

## บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บไซต์เพื่อการวิเคราะห์ความหลากหลายของนกในป่าเสม็ด บริเวณลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาฐานข้อมูลของการสำรวจ ปริมาณนกและการกระจายตัวของนกให้มีความสัมพันธ์กับข้อมูลเชิงพื้นที่ได้ ซึ่งจัดทำในรูปแบบเว็บ เทคโนโลยี ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลและข่าวสารได้ตลอดเวลาและสถานที่ที่มีอินเทอร์เน็ตเชื่อมต่อ โดยที่ระบบสามารถจัดเก็บ สืบค้น แก้ไข เพิ่มเติม และ แสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ และข้อมูลเชิงบรรยายผ่านทางระบบอินเทอร์เน็ต โดยมีทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและกรอบแนวคิดในงานวิจัยดังนี้

### 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1.1 ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

##### o ความเป็นมา

ผืนน้ำผืนใหญ่ทางภาคใต้ เป็นที่รู้จักกันดีของคนทั้งประเทศว่าคือ “ทะเลสาบสงขลา” ที่มีทั้งความสวยงาม ความหลากหลายและความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากร เปรียบเสมือนอู่ข้าวอู่น้ำอันยิ่งใหญ่มาแต่อดีต เป็นแหล่งกำเนิดวัฒนธรรมและศิลปะแขนงต่างๆ มากมาย และหล่อเลี้ยงผู้คนในลุ่มน้ำกว่าล้านคนในปัจจุบัน

อาแว มะแสะ และคณะ (2549) อธิบายไว้ว่า ทะเลสาบสงขลา ตั้งอยู่ในพื้นที่จังหวัดสงขลา พัทลุง และนครศรีธรรมราช เป็นทะเลสาบที่มีลักษณะเฉพาะแห่งเดียวของประเทศไทย ที่มีน้ำจืดจากลำคลองหลายสายและน้ำจากแผ่นดินไหลลงสู่ทะเลสาบ ทะเลสาบสงขลาจึงทำหน้าที่เป็นแหล่งรับน้ำจืดจากแผ่นดิน ก่อนที่จะไหลออกสู่อ่าวไทยและมีน้ำเค็มจากทะเลไหลเข้ามาผสมผสานทำให้มีลักษณะเป็นระบบทะเลสาบแบบลากูน (Lagoon) ขนาดใหญ่การที่ทะเลสาบสงขลาได้รับทั้งน้ำจืดและน้ำเค็ม ทำให้ความเค็มของน้ำในทะเลสาบเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ขึ้นอยู่กับฤดูกาลแตกต่างกันไป ระหว่างบริเวณต่างๆ ของทะเลสาบสงขลา ที่มีปริมาณของน้ำจืดและน้ำเค็มผสมกันในสัดส่วนต่างกัน จึงมีการกล่าวขานกันว่าทะเลสาบสงขลาเป็นทะเลสาบสามน้ำ คือ มีทั้งน้ำจืด น้ำกร่อยและน้ำเค็ม

ความเป็นทะเลสาบสามน้ำมีความผันแปรขึ้นอยู่กับฤดูกาล ในฤดูแล้งที่มีน้ำจืดไหลลงสู่ทะเลสาบน้อย มีน้ำเค็มจากในทะเลรุกเข้ามา น้ำในทะเลสาบจะเป็นสามน้ำอย่างชัดเจน คือ ตอนบนเป็นน้ำจืด ตอนกลางเป็นน้ำจืดถึงกร่อยและตอนล่างเป็นน้ำกร่อยถึงเค็ม ส่วนในฤดูฝนน้ำท่ามีมากจึงดันน้ำเค็มออกจากทะเลสาบจนเกือบหมด น้ำจึงเป็นน้ำจืดเกือบทั่วทั้งทะเลสาบ ยกเว้นที่ใกล้ปากทะเลสาบเท่านั้นที่ยังเป็นน้ำกร่อยอยู่

