บทที่ ๔
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในส่วนนี้จะนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลของแต่ละขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้ตามหัวข้อดังนี้

๑. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

๒. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

๓. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

๑. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการกำหนดสัญลักษณ์ในการแทนคำและหน่วยเสียงที่จะนำมารู้จำ โดยสัญลักษณ์ในการแทนคำจะนำไปใช้ในการแสดงผลเพื่อให้ทราบว่าเป็นคำใด ส่วนสัญลักษณ์ในการแทนหน่วยเสียงจะนำไปใช้ในขั้นตอนการสร้างแบบจำลองฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลของหน่วยเสียง ซึ่งในการกำหนดสัญลักษณ์ จะต้องทำการกำหนดเสียงของเสียงเงียบที่เป็นเสียงในการเริ่มต้นและจบการออกเสียงในแต่ละคำด้วย ซึ่งสัญลักษณ์ที่กำหนดแสดงในตารางที่ ๔

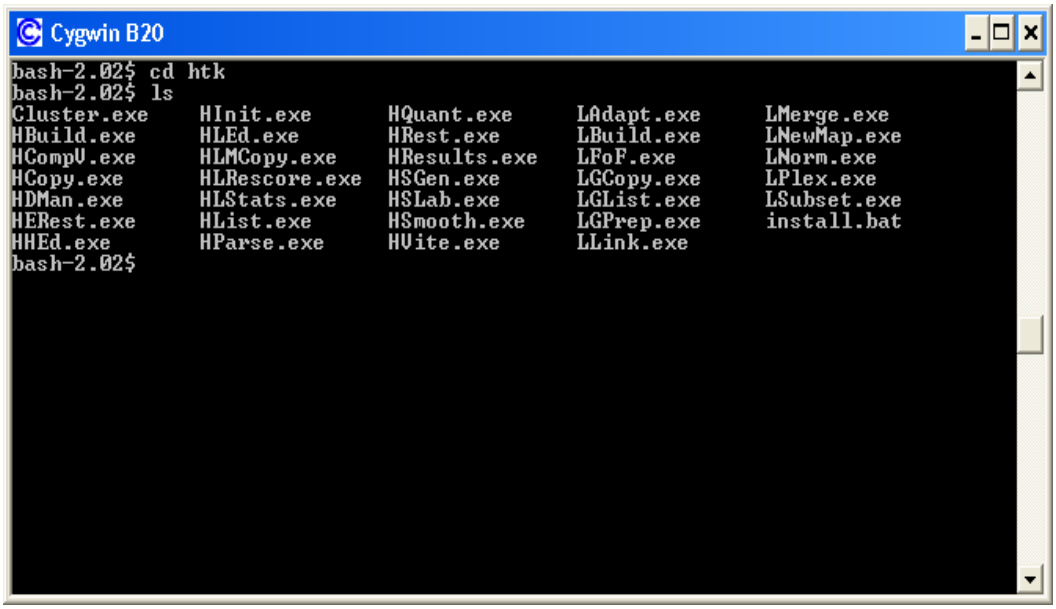
ตารางที่ ๙ สัญลักษณ์ที่ใช้ในการแทนคำที่นำมารู้จำเสียง

คำที่	คำที่ต้องการ	สัญลักษณ์ที่ใช้แทน
๑	บ้าน	baan2
๒	ผัก	phak1
๓	เต่า	taw1
๔	ถุง	thung4
๕	ปู	puu
๖	ฝุ่น	fun1
๗	เด็ก	dek1
๘	หีบ	hiip1
๙	แมว	mxxw
๑๐	นก	nok3
๑๑	แหวน	wxxn4
๑๒	เสือ	svva4
๑๓	ช้าง	chaang3
๑๔	จาน	can
๑๕	กุ้ง	kung2
๑๖	คน	khon
๑๗	ลิง	ling
๑๘	เรือ	rvva
๑๙	หญิง	jung
๒๐	เงาะ	ng@3
๒๑	อ่าง	zaang1
๒๒	เสียงเงียบเริ่มต้นคำ	SENT-START
๒๓	เสียงเงียบจบคำ	SENT-END

