บทที่ 4

การสร้างอัลกอริธึมในการจำแนกสภาวะการหลับ

ในการจำแนกสภาวะการหลับทางการแพทย์จะอ้างอิงตามกฎ R&K ดังได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 1 ซึ่งในการจำแนกสภาวะการหลับโดยอาศัยสัญญาณคลื่นลูกตาเพียงอย่างเดียวนั้นไม่สามารถอ้างอิงตามกฎนี้ได้ทั้งหมด แต่สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการหาค่าลักษณะสำคัญของแต่ละสภาวะการหลับได้

4.1 ลักษณะสมบัติที่สำคัญของสภาวะการหลับระยะต่าง ๆ

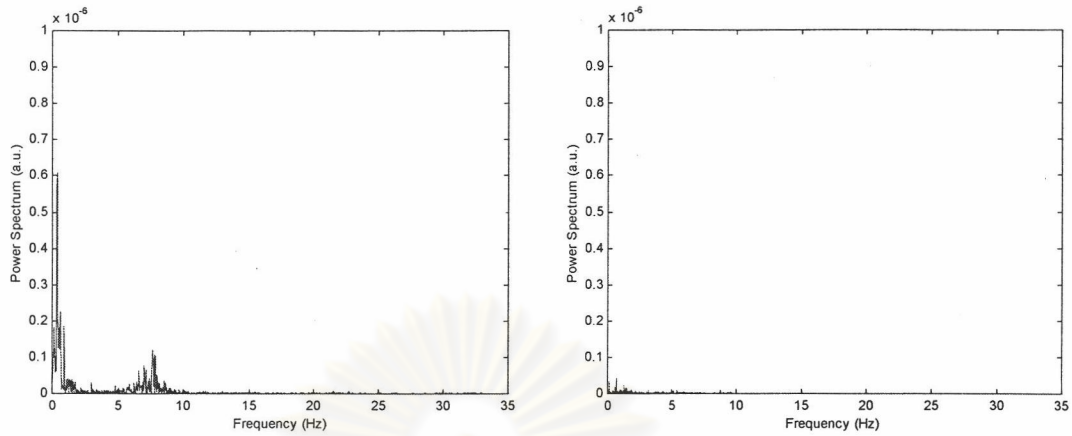
การหาค่าลักษณะสำคัญนั้นเริ่มต้นจากการศึกษาและสังเกตข้อมูลที่ได้จากการวัดสัญญาณขณะหลับของผู้วิจัย ด้วยเครื่องมือวัดของภาควิชากุมารเวชศาสตร์ คณะแพทย์ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมี ผศ.นพ.ทายาท ดีสุดจิต เป็นผู้วินิจฉัยและระบุสภาวะการหลับ สำหรับการทดลองนี้การจำแนกสภาวะการหลับโดยแพทย์นั้นได้อาศัยข้อมูลเพียง 5 จุดเท่านั้น กล่าวคือจากสัญญาณคลื่นสมอง 3 จุดและสัญญาณคลื่นลูกตา 2 จุด ซึ่งเพียงพอต่อการจำแนกสภาวะการหลับสำหรับคนปกติ โดยทำการวินิจฉัยเป็นช่วง ๆ ช่วงเวลาละ 30 วินาทีหรือ 1 epoch ในขณะที่การวินิจฉัยด้วยโปรแกรมนั้นจะใช้ข้อมูลเพียง 2 จุดคือ จากสัญญาณคลื่นลูกตาด้านซ้ายและด้านขวาเท่านั้น

เมื่อทำการศึกษาและสังเกตลักษณะสัญญาณคลื่นลูกตาในเชิงเวลาและเชิงความถี่แล้ว พบว่ามีคุณสมบัติของแต่ละสภาวะการหลับที่น่าสนใจดังนี้

<u>สภาวะตื่น</u> สัญญาณคลื่นลูกตาจะมีขนาดใหญ่และมีเฟสตรงข้ามกันระหว่างสัญญาณคลื่นลูกตาด้านซ้ายกับด้านขวา นอกจากนี้ยังพบองค์ประกอบทางความถี่สูงช่วงอัลฟา (8 — 12 Hz) และเบต้า (12 — 22 Hz) อยู่ด้วย (รูปที่ 4.1 ก)

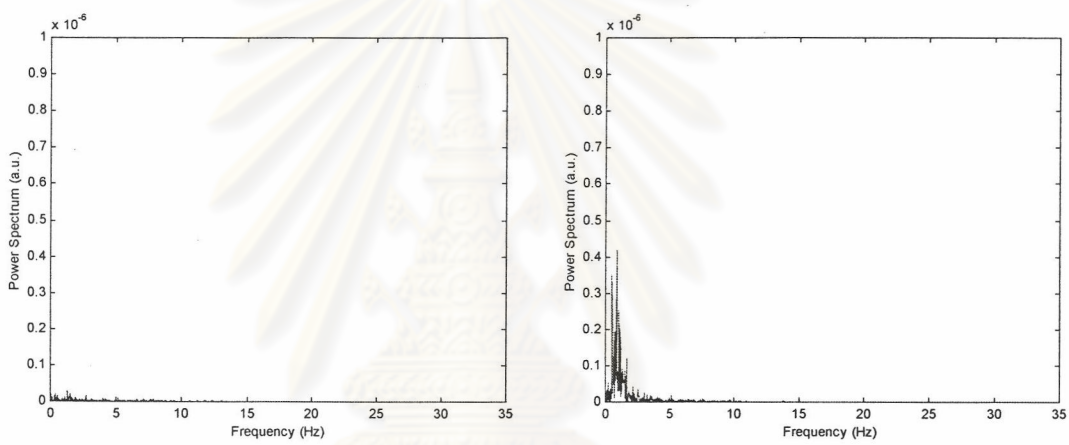
<u>สภาวะ NREM</u> นั้น สัญญาณคลื่นลูกตาด้านซ้ายและขวาจะมีเฟสตรงกัน และมีคุณสมบัติแยกย่อยของแต่ละระยะการหลับใน NREM ที่สังเกตพบ ดังนี้

<u>การหลับระยะที่ 1</u> สัญญาณคลื่นลูกตามีลักษณะคล้ายกับสภาวะการหลับระยะที่ 2 มากกล่าวคือ มีความถี่ช่วงเทต้า (4 — 8 Hz) เป็นความถี่พื้นฐาน และมีการเคลื่อนไหวของลูกตาอย่างช้า ๆ นอกเสียจากว่าในระยะที่ 2 จะมีผลของสัญญาณคลื่นสมอง เช่น K-complex และ Sleep spindles ที่มีความถี่ประมาณ 12 Hz ปรากฏให้เห็นในสัญญาณคลื่นลูกตาจึงจะพอแยกออกจากกันได้ ซึ่งการมีอยู่ของสัญญาณคลื่นสมอง (K-complex และ Sleep spindles) ในสัญญาณคลื่นลูกตานั้นขึ้นอยู่กับการติดอิเล็กโทรดและตำแหน่งในการติดด้วย



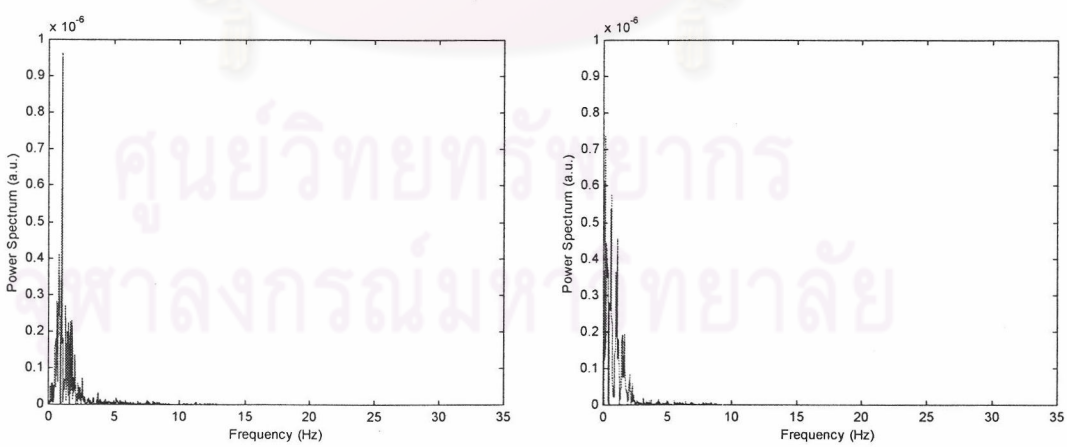
รูป ก.

รูป ข.



รูป ค.

รูป ง.



รูป จ.

รูป ฉ.

รูปที่ 4.1 ตัวอย่างของสเปกตรัมกำลังของสัญญาณคลื่นลูกตาที่สภาวะตื่น (รูป ก), การหลับระยะที่ 1 (รูป ข), ระยะที่ 2 (รูป ค), ระยะที่ 3 (รูป ง), ระยะที่ 4 (รูป จ) และสภาวะ REM (รูป ฉ) ตามลำดับ

ดังนั้นการติดตั้งอิเล็กโทรดอย่างถูกต้องหรือไม่จะมีผลกระทบทำให้การจำแนกสภาวะการหลับระยะที่ 1 และ 2 สลับกัน และทำให้การจำแนกผิดพลาดได้

การหลับระยะที่ 3 และ 4 จะสังเกตพบว่าสัญญาณที่วัดได้เป็นผลเนื่องมาจากคลื่นสมอง สเปกตรัมของสัญญาณในระยะการหลับนี้จะอยู่ในช่วงความถี่เดลต้า (0.5 — 4 Hz) โดยจะมีตำแหน่งยอดของสเปกตรัมอยู่รอบ ๆ ความถี่ 1 Hz (รูปที่ 4.1 ง, จ) ซึ่งทำให้รูปแบบสเปกตรัมของระยะการหลับนี้แตกต่างจากระยะการหลับอื่นอย่างสังเกตได้

สภาวะ REM สัญญาณคลื่นลูกตาด้านซ้ายและขวาจะมีเฟสตรงข้ามกัน และมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยจะสังเกตไม่พบสัญญาณความถี่ในช่วงอัลฟาและเบต้า

4.2 การหาค่าลักษณะสำคัญจากสัญญาณคลื่นลูกตาของสภาวะการหลับระยะต่าง ๆ

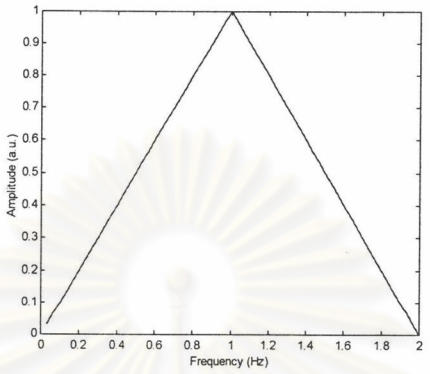
การนำลักษณะต่าง ๆ ที่สังเกตพบเหล่านี้มาใช้ในการจำแนกสภาวะการหลับนั้นได้อาศัยเทคนิกการประมวลผลสัญญาณต่าง ๆ ได้แก่ การหาค่าสัมประสิทธิ์คอร์รีเลชันระหว่างสัญญาณคลื่นลูกตาด้านซ้ายและด้านขวา, การหาค่าสัมประสิทธิ์คอร์รีเลชันระหว่างหน้าต่างที่สร้างขึ้นกับสเปกตรัมกำลังของคลื่นลูกตา, การหาอัตราส่วนระหว่างผลรวมของสเปกตรัมกำลังใน 2 ช่วงความถี่และการเปรียบเทียบสเปกตรัมกำลังในช่วงความถี่เดียวกันของแต่ละEpoch

ในการจำแนกสภาวะการหลับนั้นได้ทำการทดลองจำแนกสภาวะการหลับ 2 แบบด้วยกัน แบบแรกจะจำแนกสภาวะการหลับออกเป็น 4 กลุ่ม ที่ประกอบด้วย Wake, LS, DS และ REM ส่วนอีกแบบจะจำแนกสภาวะการหลับออกเป็น 5 กลุ่มได้แก่ Wake, stage 1, stage 2, DS และ REM ทั้งนี้เนื่องจากผลการจำแนกสภาวะการหลับระยะที่ 1 ออกจากสภาวะการหลับระยะที่ 2 นั้นมีผลจากปัจจัยอื่นด้วยดังที่ได้กล่าวมา ซึ่งอาจส่งผลให้ผลการจำแนกสภาวะการหลับมีความผิดพลาดมาก จึงทำการจำแนกสภาวะการหลับระยะที่ 1 และ 2 รวมกันเป็นสภาวะ LS แต่อย่างไรก็ตามยังสามารถสังเกตพบความแตกต่างระหว่างสภาวะการหลับทั้งสองระยะนี้ได้จึงทำการทดลองจำแนกแบบ 5 กลุ่มด้วย

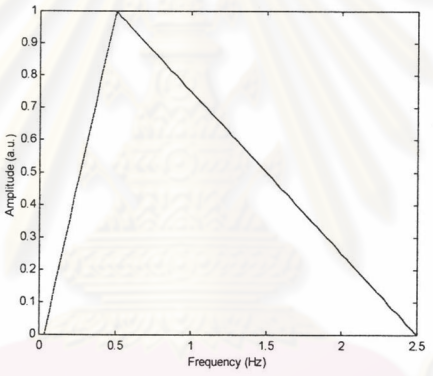
การสร้างอัลกอริธึมได้อาศัยค่าลักษณะสำคัญของแต่ละ Epoch ที่ได้จากเทคนิกการประมวลผลสัญญาณต่าง ๆ มาสร้างเป็นเงื่อนไขในการจำแนกสภาวะการหลับ โดยจะกล่าวถึงรายละเอียดของเงื่อนไขในการจำแนกในหัวข้อที่ 4.3 โดยการใช้อัลกอริธึมที่ 1 (4.3.1) และอัลกอริธึมที่ 2 (4.3.2) ซึ่งทั้งสองอัลกอริธึมจะมีความแตกต่างกันในขั้นตอนของการจำแนกและเงื่อนไขในการจำแนกสภาวะตื่น ส่วนสภาวะอื่น ๆ จะใช้เงื่อนไขเดียวกัน

เงื่อนไขในการจำแนกสภาวะการหลับที่สร้างขึ้นนั้นได้มาจากการศึกษาและสังเกตสัญญาณเชิงเวลาและเชิงความถี่ดังที่กล่าวมา โดยในการพิจารณาสัญญาณเชิงความถี่นั้นจะพิจารณาจากสเปกตรัมกำลังของสัญญาณคลื่นลูกตาด้านซ้าย ทั้งนี้เนื่องจากสเปกตรัมกำลังของสัญญาณคลื่น

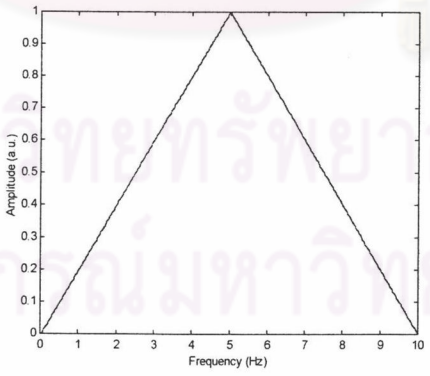
ลูกตาทั้งสองด้านมีลักษณะคล้ายกันดังแสดงในบทที่ 3 ซึ่งเมื่อทำการทดลองด้วยเทคนิกการประมวลผลสัญญาณต่าง ๆ จะพบว่า



รูป ก.



