บทที่ 3

การตรวจหาตำแหน่งนาฬิกาตัวเลขในภาพวีดิทัศน์

ขั้นตอนแรกที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในงานวิจัยนี้คือ การตรวจหาตำแหน่งนาฬิกาตัวเลขในภาพวีดิทัศน์ เนื่องจากถ้าการตรวจหาตำแหน่งนาฬิกาตัวเลขเกิดความผิดพลาดขึ้น จะส่งผลกระทบต่อความถูกต้องและประสิทธิภาพของการประมวลผลในขั้นตอนต่อไปนั่นคือการรู้จำนาฬิกาตัวเลข

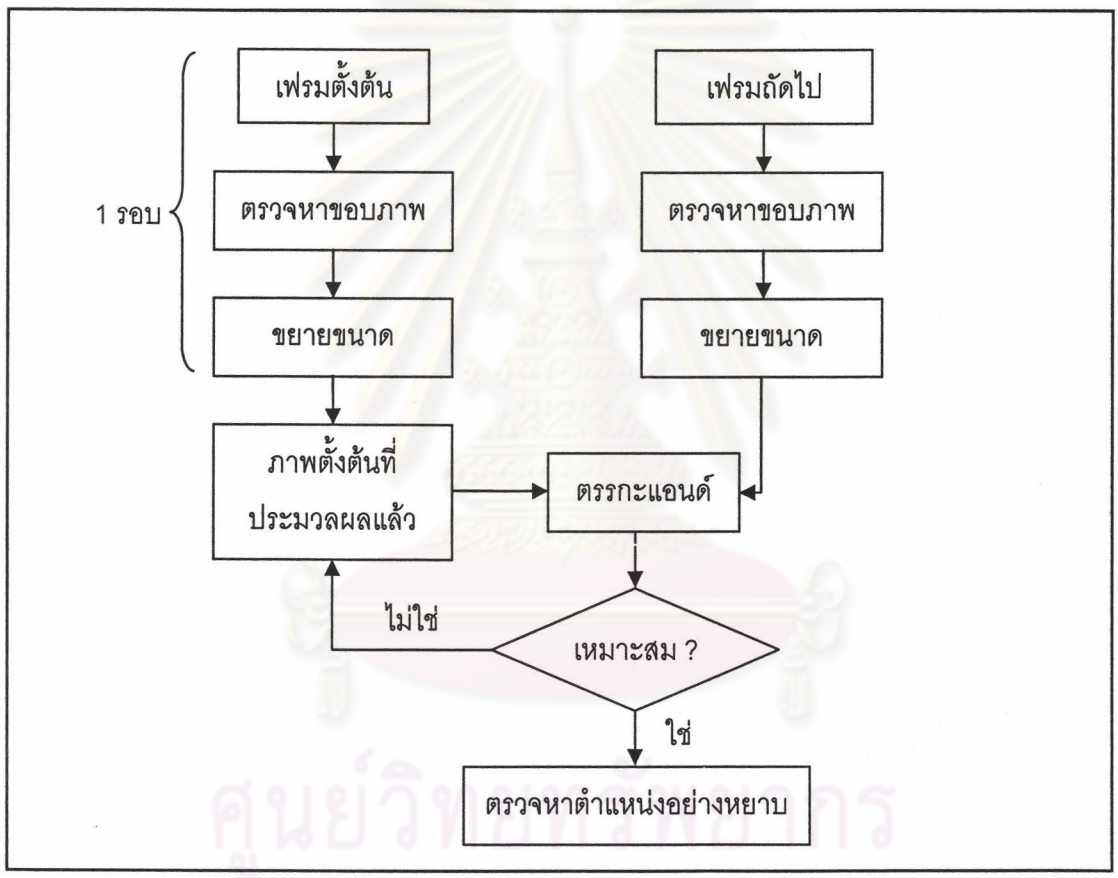
ปัจจัยสำคัญที่ทำให้การตรวจหาตำแหน่งนาฬิกาตัวเลขมีความยาก คือการที่ภาพวีดิทัศน์มีความละเอียดต่ำและมีสัญญาณรบกวนสูง นอกจากนี้ภาพวีดิทัศน์โดยส่วนใหญ่จะมีพื้นหลังที่ซับซ้อน มีรายละเอียดมาก และบางครั้งพื้นหลังอาจมีสีใกล้เคียงกับสีของนาฬิกาตัวเลข ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับลักษณะของนาฬิกาตัวเลขในภาพวีดิทัศน์ให้แตกต่างจากลักษณะของพื้นหลังเพื่อช่วยให้สามารถหาตำแหน่งของนาฬิกาตัวเลขได้

