บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

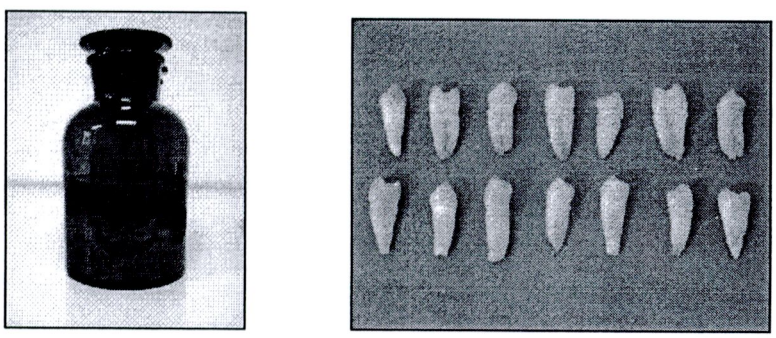
ในงานวิจัยนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกเป็นการสร้างแบบจำลองการวินิจฉัยรอยแตกของรากฟันโดยใช้โครงข่ายใยประสาทเทียมที่มีความสามารถในการเรียนรู้ จดจำและ คัดแยกข้อมูล ซึ่งมีหลักการการทำงาน คือ การนำข้อมูลระดับความเทาของรากฟันป้อนเข้าไปในโครงข่ายใยประสาทเทียมแบบความน่าจะเป็น โดยโครงข่ายใยประสาทเทียมจะแสดงผลออกมาว่าภาพถ่ายรังสีของรากฟันแตกหรือปกติ ส่วนที่สองเป็นการสร้างแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อวิเคราะห์การกระจายตัวของค่าความเค้นในหน้าตัดของรากฟันเมื่อเกิดแรงดันที่ผนังคลองรากฟัน และเพื่อศึกษาแนวโน้มบริเวณที่อาจเกิดรอยแตกของรากฟันแล้วนำมาเปรียบเทียบกับรอยแตกจริงที่เกิดขึ้น

3.1 การสร้างแบบจำลองการวินิจฉัยรอยแตกของรากฟัน

ในการสร้างแบบจำลองการวินิจฉัยรอยแตกของรากฟันด้วยโครงข่ายใยประสาทเทียม จะเริ่มจากกระบวนการรวบรวมฟัน สร้างรอยแตกของรากฟัน ถ่ายภาพรังสีระบบดิจิตอล หลังจากนั้นจะหาลักษณะเด่นของภาพถ่ายรังสีของรากฟันที่มีรอยแตกและรากฟันปกติ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ป้อนเข้าสู่ระบบโครงข่ายใยประสาทเทียมเพื่อฝึกและทดสอบ แล้วสร้างจียูไอสำหรับวินิจฉัยรอยแตกของรากฟัน

3.1.1 เตรียมฟันที่จะใช้ในงานวิจัย

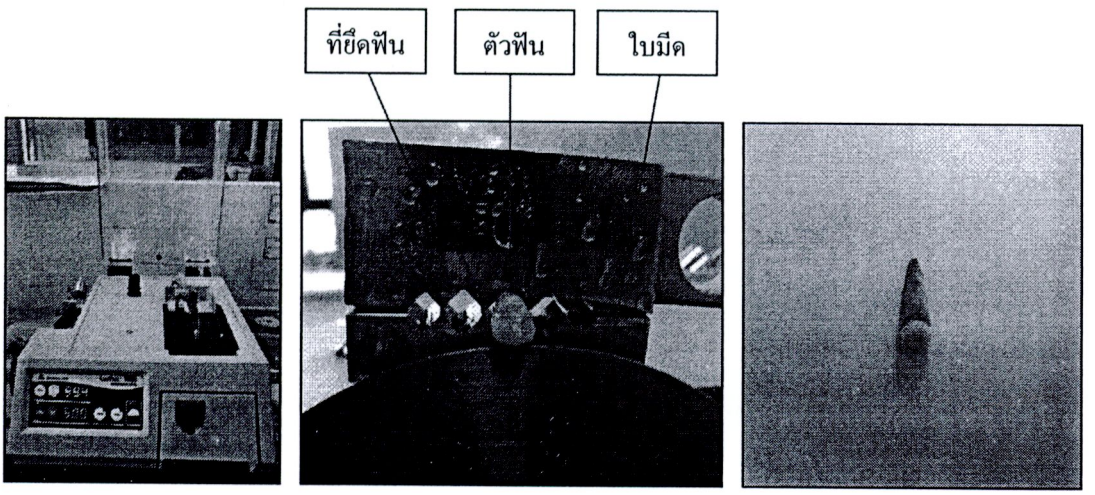
3.1.1.1 เก็บฟันจริงจำนวน 200 ซี่ ที่ถูกถอนออกมาแช่ ใน 10% formalin จากนั้นนำฟันมาทำความสะอาด ตามภาพที่ 17



(ก) (ข)

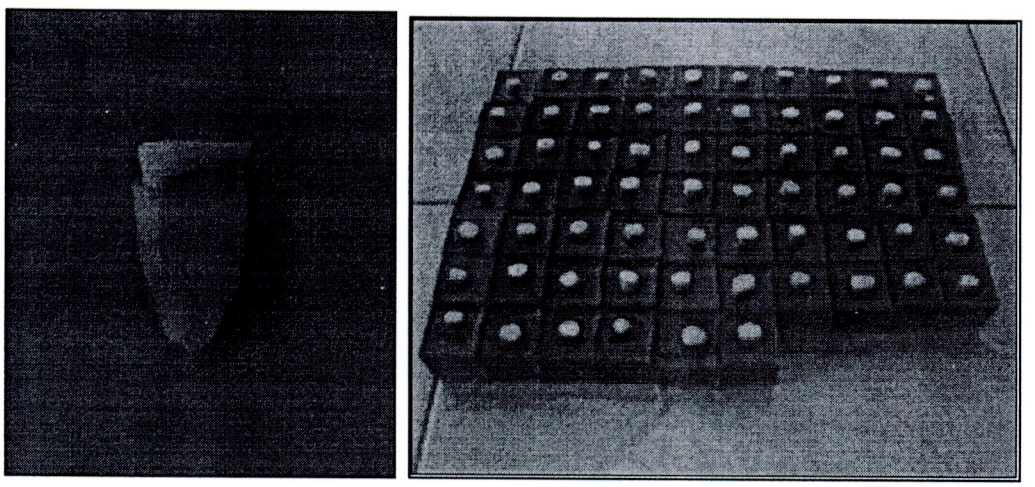
ภาพที่ 17 การเก็บรักษาฟันก่อนสร้างรอยแตก (ก) ฟันที่ถูกแช่ในฟอมาลีน (ข) ตัวอย่างฟันรากเดียวที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1.2 นำฟันกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 200 ซี่ มาตัดส่วนตัวฟันออก ให้เหลือส่วนตัวฟันห่างจากรอยต่อเคลือบผิวฟันและเคลือบรากฟัน(Cementoenamel junction CEJ) 2 มม. ด้วยเครื่อง ISOMET หลังจากนั้นแบ่งฟันออกเป็นสองกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุม ซึ่งเป็นฟันที่ไม่มีการแตกของราก จำนวน 50 ซี่ และ กลุ่มทดลอง จำนวน 150 ซี่ เคลือบขี้ผึ้งสีชมพูรอบรากฟัน และนำไปลงกล่องเรซิ่น ซึ่งใช้เป็นฐานรองรับฟันที่ทำรากฟันแตก ตามภาพที่ 18 – 19



