บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 ผลการวินิจฉัยรอยแตกของรากฟัน

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอทฤษฎีของโครงข่ายใยประสาทเทียมมาประยุกต์ใช้และสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการวินิจฉัยรอยแตกของรากฟัน โดยผ่านภาพถ่ายรังสีระบบดิจิตอล โดยมีหลักการคือ นำภาพถ่ายรังสีระบบดิจิตอลเข้ามาในแบบจำลอง แล้ววัดระดับความเทาของภาพถ่ายรังสี หลังจากนั้นแบบจำลองจะแสดงผลการวินิจฉัยว่ารากฟันแตกหรือปกติ(ไม่มีรอยแตก) โดยโครงข่ายใยประสาทเทียมที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้ คือ โครงข่ายใยประสาทเทียมแบบความน่าจะเป็น (probabilistic neural network) ซึ่งเป็นโครงข่ายใยประสาทเทียมแบบหลายชั้นป้อนไปข้างหน้า ในชั้นเรเดียลเบซิส (radial basis layer) ซึ่งเป็นชั้นซ่อนของโครงข่ายจะมีฟังก์ชันส่งถ่าย (transfer function) เป็นแรดเบส (radbas) ซึ่งเป็นฟังก์ชันเกาส์เซียน จะมีค่าการกระจายตัวเพื่อควบคุมความกว้างแคบของฟังก์ชันเกาส์เซียน และจะมีผลต่อความแม่นยำในการวินิจฉัยของแบบจำลอง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงแบ่งการทดสอบออกเป็น 3 กรณีตามชุดข้อมูลที่ใช้ฝึกและทดสอบ ในแต่ละกรณียังมีการปรับค่าการกระจายตัวของฟังก์ชันเกาส์เซียนด้วย หลังจากนั้นเปรียบเทียบการวินิจฉัยภาพถ่ายรังสีกับทันตแพทย์ผู้เชี่ยวชาญในการอ่านภาพถ่ายรังสี ซึ่งสามารถสรุปการทดสอบของแต่ละกรณีได้ดังตารางที่ 5.1นี้

ตารางที่ 5.1 สรุปผลการวินิจฉัยรอยแตกของรากฟันของแบบจำลองและทันตแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ

กรณี	ค่าการกระจายตัวที่เหมาะสมที่สุด	จำนวนชุดทดสอบ	ผลการวินิจฉัยถูก	ค่าความไว	ค่าความจำเพาะ	ค่าความแม่นยำ	เวลาในการวินิจฉัยแต่ละภาพ
		ภาพที่มีรอยแตก/ภาพปกติ	ภาพที่มีรอยแตก/ภาพปกติ				
1	0.05	100/20	88/18	97.78%	60.00%	88.33%	15s
2	0.025-0.005	75/20	70/18	97.22%	78.26%	92.63%	15s
3	0.025-0.005	50/20	48/19	97.96%	90.48%	95.71%	15s
ทันตแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ		50/20	50/19	100%	95.00%	98.57%	30s

5.1.1 กรณีที่ 1 ชุดข้อมูลฝึก 80 ชุด และข้อมูลทดสอบ 120 ชุด

ผลที่ได้คือที่ค่าการกระจายตัวที่ 0.05 ให้ค่าความไว(sensitivity)ที่ 97.78% และให้ค่าความจำเพาะ (specificity) ที่ 60.00% และค่าความแม่นยำ (accuracy) ของแบบจำลองที่ 88.33% ซึ่งทั้ง 3 ค่าเป็นค่าที่สูงที่สุดที่ได้จากการปรับค่าการกระจายตัว

5.1.2 กรณีที่ 2 ชุดข้อมูลฝึก 105 ชุด และข้อมูลทดสอบ 95 ชุด

ผลที่ได้คือที่ช่วงค่าการกระจายตัวที่ 0.025 - 0.005 ให้ค่าความไว (sensitivity) ที่ 97.22% และให้ค่าความจำเพาะ (specificity) ที่ 78.26% และค่าความแม่นยำ (accuracy) ของแบบจำลองที่ 92.63% ซึ่งทั้ง 3 ค่าเป็นค่าที่สูงที่สุดที่ได้จากการปรับค่าการกระจายตัว

5.1.3 กรณีที่ 3 ชุดข้อมูลฝึก 130 ชุด และข้อมูลทดสอบ 70 ชุด

ผลที่ได้คือที่ช่วงค่าการกระจายตัวที่ 0.025 - 0.005 ให้ค่าความไว (sensitivity) ที่ 97.96% และให้ค่าความจำเพาะ (specificity) ที่ 90.48% และค่าความแม่นยำ (accuracy) ของแบบจำลองที่ 95.71% ซึ่งทั้ง 3 ค่าเป็นค่าที่สูงที่สุดที่ได้จากการปรับค่าการกระจายตัว

