

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัย

กิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีผลต่อปริมาณก๊าซเรือนกระจก:

กรณีศึกษากรุงเทพมหานคร

Land use activity and its impact on Green House Gas: Bangkok case



ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2553

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการ

ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย) กิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีผลต่อปริมาณก๊าซเรือนกระจก:
กรณีศึกษากรุงเทพมหานคร

(ภาษาอังกฤษ) Land use activity and its impact on Green House Gas:
Bangkok case

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก งบประมาณแผ่นดินประจำปี 2553 จำนวนเงิน 888,000 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย1.....ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2552 ถึง 30 กันยายน 2553
รายชื่อผู้ดำเนินการวิจัยพร้อมหน่วยงานที่สังกัดและเลขหมายโทรศัพท์

- 1) ดร. วันเพ็ญ เจริญตระกูลปิติ (Wanpen Charoentrakulpeeti)
หัวหน้าโครงการ
สังกัดสาขาวิชาสถาปัตยกรรมและการวางแผน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-3298384
email: kcwanpen@kmitl.ac.th
- 2) ดร. ณัฐกฤษ์ นบনอบ (Natthakit Knobnob)
ผู้ร่วมวิจัย
สังกัดสาขาวิชาสถาปัตยกรรมและการวางแผน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-3298384
email: kknattha@kmitl.ac.th
- 3) นายอมร กลุขณพันธ์ (Amorn Kritsanaphan)
ผู้ร่วมวิจัย
สังกัดสาขาวิชาสถาปัตยกรรมและการวางแผน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-3298384
- 4) นางสาววีชี เจนจัดการ (Watcharee Janjatkarn)
ผู้ร่วมวิจัย
สังกัดสาขาวิชาสถาปัตยกรรมและการวางแผน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-3298384
email: poojaa@yahoo.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นสาขาหนึ่งที่ผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยประเทศไทยปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและจากภาคป่าไม้ 61.85 ล้านตันหรือร้อยละ 21.6 ในปีพ.ศ. 2543 กรุงเทพมหานครซึ่งเป็นเมืองหลวงของประเทศจึงเป็นเมืองที่น่าสนใจในการศึกษาเรื่องปริมาณก๊าซเรือนกระจกกับการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน เนื่องจากกรุงเทพมหานครมีการขยายตัวของเมืองสูง ประกอบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อดังกล่าวยังมีไม่หลากหลาย จึงเป็นที่มาของงานวิจัยชิ้นนี้ โดยการศึกษานี้มีเป้าหมายเพื่อค้นหาความแตกต่างของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินมีผลต่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ในการศึกษามีการทบทวนเอกสารต่างๆ เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน สถานการณ์และผลกระทบของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ผลกระทบของการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมในการศึกษา วิธีการศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ส่วนที่ 1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของกรุงเทพมหานคร โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 7 ETM+ 2 ช่วงเวลา คือ ภาพปีพ.ศ. 2542 และ 2552 ส่วนที่ 2 ศึกษาแนวโน้มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศ ใช้ข้อมูลจากสำนักนโยบายและแผนพลังงาน ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2529 ถึง ปีพ.ศ. 2553 โดยวิธีของแบบจำลอง ARIMA โดย Box – Jenkins ในการพยากรณ์ และส่วนที่ 3 เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดินและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของกรุงเทพมหานคร ในส่วนของข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินได้จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 TM ในปีพ.ศ. 2551 ซึ่งจำแนกประเภทการใช้ที่ดินเป็น 6 ประเภท ได้แก่ 1) ที่อยู่อาศัย 2) พานิชยกรรมและอุตสาหกรรม 3) พืช 4) แหล่งน้ำผิวดิน 5) พื้นที่ว่าง และ 6) พื้นที่ชุ่มน้ำ สำหรับข้อมูลปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นการแปลงข้อมูลหัตถ์ภูมิที่ได้จากประชากรรายแขวงที่รวมประชากรแฝงด้วยแล้วนำมาคูณกับค่าเฉลี่ยปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายแขวงและค่าเฉลี่ยการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ไฟฟ้ารายแขวง จึงทำให้ได้ชุดข้อมูลทั้งสิ้น 169 ชุดข้อมูล ในการหาความสัมพันธ์วิเคราะห์ทางสถิติด้วยการสร้างสมการถดถอยระหว่างตัวแปร ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุด้วยวิธี Stepwise ซึ่งเป็น การคัดเลือกตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามมากที่สุดเข้าสมการทีละตัว ภายใต้เกณฑ์ที่กำหนดระดับนัยสำคัญของสถิติทดสอบ $F < 0.05$

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินระหว่างปีพ.ศ. 2542 และปี พ.ศ. 2552 พบว่าสัดส่วนการใช้ที่ดินของกรุงเทพมหานครประเภทสิ่งปลูกสร้างอาคารเพิ่มขึ้น 103,026 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 10.44 ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2542 – 2552 ในขณะที่พื้นที่ที่ปกคลุมด้วยพืช และพื้นที่ชุ่มน้ำลดลง 16,723 ไร่ และ 113,981 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.7 และ 11.54 ตามลำดับ สำหรับสิ่งปกคลุมดินประเภทอื่นๆ เช่น แหล่งน้ำ และพื้นที่ว่าง มีสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย คือ 13,369 ไร่ และ 14,310 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.35 และ 1.45 ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินพบมากในบริเวณฝั่งตะวันออกของกรุงเทพมหานคร ได้แก่ เขตคลองสามวา เขตหนองจอก เขตลาดกระบัง และเขตมีนบุรี โดยมีการเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากพื้นที่นาข้าว พื้นที่ปลูกหญ้า รวมถึงพื้นที่นาเกลือ นาทุ่ง และพื้นที่โล่ง ไปเป็นสิ่งปลูกสร้างอาคาร ประเภท หมู่บ้านจัดสรร

ผลการศึกษาแนวโน้มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศไทยพบว่า มีแนวโน้มสูงขึ้นโดย ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมในปี พ.ศ. 2553 มีเท่ากับ 222,312 พันตัน โดยมีการปล่อย เพิ่มขึ้นมากกว่า 5 เท่าจากปีพ.ศ. 2529 และจากแบบจำลองคาดการณ์ว่าในปี พ.ศ.2555 ประเทศไทยจะมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมเท่ากับ 352,918 พันตัน สำหรับผลการศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสาขาการใช้ไฟฟ้ากรุงเทพมหานคร เมื่อพิจารณารายแขวงพบว่าต่ำที่สุดคือแขวง นวลจันทร์ เขตบึงกุ่ม ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพียง 0.0636 ตันต่อวัน ในขณะที่แขวงที่มีปริมาณการ ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดคือแขวงดินแดง เขตดินแดง โดยผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงถึง 621.2 ตันต่อวัน ค่าเฉลี่ยของทุกแขวงในกรุงเทพมหานครที่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ 153 ตันต่อวัน เมื่อพิจารณาประชากรทั้งกรุงเทพมหานครปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากสาขาการใช้ไฟฟ้าประมาณ 25,915 ตันต่อวัน หรือคิดเป็น 9,458,875 ตันต่อปี

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดินกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่าตัวแปรอิสระมีความเป็นอิสระต่อกัน และสมการความถดถอยที่ได้มีความน่าเชื่อถือได้ว่าการเปลี่ยนแปลงสัดส่วน พื้นที่การใช้ที่ดินส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ถึงร้อยละ 72.2 ส่วนร้อยละ 27.8 ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นผลจากปัจจัยอื่น โดยค่า Significance ของ สมการความถดถอยสมการเท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่ามีตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัวที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ค่า α มีค่า Beta เท่ากับ 0.039 และค่า Beta ของพหุนิยมกรรมและอุตสาหกรรมก็มีค่าเท่ากับ 0.039 เช่นกัน วิเคราะห์ได้ว่าหากมีพื้นที่ที่อยู่อาศัย พหุนิยมกรรมและอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้นตาม สำหรับ การใช้ที่ดินประเภทที่มีพืชปกคลุมดิน และพื้นที่โล่งพบว่ามีความสัมพันธ์ทางลบกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กล่าวคือ หากพืชและพื้นที่โล่งมีพื้นที่ลดลง จะส่งผลให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น

การบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในกรณีของกรุงเทพมหานครควรได้รับการบูรณาการ องค์ความรู้ทางด้านภูมิอากาศร่วมกับกระบวนการวางผังเมืองในการจัดทำผังเมือง อย่างไรก็ตามการบูรณาการ ดังกล่าวยังมีอุปสรรคอยู่ เช่น เครื่องมือและวิธีการที่เหมาะสม การขาดองค์ความรู้ และความละเอียดของ ภาพถ่ายดาวเทียมที่หายากเกินไปที่จะอธิบายคุณลักษณะของก๊าซเรือนกระจก ดังนั้นแนวทางที่เหมาะสมใน การวางผังเมืองควรคำนึงถึงธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (nature-oriented) โดยควบคุมพื้นที่ทางธรรมชาติ ที่มีความอ่อนไหวในการใช้ที่ดินซึ่งอาจส่งผลต่อชีวิตและทรัพย์สินได้ เช่น wetlands, floodplains นอกจากนี้ควรมีมาตรการอื่นๆ ร่วมด้วย อาทิเช่น การจัดทำคลังข้อมูลด้านภูมิอากาศ (Climate Inventory) ทั้งระดับประเทศ ภูมิภาค และท้องถิ่น เพื่อเผยแพร่และสร้างความเข้าใจให้กับชุมชนและผู้ที่เกี่ยวข้องในการช่วยบรรเทาโลกร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

Landuse change is one of the major sectors of CO₂ emission. In 2000, 61.85 million tons of greenhouse gases were emitted from land-Use change and forestry sectors, which was 21.6 percent of all greenhouse gas emission in Thailand. Bangkok as the capital of Thailand is a good example to research land-Use change because there has rapidly been urban expansion and has lacked of researches on impact of landuse on CO₂ emission. Therefore, this research aims to seek impacts of landuse in Bangkok areas on CO₂.

The study reviewed various documents on existing landuse, existing situations and consequence of CO₂, an impact of landuse on CO₂ and the application of remote sensing on landuse and CO₂. The methodology had divided into three major parts including 1) the application of satellite image on landuse change in Bangkok, 2) trends of CO₂ in Thailand predicted by using data from Office of Energy Policy and Plan from 1986 to 2010 with ARIMA modeling and Box-Jenkins method, and 3) the relation between proportion of landuse and amount of CO₂ in Bangkok. Landsat 5 TM was applied to classify landuse classes which included residential areas, commercial areas and industrial areas, vegetation areas, water areas, open space and wetland areas. The CO₂ data was converted from electric consumption data; therefore, CO₂ data sets in 169 sub-districts were utilized to analyze alongside with the proportion of landuse by stepwise multiple regression.

The result of the study on landuse change from 1999 to 2009 shows that Bangkok has changed into built-up areas about 103,026 rai or 10.44 percent whereas vegetation and wetland decreased approximately 16,723 rai and 113,981 rai or 1.7 percent and 11.54 percent respectively. The other landuse i.e. water source and openspace increased insignificantly 13,309 rai and 14,320 rai or 1.35 percent and 1.45 percent respectively. The areas of change are found in the eastern Bangkok i.e. Klongsamwa, Nongchok, Ladkrabang, and Minburee which had changed from paddy field, grass land, and salt farm to build-up area like residential areas mostly in a type of gated-community.

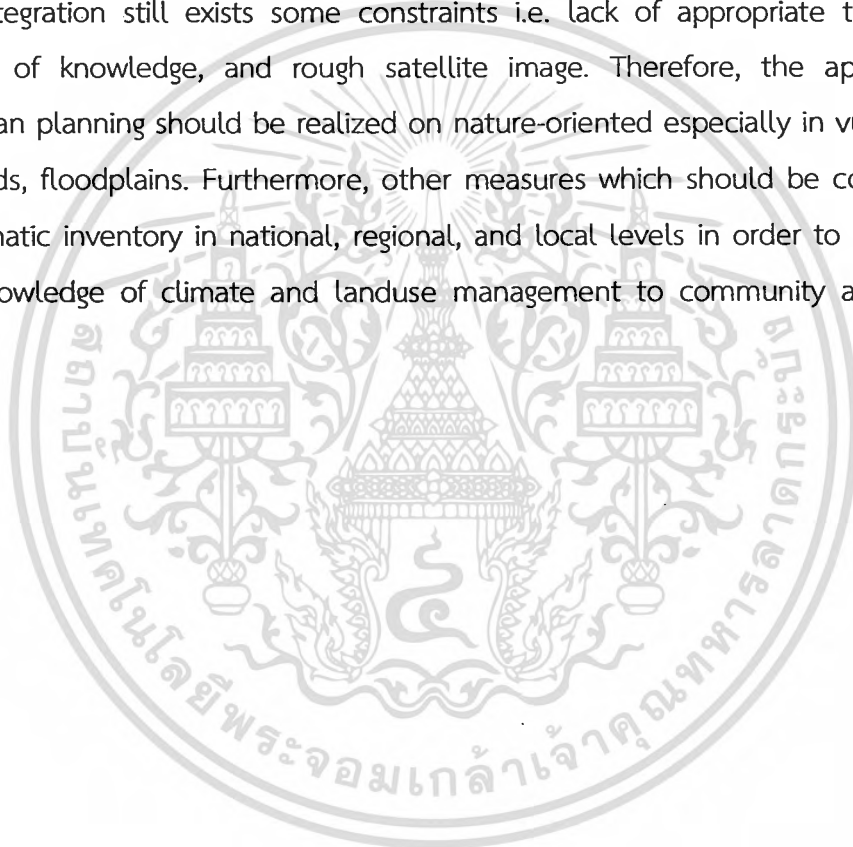
The CO₂ in Thailand tends to increase five time from 1986, which 222,312 thousand tons of CO₂ were investigated in 2010. Moreover, CO₂ will increase to 352,928 thousand tons in 2012. For the result of CO₂ in Bangkok, Nuanchan sub-district emits the least amount of CO₂ (0.0636 ton/day) whereas Dindang sub-district emits the highest CO₂ (621.2 ton/day). The

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

average CO₂ emission of all sub-districts is approximately 153 ton/day. All Bangkok population emits CO₂ in the electric sector about 25,915 ton/day or 9.5 million ton/year.

The relationship between the proportion of landuse and CO₂ is statistical significant at 95% with 72.2 percent of r-square. The CO₂ has positively correlated with proportion of residential areas, commercial areas and industrial areas meanwhile there is negatively correlated with vegetation and openspace areas.

The mitigation of climate change in Bangkok should be integrated to urban planning. However, the integration still exists some constraints i.e. lack of appropriate tools and techniques, lack of knowledge, and rough satellite image. Therefore, the appropriate approach for urban planning should be realized on nature-oriented especially in vulnerable areas i.e. wetlands, floodplains. Furthermore, other measures which should be considered relate to i.e. climatic inventory in national, regional, and local levels in order to distribute and enhance knowledge of climate and landuse management to community and other interests.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง กิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีผลต่อปริมาณก๊าซเรือนกระจก: กรณีศึกษา กรุงเทพมหานครสามารถสำเร็จได้ด้วยการสนับสนุนเงินวิจัยจากงบประมาณแผ่นดินปี 2553 และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณในการสนับสนุนงบประมาณ นอกจากนี้งานวิจัยยังได้รับการอนุเคราะห์ข้อมูลจากหน่วยงานหลายฝ่าย เช่น สำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ข้อมูลปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศ การไฟฟ้านครหลวง สนับสนุนข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของ กรุงเทพมหานคร และสำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร สนับสนุนแผนที่ฐานการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นต้น คณะผู้วิจัยขอขอบคุณหน่วยงานดังกล่าวที่ให้ความร่วมมือในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้การสนับสนุนด้านสถานที่ในการดำเนินการวิจัย รวมถึงผู้ช่วยวิจัยทุกท่านที่ช่วยทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยชิ้นนี้จักเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง นักศึกษา และผู้ที่สนใจในด้านการใช้ประโยชน์ที่ดินกับปัจจัยด้านภูมิอากาศ หากมีข้อผิดพลาดประการใด คณะผู้วิจัยขอน้อมรับในการให้ข้อคิดเห็นเพื่อพัฒนาศาสตร์ทางการผังเมืองให้ดียิ่งขึ้น

คณะผู้วิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	i
กิตติกรรมประกาศ	vi
สารบัญ	vii
สารบัญตาราง	ix
สารบัญภาพ	x
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	3
1.3 สมมุติฐานการวิจัย	3
1.4 ขอบเขตโครงการวิจัย	3
1.5 กรอบการดำเนินการวิจัย	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.7 หน่วยงานที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์	5
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	6
2.1 การใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน	6
2.2 สถานการณ์และผลกระทบของก๊าซเรือนกระจก	11
2.3 การประยุกต์ใช้การรับรู้ระยะไกลและภาพถ่ายดาวเทียม	16
2.4 การบูรณาการองค์ความรู้ด้านภูมิอากาศกับกระบวนการวางผังเมือง	19
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	21
3.1 ทบทวนและรวบรวมงานวิจัย วรรณกรรม ข้อมูลทางสถิติ	21
3.2 การศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน	21
3.3 การศึกษาแนวโน้มและการกระจายตัวก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	30
3.4 การหาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดินกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	40
บทที่ 4 บทวิเคราะห์	49
4.1 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม	49
4.2 การเปลี่ยนแปลงและการกระจายตัวของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	53
4.2.1 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศ	53
4.2.2 การกระจายตัวของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกรุงเทพมหานคร	62
4.3 ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดินและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	66
4.3.1 สัดส่วนการใช้ที่ดินของกรุงเทพมหานคร	66
4.3.2 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สาขาการใช้ไฟฟ้า ของกรุงเทพมหานคร	67

4.3.3 การเลือกตัวแปรเข้าสมการถดถอย	72
4.3.4 การสร้างสมการถดถอยเชิงพหุ	73
4.3.5 การตรวจสอบเงื่อนไขของการวิเคราะห์สมการถดถอย	76
บทที่ 5 บทสรุป	79
5.1 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	80
5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดินและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	81
5.3 วิพากษ์และเสนอแนะ	83
เอกสารอ้างอิง	87
ภาคผนวก ก.	91



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3-1	รายละเอียดภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-7 ETM+ พื้นที่กรุงเทพมหานครที่ใช้ในการศึกษา	22
3-2	ค่าความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิตของจุดควบคุมและจุดตรวจสอบ ของภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-7 ETM+ พื้นที่กรุงเทพมหานคร ปี 2542 และปี 2552	24
3-3	การคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยจากการใช้ไฟฟ้า	32
3-4	ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รายแขวงของกรุงเทพมหานคร	33
3-5	ค่าความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิตของภาพสำหรับจุดควบคุม (Ground Control Points) และจุดตรวจสอบ (Check points) ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 พื้นที่กรุงเทพมหานคร ปี 2551	44
4-1	เปรียบเทียบพื้นที่ประเภทสิ่งปกคลุมดินระหว่างปี 2542 และปี 2552 กรุงเทพมหานคร	52
4-2	ค่าสถิติทดสอบความเหมาะสมของแบบจำลอง	54
4-3	ค่าประมาณของสัมประสิทธิ์ของ Multiplicative Seasonal ARIMA	57
4-4	ผลการพยากรณ์ของแบบจำลอง Multiplicative Seasonal ARIMA	60
4-5	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือเทียบเท่ารายเขต กรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2552	65
4-6	ข้อมูลที่ใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนการใช้ที่ดินและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า รายแขวง ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร	67
4-7	ค่า Tolerance และ VIF ของตัวแปรอิสระ	72
4-8	ผลสรุปของแบบจำลองสมการถดถอยเชิงพหุ	73
4-9	ผลลัพธ์ของค่า F	74
4-10	การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และประเภทการใช้ที่ดิน	75
4-11	ค่าความคลาดเคลื่อนของสมการ	77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2-1	การกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละประเภทการใช้ที่ดินเฉลี่ยต่อไร่ของพื้นที่ทางตะวันตกในรัฐออริกอน	15
3-1	ค่ารังสีสะท้อนของสิ่งปกคลุมดินของภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-7 ETM+ปี 2542 และ 2552	27
3-2	ค่ารังสีสะท้อนของการใช้ประโยชน์ที่ดิน	45
4-1	การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรุงเทพมหานคร ระหว่างปี 2542 ถึงปี 2552	51
4-2	การแบ่งเขตการพัฒนาตามบทบาทการพัฒนาเมือง	52
4-3	ค่าคาดการณ์ของปริมาณ CO ₂	61
4-4	การกระจายตัวของปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่ารายแขวง กรุงเทพมหานคร ปีพ.ศ. 2552	63
4-5	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือเทียบเท่ารายเขต กรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2552	64
4-6	การจำแนกประเภทการใช้ที่ดินจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม พื้นที่กรุงเทพมหานคร ปี 2551	66
4-7	กราฟของค่าคลาดเคลื่อนเพื่อทดสอบการแจกแจงแบบปกติ	77
4-8	ลักษณะการกระจายตัวของค่าค่าแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อน	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีความสำคัญระดับโลกที่เกิดจากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สูงขึ้น สำหรับประเทศไทยที่เป็นประเทศกำลังพัฒนามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นอันดับที่ 31 ของโลก ในปี พ.ศ. 2543 คิดเป็นร้อยละ 0.75 (สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2551) และจากการศึกษาของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (พ.ศ. 2537) ที่จำแนกการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยตามรายสาขา พบว่าภาคพลังงานมีการปล่อยมากที่สุดถึง 129.87 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์หรือเทียบเท่า คิดเป็นร้อยละ 45.3 รองลงมาคือการปล่อยจากภาคเกษตรกรรม (77.39 ล้านตัน หรือร้อยละ 27) และการปล่อยจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและจากภาคป่าไม้ (61.85 ล้านตัน หรือร้อยละ 21.6) และภาคอื่นๆ ได้แก่ อุตสาหกรรมและของเสีย 16.72 ล้านตัน หรือร้อยละ 5.9

หากพิจารณาเชิงพื้นที่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรุงเทพมหานครมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เห็นชัดที่สุดในประเทศไทย โดยสังเกตได้จากการขยายตัวทางพื้นที่และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยพื้นที่ของกรุงเทพมหานครเริ่มจาก 13 ตร.กม. ในปี พ.ศ. 2443 และเพิ่มขึ้นเป็นสามเท่า คือ 43 ตร.กม. ในปี พ.ศ. 2479 (Mekvichai, 1998: 242) ต่อมาในปี พ.ศ. 2490 กรุงเทพมหานครมีพื้นที่เพิ่มเป็น 60-70 ตร.กม. และเป็น 90 ตร.กม. ในปี พ.ศ. 2503 โดยมีประชากรมากกว่า 2 ล้านคน (Donner, 1978) และปี พ.ศ. 2513 พื้นที่เมืองขยายเป็น 184 ตร.กม. (Sternstein, 1976) พื้นที่เมืองกรุงเทพมหานครได้ขยายตัวอย่างกระจุกกระจายและมีความซับซ้อนมากขึ้นเป็น 239 ตร.กม. ในปี พ.ศ. 2523 ปัจจุบัน (พ.ศ. 2550) พื้นที่กรุงเทพมหานครมีพื้นที่ 1,568.737 ตร.กม. และมีประชากรประมาณ 6.2 ล้านคน (กรุงเทพมหานคร, 2550) นอกจากนี้การใช้ประโยชน์ที่ดินในกรุงเทพมหานครมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่เกษตรกรรมเป็นพื้นที่โล่ง และจากพื้นที่โล่งเป็นที่อยู่อาศัย และพาณิชย์กรรมตามลำดับ โดยการใช้ที่ดินเพื่อเกษตรกรรมลดลงอย่างต่อเนื่อง กล่าวคือ จาก 666 ตร.กม. ในปี 2529 เป็น 588 ตร.กม. ในปี 2538 และลดเหลือ 487 ตร.กม. ในปี 2543 (ศูนย์ข้อมูลกรุงเทพมหานคร, 2550) ในขณะที่การใช้ที่ดินเพื่อที่อยู่อาศัยสูงขึ้นจากปีพ.ศ. 2529 มี 181 ตร.กม. เพิ่มขึ้นเป็น 331 ตร.กม. ในปีพ.ศ. 2538 จนถึงปีพ.ศ. 2543 เพิ่มขึ้นเป็น 382 ตร.กม. โดยลักษณะของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของกรุงเทพมหานครเปลี่ยนจากพื้นที่เกษตรกรรมไปเป็นพื้นที่โล่ง และจากพื้นที่โล่งจึงเปลี่ยนเป็นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่อาศัย และจากที่อยู่อาศัยเปลี่ยนเป็นพาณิชยกรรม โดยอัตราการขยายตัวของการใช้ที่ดินเพื่อพาณิชยกรรม สูงสุด (ร้อยละ 14 ระหว่างปี 2531-2537) (Madhavan et al., 2001)

สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่มีต่อปริมาณก๊าซเรือนกระจก เกิดจากการขยายตัวของเมือง และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากพื้นที่ไม่มีสิ่งปลูกสร้าง (non-built up area) ไปเป็นพื้นที่ที่มีสิ่งปลูกสร้าง (built-up area) ของกรุงเทพมหานคร เนื่องจากพื้นที่เกษตรกรรมเดิมที่มีสัดส่วนของสิ่งปกคลุมเป็นต้นไม้สูง ถูกเปลี่ยนเป็นพื้นที่ที่มีสิ่งปกคลุมดินที่เป็นคอนกรีตแทน จึงส่งผลให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศสูงขึ้น เพราะต้นไม้ใช้ก๊าซดังกล่าวในการสังเคราะห์แสง (สุพัตรา, 2550) และเนื่องจากการขยายตัวของเมืองอย่างกระจาดกระจาย (Urban sprawl) ซึ่งไม่เป็นไปตามแผนพัฒนา จึงส่งผลให้ที่ตั้งของกิจกรรมอยู่ห่างกันและเป็นสาเหตุให้ประชาชนต้องเดินทางในระยะทางที่ไกลขึ้นในการทำกิจกรรมต่างๆ ประกอบกับการเชื่อมต่อของระบบคมนาคมขนส่งสาธารณะยังมีไม่เพียงพอกับความต้องการและคุณภาพต่ำ ประชาชนจึงไม่มีทางเลือกจำเป็นต้องเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนตัวในการทำกิจกรรมที่ตั้งอยู่ห่างกัน ส่งผลต่อปริมาณสารมลพิษที่ปล่อยจากท่อไอเสียสูงขึ้น โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เป็นสารมลพิษที่กระตุ้น (catalyst) ให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมีถึงร้อยละ 71 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศ (WRI, 2000)

ดังนั้นการบูรณาการองค์ความรู้ด้านการวางแผนและผังเมืองกับสภาพภูมิอากาศเป็นสิ่งจำเป็นยิ่ง และจำเป็นต้องใช้เครื่องมือในการบูรณาการองค์ความรู้ดังกล่าว ดังที่ นาย Eliasson (2000) กล่าวว่า การคำนึงถึงสภาพภูมิอากาศในการวางแผนผังเมืองจำเป็นต้องหาเครื่องมือและวิธีการที่เหมาะสม และ นาย Bulkeley และ นาย Betsill (2003) ยังกล่าวเพิ่มเติมว่าการศึกษการใช้ประโยชน์ที่ดินและการกระจายตัวของก๊าซเรือนกระจกในเชิงพื้นที่ที่มีความทันสมัยจำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือ เช่น ภาพถ่ายดาวเทียมในการวิเคราะห์ ซึ่งนักผังเมืองส่วนใหญ่ โดยเฉพาะในประเทศไทยยังไม่มีกรนำใช้ ด้วยเหตุผลหลายประการ คือ 1) นักผังเมืองมีภาระงานที่จำเป็นที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจจึงไม่มีเวลาในการค้นคว้าวิธีการใช้ภาพถ่ายดาวเทียม 2) นักผังเมืองยังไม่เห็นงานวิจัยที่ประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมในงานผังเมืองและไม่แน่ใจกับประสิทธิภาพของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม 3) สำนัก งานที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนขาดผู้เชี่ยวชาญ โปรแกรม และเงินทุนในการใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม และ 4) ความละเอียดของภาพจากภาพถ่ายดาวเทียมยังหยาบเกินไปที่จะอธิบายคุณลักษณะของเมือง เช่น บ้าน ถนน เป็นต้น (Carlson, 2003) อย่างไรก็ตามในปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมในการด้านผังเมืองบ้างแล้วในต่างประเทศ อาทิเช่น Sutton et al. (2001) ศึกษาประสิทธิภาพของการใช้ที่ดินในเมืองจากความหนาแน่นของประชากรที่ใช้เป็นตัวชี้วัดการขยายตัวของเมืองอย่างไร้ทิศทาง โดยใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม และเสนอมาตรฐานในการพิจารณาการเจริญเติบโตของเมือง แต่งานวิจัยดังกล่าวยังไม่หลากหลายมากนักในประเทศไทยโดยเฉพาะหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมโยธาธิการและผังเมือง มหาวิทยาลัย เป็นต้น ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงมีความมุ่งหวังบูรณาการองค์ความรู้ด้านสภาพภูมิอากาศและการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินไว้สำหรับ โดยการศึกษาความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินกับไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณก๊าซเรือนกระจก โดยได้ศึกษาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เนื่องจากมีปริมาณสูงสุดในบรรยากาศและมีการเกี่ยวข้องกับกิจกรรมเมืองมากที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- 1) ศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดิน และปริมาณก๊าซเรือนกระจก (คาร์บอนไดออกไซด์)
- 2) วิเคราะห์ความสัมพันธ์กิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินกับปริมาณก๊าซเรือนกระจก (คาร์บอนไดออกไซด์)
- 3) เสนอแนวทางการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก

1.3 สมมติฐานการวิจัย

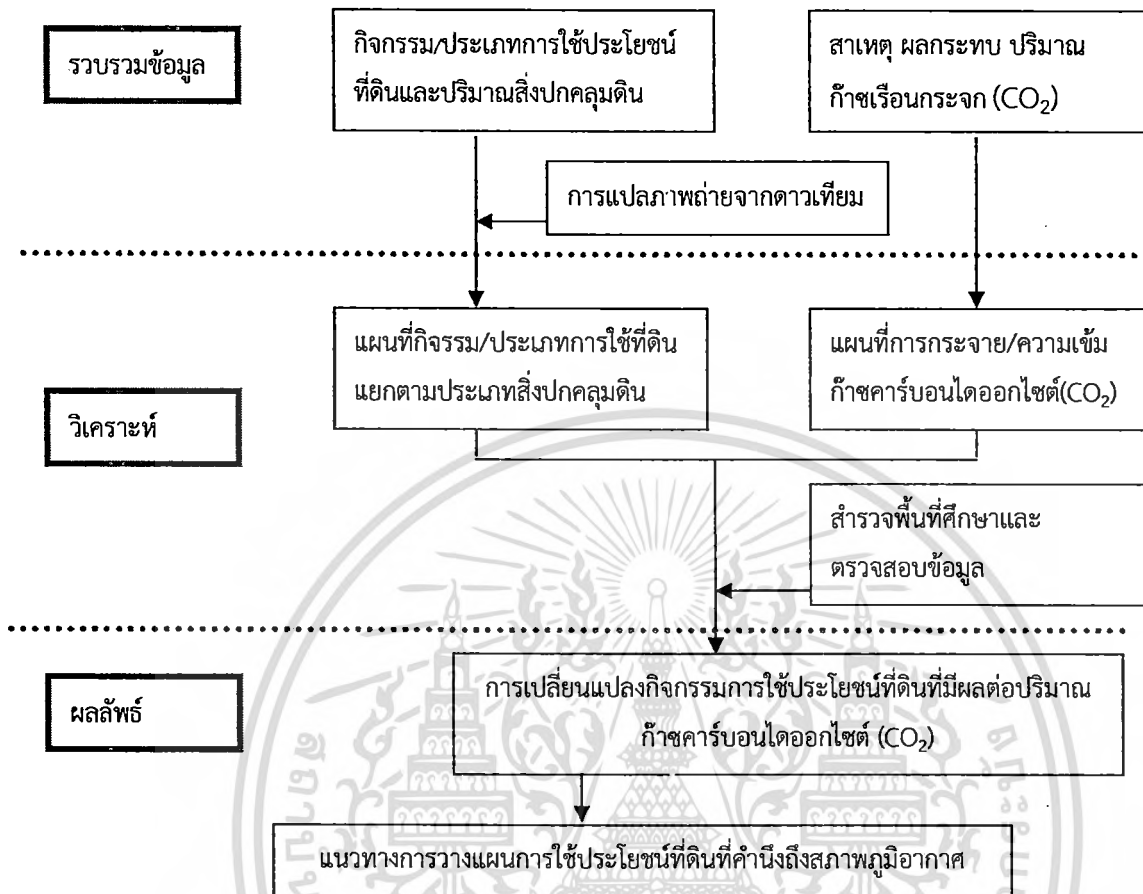
- 1) กิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
- 2) ไม่มีความแตกต่างของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างพื้นที่ที่มีสิ่งปกคลุมดินที่เป็นธรรมชาติ และพื้นที่ที่มีสิ่งปกคลุมดินที่มนุษย์สร้างขึ้น

1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย

- 1) ทบทวนวรรณกรรมแนวคิดทางด้านภูมิอากาศที่ใช้ ในการวางแผนและผังเมือง
- 2) รวบรวมข้อมูลกิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินแยกตามประเภทกับปริมาณก๊าซเรือนกระจก (คาร์บอนไดออกไซด์) ในพื้นที่กรุงเทพฯ
- 3) จัดจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินตามสิ่งปกคลุมพื้นผิวในกรุงเทพฯ จากภาพถ่ายดาวเทียม
- 4) สืบค้นพื้นที่ศึกษาและตรวจสอบข้อมูลที่ได้จากภาพถ่าย
- 5) วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินแยกตามประเภทกับปริมาณก๊าซเรือนกระจก
- 6) สร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดินและปริมาณก๊าซเรือนกระจก
- 7) เสนอแนะการวางผังเมืองเพื่อลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 กรอบการดำเนินการวิจัย



1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) สถานการณ์ของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและการกระจายตัวของก๊าซเรือนกระจก
- 2) ฐานข้อมูลเชิงตัวเลขและเชิงพื้นที่ ของการใช้ประโยชน์ที่ดินและการกระจายตัวของก๊าซเรือนกระจก (คาร์บอนไดออกไซด์) จากการแปลข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ข้อมูลจากสารสนเทศภูมิศาสตร์ และข้อมูลจากสถิติ ซึ่งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปประยุกต์ใช้ต่อไปได้
- 3) เผยแพร่เป็นบทความเกี่ยวกับสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน
- 4) บรรยายเผยแพร่องค์ความรู้และเทคโนโลยีการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในวิชาการวางแผนชุมชนเมืองและสภาพแวดล้อม และวิชาการสารสนเทศภูมิศาสตร์และการรับรู้ระยะไกลสำหรับการวางแผน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

- 1) สำนักผังเมือง สำนักนโยบายและแผน กรุงเทพมหานคร
- 2) กรมโยธาธิการและผังเมือง
- 3) สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
- 4) กรมควบคุมมลพิษ
- 5) กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
- 6) สถาบันการศึกษา เช่น สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

การขยายตัวของเมืองและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดก๊าซเรือนกระจก ในบทนี้จึงทบทวนเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยประกอบด้วย การใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินใน ส่วนที่ 2.1 สถานการณ์และผลกระทบของก๊าซเรือนกระจกในส่วนที่ 2.2 การประยุกต์ใช้การรับรู้ระยะไกลในงานด้านการใช้ที่ดินในส่วนที่ 2.3 และในส่วนสุดท้ายความพยายามในการบูรณาการองค์ความรู้ด้านภูมิอากาศกับกระบวนการวางผังเมือง

2.1 การใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในเมือง

2.1.1 การใช้ประโยชน์ที่ดินในเมือง

ลักษณะที่บ่งบอกถึง “เมือง” คือ พื้นที่และลักษณะการตั้งถิ่นฐานของประชากรที่อยู่รวมกันหนาแน่น เป็นชุมชน โดยประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพการค้าการบริการ อุตสาหกรรม ที่มีใช้ทางเกษตรกรรม (บุญ นาค ตีวกุล 2545) ดังนั้นการใช้ประโยชน์ในเมืองหนึ่งๆ จึงมีการใช้ที่ดินหลายประเภท ซึ่งการใช้ที่ดินแต่ละ ประเภทหมายถึงการประกอบกิจกรรมแต่ละกิจกรรมของเมือง โดยสามารถแบ่งได้หลักๆ ดังนี้

- การใช้ที่ดินเพื่อพาณิชย์กรรม (Commercial Land Use) บริเวณที่เป็นอาคารสำนักงาน ศูนย์การค้า โรงแรม ธนาคาร สถาบันการเงิน ที่รวมอยู่บริเวณศูนย์กลางเมือง เป็นย่านที่มีคนหนาแน่นในเวลา กลางวัน โดยส่วนใหญ่พื้นที่ย่านพาณิชย์กรรมมีประมาณ 4-8%
 - การใช้ที่ดินเพื่ออยู่อาศัย (Residential Land Use) การใช้ที่ดินประเภทนี้ส่วนใหญ่จะมีพื้นที่ มากที่สุดคือประมาณ 30% ของพื้นที่เมือง โดยมีลักษณะที่อยู่อาศัยแตกต่างกัน เช่น ตึกแถว คอนโดมิเนียม บ้านเดี่ยว ทาวน์เฮาส์ ผู้มีรายได้น้อยส่วนใหญ่อาศัยใกล้ที่ทำงาน เนื่องจากประหยัดค่าเดินทาง ในขณะที่ผู้ที่มี รายได้สูงอาศัยอยู่บริเวณรอบนอกเมือง เนื่องจากมีสภาพแวดล้อมที่ดีกว่า
 - การใช้ที่ดินเพื่อพักผ่อนหย่อนใจ และที่ว่าง (Recreational Land Use and Vacant land) ซึ่ง หมายถึง พื้นที่ธรรมชาติที่เป็นลุ่ม หนองน้ำ สนามหญ้า หรือที่เปิดโล่ง และยังรวมถึงที่เว้นว่างด้านหน้าอาคาร หรือระยะถอยร่น (Set back) พื้นที่ส่วนนี้ของเมืองควรมีประมาณ 20% พื้นที่ส่วนนี้ควรมีประมาณ 15 ตารางเมตรต่อคน
 - การใช้ที่ดินเพื่ออุตสาหกรรม (Industrial Land Use) อุตสาหกรรมที่ตั้งอยู่ในเมืองส่วนใหญ่เป็น อุตสาหกรรมขนาดเล็ก การจะตั้งโรงงานในจุดใดจุดหนึ่งของเมืองจะต้องพิจารณา 3 ปัจจัยหลักคือ 1) ใกล้ แหล่งน้ำและวัตถุดิบ ตลาด ขนาด และราคาที่ดิน 2) สภาพแวดล้อมเรื่องเสียง น้ำเสีย อากาศเป็นพิษ ที่ก่อ ความรำคาญเดือดร้อนให้กับชุมชนโดยรอบ และ 3) ความสะดวกในการเข้าถึงของผู้บริโภค ผู้ผลิต และ
- เอกสารอื่นเอกสารหนึ่งเล่มสำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นว่าเป็นประโยชน์ด้านการศึกษา
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงงาน การใช้ที่ดินกิจกรรมประเภทนี้มีพื้นที่ประมาณ 8-11% ปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ตั้งอยู่ชานเมืองหรือนอกเมือง และอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม เนื่องด้วยข้อบังคับกฎหมายว่าด้วยกำหนดเขตการใช้ที่ดิน ประกอบกับราคาที่ดินบริเวณรอบนอกที่มีราคาถูกกว่าในเมือง

- การใช้ที่ดินเพื่อการคมนาคม (Transportation Land Use) การใช้ที่ดินประเภทนี้ ได้แก่ ถนน และเส้นทางสัญจรอื่นๆ (Road and Highway) ซึ่งรวมถึงที่จอดรถ และสถานีขนส่ง มีพื้นที่ประมาณ 20%
- การใช้ที่ดินเพื่อสาธารณูปการ (Utility Land Use) ในส่วนนี้จะมีพื้นที่โดยประมาณ 15-20 % ได้แก่ โรงพยาบาล วัด สถานีตำรวจ สถานีดับเพลิง โรงเรียน มหาวิทยาลัย สถานีขนส่ง และสนามกีฬา

2.1.2 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินสามารถสังเกตได้ชัดในช่วงหลังการปฏิวัติอุตสาหกรรมที่มีการคิดค้นผลิตรถยนต์ทำให้การเข้าถึงมีความสะดวกรวดเร็วมากขึ้น และส่งผลให้เกิดที่อยู่อาศัยบริเวณชานเมืองเพิ่มขึ้น (Sale, 1975) ส่วนหนึ่งของการบริโภคเชิงพื้นที่แบบนี้ได้รับอิทธิพลจากการแทรกแซงทางนโยบาย ได้แก่ อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ที่ต่ำ กฎหมายและการอุดหนุนจากภาครัฐ การเก็งกำไร ผู้นำทางการเมืองในท้องถิ่น นักพัฒนารวมถึงผู้บริโภคเอง (Gottdiener, 1985) ยกตัวอย่างเช่น โครงการการพัฒนาขนาดใหญ่ของรัฐ การเลือกทำเลที่ตั้งของนักพัฒนาที่ดิน และความชอบส่วนตัวของผู้บริโภคเอง ส่งเสริมให้มีการแบ่งแยกที่อยู่อาศัยและแหล่งงานรวมถึงแหล่งการซื้อขายที่ตั้งอยู่ห่างกัน ทำให้เกิดการรุกรานพื้นที่ทางเกษตรกรรม และการขยายตัวของเมืองแบบกระจุกกระจาย (urban sprawl) ซึ่งมีผลต่อรูปร่างของเมือง เช่น การขยายตัวของเมืองไปตามเส้นถนนในรูปแบบเส้นตรง หรือนิ้วมือ (linear city or finger shaped city) (Gottdiener, 1985) และการบริโภคพลังงานเชื้อเพลิงที่เกิดจากการเดินทางไปกลับระหว่างที่ทำงานและบ้าน ซึ่งทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในบรรยากาศสูงขึ้น ซึ่งเป็นสารมลพิษกระตุ้นให้เกิดก๊าซเรือนกระจก ดังนั้นสาเหตุที่แท้จริงของปริมาณการใช้พลังงานและปริมาณของสารมลพิษจึงเกิดจากรูปแบบและการใช้ประโยชน์ที่ดินของเมือง

2.1.3 การใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในกรุงเทพมหานคร

ปัจจุบันกรุงเทพมหานครมีพื้นที่ทั้งหมด 1,568.7 ตารางกิโลเมตร ซึ่งในปี พ.ศ. 2545 กรุงเทพมหานครมีพื้นที่ความเป็นเมืองประมาณเกือบครึ่งหนึ่งของพื้นที่ทั้งหมด กล่าวคือ ประมาณ 700 ตารางกิโลเมตร และมีการใช้ประโยชน์ที่ดิน 3 ประเภทในจำนวนพื้นที่ที่ใกล้เคียงกัน คือประมาณ 23% ของพื้นที่ทั้งหมด ได้แก่ เป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการอยู่อาศัย จำนวน 366.385 ตารางกิโลเมตร (หรือร้อยละ 23.36) การใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรกรรม 369.837 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 23.58) และเป็นการใช้ประเภทที่ว่าง 378.974 ตารางกิโลเมตร (หรือร้อยละ 24) นอกนั้นจะเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ เช่น เพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพาณิชย์กรรม อุตสาหกรรม สถานที่ราชการ ฯลฯ และสามารถสรุปลักษณะ และรูปแบบ การใช้ประโยชน์ที่ดิน ในพื้นที่บริเวณต่างๆ ของกรุงเทพมหานคร ได้ดังนี้ (ศูนย์ข้อมูลกรุงเทพมหานคร, 2554) .