### ● ระบบนิเวศบริเวณทะเลสาบสงขลา

อาแว มะแสะ และคณะ (2549) กล่าวว่า กลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา เป็นระบบนิเวศผสมผสาน ทั้งป่าดิบชื้นซึ่งเป็นป่าต้นน้ำ ป่าชายเลน ป่าพรุ แหล่งน้ำจืดและทะเลสาบ ในส่วนที่เป็นทะเลสาบมีทั้งน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม พื้นที่ป่าต้นน้ำที่สำคัญของทะเลสาบสงขลา ส่วนใหญ่อยู่ในแนวเทือกเขาสันกาลาศรี ซึ่งทั้งสองเทือกเขามีพื้นที่เป็นป่าดิบชื้น พื้นที่ภูเขาส่วนใหญ่จัดเป็นเขตอนุรักษ์พันธุ์สัตว์ป่าหรืออุทยานแห่งชาติ ถัดจากพื้นที่ป่าต้นน้ำเป็นบริเวณชายเขาและที่ราบลุ่มซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยของคนกลุ่มน้ำและทำการเกษตร มีลำคลองหลายสายไหลผ่านลงสู่ทะเลสาบสงขลา บริเวณโดยรอบทะเลสาบสงขลา มีทั้งแหล่งชุมชน ที่เป็นชนบทและชุมชนเมือง พื้นที่พรุ พื้นที่เกษตร พื้นที่อุตสาหกรรมและป่าชายเลน

### ● ลักษณะของทะเลสาบสงขลา

ทะเลสาบสงขลาเป็นพื้นที่รับน้ำจากต้นน้ำ แม่น้ำและลำคลองต่างๆ แล้วไหลไปออกทะเลอ่าวไทย สภาพทางกายภาพของทะเลสาบซึ่งครอบคลุมพื้นที่จำนวนมากและเชื่อมต่อกับทะเลนี้ ทำให้มีความแตกต่างกันในแต่ละบริเวณ โดยเฉพาะสภาพที่มีลักษณะเป็นทะเลสาบน้ำ อาแว มะแสะและคณะ(2549) ได้แบ่งทะเลสาบออกได้เป็น 4 ตอนใหญ่ๆคือ

1. ทะเลน้อย เป็นส่วนที่เล็กที่สุดและอยู่ทางตอนบนสุดของทะเลสาบ มีพื้นที่ประมาณ 28 ตารางกิโลเมตร ความลึกเฉลี่ยประมาณ 1.5 เมตร เป็นทะเลสาบน้ำจืดที่แยกส่วนค่อนข้างชัดเจนกับทะเลสาบส่วนอื่นๆ โดยมีคลองนางเรียบ คลองบ้านกลาง และคลองขวน เชื่อมต่อระหว่างทะเลน้อยกับทะเลหลวง
2. ทะเลหลวง (ทะเลสาบตอนบน) เป็นส่วนที่อยู่ถัดไปจากทะเลน้อยลงมาถึงเกาะใหญ่ อำเภอกระแสดินธุ์ เป็นห้วงน้ำที่กว้างใหญ่ที่สุด มีพื้นที่ 458.80 ตารางกิโลเมตร ความลึกเฉลี่ยประมาณ 2 เมตร น้ำในบริเวณนี้ปกติเป็นน้ำจืด แต่ในบางปีที่มีการรุกตัวของน้ำเค็มค่อนข้างสูงในช่วงฤดูแล้งทำให้ระดับความเค็มของน้ำสูงได้
3. ทะเลสาบ (ทะเลสาบสงขลาตอนกลาง) อยู่ถัดจากทะเลหลวงลงมา ตั้งแต่บริเวณแนวเกาะใหญ่ทางใต้ไปบรรจบกับเขตอำเภอปากพะยูน จังหวัดพัทลุงทางด้านตะวันตก และตั้งแต่อำเภอสติงพระจนถึงบริเวณปากอ อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลาทางด้านตะวันออก มีพื้นที่ 377.2 ตารางกิโลเมตร ความลึกเฉลี่ยประมาณ 2 เมตร เป็นส่วนของทะเลสาบที่มีเกาะอยู่หลายเกาะ เช่น เกาะสี่ เกาะห้า ฯลฯ พื้นที่ส่วนนี้มีการผสมผสานของน้ำเค็มและน้ำจืด จึงทำให้มีสภาพเป็นทั้งน้ำจืดและน้ำกร่อยที่ผันแปรตามฤดูกาล
4. ทะเลสาบสงขลา (ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง) เป็นส่วนของทะเลสาบตอนนอกสุดที่เชื่อมต่อกับอ่าวไทย มีพื้นที่ 182 ตารางกิโลเมตร ความลึกเฉลี่ยประมาณ 1.5 เมตร ยกเว้นบริเวณช่องแคบที่ติดต่อกับทะเลอ่าวไทย ซึ่งเป็นช่องเดินเรือมีความลึกประมาณ 12-14 เมตร ทะเลสาบส่วนนี้ส่วนใหญ่เป็นน้ำเค็ม แต่บางช่วงในฤดูฝนจะเป็นน้ำกร่อยและได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้น-น้ำลง อย่างมาก