๒. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

๒.๑ ศึกษาวิธีการนำแบบจำลองฮิดเดนมาร์คอฟในการรู้จำเสียง

ทำการศึกษาการสร้างตัวต้นแบบการรู้จำพยัญชนะต้นภาษาไทย จากข้อมูลแนะนำการนำโปรแกรม HTK toolkit มาใช้ในการรู้จำเสียงภาษาไทย [๑๐] ซึ่งในงานนี้จะใช้โปรแกรม HTK toolkit [๙] เวอร์ชั่น ๓.๓ ซึ่งเป็นโปรแกรมที่มีการนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองฮิดเดนมาร์คอฟในการรู้จำเสียง ที่เป็นโปรแกรมประเภท freeware สามารถ download มาใช้งานได้ การเรียกคำสั่งและการใช้งานของโปรแกรมจะเป็นลักษณะของ command line ดังภาพที่ ๖



ภาพที่ ๖ โปรแกรม HTK toolkit

๒.๒ ออกแบบและสร้างรายการคำที่ใช้ในการออกเสียงคำโดด

เลือกใช้คำที่อยู่ในแบบเรียนภาษาไทยซึ่งใช้ในระดับประถมศึกษาปีที่ ๑ ของกระทรวงศึกษาธิการซึ่งเลือกเฉพาะคำที่มีลักษณะเป็นคำโดด เป็นคำที่สามารถใช้ภาพในการสื่อความหมายได้ และเป็นคำที่สามารถพบได้ในชีวิตประจำวัน โดยจะเลือกคำที่ใช้เป็นตัวแทนของเสียงพยัญชนะต้นภาษาไทยจำนวน ๒๑ หน่วยเสียงตามระบบเสียงพยัญชนะต้น เพื่อนำรายการคำดังกล่าวไปใช้ในขั้นตอนการสอนและการทดสอบการออกเสียง ซึ่งรายการคำที่ใช้ในการวิจัยแสดงได้ดังตารางที่ ๑๐

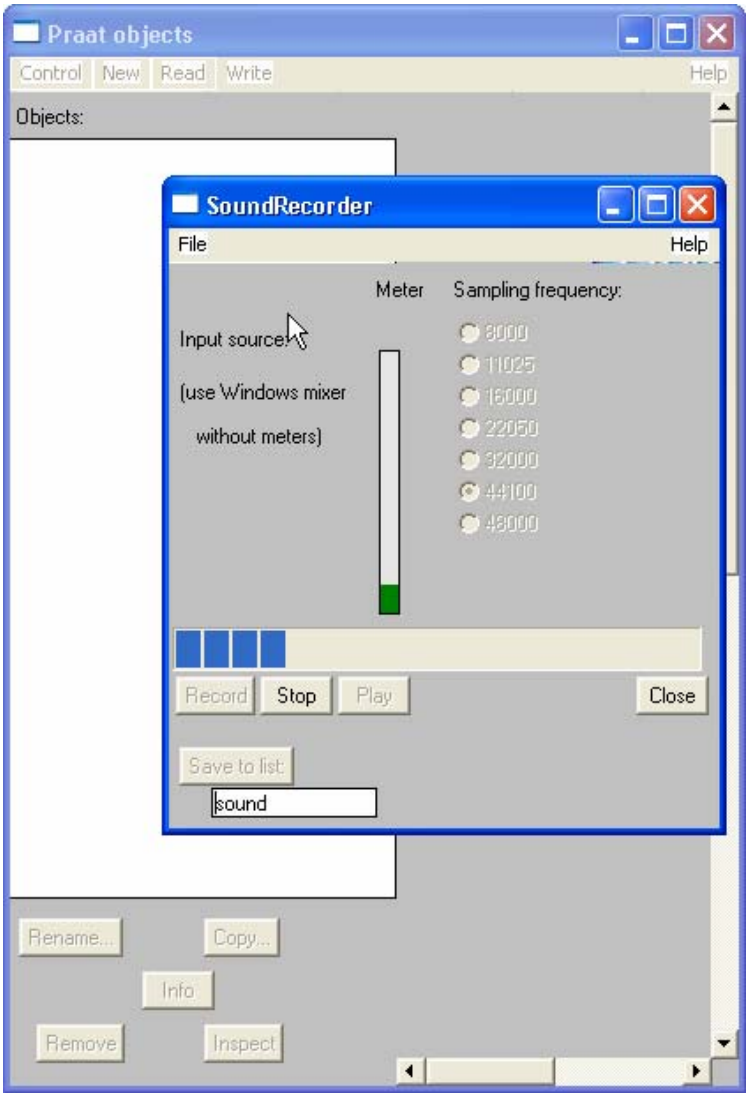
ตารางที่ ๑๐ รายการคำที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเสียง

