บทที่ 3
การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณอิเล็กตรอนรวมในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์

การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณอิเล็กตรอนรวมในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ในงานวิจัยนี้ จะอาศัยข้อมูล TEC และข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกที่ได้จากการทดลองวัดที่ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเชียงใหม่เป็นหลัก และมีการนำค่าทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และความกดอากาศมาใช้ในการวิเคราะห์หาระดับความสัมพันธ์ของข้อมูล TEC และค่าทางอุตุนิยมวิทยาเหล่านี้ ส่วนค่าปริมาณน้ำฝน ซึ่งเป็นค่าที่น่าสนใจ เนื่องจากปริมาณน้ำฝนมีผลกระทบโดยตรงต่อการรบกวนของคลื่นวิทยุ แต่ในงานวิจัยนี้ไม่ได้นำค่านี้มาใช้ในการวิจัย เนื่องจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ (เชียงใหม่) เป็นข้อมูลรายวัน ซึ่งไม่เพียงพอต่อการศึกษาเป็นรายเดือน ดังนั้น หากมีการเก็บบันทึกข้อมูล TEC ได้เป็นระยะเวลานานๆ 5-6 ปี ก็น่าจะเพียงพอต่อการศึกษาว่าปริมาณน้ำฝนมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล TEC อย่างไร

ในบทนี้ จะกล่าวถึงการวิเคราะห์ข้อมูล TEC ทั้งในรูปแบบการวิเคราะห์ด้วยวิธี ARMA วิธีการถดถอยแบบเส้นตรงแบบที่มีตัวแปรอิสระมากกว่าหนึ่งตัวแปร วิธีการถดถอยแบบเส้นโค้ง แนวทางการประยุกต์ใช้แบบจำลองปริมาณอิเล็กตรอนรวมในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ รวมถึงรูปแบบการบันทึกข้อมูลและวิธีการอ่านข้อมูล TEC และค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกไว้อีกด้วย

3.1 รูปแบบการบันทึกข้อมูล TEC

รูปแบบการบันทึกข้อมูล TEC จะเป็นแบบไฟล์ไบนารี (Binary File) ซึ่งสามารถอ่านได้ด้วยการกำหนดให้โปรแกรมภาษาอ่านแบบไบนารี โดยวิธีการกำหนดก็จะขึ้นกับหลักภาษาของแต่ละโปรแกรม ในงานวิจัยนี้ ใช้โปรแกรม MATLAB ในการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนใหญ่ ดังนั้น ฟังก์ชันที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการอ่านข้อมูล TEC ในงานวิจัยนี้ จึงใช้ได้กับโปรแกรม MATLAB เท่านั้น อย่างไรก็ตาม เนื่องจากรูปแบบการบันทึกข้อมูล TEC แบบไบนารีนี้ มีอยู่ในโปรแกรมภาษาซี (C-Language) บนยูนิกซ์ โดยโปรแกรม writeDateBinary.c ซึ่งเป็นฟังก์ชันหนึ่งที่ใช้ในโปรแกรมการทดลอง ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.1 ส่วนการกำหนดชนิดของตัวแปรได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.2 ตามลำดับ

```
static  int  writeDateBinary(fp, date, data)
FILE         *fp;
Date_t       *date;
TECtData_t      *data;
{
TmpData_t tmp;
tmp.mjd = daytomjd(date --> year, date --> mon, date --> day);
tmp.hm = data --> hour * 60 + data --> min;
tmp.ss = data --> sec;
tmp.pn = data --> pn;
tmp.n = data --> n;
tmp.az = (short)(data --> az * (float)10);
tmp.el = (short)(data --> el * (float)10);
tmp.dop = (short)(data --> dop * (float)10);
tmp.v1 = data --> v1;
tmp.v2 = data --> v2;
tmp.tr = data --> (short)(data --> tr * (float)10);
tmp.tec = data --> tec;
tmp.std = data --> std;
fwrite(&tmp, sizeof(TmpData_t), 1, fp);
return (0);
} /* end of writeDataBinary() */
```

รูปที่ 3.1 ฟังก์ชัน writeDataBinary.c ที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล TEC แบบไบนารี

ที่มา : *Sakanashi*, 1999.

```
Typedef struct {
        unsigned short   mjd;
        unsigned short   hm;
        unsigned short   ss;
        unsigned short   pn;
        short            n;
        short            az;
        short            el;
        short            dop;
        short            v1;
        short            v2;
        short            tr;
        short            tec;
        short            std;
};
```

รูปที่ 3.2 โปรแกรมการกำหนดชนิดของตัวแปร

ที่มา: *Sakanashi*, 1999.

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

จากรูปที่ 3.1 และ 3.2 จะเห็นว่าตัวแปรที่ถูกบันทึกลงในไฟล์ข้อมูลจะมีทั้งหมด 13 ค่า คือ mjd, hm, ss pn, n, az, el, dop, v1, v2, tr, tec และ std โดยแต่ละตัวจะมีความหมายดังนี้

ก) mjd คือ ลำดับที่ของวันที่เริ่มการทดลองวัดค่า TEC

ข) hm คือ ชั่วโมงและนาทีซึ่งต้องทำการคำนวณกลับก่อนจึงจะได้ค่าทั้งสองมา

ค) ss คือ วินาที

ง) pn คือ หมายเลขดาวเทียม GPS

จ) n คือ จำนวนข้อมูล TEC ที่วัดได้ใน 1 นาที ซึ่งเครื่องมือวัด TEC-Meter จะทำการวัดค่าปริมาณอิเล็กตรอนทุกๆ 2 วินาที

ฉ) az คือ ค่ามุมอาร์ซิมุท (Arzimuth)

ช) el คือ ค่ามุมเงย (Elevation)

ซ) dop คือ ค่าความถี่ดอปเปลอร์

ฌ) v1และ v2 คือ ค่าแรงดันที่เข้าไปในเครื่อง TEC-Meter เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าเวลาหน่วง

ญ) tr คือ ค่าเวลาหน่วงของสัญญาณความถี่ L1 และ L2

ฎ) tec คือ ค่าปริมาณอิเล็กตรอนรวมในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ในแนวเอียง

ฏ) std คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัดค่า TEC ภายในเวลา 1 นาที

การเก็บข้อมูล TEC จะมี 2 แบบ คือ แบบที่ใช้กับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลทั่วไป และแบบที่ใช้กับคอมพิวเตอร์ที่เป็นระบบยูนิกซ์ (UNIX System) ซึ่งลักษณะการเก็บข้อมูลในแบบเครื่องซัน (Sun) และยูนิกซ์ จะต้องมีการสลับที่ระหว่างไบต์ส่วนหัว (Head Byte) กับไบต์ส่วนหาง (Tail Byte) ก่อนจึงจะอ่านค่าได้ คือ ข้อมูล 1 ค่าจะเก็บด้วยหน่วยความจำขนาด 2 ไบต์ โดยสามารถแยกเป็นไบต์ส่วนหัวและไบต์ส่วนหางได้อย่างละ 1 ไบต์ ส่วนฟังก์ชันที่ใช้ในการสลับที่ไบต์ส่วนหัวและไบต์ส่วนหางซึ่งเป็นโปรแกรมภาษาซีบนยูนิกซ์ ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.3

```
/* UNIX <--> PC*/
short change(dat)
char*   dat; {
    char    tmp;
    tmp = dat[0];
    dat[0] = dat[1];
    dat[1] = tmp;
    return (*dat);
}   /*end of change() */
```

รูปที่ 3.3 โปรแกรมภาษาซีบนยูนิกซ์ที่ใช้ในการสลับที่ไบต์ส่วนหัวและไบต์ส่วนหาง

ที่มา: *Sakanashi*, 1999

3.2 การนำข้อมูล TEC ไปใช้ในการวิเคราะห์

การนำข้อมูล TEC มาวิเคราะห์จะต้องทำการเปลี่ยนข้อมูล TEC ที่บันทึกไว้ในไฟล์ที่มีนามสกุลเป็น "*.dat" เสียก่อน เนื่องจากค่าที่บันทึกไว้ใน ไฟล์เป็นข้อมูล TEC ในแนวเอียง แต่ในการวิจัยต้องการค่า TEC ในแนวดิ่ง จึงต้องเปลี่ยนโดยการใช้ฟังก์ชันย้าย ดังสมการที่ 7 ในบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.4.1

นอกจากการเปลี่ยนค่า TEC ให้อยู่ในแนวดิ่งแล้ว การตัดข้อมูล TEC ที่มีความไม่น่าเชื่อถือออกก็เป็นสิ่งที่จำเป็น โดยหลักเกณฑ์ในการตัดสินว่าข้อมูลมีความเชื่อถือมากน้อยเพียงใดมีดังต่อไปนี้

ก) จำนวนข้อมูลที่ทำการวัดได้ภายในเวลา 1 นาทีควรจะมีจำนวนมากพอ เนื่องจากเครื่องวัดจะทำการวัดทุกๆ 2 วินาที หากเครื่องวัดไม่สามารถวัดค่าปริมาณ TEC ได้จะมีข้อความ "Doppler shift" แสดงที่หน้าจอของเครื่อง TEC-Meter และจำนวนที่วัดได้ควรจะมีอย่างน้อย 10 ข้อมูลภายในเวลา 1 นาที

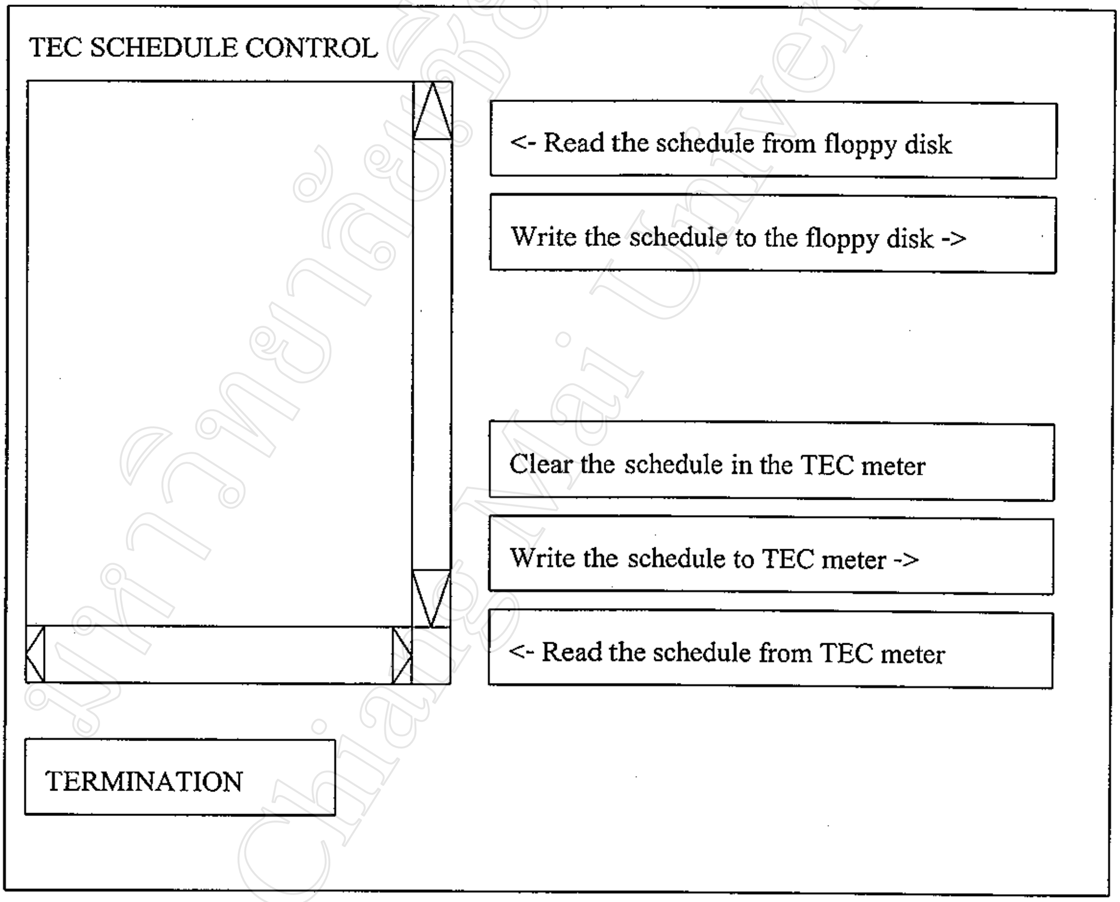
ข) มุมเงยเมื่อวัดจากตำแหน่งที่ทำการวัดไปยังดาวเทียม GPS ควรจะมีค่ามากๆ หากมุมเงยมีค่ามากเท่าไร ก็จะทำให้ระยะทางจากตำแหน่งที่วัดไปยังดาวเทียมสั้นลง การรบกวนเนื่องจากระยะทางก็จะน้อยลง และทำให้แนวการแพร่กระจายคลื่นอยู่ในแนวดิ่งมากขึ้น โดยปกติมุมเงยไม่ควรจะน้อยกว่า 30 องศา

ค) ระดับแรงดันในเครื่อง TEC-Meter ที่ใช้ในการคำนวณค่าเวลาหน่วง เพื่อนำไปใช้ในการหาปริมาณ TEC ควรมีค่ามากพอ คือ ประมาณ 500 โวลต์ขึ้นไป ถ้าระดับแรงดันมีค่ามาก ความน่าเชื่อถือของข้อมูลก็มีมาก

ง) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่ควรจะมีค่ามากกว่า 100 เนื่องจากค่านี้หาได้จากการวัดการกระจายของข้อมูล TEC ในข้อ ก) หากข้อมูลมีการกระจายมาก เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยก็จะทำให้เกิดความผิดพลาดได้มาก

หลักการดังกล่าวในข้างต้น เป็นเพียงหลักการในการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่วัดได้เท่านั้น ไม่จำเป็นจะต้องทำตามเสมอไป เช่น ในข้อ ข) มุมเงยควรจะมีค่ามากกว่า 30 องศา แต่ในทางปฏิบัติแล้ว เครื่อง TEC-Meter มีฟังก์ชันในการกำหนดให้เครื่องรับสัญญาณจากดาวเทียม GPS ดวงใดก็ได้ โดยการกำหนดเป็นตารางการรับสัญญาณ ซึ่งสามารถคำนวณการโคจรของดาวเทียม GPS ได้ ทำให้ทราบว่า ณ เวลาต่างๆ ดาวเทียม GPS ดวงใดที่โคจรมาใกล้ตำแหน่งที่วัดมากที่สุด เครื่อง TEC-Meter ก็จะทำการวัดข้อมูลจากดาวเทียมดวงนั้น แต่เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการโคจรของดาวเทียม GPS ดังนั้น จึงต้องมีการเปลี่ยนตารางการรับสัญญาณดาวเทียมใหม่

