนาดที่เหมาะสมของทรงกระบอกกับส่วนที่ต้องการแทนด้วยรูปเรขาคณิตปฐมฐานของวัตถุสามมิติหาได้ดังนี้

1. แกน แกนของทรงกระบอกคือเส้นเชื่อมของเรบกราฟ
2. ตำแหน่ง จุดศูนย์กลางของทรงกระบอกหาได้จากสมการดังนี้

$$x = \frac{x_{max} - x_{min}}{2}, y = \frac{y_{max} - y_{min}}{2}, z = \frac{z_{max} - z_{min}}{2}$$

x คือตำแหน่งในแกน x ของจุดศูนย์กลางของทรงกระบอก

y คือตำแหน่งในแกน y ของจุดศูนย์กลางของทรงกระบอก

z คือตำแหน่งในแกน z ของจุดศูนย์กลางของทรงกระบอก

x_{min} คือตำแหน่งในแกน x ที่มีค่าน้อยที่สุดของจุดยอด

y_{min} คือตำแหน่งในแกน y ที่มีค่าน้อยที่สุดของจุดยอด

z_{min} คือตำแหน่งในแกน z ที่มีค่าน้อยที่สุดของจุดยอด

x_{max} คือตำแหน่งในแกน x ที่มีค่ามากที่สุดของจุดยอด

y_{max} คือตำแหน่งในแกน y ที่มีค่ามากที่สุดของจุดยอด

z_{max} คือตำแหน่งในแกน z ที่มีค่ามากที่สุดของจุดยอด

3. ขนาด ขนาดของทรงกระบอกหาได้จากสมการนี้

$$r = \frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n} d_i$$

r คือรัศมีของทรงกระบอก

n คือจำนวนจุดยอดทั้งหมด

d_i คือระยะทางจากแกนไปยังจุดยอด i

$$l = \sqrt{(x_{max} - x_{min})^2 + (y_{max} - y_{min})^2 + (z_{max} - z_{min})^2}$$

l คือความยาวของทรงกระบอก

x_{min} คือตำแหน่งในแกน x ที่มีค่าน้อยที่สุดของจุดยอดตามแนวแกน

y_{min} คือตำแหน่งในแกน y ที่มีค่าน้อยที่สุดของจุดยอดตามแนวแกน

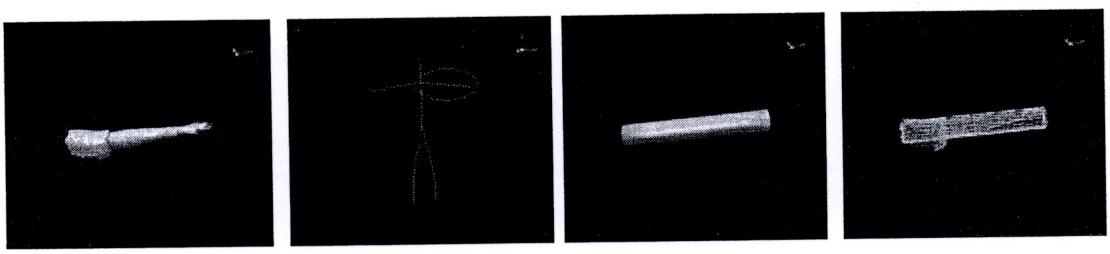
z_{min} คือตำแหน่งในแกน z ที่มีค่าน้อยที่สุดของจุดยอดตามแนวแกน

x_{max} คือตำแหน่งในแกน x ที่มีค่ามากที่สุดของจุดยอดตามแนวแกน

y_{max} คือตำแหน่งในแกน y ที่มีค่ามากที่สุดของจุดยอดตามแนวแกน

z_{max} คือตำแหน่งในแกน z ที่มีค่ามากที่สุดของจุดยอดตามแนวแกน

ตัวอย่างการหาทรงกระบอกที่เหมาะสมที่สุดกับส่วนของวัตถุสามมิติแสดงดังรูปที่ 3.12 ซ้ายแสดงวัตถุสามมิติรูปร่างคนส่วนแขน กลางซ้ายแสดงแกนของทรงกระบอก กลางขวาแสดงทรงกระบอกที่เหมาะสมที่สุด ขวาแสดงการเปรียบเทียบระหว่างวัตถุสามมิติรูปร่างคนส่วนแขนกับทรงกระบอกที่เหมาะสมที่สุด



