



การศึกษาปัจจัยที่จะนำมาพัฒนาอุปกรณ์ตรวจภาวะชาปลายเท้าด้วยทฤษฎี TRIZ  
The study of factors for develop device to check for foot numbness  
by TRIZ theory.

สมคณ เกียรติก้อง<sup>1\*</sup>  
Somkane Giatgong<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์, อาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมโยธา, คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ (ในพระบรมราชูปถัมภ์)

<sup>1</sup> Assistant Professor, Lecturer, Civil Engineering, Faculty of Industrial Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University. (Under royal patronage)

\*Corresponding author, E-mail: som0425@yahoo.com

**บทคัดย่อ**

วัตถุประสงค์ในงานวิจัยนี้เป็นวัตถุประสงค์ในงานวิจัยนี้เป็นเพื่อศึกษาปัจจัยที่จะนำมาพัฒนาอุปกรณ์ตรวจภาวะชาปลายเท้าด้วยทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรม (TRIZ) และเพื่อใช้ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรม (TRIZ) ในการประเมินการออกแบบอุปกรณ์ตรวจภาวะชาด้วยไฟฟ้า จากเอกสารและการสัมภาษณ์ผู้ใช้งานอุปกรณ์ตรวจภาวะชาปลายเท้าต่างๆ ด้านที่เกี่ยวกับสภาวะชา และวิธีการตรวจภาวะชา พบว่าการใช้งานอุปกรณ์ตรวจภาวะชา ไม่เป็นไปตามเกณฑ์การตรวจของสมาคมโรคเบาหวาน ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาอุปกรณ์ด้วยทฤษฎีทางด้านไฟฟ้า เพื่อให้สอดคล้องกับหลักการตรวจความรู้สึกทางการแพทย์ โดยการศึกษาเอกสารด้านกระบวนการตรวจภาวะชาปลายเท้า และปัจจัยในการออกแบบนวัตกรรมด้วยโปรแกรม TRIZ รวมถึงสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทางไฟฟ้า พบว่า กำลังไฟฟ้าระดับอ่อน สามารถนำมาใช้ในตรวจภาวะชาปลายเท้าได้ เพราะไฟฟ้าระดับอ่อน ส่งผลที่ปลายประสาทโดยตรง ทำให้ปลายประสาทสามารถรับรู้ได้ ปลอดภัย และไม่อันตรายต่อผู้ป่วย

**คำสำคัญ:** การรับรู้ความรู้สึก, ภาวะชาที่ประสาทส่วนปลาย, ไฟฟ้าสถิตย์, ปริมาณกระแสไฟฟ้า

**Abstract**

The purpose of this research is to study of factors that will be used to develop the numbness examination device using the innovative problem solving theory (TRIZ) and to use the innovative problem solving theory (TRIZ) in evaluate the design of electric numbness examination equipment. From documents and interviews with users of numbness examination devices. The numbness and how to determine condition numbness. Found that the use of detection equipment numbness condition. Does not meet the criteria of the Diabetes Association. The researcher has an idea to develop devices with electrical theory. In order to comply with the medical sensory principles. By studying documents on the process of examination of numbness, and factors in innovative design with the TRIZ program, including an interview with an

electrical expert. Found that the low power level. Can be used to check for anesthesia. Because the electric low level is weak. Results directly into the nerve endings. Makes the nerve endings can be realized, safe, and not harmful to patients.

**Keywords:** Perception, Numbness in the peripheral nerves, Static electricity, Quantity of electricity

## บทนำ

### ปลายประสาทรับรู้ความรู้สึกกับโรคเบาหวาน

โรคเบาหวานส่งผลกับระบบประสาทของร่างกาย โดยจะส่งผลกระทบต่อระบบรับส่งความรู้สึก เช่น ร้อน เย็น ความเจ็บปวด เมื่อปลายประสาทมีอาการชา จะสามารถรับรู้ความเจ็บปวดต่างๆ ได้ เพราะการรับรู้ความรู้สึกจะทำให้ร่างกายเหมือนมีระบบการป้องกันอันตรายต่างๆ โดยเฉพาะเส้นประสาทที่ขาและเท้า เป็นเส้นประสาทส่วนปลาย เพราะการที่ระดับน้ำตาลในเลือดสูงเป็นระยะเวลานาน จะเกิดการทำลายเซลล์ประสาทส่วนปลายในการรับรู้ความรู้สึกเกือบทั้งหมด อาการเริ่มแรกผู้ป่วยจะมีภาวะชาตามมือ ฝ่าเท้า เมื่อนานเข้าจะก่อให้เกิดการสูญเสียการรับรู้สัมผัสและความรู้สึก โดยเฉพาะที่ฝ่าเท้า ถ้าถูกของมีคมตำที่เท้า จนบาดเจ็บ อาจติดเชื้อ และรักษายาก แผลหายช้า เนื่องมาจากการไหลเวียนโลหิตผิดปกติที่เท้าของผู้ป่วยโรคเบาหวานเอง (ภาพประกอบที่ 1) ถ้าปล่อยไว้จนติดเชื้อ แผลลุกลาม ก็จะต้องถูกตัดขาในที่สุด (สมศักดิ์ เทียมเก่า, 2555)



