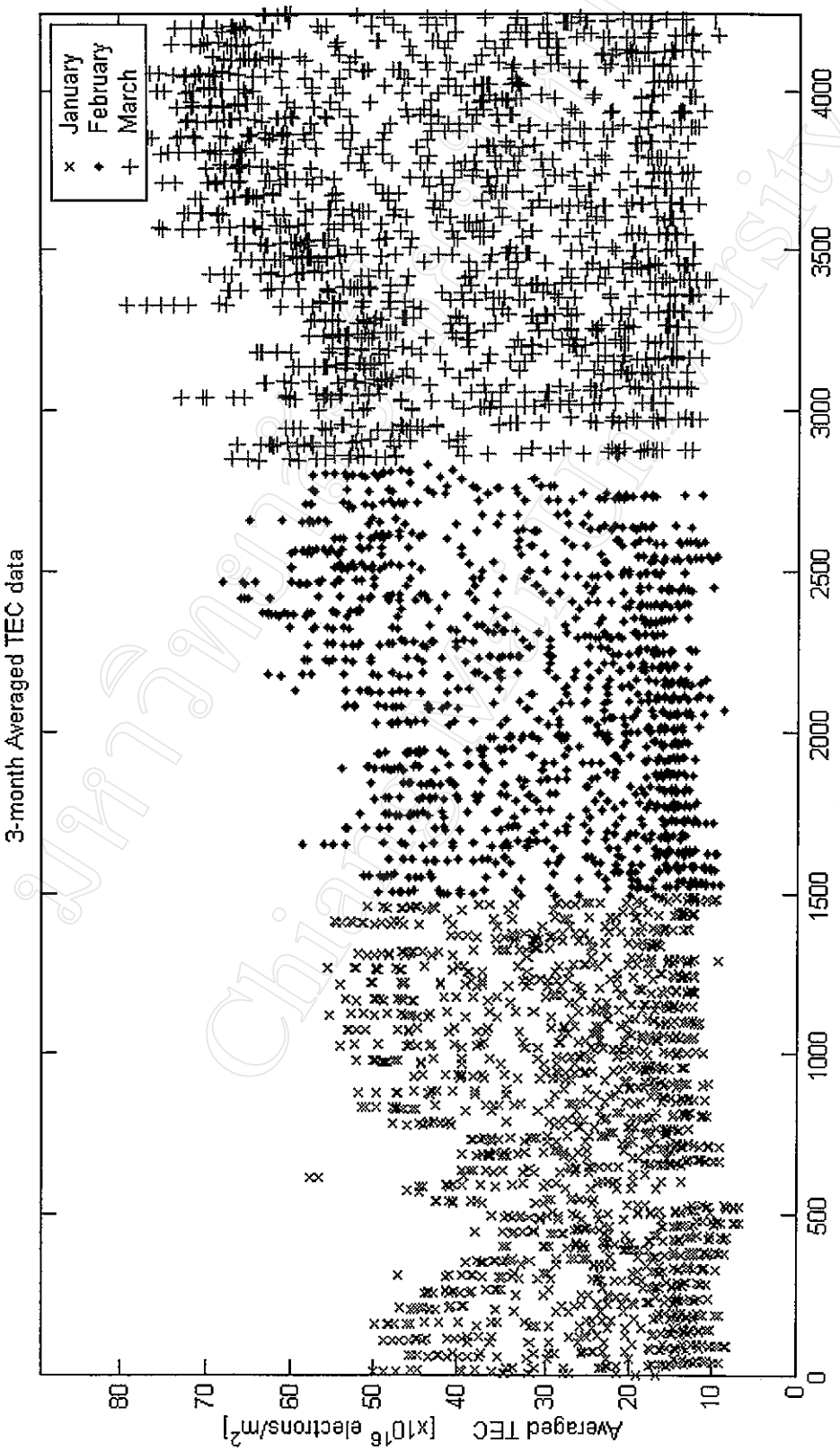
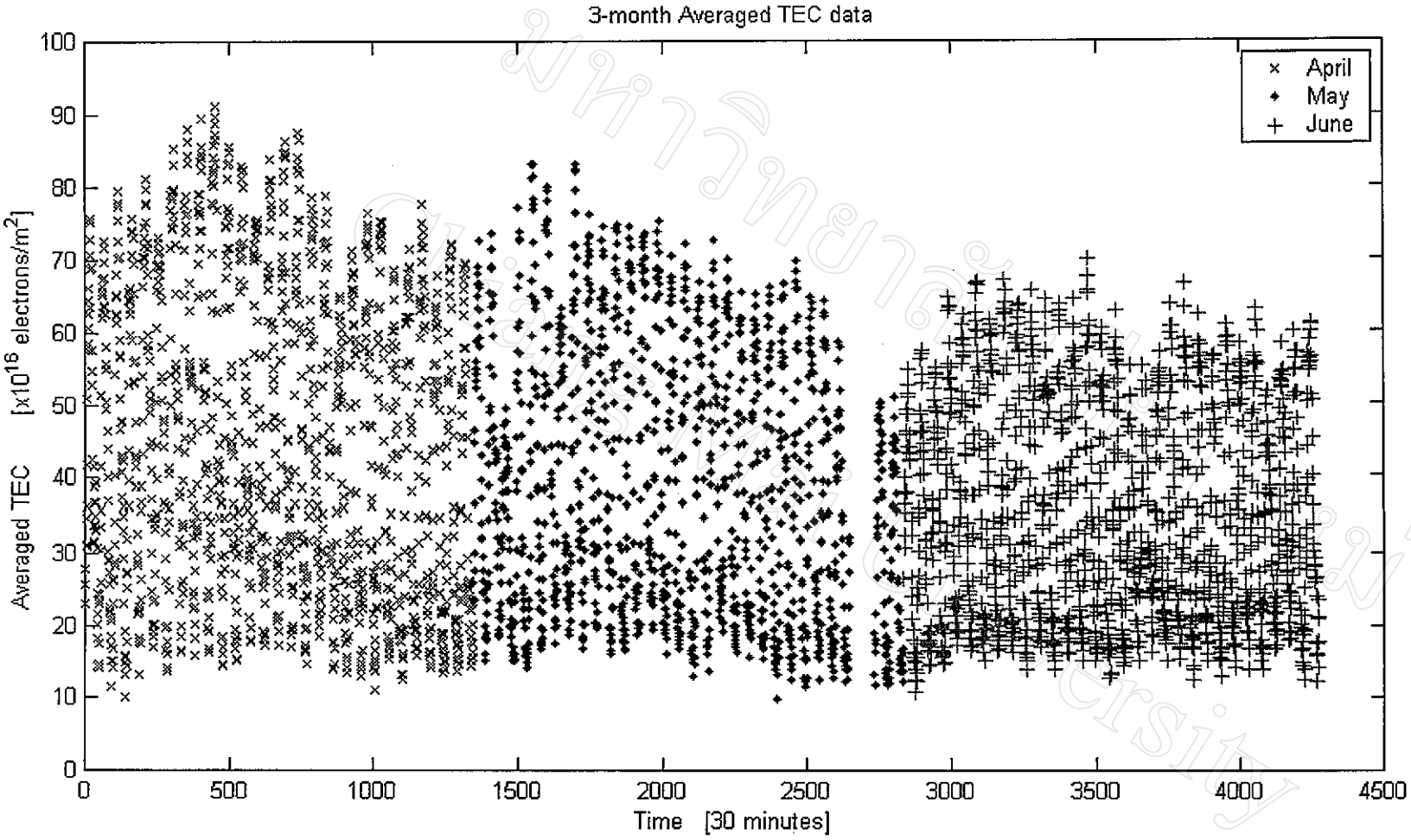
บทที่ 4
ผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้แบ่งการวิเคราะห์ข้อมูล TEC ออกเป็น 3 ส่วน คือ การวิเคราะห์ข้อมูล TEC ด้วยวิธีการ ARMA การวิเคราะห์ข้อมูล TEC ด้วยวิธีการถดถอย เมื่อมีตัวแปรอิสระเป็นองค์ประกอบของความเข้มสนามแม่เหล็กโลก และการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูล TEC ที่ได้จากการทดลอง ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากวิธีการ ARMA จากวิธีการถดถอย และจากแบบจำลองกึ่งเอ็มพิริคัล IRI-95 ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูล TEC ด้วยค่าทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ที่มีความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้นกับข้อมูล TEC จะไม่แสดงในที่นี้ เนื่องจากการที่ค่าทางอุตุนิยมวิทยามีความสัมพันธ์กับข้อมูล TEC เพราะผลของดวงอาทิตย์ ไม่ได้เกี่ยวข้องกับการเกิด หรือการรวมตัวกลับคืนของปริมาณอิเล็กตรอนในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์เลย และถึงแม้ว่าค่าทางอุตุนิยมวิทยาจะช่วยเพิ่มระดับความสัมพันธ์ให้กับข้อมูล TEC ที่ทำนายได้จากข้อมูล TEC ที่มีความไม่น่าเชื่อถือก็ตาม แต่ก็ไม่มากนัก และไม่ได้ช่วยในการเพิ่มระดับความสัมพันธ์กับการทำนายข้อมูล TEC ที่ผ่านการคัดเลือกแล้ว

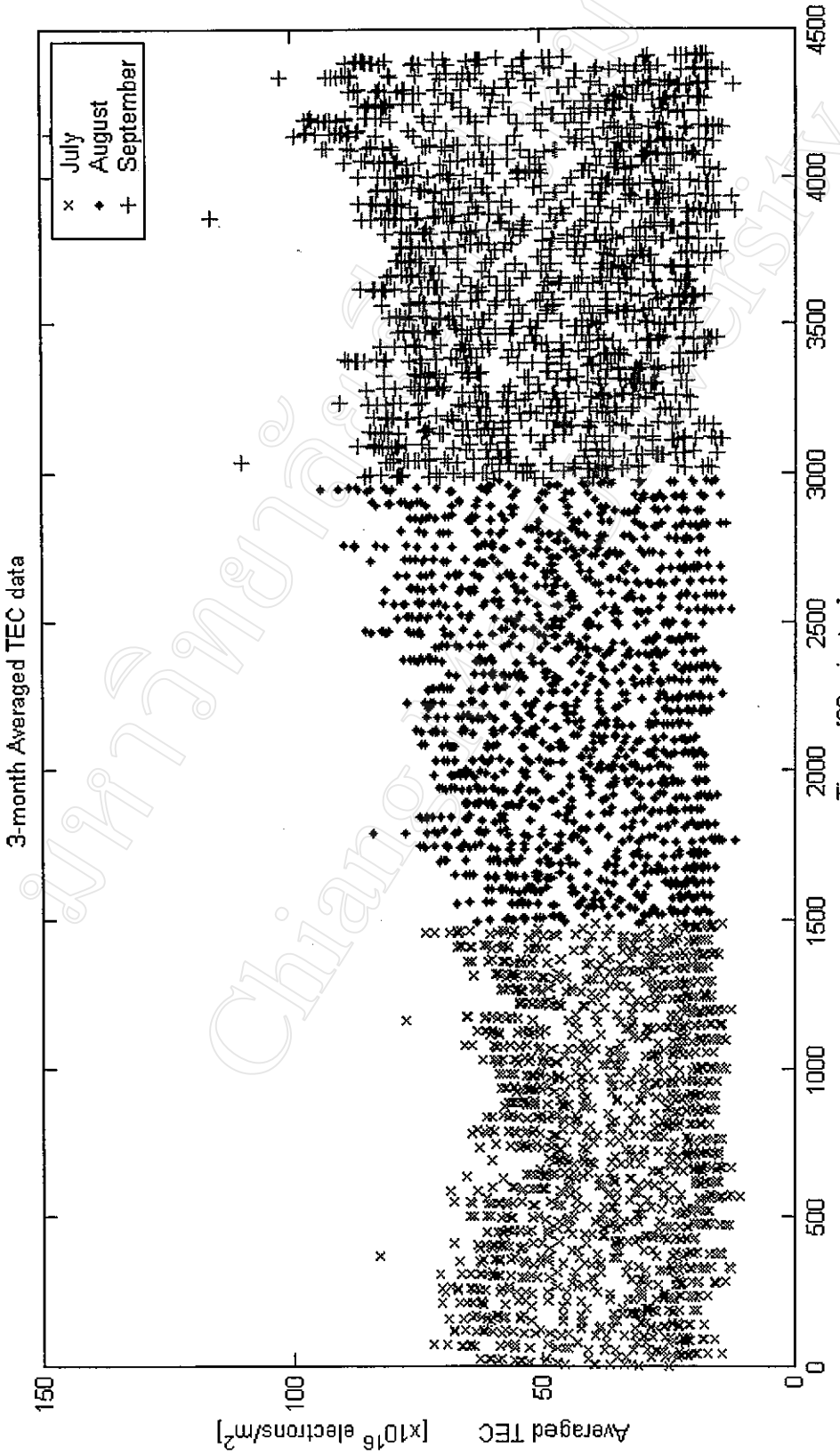
รูปที่ 4.1 4.2 4.3 และ 4.4 แสดงข้อมูล TEC เฉลี่ยทุกๆ 30 นาทีในแต่ละวัน โดยรูปที่ 4.1 แสดงข้อมูล TEC ที่อยู่ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม รูปที่ 4.2 แสดงข้อมูล TEC ที่อยู่ในช่วงเดือนเมษายนถึงมิถุนายน รูปที่ 4.3 แสดงข้อมูล TEC ที่อยู่ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงกันยายน และรูปที่ 4.4 แสดงข้อมูล TEC ที่อยู่ในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคมตามลำดับ ช่วงกราฟที่ขาดหายไปอาจหมายถึงข้อมูล TEC ที่ไม่น่าเชื่อถือจึงไม่นำมาคิด หรือช่วงเวลานั้น ไม่สามารถวัดค่า TEC ได้เนื่องจากสาเหตุต่างๆ เช่น ไฟฟ้าดับ การทำงานของเครื่องมือวัด TEC-METER ทำงานผิดพลาด โปรแกรมที่ใช้ในการรับข้อมูลทำงานผิดพลาดเป็นต้น



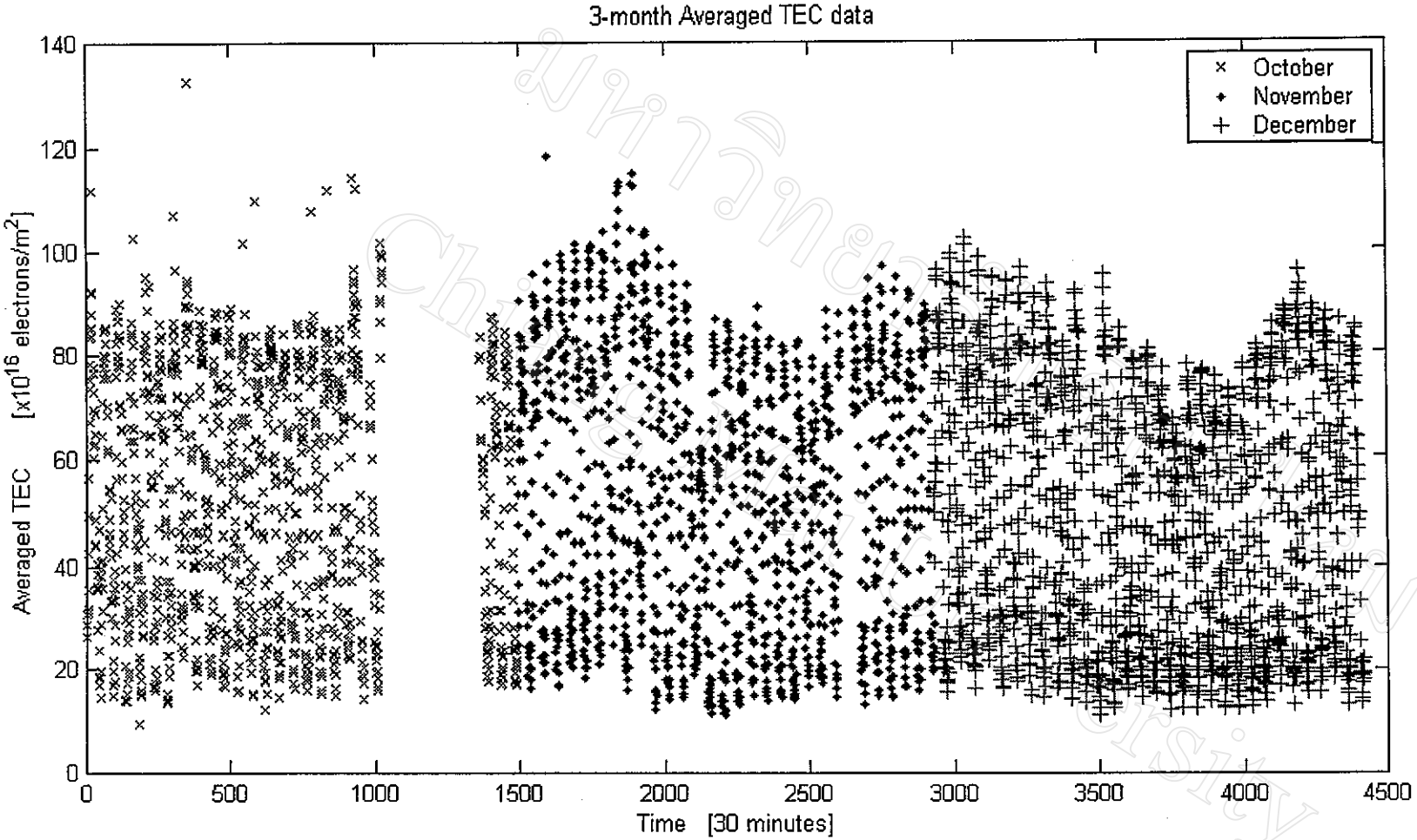
รูปที่ 4.1 ข้อมูล TEC เฉลี่ยทุก 30 นาที ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2541



รูปที่ 4.2 ข้อมูล TEC เฉลี่ยทุก 30 นาที ในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2541



รูปที่ 4.3 ข้อมูล TEC เฉลี่ยทุก 30 นาที ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2541



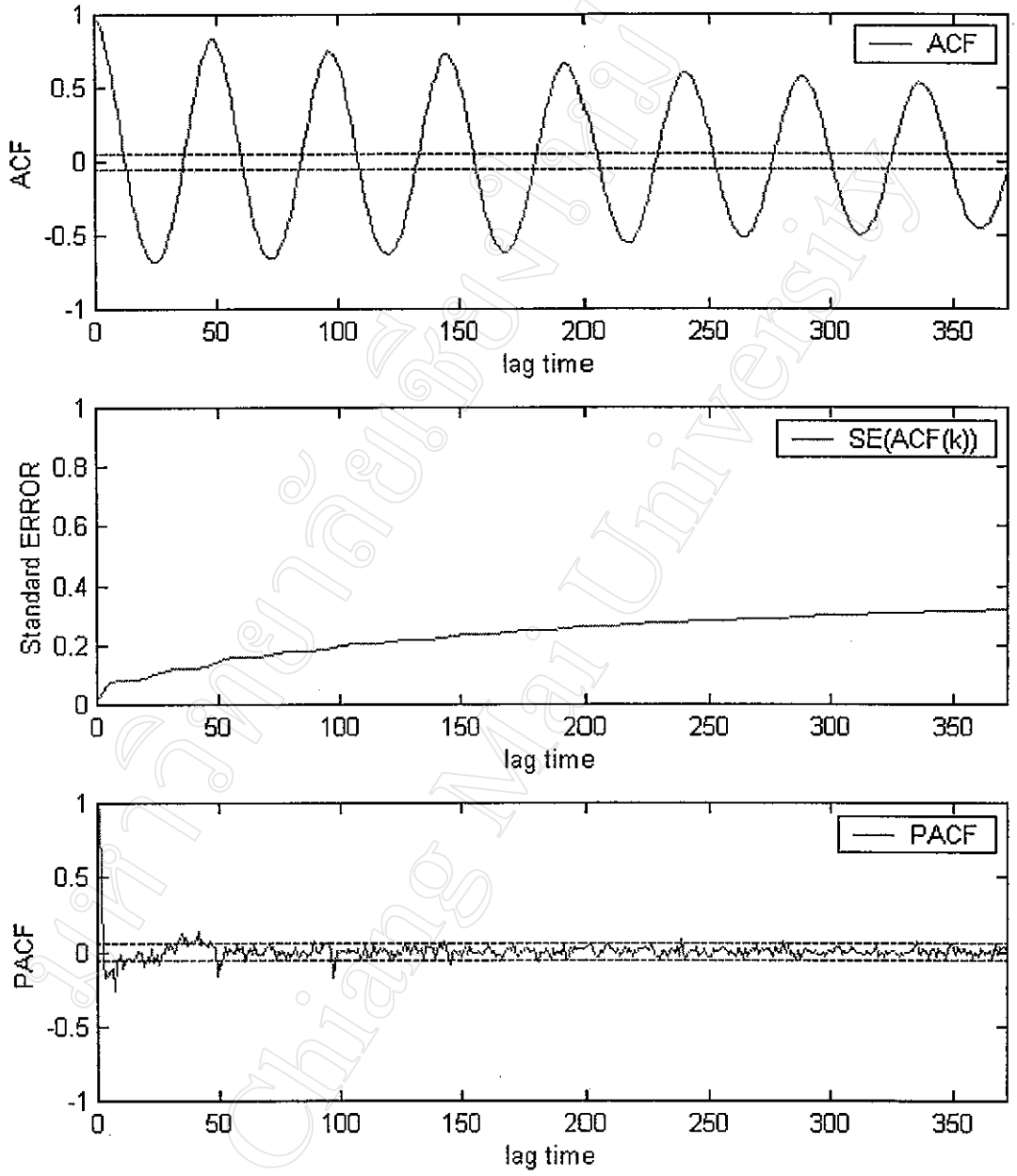
รูปที่ 4.4 ข้อมูล TEC เฉลี่ยทุก 30 นาที ในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2541

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล TEC ด้วยวิธี ARMA

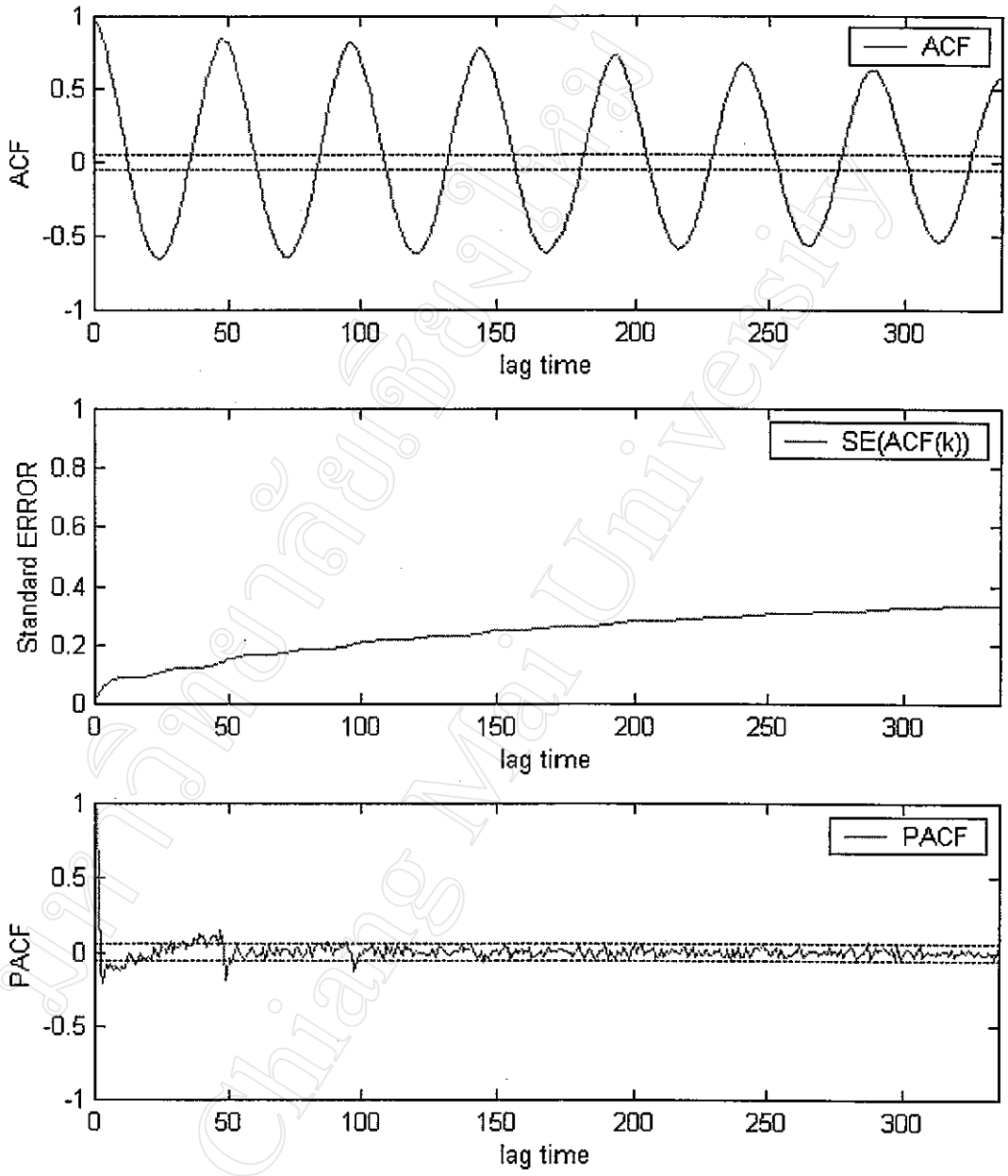
ตามที่ได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.10 เรื่องการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการ ARMA ว่า จะต้องทำการทดสอบระดับความสัมพันธ์ของข้อมูลในอดีตก่อนเป็นอันดับแรก โดยการพิจารณาจากกราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง กราฟความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง และกราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ผลการวิเคราะห์ข้อมูล TEC รายเดือนแสดงได้ดังรูปที่ 4.5 ถึง 4.16

จากรูปที่ 4.5 ถึง 4.16 เมื่อพิจารณากราฟสหสัมพันธ์ในตัวเอง จะเห็นว่า ข้อมูล TEC มีความสัมพันธ์กับข้อมูลในอดีต โดยแสดงความสัมพันธ์ออกมาในลักษณะของข้อมูลที่เกิดซ้ำคาบ โดยมีช่วงคาบเป็น 48 ช่วงเวลา ส่วนกราฟความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสหสัมพันธ์ในตัวเองแสดงถึงความไม่เป็นสเตชันนารีของข้อมูล เนื่องจากข้อมูลมีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง และกราฟสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนแสดงถึงข้อมูลมีรูปแบบเป็น AR เมื่อข้อมูลมีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงต้องเปลี่ยนข้อมูล TEC ให้อยู่ในรูปที่เป็นสเตชันนารีก่อน ด้วยการหาผลต่างตามความยาวของฤดูกาล ในที่นี้ ความยาวของฤดูกาลหรือคาบของข้อมูล TEC คือ 48 ช่วงเวลา หลังจากนั้นจึงทำการหาค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองและสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของข้อมูลใหม่นี้แล้วพิจารณาดูอีกทีว่าข้อมูลเป็นสเตชันนารีหรือยัง ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.17 ถึง 4.28

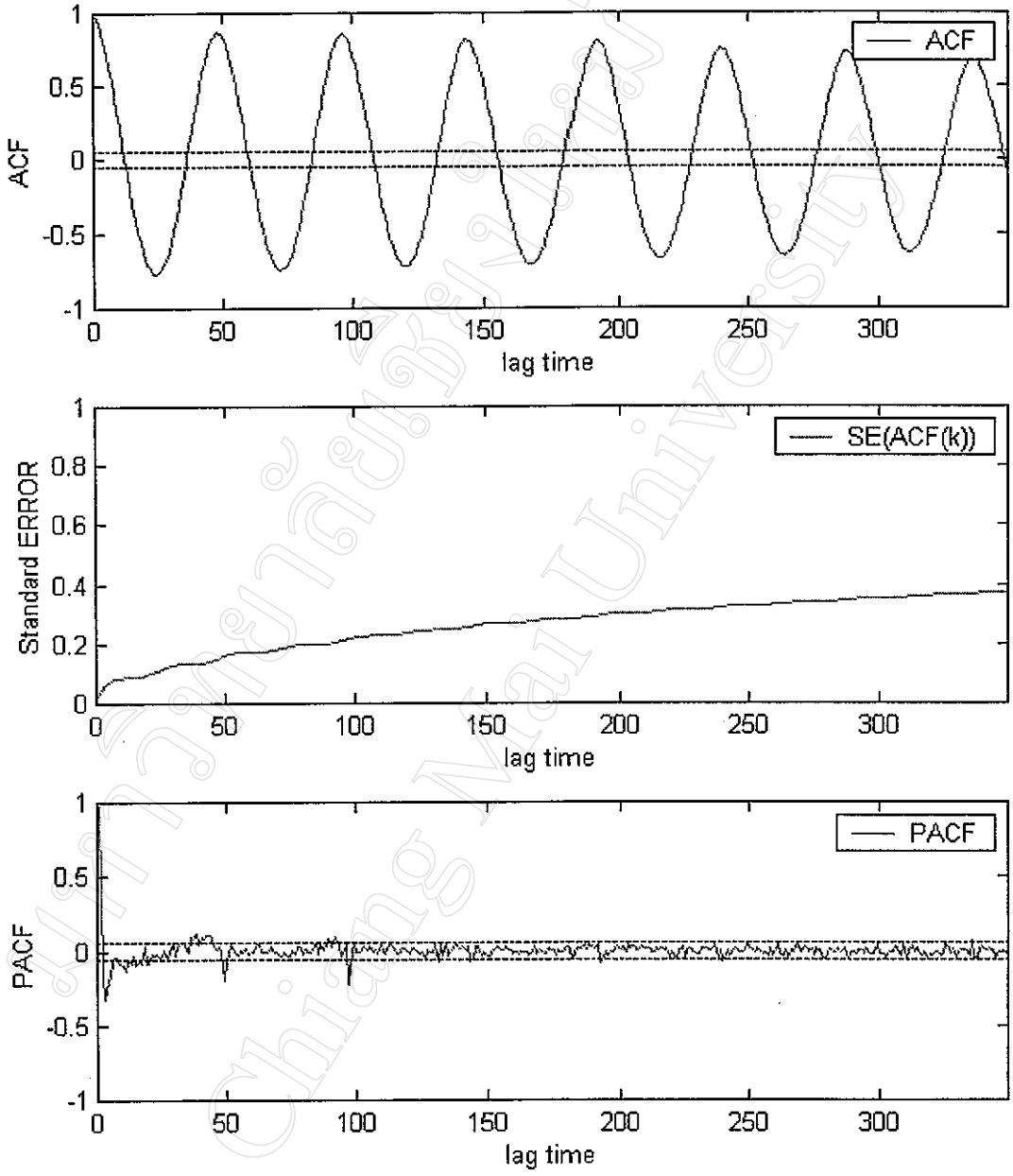
จากรูปที่ 4.17 ถึง 4.28 จะเห็นว่า ข้อมูล TEC ที่ทำการหาผลต่างของฤดูกาลแล้ว เป็นสเตชันนารี เนื่องจากค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองมีค่าคงที่ ดังนั้น รูปแบบที่จะต้องกำหนดให้กับข้อมูล TEC จะอยู่ในรูปของ SARIMA จากนั้น ก็พิจารณาการเคลื่อนไหวของกราฟสหสัมพันธ์ในตัวเองและสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนในรูปที่ 4.17 ถึง 4.28 ว่าข้อมูลแต่ละชุดมีสหสัมพันธ์กับข้อมูลที่อยู่ในฤดูกาลเดียวกันหรือไม่ ถ้ามีก็ต้องกำหนดรูปแบบคูณตามข้อแนะนำของ Box-Jenkins [*วิชิตและคณะ*, 2539] และสามารถสรุปการกำหนดรูปแบบของข้อมูลทั้ง 12 เดือนได้ดังตารางที่ 4.1



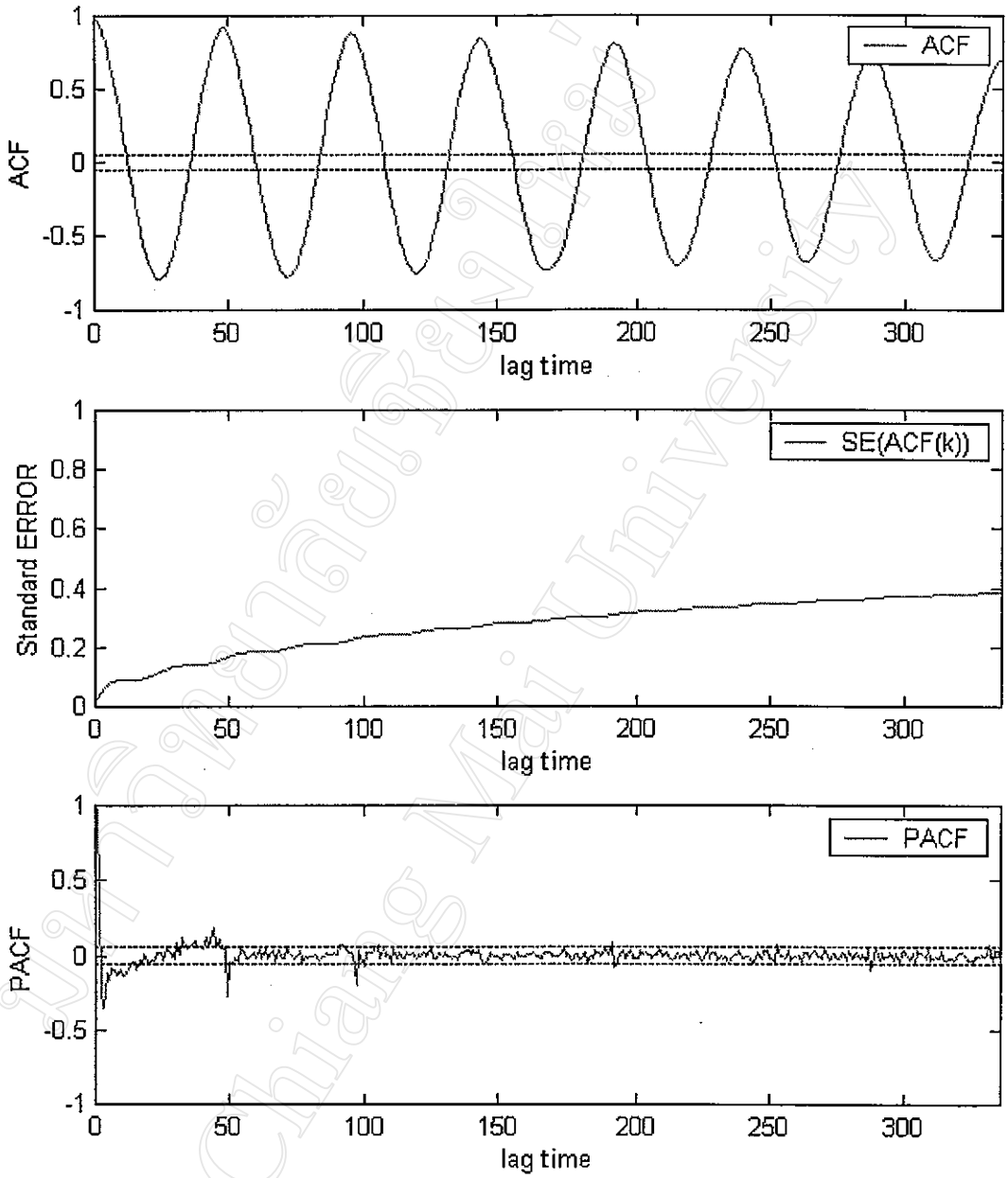
รูปที่ 4.5 กราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง กราฟความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง และกราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ ในตัวเองบางส่วน ของข้อมูล TEC ในเดือนมกราคมพ.ศ. 2541



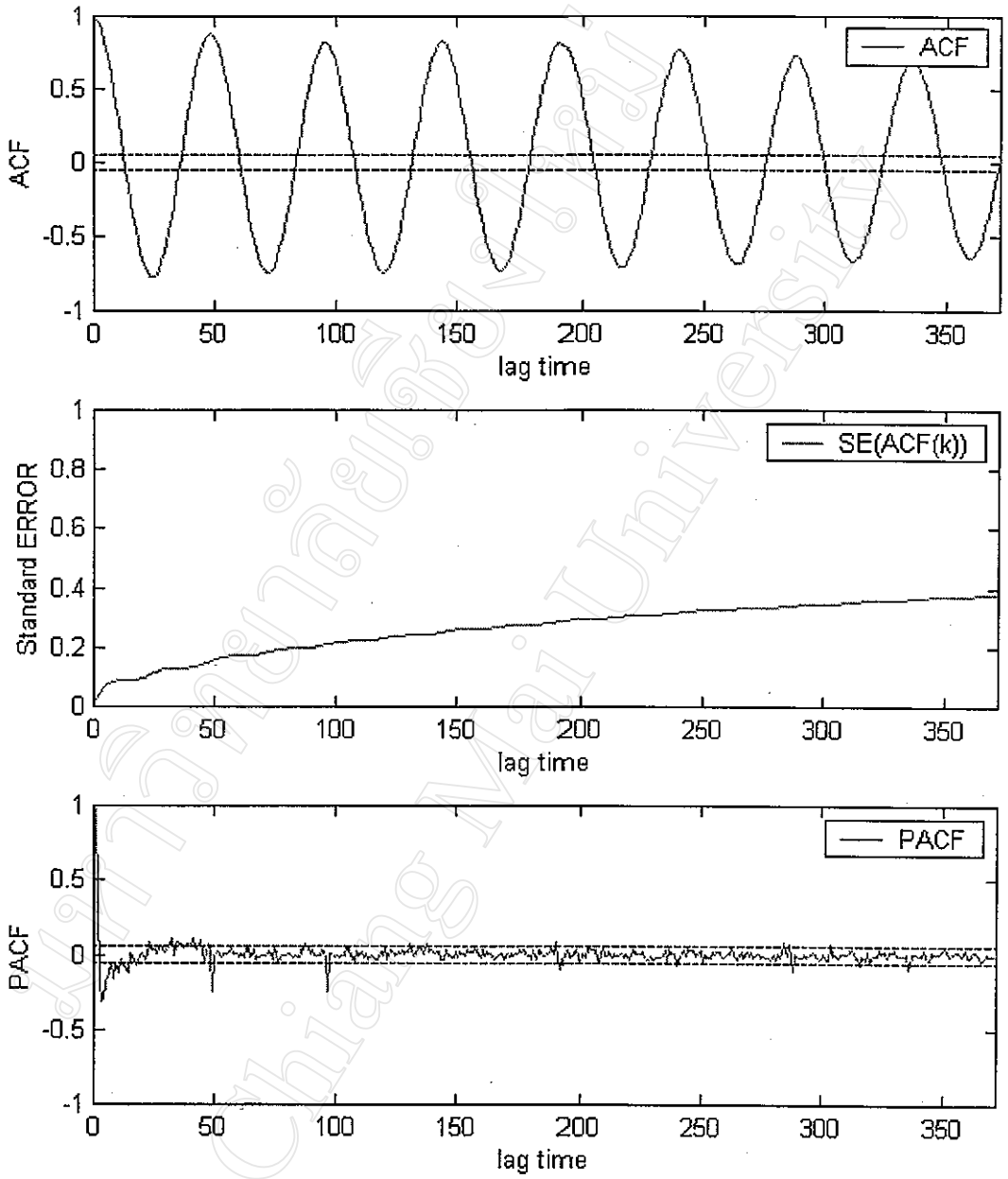
รูปที่ 4.6 กราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง กราฟความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง และกราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ ในตัวเองบางส่วน ของข้อมูล TEC ในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2541



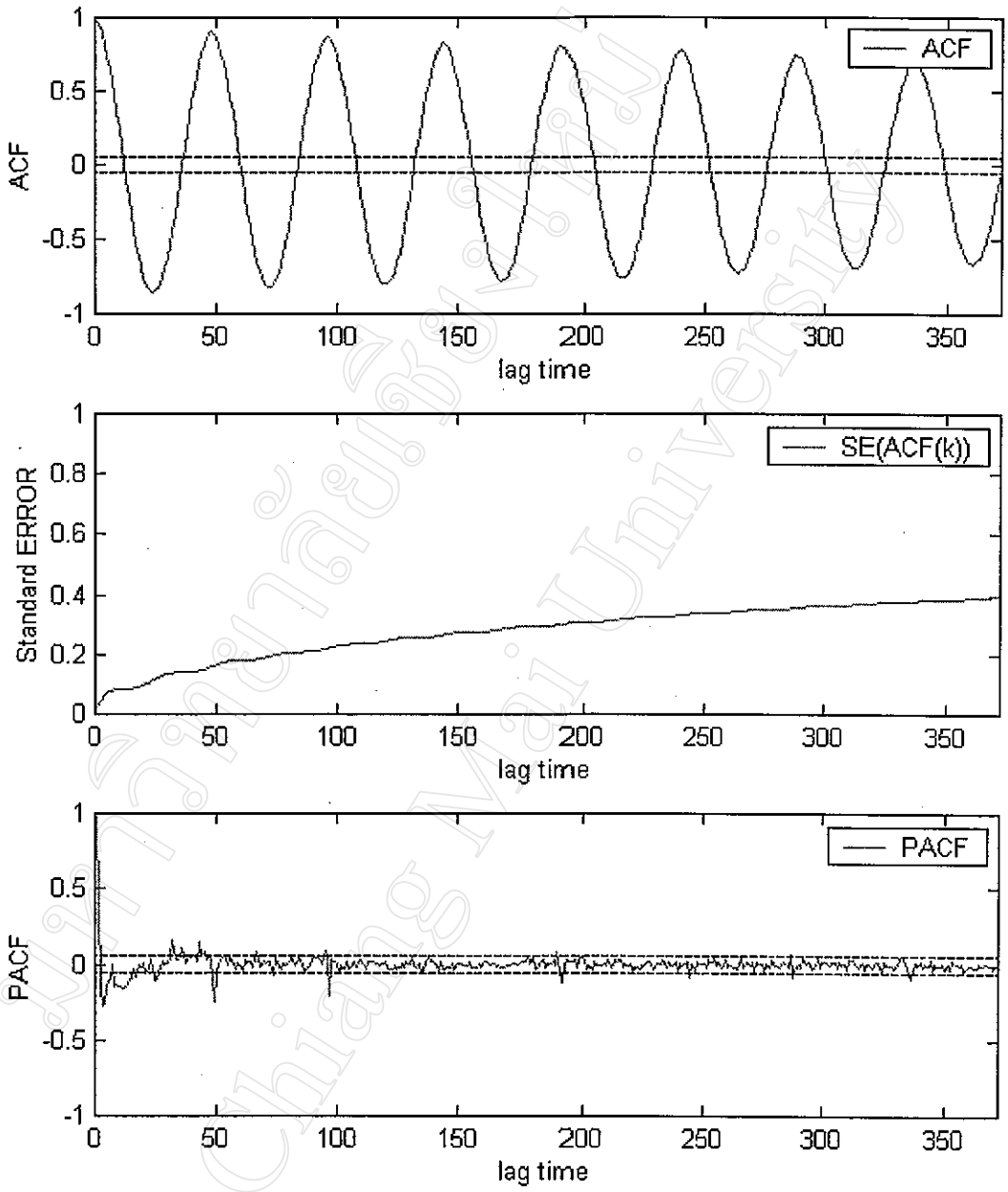
รูปที่ 4.7 กราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง กราฟความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง และกราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ ในตัวเองบางส่วน ของข้อมูล TEC ในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2541



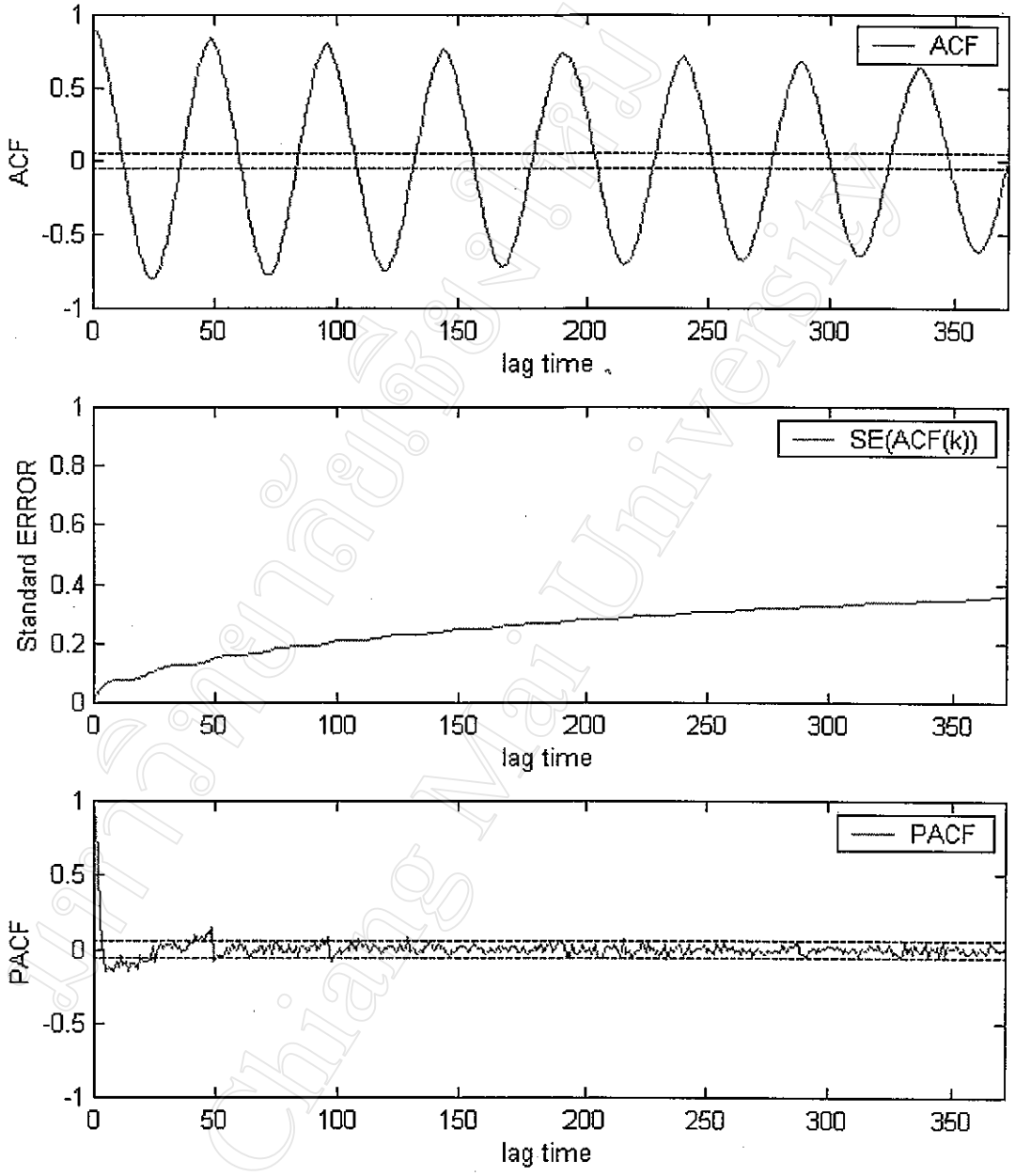
รูปที่ 4.8 กราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง กราฟความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง และกราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ ในตัวเองบางส่วน ของข้อมูล TEC ในเดือนเมษายน พ.ศ. 2541