2.1.3.1 บริเวณพื้นที่เขตชั้นใน

- **เขตชั้นในด้านตะวันออก** เป็นพื้นที่ศูนย์กลางเมืองที่มีรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่เป็นประเภทที่อยู่อาศัย พาณิชยกรรม สถาบันราชการ สถาบันการศึกษา โดยการใช้ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยจะเป็นการใช้ที่ดินหลักในทุกเขต แต่จะมีอัตราส่วนสูงสุดในเขตวัฒนา บางซื่อ ดินแดง และสาทร สำหรับการใช้ที่ดินประเภทพาณิชยกรรม ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่เขตชั้นใน มีอัตราส่วนการใช้พื้นที่ดินพาณิชยกรรมสูงสุดในเขตสัมพันธวงศ์ เขตป้อมปราบศัตรูพ่าย เขตบางรัก และเขตปทุมวัน และการใช้ที่ดินประเภทสถาบันราชการ ซึ่งมีมากถึงครึ่งหนึ่งของที่ดินสถาบันราชการในกรุงเทพมหานคร มีการกระจายตัวมากในเขตดุสิต เขตราชเทวี เขตพญาไท เขตพระนคร เขตจตุจักร และเขตห้วยขวาง และมีการใช้ที่ดินประเภทสถาบันการศึกษากระจายตัวสูงสุดในเขตปทุมวันและเขตจตุจักร
- **เขตชั้นในด้านตะวันตก** มีการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่เป็นที่อยู่อาศัย โดยเกือบทุกเขตของกลุ่มพื้นที่นี้มีการใช้ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยสูงกว่าร้อยละ 50 สำหรับประเภทพาณิชยกรรมมีอัตราส่วนร้อยละ 8.45 ของพื้นที่ ซึ่งสูงเป็นอันดับ 2 รองจากพื้นที่เมืองชั้นในตะวันออก

2.1.3.2 บริเวณพื้นที่เขตต่อเนื่องหรือเขตชั้นกลาง

- **เขตต่อเนื่องด้านตะวันออก** เป็นพื้นที่รองรับการขยายตัวการพัฒนาจากพื้นที่เมืองชั้นใน จึงมีอัตราส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพาณิชยกรรมสูงในเขตบางนา เขตวังทองหลาง เขตสวนหลวง และเขตบางกะปิ ทั้งนี้เนื่องจากมีโครงข่ายคมนาคมพาดผ่าน และเป็นจุดเชื่อมต่อของระบบคมนาคมขนส่ง สำหรับประเภทอุตสาหกรรมนั้นจะมีการใช้ที่ดินประเภทนี้มากในเขตบางนาและเขตประเวศ และการใช้ที่ดินประเภทสถาบันราชการจะกระจายตัวอยู่มากในพื้นที่ด้านเหนือในเขตดอนเมืองและเขตบางเขน ซึ่งเป็นที่ตั้งของกิจกรรมของทหารและสถานีขนส่งทางอากาศ (สนามบิน) ตลอดจนที่ตั้งของหน่วยงานราชการส่วนกลางและองค์กรรัฐวิสาหกิจ การใช้ประโยชน์ที่ดินของกลุ่มเขตต่อเนื่องนั้นมีอัตราส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยมากในทุกเขต โดยอยู่ระหว่างอัตราร้อยละ 25.54 ของพื้นที่เขต และจากกรณีที่มีการขยายตัวของเมืองอย่างรวดเร็วจากศูนย์กลางเมืองไปสู่เขตชานเมือง ทำให้เกิดพื้นที่ว่าง รอกการพัฒนาหรือไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ประโยชน์ กระจายอยู่ในพื้นที่เขตต่อเนื่องด้านตะวันออกเป็นจำนวนมาก (ประมาณร้อยละ 25 ของพื้นที่เขต)

- **เขตต่อเนื่องด้านตะวันตก** การใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม (ประมาณร้อยละ 35 ของพื้นที่เขต) กระจายตัวมากในเขตราชบุรีบูรณะ เขตหนองแขม เขตทุ่งครุ และเขตทวีวัฒนา สำหรับประเภทพาณิชยกรรมนั้นจะมีลักษณะเป็นการค้าในรูปแบบดั้งเดิม ได้แก่ อาคาร ห้างแถว ที่ให้บริการระดับท้องถิ่น

2.1.3.3 บริเวณพื้นที่เขตชานเมืองหรือเขตชั้นนอก

- **เขตชานเมืองด้านตะวันออก** การใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมโดยมีอัตราส่วนการใช้พื้นที่ประมาณร้อยละ 52.74 ของพื้นที่เกษตรกรรมในกรุงเทพมหานคร โดยพื้นที่เกษตรกรรมจะมีอัตราส่วนการใช้ที่ดินมากที่สุดอยู่ในเขตหนองจอก (ประมาณร้อยละ 71 ของพื้นที่เขต) นอกจากนี้พื้นที่เกษตรกรรมแล้ว พื้นที่ชานเมืองตะวันออกนี้ยังมีการใช้ที่ดินประเภทอุตสาหกรรมคลังสินค้าขนาดใหญ่ในเขตลาดกระบัง และมีอัตราส่วนของที่ว่างจำนวนมากในทุกเขต
- **เขตชานเมืองด้านตะวันตก** การใช้ประโยชน์ที่ดินยังคงเป็นพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ว่างเช่นเดียวกับพื้นที่ชานเมืองตะวันออก (ประมาณอัตราส่วนร้อยละ 22 - 45) และมีการกระจุกตัวของการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอุตสาหกรรมในพื้นที่ริมถนนพระรามที่ 2 ถนนบางขุนเทียน และถนนเอกชัย

2.1.4 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและอาคาร

2.1.4.1 ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย

การใช้ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยของกรุงเทพมหานคร ได้เพิ่มจาก 113,119 ไร่ ในปี พ.ศ. 2529 เป็น 239,086 ไร่ ในปี พ.ศ. 2543 โดยบริเวณที่มีการเพิ่มพื้นที่อยู่อาศัยมาก ได้แก่ พื้นที่ต่อเนื่องทั้งด้านตะวันออกและด้านตะวันตก ตลอดจนในบริเวณชานเมือง เช่น เขตบางเขน เขตสายไหม เขตบางกะปิ เขตประเวศ เขตตลิ่งชัน เขตทวีวัฒนา และเขตภาษีเจริญ เป็นต้น ขณะเดียวกันที่อยู่อาศัยในพื้นที่ชั้นในได้เปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินมาเป็นอาคารขนาดใหญ่ที่มีความหนาแน่นของการใช้ที่ดินสูงขึ้น

และสำหรับการเปลี่ยนแปลงของอาคารที่อยู่อาศัย ปรากฏสถิติจำนวนบ้านของกรุงเทพมหานคร ได้เพิ่มจาก 1.24 ล้านหลัง ในปี พ.ศ. 2534 เพิ่มขึ้นเป็น 1.9 ล้านหลัง ในปี พ.ศ. 2543 ซึ่งคิดเป็นการเพิ่มโดยเฉลี่ย 60,000 หลังต่อปี และบริเวณที่มีจำนวนบ้านพักอาศัยมากที่สุด ได้แก่ พื้นที่โดยรอบเขตเมืองชั้นในและพื้นที่เขตต่อเนื่องด้านตะวันออก ซึ่งมีการเพิ่มถึง 277,155 หลังหรือร้อยละ 41.94 ของจำนวนบ้าน

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้คิดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เพิ่ม และการเพิ่มของจำนวนบ้านดังกล่าวมีผลให้ความหนาแน่นของบ้านพักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานคร เพิ่มขึ้นจาก 790 หลังต่อตารางกิโลเมตร ในปี พ.ศ. 2534 เป็น 1,211 หลังต่อตารางกิโลเมตร ในปี พ.ศ. 2543 และสำหรับการเปลี่ยนแปลงของจำนวนบ้านซึ่งเพิ่มขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 2534 - 2543 ในอัตราส่วนร้อยละ 5.29 ต่อปีนั้น เขตที่มีการเพิ่มสูงสุดได้แก่ เขตบางเขน เขตสายไหม เขตมีนบุรี เขตคลองสามวา เขตบึงกุ่ม เขต คันนายาว และเขตสะพานสูง สำหรับบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด ได้แก่ พื้นที่เมืองชั้นใน และปรากฏ ว่ามีพื้นที่ที่มีจำนวนบ้านลดลงด้วย ได้แก่ ในเขตพระนคร เขตป้อมปราบศัตรูพ่าย เขตสัมพันธวงศ์ และเขต บางกอกน้อย ทั้งนี้เนื่องจากที่ดินในบริเวณดังกล่าวมีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูง จึงมีการเปลี่ยนจากการใช้ ประโยชน์ที่ดินเพื่อการอยู่อาศัยไปเป็นการใช้ที่ดินเพื่อกิจกรรมทางเศรษฐกิจ

2.1.4.2 ที่ดินประเภทพาณิชยกรรม

การใช้ที่ดินประเภทพาณิชยกรรมจากการสำรวจเมื่อปี พ.ศ. 2543 มีพื้นที่ 35,971 ไร่หรือ ประมาณร้อยละ 3.67 ของพื้นที่ โดยส่วนใหญ่อยู่ในเขตชั้นในด้านตะวันออก การขยายตัวของพื้นที่พาณิชยกรรมนั้น จากการศึกษ พบว่ามีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วระหว่างปี พ.ศ. 2529 - 2538 จาก 11,147 ไร่ เป็น 29,782 ไร่ คิดเป็นการเพิ่มในอัตราเฉลี่ย 18.6 ต่อปี โดยเพิ่มขึ้นมากในเขตเมืองชั้นในและต่อเมืองตะวันออก

การใช้ประโยชน์ที่ดินและอาคารประเภทพาณิชยกรรมมีการเปลี่ยนแปลงตลอดมา จากเดิม ในรูปของอาคารห้องแถว ซึ่งเป็นการใช้ที่ดินแบบผสมรวมกับการอยู่อาศัย เปลี่ยนแปลงมาเป็นอาคารที่ใช้ เฉพาะเพื่อพาณิชยกรรม เช่น อาคารประเภทสำนักงาน การค้าและบริการศูนย์การค้า ห้างค้าปลีกขนาดใหญ่ พื้นที่ซึ่งมีการพาณิชยกรรมจำนวนมาก ได้แก่ เขตปทุมวัน เขตบางรัก เขตราชเทวี เขตคลองเตย เขตวัฒนา

2.1.4.3 ที่ดินประเภทอุตสาหกรรม

การใช้ที่ดินประเภทอุตสาหกรรม จากการสำรวจเมื่อปี พ.ศ. 2543 มีพื้นที่ 17,092 ไร่หรือ คิดเป็นอัตราส่วนร้อยละ 1.47 ของพื้นที่ โดยการกระจายตัวของพื้นที่อุตสาหกรรมจะอยู่ในพื้นที่ชานเมือง ตะวันออกเป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะเขตลาดกระบัง ซึ่งเป็นที่ตั้งของนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง สำหรับการ เปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นนั้น จากการศึกษ พบว่าระหว่างปี พ.ศ. 2529 - 2538 พื้นที่อุตสาหกรรมได้เพิ่มขึ้นจาก 14,759 ไร่ เป็น 18,371 ไร่ หรือเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 24.47

การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่อุตสาหกรรมจะเป็นไปตามนโยบายของรัฐบาล ซึ่งมุ่งเน้นการ กระจายตัวของโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตและโรงงานที่ก่อเหตุรำคาญออกนอกพื้นที่กรุงเทพมหานคร เพื่อ เป็นการกระจายแรงงานออกสู่ภูมิภาคและรักษาสภาพแวดล้อมของกรุงเทพมหานครซึ่งจากนโยบายดังกล่าว ทำให้ พื้นที่อุตสาหกรรมในบริเวณเมืองชั้นในมีสถิติลดลงอย่างชัดเจน โดยเฉพาะฝั่งตะวันตก ในขณะที่พื้นที่ ต่อเนื่องมีจำนวนพื้นที่ใกล้เคียงพื้นที่เดิม สำหรับพื้นที่ชานเมืองตะวันตก มีการขยายตัวในอัตราที่สูงขึ้น โดย ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มจาก 2,231 ไร่ ในปี พ.ศ. 2538 เป็น 3,229 ไร่ ในปี พ.ศ. 2543 ณ ปี พ.ศ. 2543 กรุงเทพมหานครมีโรงงานอุตสาหกรรมที่จดทะเบียนในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 20,711 แห่ง เป็นโรงงานอุตสาหกรรมประเภทที่ 3 ซึ่งเป็นกิจกรรมขนาดใหญ่ มีจำนวนแรงงานของเครื่องจักรและแรงงานสูง จำนวนถึง 10,137 แห่ง กระจายตัวอยู่ในพื้นที่เขตบางบอน เขตบางขุนเทียน เขตจอมทอง เขตราชบุรีบูรณะทางฝั่งตะวันตก และในพื้นที่เขตยานนาวา เขตบางคอแหลม และเขตบางซื่อ ในเขตฝั่งตะวันออกของเมือง

2.1.4.4 ที่ดินประเภทเกษตรกรรม

พื้นที่เกษตรกรรมของกรุงเทพมหานครได้ลดลงมาเป็นลำดับ ผลสำรวจการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2538 ระบุว่า กรุงเทพมหานครมีพื้นที่เพื่อการเกษตร 367,763 ไร่ ในปี พ.ศ. 2543 พื้นที่เกษตรได้ลดลงเหลือ 304,198 ไร่ และในปี พ.ศ. 2545 ได้ลดลงเหลือ 231,148.125 ไร่ โดยอัตราการลดลงประมาณ 3-4% ต่อปี ซึ่งพื้นที่เกษตรทั้งฝั่งตะวันออก - ตะวันตก จะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่ใกล้เคียงกัน

การทำเกษตรกรรมในพื้นที่กรุงเทพมหานครนั้น จะแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ โดยทางตะวันออก ได้แก่ พื้นที่ในเขตหนองจอก เขตคลองสามวา เขตลาดกระบัง เขตสายไหม และเขตสะพานสูง จะเป็นพื้นที่ทำนา ทำไร่ ส่วนพื้นที่ทางด้านตะวันตก ได้แก่ พื้นที่เขตทวีวัฒนา เขตตลิ่งชัน เขตหนองแขม เขตทุ่งครุ เป็นพื้นที่แปลงผัก ไม้ดอก ไม้ประดับ สวนผลไม้ และพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยเป็นพื้นที่บ่อปลา นากุ้ง ในเขตบางขุนเทียน

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทเกษตรกรรม จะเป็นไปตามแนวโน้มการพัฒนาเมืองที่เกิดขึ้น และพื้นที่ถือครองการเกษตร จะมีความสัมพันธ์ที่แปรผกผันกับสภาพทางเศรษฐกิจและมูลค่าของที่ดินในแต่ละบริเวณ (ศูนย์ข้อมูลกรุงเทพมหานคร, 2554)

2.2 สถานการณ์และผลกระทบของก๊าซเรือนกระจก

ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) เป็นก๊าซที่มีคุณสมบัติในการดูดซับคลื่นรังสีความร้อน หรือรังสีอินฟราเรดได้ดี ก๊าซเหล่านี้มีความจำเป็นต่อการรักษาอุณหภูมิในบรรยากาศของโลกให้คงที่ เนื่องจากก๊าซเหล่านี้ดูดซับรังสีความร้อนไว้ในเวลากลางวัน แล้วค่อยๆ แผ่รังสีความร้อนออกมาในเวลากลางคืน ทำให้อุณหภูมิในบรรยากาศโลกไม่เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน ซึ่งหากบรรยากาศโลกไม่มีก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ ดังเช่นดาวเคราะห์ดวงอื่นๆ ในระบบสุริยะแล้ว จะทำให้อุณหภูมิในตอนกลางวันนั้นร้อนจัด และในตอนกลางคืนนั้นหนาวจัด มีก๊าซจำนวนมากที่มีคุณสมบัติในการดูดซับคลื่นรังสีความร้อน และถูกจัดอยู่ในกลุ่มก๊าซเรือนกระจก ซึ่งมีทั้งก๊าซที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญคือ ไอน้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โอโซน มีเทนและไนตรัสออกไซด์ สารซีเอฟซี เป็นต้น แต่ก๊าซเรือนกระจกนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการทำงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระจกที่ถูกควบคุมโดยพิธีสารเกียวโต มีเพียง 6 ชนิด โดยจะต้องเป็นก๊าซที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (anthropogenic greenhouse gas emission) เท่านั้น ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ก๊าซมีเทน (CH₄) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N₂O) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC) ก๊าซเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC) และ ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF₆) ทั้งนี้ ยังมีก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง คือ สารซีเอฟซี (CFC หรือ Chlorofluorocarbon) ซึ่งใช้เป็นสารทำความเย็นและใช้ในการผลิตโฟม แต่ไม่ถูกกำหนดในพิธีสารเกียวโต เนื่องจากเป็นสารที่ถูกจำกัดการใช้ในพิธีสารมอนทรีออลแล้ว

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซที่มีพิษเล็กน้อย ไม่มีกลิ่น ไม่มีสี แต่หากหายใจเอาก๊าซนี้เข้าไปในปริมาณมากๆ จะรู้สึกเปรี้ยวที่ปากเกิดการระคายเคืองที่จมูกและคอ เนื่องจากอาจเกิดการละลายของแก๊สนี้ในเมือกในอวัยวะก่อให้เกิดกรดคาร์บอนิกอย่างอ่อน คาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในอากาศ ประมาณ 0.033% และจำเป็นในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช เป็นก๊าซที่มีปริมาณมากเป็นอันดับ 4 ในอากาศ รองจากไนโตรเจน ออกซิเจน และอาร์กอน

แหล่งที่มาของคาร์บอนไดออกไซด์ ปกตินั้นอยู่ในธรรมชาติซึ่งมีวัฏจักรของคาร์บอนอยู่แล้ว คือมีการหมุนเวียนคาร์บอนในลักษณะต่างๆ แหล่งของคาร์บอนมีทั้งใน อากาศ พื้นดินและมหาสมุทร โดยประมาณว่า มหาสมุทรจะเป็นแหล่งคาร์บอนที่มากที่สุดประมาณ $38,500 \times 10^9$ เมตริกตัน และเป็นตัวกลางแลกเปลี่ยนคาร์บอนในวัฏจักรทั้งหมดอีกด้วย นอกจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศเกิดจากธรรมชาติแล้วยังเกิดจากฝีมือมนุษย์ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิง เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ และการตัดไม้ทำลายป่าเพื่อใช้เป็นที่อยู่อาศัยหรือการเกษตรกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการตัดไม้ทำลายป่านี้ นับว่าเป็นตัวการสำคัญที่สุดในการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ ทั้งนี้เนื่องจากต้นไม้และป่าไม่มีคุณสมบัติที่ดี คือสามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ก่อนที่จะลอยขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ ดังนั้นเมื่อพื้นที่ป่าลดน้อยลง ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จึงขึ้นไปสะสมอยู่ในชั้นบรรยากาศได้มากขึ้น

2.2.1 สถานการณ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2.2.1.1 สถานการณ์ทั่วโลก

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซเรือนกระจกที่ทำให้เกิดพลังงานความร้อนสะสม ในบรรยากาศของโลกมากที่สุด ในบรรดาก๊าซเรือนกระจกชนิดอื่น ๆ ทั้งยังมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นกว่าก๊าซชนิดอื่น ๆ ด้วย ทำให้อุณหภูมิของผิวโลกและชั้นบรรยากาศทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2554) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศของโลกถือเป็นก๊าซล่องลอยที่เกิดขึ้นในขณะที่มีความเข้มข้นเฉลี่ยประมาณ 390 ส่วนต่อล้านโดยปริมาตรหรือ 591 ส่วนต่อล้านโดยมวลรวมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ คือ 3.16×10^{15} กก. ความเข้มข้นแตกต่างกันไปตามฤดูกาล และแตกต่างกันในแต่ละภูมิภาคโดยเฉพาะอย่างยิ่ง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริเวณใกล้พื้นดิน (Universal Industrial Gases Inc., 2011) นับแต่เริ่มมีการปฏิวัติอุตสาหกรรมความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศได้เพิ่มขึ้นจาก 280 ส่วนในล้านส่วนในกลางศตวรรษที่ 18 เป็น 379 ส่วนในล้านส่วนในปีพ.ศ. 2548 (กรุงเทพมหานคร, 2552)

จากผลการศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยหน่วยงาน IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) ประมาณตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980 เป็นต้นมา รายงานว่ามีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการตัดไม้ทำลายป่า เพื่อใช้เป็นพื้นที่เมือง หรือการเกษตรมีประมาณ 1.6 Gtc (1.6 5 10⁹ ตันคาร์บอน) ในขณะที่ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้ และแหล่งอื่นที่เป็นผลมาจากฝีมือ มนุษย์กำลังมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ผลการศึกษาของ IPCC ยังระบุชี้ว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซเรือนกระจกที่ทำให้เกิดพลังงานความร้อนสะสม ในบรรยากาศของโลกมากที่สุดในบรรดาก๊าซเรือนกระจกชนิดอื่นๆ ทั้งยังมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นกว่าก๊าซชนิดอื่นๆ ด้วย นอกจากนี้ IPCC ยังได้รายงานปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นโดยฝีมือมนุษย์นี้ ทำให้พลังงานรังสีความร้อนสะสมบนผิวโลก และชั้นบรรยากาศเพิ่มขึ้นประมาณ 1.56 วัตต์ ต่อตารางเมตร ในปริมาณนี้ยังไม่คิดรวมผลกระทบที่เกิดขึ้นทางอ้อมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2.2.1.2 สถานการณ์ประเทศไทย

ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา จาก 1.6 ตันต่อคนต่อปีในปีพ.ศ. 2533 เป็น 4.3 ตันต่อคนต่อปีในปีพ.ศ. 2547 ถึงแม้การปล่อยจะลดลงในช่วงวิกฤติเศรษฐกิจระหว่างปีพ.ศ. 2540-2541 แต่ปริมาณการปล่อยก็กลับสูงขึ้นอีกนับแต่ปีพ.ศ. 2542-2550 โดยในปีพ.ศ. 2548 กิจกรรมการใช้พลังงานของผู้ใช้พลังงานรวมปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากถึงร้อยละ 56 ของปริมาณการปล่อยรวมทั้งหมดในปีพ.ศ. 2546 ขณะที่การปล่อยที่เป็นผลมาจากกิจกรรมการเกษตรมีเพียงร้อยละ 24 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและป่าไม้ปล่อยเพียงร้อยละ 7 ของปริมาณการปล่อยรวมทั้งหมดของประเทศไทยภาคอุตสาหกรรมปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์คิดเป็นร้อยละ 19 ของปริมาณการปล่อยรวมทั้งหมด (กรุงเทพมหานคร, 2552)

2.2.1.3 สถานการณ์กรุงเทพมหานคร

ด้วยเหตุที่กรุงเทพมหานครเป็นเมืองหลวงของประเทศไทยเป็นศูนย์กลางการคมนาคมการบริหารราชการและการทำธุรกิจจึงเป็นแหล่งสำคัญหลักของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปีพ.ศ. 2548 มีการปล่อยก๊าซดังกล่าวมากถึง 43 ล้านตันสูงกว่าการปล่อยรวมในเมืองโตรอนโตที่ปล่อยเพียง 24 ล้านตันถึงแม้จะเป็นปริมาณการปล่อยที่น้อยกว่าปริมาณการปล่อยรวมของเมืองนิวยอร์กปล่อยมากถึง 58 ล้านตันซึ่งปริมาณเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของกรุงเทพมหานครเทียบเท่ากับปริมาณการปล่อยของลอนดอนที่ปล่อยรวม 44 ล้านตันต่อปี

นอกจากนี้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหัวประชากรเมื่อเปรียบเทียบกับพบว่าประชากรในกรุงเทพมหานครมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากถึง 7.1 ตันต่อคนต่อปีในปีพ.ศ. 2548 ซึ่งเท่ากับประชากรในนิวยอร์กที่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 7.1 ตันต่อคนต่อปีและเมื่อเทียบกับประชากรในลอนดอนคนในกรุงเทพมหานครปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าคนในลอนดอนที่ปล่อยเพียง 5.9 ตันต่อคนต่อปี (กรุงเทพมหานคร, 2552)

2.2.2 ผลกระทบของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

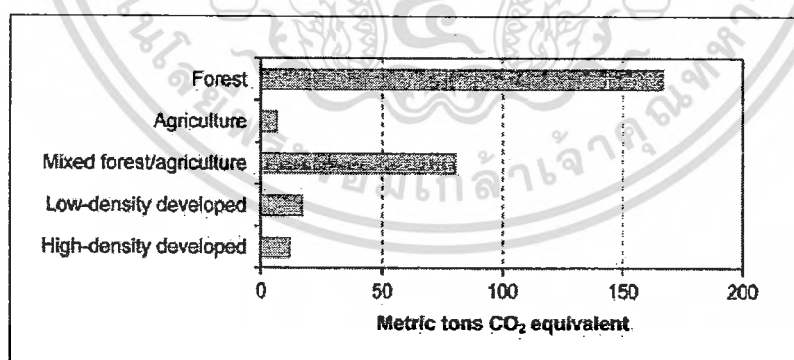
กิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ กำลังเพิ่มปริมาณก๊าซเรือนกระจก การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติรวมทั้งการตัดไม้ทำลายป่าทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การทำการเกษตรและการปศุสัตว์ปล่อยก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์ ควันท่อไอเสียรถยนต์ปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซโอโซน นอกจากนี้กระบวนการแปรรูปอุตสาหกรรมปล่อยสารฮาโลคาร์บอน (CFCs, HFCs, PFCs) การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกนั้น ส่งผลให้ชั้นบรรยากาศมีความสามารถในการกักเก็บรังสีความร้อนได้มากขึ้น ผลที่ตามมาคือ อุณหภูมิเฉลี่ยของชั้นบรรยากาศที่เพิ่มขึ้นด้วย แต่การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกนั้น ไม่ได้เพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดยังมีศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก (Global Warming Potential: GWP) ที่แตกต่างกัน ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการแผ่รังสีความร้อนของโมเลกุล และขึ้นอยู่กับอายุของก๊าซนั้นๆ ในบรรยากาศ และจะคิดเทียบกับการแผ่รังสีความร้อนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง เช่น 20 ปี 50 ปี หรือ 100 ปี

ผลกระทบของก๊าซเรือนกระจกต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่น ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยและอุณหภูมิสูงสุดในที่ต่างๆ สูงขึ้น เป็นผลให้มีจำนวนวันที่อากาศร้อนเพิ่มขึ้น คลื่นความร้อนรุนแรงขึ้น เกิดภัยพิบัติสืบเนื่องจากภูมิอากาศ เช่น พายุ น้ำท่วมอย่างรุนแรง มีผลต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศยังเป็นปัจจัยเสริมให้เกิดโดมความร้อน (Urban heat island) ที่รุนแรงขึ้นในเขตเมืองซึ่งมีสภาวะแวดล้อมที่เอื้อต่อ การกักเก็บความร้อนอยู่แล้วอีกด้วย ปรากฏการณ์โดมความร้อนนี้ เป็นภาวะที่อุณหภูมิในเขตเมืองสูงกว่าเขตรอบนอก ในทุกช่วงเวลาทั้งกลางวัน กลางคืนและทุกฤดูกาล สามารถเกิดได้ในเมืองใหญ่ หรือเมืองที่มีประชากรเพียงประมาณ 10,000 คน ปรากฏการณ์นี้เป็นที่รู้จักมากกว่าร้อยปี และคาดว่าจำนวนประชากรที่ได้รับผลกระทบอาจมากถึงครึ่งหนึ่งของประชากรโลกภายในปลายศตวรรษนี้

การเพิ่มสูงของอุณหภูมิเฉลี่ยยังส่งผลให้เกิดความต้องการพลังงาน พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นสูงขึ้น ทำให้เกิดการขยายกำลังการผลิตไฟฟ้า ซึ่งมีผลกระทบต่อเนื่องถึงปัญหาการขาดแคลนน้ำในหน้าแล้ง ที่จะใช้ผลิตไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งหามมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟฟ้า และอุปโภคบริโภค เพราะประเทศไทยอาศัยการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำเป็นหลัก นอกจากนี้ความร้อนที่สูงขึ้น สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างก๊าซพิษต่างๆ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ จะเพิ่มขึ้นตามระดับอุณหภูมิ ทำให้เกิดหมอกควันและโอโซน ซึ่งเป็นก๊าซพิษที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพโดยตรง กล่าวคือทำให้เกิดอาการระคายเคืองของระบบทางเดินหายใจและเยื่อปอด ในระยะยาวอาจก่อให้เกิดโรคเรื้อรังของระบบทางเดินหายใจและระบบหายใจล้มเหลวได้

สำหรับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เกิดจากการสูญเสียพื้นที่ป่าไม้ โดยการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินไปเป็นประเภทอื่น เช่น การเกษตรกรรม พื้นที่อยู่อาศัย ฯลฯ ทำให้ความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำลง เพราะความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นอยู่กับอัตราการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ความหนาแน่นของป่าไม้ ชนิดไม้ เป็นต้น (นาฏสุดา ภูมิจำรงค์, 2551) U.S. Department of Agriculture (2009) กล่าวถึงการวางแผนการใช้ที่ดินและการอนุรักษ์พื้นที่ป่าว่ามีความสำคัญต่อการกักเก็บและการปล่อย CO₂ จากการศึกษาการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน ประกอบกับการอนุรักษ์ป่าไม้ การทำการเกษตร และการจัดการระบบขนส่ง ในพื้นที่ทางตะวันตก ในรัฐออริกอนพบว่าสามารถเก็บกักคาร์บอนไดออกไซด์ได้ประมาณ 1.7 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี เช่นเดียวกับ Philippe Ciais และ Vincent Gitz (2003) ศึกษาถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินกับคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศในอนาคต กล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของ CO₂ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินทำให้การกักเก็บ CO₂ ของชีวมวลบนบกลดน้อยลง



รูปที่ 2-1 การกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละประเภทการใช้ที่ดินเฉลี่ยต่อไร่ของพื้นที่ทางตะวันตกในรัฐออริกอน

ที่มา: U.S. Department of Agriculture (2009)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การประยุกต์ใช้การรับรู้ระยะไกลและภาพถ่ายจากดาวเทียม

การรับรู้ระยะไกลเป็นวิธีการหนึ่งที่ได้มีการนำมาประยุกต์ใช้โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมในการศึกษาติดตามการเปลี่ยนแปลงของสภาพบรรยากาศ พื้นที่ป่าไม้ แหล่งน้ำ รวมถึงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในการวิจัยครั้งนี้จึงได้ประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในส่วนนี้ได้พบทวนถึงหลักการการรับรู้ระยะไกล และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการประยุกต์ใช้การรับรู้ระยะไกลในการศึกษาด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน

2.3.1 หลักการการรับรู้ระยะไกล

เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) เป็นการสำรวจจากระยะไกล โดยเครื่องมือวัดไม่มีการสัมผัสกับสิ่งที่ต้องการตรวจวัดโดยตรง กระทำการสำรวจโดยให้เครื่องวัดอยู่ห่างจากสิ่งที่ต้องการตรวจวัด โดยอาจติดตั้งเครื่องวัดเช่น กล้องถ่ายภาพ วิทยุที่ส่ง บนบอลูน บนเครื่องบิน ยานอวกาศ หรือดาวเทียม แล้วอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่ หรือสะท้อนมาจากสิ่งที่ต้องการสำรวจเป็นสื่อในการวัด การสำรวจโดยใช้วิธีนี้เป็นที่เก็บข้อมูลที่ข้อมูลจำนวนมาก ในบริเวณกว้างกว่าการสำรวจภาคสนาม จากการใช้เครื่องมือสำรวจระยะไกล โดยเครื่องมือสำรวจไม่จำเป็นต้องสัมผัสกับวัตถุตัวอย่าง เช่น เครื่องบินสำรวจเพื่อถ่ายภาพในระยะไกล การใช้ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรทำการเก็บข้อมูลพื้นผิวโลกในระยะไกล

หลักการการประยุกต์ใช้การรับรู้ระยะไกล อาศัยคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงคลื่นที่เหมาะสมจากแหล่งพลังงานดวงอาทิตย์ที่สัมผัสกับความชื้นของชั้นบรรยากาศที่เกิดจากการปนเปื้อนของฝุ่นละอองและหมอกควัน ซึ่งก่อให้เกิดการกระเจิงของแสง (Scattering) การดูดกลืนของแสง (Absorption) และการหักเหของแสง (Reflection) ที่แตกต่างกันทำให้อุปกรณ์รับสัญญาณ (sensor) ของดาวเทียมตรวจจับแม่เหล็กไฟฟ้าในระดับที่แตกต่างกัน โดยการวิเคราะห์จากค่าความแตกต่างของค่าระดับสีเทา (digital number value: DN value) ระหว่างภาพถ่ายจากดาวเทียม โดยอาศัยหลักการการสะท้อนกลับของรังสีดวงอาทิตย์ของช่วงคลื่นมองเห็น (visible band) ของภาพถ่ายดาวเทียมต่างช่วงเวลาเพื่อติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง ในขณะที่หลักการตรวจสอบมลพิษในอากาศก็สามารถใช้ได้ทั้งช่วงคลื่นมองเห็นและช่วงคลื่นความร้อน (Thermal Infrared) เพื่อตรวจสอบสิ่งเจือปนในบรรยากาศ (รัฐพล และคณะ 2549)

ในการคัดเลือกภาพถ่ายดาวเทียมควรที่จะเลือกภาพที่มีปริมาณเมฆปกคลุมบนภาพถ่ายดาวเทียมน้อย เพราะเมฆเป็นปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อความคลาดเคลื่อนของการแปลผล เนื่องจากเมฆจะรบกวนการวิเคราะห์คุณสมบัติทางแสงของสารมลพิษ ดังนั้นภาพถ่ายดาวเทียมจะต้องมีการคัดกรองโดยเลือกเฉพาะภาพที่มีเมฆปกคลุมควรมิเกินร้อยละ 10

เมื่อได้คัดเลือกภาพถ่ายดาวเทียมที่ต้องการแล้ว จำเป็นต้องมีการปรับแก้ภาพถ่าย ประกอบด้วย การปรับแก้เชิงรังสี (Radiometric correction) เป็นการปรับแก้ในช่วงคลื่นรังสีสะท้อน เช่น ค่าดีเอ็น เนื่องจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือสงวนลิขสิทธิ์เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นว่าเป็นประโยชน์ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลที่ได้อาจมีความผิดพลาดมีทั้งข้อมูลการสะท้อนที่ขาดหายไปหรือมีความสว่างของภาพมากเกินไป ทำให้การกระจายจุดภาพผิดปกติ ข้อผิดพลาดเหล่านี้เกิดจากอุปกรณ์เครื่องตรวจวัดที่ติดตั้งบนยานสำรวจ ตำแหน่งมุมความสูงของดวงอาทิตย์ และสภาพบรรยากาศ และการปรับแก้ทางเรขาคณิต (Geometric correction) เป็นการปรับแก้ภาพถ่ายให้มีความถูกต้องในเรื่องตำแหน่งและพิกัดภูมิศาสตร์ตรงกับพื้นที่จริงบนโลก เมื่อทำการปรับแก้ภาพเรียบร้อยแล้วจึงค่อยทำการประมวลผลภาพ

ในการประมวลผลข้อมูลดาวเทียมเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลง ทำให้สามารถจัดทำแผนที่เฉพาะเรื่อง ที่แสดงถึงรูปร่าง (shape) รูปแบบ (pattern) และการกระจายตัว (Distribution) ของสิ่งต่างๆ บนพื้นผิวโลก และยังสามารถหาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องได้หากได้รับข้อมูลภาพอย่างต่อเนื่อง เช่น น้ำท่วม ภูมิอากาศ รูปแบบน้ำฝน และการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน เป็นต้น

การใช้ภาพถ่ายดาวเทียมในการติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินควรทำการศึกษาอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เพราะสภาพพื้นผิวโลกที่การเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาทั้งจากธรรมชาติและจากฝีมือมนุษย์ โดยวิธีที่วัดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากดาวเทียมมีหลายวิธี เช่น การทำอัตราส่วนระหว่างช่วงคลื่น (Temporal Image Rationing) การนำช่วงคลื่นมาลบกัน (Subtraction) การวิเคราะห์แบบองค์ประกอบหลัก (Principle Components Analysis) การเปรียบเทียบผลการจำแนกประเภทข้อมูล (Classified Image Comparison) ที่ทำการบันทึกต่างเวลา การวิเคราะห์ขนาดและทิศทางของการเปลี่ยนแปลง (Change Vector Analysis) (สมพร 2552)

2.3.2 การวัดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินและมลพิษทางอากาศ

การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในเมืองได้รับความสนใจจากนักวิจัยจำนวนมาก (Welch and Ehlers 1987, Thomas et al. 1987, Pathan et al. 1993, Much Dimiyati et al. 1996 อ้างอิงใน Madhavan and Kubo 2001) และมีการศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินจำนวนมากที่ประเมินด้วยการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมโดยการจำแนกชนิดวัตถุและแสดงเป็นแผนที่ (Jensen and Toll 1982, Toll 1985, Haack et al. 1987, Foster and Jones 1988 อ้างอิงใน Madhavan and Kubo 2001) การตรวจสอบและการทำแผนที่แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเป็นวัตถุประสงค์หลักในการศึกษาการรับรู้อะยะไกล

นอกจากนี้มีความพยายามประยุกต์ใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมในงานวิจัยด้านมลพิษทางอากาศ เช่น Finzi & Lechi (1991) ได้ศึกษาความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิเมืองและชนบทโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat ร่วมกับข้อมูลอุณหภูมิภาคพื้นดิน โดยการเปรียบเทียบภาพถ่ายทางอากาศ 2 ภาพ คือภาพที่บันทึกในฤดูหนาวที่มีค่ามลพิษสูงซึ่งมีสภาพอุตุนิยมวิทยาคงที่ และภาพวันที่มีสภาพอุตุนิยมวิทยาแปรปรวน กล่าวคือเป็นวันที่มีลมและมีมลพิษทางอากาศน้อย ผลการศึกษาพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ระดับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการทำงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงแก้ไข และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นดินและค่าอุณหภูมิจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat band 6 มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญในเชิงลบ ทั้งนี้เขาให้เหตุผลว่ามลพิษในอากาศ เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ผุ่น ละอองไอ และอนุภาคขนาดต่างๆ ลดความโปร่งใสของค่าอุณหภูมิจากภาพถ่ายดาวเทียมใน TM band

L. Bateson และคณะ (2008) ศึกษาการประยุกต์ใช้ Remote Sensing เพื่อติดตามการกักเก็บและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่พื้นผิวดิน บริเวณพื้นที่ตอนกลางของอิตาลี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดเก็บฐานข้อมูลธรณีวิทยา ผลของการประยุกต์ใช้เทคนิคระยะไกลเพื่อค้นหาจุดที่จะปล่อยก๊าซได้แสดงให้เห็นว่าวิธีการนี้มีศักยภาพในการเป็นเทคนิคการคัดกรองในระดับภูมิภาคเพื่อเลือกพื้นที่ในการศึกษาภาคพื้นดินได้

Oksana Volosko-Demkiv และ Olexandr Ryabokonko (ม.ป.ป.) ประยุกต์ใช้ Remote Sensing และ GIS ในการประเมินคาร์บอนไดออกไซด์ โดยศึกษาสมดุลคาร์บอนในประเทศยูเครน โดยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างวงจรคาร์บอน, ประเภทสิ่งปกคลุมดิน/การใช้ประโยชน์ที่ดิน และภูมิอากาศ ซึ่งใช้ Remote Sensing เป็นเครื่องมือในการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงวงจรคาร์บอน โดยเฉพาะการตรวจสอบและประเมินพื้นที่ไฟไหม้ การประเมินชนิดและพื้นที่ป่า รวมถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และติดตามและประเมินการเคลื่อนไหวของ CO₂ ในชั้นบรรยากาศ

P.L. Woerner และคณะ (2004) ศึกษาถึงความเชื่อมโยงโทรมของสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากภัยแล้งและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีผลต่อการกักเก็บคาร์บอนในเซเนกัล โดยเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและการกักเก็บคาร์บอนในดินและพืช ในเขตที่มีระบบนิเวศน์ที่แตกต่างกันของเซเนกัล ในปี 1965, ปี 1985 และ ปี 2000 โดยอาศัยการประมาณข้อมูลคาร์บอนจากการเก็บข้อมูลตัวอย่างในแต่ละพื้นที่และวิเคราะห์ร่วมกันข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่ได้จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมในแต่ละช่วงปี ซึ่งผลการศึกษาพบว่าความแตกต่างของปริมาณคาร์บอน เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของพืชโดยการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงผลกระทบจากมนุษย์และสภาพภูมิอากาศ

Wald, L. (1999) ตรวจสอบศักยภาพโดยการสังเกตจากภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อเป็นแผนที่แสดงค่าคุณภาพอากาศ การวัดอนุภาคฝุ่นดำ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และมลพิษอื่นๆ ในเมือง Nantes และเปรียบเทียบกับภาพ Landsat ETM+ TM6 และการศึกษาพบว่าปริมาณฝุ่นอนุภาคสีดามีความสัมพันธ์ระดับสูงกับค่าอุณหภูมิ (apparent temperature) ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม เขาสรุปว่าระดับมลพิษทางอากาศพิจารณาได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในเมือง

Gupta, P. et al. (2006) ใช้ข้อมูล aerosol optical thickness (AOT) จาก MODIS และข้อมูลจากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินเพื่อตรวจสอบฝุ่นขนาดเล็ก 2.5 ไมครอน ในเมืองซิดนีย์ เดลฮี ฮองกง นิวยอร์ก และสวีเดน เซอร์แลนด์พบว่าค่าเฉลี่ยรายวันของฝุ่นขนาดเล็กระหว่างภาพถ่ายจากดาวเทียมและสถานีตรวจวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคพื้นดินมีความสัมพันธ์กันสูง ($r=0.96$) และสรุปว่า AOT มีความเหมาะสมในการตรวจสอบคุณภาพอากาศด้านฝุ่น

Wong และ Yang (2006) ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบมลพิษทางอากาศของท้องถิ่นกับการใช้ประโยชน์ที่ดินและความร้อนของเมืองโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์วัดคุณภาพอากาศประกอบด้วย ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ และฝุ่นระหว่างปีค.ศ. 1981 ถึง 2000 ที่เมือง กวางโจว ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat TM และภาพถ่ายทางอากาศในการตรวจสอบการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน รวมถึงความร้อนของเมือง ผลการศึกษาพบว่ามลพิษทางอากาศมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของเมืองและค่าอุณหภูมิจากภาพถ่ายดาวเทียมโดยเฉพาะในฤดูร้อน