### ภาพประกอบที่ 1 แสดงเส้นประสาทเสื่อมจากโรคเบาหวาน

ที่มา : สมคณ เกียรติก้อง (2560)

ในการตรวจวัดความรู้สึก (Sensation) คือ การที่แพทย์สอบถามอาการผู้ป่วยว่ามีความรู้สึกอย่างไรเมื่อแพทย์ทดสอบความรู้สึก ซึ่งความรู้สึกนั้นมี 5 รูปแบบ ได้แก่ 1.การสัมผัส (Fine touch) 2.แหลมเหมือนเข็มแทง (Pin prick) 3.สั่นสะเทือน (Vibration) 4.เคลื่อนไหวข้อต่อ (Propioception) และ 5.อุณหภูมิ ร้อน-เย็น (Temperature) โดยแพทย์จะสอบถามผู้ป่วยก่อนว่า มีอาการชาหรือรู้สึกผิดปกติบริเวณใดของร่างกาย รวมทั้งใบหน้าว่า บริเวณไหนผิดปกติ ตรงไหนปกติ เมื่อทราบข้อมูลเบื้องต้น

1. การทดสอบ Fine touch หรือความรู้สึกสัมผัส แพทย์จะใช้มือหรือสำลีสัมผัสบริเวณที่ผู้ป่วยบอกว่าปกติก่อน เพื่อเป็นตัวเปรียบเทียบกับบริเวณที่ผิดปกติ เปรียบเทียบข้างซ้ายขวา บนหรือล่าง
2. การทดสอบ Fine touch คือการใช้เข็มหมุดแบบไม่มีหัวหรือไม้จิ้มฟัน จิ้มลงไปบริเวณเดิมแบบ การทดสอบแบบนี้เรียกว่า “Pin prick หรือความรู้สึกแหลม คม”
3. การทดสอบ “Vibration หรือความรู้สึกสั่นสะเทือน” บางกรณีแพทย์จะใช้ซอ่มเสียง (เครื่องมือตรวจการสั่นสะเทือน, Tuning fork) มาทำให้เกิดการสั่นแล้วนำไปวางบริเวณปุ่มกระดูก
4. การทดสอบ “ การขยับของข้อต่อ (Propioception)” แพทย์จะตรวจโดยการขยับข้อต่อสุดท้ายนิ้วชี้ (นิ้วมือ) หรือนิ้วหัวแม่มือ แล้วถามผู้ป่วยว่าหมอง นิ้วลงหรือกระดกนิ้วขึ้น
5. การทดสอบอุณหภูมิ (Temperature) หรือ “การรับรู้ทางผิวหนัง” แพทย์จะนำน้ำอุ่นหรือน้ำเย็นใส่หลอดแก้วมาสัมผัสที่ร่างกายผู้ป่วย แล้วสอบถามว่ารู้สึกอุ่นหรือเย็น

โดยการตรวจทุกรูปแบบนี้ แพทย์จะแนะนำขั้นตอนการตรวจกับผู้ป่วยก่อน หลังจากนั้น จะให้ผู้ป่วยหลับตาและทำการตรวจ เมื่อได้ข้อมูลแล้วก็จะสรุปว่ามีการเสียความรู้สึกรูปแบบใด บริเวณส่วนไหนของร่างกาย แพทย์ก็จะนำข้อมูลมาประมวลร่วมกับอาการอ่อนแรง และผลการตรวจอื่นๆที่จะกล่าวต่อไป แพทย์ก็จะสรุปเบื้องต้นได้ว่า มีรอยโรคหรือความผิดปกติที่ส่วนไหนของระบบประสาท (สมชาย รัตนทองคำ, 2562) จะพบว่าการตรวจปลายประสาท แพทย์จะวัดการรับรู้ความรู้สึกของผู้ป่วยในลักษณะต่างๆ เพื่อประเมินว่าผู้ป่วยมีการรับรู้ความรู้สึกในระดับใด ในงานวิจัยเรื่องนี้เป็นการประเมินปลายประสาทในการทดสอบแบบ Fine touch คือการใช้เข็มหมุดแบบทุ การทดสอบแบบนี้เรียกว่า “Pin prick หรือความรู้สึกแหลมคม” เพื่อทดสอบการรับรู้ความรู้สึกของผิวหนัง สอดคล้องกับการตรวจภาวะชาปลายมือปลายเท้า เพราะเป็นปลายประสาทที่รับสัมผัสมากที่สุด ถ้ามีอาการชาจากปลายประสาทร่างกายอาจสูญเสียการป้องกันอันตรายที่ผิวหนัง โดยเฉพาะโรคเบาหวาน อาการชาจะส่งผลต่อการป้องกันอันตรายที่เท้าโดยตรง เพราะเมื่อมีอาการชามากๆ จนเกิดปลายประสาทอักเสบจากโรคเบาหวาน และถ้าเกิดแผลที่เท้า จะส่งผลให้แผลลุกลามจนต้องถูกตัดเท้าในที่สุด

