

บทที่ 4

การรู้จำนาฬิกาตัวเลข

จากบทที่แล้วเมื่อทราบตำแหน่งตัวเลขแต่ละตัวของนาฬิกา งานวิจัยนี้จะใช้ตำแหน่งที่ตรวจหาได้กับวิถีทัศนในเฟรมถัด ๆ ไป ดังนั้นเมื่อต้องการอ่านเวลาจากเฟรมใด ๆ ก็สามารถทำได้ทันที โดยอ่านจากภาพ ณ ตำแหน่งที่เป็นตัวเลขนาฬิกาที่บอกวัน เดือน ปี ชั่วโมง นาที วินาที หรือเศษของวินาที

ขั้นตอนแรกของการรู้จำนาฬิกาตัวเลขคือการประมวลผลข้อมูลเบื้องต้น (Pre-processing) ซึ่งประกอบด้วยการสเกลรูปภาพที่เป็นตัวเลขของนาฬิกาให้มีขนาดใหญ่ขึ้น จากนั้นจึงแบ่งส่วนตัวเลขของนาฬิกาออกจากพื้นหลังที่มีความซับซ้อน นำส่วนที่เป็นตัวเลขมาทำให้เป็นบรรทัดฐาน (Normalization) ให้มีขนาดเท่า ๆ กันเพื่อนำไปวิเคราะห์หาลักษณะเด่นของตัวเลข และเข้าสู่กระบวนการรู้จำต่อไป

4.1 การประมวลผลและการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

การประมวลผลและการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นเป็นการจัดเตรียมข้อมูลภาพตัวเลขให้มีความเหมาะสมและเป็นการวิเคราะห์หาลักษณะเด่นของภาพก่อนที่จะนำข้อมูลไปเข้ากระบวนการรู้จำ ข้อมูลภาพตัวเลขประกอบด้วยส่วนที่เป็นตัวเลขกับส่วนที่เป็นพื้นหลัง ในขั้นตอนการวิเคราะห์และการรู้จำจะนำเฉพาะส่วนที่เป็นตัวเลขไปประมวลผล ดังนั้นในการประมวลผลข้อมูลเบื้องต้นจึงมีวัตถุประสงค์หลักคือการแบ่งส่วนตัวเลขออกจากพื้นหลัง อย่างไรก็ตามเพื่อเพิ่มความถูกต้องในการประมวลผลจึงทำการสเกลภาพให้มีความละเอียดสูงขึ้น และหลังจากการแบ่งส่วนจะทำตัวเลขให้เป็นบรรทัดฐานเดียวกันเพื่อนำไปวิเคราะห์หาลักษณะเด่นของภาพซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ลักษณะเด่นเป็นจำนวนรูและลักษณะของรูภายในตัวเลข จากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการรู้จำต่อไป โดยในที่นี้ขอยกตัวอย่างการประมวลผลและการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นเฉพาะนาฬิกาตัวเลขที่มีสีขาวเท่านั้น

4.1.1 การสเกลภาพ

การสเกลภาพเป็นการนำภาพตัวเลขของนาฬิกามาทำการสเกลด้วยวิธีการประมาณค่าในช่วงแบบ Bicubic (Bicubic interpolation) ให้มีความสูงคงที่ค่าหนึ่ง เนื่องจากนาฬิกาตัวเลขจากแต่ละแหล่งมีขนาดไม่เท่ากัน การสเกลภาพให้มีความสูงคงที่ทำให้สามารถใช้วิธีการประมวลผลเดียวกันได้กับนาฬิกาตัวเลขจากทุก ๆ แหล่ง นอกจากนี้นาฬิกาตัวเลขโดยทั่วไปมีขนาดเล็ก ดังนั้นการสเกลภาพโดยส่วนใหญ่จึงเป็นการเพิ่มความละเอียดของภาพ ทำให้การประมวลผลในขั้นตอนต่อ ๆ ไปมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างการสเกลภาพแสดงดังรูปที่ 4.1