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 18 การตัดฟัน(ก) เครื่องISOMET (ข) ขณะยึดฟันก่อนตัดตัวฟัน (ค) รากฟันที่ถูกตัดตัวฟันออกแล้ว

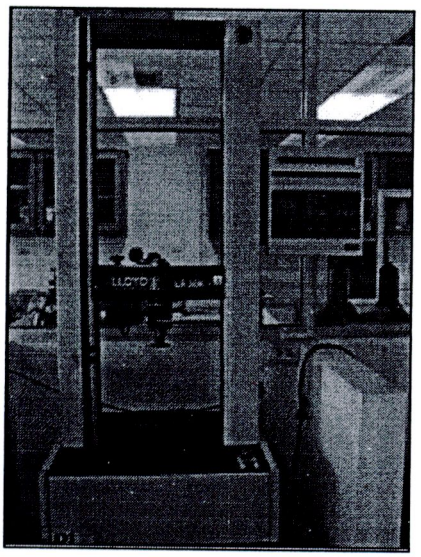


(ก) (ข)

ภาพที่ 19 การนำฟันลงในกล่องเรซิ่นเพื่อเป็นฐานในการสร้างรอยแตก (ก) แสดงรากฟันที่ถูกเคลือบขี้ผึ้งสีชมพู (ข) รากฟันที่ถูกนำลงกล่องเรซิ่นทั้งหมด

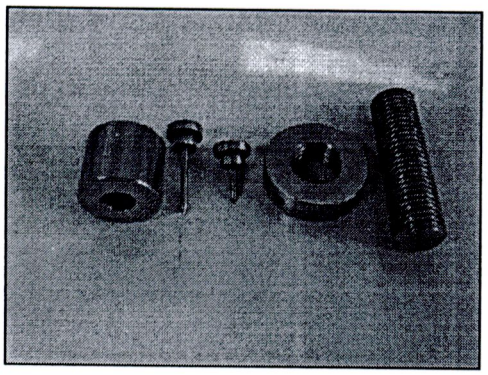
3.1.2 สร้างรอยแตกของรากฟัน

เป็นการนำฟันในกลุ่มทดลองมาสร้างรอยแตกแนวดิ่ง โดยการทดสอบด้วย Universal Testing Machine ดังภาพที่ 20

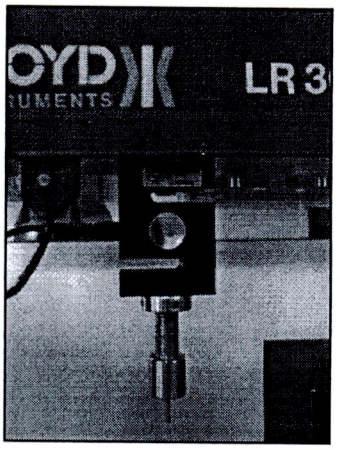


ภาพที่ 20 เครื่อง Universal Testing Machine ที่คณะทันตแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เนื่องจากในขั้นตอนนี้การประยุกต์ใช้ Universal Testing Machine เพื่อสร้างรอยแตกของรากฟัน ต้องมีการออกแบบชุดสร้างรอยแตกของรากฟันโดยเฉพาะ จึงต้องมีการออกแบบ และสร้างชุดอุปกรณ์เพื่อติดตั้งเข้ากับตัวเครื่อง เพื่อกดรากฟันที่อยู่ในกล่องเรซิ่นให้เกิดรอยแตก ซึ่งชุดอุปกรณ์ได้แสดงดังภาพที่ 21(ก)



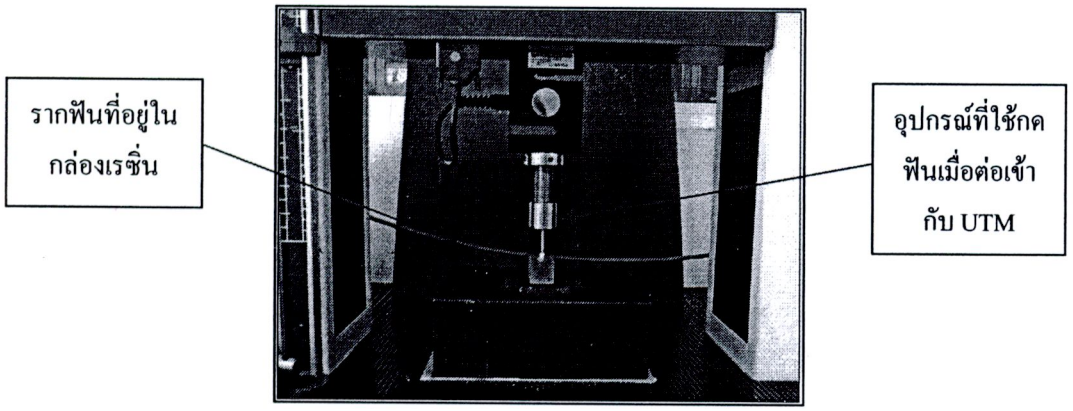
(ก)



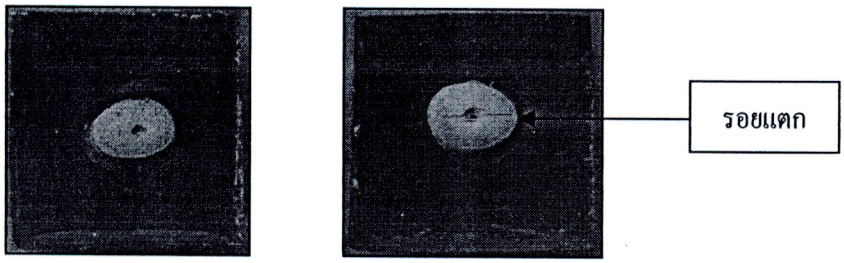
(ข)

ภาพที่ 21 (ก) ชุดอุปกรณ์ที่ใช้สร้างรอยแตกเทียมของรากฟัน (ข) ชุดอุปกรณ์ที่ถูกติดตั้งเข้ากับ Universal Testing Machine

หัวกดฟันได้ถูกออกแบบให้มีลักษณะเป็นรูปลิ่ม เนื่องจากในงานวิจัยที่ผ่านมา (Monagham et al, 1993) ได้กล่าวว่าลักษณะลิ่มที่สร้างรอยแตกได้ดีที่สุด เป็นลิ่มรูปทรงกระบอก มีปลายแหลมทำมุม 60 องศากับแนวระนาบ และวัสดุที่ใช้ในการสร้างชุดอุปกรณ์เป็นสแตนเลสเพื่อป้องกันการขึ้นสนิม โดยขั้นตอนการออกแบบแสดงที่ภาคผนวก ง. แล้วนำชุดสร้างรอยแตกมาประกอบเข้ากับเครื่อง ดังภาพที่ 21(ข) หลังจากนั้นให้เครื่องออกแรงกดลงที่รากฟัน เมื่อแตกแล้ว เครื่อง Universal Testing Machine จะหยุดออกแรงกดโดยอัตโนมัติ ดังภาพที่ 22 จะทำให้ได้แรงกดสูงสุดที่ทำให้ฟันแตก ทำการบันทึกค่าจนครบทั้งหมด 150 ซี่ และภาพที่ 23 แสดงให้เห็นฟันที่อยู่ในกล่องเรซิ่น ที่ถูกสร้างรอยแตก และไม่ได้สร้างรอยแตก