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่จะนำมาพัฒนาอุปกรณ์ตรวจภาวะชาปลายเท้าด้วยทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรม (TRIZ)
2. เพื่อใช้ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรม (TRIZ) ในการประเมินการออกแบบอุปกรณ์ตรวจภาวะชาด้วยไฟฟ้า

### แนวคิด ทฤษฎี กรอบแนวคิด

ผู้ป่วยที่มีภาวะการเสื่อมของปลายประสาท จะมีอาการชาตามมือและเท้า ซึ่งมีสาเหตุมาจากหลายประการ เช่น โรคเบาหวาน การตรวจภาวะชาเป็นการประเมินว่าระบบประสาท มีระดับการเสื่อมในระดับไหน และจะใช้วิธีการรักษาแบบใด

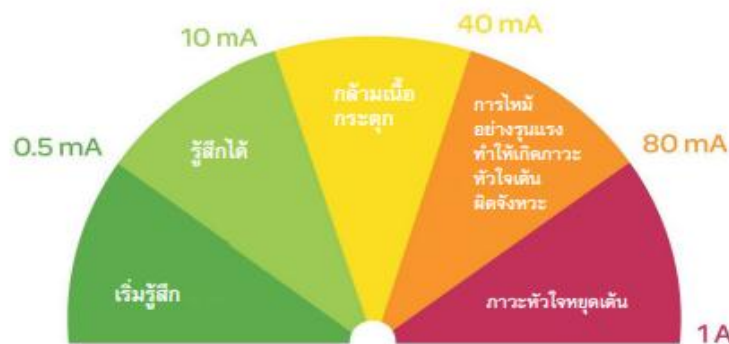
**การตรวจภาวะชา** ซึ่งภาวะชาเป็นอาการผิดปกติของระบบประสาทรับรู้ความรู้สึก และจะเกิดขึ้นเมื่อเส้นประสาทส่งความรู้สึกของบริเวณที่เป็นทำงานบกพร่องไปแล้วอย่างน้อย 50% ภาวะชาจากโรคเบาหวานจะส่งผลกับมือและเท้า จนไม่สามารถรับรู้ความรู้สึกได้ ดังนั้นผู้ป่วยโรคเบาหวานต้องได้รับการตรวจการรับรู้ความรู้สึกด้วยด้วยอุปกรณ์ Monofilament (สมาคมโรคเบาหวานแห่งประเทศไทย

,2559) จากการศึกษาของผู้วิจัยพบว่าการใช้ไฟฟ้าในการตรวจกล้ามเนื้อ EMG (Electromyography) ตรวจหาคลื่นไฟฟ้าในร่างกายเพื่อหาว่า คลื่นไฟฟ้าในร่างกายมนุษย์ทำงานเป็นปกติหรือไม่ โดยการฝังเข็มลงไปใฝิวหนัง แล้วดูความถี่ที่ตอบสนองการทำงานของกล้ามเนื้อออกมาในรูปแบบความถี่ หรือ กราฟ

**ไฟฟ้าสถิตย์** (Static electricity or Electrostatic Charge) เป็นการที่ปริมาณประจุไฟฟ้าในอากาศที่มีขั้วบวก (+) และขั้วลบ (-) บนผิววัสดุที่ไม่เท่ากัน เกิดแรงดึงดูด หรือวัสดุต่างชนิดกัน เกิดแรงผลักกัน ก็จะเกิดการแลกเปลี่ยนประจุ และมีประกายไฟ กล่าวคือวัสดุที่สูญเสียอิเล็กตรอนไป จะเป็นประจุบวก ส่วนวัสดุที่รับอิเล็กตรอนไปจะเป็นประจุลบ เมื่อมีวัสดุมีการขัดสีกันอยู่จะมีการเก็บประจุไว้ระดับหนึ่ง เมื่อมีตัวกลางมาอยู่ระหว่างวัสดุทั้ง 2 ตัวจะทำให้อิเล็กตรอนมีการถ่ายเทจากวัสดุ ไปสู่อีกวัสดุหนึ่ง เช่น เราเดินบนพรมจนเกิดประจุลบแล้วไปจับลูกบิดประตู (ซึ่งเป็นประจุบวก) ก็จะมีความรู้สึกว่าถูกไฟฟ้าช็อตที่ปลายนิ้ว กล่าวคือ เมื่อมีการเปลี่ยนถ่ายประจุ จะส่งผลให้เกิดกระแสไฟฟ้าอ่อนๆ ไหลเข้าไปที่ผิวหนัง ทำให้ผิวหนังของคนเรามีความรู้สึกเหมือนถูกเข็มตำที่ผิวหนัง