หน่วยเสียงที่	สัญลักษณ์เสียง	พยัญชนะในกลุ่ม	คำที่ใช้ในการรู้จำ
๑	/b/	บ	บ้าน
๒	/ph/	พ ผ ภ	ผัก
๓	/t/	ต ฏ	เต่า
๔	/ph/	พ ผ ภ	ถุง
๕	/w/	ว	ปู
๖	/f/	ฟ ฝ	ฝุ่น
๗	/d/	ด ฎ	เด็ก
๘	/h/	ฮ ห	หีบ
๙	/m/	ม	แมว
๑๐	/n/	น ณ	นก
๑๑	/w/	ว	แหวน
๑๒	/s/	ส ซ ศ ษ	เสือ
๑๓	/ch/	ช ฌ ฉ	ช้าง
๑๔	/c/	จ	จาน
๑๕	/k/	ก	กุ้ง
๑๖	/kh/	ข ฃ ค ฅ ฆ	คน
๑๗	/l/	ล ฬ	ลิง
๑๘	/r/	ร	เรือ
๑๙	/j/	ญ ย	หญิง
๒๐	/ng/	ง	เงาะ
๒๑	/z/, /?/	อ	อ่าง

๒.๓ เก็บข้อมูลเสียงสำหรับใช้ในการรู้จำเสียงจากกลุ่มตัวอย่าง

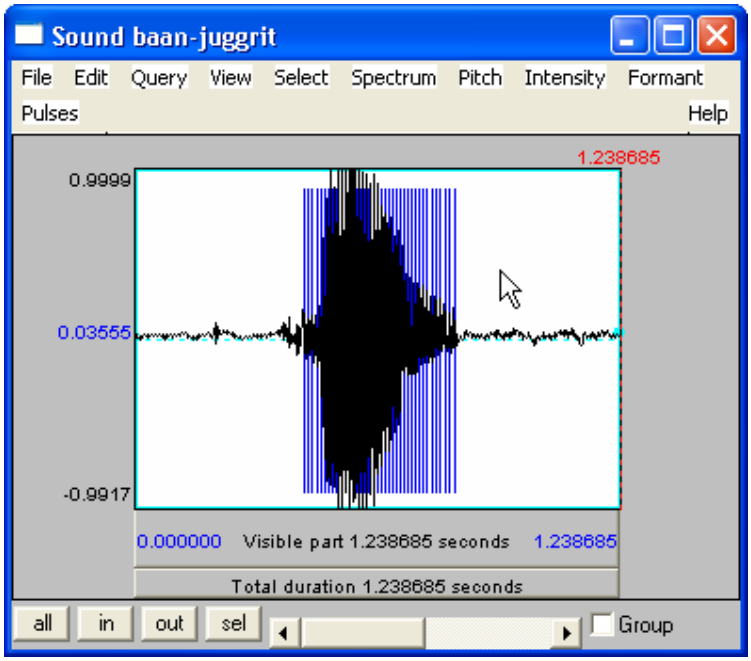
ทำการเก็บข้อมูลเสียงแต่ละหน่วยเสียงจากกลุ่มตัวอย่าง ๑๒ คนตามรายการคำที่สร้างขึ้น โดยข้อมูลเสียงที่บันทึกได้นี้ จะถูกนำไปสร้างเป็นแบบจำลองของข้อมูลเสียงแต่ละหน่วยเสียง ที่จะนำมาเป็นตัวอย่างสอน (training) จากเสียงของผู้พูดจำนวน ๑๐ คน ประกอบด้วยผู้ชาย ๗ คนและเสียงผู้หญิง ๓ คน ส่วนเสียงผู้ชายและเสียงผู้หญิงที่เหลืออย่างละ ๑ คนจะถูกนำมาใช้ในการทดสอบระบบรู้จำที่สร้างขึ้นต่อไป