รูป ข.



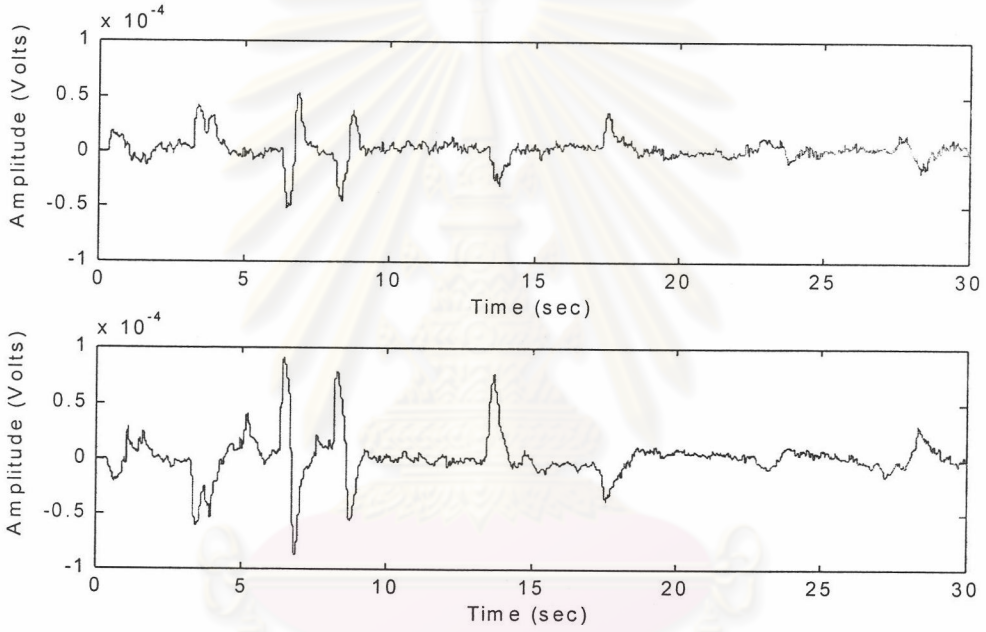
รูป ค.

รูปที่ 4.2 หน้าต่างที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการหาค่าสัมประสิทธิ์คอร์รีเลชัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- <u>สภาวะตื่น</u> ค่าลักษณะสำคัญในอัลกอริธึมที่ 1 ได้จากค่าสัมประสิทธิ์คอร์รีเลชันระหว่างสเปกตรัมกำลังของสัญญาณคลื่นลูกตาในช่วงความถี่ 0 — 2.5 Hz กับหน้าต่างในรูป 4.2 ก. เนื่องจากในสภาวะนี้จะมีการเคลื่อนไหวของลูกตามากและมีรูปแบบที่แตกต่างจากสภาวะอื่นพอสมควร นอกจากนี้ยังพิจารณาร่วมกับค่าคอร์รีเลชันระหว่างสเปกตรัมกำลังในช่วงความถี่ 12.0 — 22.0 Hz กับหน้าต่างในรูป 4.2 ค. ด้วย เหตุที่เลือกสเปกตรัมช่วงเบต้า (12.0 — 22.0 Hz) แทนช่วงอัลฟา (8.0 — 12.0 Hz) มาหาค่าสัมประสิทธิ์คอร์รีเลชันนั้น เนื่องด้วยความถี่ช่วงอัลฟาจะพบในสภาวะการหลับอื่น ๆ ด้วยโดยเฉพาะสภาวะการหลับระยะที่ 1 แต่จะมีปริมาณน้อยกว่าสภาวะตื่นผนวกกับคุณสมบัติของคอร์รีเลชันที่บ่งบอกความคล้ายของรูปแบบของสเปกตรัมกำลังกับหน้าต่างที่สร้างขึ้นโดยไม่ขึ้นกับขนาดของสัญญาณทั้งสองซึ่งจะทำให้ไม่พบความแตกต่างจากสภาวะอื่นเมื่อใช้ความถี่ช่วงอัลฟา ส่วนในอัลกอริธึมที่ 2 นั้นจะพิจารณาจากผลรวมสเปกตรัมกำลังในช่วงอัลฟา (8.0 — 12.0 Hz) ของแต่ละ Epoch นำมาเปรียบเทียบกัน โดยจะพบว่าสภาวะตื่นจะมีค่าผลรวมสเปกตรัมสูงกว่าสภาวะอื่น ๆ
- <u>สภาวะ LS</u> เป็นสภาวะที่ไม่ต้องหาค่าลักษณะสำคัญในการจำแนก เนื่องจากเป็นสภาวะที่มีจำนวน Epoch มาก ในการจำแนกจึงจะกำหนดให้ Epoch ที่เหลือจากการจำแนกสภาวะอื่นเป็นสภาวะ LS อย่างไรก็ดีในการแบ่งแบบ 5 กลุ่มต้องทำการจำแนกสภาวะ LS ออกเป็นการหลับระยะที่ 1 และ 2 ซึ่งได้อาศัยค่าลักษณะสำคัญที่ได้จากอัตราส่วนระหว่างผลรวมของสเปกตรัมกำลังในช่วงความถี่ 10.0 — 15.0 Hz กับผลรวมของสเปกตรัมกำลังในช่วงความถี่ 15.0 — 20.0 Hz ทั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบการเกิดของ K-complexes และ Sleep spindle กับสัญญาณคลื่นลูกตาในช่วงความถี่ที่ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งค่าอัตราส่วนนี้จะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างการหลับทั้งสองระยะนี้ได้
- <u>สภาวะ DS</u> รูปแบบของสเปกตรัมกำลังของสภาวะ DS แสดงในรูปที่ 4.1 ง. และ 4.1 จ. (การหลับระยะที่ 3 และ 4) แตกต่างจากสภาวะอื่น ในการจำแนกจึงได้สร้างหน้าต่าง (รูปที่ 4.2 ข.) ที่มีรูปแบบคล้ายกับสเปกตรัมกำลังของสภาวะ DS มาทำการคอร์รีเลชันกัน ซึ่งหากได้ค่าสัมประสิทธิ์คอร์รีเลชันสูงก็แสดงว่ามีรูปแบบความคล้ายกันมาก
- <u>สภาวะ REM</u> มีค่าสัมประสิทธิ์คอร์รีเลชันระหว่างสัญญาณคลื่นลูกตาด้านซ้ายและด้านขวาน้อยกว่าศูนย์ เนื่องจากสัญญาณคลื่นลูกตาด้านซ้ายและด้านขวามีการเปลี่ยนแปลงตรงข้ามกันหรือมีเฟสตรงข้ามกันนั่นเองดังแสดงในรูปที่ 4.3

ในการหาค่าลักษณะสำคัญด้วยวิธีคอร์รีเลชันนั้น ค่าสัมประสิทธิ์คอร์รีเลชันจะมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับรูปแบบของสเปกตรัมกำลัง กล่าวคือ ค่าสัมประสิทธิ์คอร์รีเลชันจะพิจารณาจากรูปแบบของสเปกตรัมกำลังกับสัญญาณที่สร้างขึ้นว่ามีความคล้ายกันเพียงใด (ภาคผนวก ก) แต่เมื่อพิจารณารูปสเปกตรัมกำลังของแต่ละสภาวะการหลับในรูปที่ 4.1 แล้วจะพบว่าขนาดของสเปกตรัมกำลังมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงตลอดช่วงความถี่ซึ่งจะส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์คอร์รีเลชันที่ได้มีค่าลดลง ดังนั้นเพื่อที่จะลดผลที่เกิดขึ้นนี้ จึงได้ทำการประมาณสเปกตรัมกำลังด้วยวิธี Moving average โดยมีขนาดของหน้าต่าง (Window) เท่ากับ 5 จุด (ภาคผนวก จ) รูปที่ 4.4 แสดงสเปกตรัมกำลังที่ได้จากการประมาณด้วยวิธี Moving average ของสภาวะต่าง ๆ ที่เวลาเดียวกันกับรูปที่ 4.1

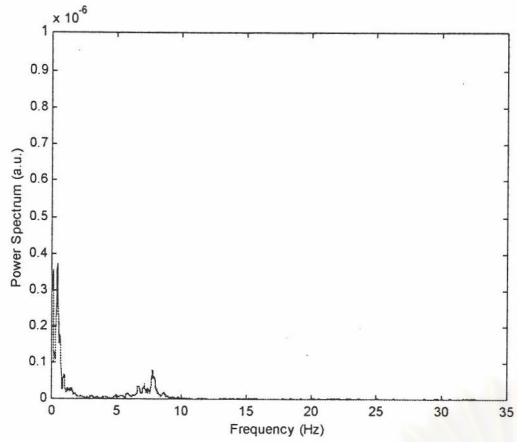


รูปที่ 4.3 ตัวอย่างสัญญาณคลื่นลูกตาด้านซ้าย (บน) และด้านขวา (ล่าง) ของสภาวะ REM

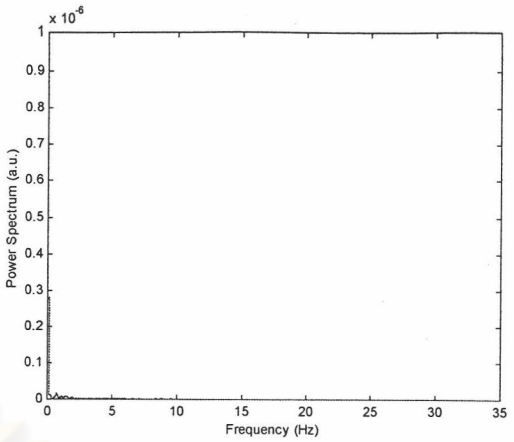
4.3 อัลกอริธึมในการจำแนกสภาวะการหลับ

ลำดับในการจำแนกสภาวะต่าง ๆ ของแต่ละอัลกอริธึมนั้นจะแตกต่างกัน กล่าวคือ อัลกอริธึมที่ 1 จะจำแนก REM, DS, Wake และ LS ตามลำดับ ส่วนอัลกอริธึมที่ 2 จะจำแนก Wake, REM, DS และ LS ตามลำดับ ส่วนในการจำแนกแบบ 5 กลุ่มของทั้งสองอัลกอริธึมจะจำแนกสภาวะการหลับระยะที่ 1 ออกจากสภาวะ LS โดยที่ Epoch ที่เหลือจากการจำแนกจะถูกกำหนดให้เป็นการหลับระยะที่ 2

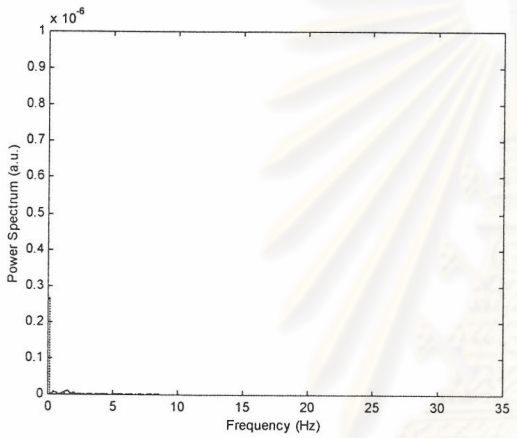
รูปที่ 4.5 และ 4.6 แสดงแผนผังการจำแนกสภาวะการหลับของอัลกอริธึมที่ 1 และ 2 ตามลำดับซึ่งจะพิจารณาประกอบกับรายละเอียดของขั้นตอนและเกณฑ์ในการตัดสินใจจำแนกแต่ละสภาวะการหลับของแต่ละอัลกอริธึม ดังต่อไปนี้



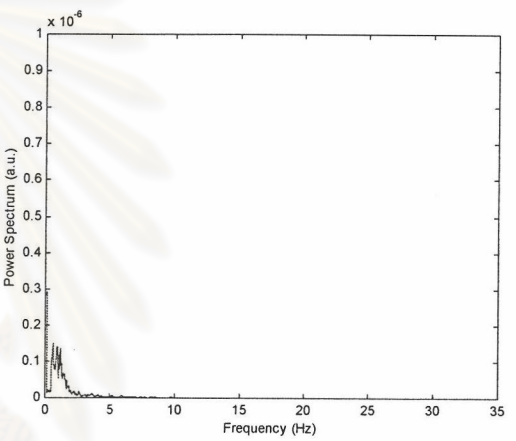
รูป ก.



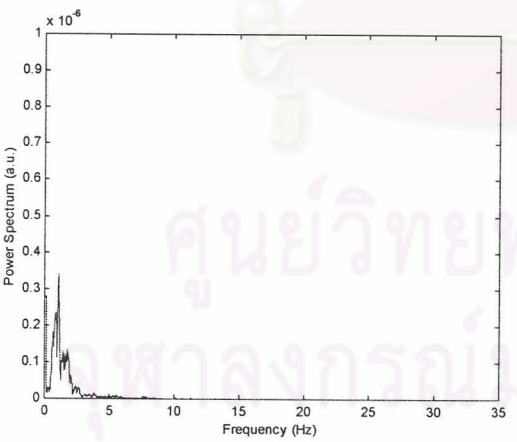
รูป ข



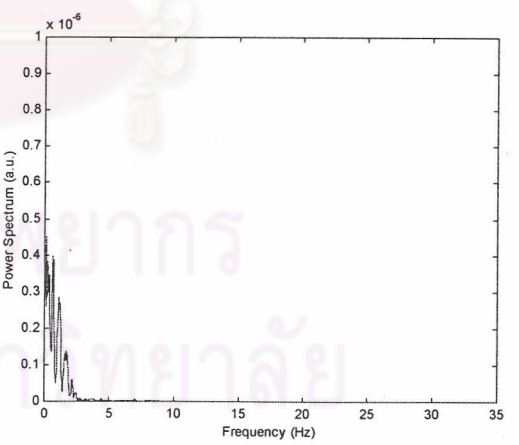
รูป ค.



รูป ง.



รูป จ.