โดยมีระยะเวลาประมาณ 6 เดือน และหากไม่ได้เปลี่ยนหรือกำหนดตารางการรับสัญญาณดาวเทียม ค่าของมุมเงยที่วัดได้จากดาวเทียมบางดวงก็จะมีค่าต่ำลงเรื่อยๆ ทำให้ค่าที่วัดได้ไม่น่าเชื่อถือ ดังที่ได้กล่าวไป แต่ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการกำหนดเงื่อนไขของมุมเงยนี้ด้วย เพื่อตัดข้อมูล TEC ที่ไม่น่าเชื่อถือออก เนื่องจากการเปลี่ยนตารางการรับสัญญาณไม่ได้กระทำทุกๆ 6 เดือน ทำให้มีข้อมูลที่ไม่น่าเชื่อถือเนื่องจากมุมเงยที่ต่ำเกินไปเกิดขึ้นมาก แต่ข้อมูลหลังจากปี พ.ศ. 2542 เป็นต้นไป อาจจะไม่ต้องกำหนดเงื่อนไขนี้ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงตารางการรับสัญญาณให้กับเครื่อง TEC-Meter ทุกๆ 6 เดือน โดยการใช้โปรแกรม TectControl.EXE ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 โปรแกรมการเปลี่ยนตารางการรับสัญญาณดาวเทียม

3.3 การเปลี่ยนตารางการรับสัญญาณดาวเทียม GPS

ขั้นตอนการเปลี่ยนตารางการรับสัญญาณดาวเทียม มีดังต่อไปนี้

3.3.1 ต่อสายนำสัญญาณ RS-232C เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยผ่านพอร์ต (Port) COM1

3.3.2 เปิดโปรแกรม TectControl.EXE

3.3.3 กดปุ่มฟังก์ชันในโปรแกรม TectControl.EXE "<- Read the schedule from TEC meter" เพื่ออ่านข้อมูลตารางการรับสัญญาณดาวเทียม GPS เดิม

3.3.4 เมื่อมีข้อมูลต่างๆ ปรากฏขึ้นที่หน้าต่างของโปรแกรม แสดงว่าสามารถทำการเปลี่ยนตารางการรับสัญญาณได้ หลังจากนั้น กดปุ่มฟังก์ชัน "Clear the schedule in the TEC meter" เพื่อทำการลบข้อมูลตารางการรับสัญญาณดาวเทียม GPS เดิม แล้วกดปุ่ม "<- Read the schedule from TEC meter" เพื่อตรวจสอบดูอีกครั้งว่าข้อมูลเดิมถูกลบไปแล้วหรือยัง

3.3.5 กดปุ่ม "<- Read the schedule from floppy disk" เพื่ออ่านข้อมูลใหม่จากแฟ้มข้อมูลที่กำหนด จากนั้น จะมีข้อมูลใหม่ขึ้นมาแสดงที่หน้าต่างของโปรแกรม

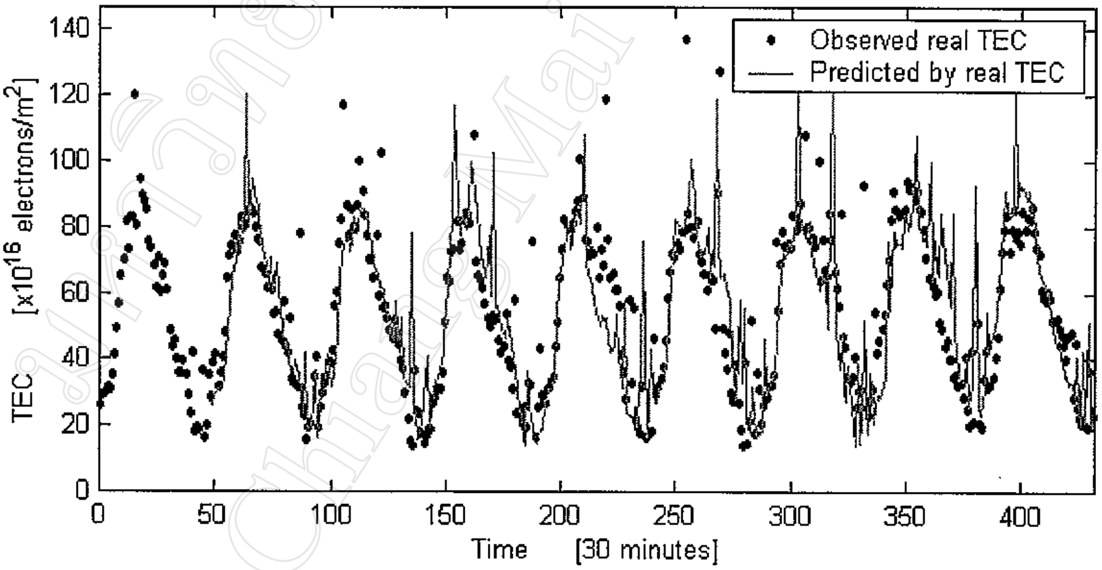
3.3.6 กดปุ่ม "Write the schedule to TEC meter ->" เพื่อบันทึกข้อมูลตารางการรับสัญญาณดาวเทียม GPS จากแฟ้มข้อมูลที่กำหนดในข้อ 3.3.5 ให้กับเครื่อง TEC-Meter

3.3.7 ทดสอบว่าเครื่อง TEC-Meter ได้รับข้อมูลหรือยัง โดยการกดปุ่ม "<-Read the schedule from TEC meter" อีกครั้ง

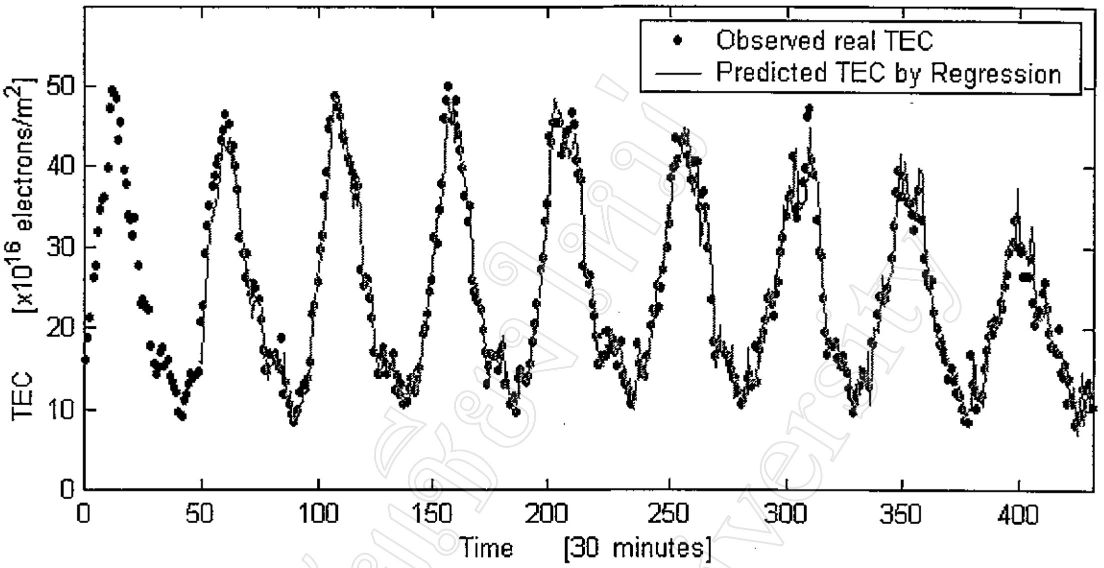
3.3.8 ตรวจสอบวันที่อ้างอิงซึ่งเป็นตัวกำหนดว่าตารางการรับสัญญาณดาวเทียม GPS เริ่มคิดจากวันไหน โดยการกดปุ่ม "shift" และ "menu" ที่เครื่อง TEC-Meter แล้วเลือก "1. Reference Date" เพื่อดูวันที่ที่อ้างอิง ถ้าวันที่ไม่ตรงกับที่กำหนดให้เครื่อง TEC-Meter ก็ต้องแก้ไข โดยการกดปุ่ม "ENT" เพื่อไปแก้ไขวันที่อ้างอิง และทดสอบด้วยการกดปุ่ม "shift" และ "menu" อีกครั้ง เพื่อทำการตรวจสอบวันที่อ้างอิง จากนั้น กดปุ่ม "TEC" เพื่อให้เครื่อง TEC-Meter แสดงการรับข้อมูล TEC ต่อไป

จากการวิจัยเบื้องต้นพบว่า หากไม่ทำการตัดข้อมูล TEC ที่ไม่น่าเชื่อถือออก ค่า TEC ที่ทำนายได้จะมีระดับความสัมพันธ์กับข้อมูล TEC ที่ได้จากการทดลองต่ำกว่าค่า TEC ที่ทำนายได้จากการตัดค่าที่ไม่น่าเชื่อถือออก อย่างไรก็ตาม หากไม่ทำการตัดข้อมูลที่ไม่น่าเชื่อถือออกก็สามารถทำนายได้เช่นเดียวกันแต่ระดับความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล TEC กับค่าที่ทำนายได้จะมีค่าต่ำกว่าเนื่องจากการกระจายของข้อมูลที่ไม่น่าเชื่อถือมีมาก เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย อาจจะทำให้ข้อมูลโดยเฉลี่ยสูงขึ้นหรือต่ำลงมากเกินกว่าที่ควรจะเป็น ตัวอย่างข้อมูลที่เห็นได้ชัดก็คือ ข้อมูลที่อยู่ในช่วงฤดูฝน ซึ่งเกิดจากผลของการรบกวนคลื่นวิทยุอันเนื่องมาจากฝน ตัวอย่างข้อมูลที่มีการกระจายมาก ได้แก่ ช่วงเดือนกรกฎาคม ถึงเดือนตุลาคม จะต้องอาศัยค่าทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิ

ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และความกดอากาศ มาปรับค่า TEC ที่ทำนายได้ ทั้งนี้ เนื่องจากผลของบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์นั่นเอง แต่ในเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนน้อย หรือไม่มีเลย เช่น ในเดือนมกราคม ถึงแม้ว่าจะมีการนำค่าทางอุตุนิยมวิทยาเข้ามาช่วยในการปรับค่า TEC ที่ทำนายได้ ก็ไม่มีผลต่อระดับความสัมพันธ์เท่าไรนัก ดังนั้น การใช้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือจึงทำให้การทำนายมีความน่าเชื่อถือตามไปด้วย ตัวอย่างการทำนายข้อมูล TEC ในช่วงต้นเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 เป็นระยะเวลาประมาณ 9 วัน โดยไม่มีการตัดข้อมูลที่ไม่น่าเชื่อถือออก แสดงดังรูปที่ 3.5 ส่วนรูปที่ 3.6 แสดงการทำนายข้อมูล TEC ที่ไม่มีการตัดข้อมูลที่ไม่น่าเชื่อถือออก แต่มีการปรับค่าด้วยค่าทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ เนื่องจากมีระดับความสัมพันธ์กับปริมาณ TEC มากที่สุด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันเป็น 0.8041 และ –0.6921 ตามลำดับ ด้วยการวิเคราะห์ถดถอยแบบเชิงเส้นที่มีตัวแปรอิสระมากกว่า 1 ตัว โดยตัวแปรอิสระได้แก่ ค่า TEC ที่ได้จากการทำนายด้วยวิธี ARMA ในรูปที่ 3.5 ค่าอุณหภูมิ (^{o}C) และค่าความชื้นสัมพัทธ์ (%)



รูปที่ 3.5 ผลการทำนายข้อมูล TEC โดยใช้ข้อมูลเฉลี่ยทุกๆ 30 นาที
ในช่วงวันที่ 1-9 ตุลาคม พ.ศ. 2541 จากข้อมูลจริง ด้วยวิธี ARMA

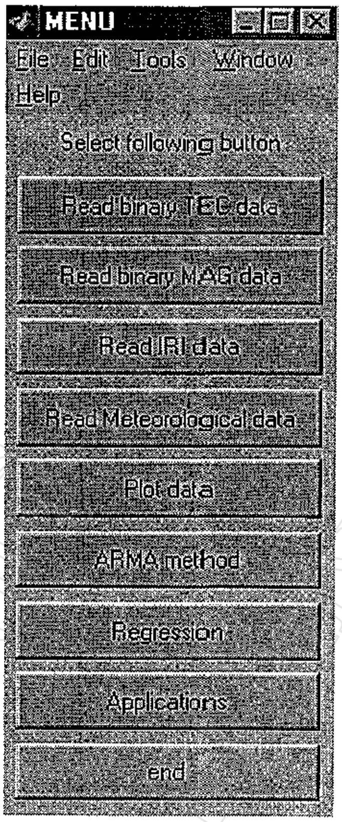


รูปที่ 3.6 ผลการทำนายข้อมูล TEC ในรูปที่ 3.4 ด้วยวิธีการถดถอยแบบเชิงเส้น ที่มีตัวแปรอิสระเป็นค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

3.4 การใช้โปรแกรม MATLAB

โปรแกรมหลักที่เขียนขึ้นด้วย MATLAB เพื่อใช้ในงานวิจัยนี้ คือ "main.m" โดยโปรแกรมนี้จะเป็นตัวเรียกฟังก์ชันที่ต้องการทั้งหมดโดยไม่ต้องเรียกจากการป้อนชื่อโปรแกรมหรือฟังก์ชัน เพื่อความสะดวกในการใช้งาน โดยรายละเอียดของโปรแกรมแสดงไว้ในภาคผนวก ซึ่งจะมีคำอธิบายต่างๆ ไว้ในแต่ละส่วนของโปรแกรม และสามารถสังเกตได้จากเครื่องหมาย "%" คือข้อความที่อยู่หลังเครื่องหมายนี้ จะเป็นส่วนที่ใช้อธิบายโปรแกรม ไม่นำไปใช้ในการคำนวณและไม่มีผลต่อการประมวลผลใดๆ ทั้งสิ้น การเข้าสู่เมนูหลักที่ใช้ในงานวิจัยสามารถทำได้โดยการพิมพ์ข้อความ "main" ลงในพื้นที่การทำงานของ MATLAB จากนั้นจะมีเมนูปรากฏดังรูปที่ 3.7

เนื่องจากโปรแกรมที่เขียนขึ้นนี้ ไม่ได้มีเพียงโปรแกรมหลักและโปรแกรมย่อยเท่านั้น จะมีฟังก์ชันรวมอยู่ด้วย เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้ในกรณีอื่นที่ต้องการได้ ซึ่งไม่มีอยู่ในโปรแกรมช่วยของ MATLAB ดังนั้น หากแฟ้มข้อมูลโปรแกรมหลัก โปรแกรมย่อย และฟังก์ชันต่างๆ ไม่ได้เก็บไว้ในไดเรกทอรี (Directory) เดียวกัน เวลาสั่งงานจากโปรแกรมหลัก และ/หรือโปรแกรมย่อยจะมีข้อความแสดงความผิดพลาดในการประมวลผลเกิดขึ้น จึงจำเป็นจะต้องเก็บแฟ้มข้อมูลโปรแกรมเหล่านี้ไว้ภายในไดเรกทอรีเดียวกัน และเรียกใช้จากไดเรกทอรีนั้นๆ



รูปที่ 3.7 เมนูหลักที่ใช้ในการวิจัยเกี่ยวกับการจำลองแบบปริมาณอิเล็กตรอนรวม

จากรูปที่ 3.7 จะเห็นว่ามีปุ่มฟังก์ชันต่างๆ ดังต่อไปนี้

ก) "Read binary TEC data" คือ ฟังก์ชันที่ใช้เรียกไปยังเมนูย่อยเพื่อรับข้อมูล TEC จากแฟ้มข้อมูล TEC ที่ถูกบันทึกแบบไบนารี โดยการกำหนดวันเดือนปีที่ต้องการ

ข) "Read binary Mag data" คือ ฟังก์ชันที่เรียกไปยังเมนูย่อยเพื่อรับข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกที่บันทึกแบบไบนารี โดยการกำหนดวันเดือนปีที่ต้องการเช่นเดียวกันกับเมนูการอ่านข้อมูล TEC

