บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

สัญญาณที่ส่งไปยังดาวเทียม และส่งจากดาวเทียม (GPS, Global Positioning System) เพื่อการสื่อสารและการนำร่อง จะต้องผ่านบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ (Ionosphere) ซึ่งมีความไม่สม่ำเสมออยู่โดยเฉพาะในละติจูด(Latitude) ที่อยู่แถบเส้นศูนย์สูตรนั้นจะมีมากที่สุด ส่งผลกระทบต่อการทำงานและความเชื่อถือได้ของระบบเป็นอย่างมาก นอกจากนี้ ในการหาวงโคจรดาวเทียมจะต้องใช้สัญญาณวิทยุที่ส่งผ่านระหว่างสถานีภาคพื้นดินและดาวเทียม เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาตำแหน่งและความเร็วของดาวเทียม [*Ezquer et al.*, 1994] ดังนั้น ผู้ใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS จะต้องตรวจสอบค่าความถูกต้องของเฟสสัญญาณพาห์ และระยะความหน่วงกลุ่มเทียมที่ถูกกำหนดไว้กับสัญญาณที่ผ่านบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ เพื่อให้ได้ค่าความถูกต้องของการแสดงตำแหน่งที่เป็นไปได้มีค่าสูงสุด [*Komjathy and Langley*,1996 a]

การจำลองแบบปริมาณอิเล็กตรอนรวมในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ (TEC, Total Electron Content) ที่จะทำการวิจัยนี้ เป็นส่วนหนึ่งของโครงการ POST-PARTNERS (POST-Pan-pacific Region Telecommunications Network Experiments and Research by Satellite) ซึ่งเป็นโครงข่ายการสื่อสารดาวเทียมสำหรับการศึกษาการแพร่กระจายของคลื่นที่ส่งผ่านระหว่างดาวเทียมกับโลก โดยความร่วมมือจากสถาบันต่างๆ จาก 7 ประเทศด้วยกัน คือ ญี่ปุ่น ไทย อินโดนีเซีย มาเลเซีย ฟิจิ ปาปัวนิวกินี และ ฟิลิปปินส์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ก็เป็นสถาบันหนึ่งที่ได้มีส่วนร่วมในโครงการนี้ด้วย โดยมีการเก็บบันทึกข้อมูลของปริมาณอิเล็กตรอนรวมที่อยู่ในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์และข้อมูลค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กโลก และจากข้อมูลทั้งสองนี้ก็สามารถนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองปริมาณอิเล็กตรอนในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์เหนือจังหวัดเชียงใหม่ได้ เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในบริเวณเส้นศูนย์สูตร และอยู่ในวงโคจรของดาวเทียมอีกด้วย ทั้งนี้ ก็เพื่อประโยชน์ในด้านการปรับปรุงเทคนิคการสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุผ่านดาวเทียมต่อไปในอนาคตนั่นเอง [*Igarashi et al.*, 1998]

เมื่อเราทราบคุณลักษณะของบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์แล้ว เราจะสามารถนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้ในการปรับปรุงแก้ไขเทคนิคต่างๆ ที่ใช้การสื่อสารผ่านดาวเทียม เพื่อให้ได้ความถูกต้องแม่นยำ และมีความน่าเชื่อถือมากที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สำหรับใช้ในการหาปริมาณอิเล็กตรอนรวมในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์เหนือจังหวัดเชียงใหม่ โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการวัดค่า TEC ในชั้นบรรยากาศ และค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกที่วัดได้จากภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และค่าทางอุตุนิยมวิทยาที่วัดได้จากศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่