ในการบันทึกเสียงจะใช้ไมโครโฟนแบบสวมศีรษะ (head set) และใช้โปรแกรม praat ซึ่งเป็นโปรแกรมประเภท freeware ในการบันทึก โดยมีการกำหนดค่าของ sample rate ของการบันทึกเสียงไว้ที่ ๔๔ kHz ในแบบ Monophone ในรูปแบบของ wave file ดังภาพที่ ๗



ภาพที่ ๗ หน้าต่างการบันทึกเสียงของโปรแกรม praat

เพื่อความรวดเร็วในการจัดเก็บข้อมูลเสียง จึงให้ผู้พูดแต่ละคนอ่านรายการคำครั้งละ ๖ คำต่อการบันทึกเสียงไฟล์เสียงในแต่ละครั้ง โดยแต่ละคำที่อยู่ในการบันทึกเสียงครั้งเดียวกันจะถูกคั่นด้วยเสียงเงียบ จากนั้นจึงใช้โปรแกรม praat นำไฟล์เสียงทั้งหมดมาทำการตัดเป็นส่วนๆเพื่อทำการบันทึกเป็น ๑ ไฟล์เสียงต่อ ๑ คำ ดังภาพที่ ๘ ดังนั้นผู้พูด ๑ คนจะเก็บข้อมูลไฟล์เสียงได้ทั้งหมด ๒๑ ไฟล์เสียง



ภาพที่ ๘ ตัวอย่างไฟล์เสียงของคำว่า บ้าน

๒.๔ สร้างแบบจำลองของการรู้จำเสียงจากข้อมูลเสียง

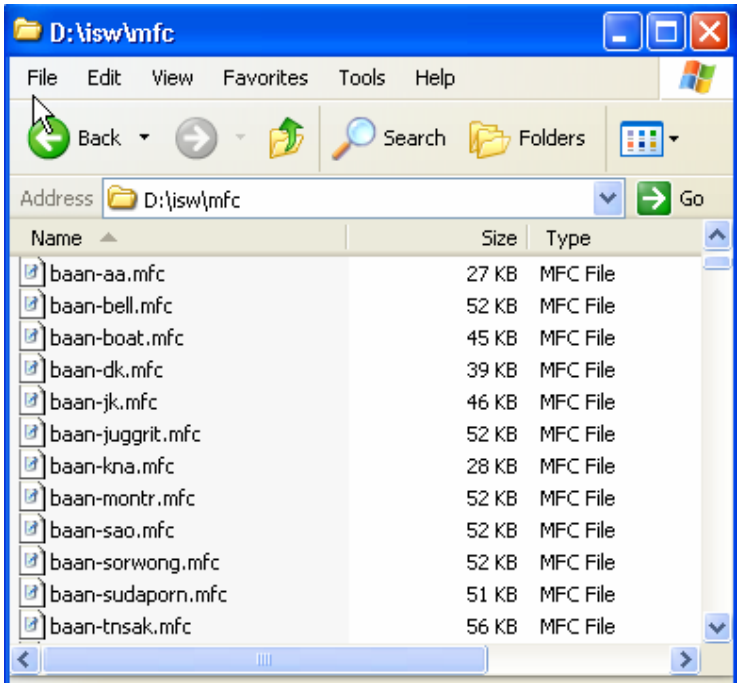
ในการสร้างแบบจำลองจะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆดังนี้

๒.๔.๑ หาลักษณะสำคัญของเสียง

ทำการหาลักษณะสำคัญของเสียง เพื่อใช้เป็นตัวแทนของแต่ละเสียงที่นำมาใช้เป็นตัวอย่างสอนและตัวอย่างทดสอบ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างตัวอย่างสอนและตัวอย่างทดสอบ ในที่นี้จะใช้สัมประสิทธิ์เซปสตรัลที่คำนวณบนแกนความถี่แบบเมล (Mel frequency cepstral coefficients: MFCC) โดยใช้คำสั่ง