รูปที่ 3.12 การหาทรงกระบอกที่เหมาะสมที่สุดกับส่วนของวัตถุสามมิติ

3.5.2.3 ระนาบ

แกน ตำแหน่ง และขนาดที่เหมาะสมของระนาบกับส่วนที่ต้องการแทนด้วยรูปเรขาคณิตปฐมฐานของวัตถุสามมิติหาได้ดังนี้

1. แกน แกนของระนาบหรือเส้นแนวฉากหาจากสมการดังนี้

$$N = \frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n} N_i$$

N คือเส้นแนวฉากของระนาบ

n คือจำนวนจุดยอดทั้งหมด

N_i คือเส้นแนวฉากของจุดยอด i

2. ตำแหน่ง ตำแหน่งจุดศูนย์กลางของระนาบหาได้จากสมการดังนี้

$$x = \frac{x_{max} - x_{min}}{2}, y = \frac{y_{max} - y_{min}}{2}, z = \frac{z_{max} - z_{min}}{2}$$

x คือตำแหน่งในแกน x ของจุดศูนย์กลางของระนาบ

y คือตำแหน่งในแกน y ของจุดศูนย์กลางของระนาบ

z คือตำแหน่งในแกน z ของจุดศูนย์กลางของระนาบ

x_{min} คือตำแหน่งในแกน x ที่มีค่าน้อยที่สุดของจุดยอด

y_{min} คือตำแหน่งในแกน y ที่มีค่าน้อยที่สุดของจุดยอด

z_{min} คือตำแหน่งในแกน z ที่มีค่าน้อยที่สุดของจุดยอด

x_{max} คือตำแหน่งในแกน x ที่มีค่ามากที่สุดของจุดยอด

y_{max} คือตำแหน่งในแกน y ที่มีค่ามากที่สุดของจุดยอด

z_{max} คือตำแหน่งในแกน z ที่มีค่ามากที่สุดของจุดยอด

3. ขนาด ขนาดของระนาบหาได้จากสมการดังนี้

$$l = \sqrt{(x_{max} - x_{min})^2 + (y_{max} - y_{min})^2 + (z_{max} - z_{min})^2}$$

l คือความยาวหรือความกว้างของระนาบ

x_{min} คือตำแหน่งในแกน x ที่มีค่าน้อยที่สุดของจุดยอดตามแนวแกนที่ตั้งฉากกับแกนของระนาบ

y_{min} คือตำแหน่งในแกน y ที่มีค่าน้อยที่สุดของจุดยอดตามแนวแกนที่ตั้งฉากกับแกนของระนาบ

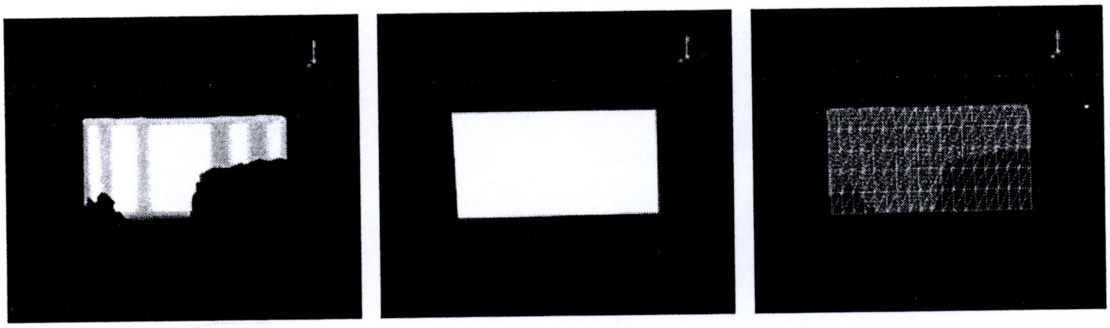
z_{min} คือตำแหน่งในแกน z ที่มีค่าน้อยที่สุดของจุดยอดตามแนวแกนที่ตั้งฉากกับแกนของระนาบ

x_{max} คือตำแหน่งในแกน x ที่มีค่ามากที่สุดของจุดยอดตามแนวแกนที่ตั้งฉากกับแกนของระนาบ

y_{max} คือตำแหน่งในแกน y ที่มีค่ามากที่สุดของจุดยอดตามแนวแกนที่ตั้งฉากกับแกนของระนาบ

z_{max} คือตำแหน่งในแกน z ที่มีค่ามากที่สุดของจุดยอดตามแนวแกนที่ตั้งฉากกับแกนของระนาบ