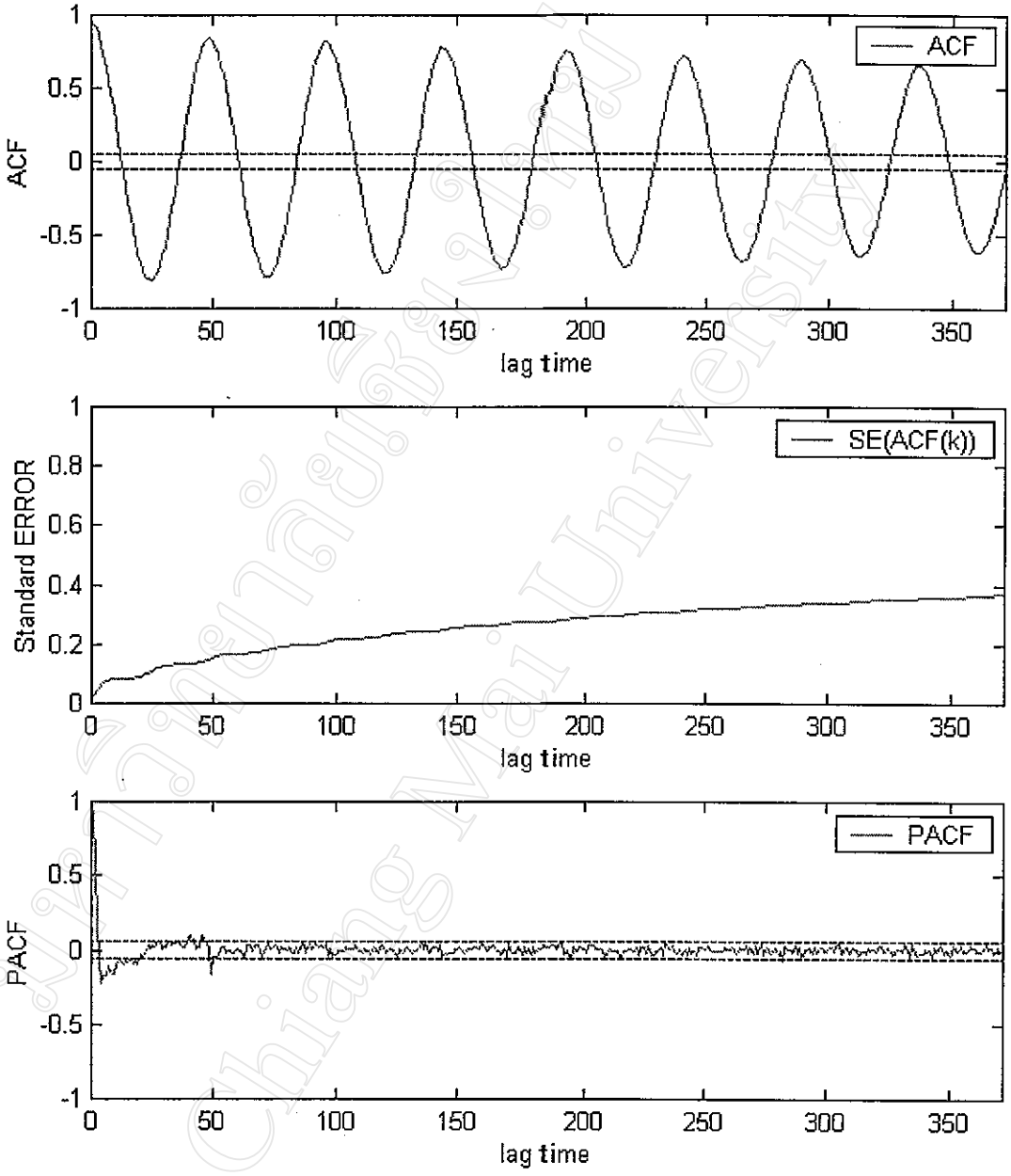
รูปที่ 4.9 กราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง กราฟความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง และกราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ ในตัวเองบางส่วน ของข้อมูล TEC ในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2541



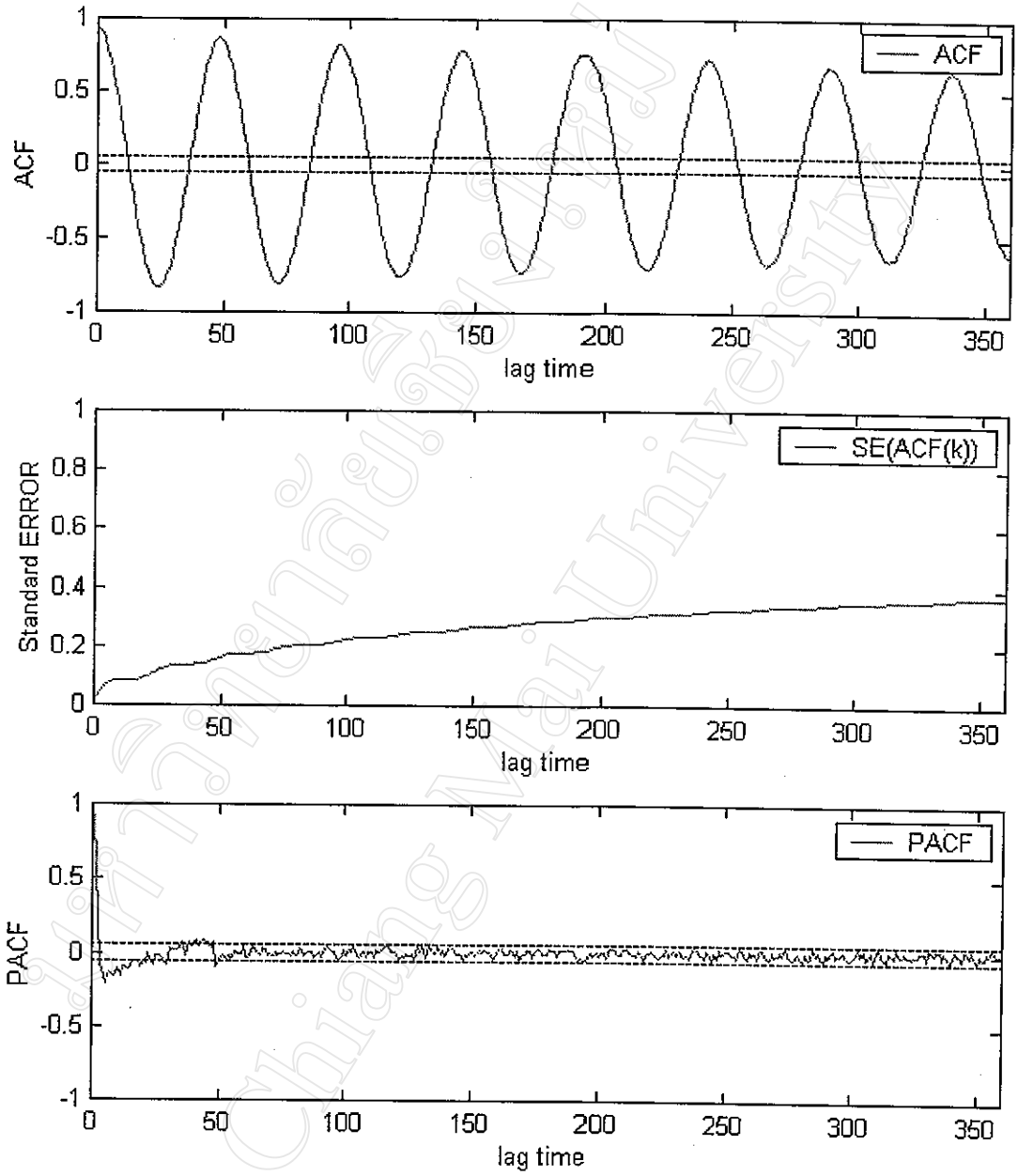
รูปที่ 4.10 กราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง กราฟความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง และกราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ ในตัวเองบางส่วน ของข้อมูล TEC ในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2541



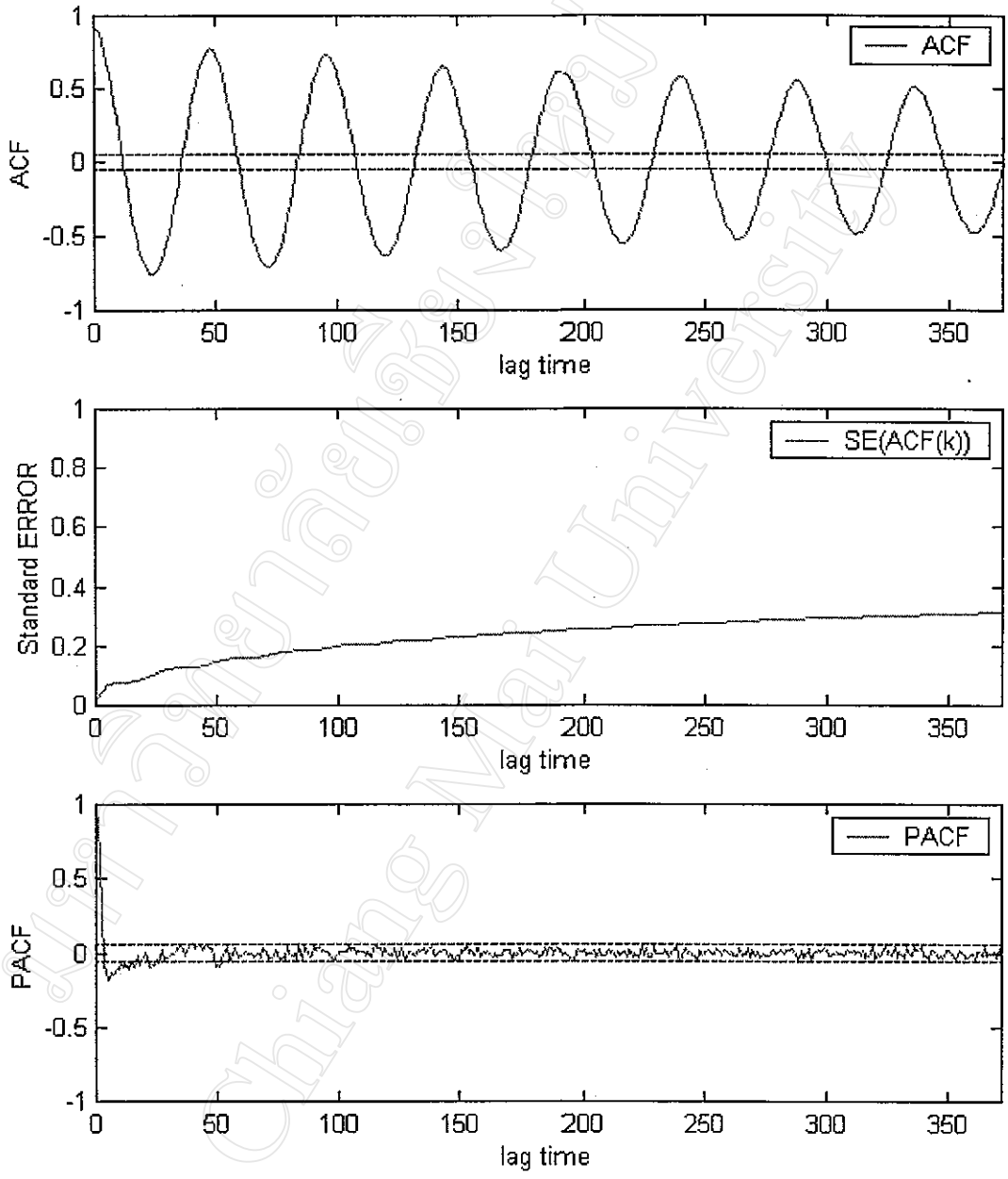
รูปที่ 4.11 กราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง กราฟความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง และกราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ ในตัวเองบางส่วน ของข้อมูล TEC ในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2541



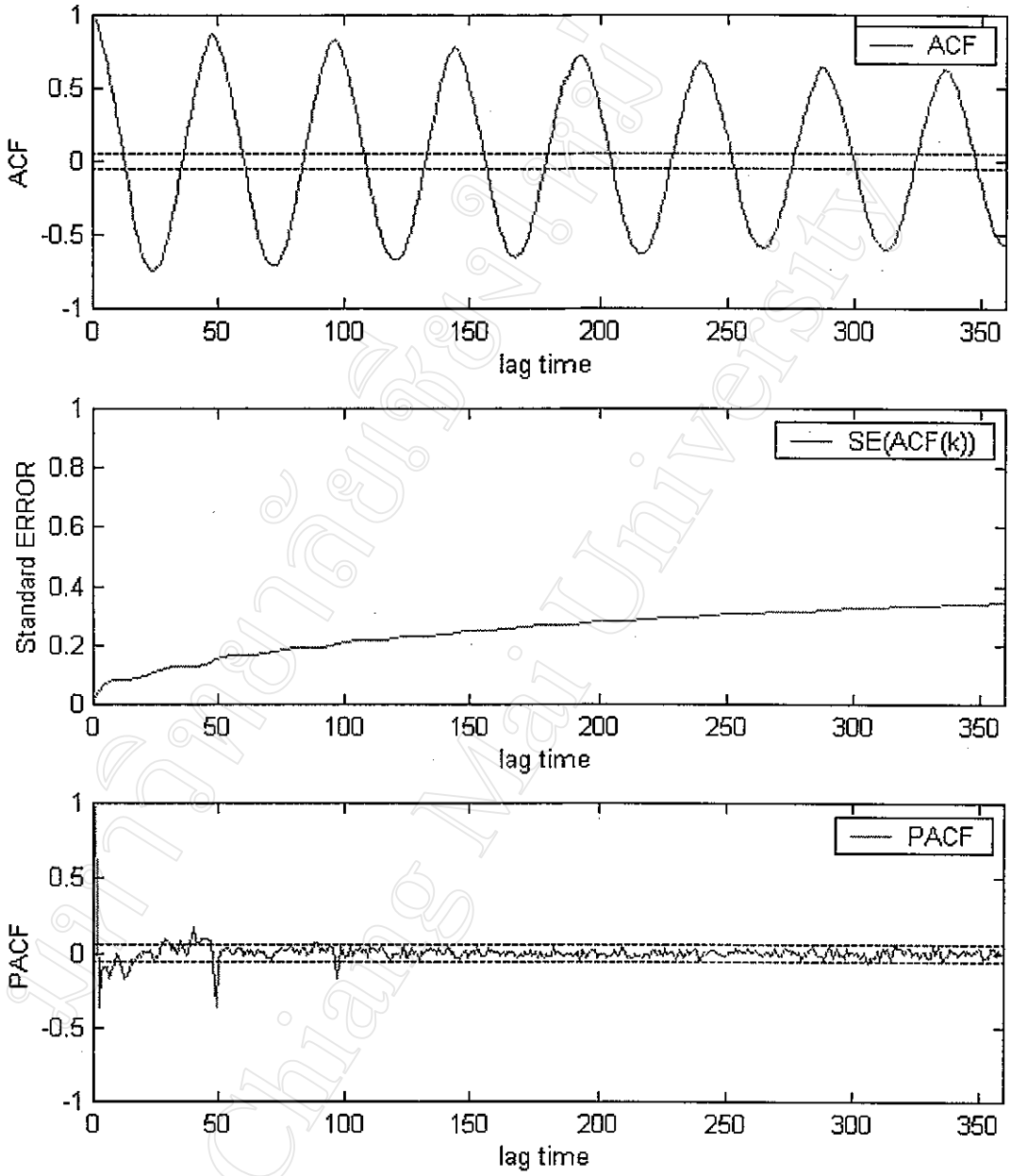
รูปที่ 4.12 กราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง กราฟความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง และกราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ ในตัวเองบางส่วน ของข้อมูล TEC ในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2541



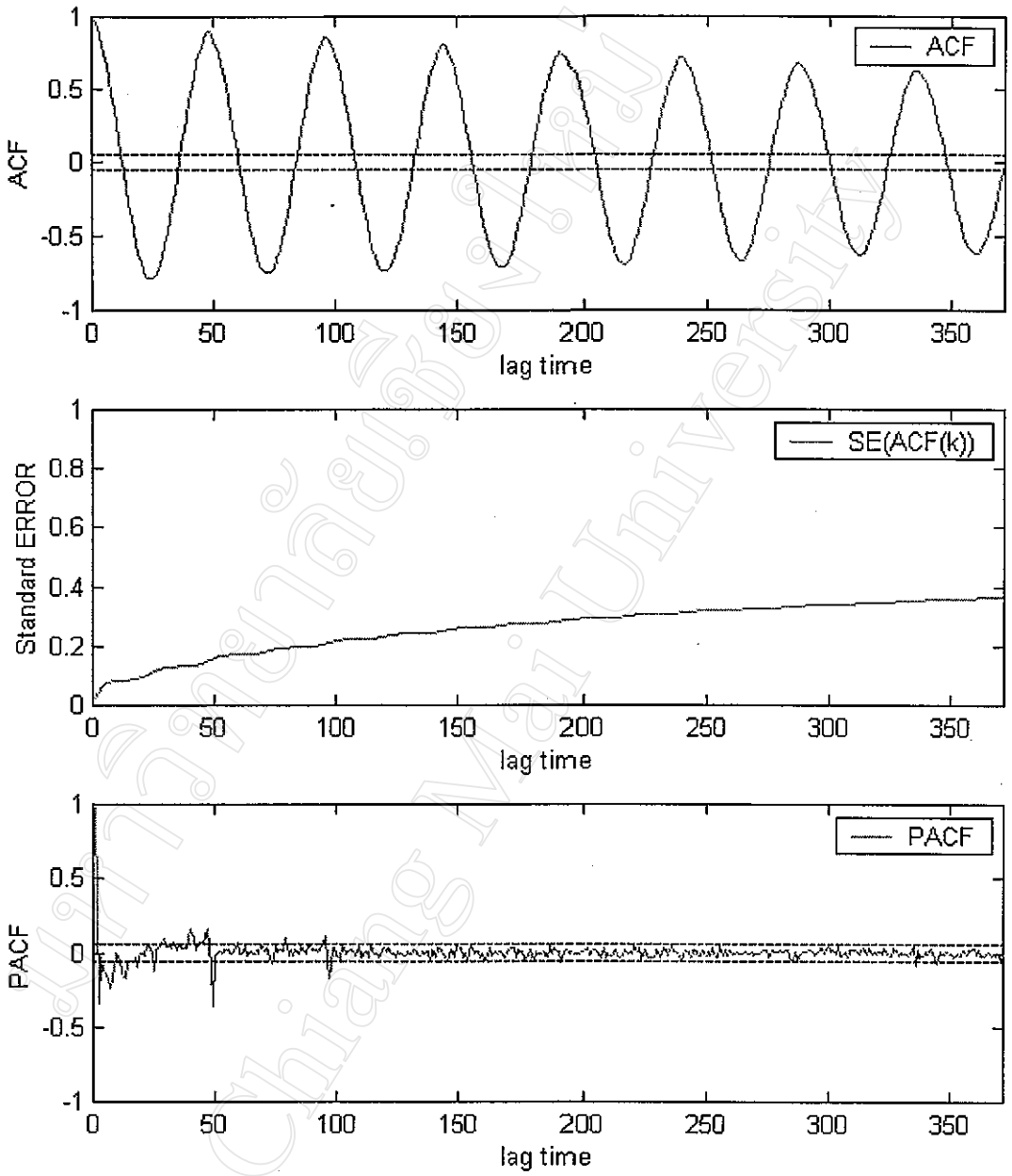
รูปที่ 4.13 กราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง กราฟความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง และกราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ ในตัวเองบางส่วน ของข้อมูล TEC ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2541



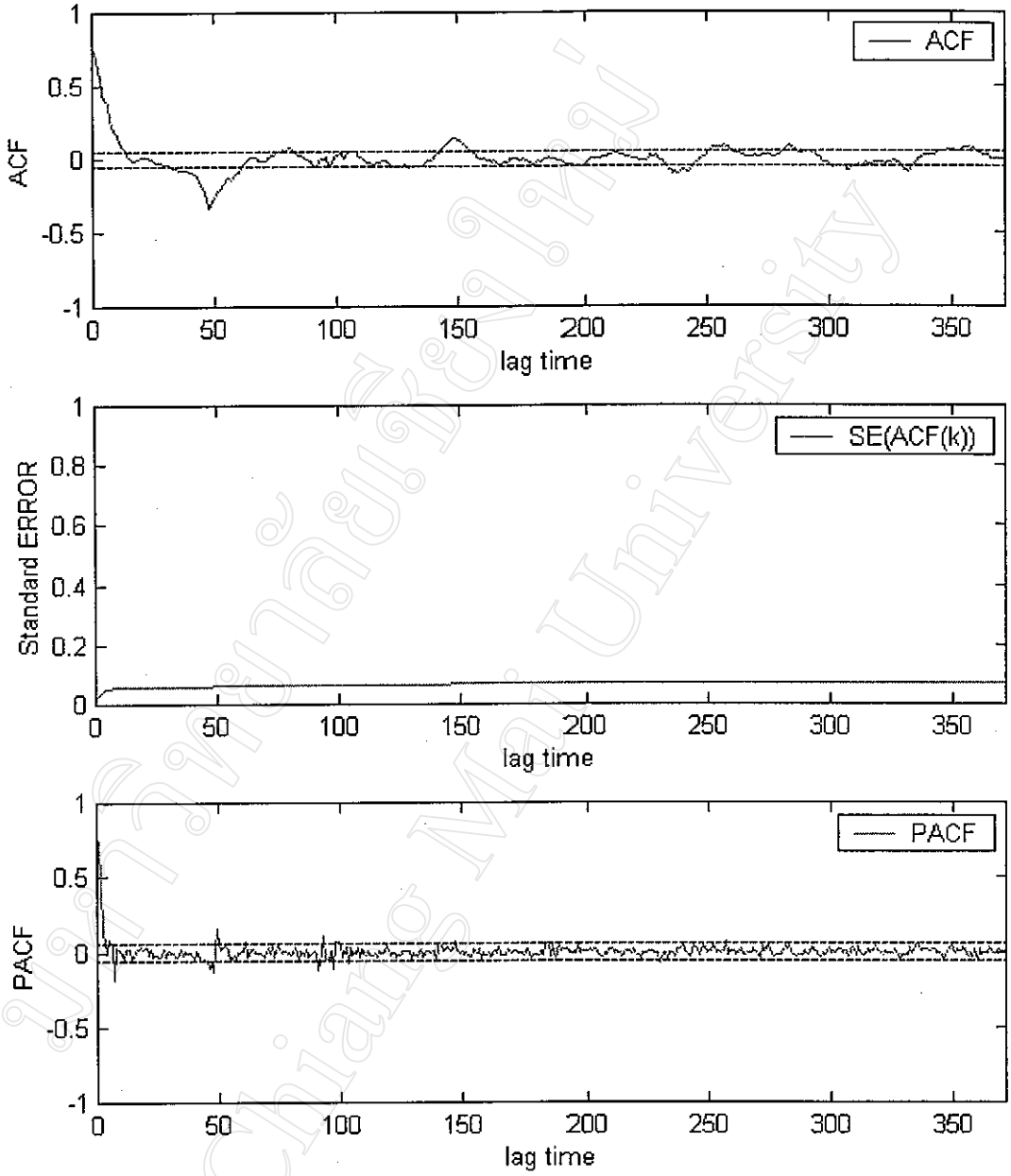
รูปที่ 4.14 กราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง กราฟความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง และกราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ ในตัวเองบางส่วน ของข้อมูล TEC ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541



รูปที่ 4.15 กราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง กราฟความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง และกราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ ในตัวเองบางส่วน ของข้อมูล TEC ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2541

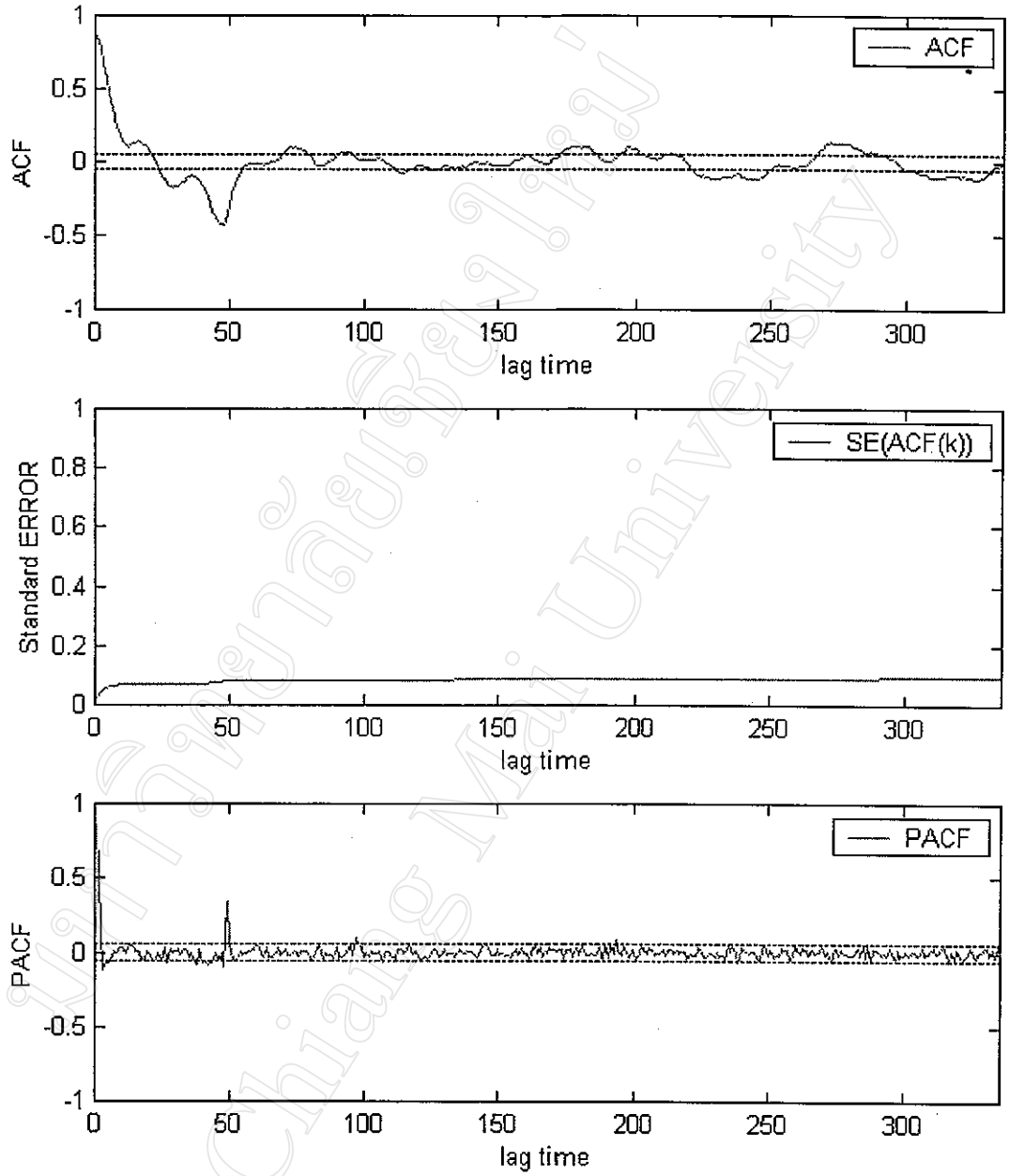


รูปที่ 4.16 กราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง กราฟความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง และกราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ ในตัวเองบางส่วน ของข้อมูล TEC ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2541



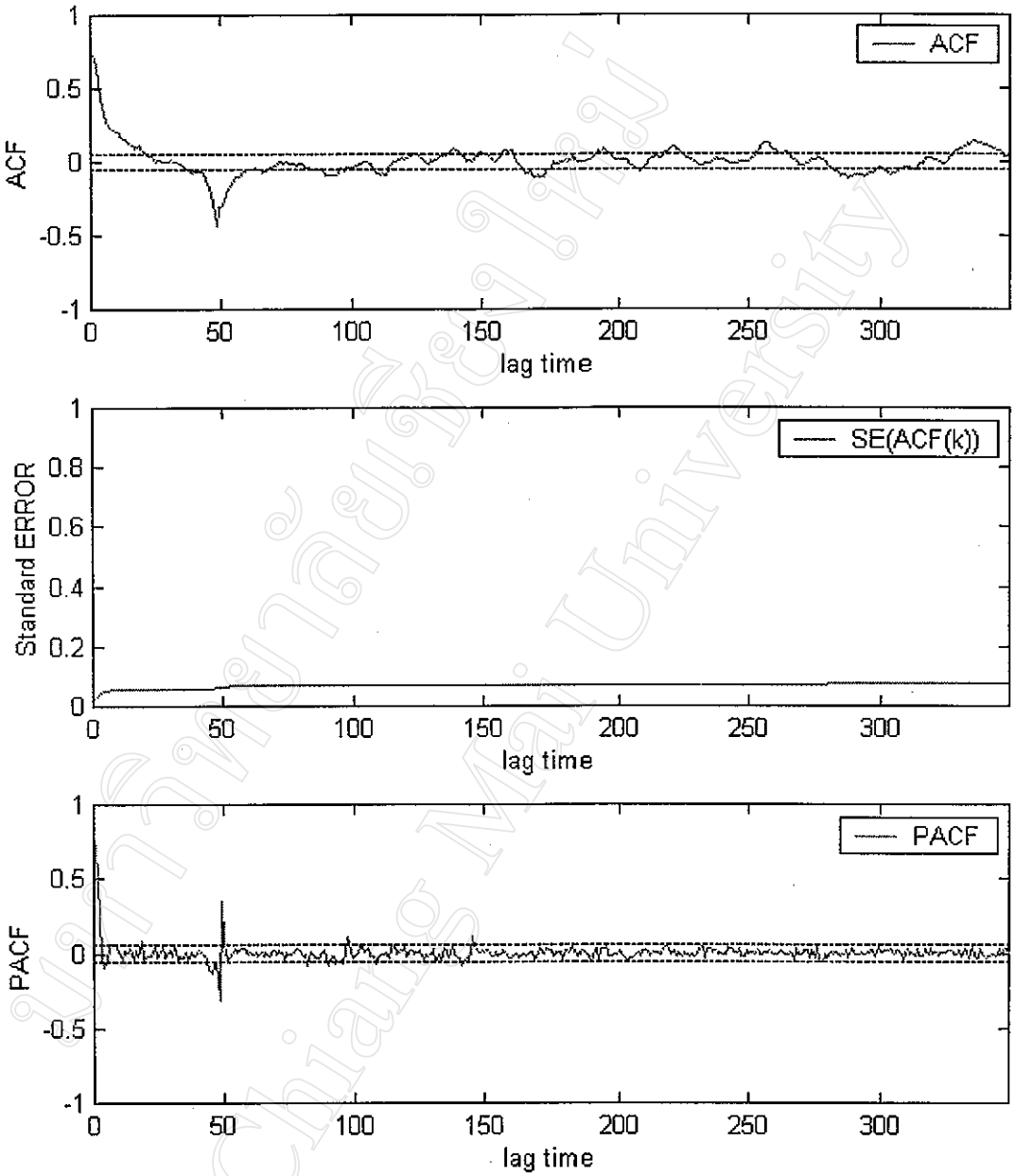
รูปที่ 4.17 กราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง กราฟความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง และกราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง บางส่วน ของผลต่างฤดูกาลของข้อมูล TEC ในเดือนมกราคม พ.ศ. 2541

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



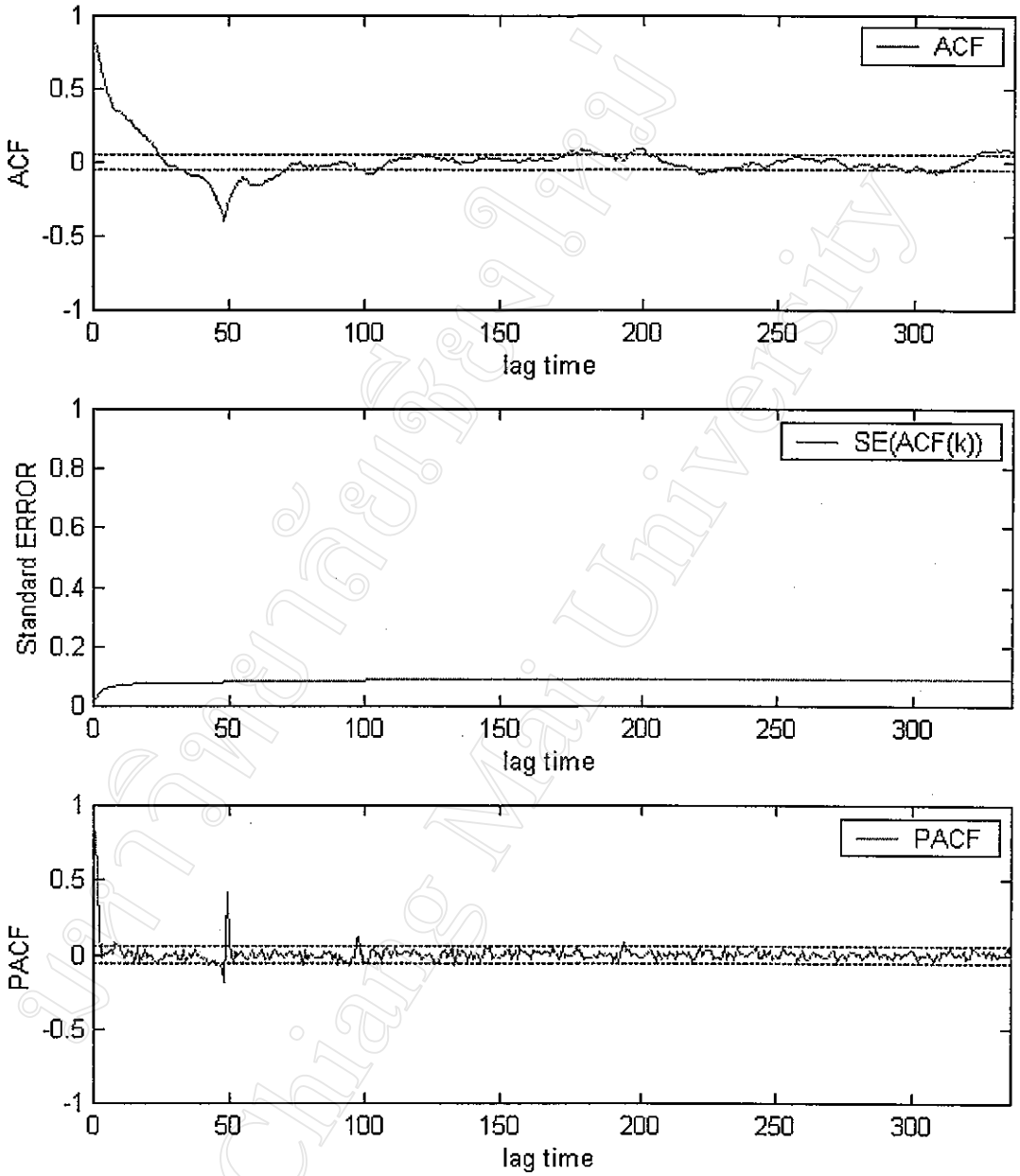
รูปที่ 4.18 กราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง กราฟความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง และกราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง บางส่วน ของผลต่างฤดูกาลของข้อมูล TEC ในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2541

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



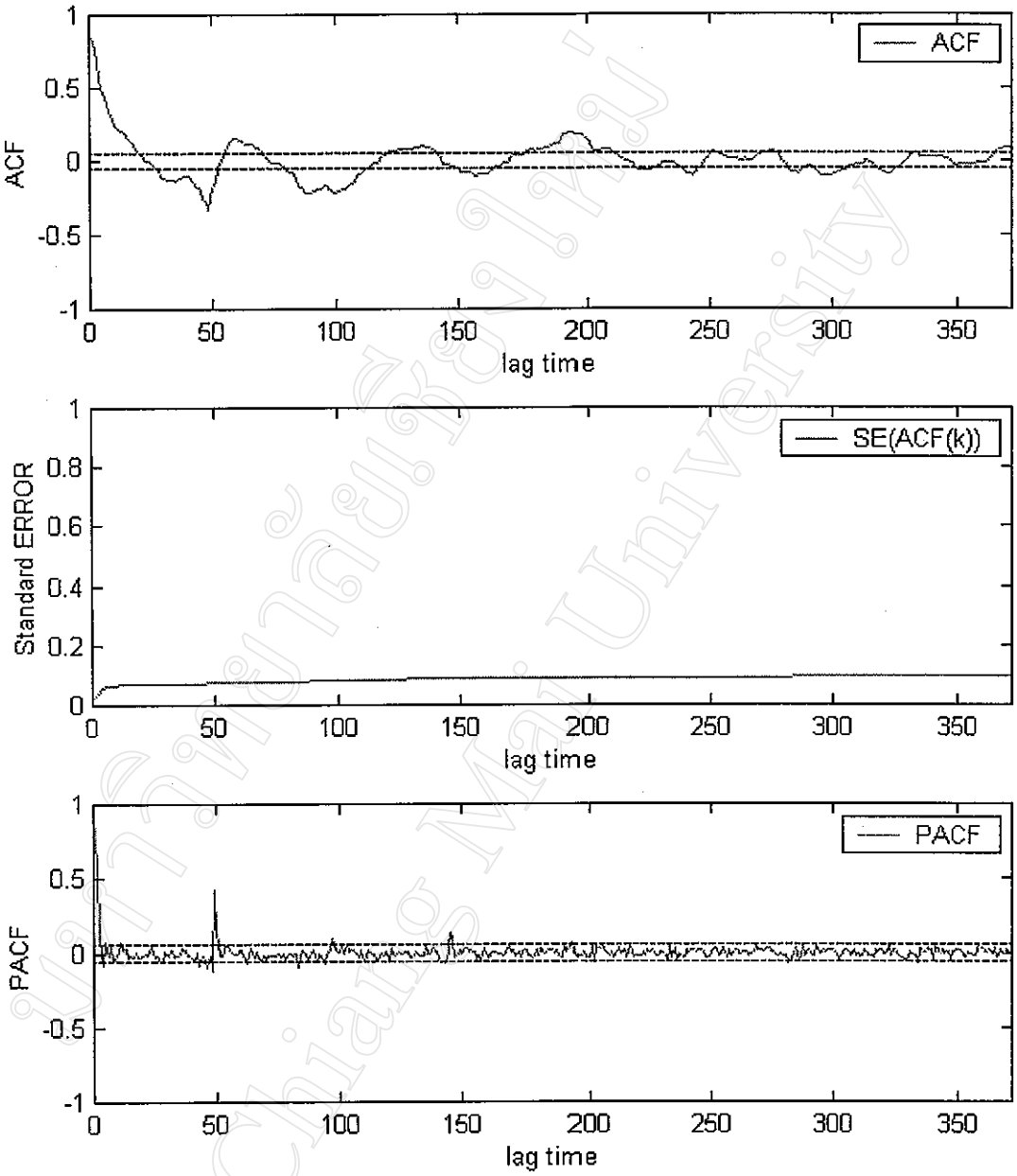
รูปที่ 4.19 กราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง กราฟความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง และกราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง บางส่วน ของผลต่างฤดูกาลของข้อมูล TEC ในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2541

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

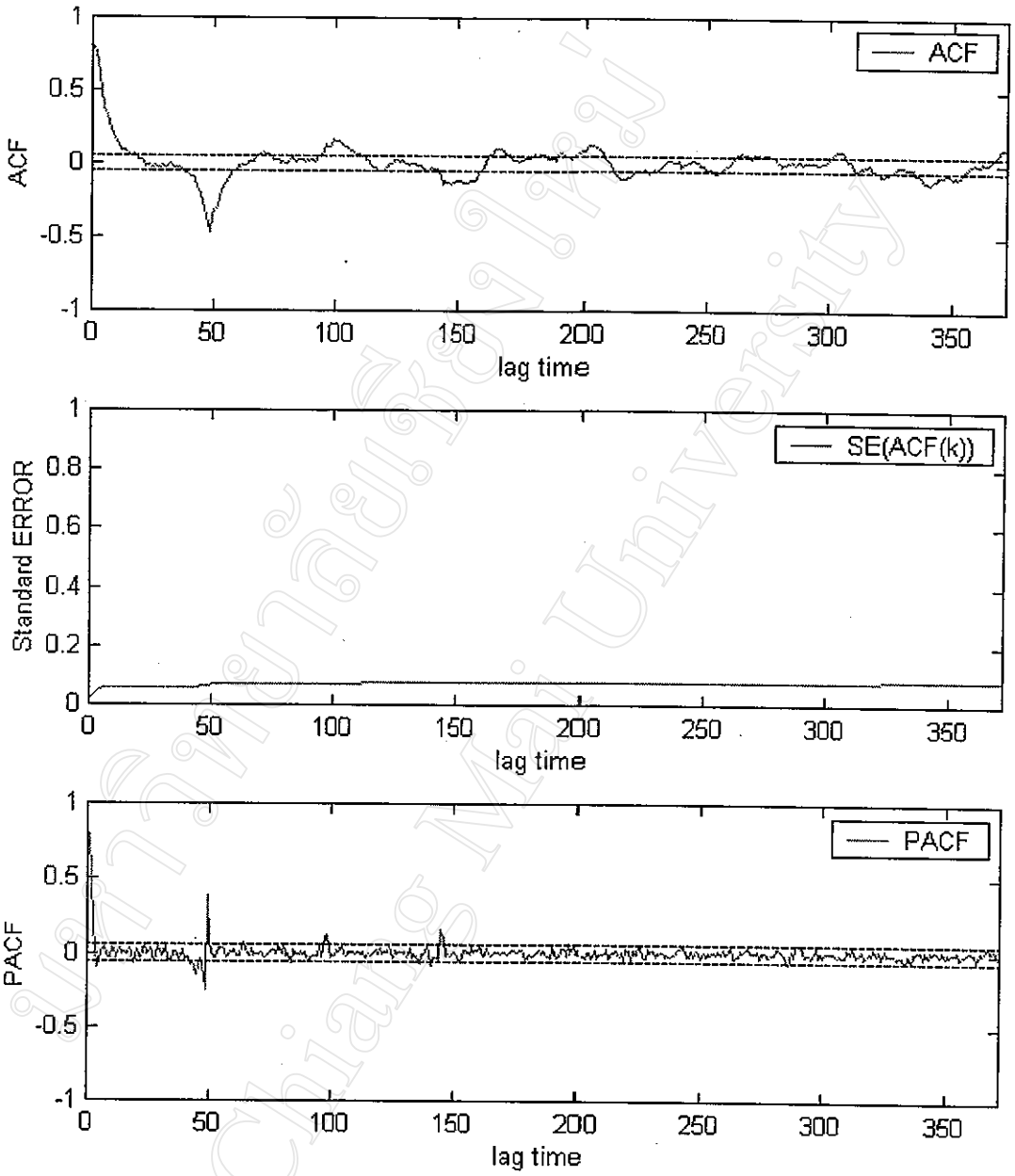


รูปที่ 4.20 กราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง กราฟความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง และกราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง บางส่วน ของผลต่างฤดูกาลของข้อมูล TEC ในเดือนเมษายน พ.ศ. 2541

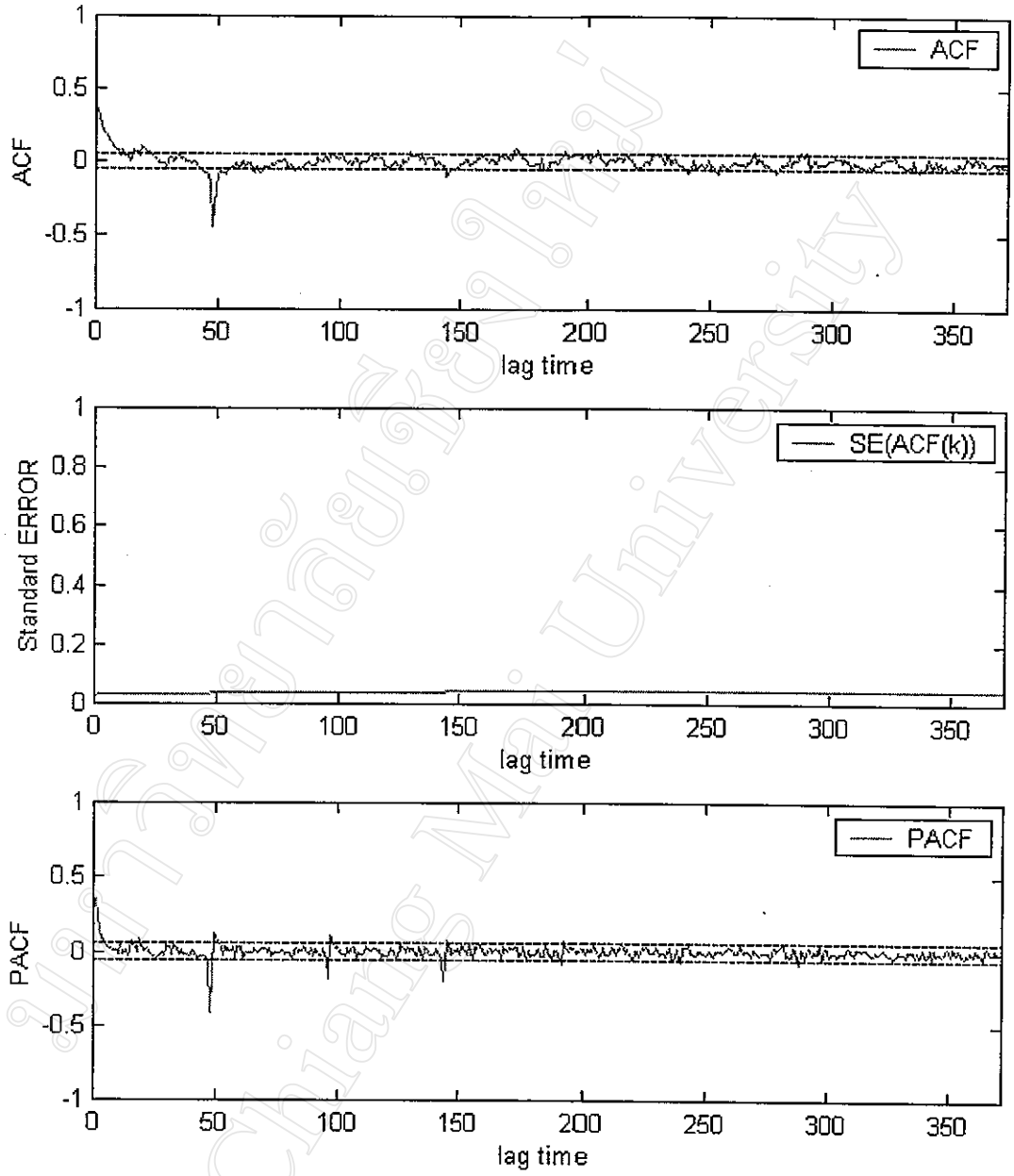
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



รูปที่ 4.21 กราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง กราฟความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง และกราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง บางส่วน ของผลต่างฤดูกาลของข้อมูล TEC ในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2541