ค) "Read IRI data" คือ ฟังก์ชันที่ใช้เรียกไปยังเมนูย่อยเพื่อรับข้อมูล IRI ที่ถูกบันทึกอยู่ในรูปแบบแอสกี โดยการกำหนดวันเดือนปีที่ต้องการเช่นเดียวกันกับการอ่านข้อมูล TEC และค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลก

ง) "Read Meteorological data" คือ ฟังก์ชันที่ใช้เรียกไปยังเมนูย่อยที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล TEC ด้วยค่าทางอุตุนิยมวิทยาทั้งหมด

จ) "Plot data" คือ ฟังก์ชันที่ใช้ในการแสดงกราฟของข้อมูลที่อยู่ในหน่วยความจำของ MATLAB

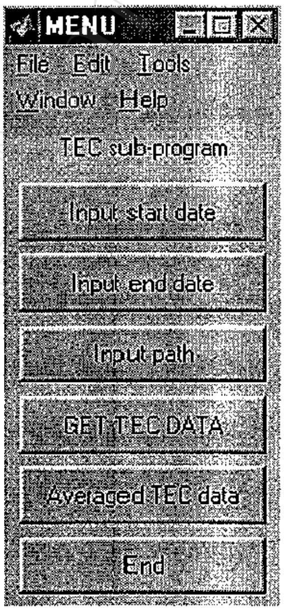
ฉ) "ARMA method" คือ ฟังก์ชันที่ใช้ในการเรียกเมนูย่อยที่ทำนายข้อมูล TEC หรือพยากรณ์ล่วงหน้าด้วยวิธี ARMA

ช) "Regression" คือ ฟังก์ชันที่ใช้ในการเรียกเมนูย่อยที่ทำนายข้อมูลด้วยวิธีการถดถอย

ซ) "Applications" คือ ฟังก์ชันที่ใช้ในการเรียกเมนูที่เกี่ยวกับการนำข้อมูล TEC และค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกไปใช้ เช่น การหาค่าการหมุนของฟาราเดย์ เป็นต้น

ฌ) "end" คือ ฟังก์ชันที่ใช้ในการออกจากเมนูหลัก

ในการรับข้อมูล TEC เพื่อใช้ในการวิจัยสามารถทำได้โดยการเลือกปุ่มฟังก์ชัน "Read binary TEC data" ซึ่งจะทำการเรียกไปยังโปรแกรม calltec.m ที่เป็นโปรแกรมที่จัดการเกี่ยวกับการอ่านข้อมูล TEC และการหาค่าเฉลี่ยของข้อมูล TEC โดยเมนูย่อยเกี่ยวกับการรับข้อมูล TEC แสดงในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 เมนูย่อยที่ใช้ในการรับข้อมูล TEC จากแฟ้มข้อมูลไบนารี

จากรูปที่ 3.8 เมื่อกดปุ่ม "Input start date" จะมีข้อความปรากฏในหน้าต่างการทำงานของ MATLAB คือ "please input start date: yyyymmdd" ซึ่ง yyyymmdd จะหมายถึงตัวเลขแปดหลักที่มีความหมายคือ เลขสี่ตัวแรกจะแทนค่าปีเป็น ค.ศ. เช่น 1998 เลขสองตัวถัดมาจะแสดงค่า

เดือน เช่น เดือน มกราคม คือ 01 ส่วนสองหลักสุดท้ายจะเป็นค่าของวัน เช่น วันที่ 5 คือ 05 เป็นต้น ทำนองเดียวกัน เมื่อกดปุ่ม “Input end date” ก็จะมีข้อความปรากฏในลักษณะเดียวกัน แต่ความหมายจะต่างกัน คือ ในปุ่มนี้ จะเป็นการกำหนดวันสิ้นสุดของระยะเวลาที่ต้องการ

หลังจากที่กำหนดวันเริ่มต้น และวันสิ้นสุดให้กับโปรแกรม MATLAB ก็จะต้องกำหนดตำแหน่งของแฟ้มข้อมูลที่อยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยการเลือกปุ่มฟังก์ชัน “Input path” และกำหนดตำแหน่งของแฟ้มข้อมูลให้กับโปรแกรมตามตัวอย่างที่ปรากฏในหน้าต่างพื้นที่การทำงานของ MATLAB เช่น ข้อความ “The default path is c:/tec/” และข้อความ “please input directory name for TEC data: c:/tec/” หมายความว่า หากไม่ทำการเปลี่ยนตำแหน่งแฟ้มข้อมูล ตำแหน่งแฟ้มข้อมูลก็จะเป็น “c:/tec/” แต่ถ้าต้องการเปลี่ยนไปเป็นไดเรกทอรีอื่น ก็สามารถทำได้โดยการพิมพ์ข้อความลงไปในหน้าต่างพื้นที่การทำงานของ MATLAB เช่น ต้องการเปลี่ยนไดเรกทอรีเป็น d:/tec/ ก็สามารถทำได้โดยการพิมพ์ข้อความ “d:/tec/” ลงไปได้เลย

นอกจากการกำหนดวันเริ่มต้น วันสิ้นสุด และไดเรกทอรีสำหรับข้อมูล TEC แล้ว การจัดรูปแบบการบันทึกข้อมูลก็มีความสำคัญมาก เนื่องจากได้เขียนโปรแกรมการอ่านข้อมูลแบบอัตโนมัติเอาไว้ เพื่อจะได้สะดวกต่อผู้ใช้ในการใช้งาน คือ เพียงแค่กำหนดวันเริ่มต้นและวันสิ้นสุดก็พอ ไม่จำเป็นต้องกำหนดไฟล์ทุกไฟล์ที่จะต้องใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ลักษณะการจัดเรียงแฟ้มข้อมูลแสดงดังรูปที่ 3.9

```
c:/
└── tec
    ─ 199801
    │     ├──19980101.dat
    │     └──19980131.dat
    └ 199802
          └──19980213.dat
               ............
```

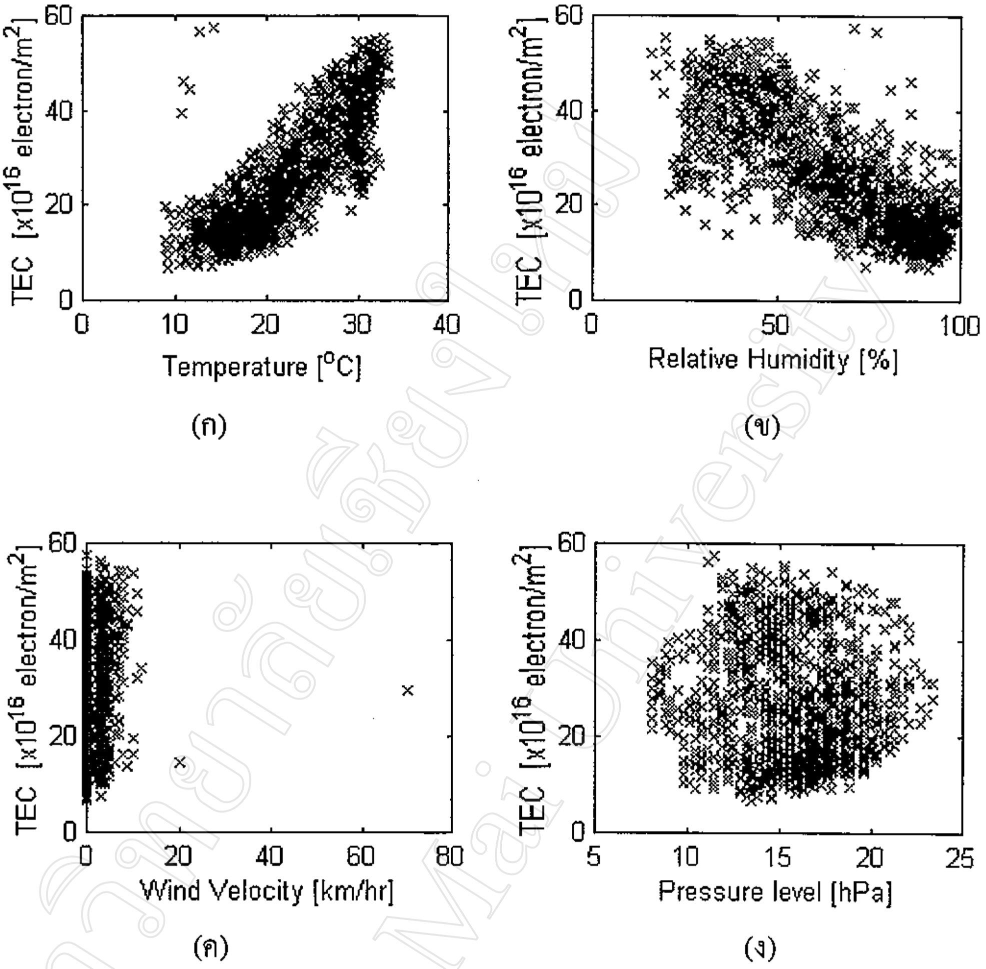
รูปที่ 3.9 การจัดเรียงไดเรกทอรีสำหรับข้อมูล TEC

เมื่อกำหนดวันเริ่มต้น วันสิ้นสุด และ/หรือไดเรกทอรีของแฟ้มข้อมูล TEC ให้กับ MATLAB แล้ว ก็สามารถรับข้อมูล TEC ได้โดยการกดปุ่มฟังก์ชัน “GET TEC DATA” หลังจากนั้น จะมีข้อความ “-------------------- process data lost -------------------------” ปรากฏขึ้นที่หน้าต่าง

พื้นที่การทำงานของ MATLAB หากมีข้อความนี้ปรากฏขึ้น แสดงว่าข้อมูล TEC ในช่วงวันที่กำหนดทั้งหมดได้ถูกอ่านเข้ามาเก็บไว้ในหน่วยความจำของ MATLAB แล้ว หลังจากนั้น โปรแกรมจะทำหน้าที่ในการหาข้อมูลที่ขาดหายไปและจัดเรียงข้อมูล TEC ที่อยู่ในหน่วยความจำของ MATLAB ให้ถูกต้อง ซึ่งในขั้นตอนนี้ จะใช้เวลาค่อนข้างมากขึ้นกับจำนวนข้อมูล เมื่อขั้นตอนในการจัดเรียงข้อมูลเสร็จสิ้นก็จะมีรูปกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล TEC ในช่วงวันที่กำหนดให้ในตอนต้น เป็นรายนาที และถ้ากดปุ่มฟังก์ชัน “Averaged TEC data” โปรแกรมก็จะทำการคำนวณเพื่อหาค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักของข้อมูล TEC และแสดงรูปกราฟค่าเฉลี่ยของข้อมูล TEC ในช่วงเวลานั้นๆ

3.5 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล TEC กับค่าทางอุตุนิยมวิทยา

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นระหว่างข้อมูล TEC และค่าทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และความกดอากาศ ด้วยการพิจารณาจากแผนภาพการกระจาย และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน ดังตัวอย่างข้อมูลในเดือนมกราคม พ.ศ. 2541 ในรูปที่ 3.6 พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ TEC และค่าอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์มีความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้น โดยที่อุณหภูมิมีความสัมพันธ์กับข้อมูล TEC ในลักษณะที่เป็นไปในทางเดียวกัน ค่าความชื้นสัมพัทธ์มีความสัมพันธ์ตรงกันข้ามกับข้อมูล TEC ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล TEC กับความกดอากาศมีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นกับข้อมูล TEC ที่ไม่ชัดเจน ซึ่งอาจจะเป็นความสัมพันธ์แบบเส้นโค้งก็ได้ จากแผนภาพการกระจายในรูปที่ 3.10 จะเห็นว่าข้อมูล TEC และค่าความเร็วลมไม่มีความสัมพันธ์กัน ดังนั้น ในการวิเคราะห์การถดถอยโดยอาศัยค่าอุตุนิยมวิทยาเหล่านี้ ในงานวิจัยจะนำมาใช้เพียง 2 ค่า คือ ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เนื่องจากมีความสัมพันธ์กันกับข้อมูล TEC แบบเป็นเชิงเส้นมากที่สุด โดยสมการที่ใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล TEC กับค่าอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์จะอาศัยสมการที่ 33 ในบทที่ 2 หัวข้อ 2.8.1



รูปที่ 3.10 แผนภาพการกระจายแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล TEC กับ (ก) อุณหภูมิ (ข) ความชื้นสัมพัทธ์ (ค) ความเร็วลม (ง) ความกดอากาศ

เนื่องจากค่าทางอุตุนิยมวิทยาที่ได้รับมาจากทางศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ (เชียงใหม่) อยู่ในรูปแบบของเอกสารที่ใช้บันทึกค่าเป็นรายครึ่งชั่วโมงในแต่ละวัน ดังนั้น ในการนำมาวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์จะต้องบันทึกลงในแฟ้มข้อมูล โดยการกำหนดรูปแบบของข้อมูลที่จะบันทึกลงในแฟ้มข้อมูลจะขึ้นกับผู้ที่ทำการบันทึกลงในแฟ้มข้อมูล โดยในงานวิจัยนี้ จะเก็บข้อมูลรายครึ่งชั่วโมงในช่วงเดือนเดียวกัน เก็บไว้ในแฟ้มข้อมูลเดียวกัน ดังนั้น ในช่วงระยะเวลา 1 ปี จะมีแฟ้มข้อมูลทั้งหมด 12 แฟ้มข้อมูล โดยมีรูปแบบการเก็บข้อมูลดังต่อไปนี้

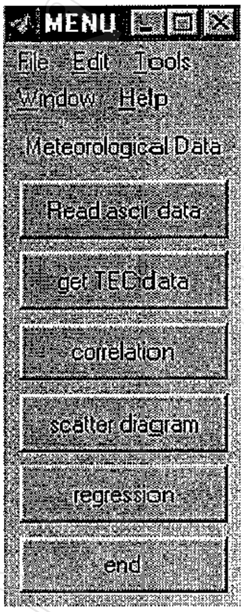
ก) อุณหภูมิ เก็บข้อมูลแบบเลขทศนิยม 1 ตำแหน่ง

ข) ความชื้นสัมพัทธ์ เก็บข้อมูลแบบเลขจำนวนเต็ม 2 หลัก

ค) ความเร็วลม เก็บข้อมูลแบบเลขจำนวนเต็ม 3 หลัก

ง) ความกดอากาศ เก็บข้อมูลแบบเลขทศนิยม 1 ตำแหน่ง

ในการอ่านค่าข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาด้วยโปรแกรม MATLAB สามารถทำได้โดยการเลือกปุ่มฟังก์ชัน "Read Meteorological data" ที่อยู่ในเมนูหลักของโปรแกรม หรือเรียกโปรแกรม "callmet.m" จากนั้น จะมีเมนูของฟังก์ชันเกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าทางอุตุนิยมวิทยาทั้งหมดที่ใช้ในการวิจัย โดยเฉพาะค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ ดังแสดงในรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 เมนูฟังก์ชันการวิเคราะห์ข้อมูล TEC ด้วยค่าทางอุตุนิยมวิทยา