Sifakis et al. (1998) ศึกษามลพิษอากาศในเมืองเขาสรุปว่าค่าเชิงปริมาณที่บอกถึงความขุ่นของบรรยากาศสามารถทำนายได้จากภาพถ่ายดาวเทียมหากภาพที่ได้มีสภาพบรรยากาศที่ปลอดโปร่งและเปรียบเทียบสภาพมลพิษเชิงการแผ่รังสี เนื่องจากละอองไอปกคลุมทั่วพื้นดิน อย่างไรก็ตามวิธีนี้อาจจะทำให้เกิดการจำแนกผิดพลาดได้เนื่องจากการแปรปรวนชั่วคราวของการสะท้อนของพื้นดิน

Retalis (1999) ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat ช่วงคลื่น $0.45-0.52 \mu\text{m}$ เพื่อประเมินการกระจายตัวของละอองไอในบรรยากาศในพื้นที่กรุงเอเธนส์ โดยการคำนวณความแตกต่างของ optical density จากภาพถ่ายดาวเทียมสองภาพ คือ ภาพในวันที่มีมลพิษและภาพในวันที่ไม่มีมลพิษ ผลการศึกษาพบว่ามี ความสัมพันธ์กันเชิงบวกระหว่าง optical thickness ของวันที่มีและไม่มีมลพิษ และพบละอองไอสูงในพื้นที่ ย่านอุตสาหกรรม

2.4 การบูรณาการองค์ความรู้ด้านภูมิอากาศกับกระบวนการวางผังเมือง

การบูรณาการองค์ความรู้ด้านการวางแผนและผังเมืองกับสภาพภูมิอากาศ โดยการศึกษาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากลักษณะของกิจกรรมการใช้ที่ดินประเภทต่างๆ สามารถสร้างความตระหนักแก่นักผังเมืองได้ และจำเป็นต้องใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ดังกล่าว ดังที่ นาย Eliasson (2000) กล่าวว่า การคำนึงถึงสภาพภูมิอากาศในการวางผังเมืองจำเป็นต้องหาเครื่องมือและวิธีการที่เหมาะสม และ นาย Bulkeley และ นาย Betsill (2003) ยังกล่าวเพิ่มเติมว่าการศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินและการกระจายตัวของก๊าซเรือนกระจกในเชิงพื้นที่ที่มีความทันสมัยจำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือ เช่น ภาพถ่ายดาวเทียมในการวิเคราะห์ ซึ่งนักผังเมืองส่วนใหญ่ โดยเฉพาะในประเทศไทยยังไม่มีให้นำใช้ ด้วยเหตุผลหลายประการ คือ 1) นักผังเมืองมีภาระงานที่จำเป็นที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจจึงไม่มีเวลาในการค้นคว้าวิธีการใช้ภาพถ่ายดาวเทียม 2) นักผังเมืองยังไม่เห็นงานวิจัยที่ประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมในงานผังเมืองและไม่แน่ใจกับความสามารถของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพถ่ายจากดาวเทียม 3) สำนักงานที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนชาติผู้เชี่ยวชาญ โปรแกรม และเงินทุนในการใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม และ 4) ความละเอียดของภาพจากถ่ายดาวเทียมยังหยابเกินไปที่จะอธิบายคุณลักษณะของเมือง เช่น บ้าน ถนน เป็นต้น (Carlson, 2003) อย่างไรก็ตามในปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมในการด้านผังเมืองบ้างแล้วในต่างประเทศ อาทิเช่น Sutton (2001, 2003) ศึกษาประสิทธิภาพของการใช้ที่ดินในเมืองจากความหนาแน่นของประชากรที่ใช้เป็นตัวชี้วัดการขยายตัวของเมืองอย่างไร้ทิศทาง โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม และเสนอมาตรฐานในการพิจารณาการเจริญเติบโตของเมือง

Eliasson (2000) ได้วิเคราะห์ปัจจัยที่เป็นอุปสรรคในการนำผลกระทบจากภูมิอากาศไปสู่กระบวนการวางเมือง โดยแยกออกเป็น 7 สาเหตุหลัก ประกอบด้วย (1) ปัญหาในการสื่อสารระหว่างนักวางผัง นักลงทุนหรือนักการเมือง และในบางกรณีนักวางผังมีความรู้สึกว่าจะไม่ได้รับข้อมูลที่ชัดเจนเพียงพอถึงความสำคัญของผลกระทบด้านภูมิอากาศ (2) ความขัดแย้งด้านผลประโยชน์ เช่นในหลายกรณีที่มีการดำเนินการโครงการในพื้นที่ที่มีสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม แม้ว่าจะมีการนำเสนอผลการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมด้านภูมิอากาศแล้วก็ตาม (3) ค่าใช้จ่าย ที่เพิ่มมากขึ้นสำหรับการศึกษาลักษณะภูมิอากาศ (4) การขาดความรู้เกี่ยวกับผลกระทบจากภูมิอากาศ ในกลุ่มผู้ที่เกี่ยวข้องทั้ง นักวางผัง นักลงทุน นักการเมืองและผู้ที่เกี่ยวข้อง (5) ลำดับความสำคัญของข้อมูลด้านภูมิอากาศ ในโครงการ ซึ่งโดยทั่วไปให้ความสำคัญกับข้อมูลด้านอาคาร และความปลอดภัยด้านจราจรเป็นอันดับแรก (6) ความไม่ชัดเจนของนโยบาย จากการเปลี่ยนแปลงนโยบายกลางบ่อย (7) เวลาที่ยืดเยื้อจากกระบวนการมีส่วนร่วมในกระบวนการวางผังเมืองซึ่งทำให้ประเด็นด้านภูมิอากาศถูกลดความสำคัญลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยประยุกต์เชิงพรรณนาที่มีวัตถุประสงค์หลักในการสำรวจการเปลี่ยนแปลงของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศว่ามี การแปรผันตามประเภทการใช้ที่ดินในลักษณะใด ซึ่งในบทนี้เป็น การแสดงวิธีการศึกษาที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยนี้ โดยแยกหัวข้อต่างๆ เริ่มจากการทบทวนงานวิจัยและรวบรวม ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในหัวข้อ 3.1 สำหรับในหัวข้อ 3.2 เป็นการนำเสนอวิธีการศึกษาแนวโน้มนการเปลี่ยนแปลง การใช้ประโยชน์ที่ดิน ในขณะที่วิธีการศึกษาแนวโน้มนการเปลี่ยนแปลงของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ใน บรรยากาศของกรุงเทพมหานครถูกนำเสนอในหัวข้อ 3.3 และในหัวข้อสุดท้ายเป็นวิธีการศึกษาการหา ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดินและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

3.1 ทบทวนและรวบรวมงานวิจัย วรรณกรรม และข้อมูลทางสถิติ

การทบทวนทฤษฎีและกรณีศึกษาจากตำรา บทความ และเอกสารที่เกี่ยวข้องทางด้านวิธีการการหา การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมและการกระจายตัวของก๊าซคาร์บอนได ออกไซด์ รวมถึงแบบจำลองหาความสัมพันธ์ระหว่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน นอกจากนี้ได้รวบรวมข้อมูลหตุยภูมิที่จำเป็นสำหรับการศึกษานี้ประกอบด้วยข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน จาก สำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร เพื่อใช้เป็นแผนที่ฐานในการกำหนดตำแหน่งพิกัดให้กับภาพถ่ายดาวเทียม ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าและเกณฑ์มาตรฐานการใช้ไฟฟ้า จากการไฟฟ้านครหลวง และข้อมูลและเกณฑ์ มาตรฐานการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แยกตามกิจกรรม จากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน

3.2 การศึกษาแนวโน้มนการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ในการศึกษานี้ได้ประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียมในการสำรวจและจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน อาศัยการเปรียบเทียบข้อมูลดาวเทียมในอดีตกับข้อมูลดาวเทียมในปีล่าสุดจะสามารถแสดงถึงการเปลี่ยนแปลง การใช้ประโยชน์ที่ดินที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งการประยุกต์ใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม มีขั้นตอนการดำเนินการหลัก อยู่ 2 ขั้นตอน คือ การจัดเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผลดังแสดงรายละเอียดในหัวข้อ 3.2.1 และการ ประมวลผลข้อมูลในหัวข้อ 3.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 รายละเอียดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษานี้

การวิจัยครั้งนี้ได้ประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 7 ETM+ (path 129 row 50 และ path 129 row 51) จากหน่วยงาน The United States Geological Survey (USGS) เป็นภาพถ่ายดาวเทียมระดับ 1T หมายถึง ภาพดังกล่าวผ่านกระบวนการการปรับแก้ภาพเชิงรังสี (Radiometric Correction) จากศูนย์ควบคุมภาคพื้นดินของดาวเทียม Landsat ก่อนเผยแพร่สู่ผู้ใช้ข้อมูล ซึ่งการศึกษานี้ได้เลือกใช้ภาพถ่ายดาวเทียมครอบคลุมพื้นที่กรุงเทพมหานคร 2 ช่วงเวลา ประกอบด้วย ภาพบันทึกในปี 2542 และ ปี 2552 ภาพถ่ายดาวเทียมมีขนาด 828 x 828 จุดภาพ และมีความละเอียดเชิงพื้นที่ของจุดภาพ 30x30 เมตร และคัดเลือกภาพในวันที่มีคุณภาพเพียงพอ กล่าวคือมีเมฆปกคลุมเหนือพื้นที่ศึกษาในปริมาณที่ต่ำที่สุด โดยภาพถ่ายดาวเทียมที่ได้รับการคัดเลือกมาศึกษาในงานวิจัยนี้มีปริมาณเมฆปกคลุมอยู่ระหว่างร้อยละ 0-10 ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 รายละเอียดภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-7 ETM+ พื้นที่กรุงเทพมหานครที่ใช้ในการศึกษา

ปีของภาพถ่าย	Path	Row	บันทึกเมื่อ	ร้อยละของเมฆปกคลุม
ปีพ.ศ. 2542	129	50	วันที่ 16 พฤศจิกายน 2542	0
	129	51	วันที่ 16 พฤศจิกายน 2542	10
ปีพ.ศ. 2552	129	50	วันที่ 11 มกราคม 2552	0
	129	51	วันที่ 17 เมษายน 2552	4

3.2.2 การจัดเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผล (Pre-Image Processing)

3.2.2.1 การแปลงข้อมูลเป็นหน่วยของพลังงาน

การใช้ข้อมูล Landsat ระดับ 1T จำเป็นต้องแปลงข้อมูลให้กลับมาเป็นหน่วยของพลังงาน (Radiance Unit) ก่อนการนำไปสู่กระบวนการวิเคราะห์ในขั้นต่อไป ซึ่งการแปลงข้อมูลดังกล่าวสามารถทำได้โดยใช้สูตรต่อไปนี้

$$L_{\lambda} = \left(\frac{(LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda})}{(QCALMAX - QCALMIN)} \right) \times (QCAL - QCALMIN) + LMIN_{\lambda}$$

เมื่อ:

L_{λ} คือ ค่าพลังงานที่ตรวจรับ ณ อุปกรณ์ตรวจรับ มีหน่วย $watts/(m^2 \cdot ster \cdot \mu m)$

QCAL คือ ค่าพลังงานที่ตรวจรับได้ในแต่ละจุดภาพ (pixel)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$L_{MIN\lambda}$	คือ ค่าต่ำสุดของพลังงานที่อุปกรณ์สามารถตรวจรับได้ในแต่ละช่วงคลื่น มีหน่วย watts/(m ² . ster.μm)
$L_{MAX\lambda}$	คือ ค่าสูงสุดของพลังงานที่อุปกรณ์สามารถตรวจรับได้ในแต่ละช่วงคลื่น มีหน่วย watts / (m ² . ster.μm)
QCALMIN	คือ ค่าต่ำสุดของข้อมูลในหนึ่งจุดภาพ
QCALMAX	คือ ค่าสูงสุดของข้อมูลในหนึ่งจุดภาพ

3.2.2.2 การแปลงข้อมูลหน่วยพลังงานเป็นค่าการสะท้อน

ก่อนที่จะนำข้อมูลไปใช้ในกระบวนการต่อไปข้อมูลที่ถูกกล่าวไว้ในตอนต้น ซึ่งอยู่ในหน่วยของพลังงานรังสี (Radiance unit) จำเป็นต้องแปลงให้เป็นพลังงานในรูปของค่าการสะท้อนของพื้นที่ผิวโลก ณ เครื่องตรวจรับ (at-satellite reflectance values; ρ_p) ซึ่ง Markham และ Barker (1986) ได้นำเสนอวิธีการคำนวณไว้ดังนี้

$$\rho_p = \frac{\pi \times L_\lambda \times d^2}{ESUN_\lambda \times \cos \theta_s}$$

เมื่อ:	
L_λ	คือ ค่า พลังงานรังสี (mW cm ⁻² ster ⁻¹ μm ⁻¹)
d	คือ ระยะทางจากดวงอาทิตย์ถึงโลก ในหน่วยทางดาราศาสตร์: ซึ่งสามารถคำนวณได้โดย: $d = 1.00014 - 0.01371 \cos G - 0.00014 \cos 2G$; $G = 357^\circ.528 + 0^\circ.9856003n$; และ $n = -4749.5 +$ ลำดับของวันในหนึ่งปี + เศษเวลาในหนึ่งวัน
ESUN	คือ ค่าเฉลี่ยของรังสีที่ตกกระทบของดวงอาทิตย์ (mW cm ⁻² ster ⁻¹ μm ⁻¹) (แสดงไว้ใน Header file ของทุกภาพ)
θ_s	คือ มุมของรังสีของดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบกับพื้นโลก (แสดงไว้ใน Header file ของทุกภาพ)

3.2.2.3 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิต

การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิตของข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม (Geometric Correction) ทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิตโดยใช้วิธีแผนที่สู่ภาพ (Map to Image) โดยใช้จุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Point) จากเส้นถนน ซึ่งเป็น Digital map ในลักษณะ shape file (shp) รวมถึงภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูง IKONOS และ GeoEyes และการสำรวจภาคสนามเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของพิกัดทางภูมิศาสตร์ โดยกำหนดค่าพิกัดให้อยู่ในระบบ UTM (Universal Transverse Mercator) โซน 47 เหนือ โดยใช้สมการในการแปลงที่อยู่ในรูปของสมการโพลีโนเมียลดีกรีที่ 1 ควบคุมความผิดพลาดเฉลี่ย (Root Mean Square Error; RMSE) ที่ไม่เกิน 1/2 จุดภาพ และใช้วิธีสุ่มซ้ำค่า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Resampling) แบบ Nearest neighbor โดยกำหนดจุดภาพใหม่เท่ากับความละเอียดของภาพเดิม ซึ่งในการศึกษานี้ได้ตั้งพิกัดทางภูมิศาสตร์ของภาพโดยกำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Point) จำนวน 20 จุด และจุดตรวจสอบความคลาดเคลื่อน (Check point) จำนวน 12 จุด โดยค่าความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิตเฉลี่ยของภาพ (Root Mean Square Error: RMSE) ที่จุดควบคุม (Ground Control Point หรือ Reference Point) เท่ากับ 0.207 และที่จุดตรวจสอบ (Check Point) เท่ากับ 0.713 รายละเอียดแสดงในตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 ค่าความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิตของจุดควบคุมและจุดตรวจสอบ ของภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-7 ETM+ พื้นที่กรุงเทพมหานคร ปี 2542 และปี 2552

Type	Point	X Input	Y Input	X Ref.	Y Ref.	RMS Error
จุดควบคุม (Ground Control Point)	1	667057.29	1518045.20	667404.41	1517692.52	0.099
	2	666896.06	1532363.28	667306.82	1532060.99	0.005
	3	648539.57	1515928.33	648920.32	1515549.21	0.154
	4	687728.21	1527651.34	688069.96	1527353.36	0.393
	5	644346.72	1524730.09	644776.60	1524377.86	0.419
	6	654668.46	1510323.66	655010.34	1509930.74	0.323
	7	688899.85	1517757.84	689195.02	1517426.48	0.036
	8	677768.00	1516603.07	678083.71	1516256.24	0.257
	9	677904.24	1522116.78	678244.52	1521789.50	0.309
	10	677203.91	1531814.47	677588.23	1531521.02	0.246
	11	673881.99	1524707.13	674242.61	1524385.07	0.170
	12	661507.95	1524442.45	661896.17	1524106.62	0.126
	13	652325.17	1524213.79	652733.83	1523867.91	0.072
	14	660688.68	1515693.40	661040.35	1515326.02	0.110
	15	677887.86	1511439.74	678181.05	1511074.84	0.283
	16	674136.23	1512845.12	674443.98	1512481.61	0.296
	17	664461.86	1513614.60	664795.51	1513243.57	0.068
	18	666734.65	1515256.50	667070.52	1514893.89	0.323
	19	658876.66	1521151.42	659256.32	1520801.23	0.294
	20	670200.37	1526767.42	670578.62	1526448.68	0.159
		Mean				0.207

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-2 ค่าความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิตของจุดควบคุมและจุดตรวจสอบ ของภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-7 ETM+ พื้นที่กรุงเทพมหานคร ปี 2542 และปี 2552

Type	Point	X Input	Y Input	X Ref.	Y Ref.	RMS Error
จุดตรวจสอบ (Check Point)	1	660194.37	1523218.79	660580.81	1522878.11	0.873
	2	669433.24	1529158.04	669824.29	1528846.96	0.331
	3	670247.11	1521013.01	670600.79	1520674.44	0.861
	4	677591.78	1519754.47	677922.01	1519419.44	0.843
	5	670221.18	1530553.10	670615.36	1530248.09	0.913
	6	665418.63	1512870.68	665746.37	1512498.60	0.701
	7	678086.16	1512749.29	678384.13	1512389.03	0.307
	8	677444.10	1519126.10	677772.77	1518787.88	0.824
	9	659783.11	1521234.53	660161.84	1520885.15	0.766
	10	660194.37	1523218.79	660580.81	1522878.11	0.873
	11	669433.24	1529158.04	669824.29	1528846.96	0.331
	12	670247.11	1521013.01	670600.79	1520674.44	0.861
						Mean
						0.713

3.2.3 การประมวลผลจากภาพถ่ายดาวเทียม (Image Processing)

เมื่อภาพถ่ายดาวเทียมได้รับการปรับแก้ความถูกต้องทั้งการปรับแก้เชิงรังสี (radiometric correction) และการปรับแก้ภาพเชิงเรขาคณิต (Geometric correction) แล้ว ก็สามารถที่จะทำการประมวลผลข้อมูลในขั้นต่อไป ซึ่งในการศึกษานี้เป็นการจำแนกลักษณะสิ่งปกคลุมดินจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat7-ETM+ โดยใช้วิธีการจำแนกแบบกำกับดูแล (supervised classification) ในการจำแนกสิ่งปกคลุมดิน ซึ่งพิจารณาจากลักษณะของรังสีสะท้อน (Spectral signature) ของสิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภทที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงคลื่น โดยวัตถุแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติในการสะท้อนพลังงานในแต่ละช่วงคลื่นพลังงานที่แตกต่างกัน สำหรับการคัดเลือกจุดภาพ (pixel) ที่เป็นตัวแทนของสิ่งปกคลุมแต่ละชนิดใช้การสังเกตจากลักษณะกายภาพของข้อมูลที่ปรากฏในภาพ เช่น ขนาด ลักษณะพื้นผิว สี รูปร่าง เงา และรูปแบบการวางตัว เป็นต้น เปรียบเทียบจากแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS และ GeoEye ซึ่งมีรายละเอียดของภาพสูงประกอบด้วยข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามทำให้สามารถจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินได้

จากการพิจารณารูปแบบค่ารังสีสะท้อน (Spectral Signatures) ในแต่ละช่วงคลื่นของสิ่งปกคลุมดินที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษานี้ สามารถจำแนกลักษณะสิ่งปกคลุมดินออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ 1) พื้นที่สิ่งก่อสร้าง 2) พืช 3) แหล่งน้ำ 4) พื้นที่ว่าง 5) พื้นที่ชุ่มน้ำ (ดังตัวอย่างของค่ารังสีไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สะท้อนของสิ่งปกคลุมดินที่แสดงในรูปที่ 3-1) ซึ่งการกระจายตัวของพลังงานรังสีสะท้อนในแต่ละประเภทสิ่งปกคลุมดินของภาพถ่ายดาวเทียมปี 2542 และ 2552 มีความใกล้เคียงกัน เช่น พื้นที่เมือง หมายถึงกลุ่มอาคารและถนน เป็นสิ่งปกคลุมดินที่มีรังสีสะท้อนกระจายตัวสูงในช่วงคลื่นที่ 5 ในขณะที่พื้นที่ป่าไม่มีการกระจายตัวของรังสีสะท้อนสูงในช่วงคลื่นที่ 4 พื้นน้ำมีค่ารังสีสะท้อนได้ดีในช่วงคลื่นที่ 1 และต่ำที่สุดในช่วงคลื่นที่ 6 พื้นที่โล่ง มีการกระจายตัวรังสีสะท้อนสูงในช่วงคลื่นที่ 5 และพื้นที่ชุ่มน้ำ มีการกระจายของรังสีสะท้อนสูงในช่วงคลื่นที่ 4 และต่ำในช่วงคลื่นที่ 3

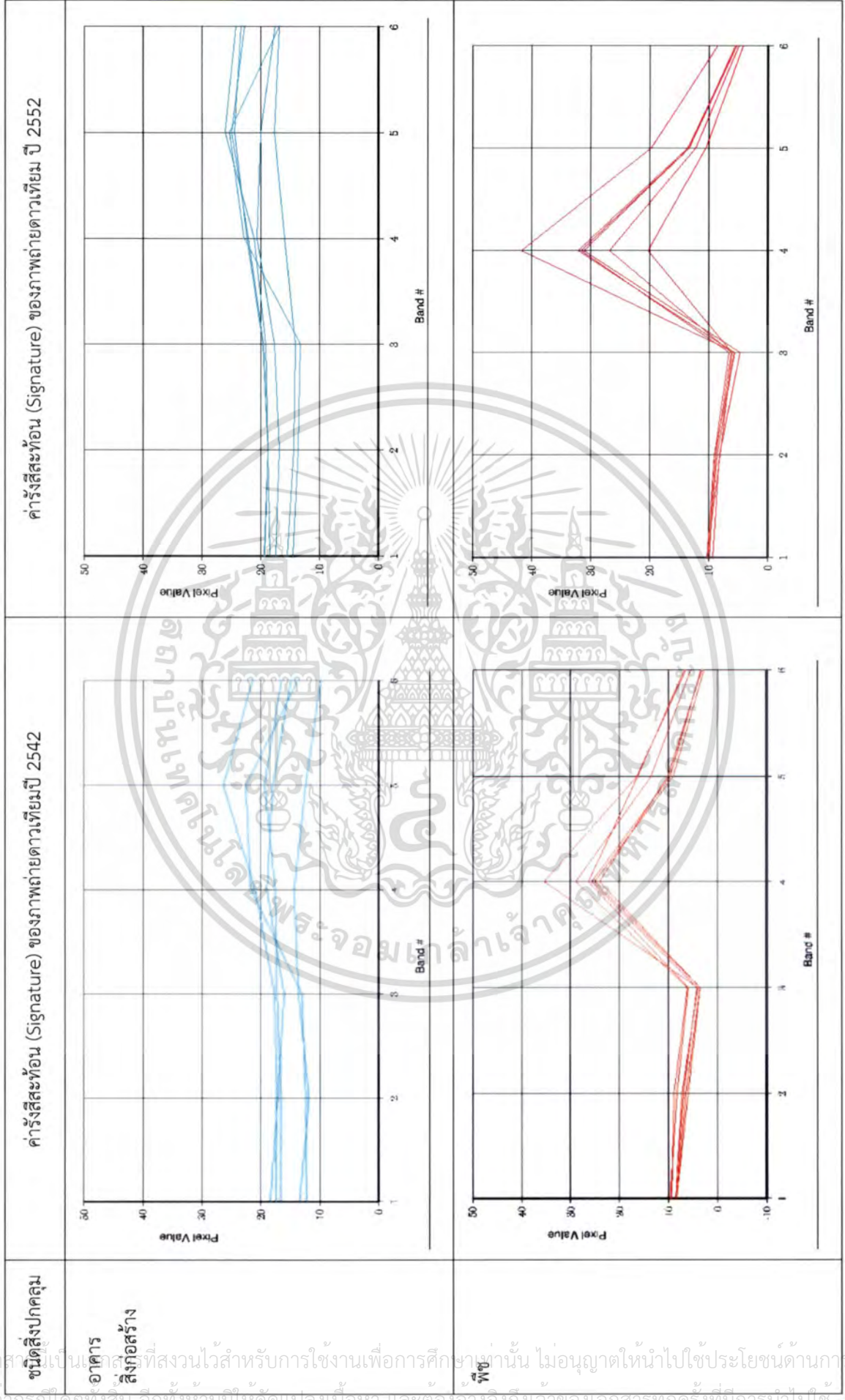
3.2.4 การคำนวณหาพื้นที่และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากปี 2542 ถึง ปี 2552

แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี 2542 และ ปี 2552 ที่อยู่ในรูปแบบข้อมูลกริด (raster file) ซึ่งได้จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมด้วยวิธีไล่ระดับในหัวข้อ 3.2.3 จะถูกคำนวณหาพื้นที่และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยใช้โปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) เป็นเครื่องมือในการดำเนินการ



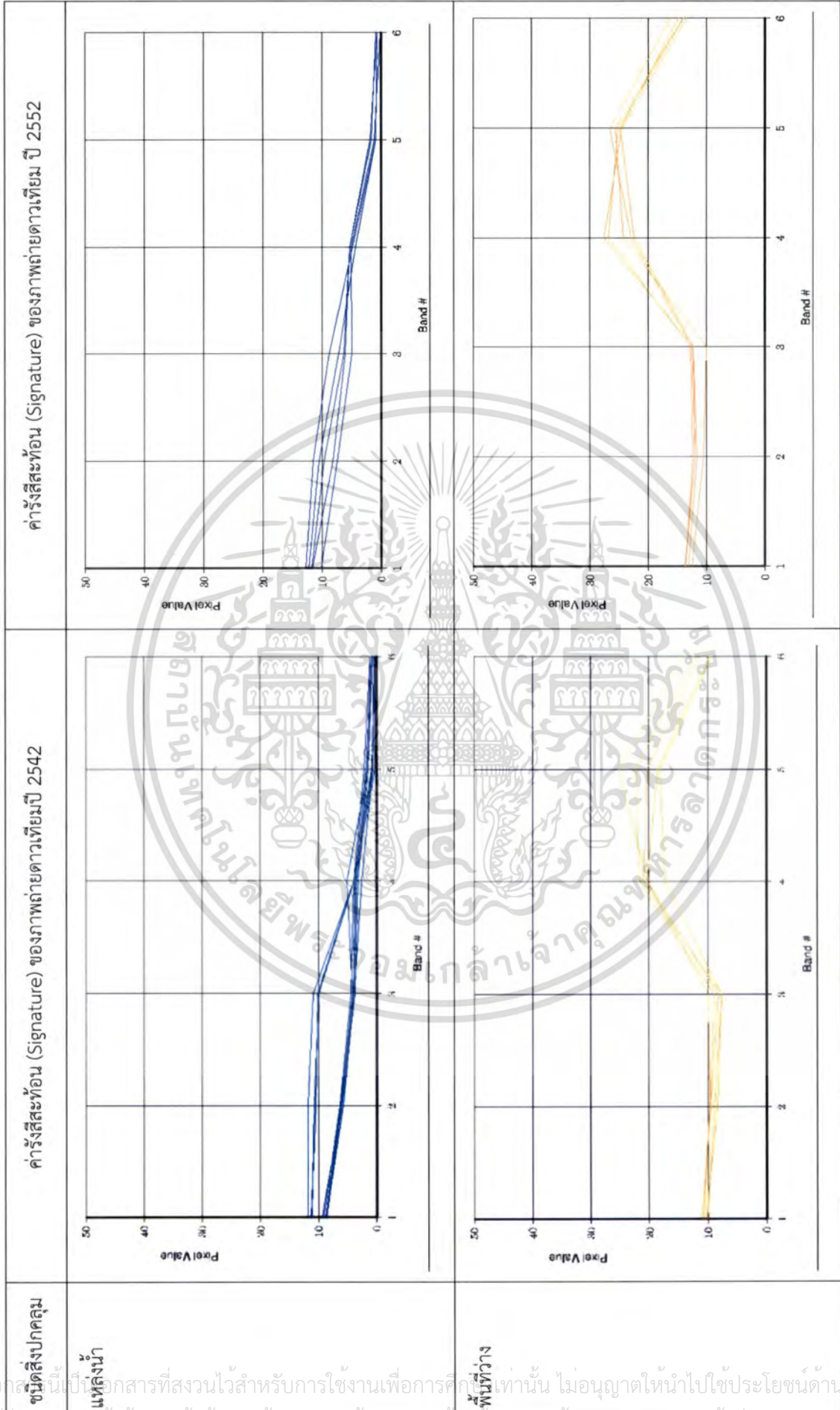
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการทำงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3-1 แสดงค่ารังสีสะท้อนของสิ่งปกคลุมดินของภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-7 ETM+ ปี 2542 และ 2552



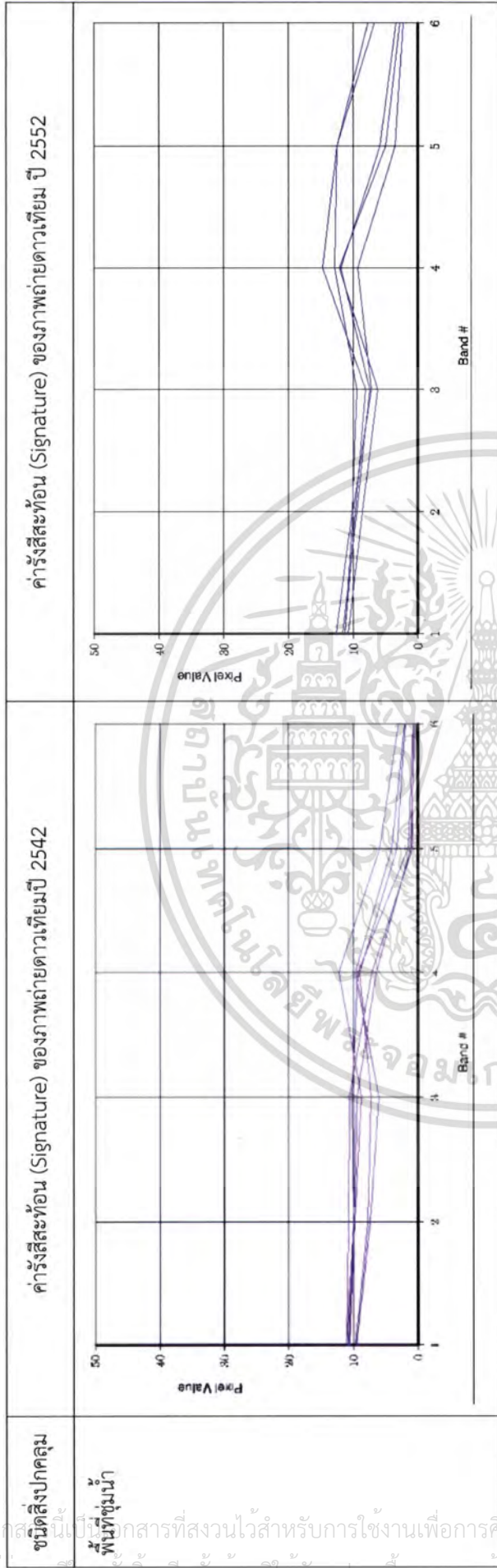
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่มีการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3-1 แสดงค่ารังสีสะท้อนของสิ่งปกคลุมดินของภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-7 ETM+ ปี 2542 และ 2552 (ต่อ)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่มีการตีพิมพ์ใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3-1 แสดงค่ารังสีสะท้อนของสิ่งปกคลุมดินของภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-7 ETM+ ปี 2542 และ 2552 (ต่อ)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่มีการแก้ไขทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การศึกษาแนวโน้มและการกระจายตัวก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

3.3.1 แนวโน้มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ข้อมูลปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นข้อมูลสถิติ ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2529 ถึง ปีพ.ศ. 2553 ของประเทศไทย ที่ได้จากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน (ดูรายละเอียดข้อมูลได้ที่ ภาคผนวก ก) โดยลักษณะข้อมูลแยกเป็นรายสาขา ประกอบด้วย สาขาการคมนาคมขนส่ง สาขาอุตสาหกรรม สาขาพลังงาน และสาขาอื่นๆ ทั้งนี้จากการตรวจสอบของคณะผู้วิจัยไปยังองค์กรต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กรมอนุรักษ์พลังงาน องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรุงเทพมหานคร ยังไม่มีหน่วยงานใดเก็บรวบรวมปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่ กรุงเทพมหานคร ดังนั้นในการวิเคราะห์ส่วนนี้จึงจำเป็นต้องใช้ข้อมูลระดับประเทศของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงานเพื่อหาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

วิธีที่ใช้ในการศึกษาหาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ผู้วิจัยได้ใช้แบบจำลอง Multiplicative Seasonal Model เพื่อพยากรณ์แนวโน้มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศไทย 5 แบบจำลอง แยกตามสาขา ประกอบด้วย สาขาพลังงาน สาขาอุตสาหกรรม สาขาคมนาคมขนส่ง สาขาอื่นๆ และรวมทุกสาขา ด้วยวิธีการ ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average Model) เป็นวิธีหนึ่งที่เหมาะสมกับการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series Data) โดยจะทำการพยากรณ์ข้อมูลมูลค่าในอนาคตโดยพิจารณาจากข้อมูลในอดีตและค่าความคลาดเคลื่อน (stochastic error term)

แบบจำลอง ARIMA (p, d, q) สามารถอธิบายได้ดังนี้

- 1) Autoregressive Process : AR(p) แสดงให้เห็นว่าข้อมูลอนุกรมเวลาขึ้นอยู่กับค่าในอดีต โดย p คือ จำนวนช่วงเวลา (lag) ของข้อมูลในอดีตจากปัจจุบัน
- 2) Moving Average Process : MA(q) แสดงว่าข้อมูลอนุกรมเวลาขึ้นอยู่กับความคลาดเคลื่อนในปัจจุบันและความคลาดเคลื่อนในอดีต โดย q คือ จำนวนของช่วงเวลา (lag) ของค่าความคลาดเคลื่อนในอดีตจากปัจจุบัน
- 3) Autoregressive and Moving Average Process : ARMA(p,q) เป็นการรวมกันระหว่าง AR กับ MA คือ ข้อมูลอนุกรมเวลาขึ้นอยู่กับทั้งค่าของข้อมูลอนุกรมเวลาในอดีต และ ค่าความคลาดเคลื่อนทั้งในปัจจุบันและในอดีต

วิธีของแบบจำลอง ARIMA โดย Box – Jenkins จะเป็นการกำหนดหารูปแบบของแบบจำลอง ARIMA ที่เหมาะสมที่สุดเพื่อนำไปใช้ในการพยากรณ์ ถ้าเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเป็นกระบวนการที่มีฤดูกาล (Seasonal Process) ก็ใช้ตัวบ่อนุกรมเวลาฤดูกาล ARIMA (P, D, Q)_s และการวิเคราะห์อนุกรมเวลา ส่วนที่ไม่ใช่ ฤดูกาล (Non-Seasonal Process) ก็ใช้ตัวบ่อนุกรมเวลา ARIMA (P, D, Q) และไม่ใช้ตัวบ่อนุกรมเวลาฤดูกาล (Seasonal Process) อย่างไรก็ตาม ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฤดูกาลใช้ตัวแบบ ARIMA (p, d, q) แต่อย่างไรก็ตามทั้งสองส่วนอาจมีสัมพันธ์ต่อกัน Box – Jenkins ได้แนะนำตัวแบบอนุกรมเวลาที่มีฤดูกาลเชิงคูณ (Multiplicative Seasonal Model) เพื่อใช้วิเคราะห์อนุกรมเวลาที่มีฤดูกาลที่ใช้ได้ทั้งตัวแบบเชิงบวกและเชิงคูณในรูปแบบ $ARIMA(p, d, q) \times (P, D, Q)_s$ สามารถแสดงสมการได้ดังนี้

$$(1 - \rho_1 B - \dots - \rho_p B^p)(1 - \phi B^s - \dots - \phi_p B^{ps})(1 - B^s)^D(1 - B)^d X_t = (1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q)(1 - \omega B^s - \dots - \omega_q B^{qs}) u_t$$

B เป็น Backshift Operator โดย $B^j X_t = X_{t-j}$

ρ คือ สัมประสิทธิ์การถดถอย

ϕ คือ สัมประสิทธิ์การถดถอยฤดูกาล

θ คือ สัมประสิทธิ์ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่

ω คือ สัมประสิทธิ์ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ฤดูกาล

D คือ การปรับแบบจำลองด้วยผลต่างลำดับที่ D และความผันผวนตามฤดูกาล(s) ของข้อมูล X

d คือ จำนวนครั้งของการทำผลต่างเพื่อให้อนุกรมเวลาเป็นอนุกรมเวลาอยู่ในสภาวะคงที่

p คือ กระบวนการถดถอยในตัวเองอันดับ p

q คือ กระบวนการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับ q

s คือ ความยาวของคาบฤดูกาล

u คือ การปรับความผันผวนตามฤดูกาลของค่าความคลาดเคลื่อน เป็นตัวแปรสุ่มอิสระและมีการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ และความแปรปรวนคงที่

การนำแบบจำลองที่ได้มาทำการพยากรณ์แนวโน้มในอนาคตโดยพิจารณาประสิทธิภาพของการพยากรณ์ด้วย Root Mean Square Error, Mean Absolute Percentage Error, Mean Absolute Error, Normalized BIC ควรมีค่าน้อย และการตรวจสอบ (Diagnostic Checking) ว่าแบบจำลองที่ทำการประมาณค่า นั้นมีความเหมาะสมหรือไม่สิ่งที่จะต้องพิจารณาคือค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองจะต้องมีลักษณะ White noise กล่าวคือค่าความคลาดเคลื่อนในช่วงเวลาต่าง ๆ กันจะต้องไม่มีความสัมพันธ์กัน โดยค่าทดสอบทางสถิติที่นำมาใช้ได้ตรวจสอบได้แก่ Q-Statistics มีสมมติฐานหลักในการทดสอบว่า residual ต่าง ๆ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของแบบจำลองที่ใช้ไม่มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 การวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยครั้งนี้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows เพื่อให้ได้มาซึ่งแบบจำลองที่เหมาะสม แม่นยำ เที่ยงตรงและน่าเชื่อถือในการอนุมานทางสถิติในการพยากรณ์

3.3.2 การกระจายตัวก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ในส่วนนี้เพื่อจัดทำแผนที่การกระจายตัวก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีข้อจำกัดเนื่องจากข้อมูลที่จัดเก็บของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงานที่ใช้วิเคราะห์ในส่วนที่ 3.3.1 มิได้จัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่จึงไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ในเชิงพื้นที่ได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้กำหนดเขตพื้นที่ในการวิเคราะห์ทำการกระจายตัวของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้แคบลงเฉพาะพื้นที่กรุงเทพมหานครซึ่งเป็นพื้นที่ศึกษา อย่างไรก็ตามพื้นที่กรุงเทพมหานครเองก็ยังไม่มีการจัดเก็บสถิติของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ประกอบกับยังไม่มีข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่มีความละเอียดสูงที่สามารถตรวจสอบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความจำเป็นต้องประยุกต์ใช้ข้อมูลอื่นในการคำนวณหาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลประชากรรายแขวงของกรุงเทพมหานครในปี 2552 และข้อมูลเฉลี่ยการใช้ไฟฟ้าและค่าเฉลี่ยการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง ดังแสดงในตารางที่ 3-3 มาคำนวณหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากกิจกรรมภายในอาคาร (Indoor source) จากการใช้ไฟฟ้ารายแขวงของกรุงเทพมหานคร เพื่อแสดงการกระจายตัวของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อย่างไรก็ตามหากคำนวณปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากประชากรทะเบียนราษฎร ผลลัพธ์ที่ได้อาจไม่ใกล้เคียงความเป็นจริง ทั้งนี้เนื่องจากประชากรของกรุงเทพมหานคร มีประชากรจำนวนหนึ่งที่เรียกว่าเป็นประชากรแฝงที่เข้ามาศึกษาทำงาน โดยมีได้ย้ายชื่อตามทะเบียนบ้านเข้ามาอาศัยในกรุงเทพมหานคร ดังนั้นงานวิจัยจึงได้ประยุกต์ใช้ผลการศึกษาของกองวิชาการและแผนงาน สำนักผังเมืองที่เสนอค่าคงที่ที่เป็นตัวคูณกับจำนวนประชากรตามทะเบียนราษฎรเพื่อให้ได้จำนวนประชากรที่แท้จริงที่อาศัยในกรุงเทพมหานคร

ตารางที่ 3-3 แสดงการคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยจากการใช้ไฟฟ้า

ค่าเฉลี่ยของการใช้ไฟฟ้าในแต่ละวัน	ค่าเฉลี่ยการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ไฟฟ้า	ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยจากการใช้ไฟฟ้า
5.789 กิโลวัตต์-ชั่วโมง / คน / วัน	0.5 กิโลกรัม CO ₂ /กิโลวัตต์-ชั่วโมง	2.895 กิโลกรัม CO ₂ / คน / วัน
ที่มา: รายงานการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย, การไฟฟ้านครหลวง ปี 2550	ที่มา: เอกสารวิชาการบนเว็บไซต์ กรุงเทพมหานคร www.bma.go.th เมื่อวันที่ 29 พฤษภาคม 2551	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจึงสามารถสรุปขั้นตอนการคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมสาขาการใช้ไฟฟ้า ราย
แขวง ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ได้ดังนี้

- 1) จำนวนประชากรแฝงรายแขวง โดยใช้ค่าคงที่ 1.57 คูณด้วยประชากรทะเบียนราษฎรปี 2552
- 2) จำนวนปริมาณการใช้ไฟฟ้ารวมรายแขวง โดยใช้ค่าคงที่ 5.789 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อคนต่อวัน คูณกับผลลัพธ์ของจำนวนประชากรรายแขวงในข้อ 1)
- 3) จำนวนการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รายแขวง โดยคำนวณค่าเฉลี่ยการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ไฟฟ้า คือ 0.5 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง คูณกับปริมาณการใช้ไฟฟ้ารวมรายแขวง (ดัชนีผู้บริโภคที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยพิจารณาการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์: กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2551)
- 4) นำข้อมูลจากการคำนวณเข้าสู่โปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) โดยใช้ชั้นข้อมูลขอบเขตการปกครองรายแขวงของกรุงเทพมหานครเป็นแผนที่ฐาน แล้วจัดทำแผนที่แสดงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวม รายแขวง ของกรุงเทพมหานคร