1.2.2 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอิเล็กตรอนรวมในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์และค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลก รวมทั้งค่าทางอุตุนิยมวิทยาได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม และปริมาณน้ำฝน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ใช้ข้อมูลที่ได้จากการวัดค่าปริมาณความหนาแน่นอิเล็กตรอนในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ที่วัดได้จากเครื่องวัด TEC-meter ในภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่เป็นหลัก โดยแบบจำลองที่จะสร้างนั้นจะเป็นแบบจำลองรายวัน ที่สามารถทำนายค่า TEC ล่วงหน้าได้ โดยมีลักษณะการกระจายของข้อมูลเป็นแบบเดียวกับข้อมูล TEC ที่วัดได้จริง

1.3.2 ข้อมูล TEC ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกและข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองจะอยู่ในระยะเวลา 1 ปี นับจากวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2541 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2541

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1.4.1 จากการพยากรณ์ค่าปริมาณอิเล็กตรอนรวมในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์สามารถใช้เป็นข้อมูลในการสร้างแบบจำลองบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการสื่อสารโทรคมนาคมได้

1.4.2 นำแบบจำลองที่ได้มาใช้อธิบายค่าปริมาณอิเล็กตรอนรวมในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ในบริเวณสถานีวัดอื่นที่ร่วมโครงการ POST-PARTNERS และสามารถนำมาเปรียบเทียบกันเพื่อใช้เป็นแนวทางการหาลักษณะของโครงสร้างบรรยากาศที่แตกต่างกันไปตามตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดแต่ละแห่งได้

1.4.3 ใช้เป็นแนวทางในการจำลองแบบบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ในสถานที่ต่างๆ ได้ทั่วโลก เพื่อใช้ในการพัฒนาเทคโนโลยีการสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุผ่านดาวเทียม ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.4.4 สามารถนำแบบจำลองการพยากรณ์ที่ได้มาใช้ประโยชน์ในการตรวจสอบความถูกต้องของการรับสัญญาณจากดาวเทียม GPS

1.5 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

Ezquer, *et al.* [1994] ได้เสนองานวิจัยเรื่อง "Predicted and measured total electron content at both peaks of the equatorial anomaly" ซึ่งแสดงถึงความสำคัญของตัวแปรหนึ่งในการสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุ ผ่านบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ของโลก คือ ปริมาณ TEC ที่ค่ายอดของความผิดปกติที่ระนาบศูนย์สูตรโดยการนำแบบจำลอง 3 ชุดที่ต่างกัน ได้แก่ IRI (International Reference Ionosphere), SLIM (Semiempirical Low-Latitude Ionospheric) และ CHOEA (Chapman layer with scale height equal to atomic oxygen scale height) มาใช้กับสถานีที่ทำการทดลอง 4 แห่ง คือ Tucuman, Palehua, Delhi และ Maui ประเทศอาร์เจนตินา จากผลการวิจัยพบว่าการทำนายค่าTEC จากทั้ง 4 สถานี เมื่อเทียบกับการวัดปริมาณ TEC จริงๆ นั้น จะมีลักษณะเดียวกัน แต่ที่สถานี Delhi จะมีเปอร์เซนต์การทำนายที่สูงสุด และมีข้อผิดพลาดน้อยกว่าหรือเท่าๆ กับ 30% ของปริมาณ TEC ที่ทำการวัดได้จริง

Beach *et al.* [1997] ได้เสนองานวิจัยเรื่อง "Total electron content variations due to nonclassical traveling ionospheric disturbances: Theory and Global Positioning System observations" เสนอวิธีการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TEC ที่เกิดจากการรบกวนการแพร่กระจายตามแนวนอนในช่วงความสูงของบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ โดยการพัฒนาแบบจำลองวิเคราะห์ โดยสมมุติให้การเปลี่ยนแปลงตามความสูงเป็นแบบสัญญาณไซน์ (Sine) และใช้ดาวเทียมค้างฟ้า เพื่อหาขนาดของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TEC ที่ถูกสร้างขึ้น และเสนอให้มีการใช้ดาวเทียม GPS ในการวัดแทนดาวเทียมค้างฟ้า โดยทำการทดลองที่ Puerto Rico ในช่วงกลางคืนของวันที่ 22 ถึง 23 สิงหาคม ค.ศ. 1995