## ๐ ข้อมูลลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ และมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ได้สรุปไว้ในรายงานการทำแผนแม่บท การพัฒนาลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา เล่มที่ 2 ดังนี้

ที่ตั้ง	: ครอบคลุมพื้นที่ 3 จังหวัด ได้แก่ พัทลุง (ทั้งจังหวัด) สงขลา (12 อำเภอ) และนครศรีธรรมราช (2 อำเภอ)
ทิศเหนือ	ติดต่อกับอำเภอปากพนัง อำเภอเชียรใหญ่ อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช
ทิศใต้	ติดต่อกับประเทศมาเลเซีย
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับอำเภอจะนะ อำเภอเทพา จังหวัดสงขลา และอ่าวไทย
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับเทือกเขาบรรทัด
พื้นที่	: 8,563 ตารางกิโลเมตร (แผ่นดิน 7,687 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่ทะเลสาบ 876 ตารางกิโลเมตร)
สภาพภูมิอากาศ	: ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ จึงแบ่งฤดูกาลได้เป็น 2 ฤดู คือ
ฤดูร้อน	เดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนกรกฎาคม
ฤดูฝน	เดือนกรกฎาคมถึงเดือนมกราคม

## ๐ นก

นก จัดเป็นสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังกลุ่มหนึ่ง เป็นสัตว์เลือดอุ่นตามปกติจะช่วยกันการฟักไข่ ทั้งตัวผู้และตัวเมีย โดยจะผลัดกันฟัก แต่ส่วนใหญ่เป็นภาระของตัวเมียมากกว่า ตัวผู้เป็นฝ่ายหาอาหารและช่วยฟักในบางช่วง มีเพียงนกในบางชนิดที่ฟักไข่โดยนกเพศเดียว นกฟักไข่ทั้งกลางวันและกลางคืน มีบางชนิดที่ใช้เวลาตลอดกลางวันเฉลี่ยเพียงครึ่งวันสำหรับการฟักไข่เพราะต้องใช้เวลาที่เหลือหาอาหาร มักเป็นพวกนกขนาดเล็ก เช่นนกจับแมลง นกเกือบทุกชนิดเป็นสัตว์ที่มีพฤติกรรมการเลี้ยงลูกอ่อน ซึ่งเป็นขั้นหนึ่งของวงจรการสืบพันธุ์ เมื่อมีการวางไข่ นกตัวผู้และตัวเมียช่วยกันสร้างรัง เมื่อลูกนกฟักเป็นตัว พ่อแม่ก็ช่วยกันเลี้ยงลูกอ่อนจนสามารถบินและหากินเองได้ และแยกกันไปจับคู่ต่อไป (รุ่งโรจน์ จุกมงคล, 2542)