โดยในตารางที่ 3-4 เป็นการแสดงวิธีการคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รายแขวง ของ
กรุงเทพมหานคร

ตารางที่ 3-4 แสดงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รายแขวงของกรุงเทพมหานคร

ลำดับที่	เขต/แขวง	ประชากรทะเบียน ราษฎร (คน)	รวมประชากรแฝง (คน)	ปริมาณการใช้ ไฟฟ้า (kwh/วัน)	CO2 (ตัน/วัน)
1	เขตคลองเตย	114,694	180,069.58	1,042,422.80	521.21
	แขวงคลองตัน	12,457	19,557.49	113,218.31	56.61
	แขวงคลองเตย	76,973	120,847.61	699,586.81	349.79
	แขวงพระโขนง	25,264	39,664.48	229,617.67	114.81
2	เขตคลองสาน	80,894	127,003.58	735,223.72	367.61
	แขวงคลองตันไทร	20,119	31,586.83	182,856.16	91.43
	แขวงคลองสาน	16,688	26,200.16	151,672.73	75.84
	แขวงบางลำภูล่าง	27,795	43,638.15	252,621.25	126.31
	สมเด็จพระเจ้าพระยาตันไทร	16,292	25,578.44	148,073.59	74.04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-4 แสดงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รายแขวงของกรุงเทพมหานคร (ต่อ)

ลำดับที่	เขต/แขวง	ประชากรทะเบียน ราษฎร (คน)	รวมประชากรแฝง (คน)	ปริมาณการใช้ ไฟฟ้า (kwh/วัน)	CO2 (ตัน/วัน)
3	เขตคลองสามวา	154,766	242,982.62	1,406,626.39	703.31
	แขวงทรายกองดิน	9,784	15,360.88	88,924.13	44.46
	แขวงทรายกองดินใต้	14,921	23,425.97	135,612.94	67.81
	แขวงบางชัน	60,176	94,476.32	546,923.42	273.46
	แขวงสามวาตะวันตก	46,733	73,370.81	424,743.62	212.37
	แขวงสามวาตะวันออก	23,152	36,348.64	210,422.28	105.21
4	เขตคันนายาว	85,912	134,881.84	780,830.97	390.42
	แขวงคันนายาว	37,441	58,782.37	340,291.14	170.15
	แขวงรามอินทรา	48,471	76,099.47	440,539.83	220.27
5	เขตจตุจักร	164,210	257,809.70	1,492,460.35	746.23
	แขวงจตุจักร	26,107	40,987.99	237,279.47	118.64
	แขวงจอมพล	30,016	47,125.12	272,807.32	136.40
	แขวงจันทระเกษม	38,551	60,525.07	350,379.63	175.19
	แขวงลาดยาว	48,028	75,403.96	436,513.52	218.26
	แขวงเสนานิคม	21,508	33,767.56	195,480.40	97.74
6	เขตจอมทอง	162,151	254,577.07	1,473,746.66	736.87
	แขวงจอมทอง	38,866	61,019.62	353,242.58	176.62
	แขวงบางขุนเทียน	40,636	63,798.52	369,329.63	184.66
	แขวงบางค้อ	38,239	60,035.23	347,543.95	173.77
	แขวงบางมด	44,410	69,723.70	403,630.50	201.82
7	เขตดอนเมือง	165,433	259,729.81	1,503,575.87	751.79
	แขวงดอนเมือง	79,932	125,493.24	726,480.37	363.24
	แขวงสนามบิน	23,044	36,179.08	209,440.69	104.72
	แขวงสีกัน	62,457	98,057.49	567,654.81	283.83
8	เขตดินแดง	136,696	214,612.72	1,242,393.04	621.20
	แขวงดินแดง	136,696	214,612.72	1,242,393.04	621.20
9	เขตดุสิต	114,488	179,746.16	1,040,550.52	520.28
	แขวงดุสิต	17,588	27,613.16	159,852.58	79.93
	แขวงถนนนครไชยศรี	63,848	100,241.36	580,297.23	290.15
	แขวงวชิรพยาบาล	13,344	20,950.08	121,280.01	60.64
	แขวงสวนจิตรลดา	11,023	17,306.11	100,185.07	50.09
	แขวงสี่แยกมหานาค	8,685	13,635.45	78,935.62	39.47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-4 แสดงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รายแขวงของกรุงเทพมหานคร (ต่อ)

ลำดับที่	เขต/แขวง	ประชากรทะเบียน ราษฎร (คน)	รวมประชากรแฝง (คน)	ปริมาณการใช้ ไฟฟ้า(kwh/วัน)	CO2 (ตัน/วัน)
10	เขตดุสิต	106,963	167,931.91	972,157.83	486.08
	แขวงคลองซึกพระ	10,935	17,167.95	99,385.26	49.69
	แขวงฉิมพลี	24,917	39,119.69	226,463.89	113.23
	แขวงดุสิต	27,675	43,449.75	251,530.60	125.77
	แขวงบางเชือกหนัง	10,937	17,171.09	99,403.44	49.70
	แขวงบางพรหม	14,279	22,418.03	129,777.98	64.89
	แขวงบางระมาด	18,220	28,605.40	165,596.66	82.80
11	เขตทวีวัฒนา	73,428	115,281.96	667,367.27	333.68
	แขวงทวีวัฒนา	21,515	33,778.55	195,544.03	97.77
	แขวงศาลาธรรมสพน์	51,913	81,503.41	471,823.24	235.91
12	เขตทุ่งครุ	114,180	179,262.60	1,037,751.19	518.88
	แขวงทุ่งครุ	63,079	99,034.03	573,308.00	286.65
	แขวงบางมด	51,101	80,228.57	464,443.19	232.22
13	เขตธนบุรี	126,883	199,206.31	1,153,205.33	576.60
	แขวงดาวคะนอง	19,555	30,701.35	177,730.12	88.87
	แขวงตลาดพลู	19,246	30,216.22	174,921.70	87.46
	แขวงบางยี่เรือ	25,526	40,075.82	231,998.92	116.00
	แขวงบुकโคโล	19,329	30,346.53	175,676.06	87.84
	แขวงวัดกัลยาณ์	11,098	17,423.86	100,866.73	50.43
	แขวงสำเหร่	18,050	28,338.50	164,051.58	82.03
	แขวงหิรัญรูจี	14,079	22,104.03	127,960.23	63.98
14	เขตบางเขน	185,901	291,864.57	1,689,604.00	844.80
	แขวงท่าแร้ง	85,808	134,718.56	779,885.74	389.94
	แขวงอนุสาวรีย์	100,093	157,146.01	909,718.25	454.86
15	เขตบางแค	193,478	303,760.46	1,758,469.30	879.23
	แขวงบางแค	41,549	65,231.93	377,627.64	188.81
	แขวงบางแคเหนือ	60,838	95,515.66	552,940.16	276.47
	แขวงบางไผ่	40,621	63,774.97	369,193.30	184.60
	แขวงหลักสอง	50,470	79,237.90	458,708.20	229.35
16	เขตบางกอกใหญ่	76,608	120,274.56	696,269.43	348.13
	แขวงวัดท่าพระ	60,726	95,339.82	551,922.22	275.96
	แขวงวัดอรุณ	15,882	24,934.74	144,347.21	72.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-4 แสดงวิธีการคำนวณหาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รายแขวงของกรุงเทพมหานคร (ต่อ)

ลำดับที่	เขต/แขวง	ประชากรทะเบียน ราษฎร (คน)	รวมประชากรแฝง (คน)	ปริมาณการใช้ ไฟฟ้า(kwh/วัน)	CO2 (ตัน/วัน)
17	เขตบางกอกน้อย	126,823	199,112.11	1,152,660.00	576.33
	แขวงบางขุนนนท์	10,154	15,941.78	92,286.96	46.14
	แขวงบางขุนศรี	37,006	58,099.42	336,337.54	168.17
	แขวงบ้านช่างหล่อ	38,241	60,038.37	347,562.12	173.78
	แขวงศิริราช	19,310	30,316.70	175,503.38	87.75
	แขวงอรุณอมรินทร์	22,112	34,715.84	200,970.00	100.48
18	เขตบางกะปิ	150,166	235,760.62	1,364,818.23	682.41
	แขวงคลองจั่น	84,157	132,126.49	764,880.25	382.44
	แขวงหัวหมาก	66,009	103,634.13	599,937.98	299.97
19	เขตบางขุนเทียน	150,492	236,272.44	1,367,781.16	683.89
	แขวงท่าข้าม	44,590	70,006.30	405,266.47	202.63
	แขวงแสมดำ	105,902	166,266.14	962,514.68	481.26
20	เขตบางคอแหลม	99,994	156,990.58	908,818.47	454.41
	แขวงบางคอแหลม	27,732	43,539.24	252,048.66	126.02
	แขวงบางโคล่	41,623	65,348.11	378,300.21	189.15
	แขวงวัดพระยาไกร	30,639	48,103.23	278,469.60	139.23
21	เขตบางซื่อ	142,338	223,470.66	1,293,671.65	646.84
	แขวงบางซื่อ	93,649	147,028.93	851,150.48	425.58
	แขวงวงศ์สว่าง	48,689	76,441.73	442,521.17	221.26
22	เขตบางนา	99,561	156,310.77	904,883.05	452.44
	แขวงบางนา	99,561	156,310.77	904,883.05	452.44
23	เขตบางบอน	103,470	162,447.90	940,410.89	470.21
	แขวงบางบอน	103,470	162,447.90	940,410.89	470.21
24	เขตบางพลัด	102,320	160,642.40	929,958.85	464.98
	แขวงบางบำหรุ	19,410	30,473.70	176,412.25	88.21
	แขวงบางพลัด	27,491	43,160.87	249,858.28	124.93
	แขวงบางยี่ขัน	28,358	44,522.06	257,738.21	128.87
	แขวงบางอ้อ	27,061	42,485.77	245,950.12	122.98
25	เขตบางรัก	47,503	74,579.71	431,741.94	215.87
	แขวงบางรัก	3,462	5,435.34	31,465.18	15.73
	แขวงมหาพฤฒาราม	13,515	21,218.55	122,834.19	61.42
	แขวงสี่พระยา	12,327	19,353.39	112,036.77	56.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-4 แสดงวิธีการคำนวณหาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รายแขวงของกรุงเทพมหานคร (ต่อ)

ลำดับที่	เขต/แขวง	ประชากรทะเบียนราษฎร (คน)	รวมประชากรแฝง (คน)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า(kwh/วัน)	CO2 (ตัน/วัน)
25	แขวงสีลม	12,823	20,132.11	116,544.78	58.27
	แขวงสุริยวงศ์	5,376	8,440.32	48,861.01	24.43
26	เขตบึงกุ่ม	147,712	231,907.84	1,342,514.49	671.26
	แขวงคลองกุ่ม	122,949	193,029.93	1,117,450.26	558.73
	แขวงนวมินทร์	24,749	38,855.93	224,936.98	112.47
	แขวงนวลจันทร์	14	21.98	127.24	0.06
27	เขตปทุมวัน	58,858	92,407.06	534,944.47	267.47
	แขวงปทุมวัน	7,644	12,001.08	69,474.25	34.74
	แขวงรองเมือง	20,031	31,448.67	182,056.35	91.03
	แขวงลุมพินี	20,278	31,836.46	184,301.27	92.15
	แขวงวังใหม่	10,905	17,120.85	99,112.60	49.56
28	เขตประเวศ	155,077	243,470.89	1,409,452.98	704.73
	แขวงดอกไม้	39,376	61,820.32	357,877.83	178.94
	แขวงประเวศ	72,470	113,777.90	658,660.26	329.33
	แขวงหนองบอน	43,231	67,872.67	392,914.89	196.46
29	เขตป้อมปราบศัตรูพ่าย	54,601	85,723.57	496,253.75	248.13
	แขวงคลองมหานาค	11,345	17,811.65	103,111.64	51.56
	แขวงบ้านบาตร	8,485	13,321.45	77,117.87	38.56
	แขวงป้อมปราบ	18,156	28,504.92	165,014.98	82.51
	แขวงวัดเทพศิรินทร์	8,429	13,233.53	76,608.91	38.30
	แขวงวัดโสมนัส	8,186	12,852.02	74,400.34	37.20
30	เขตพญาไท	75,493	118,524.01	686,135.49	343.07
	แขวงสามเสนใน	75,493	118,524.01	686,135.49	343.07
31	เขตพระโขนง	96,880	152,101.60	880,516.16	440.26
	แขวงบางจาก	96,880	152,101.60	880,516.16	440.26
32	เขตพระนคร	61,374	96,357.18	557,811.72	278.91
	แขวงชนะสงคราม	2,343	3,678.51	21,294.89	10.65
	แขวงตลาดยอด	3,221	5,056.97	29,274.80	14.64
	แขวงบวรนิเวศ	6,318	9,919.26	57,422.60	28.71
	แขวงบางขุนพรหม	5,741	9,013.37	52,178.40	26.09
	แขวงบ้านพานถม	8,156	12,804.92	74,127.68	37.06
	แขวงพระบรมมหาราชวัง	5,242	8,229.94	47,643.12	23.82
	แขวงวังบูรพาภิรมย์	12,588	19,763.16	114,408.93	57.20

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-4 แสดงวิธีการคำนวณหาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รายแขวงของกรุงเทพมหานคร (ต่อ)

ลำดับที่	เขต/แขวง	ประชากรทะเบียน ราษฎร (คน)	รวมประชากรแฝง (คน)	ปริมาณการใช้ ไฟฟ้า(kwh/วัน)	CO2 (ตัน/วัน)
32	แขวงวัดราชบพิธ	3,917	6,149.69	35,600.56	17.80
	แขวงวัดสามพระยา	3,386	5,316.02	30,774.44	15.39
	แขวงศาลเจ้าพ่อเสือ	3,743	5,876.51	34,019.12	17.01
	แขวงสำราญราษฎร์	3,895	6,115.15	35,400.60	17.70
	แขวงเสาชิงช้า	2,824	4,433.68	25,666.57	12.83
33	เขตภาษีเจริญ	132,670	208,291.90	1,205,801.81	602.90
	แขวงคลองขวาง	10,911	17,130.27	99,167.13	49.58
	แขวงคูหาสวรรค์	7,362	11,558.34	66,911.23	33.46
	แขวงบางจาก	8,113	12,737.41	73,736.87	36.87
	แขวงบางด้วน	30,142	47,322.94	273,952.50	136.98
	แขวงบางแวก	19,421	30,490.97	176,512.23	88.26
	แขวงบางหว้า	39,050	61,308.50	354,914.91	177.46
	แขวงปากคลองภาษีเจริญ	17,671	27,743.47	160,606.95	80.30
34	เขตมีนบุรี	133,149	209,043.93	1,210,155.31	605.08
	แขวงมีนบุรี	91,729	144,014.53	833,700.11	416.85
	แขวงแสนแสบ	41,420	65,029.40	376,455.20	188.23
35	เขตยานนาวา	85,789	134,688.73	779,713.06	389.86
	แขวงช่องนนทรี	51,578	80,977.46	468,778.52	234.39
	แขวงบางโพงพาง	34,211	53,711.27	310,934.54	155.47
36	เขตราชเทวี	77,078	121,012.46	700,541.13	350.27
	แขวงถนนพญาไท	9,579	15,039.03	87,060.94	43.53
	แขวงถนนเพชรบุรี	16,226	25,474.82	147,473.73	73.74
	แขวงทุ่งพญาไท	32,057	50,329.49	291,357.42	145.68
	แขวงมักกะสัน	19,216	30,169.12	174,649.04	87.32
37	เขตราชบุรีบูรณะ	90,559	142,177.63	823,066.30	411.53
	แขวงบางปะกอก	53,657	84,241.49	487,673.99	243.84
	แขวงราชบุรีบูรณะ	36,902	57,936.14	335,392.31	167.70
38	เขตลาดกระบัง	152,528	239,468.96	1,386,285.81	693.14
	แขวงชุมทอง	7,190	11,288.30	65,347.97	32.67
	แขวงคลองสองต้นนุ่น	61,060	95,864.20	554,957.85	277.48
	แขวงคลองสามประเวศ	14,951	23,473.07	135,885.60	67.94
	แขวงทับยาว	21,448	33,673.36	194,935.08	97.47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-4 แสดงวิธีการคำนวณหาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รายแขวงของกรุงเทพมหานคร (ต่อ)

ลำดับที่	เขต/แขวง	ประชากรทะเบียนราษฎร (คน)	รวมประชากรแฝง (คน)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า(kwh/วัน)	CO2 (ตัน/วัน)
38	แขวงลาดกระบัง	29,326	46,041.82	266,536.10	133.27
	แขวงลำปลาตี	18,553	29,128.21	168,623.21	84.31
39	เขตลาดพร้าว	122,371	192,122.47	1,112,196.98	556.10
	แขวงจรัลเข้บัว	26,653	41,845.21	242,241.92	121.12
	แขวงลาดพร้าว	95,718	150,277.26	869,955.06	434.98
40	เขตวังทองหลาง	115,713	181,669.41	1,051,684.21	525.84
	แขวงคลองเจ้าคุณสิงห์	30,309	47,585.13	275,470.32	137.74
	แขวงพลับพลา	45,694	71,739.58	415,300.43	207.65
	แขวงวังทองหลาง	26,318	41,319.26	239,197.20	119.60
	แขวงสะพานสอง	13,392	21,025.44	121,716.27	60.86
	เขตวัฒนา	80,674	126,658.18	733,224.20	366.61
41	แขวงคลองตันเหนือ	48,776	76,578.32	443,311.89	221.66
	แขวงคลองเตยเหนือ	8,496	13,338.72	77,217.85	38.61
	แขวงพระโขนงเหนือ	23,402	36,741.14	212,694.46	106.35
	เขตสวนหลวง	115,883	181,936.31	1,053,229.30	526.61
แขวงสวนหลวง	115,883	181,936.31	1,053,229.30	526.61	
43	เขตสะพานสูง	88,013	138,180.41	799,926.39	399.96
	แขวงสะพานสูง	88,013	138,180.41	799,926.39	399.96
44	เขตสัมพันธวงศ์	29,283	45,974.31	266,145.28	133.07
	แขวงจักรวรรดิ	8,950	14,051.50	81,344.13	40.67
	แขวงตลาดน้อย	8,912	13,991.84	80,998.76	40.50
	แขวงสัมพันธวงศ์	11,421	17,930.97	103,802.39	51.90
45	เขตสาทร	89,294	140,191.58	811,569.06	405.78
	แขวงทุ่งมหาเมฆ	20,672	32,455.04	187,882.23	93.94
	แขวงทุ่งวัดดอน	44,259	69,486.63	402,258.10	201.13
	แขวงยานนาวา	24,363	38,249.91	221,428.73	110.71
46	เขตสายไหม	178,637	280,460.09	1,623,583.46	811.79
	แขวงคลองถนน	79,197	124,339.29	719,800.15	359.90
	แขวงสายไหม	71,216	111,809.12	647,263.00	323.63
	แขวงออเงิน	28,224	44,311.68	256,520.32	128.26
47	เขตหนองแขม	142,772	224,152.04	1,297,616.16	648.81
	แขวงหนองแขม	69,118	108,515.26	628,194.84	314.10
	แขวงหนองค้างพลู	73,654	115,636.78	669,421.32	334.71

เอกสารนี้เป็นเอกสารราชการสงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการศึกษาและเพื่อประโยชน์อื่น ๆ ไม่ควรนำออกเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-4 แสดงวิธีการคำนวณหาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รายแขวงของกรุงเทพมหานคร (ต่อ)

ลำดับที่	เขต/แขวง	ประชากรทะเบียนราษฎร (คน)	รวมประชากรแฝง (คน)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า(kwh/วัน)	CO2 (ตัน/วัน)
48	เขตหนองจอก	147,668	231,838.76	1,342,114.58	671.06
	แขวงกระทุ่มราย	31,886	50,061.02	289,803.24	144.90
	แขวงคลองสิบ	8,253	12,957.21	75,009.29	37.50
	แขวงคลองสิบสอง	9,824	15,423.68	89,287.68	44.64
	แขวงคูฝิ่งเหนือ	14,635	22,976.95	133,013.56	66.51
	แขวงโคกแฝด	31,196	48,977.72	283,532.02	141.77
	แขวงลำด้อยติ่ง	8,195	12,866.15	74,482.14	37.24
	แขวงลำผักชี	27,230	42,751.10	247,486.12	123.74
	แขวงหนองจอก	16,449	25,824.93	149,500.52	74.75
49	เขตหลักสี่	114,180	179,262.60	1,037,751.19	518.88
	แขวงตลาดบางเขน	29,755	46,715.35	270,435.16	135.22
	แขวงทุ่งสองห้อง	84,425	132,547.25	767,316.03	383.66
50	เขตห้วยขวาง	76,987	120,869.59	699,714.06	349.86
	แขวงบางกะปิ	16,931	26,581.67	153,881.29	76.94
	แขวงสามเสนนอก	38,494	60,435.58	349,861.57	174.93
	แขวงห้วยขวาง	21,562	33,852.34	195,971.20	97.99
กรุงเทพมหานคร		5,702,595	8,953,074.15	51,829,346.25	25914.67

3.4 การหาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดินกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

3.4.1 การคัดกรองข้อมูล

ในส่วนนี้ประกอบด้วยข้อมูลสำคัญ 2 ส่วนหลักคือปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ และ การใช้ประโยชน์ที่ดิน จากข้อจำกัดของข้อมูลปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ไม่ได้มีการจัดเก็บในหน่วยงานต่างๆ ของกรุงเทพมหานคร รวมถึงปัญหาภาพถ่ายจากดาวเทียมที่จัดเก็บข้อมูลคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีอยู่เป็นภาพที่ได้จากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรที่มีขนาดภาพใหญ่ทำให้ความละเอียดของภาพที่ได้หยาบ ยกตัวอย่างเช่น ข้อมูลภาพถ่ายที่ได้จากดาวเทียม GOSAT (Greenhouse Gases Observing Satellite) หรือ ดาวเทียม IBUKI ที่สำรวจก๊าซเรือนกระจก เป็นดาวเทียมสำรวจและติดตามปฏิกิริยาก๊าซเรือนกระจกดวงแรกของโลกพร้อมขึ้นสู่อวกาศในวันพฤหัสบดีที่ 22 มกราคม 2552 โดยองค์การสำรวจอวกาศแห่งประเทศญี่ปุ่น หรือที่เรียกสั้นๆว่า "แจ็กซ่า" (JAXA: Japan Aerospace Exploration Agency) ซึ่งข้อมูลที่มีการจัดเก็บมีความละเอียดของภาพ (Spatial Resolution) 500 เมตร ใน band 1, 2 และ 3 และขนาดภาพ 1.5 กิโลเมตรใน

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

band 4 ซึ่งเป็นความละเอียดเชิงพื้นที่ที่ค่อนข้างหยาบ จึงไม่เหมาะสมกับขนาดพื้นที่ที่ศึกษา อย่างไรก็ตามได้มีความพยายามขององค์การบริหารการบินอวกาศสหรัฐอเมริกา หรือ นาซ่า ได้ปล่อยจรวดทอรัส เอ็กซ์แอล (Taurus XL) เพื่อส่งดาวเทียมสำรวจคาร์บอนในชั้นบรรยากาศโลก หรือ โอซีโอ (Orbiting Carbon Observatory: OCO) ออกไปโคจรรอบโลก เมื่อวันที่ 24 ก.พ.52 แต่ไม่สามารถปฏิบัติการได้สำเร็จทั้งนี้เนื่องจากจรวดทอรัส เอ็กซ์แอล ที่นำดาวเทียมโอซีโอเกิดเหตุขัดข้อง ในการแยกดาวเทียมและจรวดออกจากกัน ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงมีความจำเป็นที่ต้องประยุกต์ใช้ข้อมูลเพื่อหาปริมาณและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คณะผู้วิจัยจึงได้เลือกรายสาขาการใช้ไฟฟ้า (เนื่องจากการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดอาจพิจารณาจากรายสาขาอื่นๆ ได้ เช่น สาขาการคมนาคมขนส่ง สาขาพลังงาน เป็นต้น) เพื่อหาค่าปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยประยุกต์ใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ยการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้านครหลวง โดยมีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ชั่วโมงต่อคนต่อวัน และเกณฑ์ค่าเฉลี่ยการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ไฟฟ้าจากกรุงเทพมหานคร โดยมีหน่วยเป็นกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง มาคำนวณร่วมกับข้อมูลจำนวนประชากรทะเบียนราษฎร์รายแขวงของกรุงเทพมหานคร ปีพ.ศ. 2552 อย่างไรก็ตามเป็นที่ทราบกันว่าจำนวนประชากรทะเบียนราษฎร์ไม่ได้สะท้อนให้เห็นถึงจำนวนประชากรที่แท้จริงที่อาศัยในกรุงเทพมหานคร ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงประชากรแฝงในการศึกษานี้จึงได้ใช้ค่าคงที่ได้จากงานศึกษาของวชิรวรรณ เจริญเรืองวานิชย์ กองวิชาการและแผนงาน สำนักผังเมือง เพื่อหาจำนวนประชากรแฝง ซึ่งจะทำให้งานวิจัยได้ค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของกรุงเทพมหานครที่ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริง

สำหรับข้อมูลส่วนที่ 2 คือ สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้จากการแปลและวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 TM เป็นภาพวันที่ 5 มีนาคม 2551 ด้วยวิธีการจำแนกแบบกำกับดูแล (supervised classification) โดยจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 6 ประเภทหลัก ประกอบด้วย ที่อยู่อาศัย พาณิชยกรรมและอุตสาหกรรม พืช น้ำ ที่โล่ง และพื้นที่ชุ่มน้ำ โดยพิจารณาจากรูปแบบการรวมกลุ่มและขนาดของอาคารสิ่งก่อสร้าง โดยแยกตามรายแขวงในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ตามจำนวนแขวงจากข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้า

3.4.2 การจัดเตรียมข้อมูล

3.4.2.1 การจัดเตรียมข้อมูลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ใช้ข้อมูลจากหัวข้อ 3.3.2

3.4.2.2 การจัดเตรียมข้อมูลเพื่อจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use) จากการแปล

ภาพถ่ายดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลสัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินในกรุงเทพมหานคร ที่ได้จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม นำมาหาสัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละแขวง โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

ภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้คือ ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 (TM) Path 129 Row 50 และ Path 129 Row 51 (บริเวณพื้นที่กรุงเทพมหานคร) บันทึกเมื่อวันที่ 5 มีนาคม 2551 ซึ่งเป็นภาพถ่ายระดับ 1T โดยผ่านกระบวนการ Radiometric Correction จากศูนย์ควบคุมภาคพื้นดินของดาวเทียม Landsat ก่อนเผยแพร่สู่ผู้ใช้ข้อมูล มีความละเอียดเชิงพื้นที่ของภาพ 30x30 เมตร ซึ่งได้มาจากหน่วยงาน The United States Geological Survey หรือ USGS

2) การจัดเตรียมข้อมูล

2.1) การแปลงข้อมูลเป็นหน่วยของพลังงาน

การใช้ข้อมูล Landsat 1T จำเป็นต้องแปลงข้อมูลให้กลับมาเป็นหน่วยของพลังงาน (Radiance Unit) ก่อนการนำไปกระบวนการวิเคราะห์ ซึ่งการแปลงข้อมูลดังกล่าวสามารถทำได้โดยใช้สูตรต่อไปนี้

$$L_{\lambda} = \left(\frac{(LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda})}{(QCALMAX - QCALMIN)} \right) \times (QCAL - QCALMIN) + LMIN_{\lambda}$$

เมื่อ:

L_{λ}	คือ ค่าพลังงานที่ตรวจรับ ณ อุปกรณ์ตรวจรับ มีหน่วย watts/(m ² . ster.μm)
QCAL	คือ ค่าพลังงานที่ตรวจรับได้ในแต่ละจุดภาพ (pixel)
$LMIN_{\lambda}$	คือ ค่าต่ำสุดของพลังงานที่อุปกรณ์สามารถตรวจรับได้ในแต่ละช่วงคลื่น มีหน่วย watts/(m ² . ster.μm)
$LMAX_{\lambda}$	คือ ค่าสูงสุดของพลังงานที่อุปกรณ์สามารถตรวจรับได้ในแต่ละช่วงคลื่น มีหน่วย watts/(m ² . ster.μm)
QCALMIN	คือ ค่าต่ำสุดของข้อมูลในหนึ่งจุดภาพ
QCALMAX	คือ ค่าสูงสุดของข้อมูลในหนึ่งจุดภาพ

2.2) การแปลงข้อมูลหน่วยพลังงานเป็นค่าการสะท้อน

ก่อนที่จะนำข้อมูลไปใช้ในกระบวนการต่อไปข้อมูลที่กล่าวไว้ในตอนต้น ซึ่งอยู่ในหน่วยของพลังงานรังสี (Radiance unit) จำเป็นต้องแปลงให้เป็นพลังงานในรูปของค่าการสะท้อนของพื้นที่ผิว ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โลก ณ เครื่องตรวจรับ (at-satellite reflectance values; ρ_p) ซึ่ง Markham และ Barker (1986) ได้นำเสนอวิธีการคำนวณไว้ดังนี้

$$\rho_p = \frac{\pi \times L_\lambda \times d^2}{ESUN_\lambda \times \cos \theta_s}$$

เมื่อ:

L_λ คือ ค่า พลังงานรังสี (mW cm⁻² ster⁻¹ μm⁻¹)

d คือ ระยะทางจากดวงอาทิตย์ถึงโลก ในหน่วยทางดาราศาสตร์: ซึ่งสามารถคำนวณได้โดย:

$$d = 1.00014 - 0.01371 \cos G - 0.00014 \cos 2G; G = 357^\circ.528 + 0^\circ.9856003n; \text{ และ}$$

$$n = -4749.5 + \text{ลำดับของวันในหนึ่งปี} + \text{เศษเวลาในหนึ่งวัน}$$

ESUN คือ ค่าเฉลี่ยของรังสีที่ตกกระทบของดวงอาทิตย์ (mW cm⁻² ster⁻¹ μm⁻¹) (แสดงไว้ใน Header file ของทุกภาพ)

θ_s คือ มุมของรังสีของดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบกับพื้นโลก (แสดงไว้ใน Header file ของทุกภาพ)

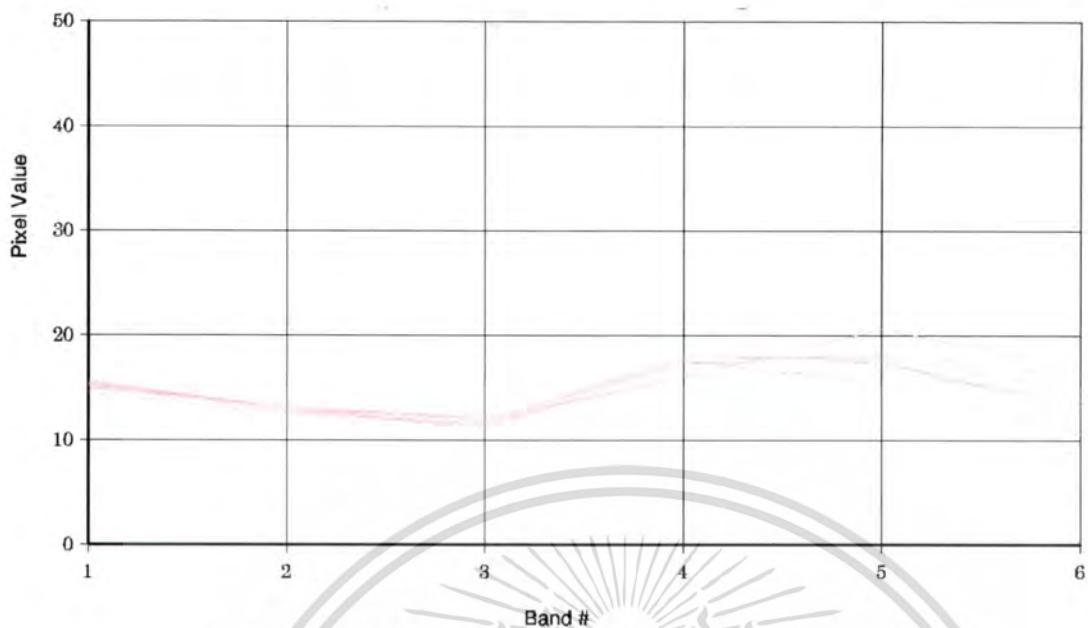
2.3) การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิต

การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิตของข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม (Geometric Correction) ทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิตโดยใช้วิธีแผนที่สู่ภาพ (Map to Image) โดยใช้จุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Point) จากเส้นถนน ซึ่งเป็น Digital map ในลักษณะ shape file (.shp) เพื่อตรวจเช็คความถูกต้องของพิกัดทางภูมิศาสตร์ โดยกำหนดค่าพิกัดให้อยู่ในระบบ UTM (Universal Transverse Mercator) โซน 47 โดยใช้สมการในการแปลงที่อยู่ในรูปของสมการโพลีโนเมียลดีกรีที่ 1 ควบคุมความผิดพลาดเฉลี่ย (Root Mean Square Error; RMSE) ที่ไม่เกิน 1/2 จุดภาพ และใช้วิธีสุ่มซ้ำ (Resampling) แบบ Nearest neighbor โดยกำหนดจุดภาพใหม่เท่ากับความละเอียดของภาพเดิม ซึ่งในการศึกษานี้ได้ตั้งพิกัดทางภูมิศาสตร์ของภาพโดยกำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Point) จำนวน 20 จุด และจุดตรวจสอบความคลาดเคลื่อน (Check point) จำนวน 12 จุด ดังแสดงในตารางที่ 3-5

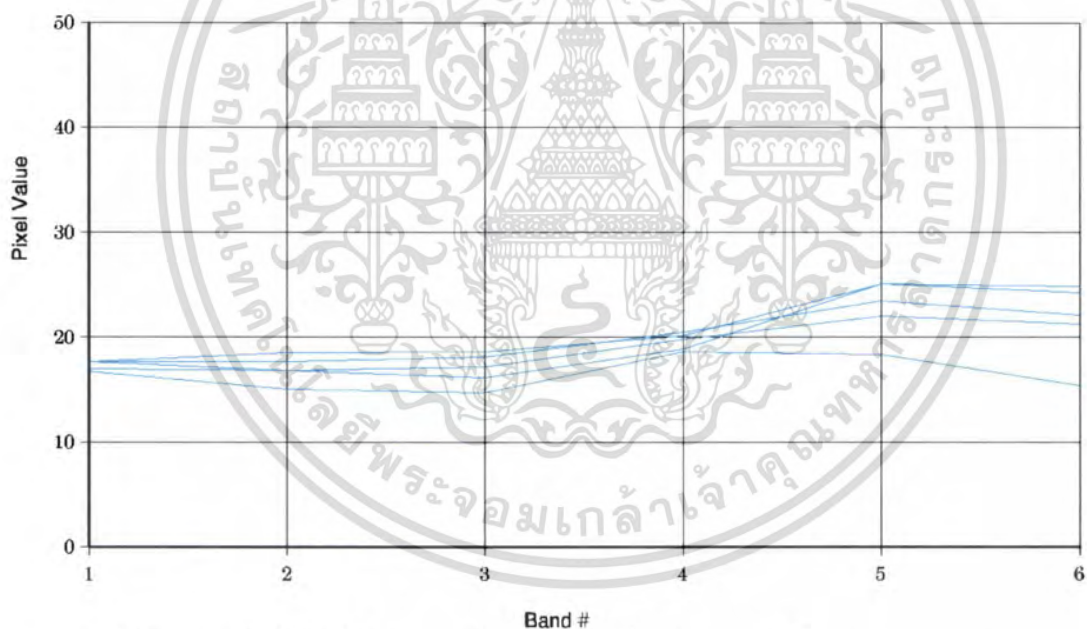
ตารางที่ 3-5 ค่าความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิตของภาพสำหรับจุดควบคุม (Ground Control Points) และ จุดตรวจสอบ (Check points) ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 พื้นที่กรุงเทพมหานคร ปี 2551

Type	Point	X Input	Y Input	X Ref.	Y Ref.	RMS Error
Ground Control Points	1	667057.29	1518045.20	667404.41	1517692.52	0.099
	2	666896.06	1532363.28	667306.82	1532060.99	0.005
	3	648539.57	1515728.33	648920.32	1515549.21	0.154
	4	687728.21	1527651.34	688069.96	1527353.36	0.393
	5	644346.72	1524730.09	644776.60	1524377.86	0.419
	6	654668.46	1510323.66	655010.34	1509930.74	0.323
	7	688899.85	1517757.84	689195.02	1517426.48	0.036
	8	677768.00	1516603.07	678083.71	1516256.24	0.257
	9	677904.24	1522116.78	678244.52	1521789.50	0.309
	10	677203.91	1531814.47	677588.23	1531521.02	0.246
	11	673881.99	1524707.13	674242.61	1524385.07	0.170
	12	661507.95	1524442.45	661896.17	1524106.62	0.126
	13	652325.17	1524213.79	652733.83	1523867.91	0.072
	14	660688.68	1515693.40	661040.35	1515326.02	0.110
	15	677887.86	1511439.74	678181.05	1511074.84	0.283
	16	674136.23	1512845.12	674443.98	1512481.61	0.296
	17	664461.86	1513614.60	664795.51	1513243.57	0.068
	18	666734.65	1515256.50	667070.52	1514893.89	0.323
	19	658876.66	1521151.42	659256.32	1520801.23	0.294
	20	670200.37	1526767.42	670578.62	1526448.68	0.159
			Mean			0.207
Check Points	1	660194.37	1523218.79	660580.81	1522878.11	0.873
	2	669433.24	1529158.04	669824.29	1528846.96	0.331
	3	670247.11	1521013.01	670600.79	1520674.44	0.861
	4	677591.78	1519754.47	677922.01	1519419.44	0.843
	5	670221.18	1530553.10	670615.36	1530248.09	0.913
	6	665418.63	1512870.68	665746.37	1512498.60	0.701
	7	678086.16	1512749.29	678384.13	1512389.03	0.307
	8	677444.10	1519126.10	677772.77	1518787.88	0.824
	9	659783.11	1521234.53	660161.84	1520885.15	0.766
	10	660194.37	1523218.79	660580.81	1522878.11	0.873
	11	669433.24	1529158.04	669824.29	1528846.96	0.331
	12	670247.11	1521013.01	670600.79	1520674.44	0.861
			Mean			0.713

โดยภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 (TM) ปี 2551 มีค่ารังสีสะท้อน (Spectral Signatures) ในแต่ละช่วงคลื่นของสิ่งปกคลุมดินที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษานี้ สามารถจำแนกการใช้ที่ดินออกเป็น 6 ประเภท ได้แก่ 1) ที่อยู่อาศัย 2) พานิชยกรรมและอุตสาหกรรม 3) พืชพรรณ 4) แหล่งน้ำ 5) พื้นที่ว่าง และ 6) พื้นที่ชุ่มน้ำ (ดังตัวอย่างของค่ารังสีสะท้อนของสิ่งปกคลุมดินที่แสดงในรูปภาพที่ 3-2 ก-จ) ไม่วากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

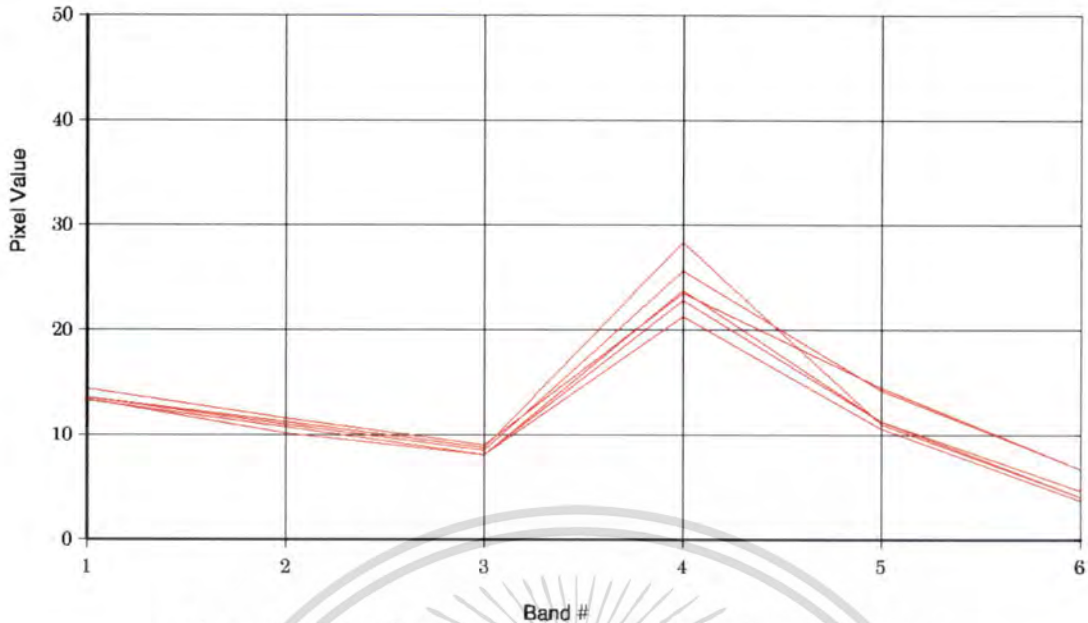


รูปที่ 3-2 (ก) ค่ารังสีสะท้อนของการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย

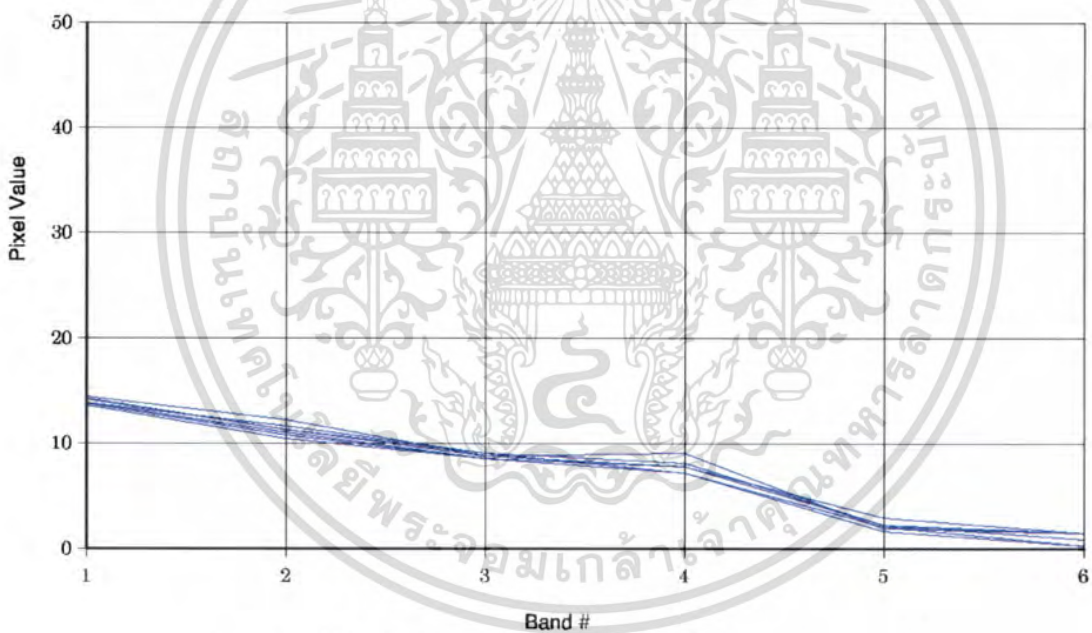


รูปที่ 3-2 (ข) ค่ารังสีสะท้อนของการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทธุรกิจและอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

