

# การตรวจสอบโดยรูปแบบดัชนีการเปรียบเทียบความคมชัดสำหรับการระบุปริมาณลายนิ้วมือ

## บทคัดย่อ

การเปรียบเทียบปริมาณความคมชัดของลายนิ้วมือเป็นแนวคิดที่ค่อนข้างใหม่ ในการวิจัยเพื่อเพิ่มลายนิ้วมือเป็นวิธีประเมินลายนิ้วมือเพื่อลดระดับการลำเอียงอันอาจเกิดขึ้นได้ในการประเมินคุณภาพโดยใช้สิ่งที่มองเห็น วิธีการเชิงคุณภาพโดยใช้ความรู้สึกส่วนบุคคลที่มีการรายงานในแวดวงวิชาการ ได้แก่ การประเมินโดยการเทียบเคียง การให้คะแนนยึดถือเอาโดยอาศัยสิ่งที่มองเห็น วิธีการเชิงคุณภาพเหล่านี้มักจะไม่ระบุปัจจัยในการประเมินด้วยสายตาและก่อให้เกิดความสับสนเมื่อกำหนดผลการเสริมลายนิ้วมือ

รูปแบบดัชนีความคมชัดถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้บอกระดับความแตกต่างกันของความคมชัดระหว่างเส้นนูนและเส้นร่องของลายนิ้วมือโดยใช้ Microspectrophotometer ในการวัด บทความนี้พยายามศึกษางานวิจัยล่าสุดและทดสอบแบบทดลองโดยใช้ Microspectrophotometer ที่ต่างกัน 3 แบบ ข้อมูลที่แตกต่างกันเหล่านี้จะตัดสินใจได้ว่าทฤษฎีของแบบจำลอง จะให้ผลลัพธ์ที่น่าเชื่อถือและสามารถทำซ้ำได้โดยใช้ Microspectrophotometer ชนิดต่างๆที่มีใช้กันในห้องปฏิบัติการทางนิติวิทยาศาสตร์

## 1. บทนำ

เทคนิคการเสริมสร้างลายนิ้วมือแฝงที่ใช้กันอยู่ในอาชญากรรมไม่เหมาะสำหรับทุกพื้นผิวเสมอไป อาจไม่มีประสิทธิภาพสำหรับรอยที่ไม่ปรากฏให้เห็นอย่างชัดเจนและรายละเอียดเพียงพอสำหรับการระบุ ขอบเขตการวิจัยรอยลายนิ้วมือประกอบด้วยทำให้เทคนิคการตรวจหารอยนิ้วมือมีประสิทธิภาพสูงสุด การหาสูตรใหม่ๆของผงฝุ่นใหม่โดยการใช้สีย้อมและนาโนเทคโนโลยีที่กำลังเกิดขึ้นและการใช้เทคนิคด้านสายตาและการดำเนินการภาพแบบดิจิทัล

งานวิจัยสำรวจรอยนิ้วมือเปิดเผยถึงวิธีเชิงคุณภาพมากมายที่ถูกใช้ในการวิจัยเพื่อบรรยายพัฒนาการของรอยนิ้วมือและผลลัพธ์ของการพัฒนา การทบทวนงานวิจัยหนึ่งถูกทำโดยใช้เกณฑ์เฉพาะเพื่อกำหนดประเภท ขอบเขตและความถี่ของวิธีการประเมินรอยนิ้วมือและจัดหมวดหมู่รอยนิ้วมือตามประเภทของการพัฒนาที่ถูกวิจัย วิธีต่างๆของการอธิบายผลลัพธ์การพัฒนาของรอยนิ้วมือถูกแสดงในรูป 1

หลักเกณฑ์สำคัญที่ใช้การทบทวนงานวิจัยคือจำนวนภาพของการพัฒนารอยลายนิ้วมือที่ถูกนำเสนอและการจัดประเภทการประเมินด้วยตาเป็น “คมชัด” “ไม่ชัด” หรือ “ไม่คมชัด” โดยขึ้นอยู่กับว่าตัวแปรในการประเมินถูกระบุชัดเจนเพียงใดในการศึกษาแต่ละงานวิจัยนี้ การประเมินผลลัพธ์เชิงคุณภาพด้วยสายตาถูกระงับกับสิ่งของต่างๆภายในการทบทวน นอกจากนี้มีการสังเกตว่าการพยายามกำหนดเพื่อพัฒนาปริมาณรอยนิ้วมือขึ้นและถ้ามีการกำหนดปริมาณประเภทใด ความถี่ของการเปรียบเทียบด้วยสายตา คะแนนการมองด้วยสายตา การเปรียบเทียบแบบด้านต่อด้านและตัวเลข