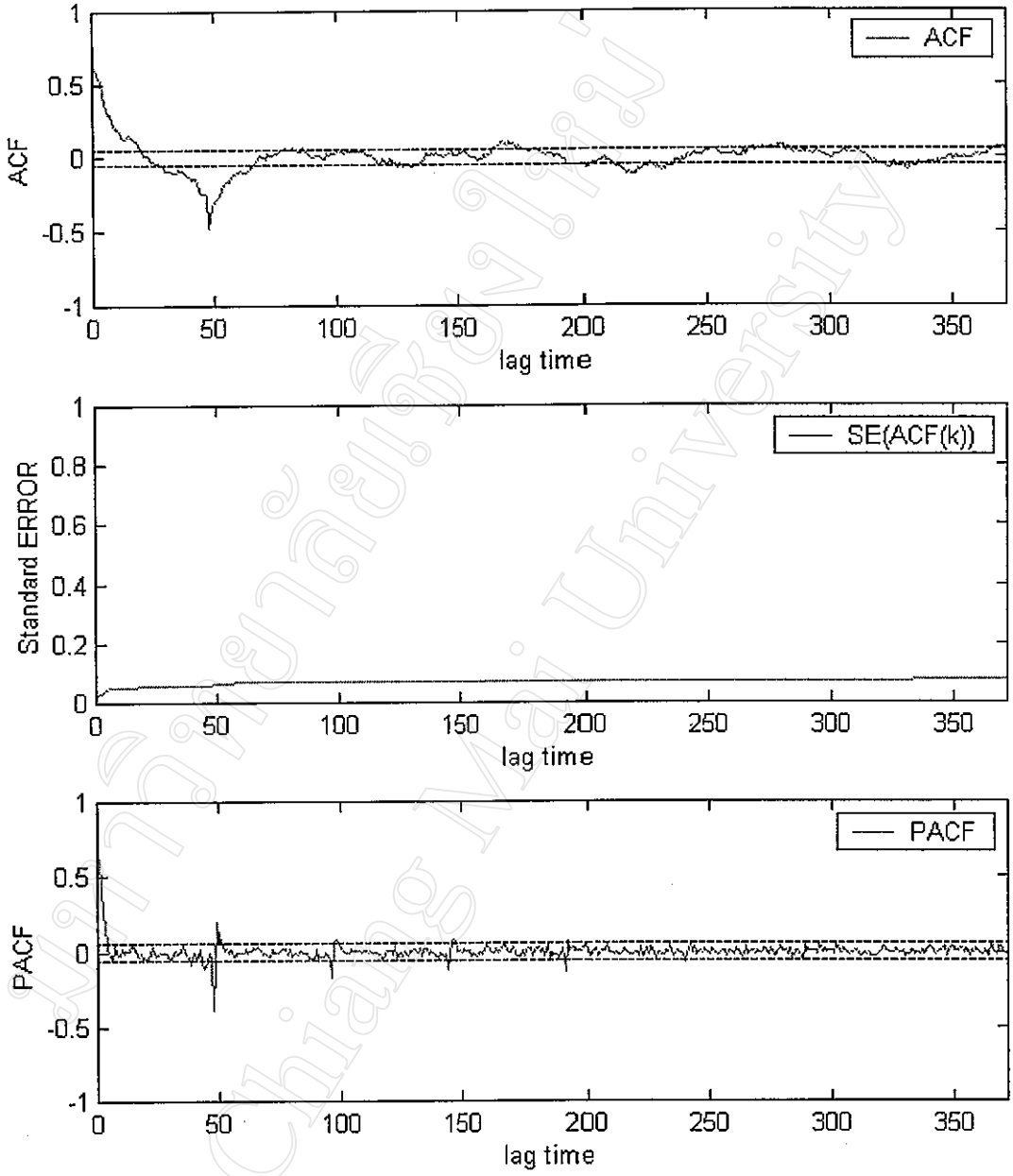


รูปที่ 4.22 กราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง กราฟความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง และกราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง บางส่วน ของผลต่างฤดูกาลของข้อมูล TEC ในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2541

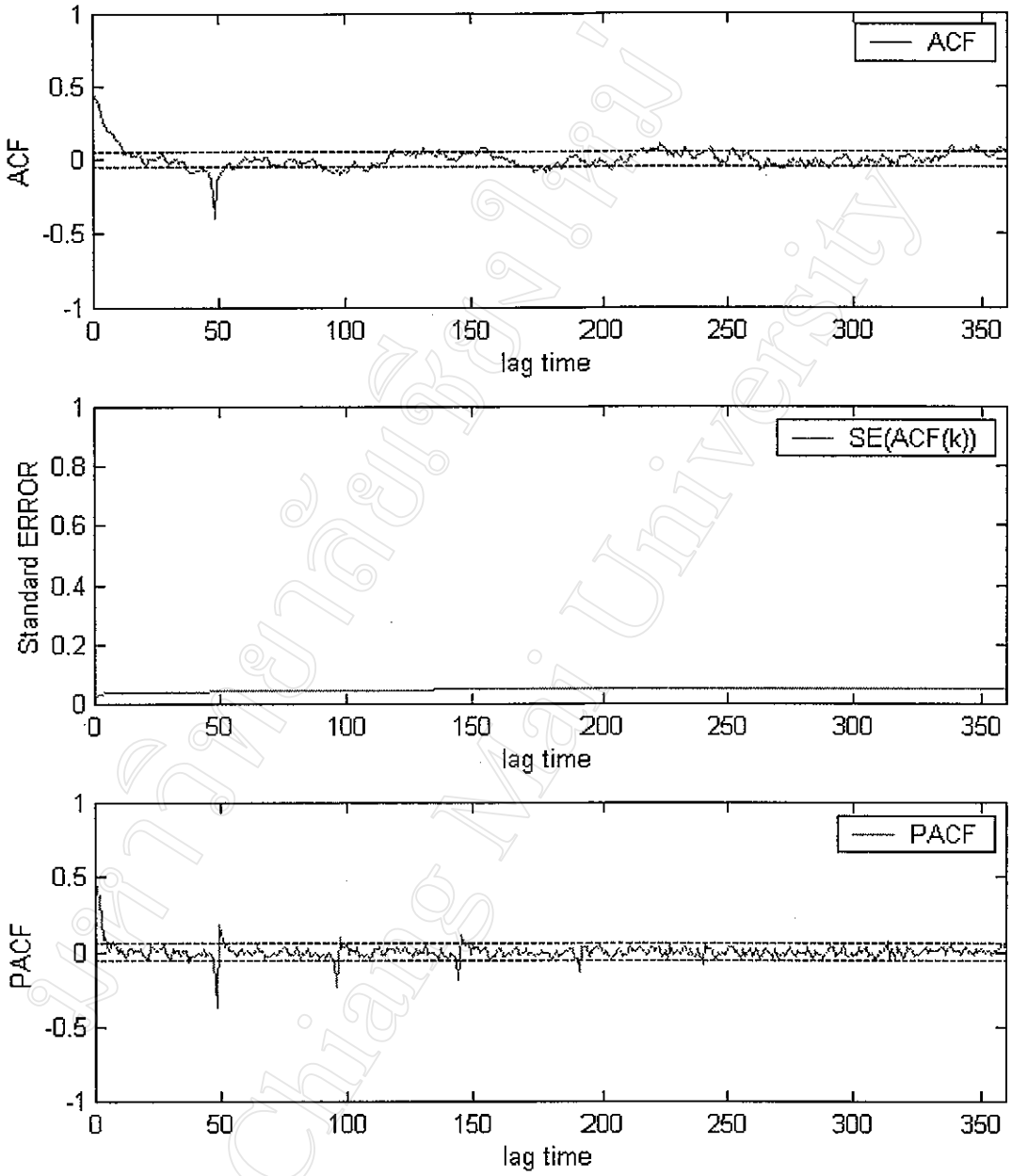


รูปที่ 4.23 กราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง กราฟความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง และกราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง บางส่วน ของผลต่างฤดูกาลของข้อมูล TEC ในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2541

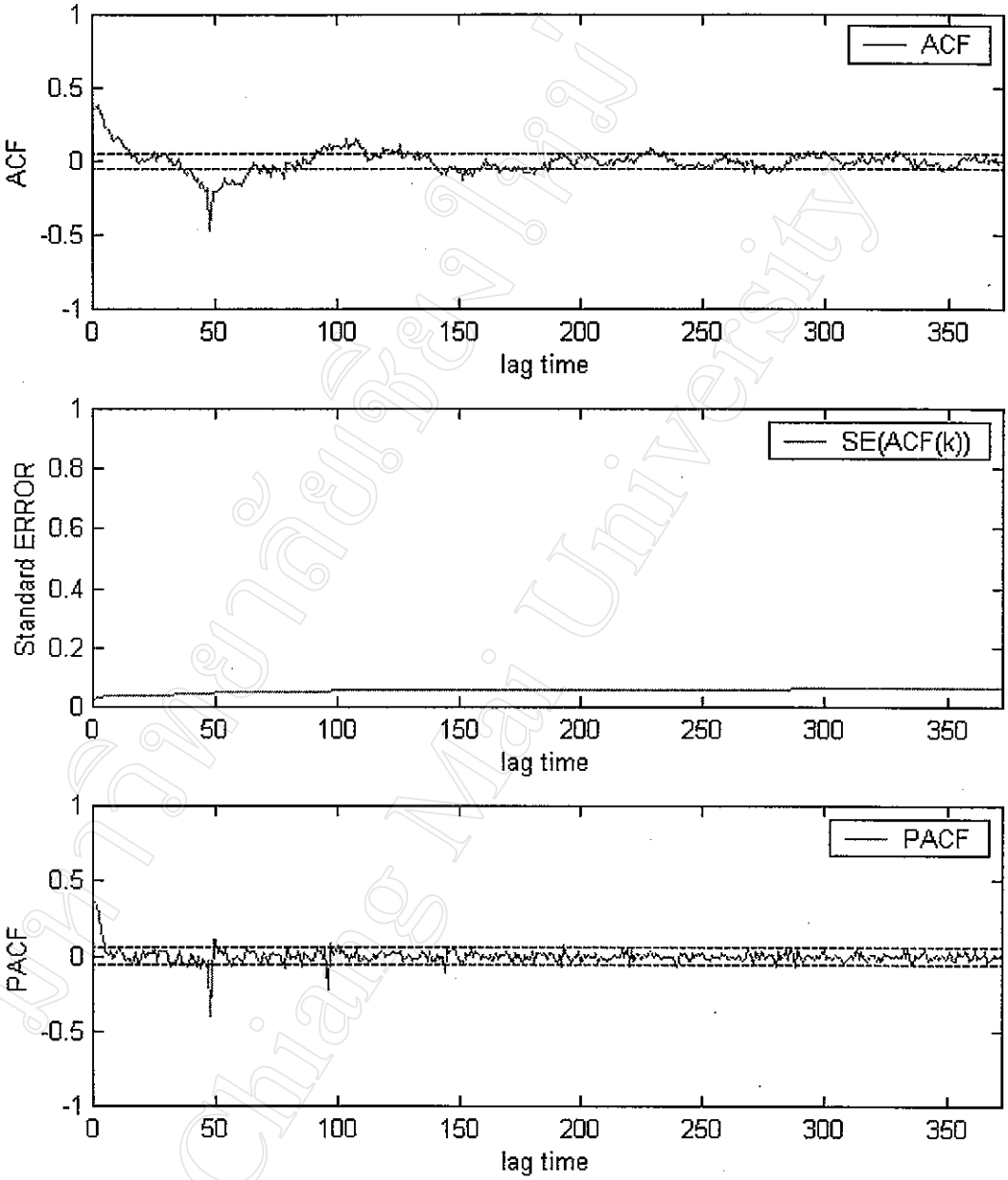
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



รูปที่ 4.24 กราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง กราฟความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง และกราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง บางส่วน ของผลต่างฤดูกาลของข้อมูล TEC ในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2541

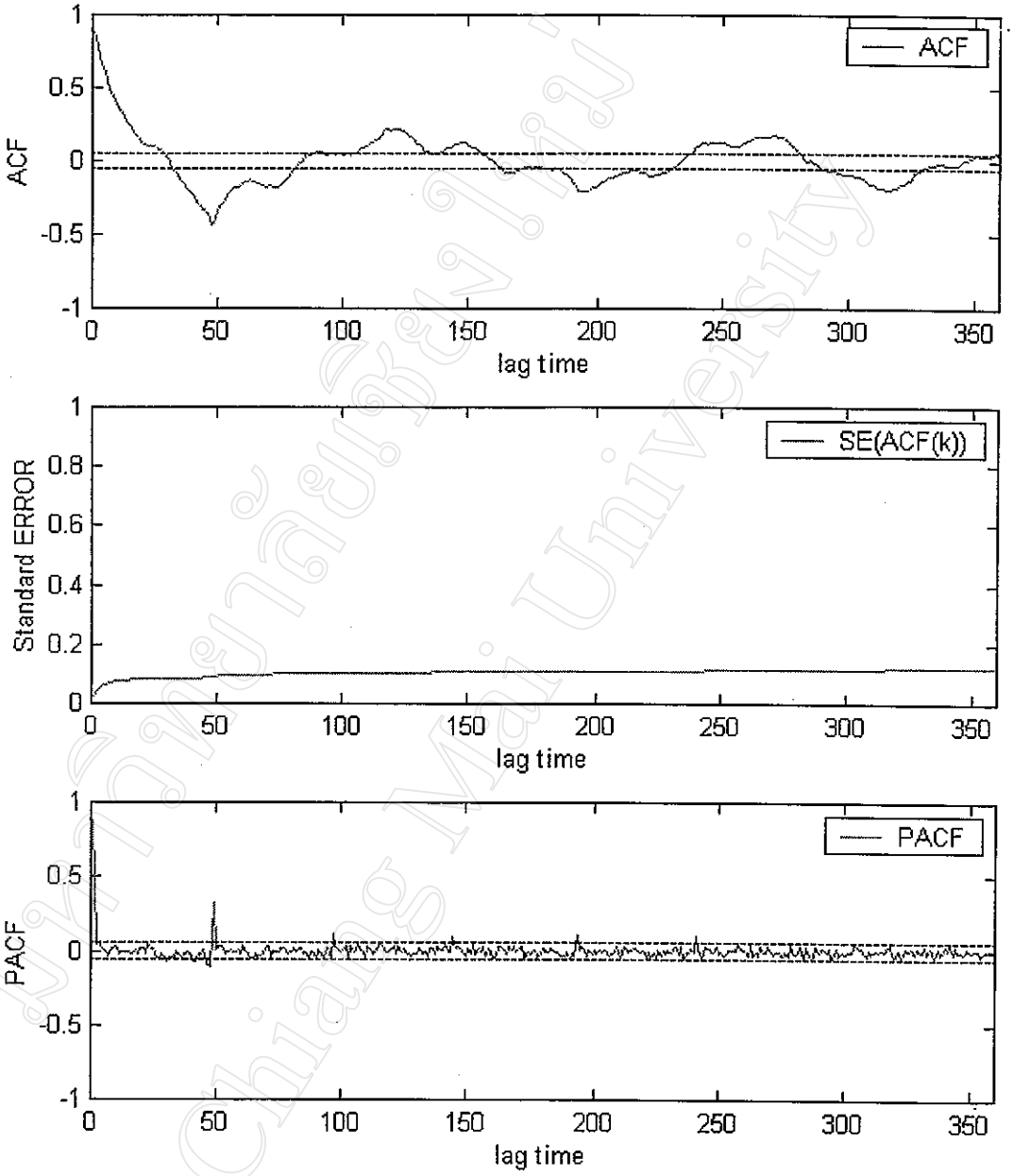


รูปที่ 4.25 กราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง กราฟความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง และกราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง บางส่วน ของผลต่างฤดูกาลของข้อมูล TEC ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2541

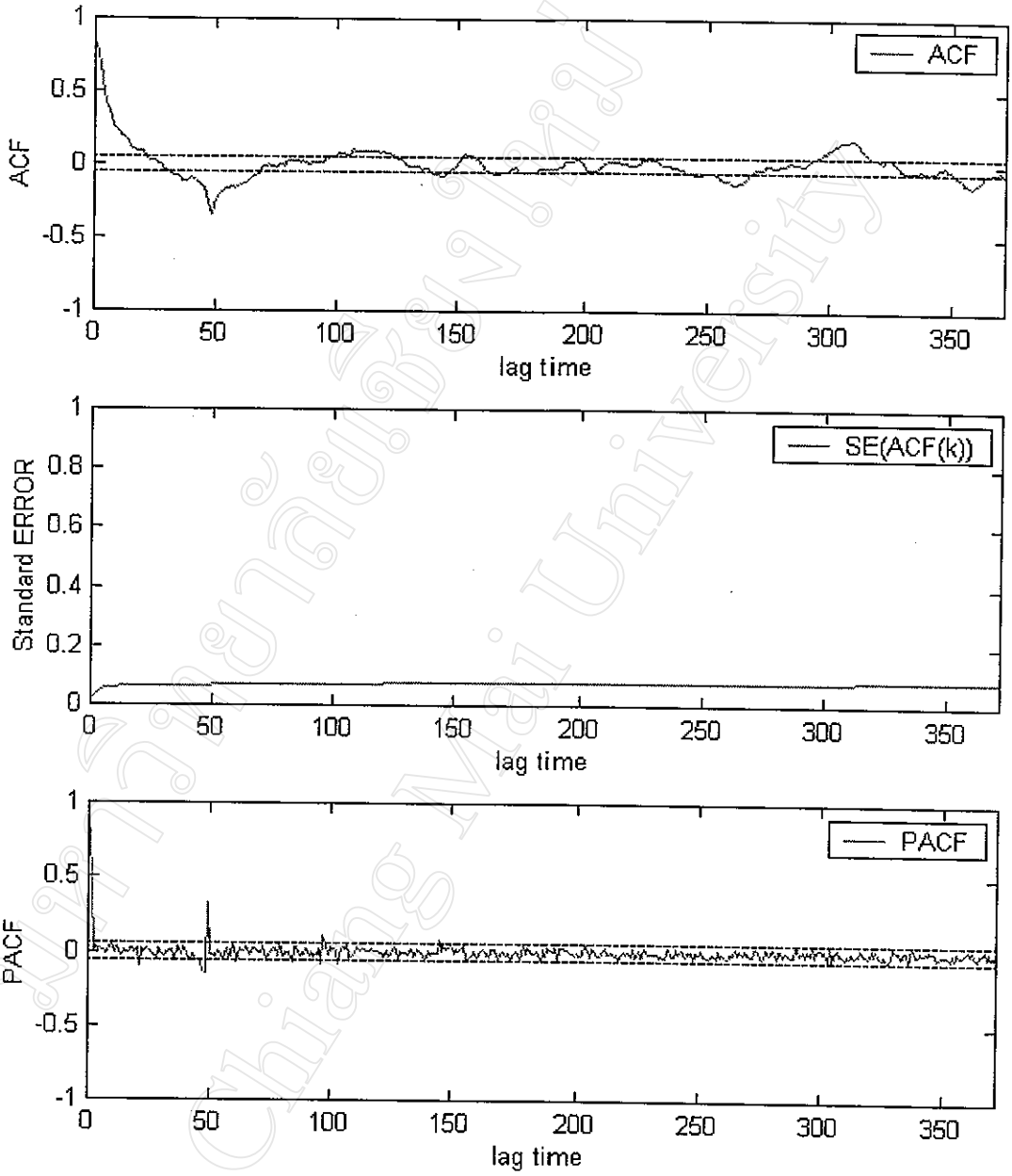


รูปที่ 4.26 กราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง กราฟความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง และกราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง บางส่วน ของผลต่างฤดูกาลของข้อมูล TEC ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



รูปที่ 4.27 กราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง กราฟความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง และกราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง บางส่วน ของผลต่างฤดูกาลของข้อมูล TEC ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2541



รูปที่ 4.28 กราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง กราฟความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง และกราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง บางส่วน ของผลต่างฤดูกาลของข้อมูล TEC ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2541

ตารางที่ 4.1 การกำหนดรูปแบบให้กับข้อมูล TEC รายเดือนทั้ง 12 เดือน

เดือน	รูปแบบ	เหตุผล
มกราคม	AR(1)xSARI(1,1)	1. กราฟ ACF ของผลต่างฤดูกาลมีค่าลดลงเร็วเข้าใกล้ศูนย์ ที่ดัชนีเวลาล้าหลังเป็นจำนวนเท่าของค่าฤดูกาล และกราฟ PACF มีค่าเกือบจะเท่ากับศูนย์ที่เวลาล้าหลังเป็นจำนวนเท่าของฤดูกาล ซึ่งเป็นอิทธิพลจากรูปแบบ SIMA(1,1) แต่มีค่าไม่มากนัก จึงไม่คิดผลของเทอมเฉลี่ยเคลื่อนที่ ดังนั้น จะเลือกรูปแบบเป็น SARI(1,1) 2. เมื่อพิจารณาในฤดูกาลเดียวกัน การเคลื่อนไหวของกราฟ ACF และ PACF เหมือนกับมีอิทธิพลของ AR(1) อยู่
กุมภาพันธ์	AR(1)xSARI(1,1)	1. กราฟ ACF คล้ายกับในเดือนมกราคม แต่กราฟ PACF มีเพียงค่าดัชนีฤดูกาลที่ 2 เท่านั้นที่แตกต่างไปอย่างชัดเจน จึงไม่มีอิทธิพลของเทอมเฉลี่ยเคลื่อนที่ จึงเลือก SARI(1,1) 2. การเปลี่ยนแปลงของกราฟ ACF และ PACF ที่ในฤดูกาลเดียวกันเหมือนกับเดือนมกราคม คือ มีผลของ AR(1)
มีนาคม	AR(1)xSARI(1,1)	กราฟ ACF และ PACF มีการเปลี่ยนแปลงเหมือนกราฟในเดือนกุมภาพันธ์
เมษายน	AR(1)xSARI(1,1)	กราฟ ACF และ PACF มีการเปลี่ยนแปลงเหมือนกราฟในเดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม
พฤษภาคม	AR(1)xSARI(1,1)	กราฟ ACF และ PACF มีการเปลี่ยนแปลงเหมือนกราฟในเดือนกุมภาพันธ์ มีนาคม และเดือนเมษายน
มิถุนายน	AR(1)xSARI(1,1)	กราฟ ACF และ PACF มีการเปลี่ยนแปลงเหมือนกราฟในเดือนกุมภาพันธ์ มีนาคม เมษายนและเดือนพฤษภาคม
กรกฎาคม	AR(1)xSIMA(1,1)	1. กราฟ PACF ของผลต่างฤดูกาลมีค่า ณ เวลาที่เป็นจำนวนเท่าของดัชนีล้าหลัง เนื่องมาจากอิทธิพลของ SIMA(1,1) และกราฟ ACF ณ ดัชนีฤดูกาลมีค่าเฉพาะที่ฤดูกาลที่หนึ่งเท่านั้น 2. เมื่อพิจารณาในฤดูกาลเดียวกัน พบว่า กราฟ ACF มีค่าลดลงเร็วเนื่องจากอิทธิพลของ AR(1)
สิงหาคม	AR(1)xSIMA(1,1)	กราฟ ACF และ PACF มีการเปลี่ยนแปลงเหมือนกราฟในเดือนกรกฎาคม

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) การกำหนดรูปแบบให้กับข้อมูล TEC รายเดือนทั้ง 12 เดือน

กันยายน	AR(1)xSIMA(1,1)	กราฟ ACF และ PACF มีการเปลี่ยนแปลงเหมือนกราฟในเดือนกรกฎาคม และเดือนสิงหาคม
ตุลาคม	AR(1)xSIMA(1,1)	กราฟ ACF และ PACF มีการเปลี่ยนแปลงเหมือนกราฟในเดือนกรกฎาคม สิงหาคม และเดือนกันยายน
พฤศจิกายน	AR(1)xSARI(1,1)	กราฟ ACF และ PACF มีการเปลี่ยนแปลงเหมือนกราฟในเดือนกุมภาพันธ์ มีนาคม เมษายน พฤษภาคม และเดือนมิถุนายน
ธันวาคม	AR(1)xSARI(1,1)	กราฟ ACF และ PACF มีการเปลี่ยนแปลงเหมือนกราฟในเดือนกุมภาพันธ์ มีนาคม เมษายน พฤษภาคม มิถุนายน และเดือนพฤศจิกายน

จากรูปแบบที่กำหนดไว้ในตารางที่ 4.1 เมื่อนำไปประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์แล้วแทนค่าลงในสมการรูปแบบในสมการที่ 27 สำหรับรูปแบบ AR(1)xSARI(1,1) และสมการที่ 28สำหรับรูปแบบ AR(2)xSIMA(1,1,1) โดยค่าพารามิเตอร์สำหรับรูปแบบที่กำหนดในแต่ละเดือนแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าประมาณพารามิเตอร์สำหรับรูปแบบที่กำหนดในตารางที่ 4.1

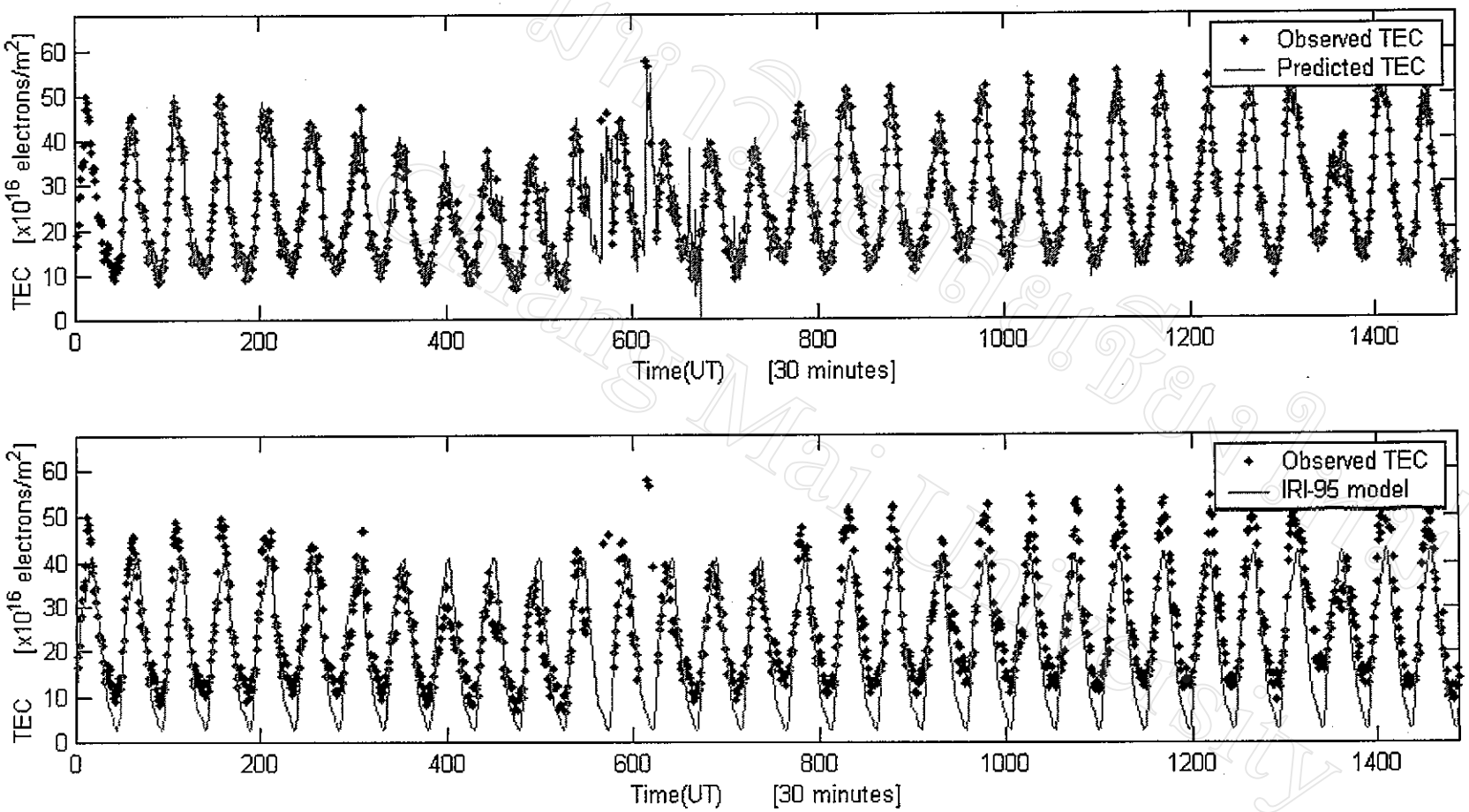
เดือน	ϕ_1	Γ_1	Δ_1
มกราคม	0.93106263	-0.44377179	-
กุมภาพันธ์	0.89885435	-0.46670831	-
มีนาคม	0.81950162	-0.56304725	-
เมษายน	0.83742285	-0.49229126	-
พฤษภาคม	0.87821821	-0.53158973	-
มิถุนายน	0.80509962	-0.51671899	-
กรกฎาคม	0.43801727	-	0.87987716
สิงหาคม	0.64312578	-	0.83488813
กันยายน	0.47150049	-	0.84725786
ตุลาคม	0.40458839	-	0.89983986
พฤศจิกายน	0.87593935	-0.42952490	-
ธันวาคม	0.83345889	-0.46156354	-

เมื่อได้รูปแบบและค่าประมาณแล้ว ก็จะต้องทำการตรวจสอบความถูกต้อง โดยการใช้ค่าสถิติ Q โดยมีสมมติฐานคือ ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ที่อยู่ห่างกัน k ค่าไม่มี สหสัมพันธ์ในตัวเอง นั่นคือ หากค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์มีค่าสหสัมพันธ์ในตัวเอง แสดงว่า รูปแบบที่กำหนดให้ไม่เหมาะสม ซึ่งเมื่อใช้สถิติ Q ในการทดสอบ หากได้ค่า Q จากสมการที่ 26 มากกว่ากว่าค่าวิกฤติโดยการทดสอบแบบไคกำลังสอง (Chi square) หมายความว่า รูปแบบไม่เหมาะสม ค่าสถิติ Q และค่าวิกฤติของการทำนายข้อมูล TEC รายเดือน แสดงดังตารางที่ 4.3

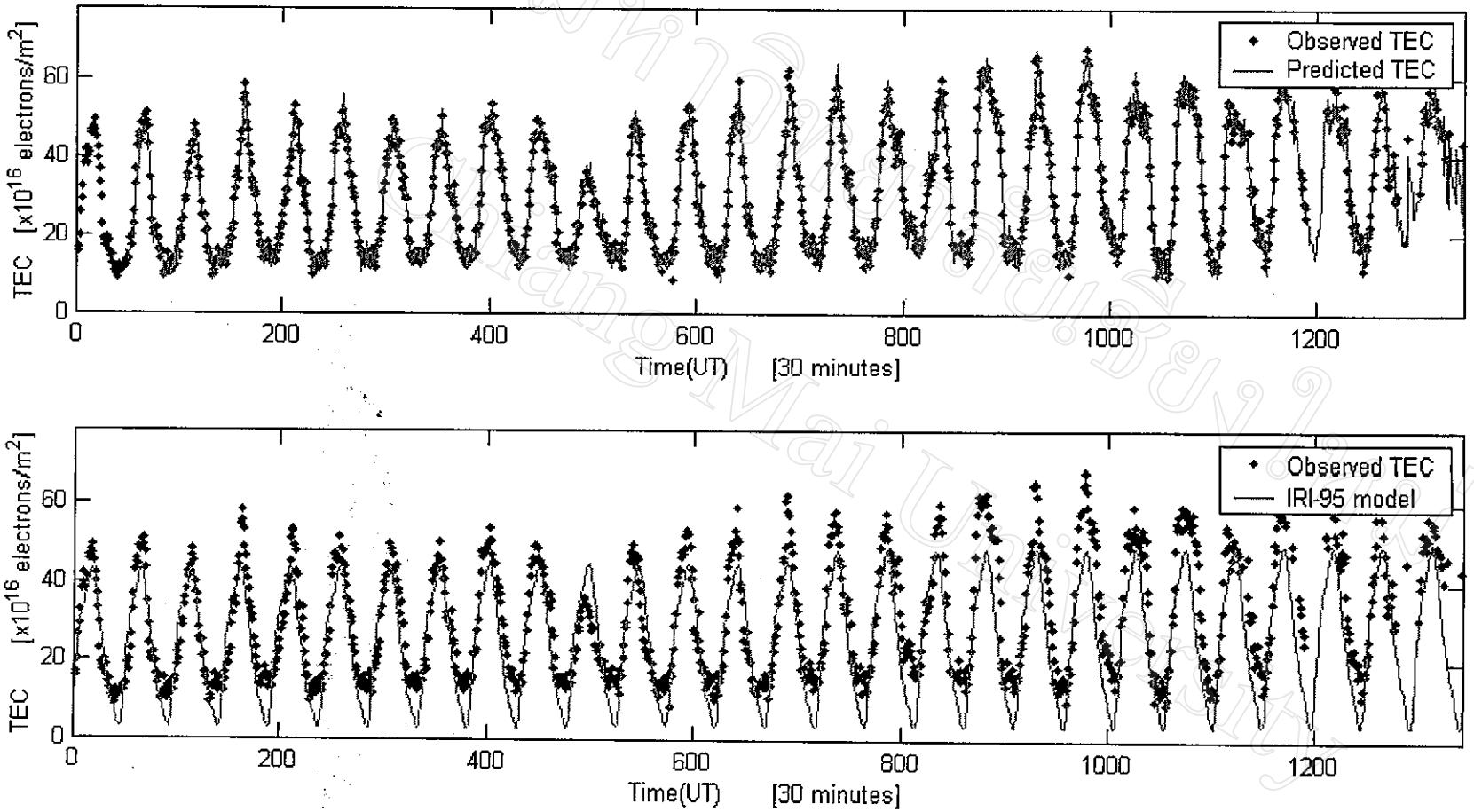
ตารางที่ 4.3 ค่าสถิติ Q และค่าวิกฤติของการทำนายข้อมูล TEC รายเดือน โดยใช้รูปแบบจากตารางที่ 4.1

เดือน	ค่าสถิติ Q	ค่าวิกฤติ	ความเหมาะสมของรูปแบบ
มกราคม	588.5	1527.3	เหมาะสม
กุมภาพันธ์	470.4	1378.8	เหมาะสม
มีนาคม	417.5	1432.5	เหมาะสม
เมษายน	477.4	1378.8	เหมาะสม
พฤษภาคม	636.4	1527.3	เหมาะสม
มิถุนายน	522.6	1477.8	เหมาะสม
กรกฎาคม	58.6	1527.3	เหมาะสม
สิงหาคม	380.7	1527.3	เหมาะสม
กันยายน	435.8	1477.8	เหมาะสม
ตุลาคม	1022.9	1527.3	เหมาะสม
พฤศจิกายน	366.6	1477.8	เหมาะสม
ธันวาคม	423.8	1527.3	เหมาะสม

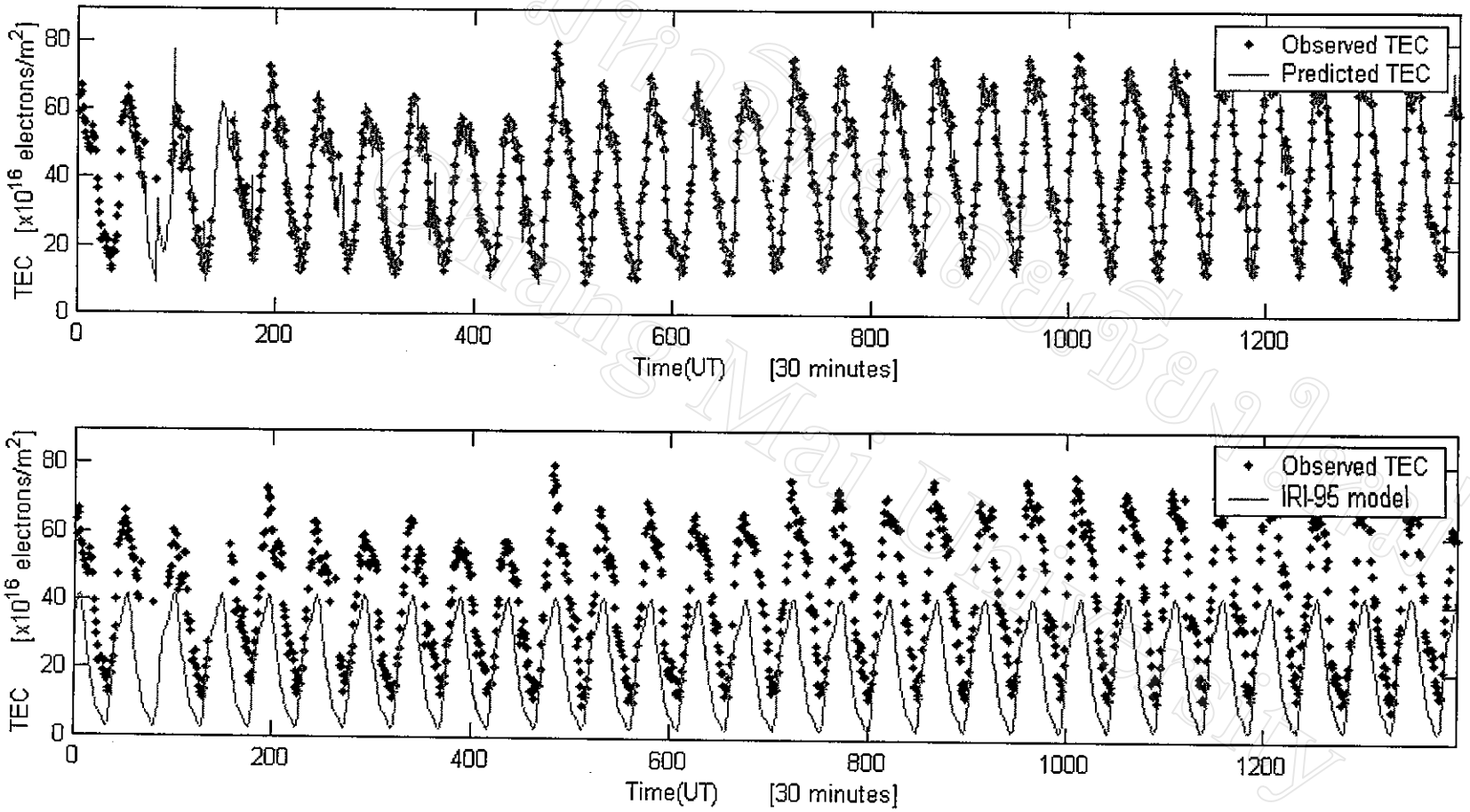
เมื่อได้รูปแบบและค่าประมาณพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ก็สามารถที่จะทำนายข้อมูล TEC และ/หรือพยากรณ์ค่า TEC ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคตได้โดยใช้สมการรูปแบบ ดังสมการที่ 29 และสมการที่ 30 ส่วนค่า TEC ที่ทำนายได้โดยอาศัยรูปแบบตามตารางที่ 4.1 และค่า TEC ที่ทำนายได้จากแบบจำลอง IRI-95 แสดงไว้ดังรูปที่ 4.29 ถึง รูปที่ 4.40 ตามลำดับ



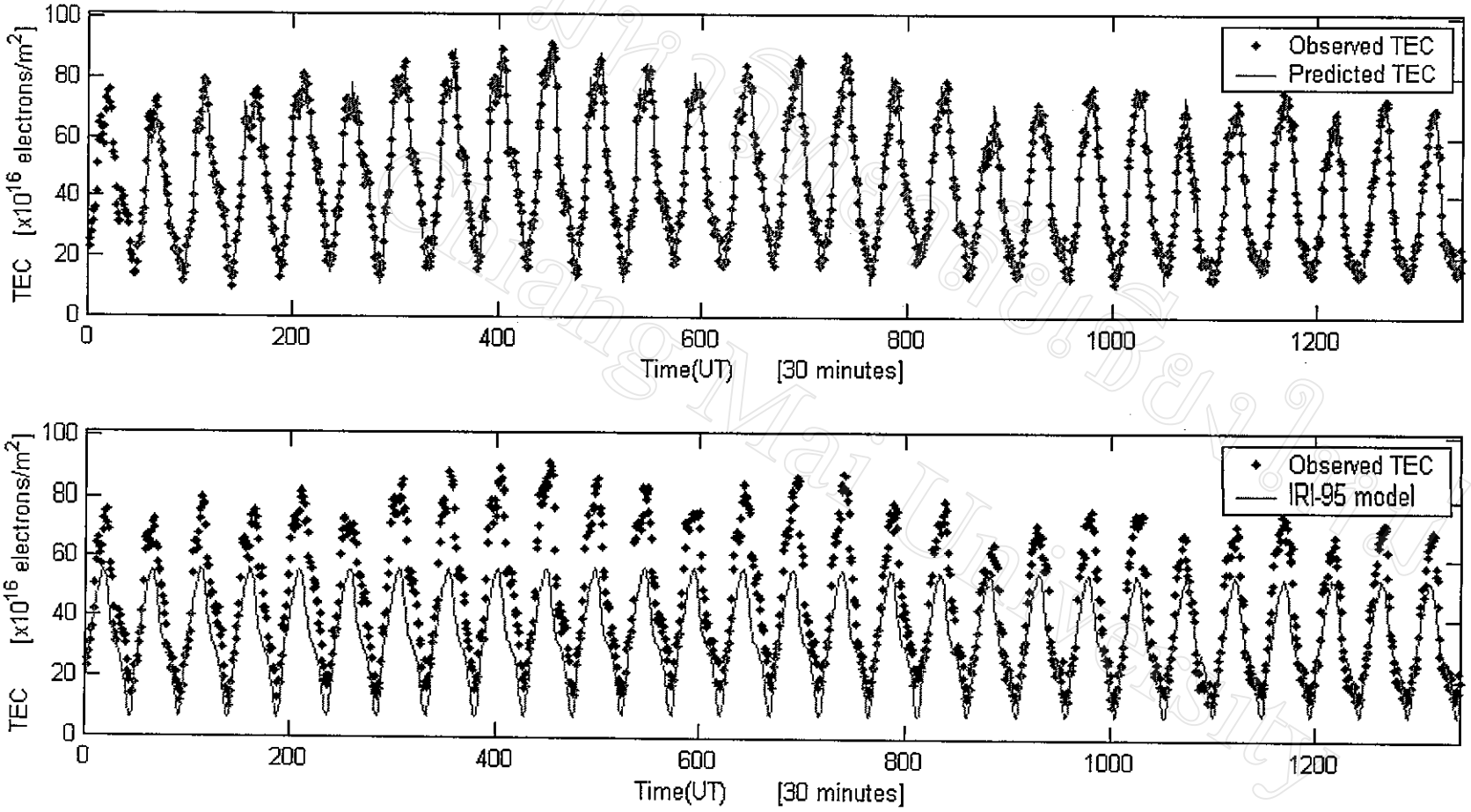
รูปที่ 4.29 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยวิธี ARMA และแบบจำลอง IRI-95 โดยใช้ข้อมูลเดือนมกราคม พ.ศ. 2541



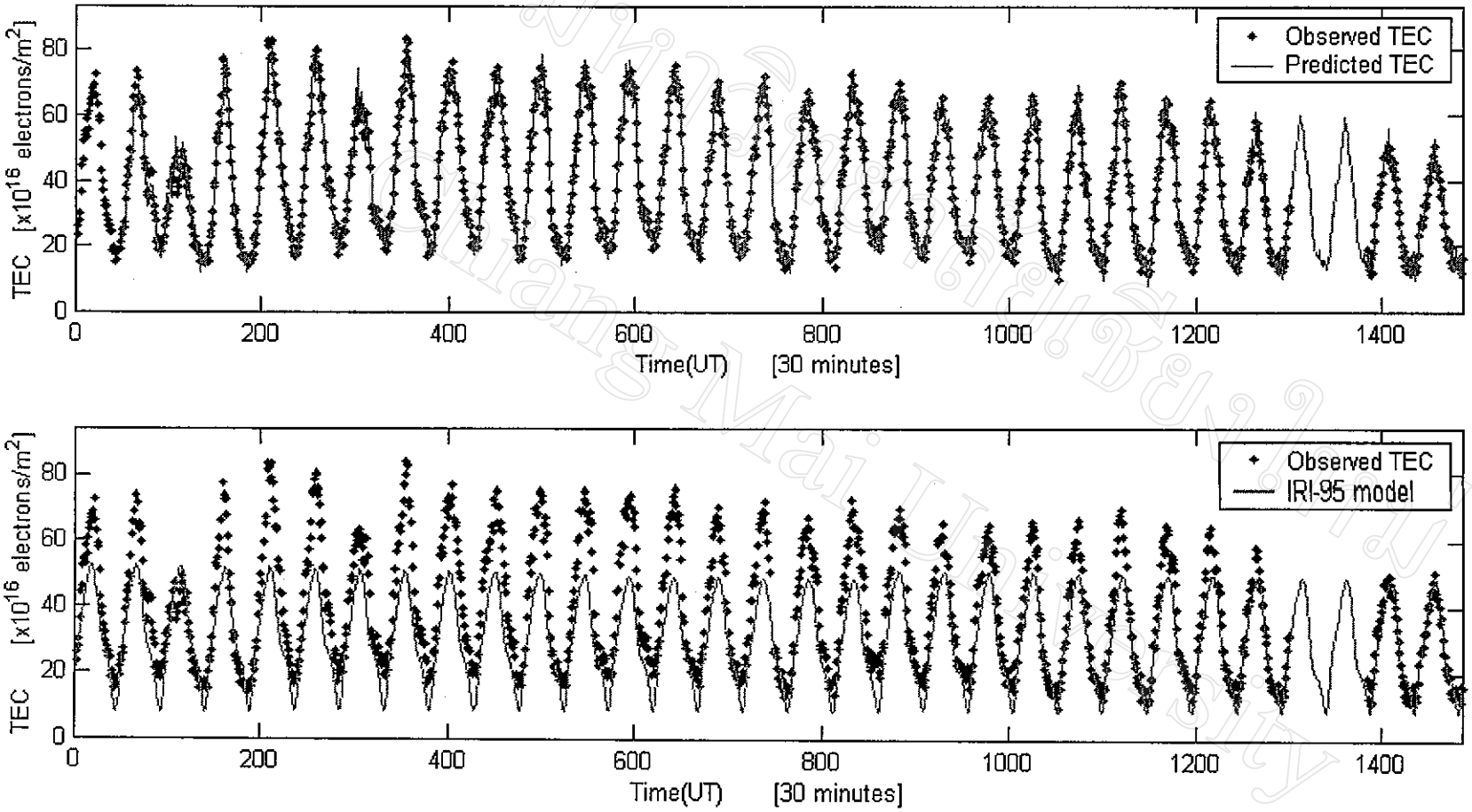
รูปที่ 4.30 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยวิธี ARMA และแบบจำลอง IRI-95 โดยใช้ข้อมูลเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2541



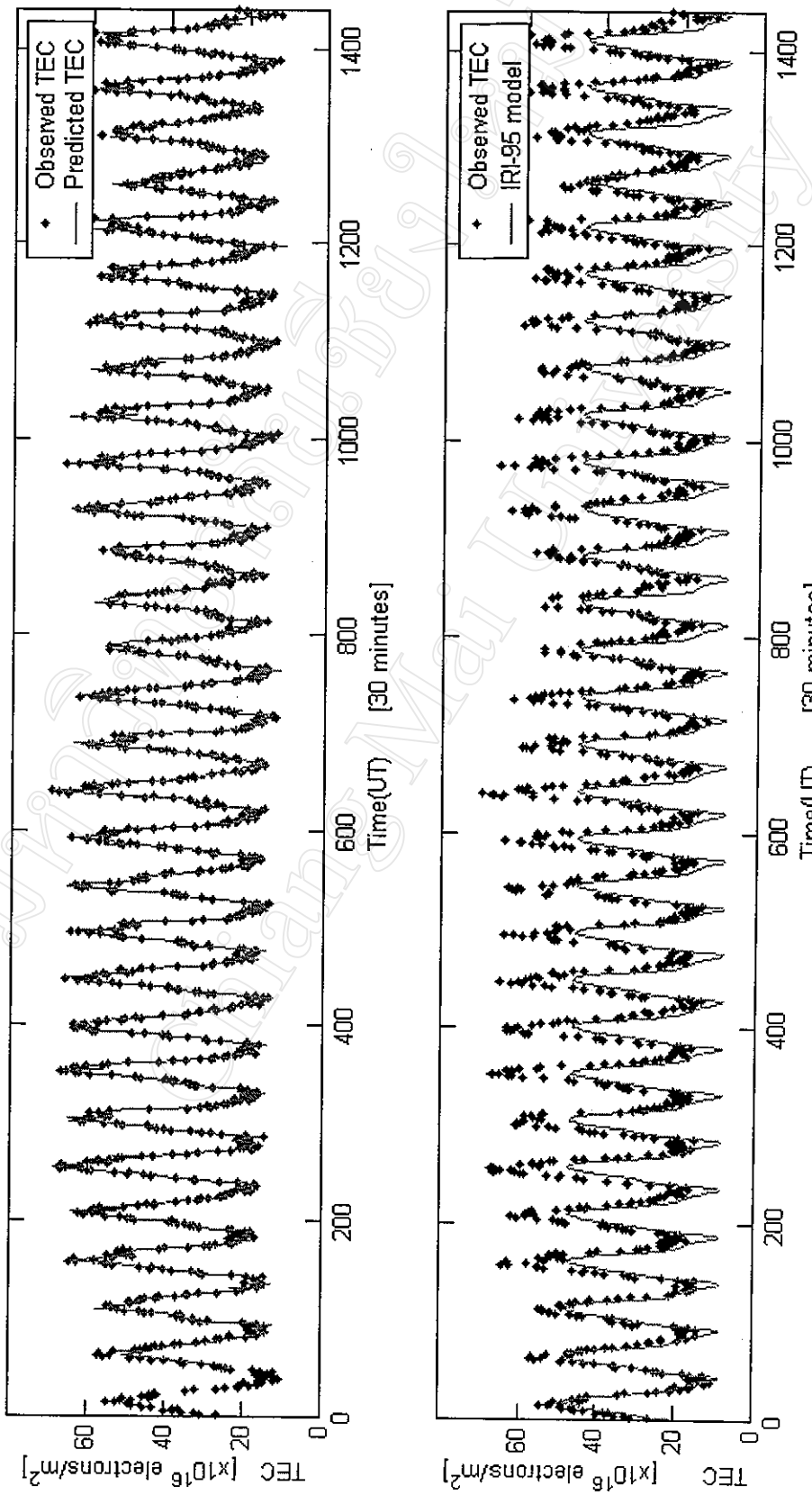
รูปที่ 4.31 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยวิธี ARMA และแบบจำลอง IRI-95 โดยใช้ข้อมูลเดือนมีนาคม พ.ศ. 2541