รูป ฉ

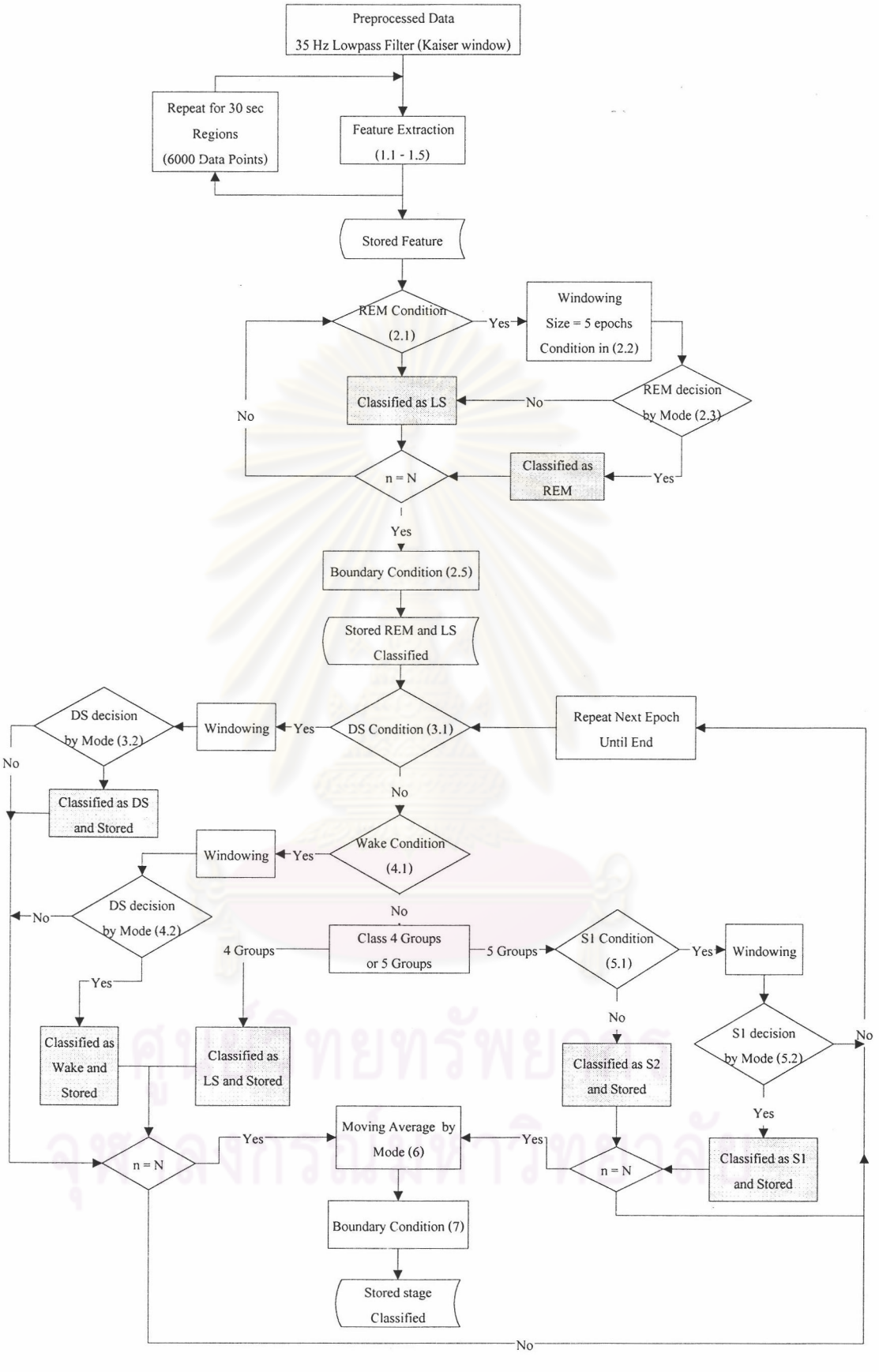
รูปที่ 4.4 ตัวอย่างของสเปกตรัมกำลังของสัญญาณคลื่นลูกตา ณ เวลาเดียวกับรูปที่ 1 ที่ประมาณด้วยวิธี Moving average โดยมีขนาดหน้าต่างเท่ากับ 5 จุด ที่สภาวะตื่น (รูป ก), การหลับระยะที่ 1 (รูป ข), ระยะที่ 2 (รูป ค), ระยะที่ 3 (รูป ง), ระยะที่ 4 (รูป จ) และสภาวะ REM (รูป ฉ) ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.1 เงื่อนไขการจำแนกสภาวะการหลับของอัลกอริธึมที่ 1

1. หาค่าลักษณะสำคัญทุกค่าของทุก Epoch ดังนี้
   1.1 ค่าสัมประสิทธิ์คอร์รีเลชันระหว่างสัญญาณคลื่นลูกตาด้านซ้ายและด้านขวาให้มีค่าเท่ากับ A1
   1.2 ค่าสัมประสิทธิ์คอร์รีเลชันระหว่างหน้าต่างรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วดังในรูป 4.2 ก. กับสเปกตรัมกำลังของสัญญาณคลื่นลูกตาด้านซ้ายช่วงความถี่ 0 — 2.0 Hz ให้มีค่าเท่ากับ B1
   1.3 สร้างหน้าต่างรูปสามเหลี่ยมที่ด้านทั้งสองมีความชันเท่ากับ 1/15 และ —1/60 ตามลำดับ ดังในรูป 5.2 ข. มาหาค่าสัมประสิทธิ์คอร์รีเลชันกับสเปกตรัมกำลังของสัญญาณคลื่นลูกตาด้านซ้ายในช่วงความถี่ 0 — 2.5 Hz ให้มีค่าเท่ากับ C1
   1.4 ค่าสัมประสิทธิ์คอร์รีเลชันระหว่างหน้าต่างรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วดังในรูป 4.2 ค. กับสเปกตรัมกำลังของสัญญาณคลื่นลูกตาด้านซ้ายช่วงความถี่ 12.0 — 22.0 Hz ให้มีค่าเท่ากับ D1
   1.5 อัตราส่วนของผลรวมสเปกตรัมกำลังในช่วงความถี่ 10.0 — 15.0 Hz กับช่วงความถี่ 15.0 — 22.0 Hz ให้มีค่าเท่ากับ E1
2. จำแนกสภาวะ REM ออกจากสภาวะอื่น ๆ ก่อน โดยใช้เงื่อนไขดังนี้
   2.1 ตำแหน่งของ Epoch นั้นต้องมากกว่า 140 หรือเกิดหลังจากนาทีที่ 70
   2.2 เปรียบเทียบค่า A1 ของ Epoch 2 ตัวก่อนหน้า และ 2 ตัวที่ตามมา รวมทั้งของ Epoch นั้นด้วย (ขนาดหน้าต่างเท่ากับ 5 Epochs) ว่ามีค่าน้อยกว่า 0 หรือไม่ โดยกำหนดให้ผลการเปรียบเทียบที่เป็นจริงมีค่าเท่ากับ 1 และผลการเปรียบเทียบที่เป็นเท็จมีค่าเป็น 0 ด้วยวิธีการนี้ทำให้ในการพิจารณาจะข้าม 2 epochs แรก และ 2 epochs สุดท้ายไว้ โดยจะเริ่มที่ epoch ที่ 3 และหยุดที่ epoch ที่ N-2 เมื่อ N คือจำนวน Epoch ทั้งหมด เพื่อให้ขนาดของหน้าต่างครอบคลุมอยู่ในชุดข้อมูล
   2.3 หากได้ค่าฐานนิยมของผลการเปรียบเทียบเท่ากับ 1 จะกำหนดให้ Epoch นั้น เป็น REM นอกนั้นกำหนดให้เป็น LS ไปก่อน
   2.4 หน้าต่างจะเลื่อนทีละ 1 Epoch เพื่อพิจารณาจำแนกสภาวะ REM ต่อไป แล้วย้อนกลับไปทำข้อ 2.1 อีกครั้ง จนครบ นั่นคือจะมีการวนรอบจำนวน N-4 รอบ
   2.5 จากข้อ 2.4 จะพบว่ามี Epoch หายไปทั้งหมด 4 epochs ด้วยกัน เนื่องจากได้ข้าม 2 epochs แรก และ 2 epochs สุดท้าย ดังที่กล่าวในข้อ 2.2 ดังนั้นจึงต้องเติมจำนวน epoch. ให้ครบดังเดิม ด้วยการกำหนดให้ 2 Epochs แรกมีสภาวะเหมือนกับ epoch ที่ 3 ส่วน 2 epochs หลังจะถูกกำหนดให้มีสภาวะเหมือนกับ epoch สุดท้ายที่ถูกระบุสภาวะ หรือ epoch ที่ N-2

3. จำแนกสภาวะ Deep sleep โดยมีเงื่อนไขดังนี้
   3.1 ใช้ค่า B1 จากข้อ 1.2 ที่มากกว่าหรือเท่ากับ -0.1 เป็นเกณฑ์ โดยพิจารณาว่าที่ Epoch นั้นมีค่าลักษณะสำคัญตรงตามเงื่อนไขนี้หรือไม่ หากเป็นไปตามเงื่อนไขก็ทำตามข้อต่อไป แต่หากไม่ตรงจะข้ามไปจำแนกสภาวะตื่น ในข้อ 4 ต่อไป
   3.2 ใช้วิธีการแบบเดียวกับข้อ 2.2 และ 2.3 แต่ใช้ค่า B1 จากข้อ 1.2 ที่มากกว่าหรือเท่ากับ -0.1 เป็นเกณฑ์ ในการกำหนดสภาวะ DS
   3.3 หากจำแนกว่าเป็นสภาวะ DS จะทำการเลื่อนหน้าต่างไปอีก 1epoch แล้วเริ่มทำข้อ 3 อีกครั้งแต่หากไม่ใช่จะทำข้อ 4 ต่อไป
4. จำแนกสภาวะตื่น โดยมีเงื่อนไขดังนี้
   4.1 ใช้ค่า C1 จากข้อ 1.3 และค่า D1 จากข้อ 1.4 ซึ่งหาก Epoch นั้นมีค่าลักษณะสำคัญเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดว่าถ้า C1 < 0 และ ค่า D1 > 0.2 หรือ C1 >= 0 ก็ทำข้อ 4.2 ต่อไป แต่หากไม่เป็นไปตามเงื่อนไขจะข้ามไปจำแนกสภาวะการหลับระยะที่ 1 ในข้อ 5 ต่อไปในกรณีที่แบ่งแบบ 5 กลุ่ม หรือจำแนกเป็นสภาวะ LS แล้วย้อนกลับไปทำข้อ 3 อีกครั้ง ในกรณีที่แบ่งเป็น 4 กลุ่ม
   4.2 ใช้การหาค่าฐานนิยมเช่นเดียวกับข้อ 2.2 และ 2.3 โดยใช้เงื่อนไขที่กำหนดว่าถ้า C1 < 0 และ ค่า D1 > 0.2 หรือ C1 >= 0 เป็นเกณฑ์ ในการกำหนดให้เป็นสภาวะตื่น
   4.3 หากจำแนกว่าเป็นสภาวะตื่น จะทำการเลื่อนหน้าต่างไปอีก 1epoch แล้วเริ่มทำข้อ 3 อีกครั้ง
5. จำแนกสภาวะการหลับระยะที่ 1 (กรณีจำแนกแบบ 4 กลุ่มจะข้ามข้อนี้ไป) โดยมีเงื่อนไขดังนี้
   5.1 ถ้าค่า E1 จากข้อ 1.5 มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 4 ก็ทำตามข้อ 5.2 ต่อไป ถ้าไม่ใช่ก็จำแนกว่าเป็น Epoch นั้นว่าเป็นการหลับระยะที่ 2 แล้วกลับไปเริ่มที่ข้อ 3 อีกครั้ง
   5.2 ใช้การหาค่าฐานนิยมเช่นเดียวกับข้อ 2.2 และ 2.3 โดยใช้ค่า E1 จากข้อ 1.5 ที่มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 4 เป็นเกณฑ์ในการกำหนดสภาวะการหลับระยะที่ 1 แยกออกจากสภาวะการหลับระยะที่ 2
   5.3 หน้าต่างจะเลื่อนทีละ 1 Epoch เพื่อพิจารณา Epoch ต่อไป แล้วย้อนกลับไปทำข้อ 3 อีกครั้ง จนครบ นั่นคือจะมีการวนรอบจำนวน N-4 รอบ
6. ทำการหาค่าฐานนิยมของสภาวะการหลับที่ถูกจำแนกด้วยขนาดหน้าต่าง 5 epochs และเลื่อนหน้าต่างทีละ 1 epoch ซึ่งจะทำให้ได้ชุดผลการจำแนกใหม่ที่มีจำนวน epoch ลดลง 4 epochs เช่นเดียวกับกรณีของข้อ 2.2
7. แก้ปัญหาขอบด้วยวิธีเดียวกับข้อ 2.5 ก็ได้ผลการจำแนกสภาวะการหลับ



รูปที่ 4.5 แผนภาพลำดับการจำแนกสภาวะการหลับของอัลกอริธึมที่ 1

ขั้นตอนการจำแนกสภาวะการหลับของอัลกอริธึมที่ 1 นี้ กล่าวโดยสรุปแล้วจะมีการวนรอบ 2 ครั้ง คือครั้งแรกเพื่อแยกสภาวะ REM ออกเพียงสภาวะเดียว ส่วนการวนรอบครั้งที่ 2 จะจำแนกสภาวะที่เหลือตามลำดับที่กล่าวมา และเกณฑ์ของค่าลักษณะสำคัญต่าง ๆ ที่ใช้ในการจำแนกได้มาจากการพิจารณารูปการกระจายของสภาวะต่าง ๆ ที่มีต่อค่าลักษณะสำคัญนั้น ๆ

4.3.2 เงื่อนไขการจำแนกสภาวะการหลับของอัลกอริธึมที่2

1. หาค่าลักษณะสำคัญทุกค่าของทุก Epoch ดังนี้
   1.1. ผลรวมของสเปกตรัมกำลังในช่วงความถี่ 8.0 —12.0 Hz ให้มีค่าเท่ากับ A2
   1.2. หาค่าต่ำสุดของผลรวมของสเปกตรัมกำลังที่ได้จากข้อ 1.1 ให้มีค่าเท่ากับ B2
   1.3. ค่าสัมประสิทธิ์คอร์รีเลชันระหว่างสัญญาณคลื่นลูกตาด้านซ้ายและด้านขวา ให้มีค่าเท่ากับ C2
   1.4. ค่าสัมประสิทธิ์คอร์รีเลชันระหว่างหน้าต่างรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วดังในรูป 5.2 ก. กับสเปกตรัมกำลังของสัญญาณคลื่นลูกตาด้านซ้ายช่วงความถี่ 0 — 2.0 Hz ให้มีค่าเท่ากับ D2
   1.5. หาอัตราส่วนของผลรวมสเปกตรัมกำลังในช่วงความถี่ 10.0 — 15.0 Hz กับช่วงความถี่ 15.0 — 22.0 Hz ให้มีค่าเท่ากับ E2
2. จำแนกสภาวะตื่นจาก Epoch ออกก่อน โดยมีเงื่อนไขดังนี้
   2.1. หาเปรียบเทียบค่า A2 ที่ได้จากข้อ 1.1ว่ามากกว่าหรือเท่ากับ 10 เท่าของค่า B2 จากข้อ 1.2 หรือไม่ หากเป็นจริงก็ทำข้อ 1.2 ต่อไป แต่หากน้อยกว่าก็ข้ามไปทำข้อ 3 ต่อไป
   2.2. เปรียบเทียบค่า A2 ของ Epoch 2 ตัวก่อนหน้า และ 2 ตัวที่ตามมา รวมทั้งของ Epoch นั้นด้วย (ขนาดหน้าต่างเท่ากับ 5 Epochs) ว่ามีค่ามากกว่า 10 เท่าของค่าที่ต่ำที่สุดหรือไม่โดยกำหนดให้ผลการเปรียบเทียบที่เป็นจริงมีค่าเท่ากับ 1 และผลการเปรียบเทียบที่เป็นเท็จมีค่าเป็น 0 ด้วยวิธีการนี้ทำให้ในการพิจารณาจะข้าม 2 epochs แรก และ 2 epochs สุดท้ายไว้ โดยจะเริ่มที่ epoch ที่ 3 และหยุดที่ epoch ที่ N-2 เมื่อ N คือจำนวน Epoch ทั้งหมด เพื่อให้ขนาดของหน้าต่างครอบคลุมอยู่ในชุดข้อมูล
   2.3. หากได้ค่าฐานนิยมของผลการเปรียบเทียบเท่ากับ 1 จะกำหนดให้ Epoch นั้น เป็นสภาวะตื่น (Wake)
   2.4. หน้าต่างจะเลื่อนทีละ 1 Epoch แล้วย้อนกลับไปทำข้อ 2.1 อีกครั้ง
3. จำแนกสภาวะ REM โดยใช้เงื่อนไขดังนี้