ตัวอย่างการหาระนาบที่เหมาะสมที่สุดกับส่วนของวัตถุสามมิติแสดงดังรูปที่ 3.13 ซ้ายแสดงวัตถุสามมิติรูปร่างเก้าอี้ส่วนผนักพิง กลางแสดงระนาบที่เหมาะสมที่สุด ขวาแสดงการเปรียบเทียบระหว่างวัตถุสามมิติรูปร่างเก้าอี้ส่วนผนักพิงกับระนาบที่เหมาะสมที่สุด



รูปที่ 3.13 การหาระนาบที่เหมาะสมที่สุดกับส่วนของวัตถุสามมิติ

เมื่อปรับแกน ขนาด และตำแหน่งของรูปเรขาคณิตปฐมฐานที่กำหนดทุกประเภทให้เหมาะสมแล้วจึงเปรียบเทียบกับส่วนที่ต้องการเพื่อเลือกว่าจะแทนส่วนของวัตถุของสามมิติด้วยรูปเรขาคณิตปฐมฐานใดดังนี้

$$primitive = \min\left(\sum_{i=0}^{n} area\left(F_{0_i}\right)\cdot F_{0_i}, \sum_{i=0}^{n} area\left(F_{1_i}\right)\cdot F_{1_i}, \sum_{i=0}^{n} area\left(F_{2_i}\right)\cdot F_{2_i}\right)$$

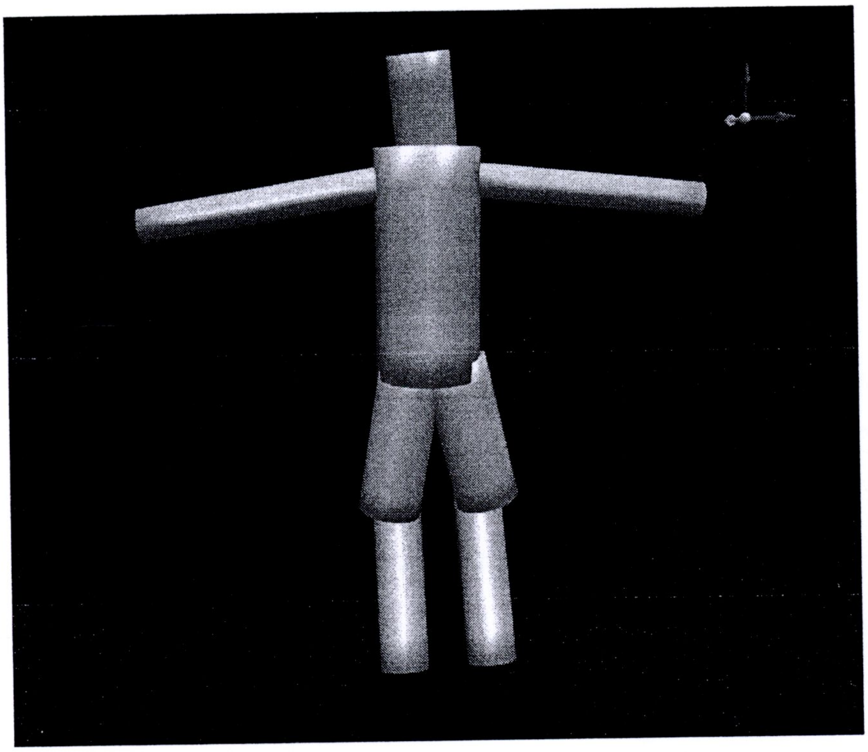
primitive คือรูปเรขาคณิตปฐมฐานที่ใช้แทน

n คือจำนวนหน้าทั้งหมดของรูปเรขาคณิตปฐมฐาน(เท่ากันทั้งสามประเภท)

