

บทที่ 3

การวิเคราะห์ข้อมูลซินทิลเลชันเนื่องจากบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์

3.1 ระบบสังเกตปรากฏการณ์ซินทิลเลชันเนื่องจากบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์

ระบบสังเกตปรากฏการณ์ซินทิลเลชันเนื่องจากบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ ที่ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเชียงใหม่ แสดงเป็นแผนภาพบล็อกดังรูปที่ 3.1 ระบบสังเกตรับสัญญาณความถี่ 1.7 GHz จากดาวเทียม GMS และสัญญาณ L1 ความถี่ 1.6 GHz จากดาวเทียม GPS ผ่านมายังระบบย่อยรับ (Receiving Subsystem) และระบบย่อยประมวลผลข้อมูล (Data Processing Subsystem)

ก) ระบบย่อยรับ

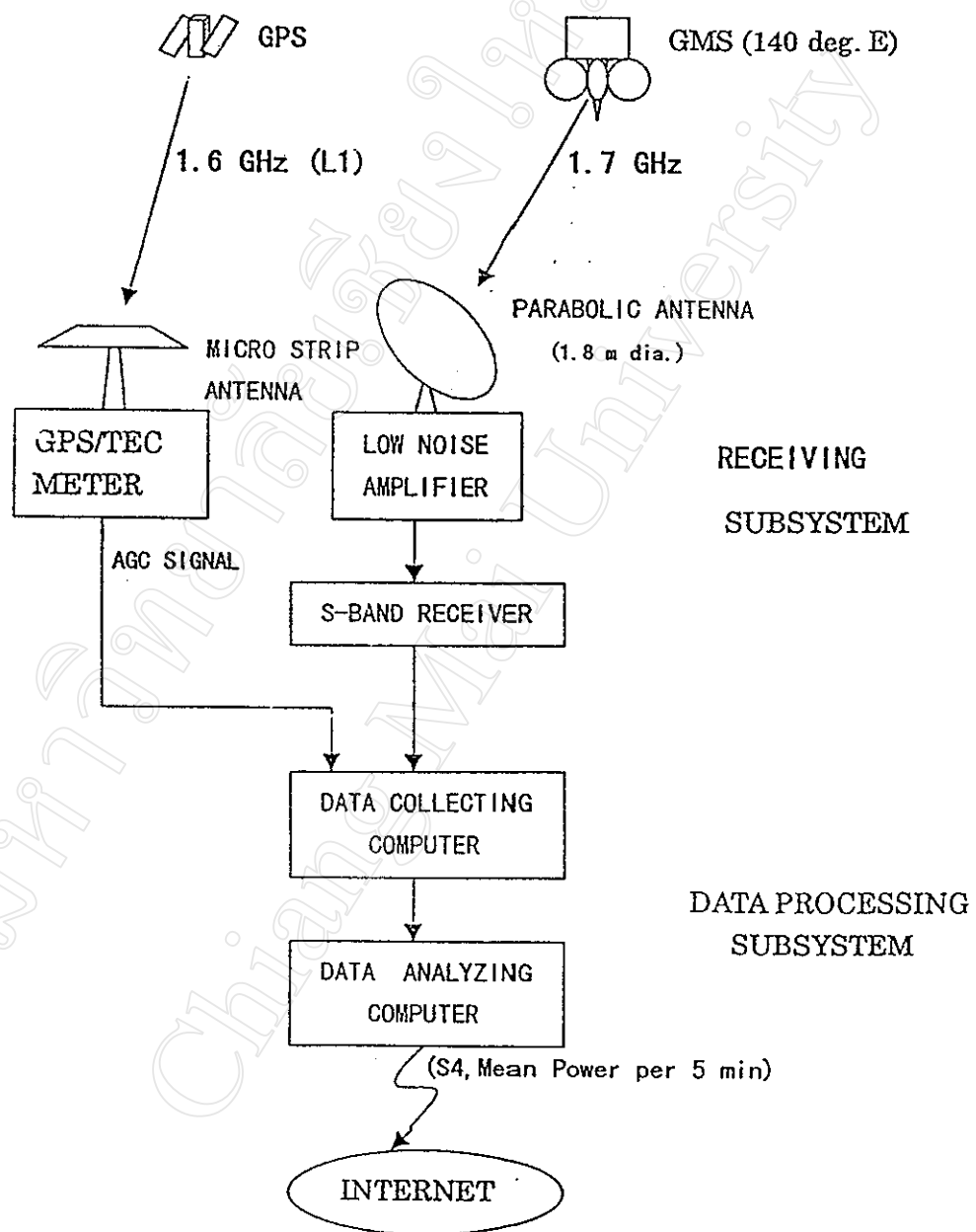
การรับสัญญาณจากดาวเทียม GMS รับด้วยสายอากาศแบบพาราโบลา (Parabolic Antenna) เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.8 เมตร นำมาขยายสัญญาณด้วยตัวขยายสัญญาณรบกวนต่ำ แล้วจึงส่งให้กับเครื่องรับย่านเอส (S-band Receiver) ซึ่งส่งสัญญาณแรงดันกระแสตรงให้กับระบบย่อยในการประมวลผลข้อมูล ส่วนการรับสัญญาณจากดาวเทียม GPS รับด้วยสายอากาศไมโครสตริป (Micro Strip Antenna) แล้วส่งให้กับเครื่อง TEC-Meter ซึ่งส่งสัญญาณควบคุมอัตราขยายอัตโนมัติให้กับระบบย่อยประมวลผลข้อมูล