2

(ก) ภาพต้นฉบับ



(ข) ภาพหลังจากการสเกลภาพ

รูปที่ 4.1 การสเกลภาพต้นฉบับให้มีความละเอียดสูงขึ้น

4.1.2 การแบ่งส่วนตัวเลขออกจากพื้นหลัง

พื้นหลังของภาพตัวเลขโดยทั่วไปจะมีรายละเอียด มีความซับซ้อน และอาจมีสีใกล้เคียงกับสีของตัวเลขทำให้ยากต่อการแบ่งส่วนออกมาจากพื้นหลัง อย่างไรก็ตามชุดแบบอักษรของนาฬิกาตัวเลขส่วนใหญ่จะมีขอบที่มีสีตรงกันข้ามกับสีของตัวเลข เช่น ตัวเลขมีสีขาวจะมีขอบสีดำอยู่บริเวณรอบ ๆ เพื่อให้ผู้ใช้งาน หรือผู้ชมรายการโทรทัศน์สามารถอ่านนาฬิกาตัวเลขได้ง่าย และเป็นการแยกตัวเลขออกจากพื้นหลังในกรณีที่พื้นหลังมีสีเดียวกับสีของตัวเลขได้อีกด้วย สำหรับการใช้งานเฉพาะทางบางงานจะใช้เครื่องกำเนิดนาฬิกาตัวเลขซึ่งมีชุดแบบตัวอักษรที่ไม่มีขอบ เช่น งานทางด้านการวัดอัตราการไหลของเซลล์เม็ดเลือดแดงในหลอดเลือด [1] ดังแสดงในรูปที่ 1.1 สำหรับในกรณีนี้จะมีข้อจำกัด คือพื้นหลังจะต้องมีความเปรียบต่างกับนาฬิกาตัวเลขอย่างชัดเจนเพื่อให้สามารถแบ่งส่วนตัวเลขออกมาได้ ขั้นตอนการแบ่งส่วนตัวเลขออกจากพื้นหลังมีรายละเอียดดังนี้

1) การแปลงภาพระดับเทาเป็นภาพลักษณะฐานสอง

ขั้นตอนวิธีที่นำเสนอเริ่มจากการหาค่าขีดแบ่งเพื่อแปลงภาพจากภาพระดับเทาเป็นภาพลักษณะฐานสองด้วยวิธี Otsu จะเห็นได้ว่าภาพลักษณะฐานสองที่ได้ประกอบด้วยส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกันของตัวเลข ดังแสดงในรูปที่ 4.2(ก) และในบางภาพอาจมีส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกันของพื้นหลังด้วย ดังแสดงในรูปที่ 4.2(ข) ขั้นตอนต่อไปจึงเป็นการวิเคราะห์ว่าส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกันส่วนใดเป็นตัวเลข

2) การวิเคราะห์ส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกัน

การวิเคราะห์ส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกันทำโดยการปิดป้ายให้กับส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกันแต่ละส่วน เพื่อให้สามารถแยกแยะส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกันแต่ละส่วน และนำมาวิเคราะห์ข้อมูลต่อไปได้

ส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกันที่เป็นตัวเลขมีลักษณะที่มีความสูงใกล้เคียงกับความสูงของรูป มีพื้นที่มากเมื่อเทียบกับส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกันส่วนอื่น ๆ และมีความหนาของตัวอักษรที่ต่ำ ดูรูปที่ 4.2 (ก) ประกอบ อย่างไรก็ตามสำหรับรูปบางรูปที่มีสีพื้นหลังใกล้เคียงกับสีของตัวเลขอย่างเช่นรูปที่ 4.2(ข) ทำให้พื้นหลังอาจถูกวิเคราะห์ว่าเป็นตัวเลขได้ ทำให้การแบ่งส่วนผิดพลาด



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.2 ตัวอย่างรูปแสดงส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกันในลักษณะต่าง ๆ

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงนำเสนอวิธีแบ่งส่วนตัวเลขออกจากพื้นหลัง โดยแบ่งออกเป็นกรณีดังนี้