ภาพที่ 22 ขณะกดรากฟันด้วย Universal Testing Machine(UTM)

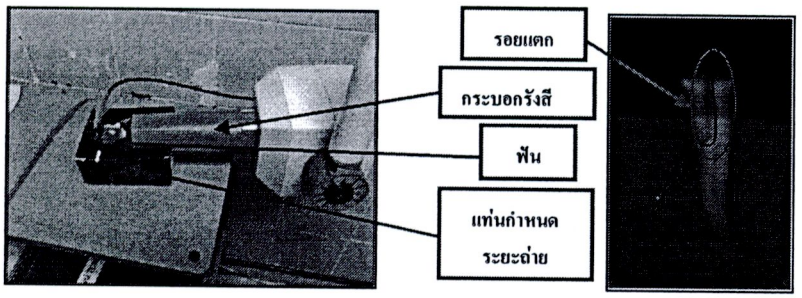


(ก) (ข)

ภาพที่ 23 รากฟันในกล่องเรซิ่น (ก) ไม่มีรอยแตก (ข) มีรอยแตก

3.1.3 ถ่ายภาพรังสีด้วยระบบดิจิตอล

เมื่อทดลองกดฟันเสร็จแล้วนำฟันทั้งสองกลุ่ม (กลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง) ไปถ่ายภาพรังสีด้วยกล้องถ่ายรังสีดิจิตอล แสดงได้ดังภาพที่ 24

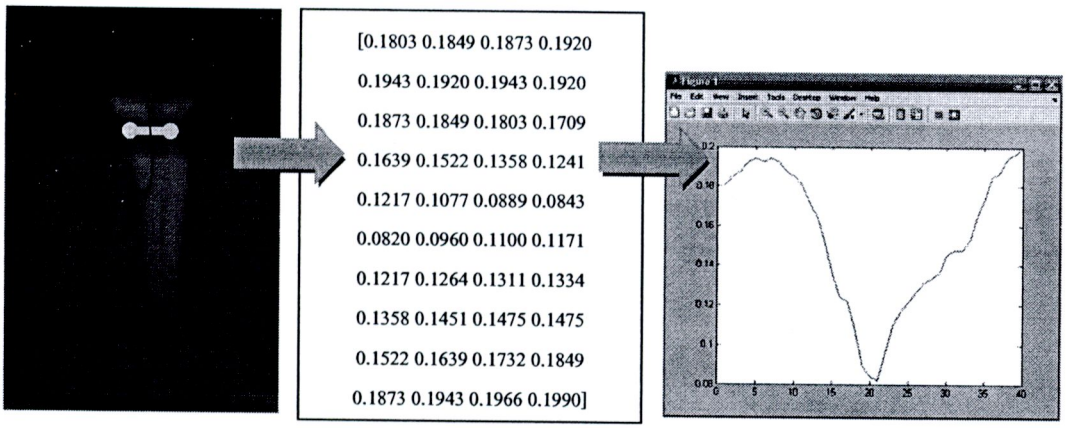


(ก) (ข)

ภาพที่ 24 (ก) ขณะถ่ายภาพรังสีฟัน (ข) ตัวอย่างภาพถ่ายรังสีของฟัน

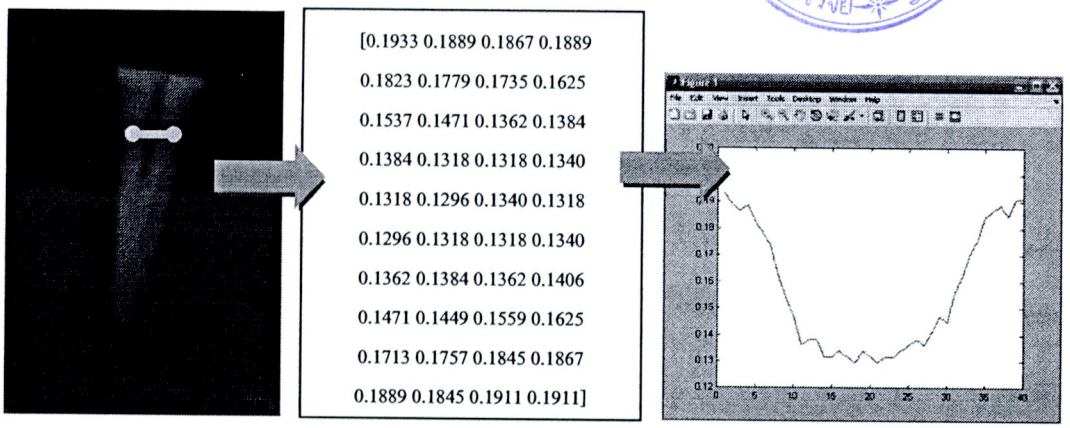
3.1.4 การหาลักษณะเด่นของภาพถ่ายรังสี

ในขั้นตอนนี้เป็นการหาลักษณะเด่นของภาพถ่ายรังสีเพื่อหาความต่างของรากฟันที่มีรอยแตกและรากฟันปกติเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปป้อนเข้าสู่โครงข่ายใยประสาทเทียมเพื่อทำการฝึกและทดสอบแบบจำลอง ในงานวิจัยนี้ได้สนใจไปที่ระดับความเทาของภาพถ่ายรังสีของบริเวณที่สนใจ 40 ค่า ผลจากการวัดค่าระดับความเทาทำให้ได้ค่าเชิงตัวเลขของระดับความเทา และนำค่าตัวเลขไปเขียนกราฟดังภาพที่ 25 และ 26



ภาพที่ 25 การหาลักษณะเด่นของรากฟันที่มีรอยแตก

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย



ภาพที่ 26 การหาลักษณะเด่นของรากฟันปกติ(ไม่มีรอยแตก)

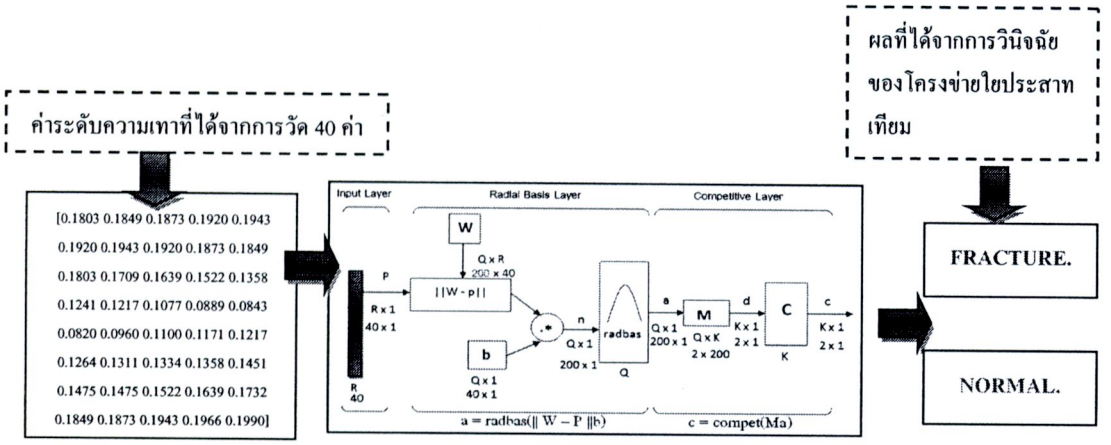
จากภาพที่ 25 และ 26 เมื่อนำข้อมูลระดับความเทามาเขียนกราฟ จะเห็นถึงความต่างของรากฟันที่มีรอยแตกและรากฟันปกติ (ไม่มีรอยแตก) ทำการวัดระดับความเทากับฟันทั้งหมด 200 ซี่ แล้วทำการนอร์มอลไลซ์ข้อมูลเพื่อลดความต่างของข้อมูล ซึ่งจะมีผลต่อการวินิจฉัยของโครงข่ายใยประสาทเทียม