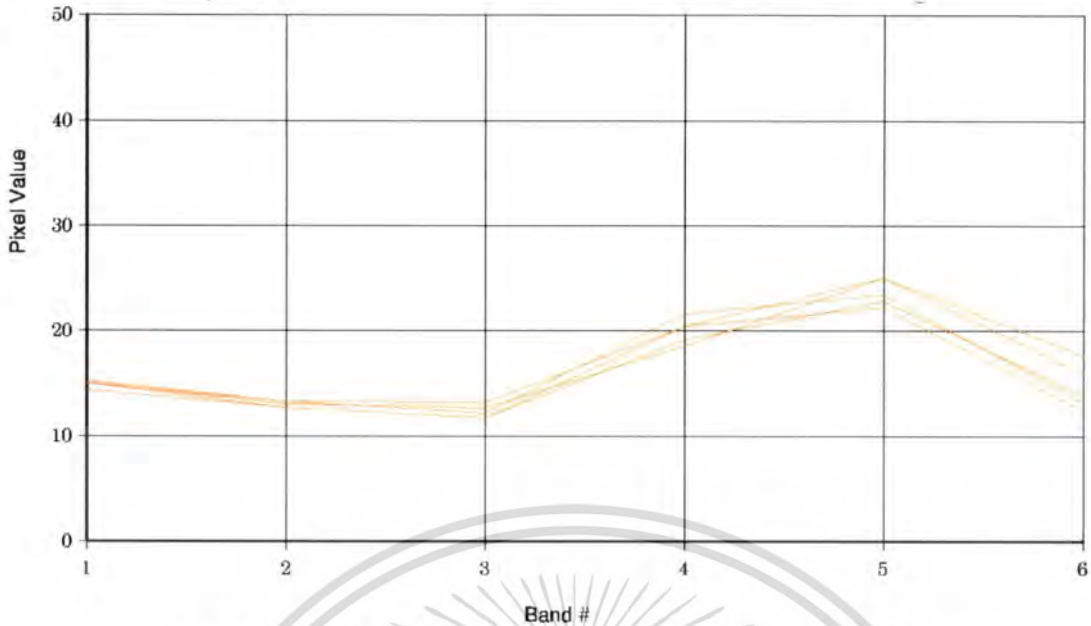


รูปที่ 3-2 (ค) ค่ารังสีสะท้อนของการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพืชพรรณ

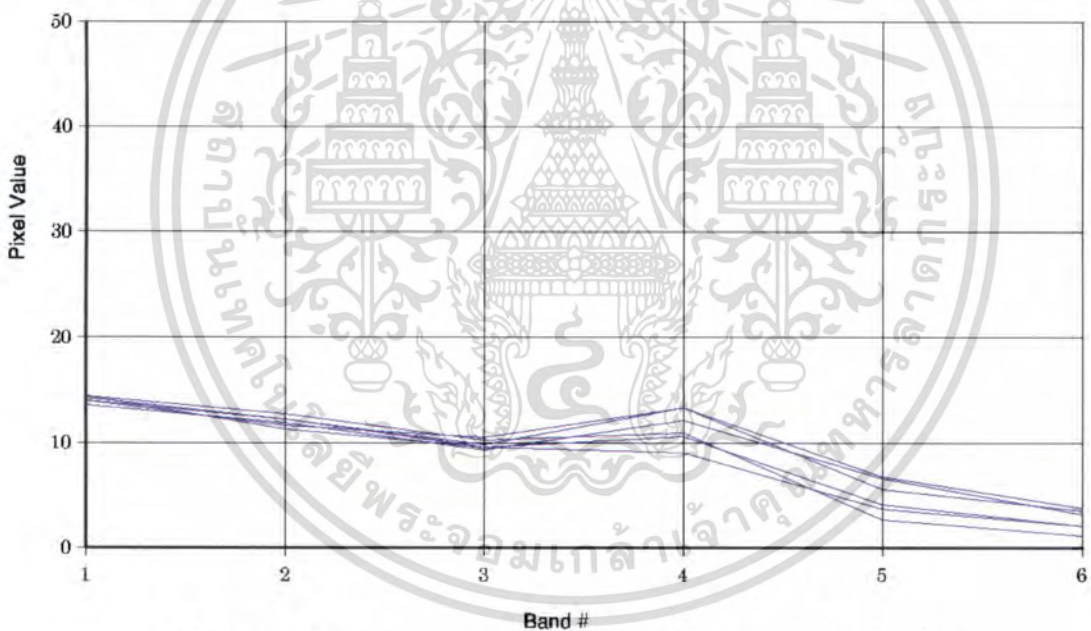


รูปที่ 3-2 (ง) ค่ารังสีสะท้อนของการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทแหล่งน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-2 (จ) ค่ารังสีสะท้อนของการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่ว่าง



รูปที่ 3-2 (ข) ค่ารังสีสะท้อนของการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่ชุ่มน้ำ

3.4.3 การหาความสัมพันธ์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และสัดส่วนการใช้ที่ดิน

เพื่อทดสอบอิทธิพลของสัดส่วนการใช้ที่ดินที่มีต่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในส่วนนี้ใช้ข้อมูลสัดส่วนการใช้ที่ดินที่ได้จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 TM ซึ่งได้แยกประเภทการใช้ที่ดินเป็น 6 ประเภท ประกอบด้วย ที่อยู่อาศัย พาณิชยกรรมและอุตสาหกรรม พืช น้ำ ที่โล่ง และพื้นที่ชุ่มน้ำ ดังได้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.4.1 และ 3.4.2 ในขณะที่ข้อมูลปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้จากการประยุกต์ใช้ข้อมูลการใช้ไฟฟ้า ดังแสดงรายละเอียดในหัวข้อ 3.4.1 และ 3.4.2 เช่นกัน

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนการใช้ที่ดินต่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ใช้การวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการสร้างสมการถดถอยระหว่างตัวแปร ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ แบบ Stepwise เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปร และนำเสนอในรูปแบบจำลอง ดังสมการ

$$CO_2 = a + b_1(Res) + b_2(ComInd) + b_3(Veg) + b_4(Water) + b_5(Openspace) + b_6(Watershed)$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

บทวิเคราะห์

คาร์บอนไดออกไซด์เป็นปัจจัยหลักที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าส่งผลต่อสภาวะโลกร้อนที่เพิ่มความรุนแรงขึ้นอย่างต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน ในขณะที่สถิติการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ทำการสำรวจโดย IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) แสดงให้เห็นถึงทิศทางการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้น โดยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศโลกส่วนหนึ่งเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากสภาพธรรมชาติไปเป็นสิ่งก่อสร้างและกิจกรรมการใช้ที่ดินที่เป็นแหล่งกำเนิดของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในการศึกษาี้มุ่งเน้นการสำรวจการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่กรุงเทพมหานครในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา โดยการประยุกต์ใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งจะนำเสนอผลการศึกษาในหัวข้อ 4.1 สำหรับแนวโน้มและการกระจายตัวปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาพรวมของทั้งประเทศนำเสนอผลการศึกษาในหัวข้อ 4.2 และในหัวข้อ 4.3 เป็นการเสนอผลการศึกษาคความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนการใช้ที่ดินในกรุงเทพมหานครกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และในหัวข้อสุดท้ายเป็นการสรุปและเสนอแนะแนวทางการปรับสภาพแวดล้อมเพื่อช่วยบรรเทาผลกระทบจากภาวะโลกร้อนต่อไป

4.1 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม

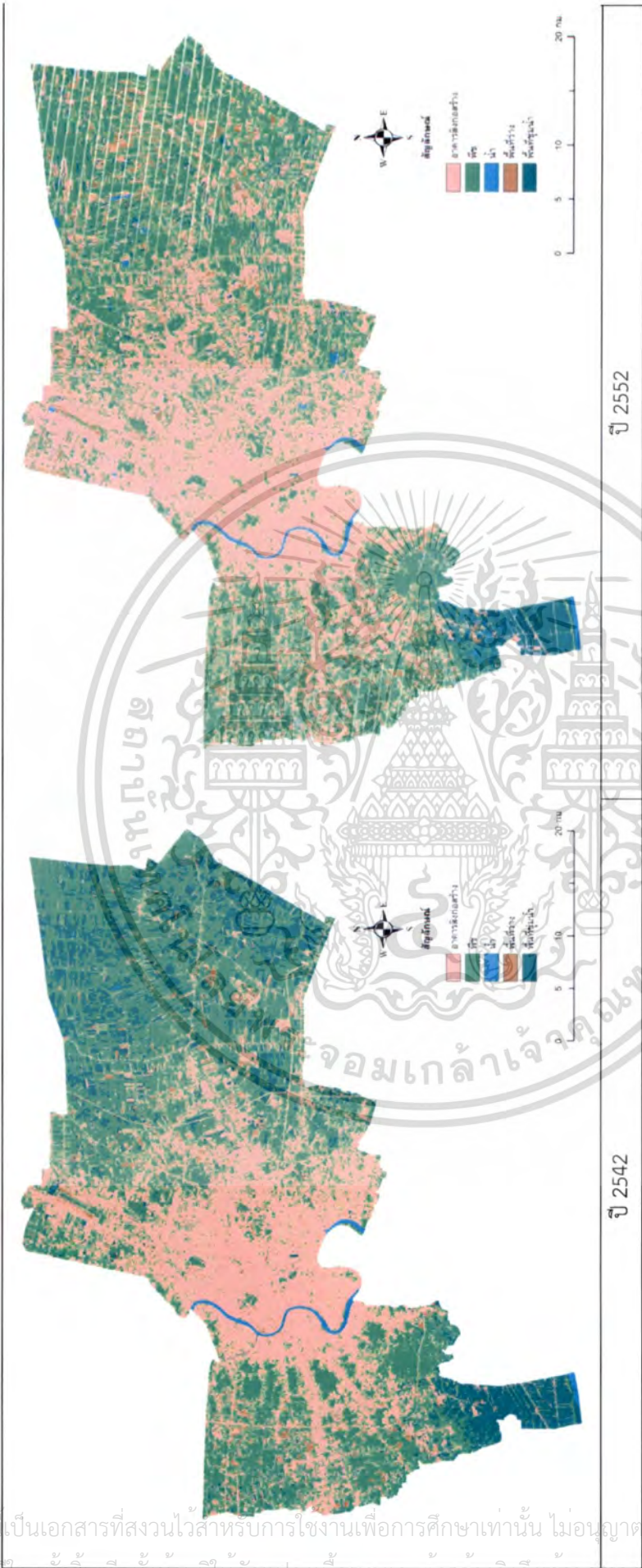
ในการศึกษานี้ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 7 ETM+ เพื่อแสดงการแบ่งประเภทการใช้ที่ดินในกรุงเทพมหานครและเปรียบเทียบหาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในช่วงปี 2542 ถึงปี 2552 โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม 2 ช่วงเวลา ซึ่งเป็นภาพถ่าย ณ วันที่ 16 พฤศจิกายน ในปี 2542 และ วันที่ 11 มกราคม และ 17 เมษายน ในปี 2552 ซึ่งจำแนกชนิดการใช้ประโยชน์ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินเพื่อหาการเปลี่ยนแปลงแยกเป็น 5 ประเภทหลัก ประกอบด้วย 1) พื้นที่ที่เป็นสิ่งปลูกสร้าง ประกอบด้วย พื้นที่ทางพาณิชย์กรรม พื้นที่ที่เป็นที่อยู่อาศัย พื้นที่สถาบันราชการ และพื้นที่ถนน 2) พืช 3) พื้นน้ำ ประกอบด้วยแม่น้ำ คลอง บ่อน้ำ 4) พื้นที่ว่างหรือพื้นที่โล่ง และ 5) พื้นที่ชุ่มน้ำ หมายถึง ป่าชายเลนและนาข้าวที่เป็นน้ำขังในช่วงที่กำลังรอหวาน

ผลการศึกษาจากการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินจากภาพถ่ายดาวเทียม ในปีพ.ศ. 2542 และปี พ.ศ. 2552 ดังแสดงในรูปที่ 4-1 โดยสัดส่วนการใช้ที่ดินของกรุงเทพมหานครในปี พ.ศ. 2542 พบว่ามีสัดส่วนการใช้ที่ดินประเภทสิ่งปลูกสร้างร้อยละ 40.36 ดังตารางที่ 4-1 ส่วนการใช้ที่ดินในปีพ.ศ. 2552 มีสัดส่วนการใช้ที่ดินประเภทสิ่งปลูกสร้างเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 50.80 ทำให้การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินประเภทสิ่งปลูกสร้างของกรุงเทพมหานครในช่วงปีพ.ศ. 2542 ถึงพ.ศ. 2552 มีสัดส่วนเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

103,026 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 10.44 ดังแสดงตารางที่ 4-1 ในขณะที่พื้นที่ที่ปกคลุมด้วยพืชลดลง 16,723 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.7 และเมื่อพิจารณาประเภทสิ่งปกคลุมดินอื่นๆ ในปี 2552 พบว่าสิ่งปกคลุมดินประเภท แหล่งน้ำ และพื้นที่ว่าง ซึ่งมีสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย คือ 13,369 ไร่ และ 14,310 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.35 และ 1.45 ตามลำดับ ในขณะที่พื้นที่ชุ่มน้ำมีสัดส่วนลดลงอย่างมากถึง 113,981 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 11.54 พบในบริเวณฝั่งตะวันออกของกรุงเทพมหานคร ได้แก่ เขตคลองสามวา เขตหนองจอก เขตลาดกระบัง และเขตมีนบุรี โดยในปีพ.ศ. 2542 บริเวณดังกล่าวมีพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นาข้าว พื้นที่ปลูกหญ้า รวมถึงพื้นที่นาเกลือ นาทุ่ง และพื้นที่โล่ง และได้เปลี่ยนเป็นสิ่งปลูกสร้างอาคารในปี 2552 (รูป 4-1) และจากการสำรวจพื้นที่พบว่าบริเวณดังกล่าวในปัจจุบันมีหมู่บ้านจัดสรรขึ้นจำนวนมาก สาเหตุที่พื้นที่บริเวณนี้มีการเปลี่ยนแปลงสูงเนื่องจากการขยายตัวของเมืองชั้นในและชั้นกลางที่ค่อนข้างแออัด และมีสภาพแวดล้อมที่ค่อนข้างเสื่อมโทรม ทำให้คนบางกลุ่มซึ่งส่วนใหญ่เป็นชนชั้นกลางที่ต้องการที่อยู่อาศัยที่มีพื้นที่มากและสภาพแวดล้อมที่สะอาดเลือกที่จะซื้อบ้านบริเวณชานเมือง ประกอบกับแผนพัฒนา กรุงเทพมหานครที่วางเป้าหมายให้พื้นที่บริเวณเขตคลองสามวาและเขตหนองจอกที่จัดอยู่ในกลุ่มสุวินทวงศ์ เป็นกลุ่มเขตที่อยู่อาศัยผสมผสานกับพื้นที่เกษตรกรรม และกำหนดให้พื้นที่บริเวณเขตมีนบุรีและเขต ลาดกระบังที่อยู่ในกลุ่มศรีนครินทร์เป็นกลุ่มเขตชุมชนใหม่รองรับสนามบินสุวรรณภูมิ (รูปที่ 4-2) นอกจากนี้ การขยายตัวของที่อยู่อาศัยบริเวณชานเมืองยังเกิดจากนโยบายและมาตรการกระตุ้นสังหาริมทรัพย์ของ รัฐบาล โดยเฉพาะมาตรการลดหย่อนภาษีเงินได้ รวมทั้งมาตรการลดภาษีและค่าธรรมเนียมการโอนและ การจดทะเบียนในช่วงปี 2551-2552 จึงส่งผลให้จำนวนที่อยู่อาศัยสร้างเสร็จในเขตกรุงเทพมหานครและ ปริมณฑลในปีพ.ศ. 2552 มีจำนวน 90,971 หน่วย เพิ่มขึ้นจากปี 2551 ที่มี 83,065 หน่วย หรือเพิ่มขึ้นร้อย ละ 9.5 (ขจรค์ ประจวบเหมาะ 2553) และหากพิจารณาเป็นประเภทที่อยู่อาศัยประเภทบ้านเดี่ยวและบ้าน แฝดมีสัดส่วนร้อยละ 33.9 และทาวน์เฮาส์มีสัดส่วนร้อยละ 15 ของจำนวนที่อยู่อาศัยจดทะเบียนทั้งหมด อย่างไรก็ตามจากรูปที่ 4-1 พบว่าพื้นที่ชุ่มน้ำบริเวณบางขุนเทียนยังไม่มีมีการเปลี่ยนแปลงมากนัก ทั้งนี้ เนื่องจากแผนพัฒนากรุงเทพมหานครกำหนดให้พื้นที่บริเวณบางขุนเทียนที่อยู่ในกลุ่มสนามชัยเป็นกลุ่มเขต ควบคุมและรักษาสภาพแวดล้อมเมือง (ดูรูป 4-2 ประกอบ) จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่ารูปแบบการ เปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของพื้นที่กรุงเทพมหานครเปลี่ยนจากพื้นที่เกษตรเป็นพื้นที่โล่งและจากพื้นที่โล่ง เป็นสิ่งปลูกสร้าง

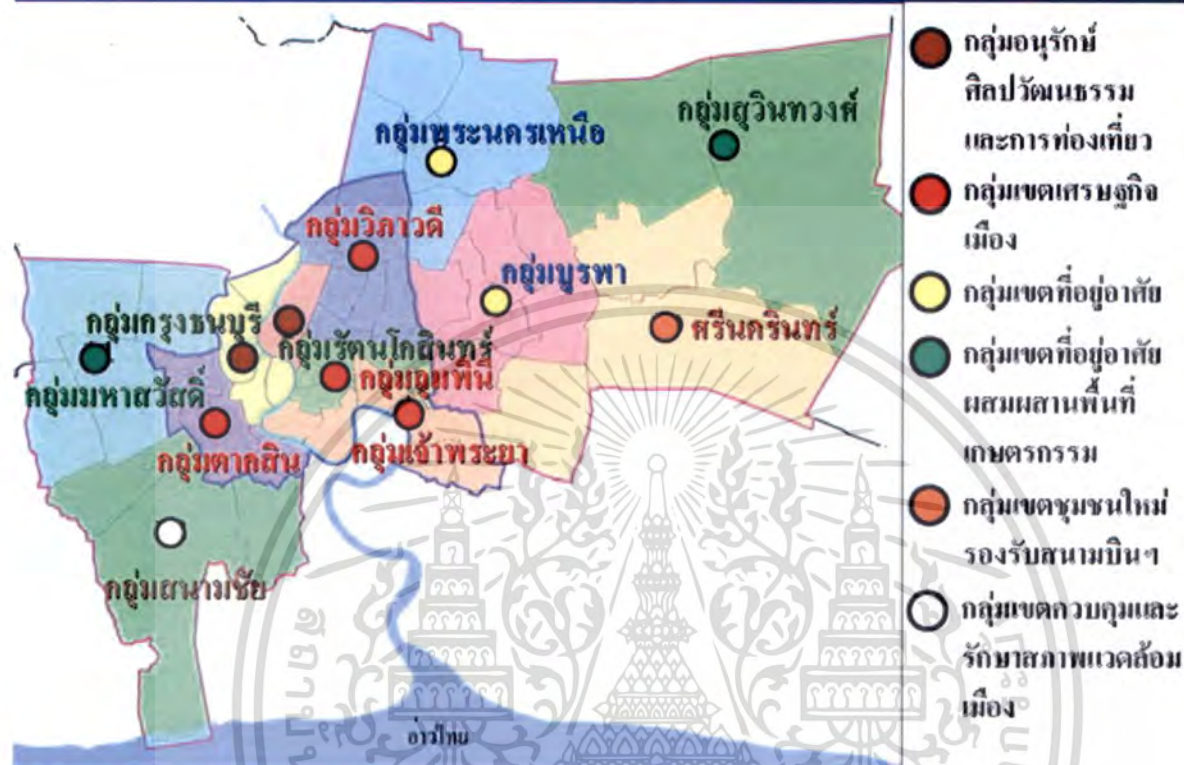
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-1 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรุงเทพมหานคร ระหว่างปี 2542 ถึงปี 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแบ่งเขตการพัฒนาตามบทบาทการพัฒนาเมือง



รูปที่ 4-2 แสดงการแบ่งเขตการพัฒนาตามบทบาทการพัฒนาเมือง

ที่มา: <http://www.bma-cpd.go.th/cpd/sem28-2-05.htm>

ตารางที่ 4-1 เปรียบเทียบพื้นที่ประเภทสิ่งปกคลุมดินระหว่างปี 2542 และปี 2552 กรุงเทพมหานคร

ประเภทสิ่งปกคลุมดิน	ปี 2542		ปี 2552		อัตราการ เปลี่ยนแปลง
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	
สิ่งปลูกสร้าง	398,431.21	40.36	501,457.23	50.80	10.44
พืช	387,126.97	39.22	370,403.82	37.52	-1.7
สิ่งปกคลุมดินอื่นๆ	201,560.063	20.42	115,257.20	11.68	-8.74
- แหล่งน้ำ	5,122.46	0.52	18,491.64	1.87	1.35
- พื้นที่ว่าง	28,105.75	2.85	42,415.52	4.30	1.45
- พื้นที่ชุ่มน้ำ	168,331.86	17.05	54,350.03	5.51	-11.54
รวม	987,118.24	100.00	987,118.24	100.00	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การเปลี่ยนแปลงและการกระจายตัวก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การวิเคราะห์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถูกพิจารณาเป็น 2 ประเด็น ในประเด็นแรกเป็นการวิเคราะห์เพื่อหาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาพรวม โดยการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นรายสาขาของประเทศไทย และวิเคราะห์หาการกระจายตัวของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

4.2.1 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศ

การหาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในส่วนนี้เป็นข้อมูลสถิติ ในระดับประเทศที่จัดเก็บโดยสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2529 ถึง ปีพ.ศ. 2553 โดยลักษณะข้อมูลแยกเป็นรายสาขา ประกอบด้วย สาขาการคมนาคมขนส่ง สาขาอุตสาหกรรม สาขาพลังงาน และสาขาอื่นๆ

ในการวิเคราะห์ผู้วิจัยใช้แบบจำลอง Seasonal ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) Model เพื่อพยากรณ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศไทย 5 แบบจำลองแยกตามสาขา ประกอบด้วย สาขาพลังงาน สาขาอุตสาหกรรม สาขาคมนาคมขนส่ง สาขาอื่นๆ และรวมทุกสาขา (รายละเอียดของแบบจำลองดูเพิ่มเติมได้ในบทที่ 3 หัวข้อ 3.3)

การนำแบบจำลองที่ได้มาทำการพยากรณ์แนวโน้มในอนาคตโดยพิจารณาประสิทธิภาพของการพยากรณ์ด้วย Root Mean Square Error, Mean Absolute Percentage Error, Mean Absolute Error, Normalized BIC

Root Mean Square Error (RMSE) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากการนำ MSE มาหารรากที่สอง เป็นการวัดค่าความถูกต้องของการพยากรณ์โดยวัดจากรากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ที่ได้จากกำลังสองของค่าความคลาดเคลื่อน ดังนั้น RMSE มีค่า เป็นกำลังสองของหน่วยวัดของค่าสังเกต

Mean Absolute Error ค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ เป็นการวัดค่าความถูกต้องของการพยากรณ์โดยวัดจากค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์โดย มีหน่วยเดียวกับค่าสังเกต

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) ค่าเฉลี่ยร้อยละของค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์หาได้จากนำค่าความผิดพลาดที่แท้จริงในแต่ละช่วงเวลาหารด้วยข้อมูลจริงในช่วงเวลานั้น และเฉลี่ยความผิดพลาดที่แท้จริงเป็นร้อยละ เป็นการวัดค่าความถูกต้องของการพยากรณ์จากขนาดของความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์เทียบกับค่าจริง ซึ่ง MAPE เป็นค่าที่ไม่มีหน่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Normalized BIC (Bayesian Information Criterion) เกณฑ์ในการเลือกแบบจำลองจากความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนวัดปรับความเหมาะสมของแบบจำลอง ยิ่งน้อยมากเท่าใดแล้วแสดงว่าแบบจำลองนั้นสามารถใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลจริงได้อย่างเหมาะสม

ทั้งนี้จะต้องพิจารณาว่าค่าพยากรณ์ใดที่ให้ค่าสถิติต่างๆ ดังกล่าวที่กล่าวมาข้างต้นนั้นต้องมีค่าต่ำสุดเพื่อให้ค่าความแม่นยำในการพยากรณ์สูงสุด

และการตรวจสอบ (Diagnostic Checking) ว่าแบบจำลองที่ทำการประมาณค่านั้นมีความเหมาะสมหรือไม่สิ่งที่ต้องพิจารณาคือค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองจะต้องมีลักษณะ White noise กล่าวคือค่าความคลาดเคลื่อนในช่วงเวลาต่าง ๆ กันจะต้องไม่มีความสัมพันธ์กัน

จากตารางที่ 4-2 แสดงค่าสถิติทดสอบประสิทธิภาพของแบบพยากรณ์ที่เลือกมา เมื่อพิจารณาค่า Root Mean Square Error (RMSE), Mean Absolute Percentage Error, Mean Absolute Error, Normalized BIC พบว่ามีค่าต่ำสุด (การเลือกตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดจากแบบจำลองที่มากกว่าหนึ่งตัวแบบของการปล่อย CO2 แต่ละสาขา การเปรียบเทียบตัวแบบทำได้โดยเลือกตัวแบบที่มีความคลาดเคลื่อนหรือความแตกต่างระหว่างค่าที่แท้จริงกับค่าพยากรณ์ต่ำสุด)

และจากการตรวจสอบความเหมาะสมในการประมาณค่าของแบบจำลอง โดยพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนในช่วงเวลาต่างๆ เป็นอิสระต่อกันโดยจากตารางที่ 4-2 พิจารณาจาก ค่า Q-Statistics พบว่าแบบจำลองทั้งหมดมีความเหมาะสมที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ตารางที่ 4-2 แสดงค่าสถิติทดสอบความเหมาะสมของแบบจำลอง

Model	Model Fit statistics						Ljung-Box Q		
	Stationary R-squared	Normalized BIC	R-squared	RMSE	MAPE	MAE	Statistics	DF	Sig.
Power	.328	10.724	.988	209.076	3.669	144.500	26.457	16	.048
Transport	.478	9.863	.983	135.958	2.699	100.570	19.160	16	.260
Industry	.229	10.973	.959	234.669	7.066	166.159	27.959	15	.022
Other	.611	7.521	.983	41.330	2.829	29.327	21.555	15	.120
Total	.357	11.809	.993	359.709	2.391	274.124	14.878	16	.534

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากที่ได้ทำการทดสอบความเหมาะสมในการประมาณค่าของแบบจำลองแล้ว จึงทำการ คาดการณ์แนวโน้มของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของแบบจำลองแต่ละสาขาด้วยวิธีการของบ็อกซ์-เจนกินส์ โดยการหาตัวแบบอนุกรมเวลาโดยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง Y_t กับคาบเวลาต่าง ๆ ที่ผ่านมา โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) การตรวจสอบข้อมูล เพื่อพิจารณาว่าอนุกรมเวลาอยู่ภายใต้ภาวะคงที่หรือไม่ โดยพิจารณาจาก กราฟของอนุกรมเวลา หรือพิจารณาจากกราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation Function: ACF) และฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน (Partial Autocorrelation Function: PACF) ของอนุกรม เวลา $\{Y_t\}$

2) สร้างอนุกรมเวลาชุดใหม่ เมื่ออนุกรมเวลาอยู่ภายใต้ภาวะไม่คงที่ ต้องทำให้อนุกรมเวลาอยู่ในภาวะ คงที่ ซึ่งต้องแปลงให้เป็นอนุกรมเวลาชุดใหม่ โดยการหาผลต่างอันดับที่ 1

3) สร้างกราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาเพื่อพิจารณาว่าอนุกรมเวลาชุดใหม่อยู่ในภาวะคงที่ หรือไม่

4) การกำหนดตัวแบบ เป็นการหาตัวแบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสม มีลักษณะเป็นแบบมีฤดูกาล เชิงคูณ (Multiplicative Seasonal Process) โดยพิจารณากราฟ ACF และ PACF และประมาณ ค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

ผลจากการคาดการณ์แนวโน้มของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แบบจำลองแต่ละสาขาด้วยวิธีการของ บ็อกซ์-เจนกินส์ สามารถสรุปแบบจำลองอนุกรมเวลาได้ 3 ลักษณะ (ตารางที่ 4-3) ดังนี้

4.2.1.1 แบบจำลองของ Power, Transport และ Total มีลักษณะแบบ ARIMA (0,1,1)(0,1,1)

จากข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์พบว่าลักษณะของข้อมูลเป็นกระบวนการไม่คงที่ เนื่องจากมีลักษณะ ของข้อมูลแนวโน้มและข้อมูลฤดูกาล ประกอบอยู่ จึงต้องทำการแปลงลักษณะข้อมูลให้มีลักษณะเป็น กระบวนการคงที่ จึงทำการแปลงข้อมูลโดยหาผลต่างจากอนุกรมเวลาเดิมทั้งแบบฤดูกาลและมีใช้ฤดูกาล 1 ครั้ง ปรากฏว่าค่าของ ACF (Autocorrelogram) และ PACF (Partial Autocorrelogram) ระบุตัวแบบที่คาด ว่าจะเหมาะสมที่สุดคือตัวแบบอนุกรมเวลาเชิงฤดูกาล: Seasonal ARIMA (0,1,1)(0,1,1) ซึ่งเป็นตัวแบบของ อนุกรมเวลาที่มีความสัมพันธ์กันทั้งในฤดูกาลเดียวกันและข้ามฤดูกาล และให้ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวเองมี สหสัมพันธ์กันเชิงเส้นและมีสหสัมพันธ์กับค่าคลาดเคลื่อนทุกรอบปีและเดือนก่อนหน้านั้นทั้งในปีปัจจุบันและ อดีต และพบว่าค่าคลาดเคลื่อนในทุกรอบ 12 เดือนมีสหสัมพันธ์กับค่าคาดการณ์ของ CO2 มากกว่าค่า คลาดเคลื่อนของเดือนก่อนหน้านั้นในปัจจุบันและปีที่ผ่านมาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับ 0.01 ที่ lag 1 ,12 และ 13 และทดสอบค่าของ ACF และ PACF พบว่ามีค่าใกล้ศูนย์ทุกค่า แบบจำลองอนุกรมเวลาที่ได้มี ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.1 แบบจำลองอนุกรมเวลาของ Power

$$(1 - B^{12})(1 - B)X_t = (1 - .591B)(1 - .733B^{12}) u_t$$

$$\Delta X_t = X_{t-12} + X_{t-13} + u_t - 0.591u_{t-1} - 0.733u_{t-12} + 0.433u_{t-13}$$

4.2.1.2 แบบจำลองอนุกรมเวลาของ Transport

$$(1 - B^{12})(1 - B)X_t = (1 - .388B)(1 - .755B^{12}) u_t$$

$$\Delta X_t = X_{t-12} + X_{t-13} + u_t - 0.388u_{t-1} - 0.755u_{t-12} + 0.292u_{t-13}$$

4.2.1.3 แบบจำลองอนุกรมเวลาของ Total

$$(1 - B^{12})(1 - B)X_t = (1 - .439B)(1 - .735B^{12}) u_t$$

$$\Delta X_t = X_{t-12} + X_{t-13} + u_t - 0.439u_{t-1} - 0.735u_{t-12} + 0.322u_{t-13}$$

จากแบบจำลอง ค่าสัมประสิทธิ์ทั้งหมดมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และพบว่าการปรับผลต่างลำดับที่ 1 ของอนุกรมเวลาทั้งแบบที่ไม่ใช่ฤดูกาลและแบบฤดูกาลและค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ที่มีสหสัมพันธ์ในตัวเอง

4.2.1.2 แบบจำลองอนุกรมเวลาของ Industry มีลักษณะแบบ ARIMA (0,1,1)(1,0,1)

$$(1 - .931B^{12})(1 - B)X_t = (1 - .585B)(1 - .831B^{12}) u_t$$

$$\Delta X_t = 0.931X_{t-12} + 0.931X_{t-13} + u_t - 0.535u_{t-1} - 0.831u_{t-12} + 0.486u_{t-13}$$

จากข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์พบว่าต้องทำการแปลงลักษณะข้อมูลให้มีลักษณะเป็นกระบวนการคงที่ จึงทำการแปลงข้อมูลโดยหาผลต่างจากอนุกรมเวลาเดิมแบบฤดูกาล 1 ครั้ง ปรากฏว่าค่าของ ACF และ PACF ระบุตัวแบบที่คาดว่าจะเหมาะสมที่สุดคือตัวแบบอนุกรมเวลาเชิงฤดูกาล: Seasonal ARIMA(0,1,1)(1,0,1) ซึ่งเป็นตัวแบบของอนุกรมเวลาที่มีความสัมพันธ์กันทั้งในฤดูกาลเดียวกันและข้ามฤดูกาลและให้ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวเองมีสหสัมพันธ์กันและมีสหสัมพันธ์กับค่าคลาดเคลื่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับ 0.01 ที่ lag 1, 12 และ 13 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-3 ค่าประมาณของสัมประสิทธิ์ของ Multiplicative Seasonal ARIMA

Model		Estimate	SE	t	Sig.
Industry	Difference(1)				
	MA Lag 1	.585	.047	12.411	.000
	AR, Seasonal Lag 1	.931	.079	11.800	.000
	MA, Seasonal Lag 1	.831	.113	7.363	.000
Other	Constant	43.536	2.767	15.736	.000
	AR Lag 1	.569	.058	9.895	.000
	Lag 2	.233	.057	4.058	.000
	Seasonal Difference(1)				
	MA, Seasonal Lag 1	.811	.042	19.095	.000
Power	Difference(1)				
	MA Lag 1	.591	.046	12.777	.000
	Seasonal Difference(1)				
	MA, Seasonal Lag 1	.733	.049	14.971	.000
Total	Difference(1)				
	MA Lag 1	.439	.053	8.301	.000
	Seasonal Difference(1)				
	MA, Seasonal Lag 1	.735	.046	15.978	.000
Transport	Difference(1)				
	MA Lag 1	.388	.054	7.152	.000
	Seasonal Difference(1)				
	MA, Seasonal Lag 1	.755	.042	17.818	.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.3 แบบจำลองอนุกรมเวลาของ Other มีลักษณะแบบ ARIMA (2,0,0)(0,1,1)

$$(1 - 0.569B - 0.233B^2)(1 - B^{12})X_t = 43.536 + (1 - 0.811B^{12})u_t$$

$$X_t = 0.569X_{t-1} + 0.233X_{t-2} + X_{t-12} - 0.569X_{t-13} - 0.233X_{t-14} + u_t - 0.811u_{t-12}$$

จากข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์พบว่าต้องทำการแปลงลักษณะข้อมูลให้มีลักษณะเป็นกระบวนการคงที่ จึงทำการแปลงข้อมูลโดยหาผลต่างจากอนุกรมเวลาเดิมแบบฤดูกาล 1 ครั้ง ปรากฏว่าค่าของ ACF และ PACF ระบุตัวแบบที่คาดว่าจะเหมาะสมที่สุดคือตัวแบบอนุกรมเวลาเชิงฤดูกาล: Seasonal ARIMA (2,0,0)(0,1,1) และให้ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวเองมีสหสัมพันธ์กันในเดือนที่ผ่านมาเดือนที่ 1, 2, 12, 13, 14 และมีสหสัมพันธ์กับค่าคลาดเคลื่อนที่ lag 12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับ 0.01

การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบอนุกรมเวลา เมื่อทดสอบค่าคลาดเคลื่อนของแต่ละแบบจำลองแล้วโดยพิจารณารูปความคลาดเคลื่อนต่อเวลา พบว่าค่าคลาดเคลื่อนกระจายรอบค่า 0 และความแปรปรวนคงที่ ประกอบกับค่าสถิติที่กล่าวมาในตารางที่ 4-2 ข้างต้นซึ่งแสดงว่าแบบจำลองที่เลือกมานั้นมีความเหมาะสมแล้ว

จากแบบจำลองอนุกรมเวลา ที่ใช้อธิบายปริมาณ CO₂ จากสมการข้างต้น ใช้ในการพยากรณ์ CO₂ จากเดือนกรกฎาคม 2011 – มิถุนายน 2013 ดังตารางที่ 4-4 และรูปที่ 4-3 สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

สาขาพลังงาน ในปีค.ศ. 1986 มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวม 12,476 พันตัน และในปีค.ศ. 1996 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมได้เพิ่มขึ้นเป็น 56,887 พันตัน จนถึงปีค.ศ. 2010 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปลดปล่อยจากภาคพลังงานเป็น 92,137 พันตัน (ดูรายละเอียดข้อมูลในภาคผนวก ก) และจากแบบจำลองที่ได้ทำการศึกษาพบว่าเมื่อสิ้นปี ค.ศ. 2012 ประเทศไทยจะมีการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมจากสาขาพลังงานเท่ากับ 138,314 พันตัน และเมื่อพิจารณาเป็นฤดูกาลจากรูปที่ 4-3 พบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสาขาพลังงานมีความแปรปรวนตามฤดูกาล กล่าวคือ ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะต่ำในช่วงฤดูหนาว ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน จนถึง เดือนกุมภาพันธ์ และกลับมาสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่เดือนมีนาคมจนถึงเดือนกรกฎาคม แล้วจึงค่อยลดต่ำลงเล็กน้อยช่วงเดือนสิงหาคมถึงตุลาคม ทั้งนี้เนื่องจากช่วงฤดูร้อนเป็นช่วงที่บ้านเรือน อาคารสำนักงาน สถานที่ราชการต่างๆ มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงเพื่อปรับสภาวะแวดล้อมให้เกิดความสบาย

สาขาคมนาคมขนส่ง มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมในปีค.ศ. 1986 เท่ากับ 15,616 พันตัน และได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนสูงที่สุดในปี 1997 ที่มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมทั้งปีเท่ากับ 55,235 พันตัน หลังจากนั้นค่อยๆ ปรับตัวลดลงจนถึงปีค.ศ. 2001 มีปริมาณรวมเท่ากับ 46,536 พันตัน และได้เพิ่มขึ้นต่อเนื่องจนถึงปี ค.ศ. 2005 ที่มีปริมาณรวม 57,520 พันตัน และกลับลดลงโดยในปีค.ศ. 2008 มีปริมาณรวม 52,524 พันตัน จนกระทั่งปีปัจจุบัน (ค.ศ. 2010) มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้จัดทำได้รับแจ้งขอรับเอกสารค่า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คมนาคมขนส่งรวมทั้งปีเท่ากับ 57,069 พันตัน จะสังเกตเห็นว่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากสาขาคมนาคมขนส่งค่อนข้างแปรผัน โดยฤดูกาลอาจไม่มีผลเท่าไรนักในสาขาคมนาคมขนส่ง และจากแบบจำลองพยากรณ์ได้ว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมในสาขาคมนาคมขนส่ง ในปีค.ศ. 2012 จะมีประมาณ 91,768 พันตัน

สาขาอุตสาหกรรม มีแนวโน้มการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเช่นกัน เมื่อพิจารณาจากปริมาณรวมในปีค.ศ. 1986 สาขาอุตสาหกรรมมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพียง 7,216 พันตัน โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นต่อเนื่องทุกปีจนถึงปี ค.ศ. 1996 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมทั้งปีจากภาคอุตสาหกรรมสูงถึง 35,211 พันตัน ก่อนที่จะลดลงต่ำสุดในปีค.ศ. 1998 ที่มีปริมาณรวมเพียง 27,745 พันตัน และหลังจากนั้นก็เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยในปี ค.ศ. 2010 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมทั้งปีเท่ากับ 54,283 พันตัน และจากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลองการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สาขาอุตสาหกรรม คาดการณ์ว่าจะมีปริมาณก๊าซดังกล่าวรวมในปี ค.ศ. 2012 ประมาณ 91,199 พันตัน

สาขาอื่นๆ หมายถึง สาขาที่ไม่ได้อยู่ใน 3 สาขาแรก ประกอบด้วย ภาคเกษตรกรรม เป็นต้น โดยมีแนวโน้มการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยในปีค.ศ. 1986 มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมทั้งปีเท่ากับ 6,464 พันตัน และในปีปัจจุบัน (ค.ศ. 2010) มีปริมาณการปล่อยเพิ่มขึ้นรวมทั้งปีเท่ากับ 18,832 พันตัน และจากการพยากรณ์คาดว่าจะมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมทั้งปี 29,892 พันตันในปีค.ศ. 2012

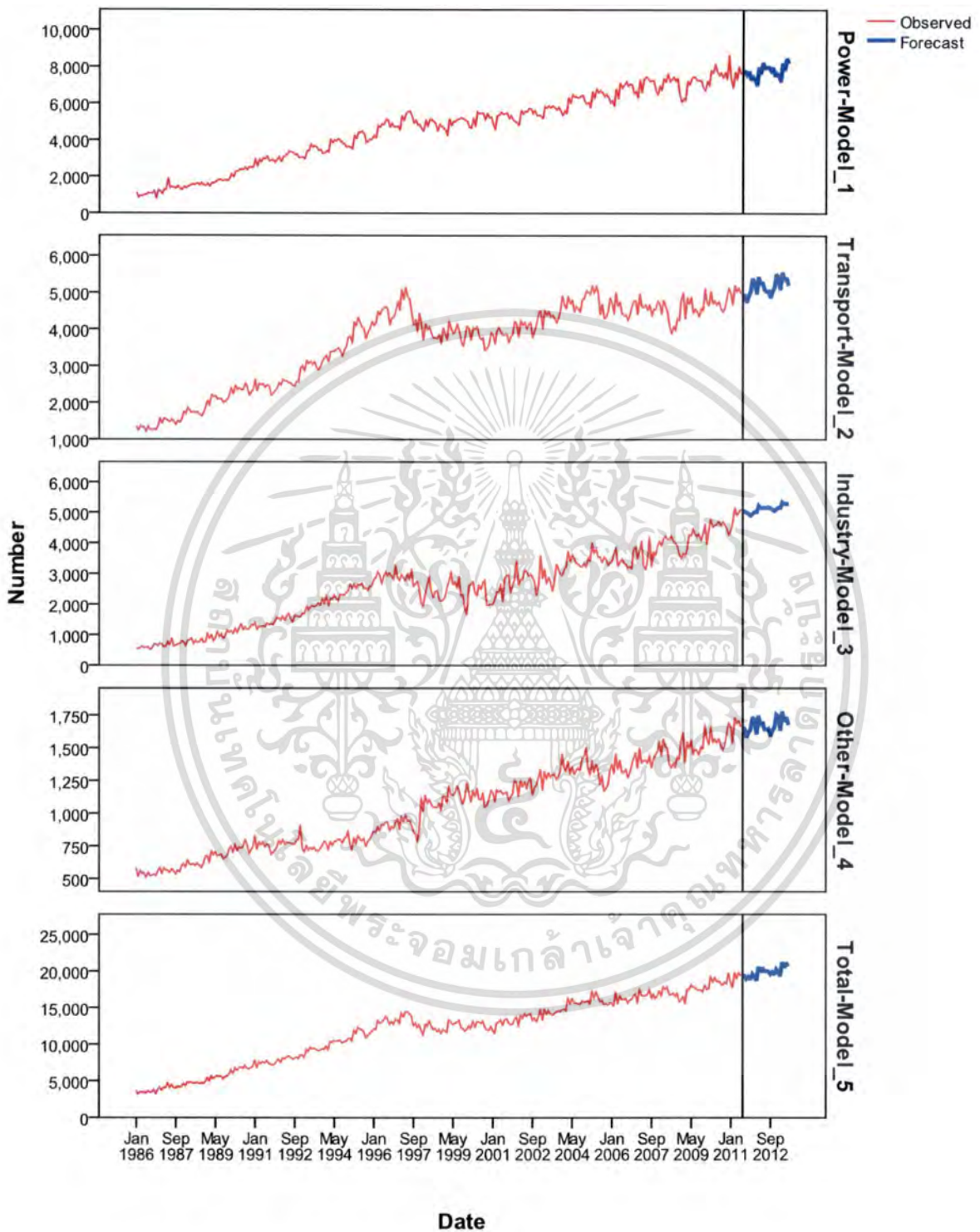
โดยเมื่อพิจารณาในภาพรวมแล้ว พบว่า ทุกสาขาการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศไทยมีแนวโน้มสูงขึ้นโดยในปีค.ศ. 1986 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมทั้งปีของประเทศไทยมีเท่ากับ 41,774 พันตัน จวบจนปัจจุบันปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมทั้งปี ค.ศ. 2010 มีเท่ากับ 222,312 พันตัน โดยมีการปล่อยเพิ่มขึ้นมากกว่า 5 เท่า และจากแบบจำลองคาดการณ์ว่าในปี ค.ศ. 2012 ประเทศไทยจะมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมทั้งปีเท่ากับ 352,918 พันตัน อย่างไรก็ตามปริมาณการปลดปล่อยที่คาดการณ์ว่าจะเกิดขึ้นนั้นขึ้นกับปัจจัยหลายด้านดังที่ IPCC (สกว 2554) เสนอไว้ คือ แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของประชากร การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม การใช้พลังงานและเทคโนโลยี เกษตรกรรมและการใช้ที่ดิน และนโยบายสิ่งแวดล้อม ที่อาจเป็นตัวเร่งหรือชะลอปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอนาคตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-4 ผลการพยากรณ์ของแบบจำลอง Multiplicative Seasonal ARIMA