ข) ระบบย่อยประมวลผลข้อมูล ดังรูปที่ 3.2

ระบบย่อยประมวลผลข้อมูล ประกอบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล 2 เครื่อง แบ่งเป็นเครื่องรวบรวมข้อมูล (Data Collecting Computer) ใช้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 98 (Windows 98) และเครื่องวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analyzing Computer) ใช้ระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux) เครื่องรวบรวมข้อมูลทำหน้าที่ซัดตัวอย่าง (Sampling) ด้วยความถี่ 50 Hz เป็นค่าระดับแรงดัน แล้วส่งไปยังเครื่องวิเคราะห์ข้อมูล เครื่องวิเคราะห์ข้อมูลทำการบวกรวมการบวกรวมการคั้งนี้

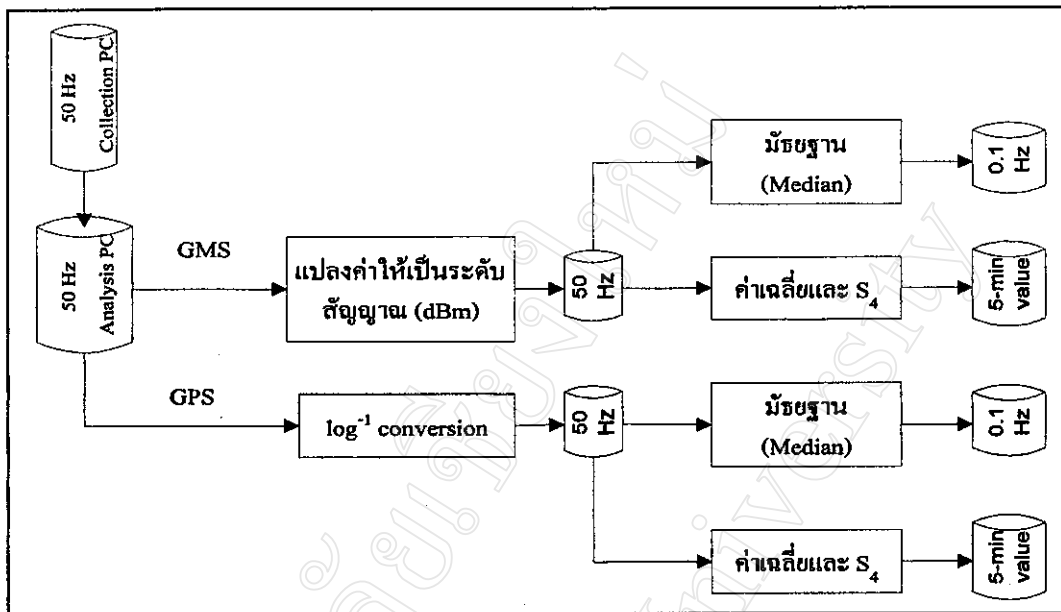
- กระบวนการแรก คือ การเปลี่ยนค่าระดับแรงดันให้เป็นค่าทางกายภาพ สำหรับข้อมูลจาก GMS เครื่องวิเคราะห์จะเปลี่ยนระดับแรงดันให้เป็นความเข้มของสัญญาณดาวเทียม ข้อมูลจาก GPS เปลี่ยนโดยใช้การแปลงแบบแอนติล็อก ($\log^{-1}$ Conversion) ในกระบวนการนี้ข้อมูลเป็นข้อมูลซัดตัวอย่าง ความถี่ 50 Hz

- กระบวนการที่สอง คือ การนำข้อมูลที่ได้จากกระบวนการแรก ไปหาค่ามัธยฐาน ในช่วงเวลา 10 วินาที ค่าเฉลี่ยในช่วงเวลา 5 นาที และดัชนี S_4 ในช่วงเวลา 5 นาที แล้วบันทึกข้อมูลลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ และส่งผ่านอินเทอร์เน็ตไปยังระบบฐานข้อมูลของประเทศญี่ปุ่น