3.1. ตำแหน่งของ Epoch นั้นต้องมากกว่า 140 หรือเกิดหลังจากนาทีที่ 70 และค่า C2 ต้องน้อยกว่า 0 จึงจะทำข้อ 3.2 ต่อไป มิเช่นนั้นจะข้ามไปทำข้อ 4 ต่อไป

3.2. ใช้วิธีการแบบเดียวกับข้อ 2.2 และ 2.3 แต่ใช้ค่าคอร์รีเลชันจากข้อ 1.1 ที่น้อยกว่า 0 เป็นเกณฑ์ ในการกำหนดสภาวะ REM

3.3. หากจำแนกว่าเป็นสภาวะ REM จะทำการเลื่อนหน้าต่างไปอีก 1epoch แล้วเริ่มทำข้อ 2 อีกครั้งแต่หากไม่ใช่จะทำข้อ 4 ต่อไป

4. จำแนกสภาวะ Deep sleep โดยมีเงื่อนไขดังนี้

4.1. ใช้ค่าคอร์รีเลชันจากข้อ 1.4 ที่มากกว่าหรือเท่ากับ -0.1 เป็นเกณฑ์ โดยพิจารณาว่าที่ Epoch นั้นมีค่าลักษณะสำคัญตรงตามเงื่อนไขนี้หรือไม่ หากเป็นไปตามเงื่อนไขก็ทำตามข้อต่อไป แต่หากไม่ตรงจะข้ามไปจำแนกสภาวะตื่น ในข้อ 4 ต่อไป

4.2. ใช้วิธีการแบบเดียวกับข้อ 2.2 และ 2.3 แต่ใช้ค่า D2 จากข้อ 1.4 ที่มากกว่าหรือเท่ากับ -0.1 เป็นเกณฑ์ ในการกำหนดสภาวะ DS

4.3. หากจำแนกว่าเป็นสภาวะ DS จะทำการเลื่อนหน้าต่างไปอีก 1epoch แล้วเริ่มทำข้อ 2 อีกครั้งแต่หากไม่ใช่จะทำข้อ 5 ต่อไป

5. จำแนกสภาวะการหลับระยะที่ 1 (กรณีจำแนกแบบ 4 กลุ่มจะข้ามข้อนี้ไป) โดยมีเงื่อนไขดังนี้

5.1. ถ้าค่า E จากข้อ 1.5 มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 4 ก็ทำตามข้อ 5.2 ต่อไป ถ้าไม่ใช่ก็จำแนกว่าเป็น Epoch นั้นว่าเป็นการหลับระยะที่ 2 แล้วกลับไปเริ่มที่ข้อ 3 อีกครั้ง

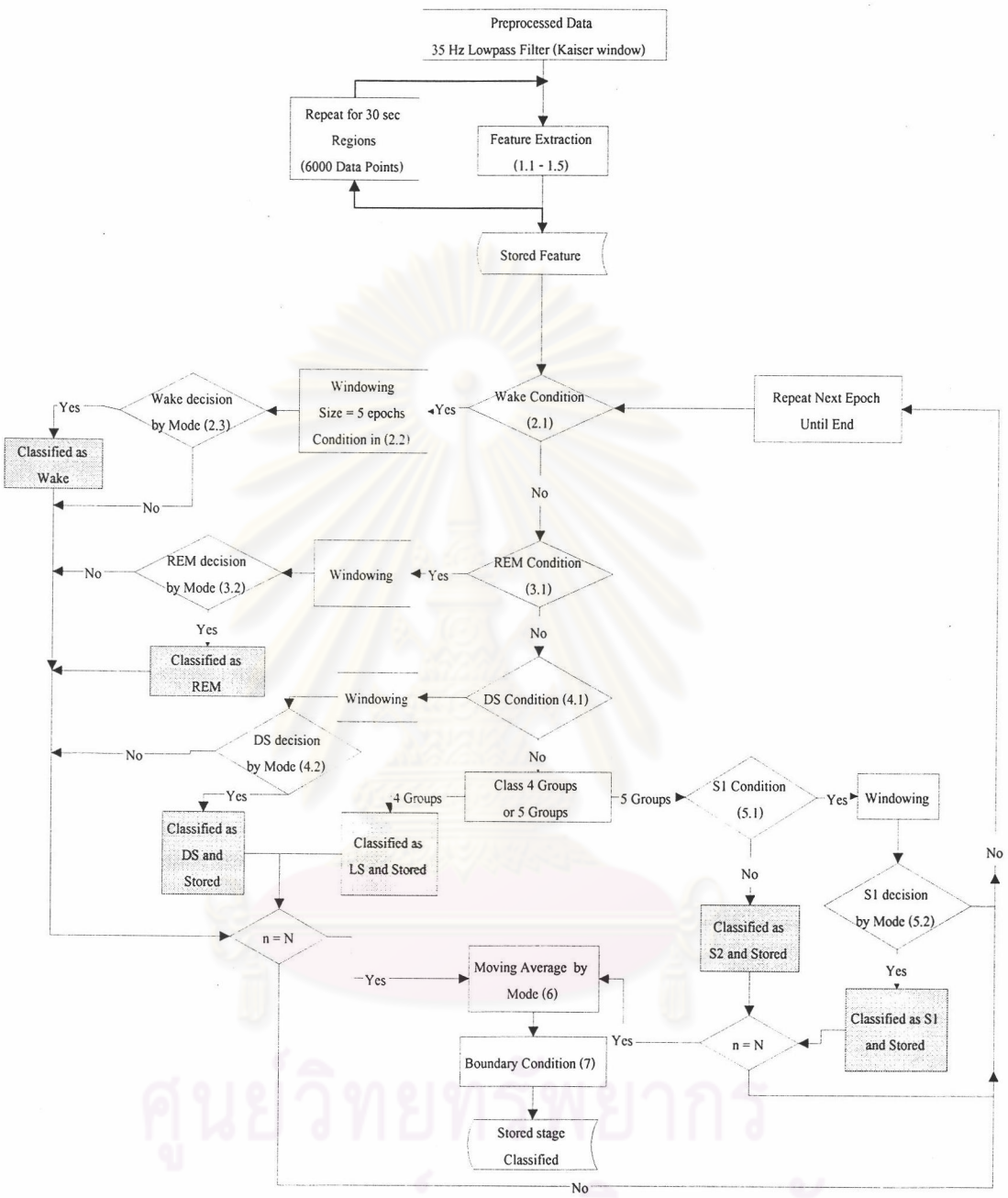
5.2. ใช้การหาค่าฐานนิยมเช่นเดียวกับข้อ 2.2 และ 2.3 โดยใช้ค่า E2 จากข้อ 1.5 ที่มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 4 เป็นเกณฑ์ในการกำหนดสภาวะการหลับระยะที่ 1 แยกออกจากสภาวะการหลับระยะที่ 2

5.3. หน้าต่างจะเลื่อนทีละ 1 Epoch เพื่อพิจารณา Epoch ต่อไป แล้วย้อนกลับไปทำข้อ 3 อีกครั้ง จนครบ นั่นคือจะมีการวนรอบจำนวน N-4 รอบ

6. จากขั้นตอนการจำแนกจะพบว่ามี Epoch หายไปทั้งหมด 4 epochs ด้วยกัน เนื่องจากได้ข้าม 2 epochs แรก และ 2 epochs สุดท้าย ดังที่กล่าวในข้อ 2.2 ดังนั้นจึงต้องเติมจำนวน epoch. ให้ครบดังเดิม ด้วยการกำหนดให้ 2 Epochs แรกมีสภาวะเหมือนกับ epoch ที่ 3 ส่วน 2 epochs หลังจะถูกกำหนดให้มีสภาวะเหมือนกับ epoch สุดท้ายที่ถูกระบุสภาวะหรือ epoch ที่ N-2

7. ทำการหาค่าฐานนิยมของสภาวะการหลับที่ถูกจำแนกด้วยขนาดหน้าต่าง 5 epochs และเลื่อนหน้าต่างทีละ 1 epoch ซึ่งจะทำให้ได้ชุดผลการจำแนกใหม่ที่มีจำนวน epoch ลดลง 4 epochs เช่นเดียวกับกรณีของข้อ 2.2

8. แก้ปัญหาขอบด้วยวิธีเดียวกับข้อ 6 ก็ได้ผลการจำแนกสภาวะการหลับ



รูปที่ 4.6 แผนภาพลำดับการจำแนกสภาวะการหลับของอัลกอริธึมที่ 2

4.3.3 ข้อแตกต่างระหว่างอัลกอริธึมทั้งสอง

ข้อแตกต่างระหว่างอัลกอริธึมทั้งสองคือ อัลกอริธึมที่ 2 จะทำการวนรอบเพียง 1 ครั้งเพื่อจำแนกสภาวะการหลับซึ่งต่างจากอัลกอริธึมที่ 1 ที่มีการวนรอบ 2 ครั้งด้วยกัน นอกจากนี้ลำดับในการจำแนกสภาวะการหลับก็เปลี่ยนไปกล่าวคือ ในอัลกอริธึมที่ 2 จะเริ่มจำแนกสภาวะตื่นก่อน ใน

ขณะที่อัลกอริธึมที่ 1 จะจำแนกสภาวะ REM ก่อน และมีเงื่อนไขในการจำแนกสภาวะตื่นต่างกัน ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ข้อแตกต่างระหว่างอัลกอริธึมทั้งสอง

ข้อแตกต่าง	อัลกอริธึมที่ 1	อัลกอริธึมที่ 2
ลำดับการจำแนกสภาวะการหลับ	REM, Deep Sleep, Wake, Light Sleep	Wake, REM, Deep Sleep, Light Sleep
จำนวนการวนรอบ	2	1
ค่าลักษณะสำคัญที่ใช้จำแนกสภาวะตื่น	ค่าสัมประสิทธิ์คอร์รีเลชันของสเปกตรัมกำลังช่วง 0 — 2.5 Hz กับหน้าต่างในรูป 5.2 ข และค่าสัมประสิทธิ์คอร์รีเลชันของสเปกตรัมกำลังช่วง 12 — 22 Hz กับหน้าต่างในรูป 5.2 ค	ผลรวมของสเปกตรัมกำลังช่วง 8 — 12 Hz

4.4 ผลการทดลองจำแนกสภาวะการหลับด้วยอัลกอริธึมที่สร้างขึ้น

ในการทดสอบอัลกอริธึมทั้งสองนี้ได้ทำการทดลองกับข้อมูลทั้งหมด 6 ชุดซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องวัดสัญญาณคลื่นสมองซึ่งทำการวัดและวินิจฉัยโดย ผศ.นพ ทายาท ดีสุดจิต ทั้งหมด โดยมีรายละเอียดของชุดข้อมูลดังนี้

Patient1: ชุดข้อมูลที่ได้จากการวัดและวินิจฉัยผู้ป่วยคนแรก (ขอสงวนนาม)

Patient2: ชุดข้อมูลที่ได้จากการวัดและวินิจฉัยผู้ป่วยคนที่สอง (ขอสงวนนาม) [1]

SCTEEG1: ชุดข้อมูลที่ได้จากการวัดและวินิจฉัยนายสุชิน ไตรรงค์จิตเหมาะ ครั้งที่ 1

SCTEEG2: ชุดข้อมูลที่ได้จากการวัดและวินิจฉัยนายสุชิน ไตรรงค์จิตเหมาะ ครั้งที่ 2

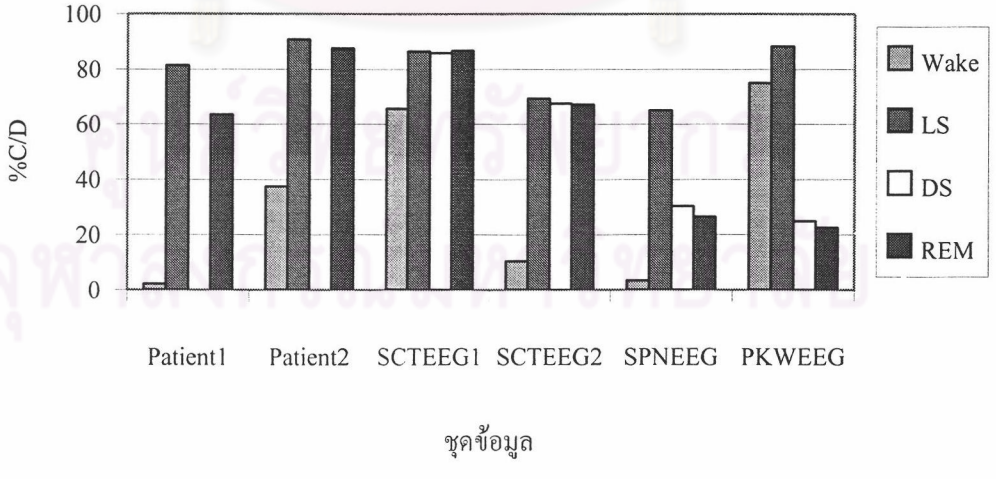
SPNEEG: ชุดข้อมูลที่ได้จากการวัดและวินิจฉัยนายศุภวัตร น้ำประเสริฐ

PKWEEG: ชุดข้อมูลที่ได้จากการวัดและวินิจฉัยนายภควัฒน์ วิเศษละคร

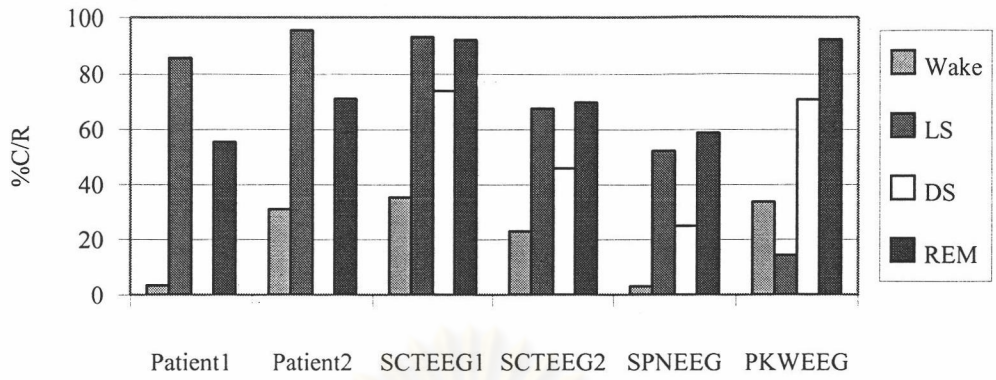
[1] ข้อมูลของผู้ป่วยทั้งสองรายนี้ได้จากการวัดโดยปกติซึ่งทำการวัดสัญญาณหลายตำแหน่งในร่างกาย และแพทย์ทำการจำแนกสภาวะการหลับโดยอาศัยข้อมูลเหล่านี้ประกอบกัน ซึ่งจะต่างจากข้อมูลที่วัดเพื่อทำการทดลองในงานวิจัยนี้โดยเฉพาะ