ที่ถูกพัฒนาขึ้นก็ดูกระบวนการทางจำนวนของผลที่ได้และการพัฒนาในเรื่องเวลาที่เป็นปัจจัยที่ไม่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะกับการพัฒนา แต่สามารถระบุปริมาณองค์ประกอบของวิธี ตามตารางที่ 1 แสดงผลลัพธ์ของการทบทวนงานวิจัย

การกำหนดปริมาณของความแตกต่างเป็นวิธีทางเลือกนอกจากวิธีการประเมินเชิงคุณภาพที่มักคลุมเครือ Relative contrast index model (RCI) ใช้วัดเพื่อหาความแตกต่างระหว่างเส้นนูนและเส้นร่องของรอยลายนิ้วมือโดยใช้เครื่อง Microspectrophotometer เครื่องดังกล่าวให้ค่าที่เป็นตัวเลขหรือตัวเลขยกกำลังของความแตกต่างที่เปรียบเทียบได้ระหว่างการใช่วิธีต่างๆ เครื่องนี้ยังทำให้ผลจากการมองเห็นไม่มีอิทธิพลต่อการประเมินด้วยสายตาด้วยเทคนิคที่จำเพาะนี้

ดัชนีเปรียบเทียบความชัด = ล็อก10 (ความหนาแน่นของรอยเว้า/ความหนาแน่นของรอยนูน)

วิธีดัชนีเปรียบเทียบความชัดใช้แถบที่ได้จากค่าแสงสเปคตรัมที่ทำกับเส้นนูนและเส้นร่องของรอยลายนิ้วมือโดยใช้ Microspectrophotometer และเราได้ค่าตัวเลขที่จำเป็นสำหรับดัชนีดัชนีเปรียบเทียบความชัด Relative contrast index model (RCI) หาได้จากการรวมพื้นที่ใต้ spectral curve และนำไปประยุกต์ใช้กับสูตรของดัชนีแบบ ในทางทฤษฎีเนื่องจากธรรมชาติของดัชนีความแตกต่างดัชนีแบบมีผลลัพธ์ที่สม่ำเสมอสำหรับตัวอย่างเดียวกันเมื่อใช้เครื่องมือที่ต่างกัน จุดประสงค์หลักของการวิจัยนี้คือการตรวจสอบดัชนีความแตกต่าง Relative contrast index model (RCI) และกำหนดว่าค่าเหล่านี้สอดคล้องกันหรือไม่เมื่อใช้เครื่อง Microspectrophotometer แบบต่างๆที่มีใช้ในห้องปฏิบัติการทางนิติวิทยาศาสตร์

### 1.1 วิธีการวัด

เครื่อง Microspectrophotometer เบื้องต้นที่ถูกใช้ในการพัฒนาดัชนีความแตกต่างสัมพัทธ์ Relative contrast index model (RCI) มีความสามารถและคุณสมบัติในการวัดแถบต่างๆในโหมด “การสะท้อนกลับ” “การส่ง” และ “การดู” ดัชนีแบบ RCI เบื้องต้นถูกพัฒนาโดยใช้ แบบการดูซึ่งเป็นวิธีการวัดหนึ่งที่ใช้การนับความหนาแน่นเป็นการวัดแสงสะท้อนกลับที่ถูกตรวจพบ เครื่องมือที่ถูกใช้ในการวิจัยนี้ไม่มีโหมดการดู แบบการสะท้อนกลับเป็นเปอร์เซ็นต์ถูกพิจารณาเป็นวิธีการวัดที่มีประสิทธิภาพมากกว่า