จากการสังเกตพบว่าโดยทั่วไปภาพวีดิทัศน์ที่มีนาฬิกาตัวเลขในภาพจะมีพื้นหลังของเฟรมแต่ละเฟรมเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ในขณะที่นาฬิกาตัวเลขจะอยู่ ณ ตำแหน่งเดิม ทำให้สามารถใช้สมบัติความเกี่ยวเนื่องกันตามเวลา (Temporal property) ของภาพวีดิทัศน์ได้ และนาฬิกาตัวเลขจะมีสีที่มีความเปรียบต่างกับพื้นหลังค่อนข้างสูงเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถอ่านเวลาได้อย่างสะดวกและถูกต้อง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงใช้ขอบภาพมาช่วยในการตรวจหาตำแหน่งของนาฬิกาตัวเลข [3, 5, 6, 7] ขั้นตอนวิธีการตรวจหาตำแหน่งนาฬิกาตัวเลขในภาพวีดิทัศน์ที่งานวิจัยนี้นำเสนอประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การตรวจหาตำแหน่งนาฬิกาตัวเลขอย่างหยาบ และการตรวจหาตำแหน่งนาฬิกาตัวเลขอย่างละเอียด การตรวจหาตำแหน่งของนาฬิกาตัวเลขอย่างหยาบเป็นการหาตำแหน่งนาฬิกาตัวเลขอย่างคร่าวเพื่อให้ได้ผลลัพธ์เป็นบริเวณล้อมรอบนาฬิกาตัวเลข การตรวจหาตำแหน่งนาฬิกาตัวเลขอย่างหยาบอาศัยแนวคิดว่านาฬิกาตัวเลขวางตัวตามแนวนอน ตัวเลขแต่ละตัวอยู่ใกล้ ๆ กัน ดังนั้นขอบภาพของบริเวณที่เป็นนาฬิกาตัวเลขจะมีลักษณะที่มีความหนาแน่นสูงและเรียงตัวยาวตามแนวนอน เมื่อทราบบริเวณที่เป็นนาฬิกาตัวเลขอย่างคร่าวแล้วจึงทำการตรวจหาตำแหน่งนาฬิกาตัวเลขอย่างละเอียด ซึ่งเป็นการหาตำแหน่งตัวเลขนาฬิกาแต่ละตัวเพื่อใช้เป็นข้อมูลนำเข้าของขั้นตอนการรู้จำต่อไป รายละเอียดของขั้นตอนการตรวจหาตำแหน่งนาฬิกาตัวเลขอย่างหยาบและอย่างละเอียดมีดังต่อไปนี้

3.1 การตรวจหาตำแหน่งนาฬิกาตัวเลขอย่างหยาบ

ขั้นตอนการตรวจหาตำแหน่งนาฬิกาตัวเลขอย่างหยาบแสดงดังรูปที่ 3.1 ขั้นตอนแรกจะดึงภาพจากวีดิทัศน์มาเป็นเฟรมตั้งต้น จากนั้นนำเฟรมตั้งต้นมาประมวลผลด้วยการตรวจหาขอบภาพ แล้วขยาย

ขนาด (Dilation) ขอบภาพที่ได้ ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้จะเรียกว่า "ภาพตั้งต้นที่ประมวลผลแล้ว" เฟรมวีดิทัศน์เฟรมถัดไปจะถูกดึงมาประมวลผลในลักษณะเดียวกันกับเฟรมตั้งต้น จากนั้นจะนำผลลัพธ์ทั้งสองภาพมาเข้าตรรกะแอนด์ (Logical AND) เพื่อกำจัดขอบภาพที่ไม่ใช่ส่วนของนาฬิกาตัวเลข ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้จะนำมาพิจารณาว่าเหมาะสมต่อการตรวจหาตำแหน่งหรือไม่ กรณีที่ยังไม่เหมาะสม จะนำภาพที่ได้จากการแอนด์กันมาเป็นภาพตั้งต้นที่ประมวลผลแล้วภาพใหม่ และจะดึงเฟรมวีดิทัศน์เฟรมใหม่มาประมวลผลซ้ำจนกระทั่งได้ภาพผลลัพธ์จากการแอนด์ที่เหมาะสมต่อการตรวจหาตำแหน่งนาฬิกาตัวเลข แล้วจึงนำผลลัพธ์ไปประมวลผลหาตำแหน่งของนาฬิกาตัวเลขต่อไป รายละเอียดของแต่ละขั้นตอนมีดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนวิธีการตรวจหาตำแหน่งนาฬิกาตัวเลขอย่างหยาบ

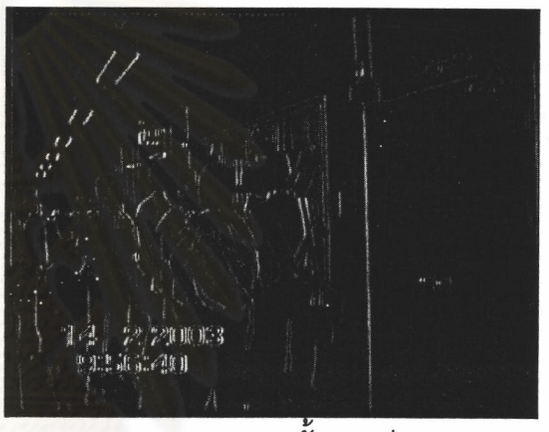
3.1.1 การตรวจหาขอบภาพ

เนื่องจากในงานวิจัยนี้ได้ตั้งสมมติฐานว่านาฬิกาตัวเลขมีสีที่มีความเปรียบต่างเทียบกับพื้นหลังพอสมควร เพื่อให้ผู้ดูเวลาจากภาพวีดิทัศน์สามารถอ่านได้ง่าย ดังนั้นจึงใช้ข้อมูลที่เป็นขอบภาพช่วยในการตรวจหาตำแหน่งของนาฬิกาตัวเลข โดยจะตรวจหาเฉพาะขอบภาพตามแนวตั้งเท่านั้น ไม่ได้ตรวจหาขอบภาพตามแนวนอน เนื่องจากขอบภาพตามแนวตั้งเป็นข้อมูลที่เพียงพอต่อการตรวจหาตำแหน่งตัวเลขบอกเวลา นอกจากนี้การตรวจหาขอบภาพตามแนวนอนนอกจากจะเพิ่มการประมวลผลแล้วยังทำ