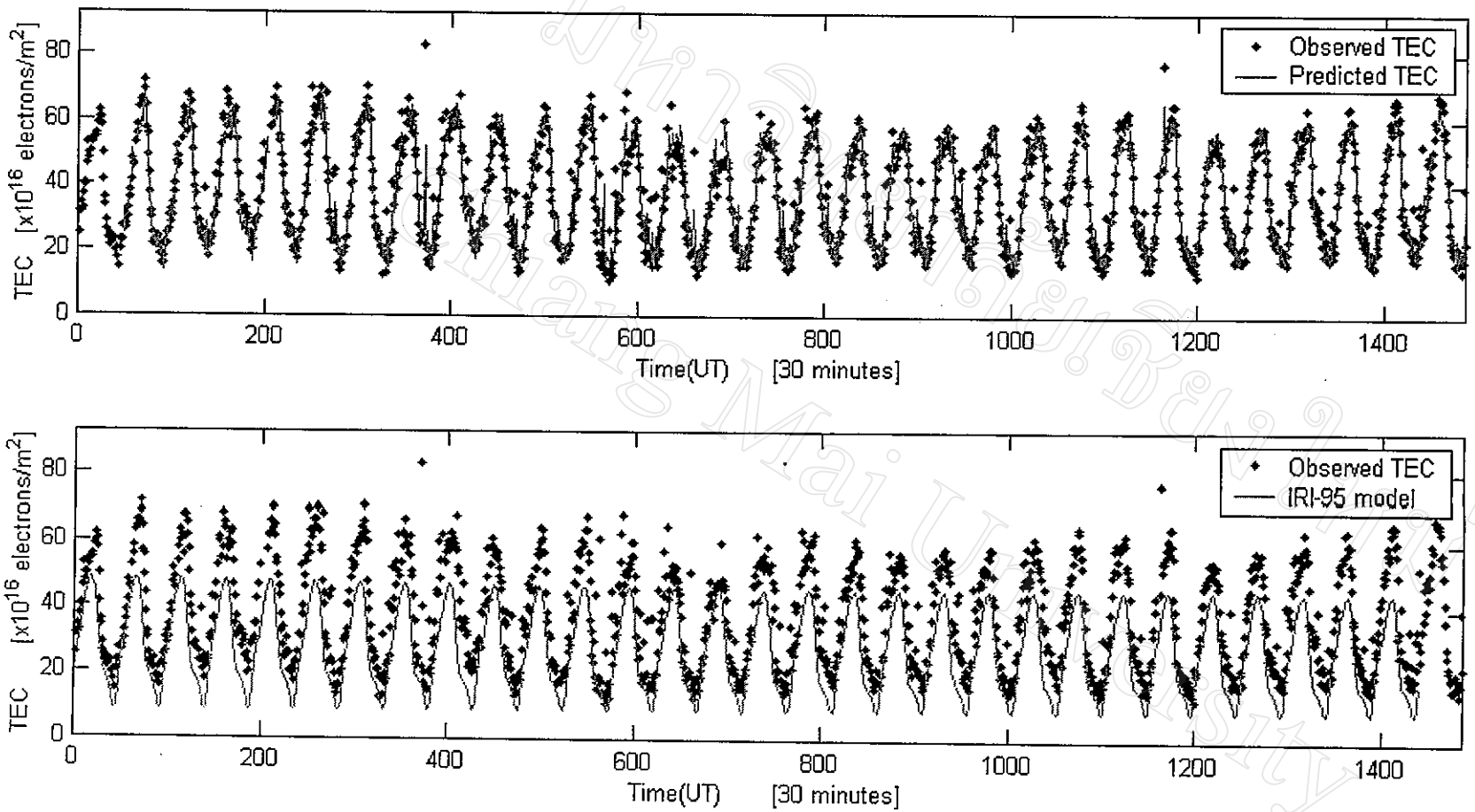
รูปที่ 4.32 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยวิธี ARMA และแบบจำลอง IRI-95 โดยใช้ข้อมูลเดือนเมษายน พ.ศ. 2541



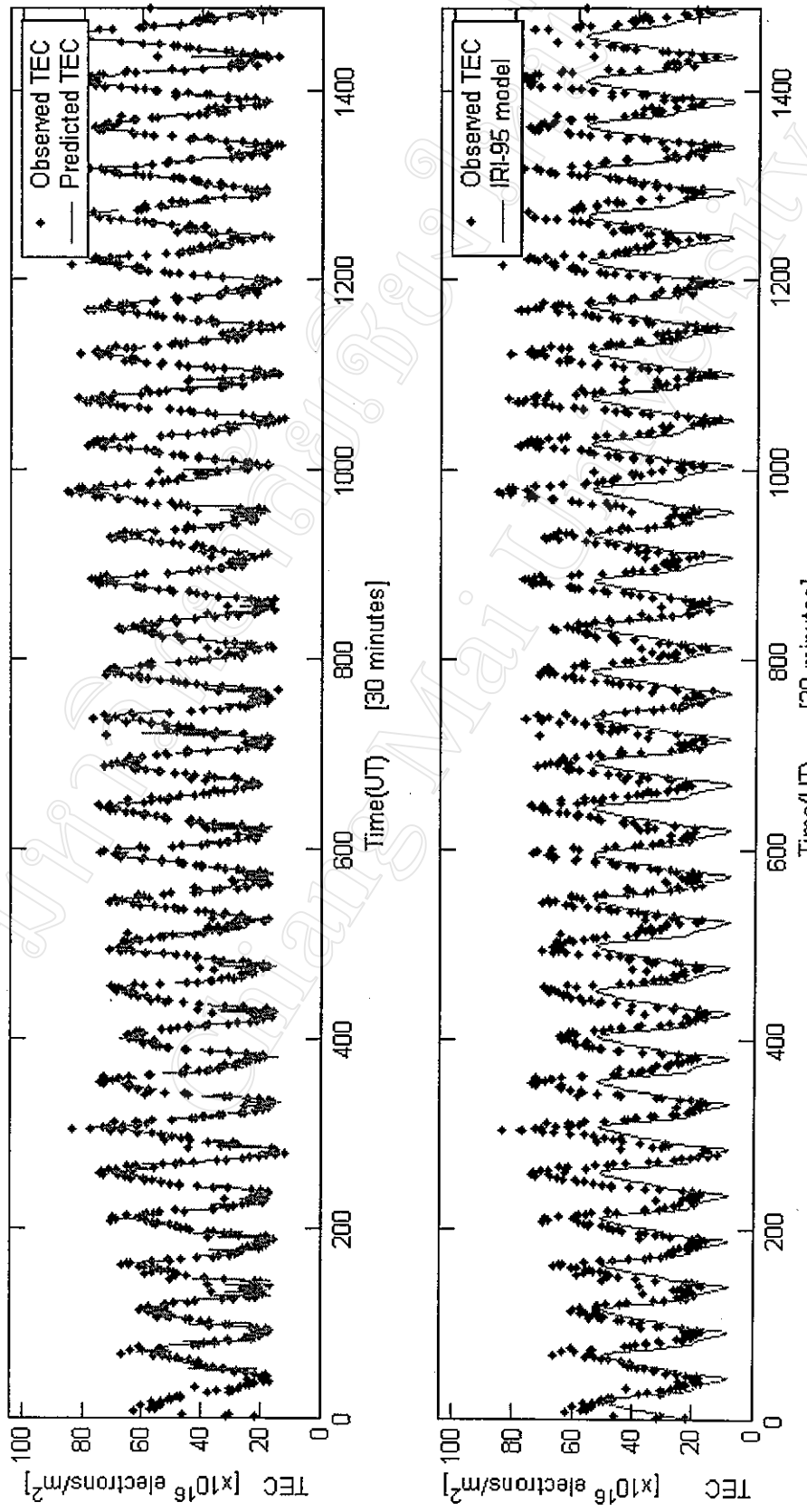
รูปที่ 4.33 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยวิธี ARMA และแบบจำลอง IRI-95 โดยใช้ข้อมูลเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2541



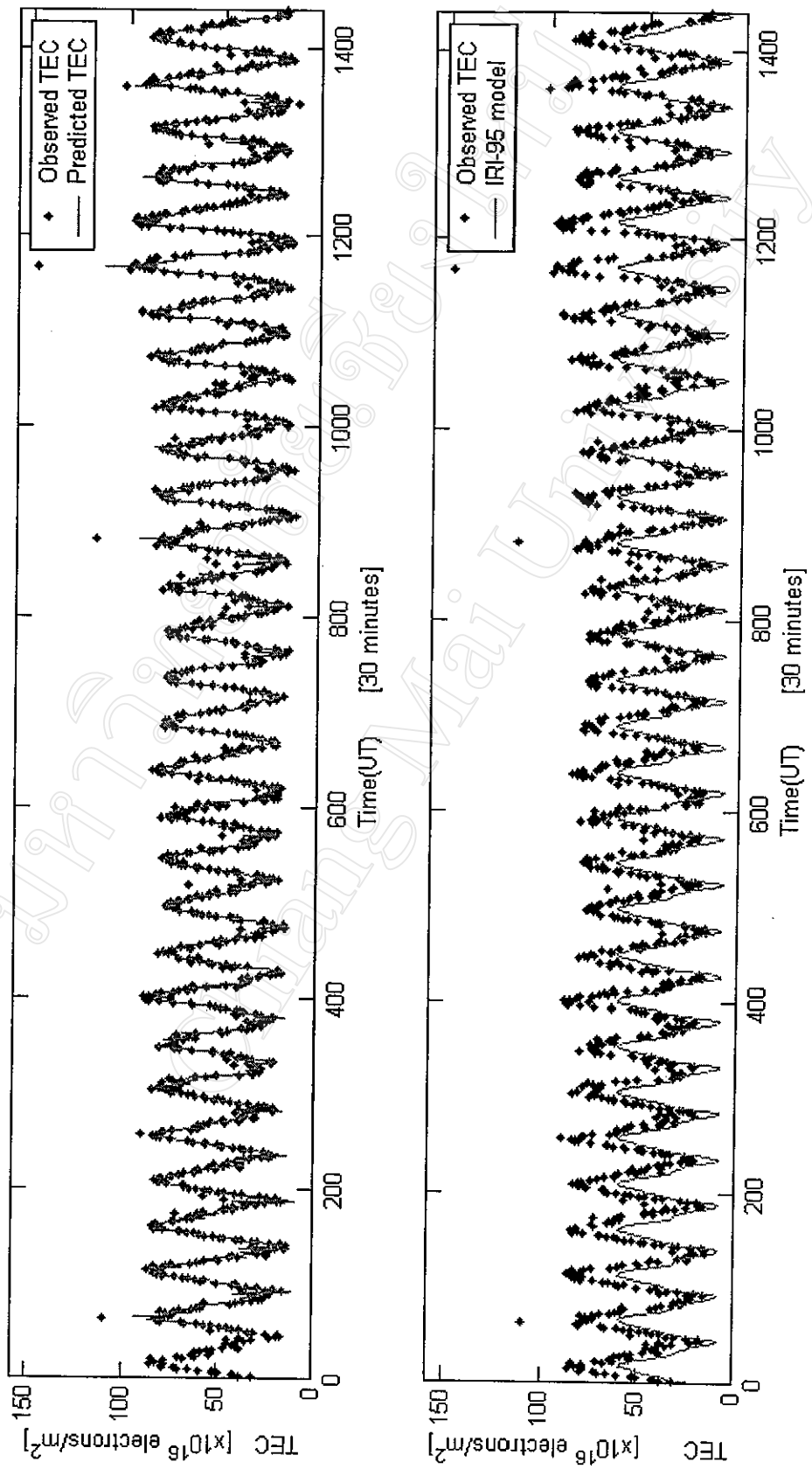
รูปที่ 4.34 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยวิธี ARMA และแบบจำลอง IRI-95 โดยใช้ข้อมูลเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2541



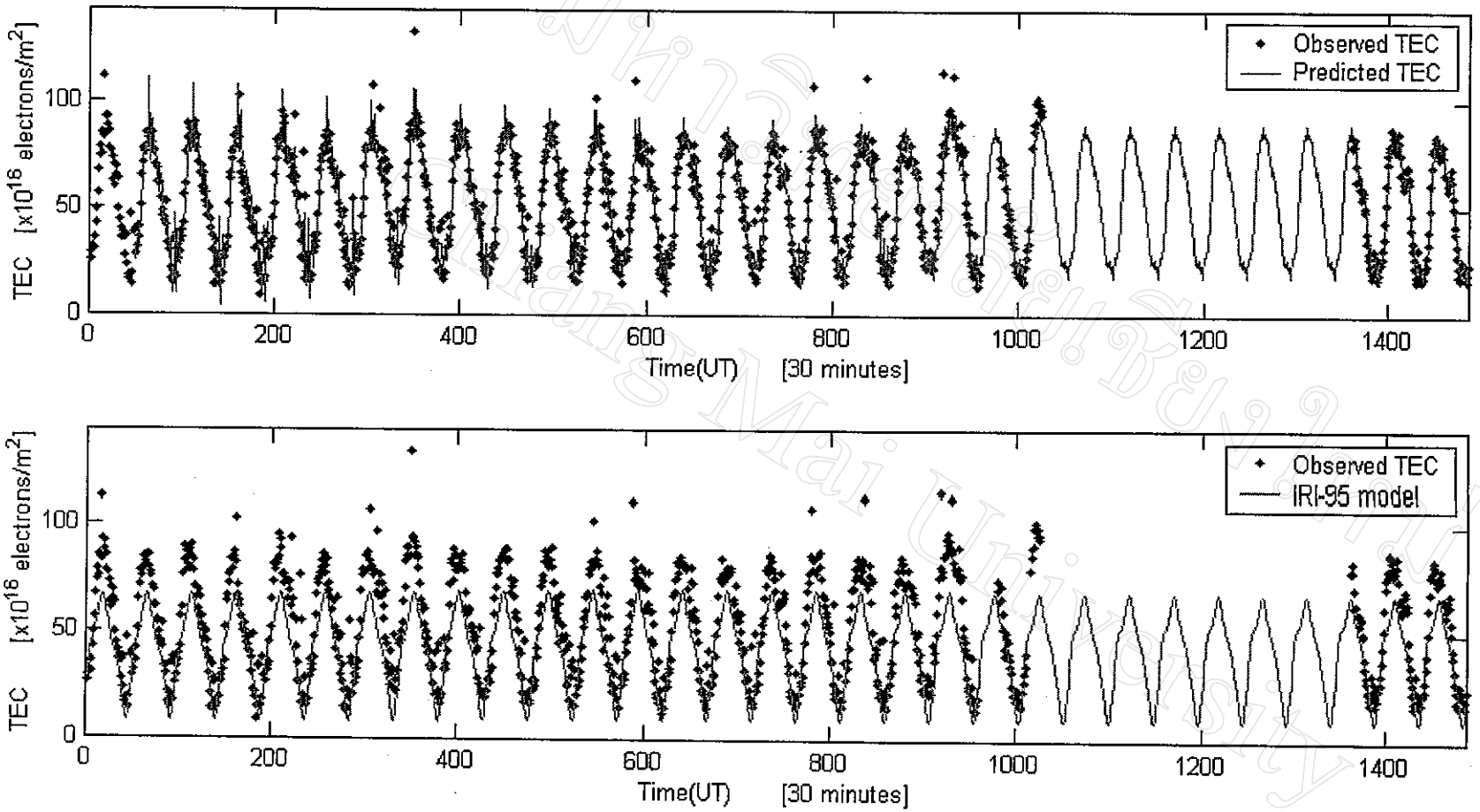
รูปที่ 4.35 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยวิธี ARMA และแบบจำลอง IRI-95 โดยใช้ข้อมูลเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2541



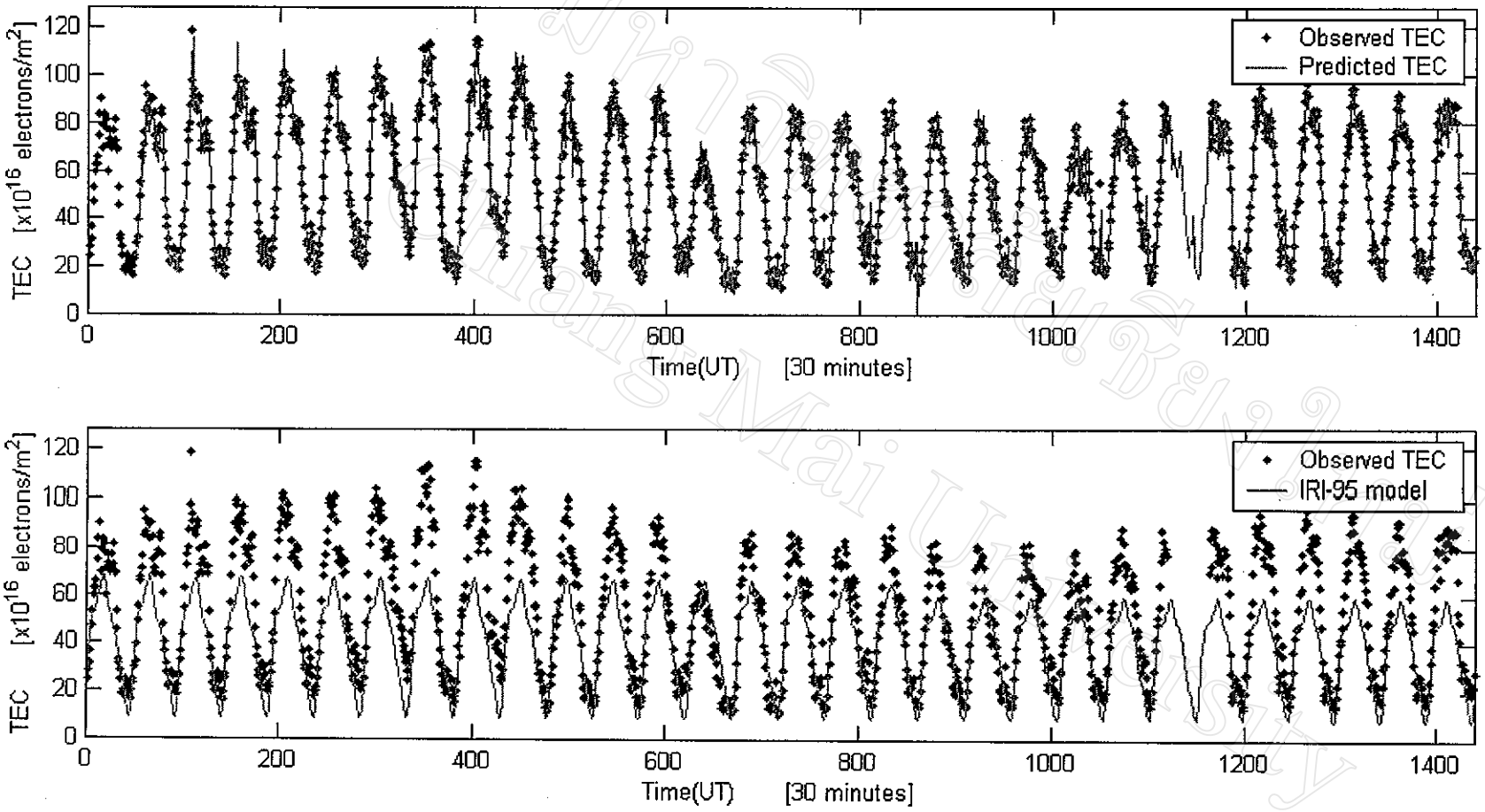
รูปที่ 4.36 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยวิธี ARMA และแบบจำลอง IRI-95 โดยใช้ข้อมูลเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2541



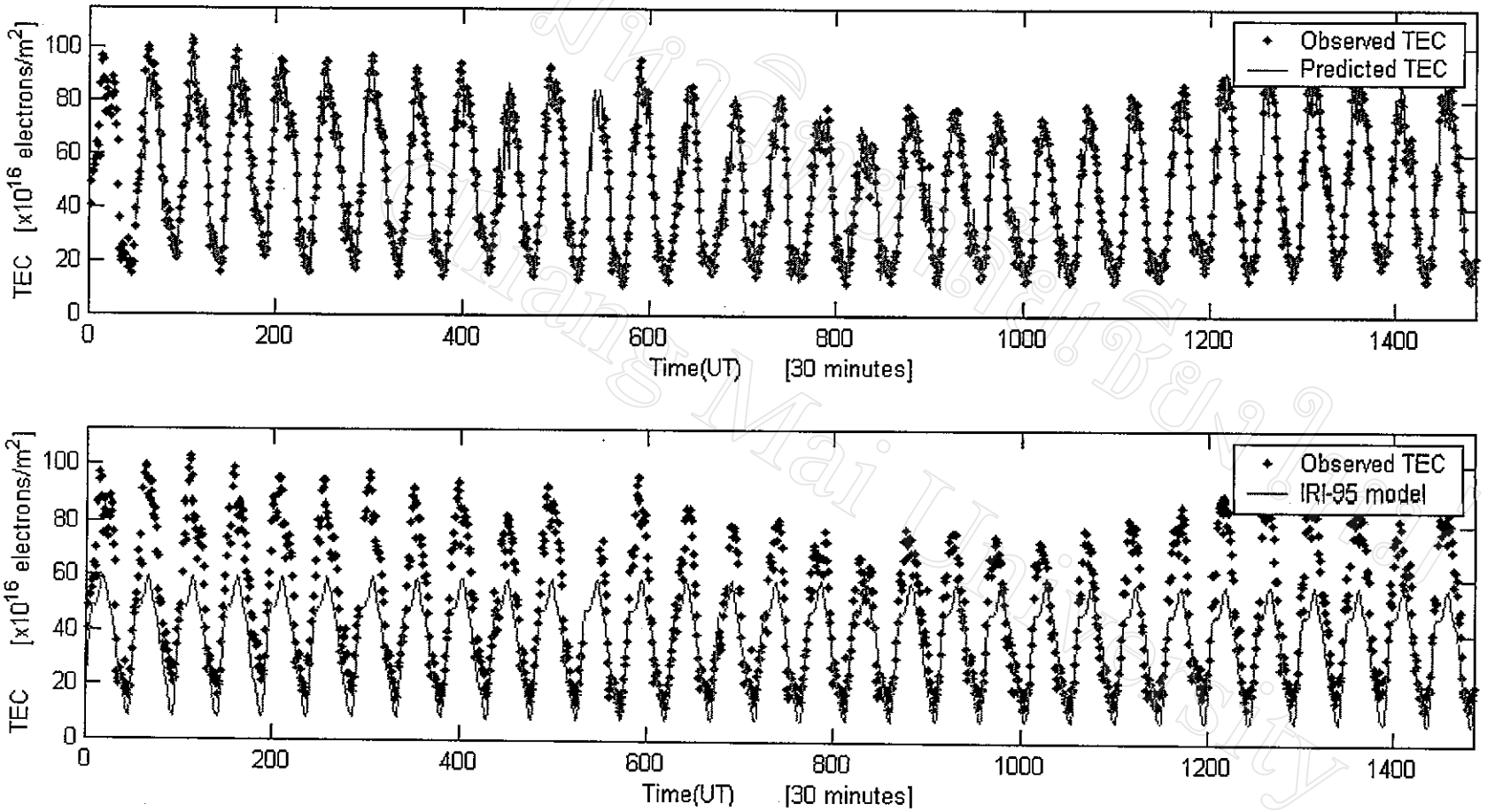
รูปที่ 4.37 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยวิธี ARMA และแบบจำลอง IRI-95 โดยใช้ข้อมูลเดือนกันยายน พ.ศ. 2541



รูปที่ 4.38 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยวิธี ARMA และแบบจำลอง IRI-95 โดยใช้ข้อมูลเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541



รูปที่ 4.39 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยวิธี ARMA และแบบจำลอง IRI-95 โดยใช้ข้อมูลเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2541



รูปที่ 4.40 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยวิธี ARMA และแบบจำลอง IRI-95 โดยใช้ข้อมูลเดือนธันวาคม พ.ศ. 2541

เมื่อได้ค่าทำนายของ TEC จึงนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูล TEC ที่ได้จากการทดลอง และเปรียบเทียบผลของการหาค่าระดับความสัมพันธ์ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันกับระดับความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล TEC และค่าที่ได้จากแบบจำลอง IRI ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน ระหว่างข้อมูล TEC ที่ได้จากการทดลอง กับค่าที่ได้จากการทำนายด้วยวิธีการ ARMA และค่าที่ได้จากการทำนายด้วยแบบจำลอง IRI-95

เดือน	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล TEC กับค่าที่ได้จากการทำนายด้วยวิธี ARMA	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล TEC กับค่าที่ได้จากการทำนายด้วยแบบจำลอง IRI-95
มกราคม	0.973	0.863
กุมภาพันธ์	0.982	0.889
มีนาคม	0.983	0.92
เมษายน	0.989	0.927
พฤษภาคม	0.987	0.931
มิถุนายน	0.985	0.951
กรกฎาคม	0.936	0.914
สิงหาคม	0.935	0.925
กันยายน	0.947	0.905
ตุลาคม	0.940	0.894
พฤศจิกายน	0.987	0.893
ธันวาคม	0.987	0.901

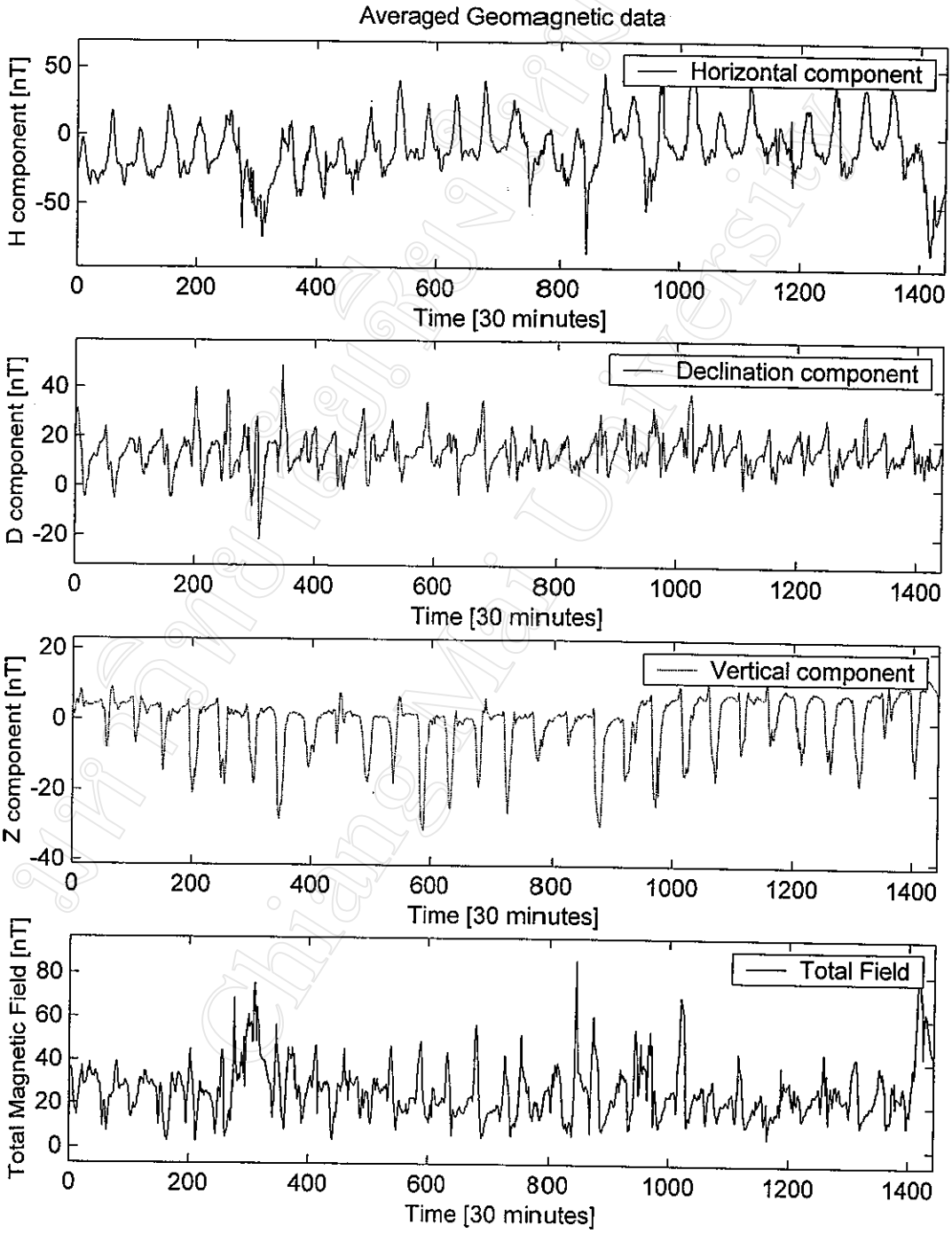
จากตารางที่ 4.4 พบว่า ระดับความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล TEC กับค่าที่ได้จากการทำนายด้วยวิธีการ ARMA มีค่าสูงกว่าระดับความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล TEC กับค่าที่ได้จากการทำนายด้วยแบบจำลอง IRI-95

4.2 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลก

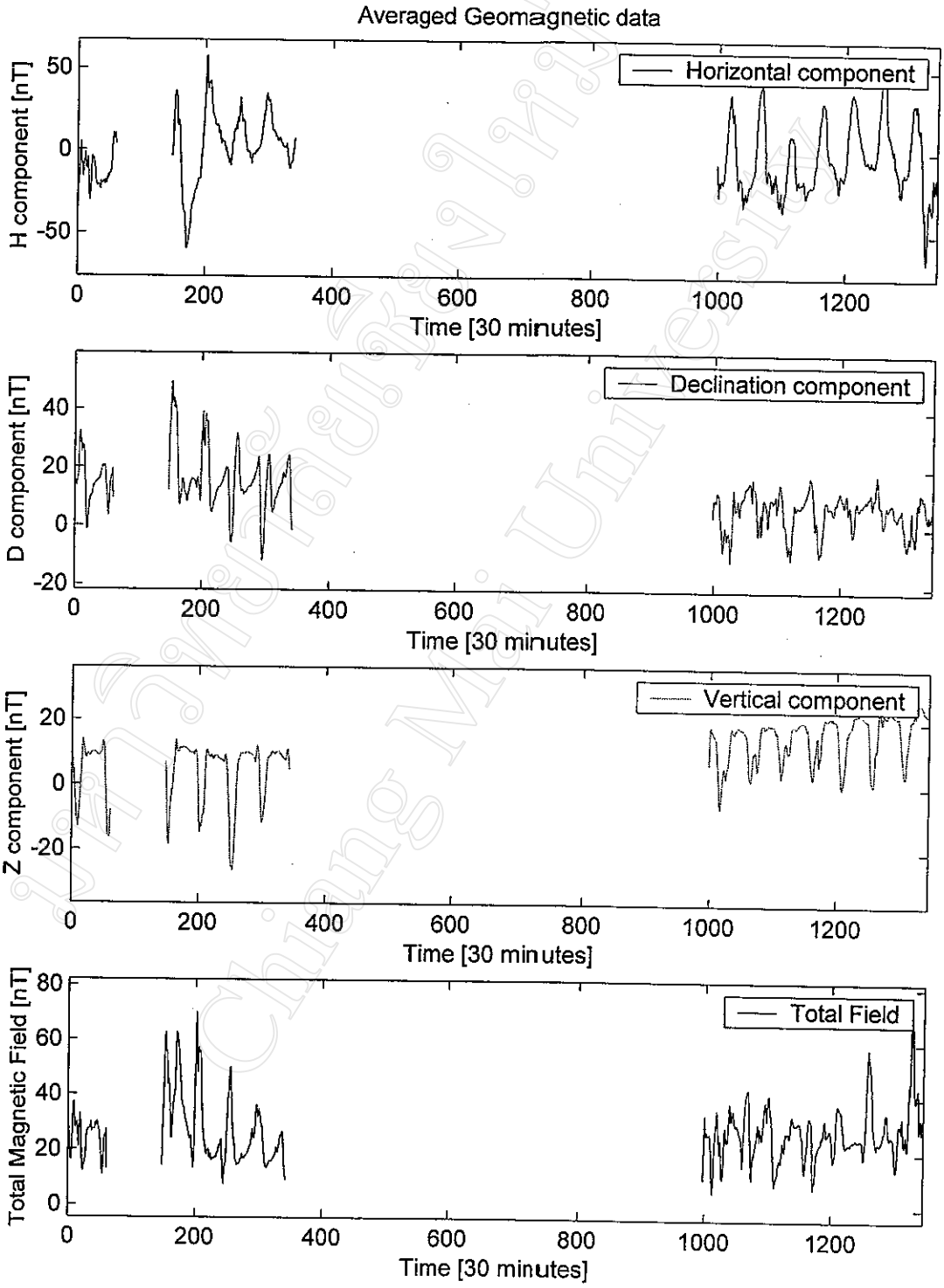
กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกที่วัดได้จากภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ แสดงค่าที่วัดได้ 3 ค่า คือ ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอน ซึ่งจะมีค่าเป็นบวกเมื่อทิศของสนามแม่เหล็กชี้ไปทางทิศเหนือ ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวเอียง ซึ่งจะมีค่าเป็นบวกเมื่อทิศของสนามแม่เหล็กชี้ไปทางทิศตะวันออก และค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวดิ่ง ซึ่งจะมีค่าเป็นบวกเมื่อทิศของสนามแม่เหล็กชี้ลงพื้นโลก ส่วนกราฟความเข้มสนามแม่เหล็กโลกรวม จะได้มาจากการคำนวณด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกทั้งสามองค์ประกอบโดยวิธีการทางเวกเตอร์ การเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกทั้งสามแนวแกนและค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกรวมเฉลี่ย 30 นาทีของเดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2541 แสดงดังรูปที่ 4.41 ถึงรูปที่ 4.52

เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแต่ละองค์ประกอบ ที่วัดได้จากเครื่องวัดค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกสามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวของผิวดินของสถานที่วัดได้ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแต่ละองค์ประกอบโดยที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกได้ ดังนั้น ในการวัดค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกจึงจำเป็นจะต้องอาศัยข้อมูลอย่างน้อย 2 สถานีวัด เพื่อให้แน่ใจได้ว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เกิดจากการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกจริงๆ ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.7.2 และเนื่องจากข้อจำกัดของขนาดข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ และการขาดหายของข้อมูลทำให้เกิดความไม่สะดวกต่อการวิจัย ในงานวิจัยนี้จึงอาศัยค่าดัชนีความเข้มสนามแม่เหล็กโลกมาใช้ในการวิจัย ซึ่งจะเลือกใช้ค่าดัชนี C9 ที่ได้จาก FTP server ประกอบกับการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกที่ได้จากการทดลองและค่าจำนวนจุดดับบนดวงอาทิตย์ในแต่ละวัน โดยจะสามารถหาได้จาก ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/GEOMAGNETIC_DATA/INDICES/KP_AP/ จากนั้น จึงจะนำข้อมูลมาวิเคราะห์ โดยประเด็นที่น่าสนใจจะอยู่ที่ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ TEC และการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในช่วงระยะเวลาที่เกิดการรบกวนทางแม่เหล็ก (Disturbed days) ช่วงระยะเวลาที่ไม่เกิดการรบกวนทางแม่เหล็ก (Quieted days) ช่วงระยะเวลาที่มีผลของดวงอาทิตย์มาก (High Solar Activity) และช่วงระยะ

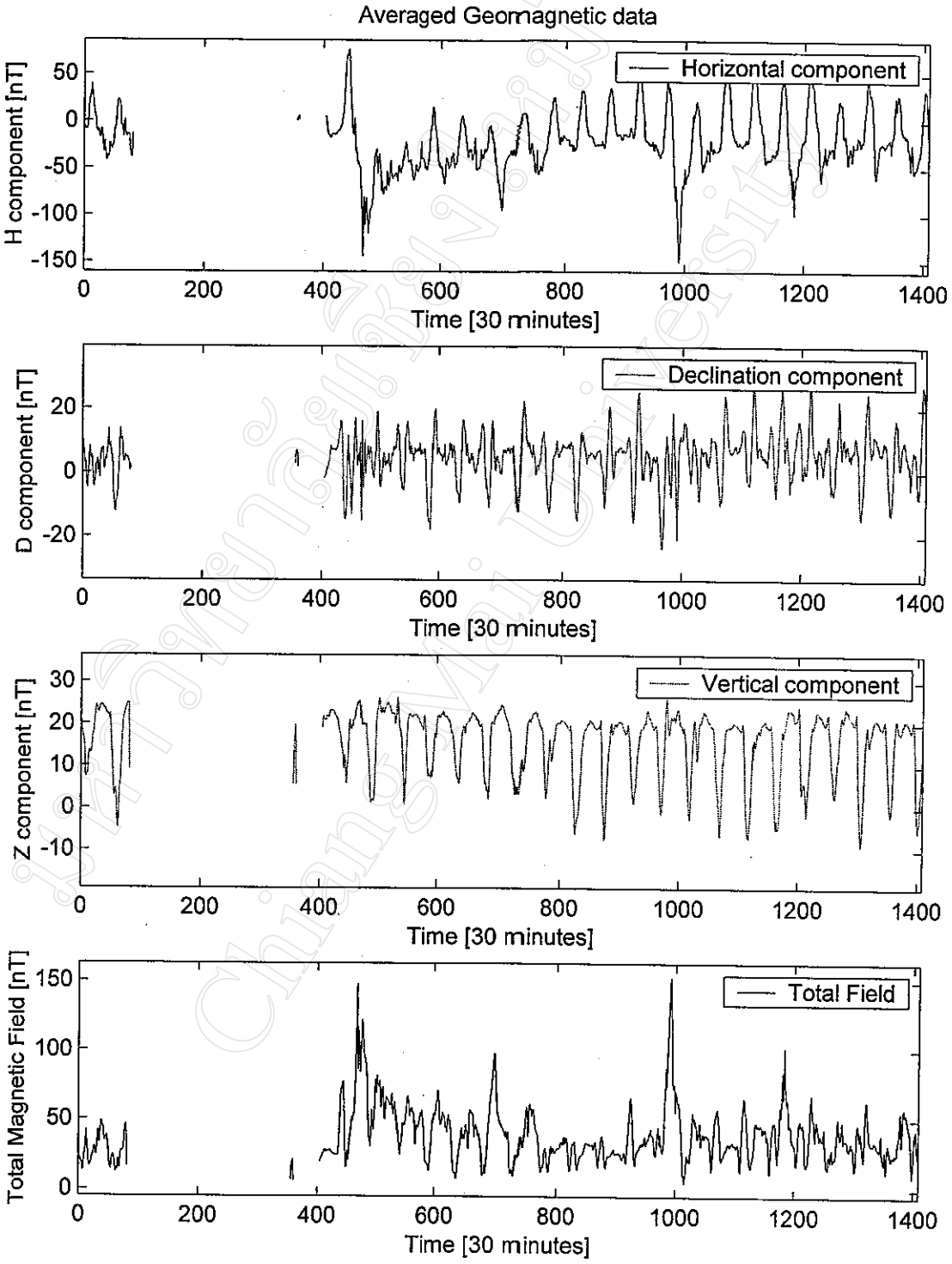
เวลาที่มีผลของดวงอาทิตย์น้อย (Low Solar Activity) ส่วนค่าดัชนี C9 และจำนวนจุดดับบนดวงอาทิตย์ในปี พ.ศ. 2541 แสดงดังรูปที่ 4.53



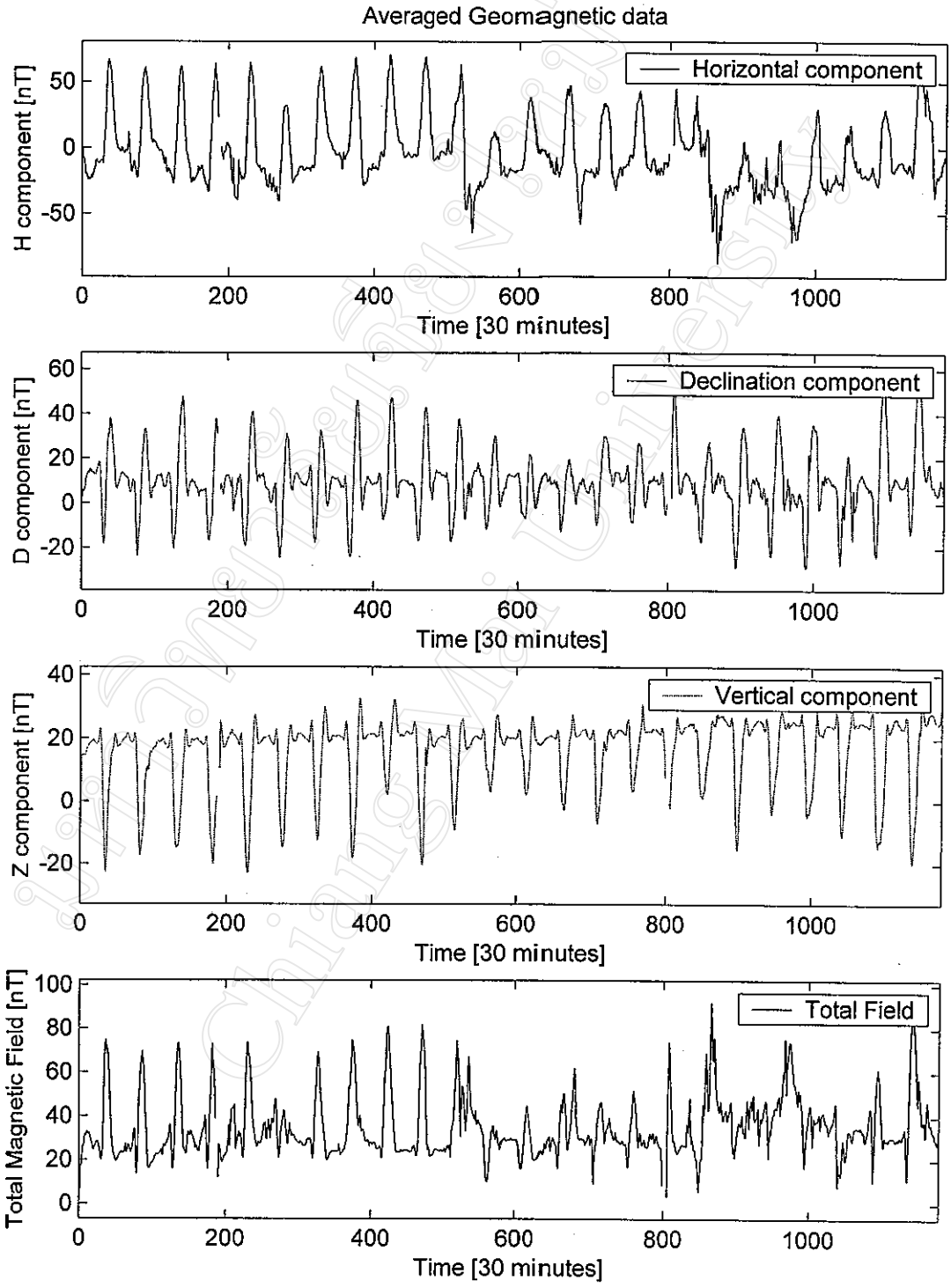
รูปที่ 4.41 การเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในองค์ประกอบสามแนวแกน และการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกรวมในเดือนมกราคม พ.ศ. 2541



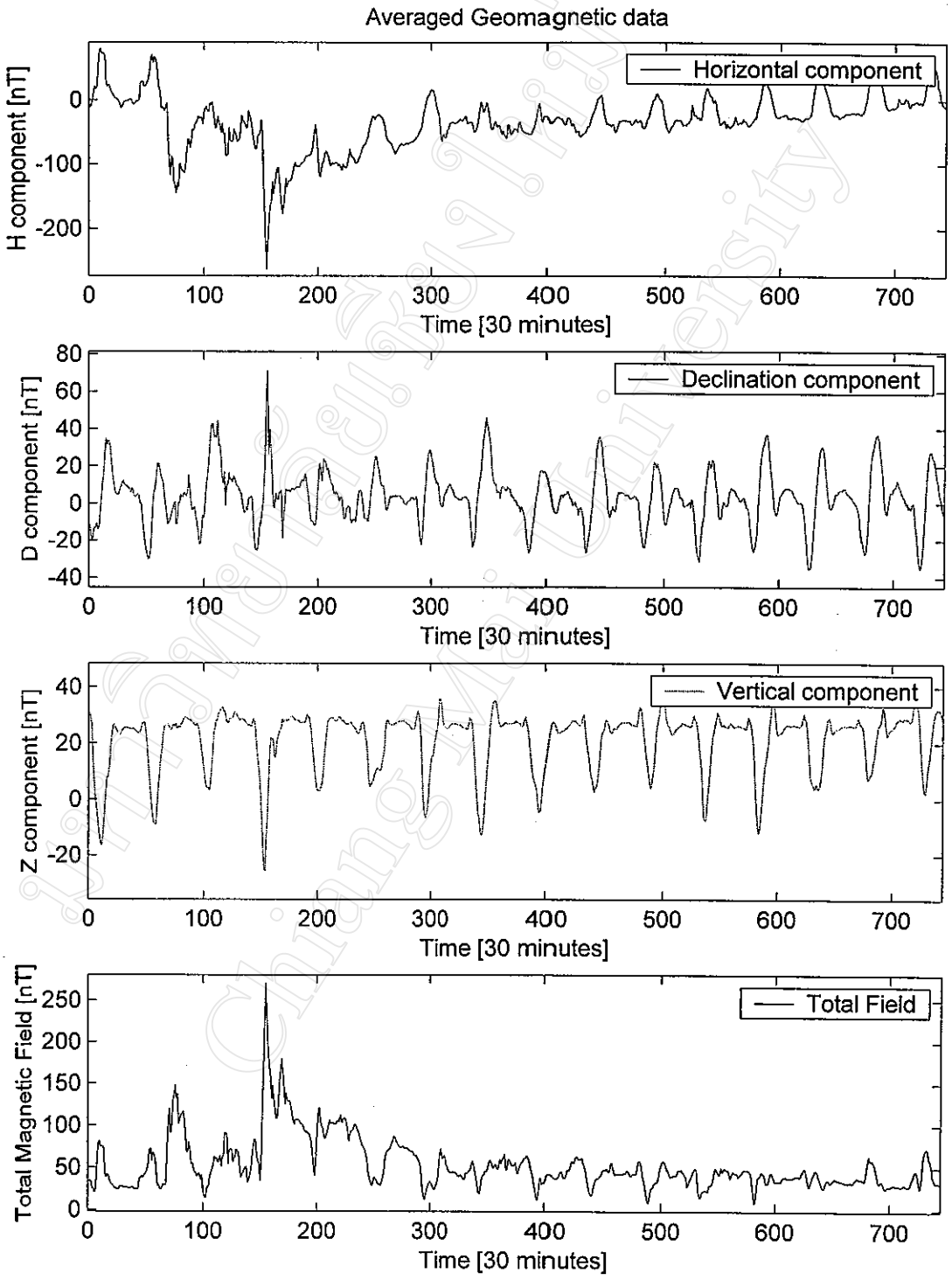
รูปที่ 4.42 การเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในองค์ประกอบสามแนวแกน และการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกรวมในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2541