Su *et al.* [1997] ได้เสนองานวิจัยเรื่อง "Modeling studies of the middle and upper atmosphere radar observations of the ionospheric *F* layer" โดยกล่าวถึงแบบจำลอง SUPIM (Sheffield University Plasmasphere-Ionosphere Model) เปรียบเทียบกับข้อมูลการสังเกตค่าความหนาแน่นอิเล็กตรอนและความเร็วของพลาสมา (Plasma) ที่เลื่อนไปในช่วงเวลากลางวัน ระหว่าง

วันที่ 25 มิถุนายน ค.ศ. 1990 ถึง วันที่ 27 มิถุนายน ค.ศ. 1990 จากเรดาร์ MU (Middle and Upper Atmosphere Radar) ที่เมืองชิการากิ ประเทศญี่ปุ่น พบว่าค่าความหนาแน่นอิเล็กตรอนในตอนกลางวัน จะมีค่าต่ำกว่าในช่วงเช้าและช่วงก่อนดวงอาทิตย์ตก เนื่องจากผลของลมที่มีประจุเป็นกลาง (Neutral Wind) ที่เคลื่อนตัวไปทางขั้วโลกในช่วงเวลากลางวัน ส่วนตอนกลางคืนค่ายอดของความหนาแน่นอิเล็กตรอนในเลเยอร์ $F2$ จะมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งลักษณะเช่นนี้เกิดจากสนามไฟฟ้าที่ตรงไปยังทิศตะวันออกในช่วงก่อนดวงอาทิตย์ตก ทำให้ฟลักซ์พลาสมา (Plasma Flux) สูงขึ้นจากพลาสมาไปถึงบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ และผลของสนามไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นนี้จะต่างไปจากการเพิ่มสนามไฟฟ้า ด้วยการแทนด้วยลมที่มีประจุเป็นกลางที่หาได้จากค่าความเร็วเลื่อน (Drift Velocity) หรือ $\mathbf{E}\times\mathbf{B}$

Stening [1992] ได้เสนองานวิจัยเรื่อง "Modelling the low latitude F region" ซึ่งกล่าวถึงวิธีการสร้างแบบจำลองต่างๆ 3 รูปแบบ ได้แก่ แบบจำลองเอ็มพิริคัล (Empirical Models) แบบจำลองทางกายภาพ (Physical Models) และแบบจำลองกึ่งเอ็มพิริคัล (Semi-Empirical Models) โดยแต่ละรูปแบบก็จะมีลักษณะเด่นที่แตกต่างกันไป คือ แบบจำลองทางกายภาพซึ่งกล่าวได้ว่า เป็นแบบจำลองขั้นพื้นฐานเหมาะกับการจำลองแบบบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ทั่วทั้งโลก เนื่องจากสามารถสร้างเป็นรูป 3 มิติได้ ส่วนแบบจำลองเอ็มพิริคัลจะใช้กับการจำลองแบบที่มีชุดของฟังก์ชัน (Function) ต่างๆ มาก ซึ่งจะให้ค่าดังต่อไปนี้ คือ ความถี่วิกฤติในบริเวณ $F2$ ความสูงของบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ที่แต่ละตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ เวลาท้องถิ่น ฤดูกาล และจำนวนจุดดับบนดวงอาทิตย์ แต่ถ้ามีข้อมูลไม่ครบ ก็จะใช้แบบจำลองกึ่งเอ็มพิริคัลแทน เนื่องจากสามารถนำรายละเอียดจากแบบจำลองทางกายภาพมาแทรกเพื่อให้มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังเสนอการวัดปริมาณอิเล็กตรอนรวมอีกด้วย ซึ่งพบว่า สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณอิเล็กตรอนรวมที่วัดได้เกิดจากความเข้มอิเล็กทรอเจ็ตย่านศูนย์สูตร (Equatorial Electrojet Strength)