รูปที่ 3.1 ระบบสังเกตปรากฏการณ์ซินทิลเลชันเนื่องจากบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์

ที่มา : User Manual for Scintillation Analysis System (2000)



รูปที่ 3.2 ระบบย่อยประมวลผลข้อมูล

ที่มา : User Manual for Scintillation Analysis System (2000)

3.2 รูปแบบการบันทึกข้อมูลชนิดเลขฐาน

การบันทึกข้อมูล 50 Hz จะเก็บที่เครื่องวิเคราะห์ข้อมูล โดยบันทึกเป็นไฟล์แบบไบนารี (Binary File) ทุก 15 นาที โดยบันทึกวัน เดือน ปี เวลา และความเข้มสัญญาณ อ่านได้ด้วยคำสั่ง `scin_raw_read` ซึ่งเป็นคำสั่งที่อยู่ในเครื่องที่ `/home/scin/bin/` เรียกใช้คำสั่งดังนี้

```
scin_raw_read data-type start-date end-date [output file]
data-type : 0 = GMS/1.694 GHz
            1 = GPS/1.575 GHz
start-date : YYYYMMDDHHMMSS <YYYY/MM/DD HH:MM:SS> [UT]
end-date   : YYYYMMDDHHMMSS <YYYY/MM/DD HH:MM:SS> [UT]
            (start-date ≤ end-date)
output file : blank is "stdout"
```

ตัวอย่าง `scin_raw_read 0 20000208102000 20000208114000 result.out`

แต่ควรกำหนดช่วงเวลาที่ต้องการอ่านข้อมูลน้อยๆ เพราะข้อมูลมีขนาดใหญ่อาจทำให้ฮาร์ดดิสก์เต็มได้

ข้อมูลค่ามัธยฐาน ค่าเฉลี่ยและ S_4 จะเก็บไว้เป็นไฟล์นามสกุล *.sti เป็นข้อมูลของ GMS และ *.orb เป็นข้อมูลของ GPS ที่ /data/SCINDB/data/ เป็นไฟล์แบบไบนารี สามารถอ่านข้อมูลแบบแอสกีได้ที่ <http://ionet-us.crl.go.jp/scin/index.html>

3.3 รูปแบบการบันทึกข้อมูล TEC

รูปแบบการบันทึกข้อมูล TEC จะเป็นแบบไฟล์ไบนารี ซึ่งสามารถอ่านได้ด้วยการกำหนดให้โปรแกรมภาษาอ่านแบบไบนารี โดยวิธีการกำหนดขึ้นกับหลักภาษาของแต่ละโปรแกรม ในงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม MATLAB ในการวิเคราะห์ข้อมูล ฟังก์ชันที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการอ่านข้อมูล TEC จึงใช้ได้กับโปรแกรม MATLAB เท่านั้น อย่างไรก็ตาม เนื่องจากรูปแบบการบันทึกข้อมูล TEC แบบไบนารีนี้ มีอยู่ในโปรแกรมภาษาซี (C-Language) บนยูนิกซ์ โดยโปรแกรม writeDateBinary.c ซึ่งเป็นฟังก์ชันหนึ่งที่ใช้ในโปรแกรมการทดลอง แสดงได้ดังนี้ (ที่มา : Sakanashi, 1999)

```
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 write Date Binary() */
```

โปรแกรมการกำหนดชนิดของตัวแปร แสดงดังนี้ (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;
} TempData_t;

```

จากฟังก์ชัน writeDataBinary และโปรแกรมการกำหนดชนิดของตัวแปร จะเห็นว่าตัวแปรที่ถูกบันทึกลงในไฟล์ข้อมูลทั้งหมด 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 (Azimuth)
- ช) el คือ ค่ามุมเงย (Elevation)
- ซ) dop คือ ค่าความถี่คอปเปเลอร์
- ฌ) v1 และ 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 แบบคือแบบที่ใช้กับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลทั่วไป และแบบที่ใช้กับคอมพิวเตอร์ที่เป็นระบบยูนิกซ์ (UNIX System) ซึ่งลักษณะการเก็บข้อมูลในแบบเครื่องชั้น (Sun Format) และยูนิกซ์ จะต้องมีการสลับที่ระหว่างไบต์ส่วนหัว (Head Byte) กับไบต์ส่วนหาง (Tail Byte) ก่อนจึงจะอ่านค่าได้ คือข้อมูล 1 ค่าจะเก็บด้วยหน่วยความจำขนาด 2 ไบต์ โดยสามารถแยกเป็นไบต์ส่วนหัวและไบต์ส่วนหาง ได้อย่างละ 1 ไบต์ ส่วนฟังก์ชันที่ใช้ในการสลับที่ไบต์ส่วนหัวและไบต์ส่วนหาง ซึ่งเป็นโปรแกรมภาษาซีบนยูนิกซ์ แสดงดังนี้ (ที่มา : Sakanashi, 1999)