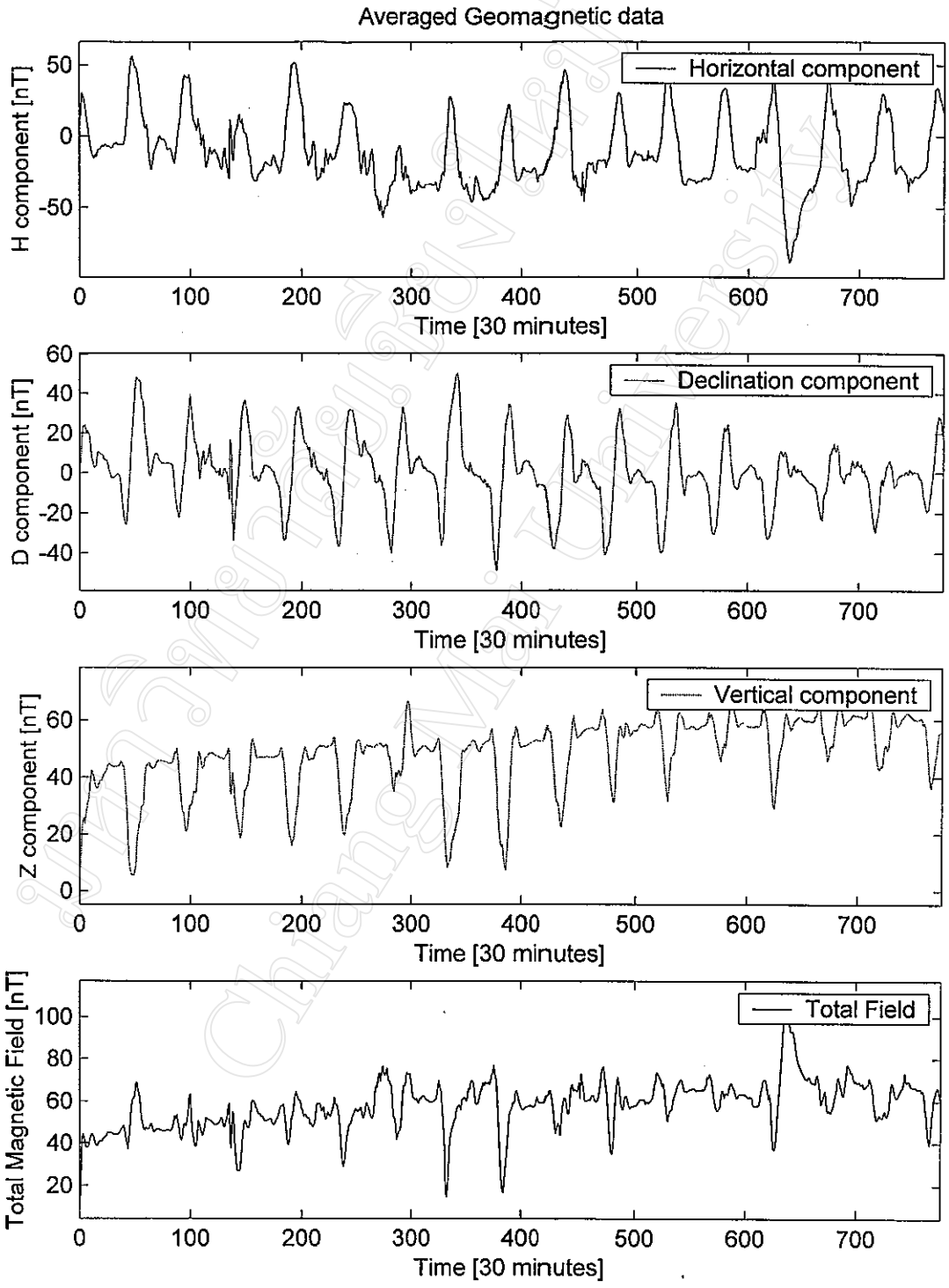
รูปที่ 4.43 การเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในองค์ประกอบสามแนวแกน และการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกรวมในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2541



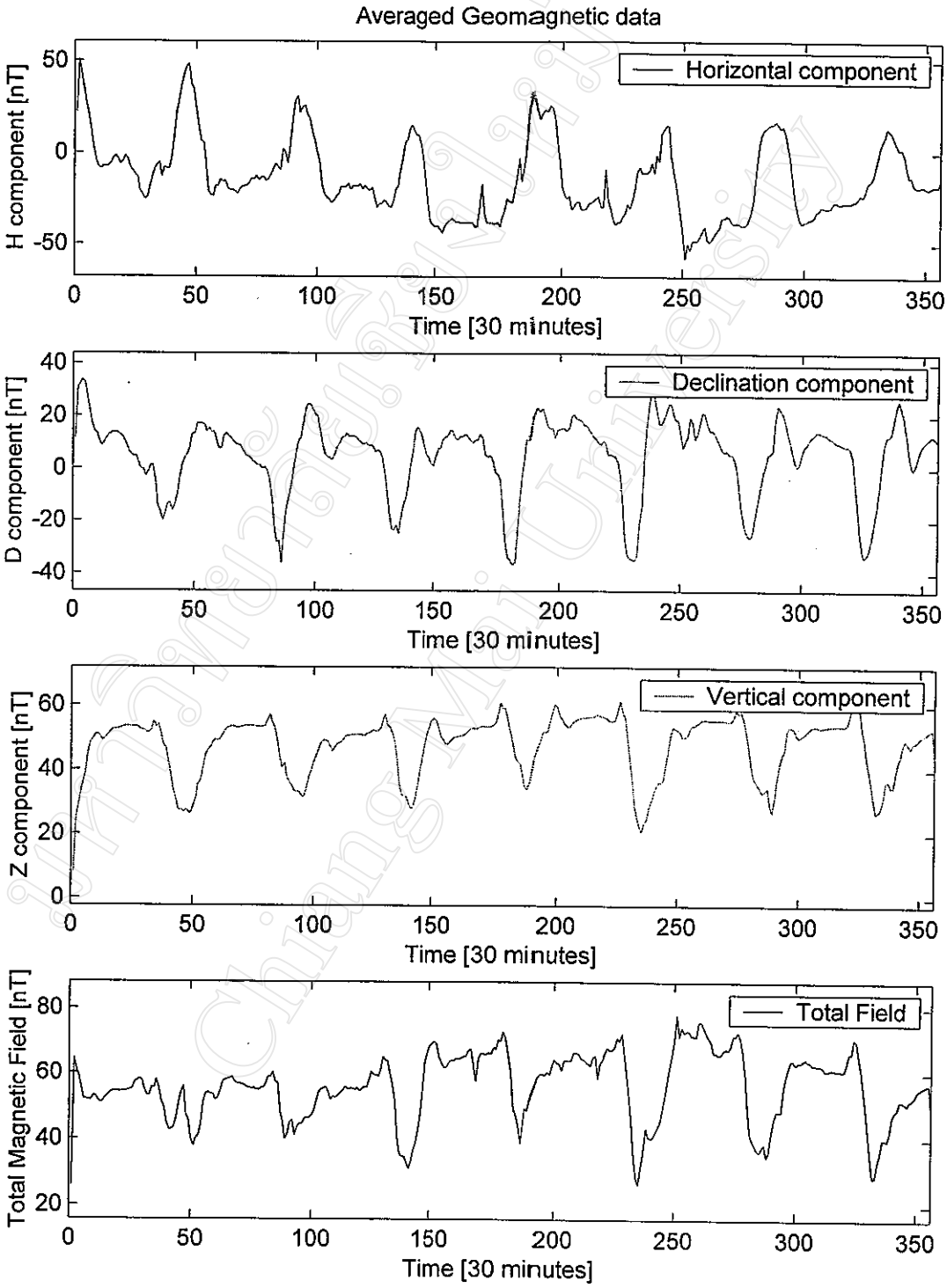
รูปที่ 4.44 การเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในองค์ประกอบสามแนวแกน และการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกรวมในเดือนเมษายน พ.ศ. 2541



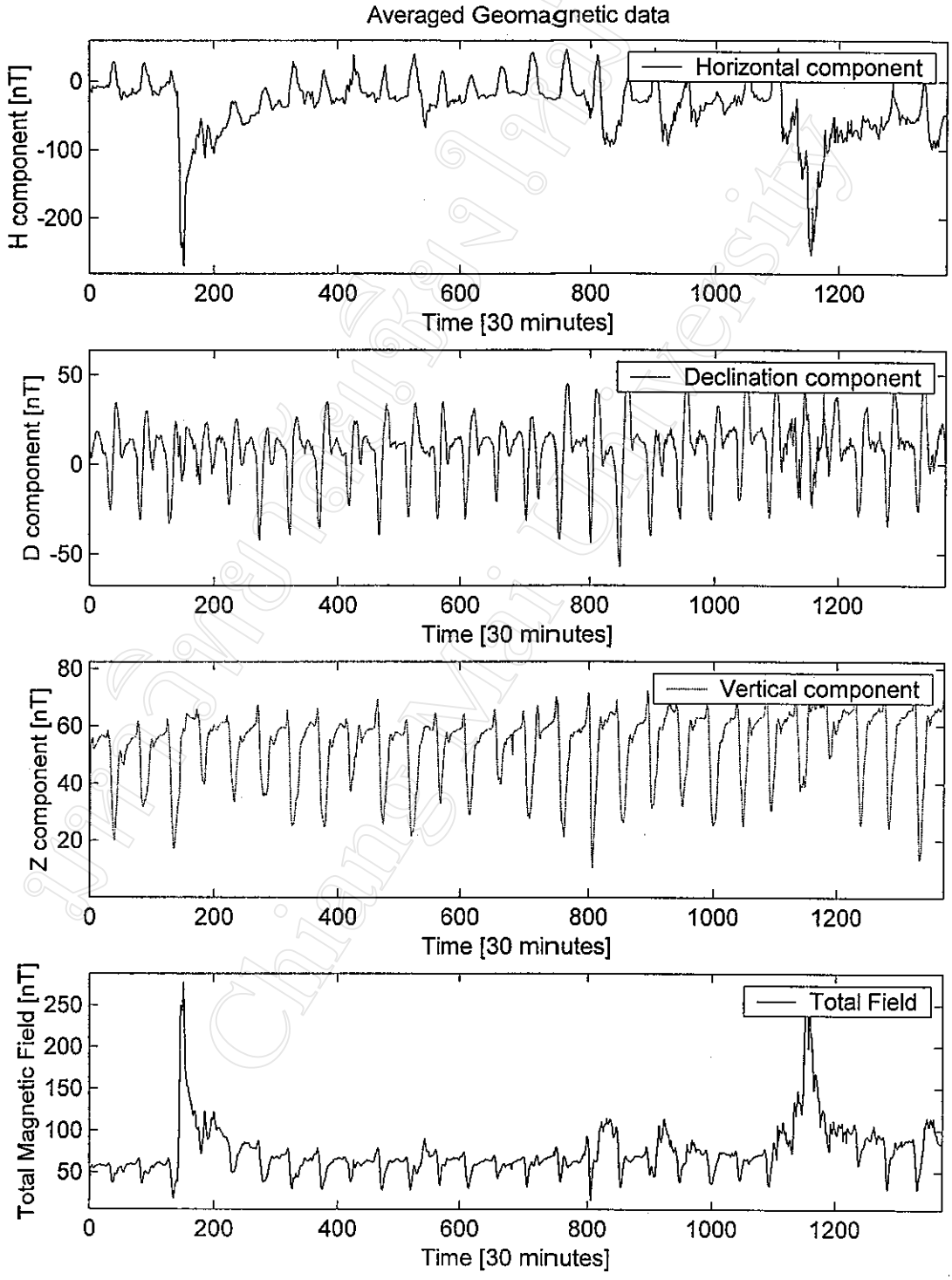
รูปที่ 4.45 การเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในองค์ประกอบสามแนวแกน และการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกรวมในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2541



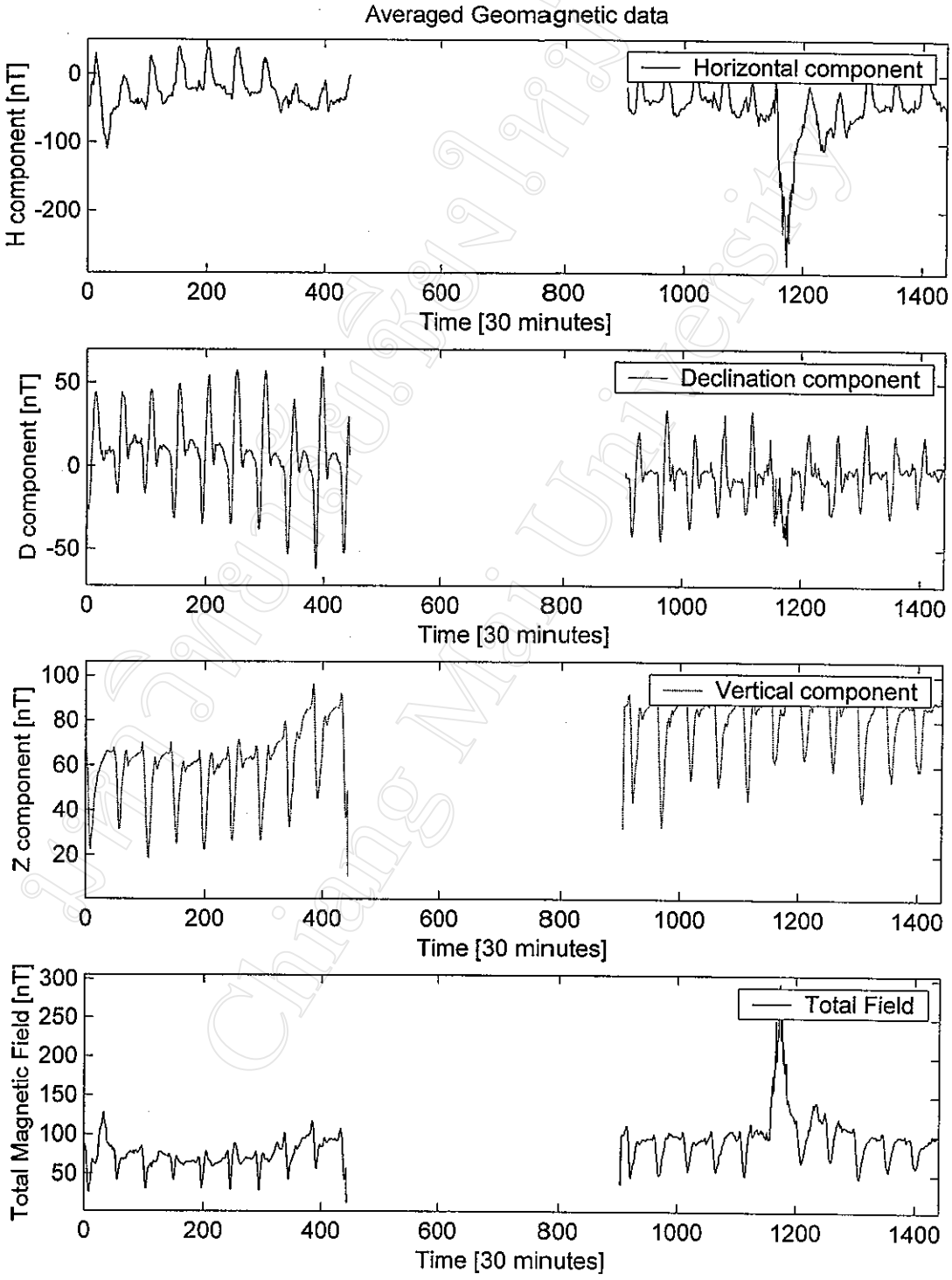
รูปที่ 4.46 การเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในองค์ประกอบสามแนวแกน และการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกรวมในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2541



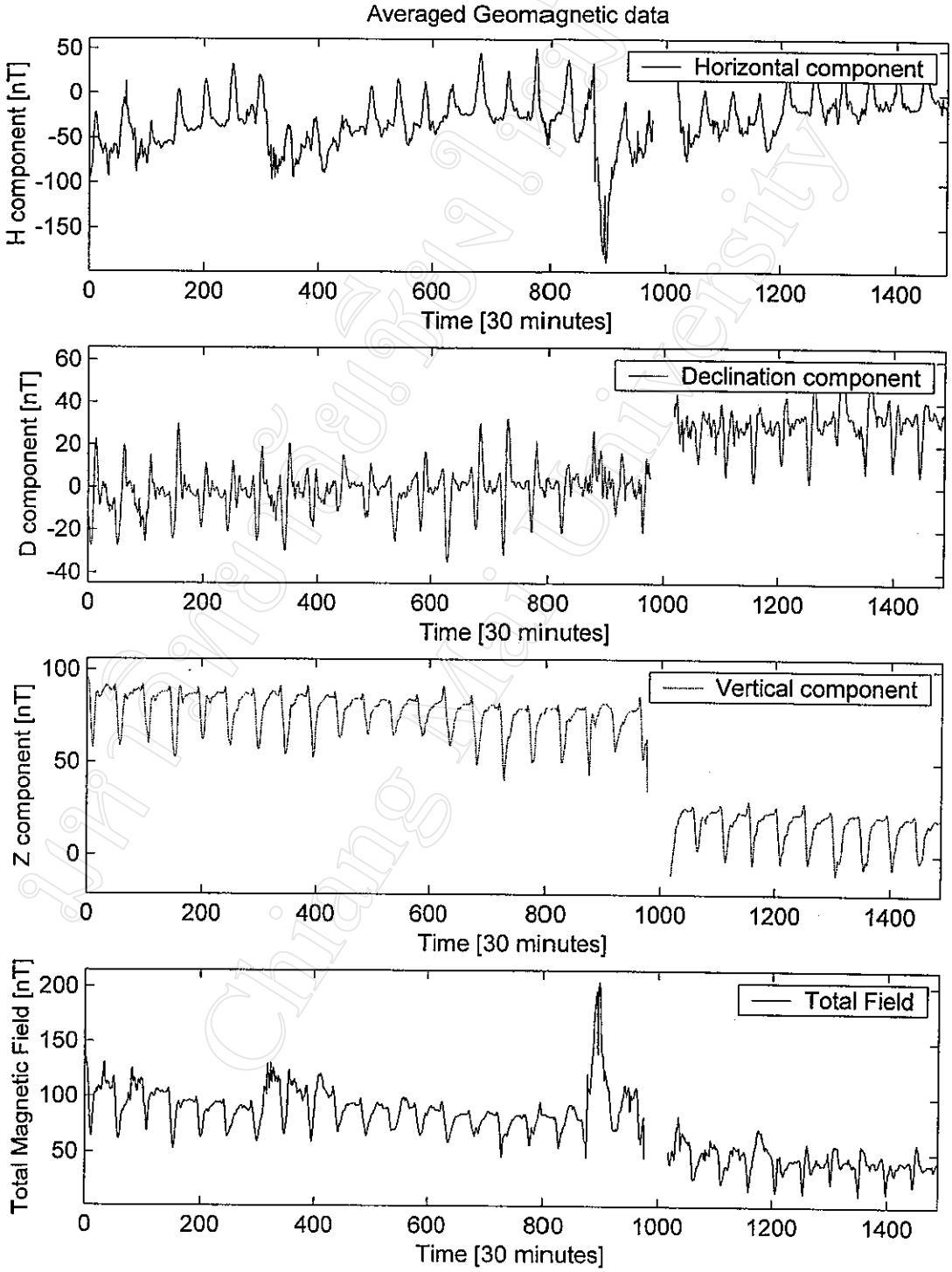
รูปที่ 4.47 การเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในองค์ประกอบสามแนวแกน และการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกรวมในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2541



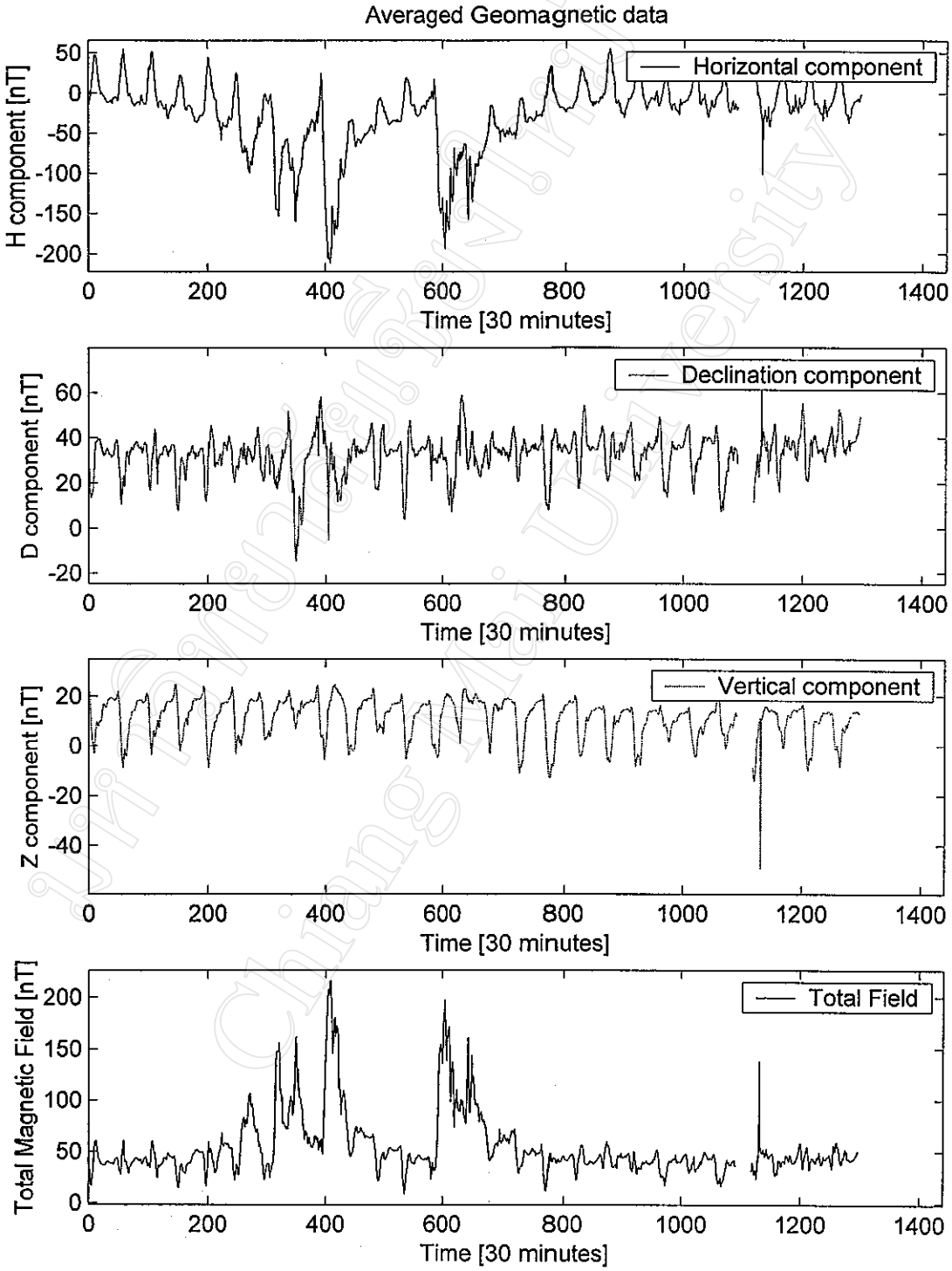
รูปที่ 4.48 การเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในองค์ประกอบสามแนวแกน และการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกรวมในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2541



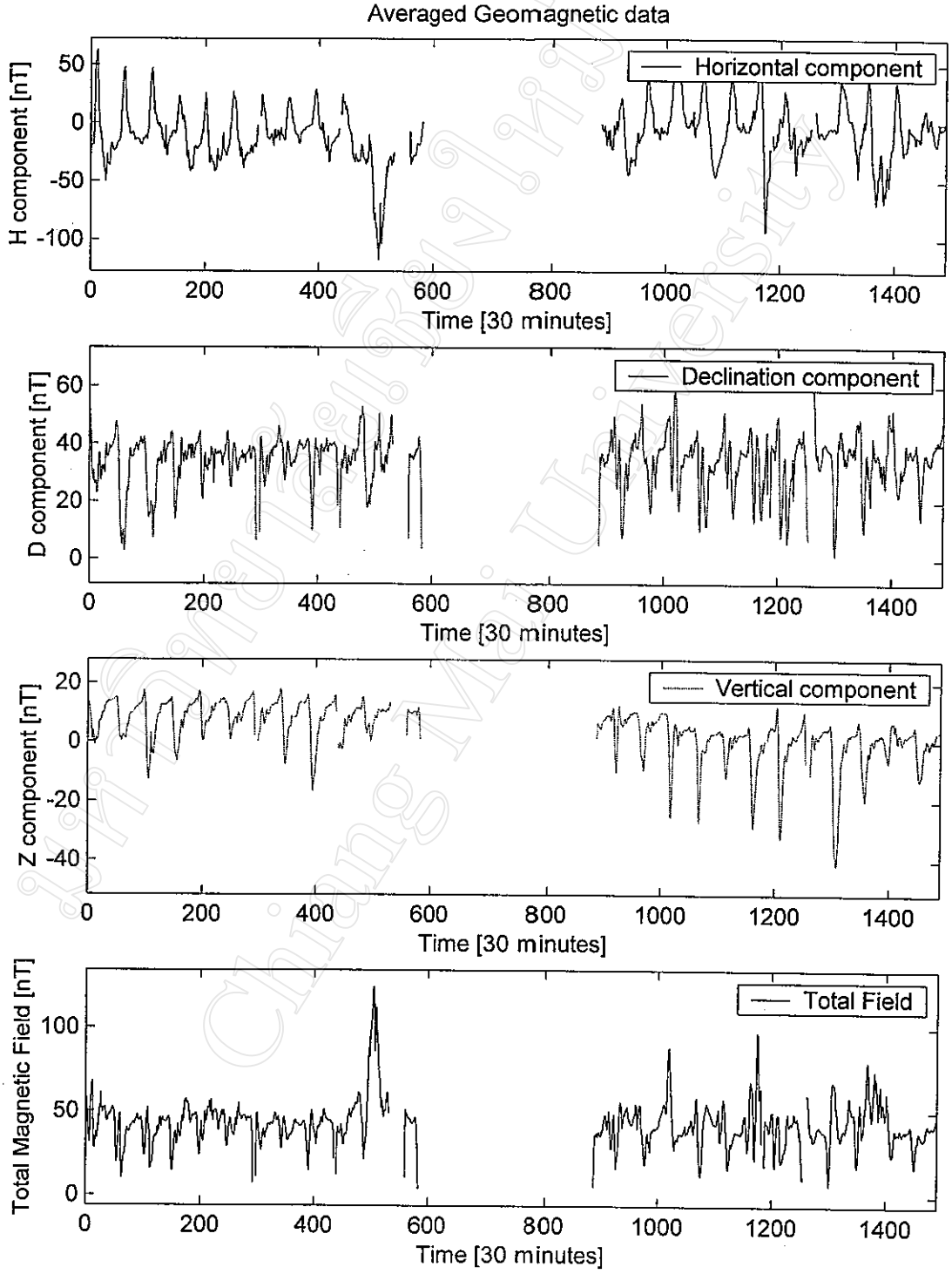
รูปที่ 4.49 การเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในองค์ประกอบสามแนวแกน และการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกรวมในเดือนกันยายน พ.ศ. 2541



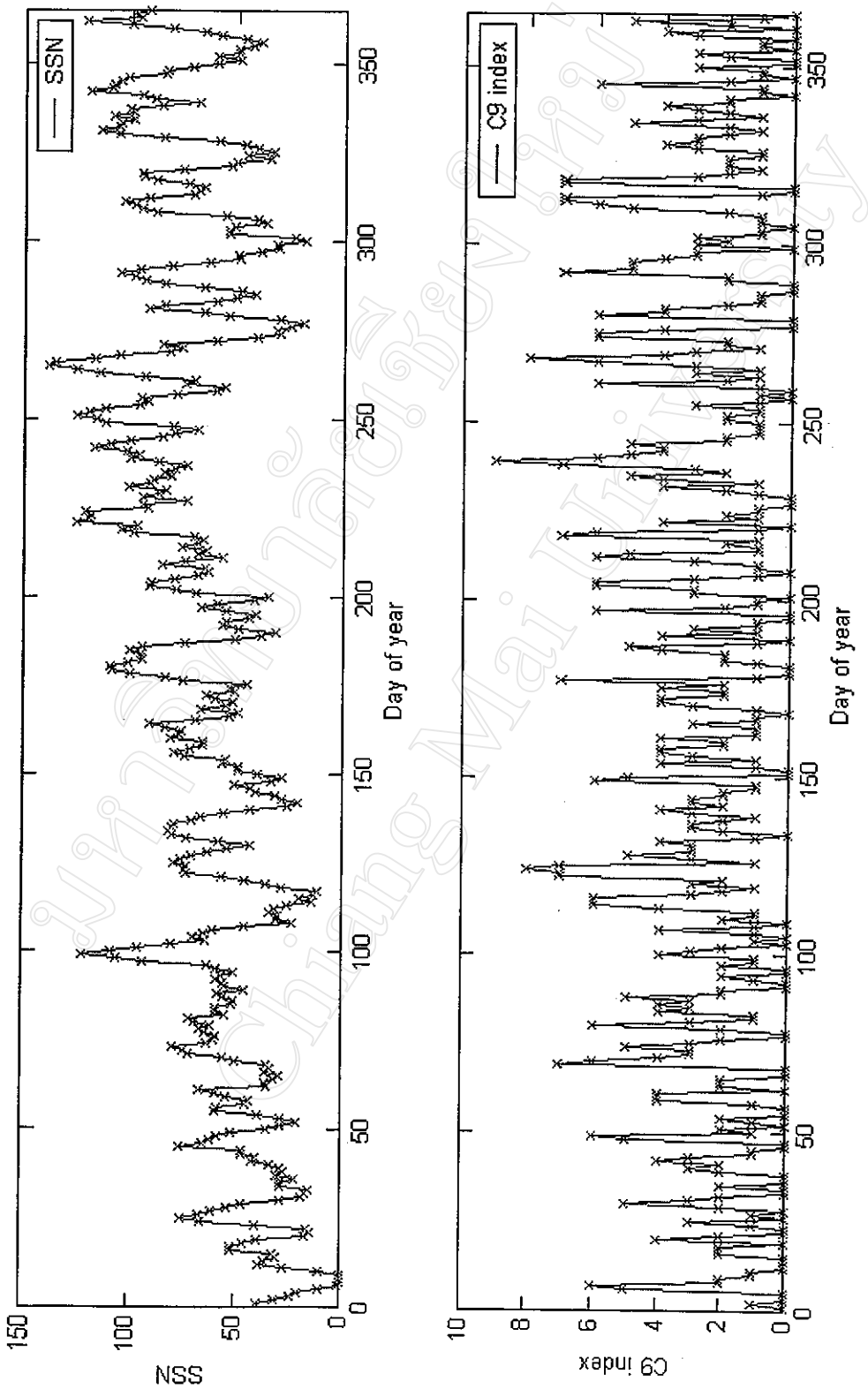
รูปที่ 4.50 การเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในองค์ประกอบสามแนวแกน และการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกรวมในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541



รูปที่ 4.51 การเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในองค์ประกอบสามแนวแกน และการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกรวมในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2541



รูปที่ 4.52 การเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในองค์ประกอบสามแนวแกน และการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกรวมในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2541



รูปที่ 4.54 จำนวนจุดดับบนดวงอาทิตย์และค่าดัชนี C9 ในปี พ.ศ. 2541

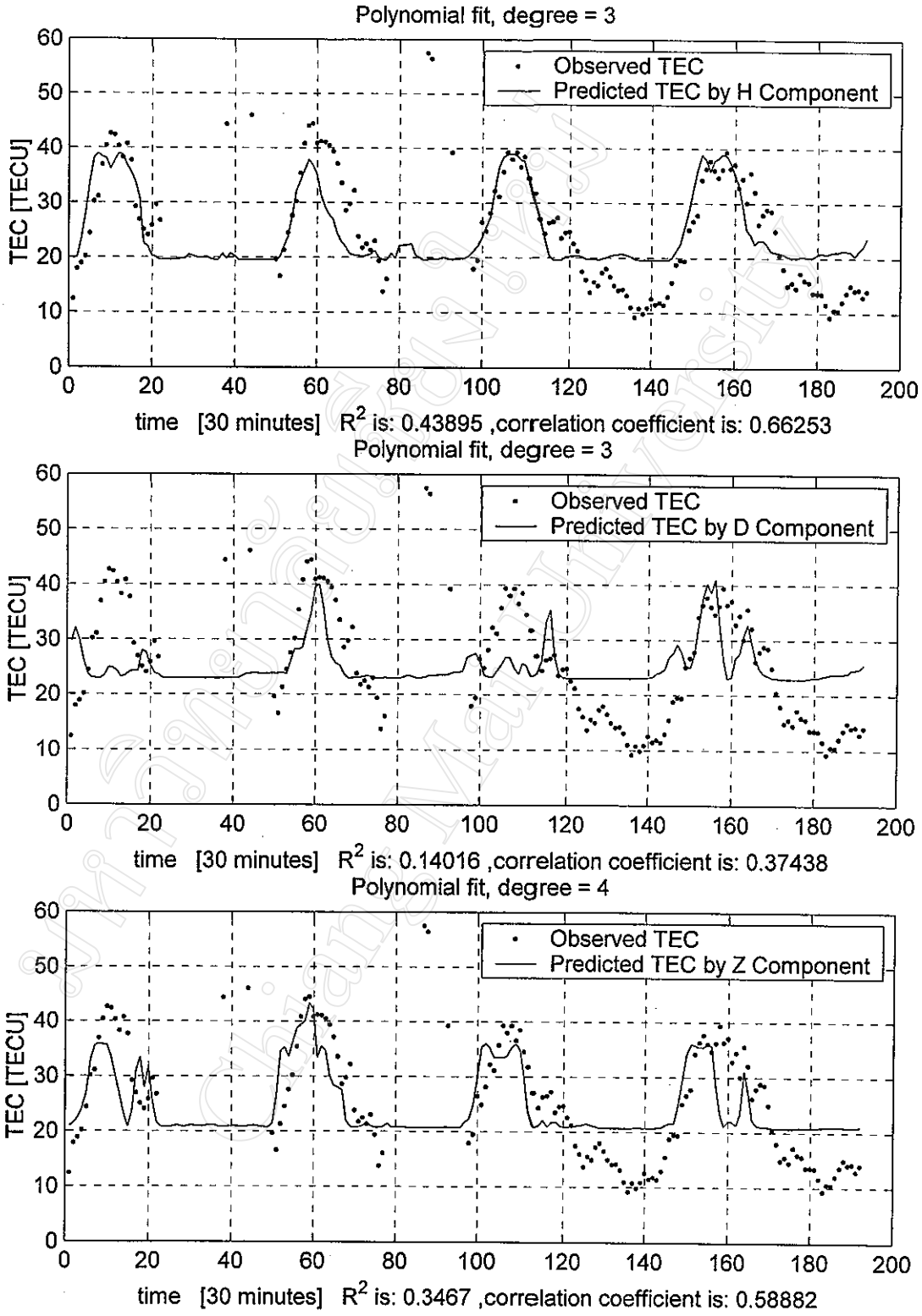
จากการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกจากรูปที่ 4.41 ถึง 4.52 ประกอบกับการพิจารณาค่าดัชนี C9 และจำนวนจุดดับบนดวงอาทิตย์ พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอน มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กโลกรวมมากที่สุด คือ เมื่อมีพายุสนามแม่เหล็กเกิดขึ้น ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอนจะถูกกดลง ซึ่งสามารถสังเกตได้จากการลดลงของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กในแนวนอนนั่นเอง แต่ยังไม่สามารถสรุปได้ว่า การเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กในองค์ประกอบใดจะมีความสัมพันธ์กับข้อมูล TEC มากที่สุด ซึ่งจะต้องทำการวิเคราะห์ต่อไป โดยการแยกพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล TEC กับค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลก เป็นช่วงวันที่เกิดการรบกวนทางแม่เหล็กและวันที่ไม่เกิดการรบกวนทางแม่เหล็ก ซึ่งสามารถสรุปได้โดยการพิจารณาเป็นรายเดือน ดังต่อไปนี้

4.2.1 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลก โดยใช้ข้อมูลเดือนมกราคม พ.ศ. 2541

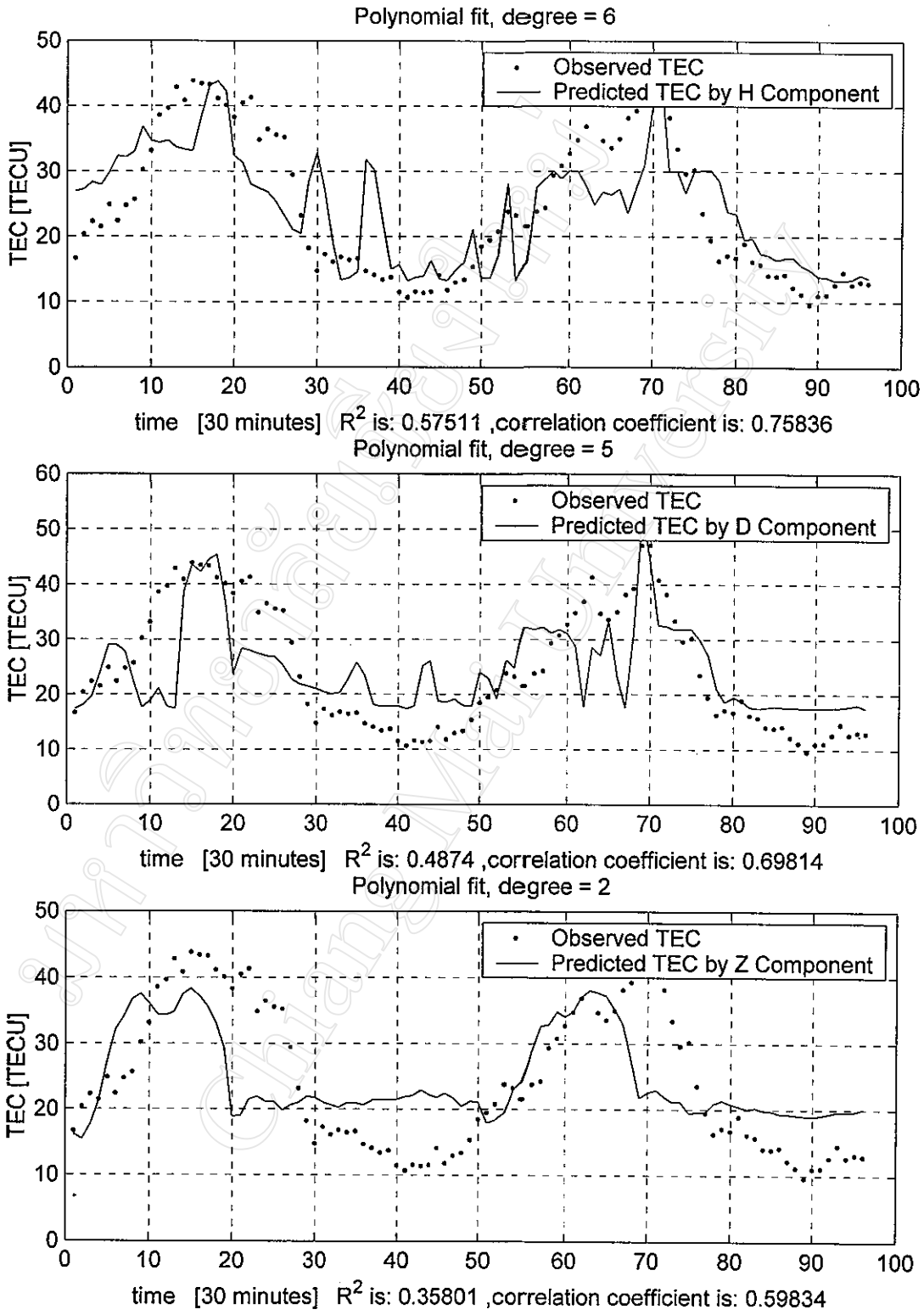
จากการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในเดือนมกราคม ตามรูปที่ 4.41 และเปรียบเทียบกับค่าดัชนี C9 พบว่า ในช่วงวันที่ 6-7 (ช่วงเวลาที่ 241-336) และช่วงวันที่ 30-31 (ช่วงเวลาที่ 1393-1442) มกราคม การเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกสอดคล้องกับค่าดัชนี C9 ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกที่เกิดในช่วงระหว่างวันที่ 18-29 (ช่วงเวลาที่ 816-1392) มกราคมไม่สามารถระบุได้ชัดเจนว่าเกิดจากอะไร การเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในช่วงวันที่ 12-15 (ช่วงเวลาที่ 529-720) มกราคม แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงที่ค่อนข้างแน่นอน คือ ไม่เกิดการรบกวนทางแม่เหล็ก

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล TEC และความเข้มสนามแม่เหล็กในช่วงเวลาปกติที่ไม่เกิดการรบกวนทางแม่เหล็ก ในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2541 นี้ จะใช้ข้อมูลในวันที่ 12-15 มกราคม ผลการวิเคราะห์การถดถอยแบบเส้นโค้งด้วยข้อมูล TEC และความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอน แนวเอียง และแนวดิ่งในช่วงวันดังกล่าวแสดงดังรูปที่ 4.54

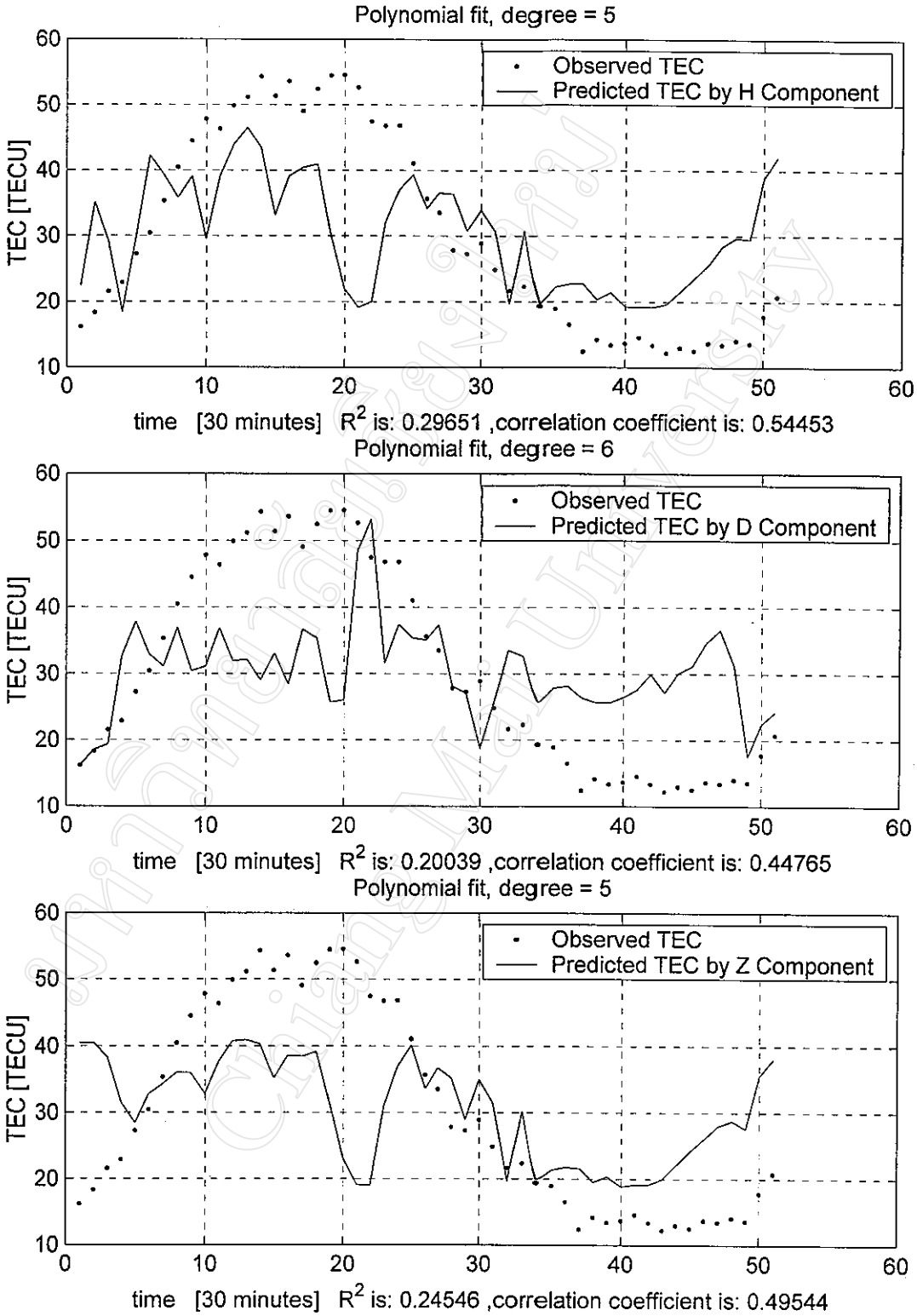
ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล TEC และความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในช่วงเวลาที่เกิดการรบกวนทางแม่เหล็กในช่วงวันที่ 6-7 มกราคม ช่วงวันที่ 30-31 มกราคม แสดงดังรูปที่ 4.55 และรูปที่ 4.56 ตามลำดับ



รูปที่ 4.54 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแต่ละองค์ประกอบ โดยใช้ข้อมูลในช่วงวันที่ 12-15 มกราคม พ.ศ. 2541



รูปที่ 4.55 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแต่ละองค์ประกอบ โดยใช้ข้อมูลในช่วงวันที่ 6-7 มกราคม พ.ศ. 2541



รูปที่ 4.56 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแต่ละองค์ประกอบ โดยใช้ข้อมูลในช่วงวันที่ 30-31 มกราคม พ.ศ. 2541

4.2.2 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลก โดยใช้ข้อมูลเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2541

เนื่องจากข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกที่วัดได้จากการทดลองในเดือนกุมภาพันธ์ ขาดหายไปเป็นจำนวนมาก ทำให้ไม่สามารถสรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในช่วงใดที่ไม่เกิดการรบกวนทางแม่เหล็ก แต่จากรูปที่ 4.42 จะเห็นได้ชัดเจนว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอนในช่วงวันที่ 3-4 (ช่วงเวลาที่ 160-240) กุมภาพันธ์ มีความแตกต่างไปจากข้อมูลในช่วงวันอื่น ถึงแม้ว่าค่าดัชนี C9 จะมีค่าน้อยก็ตาม ส่วนในช่วงวันที่ 28 (ช่วงเวลาที่ 1296-1344) กุมภาพันธ์ ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกก็มีการเปลี่ยนแปลงมากเช่นเดียวกันและค่าดัชนี C9 ก็แสดงถึงการรบกวนทางแม่เหล็กด้วย แต่ไม่มากนัก