ในรูปที่ 4.7 – 4.10 แสดงผลการทดสอบอัลกอริธึมที่ 1 กับข้อมูลชุดต่าง ๆ โดยรูปที่ 4.7 และ 5.8 แสดงค่า %C/D และ %C/R ของการแบ่งสภาวะการหลับเป็น 4 กลุ่มของแต่ละชุดข้อมูล ตามลำดับ ส่วนรูปที่ 9 และ 10 แสดงค่า %C/D และ %C/R ของการแบ่งสภาวะการหลับเป็น 5 กลุ่ม ของแต่ละชุดข้อมูล ตามลำดับ เมื่อพิจารณารูปทั้ง 4 พบว่าข้อมูลชุด SCTEEG1 ให้ผลการทดสอบอัลกอริธึมดีกว่าข้อมูลชุดอื่น และดีกว่าผลการทดสอบกับชุดข้อมูลของคนเดียวกัน (ข้อมูลชุด SCTEEG2) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในการกำหนดเกณฑ์ของอัลกอริธึมนี้ได้พิจารณาจากค่าลักษณะของข้อมูลชุด SCTEEG1 เท่านั้น ดังนั้นจึงเป็นไปได้ที่ข้อมูลชุดนี้จะให้ผลการทดสอบที่ดีกว่าข้อมูลชุดอื่น ๆ นอกจากนี้จะพบว่าค่า %C/D และ %C/R ของสภาวะ LS และ REM มีค่าสูงเกือบทุกชุดข้อมูล เว้นแต่ค่า %C/R ของข้อมูลชุด PKWEEG ที่มีค่าต่ำกว่าชุดข้อมูลอื่น ๆ ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากผลการจำแนกสภาวะการหลับของข้อมูลชุดนี้ด้วยอัลกอริธึมที่ 1 ส่วนมากจะถูกจำแนกว่าเป็นสภาวะ REM ทั้งที่แพทย์ระบุว่าเป็นสภาวะการหลับระยะที่ 2 ซึ่งเมื่อพิจารณาสัญญาณคลื่นลูกตาของชุดข้อมูลนี้พบว่าสัญญาณคลื่นลูกตาเกือบทั้งหมดมีลักษณะเหมือนกับสภาวะ REM คือมีการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณคลื่นลูกตาด้านซ้ายและด้านขวาในทิศทางตรงข้ามกันจึงทำให้ค่าคอร์รีเลชั่นที่ได้ส่วนมากจะมีค่าเป็นลบ แต่เนื่องจากแพทย์ทำการจำแนกสภาวะการหลับโดยพิจารณาจากสัญญาณคลื่นสมองด้วย จึงอาจจะทำให้แพทย์สามารถระบุว่าเป็นสภาวะการหลับระยะที่ 2

ในชุดข้อมูล Patient1 และ Patient2 มีปริมาณของสภาวะ DS น้อยมากและเมื่อพิจารณาสัญญาณคลื่นลูกตาในช่วงเวลาที่ถูกระบุว่าเป็นสภาวะ DS พบว่ามีลักษณะคล้ายกับสภาวะ LS มาก ดังนั้นจึงทำให้ไม่สามารถจำแนกสภาวะนี้ในข้อมูลทั้งสองชุดได้

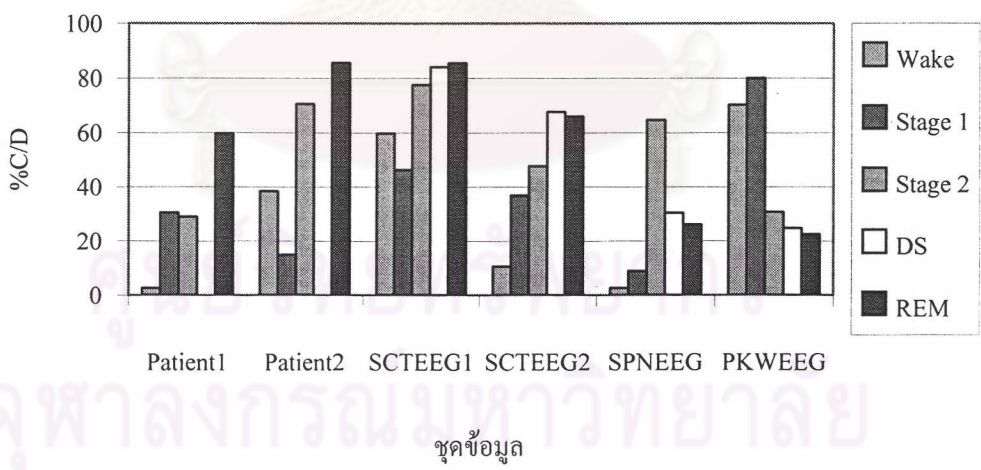


รูปที่ 4.7 ค่า %C/D ของการจำแนกสภาวะการหลับออกเป็น 4 กลุ่ม ด้วยอัลกอริธึมที่ 1

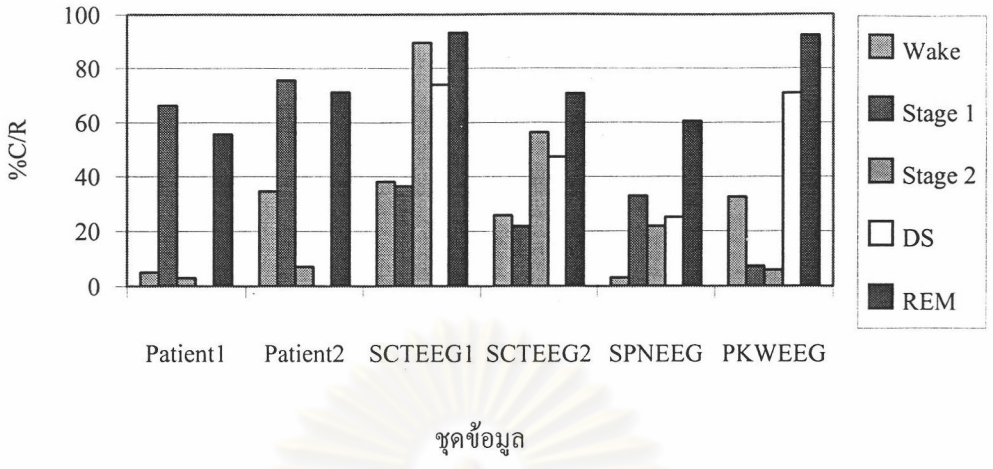


รูปที่ 4.8 ค่า %C/R ของการจำแนกสภาวะการหลับออกเป็น 4 กลุ่ม ด้วยอัลกอริธึมที่ 1

เมื่อพิจารณารูปที่ 4.9 และ 4.10 พบว่าการแบ่งระยะการหลับที่ 1 และ 2 ออกจากกันให้ค่า %C/D และ %C/R ต่ำลงจากการจำแนกรวมกันเป็นสภาวะ LS ทั้งนี้เนื่องจากการมีลักษณะบางอย่างร่วมกันของสภาวะทั้งสองทำให้มีการจำแนกสลับกันได้ระหว่างการหลับระยะที่ 1 กับระยะที่ 2 ดังที่ได้กล่าวมาแล้วถึงลักษณะของสัญญาณคลื่นลูกตาของการหลับทั้งสองระยะนี้

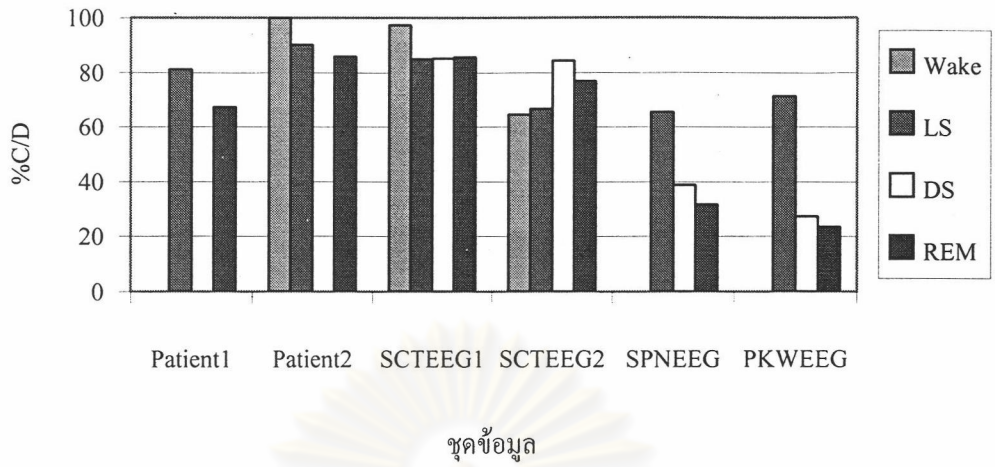


รูปที่ 4. 9 ค่า %C/D ของการจำแนกสภาวะการหลับออกเป็น 5 กลุ่ม ด้วยอัลกอริธึมที่ 1

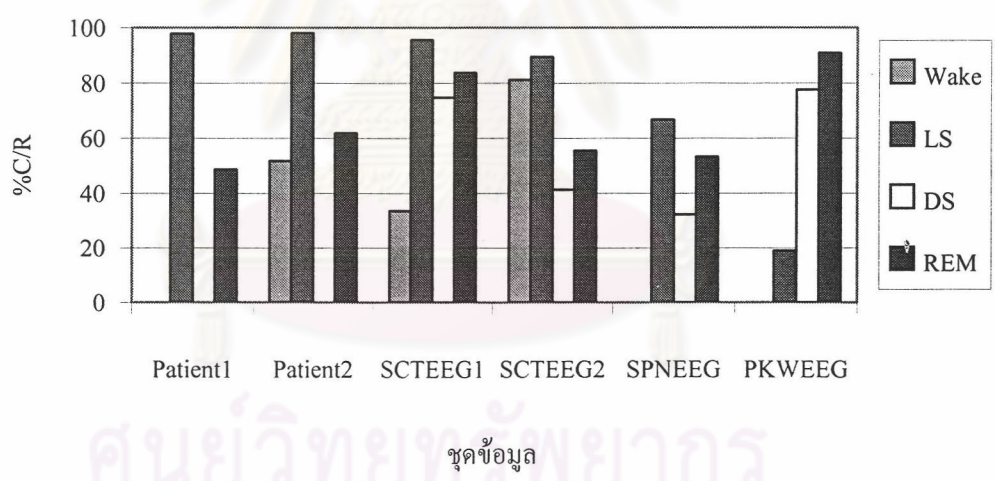


รูปที่ 4.10 ค่า %C/R ของการจำแนกสภาวะการหลับออกเป็น 5 กลุ่ม ด้วยอัลกอริธึมที่ 1

รูปที่ 4.11 — 4.14 เป็นผลการจำแนกสภาวะการหลับด้วยอัลกอริธึมที่ 2 ของข้อมูลทุกชุด โดยแสดงค่า %C/D และ %C/R ของการจำแนกแบบ 4 กลุ่ม และ 5 กลุ่ม ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับผลการจำแนกด้วยอัลกอริธึมที่ 1 พบว่าผลการจำแนกของสภาวะต่าง ๆ มีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นสภาวะตื่นที่อัลกอริธึมที่ 2 ให้ผลดีกว่าในข้อมูลชุด Patient2, SCTEEG1 และ SCTEEG2 แต่จะไม่พบสภาวะตื่นในข้อมูลชุดที่เหลือ และพบว่าข้อมูลชุดที่จำแนกสภาวะตื่นด้วยอัลกอริธึมที่ 2 ได้จะให้ค่า %C/R ของการจำแนกสภาวะการหลับระยะที่ 1 สูงกว่าการจำแนกด้วยอัลกอริธึมที่ 1 พิจารณาเปรียบเทียบได้จากรูปที่ 4.10 และ 4.14 นั้นแสดงให้เห็นว่าการจำแนกสภาวะตื่นที่ผิดพลาดของอัลกอริธึมที่ 1 เกิดจากการจำแนกสภาวะตื่นเป็นสภาวะการหลับระยะที่ 1 ด้วยเนื่องมาจากสภาวะการหลับระยะที่ 1 มีลักษณะร่วมบางอย่างกับสภาวะตื่นดังเช่นว่าอาจสังเกตพบสัญญาณในช่วงความถี่อัลฟาในสภาวะการหลับระยะที่ 1 ด้วยหรืออาจไม่สังเกตพบการเคลื่อนไหวของตาในสภาวะตื่นก็เป็นได้ ดังนั้นการจำแนกสภาวะตื่นออกจากสภาวะการหลับด้วยอัลกอริธึมที่ 2 ซึ่งจำแนกสภาวะตื่นด้วยปริมาณการเกิดสัญญาณในช่วงความถี่อัลฟาที่สูงกว่าระดับปกติของการหลับจึงมีความน่าเชื่อถือของการจำแนกสูง กล่าวคือเมื่อระบบจำแนกว่าเป็นสภาวะตื่นแล้วโอกาสที่จะถูกต้องก็สูงด้วย

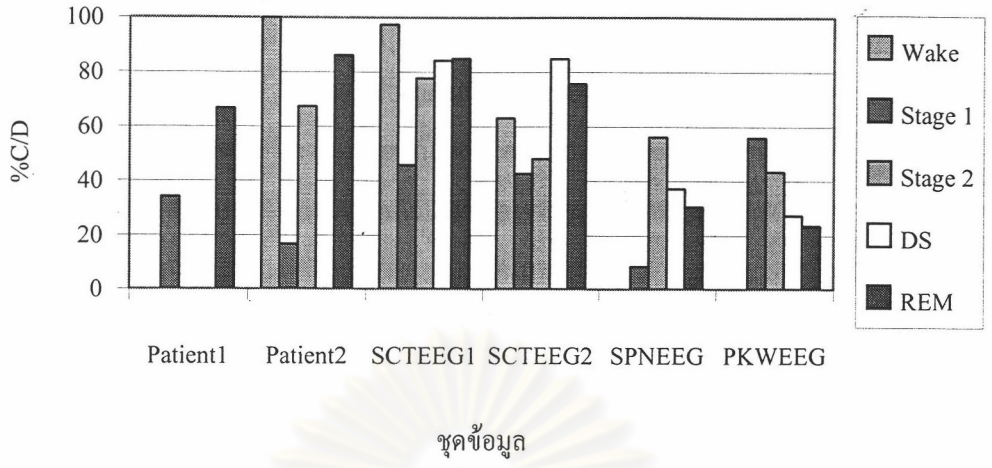


รูปที่ 4.11 ค่า %C/D ของการจำแนกสภาวะการหลับออกเป็น 4 กลุ่ม ด้วยอัลกอริธึมที่ 2

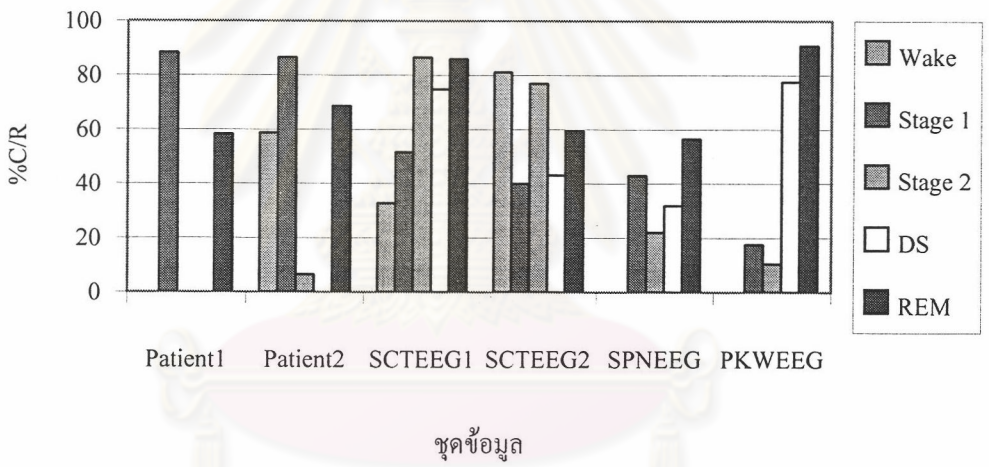


รูปที่ 4.12 ค่า %C/R ของการจำแนกสภาวะการหลับออกเป็น 4 กลุ่ม ด้วยอัลกอริธึมที่ 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