จากรูปที่ 3.11 ปุ่มฟังก์ชัน "Read ascii data" หมายถึง การอ่านค่าทางอุตุนิยมวิทยาทั้ง 4 ค่า ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และความกดอากาศที่เก็บไว้ในแฟ้มข้อมูลแบบรหัสแอสกี เมื่อกดปุ่มฟังก์ชันนี้ ก็จะมีหน้าต่างที่แสดงรายชื่อแฟ้มข้อมูลที่บันทึกค่าทางอุตุนิยมวิทยาดังกล่าวไว้ โดยสามารถเลือกแฟ้มข้อมูลเป็นรายเดือนได้จากหน้าต่างนี้ แต่ไดเรกทอรีของค่าทางอุตุนิยมวิทยาที่เขียนไว้ในโปรแกรม "callmet.m" ดังแสดงในภาคผนวก เป็น "c:/tec_met/" หากต้องการเปลี่ยนไดเรกทอรีก็สามารถทำได้โดยการแก้โปรแกรม "callmet.m" ตรงส่วน "c:/tec_met/" ได้โดยตรง

เมื่อเลือกข้อมูลอุตุนิยมวิทยาได้แล้ว การจะนำมาวิเคราะห์กับข้อมูล TEC จะต้องทำการโหลด (Load) ค่า TEC ขึ้นมาเก็บไว้ในหน่วยความจำของ MATLAB ก่อน โดยการกดปุ่ม "get TEC data" ซึ่งจะแสดงหน้าต่างแฟ้มข้อมูล TEC รายเดือนในรูปของแฟ้มข้อมูล MATLAB คือ มีนามสกุล

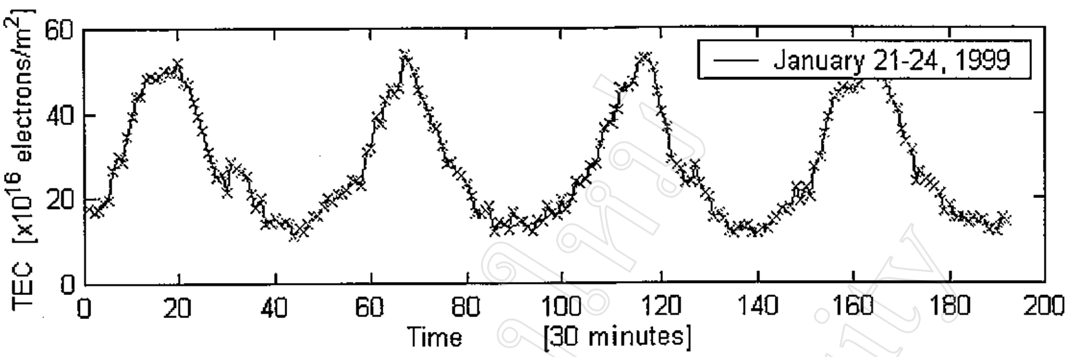
เป็น "*.m" โดยข้อมูล TEC นี้ได้ทำการตัดค่าที่ไม่น่าเชื่อถือออกแล้ว และเป็นค่าเฉลี่ยของ TEC ทุกๆ 30 นาที โดยวิธีการเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก หากต้องการข้อมูล TEC ที่ไม่ได้ตัดค่า TEC ที่ไม่น่าเชื่อถือออกจะต้องแก้โปรแกรมการอ่านข้อมูล TEC ในส่วนของการอ่านข้อมูล TEC ที่เรียกใช้ฟังก์ชัน "readbintec.m" ให้แก้ไขโดยการเปลี่ยนไปใช้ฟังก์ชัน "readtec.m" แทน

ส่วนปุ่มฟังก์ชันที่เหลือ ก็คือ ปุ่ม "correlation" ซึ่งสร้างขึ้นเพื่อให้สะดวกต่อการวัดระดับความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นระหว่างข้อมูล TEC กับค่าทางอุตุนิยมวิทยาทั้งสี่ค่า เมื่อกดปุ่มฟังก์ชันนี้ จะมีข้อความปรากฏที่พื้นที่การทำงานของ MATLAB โดยจะแสดงออกมาเป็นรูปของตัวเลือก และสามารถเลือกได้โดยการพิมพ์ตัวเลขที่ต้องการเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ได้ ส่วนปุ่ม "scatter diagram" เป็นฟังก์ชันที่ใช้สร้างแผนภาพการกระจายระหว่างข้อมูล TEC และค่าทางอุตุนิยมวิทยาทั้งสี่ค่า ซึ่งจะเห็นรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล TEC กับค่าทางอุตุนิยมวิทยาได้ชัดเจนกว่าการใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ส่วนปุ่มฟังก์ชันสุดท้าย "end" เป็นปุ่มฟังก์ชันที่ใช้ในการออกจากเมนูฟังก์ชันของการคำนวณเกี่ยวกับค่าทางอุตุนิยมวิทยา

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล TEC ด้วยวิธี ARMA

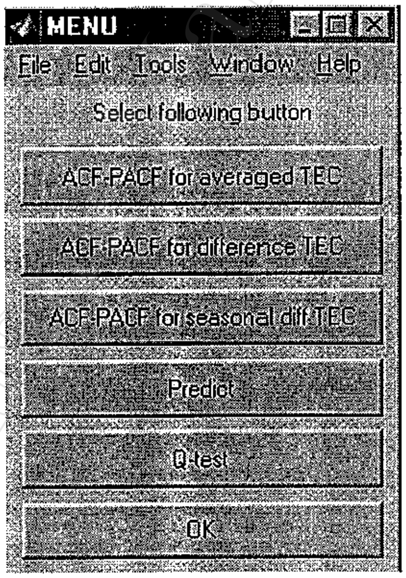
การวิเคราะห์ข้อมูล TEC ด้วยวิธี ARMA สามารถให้ผลการทำนายและพยากรณ์ล่วงหน้าในระยะเวลาอันใกล้ ได้ดีที่สุด ซึ่งการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้ ต้องอาศัยค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองและสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ข้อดีของการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้ คือ รูปแบบของการทำนายจะถูกกำหนดขึ้นมาเอง เมื่อทำตามขั้นตอนที่ถูกต้อง และถึงแม้ว่าผู้ที่ทำการวิเคราะห์จะขาดประสบการณ์ก็ตาม แต่ถ้ามีความเข้าใจในเรื่องสหสัมพันธ์ ก็จะสามารถหารูปแบบที่ใช้ในการพยากรณ์ที่ดีได้ [*วิชิตและคณะ*, 2539]

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล TEC ตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 3.12 ซึ่งเป็นข้อมูลในช่วงเวลา 00:00 UT วันที่ 21 มกราคม พ.ศ. 2541 ถึง 23:59 UT วันที่ 24 มกราคม พ.ศ. 2541 จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของ TEC มีลักษณะเป็นข้อมูลรายคาบคล้ายคลื่นไซน์ (Sine Wave) โดยมีคาบเป็น 48 ช่วงเวลา ดังนั้น เมื่อหาค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองก็จะได้กราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองออกมามีลักษณะเป็นคลื่นไซน์ และอาจจะมีแอมพลิจูด (Amplitude) ลดลงไปเรื่อยๆ ก็ได้ การที่ฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองมีลักษณะเช่นนี้ หมายความว่า ข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นแบบสัญญาณรายคาบ หรือกล่าวได้ว่าข้อมูลมีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง ทำให้ข้อมูลไม่เป็นสเตชันนารี ดังนั้น การสร้างข้อมูลใหม่ขึ้นมาจากข้อมูล TEC ด้วยวิธีการหาค่าผลต่างของข้อมูลที่มีค่าเท่ากับคาบเวลาของข้อมูลจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการวิเคราะห์ จากนั้น จึงจะสามารถกำหนดรูปแบบของสมการให้กับข้อมูล TEC ได้



รูปที่ 3.12 การเปลี่ยนแปลงของ TEC ในช่วงเวลา 00:00 UT วันที่ 21 มกราคม พ.ศ. 2541 ถึงเวลา 23:59 UT วันที่ 24 มกราคม พ.ศ. 2541

ส่วนการเรียกใช้งานโปรแกรม MATLAB สามารถทำได้โดยการเลือกปุ่มฟังก์ชัน "ARMA method" หรือเรียกจากโปรแกรม "callacf.m" ก็ได้ เมื่อเรียกใช้ฟังก์ชันนี้ จะมีเมนูฟังก์ชันสำหรับการวิเคราะห์ด้วยวิธี ARMA ที่ใช้ในงานวิจัยปรากฏขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.13

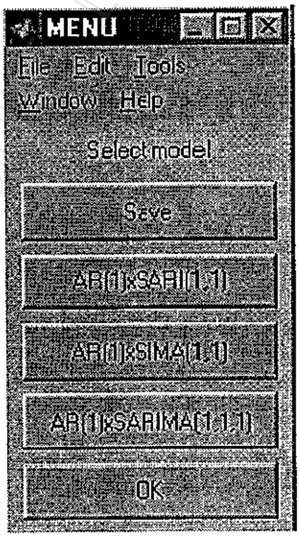


รูปที่ 3.13 เมนูฟังก์ชันสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี ARMA

ปุ่มฟังก์ชัน "ACF-PACF for averaged TEC" "ACF-PACF for difference TEC" และ "ACF-PACF for seasonal diff TEC" เป็นปุ่มฟังก์ชันที่ใช้ในการหาค่าฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง และฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน โดยมีข้อมูล TEC ที่ได้รับการเฉลี่ยทุก 30 นาทีแล้ว โดย

ปุ่มฟังก์ชันแรก จะเป็นการหาค่าฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองและฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนโดยมีข้อมูล TEC เฉลี่ยเป็นอินพุต เมื่อเรียกใช้ปุ่มฟังก์ชันนี้ โปรแกรมจะคำนวณค่าฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองและฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนพร้อมกับแสดงกราฟฟังก์ชันทั้งสอง รวมทั้งค่าเฉลี่ยมาตรฐานของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง เพื่อใช้ในการช่วยพิจารณาว่าข้อมูลเป็นสเตชันนารีหรือไม่ด้วย ส่วนฟังก์ชันที่ใช้ในการคำนวณค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองและสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน คือ "acf.m" ส่วนปุ่มฟังก์ชัน "ACF-PACF for difference TEC" และ "ACF-PACF for seasonal diff TEC" จะเป็นการหาค่าฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองและฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน เช่นเดียวกับปุ่มฟังก์ชันแรก เพียงแต่จะทำการหาผลต่างของข้อมูล TEC เฉลี่ยก่อนที่จะคำนวณหาค่าฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองและฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน โดยปุ่มที่สองจะทำการหาผลต่างของข้อมูล TEC เฉลี่ยที่อยู่ในฤดูกาลเดียวกัน หรืออยู่ในช่วงคาบเดียวกัน ส่วนปุ่มที่สามจะทำการหาผลต่างของข้อมูล TEC เฉลี่ยตามค่าดัชนีฤดูกาล ซึ่งโดยลักษณะของข้อมูล TEC นั้น เป็นข้อมูลที่ไม่เป็นสเตชันนารีเนื่องจากอิทธิพลของฤดูกาล ดังนั้น ปุ่มที่สองจึงไม่จำเป็นต้องใช้ แต่จำเป็นจะต้องเรียกใช้จากปุ่มที่สาม เพื่อใช้ช่วยในการเลือกรูปแบบสมการที่เหมาะสมให้กับข้อมูล TEC ต่อไป

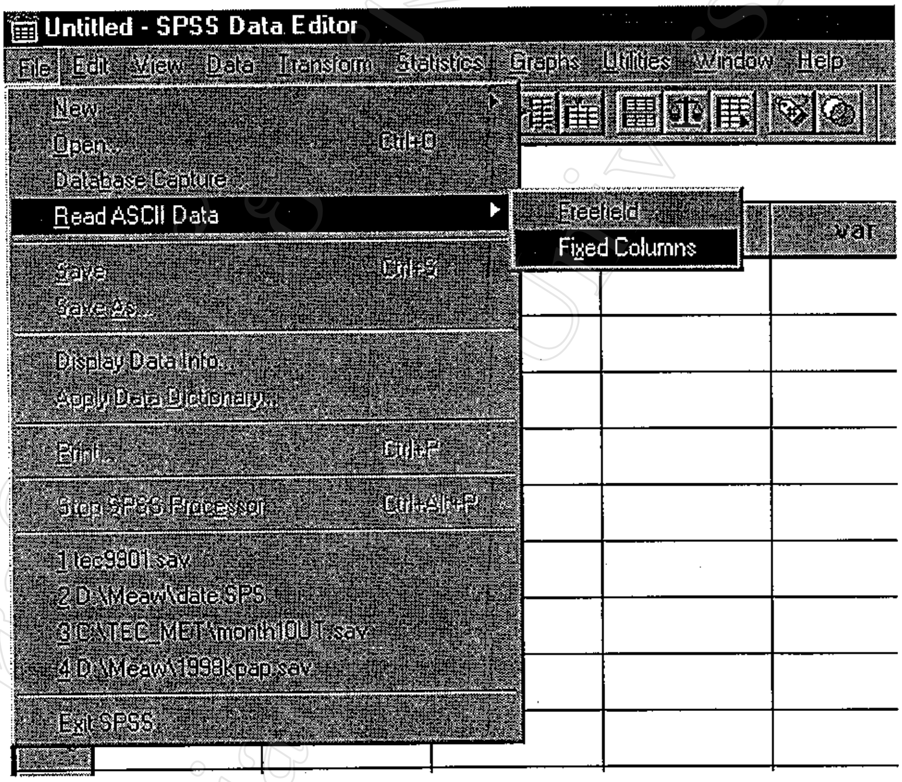
ปุ่มฟังก์ชัน "Predict" จะเรียกใช้งานโปรแกรม "callmodel.m" เพื่อทำนายค่า TEC หรือพยากรณ์ค่า TEC ล่วงหน้า เมื่อเรียกใช้ฟังก์ชันนี้ จะมีเมนูปรากฏขึ้นดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 เมนูสำหรับการทำนายหรือพยากรณ์ค่า TEC ล่วงหน้า

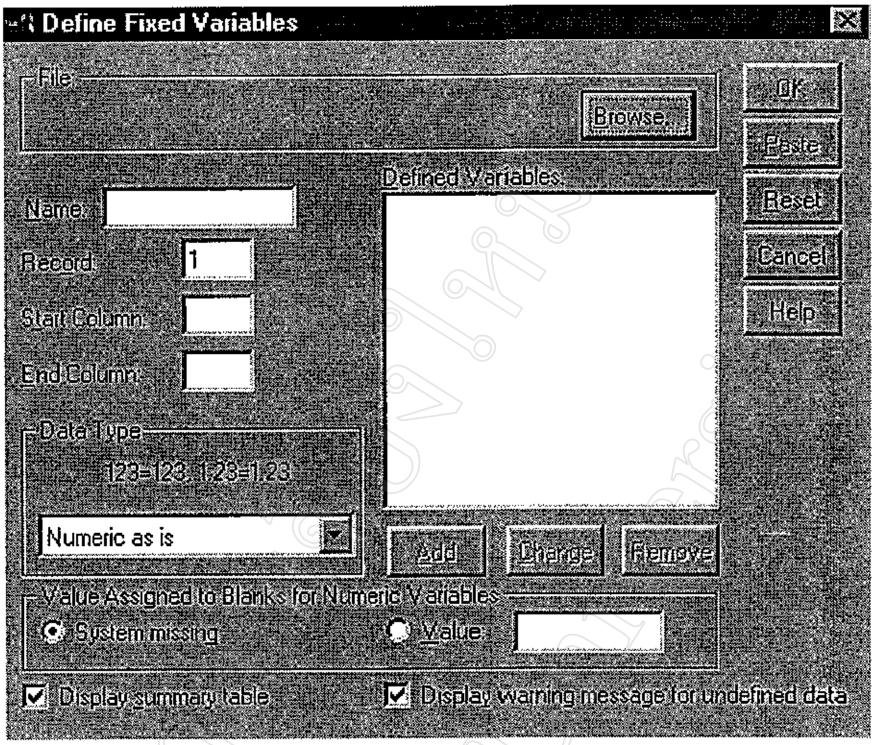
จากรูปที่ 3.14 จะเห็นว่ามีปุ่มฟังก์ชัน "Save" อยู่ นั่นคือ ต้องทำการบันทึกค่า TEC ให้อยู่ในรูปแบบแฟ้มข้อมูลแอสกี เพื่อที่จะนำค่า TEC ไปใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ หรือ