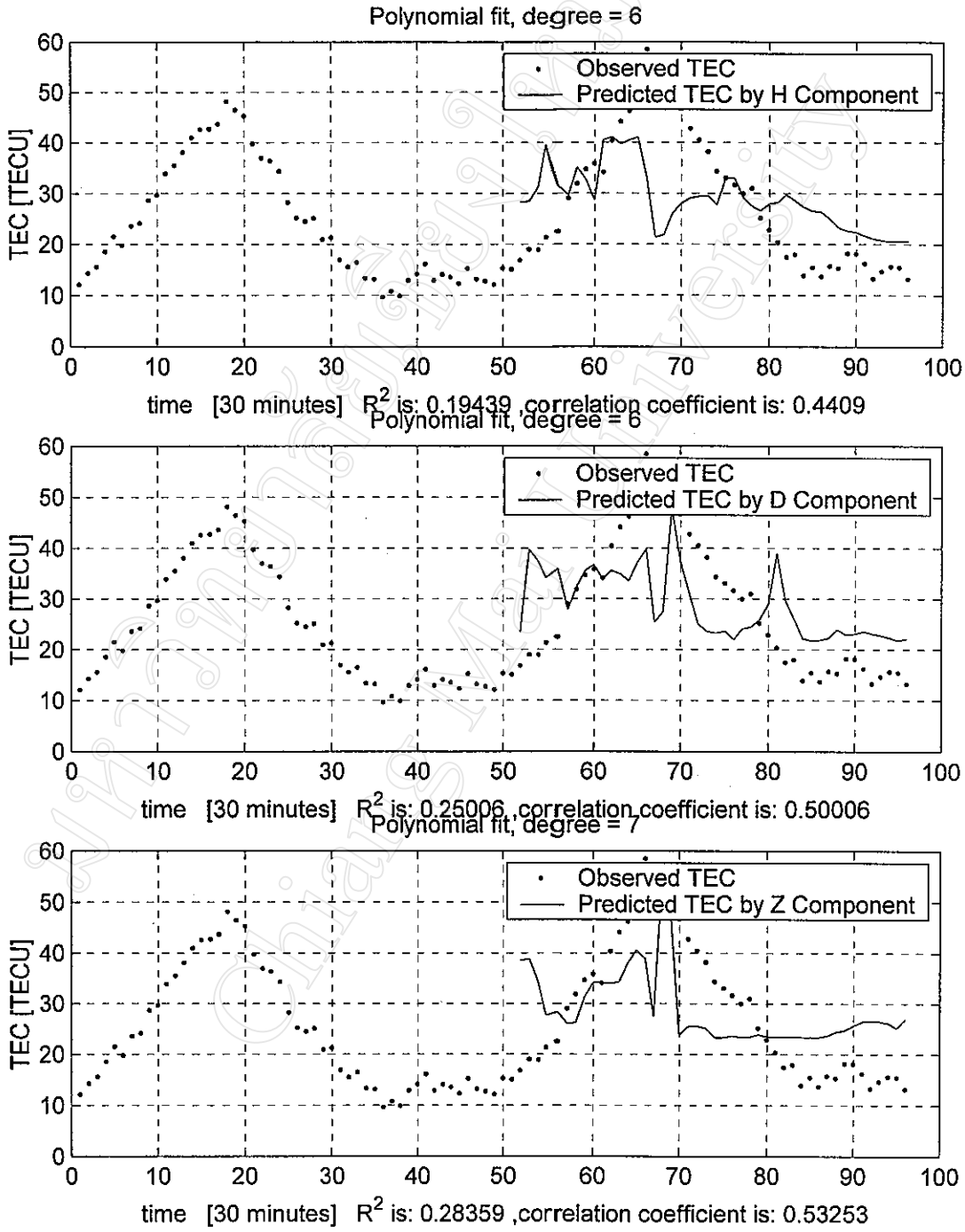
ผลการวิเคราะห์การถดถอยแบบเส้นโค้งด้วยข้อมูล TEC และความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอน แนวเอียง และแนวดิ่ง ในช่วงวันที่ 3-4 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2541 และวันที่ 28 กุมภาพันธ์ แสดงดังรูปที่ 4.57 และรูปที่ 4.58 ตามลำดับ

4.2.3 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลก โดยใช้ข้อมูลเดือนมีนาคม พ.ศ. 2541

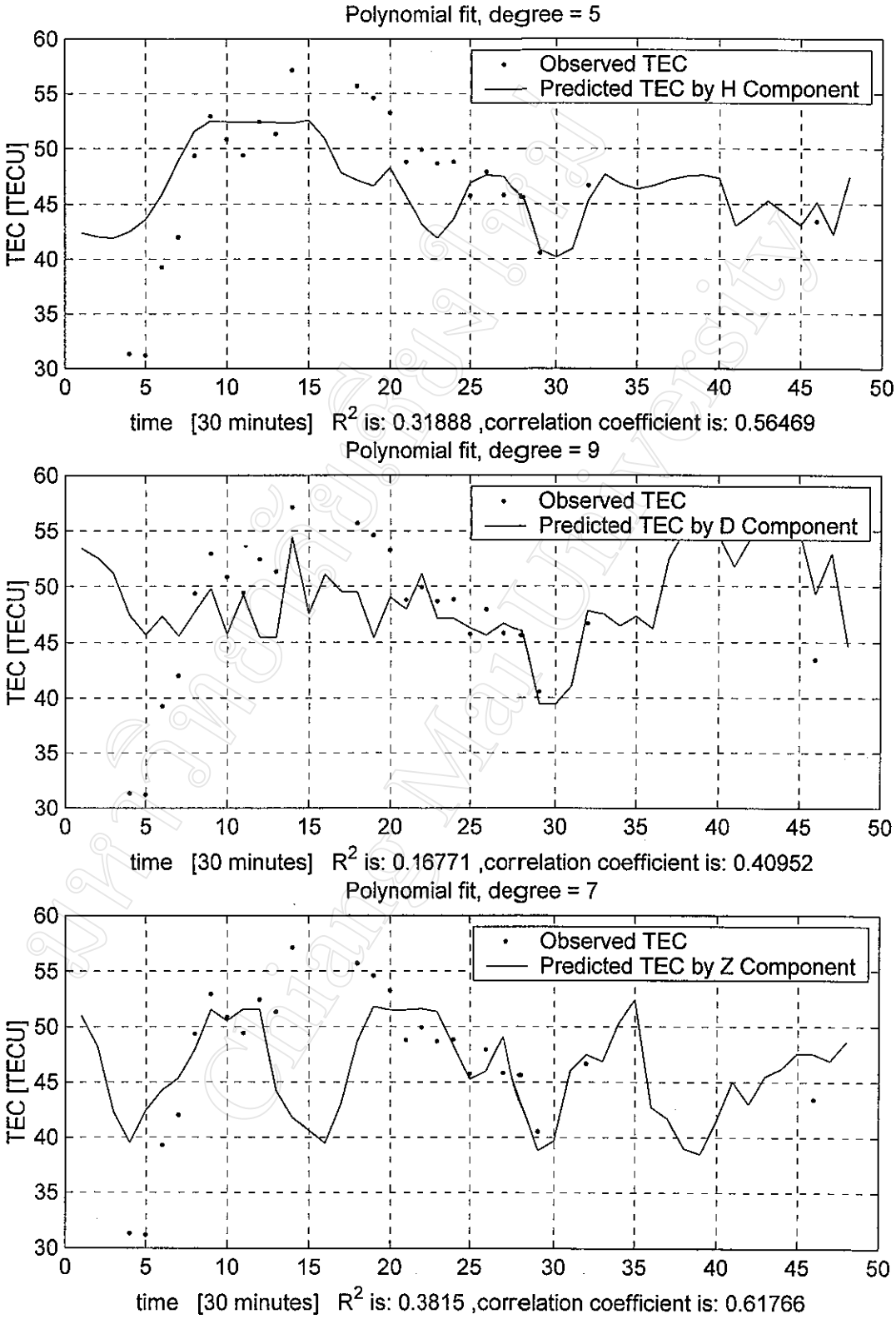
จากรูปที่ 4.43 จะเห็นว่าในช่วงวันที่ 10-11(ช่วงเวลาที่ 433-528) มีนาคม มีการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกค่อนข้างมากกว่าปกติและสอดคล้องกับค่าดัชนี C9 และการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในวันที่ 21 (ช่วงเวลาที่ 961-1008) มีนาคม ก็มีความสอดคล้องกับค่าดัชนี C9 เช่นเดียวกัน แต่การเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกจะไม่มากเท่ากับในช่วงวันที่ 10-11 มีนาคม ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกที่เกิดขึ้นในวันที่ 25 (ช่วงเวลาที่ 1153-1200) มีนาคม อาจจะเกิดจากการรบกวนทางแม่เหล็กเฉพาะบริเวณจังหวัดเชียงใหม่หรือบริเวณใกล้เคียง เนื่องจากค่าดัชนี C9 มีค่าไม่สูงนัก ข้อมูลอีกช่วงเวลาหนึ่งที่น่าสนใจก็คือ การเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในวันที่ 19-20 (ช่วงเวลาที่ 865-960) มีนาคม ซึ่งไม่แสดงถึงการเกิดการรบกวนทางแม่เหล็ก

ผลการวิเคราะห์การถดถอยแบบเส้นโค้งด้วยข้อมูล TEC และความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอน แนวเอียง และแนวดิ่ง ในช่วงวันที่ 10-11 มีนาคม พ.ศ. 2541 วันที่ 21 มีนาคม และวันที่ 25 มีนาคม ซึ่งเป็นวันที่เกิดการรบกวนทางแม่เหล็ก แสดงดังรูปที่ 4.59 รูปที่ 4.60 และรูปที่ 4.61 ตามลำดับ ส่วนการผลการวิเคราะห์การถดถอยแบบเส้นโค้งด้วยข้อมูล TEC และ

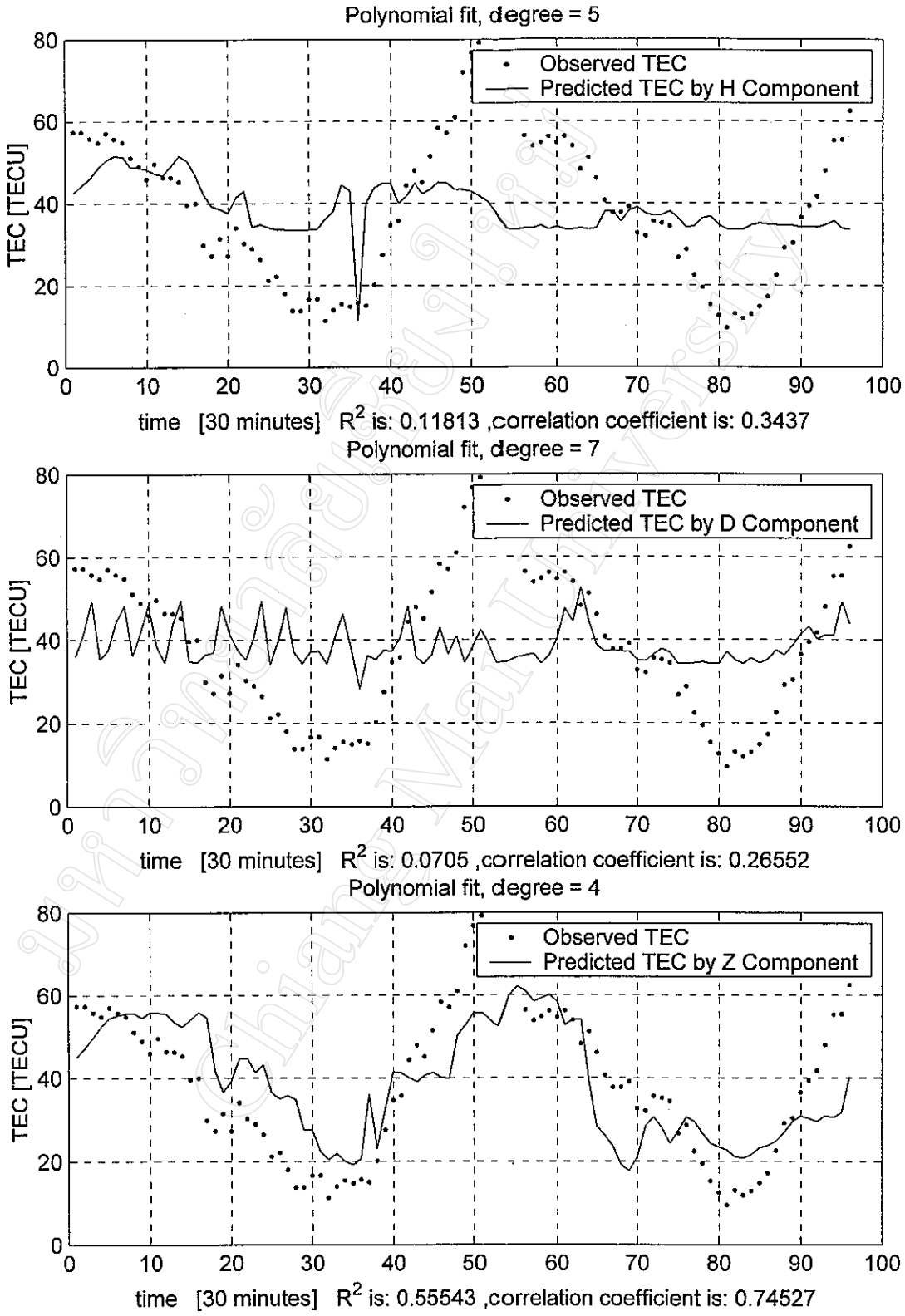
ความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในช่วงวันที่ 19-20 มีนาคม ซึ่งเป็นวันที่ไม่เกิดการรบกวนทางแม่เหล็ก แสดงดังรูปที่ 4.62



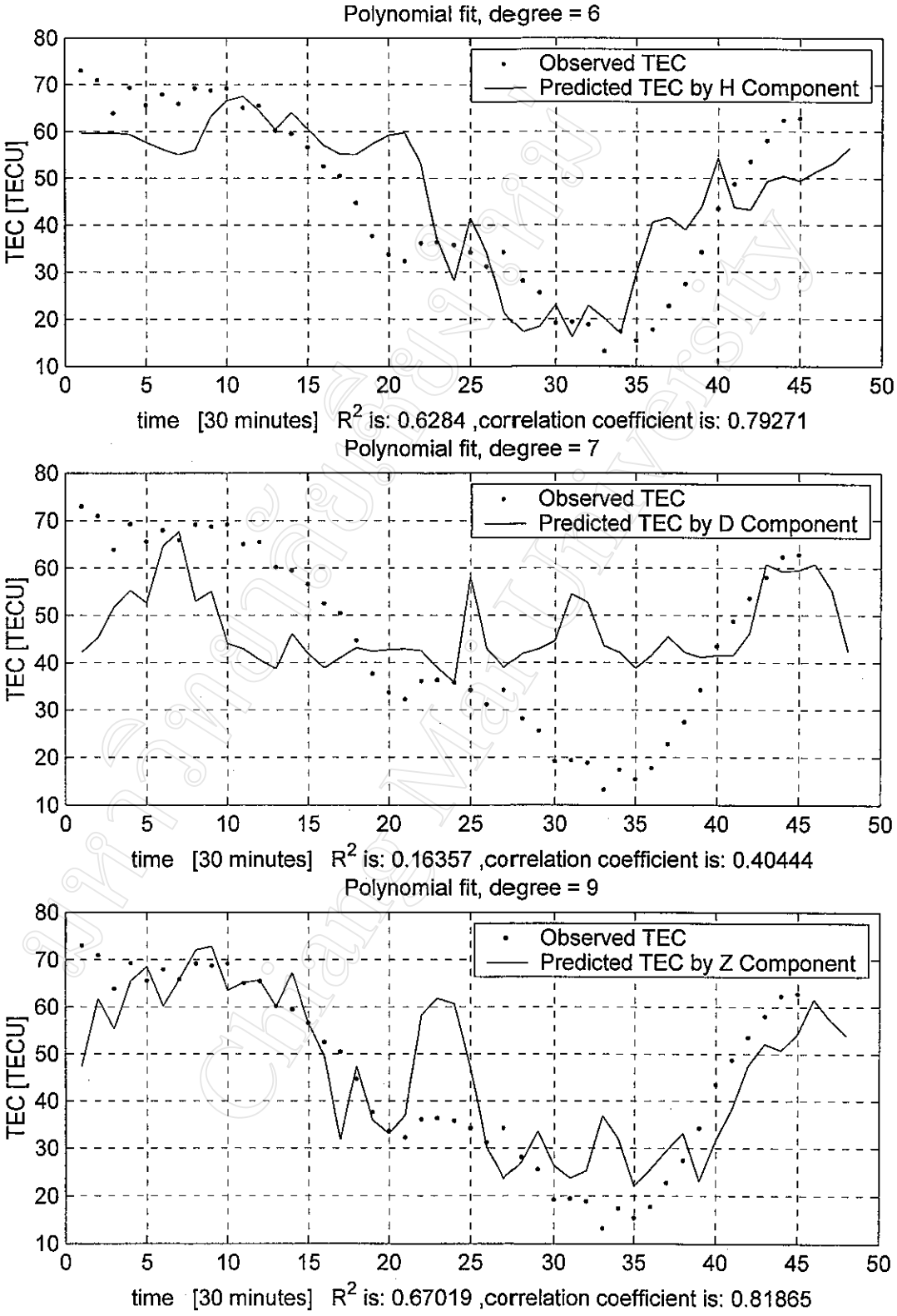
รูปที่ 4.57 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแต่ละองค์ประกอบ โดยใช้ข้อมูลในช่วงวันที่ 3-4 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2541



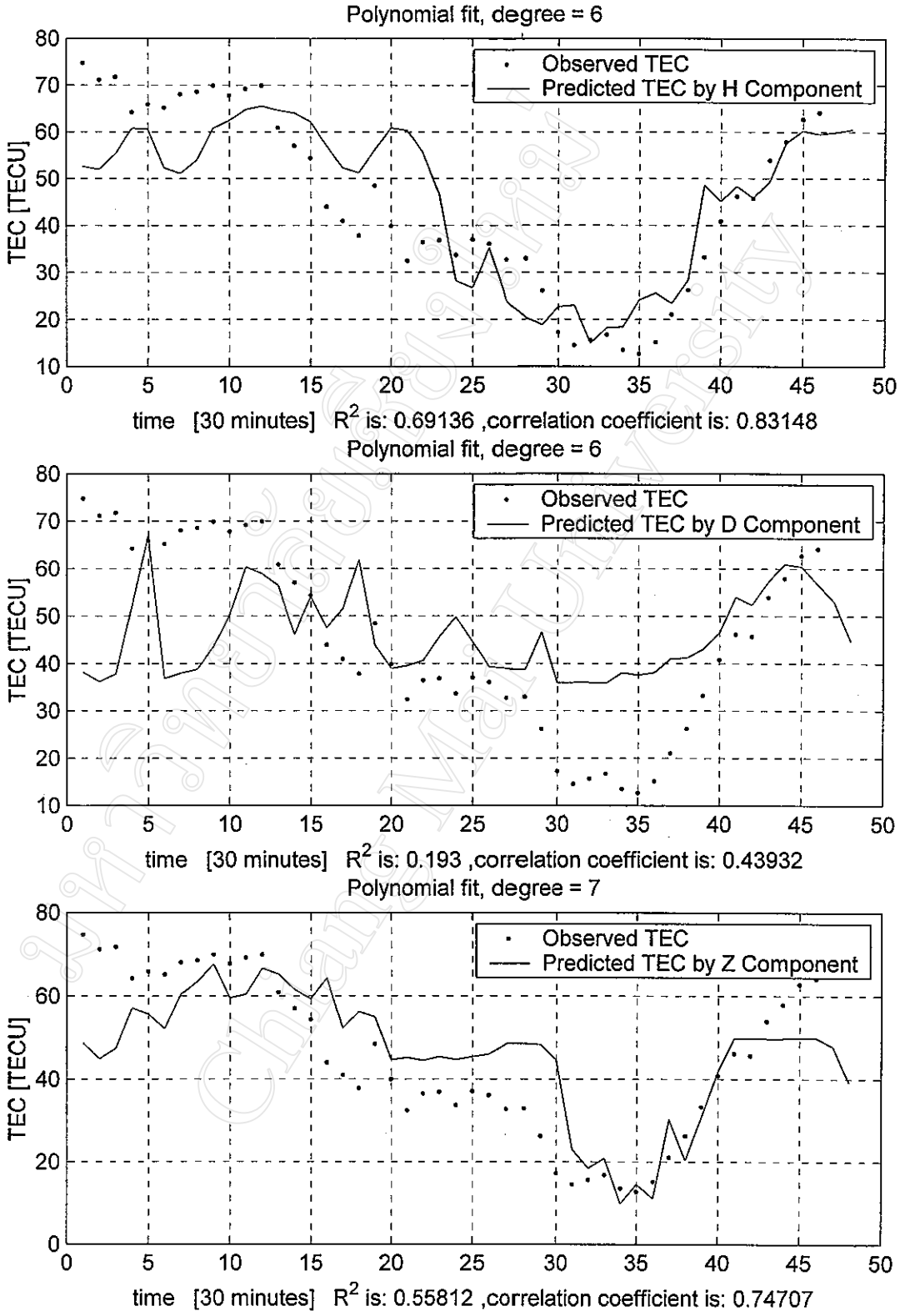
รูปที่ 4.58 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแต่ละองค์ประกอบ โดยใช้ข้อมูลวันที่ 28 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2541



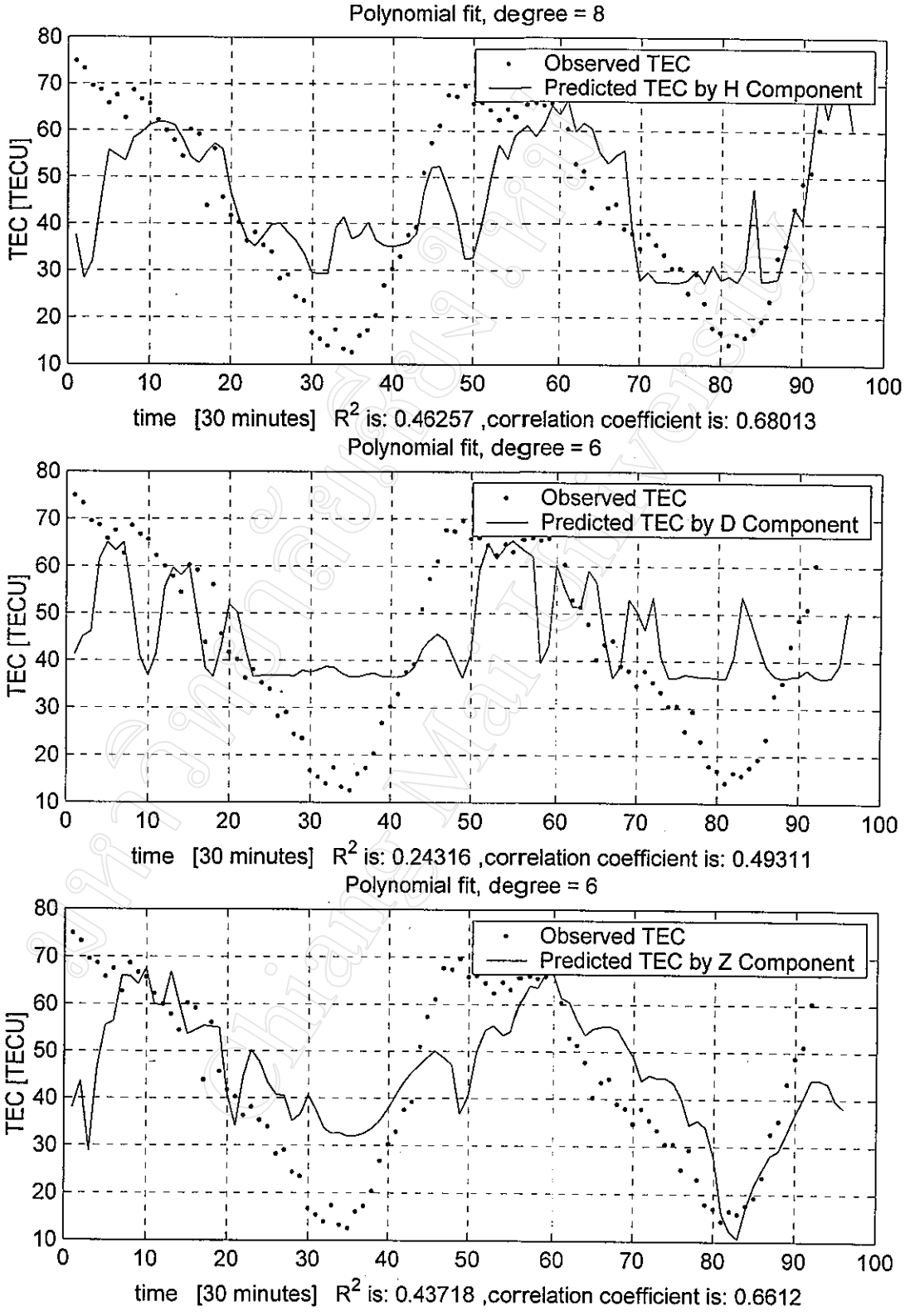
รูปที่ 4.59 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแต่ละองค์ประกอบ โดยใช้ข้อมูลในช่วงวันที่ 10-11 มีนาคม พ.ศ. 2541



รูปที่ 4.60 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแต่ละองค์ประกอบ โดยใช้ข้อมูลวันที่ 21 มีนาคม พ.ศ. 2541



รูปที่ 4.61 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแต่ละองค์ประกอบ โดยใช้ข้อมูลวันที่ 25 มีนาคม พ.ศ. 2541

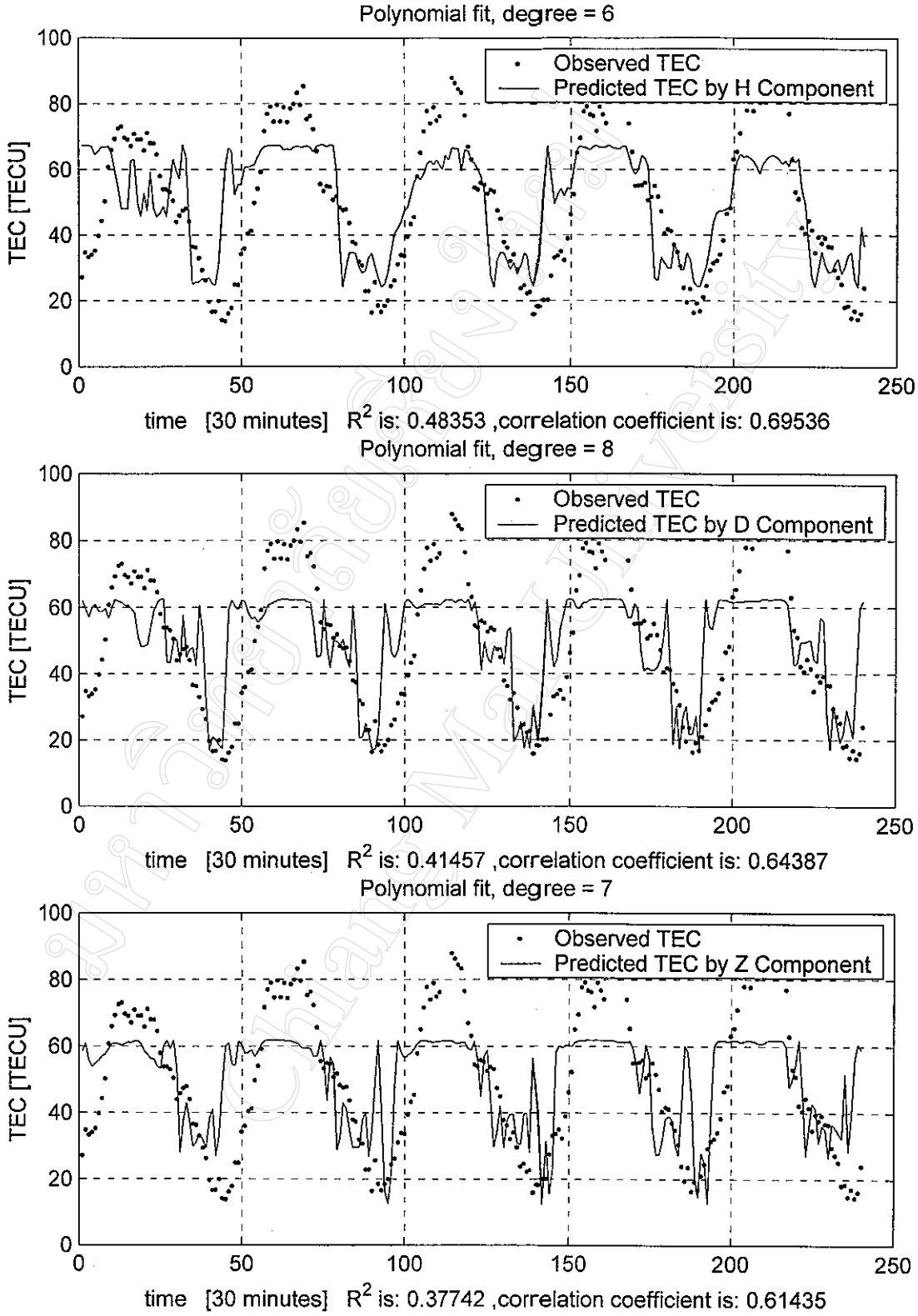


รูปที่ 4.62 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแต่ละองค์ประกอบ โดยใช้ข้อมูลในช่วงวันที่ 19-20 มีนาคม พ.ศ. 2541

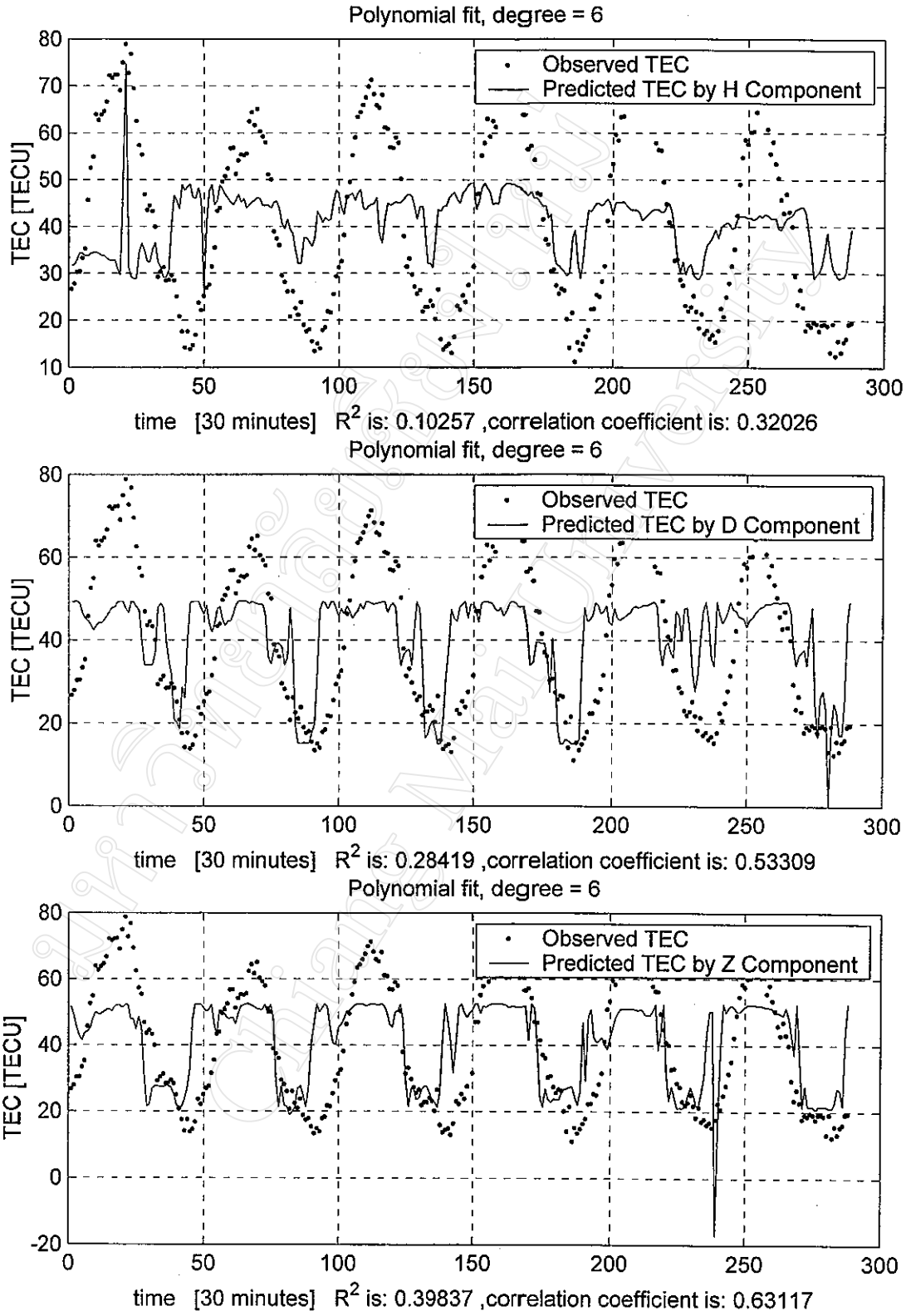
4.2.4 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลก โดยใช้ข้อมูลเดือนเมษายน พ.ศ. 2541

จากรูปที่ 4.44 จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในเดือนเมษายนนี้ มีการเปลี่ยนแปลงในแนวเหนือ-ใต้โดยเฉลี่ยในช่วงวันที่ 6-10 (ช่วงเวลาที่ 1-480) เมษายน มากกว่าการเปลี่ยนแปลงในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม และการเปลี่ยนแปลงในองค์ประกอบแนวนอนแสดงให้เห็นว่า ความเข้มสนามแม่เหล็กโลกไม่ถูกกดลงมากเหมือนกับช่วงเดือนอื่น แสดงว่าเป็นช่วงที่ไม่มีการรบกวนทางแม่เหล็ก ดังนั้น การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล TEC และค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแต่ละองค์ประกอบในช่วงเวลาดังกล่าวจึงน่าศึกษาเป็นอย่างมาก ผลการวิเคราะห์การถดถอยแบบเส้นโค้งด้วยข้อมูล TEC และความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอน แนวเอียง และแนวดิ่ง ในช่วงวันที่ 6-10 เมษายน พ.ศ. 2541 แสดงดังรูปที่ 4.63

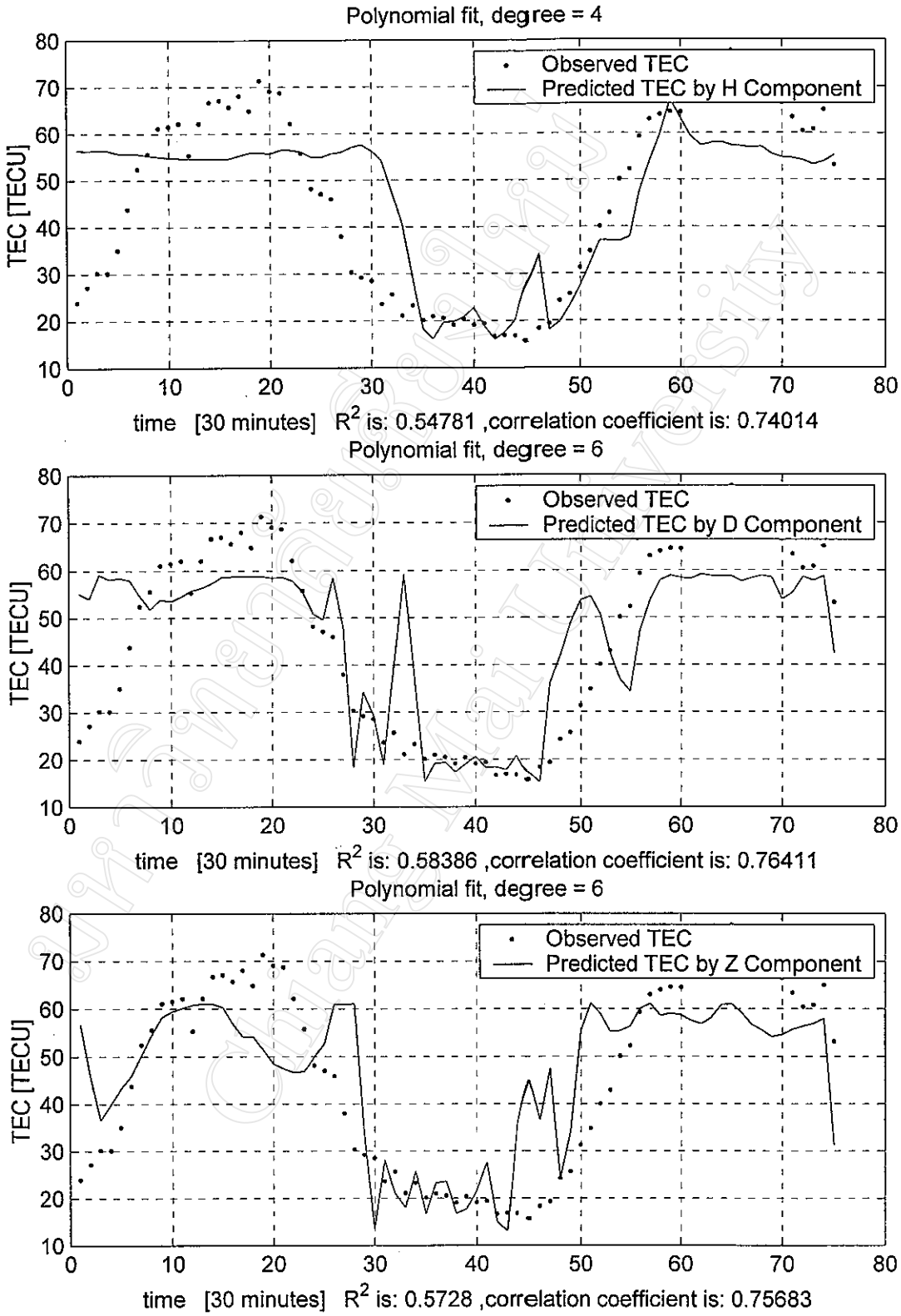
ช่วงวันที่ 24-26 (ช่วงเวลาที่ 864-1008) เมษายน การเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกแตกต่างไปจากการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาอื่นอย่างชัดเจน คือ ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอนถูกกดลงตลอดช่วงวันเวลานั้นๆ แสดงว่าการรบกวนทางแม่เหล็กตลอดระยะเวลา 3 วัน และเมื่อพิจารณาจากค่าดัชนี C9 ประกอบ พบว่า มีการรบกวนทางแม่เหล็กจริง โดยมีค่าดัชนีเป็น 6 ส่วนการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในช่วงวันที่ 18-23 (ช่วงเวลาที่ 576-864)เมษายน เกิดขึ้นอย่างไม่แน่นอน และไม่สอดคล้องกับค่าดัชนี C9 รวมทั้งจำนวนจุดดับบนดวงอาทิตย์ ทำให้ยังไม่สามารถสรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงในช่วงนี้เกิดจากสาเหตุอะไร ผลการวิเคราะห์การถดถอยแบบเส้นโค้งด้วยข้อมูล TEC และความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอน แนวเอียง และแนวดิ่ง ในช่วงวันที่ 18-23 เมษายน พ.ศ. 2541 และช่วงวันที่ 24-26 เมษายน แสดงดังรูปที่ 4.64 และรูปที่ 4.65 ตามลำดับ



รูปที่ 4.63 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแต่ละองค์ประกอบ โดยใช้ข้อมูลในช่วงวันที่ 6-10 เมษายน พ.ศ. 2541



รูปที่ 4.64 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแต่ละองค์ประกอบ โดยใช้ข้อมูลในช่วงวันที่ 18-23 เมษายน พ.ศ. 2541



รูปที่ 4.65 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแต่ละองค์ประกอบ โดยใช้ข้อมูลในช่วงวันที่ 24-26 เมษายน พ.ศ. 2541

4.2.5 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลก โดยใช้ข้อมูลเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2541

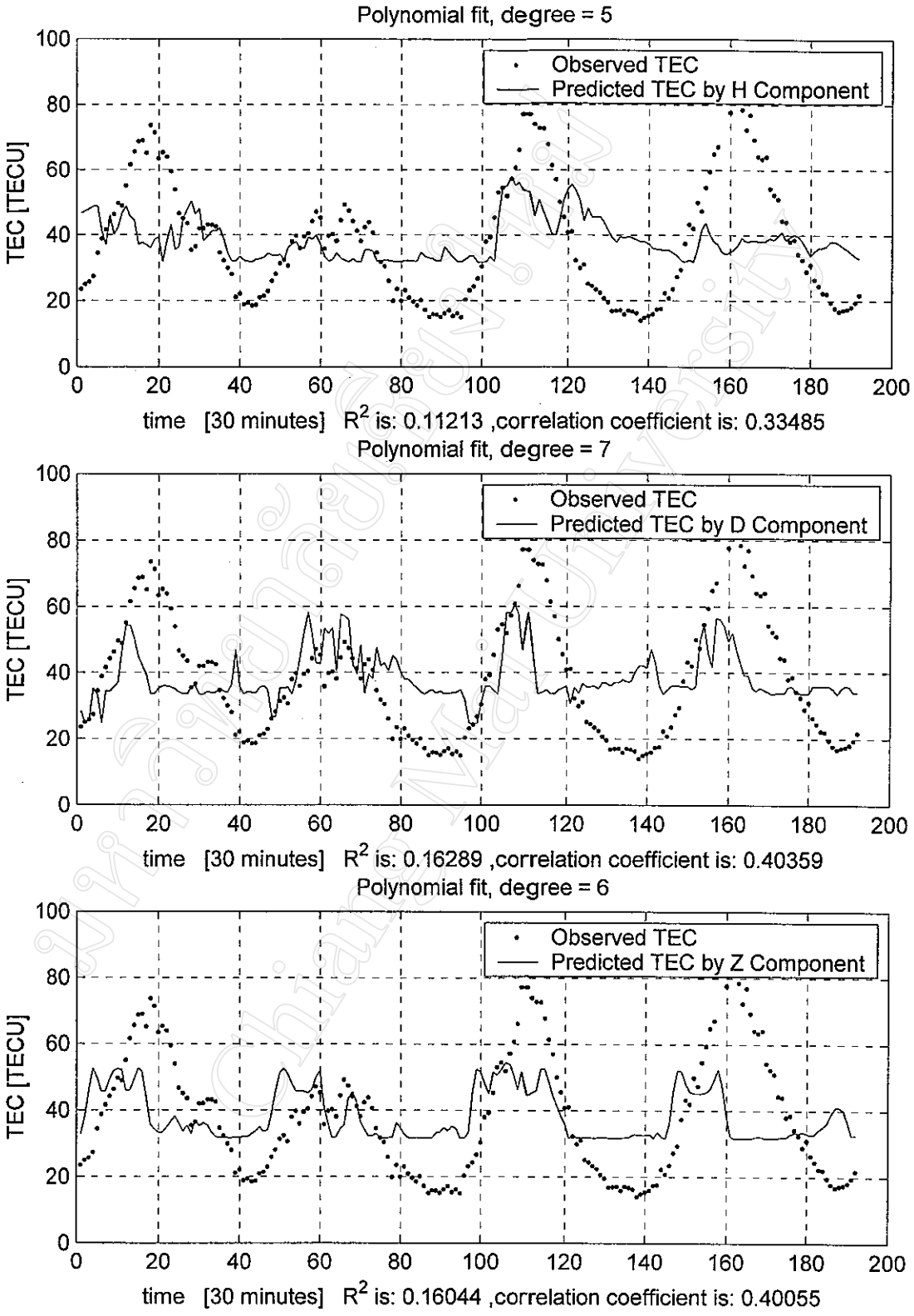
จากรูปที่ 4.45 จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแต่ละวันมีค่าไม่มาก ยกเว้นในช่วงวันที่ 2-5 (ช่วงเวลาที่ 49-240) พฤษภาคม ที่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกเกิดจากการรบกวนทางแม่เหล็กอย่างเด่นชัด ถึงแม้ว่าข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในช่วงเดือนพฤษภาคมจะมีน้อย แต่ก็น่าสนใจ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกมากและสอดคล้องกับค่าดัชนี C9

ผลการวิเคราะห์การถดถอยแบบเส้นโค้งด้วยข้อมูล TEC และความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอน แนวเอียง และแนวดิ่ง ในช่วงวันที่ 2-5 พฤษภาคม พ.ศ. 2541 และช่วงวันที่ 13-15 (ช่วงเวลาที่ 577-744) พฤษภาคม พ.ศ. 2541 แสดงดังรูปที่ 4.66 และรูปที่ 4.67 ตามลำดับ

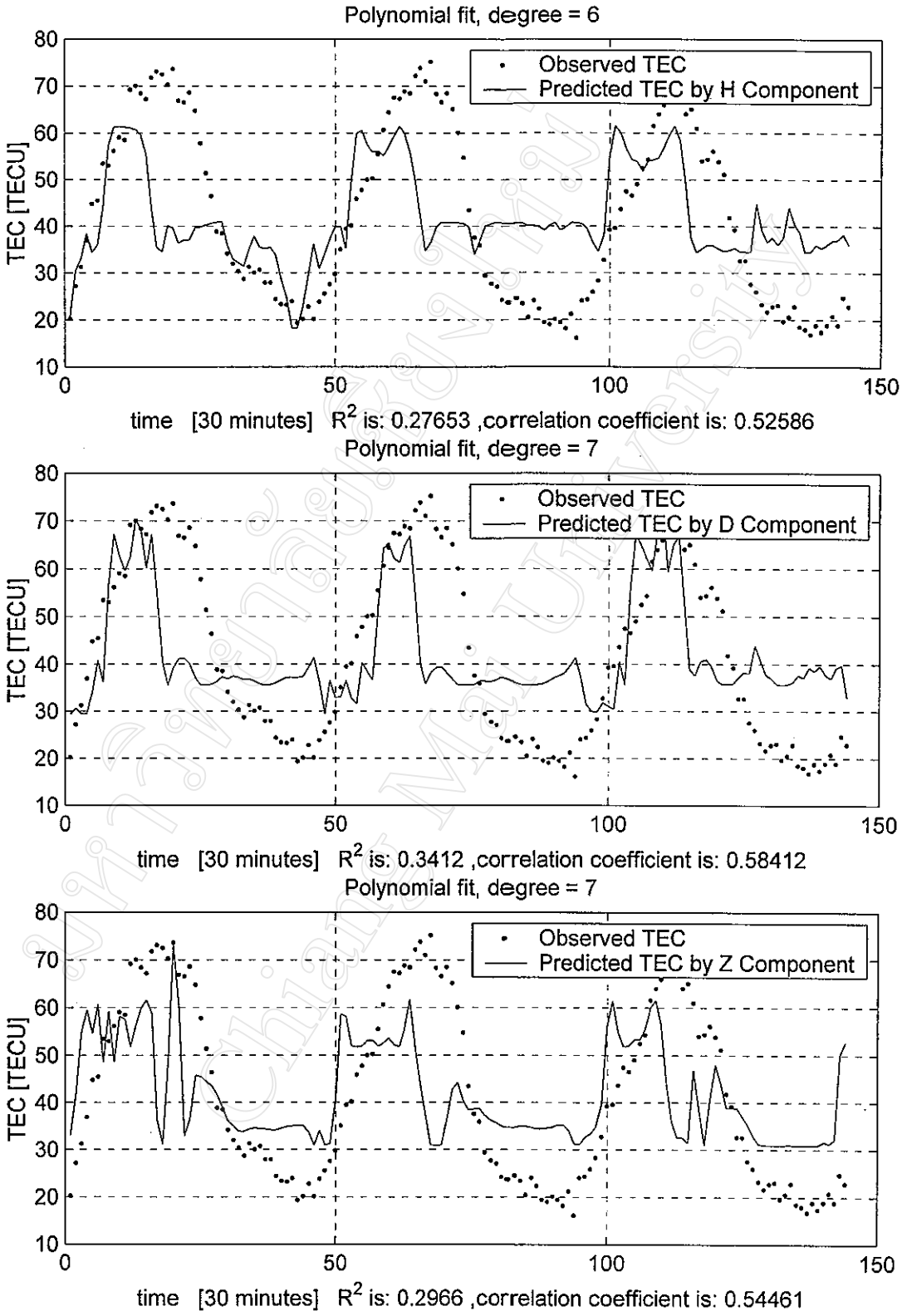
4.2.6 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลก โดยใช้ข้อมูลเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2541