Month/Year	Power	Transport	Industry	Others	Total
JUL 2011	7745.50	4909.41	5003.94	1647.01	19306.32
AUG 2011	7751.39	4914.61	5024.81	1646.49	19320.23
SEP 2011	7573.80	4738.38	4989.74	1578.59	18887.35
OCT 2011	7740.35	4919.35	4946.75	1620.27	19208.54
NOV 2011	7284.98	5021.61	4900.79	1637.41	18841.45
DEC 2011	7418.13	5389.52	4959.05	1733.68	19587.47
JAN 2012	7289.54	5276.50	5007.56	1718.17	19305.30
FEB 2012	6981.87	4959.01	5011.61	1603.53	18658.95
MAR 2012	7971.47	5440.24	5211.76	1746.44	20560.86
APR 2012	7593.73	5208.48	5148.47	1666.13	19796.90
MAY 2012	8208.31	5292.30	5145.93	1701.70	20471.89
JUN 2012	7941.01	5075.70	5154.53	1639.35	19986.33
JUL 2012	7963.86	5031.23	5146.55	1640.26	19945.55
AUG 2012	7971.03	5036.43	5165.98	1645.89	19959.46
SEP 2012	7789.51	4860.20	5133.32	1585.29	19526.58
OCT 2012	7961.92	5041.17	5093.29	1632.56	19847.77
NOV 2012	7494.58	5143.43	5050.49	1654.57	19480.69
DEC 2012	7632.62	5511.34	5104.74	1754.92	20226.70
Total 2012	138314	91768.9	91199.3	29852.3	352918
JAN 2013	7501.37	5398.32	5149.91	1742.87	19944.53
FEB 2013	7185.77	5080.83	5153.69	1631.15	19298.18
MAR 2013	8205.43	5562.07	5340.08	1776.53	21200.09
APR 2013	7817.71	5330.30	5281.13	1698.31	20436.13
MAY 2013	8451.60	5414.12	5278.77	1735.64	21111.13
JUN 2013	8177.53	5197.52	5286.78	1674.77	20625.56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-3 แสดงค่าคาดการณ์ของปริมาณ CO₂

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

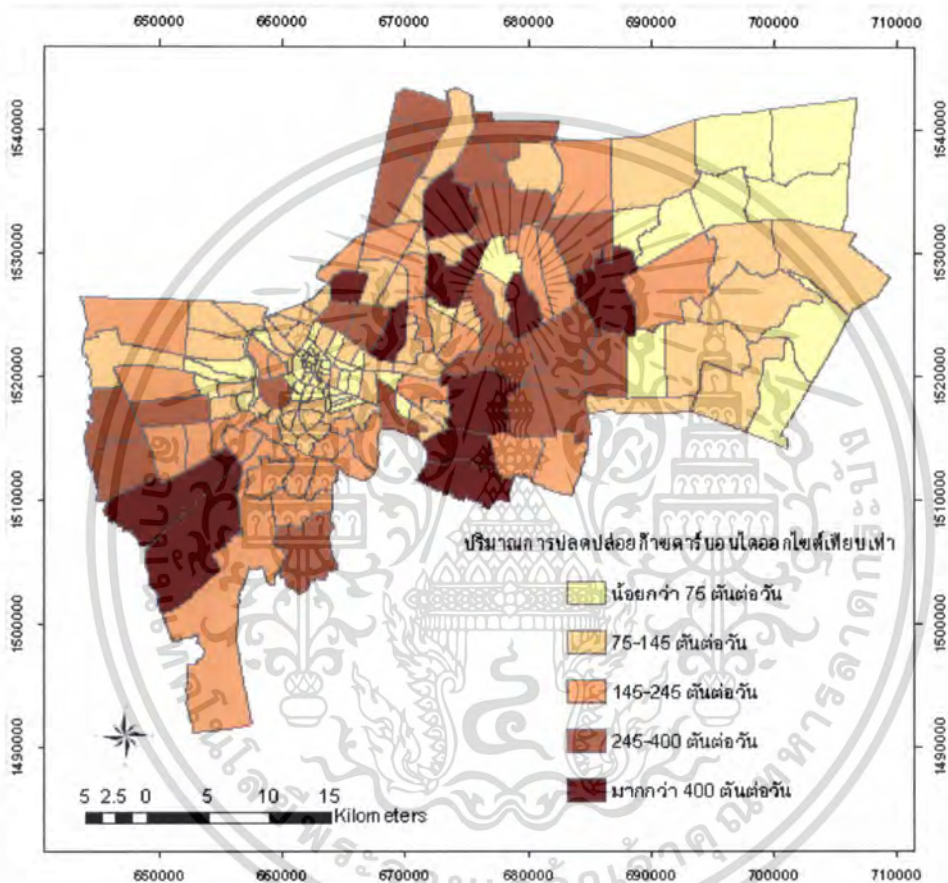
4.2.2 การกระจายตัวของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกรุงเทพมหานคร

จากการวิเคราะห์หาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศไทยในหัวข้อ 4.2.1 ที่สามารถสรุปได้ว่าประเทศไทยมีแนวโน้มในการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น โดยสาขาพลังงานมีการปล่อยสูงที่สุด รองลงมาคือสาขาคมนาคมขนส่ง และสาขาอุตสาหกรรม ตามลำดับ และเพื่อให้เห็นถึงการกระจายตัวของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่กรุงเทพมหานครซึ่งเป็นพื้นที่ศึกษา งานวิจัยจึงได้ประยุกต์ใช้ข้อมูลในสาขาการใช้ไฟฟ้าของกรุงเทพมหานครเพื่อนำมาคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทั้งนี้เนื่องจากยังไม่สามารถหาข้อมูลเกี่ยวกับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รายสาขาในกรุงเทพมหานครได้ โดยรายละเอียดของการคำนวณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าของกรุงเทพมหานครสามารถดูได้จากบทที่ 3 หัวข้อ 3.3.2

ผลการศึกษาพบว่าโดยรวมแล้วประชากรกรุงเทพมหานครปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากสาขาการใช้ไฟฟ้าประมาณ 25,915 ตันต่อวัน หรือคิดเป็น 9,458,875 ตันต่อปี และเมื่อเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้กับศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัย และฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ประมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิของกรุงเทพมหานครจากสาขาการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 4 สาขา ประกอบด้วย การใช้ไฟฟ้า น้ำมันเชื้อเพลิง ขยะมูลฝอยและน้ำเสีย และอื่นๆ ไว้ที่ 42.65 ล้านตันต่อปี โดยหักค่าการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นไม้ในกรุงเทพมหานครแล้ว (กรุงเทพมหานคร, 2550: 22) โดยการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของกรุงเทพมหานครใกล้เคียงกับการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของมหานครลอนดอน คือ 44 ล้านตันต่อปี และเมื่อพิจารณาเฉพาะสาขาการใช้ไฟฟ้าผลที่ได้จากการวิจัยในโครงการนี้ประมาณ 9.5 ล้านตันต่อปี มีความแตกต่างจากการประมาณการของศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัย และฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ประมาณการการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสาขาการใช้ไฟฟ้าที่ 14.86 ล้านตันต่อปี ซึ่งมาจากการคำนวณตามประชากรตามทะเบียนราษฎรที่ 6 ล้านคน และไม่มีการนำเอาประชากรแฝงมาคำนวณด้วย อย่างไรก็ตามตัวเลขที่สูงกว่านั้นมาจากที่ศูนย์เครือข่ายฯ ใช้อัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อประชากรเท่ากับ 7.1 ตันต่อคนต่อปี ซึ่งต่างจากงานวิจัยนี้ที่คำนวณจากค่าเฉลี่ยการใช้ไฟฟ้ารายหัวของประชากรต่อวันแล้วจึงนำมาคำนวณกับค่าเฉลี่ยการผลิตคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ไฟฟ้า ซึ่งมีค่าอยู่ที่ 2.895 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อคนต่อวัน หรือหากคิดเป็นต่อปีจะได้ประมาณ 1.057 ตันต่อคนต่อปี

จากผลการศึกษาเมื่อพิจารณารายแขวงที่มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำที่สุดคือแขวงนวลจันทร์ เขตบึงกุ่ม ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพียง 0.0636 ตันต่อวัน (ตารางที่ 4-6 และรูปที่ 4-4) ทั้งนี้เนื่องจากแขวงนวลจันทร์เพิ่มจะจัดตั้งเป็นแขวงในปี พ.ศ. 2551 จึงทำให้มีประชากรตามทะเบียนเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

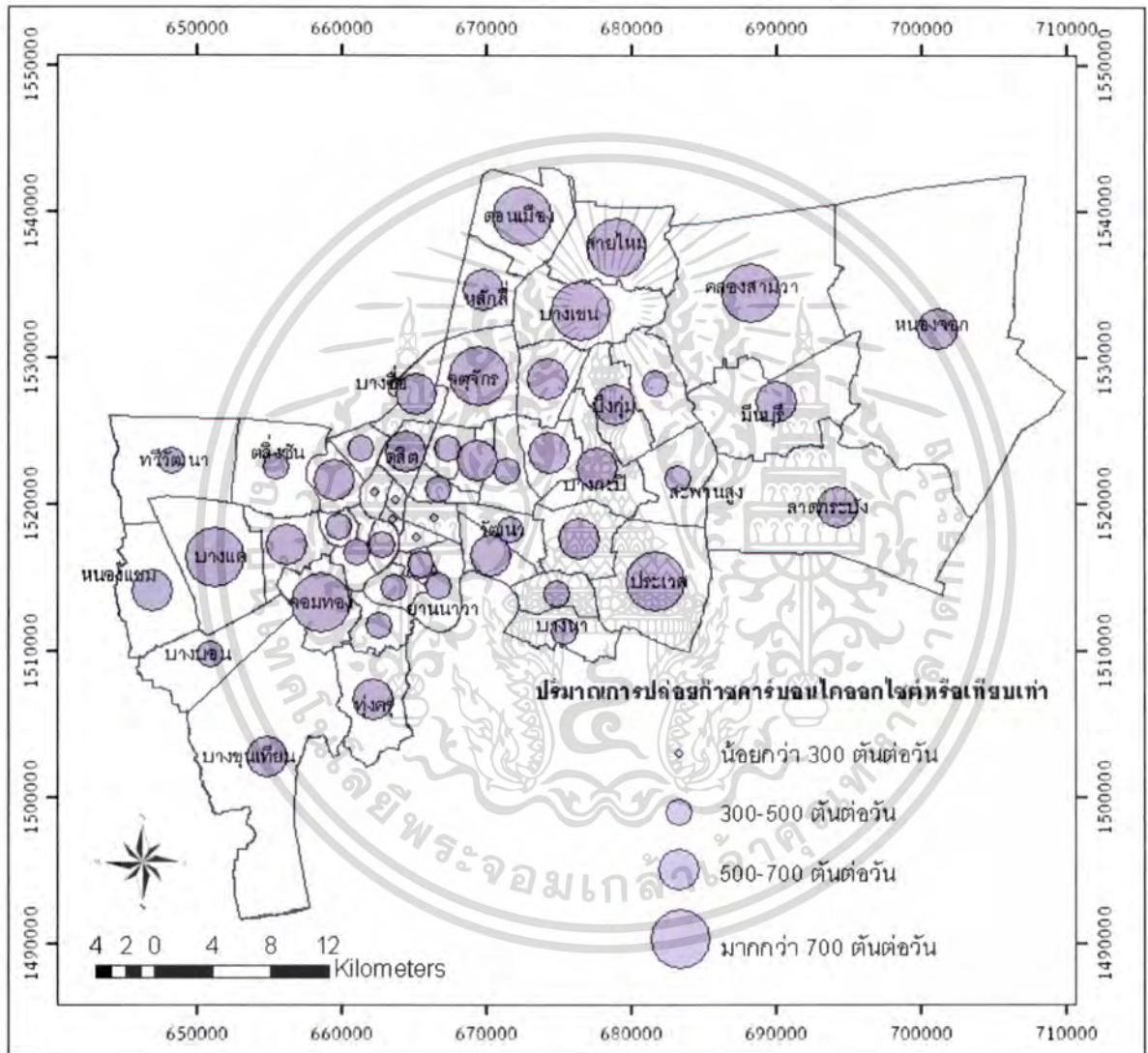
ราษฎรเพียง 14 คน ก่อนการจัดตั้งแขวงนวลจันทร์นั้น (เขตบึงกุ่มมีเพียงแขวงเดียวคือแขวงคลองกุ่ม) ในขณะที่แขวงที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดคือแขวงดินแดง เขตดินแดง โดยผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงถึง 621.2 ตันต่อวัน ค่าเฉลี่ยของทุกแขวงในกรุงเทพมหานครที่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ 153 ตันต่อวัน



รูปที่ 4-4 แสดงการกระจายตัวของปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่ารายแขวง กรุงเทพมหานคร ปีพ.ศ. 2552

เมื่อพิจารณาเป็นรายเขต (รูปที่ 4-5) พบว่าเขตที่มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงคือปล่อยมากกว่า 700 ตันต่อวัน ได้แก่ เขตดอนเมือง เขตคลองสามวา เขตประเวศ เขตจตุจักร เขตจอมทอง เขตบางเขน และเขตบางแค ทั้งนี้เนื่องจากเขตดังกล่าวมีจำนวนประชากรอยู่จำนวนมาก โดยเขตที่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดคือ เขตบางแค ในปริมาณ 879 ตันต่อวัน (ตารางที่ 4-5) ในขณะที่เขตที่ตั้งอยู่บริเวณเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โซนชั้นในส่วนใหญ่จะปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่า 300 ตันต่อวัน เนื่องจากมีประชากรอาศัยอยู่ในพื้นที่จำนวนน้อย ได้แก่ เขตบางรัก เขตปทุมวัน เขตป้อมปราบศัตรูพ่าย เขตสัมพันธวงศ์ และเขตพระนคร โดยเขตที่ปล่อยในปริมาณต่ำที่สุดคือเขตสัมพันธวงศ์ คือ 133 ตันต่อวัน (ตารางที่ 4-5) สำหรับเขตที่เหลือปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ระหว่าง 300-500 ตันต่อวัน และ 500-700 ตันต่อวัน



รูปที่ 4-5 แสดงปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือเทียบเท่ารายเขต

กรุงเทพมหานคร ปีพ.ศ. 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-5 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือเทียบเท่ารายเขต กรุงเทพมหานคร ปีพ.ศ. 2552

เขต	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือเทียบเท่า
สัมพันธวงศ์	133.07
บางรัก	215.87
ป้อมปราบศัตรูพ่าย	248.13
ปทุมวัน	267.47
พระนคร	278.91
ทวีวัฒนา	333.68
พญาไท	343.07
บางกอกใหญ่	348.13
ห้วยขวาง	349.86
ราชเทวี	350.27
วัฒนา	366.61
คลองสาน	367.61
ยานนาวา	389.86
คันนายาว	390.42
สะพานสูง	399.96
สาทร	405.78
ราษฎร์บูรณะ	411.53
พระโขนง	440.26
บางนา	452.44
บางคอแหลม	454.41
บางพลัด	464.98
บางบอน	470.21
ตลิ่งชัน	486.08
ห้วยครุ	518.88
หลักสี่	518.88

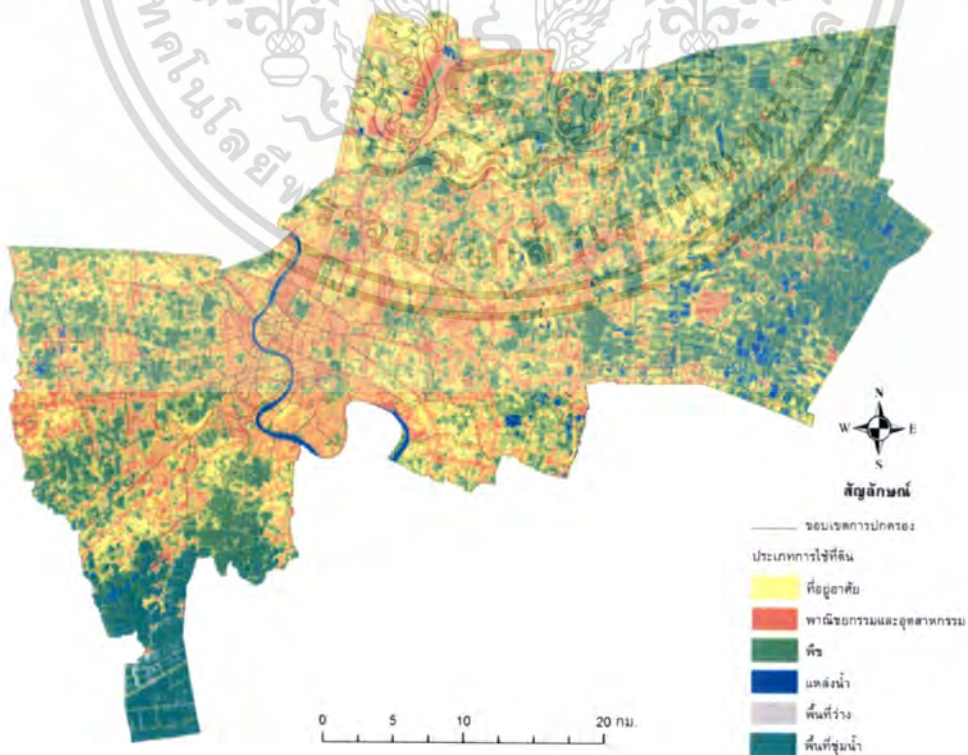
เขต	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือเทียบเท่า
ดุสิต	520.28
คลองเตย	521.21
วังทองหลาง	525.84
สวนหลวง	526.61
ลาดพร้าว	556.10
บางกอกน้อย	576.33
ธนบุรี	576.60
ภาษีเจริญ	602.90
มีนบุรี	605.08
ดินแดง	621.20
บางซื่อ	646.84
หนองแขม	648.81
หนองจอก	671.06
บึงกุ่ม	671.26
บางกะปิ	682.41
บางขุนเทียน	683.89
ลาดกระบัง	693.14
คลองสามวา	703.31
ประเวศ	704.73
จอมทอง	736.87
จตุจักร	746.23
ดอนเมือง	751.79
สายไหม	811.79
บางเขน	844.80
บางแค	879.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดินและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

4.3.1 สัดส่วนการใช้ที่ดินของกรุงเทพมหานคร

การจำแนกประเภทการใช้ที่ดินจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 (TM) ใช้วิธีการจำแนกแบบกำกับดูแล (supervise classification) โดยนำข้อมูลที่ได้ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิตแล้ว ซึ่งเป็นข้อมูลพลังงานในรูปของค่าการสะท้อนของพื้นที่ผิวโลก มาจำแนกประเภทการใช้ที่ดิน ซึ่งพิจารณาจากลักษณะของรังสีสะท้อน (Spectral signature) ของประเภทการใช้ที่ดินแต่ละประเภท โดยสังเกตจากลักษณะกายภาพของข้อมูลภาพ เช่น ขนาด ลักษณะพื้นผิว สี รูปร่าง เงา และรูปแบบการวางตัวและการเกาะกลุ่มของอาคาร เป็นต้น ซึ่งอาศัยข้อมูลแผนที่ฐานเปรียบเทียบกับแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียม Ikonos ซึ่งมีรายละเอียดของภาพสูง โดยแบ่งการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินออกเป็นรายแขวง จำนวนทั้งสิ้น 169 แขวง ใน 50 เขต กรุงเทพมหานคร (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่บทที่ 3 หัวข้อ 3.4.2.2) และจากการพิจารณาค่ารังสีสะท้อน (Spectral Signatures) ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษานี้ สามารถจำแนกประเภทการใช้ที่ดินออกเป็น 6 ประเภท ได้แก่ 1) ที่อยู่อาศัย 2) พาณิชยกรรมและอุตสาหกรรม 3) พืช 4) แหล่งน้ำผิวดิน 5) พื้นที่ว่าง และ 6) พื้นที่ชุ่มน้ำ ดังรูปที่ 4-6



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สาขาการใช้ไฟฟ้าของกรุงเทพมหานคร

ข้อมูลปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใช้ในการหาความสัมพันธ์นั้นเป็นข้อมูลรายแขวงซึ่งมีความสอดคล้องกับข้อมูลสัดส่วนการใช้ที่ดินในหัวข้อ 4.3.1 ที่พิจารณาเป็นรายแขวง ซึ่งข้อมูลในส่วนของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รายแขวงได้จากการคำนวณประชากรรายแขวงที่รวมประชากรแฝงด้วยแล้วนำมาคูณกับค่าเฉลี่ยปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายแขวงและค่าเฉลี่ยการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ไฟฟ้ารายแขวง โดยรายละเอียดของการคำนวณสามารถดูได้จากบทที่ 3 หัวข้อ 3.3.2 ดังนั้นแล้วในการหาความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนการใช้ที่ดินและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ รายแขวง ของพื้นที่กรุงเทพมหานคร ประกอบด้วยข้อมูลทั้งสิ้น 169 ชุดข้อมูล ดังแสดงในตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 แสดงข้อมูลที่ใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนการใช้ที่ดินและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า รายแขวง ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

เขต	แขวง	CO2 เทียบเท่า (ตัน/วัน)	สัดส่วนการใช้ที่ดิน (ไร่)						รวม
			ที่อยู่อาศัย	พาณิชย์กรรม /อุตสาหกรรม	พืช	น้ำ	ที่ว่าง	พื้นที่ชุ่มน้ำ	
คลองเตย	คลองตัน	56.61	687.38	419.06	150.19	0.00	0.00	0.00	1256.63
	คลองเตย	349.79	1827.00	2484.00	458.44	92.25	0.00	0.00	4861.69
	พระโขนง	114.81	1276.31	861.19	314.44	76.50	0.00	0.00	2528.44
คลองสาน	คลองตันไทร	91.43	553.50	424.13	146.25	0.56	0.00	0.00	1124.44
	คลองสาน	75.84	323.44	201.38	99.00	75.94	0.00	0.00	699.75
	บางลำภูล่าง	126.31	735.19	466.88	271.13	5.06	0.00	0.00	1478.25
	สมเด็จพระยา	74.04	226.69	201.38	114.75	77.06	0.00	0.00	619.88
คลองสามวา	ทรายกองดิน	44.46	2657.81	946.13	2381.06	1.69	6.75	729.56	6723.00
	ทรายกองดินใต้	67.81	4842.56	1284.75	2614.50	1.69	82.69	2149.88	10976.06
	บางชัน	273.46	6169.50	3807.56	2179.69	0.56	42.19	573.19	12772.69
	สามวาตะวันตก	212.37	5455.13	3884.06	5846.06	77.06	57.38	1601.44	16921.13
	สามวาตะวันออก	105.21	9144.56	5275.69	7643.25	5.63	266.06	4166.44	26501.63
คันนายาว	คันนายาว	170.15	3126.94	2397.94	2496.38	117.00	0.00	0.00	8138.25
	รามอินทรา	220.27	3761.44	1918.13	2547.56	56.25	0.00	0.00	8283.38
	จอมพล	136.40	1040.63	1888.31	388.13	97.88	120.38	0.00	3535.31
	จันทระเกษม	175.19	1819.13	1199.81	563.06	43.88	98.44	0.00	3724.31
	ลาดยาว	218.26	2705.63	2347.88	1280.81	181.13	256.50	0.00	6771.94
	เสนานิคม	97.74	735.75	668.25	322.88	33.75	68.63	0.00	1829.25
จตุจักร	จตุจักร	118.64	1243.13	2440.69	924.19	225.00	133.31	0.00	4966.31
จอมทอง	จอมทอง	176.62	675.56	1854.56	738.56	111.38	16.88	0.00	3396.94
	บางขุนเทียน	184.66	2198.81	265.50	1486.69	0.56	142.88	0.00	4094.44
	บางค้อ	173.77	482.06	847.13	685.13	29.81	5.63	0.00	2049.75
	บางมด	201.82	3463.31	881.44	1038.94	1.13	41.63	0.00	5426.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่สามารถนำข้อมูลไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-6 แสดงข้อมูลที่ใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนการใช้ที่ดินและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า รายแขวง ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

เขต	แขวง	CO2 เทียบเท่า (ตัน/วัน)	สัดส่วนการใช้ที่ดิน (ไร่)						รวม
			ที่อยู่อาศัย	พาณิชยกรรม /อุตสาหกรรม	พืช	น้ำ	ที่ว่าง	พื้นที่ชุ่มน้ำ	
ตอนเมือง	ตอนเมือง	363.24	3332.25	1846.69	1595.25	47.25	10.13	0.00	6831.56
	สนามบิน	104.72	2194.88	4963.50	1514.81	297.00	367.31	0.00	9337.50
	สีกัน	283.83	5271.75	1544.63	454.50	55.13	37.69	0.00	7363.69
ดินแดง	ดินแดง	621.20	2686.50	2111.06	507.38	95.06	0.00	0.00	5400.00
ดุสิต	ดุสิต	79.93	117.56	1251.56	158.63	2.81	0.00	0.00	1530.56
	ถนนนครไชยศรี	290.15	591.19	2581.31	223.88	209.25	0.00	0.00	3605.63
	วชิรพยาบาล	60.64	140.63	246.94	39.94	297.56	12.38	0.00	737.44
	สวนจิตรลดา	50.09	358.31	362.81	399.38	73.13	15.19	0.00	1208.81
	สี่แยกมหานาค	39.47	41.06	181.13	12.94	9.00	3.38	0.00	247.50
คลองชั้น	คลองชักพระ	49.69	452.25	207.56	151.88	20.81	0.00	0.00	832.50
	ฉิมพลี	113.23	3561.75	1443.38	59.63	132.19	0.00	0.00	5196.94
	คลองชั้น	125.77	2097.56	1075.50	605.81	145.13	0.00	25.88	3949.88
	บางเขินกษัตริย์	49.70	1083.38	388.13	859.50	185.06	0.00	214.88	2730.94
	บางพรหม	64.89	1660.50	439.88	1063.69	82.13	0.00	88.31	3334.50
	บางระมาด	82.80	2535.19	1896.75	1761.75	83.81	0.00	0.00	6277.50
บางเขน	แขวงท่าแร้ง	389.94	8789.63	2473.31	2241.56	607.50	331.31	0.00	14443.31
	แขวงอนุสาวรีย์	454.86	5673.38	3230.44	1256.63	1272.38	27.00	0.00	11459.81
บางแค	บางแค	188.81	1047.38	2409.19	757.13	162.56	83.25	0.00	4459.50
	บางแคเหนือ	276.47	2850.75	2639.81	1830.38	544.50	402.19	0.00	8267.63
	บางไผ่	184.60	3515.63	4192.88	1548.56	813.94	0.00	0.00	10071.00
	หลักสอง	229.35	1938.94	3078.00	1923.19	488.81	249.19	0.00	7678.13
บางกอกใหญ่	วัดท่าพระ	275.96	1440.56	1474.88	569.25	0.00	0.00	0.00	3484.69
	วัดอรุณ	72.17	144.56	413.44	12.38	0.00	0.00	0.00	570.38
บางกอกน้อย	บางขุนนนท์	46.14	671.06	167.63	181.13	63.00	0.00	0.00	1082.81
	บางขุนศรี	168.17	1037.25	473.63	95.06	72.56	0.00	29.81	1708.31
	บ้านช่างหล่อ	173.78	478.13	1007.44	14.63	7.88	0.00	0.56	1508.63
	ศิริราช	87.75	204.75	675.56	2.25	32.06	0.00	1.13	915.75
	อรุณอมรินทร์	100.48	888.75	739.69	132.75	198.56	0.00	0.00	1959.75
บางกะปิ	คลองจั่น	382.44	3792.38	2157.75	1496.25	42.19	0.00	0.00	7488.56
	หัวหมาก	299.97	3748.50	4051.13	2154.38	83.81	0.00	0.00	10037.81
บางขุนเทียน	ท่าข้าม	202.63	5686.31	5298.75	7371.56	2103.19	4579.31	26358.19	51397.31
	แสมดำ	481.26	11220.75	6910.31	4344.75	1640.81	2142.56	3328.88	29588.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-6 แสดงข้อมูลที่ใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนการใช้ที่ดินและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า รายแขวง ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

เขต	แขวง	CO2 เทียบเท่า (ตัน/วัน)	สัดส่วนการใช้ที่ดิน (ไร่)						รวม
			ที่อยู่อาศัย	พาณิชยกรรม /อุตสาหกรรม	พืช	น้ำ	ที่ว่าง	พื้นที่ชุ่มน้ำ	
บางคอแหลม	บางคอแหลม	126.02	388.69	525.38	95.63	338.06	0.00	0.00	1347.75
	บางโคล่	189.15	1599.19	1123.88	289.69	62.44	0.00	0.00	3075.19
	วัดพระยาไกร	139.23	396.56	367.88	71.44	253.69	0.00	0.00	1089.56
บางซื่อ	บางซื่อ	425.58	2003.06	1523.25	201.38	185.06	202.50	0.00	4115.25
	วงศ์สว่าง	221.26	1783.13	1265.06	1129.50	0.00	0.00	0.00	4177.69
บางนา	บางนา	452.44	5302.13	3989.81	2360.25	441.00	0.00	0.00	12093.19
บางบอน	บางบอน	470.21	6949.13	5740.31	5785.31	2432.81	604.13	0.00	21511.69
บางพลัด	บางบำหรุ	88.21	632.81	704.25	200.25	1.69	0.00	0.00	1539.00
	บางพลัด	124.93	1143.00	252.00	715.50	12.94	23.06	0.00	2146.50
	บางยี่ขัน	128.87	878.63	938.81	100.13	3.94	11.25	0.00	1932.75
	บางอ้อ	122.98	896.63	628.88	457.31	36.00	0.00	0.00	2018.81
บางรัก	บางรัก	15.73	96.19	135.00	27.56	75.38	0.00	0.00	334.13
	มหาพฤฒาราม	61.42	140.63	277.88	11.81	0.00	5.06	0.00	435.38
	สี่พระยา	56.02	196.88	277.88	28.13	9.00	12.94	0.00	524.81
	สีลม	58.27	288.00	641.81	45.56	33.19	0.00	0.00	1008.56
	สุริยวงศ์	24.43	201.94	191.81	21.38	6.75	0.00	0.00	421.88
บางกุ่ม	คลองกุ่ม	558.73	3618.56	1883.25	845.44	236.81	0.00	0.00	6584.06
	นวมินทร์	112.47	1395.56	726.19	932.63	21.38	0.00	0.00	3075.75
	นวลจันทร์	0.06	2161.13	1952.44	1055.81	68.06	0.00	0.00	5237.44
ปทุมวัน	ปทุมวัน	34.74	398.81	686.25	282.94	3.94	0.00	0.00	1371.94
	รองเมือง	91.03	305.44	491.06	16.31	0.00	0.00	0.00	812.81
	ลุมพินี	92.15	516.94	995.63	598.50	65.81	0.00	0.00	2176.88
	วังใหม่	49.56	351.56	495.00	30.94	0.00	0.00	0.00	877.50
ประเวศ	ดอกไม้	178.94	4345.31	2632.50	2392.88	1026.00	0.00	0.00	10396.69
	ประเวศ	329.33	7354.69	4208.06	2743.31	1305.00	0.00	0.00	15611.06
	หนองบอน	196.46	3562.88	2451.38	1398.38	800.44	0.00	0.00	8213.06
ป้อมปราบศัตรูพ่าย	คลองมหานาค	51.56	153.56	168.19	68.06	0.56	0.00	0.00	390.38
	บ้านบาตร	38.56	105.19	120.38	52.31	0.00	0.00	0.00	277.88
	ป้อมปราบ	82.51	113.06	290.81	12.94	0.00	0.00	0.00	416.81
	วัดเทพศิรินทร์	38.30	109.13	170.44	19.13	0.56	0.00	0.00	299.25
	วัดโสมนัส	37.20	125.44	140.06	36.56	0.00	0.00	0.00	302.06
พญาไท	สามเสนใน	343.07	2866.50	2035.13	659.81	325.13	0.00	0.00	5886.56
พระโขนง	บางจาก	440.26	4295.81	2482.88	1216.69	261.56	131.06	0.00	8388.00

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-6 แสดงข้อมูลที่ใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนการใช้ที่ดินและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า
รายแขวง ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

เขต	แขวง	CO2 เทียบเท่า (ตัน/วัน)	สัดส่วนการใช้ที่ดิน (ไร่)						รวม
			ที่อยู่อาศัย	พาณิชยกรรม /อุตสาหกรรม	พืช	น้ำ	ที่ว่าง	พื้นที่ชุ่มน้ำ	
พระนคร	ชนะสงคราม	10.65	81.00	51.19	12.94	84.94	0.00	0.00	230.06
	ตลาดยอด	14.64	72.00	46.13	2.25	12.38	0.00	0.00	132.75
	บวรนิเวศ	28.71	133.88	152.44	29.81	0.00	19.69	0.00	335.81
	บางขุนพรหม	26.09	120.38	105.75	58.50	6.75	12.38	0.00	303.75
	บ้านพานถม	37.06	145.13	90.56	23.06	7.31	20.81	0.00	286.88
	พระบรมมหาราชวัง	23.82	335.25	414.00	10.13	249.75	0.00	0.00	1009.13
	วังบูรพาภิรมย์	57.20	157.50	262.13	27.00	28.13	0.00	0.00	474.75
	วัดราชบพิธ	17.80	50.06	86.06	10.13	0.00	5.63	0.00	151.88
	วัดสามพระยา	15.39	74.81	118.69	7.31	70.31	12.38	0.00	283.50
	ศาลเจ้าพ่อเสือ	17.01	12.38	48.38	36.00	0.00	13.50	0.00	110.25
	สำราญราษฎร์	17.70	93.38	46.13	15.19	0.00	7.31	0.00	162.00
	เสาชิงช้า	12.83	49.50	37.69	23.06	0.00	1.69	0.00	111.94
ภาษีเจริญ	คลองขวาง	49.58	632.81	427.50	361.13	333.00	0.00	0.00	1754.44
	คูหาสวรรค์	33.46	265.50	100.13	196.31	61.88	0.00	0.00	623.81
	บางจาก	36.87	303.75	289.69	362.81	112.50	0.00	0.00	1068.75
	บางด้วน	136.98	863.44	491.63	831.38	280.13	0.00	0.00	2466.56
	บางแวก	88.26	974.25	419.06	194.06	243.00	0.00	0.00	1830.38
	บางหว้า	177.46	1392.19	1123.88	493.88	320.63	0.00	0.00	3330.56
	ปากคลองภาษีเจริญ	80.30	568.13	366.19	137.25	114.75	0.00	0.00	1186.31
มีนบุรี	มีนบุรี	416.85	5486.63	4339.13	3474.00	1797.75	736.88	0.00	15834.38
	แสนแสบ	188.23	14209.31	3939.19	2950.31	748.13	97.31	453.94	22398.19
ยานนาวา	ช่องนนทรี	234.39	1212.19	2669.06	860.06	25.88	0.00	0.00	4767.19
	บางโพงพาง	155.47	839.25	1679.63	330.19	407.81	0.00	0.00	3256.88
ราชเทวี	ถนนพญาไท	43.53	239.06	528.19	37.69	1.69	0.00	0.00	806.63
	ถนนเพชรบุรี	73.74	264.38	366.75	26.44	2.81	0.00	0.00	660.38
	ทุ่งพญาไท	145.68	443.25	858.38	296.44	27.56	0.00	0.00	1625.63
	มักกะสัน	87.32	392.06	1080.00	145.13	11.81	0.00	0.00	1629.00
ราษฎร์ บูรณะ	บางปะกอก	243.84	1353.38	1681.68	1377.56	272.25	0.00	0.00	4685.06
	ราษฎร์บูรณะ	167.70	1227.94	1265.63	551.81	384.75	0.00	0.00	3430.13
ลาดกระบัง	ชุมทอง	32.67	5131.13	2263.50	3293.44	2122.88	674.44	1083.94	14569.31
	คลองสองต้นนุ่น	277.48	3881.81	1288.69	3522.38	1566.56	0.00	0.00	10259.44
	คลองสามประเวศ	67.94	4213.13	2918.81	2419.88	899.44	0.00	801.00	11252.25
	ทับยาว	97.47	5151.94	1618.31	4638.94	6181.88	0.00	0.00	17591.06
	ลาดกระบัง	133.27	3222.00	2117.81	584.44	1034.44	0.00	0.00	6958.69
	ลำปลาทิว	84.31	7808.06	3857.06	4933.69	4332.94	0.00	0.00	20931.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถเผยแพร่ไปโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-6 แสดงข้อมูลที่ใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนการใช้ที่ดินและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า
รายแขวง ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

เขต	แขวง	CO2 เทียบเท่า (ตัน/วัน)	สัดส่วนการใช้ที่ดิน (ไร่)						พื้นที่ชุ่ม น้ำ	รวม
			ที่อยู่อาศัย	พาณิชย์กรรม /อุตสาหกรรม	พืช	น้ำ	ที่ว่าง			
ลาดพร้าว	จรัญเขี้ยว	121.12	1048.50	1373.06	1566.56	107.44	0.00	0.00	4095.56	
	ลาดพร้าว	434.98	3263.06	3970.69	2234.25	87.19	0.00	0.00	9555.19	
วังทองหลาง	คลองเจ้าคุณสิงห์	137.74	870.19	966.94	484.88	1.13	0.00	0.00	2323.13	
	พลับพลา	207.65	1139.06	2227.50	1010.25	1.13	0.00	0.00	4377.94	
	วังทองหลาง	119.60	1835.44	1011.38	299.81	24.19	0.00	0.00	3170.81	
	สะพานสอง	60.86	542.81	445.50	143.44	0.00	0.00	0.00	1131.75	
วัฒนา	คลองตันเหนือ	221.66	2540.25	1260.56	837.56	11.81	0.00	0.00	4650.19	
	คลองเตยเหนือ	38.61	426.94	833.63	125.44	22.50	0.00	0.00	1408.50	
	พระโขนงเหนือ	106.35	1358.44	547.88	373.50	5.63	0.00	0.00	2285.44	
สวนหลวง	สวนหลวง	526.61	5101.88	7056.00	2801.25	502.31	0.00	0.00	15461.44	
สะพานสูง	สะพานสูง	399.96	6736.50	6796.69	3472.88	700.31	17.44	0.00	17723.81	
สัมพันธวงศ์	จักรวรรดิ	40.67	70.88	240.75	32.63	0.00	0.00	0.00	344.25	
	ตลาดน้อย	40.50	55.69	150.19	16.88	57.94	0.00	0.00	280.69	
	สัมพันธวงศ์	51.90	82.13	251.44	5.63	8.44	0.00	0.00	347.63	
สาทร	ทุ่งมหาเมฆ	93.94	515.81	870.19	415.13	125.44	0.00	0.00	1926.56	
	ทุ่งวัดดอน	201.13	515.25	912.38	159.19	18.56	0.00	0.00	1605.38	
	ยานนาวา	110.71	241.88	650.81	124.31	164.25	0.00	0.00	1181.25	
สายไหม	คลองถนน	359.90	2976.75	3152.81	1161.00	115.31	272.25	41.63	7719.75	
	สายไหม	323.63	3769.88	3764.81	2055.38	167.63	546.75	41.63	10346.06	
	ออเงิน	128.26	2706.19	2316.94	3596.63	178.31	596.25	208.13	9602.44	
หนองแขม	หนองแขม	314.10	5160.94	3567.38	3088.13	551.25	0.00	0.00	12367.69	
	หนองค้างพลู	334.71	4124.81	4323.38	1410.75	907.31	0.00	0.00	10766.25	
หนองจอก	กระทุ่มราย	144.90	5290.31	3553.31	3182.06	1660.50	9925.31	0.00	23611.50	
	คลองสิบ	37.50	8576.44	1107.00	3863.81	12.94	0.00	5369.63	18929.81	
	คลองสิบสอง	44.64	9709.88	442.69	10675.69	5.63	0.00	3138.75	23972.63	
	คูฝิ่งเหนือ	66.51	5240.25	728.44	3003.19	358.31	0.00	2112.75	11442.94	
	โคกแฝด	141.77	3202.31	3364.31	4872.38	1416.38	1082.25	176.06	14113.69	
	ลำด้อยตั้ง	37.24	2635.31	1275.19	3094.88	1123.31	6113.81	1692.56	15935.06	
	ผักชี	123.74	4325.06	5837.63	6143.63	2450.25	1190.81	1010.81	20958.19	
	หนองจอก	74.75	9083.25	724.50	6511.50	8.44	0.00	3279.38	19607.06	
หลักสี่	ตลาดบางเขน	135.22	1689.19	1393.88	396.00	44.44	276.75	0.00	3800.25	
	ทุ่งสองห้อง	383.66	4998.38	2674.13	1213.88	384.75	1446.19	0.00	10717.31	
ห้วยขวาง	บางกะปิ	76.94	1503.56	1284.75	1026.56	138.94	0.00	0.00	3953.81	
	สามเสนนอก	174.93	2166.19	982.13	288.56	33.75	0.00	0.00	3470.63	
	ห้วยขวาง	97.99	594.56	1874.25	612.56	20.25	0.00	0.00	3101.63	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการเผยแพร่เท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปแก้ไขข้อมูลใด ๆ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนําไปใช้