### กำลังไฟฟ้กับการรับรู้ความรู้สึก

ความรู้สึกทางผิวหนังเป็นการรับรู้ความรู้สึกแบบหนึ่ง เช่น รู้สึกว่ามีคนมาจับที่แขน ความรู้สึกเจ็บ เช่น ถูกมีดบาด ความรู้สึกปวด เช่น ถูกร้อนลวก ตลอดจนรู้สึกร้อน - เย็น สิ่งต่างๆ จากภายนอกเป็นตัวกลางที่ทำให้เกิดความรู้สึกต่างๆ เหล่านี้ มีทั้งที่เป็นวัตถุธรรมดาแบบต่างๆ แสง ความร้อน กระแสไฟฟ้า ฯลฯ โดยเฉพาะกำลังไฟฟ้าหรือ ปริมาณไฟฟ้าในระดับต่างๆ มีผลกระทบต่อร่างกายดังต่อไปนี้

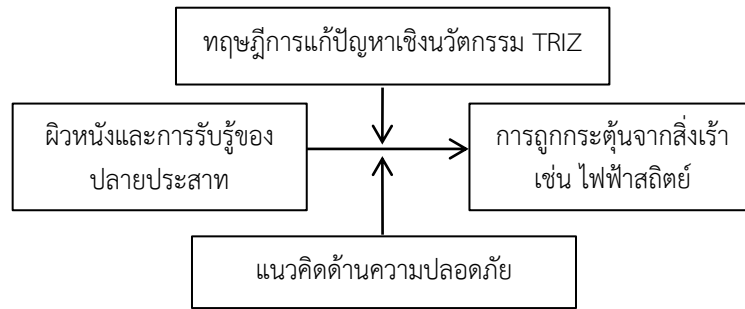


มีผลวิจัยทั่วโลกที่บ่งชี้ว่ากำลังของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเข้าสู่ร่างกาย คือสิ่งกำหนดระดับและความรุนแรงของอุบัติเหตุไฟฟ้าช็อต

### ภาพประกอบที่ 2 ปริมาณกระแสไฟฟ้ากับการรับรู้ของร่างกายมนุษย์

ที่มา: ร้านค้าเพาเวอร์สมาร์ท (2562)

จากภาพประกอบที่ 2 จะพบว่าปริมาณกระแสไฟฟ้าในระดับอ่อน ตั้งแต่ 1 – 10 mA มีผลกับการรับรู้ของร่างกายมนุษย์ ที่ทำให้ร่างกายสามารถรับรู้ความรู้สึกได้ แต่กระแสจะไหลไปที่ปลายประสาทไม่เข้าสู่กล้ามเนื้อ จะเห็นว่ากระแสไฟฟ้าในระดับต่ำ ส่งผลต่อปลายประสาทของมนุษย์ ทำให้ผู้วิจัยสนใจในการที่จะนำกระแสระดับต่ำที่ 1 – 10 mA มาเป็นตัววัดระดับความรู้สึกของปลายประสาท