ก) กรณีที่มีส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกัน 1 ส่วนภายในภาพ ให้ถือว่าส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกันนั้นเป็นส่วนของตัวเลข

ข) กรณีที่มีส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกันมากกว่า 1 ส่วนภายในภาพ ให้ทำการเข้ารหัสแบบลดความยาวกับจุดภาพสีขาวของภาพลักษณะพื้นฐานสอง ทั้งตามแนวนอนและแนวตั้ง แล้วจึงแบ่งส่วนเฉพาะจุดภาพที่มีค่าความยาวติดต่อกันไม่เกินค่าขีดแบ่งค่าหนึ่ง และความยาวที่ติดต่อกันนั้นจะต้องไม่มีจุดเริ่มต้นหรือจุดสิ้นสุดติดกับขอบของภาพ ผลลัพธ์ที่ได้จากการแบ่งส่วนรูปที่ 4.3(ก) ด้วยการเข้ารหัสแบบลดความยาวแสดงดังรูปที่ 4.3(ข)



(ก) การปิดป้าย



(ข) การแบ่งส่วนด้วยการเข้ารหัสแบบลดความยาว



ป้ายที่ 1 (ตัวเลข)
(ค) การแบ่งส่วนตัวเลข

รูปที่ 4.3 การวิเคราะห์ส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกัน

พื้นที่ส่วนใหญ่ที่เหลืออยู่ในภาพจะเป็นส่วนหนึ่งของส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกันที่เป็นตัวเลข ดังนั้นจึงสามารถหาได้ว่าป้ายหมายเลขใดเป็นป้ายของตัวเลขโดยนับจำนวนป้ายที่เหลืออยู่ในภาพ ป้ายใดเหลืออยู่เป็นจำนวนมากที่สุดให้ถือว่าป้ายนั้นเป็นป้ายที่แทนส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกันที่เป็นตัวเลข และทำการแบ่งส่วนตัวเลขออกจากพื้นหลังได้โดยให้ป้ายอื่น ๆ ที่เหลือเป็นพื้นหลัง จากรูปที่ 4.3(ข) จะเหลือป้ายที่ 1 อยู่เป็นจำนวนมากที่สุด ดังนั้นป้ายที่ 1 เป็นป้ายของตัวเลข จึงแบ่งส่วนตัวเลขได้ดังรูปที่ 4.3(ค)

4.1.3 การทำตัวเลขให้เป็นบรรทัดฐาน

ก่อนที่จะนำตัวเลขเข้าสู่กระบวนการรู้จำ จะต้องทำตัวเลขให้เป็นบรรทัดฐานก่อนซึ่งเป็นการปรับข้อมูลให้อยู่ในมาตรฐานเดียวกัน ในที่นี้เป็นการปรับตัวเลขแต่ละตัวให้มีความสูงเท่ากัน และเนื่องจากการรู้จำใช้วิธีการจับคู่ (Matching) ดังนั้นจึงทำการปรับขนาดของภาพให้เท่ากันด้วย โดยทั่วไปตัวเลขจะมีขนาดของความกว้างน้อยกว่าหรือเท่ากับความสูง เพื่อให้ครอบคลุมตัวเลขทุกกรณีจึงได้กำหนดให้ขนาดของภาพหลังจากทำให้เป็นบรรทัดฐานมีความกว้างมากกว่าความสูง 20% การทำตัวเลขให้เป็นบรรทัดฐานมีขั้นตอนดังนี้

1) การตัดส่วนภาพ (Cropping) ตัวเลข ซึ่งเป็นการตัดพื้นที่สี่เหลี่ยมที่เป็นบริเวณของตัวเลขออกมา รูปที่ 4.4(ก) เป็นการตัดส่วนภาพตัวเลขในรูปที่ 4.3(ค)

2) การสเกลภาพตัวเลขให้มีความสูงคงที่ค่าหนึ่ง โดยใช้การประมาณค่าในช่วงแบบ Bicubic แสดงดังรูปที่ 4.4(ข)