```

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

```

การนำข้อมูล TEC มาใช้ ต้องทำการเปลี่ยนข้อมูล TEC ที่บันทึกไว้ในไฟล์ที่มีนามสกุลเป็น .dat ให้เป็นค่า TEC ในแนวดิ่งเสียก่อน โดยใช้ฟังก์ชันการย้าย ดังสมการ (4) ในหัวข้อ 2.5

นอกจากการเปลี่ยนค่า TEC ให้อยู่ในแนวดิ่ง การตัดข้อมูล TEC ที่มีความไม่น่าเชื่อถือออกก็เป็นสิ่งจำเป็น โดยหลักเกณฑ์ในการตัดสินใจว่าข้อมูลมีความเชื่อถือมากน้อยเพียงใดมีดังนี้

ก) จำนวนข้อมูลที่วัดได้ภายใน 1 นาที ควรมีค่ามากพอ เนื่องจากเครื่องวัดทำการวัดทุกๆ 2 วินาที หากเครื่องวัดไม่สามารถวัดปริมาณ TEC ได้จะมีข้อความ “Doppler shift” แสดงที่หน้าจอของเครื่อง TEC-Meter และจำนวนที่วัดได้ควรจะมีอย่างน้อย 10 ข้อมูลภายในเวลา 1 นาที

ข) มุมเงยเมื่อวัดจากตำแหน่งที่ทำการวัดไปยังดาวเทียม GPS ควรจะมีค่ามากๆ หากมุมเงยมีค่ามากเท่าไร จะทำให้ระยะทางจากตำแหน่งที่วัดไปยังดาวเทียมสั้นลง การรบกวนเนื่องจากระยะทางก็จะน้อยลง และทำให้แนวทางการแพร่กระจายคลื่นอยู่ในแนวดิ่งมากขึ้น โดยปกติมุมเงยไม่ควรน้อยกว่า 30 องศา

ค) ระดับแรงดันในเครื่อง TEC-Meter ที่ใช้ในการคำนวณค่าเวลาหน่วง เพื่อนำไปใช้ในการหาปริมาณ TEC ควรมีค่ามากพอ คือประมาณ 500 โวลต์ขึ้นไป ถ้าระดับแรงดันมีค่ามาก ความน่าเชื่อถือของข้อมูลก็จะมีมาก

ง) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล TEC ไม่ควรมีค่ามากกว่า 100 เนื่องจากค่านี้หาได้จากการวัดการกระจายของข้อมูล TEC ในข้อ ก) หากข้อมูลมีการกระจายมาก เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยก็จะทำให้เกิดความผิดพลาดได้มาก

3.4 รูปแบบการบันทึกข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลก

เช่นเดียวกับการบันทึกข้อมูล TEC ในการอ่านข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกบนระบบยูนิกซ์ ต้องทำการสลับที่ไบต์ส่วนหัว และส่วนหางก่อน โดยอาศัยฟังก์ชันที่กล่าวไปแล้วในหัวข้อ 3.2 ส่วนโปรแกรมภาษาซีบนยูนิกซ์ ที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกคือ writeDateBinary.c ที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกแบบไบนารี แสดงดังนี้ (ที่มา : Sakanashi, 1999)