HCopy -T 1 -C config/code.config -S code.scp

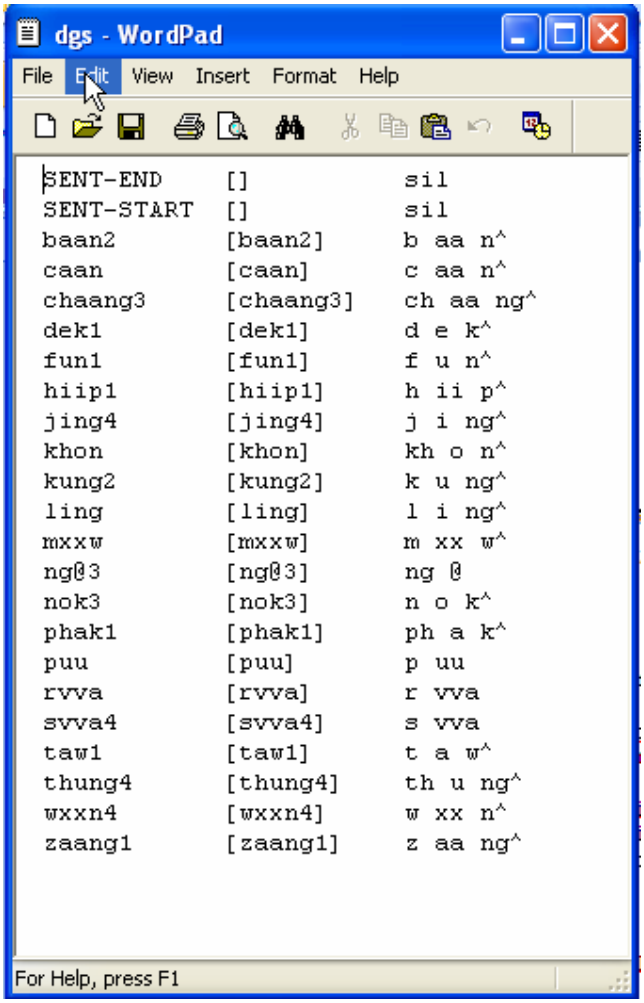
โดยรายการไฟล์เสียงที่เก็บอยู่ในไฟล์ code.scp จะถูกนำไปหาลักษณะสำคัญของเสียงและบันทึกเป็นไฟล์ .mlf ซึ่งเก็บค่าของสัมประสิทธิ์เซปสตรัลที่คำนวณบนแกนความถี่แบบเมล ดังภาพที่ ๙



ภาพที่ ๙ ตัวอย่างไฟล์ .mfc

๒.๔.๒ กำหนดสัญลักษณ์ในการแทนคำและละหน่วยเสียงของคำที่ทำการรู้จำ

ทำการกำหนดสัญลักษณ์ในการแทนคำและหน่วยเสียงที่จะนำมารู้จำ โดยสัญลักษณ์ในการแทนคำ จะนำไปใช้ในการแสดงผลเพื่อให้ทราบว่าเป็นคำใด ส่วนสัญลักษณ์ในการแทนหน่วยเสียง จะถูกนำไปใช้ในขั้นตอนการสร้างแบบจำลองฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลของหน่วยเสียง ดังที่กล่าวแล้วในหัวข้อ สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล โดยข้อมูลดังกล่าวจะถูกเก็บลงไปในไฟล์ที่ชื่อ dsg.dict ดังภาพที่ ๑๐



ภาพที่ ๑๐ ไฟล์ dsg.dict

๒.๔.๓ สร้างโมเดลของแบบจำลองฮิดเดนมาร์คอฟของคำ

ทำการสร้างตัวต้นแบบการรู้จำเสียงด้วยฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล ของคำสั่งต่อไปนี้

HtkDir=""

ScriptDir="script"

ConfigDir="./config"

ModelDir="./am"

TrainCfg="train.config"