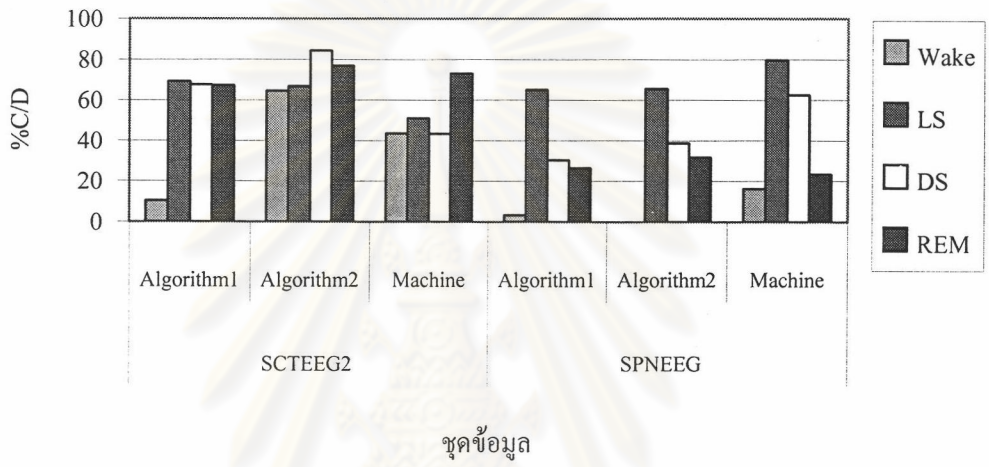
รูปที่ 4.13 ค่า %C/D ของการจำแนกสภาวะการหลับออกเป็น 5 กลุ่ม ด้วยอัลกอริธึมที่ 2



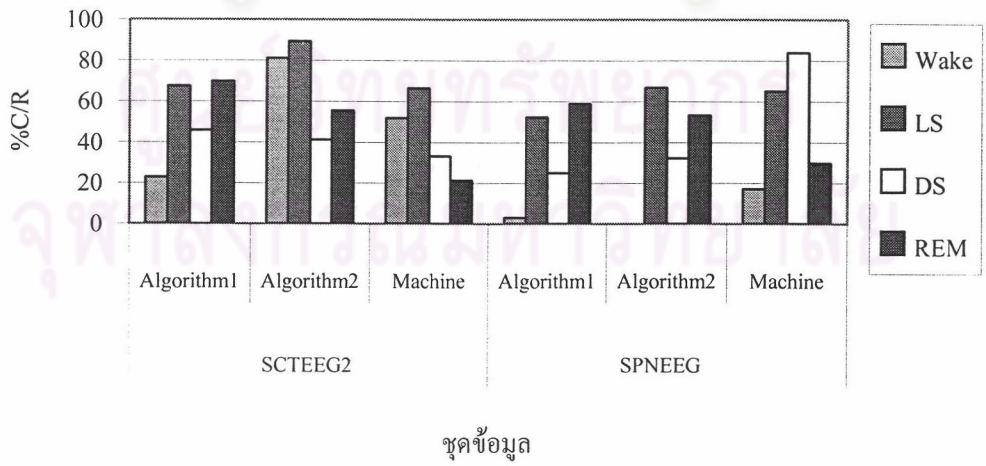
รูปที่ 4.14 ค่า %C/R ของการจำแนกสภาวะการหลับออกเป็น 5 กลุ่ม ด้วยอัลกอริธึมที่ 2

รูปที่ 4.15 — 4.18 แสดงค่า%C/D และ %C/R เพื่อเปรียบเทียบระหว่างผลการจำแนกสภาวะการหลับด้วยอัลกอริธึมทั้งสองกับผลการจำแนกด้วยเครื่องมือแพทย์ของข้อมูล 2 ชุดคือ SCTEEG2 และ SPNEEG ทั้งการแบ่งแบบ 4 กลุ่มและ 5 กลุ่ม โดยการจำแนกด้วยเครื่องมือแพทย์นั้นใช้ข้อมูลจำนวน 5 ช่องสัญญาณ ประกอบด้วยสัญญาณคลื่นสมอง 3 ช่องสัญญาณและอีก 2 ช่องสัญญาณได้จากสัญญาณคลื่นลูกตาด้านซ้ายและขวา ผลการจำแนกด้วยอัลกอริธึมที่ 1 และ 2 รวมทั้งผลการจำแนกด้วยเครื่องมือแพทย์นี้จะถูกนำมาคำนวณหาค่า %C/D และ %C/R โดยใช้การจำแนกโดยแพทย์ (ผศ.นพ.ทายาท ดีสุดจิต) เป็นมาตรฐาน ซึ่งพบว่าทั้ง 3 วิธีให้ผลการจำแนกใกล้เคียงกัน แต่สิ่งที่น่าสนใจคือการจำแนกสภาวะ REM ด้วยอัลกอริธึมที่สร้างขึ้นให้ค่า %C/D สูงใกล้เคียงกับการ

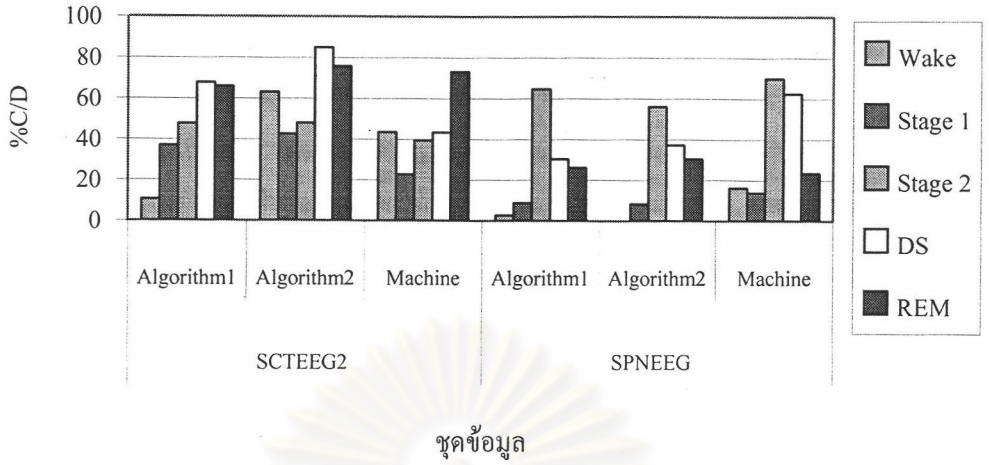
จำแนกด้วยเครื่องมือแพทย์ แต่มีค่า %C/R สูงกว่าการจำแนกด้วยเครื่องมือแพทย์ เหตุที่การจำแนกสภาวะ REM ด้วยเครื่องมือแพทย์มีความผิดพลาดสูงกว่านั้น อาจเนื่องมาจากข้อมูลที่ใช้ในการจำแนกสภาวะการหลับด้วยเครื่องมือแพทย์ไม่เพียงพอ กล่าวคือโดยปกติการจำแนกด้วยเครื่องมือแพทย์จะต้องอาศัยข้อมูลที่มากกว่านี้ เช่นข้อมูลจากสัญญาณคลื่นกล้ามเนื้อมาเป็นส่วนประกอบด้วย ซึ่งในการทดลองของงานวิจัยนี้ไม่ได้ทำการวัดสัญญาณคลื่นกล้ามเนื้อ ดังนั้นจึงอาจจะส่งผลให้การจำแนกด้วยเครื่องมือแพทย์มีความผิดพลาด โดยเฉพาะการจำแนกสภาวะตื่นเป็นสภาวะ REM



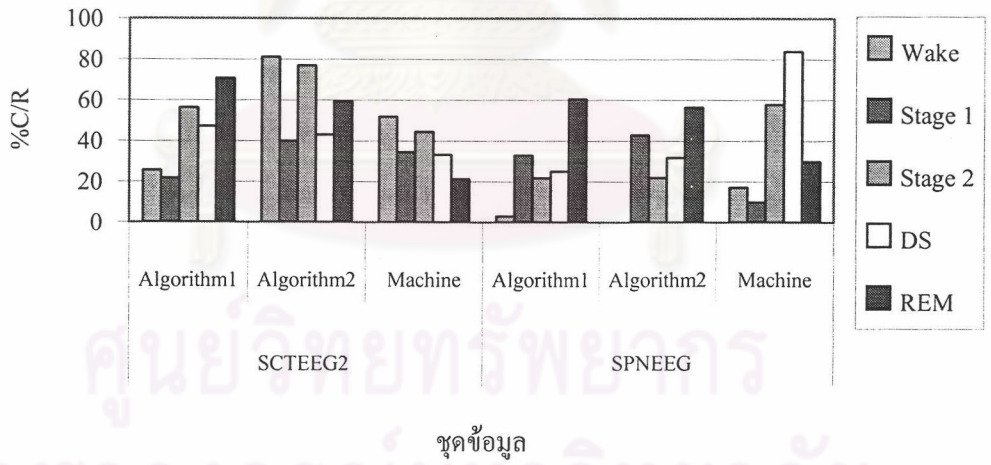
รูปที่ 4.15 เปรียบเทียบค่า %C/D ของการจำแนกสภาวะการหลับออกเป็น 4 กลุ่ม ระหว่างผลที่ได้จากอัลกอริธึมที่สร้างขึ้นกับการจำแนกด้วยเครื่องมือแพทย์ของข้อมูลชุด SCTEEG2 และ SPNEEG



รูปที่ 4.16 เปรียบเทียบค่า %C/R ของการจำแนกสภาวะการหลับออกเป็น 4 กลุ่ม ระหว่างผลที่ได้จากอัลกอริธึมที่สร้างขึ้นกับการจำแนกด้วยเครื่องมือแพทย์ของข้อมูลชุด SCTEEG2 และ SPNEEG



รูปที่ 4.17 เปรียบเทียบค่า %C/D ของการจำแนกสภาวะการหลับออกเป็น 5 กลุ่ม ระหว่างผลที่ได้จากอัลกอริธึมที่สร้างขึ้นกับการจำแนกด้วยเครื่องมือแพทย์ของข้อมูลชุด SCTEEG2 และ SPNEEG



รูปที่ 4.18 เปรียบเทียบค่า %C/R ของการจำแนกสภาวะการหลับออกเป็น 5 กลุ่ม ระหว่างผลที่ได้จากอัลกอริธึมที่สร้างขึ้นกับการจำแนกด้วยเครื่องมือแพทย์ของข้อมูลชุด SCTEEG2 และ SPNEEG

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.19 — 4.24 แสดงฮิพโนแกรมของสภาวะการหลับในช่วงเวลาต่าง ๆ ของแต่ละชุดข้อมูลที่ได้จากการจำแนกโดยแพทย์ และการจำแนกด้วยอัลกอริธึมที่ 1 และ 2 ทั้งแบบแบ่ง 4 กลุ่ม และ 5 กลุ่ม สำหรับชุดข้อมูล SCTEEG2 และ SPNEEG จะแสดงฮิพโนแกรมที่ได้จากการจำแนกโดยเครื่องมือของแพทย์ด้วย สภาวะการหลับที่แสดงในฮิพโนแกรมในรูปที่ 4.19 — 4.24 มีค่าตั้งแต่ 0 — 5 ซึ่งแทนสภาวะการหลับต่าง ๆ ดังนี้คือ ค่า 0 หมายถึงสภาวะตื่น, ค่า 1 หมายถึงสภาวะการหลับระยะที่ 1, ค่า 2 หมายถึงสภาวะการหลับระยะที่ 2, ค่า 3 และ 4 หมายถึงสภาวะ DS และค่า 5 หมายถึงสภาวะ REM ในขณะที่การจำแนกสภาวะการหลับแบบ 4 กลุ่มค่า 1 และ 2 จะหมายถึงสภาวะ LS

จากข้อมูลทั้ง 6 ชุดพบว่าฮิพโนแกรมที่ได้จากอัลกอริธึมที่ 1 และ 2 แบบแบ่งเป็น 4 กลุ่มของข้อมูล 4 ชุดได้แก่ Patient1, Patient2, SCTEEG1 และ SCTEEG2 มีความคล้ายกับฮิพโนแกรมที่แพทย์เป็นผู้จำแนก ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากข้อมูล 2 ชุดแรกเป็นข้อมูลที่ได้จากการวัดผู้ป่วยที่มีสภาวะการหลับบางสภาวะเกิดขึ้นน้อยกว่าสภาวะอื่นมาก ทำให้เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างฮิพโนแกรมอาจจะละเลยผลของความผิดพลาดไปได้ ส่วนข้อมูล 2 ชุดหลังเป็นข้อมูลที่ได้จากการวัดคนปกติ ซึ่งเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่ใช้ในการศึกษาเพื่อสร้างอัลกอริธึม ดังนั้นจึงเป็นไปได้มากที่ Epoch ของแต่ละสภาวะจะตรงตามเกณฑ์ที่กำหนดจึงทำให้ผลการจำแนกดีกว่าข้อมูลชุดอื่น นอกจากนี้ยังมีข้อสันนิฐานอีกข้อ คือ สัญญาณคลื่นลูกตาของแต่ละบุคคลอาจมีลักษณะจำเพาะบางอย่างที่ไม่เหมือนกันก็เป็นได้