```

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 == sdate -> year &&
        date -> mon == sdate -> mon &&
        date -> day == sdate -> day) {
        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+1] = (short) (z[i]/(float)50/3.75000E-04);
            org[num*4+2] = (short) (d[i]/(float)50/3.75000E-04);
            org[num*4+3] = (short) (a[i]/(float)50/3.75000E-04);
        }
    }
    fwrite(org, sizeof(short), 4*num, fp);
    return(C);
} /*end of writeDateBinary()*/

```

จากฟังก์ชันนี้ สามารถนำไปเป็นแนวทางการอ่านข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกได้ แต่ต้องแก้ไขบางส่วน คือในบรรทัดที่มีค่า 3.7500E-04 ต้องแก้ไขเลขจำนวนนี้ เนื่องจากในฟังก์ชัน writeDateBinary.c ที่ได้จากการทดลอง โดยบันทึกค่าไว้ในไฟล์ที่บันทึกในรูปแบบ *.hdr ซึ่งเป็นไฟล์ที่อธิบายค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ได้ และที่ใช้ในการทดลองคู่กับไฟล์ข้อมูลของสนามแม่เหล็กโลก *.dat ดังนั้น ข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้ในไฟล์ *.dat จึงมีเพียงข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแต่ละแนวแกน และค่าการควบคุมอัตราขยายอัตโนมัติ (Automatic Gain Control) เท่านั้น โดยตัวแปร h หมายถึงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอน d หมายถึง ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวเอียง z หมายถึง ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในแนวตั้ง และ a คือ ค่าควบคุมอัตราขยายอัตโนมัติ

นอกจากการอ่านข้อมูลแบบไบนารีแล้ว ยังสามารถอ่านข้อมูลแบบแอสกีได้ โดยหาได้จากอินเทอร์เน็ตที่ http://ionet-us.crl.go.jp/partners_eng.html

3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ซินทิลเลชันและ TEC

ในงานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลจากดาวเทียม GPS โดยนำข้อมูลกำลังสัญญาณของดาวเทียม GPS เฉลี่ยในช่วงเวลา 5 นาที และดัชนี S_4 ในช่วงเวลา 5 นาที และ TEC