3.1.5 การสร้างจียูไอ (GUI)

ทำการสร้างจียูไอ (GUI) เพื่อจำลองการวินิจฉัยรอยแตกของรากฟันแนวดิ่งโดยใช้โปรแกรมแมทแลบ (MATLAB) และการนำโครงข่ายใยประสาทเทียมแบบความน่าจะเป็น (Probabilistic Neural Network) มาช่วยในการวินิจฉัยของแบบจำลอง

3.1.5.1 โครงข่ายใยประสาทเทียมที่ใช้ในงานวิจัย

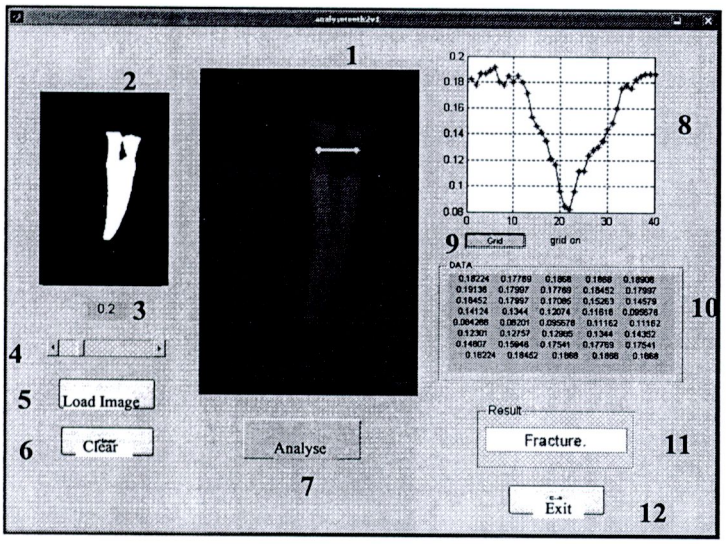
ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้โครงข่ายใยประสาทเทียมแบบความน่าจะเป็น(Probabilistic Neural Network) เหตุผลในการเลือกใช้โครงข่ายใยประสาทเทียมในงานวิจัยนี้เนื่องจากเป็นปัญหาการคัดแยกกลุ่ม และใช้กับปัญหาที่ไม่เป็นเชิงเส้นได้ดี มีความรวดเร็วในการฝึกและทดสอบข้อมูลที่ป้อนเข้า หลักการในการวินิจฉัย คือ นำภาพรากฟันทั้งหมด 200 ซี่(ที่มีรอยแตกและปกติ) มาวัดระดับความเทา จำนวน 40 ค่าของรากฟันป้อนเข้าไปในโครงข่ายใยประสาทเทียมแบบความน่าจะเป็น แล้วโครงข่ายใยประสาทเทียมจะแสดงผลออกมาว่าภาพถ่ายรังสีของรากฟันแตกหรือปกติ ดังแสดงในภาพที่ 27



ภาพที่ 27 ขั้นตอนการทำงานของโครงข่ายใยประสาทเทียมเพื่อวินิจฉัยรอยแตกของรากฟัน

3.1.5.2 แบบจำลองการวินิจฉัยรอยแตกของรากฟันแนวดิ่ง

แบบจำลองในงานวิจัยนี้ถูกสร้างขึ้นเพื่อกำหนดให้เป็นแบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียมที่ใช้ในการวินิจฉัยรอยแตกของรากฟันผ่านทางภาพถ่ายรังสีระบบดิจิตอล โดยมีรูปร่างของแบบจำลองดังภาพที่ 28



ภาพที่ 28 แบบจำลองการวินิจฉัยรอยแตกของรากฟัน

1) ส่วนประกอบของแบบจำลอง

แบบจำลองการวินิจฉัยรอยแตกของรากฟันดังภาพที่ 29 แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนนำข้อมูลเข้า เป็นการนำภาพถ่ายรังสีที่ต้องการวิเคราะห์เข้าสู่แบบจำลอง และส่วนวิเคราะห์ผล เป็น

ส่วนที่จะทำการวัดระดับความเทาของภาพรังสีบริเวณที่สนใจ และแบบจำลองจะแสดงผลกราฟระดับความเทา ข้อมูลที่ทำการวัดระดับความเทา และแสดงผลการวิเคราะห์ โดยมีส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

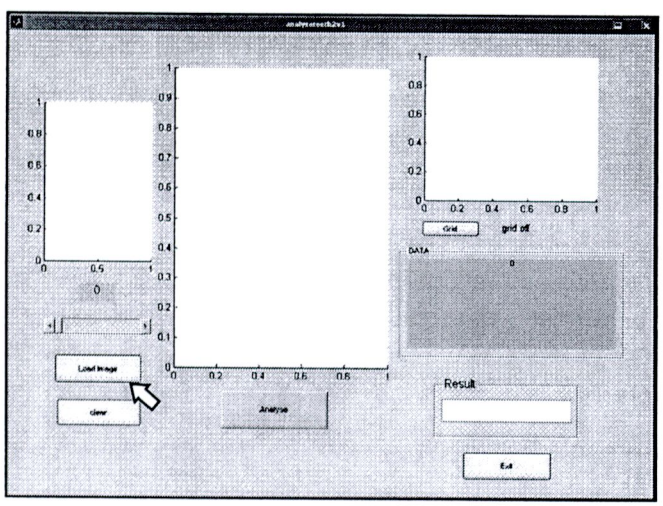
คำอธิบายหมายเลขส่วนประกอบ

1. ภาพถ่ายรังสีของรากฟัน ระบบดิจิตอล
2. เป็นภาพขาวดำ (ไบนารี) ของภาพในข้อที่ 1 ที่ได้จากการปรับแถบเลื่อนค่าเทรสโฮลด์
3. ช่องแสดงค่าเทรสโฮลด์ของภาพขาวดำ
4. แถบเลื่อนสำหรับปรับค่าเทรสโฮลด์ของภาพขาวดำ ของภาพในข้อที่ 2
5. ปุ่ม Load Image ใช้สำหรับเลือกภาพที่ต้องการวินิจฉัย
6. ปุ่ม Clear ใช้สำหรับลบข้อมูลทั้งหมดของหน้าโปรแกรม เมื่อต้องการวินิจฉัยใหม่
7. ปุ่ม Analyse ใช้สำหรับลากเส้นเพื่อวัดระดับความเทาของภาพถ่ายรังสีในข้อที่ 1
8. กราฟระดับความเทา 40 จุดที่ได้จากการลากเส้นเพื่อวัดระดับความเทา
9. ปุ่ม Grid ใช้สำหรับแสดงเส้นแกนย่อยของกราฟ
10. เป็นข้อมูลระดับความเทาที่ได้จากการลากเส้นเพื่อวัดระดับความเทา
11. ช่องแสดงผลการวินิจฉัย ซึ่งจะแสดง “Fracture” สำหรับภาพฟันที่มีรอยแตก และ “Normal” สำหรับภาพฟันที่ไม่มีรอยแตก
12. ปุ่ม Exit ใช้เมื่อต้องการออกจากแบบจำลอง