3) การเสริมเติมด้วยศูนย์ (Zero padding) เนื่องจากต้องการให้ภาพผลลัพธ์มีขนาดเท่ากัน โดยกำหนดให้ภาพมีความกว้างมากกว่าความสูง 20% ดังนั้นเมื่อทำการสเกลภาพตัวเลขแล้ว จึงต้องมีการเสริมเติมด้วยศูนย์ในแนวคอลัมน์เพื่อเติมพื้นที่หลังของภาพให้เต็ม แสดงดังรูปที่ 4.4(ค)



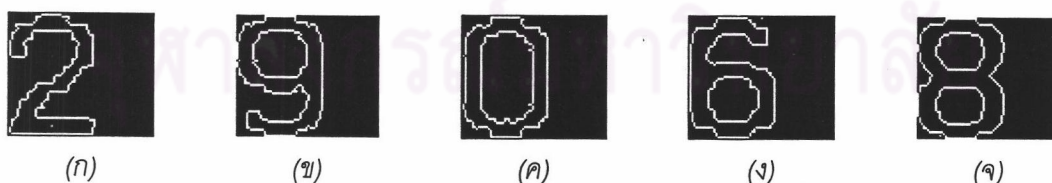
รูปที่ 4.4 การทำตัวเลขให้เป็นบรรทัดฐาน

4.1.4 การวิเคราะห์หารูและการจำแนกประเภทของรูภายในตัวเลข

ในงานวิจัยนี้ได้จำแนกประเภทของรูภายในตัวเลขออกเป็น 5 ชนิด ตามจำนวนและและตำแหน่งของรูภายในตัวเลข ประกอบด้วย

- 1) ไม่มีรู เช่นเลข 2 ดังรูปที่ 4.5(ก)
- 2) มี 1 รู อยู่ด้านบนบนของตัวเลข เช่นเลข 9 ดังรูปที่ 4.5(ข)
- 3) มี 1 รู อยู่ตรงกลางของตัวเลข เช่นเลข 0 ดังรูปที่ 4.5(ค)
- 4) มี 1 รู อยู่ด้านล่างของตัวเลข เช่นเลข 6 ดังรูปที่ 4.5(ง)
- 5) มี 2 รู เช่นเลข 8 ดังรูปที่ 4.5(จ)

ดังนั้นจึงเริ่มจากการวิเคราะห์หาจำนวนรูภายในภาพตัวเลขก่อน เนื่องจากได้กำหนดให้ตัวเลขที่แบ่งส่วนแล้วมีส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกันเพียง 1 ส่วน ดังนั้นการคำนวณหาจำนวนรูสามารถทำได้ง่ายโดยหาเส้นรอบขอบ (Contour) ของตัวเลข แล้วหาจำนวนของส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกัน โดยการปิดป้ายส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกัน จำนวนรูภายในตัวเลขคำนวณได้จากจำนวนของส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกันลบด้วยหนึ่ง ยกตัวอย่างดังรูปที่ 4.5(ก) แสดงเส้นรอบขอบของเลข 2 ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกัน 1 ส่วน ดังนั้นจึงคำนวณจำนวนรูได้ 0 รู รูปที่ 4.5(ข) แสดงเส้นรอบขอบของเลข 9 ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกัน 2 ส่วน ดังนั้นจึงมีรูจำนวน 1 รู เป็นต้น



รูปที่ 4.5 การหาเส้นรอบขอบของตัวเลขเพื่อหาจำนวนและตำแหน่งของรู

เมื่อทราบจำนวนรูของตัวเลขแล้ว จะต้องจำแนกประเภทของรูสำหรับกรณีที่มีตัวเลขที่มีจำนวนรู 1 รู โดยวิเคราะห์ตำแหน่งของรูนั้นอยู่ด้านบน ตรงกลาง หรือด้านล่างของตัวเลข ตัวเลขที่มีรูจำนวน 1 รู