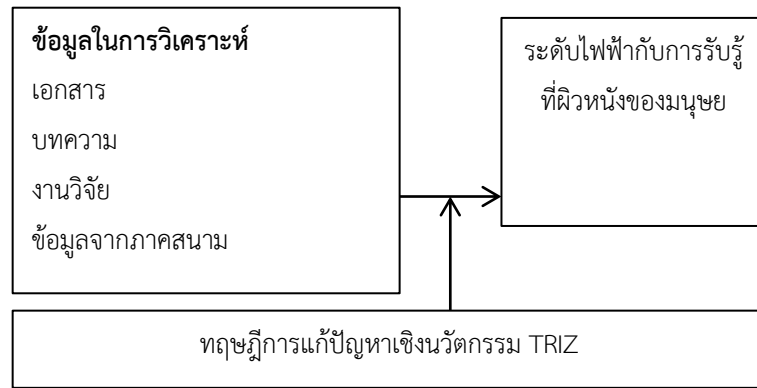


ภาพประกอบที่ 3 แนวคิดด้านปลายประสาทกับการรับรู้ของร่างกายมนุษย์ด้วยไฟฟ้า

**ทฤษฎี TRIZ** TRIZ (Russian: Teoriya resheniya izobretatelskikh zadatch; English: Theory of inventive problem solving) หรือทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์กรรมได้รับการพัฒนาขึ้นโดย Genrich S. Altshuller นักประดิษฐ์และนักเขียนนิยายวิทยาศาสตร์ชาวโซเวียตใน ปีค.ศ. 1946 เขาได้ศึกษารูปแบบการประดิษฐ์และสิทธิบัตรสิ่งประดิษฐ์ต่างๆ มากกว่า 200,000 ฉบับ จนถึงปัจจุบันมีสิทธิบัตรจากทั่วโลกที่ถูกนำมาวิเคราะห์แล้วกว่า 1,500,000 ฉบับ (วรมน แซ่ฉี, 2554) Altshuller พบว่าวิธีการแก้ไขปัญหเหล่านี้ โดยกำหนดแนวทางแก้ปัญหาทั้งหมดได้เป็น 39 ตัวแปร (The Altshuller's 39 Engineering Parameters) และ 40 หลักการ (40 Fundamental Inventive Principles) ทำให้ TRIZ เป็นเครื่องมือช่วยให้ออกแบบให้นักประดิษฐ์ ประหยัดเวลาในการแก้ปัญหาที่พบระหว่างการประดิษฐ์ การแก้ปัญหาคความขัดแย้งด้วยทฤษฎี TRIZ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ **ขั้นที่ 1** ค้นหาปัญหาที่มีอยู่ **ขั้นที่ 2** มองปัญหาในรูปแบบของ Physical Contradiction คือ กำหนดตัวแปรที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ที่ขัดตรงกันข้ามกัน โดยอาศัย 39 ตัวแปรของ Altshuller (The Altshuller's 39 Engineering Parameters) **ขั้นที่ 3** ค้นหาการแก้ปัญหา โดยอาศัย 40 หลักการพื้นฐานในการประดิษฐ์ (40 Fundamental Inventive Principles) (วิชัย คลังทอง, 2556)

**ระดับขั้นของนวัตกรรม** (Levels of Innovation) นวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์มีความแตกต่างกันด้านการปรับปรุงคุณสมบัติในระดับขั้นของนวัตกรรมสามารถแบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ **ระดับที่ 1** การปรับปรุงอย่างง่าย ๆ เป็นการปรับปรุงโดยใช้วิธีที่คุ้นเคยจากประสบการณ์หรือเป็นวิธีที่มีการใช้ทั่วไปในสาขานั้นๆ **ระดับที่ 2** สิ่งประดิษฐ์ที่รวมเอาการแก้ปัญหาทางเทคนิคเอาไว้ ซึ่งต้องอาศัยความรู้จากสาขาอื่นๆ ที่อยู่ภาคอุตสาหกรรมเดียวกัน **ระดับที่ 3** สิ่งประดิษฐ์ที่ประกอบด้วยวิธีแก้ปัญหาที่ต้องอาศัยความรู้ภาคอุตสาหกรรมอื่น **ระดับที่ 4** เทคโนโลยีใหม่ๆ ที่พัฒนาต่อจากการแก้ปัญหาแบบก้าวกระโดด ซึ่งอาศัยความรู้จากศาสตร์หลายๆ แขนงมาประกอบกัน **ระดับที่ 5** เป็นการค้นพบความรู้ใหม่ (New phenomena) สำหรับระบบใหม่





ภาพประกอบที่ 4 หลักการวิเคราะห์การรับรู้ของร่างกายมนุษย์ด้วยทฤษฎีประดิษฐ์กรรมด้วยทฤษฎี TRIZ

ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาและวิเคราะห์การทำงานและการแก้ไขเชิงประดิษฐ์กรรมด้วยทฤษฎี TRIZ นั้นสามารถใช้กระแสไฟฟ้าในการนำใช้แทนเข็ม หรืออุปกรณ์ Monofilament ในการตรวจภาวะขาของผู้ป่วยได้