การทดลองเบื้องต้นสำหรับการวิจัยนี้ต้องการทดสอบเครื่องมือดั้งเดิมในโหมดการดูและโหมดการสะท้อนเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยทำให้การตั้งค่าต่างๆเหมือนกันรวมถึงพื้นที่ตัวอย่างด้วย ความแตกต่างระหว่างโหมดการดูและโหมดการสะท้อนเป็นเปอร์เซ็นต์ถูกพิจารณาว่าน้อยมากแต่ในการศึกษานี้เครื่อง Microspectrophotometer ทุกแบบถูกใช้ในแบบการสะท้อนออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์

## 2. วัสดุและวิธี

Microspectrophotometer ทั้ง 3 แบบถูกเลือกเพื่อใช้วัดวัสดุตัวอย่างและกำหนดว่าดัชนีความแตกต่างสัมพัทธ์ (Relative contrast index model) ยังคงเหมือนเดิมหรือไม่ในเครื่องมือแต่ละประเภท เครื่องมือและตัวแปรต่อไปนี้ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้

### 2.1 เครื่องมือ 1 Leica DMR และ Ocean Optics HR2000

เครื่องมือ 1 เชื่อมต่อกับเครื่อง Microspectrophotometer OceanOptics HR2000 เข้ากับกล้องจุลทรรศน์ Leica DMR โปรแกรมซอฟต์แวร์ OOI Base 32 เวอร์ชัน 2.0.6.5 ถูกเปิดเพื่อรับแสงจากสเปกตรัม เครื่อง Microspectrophotometer มีคุณสมบัติจำเพาะและมีช่องทางเข้าที่ถูกตั้งค่าอยู่ที่ 50 ไมโครเมตร กว้าง 25 ไมโครเมตร ความคมชัด 0.1 นาโนเมตร อัตราการกระจายแสงที่มีตั้งแต่ 200-1,100 นาโนเมตร เวลารวมถูกตั้งอยู่ที่ 10 ms บอกรีตและหน้าที่เฉลี่ยถูกตั้งที่ 5 ค่าอื่นๆถูกตั้งที่ 0 หรือไม่เลือก

ตั้งค่าแสงของกล้องจุลทรรศน์ถูกตั้งให้สว่างสูงสุดและหลอดไฟถูกทำให้ร้อนเป็นเวลา 60 นาทีก่อนใช้ นำ filter บนกล้องจุลทรรศน์ออก การขยายทั้งหมดคือ  $\times 400$  โดยรวมกับเลนส์ตา ( $\times 10$ ) และ Objective lens ( $\times 40$ ) การขยายขนาดกว้างถูกใช้เพื่อให้เหมาะสมกับพื้นที่ตัวอย่างขนาดกว้างที่ถูกอ่านโดยเครื่อง Microspectrophotometer

## 2.2 เครื่อง 2 *Leica Aristomat and Leitz MVP SP*

กล้องจุลทรรศน์ Leica Aristomat ประกอบเข้ากับเครื่อง spectrophotometer *Leitz MVP SP* เครื่องมือชนิดนี้มีใช้ในทางนิติวิทยาศาสตร์ โปรแกรม Leica Spectra เวอร์ชัน 1.32 สำหรับวินโดวส์ 95 ถูกเปิดเพื่อรับแสงสเปกตรัม ในช่องการปรับความไวแสงถูกตั้งค่าที่ 7.5% ตั้งค่าแสงของกล้องจุลทรรศน์ถูกตั้งที่ 50% และความไวผ่านกล้องมีการกรองผ่านความถี่ใช้ในระดับต่ำที่ 3000 Hz filter ที่ใช้กับสายตาทั้งหมดถูกแยกจากเครื่องโดยเลือก “เปิด” กล้อง “ทำให้เท่ากัน” ถูกปล่อยให้ว่างไว้ ในหน้าต่างการวัดกล้อง และผ่าน filter ของกล้องให้ว่างเลือกค่าที่ open เลือกกล้องทางซ้ายให้ว่างเลือกสเปกตรัม ที่ถูกเลือกมาและทำเครื่องหมาย ช่วงเวลาว่างถูกตั้งที่ค่าต่ำสุดเท่าที่เป็นไปได้คือ 0.1 วินาที การแสดงยังมีสเปกตรัมที่ถูกเลือก ค่าความลึกแสงประเภทแสง A และสเปกตรัมสี XYZ ถูกเลือก กล้องสเปกตรัมสีมีระยะที่ 400-700 นาโนเมตร และมีขีดจำกัดถูกตั้งที่ 0 และเคลด้า 3 ถูกเลือก โหมดการวัดมีการสะท้อนกลับที่ถูกเลือกโดยมีการตั้งความราบเรียบที่ 5 (โดยไม่ถึงระดับ 8) และจำนวนสแกนถูกตั้งที่ 5 เครื่องปรับแสงในกล้องปรับที่ระดับ 2 ให้ขนานกับจุดแดง หลอดไฟกล้องจุลทรรศน์ถูกทำให้ร้อนเป็นเวลา 60 นาทีก่อนการอ่านผล