สัมประสิทธิ์ที่ต้องใช้ในสมการรูปแบบด้วยโปรแกรม SPSS โดยจะมีคำแนะนำในการตัดสินใจว่าสมการรูปแบบควรจะมีค่าคงที่อยู่ด้วยหรือไม่ เช่น "This model no need the constant value" และ "The constant value will be set to zero" เมื่อเลือกปุ่มฟังก์ชัน "Save" ก็จะมีหน้าต่างใหม่ปรากฏขึ้นเพื่อใช้ในการบันทึกข้อมูล TEC ที่ต้องการในรูปแบบแอสกี จากนั้น ต้องเปิดโปรแกรม SPSS เพื่อทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่จะต้องใช้ในรูปแบบ โดยการเลือกฟังก์ชัน "Read ASCII Data" และ "Fixed Columns" จากเมนู "File" ดังแสดงในรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 การอ่านข้อมูลรหัสแอสกีด้วยโปรแกรม SPSS

หลังจากที่เลือกฟังก์ชัน "Fixed Columns" ตามรูปที่ 3.15 แล้ว จะมีหน้าต่างใหม่ปรากฏขึ้นเพื่อกำหนดรูปแบบการอ่านข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 การกำหนดรูปแบบการอ่านรหัสแอสกีให้กับโปรแกรม SPSS

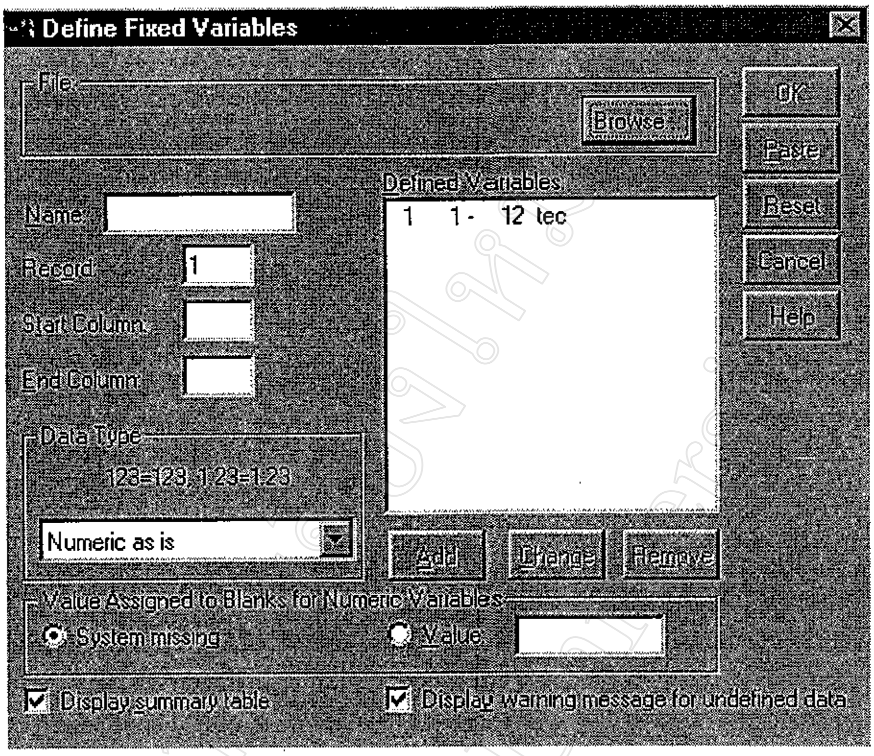
ในการกำหนดรูปแบบการอ่านรหัสแอสกีให้กับโปรแกรม SPSS จะต้องกำหนดค่าดังต่อไปนี้

ก) Name: ใส่ชื่อตัวแปรที่ต้องการ เช่น tec

ข) Start Column: ใส่ค่าเป็น 1 เพื่อระบุว่าเป็นคอลัมน์เริ่มต้นของข้อมูล

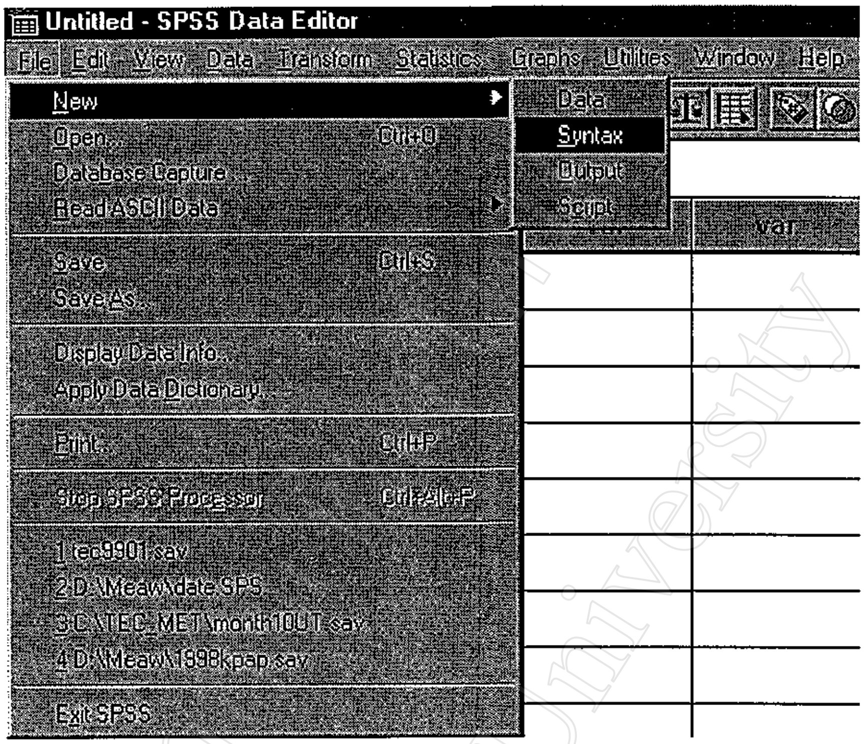
ค) End Column: ใส่ค่าเป็น 12 เพื่อระบุว่าเป็นคอลัมน์สุดท้ายของข้อมูล

หลังจากนั้น กดปุ่ม Add แล้วจะมีค่าตัวแปรอยู่ในช่องของการกำหนดตัวแปร หรือ "Defined Variable:" ดังรูปที่ 3.17



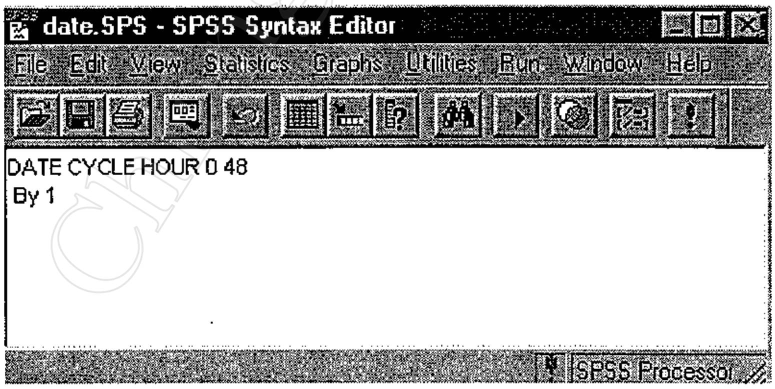
รูปที่ 3.17 ผลการกำหนดค่าตัวแปรในหน้าต่างการกำหนดรูปแบบของการอ่านข้อมูลรหัสแอสกีด้วยโปรแกรม SPSS

หลังจากนั้นก็กดปุ่ม “Browse” เพื่อเลือกแฟ้มข้อมูล TEC ที่ได้บันทึกค่าไว้ และกดปุ่ม “OK” เพื่อรับข้อมูลจากแฟ้มข้อมูลที่กำหนด ในบางครั้ง อาจจะมีหน้าต่างแสดงผลลัพธ์ของโปรแกรม SPSS ขึ้นมาโดยที่ไม่ได้เรียกขึ้นมา และแสดงคำเตือนว่า ไม่สามารถอ่านค่าได้ในบางจุด เช่น “Warning # 1102 An invalid numeric field has been found. The result has been set to the system-missing value. Command line: 7 Current case: 961 Current splitfile group: 1 Field contents: ‘ NaN’ Record number: 961 Starting column: 1 Record length: 8192” หมายความว่า ข้อมูล ณ จุดนั้น ขาดหายไป ซึ่งอาจจะเป็นข้อมูลที่ขาดหายไปเนื่องจากไฟฟ้าดับ หรือข้อมูลที่ไม่น่าเชื่อถือ เป็นต้น หลังจากนั้น จะต้องเขียนโปรแกรมภาษาของ SPSS ขึ้นมา เพื่อสร้างจุดเวลาและคาบหรือฤดูกาลให้กับข้อมูล เนื่องจากข้อมูล TEC มีความเกี่ยวข้องกับคาบเวลา หรือฤดูกาล ด้วยการเลือก “New” และ “Syntax” จากเมนู “File”ดังแสดงในรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 การสร้างหน้าต่างภาษาของโปรแกรม SPSS

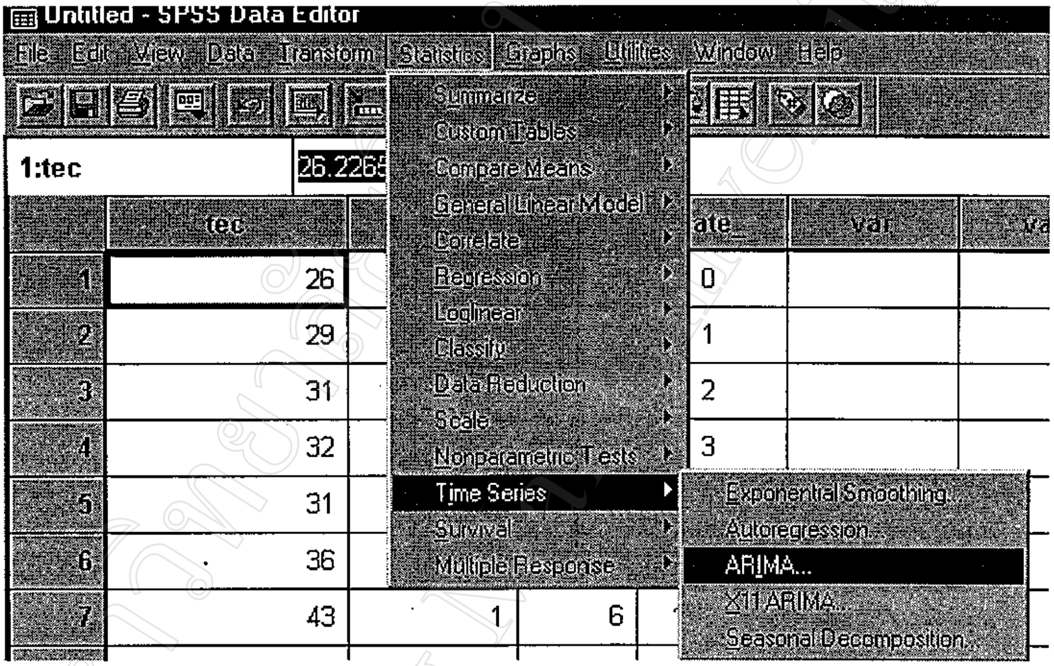
จากนั้น จะมีหน้าต่างภาษาของโปรแกรม SPSS ปรากฏขึ้น และพิมพ์ข้อความดังแสดงในรูปที่ 3.19 เพื่อสร้างจุดเวลาและคาบให้กับข้อมูล TEC



รูปที่ 3.19 การเขียนภาษา SPSS เพื่อสร้างจุดเวลาและคาบให้กับข้อมูล TEC

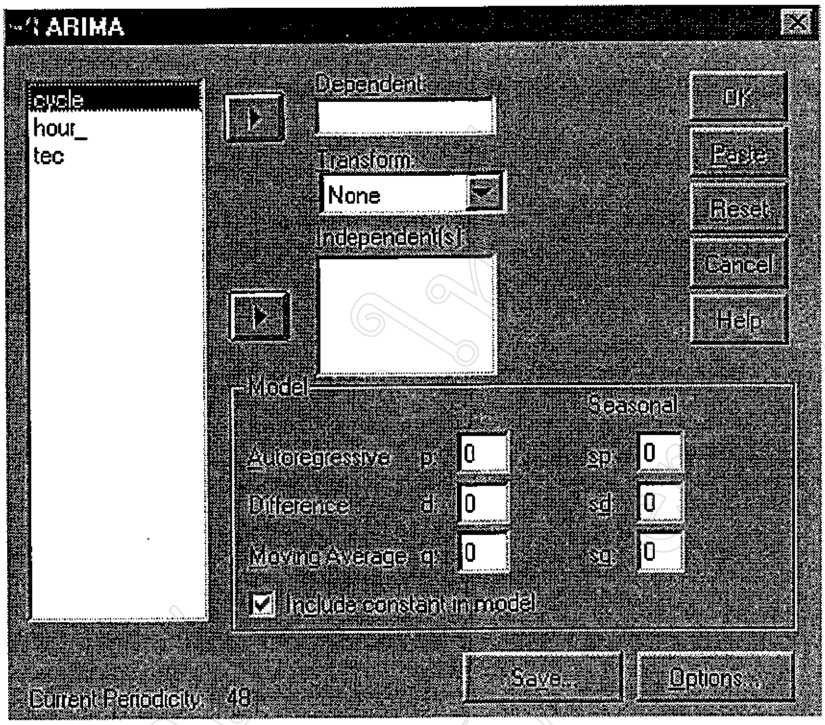
เมื่อเขียนภาษา SPSS ตามรูปที่ 3.19 เสร็จ ก็จะต้องรันโปรแกรมที่เขียนขึ้นนี้โดยการกด ปุ่ม ▷ หรือเลือก "Run" และ "All" จากเมนูของหน้าต่างภาษา จากนั้น จะมีค่าแสดงจุดเวลาและคาบเพิ่มขึ้นในหน้าต่างข้อมูลของโปรแกรม SPSS

ขั้นตอนต่อไปก็คือ การประมาณค่าพารามิเตอร์ ซึ่งสามารถทำได้โดยการเลือก "Time Series" และ "ARIMA..." จากเมนู "Statistics" ดังแสดงในรูปที่ 3.20