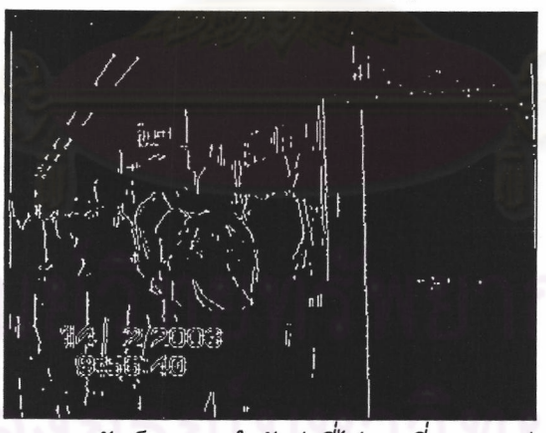
ให้เกิดขอบภาพในบริเวณที่เป็นพื้นหลังซึ่งยากต่อการกำจัดอีกด้วย

วิธีการเริ่มจากการแปลงจากภาพสีเป็นภาพระดับเทา เนื่องจากการตรวจหาขอบภาพของภาพสีนั้นใช้การประมวลผลค่อนข้างมาก เพราะต้องประมวลผลทั้งระนาบสีแดง สีเขียวและสีน้ำเงิน และขอบภาพที่ได้จากภาพระดับเทาก็เพียงพอต่อการหาตำแหน่งนาฬิกาตัวเลข จากนั้นจึงตรวจหาขอบภาพตามแนวตั้งทำโดยใช้ตัวดำเนินการ Sobel กับภาพระดับเทาที่ได้ แล้วจึงทำขอบภาพให้บางด้วยวิธีการกำจัดค่าที่ไม่มากที่สุด (Non-maxima suppression) วิธีนี้เป็นการกำจัดจุดภาพที่มีค่าต่ำกว่าจุดภาพใกล้เคียง (Neighbors of a pixel) ซึ่งมีพิกัดในแนวทิศทางของเกรเดียนต์ (Gradient) จะได้ภาพขอบที่เป็นภาพลักษณ์ฐานสองและขอบภาพมีความหนา 1 จุดภาพ รูปที่ 3.2 แสดงตัวอย่างภาพผลลัพธ์จากการหาขอบภาพตามแนวตั้ง

(ก) ภาพระดับเทา



(ข) ภาพขอบแนวตั้งของรูป (ก)



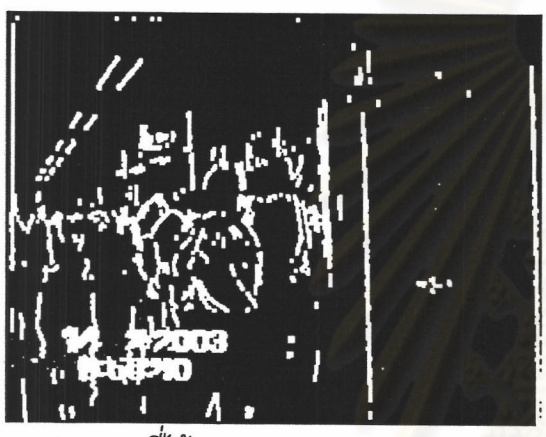
(ค) ภาพผลลัพธ์จากการกำจัดค่าที่ไม่มากที่สุดของรูป (ข)

รูปที่ 3.2 ตัวอย่างภาพผลลัพธ์จากการตรวจหาขอบภาพตามแนวตั้ง

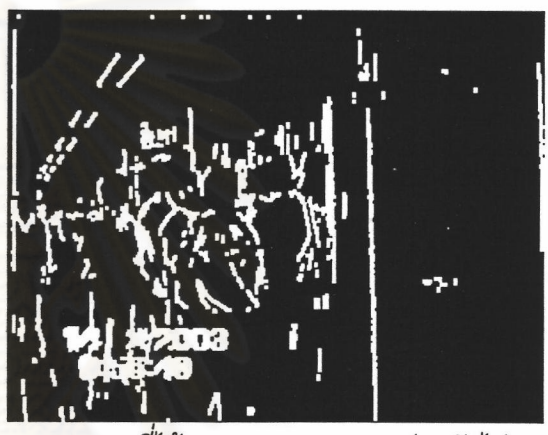
3.1.2 การกำจัดขอบภาพที่ไม่ใช่ส่วนของนาฬิกาตัวเลข

การกำจัดขอบภาพที่ไม่ใช่ส่วนของนาฬิกาตัวเลขจะใช้สมบัติความเกี่ยวเนื่องกันตามเวลาของภาพวีดิทัศน์มาใช้ประโยชน์โดยการนำภาพวีดิทัศน์ 2 เฟรมที่ติดกันมาประมวลผล โดยอาศัยแนวความคิดที่ว่าพื้นหลังของภาพวีดิทัศน์มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ในขณะที่นาฬิกาตัวเลขอยู่ ณ