### วิธีดำเนินการวิจัย

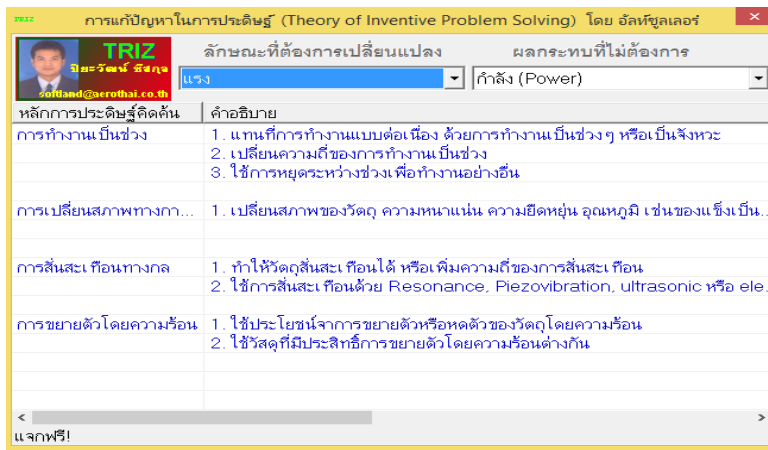
ผู้วิจัยได้ดำเนินขั้นตอน 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 การศึกษาบริบทของการตรวจปลายประสาทตามขั้นตอนการตรวจของแพทย์ และการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทางไฟฟ้า จำนวน 10 คน

ในส่วนที่ 2 ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ ไปประมวลผลกับโปรแกรม TRIZ เพื่อประเมินผลของการสร้างนวัตกรรมที่สามารถนำมาใช้งานได้จริงตามหลักการใช้งานการตรวจปลายประสาทของมาตรฐานการใช้งานที่สมาคมแพทย์กำหนด

### ผลการวิจัย

จากการดำเนินงาน ส่วนที่ 1 จากการที่จากการสำรวจการประเมินความรู้สึกด้วยเข็ม และสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทางไฟฟ้า จำนวน 10 คน พบว่าการใช้กระแสไฟฟ้าระดับอ่อนสามารถใช้ได้ ในทางทฤษฎี เพราะเป็นกำลังไฟระดับอ่อน หน่วยเป็น mA (มิลลิแอมป์แปร์) ที่มีปริมาณกระแสที่อ่อนมาก และไม่มีผลกับร่างกายเพราะพลังงานไฟฟ้าในระดับนี้สามารถสลายไปในร่างกายได้

ส่วนที่ 2 จากการที่ผู้วิจัยได้ใช้แนวคิดที่ว่าไฟฟ้าสถิตย์สามารถนำมาตรวจปลายประสาทได้ ผู้วิจัยจึงใช้ทฤษฎีในการออกแบบของ TRIZ ในการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของหลักการดังกล่าว จากการแทนค่าในโปรแกรมการแก้ปัญหาในการประดิษฐ์ TRIZ โดยอาศัย 39 ตัวแปรและ 40 หลักการพื้นฐานในการประดิษฐ์ผ่านหลักการพัฒนาอุปกรณ์ Monofilament ซึ่งได้คำอธิบายดังต่อไปนี้

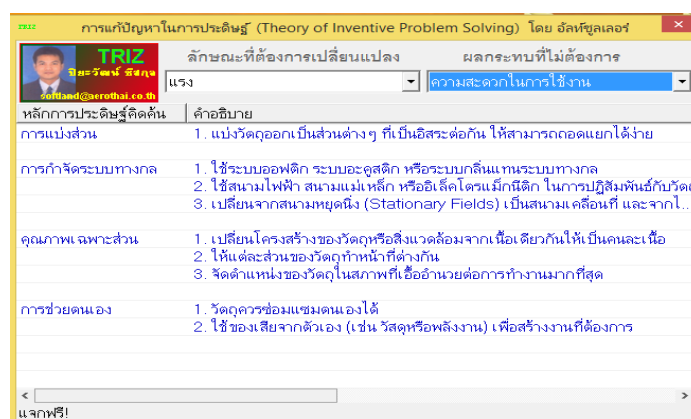


ภาพประกอบที่ 3 การแทนค่าตัวแปรและผลกระทบด้วยโปรแกรม TRIZ  
ที่มา : วัชร ดิสสะมาน (2562)

ตารางที่ 1 การแทนค่าในโปรแกรมการแก้ปัญหาในการใช้กำลังและแรงดันไฟฟ้า

หลักการประดิษฐ์	คำอธิบาย
1.การทำงานเป็นช่วง	ให้ทำงานเป็นช่วง (การปล่อยไฟฟ้าสติดียเป็นช่วงๆ)
2.การเปลี่ยนลักษณะทางกายภาพ	ปรับกำลังไฟฟ้า อ่อน หรือ เข้ม ตามความเหมาะสมได้
3.การสั่นสะเทือนทางกล	การสั่นสะเทือนของคลื่นไฟฟ้าสติดียที่ส่งไปที่ปลายประสาท
4.การขยายโดยใช้ความร้อน	ไม่มีผลด้านความร้อน เพราะใช้การยิงกระแสไฟเพียง 1 วินาที