จะมีส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกัน 2 ส่วน การวิเคราะห์เริ่มจากการตรวจหาว่าป้ายหมายเลขใดเป็นป้ายของ รุ จากความรู้เบื้องต้นทราบว่ารุอยู่ภายในตัวเลข ดังนั้นเมื่อทำการกราดตรวจตามแนวนอนจากซ้ายไป ขวาบนลงล่าง พบป้ายหมายเลขใดเป็นอันดับแรกให้กำจัดป้ายหมายเลขนั้นทิ้ง ป้ายหมายเลขที่เหลือจึง เป็นป้ายของรุ จากนั้นหาขอบเขตบนและล่างของป้ายที่เป็นรุ เพื่อนำไปวิเคราะห์ตำแหน่งของรุต่อไป
รุที่มีตำแหน่งอยู่ด้านบนของตัวเลขสามารถวิเคราะห์ได้จากเงื่อนไขดังต่อไปนี้

ก) ขอบเขตล่างของป้ายอยู่สูงกว่ากึ่งกลางรูป หรือ

ข) กึ่งกลางรูป-ขอบเขตบนของป้าย $> 2 \times (\text{ขอบเขตล่างของป้าย} - \text{กึ่งกลางรูป})$

รุที่มีตำแหน่งอยู่ด้านล่างของตัวเลขสามารถวิเคราะห์ได้จากเงื่อนไขดังต่อไปนี้

ก) ขอบเขตบนของป้ายอยู่ต่ำกว่ากึ่งกลางรูป หรือ

ข) ขอบเขตล่างของป้าย-กึ่งกลางรูป $> 2 \times (\text{กึ่งกลางรูป} - \text{ขอบเขตบนของป้าย})$

ในกรณีที่ไมเข้าเงื่อนไขใด ๆ ข้างต้น กำหนดให้เป็นรุที่มีตำแหน่งอยู่ตรงกลางของตัวเลข

4.2 กระบวนการรู้จำ

ในขั้นตอนการรู้จำได้เลือกใช้วิธีการรู้จำ 2 วิธี ได้แก่ ต้นไม้การตัดสินใจ และการจับคู่แผ่นแบบ ตัวเลขที่เป็น แผ่นแบบ (Template) จะถูกจำแนกออกเป็นกลุ่ม ๆ ด้วยต้นไม้การตัดสินใจ ซึ่งจะใช้จำนวน และตำแหน่งของรุ (Hole) ภายในตัวเลขซึ่งหาได้จากขั้นตอนที่แล้วเป็นตัวจำแนก เมื่อต้องการรู้จำภาพ ตัวเลขที่ไม่รู้จัก จะนำภาพตัวเลขที่ไม่รู้จักนั้นมาประมวลผลและวิเคราะห์เบื้องต้น แล้วจึงป้อนเข้าต้นไม้ การตัดสินใจเพื่อจำแนกประเภทตัวเลขว่าอยู่กลุ่มใด จากนั้นจะใช้วิธีการจับคู่แผ่นแบบเพื่อเปรียบเทียบ ความคล้ายคลึงระหว่างตัวเลขที่ไม่รู้จักกับกลุ่มของตัวเลขที่เป็นแผ่นแบบในกิ่งของต้นไม้การตัดสินใจกิ่ง เดียวกัน

4.2.1 แผ่นแบบ

ในงานวิจัยกำหนดให้ใช้แผ่นแบบตัวเลข 0 ถึง 9 อย่างละ 1 ตัวต่อ 1 ชุดแบบอักษร ผู้ใช้ต้อง จัดเตรียมแผ่นแบบโดยการตัดส่วนภาพตัวเลข 0 ถึง 9 จากภาพวีดิทัศน์อย่างละ 1 ตัว ภาพตัวเลขที่ตัด ส่วนมาจะต้องครอบคลุมตัวเลขทั้งตัวและควรที่จะมีสีของพื้นหลังที่มีความเปรียบต่างกับสีของตัวเลขสูง จากนั้นจึงนำภาพตัวเลขแต่ละตัวมาประมวลผลข้อมูลเบื้องต้นเพื่อสร้างเป็นแผ่นแบบ แล้วนำมา วิเคราะห์หารูและจำแนกประเภทของรุภายในตัวเลขเพื่อสร้างต้นไม้การตัดสินใจ ในการรู้จำผู้ใช้จะต้อง เลือกแผ่นแบบที่มีชุดแบบอักษรตรงกับชุดแบบอักษรของตัวเลขในภาพวีดิทัศน์ที่ต้องการนำมารู้จำ