## 2.3 เครื่อง 3 – *CRAIC QDI 2010*

ในปัจจุบัน CRAIC QDI 2010 ถูกใช้ในด้านนิติวิทยาศาสตร์ศาสตร์ ซอฟต์แวร์การรับข้อมูล CRAIC MSP ถูกเปิดเพื่อแสงของสเปกตรัมและซอฟต์แวร์การจับภาพ (IC) CRAIC CCD (DFx41AF02) ถูกใช้เพื่อดูตัวอย่างในช่วงเวลาที่แสงถึงระดับสูงสุดถูกคำนวณ โดยเครื่องมือที่ 1913.23 ms กำหนดเงื่อนไขที่ใช้วิเคราะห์ standard ถูกตั้งที่ 400-700 นาโนเมตร สแกนค่าเฉลี่ยถูกตั้งที่ 20 โดยมีเวลาตัวอย่างที่ถูกแนะนำที่ 1242.51 ปัจจัยความคมชัด (0-15) ถูกตั้งที่ 4 รูปแบบวิธีวิดีโออัตราเฟรม 1280×960 ที่ 7.5, 3.75 เฟรม/วินาที ระยะไดนามิกของ ADC คือ 10 บิตและอัตราส่วนสัญญาณต่อเสียงคือ ADC 9 บิตที่ 25 องศาเซลเซียส จนใกล้ถึง 0

IC Capture 2.0 ถูกตั้งที่ 50% สำหรับการมอง ตั้งค่าของปากกล้องที่ระหว่าง 1/83 วินาทีและ 1/120 วินาที สำหรับช่วงเวลาการรวบรวมข้อมูล ความสว่างถูกตั้งที่ 63 จนใกล้ถึงระดับที่ 300 และตัวแปรอ้างอิงอัตโนมัติถูกตั้งที่ 690 การตั้งสีถูกให้อยู่ที่ค่าสูงสุดโดยมีสี 181 ความอิ่มตัว 129 และเลือกความสมดุลขาวแบบอัตโนมัติถูกเลือก ตัวแปรภาพถูกตั้งค่าที่แกมมา 12

#### 2.4 วัสดุตัวอย่างรอยนิ้วมือ

ตัวอย่างรอยนิ้วมือที่ถูกทดลองประกอบด้วยชุดการทดสอบหมึกที่ถูกใช้ในการได้รับข้อมูลจากเครื่อง Microspectrophotometer ทั้งหมด รอยนิ้วมือที่เปลี่ยนหมึกถูกใช้เนื่องจากช่วงเวลาคลาดเคลื่อนระหว่างการรวบรวมข้อมูลจากเครื่องมือแต่ละชนิดและการสะสมของหมึกถูกพิจารณาว่าเป็นวัสดุที่มั่นคงกว่าวิธีการพัฒนารอยนิ้วมืออื่น (ตัวอย่างเช่น นินไฮดริน อะมิโน black และการพัฒนาทางกายภาพ) ชุดของการสูญเสียทำให้มีตัวอย่างความแตกต่างที่ต่างกันในการสูญเสียทั้งหมดระหว่างแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