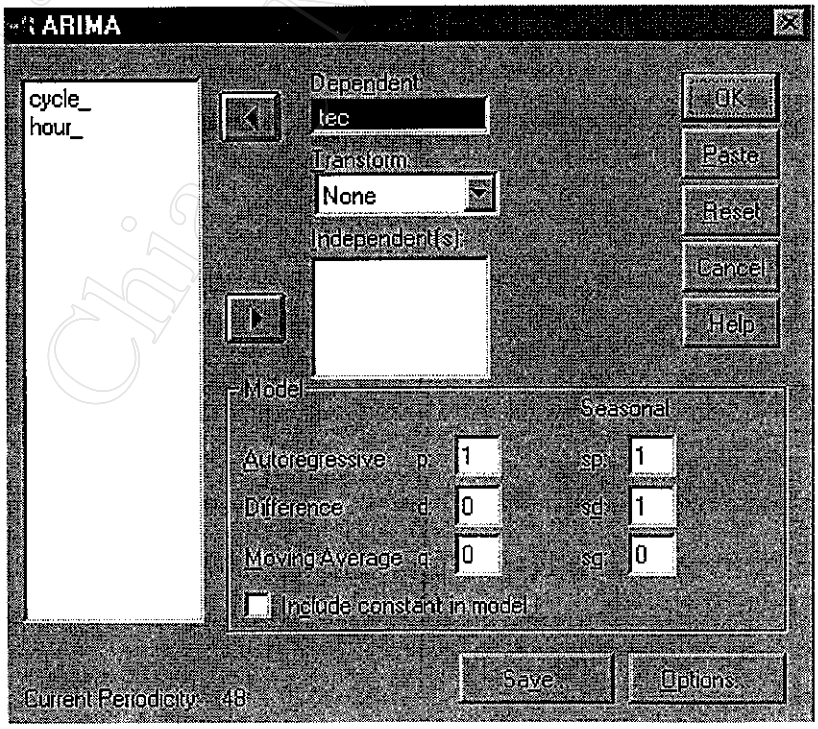


รูปที่ 3.20 การเลือกคำสั่งในการประมาณค่าพารามิเตอร์ สำหรับการวิเคราะห์ด้วยวิธี ARMA โดยใช้โปรแกรม SPSS

จากนั้นจะมีหน้าต่างที่ใช้ในการระบุตัวแปร อันดับของ AR, MA, SAR, SMA และค่าผลต่าง แสดงดังรูปที่ 3.21 ส่วนตัวอย่างการกำหนดค่าตัวแปรและอันดับให้กับรูปที่ 3.21 แสดงดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.21 หน้าต่างการกำหนดค่าตัวแปรและอันดับ สำหรับการวิเคราะห์ด้วยวิธี ARMA โดยใช้โปรแกรม SPSS



รูปที่ 3.22 ตัวอย่างการกำหนดค่าตัวแปรและอันดับสำหรับการวิเคราะห์ด้วยวิธี ARMA

การกำหนดค่าอันดับตามรูปที่ 3.22 หมายความว่า ข้อมูล TEC ควรจะมีรูปแบบเป็น AR(1) xSARI(1,1) และไม่มีค่าคงที่รวมอยู่ในสมการรูปแบบ หลังจากนั้น กดปุ่ม "OK" โปรแกรม SPSS จะทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ออกมาแสดงไว้ในหน้าต่างผลลัพธ์ของโปรแกรม และมีผลการทำนายแสดงในหน้าต่างข้อมูลด้วย โดยจะมีคำอธิบายตัวแปรที่โปรแกรม SPSS สร้างขึ้นใหม่ไว้ในหน้าต่างผลลัพธ์ ส่วนค่าพารามิเตอร์ที่อยู่ในหน้าต่างผลลัพธ์ จะอยู่ในส่วนของ "Variables in the Model" โดยค่า B ก็คือ ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ในสมการรูปแบบ ซึ่งมีอยู่หลายค่าตามอันดับและวิธีของรูปแบบที่กำหนด ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ก) ค่า B สำหรับ AR1 หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ ϕ_1

ข) ค่า B สำหรับ MA1 หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ θ_1

ค) ค่า B สำหรับ SAR1 หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ Γ_1

ง) ค่า B สำหรับ SMA1 หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ Δ_1

เมื่อได้ค่าสัมประสิทธิ์ตามต้องการ ก็จะนำค่าที่ได้จากการประมาณค่าเหล่านี้ ไปกำหนดให้กับโปรแกรม MATLAB ในปุ่มฟังก์ชัน AR(1)xSARI(1,1) หรือ AR(1)xSIMA(1,1) หรือ AR(1) xSARIMA(1,1,1) ตามรูปแบบที่กำหนดไว้แล้ว จากนั้น จะมีเมนูย่อยเพื่อใช้ในการป้อนค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยโปรแกรม SPSS แต่ละค่าเข้าไปแล้วเลือก "Process" ที่ปรากฏในเมนู จากนั้น จะมีข้อความขึ้นที่หน้าต่างพื้นที่การทำงานของ MATLAB ว่า "How many numbers for forecasting: " ถ้ากำหนดค่าให้เป็น 0 หมายความว่าต้องการให้ทำการทำนายค่าของ TEC เพียงอย่างเดียว แต่ถ้าค่าที่กำหนดให้ไม่เป็น 0 เช่น กำหนดให้เป็น 2000 จะหมายความว่า ต้องการให้ทำนายค่า TEC ล่วงหน้าไปอีก 2000 ค่า เป็นต้น เมื่อผ่านขั้นตอนการกำหนดค่าในการทำนายหรือการพยากรณ์ล่วงหน้าแล้ว ก็จะมีรูปกราฟแสดงผลการทำนายเปรียบเทียบกับค่า TEC จริง และมีค่าผลต่างระหว่างค่า TEC จริงกับค่าที่ทำนายได้แสดงไว้ด้วย นอกจากนี้ในหน้าต่างของพื้นที่การทำงานของ MATLAB ก็จะมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล TEC จริงกับค่าที่ทำนายได้เอาไว้ด้วย

ส่วนปุ่มฟังก์ชัน "Q-test" จะใช้ในการทดสอบว่ารูปแบบที่กำหนดให้กับข้อมูล TEC ที่มีอยู่นั้น มีความเหมาะสมหรือไม่ ซึ่งอาจจะใช้เวลาในการคำนวณพอสมควร และจะแสดงค่าสถิติ Q รวมทั้งค่าวิกฤติด้วยการทดสอบแบบไคกำลังสองเอาไว้ในพื้นที่การทำงานของ MATLAB และในตอนท้ายจะมีข้อความปรากฏขึ้น เพื่อระบุว่ารูปแบบที่กำหนดให้กับข้อมูล TEC ที่มีอยู่นี้มีความเหมาะสมหรือไม่ โดยอาศัยค่าที่ได้จากการทดสอบด้วยสถิติ Q ด้วย

3.7 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล TEC และค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลก

การวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล TEC กับค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลก เป็นสิ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากตำแหน่งของจังหวัดเชียงใหม่อยู่ใกล้กับบริเวณ EA ซึ่งจะได้รับผลกระทบจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในทิศทาง **ExB** แต่ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล TEC และค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกโดยใช้ข้อมูลจากสถานีวัดเพียงแห่งเดียวไม่ค่อยน่าเชื่อถือ เนื่องจากเครื่องวัดการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกสามารถตรวจจับการสั่นสะเทือนของพื้นผิวโลกของบริเวณที่ทำการวัดได้ ทำให้ข้อมูลที่ได้มาอาจจะไม่ใช่การเปลี่ยนแปลงค่าสนามแม่เหล็กโลกที่เกิดขึ้นจริงก็ได้ ดังนั้น การใช้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกจากสถานีวัดอื่นเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น แต่เนื่องจากข้อจำกัดบางประการ คือ ขนาดของข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกมีขนาดใหญ่ ทำให้ไม่สะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากสถานีวัดต่างๆ ที่อยู่บริเวณใกล้เคียง จึงต้องใช้ค่าดัชนีสนามแม่เหล็กโลกซึ่งสามารถหาได้จากอินเทอร์เนต (Internet) ซึ่งเป็นค่าที่บอกระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกของโลก อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่า ค่าดัชนีจะช่วยให้แน่ใจได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกนั้นไม่ได้เกิดจากสาเหตุแวดล้อมอื่นก็ตาม แต่การเปลี่ยนแปลงของข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกที่ไม่สอดคล้องกับค่าดัชนีสนามแม่เหล็กโลกก็อาจจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกก็ได้ โดยมีการเปลี่ยนแปลงเฉพาะที่ ไม่ได้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกทั่วทั้งโลกก็ได้

3.7.1 รูปแบบการบันทึกข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลก

เช่นเดียวกันกับการบันทึกข้อมูล TEC ในการอ่านข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกบนระบบยูนิกซ์ก็จะต้องทำการสลับที่ไบต์ส่วนหัวและไบต์ส่วนหางก่อนโดยอาศัยฟังก์ชันตามรูปที่ 3.3 ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อที่ 3.1 ส่วนโปรแกรมภาษาซีบนยูนิกซ์ที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.23

```
static  int  writeDateBinary (fp, date, sdate, edate, h, d, z, a)
FILE       *fp;
Date_t     *date;
Date_t     *sdate, *edate;
float       *h, *d, *z, *a;
{
        int        i, num;
        int        spos, epos;
        short     org[4 * _DAY_DATA_NUM];
        if (date --> year == sdate --> year &&
            date --> mon == sdate --> mon &&
            date --> day == sdate --> day)  {
            spos = sdate --> hour * 3600 + sdate -->min * 60 + sdate --> sec;
        }
        else spos =0;
        if (date --> year == edate --> year &&
             date --> mon == edate --> mon &&
             date --> day == edate --> dau)   {
             epos = edate --> hour * 3600 + edate --> min * 60 + edate --> sec +1;
        }
        else epos = _DAY_DATA_NUM;
        for (i = spos, num =0; i < epos; i++, num++)   {
             if  (h[i] == MAXFLOAT)  {
                 org[num*4 + 0] = org[num * 4 + 1] = 0x00;
                 org[num*4 + 2] = org[num * 4 + 3] = 0x0000;
             }
             else   {
                 org[num * 4 + 0] = (short)(h[i] / (float)50 / 3.75000E-04);
                 org[num * 4 + 0] = (short)(h[i] / (float)50 / 3.75000E-04);
                 org[num * 4 + 0] = (short)(h[i] / (float)50 / 3.75000E-04);
                 org[num * 4 + 0] = (short)(h[i] / 3.75000E-04);
             }
        }
        fwrite (org, sizeof(short), 4 * num, fp);
        return (0);
} /* end of writeDateBinary() */
```

รูปที่ 3.23 ฟังก์ชัน writeDataBinary.c ที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลก แบบไบนารี

ที่มา : Sakanashi, 1999.

จากรูปที่ 3.23 สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการอ่านข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกได้ แต่ต้องแก้ไขบางส่วน คือ ในบรรทัดที่มีค่า 3.75000E-04 ตัวอย่างเช่น ในบรรทัด org [num * 4 + 0] = (short)(h[i] / (float)50 / 3.75000E-04); จะต้องแก้ไขเลขจำนวนนี้ เนื่องจากในฟังก์ชัน writeDataBinary.c ที่ใช้ในการทดลองไม่ได้ใช้เลขจำนวนนี้ในการบันทึกข้อมูล หากแต่ใช้ค่าความชัน (Slope) ที่ได้จากการทดลอง โดยจะมีค่าบันทึกไว้ในไฟล์ที่บันทึกในรูป *.hdr ซึ่งเป็น

ไฟล์ที่อธิบายค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ได้ และที่ใช้ในการทดลองคู่กับไฟล์ข้อมูลของสนามแม่เหล็กโลก *.dat ดังนั้น ข้อมูลที่ถูกบันทึกลงไฟล์ *.dat จริงจึงมีแค่เพียงข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแต่ละแนวแกน และค่าการควบคุมอัตราขยายอัตโนมัติ (Automatic Gain Control) เท่านั้น โดยตัวแปร h จะหมายถึง ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอน d หมายถึง ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวเอียง z หมายถึง ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวดิ่ง และ a คือ ค่าการควบคุมอัตราขยายอัตโนมัติ

นอกจากการอ่านข้อมูลแบบไบนารีแล้วยังสามารถอ่านข้อมูลแบบแอสกีได้ด้วย ซึ่งจะหาได้จากอินเทอร์เนตที่ http://ionet-us.crl.go.jp/partners_eng.html

3.7.2 การวิเคราะห์ข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็กโลก

เนื่องจากการทดลองวัดค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกโดยใช้เครื่องวัดค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลก Three-Axis Magnetometer ซึ่งนอกจากจะวัดการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอน แนวเอียง และแนวดิ่งได้แล้ว ยังสามารถตรวจจับการสั่นสะเทือนของพื้นดินที่ติดตั้งเครื่องวัดค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกได้อีกด้วย ทำให้ข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็กโลกที่ได้จากการทดลองวัด อาจจะไม่ใช่การเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กโลกที่แท้จริง อาจจะเป็นการสั่นสะเทือนของผิวดินอันเนื่องมาจากหลายสาเหตุ เช่น แผ่นดินไหว หรือการสั่นสะเทือนเนื่องจากการเคลื่อนที่ของรถยนต์ เป็นต้น ดังนั้น การนำข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็กโลกที่ได้จากการทดลองวัดมาใช้ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล TEC กับค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกโดยไม่ได้ทำการปรับค่าก่อนอาจจะทำให้การวิเคราะห์คลาดเคลื่อนไปได้ วิธีการหนึ่งที่ใช้ในการปรับค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลก ก็คือ การทำนายลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกก่อนที่จะนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป หรือนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาทำการเฉลี่ยให้อยู่ในช่วงเวลาที่ต้องการ ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการเฉลี่ยข้อมูลให้เป็นรายนาที และ 30 นาที เพื่อสะดวกต่อการเปรียบเทียบค่าระหว่างข้อมูล TEC กับค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลก แต่วิธีการเหล่านี้ เป็นเพียงการลดระดับการแกว่งของข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็กโลกเท่านั้น ไม่ใช่การกำจัดข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็กโลกที่ไม่ได้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กโลกจริงๆ ดังนั้น ในการวิเคราะห์ จะต้องมีข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็กโลกที่ได้จากการทดลองวัดจากสถานีวัดอื่นมาประกอบ เพื่อที่จะได้สามารถสรุปได้ว่า การเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกที่วัดได้นั้น เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงสนามแม่เหล็กโลกจริงๆ แต่เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านข้อมูลที่มีไม่ครบถ้วน ทั้งการขาดหายไปของข้อมูลอันเนื่องจากไฟฟ้าดับ และขนาดของข้อมูลที่มีจำนวนมาก ทำให้ยากต่อการรวบรวมจากสถานีวัดต่างๆ เหล่านี้เป็นต้น

ทำให้การวิเคราะห์โดยอาศัยข้อมูลจากสถานีวัดอื่นมาประกอบนั้นทำได้ยาก ในงานวิจัยนี้จึงอาศัยค่าดัชนีที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกที่ได้จากศูนย์วิจัยต่างๆ ซึ่งสามารถหาได้ทางการถ่ายโอนแฟ้ม (ftp) โดยรายละเอียดของดัชนีที่เกี่ยวข้องได้สรุปไว้ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ค่าดัชนีที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลก
ที่มา: *Linthe*, 2000.