2) ขั้นตอนการใช้งานของแบบจำลอง

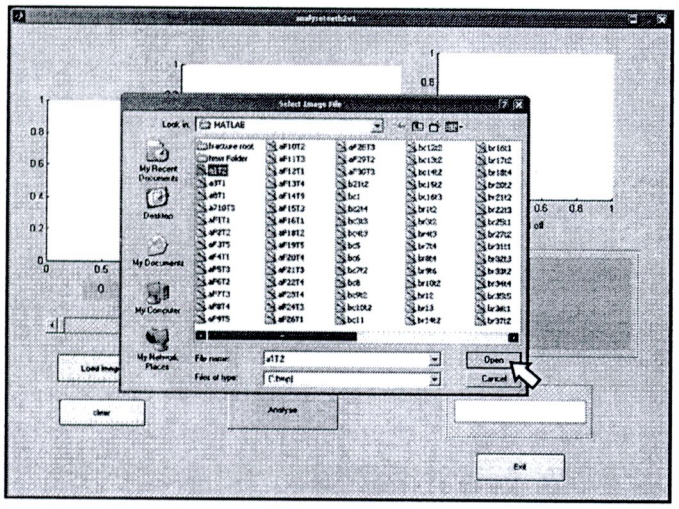
การใช้งานแบบจำลองการวินิจฉัยรอยแตกของรากฟันแนวดิ่ง สามารถทำได้ตามขั้นตอนดังนี้

1. เริ่มจากการเรียกภาพถ่ายรังสีของรากฟันที่ต้องการวินิจฉัย โดยการกดปุ่ม Load Image แสดงได้ดังภาพที่ 29



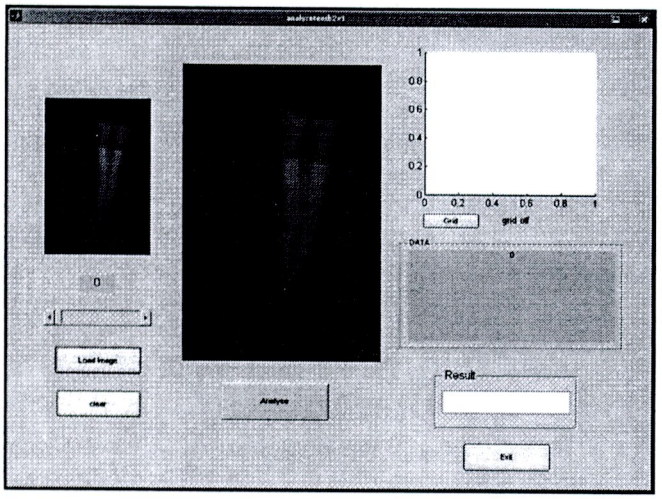
ภาพที่ 29 ปุ่ม Load Image

2. เลือกภาพรากฟันที่ต้องการวินิจฉัย แสดงได้ดังภาพ 30



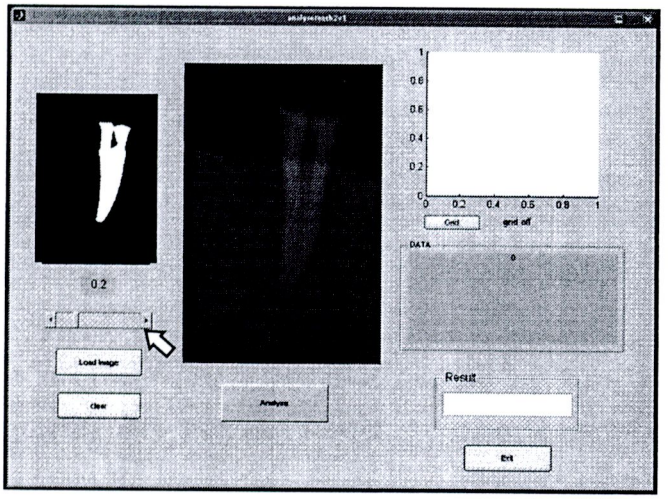
ภาพที่ 30 เลือกภาพที่ต้องการวินิจฉัย

3. เมื่อได้ภาพที่ต้องการแล้วจะแสดงได้ดังภาพที่ 31



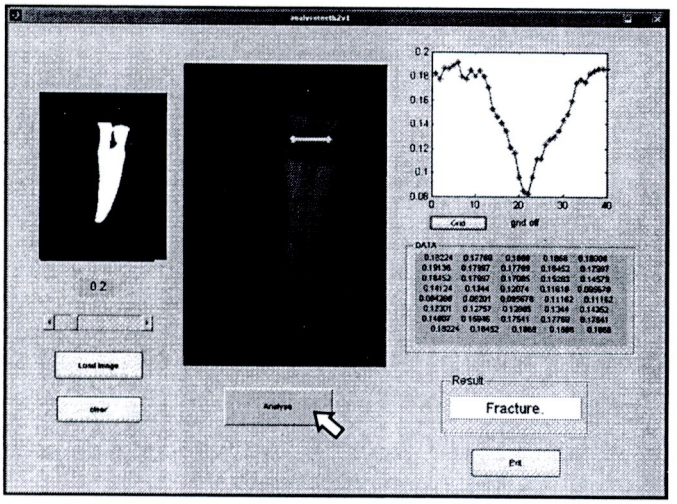
ภาพที่ 31 ภาพถ่ายรังสีเมื่อเข้าสู่แบบจำลอง

4. ปรับแถบเลื่อนปรับค่าเทรสโฮลด์เพื่อให้ได้ภาพขาวดำ ซึ่งเป็นการวินิจฉัยเบื้องต้นเพื่อดูบริเวณที่อาจเกิดรอยแตก แสดงได้ดังภาพที่ 32

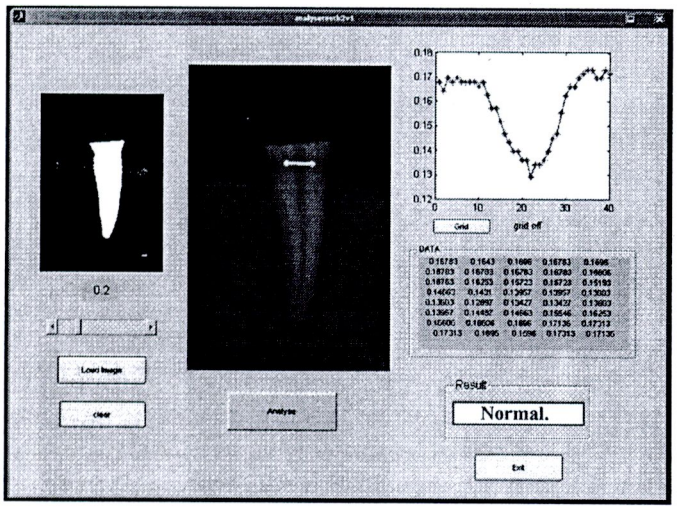


ภาพที่ 32 การปรับแถบเลื่อนเทรสโฮลด์เพื่อปรับภาพขาวดำ

5. กดปุ่ม Analyse แล้วลากเส้นเพื่อวัดระดับความเทาของภาพถ่ายรังสี แสดงได้ดังภาพที่33 ผลที่ได้จะแสดงในช่อง Result และแบบจำลองยังแสดงกราฟที่ได้จากการวัดระดับความเทา และแสดงค่าตัวเลข 40 ค่าที่ได้จากการลากเส้นในช่อง Data ในกรณีที่ฟันไม่มีรอยแตก ผลที่ได้ แสดงได้ดังภาพที่ 34