จากรูปที่ 4.46 พบว่า การเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอนแสดงถึงการรบกวนทางแม่เหล็ก ตลอดช่วงวันที่ 6-7 (ช่วงเวลาที่ 241-336) มิถุนายน แต่ไม่รุนแรงมาก เนื่องการแกว่งของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอนมีค่าน้อย แต่แสดงถึงการถูกกดลงของสนามแม่เหล็กโลกตลอดเวลา ส่วนในช่วงวันที่ 14-15 (ช่วงเวลาที่ 625-720) มิถุนายน แสดงถึงการเกิดการรบกวนทางแม่เหล็ก โดยจะสังเกตได้จากการที่ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอนถูกกดลงอย่างมากในช่วงระยะเวลาหนึ่ง แต่ค่าดัชนี C9 ในช่วงวันดังกล่าวมีค่าเป็น 3 กับ 1 ซึ่งหมายความว่าเป็นวันที่ไม่มีการรบกวนทางแม่เหล็ก แต่การที่ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอนมีลักษณะเหมือนกับการเกิดการรบกวนทางแม่เหล็ก อาจจะเกิดการรบกวนทางแม่เหล็กจริงก็ได้ โดยเป็นการรบกวนทางแม่เหล็กเฉพาะที่บริเวณจังหวัดเชียงใหม่ หรือบริเวณใกล้เคียง

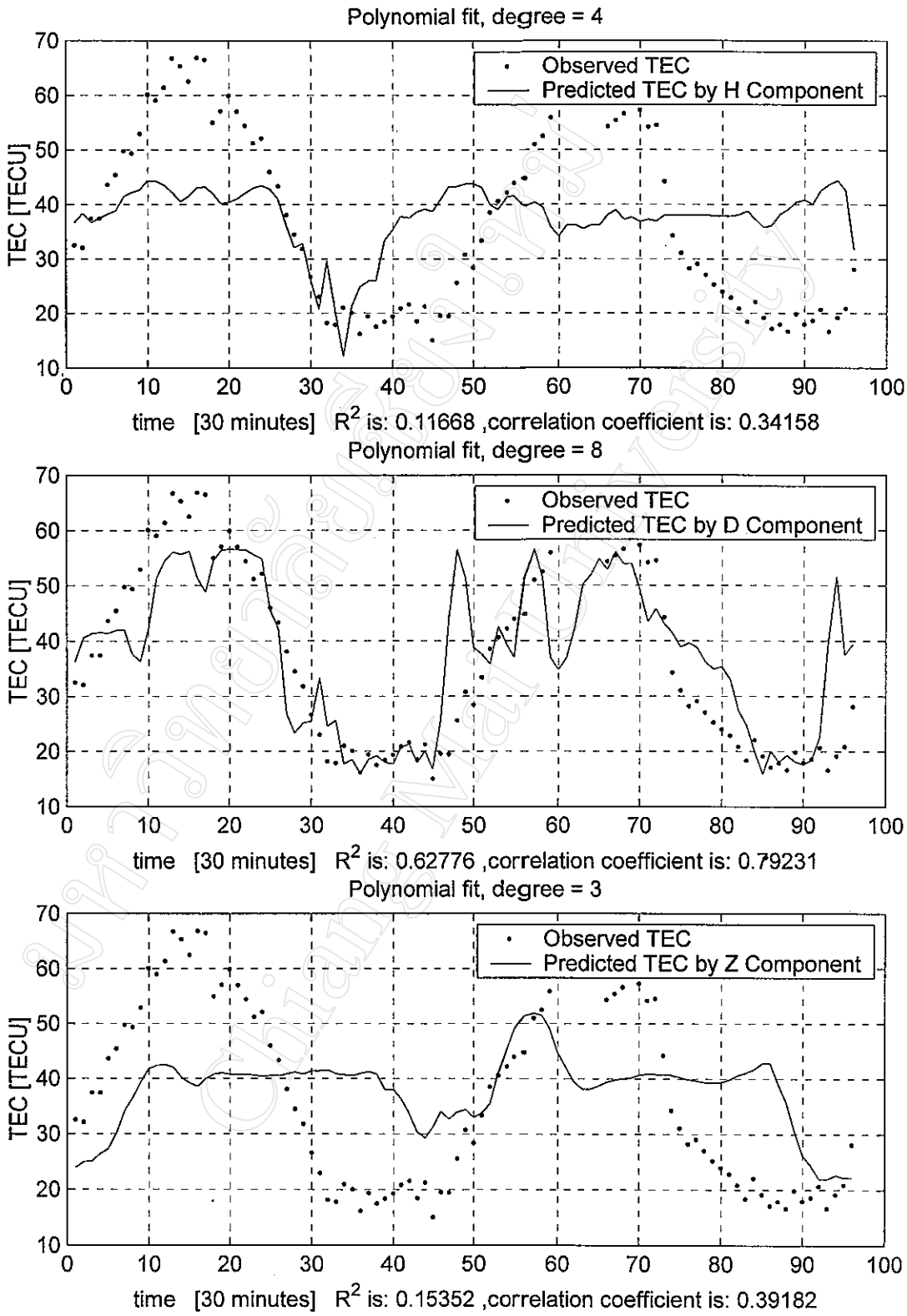
ผลการวิเคราะห์การถดถอยแบบเส้นโค้งด้วยข้อมูล TEC และความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอน แนวเอียง และแนวดิ่ง ในช่วงวันที่ 6-7 มิถุนายน พ.ศ. 2541 และช่วงวันที่ 14-15 มิถุนายน พ.ศ. 2541 แสดงดังรูปที่ 4.68 และรูปที่ 4.69 ตามลำดับ



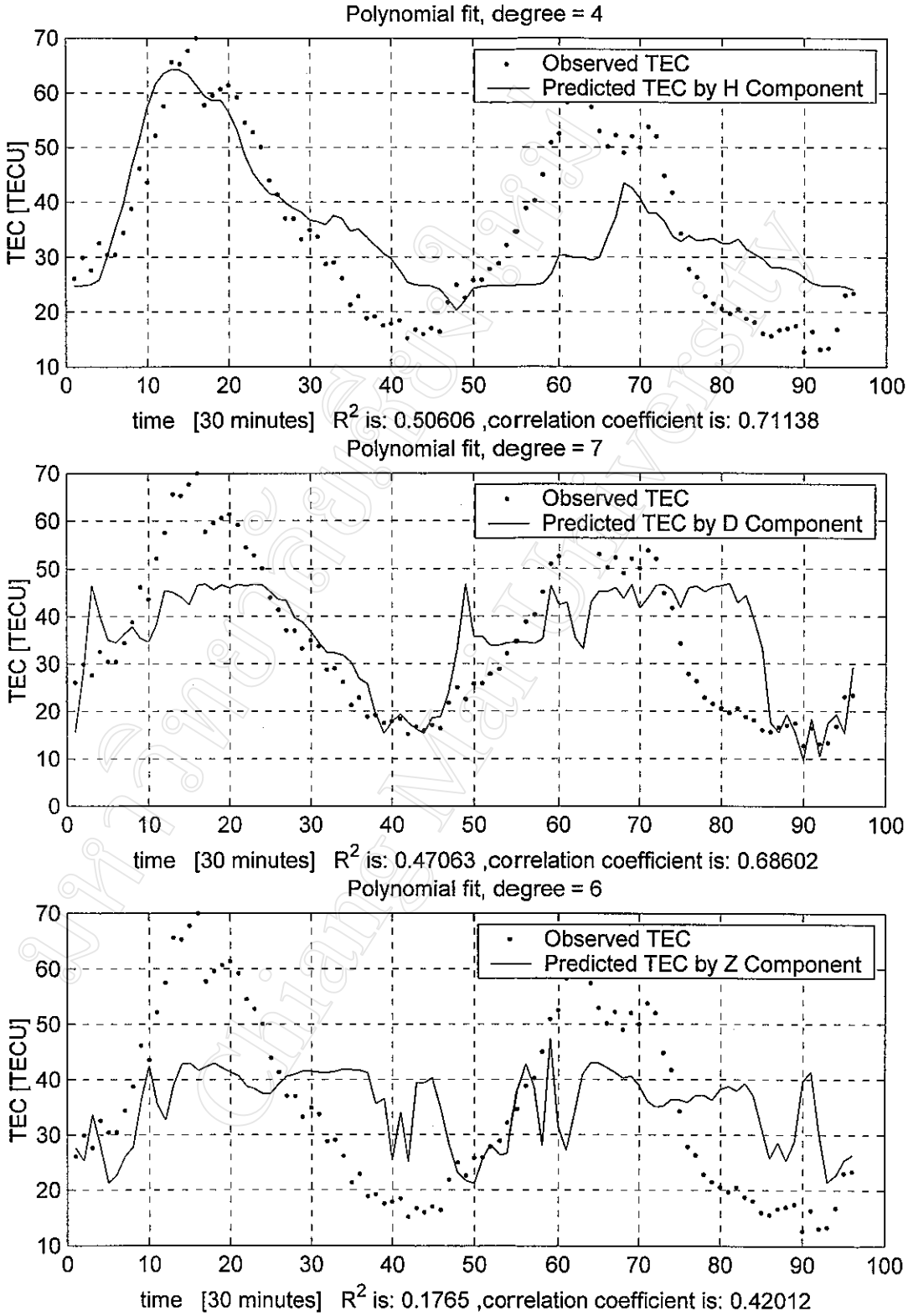
รูปที่ 4.66 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแต่ละองค์ประกอบ โดยใช้ข้อมูลในช่วงวันที่ 2-5 พฤษภาคม พ.ศ. 2541



รูปที่ 4.67 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแต่ละองค์ประกอบ โดยใช้ข้อมูลในช่วงวันที่ 13-15 พฤษภาคม พ.ศ. 2541



รูปที่ 4.68 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแต่ละองค์ประกอบ โดยใช้ข้อมูลในช่วงวันที่ 6-7 มิถุนายน พ.ศ. 2541



รูปที่ 4.69 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแต่ละองค์ประกอบ โดยใช้ข้อมูลในช่วงวันที่ 14-15 มิถุนายน พ.ศ. 2541

4.2.7 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลก โดยใช้ข้อมูลเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2541

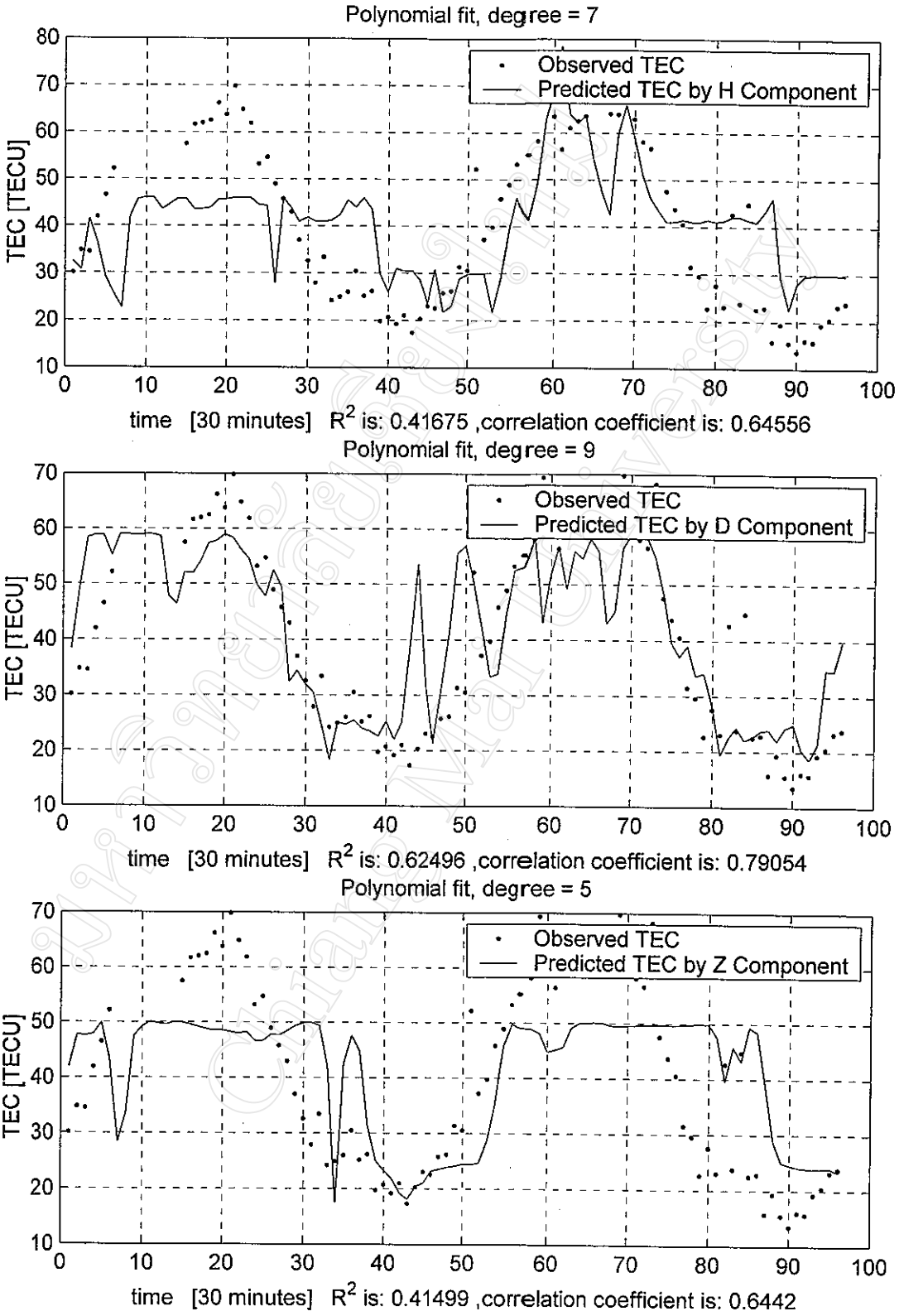
จากรูปที่ 4.47 จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอนแสดงถึงการรบกวนทางแม่เหล็ก ในช่วงวันที่ 5-6 (ช่วงเวลาที่ 193-288) กรกฎาคม ส่วนในช่วงวันอื่น ไม่สามารถระบุได้ เนื่องจากข้อมูลในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2541 มีเพียงแค่วันที่ 1- 7 เท่านั้น

ผลการวิเคราะห์การถดถอยแบบเส้นโค้งด้วยข้อมูล TEC และความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอน แนวเอียง และแนวดิ่ง ในช่วงวันที่ 5-6 กรกฎาคม พ.ศ. 2541 แสดงดังรูปที่ 4.70

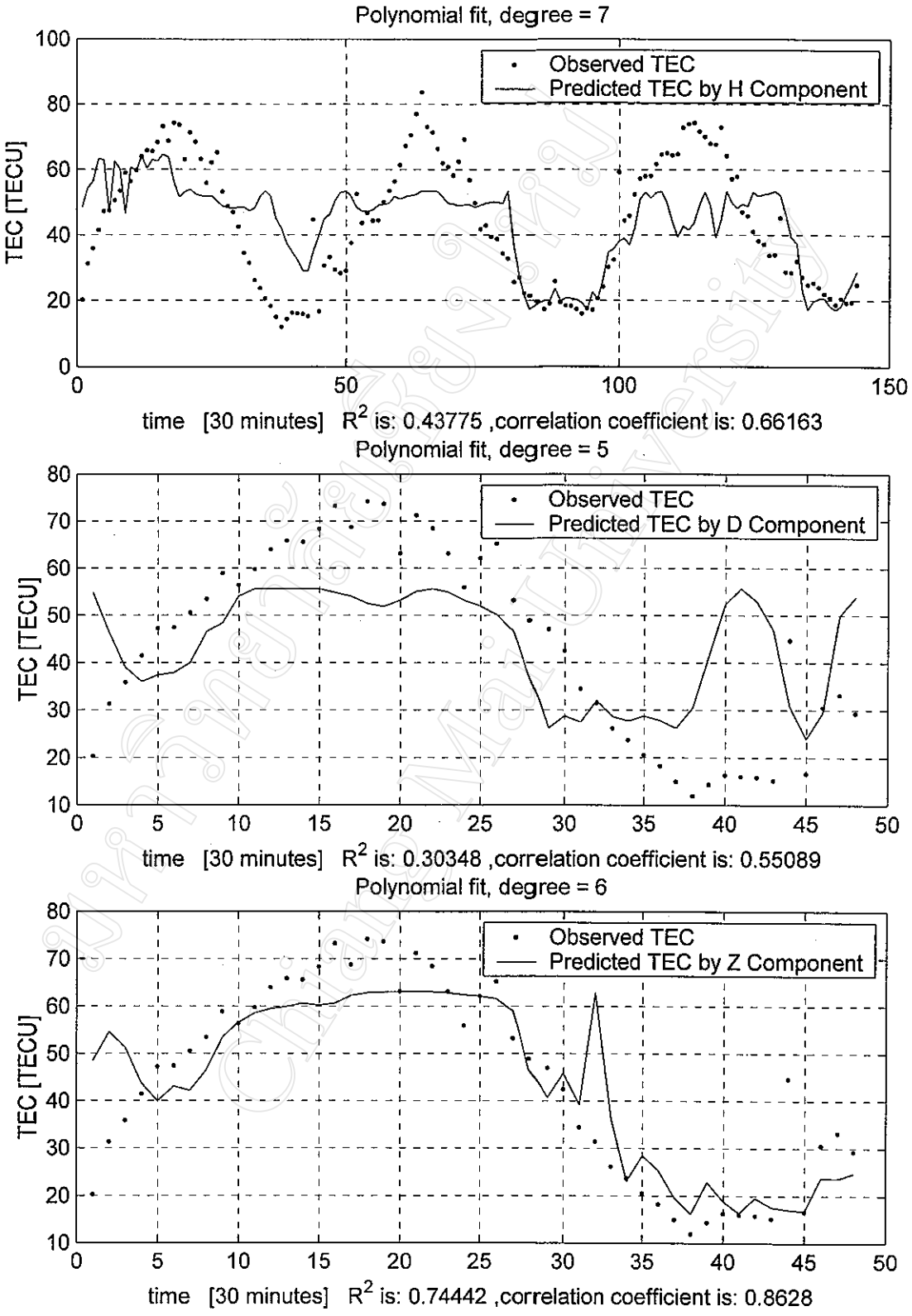
4.2.8 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลก โดยใช้ข้อมูลเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2541

จากรูปที่ 4.48 จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอนแสดงถึงการรบกวนทางแม่เหล็กอย่างรุนแรงอยู่ 2 ช่วง คือ ในช่วงวันที่ 6-8 (ช่วงเวลาที่ 145-384) สิงหาคม และวันที่ 26-29 (ช่วงเวลาที่ 1104-1296) สิงหาคม และมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในช่วงวันที่ 20-25 (ช่วงเวลาที่ 913-1104) สิงหาคม เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอนในช่วงเวลาที่กล่าวมา เปรียบเทียบกับค่าดัชนี C9 พบว่า ค่าดัชนี C9 ในช่วงวันที่ 6-8 สิงหาคม และช่วงวันที่ 26-29 สิงหาคม แสดงถึงการรบกวนทางแม่เหล็กอย่างรุนแรง โดยเฉพาะในวันที่ 6 วันที่ 26 และวันที่ 27 สิงหาคม ดังนั้น ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล TEC และค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในช่วงนี้จึงน่าสนใจเป็นอย่างยิ่ง ส่วนช่วงวันที่ 20-25 สิงหาคม ค่าดัชนี C9 แสดงถึงการรบกวนทางแม่เหล็กเพียงเล็กน้อย

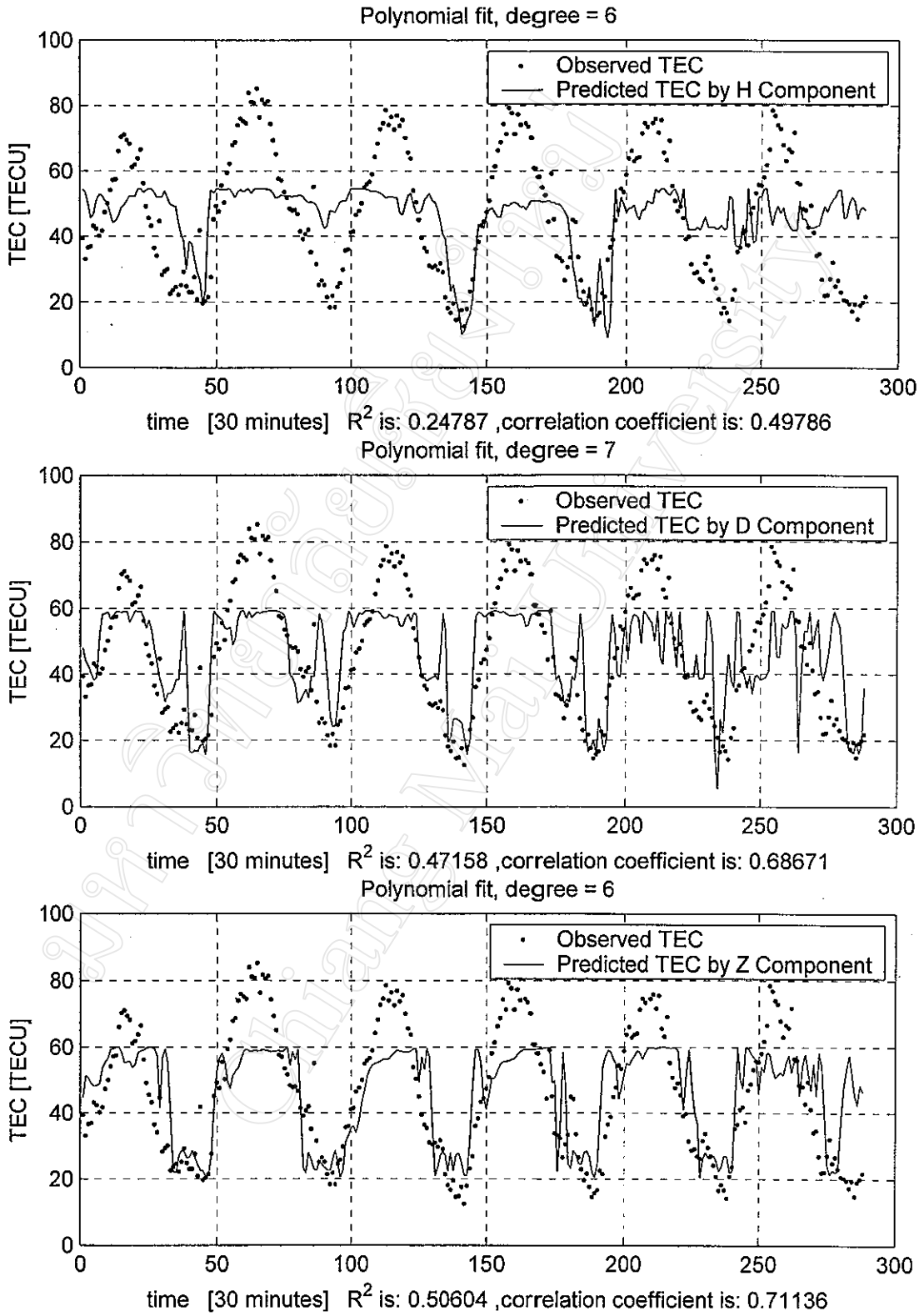
ผลการวิเคราะห์การถดถอยแบบเส้นโค้งด้วยข้อมูล TEC และความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอน แนวเอียง และแนวดิ่ง ในช่วงวันที่ 6-8 สิงหาคม ช่วงวันที่ 20-25 สิงหาคม และช่วงวันที่ 26-29 สิงหาคม พ.ศ. 2541 แสดงดังรูปที่ 4.71 รูปที่ 4.72 และรูปที่ 4.73 ตามลำดับ



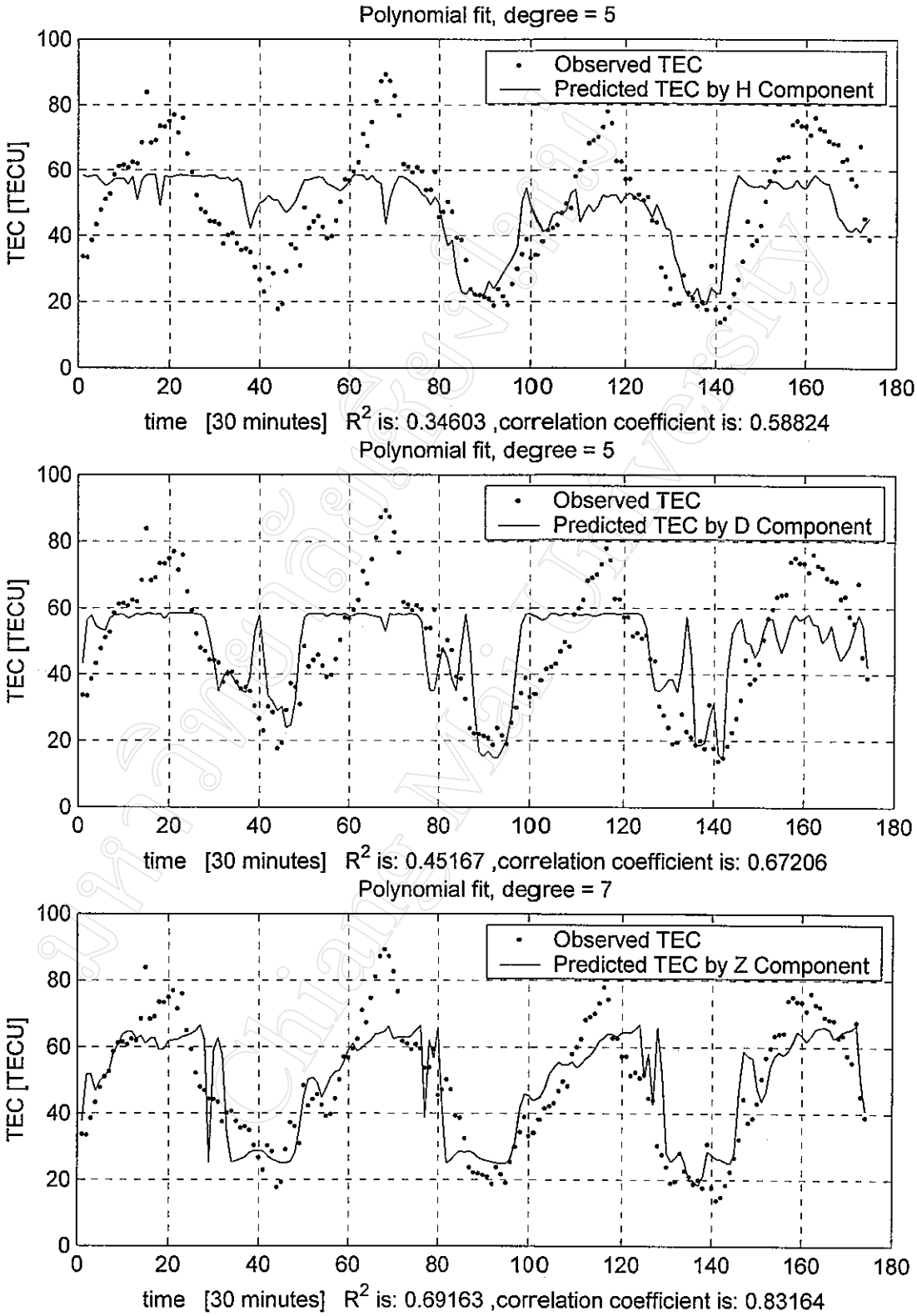
รูปที่ 4.70 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแต่ละองค์ประกอบ โดยใช้ข้อมูลในช่วงวันที่ 5-6 กรกฎาคม พ.ศ. 2541



รูปที่ 4.71 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแต่ละองค์ประกอบ โดยใช้ข้อมูลในช่วงวันที่ 6-8 สิงหาคม พ.ศ. 2541



รูปที่ 4.72 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแต่ละองค์ประกอบ โดยใช้ข้อมูลในช่วงวันที่ 20-25 สิงหาคม พ.ศ. 2541



รูปที่ 4.73 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแต่ละองค์ประกอบ โดยใช้ข้อมูลในช่วงวันที่ 26-29 สิงหาคม พ.ศ. 2541

4.2.9 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลก โดยใช้ข้อมูลเดือนกันยายน พ.ศ. 2541

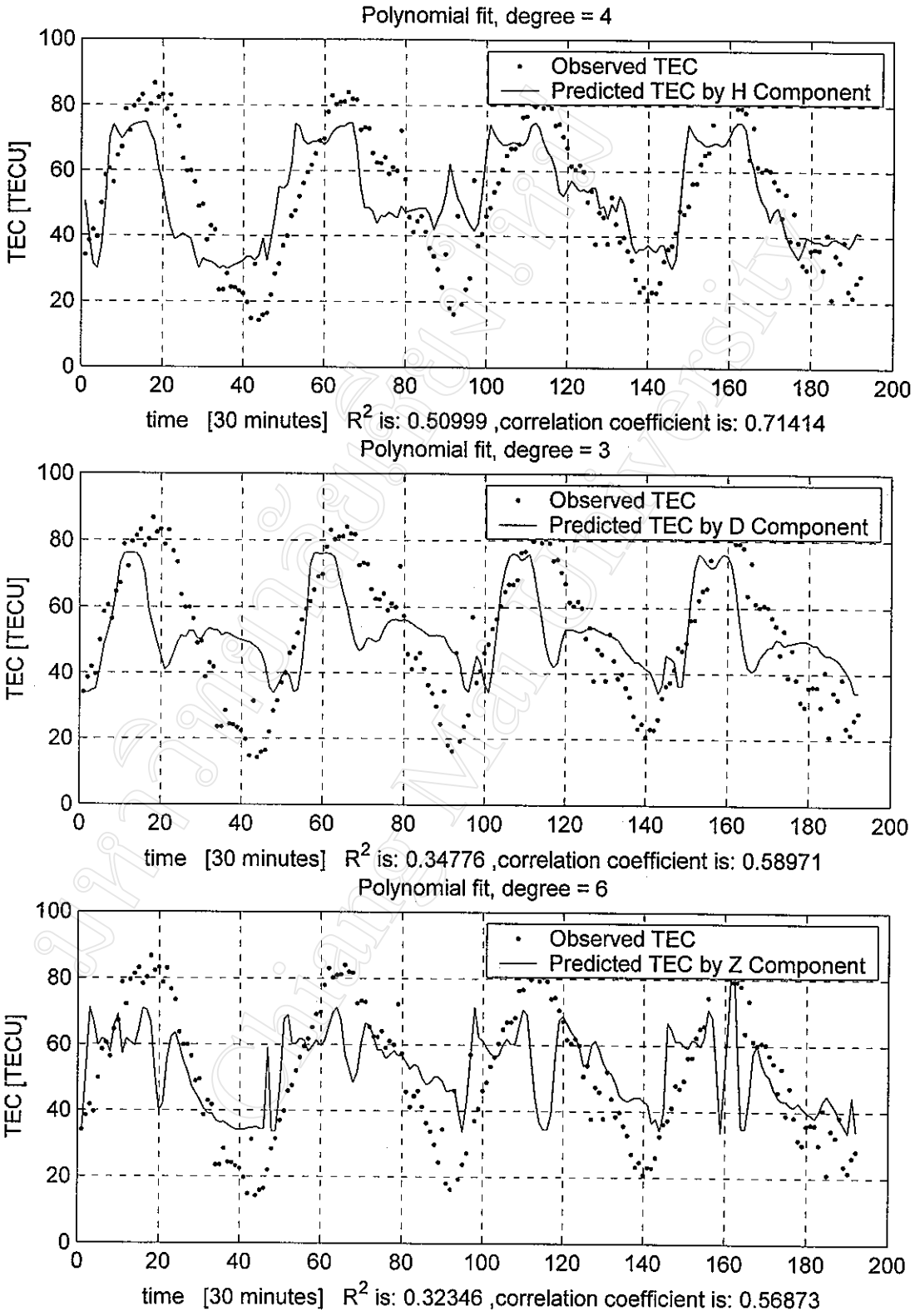
จากรูปที่ 4.49 จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอนแสดงถึงการรบกวนทางแม่เหล็กอย่างรุนแรง ในช่วงวันที่ 24-26 (ช่วงเวลาที่ 1105-1248) กันยายน ส่วนในช่วงวันที่ 3-6 (ช่วงเวลาที่ 97-288) กันยายน การเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอนค่อนข้างจะคงที่ และมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในช่วงวันที่ 2 กันยายน โดยการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในช่วงวันดังกล่าวสอดคล้องกับค่าดัชนี C9

ผลการวิเคราะห์การถดถอยแบบเส้นโค้งด้วยข้อมูล TEC และความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอน แนวเอียง และแนวดิ่ง ในช่วงวันที่ 3-6 กันยายน และช่วงวันที่ 24-26 กันยายน พ.ศ. 2541 แสดงดังรูปที่ 4.74 และรูปที่ 4.75 ตามลำดับ

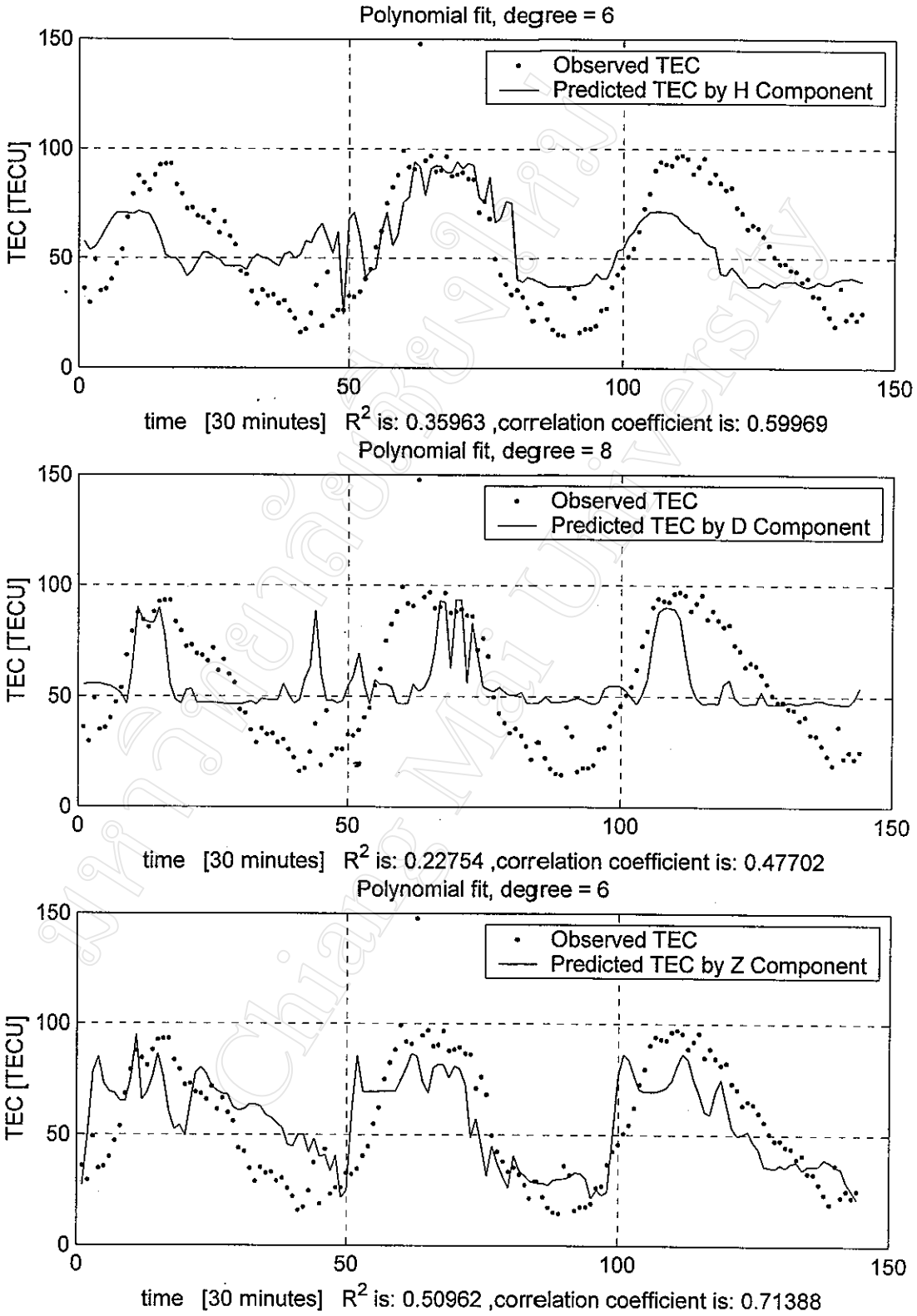
4.2.10 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลก โดยใช้ข้อมูลเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541

จากรูปที่ 4.50 พบว่า การเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอนแสดงถึงการรบกวนทางแม่เหล็กอย่างรุนแรง ในช่วงวันที่ 18-20 (ช่วงเวลาที่ 817-960) ตุลาคม และมีการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอนที่แสดงถึงการรบกวนทางแม่เหล็ก ในช่วงวันที่ 1-2 (ช่วงเวลาที่ 1-96) ตุลาคมและช่วงวันที่ 7-10 (ช่วงเวลาที่ 289-480)

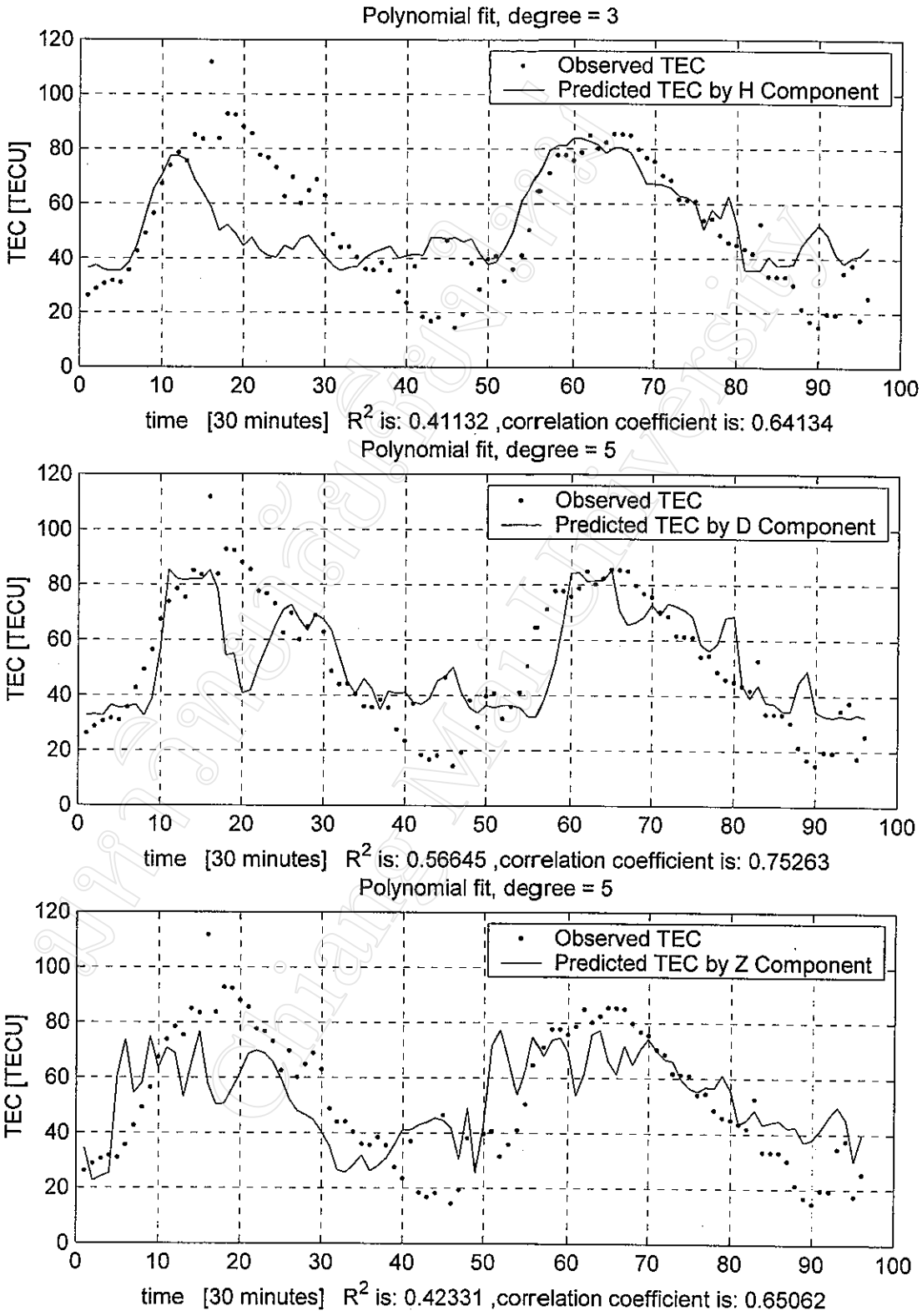
ผลการวิเคราะห์การถดถอยแบบเส้นโค้งด้วยข้อมูล TEC และความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอน แนวเอียง และแนวดิ่ง ในช่วงวันที่ 1-2 ช่วงวันที่ 7-10 และช่วงวันที่ 18-20 ตุลาคม พ.ศ. 2541 แสดงดังรูปที่ 4.76 รูปที่ 4.77 และรูปที่ 4.78 ตามลำดับ



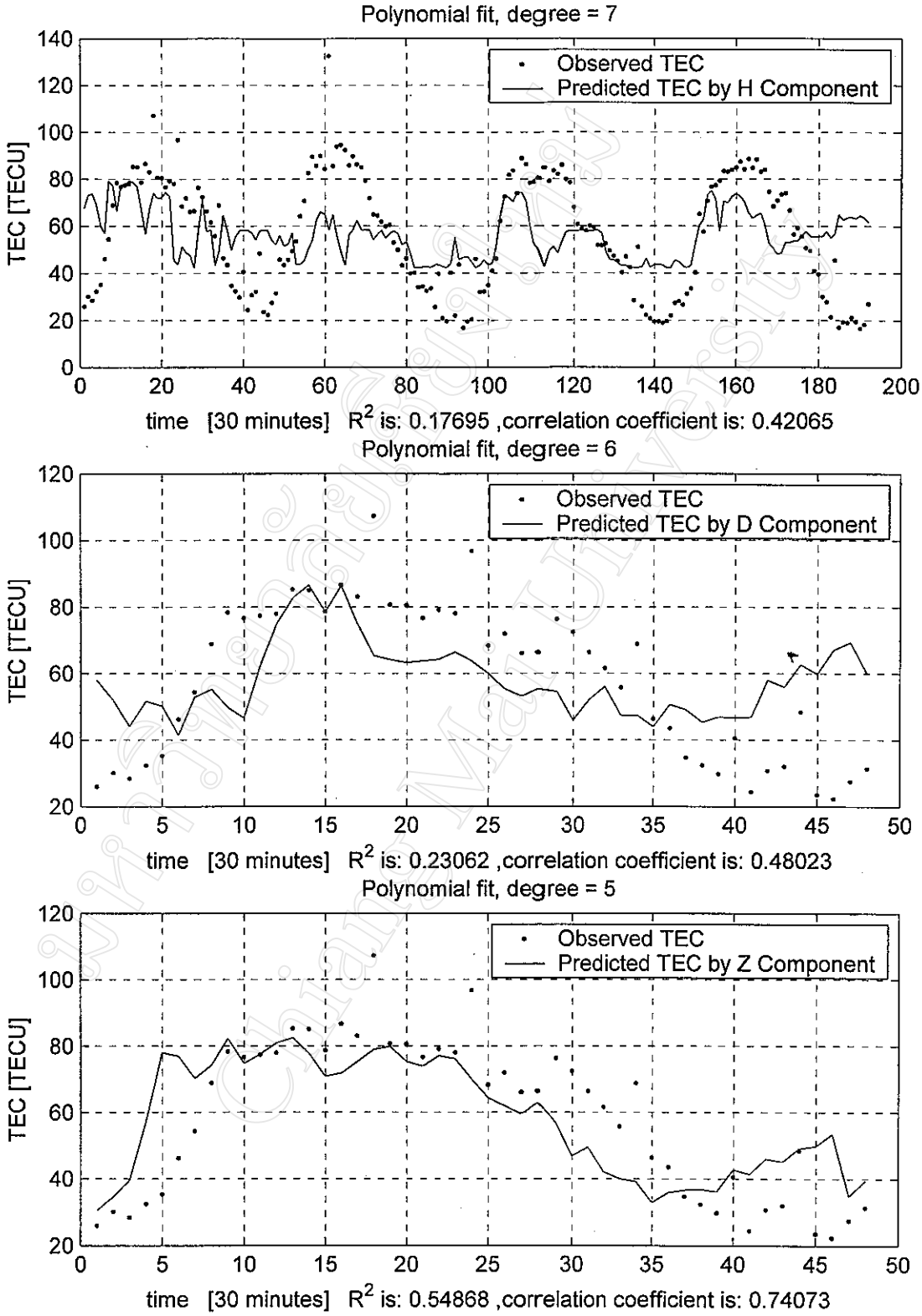
รูปที่ 4.74 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแต่ละองค์ประกอบ โดยใช้ข้อมูลในช่วงวันที่ 3-6 กันยายน พ.ศ. 2541



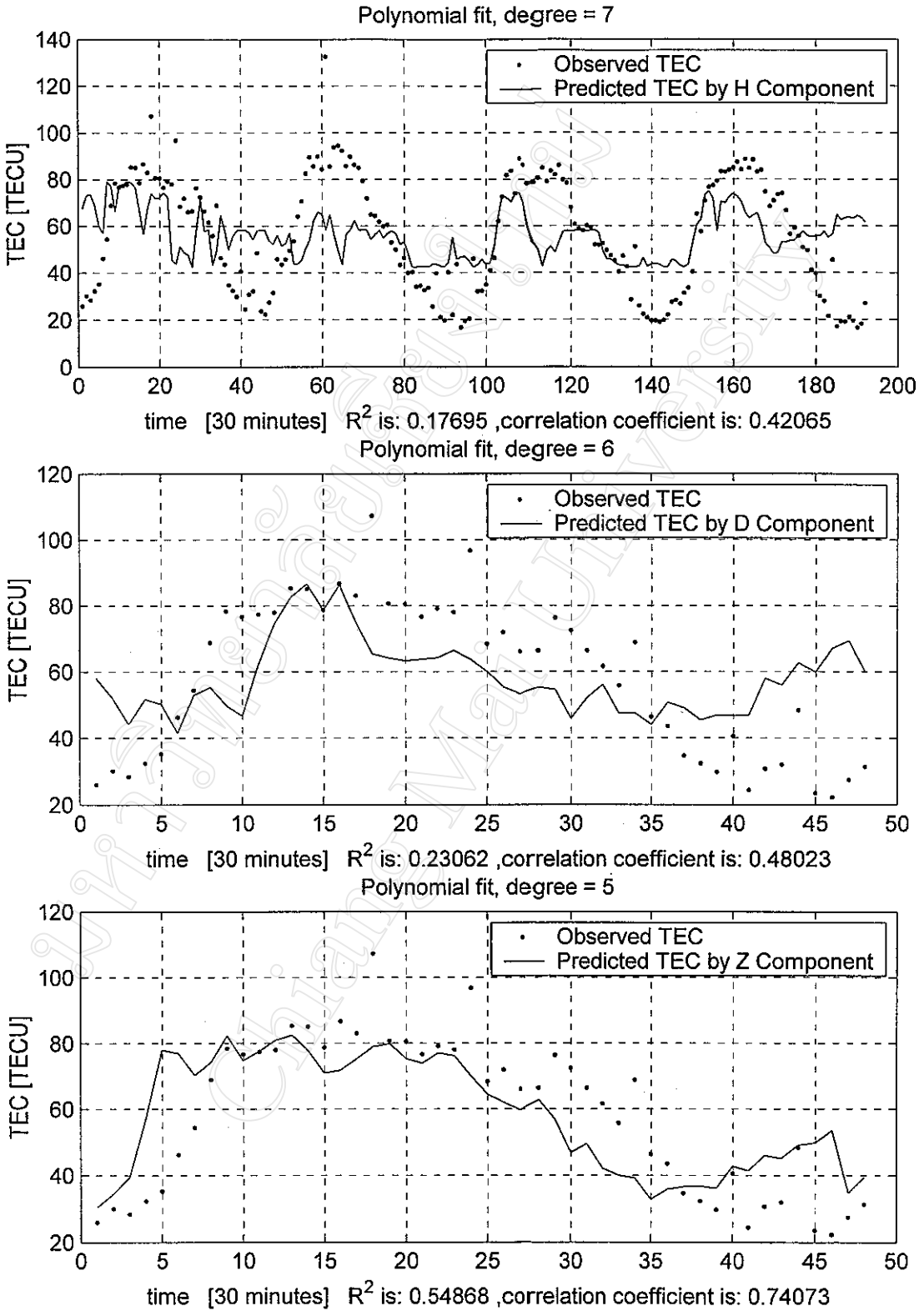
รูปที่ 4.75 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแต่ละองค์ประกอบ โดยใช้ข้อมูลในช่วงวันที่ 24-26 กันยายน พ.ศ. 2541