ตำแหน่งเดิม ดังนั้นการกำจัดขอบภาพที่ไม่ใช่ส่วนของนาฬิกาตัวเลขจึงทำโดยการนำภาพขอบสองภาพ คือภาพขอบตั้งต้นกับภาพขอบของเฟรมถัดไปมาแอนด์กัน อย่างไรก็ตาม เนื่องจากนาฬิกาตัวเลขในภาพวีดิทัศน์อาจมีการเลื่อนตำแหน่งไป 1-2 จุดภาพ [8] ดังนั้นจึงนำภาพขอบทั้งสองมาขยายขนาด (Dilation) ด้วยสมาชิกโครงสร้าง (Structure element) แบบสี่เหลี่ยมขนาด 3x3 ก่อนเข้าตรรกะแอนด์ การแอนด์เป็นการนำค่าของจุดภาพที่ตำแหน่งเดียวกันของภาพหลายภาพมาเข้าตรรกะแอนด์ จุดภาพที่เป็นภาพผลลัพธ์จะมีค่าเป็น 1 ก็ต่อเมื่อจุดภาพทุก ๆ จุดที่เป็นข้อมูลนำเข้ามีค่าเท่ากับ 1 ภาพผลลัพธ์ที่ได้หลังจากการขยายขนาดแสดงดังรูปที่ 3.3(ก) และ รูปที่ 3.3(ข) โดยที่ภาพทั้งสองเป็นภาพที่ได้จากเฟรมที่ติดกัน ส่วนรูปที่ 3.3(ค) เป็นภาพที่ได้จากการนำภาพทั้งสองภาพมาแอนด์กัน

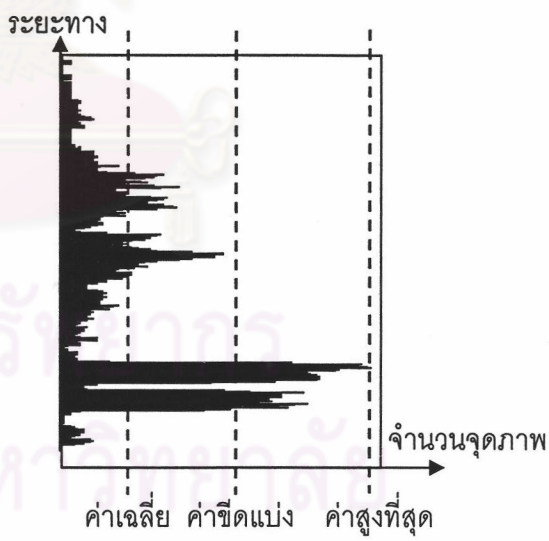


(ก) ภาพที่ได้จากการขยายขนาดเฟรมแรก



(ข) ภาพที่ได้จากการขยายขนาดเฟรมถัดไป

(ค) รูป (ก) แอนด์กับรูป (ข)



(ง) โพรไฟล์การฉายตามแนวนอนของภาพ (ค)

รูปที่ 3.3 ตัวอย่างการกำจัดขอบภาพที่ไม่ใช่ส่วนของนาฬิกาตัวเลข

การดึงเฟรมวีดิทัศน์เฟรมถัด ๆ ไปมาประมวลผลเพื่อกำจัดขอบภาพที่ไม่ใช่ส่วนของนาฬิกาตัวเลขจะกระทำจนกระทั่งภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการแอนด์เหมาะสมที่จะนำไปตรวจหาตำแหน่งนาฬิกา

ตัวเลข กล่าวคือภาพผลลัพธ์จะต้องมีขอบภาพที่เป็นพื้นหลังเหลืออยู่น้อย ในขณะที่ขอบภาพที่เป็นนาฬิกาตัวเลขยังคงอยู่ในภาพเป็นจำนวนมาก โดยทั่วไปนาฬิกาตัวเลขจะวางตัวตามแนวนอน ดังนั้นโพร-ไฟล์การฉายตามแนวนอนของภาพที่เหมาะสมต่อการตรวจหาตำแหน่งนาฬิกาตัวเลขจะมีค่าเฉลี่ยที่ต่ำกว่าค่าสูงสุดมาก ๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.3(ง) โดยกำหนดให้ค่าสูงสุดจะต้องมีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ย k_1 เท่า ดังอสมการที่ 3.1

$$Profile_{max} > k_1 \times Profile_{mean} \quad \text{... (3.1)}$$

เมื่อ k_1 คือค่าคงตัวที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลอง การทดลองเพื่อหาค่า k_1 ทำได้โดยนำภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการแอนด์กันของเฟรมวีดิทัศน์หลาย ๆ เฟรมจนได้โพรไฟล์การฉายตามแนวนอนที่มีค่า ณ ตำแหน่งที่เป็นแถวของนาฬิกาตัวเลขมีค่าสูงแตกต่างจากบริเวณพื้นหลัง จากนั้นจึงคำนวณหาค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยและค่าสูงสุดของโพรไฟล์การฉายนั้น จากการทดลองใช้ค่า k_1 เท่ากับ 5

3.1.3 การตรวจหาตำแหน่งอย่างหยาบ

การตรวจหาตำแหน่งของนาฬิกาตัวเลขอย่างหยาบเป็นการระบุบริเวณของนาฬิกาตัวเลขอย่างคร่าว เพื่อช่วยในการหาตำแหน่งของตัวเลขแต่ละตัวอย่างละเอียดต่อไป ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ การหาขอบเขตบนและล่างของนาฬิกาตัวเลข และการหาขอบเขตซ้ายและขวาของนาฬิกาตัวเลข มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การหาขอบเขตบนและล่างของนาฬิกาตัวเลข