พิจารณารูปที่ 4.22 ซึ่งเป็นฮิพโนแกรมของข้อมูลชุด SCTEEG2 เมื่อเปรียบเทียบฮิพโนแกรมที่ได้จากแพทย์ (รูป 4.22 ก) กับฮิพโนแกรมที่ได้จากเครื่องมือแพทย์ (รูป 4.22 ข) พบว่ามีแนวโน้มหรือรูปแบบของฮิพโนแกรมใกล้เคียงกันซึ่งแม้ว่าการจำแนกด้วยเครื่องมือแพทย์จะมีการเปลี่ยนแปลงสภาวะบ่อยครั้ง แต่ก็สังเกตพบว่าหากสภาวะนั้นเกิดขึ้นต่อเนื่องกันเป็นเวลานานหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือหากเกิดสภาวะการหลับนั้นแน่ชัดแล้วการจำแนกด้วยเครื่องมือแพทย์ก็สามารถระบุได้อย่างถูกต้องเช่นกัน แต่เมื่อพิจารณารูปที่ 4.23 ซึ่งเป็นฮิพโนแกรมของข้อมูลชุด SPNEEG จะพบว่าการจำแนกด้วยเครื่องมือแพทย์มีความผิดพลาดมาก โดยเฉพาะการจำแนกสภาวะตื่นเป็นสภาวะ REM ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลการจำแนกของข้อมูลชุด SCTEEG2 ที่สามารถจำแนกสภาวะตื่นได้อย่างถูกต้อง แสดงให้เห็นว่าถึงความผิดปกติของข้อมูลชุด SPNEEG ซึ่งแม้ว่าในช่วงต้นของข้อมูลจะเป็นสภาวะตื่นตามที่แพทย์ระบุแต่ผลการจำแนกด้วยเครื่องมือแพทย์กลับจำแนกว่าเป็นสภาวะ REM ในขณะที่การจำแนกด้วยอัลกอริธึมทั้ง 2 ที่สร้างขึ้นซึ่งมีเงื่อนไขของสภาวะตื่นแตกต่างกันก็ไม่สามารถจำแนกได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นจึงสันนิษฐานว่าอาจเกิดความผิดปกติของข้อมูลชุดนี้ก็เป็นได้

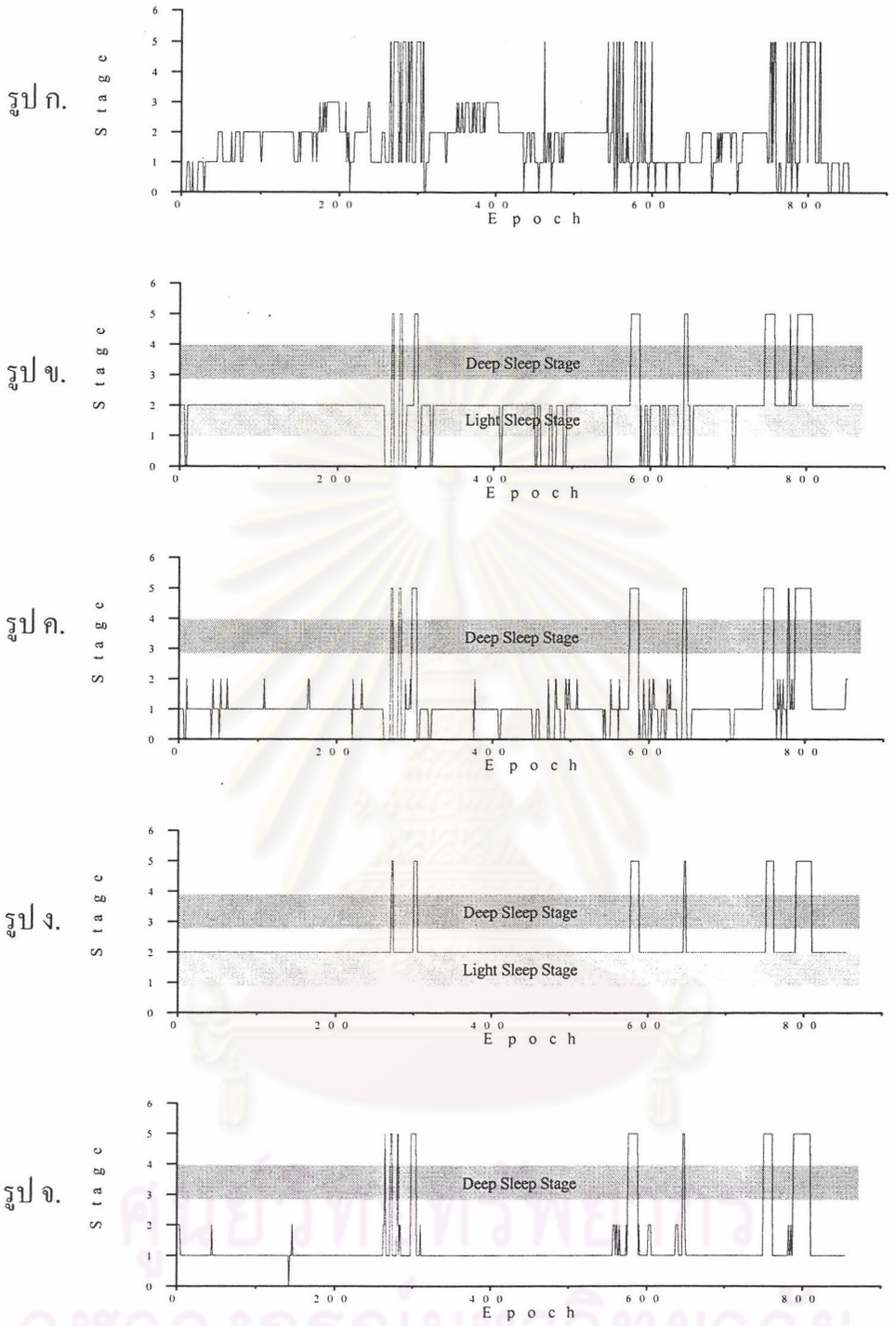
แม้ว่าผลการจำแนกด้วยอัลกอริธึมที่สร้างขึ้นของข้อมูลชุด PKWEEG จะมีความผิดพลาดมากกว่าข้อมูลชุดอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัด ดังในรูปที่ 4.24 ข — ง อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าความผิด

พลาดนี้เป็นความผิดพลาดที่ผิดปกติจากข้อมูลชุดอื่น กล่าวคือ มีสภาวะ REM เกิดขึ้นมากกว่าที่ควรจะเป็น และมีสภาวะ LS น้อยกว่าที่ควรจะมี ดังนั้นหากพิจารณาผลการจำแนกสภาวะการหลับที่ได้จากอัลกอริธึมทั้งสองโดยไม่เปรียบเทียบกับผลการจำแนกโดยแพทย์ ก็สามารถบอกได้ว่าเกิดความผิดปกติของการจำแนกขึ้น ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากอัลกอริธึมเองที่ไม่เหมาะสมหรืออาจเกิดจากข้อมูลที่มีความผิดปกติหรืออาจเกิดจากความผิดปกติของผู้ถูกวัดเอง ซึ่งก็เป็นไปได้ทุกกรณี แต่ความผิดพลาดที่เกิดจากอัลกอริธึมที่สร้างขึ้นนั้นไม่น่าจะเป็นสาเหตุหลัก ซึ่งเมื่อพิจารณาผลการจำแนกด้วยอัลกอริธึมที่สร้างขึ้นของข้อมูลชุดอื่น แม้ว่าจะพบความผิดพลาดอยู่บ้างแต่ก็อยู่ในวิสัยที่ยอมรับได้เช่นกัน ดังนั้นจึงเป็นเหตุให้เชื่อได้ว่าน่าจะเป็นความผิดปกติจากสาเหตุอื่นมากกว่า

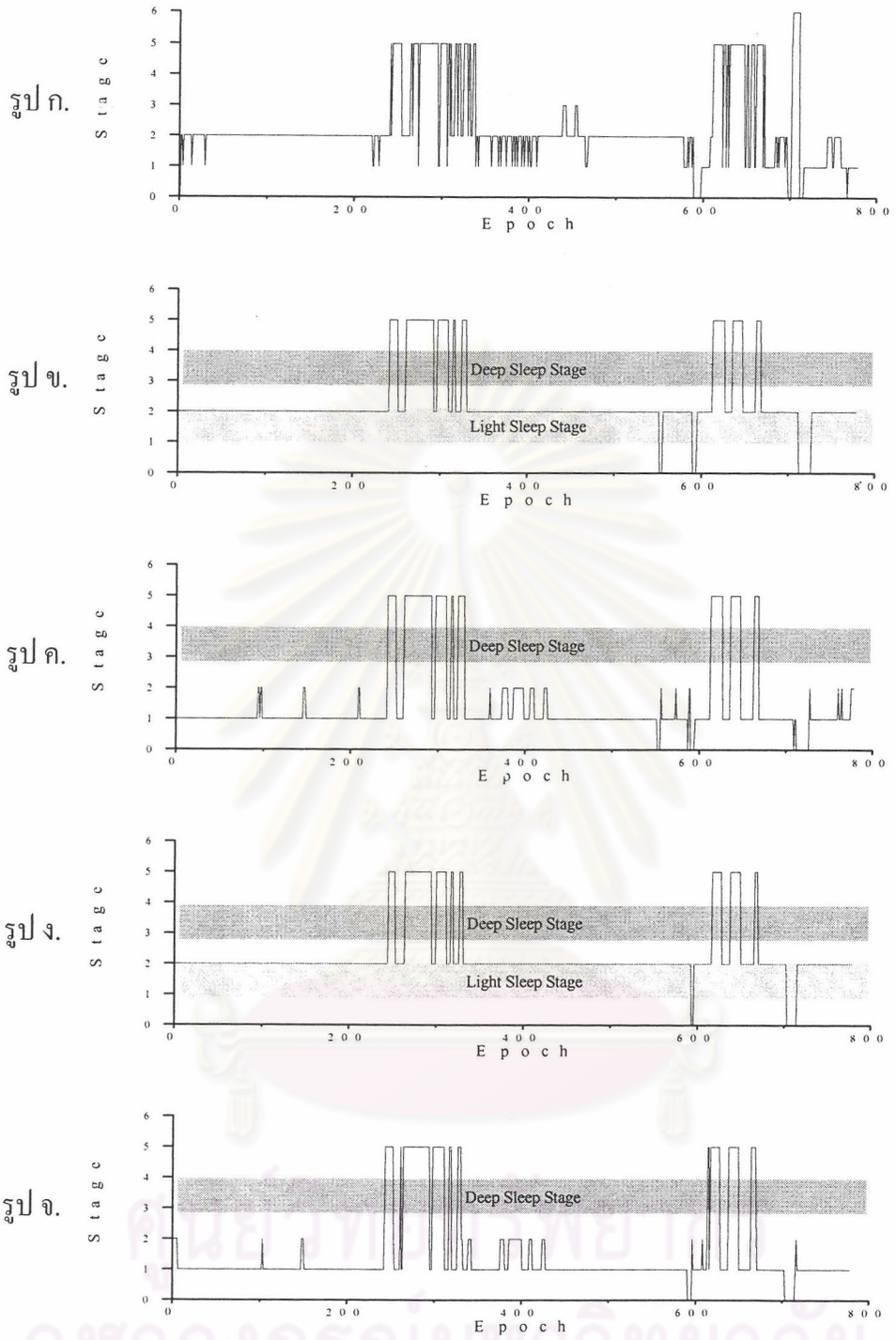
นอกจากสาเหตุของความผิดเพี้ยนในการจำแนกสภาวะการหลับต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังมีสาเหตุที่เป็นไปได้อื่น ๆ อีก เช่น ความระคายเคืองที่เกิดจากการติดอิเล็กโทรด, การเปลี่ยนที่นอน รวมไปถึงความกังวลหรือความเครียดในการทำการวัดครั้งแรกด้วย ซึ่งสาเหตุเหล่านี้อาจส่งผลให้หลับไม่สนิท หรืออาจเกิดสัญญาณรบกวน (Artifact signal) ได้

ผลของการจำแนกสภาวะการหลับที่แสดงในรูปของฮิพโนแกรมนั้น แสดงให้เห็นถึงข้อผิดพลาดจากการแก้ปัญหาขอบของอัลกอริธึมทั้งสอง (ข้อ 7 ในหัวข้อ 4.3.1 และข้อ 8 ในหัวข้อ 4.3.2) ซึ่งจะเห็นได้ชัดในฮิพโนแกรมของชุดข้อมูล SCTEEG2 โดยผลการจำแนกสภาวะการหลับของ Epoch แรก ๆ ด้วยอัลกอริธึมที่ 1 และ 2 เป็นสภาวะ DS และ LS (รูปที่ 4.22 ค และ ง) ตามลำดับ แต่การจำแนกด้วยแพทย์ให้ผลเป็นสภาวะตื่น (รูปที่ 4.22 ก) จากที่กล่าวมานี้ในการพิจารณาสภาวะการหลับที่ได้จากอัลกอริธึมที่สร้างขึ้นนั้นจึงควรละเลยผลการจำแนกในช่วงต้นและช่วงท้ายของผลการจำแนก เพื่อลดผลจากปัญหาขอบที่อาจเกิดขึ้นได้

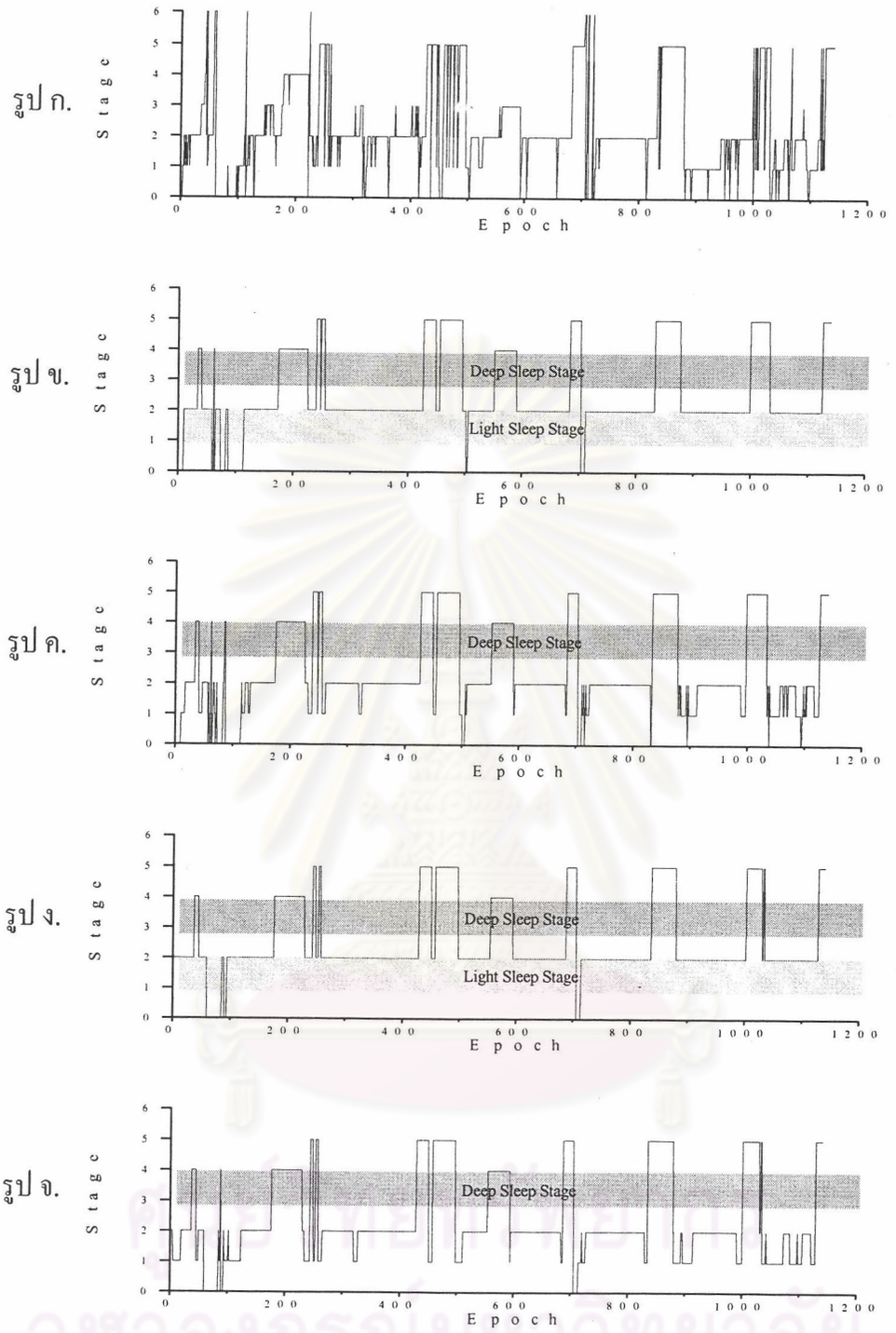
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