ดัชนี	ความหมาย	ตัวอย่างการแสดงค่า
Kp	เป็นดัชนีที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของความเข้มสนามแม่เหล็กโลกจากค่าสังเกตทั่วโลกทุกๆ 3 ชั่วโมง โดย J. Bartels ซึ่งออกแบบเพื่อใช้กับการวิเคราะห์การแผ่รังสีอนุภาคดวงอาทิตย์ที่เกิดจากผลของสนามแม่เหล็ก	0o 0+ 1- 1o 1+ 2- 2o 2+ 3- 3o 3+ 4- 4o 4+ 5- 5o 5+ 6- 6o 6+ 7- 7o 7+ 8- 8o 8+ 9- 9o
ap	ดัชนีที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของความเข้มสนามแม่เหล็กโลกทุก 3 ชั่วโมง โดยมีความสัมพันธ์กับดัชนี Kp แบบเชิงเส้น	0 2 3 4 5 6 7 9 12 15 18 22 27 32 39 48 56 67 80 94 111 132 154 179 207 236 300 400
Ap	ดัชนีที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของความเข้มสนามแม่เหล็กโลกเป็นรายวัน ที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ยของดัชนี ap ในแต่ละวัน	-
Cp	ดัชนีที่แสดงค่าประมาณของผลของสนามแม่เหล็กที่ได้จากการหาผลบวกของดัชนี ap ในแต่ละวันซึ่งจะมีค่าตั้งแต่ 0 (วันที่ไม่มีการรบกวนจากสนามแม่เหล็ก) ถึง 2.5 (วันที่มีการรบกวนจากสนามแม่เหล็ก)	0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6 1.7 1.8 1.9 2.0 2.1 2.2 2.3 2.4 2.5
C9	ดัชนีที่อธิบายผลของสนามแม่เหล็กอีกค่า ที่ได้จากการเปลี่ยนค่าจากดัชนี Cp ที่มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 2.5 ให้เป็นเลขจำนวนเต็ม 1 หลัก จาก 0 ถึง 9	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

ส่วนค่าของดัชนี Cp สามารถดูได้จากตารางที่ 3.2

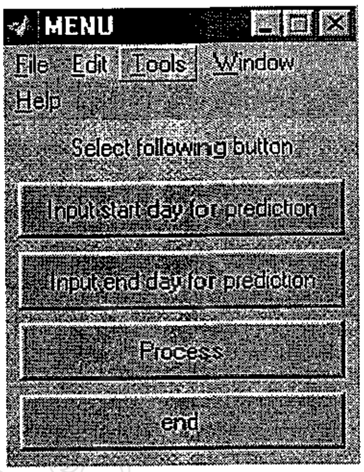
ตารางที่ 3.2 ค่าดัชนี Cp ที่ได้จากการวัดระดับของดัชนี ap
ที่มา: *Linthe*, 2000.

ผลรวมดัชนี ap	ดัชนี Cp	ผลรวมดัชนี ap	ดัชนี Cp	ผลรวมดัชนี ap	ดัชนี Cp
0 ... 22	0.0	121 ... 139	0.9	562 ... 729	1.8
23 ... 34	0.1	140 ... 164	1.0	730 ... 119	1.9
35 ... 44	0.2	165 ... 190	1.1	1120 ... 1399	2.0
45 ... 55	0.3	191 ... 228	1.2	1400 ... 1699	2.1
56 ... 66	0.4	229 ... 273	1.3	1700 ... 1699	2.2
67 ... 78	0.5	274 ... 320	1.4	2000 ... 2399	2.3
79 ... 90	0.6	321 ... 379	1.5	2400 ... 3199	2.4
91 ... 104	0.7	380 ... 453	1.6	3200	2.5
105 ... 120	0.8	454 ... 561	1.7		

จากค่าดัชนีต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.1 ในงานวิจัยนี้ จะใช้ค่าดัชนี C9 ในการพิจารณาว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในวันไหนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กโลกจริงๆ หลังจากนั้น จึงพิจารณาในแต่ละกรณีไป ว่าระดับการเปลี่ยนแปลงหรือระดับการรบกวนจากสนามแม่เหล็กในวันไหนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ TEC บ้าง

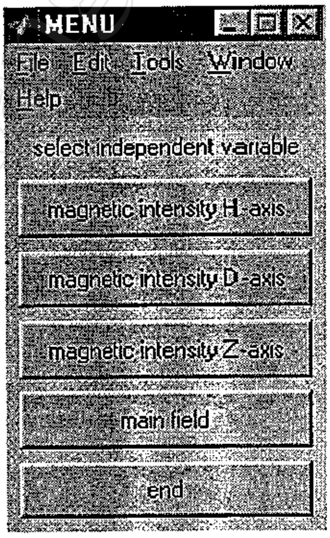
3.7.3 การใช้โปรแกรม MATLAB เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล TEC และค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลก

โปรแกรม MATLAB ที่ใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล TEC และค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลก คือ callregress.m หรือสามารถเรียกใช้ได้จากเมนูหลักด้วยปุ่มฟังก์ชัน "Regress" ซึ่งใช้วิธีการวิเคราะห์แบบการถดถอยเชิงเส้นโค้ง โดยผู้ใช้จะสามารถกำหนดช่วงวันที่ต้องการของข้อมูลในแต่ละเดือนได้ด้วยการเลือกปุ่มฟังก์ชันดังแสดงในรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.24 เมนูฟังก์ชันการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นโค้ง
ด้วยข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลก

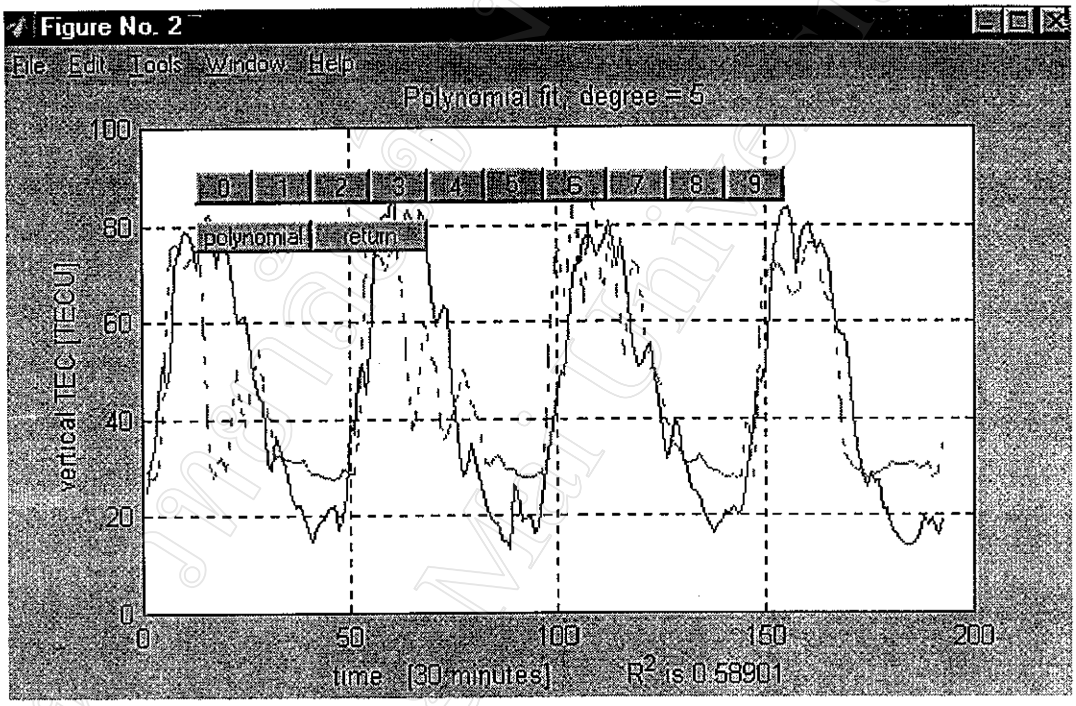
ปุ่มฟังก์ชัน "Input start day" และ "Input end day" ใช้ในการกำหนดช่วงวันของข้อมูลภายในเดือนที่ทำการวิเคราะห์ แต่ถ้าไม่กำหนดช่วงวันให้กับโปรแกรม โปรแกรมจะกำหนดให้วันเริ่มต้นคือวันแรกของเดือน และวันสิ้นสุดคือวันสุดท้ายของเดือน เมื่อกดปุ่ม "Process" จะมีเมนูย่อยแสดงขึ้นมาเพื่อให้เลือกว่าจะใช้ข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกค่าใดในการวิเคราะห์แบบการถดถอยเชิงเส้นโค้ง ดังแสดงในรูปที่ 3.25 นอกจากนี้ จะมีกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของดัชนี C9 และจำนวนจุดดับบนดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นข้อมูลรายวัน เพื่อใช้ช่วยในการพิจารณาว่าควรจะวิเคราะห์ข้อมูลในช่วงไหนอีกด้วย



รูปที่ 3.25 เมนูฟังก์ชันที่ใช้ในการเลือกตัวแปรอิสระสำหรับการวิเคราะห์
แบบการถดถอยเชิงเส้นโค้ง

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

จากรูปที่ 3.25 เมื่อเลือกค่าตัวแปรอิสระแล้ว จะมีหน้าต่างแสดงการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล TEC ในช่วงวันที่กำหนด และจะมีปุ่มแสดงอันดับของการถดถอยเชิงเส้นโค้ง เมื่อกดปุ่มดังกล่าว โปรแกรมจะทำการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์และแสดงค่าสัมประสิทธิ์ที่หน้าต่างพื้นที่การทำงานของ MATLAB รวมทั้งกราฟแสดงผลการทำนายด้วย นอกจากนี้ ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล TEC กับค่าที่ทำนายได้ก็จะแสดงไว้ที่ด้านล่างของกราฟและที่หน้าต่างพื้นที่การทำงานของ MATLAB ตามลำดับ



รูปที่ 3.26 ตัวอย่างกราฟแสดงผลการทำนายด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้นโค้ง

3.8 แบบจำลอง IRI

นับตั้งแต่ปี ค.ศ. 1969 URSI (International Union of Radio Science) และ COSPAR (Committee on Space Research) ได้ร่วมมือกันสร้างโครงการ IRI ซึ่งมีจุดมุ่งหมายในการสรุปผลของบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ของโลกที่สำคัญที่สุด COSPAR ได้เตรียมชุดตารางสำหรับพารามิเตอร์หลักที่เป็นตัวอธิบายลักษณะของพลาสมาไอโอโนสเฟียร์ ได้แก่ ความหนาแน่นอิเล็กตรอน อุณหภูมิของอิเล็กตรอนและไอออน และองค์ประกอบของไอออนบวกตารางเหล่านี้สามารถนำไปใช้เป็นตารางอ้างอิงได้ เช่น เพื่อใช้ในการออกแบบการทดลอง เพื่อใช้ในการประมาณทางสิ่งแวดล้อมและผลกระทบอื่น เพื่อใช้ในการตรวจสอบทฤษฎีเป็นต้น โดยจะต้องเลือกค่าตำแหน่งชั่วโมง ฤดูกาลและระดับของพฤติกรรมของดวงอาทิตย์ที่เหมาะสม

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองทางทฤษฎี (Theoretical Model) กับ IRI จะเห็นว่า แบบจำลอง IRI จะยอมให้มีการรวมผลของการทดลองได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการอ้างอิงอย่างมาก โดยไม่ต้องขึ้นกับข้อกำหนดทางทฤษฎี ภายในปีแรกนั้น ผลที่ได้จากการทดลอง มีพารามิเตอร์และเงื่อนไขที่แน่นอนเพียง 2-3 ค่าหรือไม่มีเลย ดังนั้น ทางคณะกรรมการจึงหันมาเน้นในด้านการศึกษาให้มากขึ้น โดยเฉพาะในเรื่องขององค์ประกอบของไอออนและชั้นล่างของบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับบรรยากาศกลาง (Neutral Atmosphere) พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ที่เป็นพลาสมาไอโอโนสเฟียร์อย่างมากในเชิงเวลาและอวกาศ ซึ่งทำให้เกิดปัญหาเป็นอย่างมาก จึงมีการปรับปรุงแบบจำลองเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน

โครงการ IRI มีจุดประสงค์ในการปรับปรุงแบบจำลองบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ที่ใช้เป็นมาตรฐานในการออกแบบดาวเทียมและการศึกษาสิ่งแวดล้อม (COSPAR) และเพื่อใช้ในการศึกษาการแพร่กระจายคลื่นวิทยุ (URSI) ในแต่ละปี IRI จะมีการสัมมนาขึ้น โดยมีการอธิบายแบบจำลอง IRI และสิ่งที่เพิ่มเติมขึ้นมา ดังนั้น แบบจำลอง IRI จึงได้รับการปรับปรุงในแต่ละปี เพื่อใช้ในการออกแบบดาวเทียมและเพื่อการศึกษาในด้านสิ่งแวดล้อม (COSPAR) และเพื่อการศึกษาในด้านการแพร่กระจายคลื่นวิทยุ (URSI)

3.8.1 การคำนวณหาค่า TEC โดยใช้แบบจำลอง IRI-95

แบบจำลอง IRI-95 ในรูปแบบของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จะสามารถหาได้จาก ftp://nssdc.gsfc.nasa.gov/pub/models/ionospheric/iri/ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้โปรแกรมภาษาฟอร์แทรนที่ทำงานบนระบบยูนิกซ์ โดยจะได้กล่าวถึงวิธีการใช้งานและรายละเอียดของแต่ละไฟล์ (File) ต่อไป

ในแบบจำลอง IRI-95 โดยอาศัยโปรแกรมภาษาฟอร์แทรน ซึ่งจะมีไฟล์ที่ทำหน้าที่แตกต่างกัน ดังต่อไปนี้

ก) IRIS13.FOR จะมีรูทีนย่อย (Subroutine) ที่ใช้ในการคำนวณพารามิเตอร์เอาต์พุตต่างๆ (Ne, Te, Ti, Ni) เมื่อกำหนดวันและตำแหน่งพิกัด

ข) IRIF13.FOR จะเพิ่มรูทีนย่อยและฟังก์ชันที่จำเป็นต้องใช้ในการทำงานของไฟล์ IRIS13

ค) IRIT13.FOR เป็นไฟล์ที่รวมรูทีนย่อยเพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณอิเล็กตรอนรวม โดยรูทีนย่อยนี้จะใช้รูทีนย่อย IRIS13 และ IRI_TEC

ง) CIRA86.FOR เป็นไฟล์ที่รวมรูทีนย่อยและฟังก์ชันที่ใช้สำหรับการหาอุณหภูมิกลาง โดย COSPAR IRI 1986

จ) IRI_TEST.OUT เป็นโปรแกรมทดสอบสำหรับรูทีนย่อย IRIT13 และ IRIS13

ฉ) IG_RZ.DAT เป็นไฟล์ที่มีดัชนีไอโอโนสเฟียร์ (Rz12, Ionospheric Index) และดัชนีสุริยะ (IG12, Solar Index) สำหรับช่วงระยะเวลาจากปี ค.ศ. 1958 ไปจนถึงอนาคตเป็นระยะเวลาหลายเดือน ซึ่งไฟล์นี้จะได้รับการปรับปรุงทุก 4 เดือน และรวมถึงค่าที่ใช้ในการทำนายสำหรับทุก 6 เดือน ณ เวลาก่อนจะถึงปัจจุบัน จะใช้รูทีนย่อย TCON ที่อยู่ในไฟล์ IRIF13.FOR ในการอ่าน โดยวันแรกที่ปรากฏบนไฟล์ก็คือวันสุดท้ายที่ได้รับการปรับปรุง

ช) CCIR%%.ASC เป็นไฟล์ที่เก็บค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ สำหรับใช้ในการแทนค่าในเลเยอร์ F2 ของโลก