การหาขอบเขตบนและล่างของนาฬิกาตัวเลขเป็นการคำนวณหาว่านาฬิกาตัวเลขอยู่ที่บรรทัดใดในภาพ จากรูปที่ 3.3(ง) จะเห็นได้ว่าค่าของโพรไฟล์การฉายจะมีค่าสูงในแถวที่มีนาฬิกาตัวเลข ดังนั้นการหาขอบเขตบนและล่างของนาฬิกาตัวเลขโดยใช้ค่าขีดแบ่งกับโพรไฟล์การฉาย [3, 5, 6, 7] จึงเป็นวิธีที่นิยมใช้กัน งานวิจัยนี้คำนวณหาค่าขีดแบ่ง $T_{(top,bottom)}$ จากค่าสูงสุดของโพรไฟล์การฉาย ($Profile_{max}$) คูณด้วยค่าคงตัวที่เหมาะสมค่าหนึ่ง k_2 ดังสมการที่ 3.2 และกำหนดให้ตำแหน่งโพรไฟล์การฉายที่มีค่ามากกว่าค่าขีดแบ่งเป็นแถวของภาพที่มีนาฬิกาตัวเลขปรากฏอยู่ ทำให้สามารถหาขอบเขตบนและล่างของนาฬิกาตัวเลขได้

$$T_{(tom,bottom)} = k_2 \times Profile_{max} \quad \text{... (3.2)}$$

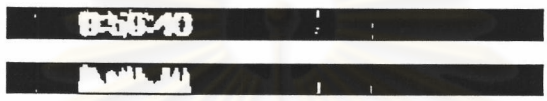
ค่า k_2 เป็นค่าที่ได้จากการทดลองซึ่งทำโดยพิจารณาโพรไฟล์การฉายตามแนวนอนของผลลัพธ์จากการแอนด์ดังรูปที่ 3.3(ง) ว่าค่าใดที่สามารถทำให้หาขอบเขตบนและล่างของนาฬิกาตัวเลขได้อย่างถูกต้อง จากการทดลอง k_2 มีค่าเท่ากับ 0.4

นอกจากนี้ได้ทำการขยายขอบเขตบนและล่างให้สูงขึ้นอีกข้างละ 10% ของความสูงเดิม เพื่อให้มั่นใจว่าการตรวจหาตำแหน่งนาฬิกาตัวเลขครอบคลุมส่วนของนาฬิกาตัวเลขทั้งหมด

2) การหาขอบเขตซ้ายและขวาของนาฬิกาตัวเลข

เมื่อทราบตำแหน่งบรรทัดของนาฬิกาตัวเลข ขอบเขตซ้ายและขวาของนาฬิกาตัวเลขหาได้โดยการพิจารณาโพรไฟล์การฉายตามแนวตั้งในแต่ละบรรทัดของนาฬิกาตัวเลข ดังแสดงในรูปที่ 3.4 โดยรูปที่ 3.4(ก) แสดงบรรทัดของวันที่ ส่วนรูปที่ 3.4(ข) แสดงบรรทัดของเวลา และรูปล่างเป็นโพรไฟล์การฉายตามแนวตั้งของรูปบน

(ก) บรรทัดของวันที่



(ข) บรรทัดของเวลา

รูปที่ 3.4 โพรไฟล์การฉายตามแนวตั้ง

รูปที่ 3.5 กล่องสี่เหลี่ยมล้อมรอบนาฬิกาตัวเลขอย่างหยาบ

การกำหนดค่าขีดแบ่งเพื่อหาขอบเขตซ้ายและขวาของนาฬิกาตัวเลขทำได้ในลักษณะเดียวกันกับการหาขอบเขตบนและล่างของนาฬิกาตัวเลข กล่าวคือค่าขีดแบ่งจะกำหนดจากค่าสูงสุดของโพรไฟล์การฉายคูณด้วยค่าคงตัวที่เหมาะสมค่าหนึ่ง k_3 จากการทดลองกับโพรไฟล์การฉายตามแนวตั้งของภาพหลาย ๆ ภาพ ได้ k_3 มีค่าเท่ากับ 0.5 ส่วนที่เป็นนาฬิกาตัวเลขจะมีค่าของโพรไฟล์การฉายสูงกว่าค่าขีดแบ่ง การหาขอบเขตซ้ายทำโดยพิจารณาโพรไฟล์การฉายจากซ้ายไปขวาจนกระทั่งพบตำแหน่งที่มีค่ามากกว่าค่าขีดแบ่ง กำหนดให้ตำแหน่งนั้นเป็นขอบเขตซ้ายของนาฬิกาตัวเลข ในทำนองเดียวกันขอบเขตขวาหาได้จากการพิจารณาโพรไฟล์การฉายจากขวาไปซ้ายจนกระทั่งพบตำแหน่งที่มีค่ามากกว่าค่าขีดแบ่ง ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้เป็นกล่องสี่เหลี่ยมที่ล้อมรอบนาฬิกาตัวเลขอย่างหยาบ อย่างไรก็ตามเพื่อป้องกันการผิดพลาดจากการตรวจหาไม่ครบอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนตัวเลขวินาทีหรือเศษวินาที