จากทั้ง 3 กรณีที่ได้จะเห็นว่า เมื่อเพิ่มชุดข้อมูลที่ใช้ในการฝึกให้กับโครงข่ายใยประสาทเทียมเพิ่มมากขึ้นแบบจำลองจะมีความแม่นยำเพิ่มมากขึ้น และนอกจากการเพิ่มชุดข้อมูลแล้ว การปรับค่าการกระจายตัวของฟังก์ชันเกาส์เซียนของชั้นเรเดียลเบซิส (radial basis layer) ของโครงข่ายใยประสาทเทียมแบบความน่าจะเป็น ก็มีผลต่อความแม่นยำของแบบจำลองเพิ่มมากขึ้นด้วย

5.1.4 การวินิจฉัยภาพด้วยทันตแพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้วยข้อมูลทดสอบ 70 ชุด

ผลที่ได้คือ ให้ค่าความไว (sensitivity)ที่ 100% และให้ค่าความจำเพาะ (specificity)ที่ 95% และค่าความแม่นยำ (accuracy) 98.57%

เมื่อเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยของแบบจำลองกับทันตแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ โดยเปรียบเทียบค่าความไว ความจำเพาะ และความแม่นยำ ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้คือ แบบจำลองยังให้ค่าทั้ง 3 ค่า น้อยกว่าผลที่ได้จากการวินิจฉัยของทันตแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพในการวินิจฉัยรอยแตกของรากฟันของแบบจำลองยังด้อยกว่าการวินิจฉัยด้วยตาเปล่าของทันตแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ แต่เมื่อพิจารณาที่ความต่างของค่าความไว ความจำเพาะ และความแม่นยำแล้ว ยังถือว่าแบบจำลองยังมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับที่ยอมรับได้เนื่องจากความต่างของทั้งสามค่าของแบบจำลองและทันตแพทย์ผู้เชี่ยวชาญมีความแตกต่างกันไม่มาก และข้อดีอีกอย่างหนึ่งของแบบจำลองเมื่อพิจารณาที่เวลาที่ใช้ในการวินิจฉัยของแต่ละภาพจะใช้เวลาประมาณ 15 วินาที ซึ่งมีความรวดเร็วมากในการตัดสินใจ ในขณะที่เวลาในการวินิจฉัยของทันตแพทย์ผู้เชี่ยวชาญแต่ละภาพจะอยู่ที่ประมาณ 30 วินาที ซึ่งจะช้ากว่าแบบจำลอง ซึ่งถือเป็นข้อได้เปรียบของแบบจำลอง ในขณะที่ทันตแพทย์มองภาพเป็นระยะเวลานาน และมองภาพถ่ายรังสีหลายภาพ อาจเกิดการเมื่อยล้าสายตา จะส่งผลต่อกระบวนการการตัดสินใจของทันตแพทย์ได้ แต่ในขณะเดียวกันแบบจำลองจะไม่มีปัญหาในการเมื่อยล้า จึงถือเป็นข้อได้เปรียบของแบบจำลองอีกทางหนึ่ง

5.2 ผลการวิเคราะห์หน้าตัดรากฟันทางไฟไนต์เอลิเมนต์

จากการวิเคราะห์แบบจำลองหน้าตัดรากฟันทางไฟไนต์เอลิเมนต์ เมื่อให้แรงดันที่ผนังคลองรากฟันที่มีขนาดเท่ากับแรงดันที่ทำให้รากฟันจริงเกิดรอยแตก เพื่อศึกษาการกระจายตัวของความเค้นฟอนมิสเซส ซึ่งเป็นความเค้นที่ทำให้เกิดความเสียหาย จะเห็นได้ว่าความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นในแบบจำลองหน้าตัดรากฟันทั้งสองซี่ จะเกิดที่บริเวณด้านชิดลิ้น(lingual) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับรอยแตกจริงที่เกิดขึ้น พบว่าบริเวณที่เกิดรอยแตกจริงและ

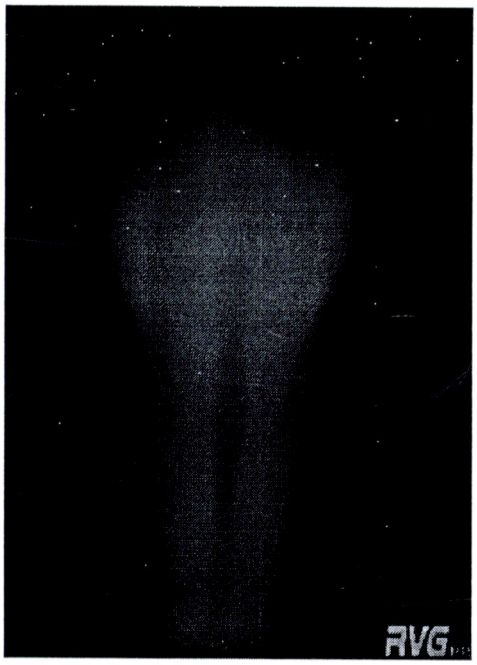
บริเวณที่มีค่าความเค้นฟอนมิสเซสสูงสุดของแบบจำลองจะอยู่บริเวณเดียวกัน สรุปได้ว่าบริเวณที่มีค่าความเค้นฟอนมิสเซสสูงที่สุดของแบบจำลองเป็นบริเวณที่มีแนวโน้มที่จะเกิดเกิดรอยแตกของรากฟัน