4.3.3 การเลือกตัวแปรเข้าสมการความถดถอย

การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ มีเงื่อนไขที่กำหนดให้ตัวแปรอิสระทุกตัวต้องเป็นอิสระกันหรืออาจกล่าวได้ว่าไม่มีความสัมพันธ์กันเอง เนื่องจากตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันจะให้รายละเอียดที่คล้ายคลึงกันต่อตัวแปรตาม ซึ่งเป็นการยากที่จะแยกอิทธิพลของตัวแปรอิสระแต่ละตัว โดยสามารถทดสอบเงื่อนไขนี้ได้ โดยการกำหนดให้ตัวแปรอิสระตัวใดตัวหนึ่งเป็นตัวแปรตาม และที่เหลือกำหนดให้เป็นตัวแปรอิสระทั้งหมด (กัลยา, 2546) โดยใช้ค่าสถิติ Tolerance¹ หรือ Variance Inflation Factor (VIF)² เป็นตัววัดระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ โดยที่ตัวแปรใดแสดงค่า Tolerance ที่ต่ำกว่า 0.2 หรือ ค่า VIF น้อยกว่า 5 แสดงว่าตัวแปรอิสระตัวนั้นมีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระตัวอื่นๆ มาก หรือกล่าวได้ว่าเกิด multicollinearity

ในการศึกษานี้ ตัวแปรอิสระคือสัดส่วนของการใช้ที่ดินที่ได้ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม (ดูรายละเอียดในหัวข้อ 4.3) ซึ่งสิ่งปกคลุมดินถูกจำแนกออกเป็น 6 ชนิด เพื่อทดสอบความเป็นอิสระต่อกันของตัวแปรอิสระ “ที่อยู่อาศัย” ถูกเลือกใช้เป็นตัวแปรตามในสมการความถดถอยทดสอบ และตัวแปรที่เหลือได้แก่ “พาณิชยกรรม” “พืช” “พื้นที่โล่ง” “แหล่งน้ำ” และ “พื้นที่ชุ่มน้ำ” เป็นตัวแปรอิสระ โดยพิจารณาได้จากค่าสถิติ 2 ตัวคือ Tolerance และ Variance Inflation Factor (VIF) จากตารางที่ 4-7 แสดงค่า Tolerance และค่า VIF ของการใช้ที่ดินแต่ละตัวที่นำเข้าไปในสมการ ซึ่งผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่า ค่า Tolerance ของตัวแปรทุกตัว มีค่ามากกว่า 0.2 ทุกตัวแสดงว่าตัวแปรไม่มีความสัมพันธ์กันเอง ในขณะเดียวกันเมื่อพิจารณาค่า VIF ของตัวแปรอิสระชุดเดิมพบว่า ค่า VIF นั้นน้อยกว่า 5 ทุกตัวแปรเช่นกัน นั่นหมายถึงตัวแปรอิสระที่นำมาใช้ในสมการถดถอยเชิงพหุเป็นอิสระกัน

ตาราง 4-7 แสดงค่า Tolerance และ VIF ของตัวแปรอิสระ

Model	Collinearity Statistics	
	Tolerance	VIF
1 พาณิชยกรรมและอุตสาหกรรม	.354	2.822
พืช	.247	4.041
พื้นที่น้ำ	.459	2.181
พื้นที่โล่ง	.731	1.369
พื้นที่ชุ่มน้ำ	.731	1.367

a Dependent Variable: ที่อยู่อาศัย

¹ ค่าสถิติ Tolerance หมายถึง สัดส่วนความแปรปรวนในตัวแปรที่อธิบายไม่ได้ด้วยตัวแปรอื่นๆ ถ้าค่า Tolerance มีค่าใกล้ 0 แสดงว่าตัวแปรนั้นมีความสัมพันธ์สูงกับตัวแปรอื่นๆ แต่ถ้าใกล้ 1 แสดงว่าตัวแปรนั้นมีความสัมพันธ์ต่ำกับตัวแปรอื่น ดังนั้นเกณฑ์ที่ใช้คือ ค่า Tolerance ต้องมากกว่า 0.19 จึงจะไม่เกิดปัญหาภาวะร่วมเส้นตรงพหุ

² ค่าสถิติ VIF จะเป็นส่วนกลับของ ค่า Tolerance กล่าวคือค่า VIF สูงมาก (ค่าสูงสุดเท่ากับ 10) แสดงว่ามีปัญหาภาวะร่วมเส้นตรงพหุมากในกลุ่มตัวแปรต้น ดังนั้นเกณฑ์ที่ใช้คือ ค่า VIF ต้องไม่เกิน 5.3
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 การสร้างสมการถดถอยเชิงพหุ (Multiple Linear Regression)

การสร้างสมการเส้นถดถอยสามารถทำได้ในโปรแกรมทางสถิติทั่วไป ในการศึกษานี้ได้ใช้ โปรแกรม SPSS ในการสร้างสมการเส้นถดถอย ระหว่างปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และสัดส่วนการใช้ที่ดิน โดยการเลือกตัวแปรอิสระ (ตารางที่ 4-8) เข้าสมการความถดถอยด้วยวิธี Stepwise ซึ่งเป็นการคัดเลือกตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามมากที่สุดเข้าสมการทีละตัว ภายใต้เกณฑ์ที่กำหนดระดับนัยสำคัญของสถิติทดสอบ $F < 0.05$ จะนำตัวแปรอิสระนั้นเข้าสมการ ตารางที่ 4-8 แสดงผลลัพธ์สรุปของสมการความถดถอยที่ใช้ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวแปรตาม และมีตัวแปรอิสระ 4 ตัว ประกอบด้วย ที่อยู่อาศัย พาณิชยกรรมและอุตสาหกรรม พืช และพื้นที่โล่ง สมการที่ 4-1 ซึ่งตัวแปรอิสระทั้งหมดผ่านเกณฑ์ที่กำหนดและถูกเลือกเข้าสมการความถดถอย ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R และ R Square) สูงที่สุด ดังนั้นในการศึกษานี้จึงเลือกใช้ผลลัพธ์ของสมการที่ 4-1 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ หรือค่า R เท่ากับ 0.850 ซึ่งเข้าใกล้ 1 แสดงว่าค่าตัวแปรตาม (ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์) ที่ได้จากการพยากรณ์ใกล้เคียงกับค่าของตัวแปรตามจริงสูง ตัวในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination) หรือค่า R Square เท่ากับ 0.722 อธิบายได้ว่า การเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนประเภทการใช้ที่ดิน (ตัวแปรอิสระในแบบจำลองที่ 4) ประกอบด้วย “ที่อยู่อาศัย” “พาณิชยกรรมและอุตสาหกรรม” “พืช” และ “พื้นที่โล่ง” สามารถอธิบายความแปรปรวนของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ตัวแปรตาม) ได้ร้อยละ 72.2 โดยที่มีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากสมการความถดถอย เท่ากับ 63.8207 CO₂ เทียบเท่าตันต่อวัน ค่า Durbin - Watson ของสมการความถดถอยนี้เท่ากับ 1.731 ซึ่งมากกว่า 1.5 แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน ซึ่งเป็นเงื่อนไขหนึ่งของการวิเคราะห์ความถดถอยที่กำหนดให้ค่าความคลาดเคลื่อนต้องเป็นอิสระกัน

ตาราง 4-8 แสดงผลสรุปของแบบจำลองสมการถดถอยเชิงพหุ

Model Summary(e)

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.786(a)	.617	.614	74.13553	
2	.807(b)	.652	.647	70.90360	
3	.840(c)	.705	.699	65.47309	
4	.850(d)	.722	.714	63.82087	1.731

a Predictors: (Constant), ที่อยู่อาศัย

b Predictors: (Constant), ที่อยู่อาศัย, พาณิชยกรรมและอุตสาหกรรม

c Predictors: (Constant), ที่อยู่อาศัย, พาณิชยกรรมและอุตสาหกรรม, พืช

d Predictors: (Constant), ที่อยู่อาศัย, พาณิชยกรรมและอุตสาหกรรม, พืช และพื้นที่โล่ง

e Dependent Variable: ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO}_2\text{ เทียบเท่าตันต่อวัน)} = 53.6 + 0.039*\text{ที่อยู่อาศัย} + 0.039*\text{พาณิชย์กรรมและอุตสาหกรรม} - 0.029*\text{พืช} - 0.016*\text{พื้นที่โล่ง} \quad \text{สมการ 4-1}$$

ตารางที่ 4-9 แสดงผลลัพธ์ค่าทดสอบ F ของแต่ละสมการ ในที่นี้ ค่า Significance ของสมการความถดถอยสมการเท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่ามีตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัวที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจะทดสอบต่อไปว่า ตัวแปรอิสระใดบ้างที่สัมพันธ์กับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ซึ่งแสดงในตารางที่ 4-10 ประกอบด้วยค่าคงที่ และค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยของสัดส่วนพื้นที่การใช้ที่ดินแต่ละตัวแปร โดยที่สมการความถดถอยที่ได้มีองค์ประกอบดังนี้

ตาราง 4-9 แสดงผลลัพธ์ของค่า F

ANOVA(e)

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1337055.118	1	1337055.118	243.274	.000(a)
	Residual	829907.567	151	5496.077		
	Total	2166962.685	152			
2	Regression	1412864.686	2	706432.343	140.519	.000(b)
	Residual	754098.000	150	5027.320		
	Total	2166962.685	152			
3	Regression	1528240.513	3	509413.504	118.835	.000(c)
	Residual	638722.172	149	4286.726		
	Total	2166962.685	152			
4	Regression	1564143.351	4	391035.838	96.004	.000(d)
	Residual	602819.334	148	4073.104		
	Total	2166962.685	152			

a Predictors: (Constant), ที่อยู่อาศัย

b Predictors: (Constant), ที่อยู่อาศัย, พาณิชยกรรมและอุตสาหกรรม

c Predictors: (Constant), ที่อยู่อาศัย, พาณิชยกรรมและอุตสาหกรรม, พืช

d Predictors: (Constant), ที่อยู่อาศัย, พาณิชยกรรมและอุตสาหกรรม, พืช และพื้นที่โล่ง

e Dependent Variable: ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าคงที่ 7.249 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าสัมประสิทธิ์ของ “ที่อยู่อาศัย” “พาณิชย์กรรมและอุตสาหกรรม” “พืช” “พื้นที่โล่ง” เท่ากับ 0.005, 0.007, 0.007, 0.006 ตามลำดับ โดยที่ค่า Beta เป็นค่าที่ชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ของสัดส่วนพื้นที่การใช้ที่ดินกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากไปหาน้อย กล่าวคือ ที่อยู่อาศัยมีค่า Beta เท่ากับ 0.039 ในขณะที่ค่า Beta ของพาณิชย์กรรมและอุตสาหกรรมก็มีค่าเท่ากับ 0.039 เช่นกัน ซึ่งสูงที่สุดจึงสรุปได้ว่าที่อยู่อาศัย พาณิชยกรรมและอุตสาหกรรมมีความสัมพันธ์ทางบวกต่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด กล่าวคือ หากมีพื้นที่ที่อยู่อาศัย พาณิชยกรรมและอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้นตาม สำหรับการใช้ที่ดินประเภทที่มีพืชปกคลุมดิน มีค่า Beta เท่ากับ - 0.029 และพื้นที่โล่งที่มีค่า Beta เท่ากับ - 0.016 แสดงว่าพืช และพื้นที่โล่งมีความสัมพันธ์ทางลบกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กล่าวคือ หากพืช และพื้นที่โล่งมีพื้นที่ลดลง จะส่งผลให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น ค่า significant ของสถิติทดสอบ t ของการใช้ที่ดินทุกประเภท ค่า significance เท่ากับ 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 ทั้งหมด จึงสรุปได้ว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีความสัมพันธ์กับ “ที่อยู่อาศัย” “พาณิชย์กรรมและอุตสาหกรรม” “พืช” และ “พื้นที่โล่ง” ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับค่าสถิติทดสอบ F ในตารางที่ 4-9

ตาราง 4-10 แสดงการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และประเภทการใช้ที่ดิน

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1 (Constant)	66.640	8.040		8.289	.000		
ที่อยู่อาศัย	.046	.003	.786	15.597	.000	1.000	1.000
2 (Constant)	57.855	8.015		7.218	.000		
ที่อยู่อาศัย	.029	.005	.499	5.674	.000	.299	3.340
พาณิชย์และ อุตสาหกรรม	.027	.007	.342	3.883	.000	.299	3.340
3 (Constant)	54.399	7.431		7.320	.000		
ที่อยู่อาศัย	.039	.005	.657	7.570	.000	.263	3.805
พาณิชย์และ อุตสาหกรรม	.041	.007	.531	5.959	.000	.249	4.010
พืช	-.035	.007	-.404	-5.188	.000	.326	3.070
4 (Constant)	53.600	7.249		7.394	.000		
ที่อยู่อาศัย	.039	.005	.664	7.851	.000	.263	3.808
พาณิชย์และ อุตสาหกรรม	.039	.007	.507	5.822	.000	.247	4.042
พืช	-.029	.007	-.333	-4.181	.000	.296	3.376
พื้นที่โล่ง	-.016	.006	-.142	-2.969	.003	.822	1.217

a Dependent Variable: co2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.5 การตรวจสอบเงื่อนไขของการวิเคราะห์สมการถดถอย

สมการความถดถอยที่ได้จากการวิเคราะห์ คือ

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO}_2 \text{ เทียบเท่าตันต่อวัน)} &= 53.6 + 0.039 * \text{ที่อยู่อาศัย} + \\ &0.039 * \text{พาณิชย์กรรมและอุตสาหกรรม} - 0.029 * \text{พืช} - 0.016 * \text{พื้นที่โล่ง} \end{aligned} \quad \text{สมการ 4-1}$$

ซึ่งจะมีความน่าเชื่อถือหรือไม่ต้องตรวจสอบเงื่อนไขของการวิเคราะห์ความถดถอยของเชิงเส้น ดังนี้

- 1) ค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อน = 0
- 2) ค่าคลาดเคลื่อนต้องมีการแจกแจงแบบปกติ
- 3) ค่าคลาดเคลื่อนต้องเป็นอิสระกัน
- 4) ค่าแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนต้องคงที่ของทุกค่าของ X

ตารางที่ 4-11 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนในสมการนี้ = 0 ในขณะที่ค่าความคลาดเคลื่อนมีการกระจายตัวใกล้ๆ เส้นตรงในลักษณะที่เป็นรูป s เล็กน้อย คืออยู่เหนือเส้นในช่วง 0.01 - 0.3 และอยู่ใต้เส้นในช่วง 0.4 - 0.8 ซึ่งมีความใกล้เคียงที่จะเป็นการแจกแจงแบบปกติ (รูปที่ 4-6) ในกรณีการทดสอบค่าคลาดเคลื่อนที่ต้องเป็นอิสระกัน ค่า Durbin - Watson (ตารางที่ 4-8) ของสมการความถดถอยนี้เท่ากับ 1.731 ซึ่งมากกว่า 1.5 แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน และเงื่อนไขสุดท้าย ค่าแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนต้องคงที่ของทุกค่าของ X รูปที่ 4-7 แสดงการลักษณะการกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อน ที่กระจายตัวอยู่โดยรอบๆ ศูนย์ จึงถือว่าค่าแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนในกรณีนี้คงที่

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสมการความถดถอยที่ได้ (สมการที่ 4-1) มีความน่าเชื่อถือได้ว่าการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนพื้นที่การใช้ที่ดินส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ถึงร้อยละ 72.2 ส่วนร้อยละ 27.8 ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นผลจากปัจจัยอื่น

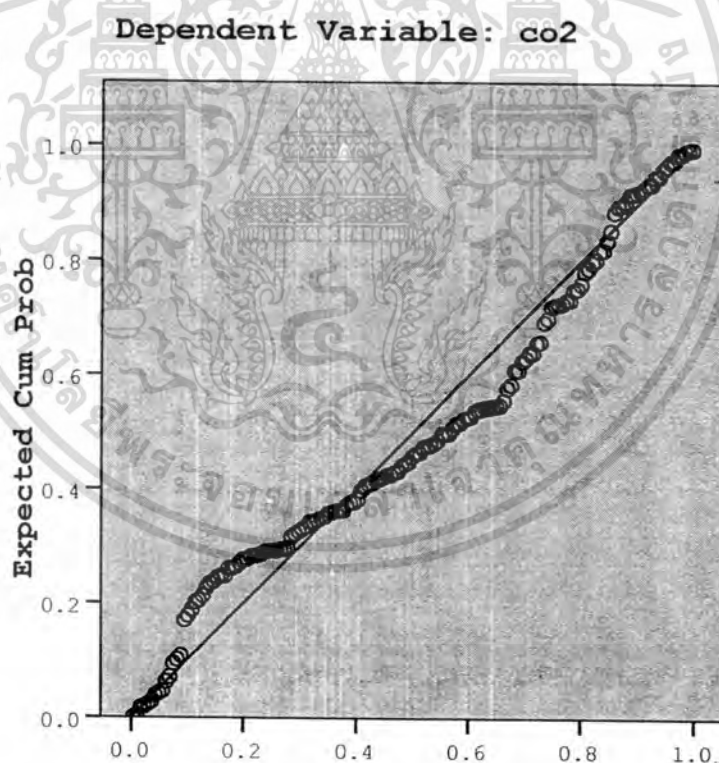
ตาราง 4-11 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของสมการ

Residuals Statistics(a)

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	17.0834	603.2817	150.2219	101.44169	153
Residual	-195.36784	161.95631	.00000	62.97552	153
Std. Predicted Value	-1.312	4.466	.000	1.000	153
Std. Residual	-3.061	2.538	.000	.987	153

a Dependent Variable: co2

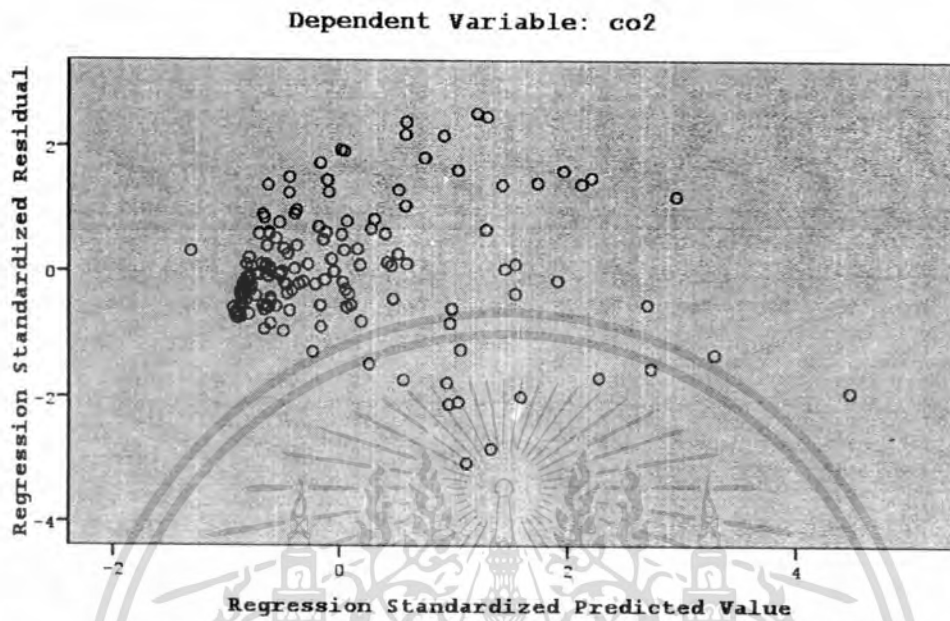
Normal P-P Plot of Regression Standardized Residual



รูปที่ 4-7 แสดงกราฟของค่าคลาดเคลื่อนเพื่อทดสอบการแจกแจงแบบปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Scatterplot



รูปที่ 4-8 แสดงลักษณะการกระจายตัวของค่าค่าแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและเสนอแนะ

สภาพชั้นบรรยากาศมีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดนับตั้งแต่เริ่มมีการปฏิวัติอุตสาหกรรมจนถึงปัจจุบันการพัฒนาเศรษฐกิจแบบทุนนิยม ส่งผลให้ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศได้เพิ่มขึ้นจาก 280 ส่วนในล้านส่วนในกลางศตวรรษที่ 18 เป็น 379 ส่วนในล้านส่วนในปีพ.ศ. 2548 (กรุงเทพมหานคร, 2552) สภาพบรรยากาศที่มีความเลวร้ายขึ้นจึงทำให้กระแสการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้รับความสนใจในระดับโลกไปจนถึงระดับชุมชน จึงเกิดการศึกษาวิจัยเพื่อค้นหาหลักฐานเชิงประจักษ์จากการทดลอง ทดสอบ รวมถึงหาเหตุและผลเพื่อบรรเทาปรากฏการณ์ดังกล่าว โดย IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) ที่เป็นคณะกรรมการระหว่างประเทศเพื่อเป็นฝ่ายวิชาการในการศึกษาและเผยแพร่เกี่ยวกับสภาพการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ และได้จัดให้มีการประชุมอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ทุกประเทศในโลกร่วมมือกันหาทางออก ซึ่งเน้นไปที่การบรรเทา (Mitigation) และการปรับตัว (Adaptation)

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นสาขาหนึ่งที่ผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยประเทศไทยปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและจากภาคป่าไม้ 61.85 ล้านตันหรือร้อยละ 21.6 ในปีพ.ศ. 2543 กรุงเทพมหานครซึ่งเป็นเมืองหลวงของประเทศจึงเป็นเมืองที่น่าสนใจในการศึกษาเรื่องปริมาณก๊าซเรือนกระจกกับการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน เนื่องจากกรุงเทพมหานครมีการขยายตัวของเมืองสูง ประกอบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อดังกล่าวยังมีไม่หลากหลาย จึงเป็นที่มาของงานวิจัยชิ้นนี้

ในการศึกษามีการทบทวนเอกสารต่างๆ เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน สถานการณ์และผลกระทบของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ผลกระทบของการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมในการศึกษา โดยการศึกษาได้ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 7 ETM+ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน 2 ช่วงเวลา และใช้ภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS ประกอบในการตรวจสอบความถูกต้อง นอกจากนี้ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 TM เพื่อแปลภาพถ่ายการใช้ประโยชน์ที่ดินแล้วนำไปศึกษาความสัมพันธ์กับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากการคำนวณจากปริมาณการใช้ไฟฟ้าแล้วเข้าแบบจำลองเพื่อหาค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้ในการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระดับประเทศ ใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากสำนักนโยบายและแผนพลังงานแห่งชาติ กระทรวงพลังงาน โดยใช้แบบจำลอง Seasonal ARIMA Model ในการตรวจสอบและพยากรณ์ โดยผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของสำนักงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ผลการศึกษาจากการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 7 ETM+ ในปีพ.ศ. 2542 และปี พ.ศ. 2552 พบว่าสัดส่วนการใช้ที่ดินของกรุงเทพมหานครประเภทสิ่งปลูกสร้างอาคารเพิ่มขึ้น 103,026 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 10.44 ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2542 – 2552 ในขณะที่พื้นที่ที่ปกคลุมด้วยพืช และพื้นที่ชุ่มน้ำลดลง 16,723 ไร่ และ 113,981 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.7 และ 11.54 ตามลำดับ สำหรับสิ่งปกคลุมดินประเภทอื่นๆ เช่น แหล่งน้ำ และพื้นที่ว่าง มีสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย คือ 13,369 ไร่ และ 14,310 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.35 และ 1.45 ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินพบมากในบริเวณฝั่งตะวันออกของกรุงเทพมหานคร ได้แก่ เขตคลองสามวา เขตหนองจอก เขตลาดกระบัง และเขตมีนบุรี โดยมีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่นาข้าว พื้นที่ปลูกหญ้า รวมถึงพื้นที่นาเกลือ นาุ้ง และพื้นที่โล่ง ไปเป็นสิ่งปลูกสร้างอาคาร ประเภทหมู่บ้านจัดสรร

สำหรับผลการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศ 5 แบบจำลองแยกตามสาขา ประกอบด้วย สาขาพลังงาน สาขาอุตสาหกรรม สาขาคมนาคมขนส่ง สาขาอื่นๆ และรวมทุกสาขา โดยได้ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบอนุกรมเวลา และทดสอบค่าคลาดเคลื่อนของแต่ละแบบจำลองโดยพิจารณากราฟความคลาดเคลื่อนต่อเวลา พบว่าค่าคลาดเคลื่อนกระจายรอบค่า 0 และความแปรปรวนคงที่ แสดงว่าแบบจำลองที่เลือกมานั้นมีความเหมาะสม จึงใช้แบบจำลองการพยากรณ์ CO₂ จากเดือนกรกฎาคม 2011 – มิถุนายน 2013 พบว่าสาขาพลังงาน ในปีค.ศ. 1986 มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวม 12,476 เพิ่มขึ้นเป็น 92,137 พันตัน ในปีค.ศ. 2010 และคาดว่าเมื่อสิ้นปี ค.ศ. 2012 ประเทศไทยจะมีการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมจากสาขาพลังงานเท่ากับ 138,314 พันตัน โดยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสาขาพลังงานมีความแปรปรวนตามฤดูกาล กล่าวคือ ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะต่ำในช่วงฤดูหนาว ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน จนถึง เดือนกุมภาพันธ์ และสูงในช่วงเดือนมีนาคมจนถึงเดือนกรกฎาคม ทั้งนี้เนื่องจากช่วงฤดูร้อนเป็นช่วงที่บ้านเรือน อาคารสำนักงาน สถานที่ราชการต่างๆ มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงเพื่อปรับสภาวะแวดล้อมให้เกิดความสบาย สาขาคมนาคมขนส่ง มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมในปีค.ศ. 1986 เท่ากับ 15,616 พันตัน เพิ่มขึ้นเป็น 57,069 พันตัน ในปี ค.ศ. 2010 และมีแนวโน้มสูงขึ้นเป็น 91,768 พันตัน ในปีค.ศ. 2012 สำหรับสาขาอุตสาหกรรม มีแนวโน้มการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยในปีค.ศ. 1986 มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพียง 7,216 พันตัน และเพิ่มขึ้นเป็น 54,283 พันตัน ในปี ค.ศ. 2010 และจากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลองการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คาดว่าจะมีปริมาณก๊าซดังกล่าวรวมในปี ค.ศ. 2012 ประมาณ 91,199 พันตัน

โดยเมื่อพิจารณาในภาพรวมแล้ว พบว่า ทุกสาขาการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศไทยมีแนวโน้มสูงขึ้นโดยปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมในปี ค.ศ. 2010 มีเท่ากับ 222,312 พันตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมีการปล่อยเพิ่มขึ้นมากกว่า 5 เท่าจากปีค.ศ. 1986 และจากแบบจำลองคาดการณ์ว่าในปี ค.ศ. 2012 ประเทศไทยจะมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมเท่ากับ 352,918 พันตัน อย่างไรก็ตามปริมาณการปลดปล่อยที่คาดการณ์ว่าจะเกิดขึ้นนั้นขึ้นกับปัจจัยหลายด้านดังที่ IPCC (สกว 2554) เสนอไว้ คือ แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของประชากร การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม การใช้พลังงานและเทคโนโลยี เกษตรกรรม และการใช้ที่ดิน และนโยบายสิ่งแวดล้อม ที่อาจเป็นตัวเร่งหรือชะลอปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอนาคตได้

สำหรับผลการศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสาขาการใช้ไฟฟ้ากรุงเทพมหานคร เมื่อพิจารณา ray แหวงพบว่าต่ำที่สุดคือแขวงนวลจันทร์ เขตบึงกุ่ม ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพียง 0.0636 ตันต่อ ทั้งนี้เนื่องจากแขวงนวลจันทร์เพิ่มจะจัดตั้งเป็นแขวงในปี พ.ศ. 2551 จึงทำให้มีประชากรตามทะเบียนราษฎรเพียง 14 คน ก่อนการจัดตั้งแขวงนวลจันทร์นั้น (เขตบึงกุ่มมีเพียงแขวงเดียวคือแขวงคลองกุ่ม) ในขณะที่แขวงที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดคือแขวงดินแดง เขตดินแดง โดยผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงถึง 621.2 ตันต่อวัน ค่าเฉลี่ยของทุกแขวงในกรุงเทพมหานครที่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ 153 ตันต่อวัน เมื่อพิจารณาประชากรทั้งกรุงเทพมหานครปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากสาขาการใช้ไฟฟ้าประมาณ 25,915 ตันต่อวัน หรือคิดเป็น 9,458,875 ตันต่อปี

5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดินกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การจำแนกประเภทการใช้ที่ดินจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 (TM) ใช้วิธีการจำแนกแบบกำกับดูแล (supervise classification) โดยนำข้อมูลที่ได้ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนด้านเรขาคณิตแล้ว ซึ่งเป็นข้อมูลพลังงานในรูปของค่าการสะท้อนของพื้นที่ผิวโลก มาจำแนกประเภทการใช้ที่ดินออกเป็นรายแขวง จำนวนทั้งสิ้น 169 แขวง ใน 50 เขตกรุงเทพมหานคร และจากการพิจารณาค่ารังสีสะท้อน (Spectral Signatures) ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมสามารถจำแนกประเภทการใช้ที่ดินออกเป็น 6 ประเภท ได้แก่ 1) ที่อยู่อาศัย 2) พาณิชยกรรม และอุตสาหกรรม 3) พืช 4) แหล่งน้ำผิวดิน 5) พื้นที่ว่าง และ 6) พื้นที่ชุ่มน้ำ สำหรับข้อมูลปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รายแขวงได้จากการคำนวณประชากรรายแขวงที่รวมประชากรแฝงด้วยแล้วนำมาคูณกับค่าเฉลี่ยปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายแขวงและค่าเฉลี่ยการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ไฟฟ้ารายแขวง ดังนั้นแล้วในการหาความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนการใช้ที่ดินและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ รายแขวง ของพื้นที่กรุงเทพมหานครประกอบด้วยข้อมูลทั้งสิ้น 169 ชุดข้อมูล

ผลการทดสอบความเป็นอิสระของตัวแปรโดยใช้ค่าสถิติ Tolerance หรือ Variance Inflation Factor (VIF) พบว่าตัวแปรอิสระทุกตัวต้องเป็นอิสระกันหรืออาจกล่าวได้ว่าไม่มีความสัมพันธ์กันเอง การสร้างสมการเส้นถดถอยระหว่างปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และสัดส่วนการใช้ที่ดิน โดยการเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการความถดถอยด้วยวิธี Stepwise ซึ่งเป็นการคัดเลือกตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากที่สุดเข้าสมการที่ละตัว ภายใต้เกณฑ์ที่กำหนดระดับนัยสำคัญของสถิติทดสอบ $F < 0.05$ จะนำตัวแปรอิสระนั้นเข้าสมการ ผลลัพธ์สรุปของสมการความถดถอยที่ใช้ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวแปรตาม และมีตัวแปรอิสระ 4 ตัว ประกอบด้วย ที่อยู่อาศัย พาณิชยกรรมและอุตสาหกรรม พืช และพื้นที่โล่ง ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณหรือค่า R เท่ากับ 0.850 ซึ่งเข้าใกล้ 1 แสดงว่าค่าตัวแปรตาม (ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์) ที่ได้จากการพยากรณ์ใกล้เคียงกับค่าของตัวแปรตามจริงสูง และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination) หรือค่า R Square เท่ากับ 0.722 อธิบายได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนประเภทการใช้ที่ดิน ประกอบด้วย “ที่อยู่อาศัย” “พาณิชยกรรมและอุตสาหกรรม” “พืช” และ “พื้นที่โล่ง” สามารถอธิบายความแปรปรวนของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ร้อยละ 72.2 โดยที่มีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากสมการความถดถอย เท่ากับ 63.8207 CO₂ เทียบเท่ากันต่อวัน ผลลัพธ์ค่าทดสอบ F ของแต่ละสมการ ในที่นี้ ค่า Significance ของสมการความถดถอยสมการเท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่ามีตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัวที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อย่างมีนัยสำคัญ

ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าคงที่ 7.249 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าสัมประสิทธิ์ของ “ที่อยู่อาศัย” “พาณิชยกรรมและอุตสาหกรรม” “พืช” “พื้นที่โล่ง” เท่ากับ 0.005, 0.007, 0.007, 0.006 ตามลำดับ โดยที่ค่า Beta เป็นค่าที่ชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ของสัดส่วนพื้นที่การใช้ที่ดินกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากไปหาน้อย กล่าวคือ ที่อยู่อาศัยมีค่า Beta เท่ากับ 0.039 ในขณะที่ค่า Beta ของพาณิชยกรรมและอุตสาหกรรมก็มีค่าเท่ากับ 0.039 เช่นกัน ซึ่งสูงที่สุดจึงสรุปได้ว่าที่อยู่อาศัย พาณิชยกรรมและอุตสาหกรรมมีความสัมพันธ์ทางบวกต่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด กล่าวคือ หากมีพื้นที่ที่อยู่อาศัย พาณิชยกรรมและอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้นตาม สำหรับการใช้ที่ดินประเภทที่มีพืชปกคลุมดิน มีค่า Beta เท่ากับ - 0.029 และพื้นที่โล่งที่มีค่า Beta เท่ากับ - 0.016 แสดงว่าพืชและพื้นที่โล่งมีความสัมพันธ์ทางลบกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กล่าวคือ หากพืชและพื้นที่โล่งมีพื้นที่ลดลง จะส่งผลให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น ค่า significant ของสถิติทดสอบ t ของการใช้ที่ดินทุกประเภท ค่า significance เท่ากับ 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 ทั้งหมด จึงสรุปได้ว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีความสัมพันธ์กับ “ที่อยู่อาศัย” “พาณิชยกรรมและอุตสาหกรรม” “พืช” และ “พื้นที่โล่ง” ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับค่าสถิติทดสอบ F

ค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนในสมการนี้ = 0 ในขณะที่ค่าความคลาดเคลื่อนมีการกระจายตัวใกล้ๆ เส้นตรงในลักษณะที่เป็นรูป s เล็กน้อย คืออยู่เหนือเส้นในช่วง 0.01 - 0.3 และอยู่ใต้เส้นในช่วง 0.4 - 0.8 ซึ่งมีความใกล้เคียงที่จะเป็นการแจกแจงแบบปกติ ในกรณีการทดสอบค่าคลาดเคลื่อนที่ต้องเป็นอิสระกัน ค่า Durbin - Watson ของสมการความถดถอยนี้เท่ากับ 1.731 ซึ่งมากกว่า 1.5 แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน และเงื่อนไขสุดท้าย ค่าแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนต้องคงที่ของทุกค่าของ X การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบมาเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อน ที่กระจายตัวอยู่โดยรอบๆ ศูนย์ จึงถือว่าค่าแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนในกรณีนี้คงที่

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสมการความถดถอยที่ได้มีความน่าเชื่อถือได้ว่าการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนพื้นที่การใช้ที่ดินส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ถึงร้อยละ 72.2 ส่วนร้อยละ 27.8 ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นผลจากปัจจัยอื่น

5.3 วิพากษ์และเสนอแนะ

จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าพื้นที่สิ่งก่อสร้างอาคาร เช่น ที่อยู่อาศัย พาณิชยกรรมและอุตสาหกรรม มีความสัมพันธ์กับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือหากมีพื้นที่สิ่งก่อสร้างอาคารสูงขึ้นส่งผลให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้นด้วย ในทางกลับกันพื้นที่สีเขียวและพื้นที่โล่งมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทั้งนี้เนื่องจากการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของกรุงเทพมหานครและการเคลื่อนไหวของรูปแบบการจ้างงานจากกิจกรรมภาคการเกษตรเป็นบริการ อุตสาหกรรมสร้างแรงกดดันต่อความต้องการที่ดินทางด้านที่อยู่อาศัยและพาณิชยกรรม รวมถึงอุตสาหกรรมด้วย และจากผลการศึกษาพบว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรุงเทพมหานครมีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นสิ่งปลูกสร้างอาคารสูงขึ้น การควบคุมการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นมาตรการหนึ่งที่สามารถลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้อย่างไรก็ตามก็อาจทำให้เกิดการชะลอการพัฒนาเศรษฐกิจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่เมืองที่มีการพัฒนาและการลงทุนทั้งในประเทศและการลงทุนข้ามชาติอย่างต่อเนื่องอย่างกรุงเทพมหานคร

การบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในกรณีของกรุงเทพมหานครควรคำนึงถึงตั้งแต่กระบวนการจัดทำและวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยการบูรณาการองค์ความรู้ทางด้านภูมิอากาศร่วมกับกระบวนการวางแผนเมืองในการจัดทำผังเมือง (Geis, 2000) สำหรับกระบวนการวางแผนเมืองของประเทศไทย ทั้งจากกรมโยธาธิการและผังเมือง และสำนักผังเมืองกรุงเทพมหานคร พบว่าการดำเนินการวางแผนเมืองเป็นการดำเนินการตามหลักการวางแผนเมือง ภายใต้พระราชบัญญัติการผังเมือง พ.ศ. 2518 ซึ่งกำหนดขั้นตอนการดำเนินการไว้ทั้งหมด 18 ขั้นตอน ซึ่งไม่ปรากฏว่ามีขั้นตอนใดที่ระบุถึงการนำปัจจัยทางด้านภูมิอากาศประกอบการพิจารณาในกระบวนการวางแผนเมือง จึงกล่าวได้ว่าการวางแผนเมืองที่ผ่านมาไม่มีการนำเอาปัจจัยทางด้านภูมิอากาศมาร่วมพิจารณาในกระบวนการดำเนินการวางแผนเมือง ทั้งนี้การบูรณาการดังกล่าวยังมีอุปสรรคอยู่ เช่น เครื่องมือและวิธีการ (Eliasson, 2000) การขาดการบูรณาการองค์ความรู้ และความละเอียดของภาพถ่ายดาวเทียมที่หายากเกินไป (Carlson 2003) ที่จะอธิบายคุณลักษณะของก๊าซเรือนกระจก เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนึงถึงสภาพภูมิอากาศในการวางผังเมืองจำเป็นต้องหาเครื่องมือและวิธีการที่เหมาะสม ซึ่งอาจจำเป็นต้องใช้ภาพถ่ายดาวเทียมในการวิเคราะห์ (Bulkeley และ Betsill 2003) ซึ่งนักผังเมืองส่วนใหญ่ โดยเฉพาะในประเทศไทยยังขาดองค์ความรู้ทางด้านนี้ ทั้งนี้อาจเนื่องจากนักผังเมืองมีภาระงานที่จำเป็นที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจจึงไม่มีเวลาในการค้นคว้าวิธีการใช้ภาพถ่ายดาวเทียม นอกจากนี้งานวิจัยที่ประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมในงานผังเมืองยังมีจำนวนน้อย และสำนักงานที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนขาดผู้เชี่ยวชาญ โปรแกรมและเงินทุนในการใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม

อุปสรรคจากการบูรณาการองค์ความรู้ ในการวางผังเมืองนักวางผังอาจขาดความรู้เกี่ยวกับผลกระทบจากภูมิอากาศ จึงจำเป็นต้องมีความร่วมมือในการขอข้อมูลระหว่างหน่วยงาน หากในบางครั้งไม่ได้รับข้อมูลที่ชัดเจนเพียงพอถึงความสำคัญของผลกระทบด้านภูมิอากาศก็อาจทำให้การวางและจัดทำผังเมืองไม่สมบูรณ์หรือลำดับความสำคัญของข้อมูลด้านภูมิอากาศน้อยไป ซึ่งโดยทั่วไปให้ความสำคัญกับข้อมูลด้านอาคาร และความปลอดภัยด้านจราจรเป็นอันดับแรก หรือในบางครั้งอาจจำเป็นต้องละเอียดประเด็นด้านภูมิอากาศเนื่องจากเกิดความขัดแย้งด้านผลประโยชน์ เช่นในหลายกรณีที่มีการดำเนินการโครงการในพื้นที่ที่มีสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม แม้ว่าจะมีการนำเสนอผลการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมด้านภูมิอากาศแล้วก็ตาม นอกจากนี้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่ที่เกี่ยวข้องกับทางเลือกของการลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศยังไม่เพียงพอ (Blakely, 2007)

ความละเอียดของภาพถ่ายดาวเทียมที่ทยายเกินไป (Carlson 2003) ที่จะอธิบายคุณลักษณะของก๊าซเรือนกระจก ดังเช่นในการศึกษาครั้งนี้ที่มุ่งหวังจะใช้ภาพถ่ายดาวเทียมในการศึกษาการกระจายตัวของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เชิงพื้นที่ แต่เนื่องจากภาพถ่ายดาวเทียมที่มีการเก็บบันทึกอยู่ ณ ปัจจุบันสามารถวิเคราะห์ได้ในระดับภูมิภาคและระดับโลก แต่มีความทยายเกินไปในการศึกษาระดับเมือง อย่างไรก็ตามในอนาคตคาดว่า NASA จะมีความพยายามในการส่งดาวเทียมเพื่อเก็บข้อมูลก๊าซเรือนกระจกที่มีความละเอียดสูง หลังจากทีประสบความสำเร็จในการส่งดาวเทียมสำรวจคาร์บอนในชั้นบรรยากาศโลก หรือ โอซีโอ (Orbiting Carbon Observatory: OCO) ออกไปโคจรรอบโลก เมื่อปีพ.ศ. 2552

ถึงแม้ว่าจะมีความพยายามในการกำหนดทิศทางการพัฒนากรุงเทพมหานครเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ดังจะเห็นได้จากนโยบายการพัฒนากรุงเทพมหานครที่ให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านภูมิอากาศได้กำหนดนโยบายที่จะพัฒนากรุงเทพมหานครให้เป็นเมืองที่น่าอยู่ (Healthy City) คือเมืองที่มีความสะดวกคล่องตัวสภาพแวดล้อมปลอดภัยและเหมาะสมต่อการอยู่อาศัยมีการบริการด้านการศึกษาและสุขภาพอนามัยมีความปลอดภัยสะดวกสบายและสนับสนุนกิจกรรมทางวัฒนธรรมซึ่งในส่วนนี้ได้สนับสนุนให้มีการพัฒนาสวนสาธารณะและพื้นที่สีเขียวได้แก่สวนสาธารณะขนาดเล็ก (Pocket Park) ในพื้นที่ชุมชน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์อื่นใด การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