รวมถึงการผิดพลาดเนื่องจากสัญญาณรบกวน หรือภาพเบลอ ทำให้ขอบภาพบริเวณที่เป็นนาฬิกาตัวเลขบางเฟรมขาดหายไป จึงขยายกล่องสี่เหลี่ยมทั้งด้านซ้ายและด้านขวาให้กว้างขึ้นอีกข้างละ 50% ของความสูงของกล่อง ผลลัพธ์ของการตรวจหาตำแหน่งนาฬิกาตัวเลขอย่างหยาบดังแสดงในรูปที่ 3.5 ซึ่งนาฬิกาตัวเลขในรูปประกอบด้วยส่วนของวันที่และส่วนของเวลาแสดงอยู่คนละบรรทัดกัน

3.2 การตรวจหาตำแหน่งนาฬิกาตัวเลขอย่างละเอียด

การตรวจหาตำแหน่งของนาฬิกาตัวเลขอย่างละเอียดจำเป็นจะต้องทราบข้อมูลสีของนาฬิกาตัวเลขเพื่อใช้ในการแบ่งส่วนตัวเลขออกจากพื้นหลัง จากการสำรวจโดยทั่วไปนาฬิกาตัวเลขจะมีเพียง 2 สี คือ สีขาวกับสีดำเท่านั้น อย่างไรก็ตามการตรวจหาสีของนาฬิกาตัวเลขจากภาพวีดิทัศน์อย่างอัตโนมัติเป็นสิ่งที่ยากเนื่องจากพื้นหลังมีความซับซ้อน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงกำหนดให้ผู้ใช้ระบุสีของนาฬิกาตัวเลข และเพื่อความง่ายต่อความเข้าใจจึงสมมติให้นาฬิกาตัวเลขที่จะอธิบายในส่วนต่อไปเป็นนาฬิกาตัวเลขสีขาวซึ่งก็คือมีค่าระดับเทาสูง นอกจากนี้การประมวลผลภาพจะกระทำเฉพาะภายในบริเวณที่หาได้จากการตรวจหาตำแหน่งนาฬิกาตัวเลขอย่างหยาบ

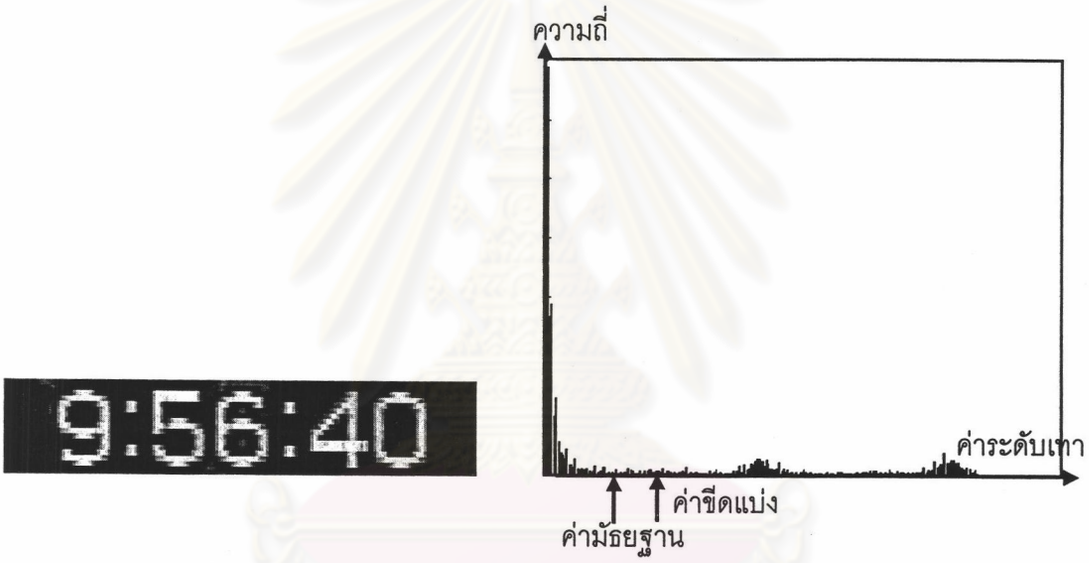
การตรวจหาตำแหน่งนาฬิกาตัวเลขอย่างละเอียดเป็นการหาตำแหน่งของตัวเลขแต่ละตัว ดังนั้นจะต้องพยายามแบ่งส่วนนาฬิกาตัวเลขออกจากพื้นหลัง โดยจะต้องทำให้พื้นหลังมีความเปรียบต่างกับนาฬิกาตัวเลขด้วยการใช้วิธีการค้นหาจุดภาพที่มีค่าต่ำที่สุด (Minimum pixel search) ของเฟรมหลาย ๆ เฟรม [5] การค้นหาจุดภาพที่มีค่าต่ำที่สุดจะทำให้พื้นหลังซึ่งเปลี่ยนแปลงไปมามีโอกาสเป็นสีดำ ในขณะที่นาฬิกาตัวเลขยังคงมีสีขาวไม่เปลี่ยนแปลง ทำให้สามารถระบุตำแหน่งของตัวเลขนาฬิกาแต่ละตัวได้ อย่างไรก็ตาม การกระทำดังกล่าวมีผลให้ตัวเลขในส่วนของวินาทีและเศษวินาทีหายไป ในงานวิจัยของ Yin และคณะ [8] จึงอ่านเวลาจากนาฬิกาตัวเลขในความละเอียดระดับนาทีเท่านั้น สำหรับงานวิจัยนี้ต้องการอ่านให้ได้ถึงระดับเศษวินาทีเพื่อนำไปใช้ในงานต่าง ๆ ได้แพร่หลายยิ่งขึ้น จึงเสนอวิธีการตรวจหาตำแหน่งนาฬิกาตัวเลขโดยใช้เครื่องหมายโคลอน (Colon, :) ซึ่งเป็นตัวคั่นระหว่างชั่วโมง นาที วินาที และเศษวินาทีมาช่วย นอกจากนี้การทราบตำแหน่งของเครื่องหมายโคลอนทำให้สามารถแยกแยะระหว่างวันที่และเวลาได้ด้วย ตัวเลขที่อยู่ติดกับเครื่องหมายโคลอนเป็นตัวเลขแสดงเวลา ส่วนตัวเลขอื่น ๆ เป็นตัวเลขแสดงวันที่