การนำข้อมูล TEC มาใช้ในงานวิจัยนี้ ไม่ได้นำมาใช้โดยตรงเนื่องจากปริมาณ TEC ที่ได้ไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกับค่าการเปลี่ยนแปลงของ S_4 ได้ แต่นำมาหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของ TEC (Rate of Change of TEC) [Basu et al, 1999] [Wang et al., 2001] ดังสมการที่ (10)

$$ROT_k = \frac{TEC(t_k) - TEC(t_{k-1})}{t_k - t_{k-1}} \quad (10)$$

เมื่อ ROT_k คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของ TEC ที่เวลา t_k [min] [TECU/min]

$TEC(t_k)$ คือ ปริมาณอิเล็กตรอนรวมที่เวลา t_k [TECU]

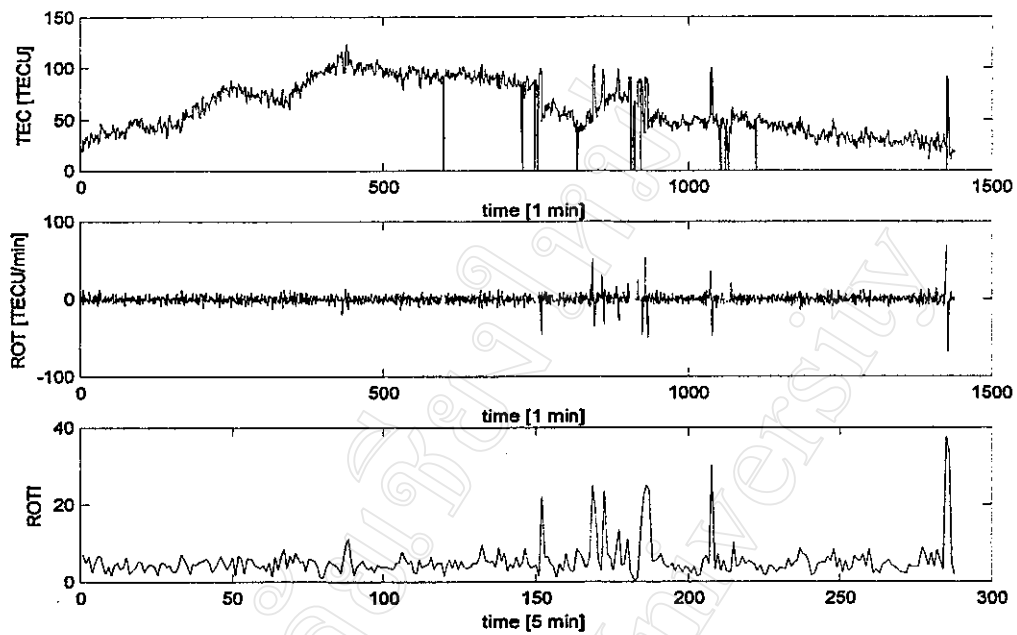
$TEC(t_{k-1})$ คือ ปริมาณอิเล็กตรอนรวมที่เวลา t_{k-1} [TECU]

เมื่อหา ROT ได้แล้ว นำไปคำนวณหาดัชนีอัตราการเปลี่ยนแปลงของ TEC (Rate of Change of TEC Index) หรือเรียกว่า ROTI [Basu et al, 1999] คือความเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ROT ในงานวิจัยนี้คำนวณหา ROT ในช่วงเวลา 1 นาที แล้วจึงนำมาคำนวณหา ROTI ในช่วงเวลา 5 นาที ดังสมการที่ (11)

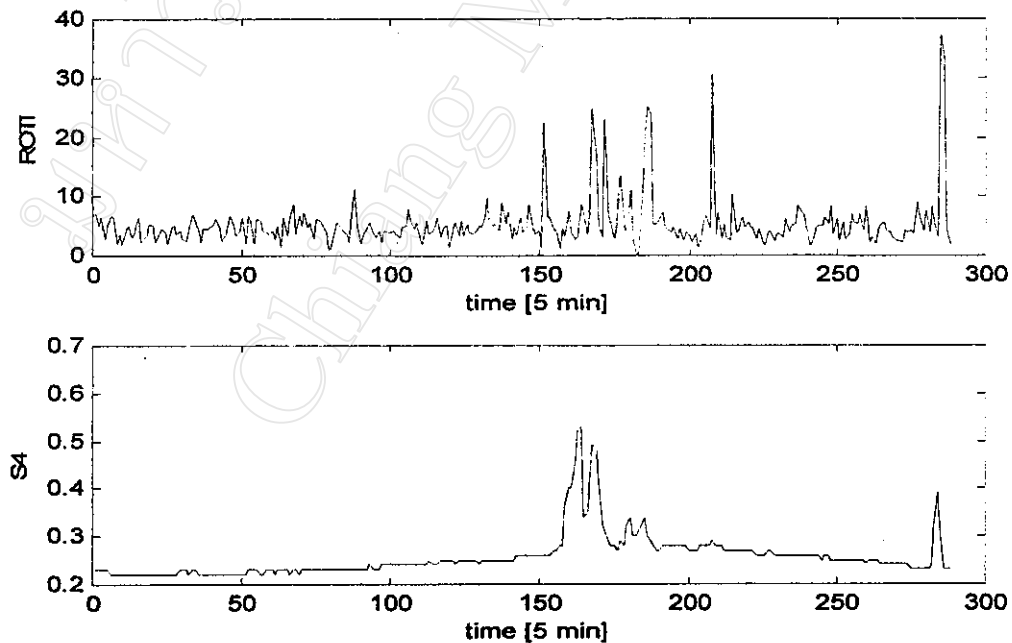
$$ROTI = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (ROT_i - \overline{ROT})^2}{(n-1)}} \quad (11)$$

เมื่อ n คือจำนวนข้อมูล ROT ในช่วงเวลา 5 นาที และ $n > 1$

ตัวอย่างวันที่ 5 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2543 ดังรูปที่ 3.2 นำมาเปรียบเทียบกับ S_4 ว่ามีความสอดคล้องกันมากน้อยเพียงใด ดังรูปที่ 3.3

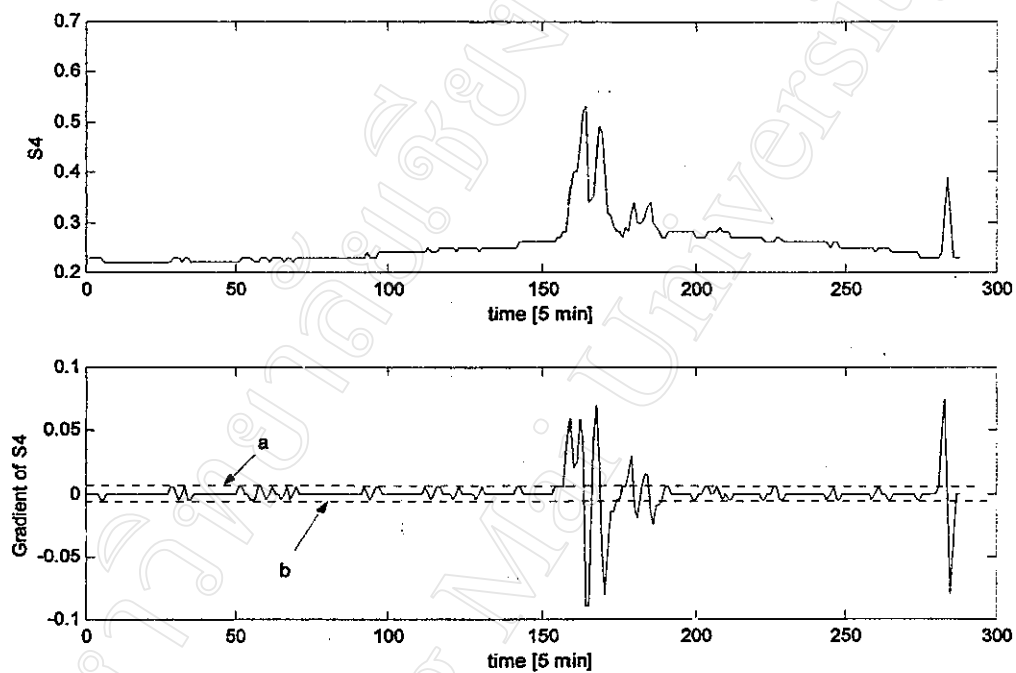


รูปที่ 3.3 ปริมาณอิเล็กตรอนรวม (TEC) อัตราการเปลี่ยนแปลง TEC (ROT) และดัชนีอัตราการเปลี่ยนแปลงของ TEC (ROTI) ในวันที่ 5 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2543



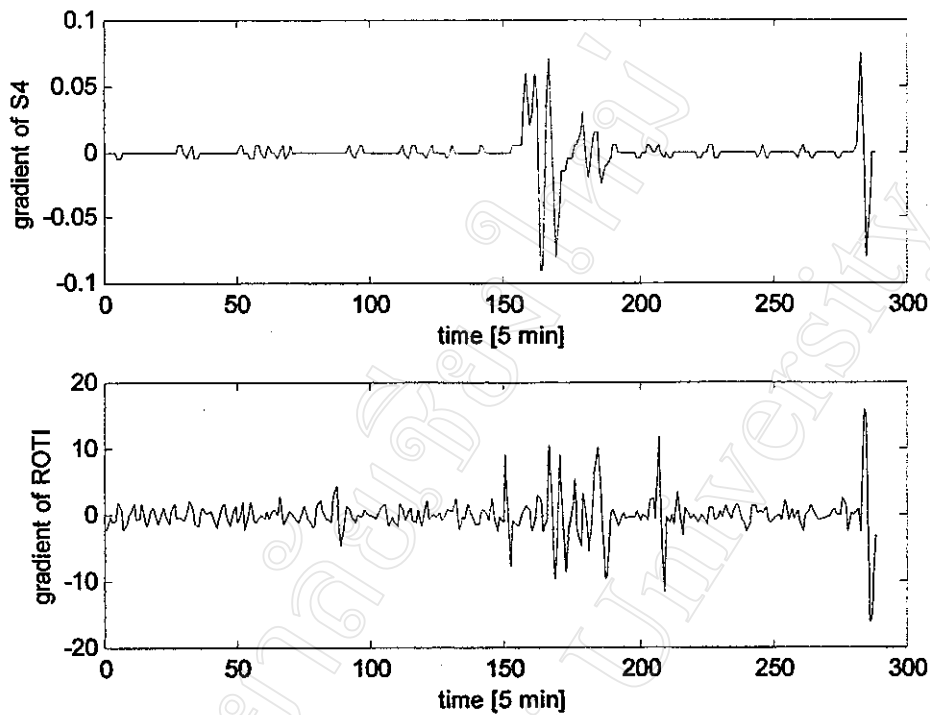
รูปที่ 3.4 การเปรียบเทียบดัชนีอัตราการเปลี่ยนแปลงของ TEC กับดัชนีชั้นทิลเลขัน S₄ ในวันที่ 5 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2543