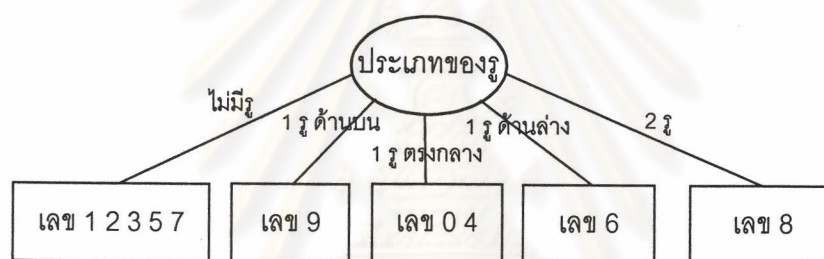
4.2.2 ต้นไม้การตัดสินใจ

เมื่อทราบประเภทของรุภายในตัวเลขที่เป็นแผ่นแบบแล้ว จะนำมาสร้างต้นไม้การตัดสินใจ สมมติว่าตัวเลขที่เป็นแผ่นแบบมีชุดแบบอักษรดังรูปที่ 4.6 สามารถสร้างต้นไม้การตัดสินใจได้ดังรูปที่ 4.7 ตัวเลขที่ไม่มีรูประกอบด้วยกลุ่มของตัวเลข 1 2 3 5 และ 7 ตัวเลขที่มี 1 รูอยู่ตำแหน่งด้านบนของตัวเลข

ได้แก่ เลข 9 ตัวเลขที่มี 1 รูอยู่ตำแหน่งตรงกลางของตัวเลขประกอบด้วยเลข 0 และ 4 ตัวเลขที่มี 1 อยู่ อยู่ตำแหน่งด้านล่างของตัวเลข ได้แก่ เลข 6 และตัวเลขที่มี 2 รู ได้แก่ เลข 8 อย่างไรก็ตามกลุ่มตัวเลขในแต่ละกึ่งอาจแตกต่างกันไปในแต่ละแบบตัวอักษร เช่นเลข 4 ในชุดแบบอักษรบางแบบอาจไม่มีรูจึงถูก จำแนกให้อยู่ในประเภทที่ 1 เป็นต้น



รูปที่ 4.6 ตัวอย่างภาพตัวเลขที่เป็นแผ่นแบบ 0 ถึง 9



รูปที่ 4.7 ต้นไม้การตัดสินใจเพื่อจำแนกประเภทรูของตัวเลขในรูปที่ 4.6

4.2.3 การวัดดัชนีความคล้าย

เมื่อต้องการรู้จำตัวเลขที่ไม่รู้จัก จะนำภาพตัวเลขนั้นมาแบ่งส่วนและทำให้เป็นบรรทัดฐาน จากนั้นจึงวิเคราะห์ประเภทของรูของตัวเลขที่ไม่รู้จัก แล้วนำไปเข้าต้นไม้การตัดสินใจ ถ้ากิ่งของต้นไม้การตัดสินใจประกอบด้วยตัวเลขเพียงตัวเดียว กำหนดให้ตัวเลขดังกล่าวเป็นชนิดของตัวเลขที่ไม่รู้จัก แต่ถ้ากิ่งของต้นไม้การตัดสินใจประกอบด้วยตัวเลขมากกว่า 1 ตัว จะนำภาพแผ่นแบบของกลุ่มตัวเลขนั้นมาวัด ดัชนีความคล้ายกับภาพตัวเลขที่ไม่รู้จัก ภาพตัวเลขใดให้ค่าดัชนีความคล้ายสูงที่สุดถือว่าตัวเลขนั้นเป็น ชนิดของตัวเลขที่ไม่รู้จัก