### 1) พฤติกรรมของนก

พฤติกรรมของนกเหมือนกับของสัตว์อื่นทั่วไป คือ เกิดขึ้นเพื่อรักษาสมดุลทางสรีรวิทยาภายในร่างกายไว้ เมื่อต้องเผชิญกับสภาวะแวดล้อมที่ต้องเปลี่ยนแปลงไปหรือปัจจัยอื่นๆ เช่น การแก่งแย่งกัน การขาดแคลนอาหาร สภาพภูมิอากาศ ปรสติด และสัตว์ผู้ล่า ทั้งนี้เพื่อให้ตัวเองสามารถที่จะดำรงชีวิตอยู่ได้ นอกจากนี้พฤติกรรมที่เกิดขึ้นยังมีวัตถุประสงค์เพื่อให้การผสมพันธุ์เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง ซึ่งเป็นการดำรงเผ่าพันธุ์ไว้

นกมีรูปแบบของพฤติกรรมแตกต่างกันหลายรูปแบบ พฤติกรรมที่สำคัญมากของนก คือ การบินไปในอากาศได้ ซึ่งทำให้นกประสบความสำเร็จมากในทางวิวัฒนาการ อย่างไรก็ตามผลที่ตามมาคือ ทำให้ความเฉื่อยฉวยลาคของนกลดลงไปมาก การที่สัตว์แสดงออกหรือมีปฏิกิริยาตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม หรือสิ่งเร้าภายนอก จะทำให้เกิดพฤติกรรมแบบต่างๆขึ้น ได้แบ่งประเภทของพฤติกรรมดังนี้

1. พฤติกรรมในสังคม (social behavior) เป็นพฤติกรรมที่มีการแสดงออกมาเพื่อการดำรงชีวิตอยู่ร่วมกันในสังคม ได้แก่ การป้องกันเขตแดน(territorialism) และการรักษาตำแหน่งจำฝูง(dominance hierarchies)

2. พฤติกรรมเพื่อการอยู่รอดของตัวเอง (egocentric behavior) เป็นพฤติกรรมที่สัตว์แสดงออก เพื่อผลประโยชน์ของการอยู่ดีกินดีของตนเองซึ่งได้แก่ การดูแลรักษาตนเอง(maintenance) การเลือกที่อยู่อาศัย (habitat selection) และพฤติกรรมการกินอาหาร(feeding behavior)

## 2) พฤติกรรมการกินอาหาร

ลักษณะการหาอาหารของนกไว้ดังนี้

1. หาอาหารในน้ำ ได้แก่พวกที่ว่ายน้ำหรือดำน้ำ เช่น นกกาน้ำ นกเป็ดน้ำ นกฮูกจ้าว เป็นต้น พวกที่บินโฉบหาอาหารในน้ำขณะที่กำลังบิน เช่น นกนางนวล เหยี่ยวบางชนิด เป็นต้น และพวกที่บินโฉบหาอาหารในน้ำขณะที่เกาะนิ่ง เช่น นกกระเต็น เป็นต้น

2. หาอาหารบนพื้นดิน ได้แก่

2.1 เดินหากินบนพื้นดิน เช่น นกยาง นกเค้าลม นกนางเงือก

2.2 นกที่อาศัยตามกิ่งไม้ ใต้พุ่มไม้หรือบนพุ่มไม้ แล้วบินไปหากินบนพื้นดิน เช่น นกเขา นกกระจิบ อีกา นกกระสา นกกระรางหัวขวาน นกนางเงือก อีแร้ง เหยี่ยว