จากรูปที่ 3.4 จะเห็นว่า ROTI และ S_4 มีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน ดังนั้นจึงคำนวณค่าเกรเดียนต์ของ S_4 (คือทิศทางและขนาดของการเปลี่ยนแปลงของ S_4) จึงหาช่วงเวลาที่สัญญาณเริ่มกระเพื่อมและหยุดกระเพื่อมได้ เมื่อค่าเกรเดียนต์ของ S_4 มีค่าเป็นศูนย์ แสดงว่า S_4 มีค่าคงที่ ดังรูปที่ 3.5 จากนั้นจึงนำค่าเกรเดียนต์ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าเกรเดียนต์ของ ROTI (คือทิศทางและขนาดของการเปลี่ยนแปลงของ ROTI)



รูปที่ 3.5 คำนวณ S_4 และเกรเดียนต์ของ S_4

จากรูปที่ 3.5 นำค่าเกรเดียนต์ของ S_4 มาหาค่าที่มากกว่า 0 ที่มีค่าน้อยที่สุด เรียกว่า a และนำค่าเกรเดียนต์ของ S_4 มาหาค่าน้อยกว่า 0 ที่มีค่ามากที่สุด เรียกว่า b (ระยะจาก b ถึง a คือการกระเพื่อมที่น้อยที่สุด) จากนั้น นำค่าทั้งสองนี้ ไปเป็นค่าทดสอบหาช่วงเวลาที่จะตัดออก โดยตัด ณ ช่วงเวลาที่ค่าเกรเดียนต์ของ S_4 ด้านที่มีค่ามากกว่า 0 น้อยกว่าหรือเท่ากับ a ออกและตัดช่วงเวลาที่ค่าน้อยกว่า 0 ที่มากกว่าหรือเท่ากับ b ออก แล้วนำเกรเดียนต์ S_4 ในช่วงเวลาที่เหลือจากการตัดนี้ ไปเปรียบเทียบกับเกรเดียนต์ของ ROTI ในช่วงเวลาเดียวกัน ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 เกรเดียนต์ของ ROTI และ S_4

วัดความสัมพันธ์ระหว่างค่าเกรเดียนต์ของ S_4 กับ ค่าเกรเดียนต์ของ ROTI ในเวลาที่กำหนด โดยคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน ดังสมการที่ (12) [ชูศรี วงศ์รัตนะ, 2544]

$$r_{xy} = \frac{N \sum_{i=1}^N X_i Y_i - \sum_{i=1}^N X_i \sum_{i=1}^N Y_i}{\sqrt{\left[N \sum_{i=1}^N X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^N X_i \right)^2 \right] \left[N \sum_{i=1}^N Y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^N Y_i \right)^2 \right]}} \quad (12)$$

เมื่อ r_{xy} คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน

N คือ จำนวนข้อมูลในช่วงเวลาที่กำหนด

X คือ เกรเดียนต์ของ S_4

Y คือ เกรเดียนต์ของ ROTI

ผู้วิจัยแบ่งระดับความสัมพันธ์ของค่าเกรดเดียนต์ของ S_4 และค่าเกรดเดียนต์ของ ROTI เป็น 2 ระดับ โดยพิจารณาเพียงขนาดของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันเท่านั้น ถ้าขนาดมากกว่า 0.3 คือ มีความสัมพันธ์กัน และน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.3 ถือว่าไม่สัมพันธ์กัน