TrainScp="train.scp"

```
Proto5s="proto5s"

   if [ ! -d $ModelDir ]
   then
         mkdir $ModelDir
   fi
   if [ ! -d $ModelDir/hmm_0 ]
   then
         mkdir $ModelDir/hmm_0
   fi
   HCompV -T 1 -C $ConfigDir/$TrainCfg \
            -f 0.01 -m -S $TrainScp \
            -M $ModelDir/hmm_0 $ConfigDir/$Proto5s

ConfigDir="./config"
ModelDir="./am"
TargetDir="hmm_0"

Proto5s="proto5s"
MonophnLst="monophn.list"

   #Create monophones
   let "i=0"
   for phn in `cat $ConfigDir/$MonophnLst`
   do
         if [ $phn != "" ]
         then
            sed 's/'$Proto5s'/'$phn'/' $ModelDir/$TargetDir/$Proto5s \
                  > $ModelDir/$TargetDir/$phn
            let "i=i+1"
```

```
        fi
    done

ConfigDir="./config"

MonophnMlf="monophn.mlf"
TriphnLst="triphn.list"
TriphnMlf="triphn.mlf"
MktriLed="mktri.led"

    HLEd -T 1 -A -D -n $ConfigDir/$TriphnLst \
                -l '*' -i $ConfigDir/$TriphnMlf \
                    $ConfigDir/$MktriLed $ConfigDir/$MonophnMlf
ConfigDir="./config"
ModelDir="./am"
SourceDir="trihmm_3"
TargetDir="tiehmm_0"

TieHed="tie.hed"
TriphnLst="triphn.list"

    if [ ! -d $ModelDir/$TargetDir ]
    then
        mkdir $ModelDir/$TargetDir
    fi

    HHEd -T 1 -H $ModelDir/$SourceDir/newMacros \
                -M $ModelDir/$TargetDir \
                $ConfigDir/$TieHed $ConfigDir/$TriphnLst
```

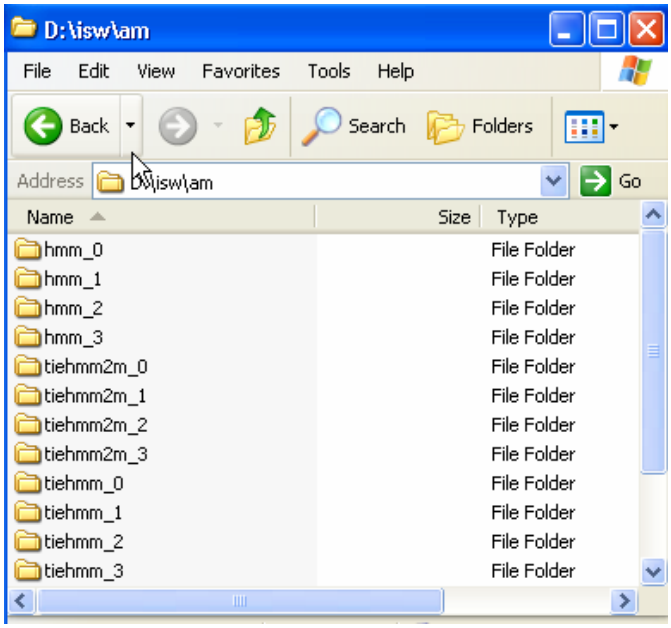
```
ConfigDir="./config"
ModelDir="./am"
SourceDir="tiehmm_3"
TargetDir="tiehmm2m_"

TrainCfg="train.config"
TrainScp="train.scp"
TieLst="tie.list"
TriphnMlf="triphn.mlf"
MixHed="mix1to2.hed"
Flags="-v 1.0e-8 -m 1"
   let "i=0"
   if [ ! -d $ModelDir/$TargetDir$i ]
   then
         mkdir $ModelDir/$TargetDir$i
   fi
   HHEd -T 1 -A -D \
          -H $ModelDir/$SourceDir/newMacros \
          -M $ModelDir/$TargetDir$i \
          $ConfigDir/$MixHed \
          $ConfigDir/$TieLst

   for i in 1 2  3
   do
         if [ ! -d $ModelDir/$TargetDir$i ]
         then
            mkdir $ModelDir/$TargetDir$i
         fi
         echo "   loop $i ...."
         let "j=i-1"
```

```
        HERest -T 1 -A -D \
                -C $ConfigDir/$TrainCfg $Flags\
                -I $ConfigDir/$TriphnMlf \
                -S $TrainScp \
                -H $ModelDir/$TargetDir$j/newMacros \
                -M $ModelDir/$TargetDir$i \
                $ConfigDir/$TieLst
    done
echo
echo "Finish-:)"
echo
```