3.2.1 การค้นหาจุดภาพที่มีค่าต่ำที่สุด

การกำจัดพื้นหลังที่ซับซ้อนและมีรายละเอียดมากออกจากบริเวณของนาฬิกาตัวเลขทำได้โดยการค้นหาจุดภาพที่มีค่าระดับเทาต่ำที่สุดเพื่อทำให้พื้นหลังมีสีที่มืดและมีความเปรียบต่างกับสีของนาฬิกาตัวเลขสูง วิธีการค้นหาจุดภาพที่มีค่าต่ำที่สุดอธิบายได้ดังนี้ เมื่อมีเฟรมวีดิทัศน์ตั้งแต่เฟรม $L_i(x,y), L_{i+1}(x,y),...L_{i+n}(x,y)$ สามารถหาภาพผลลัพธ์ $L_m(x,y)$ ที่ได้จากการค้นหาจุดภาพที่มีค่าต่ำที่สุดจากสมการที่ 3.3

$$L_m(x,y) = \min(L_i(x,y), L_{i+1}(x,y), ..., L_{i+n}(x,y)) \quad \text{... (3.3)}$$

เมื่อ (x,y) แสดงตำแหน่งของจุดภาพ และ i กับ $i+n$ เป็นหมายเลขเฟรมตั้งต้นและสิ้นสุดตามลำดับ จำนวนเฟรมกำหนดโดยการตั้งเงื่อนไขการหยุดการค้นหา กล่าวคือ ระบบจะรับข้อมูลเฟรมวีดิทัศน์มาทีละเฟรม แล้วนำเฟรมวีดิทัศน์ 2 เฟรมที่ติดกันมาประมวลผลโดยใช้วิธีการค้นหาจุดภาพที่มีค่าต่ำที่สุดเฉพาะบริเวณที่เป็นส่วนของนาฬิกาตัวเลข แล้วจึงรับเฟรมวีดิทัศน์ถัดไปมาประมวลต่อ จนกระทั่งฮิสโทแกรมของภาพบริเวณที่เป็นนาฬิกาตัวเลขมีค่ามัธยฐานต่ำกว่าค่าขีดแบ่งค่าหนึ่ง แสดงดังรูปที่ 3.6 เพราะว่าจุดภาพที่เป็นพื้นหลังเป็นจุดภาพส่วนใหญ่ในภาพ เมื่อได้ค่ามัธยฐานของฮิสโทแกรมต่ำกว่าค่าขีดแบ่งที่กำหนดจึงหมายถึงภาพผลลัพธ์จะมีสีของพื้นหลังที่มืด ขณะที่ตัวเลขของนาฬิกายังคงมีสีขาว ทำให้สามารถแบ่งส่วนนาฬิกาตัวเลขออกจากพื้นหลังได้ง่ายขึ้น



(ก) บริเวณที่เป็นนาฬิกาตัวเลข *(ข) ฮิสโทแกรมแสดงค่าเฉลี่ยและค่าขีดแบ่ง*

รูปที่ 3.6 การกำหนดเงื่อนไขการหยุดการค้นหาจุดภาพที่มีค่าต่ำที่สุด โดยใช้การกำหนดค่าขีดแบ่งของค่ามัธยฐานของฮิสโทแกรม

3.2.2 การทำเป็นภาพลักษณ์ฐานสอง

ในขั้นตอนนี้จะนำภาพผลลัพธ์ที่ได้มาทำการสเกลภาพด้วยวิธีการประมาณค่าในช่วงแบบ Bicubic (Bicubic interpolation) ให้มีความสูงคงที่ค่าหนึ่ง เนื่องจากนาฬิกาตัวเลขจากแต่ละแหล่งมีขนาดไม่เท่ากัน การสเกลให้มีความสูงคงที่ทำให้สามารถใช้วิธีการประมวลผลเดียวกันได้กับนาฬิกาตัวเลขจากทุก ๆ แหล่ง จากนั้นจึงแปลงภาพจากภาพระดับเทาเป็นภาพลักษณ์ฐานสองโดยการหาค่าขีดแบ่งด้วยวิธี Otsu (Otsu thresholding method) [12] ภาพผลลัพธ์หลังจากการหาค่าขีดแบ่งแสดงดังรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.7 การหาค่าขีดแบ่งรูปที่ 3.6(ก) ที่ทำการสเกลแล้วด้วยวิธี Otsu