3.6 หลักการตัดข้อมูลซินทิลเลชันที่มีความเชื่อถือต่ำออก

ความสัมพันธ์ของ TEC และ S_4 ในหัวข้อ 3.5 เป็นแนวทางให้ผู้วิจัย นำมาตัดข้อมูลซินทิลเลชันที่มีความเชื่อถือต่ำออก โดยใช้หลักการตัดดังนี้

ก) คำนวณค่าเกรดเดียนต์ของ S_4 เพื่อทราบขนาด และทิศทางของการเปลี่ยนแปลงค่า S_4 ถ้าค่าเกรดเดียนต์ของ $S_4 = 0$ คือ ค่า S_4 คงที่ ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.5

ข) หากค่าเกรดเดียนต์ของ S_4 ที่มีค่ามากกว่า 0 ที่น้อยที่สุด และหากค่าเกรดเดียนต์ของ S_4 ที่มีค่าน้อยกว่า 0 ที่มากที่สุด

ค) นำค่าที่ได้จาก ข) ไปเปรียบเทียบกับค่าอื่นๆ โดยนำค่าเกรดเดียนต์ของ S_4 ที่มีค่ามากกว่า 0 ที่น้อยที่สุด เปรียบเทียบกับเกรดเดียนต์ของ S_4 ที่มากกว่า 0 ถ้าค่าใดน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าเกรดเดียนต์ที่มากกว่า 0 น้อยที่สุด ตัดทิ้ง และนำค่าเกรดเดียนต์ของ S_4 ที่มีค่าน้อยกว่า 0 ที่มากที่สุดไปเปรียบเทียบกับค่าเกรดเดียนต์ของ S_4 ถ้าค่าใดมากกว่าหรือเท่ากับค่าเกรดเดียนต์ที่น้อยกว่า 0 มากที่สุด ตัดทิ้ง

ขั้นตอนนี้ เป็นการตัดข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงของ S_4 น้อยที่สุดออก โดยผู้วิจัย กำหนดให้เป็นการเปลี่ยนแปลงที่ปกติ

ง) นำข้อมูลที่ได้จาก ค) มาตรวจจับการแกว่งของสัญญาณ โดยใช้หลักการพิจารณาว่า ถ้ามีการแกว่งต่ำกว่า 3 ครั้ง ในระยะเวลาที่อยู่ติดกัน ไม่ใช่ซินทิลเลชัน จะตัดข้อมูลช่วงนี้ทิ้ง [Davies, 1990]

จ) นำข้อมูลที่ได้จาก (ง) มาเปรียบเทียบกับค่าเกรดเดียนต์ของ ROTI ในช่วงเวลาเดียวกัน เพื่อตรวจสอบว่ามีการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาเดียวกันหรือไม่ [Basu et al., 1999] [Wang et al., 2001] โดยคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันดังสมการที่ (12) ถ้าค่าสัมประสิทธิ์ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.3 แสดงว่าระดับความสัมพันธ์ระหว่างเกรดเดียนต์ของ S_4 และเกรดเดียนต์ของ ROTI ต่ำ [บุญธรรม กิจปรีดาวิสุทธิ, 2543] ตัดข้อมูลในช่วงนี้ทิ้ง