5.3 ปัญหาที่พบในการวิจัย

ในการทำวิจัยนี้ได้พบปัญหาในสองส่วนหลักๆ คือ ในด้านการสร้างรอยรอยแตกของรากฟัน และด้านการสร้างแบบจำลอง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้คือ

5.3.1 ด้านการสร้างรอยแตกของรากฟัน ด้วยการทดสอบกดด้วย Universal Testing Machine รอยแตกร้าวที่ได้มีขนาดใหญ่มากกว่า 0.5 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นขนาดรอยแตกที่สายตามนุษย์สามารถมองเห็นได้ จึงทำให้แบบจำลองมีข้อจำกัดในการวินิจฉัยรอยแตกของรากฟันที่มีขนาดรอยแตกมากกว่า 0.5 มิลลิเมตร

5.3.3 ฟันที่มีรอยแตกร้าวเล็กมาก เมื่อทำการถ่ายภาพรังสีระบบดิจิตอล ยังไม่สามารถมองเห็นรอยแตกร้าวที่เกิดขึ้นได้ ดังภาพที่ 44



ภาพที่ 44 ภาพถ่ายรังสีระบบดิจิตอล ของฟันที่มีรอยแตกร้าวเล็กมาก แต่ไม่สามารถมองเห็นผ่านภาพได้

5.3.2 ด้านการสร้างแบบจำลอง ในการสร้างแบบจำลองเมื่อทดลองใช้งานพบว่า ระดับสีของภาพฟันมีความเข้มแตกต่างกัน เมื่อทำการวัดระดับความเทาของภาพรังสี จะส่งผลต่อการวินิจฉัยของแบบจำลอง แต่แก้ไขได้ด้วยวิธีการทำนอร์มอลไลซ์ข้อมูลระดับความเทาที่ทำการวัด

5.4 ข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้ได้สร้างแบบจำลองการวินิจฉัยรอยแตกของรากฟันด้วยโครงข่ายใยประสาทเทียมแบบความน่าจะเป็น (Probabilistic Neural Network) ซึ่งสามารถใช้ได้ดีในระดับหนึ่ง แต่หากมีการนำงานวิจัยนี้ไปพัฒนาต่อไปควรมีการทำงานเพิ่มเติมดังนี้

5.4.1 เนื่องจากแบบจำลองได้อาศัยภาพถ่ายรังสีเป็นหลักในการวินิจฉัย ควรเพิ่มเทคนิคการประมวลผลภาพขั้นสูงเข้าไปด้วย เพื่อให้ภาพมีความคมชัดมากขึ้น และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการประมวลผลภาพรอยแตกที่ไม่สามารถมองเห็นได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับทันตแพทย์เป็นอย่างมากต่อการวินิจฉัยรอยแตกของรากฟัน

5.4.2 เนื่องจากการแตกหักของรากฟันในแนวดิ่ง เกิดจากการล้า (fatigue) จากการรับแรงดันภายในคลองรากฟัน ดังนั้นจึงควรมีการทดสอบการล้า (fatigue test) ของรากฟันด้วย เพื่อศึกษาการแตกของรากฟันอย่างละเอียด

5.4.3 ในขั้นตอนการฝึกและการทดสอบโครงข่ายใยประสาทเทียมแบบความน่าจะเป็น(Probabilistic Neural Network) ควรมีการหาค่าการกระจายตัว (σ) ของฟังชันก์เกาส์เซียนในชั้นเรเดียลเบซิส (radial basis layer) ก่อนการทดสอบด้วย เพื่อเป็นการตรวจสอบความแม่นยำของแบบจำลองอีกทางหนึ่ง

5.4.4 ในงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ทางไฟไนต์อิลิเมนต์ (finite element analysis) ของพื้นที่หน้าตัดรากฟันเพื่อพิจารณาการกระจายความเค้นซึ่งมีแนวโน้มในการเกิดรอยแตกของรากฟันจำนวน 2 ซี่ ที่มีพื้นที่หน้าตัดของรากฟันที่ต่างกัน ซึ่งหากมีการพัฒนางานวิจัยนี้ต่อไปควรเพิ่มตัวอย่างการวิเคราะห์ทางไฟไนต์อิลิเมนต์ให้มากขึ้น