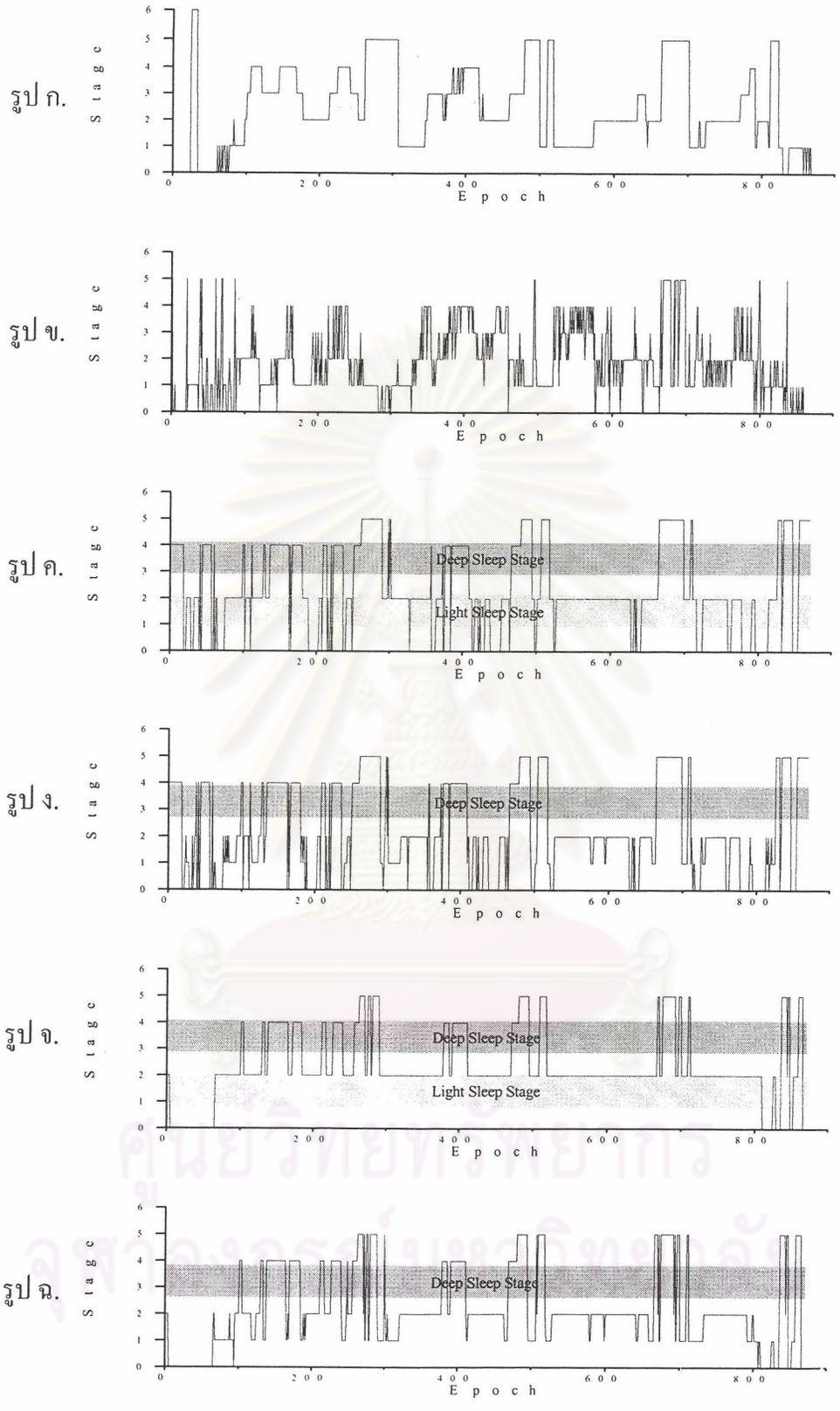
รูปที่ 4.19 ฮิพโนแกรมของผลการจำแนกสภาวะการหลับของข้อมูลชุด Patient1 โดยแพทย์ (ก), อัลกอริธึมที่ 1 แบบ 4 กลุ่ม (ข), อัลกอริธึมที่ 1 แบบ 5 กลุ่ม (ค), อัลกอริธึมที่ 2 แบบ 4 กลุ่ม (ง) และ อัลกอริธึมที่ 2 แบบ 5 กลุ่ม (จ) ตามลำดับ



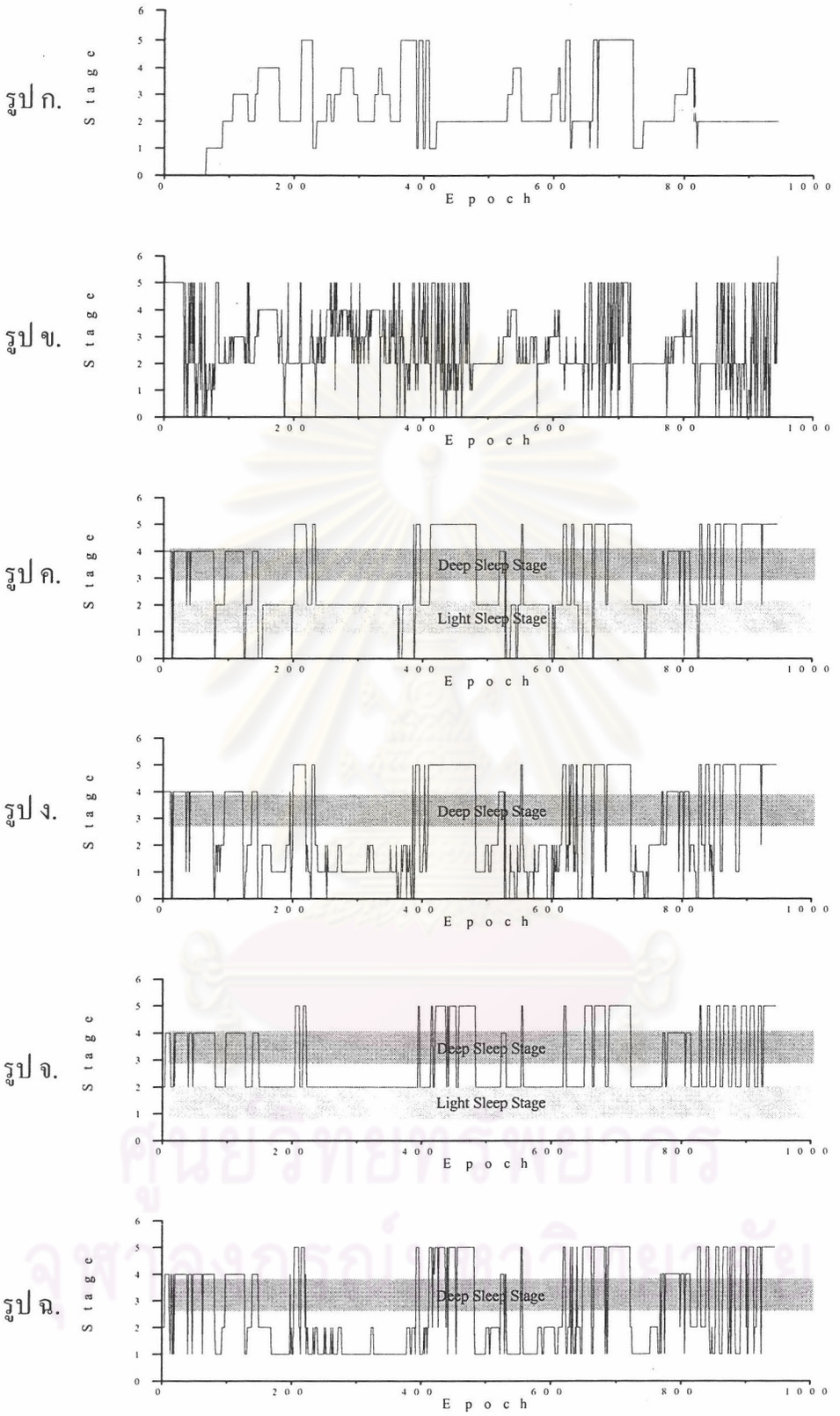
รูปที่ 4.20 ฮิพโนแกรมของผลการจำแนกสภาวะการหลับของข้อมูลชุด Patient2 โดยแพทย์ (ก), อัลกอริธึมที่ 1 แบบ 4 กลุ่ม (ข), อัลกอริธึมที่ 1 แบบ 5 กลุ่ม (ค), อัลกอริธึมที่ 2 แบบ 4 กลุ่ม (ง) และอัลกอริธึมที่ 2 แบบ 5 กลุ่ม (จ) ตามลำดับ



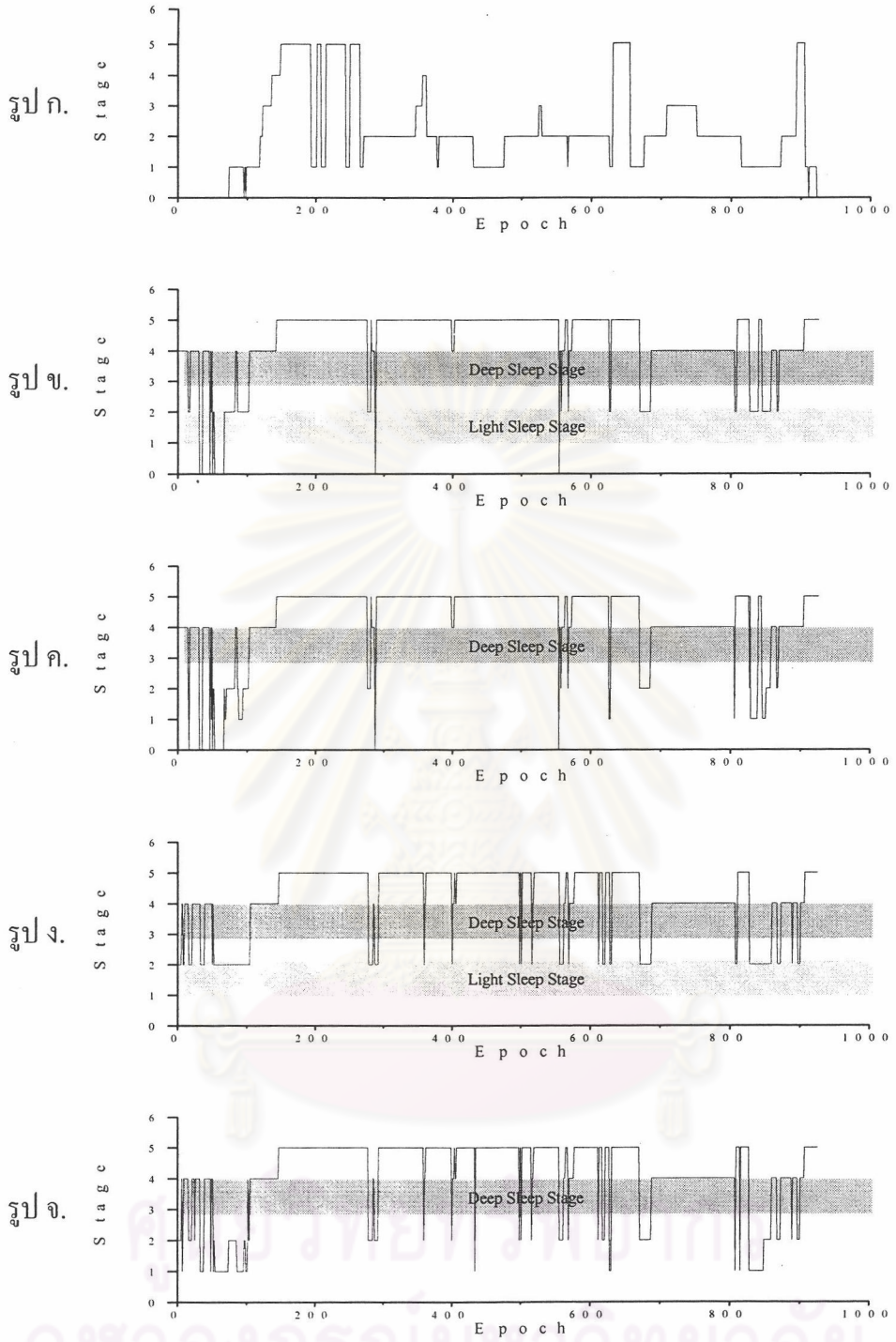
รูปที่ 4.21 ฮิพโนแกรมของผลการจำแนกสภาวะการหลับของข้อมูลชุด SCTEEG1 โดยแพทย์ (ก), อัลกอริธึมที่ 1 แบบ 4 กลุ่ม (ข), อัลกอริธึมที่ 1 แบบ 5 กลุ่ม (ค), อัลกอริธึมที่ 2 แบบ 4 กลุ่ม (ง) และอัลกอริธึมที่ 2 แบบ 5 กลุ่ม (จ) ตามลำดับ



รูปที่ 4.22 ฮิพโนแกรมของผลการจำแนกสภาวะการหลับของข้อมูลชุด SCTEEG2 โดยแพทย์ (ก), เครื่องมือแพทย์ (ข), อัลกอริธึมที่ 1 แบบ 4 กลุ่ม (ค), อัลกอริธึมที่ 1 แบบ 5 กลุ่ม (ง), อัลกอริธึมที่ 2 แบบ 4 กลุ่ม (จ) และ อัลกอริธึมที่ 2 แบบ 5 กลุ่ม (ฉ) ตามลำดับ



รูปที่ 4.23 ฮิพโนแกรมของผลการจำแนกสภาวะการหลับของข้อมูลชุด SPNEEG โดยแพทย์ (ก), เครื่องมือแพทย์ (ข), อัลกอริธึมที่ 1 แบบ 4 กลุ่ม (ค), อัลกอริธึมที่ 1 แบบ 5 กลุ่ม (ง), อัลกอริธึมที่ 2 แบบ 4 กลุ่ม (จ) และ อัลกอริธึมที่ 2 แบบ 5 กลุ่ม (ฉ) ตามลำดับ



รูปที่ 4.24 ฮิพโนแกรมของผลการจำแนกสภาวะการหลับของข้อมูลชุด PKWEEG โดยแพทย์ (ก), อัลกอริธึมที่ 1 แบบ 4 กลุ่ม (ข), อัลกอริธึมที่ 1 แบบ 5 กลุ่ม (ค), อัลกอริธึมที่ 2 แบบ 4 กลุ่ม (ง) และอัลกอริธึมที่ 2 แบบ 5 กลุ่ม (จ) ตามลำดับ