การทดลองตัวอย่างของรอยนิ้วมือประกอบด้วยชุดหมึกโดยใช้นิ้วมือประทับบนกระดาษสำเนา Fuji Xerox Performer+1 Lightning Powder Company Incorporation 1 black Porelon นำนิ้วของผู้ทดสอบในครั้งนี้จุ่มในหมึกและหมูนนิ้วบนกระดาษสำเนา นิ้วโป้งถูกจุ่มหมึกและถูกประทับบนกระดาษ 3 ครั้งโดยไม่มีการจุ่มหมึกใหม่ ทำซ้ำ 30 ครั้ง โดยมีรอยนิ้วมือแบบต่างๆ 90 แบบ (30 แบบในแต่ละกลุ่มจำนวน 3 กลุ่ม) ตัวอย่างรอยนิ้วมือถูกทำสัญลักษณ์ตามการประทับรอยนิ้วมือคือการสูญเสีย 1 ตามด้วยการสูญเสีย 2 และการสูญเสีย 3 (รูป 2)

จากนั้นนำตัวอย่างหมึกเก็บในซองเปล่า Camerons Premium 1 เพื่อหลีกเลี่ยงการซีดลงที่อาจเกิดจากรังสีอัลตราไวโอเลตและจากนั้นถูกเก็บในห้องเย็น Valuca Pty Ltd. Arctic 4 L Styrofoam ที่มีฉนวนเพื่อรักษาอุณหภูมิให้สม่ำเสมอ

#### 2.5 มาตรฐานอ้างอิงและการควบคุม

ทดสอบการให้สี mini Gretag Macbeth Color Checker 1 ถูกใช้เป็นมาตรฐานอ้างอิงและการควบคุมซึ่งมีแผ่นสี 24 แผ่นที่มีค่าสีและการสะท้อนกลับที่เป็นที่เป็นที่รู้แล้ว การศึกษาใช้แค่การอ้างอิง จำนวน 6 monochrome ที่ถูกพิจารณาว่าเป็นสีเทาของค่าการสะท้อนกลับที่เป็นที่ทราบกันแล้ว สีเทาประกอบด้วยแถบสีดำ ขาวและแถบสีเทา 4 แถบสี (รูป 3) การวัดสเปกตรัมถูกทำจากแผ่นมาตรฐานอ้างอิงจากนั้นข้อมูลถูกวิเคราะห์เพื่อให้แน่ใจว่าเครื่อง Microspectrophotometer ผลิตผลลัพธ์ที่เปรียบเทียบได้สำหรับมาตรฐานอ้างอิง

#### 2.6 การรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์

การรวบรวมข้อมูลที่เป็นตัวแปรทั้งหมดถูกรักษาไว้บนเครื่องมือจำเพาะสำหรับระยะเวลาการรวบรวมตัวอย่างทั้งหมดเพื่อให้แน่ใจว่ามีความสม่ำเสมอ ตัวอย่างรอยนิ้วมือแต่ละแบบมีการอ่านเส้นร่อง 10 ครั้งและเส้นนูน 10 ครั้งที่ได้จากเครื่องมือแต่ละเครื่องต่อกลุ่ม จากนั้นแถบสีเหล่านี้ถูกส่งเข้าไปใน Microsoft Excel และซอฟต์แวร์นี้ถูกใช้เพื่อสร้างดัชนีความแตกต่างสัมพัทธ์และทำการวิเคราะห์เชิงสถิติ

ต้นแบบดัชนีการเปรียบเทียบความคมชัดวิเคราะห์ข้อมูลสเปคตรัมที่เกิดขึ้นในแบบการ ‘scope’ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ข้อมูลแสงสเปคตรัมที่ถูกกำหนดโดยการรวมพื้นที่ภายใต้เส้นโค้ง มีการพิจารณาว่าการเฉลี่ยข้อมูลของแสงสเปคตรัมการสะท้อนกลับเฉลี่ยอาจเป็นวิธีที่มีความหมายมากกว่าในการวิเคราะห์แบบเชิงเส้น แต่ควรสังเกตว่าค่าที่ถูกทำให้มีสีไม่ได้ให้ผลความโค้งที่คล้ายกัน

ข้อมูลที่รวบรวมได้ในพื้นที่ที่มองเห็นได้ (โดยมีค่าต่ำกว่า 3% ที่ถูกตัดออกในฐานะเป็นเสียงขาว) และจากนั้นถูกเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยข้อมูลเดียวกัน ค่าตัวเลขมีความแตกต่างพอสมควร (ตาราง 2) แต่เมื่อค่าเหล่านี้ถูกนำเข้าไปในสูตรดัชนีความแตกต่างสัมพัทธ์ผลลัพธ์เหมือนกัน ผลลัพธ์เหล่านี้แสดงว่าวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถถูกใช้เพื่อนำเข้าไปในสูตรดัชนีความแตกต่างสัมพัทธ์

โดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติแบบ ONE WAY ANOVA กับตัวอย่างของชุดการสูญเสียเพื่อระบุว่าดัชนีความแตกต่างสัมพัทธ์สามารถถูกใช้เพื่อแยกแยะระหว่างกลุ่มการสูญเสียในแต่ละกลุ่มได้หรือไม่ ( $n_1, n_2, n_3$ )

### 3. ผลลัพธ์

#### 3.1 มาตรฐานการอ้างอิง

ค่าสีเทาแต่ละค่าจากมาตรฐานอ้างอิงถูกวัดและแยกตามค่าโทนต่างๆ แต่ค่าการสะท้อนกลับเป็นเปอร์เซ็นต์ที่เท่ากันไม่ได้รับมาจากเครื่องมือทดลองทั้ง 3 (รูป 4) เครื่องมือ 2 เกือบแบ่งครึ่งค่าดัชนีความแตกต่างสัมพัทธ์ที่ได้ต่อโทนสีเทา ในทางตรงข้ามเครื่องมือ 1 และ 3 ลดลงอย่างต่อเนื่องมากขึ้น

#### 3.2 ตัวอย่างรอยนิ้วมือ

การสูญเสีย  $n_1$  ทำให้เกิดดัชนีความแตกต่างสัมพัทธ์สูงสุด การสูญเสีย  $n_2$  ทำให้เกิดค่าสูงสุดเป็นอันดับสองและการสูญเสีย  $n_3$  อันดับ 3 (รูป 5) เครื่องมือทั้งสามแสดงแนวโน้มนี้ ไม่มีการแทรกซ้อนที่ถูกสังเกตได้ระหว่างการเบี่ยงเบนการสูญเสียต่างๆของเครื่องมือ (ตาราง 3) การกระจายข้อมูลลดคล้ายกันจากการสูญเสีย  $n_1$  ถึงการสูญเสีย  $n_3$  โดยมีการกระจายข้อมูลมากสุดในการสูญเสีย  $n_1$  น้อยกว่าในการสูญเสีย  $n_2$  และน้อยสุดในการสูญเสีย  $n_3$  ซึ่งแสดงการแตกต่างที่น้อยลง การวิเคราะห์ทางสถิติแบบ ONE WAY ANOVA ผลลัพธ์แสดงว่ามีความแตกต่างมากระหว่างค่า RCI เฉลี่ยของเครื่องมือ 1, 2 และ 3 สำหรับชุดของการสูญเสียแต่ละชุด (เครื่องมือ 1,  $F_{2,87} = 367.4, P < 0.0001$ ; เครื่องมือ 2,  $F_{2,87} = 262.2, P < 0.0001$  และเครื่องมือ 3,  $F_{2,87} = 437.3, P < 0.0001$ ) นอกจากนี้ยังมีความแตกต่างชัดเจนระหว่างค่าเฉลี่ยของการสูญเสีย  $n_1$  การสูญเสีย  $n_2$  และการสูญเสีย  $n_3$  บนแต่ละเครื่องมือ (การสูญเสีย  $n_1$ ,  $F_{2,87} = 86.5, P < 0.0001$ ; การสูญเสีย  $n_2$ ,  $F_{2,87} = 115.3, P < 0.0001$  และ การสูญเสีย  $n_3$ ,  $F_{2,87} = 119.7, P < 0.0001$ )

### 4. การอภิปราย

ต้นแบบดัชนีความแตกต่างสัมพัทธ์ถูกออกแบบเพื่อนำมาใช้ได้ง่าย ความแตกต่างที่ไม่สามารถแก้ไขมีอยู่ระหว่างเครื่องมือต่างๆและความสัมพันธ์ของต้นแบบก็ไม่สามารถชดเชยได้ ช่องว่างของตัวอย่าง ซอฟต์แวร์สำหรับ