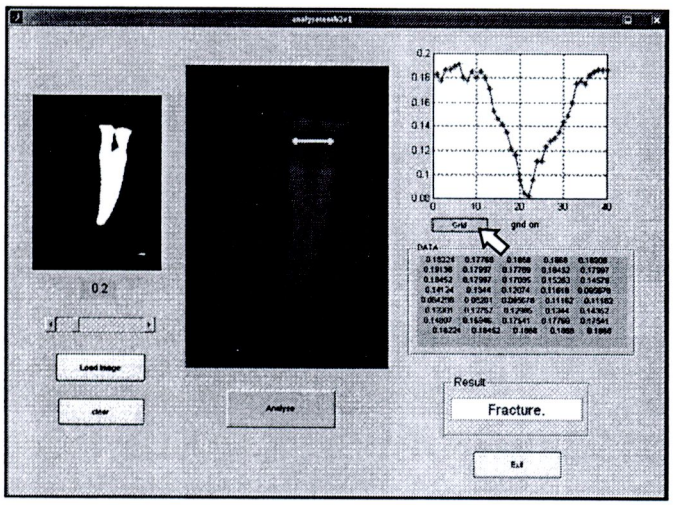


ภาพที่ 33 การกดปุ่ม Analyse เพื่อเริ่มวินิจฉัย



ภาพที่ 34 ผลที่ได้กรณีฟันไม่มีรอยแตกของราก

6. เมื่อต้องการแสดงแกนย่อยของกราฟให้กดปุ่ม Grid แสดงได้ดังภาพที่ 35



ภาพที่ 35 ปุ่ม Grid

7. เมื่อกดที่ปุ่ม Clear จะเป็นการลบข้อมูลที่อยู่บนหน้าโปรแกรมทั้งหมดเหมือนตอนเปิดแบบจำลอง แสดงได้ดังภาพที่ 30
8. เมื่อกดปุ่ม Exit จะเป็นการออกจากแบบจำลอง

3.1.6 ทดสอบแบบจำลองการวินิจฉัยรอยแตกของรากฟัน

ในการทดสอบเพื่อวัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง ผลที่ได้จากการทดสอบจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับการตรวจสอบด้วยตาเปล่าของทันตแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งจะแบ่งการทดสอบได้เป็นดังนี้

3.1.6.1 ทดสอบแบบจำลองการวินิจฉัยรอยแตกของรากฟัน

จากหัวข้อที่ผ่านมาเมื่อเราได้สถาปัตยกรรมของโครงข่ายใยประสาทเทียมและแบบจำลองแล้ว ในขั้นตอนนี้จะเป็นการทดสอบแบบจำลอง โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 3 กรณีตามจำนวนชุดข้อมูลที่ใช้ในการฝึกและการทดสอบ ดังนี้

- กรณีที่ 1 ชุดข้อมูลฝึก 80 ชุด และชุดข้อมูลทดสอบ 120 ชุด
- กรณีที่ 2 ชุดข้อมูลฝึก 105 ชุด และชุดข้อมูลทดสอบ 95 ชุด
- กรณีที่ 3 ชุดข้อมูลฝึก 130 ชุด และชุดข้อมูลทดสอบ 70 ชุด

ในแต่ละชุดฝึกและชุดทดสอบภาพรากฟันจะแบ่งเป็นภาพรากฟันที่มีรอยแตกและรากฟันปกติ แสดงได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตารางรายละเอียดชุดข้อมูลฝึกและชุดข้อมูลทดสอบ

กรณีที่	ชุดข้อมูลฝึก			ชุดข้อมูลทดสอบ		
	รากฟันที่มีรอยแตก	รากปกติ	รวม	รากฟันที่มีรอยแตก	รากปกติ	รวม
1	50	30	80	100	20	120
2	75	30	105	75	20	95
3	100	30	130	50	20	70

3.1.6.2 ทดสอบการวินิจฉัยรอยแตกของรากฟันด้วยตาเปล่าของทันตแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ

หลังจากทดสอบแบบจำลอง นำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับการอ่านภาพถ่ายรังสีจากทันตแพทย์ผู้ซึ่งมีความเชี่ยวชาญในการอ่านภาพถ่ายรังสีมาเป็นระยะมากกว่า 10 ปี โดยนำภาพถ่ายรังสีระบบดิจิตอลจำนวน 70 ภาพ(เท่ากับจำนวนภาพในกรณีที่ 3 ที่ใช้ทดสอบแบบจำลอง และเป็นภาพเดียวกัน) ซึ่งเป็นภาพที่มีรอยแตกของราก 50 ภาพ และภาพที่ไม่มีรอยแตกของราก 20 ภาพ นำมารวมกัน แล้วให้ทันตแพทย์ผู้เชี่ยวชาญอ่านภาพถ่ายรังสี โดยที่ทันตแพทย์ผู้เชี่ยวชาญไม่เคยเห็นภาพถ่ายรังสีของรากฟันชุดนี้มาก่อน แล้วบันทึกผลการทดลอง

ในการทดสอบแบบจำลองการวินิจฉัยรอยแตกของรากฟันด้วยโครงข่ายใยประสาทเทียม และผลการวินิจฉัยด้วยตาเปล่าของทันตแพทย์ผู้เชี่ยวชาญนี้ ต้องนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาคำนวณหาค่าความไว (Sensitivity) ค่าความจำเพาะ(Specificity) และค่าความแม่นยำ (Accuracy) ซึ่งทั้ง 3 ค่าเป็นดัชนีชี้วัดความสามารถของการวินิจฉัย โดยที่

ค่าความไว (Sensitivity) คือค่าความสามารถในการตรวจวินิจฉัย แล้วสามารถระบุคนที่ป่วยจริงได้ว่าป่วย และระบุคนที่ไม่ป่วยว่าไม่ป่วย โดยการทดสอบที่มีค่าความไวสูง จะมีโอกาสผิดพลาดน้อยมากสำหรับคนที่เป็นโรค แต่โอกาสที่คนที่ไม่เป็นโรคจะปนเข้ามาก็ด้วยเช่นกัน ดั้งนั้นค่าความไวจะมีประโยชน์มากที่สุดเมื่อใช้เป็นตัวแยกโรคออกไป หาได้จากสมการที่ 3.1

$$SE = \frac{TP}{TP + FN} x100 \qquad (3.1)$$

ค่าความจำเพาะ(Specificity) คือ ค่าความสามารถในการตรวจวินิจฉัยคนที่ไม่ป่วยได้ถูกต้องเมื่อเปรียบเทียบกับคนที่ไม่ป่วยทั้งหมด การทดสอบที่มีค่าความจำเพาะสูงจะมีโอกาสผิดพลาดน้อยมากในการวินิจฉัยคนที่ปกติว่าเป็นโรค หาได้จากสมการที่ 3.2

$$SP = \frac{TN}{TN + FN} x100 \qquad (3.2)$$

ค่าความแม่นยำ(Accuracy) คือ ค่าความแม่นยำของการวินิจฉัยของแบบจำลองและทันตแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ หาได้จากสมการที่ 3.3

$$AC = \frac{TP + TN}{(TN + TP + FN + FP)} x100 \qquad (3.3)$$

โดยกำหนดให้ TP คือผลการทดสอบเป็นบวกในกลุ่มคนที่เป็นโรค TN คือ ผลการทดสอบเป็นลบในบุคคลที่ไม่เป็นโรค FP ผลการทดสอบเป็นบวกในบุคคลที่ไม่เป็นโรค และ FN ผลการทดสอบเป็นลบในบุคคลที่เป็นโรค ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้กำหนดค่า TP, TN, FP และFN ให้เป็นดังนี้