จากตารางที่ 1 พบว่า ในการใช้กำลังไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าต้องใช้ในระดับต่ำ และให้ปล่อยเป็นช่วงๆ เพื่อให้มีผลกระทบในทางกล นั่นคือปลายประสาทจะสามารถรับรู้ได้

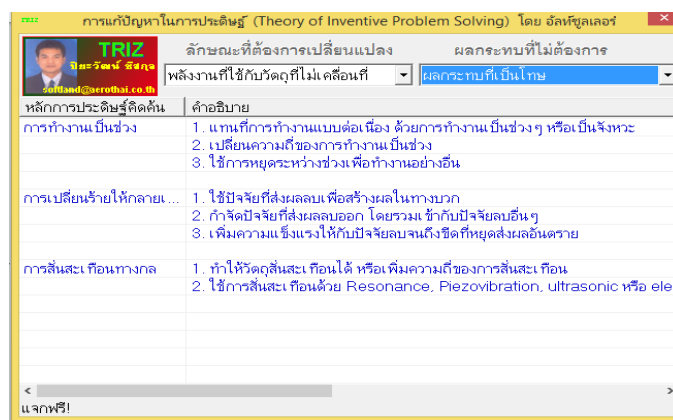


ภาพประกอบที่ 4 การแทนค่าตัวแปรและผลกระทบด้วยโปรแกรม TRIZ  
ที่มา : วัชร ดิสสะมาน (2562)

**ตารางที่ 2** การแทนค่าในโปรแกรมการแก้ปัญหาในเรื่องแรงกับความเสถียรในการใช้งาน

หลักการประดิษฐ์	คำอธิบาย
1.การแบ่งส่วน	ตัวอุปกรณ์ต้องสามารถถอดแยกชิ้นส่วนได้
2.การจัดระบบทางกล	การวางหัวโลหะให้ระยะตรงกับพื้นผิวที่จะยิงกระแสไฟฟ้า
3.คุณภาพเฉพาะส่วน	หัวโลหะที่ใช้ยิงไฟฟ้า
4.การขยายโดยใช้ความร้อน	การส่งพลังงานจากถ่านไฟฉาย ยิงกระแสไฟฟ้าเป็นช่วงๆ

จากตารางที่ 2 พบว่า ในการใช้แรงดันไฟฟ้า จะต้องมีการปรับระยะให้เหมาะกับผิวสัมผัสเพื่อให้กระแสส่งไปได้ และตัวอุปกรณ์ต้องสามารถแยกชิ้นส่วนได้


**ภาพประกอบที่ 5** การแทนค่าตัวแปรและผลกระทบด้วยโปรแกรม TRIZ  
 ที่มา : วัชร ดิสสะมาน (2562)

**ตารางที่ 3** การแทนค่าในโปรแกรมการแก้ปัญหาในเรื่องพลังงานที่ใช้กับวัตถุที่ไม่เคลื่อนที่กับผลกระทบที่เป็นโทษ

หลักการประดิษฐ์	คำอธิบาย
1.การทำงานเป็นช่วง	การทำงานเป็นช่วงๆ ของพลังงานที่ใช้
2.การเปลี่ยนผลกระทบให้ผลลบให้เป็นผลบวก	ใช้การช็อตไฟฟ้า เพื่อกระตุ้นที่ปลายประสาท แทนการแทงด้วยเข็ม เพราะพลังงานจะเข้าสู่ร่างกายแล้วสลายไป
3.การสั่นสะเทือนทางกล	ความถี่ของการสั่น หรือการยิงกระแสไฟฟ้า

จากตารางที่ 3 พบว่า ในการใช้แรงดันไฟฟ้าต้องทำงานเป็นช่วงๆ เพราะการช็อตไฟฟ้าในกระแสระดับต่ำ และเป็นการยิงกระแสไฟฟ้าแบบเป็นช่วงๆ จะไม่ส่งผลกระทบต่อร่างกาย (ลบเป็นบวก)



## สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยเกี่ยวกับการประเมินปลายประสาทแบบ (Pin Prick) เป็นการประเมินการรับรู้ที่ผิวหนัง จากการใช้ไฟฟ้าในการตรวจกล้ามเนื้อ EMG (Electromyography) ตรวจหาคลื่นไฟฟ้าในร่างกายมนุษย์ทำงานเป็นปกติหรือไม่ โดยการฝังเข็มลงไปบนผิวหนัง แล้วดูความถี่ที่ตอบสนองการทำงานของกล้ามเนื้อออกมาในรูปกราฟ แสดงให้เห็นว่า ปลายประสาทมีการรับ-ส่งกระแสไฟอ่อนๆ เพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่ไปกระทบกับผิวหนัง และส่งความรู้สึกไปยังสมองเพื่อรับรู้ความรู้สึกนั้นๆ ได้

จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านไฟฟ้า และการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม TRIZ พบว่าการใช้กระแสไฟฟ้าสติกติ์สามารถทำได้ เพราะเป็นการยิงกระแสไฟอ่อนช่วงสั้นๆ และไม่มีอันตรายเนื่องจากจะเป็นการยิงกระแสไฟฟ้าเป็นช่วงๆ ไม่ได้ปล่อยให้กระแสไหลต่อเนื่องจนเป็นอันตราย เพราะผู้ป่วยจะเหมือนถูกไฟช็อต (ไฟฟ้าสติกติ์ช็อตจากสภาพอากาศเย็น) แต่ไฟฟ้าที่ผู้วิจัยจะพัฒนาจะไม่รุนแรงเหมือนไฟฟ้าสติกติ์ โดยสามารถปรับแรงดันและกระแสให้ปลายประสาทรับรู้ได้โดยตรง

สรุปปัจจัยสำคัญที่ได้จากงานวิจัยในครั้งนี้ คือ

1. สามารถใช้กระแสไฟฟ้าแรงดันต่ำขนาด 1 – 10 mA ได้ (ตามภาพประกอบที่ 2)
2. ส่งกระแสไฟฟ้าเป็นช่วงๆ เพื่อให้ตรงกับลักษณะการตรวจแบบ Pin pick ได้
3. สามารถปรับแรงดันให้เหมาะสมกับการรับรู้ของปลายประสาทได้ (ไม่เกิน 10 mA)

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.วิวัฒน์ คลังวิจิตร, ผศ.ดร.ชุมพล ปทุมมาเกษร ที่ให้คำแนะนำ ข้อคิดต่างๆ ในการจัดทำงานวิจัยชุดนี้ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และท่านอื่นๆที่เกี่ยวข้องและช่วยสนับสนุนการทำงานในครั้งนี้ ขอขอบคุณมากครับ

## เอกสารอ้างอิง

ร้านค้าเพาเวอร์สมาร์ท. (20 เมษายน 2562). บทความไฟฟ้ามีผลกระทบต่อร่างกายมนุษย์อย่างไร. สืบค้นจาก <http://www.thepowersmart.com/shop/powertools/default.aspx?page=articledetail&url=powertools&articleid=znemukxsmrnvdgzezy0c1732014219&lang=TH>

วรมน แซ่ฉี. (2555). การแก้ปัญหาทางประดิษฐ์กรรม. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น, 5(2), 5.

วัชร ดิสสะมาน. (17 พฤษภาคม 2562). TRIZ ทฤษฎีการแก้ปัญหาในการประดิษฐ์.

สืบค้นจาก [https://www.dktoday.co.th/product/โปรแกรมโดยปิยวัฒน์\\_ชี\\_สกุล](https://www.dktoday.co.th/product/โปรแกรมโดยปิยวัฒน์_ชี_สกุล).

วิชัย คลังทอง. (16 เมษายน 2562). การพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์และทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรม (TRIZ). สืบค้นจาก <https://www.en.kku.ac.th/web/wp.../204%20หัวข้อการคิดสร้างสรรค์และtriz.pdf>.

สมคณ เกียรติก้อง. (2560). ความจำเป็นในการพัฒนาอุปกรณ์ตรวจภาวะชาปลายเท้า. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 9 (หน้า 2). สงขลา : มหาวิทยาลัยหาดใหญ่.



สมาคมโรคเบาหวานแห่งประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี. (2 มกราคม 2562). สารความรู้เรื่องเบาหวาน. สืบค้นจาก [http://iregist.igenco.co.th/web/dmthai\\_old/news\\_and\\_knowledge/list/all?page3](http://iregist.igenco.co.th/web/dmthai_old/news_and_knowledge/list/all?page3)

สมชาย รัตน์ทองคำ. (11 มกราคม 2562). การตรวจประสาท-กล้ามเนื้อด้วยไฟฟ้า : เอกสารประกอบการบรรยาย วิชา 471231 ไฟฟ้าบำบัดและเครื่องมือกายภาพบำบัด. สืบค้นจาก <http://ams.ku.ac.th/aalearn/resource/edoules54/emgdoc54.pdf>.

สมศักดิ์ เทียมเก่า. (2 มกราคม 2562). โรคเส้นประสาทเหตุเบาหวาน. สืบค้นจาก <http://haamor.com/th/>