ปฏิบัติการและความไวของเครื่องมืออาจมีบทบาทสำคัญในผลลัพธ์ที่ต่างกัน การพัฒนาด้านเทคโนโลยีในแบบเครื่องมือ และการตั้งค่าอาจชดเชยความแตกต่างเหล่านี้ในอนาคต แต่เครื่องมือปัจจุบันก็ใช้ได้สำหรับเครื่อง Microspectrophotometer แบบต่างๆซึ่งเสนอแนะว่าการใช้เครื่องมือไม่สามารถผลิตแถบแสงมาตรฐานเดียวได้ เครื่องมือสามารถเปรียบเทียบตัวอย่างบนเครื่องมือหนึ่งแต่ไม่สามารถอ่านความแตกต่างเหมือนตอนอ่านในเครื่องมือต่างๆได้

ต้นแบบดัชนีความแตกต่างสัมพันธ์ถูกพบว่าไม่สามารถให้ผลลัพธ์ที่เหมือนกันได้ในเครื่องมือต่างๆ ผลลัพธ์ไม่ได้แปลเป็นดัชนีตัวเลขเหมือนกันเช่นต้นแบบดัชนีความแตกต่างที่ถูกใช้ในรูปภาพตามที่ถูกวัดโดยมิเตอร์วัดความหนาแน่น นี่เป็นการพัฒนาที่สำคัญสำหรับต้นแบบแต่ไม่ได้จำกัดการใช้ในอุตสาหกรรมนิติวิทยาศาสตร์ ในขณะที่ค่าดัชนีความแตกต่างสัมพันธ์ไม่เหมือนกับในบรรดาเครื่อง Microspectrophotometer ต่างๆผลลัพธ์ที่ได้รับบนเครื่องหนึ่งยังสามารถถูกเปรียบเทียบได้โดยตรง

นี้อาจให้การระบุปริมาณผลลัพธ์ที่ได้รับจากงานวิจัยการพัฒนารอยนิ้วมือ ผลลัพธ์เชิงเปรียบเทียบอาจถูกแสดงเพิ่มเติมเป็นเปอร์เซ็นต์การเพิ่มหรือการลดความแตกต่างในผลลัพธ์ของงานวิจัย การระบุปริมาณเชิงการทดลองอาจให้ประโยชน์สำคัญเมื่อแสดงผลลัพธ์ของการพัฒนารอยนิ้วมือและการวิจัยการพัฒนา การใช้ดัชนีการเปรียบเทียบความคมชัดและวิธีการประเมินคุณภาพซ้ำอื่นสามารถพัฒนาคุณภาพของการวิจัยเสริมสร้างได้โดยการทำให้วิธีการประเมินเป็นมาตรฐานและจัดให้มีเกณฑ์มาตรฐานสำหรับเทคนิคปัจจุบัน

ดัชนีความแตกต่างสัมพันธ์ปัจจุบันยังมีการใช้ที่เป็นไปได้สำหรับการรับประกันคุณภาพสารทำปฏิกิริยาในห้องปฏิบัติการ สูตรที่ถูกเตรียมโดยการทดสอบให้เป็นมาตรฐานยังสามารถทำให้แยกระหว่างสารที่ทำให้สียหรือหมดยุ่ได้ด้วย

## 5. บทสรุป

การศึกษานี้ระบุว่าต้นแบบดัชนีความแตกต่างสัมพันธ์เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสำหรับวัดความแตกต่างในตัวอย่างรอยนิ้วมือ ถึงแม้ต้นแบบไม่ให้ค่าสมบูรณ์หรือเหมือนกันหรือในระดับสากลแต่ก็ยังมีประสิทธิภาพสำหรับเครื่องมือแต่ละแบบ การระบุการสามารถนำต้นแบบไปใช้กับการรับประกันคุณภาพในงานนิติวิทยาศาสตร์ยังเป็นผลลัพธ์ที่สำคัญด้วย การระบุปริมาณความแตกต่างของรอยนิ้วมือช่วยลดหรือกำจัดความคลุมเครือและให้การวัดการพัฒนาความแตกต่างที่ถูกบันทึกเป็นแบบเอกสารได้ ทำซ้ำได้และตั้งอยู่บนพื้นฐานความจริง ต้นแบบดัชนีการเปรียบเทียบความคมชัดในห้องวิจัยและผลลัพธ์บวกที่มีคุณค่าสำหรับการวิจัยด้านนิติวิทยาศาสตร์ในอนาคต