ซึ่งผลที่ได้จะถูกนำไปสร้างเป็นแบบจำลองที่ใช้ในการรู้จำเสียงดังภาพที่ ๑๑



ภาพที่ ๑๑ ผลที่ได้จากสร้างแบบจำลอง

๓. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

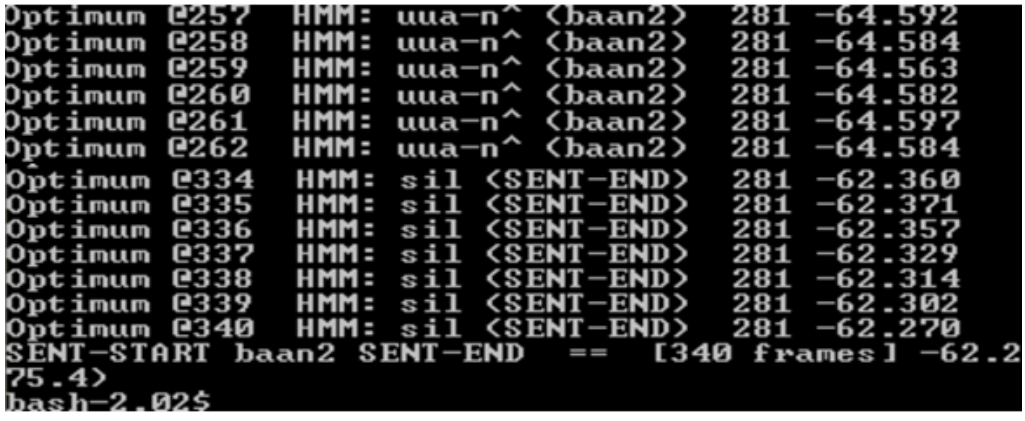
ตอนที่ ๑ ทดสอบความสามารถในการรู้จำเสียงของระบบที่สร้างขึ้น

นำข้อมูลเสียงที่ใช้ในการทดสอบมาทดสอบกับระบบที่สร้างขึ้นเพื่อวิเคราะห์ว่า มีความถูกต้องในการรู้จำเสียงพูดมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการประเมินที่ได้จากการทดสอบจะนำไปเป็นข้อมูลในการปรับปรุงส่วนการรู้จำเสียง และจะเป็นข้อมูลสำคัญที่นำไปสู่การพัฒนาตัวต้นแบบระบบการเรียนสอนการออกเสียงพยัญชนะต้นของภาษาไทยต่อไป

ผลการทดสอบที่ได้จากการใช้ตัวต้นแบบทดสอบเสียงทีละคำ ใช้ตัวอย่างของเสียงผู้หญิงและเสียงผู้ชายที่ต้องการทดสอบอย่างละหนึ่งชุดตัวอย่าง ซึ่งได้เก็บรายชื่อของไฟล์เสียงที่ต้องการทดสอบไว้ในโฟลเดอร์ mfc แล้วนำมาให้ตัวต้นแบบวิเคราะห์ด้วยคำสั่ง

```
HVite -H am/tiehmm2m_3/newMacros \
    -C liverecog.config \
    -w lm/dgs.wdnet \
    -p 0.0 -s 5.0 -T 0005 \
    -i test_wave.out \
    config/dgs.dict \
    config/tie.list \
    mfc/baan-tn.mfc
```

ได้ผลลัพธ์แสดงดังภาพที่ ๑๒



ภาพที่ ๑๒ ไฟล์ผลลัพธ์ที่ได้จากการรู้จำ

ซึ่งเมื่อนำมาทุกเสียงมาวิเคราะห์หาความถูกต้อง ได้ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ ๑๑

ตารางที่ ๑๑ ผลการรู้จำเสียงพยัญชนะต้น

ตัวอย่างเสียงการทดสอบ	จำนวนคำที่ตัวต้นแบบสามารถรู้จำได้ถูกต้อง	เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง
เสียงของเพศชาย	๑๓ คำ	๖๑.๙๐
เพศหญิง	๑๑ คำ	๕๒.๓๘
เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องโดยเฉลี่ย		๕๗.๑๔

ตอนที่ ๒ นำเสนอเอกสารบทความวิชาการ

ผลของการวิจัยนี้ได้ถูกนำเสนอเป็นส่วนหนึ่งของบทความวิชาการเรื่อง ระบบช่วยสอนการออกเสียงพยัญชนะต้นในภาษาไทย ในงานประชุมวิชาการทางไฟฟ้าครั้งที่ ๒๙ ดังแสดงในภาคผนวก