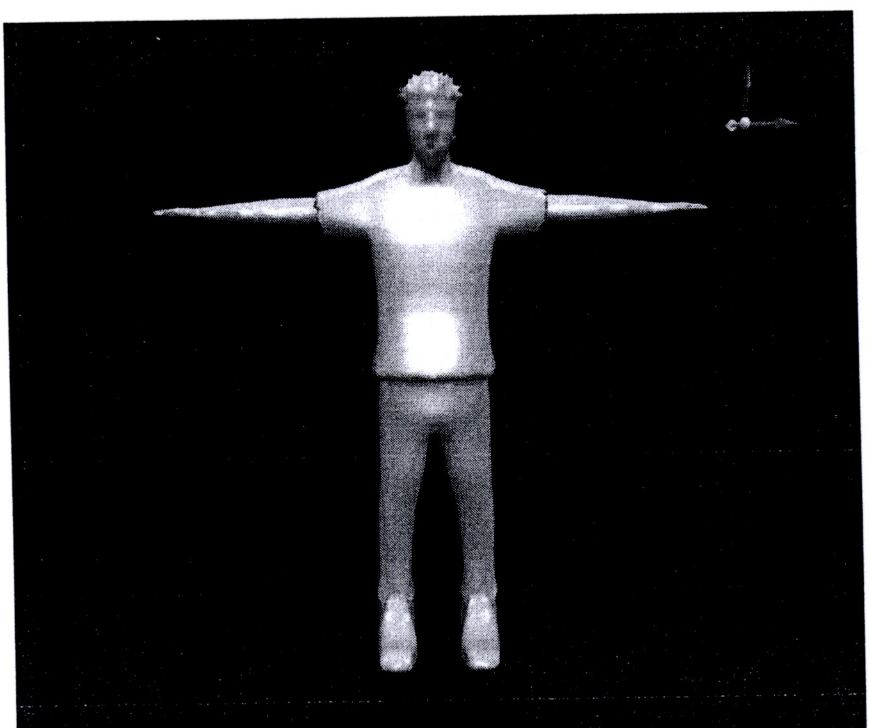
F_i คือตำแหน่งของหน้า i

area(F_i) คือพื้นที่ของหน้า i

แทนวัตถุสามมิติด้วยรูปเรขาคณิตปฐมฐานจนครบทุกเส้นเชื่อมของเรบกราฟ ดังรูปที่ 3.14 แสดงวัตถุสามมิติรูปร่างคนที่ถูกแทนด้วยรูปเรขาคณิตปฐมฐานจากการแบ่งนับด้วยชุดระดับห้า จากวัตถุสามมิติต้นฉบับรูปร่างคนรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.14 วัตถุสามมิติที่ถูกแทนด้วยรูปเรขาคณิตปฐมฐาน



รูปที่ 3.15 วัตถุสามมิติต้นฉบับ

3.6 วิเคราะห์ประสิทธิภาพความซับซ้อนเชิงเวลา

ความซับซ้อนเชิงเวลาของงานวิจัยนี้ตามขั้นตอนต่างๆมีดังนี้

1. การหาระยะทางจีออเดสิกเฉลี่ยด้วยอัลกอริทึมของดิจค์สตรา

$$O(VlogV)$$

V คือจำนวนจุดยอด

เนื่องจากหาระยะทางจีออเดสิกไปยังทุกจุดยอดจึงทำ V ครั้งและแต่ละครั้งมีการใส่ค่าเข้าไปในแถวคอยซึ่งใช้เวลา logV และหาเท่ากับจำนวนจุดยอดฐานซึ่งจำนวนจุดยอดฐานมีค่าน้อยกว่าจำนวนจุดยอดมากดังนั้นจึงไม่มีผลกระทบต่อความซับซ้อนเชิงเวลา

2. การแบ่งนับระยะทางจีออเดสิกเฉลี่ยแบบเอกรูป

$$O(V)$$

V คือจำนวนจุดยอด

เนื่องจากแบ่งนับตามจำนวนจุดยอด V ในแต่ละครั้งทำตามจำนวนชุดระดับซึ่งจำนวนชุดระดับเป็นค่าคงที่ไม่มีผลกระทบต่อความซับซ้อนเชิงเวลา

3. การสร้างเรบกราฟ

$$O(V)$$

V คือจำนวนจุดยอด

4. การแบ่งส่วนวัตถุสามมิติโดยอาศัยเรบกราฟ

$$O(V)$$

V คือจำนวนจุดยอด

5. การแทนวัตถุสามมิติด้วยรูปเรขาคณิตปฐมฐาน

$$O(V)$$

V คือจำนวนจุดยอด