รูปที่ 4.76 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแต่ละองค์ประกอบ โดยใช้ข้อมูลในช่วงวันที่ 1-2 ตุลาคม พ.ศ. 2541



รูปที่ 4.77 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแต่ละองค์ประกอบ โดยใช้ข้อมูลในช่วงวันที่ 7-10 ตุลาคม พ.ศ. 2541



รูปที่ 4.78 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแต่ละองค์ประกอบ โดยใช้ข้อมูลในช่วงวันที่ 18-20 ตุลาคม พ.ศ. 2541

4.2.11 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลก โดยใช้ข้อมูลเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2541

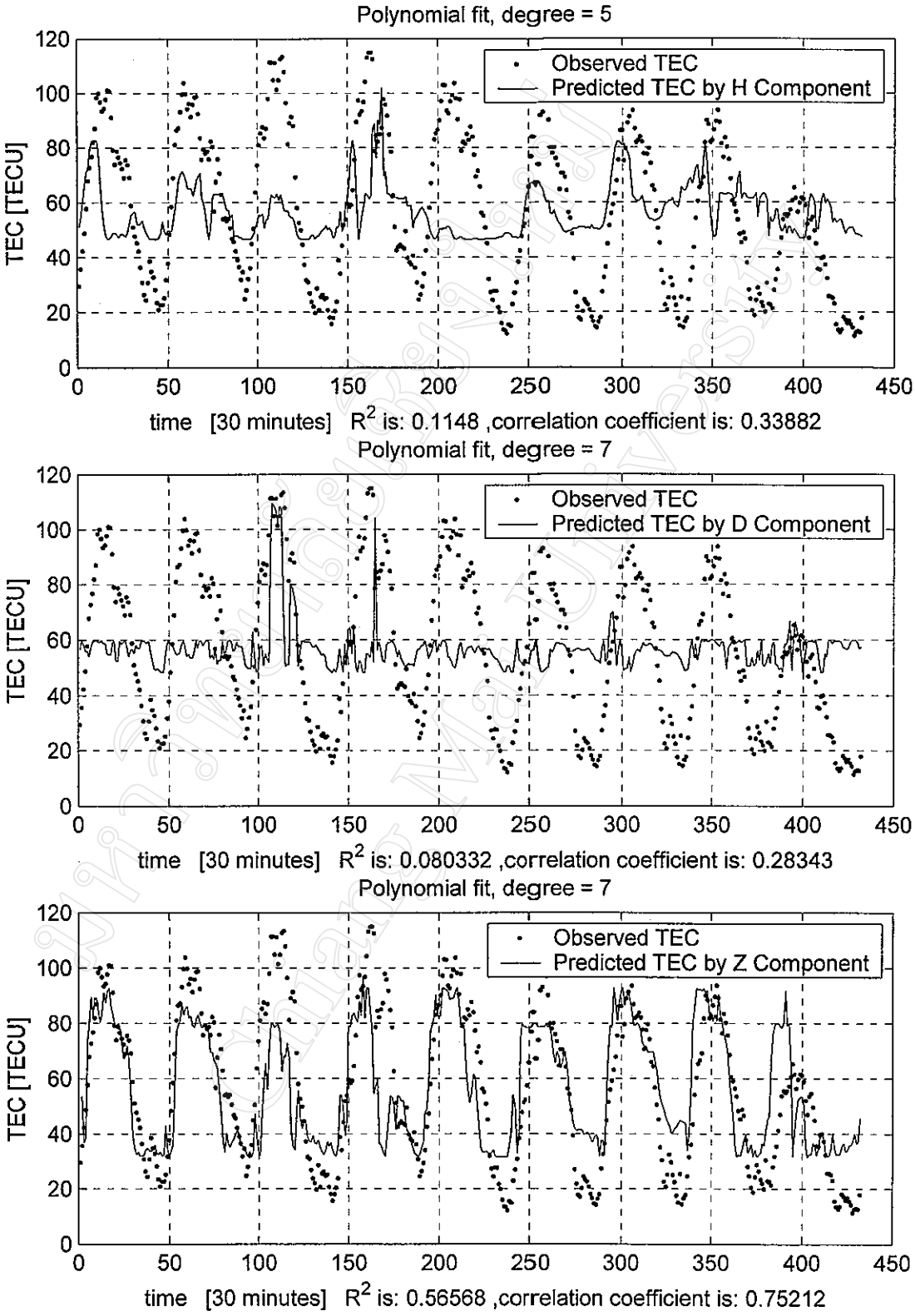
จากรูปที่ 4.51 จะเห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอนที่แสดงถึงการเกิดการรบกวนทางแม่เหล็กอย่างรุนแรง และต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลานาน ในช่วงวันที่ 6-14 (ช่วงเวลาที่ 240-672) พฤศจิกายน เมื่อพิจารณาค่าดัชนี C9 ในช่วงวันดังกล่าว พบว่า ค่าดัชนี C9 มีค่าสูงต่อเนื่องกัน โดยเฉพาะวันที่ 7-9 และวันที่ 13- 14 พฤศจิกายน

ผลการวิเคราะห์การถดถอยแบบเส้นโค้งด้วยข้อมูล TEC และความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอน แนวเอียง และแนวดิ่ง ในช่วงวันที่ 6-14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2541 แสดงดังรูปที่ 4.79

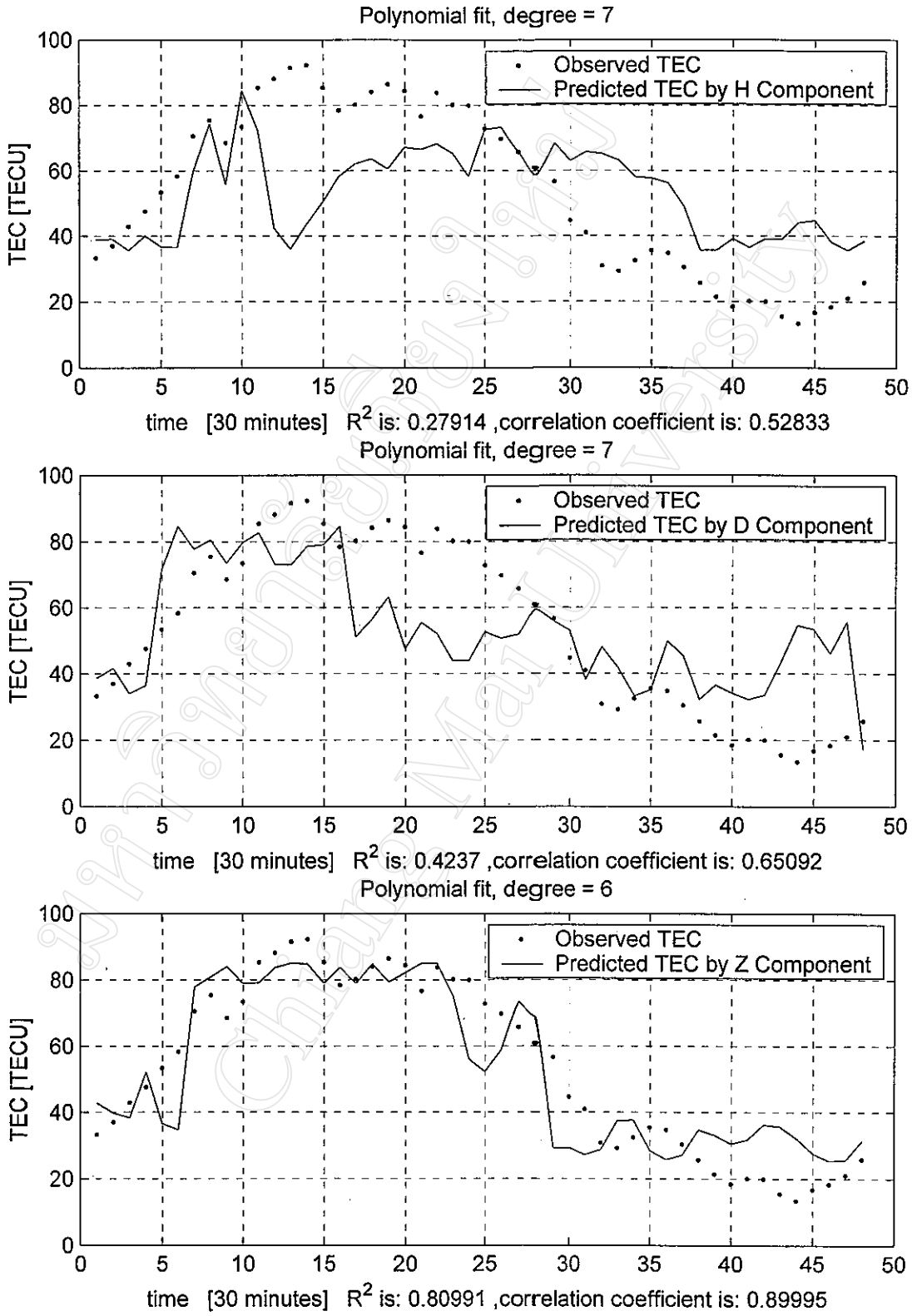
4.2.12 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลก โดยใช้ข้อมูลเดือนธันวาคม พ.ศ. 2541

จากรูปที่ 4.52 จะเห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอนที่แสดงถึงการเกิดการรบกวนทางแม่เหล็กที่ชัดเจนอยู่ 3 ช่วงคือ วันที่ 11 (ช่วงเวลาที่ 481-528) ธันวาคม ช่วงวันที่ 25-26 (ช่วงเวลาที่ 1153-1248) ธันวาคม และวันที่ 29 (ช่วงเวลาที่ 1345-1392) ธันวาคม เมื่อพิจารณาค่าดัชนี C9 ทั้ง 3 ช่วงเวลาที่เกิดการรบกวนทางแม่เหล็ก พบว่า ทั้งสามช่วงเวลามีค่าดัชนี C9 ที่สูง แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกที่ผิดปกติ เกิดการรบกวนทางแม่เหล็กจริง

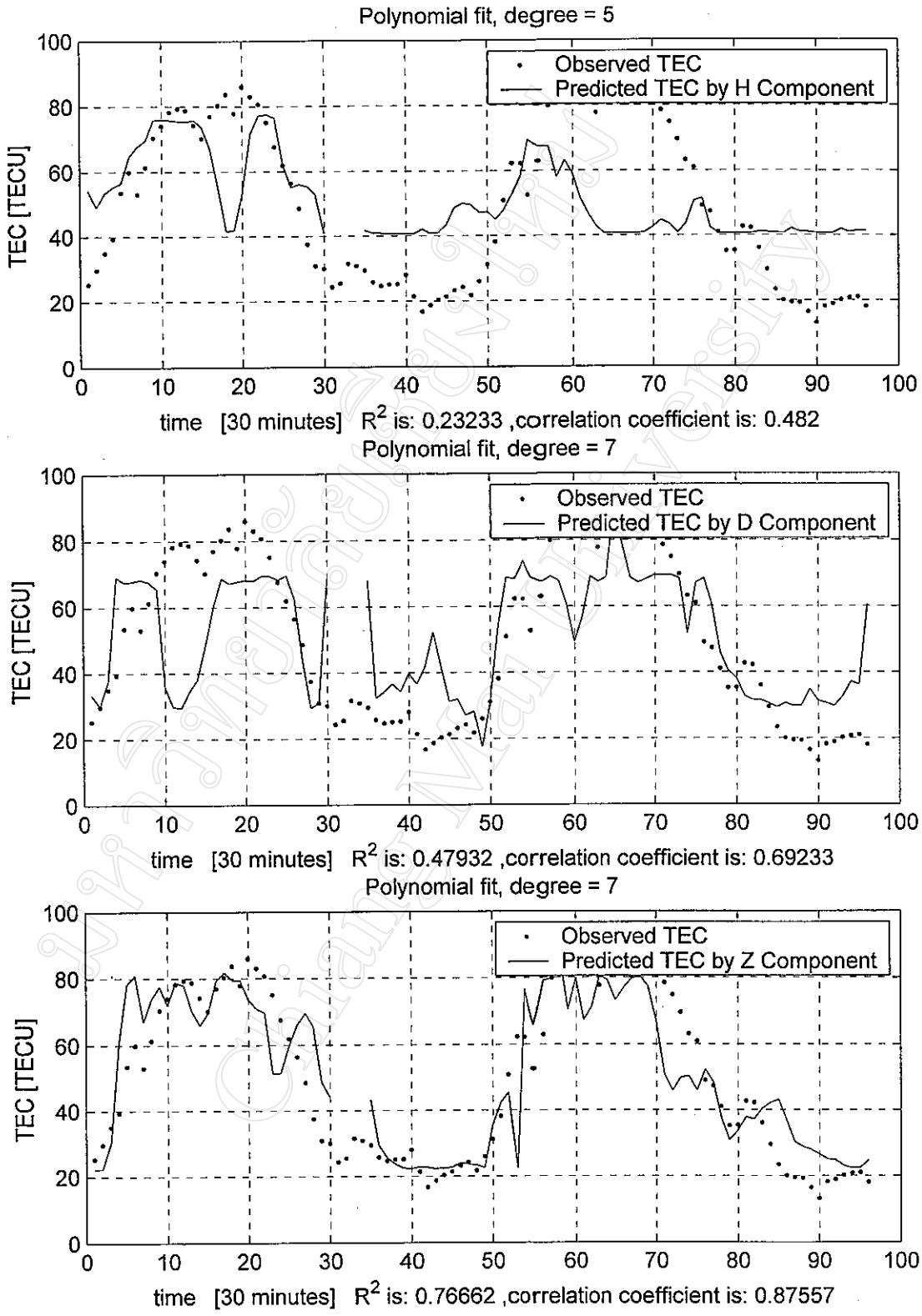
ผลการวิเคราะห์การถดถอยแบบเส้นโค้งด้วยข้อมูล TEC และความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอน แนวเอียง และแนวดิ่ง ในวันที่ 11 ช่วงวันที่ 25-26 และวันที่ 29 พฤศจิกายน พ.ศ. 2541 แสดงดังรูปที่ 4.80 รูปที่ 4.81 และรูปที่ 4.82 ตามลำดับ



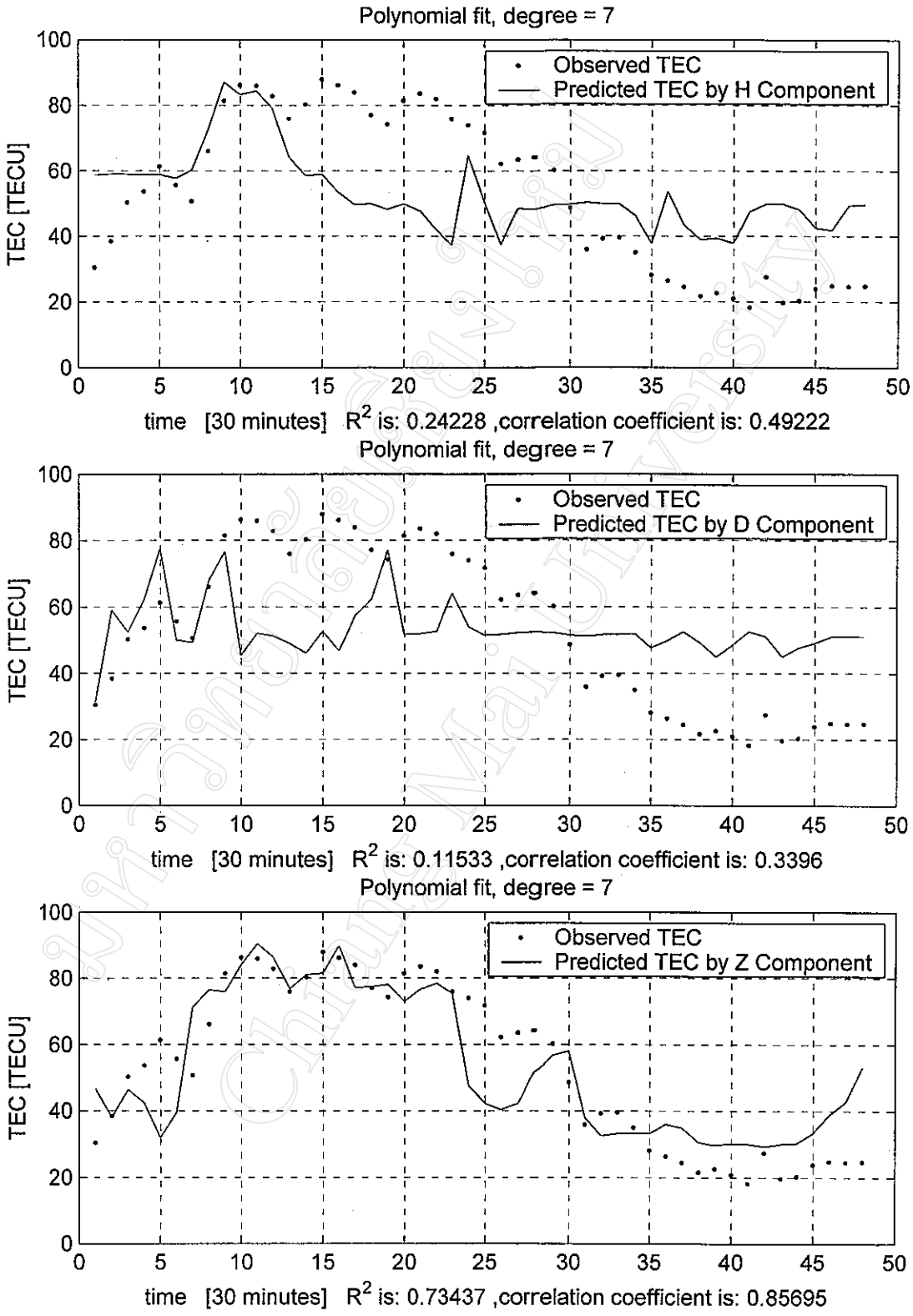
รูปที่ 4.79 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแต่ละองค์ประกอบ โดยใช้ข้อมูลในช่วงวันที่ 6-14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2541



รูปที่ 4.80 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแต่ละองค์ประกอบ โดยใช้ข้อมูลในช่วงวันที่ 11 ธันวาคม พ.ศ. 2541



รูปที่ 4.81 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแต่ละองค์ประกอบ โดยใช้ข้อมูลในช่วงวันที่ 25-26 ธันวาคม พ.ศ. 2541

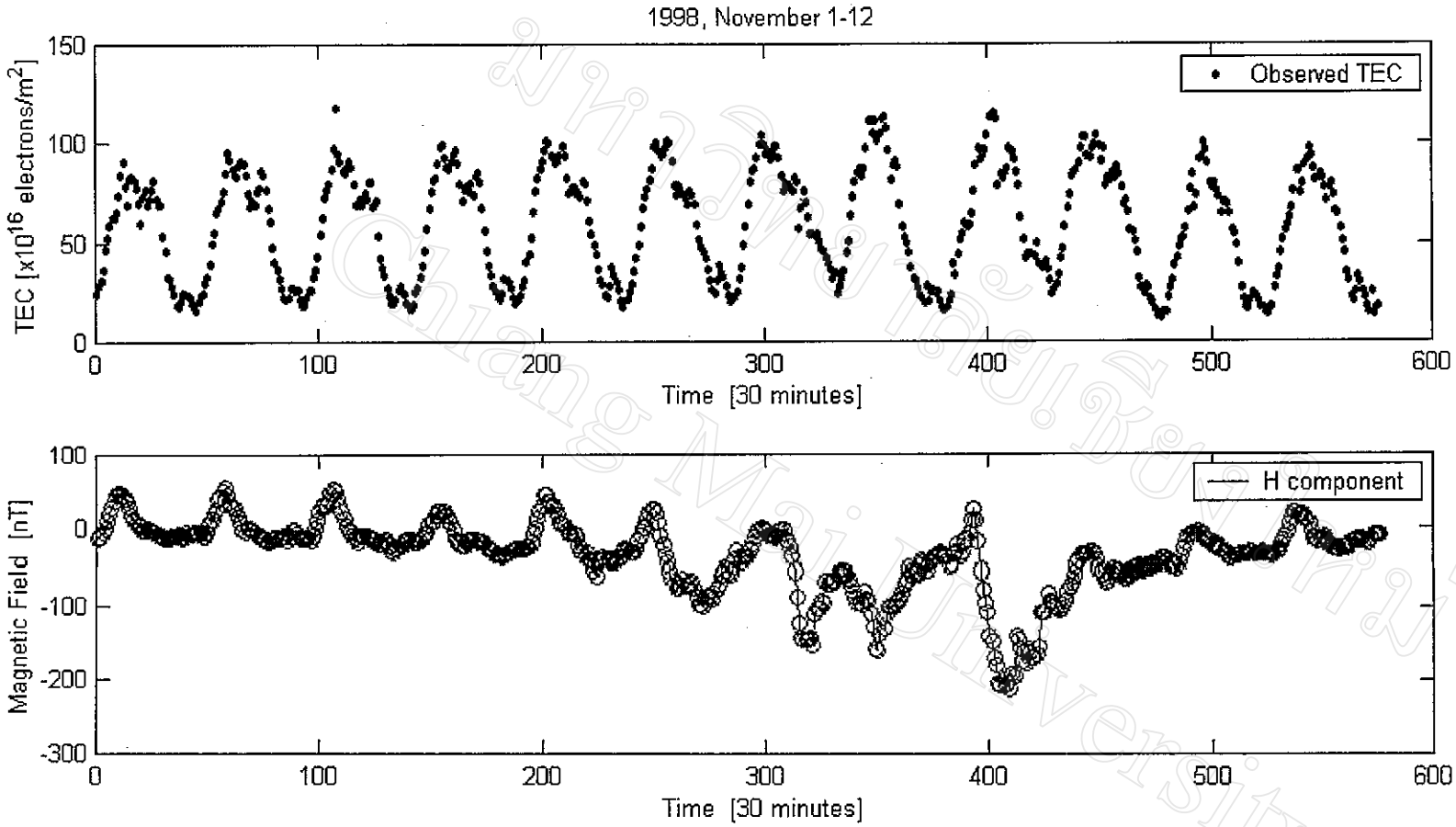


รูปที่ 4.82 ผลการทำนายข้อมูล TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแต่ละองค์ประกอบ โดยใช้ข้อมูลในช่วงวันที่ 29 ธันวาคม พ.ศ. 2541

4.3 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล TEC กับค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลก

จากผลการทำนายในหัวข้อที่ 4.2 พบว่า การเปลี่ยนแปลงของข้อมูล TEC ในแต่ละวันมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวดิ่งมากที่สุด ส่งผลให้การทำนายค่า TEC ด้วยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวดิ่งมีระดับความสัมพันธ์กับข้อมูล TEC แบบเชิงเส้นมากที่สุด ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยกราฟแสดงการทำนาย และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน ส่วนการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอนนั้น มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล TEC คือ เมื่อค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกถูกกดลง ดังจะเห็นได้จากค่าที่ติดลบมากๆ ของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอน ทำให้การเปลี่ยนแปลงของ TEC ในช่วงเวลาถัดมาผิดไปจากปกติ โดยสามารถพิจารณาได้จากตัวอย่างข้อมูล TEC ในช่วงที่เกิดการรบกวนทางแม่เหล็กหรือพายุสนามแม่เหล็ก ในช่วงวันที่ 1-12 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2541 ดังแสดงในรูปที่ 4.83

จากรูปที่ 4.83 เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่า TEC และค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอนโดยรวม จะเห็นว่าแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงค่า TEC มีค่าสูงขึ้นเมื่อค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอนถูกกดลงมากขึ้น และหลังจากที่การเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกกลับมาเหมือนกับในช่วงต้นเดือน แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของ TEC ก็กลับมาเหมือนกับช่วงต้นเดือนเหมือนกัน และเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาในแต่ละวัน พบว่า หลังจากที่ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอนถูกกดลงแล้ว ระดับการเปลี่ยนแปลงของค่า TEC ก็สูงขึ้น และถ้าค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอนถูกกดต่ำลง 2 ช่วง จุดยอดของค่า TEC ก็จะมี 2 ช่วงเช่นเดียวกัน สาเหตุที่เป็นเช่นนี้ ก็เนื่องจากลมในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ที่เกิดจากแรงเนื่องจากสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก หรือ $\mathbf{E}\times\mathbf{B}$ ที่เส้นศูนย์สูตรทางแม่เหล็ก เคลื่อนที่ขึ้นสูงคล้ายกับน้ำพุเป็นปรากฏการณ์น้ำพุ (Fountain Effect) เมื่อเวลาผ่านไป ลมก็จะเคลื่อนที่ไปตามเส้นแรงแม่เหล็กทางเหนือ-ใต้ และจะพัดพาเอาพลาสมาที่บริเวณนั้นไปด้วยทำให้ความหนาแน่นพลาสมาที่บริเวณใกล้ๆ กับเส้นศูนย์สูตรทางแม่เหล็กมีค่าความหนาแน่นของพลาสมาสูง เมื่อความหนาแน่นของพลาสมาสูง โอกาสที่โมเลกุลจะเกิดการชนกันก็สูงตามไปด้วย ทำให้ปริมาณอิเล็กตรอนรวมในบริเวณนี้มีค่าสูง และช่วงบริเวณดังกล่าวก็จะอยู่ที่ตำแหน่งทางแม่เหล็กประมาณ $\pm 15^0$ เรียกว่า บริเวณที่เกิดความผิดปกติย่านศูนย์สูตร ซึ่งเชียงใหม่ก็อยู่ใกล้กับบริเวณนี้ด้วย



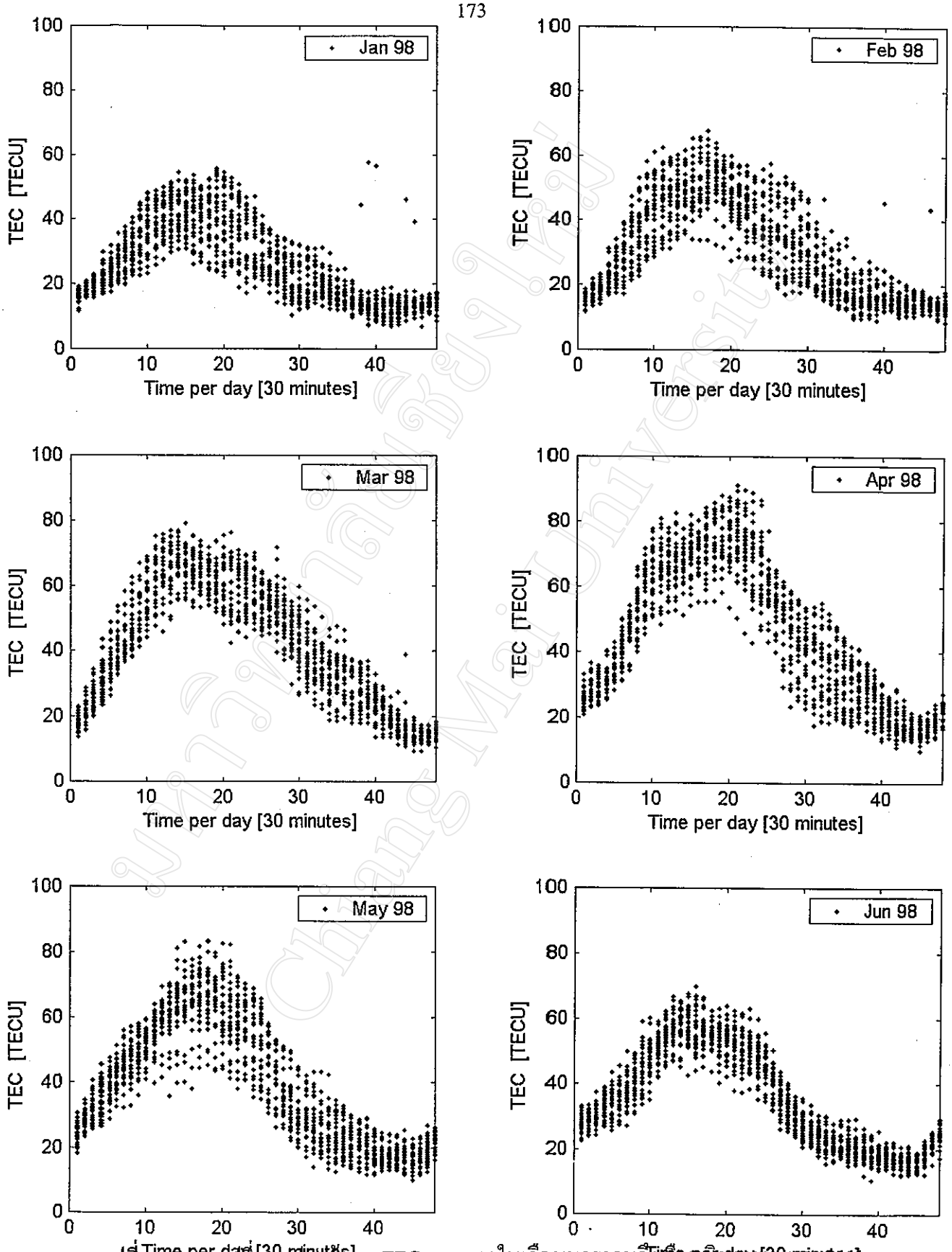
รูปที่ 4.83 การเปลี่ยนแปลงของข้อมูล TEC และค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอน ช่วงวันที่ 1-12 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2541

4.4 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของข้อมูล TEC ตามเวลาในแต่ละเดือน

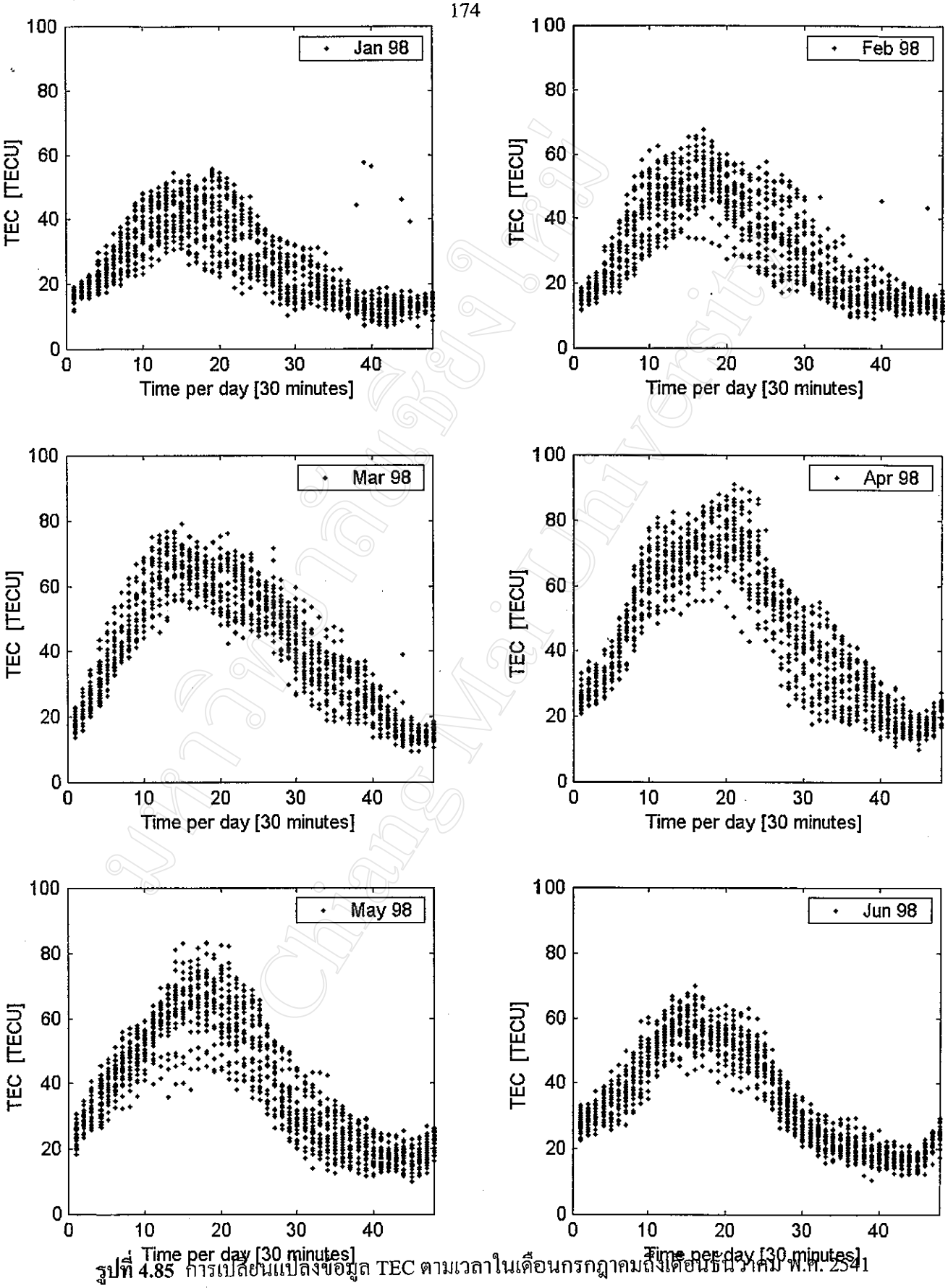
การเปลี่ยนแปลงของข้อมูล TEC ตามเวลาเฉลี่ยทุก 30 นาที โดยเริ่มที่เวลามาตรฐาน 00:00 UT ของข้อมูลเดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน แสดงดังรูปที่ 4.84 ส่วนการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล TEC ตามเวลาเฉลี่ยทุก 30 นาที โดยเริ่มที่เวลามาตรฐาน 00:00 UT ของข้อมูลเดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม แสดงดังรูปที่ 4.85 ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.84 และ 4.85 เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล TEC ตามฤดูกาล พบว่า การกระจายของข้อมูล TEC จะสูงในช่วงฤดูฝน ทั้งนี้ เนื่องจากเกิดการรบกวนคลื่นวิทยุโดยฝน เมื่อพิจารณาจำนวนอิเล็กตรอนในบรรยากาศในแต่ละเดือน พบว่า ในเดือนมกราคมถึงเดือนกรกฎาคม จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า ระดับการเกิดปริมาณอิเล็กตรอนในเดือนเมษายนมีค่าสูงที่สุด ทั้งนี้ ก็เนื่องจากผลของดวงอาทิตย์ คือ ในช่วงฤดูร้อน โดยเฉพาะในเดือนเมษายนซึ่งเป็นช่วงที่โลกเคลื่อนที่เข้าใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุด ทำให้รังสีจากดวงอาทิตย์ที่แผ่มายังโลกมีความแรงมากขึ้น โมเลกุลของออกซิเจนที่มีเป็นจำนวนมากในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ได้รับการกระตุ้นจากรังสีจากดวงอาทิตย์ เช่น รังสีอุลตราไวโอเลต รังสีอัลฟา รังสีแกมมา รังสีเบตา รังสีคอสมิค เป็นต้น ทำให้เกิดการแตกตัวเป็นอิเล็กตรอนอิสระมากขึ้น ปริมาณอิเล็กตรอนที่วัดได้จึงมีค่าสูงกว่าในช่วงเดือนอื่น แต่จำนวนอิเล็กตรอนในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนธันวาคมไม่ได้เป็นอย่างนั้น คือ จำนวนอิเล็กตรอนเริ่มมีมากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากเป็นช่วงเปลี่ยนวงรอบของดวงอาทิตย์ (Solar Cycle) จากช่วงพฤติกรรมของดวงอาทิตย์น้อย (Low Solar Activity) ไปเป็นช่วงพฤติกรรมของดวงอาทิตย์มาก (High Solar Activity) โดยวันที่เปลี่ยนจากช่วงพฤติกรรมของดวงอาทิตย์น้อยไปเป็นช่วงพฤติกรรมของดวงอาทิตย์มากคือ วันที่ 18 ตุลาคม พ.ศ. 2541 ซึ่งสามารถสังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงของจำนวนจุดดับบนดวงอาทิตย์ ดังรูปที่ 4.53 และสามารถดูรายละเอียดของการเปลี่ยนแปลงช่วงพฤติกรรมของดวงอาทิตย์ได้จาก Marshall Space Flight Center [1998]

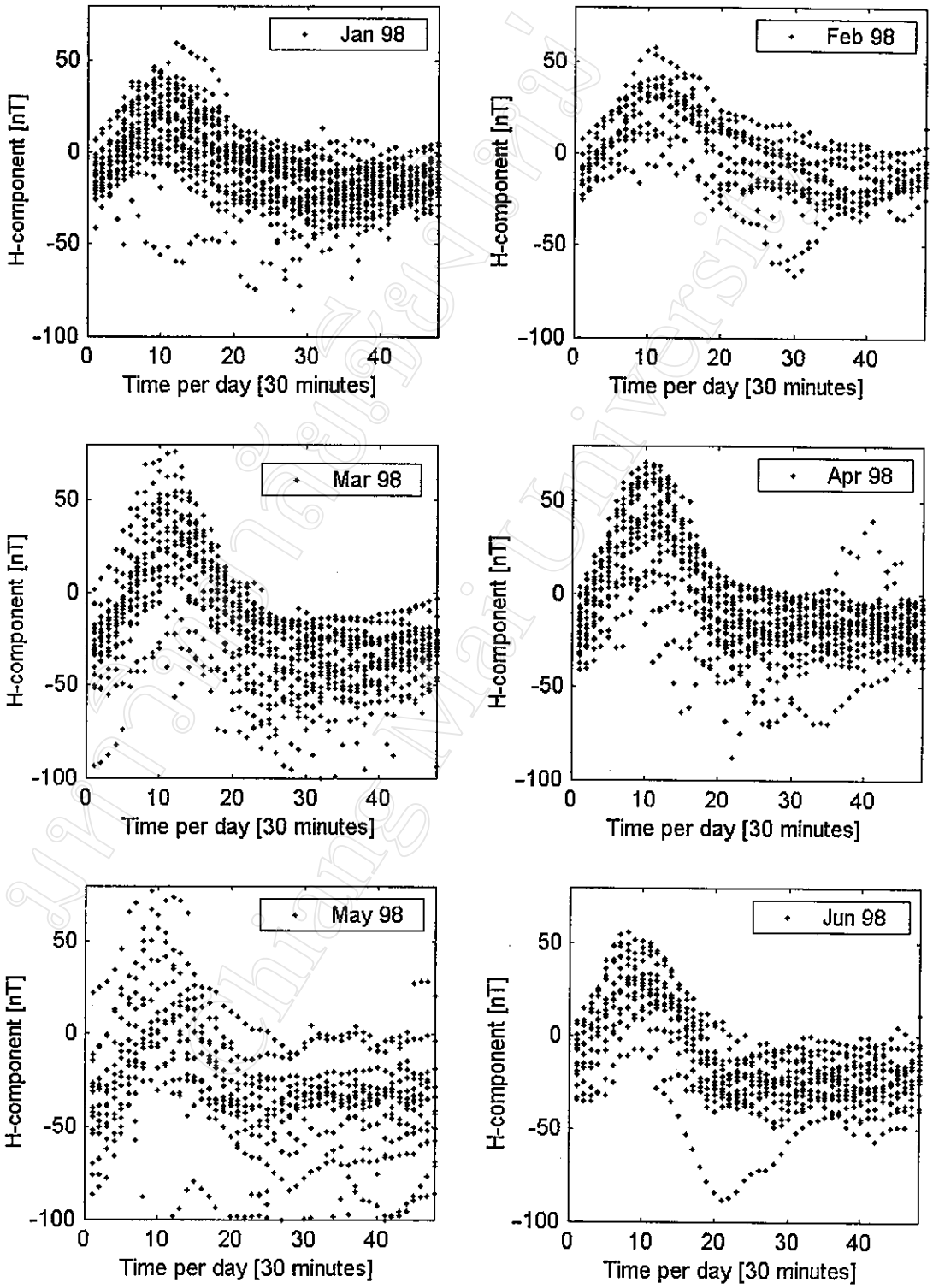
การพิจารณาข้อมูล TEC ที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาในแต่ละเดือน จะเห็นว่าช่วงที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันในแต่ละเดือน คือ ช่วงที่มีปริมาณ TEC สูงที่สุด คือ เวลาประมาณ 6:00 ถึง 12:00 UT หรือคิดเป็นเวลาท้องถิ่นได้เป็น 13:00 ถึง 19:00 LT และช่วงที่มีปริมาณ TEC ต่ำที่สุด คือ เวลาประมาณ 19:00 ถึง 00:00 UT ของวันถัดไป หรือคิดเป็นเวลาท้องถิ่นได้เป็น 02:00 ถึง 07:00 LT การพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล TEC ตามเวลาในที่นี้ จะใช้ข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอนมาช่วยในการอธิบาย โดยจะใช้ค่าเฉลี่ยทุก 30 นาที โดยเริ่มที่เวลามาตรฐาน 00:00 UT ของข้อมูลเดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน แสดงดังรูปที่ 4.86 ส่วนข้อมูลเดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคมจะแสดงดังรูปที่ 4.87 ตามลำดับ



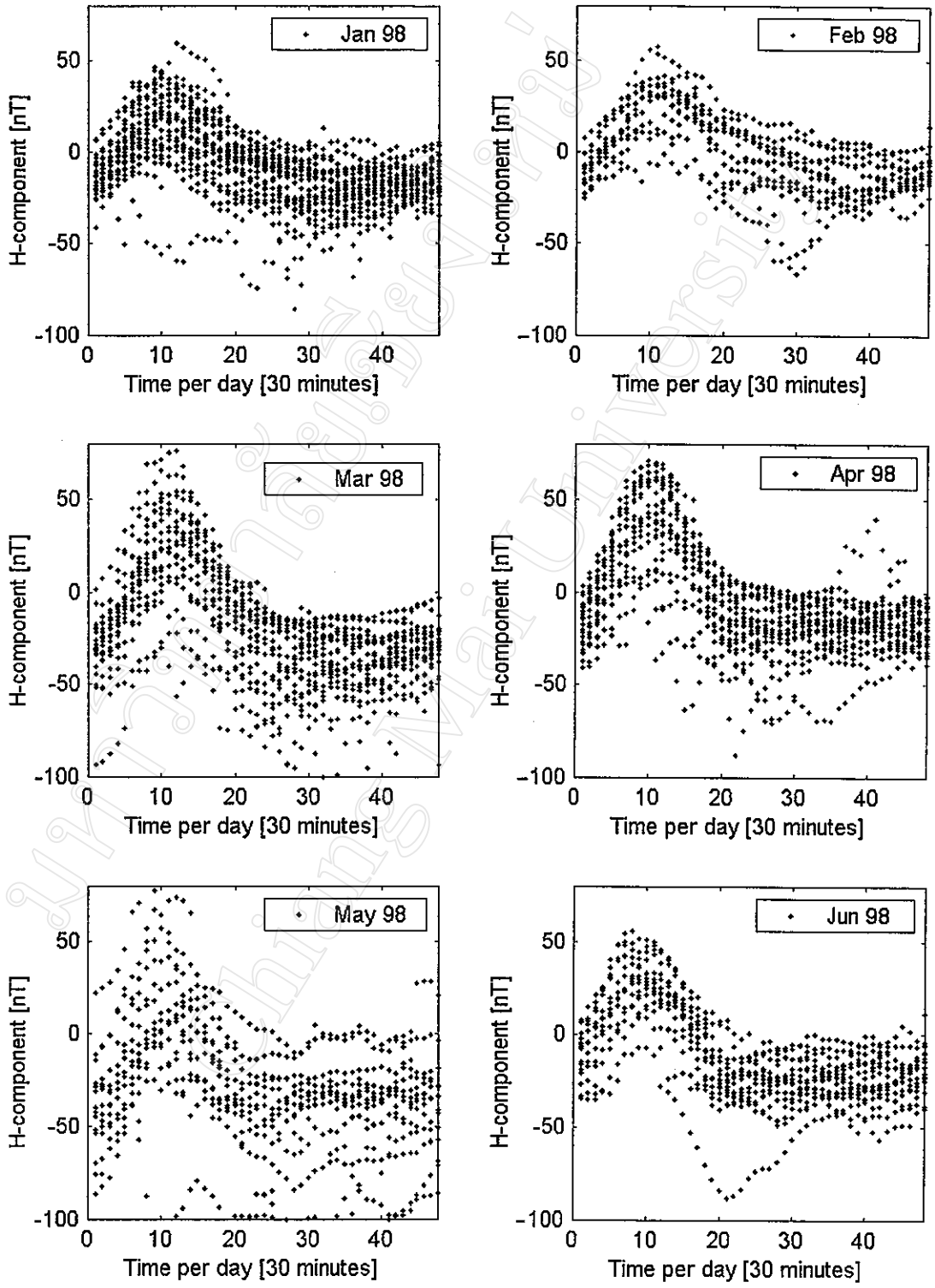
รูปที่ 4.84 การเปลี่ยนแปลงข้อมูล TEC ตามเวลาในเดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2541



รูปที่ 4.85 การเปลี่ยนแปลงข้อมูล TEC ตามเวลาในเดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2541



รูปที่ 4.86 การเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอนตามเวลา ในเดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2541



รูปที่ 4.87 การเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอนตามเวลา ในเดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2541

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล TEC ตามเวลา โดยใช้ข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอน ในรูปที่ 4.86 และ 4.87 พบว่า หากมีค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอนถูกกดลงเนื่องจากการรบกวนทางแม่เหล็ก หรือเกิดจากพายุสนามแม่เหล็ก การเปลี่ยนแปลงของข้อมูล TEC จะมีจุดยอดมากกว่า 1 แห่ง โดยเฉพาะในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2541 ซึ่งเกิดการรบกวนทางแม่เหล็กอย่างรุนแรง ทำให้จุดยอดของข้อมูล TEC เดือนพฤศจิกายนในรูปที่ 4.85 มีอยู่หลายจุด ซึ่งได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อที่ 4.3

การพิจารณาระดับการเกิดปริมาณอิเล็กตรอนรวมในช่วงเวลากลางวันและกลางคืน พบว่าในช่วงเวลากลางวันจะมีปริมาณอิเล็กตรอนมากกว่าในตอนกลางคืน และจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเวลา 21:00 ถึง 05:00 UT ของวันรุ่งขึ้น หรือ 4:00 ถึง 12:00 LT เนื่องจากมีเลเยอร์ D และเลเยอร์ E เกิดขึ้น ส่วนเลเยอร์ F ก็จะยกสูงขึ้นและแบ่งเป็น 2 เลเยอร์ย่อย คือ เลเยอร์ F1 และเลเยอร์ F2 ตามลำดับ ส่วนในช่วงกลางคืน ปริมาณอิเล็กตรอนจะมีค่าน้อย เนื่องจากการหายไปของเลเยอร์ D และเลเยอร์ E ส่วนเลเยอร์ F1 และเลเยอร์ F2 จะรวมตัวกันเหลือเพียงเลเยอร์ F

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University