TP = ผลการวินิจฉัยรากฟันที่มีรอยแตกว่าแตก

FP = ผลการวินิจฉัยรากฟันที่ไม่มีรอยแตกว่าแตก

TN = ผลการวินิจฉัยรากฟันที่ไม่มีรอยแตกว่าไม่แตก

FN = ผลการวินิจฉัยรากฟันที่มีรอยแตกว่าไม่แตก

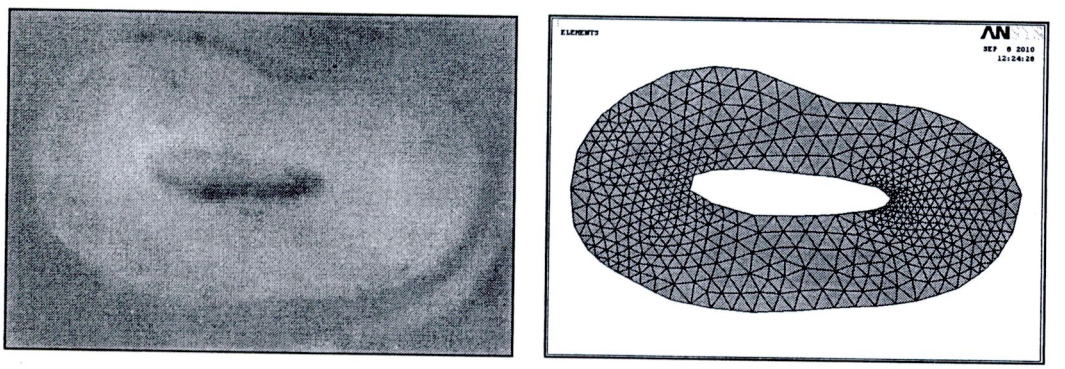
3.2 การวิเคราะห์แบบจำลองหน้าตัดของรากฟันทางไฟไนต์เอลิเมนต์

การวิเคราะห์แบบจำลองหน้าตัดของรากฟันทางไฟไนต์เอลิเมนต์นี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อดูพฤติกรรมของหน้าตัดรากฟันเมื่อมีแรงดันกระทำที่ผนังคลองรากฟัน ซึ่งแรงที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองเป็นแรงที่มากที่สุดที่ได้จากการทดสอบกดคลองรากฟัน แล้วเกิดรอยแตก โดยพิจารณาที่ค่าการกระจายความเค้นฟอนมิสเซส (von mises stress) ซึ่งเป็นความเค้นที่ทำให้เกิดความเสียหายภายในพื้นที่หน้าตัดคลองรากฟัน แล้วเปรียบเทียบกับรอย

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

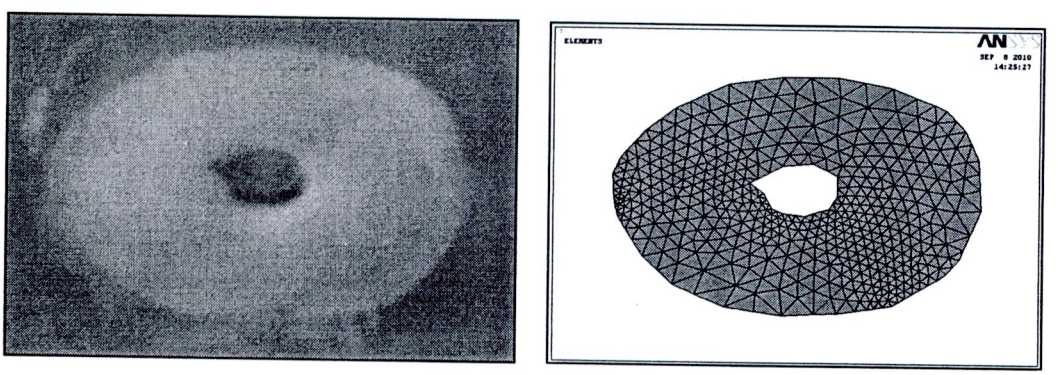
3.2.1 การสร้างแบบจำลองพื้นที่หน้าตัดของรากฟัน

แบบจำลองพื้นที่หน้าตัดของรากฟันถูกสร้างขึ้นโดยการนำภาพถ่ายของหน้าตัดรากฟันจำนวน 2 ซี่ มาถ่ายแบบลงเป็นจุดบนกระดาษกราฟ เพื่อกำหนดในระนาบสองมิติ ซึ่งพิกัดของแต่ละจุดที่ได้จะนำไปสร้างแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ ในรูปแบบของปัญหาความเค้นในระนาบสองมิติ ดังภาพที่ 36 และ 37



(ก) (ข)

ภาพที่ 36 (ก) หน้าตัดรากฟันซี่ที่ 1 (ข) แบบจำลองหน้าตัดรากฟันซี่ที่ 1



(ก) (ข)

ภาพที่ 37 (ก) หน้าตัดรากฟันซี่ที่ 2 (ข) แบบจำลองหน้าตัดรากฟันซี่ที่ 2

3.2.2 การกำหนดสมบัติทางกล

กำหนดให้สมบัติทางกลของพื้นที่หน้าตัดรากฟันซึ่งเป็นชั้นของเนื้อฟัน (Dentin) ให้อยู่ในรูปแบบเชิงเส้น (Linear Elastic) ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 สมบัติทางกลของวัสดุ

วัสดุ	E(N/mm^2)	ν
เนื้อฟัน(Dentin)	1.54 x 10^4	0.31

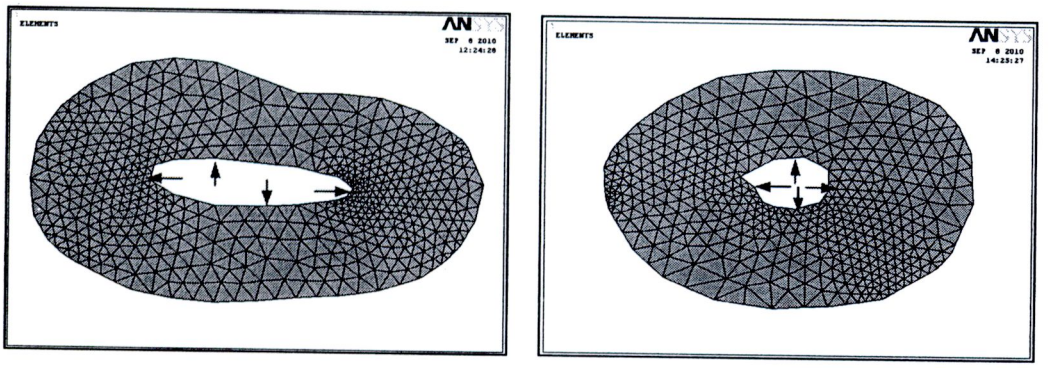
(Lertchirakarn et al, 2003)

เมื่อ E = โมดูลัสของความยืดหยุ่น

ν = อัตราส่วนปัวส์ซอง

3.2.3 การเลือกเอลิเมนต์และการกำหนดเงื่อนไขขอบเขต

งานวิจัยนี้เลือกใช้เอลิเมนต์ชนิดสามเหลี่ยมแบบสามจุดต่อให้แบบจำลอง สำหรับการกำหนดเงื่อนไขขอบเขต เนื่องจากพื้นที่รอบนอกของรากฟันจะไม่มีการเคลื่อนที่และเสียรูปเนื่องจากถูกยึดด้วยเบ้าฟัน และกำหนดให้มีแรงดันกระทำบริเวณผนังคลองรากฟัน ดังภาพที่ 38