3.2.3 การหาความสูงของนาฬิกาตัวเลข

การหาขอบเขตบนและล่างของนาฬิกาตัวเลขที่ผ่านมาแล้วเป็นการหาตำแหน่งอย่างคร่าวของนาฬิกาตัวเลข สำหรับขั้นตอนนี้จะเป็นการหาความสูงของตัวเลข โดยจะใช้วิธีเดียวกันกับการหาขอบเขตบนและล่างของนาฬิกาตัวเลข นั่นคือจะพิจารณาโพรไฟล์การฉายตามแนวนอนของภาพลักษณ์ฐานสองที่ได้จากขั้นตอนที่แล้ว ด้วยวิธีเดียวกันจะสามารถหาความสูงของนาฬิกาตัวเลขได้ จากนั้นจึงทำการตัดส่วนภาพ (Cropping) ด้านบนและด้านล่างทิ้ง ให้เหลือเฉพาะนาฬิกาตัวเลข ดังแสดงในรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.8 การตัดส่วนภาพจากการหาความสูงของนาฬิกาตัวเลข

3.2.4 การตรวจหาเครื่องหมายโคลอน

การตรวจหาเครื่องหมายโคลอนเริ่มจากนำภาพที่ได้มาหาโพรไฟล์การฉายตามแนวตั้งเพื่อนำไปใช้พิจารณาตำแหน่งที่น่าจะเป็นเครื่องหมายโคลอน โดยที่ตำแหน่งที่น่าจะเป็นเครื่องหมายโคลอนจะมีความกว้างของแท่งความถี่ของโพรไฟล์การฉายที่น้อยและความสูงของแท่งความถี่มีค่าต่ำ ดูรูปที่ 3.9(ก) ประกอบ จากนั้นจึงนำบริเวณที่น่าจะเป็นเครื่องหมายโคลอนไปพิจารณาอีกครั้งว่าเป็นเครื่องหมายโคลอนหรือไม่ บริเวณดังกล่าวแสดงได้ดังรูปที่ 3.9(ข) ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความสูงเท่ากับความสูงของรูป และมีความกว้างที่ได้มาจากการหาตำแหน่งที่น่าจะเป็นเครื่องหมายโคลอน สำหรับบริเวณที่เป็นเครื่องหมายโคลอนนั้นจะมีส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกัน (Connected component) จำนวน 2 บริเวณ และส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกันทั้งสองบริเวณนั้นจะมีตำแหน่งห่างจากจุดกึ่งกลางของความสูงเท่า ๆ กัน

(ก) ตำแหน่งที่น่าจะเป็นเครื่องหมายโคลอน (วงด้วยเส้นประรูปวงรี)

(ข) บริเวณที่น่าจะเป็นเครื่องหมายโคลอน (วงด้วยเส้นประรูปสี่เหลี่ยม)

รูปที่ 3.9 การตรวจหาเครื่องหมายโคลอน

3.2.5 การตรวจหาตำแหน่งตัวเลขแต่ละตัว

การตรวจหาตำแหน่งตัวเลขแต่ละตัวทำโดยพิจารณาโพรไฟล์การฉายตามแนวตั้ง ลักษณะแท่งความถี่ของโพรไฟล์การฉายของตัวเลขจะมีค่าความกว้างอยู่ในช่วงหนึ่ง ๆ และมีค่าสูงสุดสัมพัทธ์ของแท่งความถี่มากกว่าค่าขีดแบ่งหนึ่ง อย่างไรก็ตามต้องกำหนดลักษณะแท่งความถี่ในกรณีของเลขหนึ่งเป็นกรณีเฉพาะเนื่องจากเลขหนึ่งมีความกว้างของแท่งความถี่ที่แคบ แต่มีค่าสูงสุดสัมพัทธ์ใกล้เคียงกับความสูงของภาพ ความกว้างของตัวเลขแต่ละตัวจะถูกทำให้เป็นบรรทัดฐานเดียวกันโดยกำหนดให้ตัวเลขแต่ละตัวมีความกว้างเท่ากับตัวเลขที่มีความกว้างมากที่สุด เมื่อสามารถหาตำแหน่งตัวเลขแต่ละตัวได้แล้ว ตัวเลขที่อยู่ใกล้เครื่องหมายโคลอนจะเป็นตัวเลขแสดงเวลา และตัวเลขอื่น ๆ เป็นตัวเลขแสดงวันที่ รูปที่ 3.10 แสดงผลการตรวจหาตำแหน่งของตัวเลขแต่ละตัว

รูปที่ 3.10 กล่องสี่เหลี่ยมล้อมรอบตัวเลขแต่ละตัวที่ตรวจหาได้

การที่จะทราบว่าตัวเลขใดเป็นตัวเลขของวัน เดือน ปี ชั่วโมง นาที วินาที หรือเศษของวินาทีจำเป็นจะต้องให้ผู้ใช้เป็นผู้กำหนดรูปแบบของนาฬิกาตัวเลข ทั้งนี้ถึงแม้ว่าจะสามารถตรวจหาเครื่องหมายโคลอนได้แล้วก็ตาม แต่กรณีที่เวลาของนาฬิกาตัวเลขไม่ได้เริ่มจากชั่วโมง เช่น นาฬิกาตัวเลขอาจอยู่ในรูปแบบนาที กับวินาที เป็นต้น เป็นการยากที่จะระบุว่าตัวเลขหน้าเครื่องหมายโคลอนตัวแรกเป็นตัวเลขแสดงชั่วโมงหรือนาที นอกจากนี้ยังมีกรณีของตัวเลขแสดงวันที่ซึ่งมีหลายรูปแบบ ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องให้ผู้ใช้เป็นผู้กำหนดรูปแบบของนาฬิกาตัวเลข