สวนสาธารณะและบึงรับน้ำ (Parks and Flood Retaining Ponds) และพื้นที่สีเขียวในเมืองอาทิสวนหย่อม สวนถนนเป็นต้น โดยมีมาตรการต่างๆ ได้แก่ สร้างสวนสาธารณะให้กระจายไปทั่วทุกพื้นที่ของมหานคร รวมทั้งสนับสนุนการจัดหาที่ดินเพื่อพัฒนาเป็นสวนสาธารณะ การเพิ่มพื้นที่สีเขียว เพื่อเพิ่มแหล่งดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการปลูกต้นไม้ทั้งในบริเวณสวนสาธารณะริมถนน สวนแนวตั้ง และสวนดาดฟ้า รวมทั้งการปลูกป่าชายเลนเพื่อลดปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งทะเลบางขุนเทียน การจัดระบบขนส่งมวลชน การวางผังเมือง และการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างมีประสิทธิภาพและลดปัญหาภาวะโลกร้อน (สำนักยุทธศาสตร์และประเมินผล กรุงเทพมหานคร, 2552) อย่างไรก็ตามการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยนั้นยังขาดการศึกษาด้านสภาพภูมิอากาศในอนาคต จึงไม่มีข้อมูลพอเพียงที่จะกำหนดนโยบายที่ชัดเจนในการรับมือหรือการปรับตัวต่อผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยที่ผ่านมามุ่งเน้นที่การประเมินและการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและมีโครงการประมาณ 20 โครงการที่ได้รับการสนับสนุนจาก UNFCCC ในการศึกษาวิจัย อย่างไรก็ตามการศึกษาดังกล่าวก็ยังมีข้อมูลไม่เพียงพอต่อการวางแผนการป้องกันผลกระทบทางธรรมชาติในท้องถิ่น (คณะวิทยาศาสตร์ 2550) ในปัจจุบัน พ.ศ. 2554 การปรับตัวต่อภูมิอากาศในอนาคตของประเทศไทยนั้น ยังมุ่งเน้นการปรับทิศทางการพัฒนาสู่สังคมคาร์บอนต่ำ (low-carbon society) เช่น งานของศูนย์คาดการณ์เทคโนโลยีเอเปค (APEC Center for Technology Foresight) สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.) การศึกษาได้เน้นการมองในอนาคตในปีพ.ศ. 2593 และได้เสนอภาพในอนาคต 5 ภาพ ได้แก่ 1) ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 2) ที่อยู่อาศัย การก่อสร้าง ชีวิตในเขตเมืองและการขนส่ง 3) การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ชีวิตในชนบท และทรัพยากรธรรมชาติ 4) สังคมและสุขภาพ และ 5) การค้าและการบริการ ผลการศึกษาทำให้เกิดนโยบายชุดหนึ่งที่มีมุ่งไปสู่สังคมคาร์บอนต่ำ เช่น สนับสนุนให้จัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจก (นเรศ ดำรงชัย 2554)

การเพิ่มศักยภาพของกระบวนการวางผังเมืองในมิติด้านภูมิอากาศนั้น ควรลดอุปสรรคต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว ในความเป็นจริงแล้วในการพัฒนาในอดีตของเรามักจะมีรูปแบบที่มีคุณค่าและอัตลักษณ์ที่แสดงให้เห็นถึงการเคารพธรรมชาติ เช่น การใช้วัสดุธรรมชาติและเทคโนโลยีที่เชื่อมโยงกับสถาปัตยกรรม ความเชื่อ ศาสนา และศิลปวัฒนธรรม เช่น ในช่วงกรุงศรีอยุธยามีการขุดคลองลัดแม่น้ำเจ้าพระยาเพื่อช่วยร่นเวลาในการเดินเรือ การสร้างบ้านใต้ถุนสูงเพื่อเป็นการระบายอากาศ แต่การพัฒนาในช่วงหลังเน้นเพื่อรองรับการลงทุนจากต่างประเทศและการเติบโตทางเศรษฐกิจในระบบทุนนิยมมากกว่าที่จะตอบสนองความต้องการของคนในพื้นที่เอง จึงทำให้เกิดความขัดแย้งระหว่างรูปแบบการตั้งถิ่นฐานกับภูมิประเทศและภูมิอากาศ นอกจากนี้ยังทำให้ประชากรบางกลุ่ม เช่น ผู้มีรายได้น้อยเกิดความเสี่ยงและมีความเปราะบางต่อความแปรปรวนทางภูมิอากาศและภัยธรรมชาติต่างๆ (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ และธนาคารโลก 2551, Office of Environmental Policy and

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

planning, Ministry of Science, Technology and Environment 2000 อ้างถึงใน วิจิตรบุษยา มารมย์ 2554) ดังนั้นแนวทางที่เหมาะสมในการวางผังเมืองควรคำนึงถึงธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (nature-oriented) โดยควบคุมพื้นที่ทางธรรมชาติที่มีความอ่อนไหวในการใช้ที่ดินซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สินได้ เช่น wetlands, floodplains, unstable shorelines, and historic sites พื้นที่เหล่านี้มีขอบเขตทางธรรมชาติบางครั้งเกินแนวเส้นเขตการปกครอง จึงไม่ควรจะได้รับการอนุญาตหรือกำหนดให้มีการพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์สำหรับเมือง นอกจากนี้ควรมีมาตรการอื่นๆ ร่วมด้วย อาทิเช่น การจัดทำคลังข้อมูลด้านภูมิอากาศ (Climate Inventory) ทั้งระดับประเทศ ภูมิภาค และท้องถิ่น เพื่อเผยแพร่และสร้างความเข้าใจให้กับชุมชนและผู้ที่เกี่ยวข้องในการช่วยบรรเทาโลกร้อน ควรกำหนดเกณฑ์ของปัจจัยภูมิอากาศที่เหมาะสมในการตั้งถิ่นฐานของประชาชน นอกจากนี้ควรมีการคาดการณ์จากข้อมูลด้านภูมิอากาศพื้นฐานและการพัฒนาเมืองเพื่อแยกแยะความเหมาะสมของแต่ละพื้นที่ในการวางแผนการพัฒนาเมืองและกิจกรรมในเมืองที่มีรูปแบบต่างๆ โดยคำนึงถึงลักษณะทางภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และสภาพแวดล้อมที่มีอยู่ในพื้นที่นั้น โดยอาจใช้แนวคิดการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment) ก็เป็นไปได้

นอกจากการวางผังเมืองแล้ว การออกแบบอาคาร วัสดุก่อสร้าง และการวางพื้นที่ใช้สอยควรมีความสอดคล้องกับภูมิอากาศทั้งในปัจจุบันและในอนาคตด้วย (วิจิตรบุษยา มารมย์ 2554) เช่น การออกแบบอาคารเขียว (green building) เพื่อให้เกิดการระบายอากาศโดยธรรมชาติ (Natural Ventilation) โดยคำนึงถึงทิศทางการลมด้วยก็สามารถช่วยประหยัดการใช้ไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศได้ สำหรับด้านวัสดุก่อสร้างอาจใช้เป็นฉนวนป้องกันความร้อน ซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในอาคารได้มีประสิทธิภาพ การวางตัวของอาคารก็มีส่วนช่วยลดการใช้พลังงานได้โดยการออกแบบการใช้งานในอาคารให้สอดคล้องกับทิศทางของแสงอาทิตย์ เช่น บ้านเดี่ยวจัดวางพื้นที่ใช้งานหลักในตำแหน่งที่ป้องกันความร้อน บ้านแถวให้เว้นพื้นที่กลางบ้านเพื่อความโปร่งและการถ่ายเทของอากาศ

คณะผู้วิจัยเห็นว่าการศึกษาด้านภูมิอากาศกับการผังเมืองเป็นสิ่งที่จำเป็นต้องได้รับการค้นคว้าวิจัยต่อไป โดยเฉพาะในด้านคลังข้อมูลทางด้านภูมิอากาศในระดับเมืองที่ยังขาดอยู่จึงเป็นอุปสรรคในการศึกษา ซึ่งจำเป็นต้องใช้การแปลงข้อมูลในการศึกษาเช่นในงานวิจัยนี้ที่คำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ไฟฟ้า อย่างไรก็ตามหากการสร้างคลังข้อมูลด้านภูมิอากาศจำเป็นต้องใช้เวลานาน แต่งานวิจัยจำเป็นต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง คณะผู้วิจัยเสนอให้งานวิจัยต่อไปควรศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสาขาอื่นด้วย นอกจากนี้การสร้างความตระหนักทางด้านภูมิอากาศให้กับชุมชนเป็นสิ่งที่ควรได้รับการศึกษาว่าลักษณะการตั้งถิ่นฐานของชุมชนที่เหมาะสมกับสภาวะภูมิอากาศที่กำลังแปรปรวนในปัจจุบันควรเป็นอย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2554). ความรู้อุตุนิยมวิทยา. [online].Available: <http://www.tmd.go.th>
- กรุงเทพมหานคร. (2552). รายงานการประเมินกรุงเทพมหานครว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ พ.ศ. 2552. [online].Available: office.bangkok.go.th
- กัลยา วานิชย์บัญชา. (2546) *การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล*, ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ขรรค์ ประจวบเหมาะ (2553). สรุปลักษณะอากาศที่อยู่อาศัยและตลาดสินค้าที่อยู่อาศัยปี 2552 และแนวโน้มปี 2553. *วารสารธนาคารอาคารสงเคราะห์* ฉบับที่ 60 ปีที่ 16 มกราคม-มีนาคม หน้า 76-82
- คณะวิทยาศาสตร์ (2550). *องค์การความร่วมมือและการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ*. มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพฯ เข้าถึงจาก <http://www.ru.ac.th/climatechange/index.htm>
- โครงการพัฒนาความรู้และยุทธศาสตร์ความตกลงพหุภาคีด้านสิ่งแวดล้อม. (2554). เข้าถึงได้จาก: <http://www.measwatch.org>
- นเรศ ดำรงชัย (2554) การวิเคราะห์เชิงนโยบายและการคาดการณ์ในอนาคตเพื่อการปรับตัวและการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ. ใน: *รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานการณ์องค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2554*. คณะทำงานกลุ่มที่ 2 องค์ความรู้ด้านผลกระทบความล่อแหลม และการปรับตัว สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย [อานนท์ สนิทวงศ์ ณ อยุธยา และ อำนาจ ชิดไธสง (บรรณาธิการ)]
- นาฏสุดา ภูมิจรรย์. (2551). ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินในรากและคาร์บอนในดินของสวนป่าไม้สัก. คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์มหาวิทยาลัยมหิดล.
- บุญนาค ตีวกุล. (2545). *เมืองและสิ่งแวดล้อม*. มหาวิทยาลัยศิลปากร: กรุงเทพฯ
- มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2554). มาตรการป้องกันเพื่อลดก๊าซเรือนกระจก. [online].Available: <http://web.ku.ac.th>.
- รัฐพล อ้นแฉ่ง บุญลือ คะเชนทร์ชาติ และกาญจนา นาคะภากร. (2549). *การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการจัดทำแผนที่แสดงระดับความหนาแน่นมลพิษทางอากาศ*. มหาวิทยาลัยมหิดล.
- วชิรธรรม เจริญเรื่องวานิชย์ กองวิชาการและแผนงาน สำนักผังเมือง ประชากรกรุงเทพมหานคร เข้าถึงได้จาก <http://www.bma-cpd.go.th/cpd/tp/planpop.html>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจิตรบุษบา มารมย์ (2554). เมือง การตั้งถิ่นฐาน และโครงสร้างพื้นฐาน ใน: รายงานการสังเคราะห์และ
ประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2554.

คณะทำงานกลุ่มที่ 2 องค์ความรู้ด้านผลกระทบ ความล่อแหลม และการปรับตัว สำนักงานกองทุน
สนับสนุนการวิจัย [อานนท์ สนิทวงศ์ ณ อยุธยา และ อำนาจ ชิดไธสง (บรรณาธิการ)]

ศูนย์ข้อมูลกรุงเทพมหานคร. (2550). สถิติกรุงเทพมหานคร. กรุงเทพมหานคร.

ศูนย์ข้อมูลกรุงเทพมหานคร. (2554). ข้อมูลกรุงเทพมหานคร. เข้าถึงได้จาก:

<http://203.155.220.118/info/NowBMA/frame.asp>

สมพร สง่าวงศ์ (2552) การสำรวจจากระยะไกลในด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินและการประยุกต์.
สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2551) ยุทธศาสตร์แห่งชาติว่าด้วยการจัดการ
การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2551-2555. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานนโยบายและแผน
ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

สำนักยุทธศาสตร์และประเมินผล กรุงเทพมหานคร. (2552) กรุงเทพมหานครแห่งความน่าอยู่บนวิถีแห่งการ
พัฒนาเพื่อความยั่งยืน. กรุงเทพฯ: บริษัทดาวฤกษ์คอมมูนิเคชั่นส์จำกัด.

สุพัตรา แซ่ลิ้ม. (2550). มหันตภัยโลกร้อน...Global Warming เรื่องจริงที่คุณต้องรู้. กรุงเทพฯ: พรีเมียด.

Blakely, E.J. (2007). *Urban Planning for Climate Change*. Lincoln Institute of Land Policy
Working Paper no. WP07EB1.

Carlson, T. (2003). Applications of remote sensing to urban problems. *Remote Sensing for
Environment*. 86:273-274.

Donner, W. (1978). *The five faces of Thailand. An economic geography*. Queensland:
University of Queensland Press.

Eliasson, I. (2000). The use of climate knowledge in urban planning. *Landscape and Urban
Planning*, 48: 341-44.

Finzi & Lechi. (1991). Landsat images of urban air pollution in stable meteorological
conditions” *Nuovo Cimento C*. Vol.14 No.5 p.433-443.

Geis, D. (2000) By Design: The disaster resistant and quality of life community, *Natural
Hazards Review*, vol. 1, 151-161.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gottdiener, M. (1985). *The social production of urban space*. Austin: University of Texas Press.

Gupta, P., et al., (2006). Satellite remote sensing of particular matter and air quality assessment over global cities. *Atmospheric Environment*. 40: 5880-5892.

L. Bateson และคณะ. (2008). The application of Remote Sensing Techniques to Monitor CO₂ Storage Sites for Surface Leakage: Method Development and Testing at Latera (Italy) where Naturally produced CO₂ is Leaking to the Atmosphere. [online]. Available: <http://nora.nerc.ac.uk>

Madhavan, B., Kubo, S., Kurisaki, N., and Sivakumar, T. (2001). Appraising the anatomy and spatial growth of the Bangkok Metropolitan area using a vegetation-impervious-soil model through remote sensing. *International journal remote sensing*, vol. 22, no. 5, 789-806

Markham, B. L. & Barker, J. L. (1986) Landsat MSS and TM Post-calibration Dynamic Ranges, Exoatmospheric Reflectance and At-satellite Temperatures. EOSAT Landsat Data Users Notes, 4300 Forbes Boulevard, Lanham, MD 20706, USA.

Mekvichai, B. (1998). A review of urban land management in Thailand. In J.H. Ansari, & N.V. Einsiedel (Eds.), *Urban land management. Improving policies and practices in developing countries of Asia* (pp. 235-291). New Delhi: Oxford & IBH Pub.

Oksana Volosko-Demkiv และ Olexandr Ryabokononko. (n.d.). Application of Gis and Remote Sensing Technologies for Assessing CO₂ Capture and Transmission. [online]. Available: <http://uregina.ca>

Woomer, P.L. และคณะ. (2004). Land use change and Terrestrial Carbon Stocks in Senegal. *Journal of Arid Environments* 59 : 625-642.

Philippe C. และ Vincent G. (2003). Amplifying effects of land-use change on future atmospheric CO₂ levels. *Global Biogeochemical Cycles*, Vol. 17.

Retalis, A. (1999). Assessment of the distribution of aerosols in the area of Athens with the use of Landsat Thematic Mapper data. *International Journal of Remote Sensing*. 20 No.5: 939-945.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Sale, K. (1975). *Power shift: The rise of the southern rim and its challenge to the eastern establishment*. New York: Random House.
- Schimek, P. (1996). Household motor vehicle ownership and use: How much does residential density matter?. *Transportation Research Record*, 1552: 120-125.
- Sternstein, L. (1976). *Thailand. The environment of modernization*. Sydney: McGraw Hill.
- Sutton, P. (2003). A scale-adjusted measure of "Urban Sprawl" using nighttime satellite imagery *Remote Sensing of Environment* 86 pp 353-369
- Sutton, P., Roberts, D., Elvidge, C., Baugh, K. (2001). Census from Heaven: An estimate of the global human population using nighttime satellite imagery *International Journal of Remote Sensing* Vol 22 (16) pp 3061-3076.
- U.S. Department of Agriculture. (2009). Land Use Planning: A Time-Tested Approach For Addressing Climate Change. *Science Finding*. 113: 1-5.
- Universal Industrial Gases Inc. (2011) เข้าถึงได้จาก: <http://www.uigi.com>
- Wald, L. (1999). Observing air quality over the city of Nantes by means of Landsat Thermal infrared data. *International Journal of Remote Sensing*. Vol.20 No.5: 947-959.
- Wong, Q. and Yang, S. (2006). Urban air pollution patterns, land use and thermal landscape: An examination of the linkage using GIS. *Environmental Monitoring and Assessment*. 117: 463-489.
- WRI, (2000). Thailand's GHG Emission by Gas. World Resource Institute.

ภาคผนวก ก

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2529 ถึง ปีพ.ศ. 2553

หน่วย: พันตัน

	Power Generation	Transport	Industry	Other	Total
1986					
JAN	1,132.02	1,363.24	570.33	582.75	3,648.33
FEB	854.63	1,230.30	542.67	513.82	3,141.41
MAR	967.52	1,374.55	580.14	564.52	3,486.74
APR	926.56	1,338.44	628.56	538.96	3,432.51
MAY	1,013.16	1,326.70	584.79	546.35	3,471.00
JUN	1,017.24	1,207.26	596.42	505.31	3,326.22
JUL	1,107.35	1,355.34	598.60	550.56	3,611.86
AUG	1,072.77	1,269.45	523.55	522.10	3,387.87
SEP	1,082.52	1,254.42	562.52	526.77	3,426.23
OCT	1,244.44	1,279.50	691.93	531.23	3,747.10
NOV	792.15	1,254.34	696.84	521.05	3,264.37
DEC	1,266.01	1,363.28	640.56	560.60	3,830.45
YTD	12,476.35	15,616.80	7,216.91	6,464.01	41,774.08
1987					
JAN	1,203.63	1,588.61	733.12	587.71	4,113.08
FEB	1,067.00	1,428.29	696.18	535.58	3,727.06
MAR	1,286.76	1,581.16	596.39	584.31	4,048.62
APR	1,285.20	1,557.40	626.46	565.79	4,034.86
MAY	1,934.97	1,513.34	778.11	563.24	4,789.67
JUN	1,382.67	1,465.70	657.34	547.36	4,053.07
JUL	1,447.88	1,542.77	896.46	573.08	4,460.19
AUG	1,398.02	1,493.16	634.08	561.04	4,086.31
SEP	1,376.11	1,406.57	663.12	536.44	3,982.23
OCT	1,469.81	1,503.36	695.43	562.94	4,231.54
NOV	1,348.59	1,460.19	713.62	550.83	4,073.23
DEC	1,290.95	1,551.44	802.00	598.06	4,242.46
YTD	16,491.59	18,092.00	8,492.32	6,766.39	49,842.30
1988					
JAN	1,444.53	1,767.64	769.46	612.46	4,594.10
FEB	1,373.43	1,704.75	648.58	585.51	4,312.27
MAR	1,463.93	1,872.79	817.78	644.01	4,798.52
APR	1,505.19	1,798.04	828.46	610.45	4,742.14
MAY	1,582.18	1,734.70	892.11	608.08	4,817.07
JUN	1,568.55	1,757.52	716.31	614.14	4,656.52
JUL	1,596.39	1,717.99	809.70	598.89	4,722.97
AUG	1,630.50	1,748.65	751.40	617.01	4,747.56
SEP	1,539.57	1,682.44	773.20	599.55	4,594.76
OCT	1,653.87	1,637.48	887.38	586.19	4,764.91
NOV	1,522.69	1,729.28	749.06	615.34	4,616.38
DEC	1,499.18	1,895.82	775.86	672.04	4,842.90
YTD	18,380.01	21,047.11	9,419.31	7,363.66	56,210.09

ที่มา สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2529 ถึง ปีพ.ศ. 2553

หน่วย: พันตัน

	Power Generation	Transport	Industry	Other	Total
1989					
JAN	1,619.43	2,069.27	1,074.26	672.91	5,435.88
FEB	1,481.89	1,914.90	863.65	617.20	4,877.64
MAR	1,654.71	2,228.95	1,016.19	713.53	5,613.38
APR	1,634.97	2,163.71	802.53	683.78	5,284.99
MAY	1,715.32	2,189.01	885.62	702.96	5,492.90
JUN	1,793.13	2,097.96	1,123.17	672.70	5,686.97
JUL	1,838.55	2,107.53	943.15	679.24	5,568.48
AUG	1,811.57	2,095.09	1,019.28	686.06	5,611.99
SEP	1,752.23	1,995.35	866.32	651.62	5,265.52
OCT	1,833.34	2,029.26	981.91	660.10	5,504.61
NOV	1,766.25	2,089.01	1,148.28	677.89	5,681.44
DEC	1,869.38	2,222.38	1,078.52	726.54	5,896.82
YTD	20,770.79	25,202.42	11,802.90	8,144.53	65,920.63
1990					
JAN	2,156.46	2,415.54	1,126.67	744.41	6,443.08
FEB	1,950.89	2,219.57	1,043.84	695.58	5,909.87
MAR	2,266.20	2,477.71	1,207.86	766.36	6,718.13
APR	2,274.52	2,352.33	1,086.54	710.96	6,424.36
MAY	2,363.00	2,396.02	1,224.79	742.16	6,725.98
JUN	2,376.63	2,351.43	1,372.26	731.84	6,832.16
JUL	2,389.25	2,353.07	1,151.42	743.06	6,636.80
AUG	2,482.44	2,540.02	1,258.43	800.38	7,081.27
SEP	2,362.64	2,429.25	1,176.00	760.76	6,728.65
OCT	2,523.00	2,183.88	1,202.24	685.23	6,594.35
NOV	2,495.10	2,287.41	1,299.56	717.92	6,799.98
DEC	2,508.91	2,348.23	1,310.34	739.77	6,907.26
YTD	28,149.07	28,354.44	14,459.95	8,838.44	79,801.91
1991					
JAN	2,981.89	2,650.84	1,389.19	830.30	7,852.21
FEB	2,532.42	2,321.37	1,155.48	721.50	6,730.78
MAR	2,966.76	2,522.32	1,283.23	781.45	7,553.77
APR	2,810.14	2,496.30	1,266.23	760.36	7,333.03
MAY	3,012.06	2,498.86	1,297.46	778.36	7,586.74
JUN	2,966.33	2,410.30	1,269.65	741.19	7,387.47
JUL	3,078.93	2,475.90	1,385.05	763.20	7,703.07
AUG	2,847.00	2,456.54	1,325.30	757.37	7,386.22
SEP	2,900.00	2,198.18	1,368.04	685.95	7,152.17
OCT	2,924.41	2,245.90	1,316.86	695.71	7,182.88
NOV	2,785.47	2,310.31	1,431.98	709.94	7,237.69
DEC	2,944.66	2,391.25	1,573.70	740.24	7,649.85
YTD	34,750.07	28,978.09	16,062.15	8,965.56	88,755.88
1992					
JAN	3,068.68	2,534.60	1,539.01	793.97	7,936.26
FEB	2,792.46	2,476.01	1,478.24	762.21	7,508.92
MAR	3,051.82	2,632.69	1,629.88	801.79	8,116.17
APR	3,140.59	2,586.91	1,460.95	766.36	7,954.80
MAY	3,196.61	2,590.61	1,612.87	778.52	8,178.60
JUN	3,387.61	2,534.79	1,687.04	772.67	8,382.12
JUL	3,347.96	2,526.81	1,522.63	772.44	8,169.83
AUG	3,317.57	2,467.68	1,400.66	764.68	7,950.58
SEP	3,197.57	2,467.49	1,636.14	760.83	8,062.03
OCT	3,231.05	2,575.58	1,619.40	789.78	8,215.81
NOV	3,029.46	2,576.95	1,595.59	801.49	8,003.48
DEC	3,037.12	2,942.36	1,592.94	911.00	8,483.43
YTD	37,798.50	30,912.46	18,775.35	9,475.72	96,962.03

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2529 ถึง ปีพ.ศ. 2553

หน่วย: พันตัน

	Power Generation	Transport	Industry	Other	Total
1993					
JAN	3,080.97	2,995.46	1,696.01	726.02	8,498.45
FEB	2,954.07	2,848.88	1,685.60	699.68	8,188.23
MAR	3,400.79	3,157.07	1,944.17	758.04	9,260.08
APR	3,410.27	3,068.96	1,812.58	718.32	9,010.12
MAY	3,784.46	3,114.44	1,916.74	733.99	9,549.63
JUN	3,616.88	3,039.28	1,948.51	722.66	9,327.32
JUL	3,669.23	3,104.99	1,922.03	738.20	9,434.45
AUG	3,592.71	2,970.64	1,957.12	715.53	9,236.00
SEP	3,433.55	2,895.95	2,040.18	709.12	9,078.80
OCT	3,466.33	2,991.49	1,959.29	728.27	9,145.39
NOV	3,265.76	3,130.75	2,210.10	754.68	9,361.30
DEC	3,291.49	3,216.48	1,999.67	784.86	9,292.50
YTD	40,966.51	36,534.40	23,091.99	8,789.37	109,382.27
1994					
JAN	3,415.32	3,285.76	2,311.27	771.61	9,783.96
FEB	3,336.84	3,101.77	1,938.78	717.44	9,094.82
MAR	4,055.45	3,379.20	2,179.34	781.91	10,395.89
APR	3,861.49	3,399.84	2,175.00	756.04	10,192.37
MAY	4,003.65	3,395.45	2,292.86	780.43	10,472.39
JUN	3,957.35	3,447.65	2,199.22	785.99	10,390.20
JUL	4,062.24	3,487.98	2,108.91	798.64	10,457.77
AUG	3,953.35	3,422.44	2,332.16	799.10	10,507.06
SEP	3,847.73	3,264.20	2,289.95	771.43	10,173.30
OCT	3,790.82	3,437.40	2,298.05	801.22	10,327.48
NOV	3,617.65	3,532.99	2,382.23	818.12	10,350.99
DEC	3,656.87	3,783.85	2,421.31	867.84	10,729.88
YTD	45,558.76	40,938.53	26,929.07	9,449.77	122,876.13
1995					
JAN	3,603.45	3,811.96	2,667.15	760.43	10,842.99
FEB	3,515.10	3,609.37	2,498.51	716.01	10,338.99
MAR	4,279.41	4,206.01	2,672.38	812.53	11,970.33
APR	4,070.54	4,076.03	2,503.76	759.62	11,409.95
MAY	4,411.15	4,339.78	2,658.06	831.29	12,240.26
JUN	4,412.06	4,179.12	2,631.71	803.13	12,026.01
JUL	4,470.70	4,052.13	2,685.42	788.28	11,996.53
AUG	4,324.68	4,031.15	2,519.85	802.66	11,678.34
SEP	3,853.70	3,733.44	2,536.76	744.10	10,868.00
OCT	3,969.85	3,929.06	2,451.78	785.94	11,136.62
NOV	4,020.28	4,016.43	2,591.09	798.70	11,426.49
DEC	4,083.13	4,226.35	2,614.23	833.43	11,757.15
YTD	49,014.06	48,210.82	31,030.68	9,436.11	137,691.67
1996					
JAN	4,249.44	4,106.11	2,806.90	861.81	12,024.26
FEB	4,115.82	4,162.28	2,869.44	851.97	11,999.51
MAR	4,790.98	4,492.43	3,060.60	900.62	13,244.62
APR	4,694.71	4,382.35	2,960.88	862.28	12,900.23
MAY	4,887.66	4,533.31	2,649.34	914.17	12,984.47
JUN	4,869.66	4,582.55	2,902.24	910.11	13,264.56
JUL	5,158.65	4,616.21	3,041.51	933.60	13,749.96
AUG	5,080.43	4,548.50	2,933.73	933.82	13,496.47
SEP	4,703.95	4,111.58	3,003.67	861.32	12,680.52
OCT	4,908.87	4,320.59	2,920.55	897.87	13,047.88
NOV	4,720.32	4,342.81	2,789.12	886.77	12,739.01
DEC	4,706.91	4,511.93	3,273.06	929.76	13,421.66
YTD	56,887.38	52,710.65	35,211.04	10,744.09	155,553.15

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นข้อมูลสถิติ ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2529 ถึง ปีพ.ศ. 2553

หน่วย: พันตัน

	Power Generation	Transport	Industry	Other	Total
1997					
JAN	4,751.37	4,770.96	2,852.54	961.50	13,336.38
FEB	4,533.81	4,499.02	2,791.18	871.02	12,695.02
MAR	5,354.49	5,092.68	2,961.43	980.51	14,389.12
APR	5,069.03	4,809.06	2,869.45	925.60	13,673.14
MAY	5,454.52	5,159.52	2,784.17	992.73	14,390.94
JUN	5,553.54	4,866.08	3,008.03	940.38	14,368.04
JUL	5,580.10	4,831.29	2,785.72	949.50	14,146.60
AUG	5,312.82	4,445.37	3,156.63	906.55	13,821.36
SEP	4,887.17	4,117.50	2,574.69	861.85	12,441.21
OCT	5,105.43	4,277.02	2,673.50	836.92	12,892.87
NOV	4,810.95	3,911.27	2,755.38	776.99	12,254.59
DEC	4,828.65	4,455.35	2,505.10	859.18	12,648.28
YTD	61,241.88	55,235.11	33,717.82	10,862.73	161,057.54
1998					
JAN	4,628.01	4,123.65	1,992.57	1,122.27	11,866.50
FEB	4,496.21	3,706.20	1,943.54	1,011.07	11,157.02
MAR	5,122.01	4,147.94	2,345.80	1,138.97	12,754.73
APR	4,744.15	3,994.49	2,635.37	1,074.17	12,448.18
MAY	5,143.02	4,063.52	2,928.66	1,106.60	13,241.79
JUN	5,140.85	3,902.17	2,436.79	1,071.41	12,551.22
JUL	5,005.92	3,757.78	2,205.04	1,047.24	12,015.99
AUG	4,909.48	3,771.08	2,411.92	1,046.02	12,138.50
SEP	4,491.44	3,748.27	2,446.13	1,045.29	11,731.12
OCT	4,857.40	3,888.12	2,148.67	1,078.95	11,973.15
NOV	4,765.84	3,601.75	2,106.43	1,014.06	11,488.08
DEC	4,669.64	4,036.38	2,144.68	1,128.38	11,979.07
YTD	57,973.97	46,741.34	27,745.59	12,884.44	145,345.34
1999					
JAN	4,560.12	3,870.03	2,225.31	1,127.65	11,783.10
FEB	4,228.28	3,710.47	2,577.91	1,074.96	11,591.62
MAR	5,187.58	4,234.33	2,749.90	1,211.72	13,383.53
APR	4,787.36	4,020.04	3,081.87	1,136.33	13,025.60
MAY	5,020.66	3,889.42	2,636.36	1,137.03	12,683.48
JUN	5,020.95	3,957.94	2,707.31	1,157.94	12,844.14
JUL	5,138.87	4,163.82	2,516.40	1,211.80	13,030.89
AUG	5,187.82	3,944.79	2,924.44	1,175.03	13,232.09
SEP	5,246.03	3,690.68	2,257.36	1,109.96	12,304.03
OCT	5,173.92	3,531.36	2,320.03	1,067.82	12,093.13
NOV	5,089.91	3,787.92	1,812.24	1,129.32	11,819.40
DEC	5,017.07	4,091.81	1,645.83	1,234.39	11,989.10
YTD	59,658.57	46,892.62	29,454.96	13,773.95	149,780.10
2000					
JAN	4,704.96	4,022.29	2,613.07	1,156.85	12,497.17
FEB	4,669.86	3,695.73	2,657.12	1,082.92	12,105.63
MAR	5,237.16	4,039.09	2,750.09	1,171.34	13,197.68
APR	4,739.80	4,004.97	2,394.93	1,127.60	12,267.30
MAY	5,549.49	4,084.76	2,257.88	1,194.84	13,086.97
JUN	5,455.53	3,815.74	2,643.24	1,112.92	13,027.43
JUL	5,480.66	3,733.04	2,478.42	1,104.82	12,796.94
AUG	5,464.90	3,770.01	2,729.78	1,157.21	13,121.90
SEP	5,103.53	3,423.03	2,781.42	1,049.67	12,357.65
OCT	5,488.97	3,481.65	1,976.15	1,058.32	12,005.09
NOV	5,237.65	3,581.46	1,966.92	1,102.34	11,888.37
DEC	5,272.77	3,907.94	2,017.92	1,176.00	12,374.62
YTD	62,405.28	45,559.69	29,266.93	13,494.84	150,726.74

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2529 ถึง ปีพ.ศ. 2553

หน่วย: พันตัน

	Power Generation	Transport	Industry	Other	Total
2001					
JAN	4,872.02	3,854.03	1,993.34	1,158.70	11,878.10
FEB	4,558.93	3,594.57	2,174.60	1,082.54	11,410.64
MAR	5,339.66	3,947.07	2,414.29	1,177.23	12,878.25
APR	5,381.68	4,058.92	2,404.48	1,164.21	13,009.29
MAY	5,536.28	3,932.81	2,676.70	1,173.46	13,319.26
JUN	5,435.16	3,851.19	2,088.25	1,146.89	12,521.49
JUL	5,455.13	3,873.75	2,875.08	1,156.57	13,360.54
AUG	5,497.64	3,868.20	2,925.45	1,162.29	13,453.58
SEP	5,188.70	3,636.60	2,964.22	1,092.10	12,881.61
OCT	5,336.89	3,817.72	2,370.20	1,127.65	12,652.45
NOV	5,105.11	3,862.67	2,646.23	1,147.12	12,761.13
DEC	5,041.37	4,239.11	2,805.18	1,250.23	13,335.89
YTD	62,748.58	46,536.65	30,338.02	13,838.97	153,462.22
2002					
JAN	4,946.59	4,136.38	3,440.88	1,241.16	13,765.00
FEB	4,803.05	3,792.62	2,615.09	1,127.64	12,338.40
MAR	5,655.60	4,260.72	2,825.30	1,255.04	13,996.67
APR	5,441.68	4,122.92	2,823.61	1,200.24	13,588.44
MAY	5,578.03	4,190.75	3,137.75	1,243.99	14,150.52
JUN	5,558.40	4,012.03	3,062.77	1,183.26	13,816.46
JUL	5,732.14	4,139.57	2,941.32	1,248.96	14,061.99
AUG	5,720.53	4,193.68	2,983.94	1,268.95	14,167.10
SEP	5,482.52	3,770.41	2,876.87	1,140.16	13,269.96
OCT	5,598.42	3,980.03	2,744.18	1,198.34	13,520.96
NOV	5,351.64	4,182.07	2,286.32	1,215.61	13,035.64
DEC	5,396.67	4,464.24	2,613.93	1,285.75	13,760.60
YTD	65,265.27	49,245.40	34,351.98	14,609.10	163,471.75
2003					
JAN	5,335.80	4,524.46	3,617.25	1,337.68	14,815.19
FEB	5,188.16	4,020.24	2,832.72	1,171.66	13,212.78
MAR	5,838.22	4,540.50	3,166.06	1,321.02	14,865.80
APR	5,761.85	4,379.66	2,667.20	1,260.48	14,069.19
MAY	5,899.92	4,506.24	2,880.78	1,315.74	14,602.68
JUN	5,775.57	4,351.75	2,745.09	1,273.93	14,146.34
JUL	5,887.72	4,388.15	2,419.63	1,294.49	13,989.98
AUG	5,793.42	4,305.52	2,735.53	1,298.98	14,133.46
SEP	5,664.41	4,186.52	3,306.26	1,255.77	14,412.95
OCT	5,793.43	4,312.94	3,167.89	1,285.55	14,559.81
NOV	5,592.91	4,553.24	2,978.88	1,321.18	14,446.21
DEC	5,352.61	4,933.37	2,961.15	1,454.47	14,701.60
YTD	67,884.03	53,002.59	35,478.44	15,590.93	171,956.00
2004					
JAN	5,621.64	4,654.71	3,167.31	1,343.68	14,787.34
FEB	5,466.11	4,566.48	3,207.44	1,316.97	14,556.99
MAR	6,365.41	4,913.44	3,744.50	1,400.34	16,423.69
APR	6,019.33	4,696.49	3,388.17	1,300.95	15,404.93
MAY	6,524.36	4,824.21	3,627.61	1,357.69	16,333.86
JUN	6,362.47	4,489.13	3,482.34	1,292.24	15,626.17
JUL	6,378.52	4,622.72	3,349.67	1,326.92	15,677.83
AUG	6,321.37	4,561.98	3,327.92	1,347.10	15,558.37
SEP	6,404.74	4,463.76	3,242.60	1,326.71	15,437.81
OCT	6,464.91	4,816.98	3,231.91	1,419.62	15,933.42
NOV	6,164.59	4,853.86	3,329.44	1,432.50	15,780.38
DEC	6,005.08	5,082.27	3,221.60	1,506.03	15,814.98
YTD	74,098.52	56,546.03	40,320.51	16,370.73	187,335.79

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2529 ถึง ปีพ.ศ. 2553

หน่วย: พันตัน

	Power Generation	Transport	Industry	Other	Total
2005					
JAN	6,062.15	5,012.85	3,555.24	1,340.65	15,970.89
FEB	5,760.65	4,963.94	3,396.16	1,288.30	15,409.05
MAR	6,682.82	5,213.10	4,032.15	1,404.20	17,332.27
APR	6,266.44	4,977.83	3,656.03	1,309.16	16,209.46
MAY	6,857.40	5,205.46	3,839.23	1,377.62	17,279.71
JUN	6,610.53	5,019.31	3,544.96	1,335.16	16,509.96
JUL	6,698.43	4,398.77	3,541.16	1,217.20	15,855.56
AUG	6,620.72	4,708.14	3,361.14	1,291.19	15,981.19
SEP	6,393.00	4,294.32	3,542.25	1,168.98	15,398.56
OCT	6,513.78	4,343.62	3,476.85	1,192.28	15,526.53
NOV	6,357.36	4,508.07	3,274.68	1,218.84	15,358.95
DEC	6,069.84	4,874.73	3,379.33	1,330.39	15,654.28
YTD	76,893.12	57,520.14	42,599.19	15,473.96	192,486.41
2006					
JAN	6,161.26	4,727.72	3,399.21	1,381.90	15,670.09
FEB	5,856.66	4,420.00	3,654.43	1,301.21	15,232.29
MAR	6,840.71	5,013.10	3,894.46	1,454.40	17,202.66
APR	6,267.47	4,627.72	3,232.78	1,333.81	15,461.78
MAY	7,152.16	4,767.38	3,376.28	1,407.53	16,703.34
JUN	6,877.40	4,424.46	3,489.38	1,314.24	16,105.48
JUL	7,028.35	4,389.04	3,357.88	1,314.08	16,089.36
AUG	7,203.54	4,394.97	3,298.65	1,338.13	16,235.29
SEP	6,975.56	4,240.53	3,186.23	1,272.05	15,674.37
OCT	7,083.31	4,418.91	3,224.79	1,313.13	16,040.14
NOV	7,035.01	4,629.06	3,159.51	1,366.44	16,190.03
DEC	6,547.03	4,778.30	3,783.01	1,422.63	16,530.96
YTD	81,028.45	54,831.18	41,056.60	16,219.54	193,135.78
2007					
JAN	6,670.35	4,783.62	3,902.74	1,466.02	16,822.73
FEB	6,303.33	4,400.36	3,494.58	1,341.41	15,539.69
MAR	7,338.09	4,986.21	3,788.21	1,501.90	17,614.41
APR	6,611.85	4,636.82	4,072.50	1,385.05	16,706.23
MAY	7,327.61	4,614.56	3,248.89	1,406.61	16,597.66
JUN	7,450.19	4,675.18	3,133.53	1,408.05	16,666.96
JUL	7,407.06	4,520.29	3,489.92	1,380.24	16,797.51
AUG	7,245.53	4,694.29	4,201.50	1,448.37	17,589.69
SEP	7,256.49	4,369.53	3,226.13	1,343.64	16,195.79
OCT	7,261.18	4,559.04	3,723.68	1,414.22	16,958.11
NOV	6,709.65	4,557.02	3,586.28	1,445.92	16,298.87
DEC	6,499.08	4,774.22	3,901.89	1,476.04	16,651.22
YTD	84,080.42	55,571.15	43,769.83	17,017.47	200,438.86
2008					
Jan	6,996.24	4,734.55	4,072.72	1,551.84	17,355.35
Feb	6,729.57	4,414.69	3,914.80	1,435.92	16,494.98
Mar	7,410.43	4,807.79	4,142.53	1,572.15	17,932.90
Apr	7,169.37	4,629.06	4,229.69	1,509.10	17,537.22
May	7,677.98	4,489.32	4,129.70	1,503.02	17,800.02
Jun	7,220.96	4,072.95	4,134.40	1,371.61	16,799.92
Jul	7,322.64	3,888.73	4,227.87	1,350.95	16,790.18
Aug	7,435.47	4,103.44	4,057.57	1,390.37	16,986.85
Sep	7,225.73	3,973.09	4,019.44	1,347.91	16,566.17
Oct	7,406.37	4,305.02	3,917.20	1,433.73	17,062.33
Nov	6,541.85	4,265.65	3,625.61	1,408.95	15,842.05
Dec	6,089.40	4,839.98	3,521.50	1,562.21	16,013.09
YTD	85,226.00	52,524.27	47,993.05	17,437.74	203,181.06

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2529 ถึง ปีพ.ศ. 2553

หน่วย: พันตัน

	Power Generation	Transport	Industry	Other	Total
2009					
Jan	6,274.74	5,011.93	3,657.44	1,620.93	16,565.04
Feb	6,222.37	4,290.70	3,579.04	1,384.95	15,477.06
Mar	7,265.20	4,881.64	3,843.79	1,547.99	17,538.61
Apr	7,024.30	4,699.30	4,283.82	1,497.13	17,504.55
May	7,392.30	4,906.05	4,248.45	1,562.74	18,109.54
Jun	7,464.70	4,449.12	4,489.84	1,448.95	17,852.61
Jul	7,444.60	4,560.41	4,289.08	1,489.12	17,783.22
Aug	7,282.77	4,509.88	4,217.88	1,480.29	17,490.82
Sep	7,278.50	4,349.34	4,316.05	1,442.78	17,386.67
Oct	7,262.25	4,573.41	4,068.84	1,513.00	17,417.50
Nov	6,865.92	4,511.51	4,293.76	1,490.47	17,161.65
Dec	6,749.64	5,127.24	4,633.38	1,678.14	18,188.40
YTD	84,527.28	55,870.52	49,921.38	18,156.50	208,475.67
2010					
Jan	7,243.72	4,742.15	3,945.37	1,570.86	17,502.10
Feb	6,983.59	4,664.05	4,445.65	1,523.51	17,616.80
Mar	7,854.97	5,053.93	4,794.03	1,662.19	19,365.11
Apr	7,687.75	4,699.71	4,512.36	1,539.35	18,439.17
May	8,178.22	4,781.54	4,588.12	1,574.00	19,121.87
Jun	7,780.94	4,684.29	4,618.73	1,537.07	18,621.02
Jul	7,555.12	4,746.95	4,731.77	1,576.95	18,610.79
Aug	7,700.24	4,569.37	4,574.14	1,521.36	18,365.11
Sep	7,405.51	4,494.96	4,713.78	1,488.28	18,102.52
Oct	7,754.30	4,588.78	4,617.50	1,522.50	18,483.09
Nov	7,319.33	4,899.08	4,478.66	1,613.00	18,310.08
Dec	8,673.71	5,144.79	4,263.00	1,693.81	19,775.31
YTD	92,137.39	57,069.60	54,283.11	18,822.89	222,312.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้