ซ) URSI%%.ASC เป็นพารามิเตอร์จุดยอดของความถี่วิกฤติที่ใช้ในเลเยอร์ F2 (f0F2, M3000) โดยที่ %% คือ เดือนที่ + 10 และเป็นไฟล์ที่เก็บแบบแอสกี (Ascii)

อย่างไรก็ตาม ในงานวิจัยนี้ไม่ได้ใช้ผลการทำนายค่าพารามิเตอร์ของบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ของแบบจำลอง IRI ทั้งหมด จึงไม่จำเป็นจะต้องสั่งงานโปรแกรมแล้วเก็บค่าทุกค่าที่ได้จากแบบจำลอง การสั่งงานเฉพาะการคำนวณหาค่า TEC จากแบบจำลองได้ ก็เพียงพอแล้วที่จะนำข้อมูลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับข้อมูล TEC ที่วัดได้จริง และ/หรือ ข้อมูล TEC ที่ได้จากการทำนายจากผลการวิจัย

ค่า TEC ที่ได้จากการทำนายด้วยแบบจำลอง IRI-95 จะได้มาจากผลของการคำนวณหาค่าปริมาณอิเล็กตรอนด้านบนสุดของบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ และปริมาณอิเล็กตรอนด้านล่างสุดของบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์รวมกัน แล้วคูณด้วยค่าความหนาแน่นอิเล็กตรอนที่จุดยอดความสูงของเลเยอร์ F2 (NmF2) ซึ่งได้มาจากการคำนวณ ด้วยรูทีนย่อย IRIT13 โดยมีพารามิเตอร์อินพุต ดังต่อไปนี้

ก) ละติจูด ลองจิจูด หน่วยเป็นองศา

ข) ค่าแฟลก (Flag) ที่ใช้ในการเลือกว่าจะใช้พิกัดทางภูมิศาสตร์หรือพิกัดทางแม่เหล็กโลก

ค) ค่าแฟลก (Flag) 17 ค่า ที่ต้องใช้ในรูทีนย่อย IRIS13 ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ง) ปีและเดือนในลักษณะที่มีตัวเลขแสดงปี 4 หลัก ตามด้วยตัวเลขแสดงเดือนและวันอีกอย่างละ 2 หลัก (yyyymmdd)

จ) เวลาเป็นชั่วโมง โดยเศษส่วนของชั่วโมงให้คิดเป็นค่าทศนิยมของชั่วโมง ซึ่งสามารถเลือกได้ว่าจะใช้ค่าในระบบเวลาท้องถิ่น (LT, Local Time) หรือใช้ระบบเวลาสากล (UT, Universal Time) ก็ได้

ฉ) ช่วงความสูงเริ่มต้นและสุดท้าย ที่ใช้ในการอินทิเกรต มีหน่วยเป็น กิโลเมตร

ส่วนพารามิเตอร์เอาต์พุตที่ได้ จะมีดังต่อไปนี้

ก) ค่า TEC ในหน่วย m^{-2}

ข) ปริมาณอิเล็กตรอนด้านบนสุดของบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ โดยมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

ค) ปริมาณอิเล็กตรอนด้านล่างสุดของบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ โดยมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3.3 ค่าแฟลกที่ต้องใช้ในรูทีนย่อย IRIS13

jf(i)	พารามิเตอร์	.true.	.false.
i=1	Ne	ให้ทำการคำนวณค่า	ไม่ต้องคำนวณค่า
i=2	Te, Ti	ให้ทำการคำนวณค่า	ไม่ต้องคำนวณค่า
i=3	Ni	ให้ทำการคำนวณค่า	ไม่ต้องคำนวณค่า
i=4	BO	ให้เลือกค่าจากตาราง	ให้เลือกค่าจาก Gulyaeva (1987)
i=5	f0F2	เลือกจาก CCIR	เลือกจาก URSI
i=6	Ni	ค่ามาตรฐาน	ให้เลือกค่าจาก Danilov-Yaichnikov-Smironova
i=7	Ne	ค่าชั้นบนสุดมาตรฐาน	ค่าชั้นบนสุดจาก IRI-79
i=8	f0F2	จากแบบจำลอง	ผู้ใช้กำหนด
i=9	hmF2	จากแบบจำลอง	ผู้ใช้กำหนด
i=10	Te	ค่ามาตรฐาน	ใช้สหสัมพันธ์ระหว่าง Te/Ne
i=11	Ne	ค่าหน้าตัดมาตรฐาน	ใช้ฟังก์ชันเลย์ (Lay-Function)
i=12	message	กำหนดค่า unit=6	กำหนดค่า unit=12
i=13	f0F1	จากแบบจำลอง	ผู้ใช้กำหนด
i=14	hmF1	จากแบบจำลอง	ผู้ใช้กำหนด
i=15	foE	จากแบบจำลอง	ผู้ใช้กำหนด

ตารางที่ 3.3 (ต่อ) ค่าแฟลกที่ต้องใช้ในรูทีนย่อย IRIS13

i=16	hmE	จากแบบจำลอง	ผู้ใช้กำหนด
i=17	Rz12	จากไฟล์	ผู้ใช้กำหนด

3.8.2 การประมวลผลและสั่งงานโปรแกรม IRI-95 ด้วยภาษาฟอร์แทรนบนยูนิกซ์

ก่อนที่จะสั่งงานโปรแกรม IRI-95 ต้องพิจารณาว่า เราต้องการพารามิเตอร์เอาต์พุตเป็นอะไร ต้องกำหนดค่าพารามิเตอร์อินพุตอะไรบ้าง แล้วจึงทำการสร้างไฟล์ที่จะใช้สั่งงานโปรแกรมขึ้น จากนั้นก็ทำการบันทึก (Save) ให้เป็นลักษณะ "*.FOR" และทำการแปลโปรแกรม (Compile) ไฟล์ที่จะใช้สั่งงานนี้ ซึ่งจะได้ไฟล์ที่มีชื่อเดียวกันกับไฟล์แรก แต่จะอยู่ในรูป "*.o" เมื่อได้ไฟล์ทั้งสองมาแล้ว ก็จะต้องทำการสร้างไฟล์ที่มีลักษณะเป็นไฟล์ที่ใช้เรียกงาน (*.EXE) ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

ในการเขียนภาษาฟอร์แทรนก็จะมีลักษณะคล้ายกับโปรแกรมภาษาโดยทั่วไป คือ สามารถกำหนดส่วนที่ใช้ในการอธิบายโปรแกรมได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.27 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ส่วนที่เป็นคำอธิบายจะอยู่หลังตัวอักษร "c" หรือ "C" ที่อยู่ในคอลัมน์ (Column) แรกของบรรทัด และหลังเครื่องหมาย "!" ส่วนการกำหนดค่าตัวแปรที่เป็นแฟลกให้มีค่าเป็น ".false." ก็คือ การกำหนดค่าแฟลกที่มีทางเลือก 2 อย่าง คือ จริงหรือเท็จ หรือเทียบได้กับลอจิก (Logic) 0 กับ 1 นั่นเอง ส่วนโปรแกรมภาษาฟอร์แทรนสำหรับการสั่งงานโปรแกรม IRI-95 ที่ใช้ในงานวิจัย ได้แสดงไว้ในภาคผนวก

```
C       Test program for IRIT13 program. You can also get the F peak density and
heights
C       with the COMMON block          common/block1/hmf2, xnmf2, hmf1
           logical        jf(17)
           data  jf/17*.true/
C       select various options and choices for IRI-95
        open (unit=iuout, file='output', status='old', form='formatted')
        jf(2)=.false.               !no temperatures
           jf(3)=.false.            ! no ion composition
C       test  jf(4)=.false.         ! Gulyaeva-B0
           jf(5)=.false.            ! URSI-88 for  foF2
C       jf(12)=.false.     ! konsol output to file (unit=12)
        print*, 'mmdd'     ! show messages
        read(*,*) mmdd  ! to get mm and dd parameters
        iy=1998            ! set year
        hour=7             ! set hour in UT
C       For Chiang Mai LT=UT+7 ==> 7 LT =  0 UT +7
        jmag=0             ! use geographic longitude
        xla=18.8                    ! latitude is 18.8 degree north for Chiang Mai
```

รูปที่ 3.27 ตัวอย่างโปรแกรมสั่งงานการคำนวณหาค่า TEC ด้วยแบบจำลอง IRI-95

เมื่อได้ไฟล์โปรแกรมที่ต้องการใช้ในการรัน (Run) โปรแกรม ก็ต้องบันทึกเป็น "*.FOR" เช่น IRIT13_TEST.FOR และทำการแปลโปรแกรมที่ต้องใช้ในการรันทั้งหมด ด้วยคำสั่ง "g77" โดยใช้ "–c" เป็นตัวบอกว่าเราต้องการแปลโปรแกรม ดังแสดงในรูปที่ 3.28

```
g77  –c  IRIT13_TEST.For
g77  –c  IRIT13.For
g77  –c  IRIS13.For
g77  –c  CIRA86.For
g77  –c  IRIF13.For
```

รูปที่ 3.28 การแปลโปรแกรมที่ต้องใช้ในการรันแบบจำลอง IRI-95

เมื่อแปลโปรแกรม "*.FOR" เสร็จ ก็จะได้ไฟล์ที่มีชื่อเดียวกันแต่มีนามสกุลเป็น "*.o" ซึ่งก็คือ ไฟล์ออปเจกต์ (Object File) เหมือนกับโปรแกรมภาษาซี (C Language) นั่นเอง จากนั้น เราจะต้องนำไฟล์ออปเจกต์ที่□ด้ทั้งหมดมารวมกันเพื่อสร้างไฟล์ใหม่ที่เป็นไฟล์แบบไบนารี เพื่อใช้ในการรันโปรแกรม เหมือนกับไฟล์ที่มีนามสกุลเป็น "*.EXE" ในดอส (Dos) หรือวินโดวส์

(Windows) ซึ่งสามารถทำได้โดยการใช้คำสั่ง "g77" เช่นเดียวกับการแปลโปรแกรม แต่เปลี่ยนฟังก์ชันเป็น "–o" ดังแสดงในรูปที่ 3.29 โดยจะได้ไฟล์ไบนารีออกมาเป็น "irit13"

```
g77  IRIT13.o  IRIS13.o  IRIF13.o  CIRA86.o  IRIT13_TEST.o  –o  irit13
```

รูปที่ 3.29 การสร้างไฟล์ที่ต้องใช้ในการรันแบบจำลอง IRI-95

เมื่อได้ไฟล์ไบนารีที่ใช้ในการรันโปรแกรม (irit13) เราก็จะทำการรันโปรแกรมโดยการพิมพ์ "./irit13" หากโปรแกรมที่เขียนขึ้น (IRIT13_TEST.FOR) ถูกต้องตามหลักภาษาที่ต้องใช้ในการเขียนโปรแกรมภาษาฟอร์แทรน และทำการรวมไฟล์ออปเจกต์ทั้งหมดที่จำเป็นต้องใช้ทุกไฟล์ โปรแกรมก็จะทำงานตามที่เขียนได้อย่างถูกต้อง แต่ถ้ารวมไฟล์ออปเจกต์ที่จำเป็นต้องใช้ไม่ครบ จะเกิดข้อความผิดพลาด (Error Messages) ขึ้น ก็ต้องกลับไปทำการรวมไฟล์ออปเจกต์ใหม่ หากโปรแกรมทำงานถูกต้อง ก็จะมีข้อความขึ้นเพื่อรอรับอินพุตเป็น "mmdd" ก็หมายความว่า เราจะต้องใส่ค่าเดือนและปีเป็นเลข 2 หลักติดกัน เช่น 0113 ก็จะหมายความว่าอินพุตเป็น เดือนที่ 1 และวันที่ 13 หลังจากใส่ตัวเลขทั้งสี่หลักครบแล้ว ก็จะมีผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง IRI-95 แสดงบนหน้าจอ ดังรูปที่ 3.30

```
tec@pc2-cmu[] ./irit13
mmdd
0113
hour (LT),  TEC/m-2
***  IRI parameters are being calculated ***
Ne, foF2: URSI model is used.
7.   1.28859592E+17
7.5  1.66368427E+17
8.   2.08686723E+17
8.5  2.44536832E+17
9.   2.70990395E+17
```

รูปที่ 3.30 ตัวอย่างผลการรันโปรแกรม irit13_test

เมื่อโปรแกรมรันเสร็จ ก็จะมีไฟล์ "output.iri" ซึ่งเป็นไฟล์ที่เก็บข้อมูล TEC ที่ได้จากการรันแบบจำลอง IRI-95 ในวัน เดือน ปี ที่กำหนด โดยรูปแบบการเก็บจะเป็นไฟล์แบบแอสกี

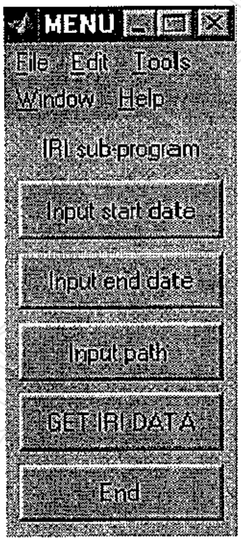
และเมื่อทำการรันครั้งต่อไป เอาต์พุตที่ได้ก็จะถูกบันทึกทับที่ไฟล์นี้ ดังนั้น จึงต้องทำการคัดลอกไฟล์ "output.iri" ไปเป็นไฟล์อื่น ดังรูปที่ 3.31

tec@pc2-cmu[]	cp	output.iri

รูปที่ 3.31 การคัดลอกไฟล์ output.iri

3.8.3 การวิเคราะห์ข้อมูล TEC ด้วยแบบจำลอง IRI-95 ด้วยโปรแกรม MATLAB

โปรแกรม MATLAB ที่ใช้ในรับค่า TEC ที่ทำนายโดยการใช้แบบจำลอง IRI-95 จากแฟ้มข้อมูล คือ โปรแกรม "calliri.m" ดังแสดงในภาคผนวก ซึ่งสามารถเรียกใช้ได้จากการพิมพ์ "calliri" ลงในพื้นที่การทำงานของ MATLAB หรือจะเรียกใช้จากเมนูหลัก "main.m" ก็ได้ เมื่อรันโปรแกรม calliri.m จะมีเมนูปรากฏดังแสดงในรูปที่ 3.32



รูปที่ 3.32 เมนูฟังก์ชันการวิเคราะห์ข้อมูล TEC ด้วยแบบจำลอง IRI-95

การใช้ปุ่มฟังก์ชันต่างๆ ในรูปที่ 3.32 จะเหมือนกับการเรียกใช้ปุ่มฟังก์ชันในการรับข้อมูล TEC และค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกจากแฟ้มข้อมูล

ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูล TEC ด้วยแบบจำลอง IRI-95 จะสามารถทำได้โดยการเลือกปุ่มฟังก์ชัน "Plot data" จากเมนูหลัก เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล TEC ที่ได้จากการทดลองและนำมาเปรียบเทียบกับค่า TEC ที่ได้จากการทำนายด้วยแบบจำลอง IRI-95 และสามารถหาค่า

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ได้จากการเลือกปุ่มฟังก์ชัน “Correlation” จากเมนูหลัก ซึ่งจะมีคำอธิบายแสดงที่หน้าต่างพื้นที่การทำงานของ MATLAB เพื่อแนะนำการใช้ฟังก์ชันนี้

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University