(ก) (ข)

ภาพที่ 38 แรงดันที่ผนังคลองรากฟันแบบจำลอง (ก) หน้าตัดรากฟันซี่ที่ 1 (ข) หน้าตัดรากฟันซี่ที่ 2

3.2.4 การวิเคราะห์แบบจำลอง

การวิเคราะห์แบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ ให้มีการรับแรงดันกระทำบริเวณผนังคลองรากฟัน แรงดันที่ให้กับแบบจำลองหน้าตัดของรากฟันซี่ที่ 1 และ ซี่ที่ 2 มีขนาด 153 นิวตัน และ 200 นิวตันตามลำดับ ซึ่งแรงทั้งสองค่านี้เป็นแรงที่ได้จากการทดสอบกดคลองรากฟันด้วย Universal Testing Machine แล้วพิจารณาความเค้นฟอนมิสเซสสูงสุดที่เกิดขึ้น

<u>กรณีที่ 1</u> ชุดข้อมูลฝึก 80 ชุด และข้อมูลทดสอบ 120 ชุด

ตารางที่ 4.1 ผลการวินิจฉัยรอยแตกที่ถูกต้องของรากฟันของแบบจำลอง ในกรณีที่ 1

ลำดับที่	ค่าการกระจายตัว	ข้อมูลทดสอบ 120 ชุด		Sensitivity (%)	Specificity (%)	Accuracy (%)
		ฟันที่มีรอยแตก 100 ซี่	ฟันปกติ 20 ซี่			
1	1	45	19	97.83	25.68	53.33
2	0.5	100	0	83.33	0.00	83.33
3	0.25	81	14	93.10	42.42	79.17
4	0.1	78	17	96.30	43.59	79.17
5	0.05	88	18	97.78	60.00	88.33
6	0.025	91	12	91.92	57.14	85.83
7	0.01	90	14	93.75	58.33	86.67
8	0.005	89	16	95.70	59.26	87.50

จากตารางที่ 4.1 เมื่อทดสอบการวินิจฉัยของแบบจำลอง โดยใช้ภาพรากฟันที่มีรอยแตกจำนวน 100 ซี่ และภาพรากฟันปกติ จำนวน 20 ซี่ ที่ค่าการกระจายตัวของฟังก์ชันเกาส์เซียนในชั้นเรเดียลเบซิส(radial basis layer)ของโครงข่ายใยประสาทเทียมแบบความน่าจะเป็น (probabilistic neural network) ต่างกัน แล้วหาค่าความไว (sensitivity) ค่าความจำเพาะ (specificity) และค่าความแม่นยำ (accuracy) ของแบบจำลอง พบว่าที่ค่าการกระจายตัวที่ 0.05 ให้ค่าความไว(sensitivity)สูงที่สุดที่ 97.78% และให้ค่าความจำเพาะ(specificity)สูงที่สุดที่ 60.00% และค่าความแม่นยำ(accuracy)ของแบบจำลองก็ให้ค่าสูงที่สุดที่ 88.33%

<u>กรณีที่ 2</u> ชุดข้อมูลฝึก 105 ชุด และข้อมูลทดสอบ 95 ชุด

ตารางที่ 4.2 ผลการวินิจฉัยรอยแตกที่ถูกต้องของรากฟันของแบบจำลอง ในกรณีที่ 2

ลำดับที่	ค่าการกระจายตัว	ข้อมูลทดสอบ 95 ชุด		Sensitivity (%)	Specificity (%)	Accuracy (%)
		ฟันที่มีรอยแตก 75 ซี่	ฟันปกติ 20 ซี่			
1	1	68	18	97.14	72.00	90.53
2	0.5	75	0	78.95	0.00	78.95
3	0.25	74	4	82.22	80.00	82.11
4	0.1	67	18	97.10	69.23	89.47
5	0.05	69	18	97.18	75.00	91.58
6	0.025	70	18	97.22	78.26	92.63
7	0.01	70	18	97.22	78.26	92.63
8	0.005	70	18	97.22	78.26	92.63

จากตารางที่ 4.2 เมื่อทดสอบการวินิจฉัยของแบบจำลอง โดยใช้ภาพรากฟันที่มีรอยแตกจำนวน 75 ซี่ และภาพรากฟันปกติ จำนวน 20 ซี่ ที่ค่าการกระจายตัวของฟังก์ชันเกาส์เซียนในชั้นเรเดียลเบซิส (radial basis layer) ของโครงข่ายใยประสาทเทียมแบบความน่าจะเป็น (probabilistic neural network) ต่างกัน แล้วหาค่าความไว (sensitivity) ค่าความจำเพาะ (specificity) และค่าความแม่นยำ (accuracy) ของแบบจำลอง พบว่าที่ค่าการกระจายตัวที่ 0.025-0.005 ให้ค่าความไว (sensitivity) สูงที่สุดที่ 97.22% และให้ค่าความจำเพาะ (specificity) สูงที่สุดที่ 78.26% และค่าความแม่นยำ (accuracy) ของแบบจำลองก็ให้ค่าสูงที่สุดที่ 92.63%

<u>กรณีที่ 3</u> ชุดข้อมูลฝึก 130 ชุด และข้อมูลทดสอบ 70 ชุด

ตารางที่ 4.3 ผลการวินิจฉัยรอยแตกที่ถูกต้องของรากฟันของแบบจำลอง ในกรณีที่ 3

ลำดับที่	ค่าการกระจาย ตัว σ	ข้อมูลทดสอบ 70 ชุด		Sensitivity (%)	Specificity (%)	Accuracy (%)
		ฟันที่มีรอยแตก 50 ซี่	ฟันปกติ 20 ซี่			
1	1	48	16	92.31	88.89	91.43
2	0.5	50	0	71.43	0.00	71.43
3	0.25	50	0	71.43	0.00	71.43
4	0.1	45	19	97.83	79.17	91.43
5	0.05	46	19	97.87	82.61	92.86
6	0.025	48	19	97.96	90.48	95.71
7	0.01	48	19	97.96	90.48	95.71
8	0.005	48	19	97.96	90.48	95.71

จากตารางที่ 4.3 เมื่อทดสอบการวินิจฉัยของแบบจำลอง โดยใช้ภาพรากฟันที่มีรอยแตกจำนวน 50 ซี่ และภาพรากฟันปกติ จำนวน 20 ซี่ ที่ค่าการกระจายตัวของฟังก์ชันเกาส์เซียนในชั้นเรเดียลเบซิส (radial basis layer) ของโครงข่ายใยประสาทเทียมแบบความน่าจะเป็น (probabilistic neural network) ต่างกัน แล้วหาค่าความไว (sensitivity) ค่าความจำเพาะ (specificity) และค่าความแม่นยำ (accuracy) ของแบบจำลอง พบว่าที่ค่าการกระจายตัวที่ 0.025-0.005 ให้ค่าความไว (sensitivity) สูงที่สุดที่ 97.96% และให้ค่าความจำเพาะ (specificity) สูงที่สุดที่ 90.48% และค่าความแม่นยำ (accuracy) ของแบบจำลองก็ให้ค่าสูงที่สุดที่ 95.71%