2.3 นกที่มองหาอาหารขณะที่บิน เช่น เหยี่ยว

2.4 นกที่มองหาอาหารในขณะที่เกาะอยู่ตามกิ่งไม้หรือต้นไม้ เช่น นกกระเต็น นกจาบคา

3. หาอาหารโดยการไต่ตามต้นไม้ หรือกิ่งไม้ เช่น นกไต่ไม้ นกหัวขวาน นกขุนแผน

4. หาอาหารตามใต้ของเรือนยอดหรือพุ่มของเรือนยอดของต้นไม้ เช่น นกกินแมลง นกกาฝาก นกพญาปากกว้าง นกคัคคู นกกระจ้อย นกเงือก

5. หาอาหารเหนือเรือนยอดของต้นไม้ เช่น นกโพระดก นกกก นกมูม นกเงือก

6. จับอาหารในอากาศ ได้แก่

6.1 จับเหยื่อในขณะที่บิน เช่น นกคบบุ้ง นกนางแอ่น

6.2 จับหรือมองหาเหยื่อตอนเกาะอยู่บนกิ่งไม้ เช่น นกแซงแซว นกจาบคา

6.3 มองหาเหยื่อโดยเกาะอยู่บนพื้นดิน เช่น แอนทิง

6.4 แย่งอาหารจากนกชนิดอื่น เช่น นกโจรสลัด จะแย่งอาหารจากปากของนกชนิดอื่นที่ทำการหาเหยื่อได้แล้วตัวอย่างเช่นแย่งอาหารจากปากของนกกางนวล เป็นต้น

### 3) อุปนิสัยการกินอาหาร

นกอมีการปรับตัวเพื่อกินอาหารที่เฉพาะและเป็นปริมาณที่แตกต่างกัน การปรับตัวเพื่อกินอาหารนี้มีพื้นฐานอยู่ที่วิธีการและอัตราเร็วของการเคลื่อนที่ ช่วงเวลาของการดำเนินกิจกรรม ความฉับไวของอวัยวะรับความรู้สึก ลักษณะรูปร่างและความแข็งแรงของปากและลิ้น ชนิดของขนปกคลุมลำตัว รูปร่าง และ ความแข็งแรงของตีน ความทนทานต่อองค์ประกอบของอาหาร นกจะเลือกกินอาหารที่มีคุณค่า แต่โอกาสที่นกจะเลือกกินอาหารมีน้อย ดังนั้นผลจากการคัดเลือกโดยธรรมชาติ จึงบังคับให้นกต้องกินอาหารเท่าที่มี อาหารที่มีในธรรมชาติจึงอาจจะเป็นปัจจัยสำคัญต่อการปรับตัวในการกินอาหารของนก

อุปนิสัยการกินอาหารของนก สามารถจำแนกออกเป็น 4 จำพวก คือ พวกกินเนื้อ ซึ่งมักพบปรากฏอยู่ตามที่โล่ง โฉบจับกินสัตว์เล็กๆ ไช้่นก และลูกนกตัวอื่นเป็นอาหาร พวกกินแมลง พวกกินเมล็ดพืช และ พวกกินผลไม้ ซึ่งยังแบ่งได้อีกสองกลุ่มย่อยคือ นกกินผลไม้เป็นหลัก และนกกินอาหารได้ทุกชนิด โดยนกลูกกลุ่มนี้เป็นนกกินทั้งพืชและสัตว์ รวมทั้งผลไม้ แต่ไม่ได้กินผลไม้เป็นหลัก

#### 2.1.2 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) โดยข้อมูลลักษณะต่างๆ ในพื้นที่ที่ทำการศึกษจะถูกนำมาจัดให้อยู่ในรูปแบบที่มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันและกันซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิด และรายละเอียดของข้อมูลนั้นๆ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดตามต้องการ(อุทัย สุขสิงห์, 2549) อย่างไรก็ตามการให้ความหมายของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์นั้นได้มีผู้ให้ความหมายที่แตกต่างกัน ดังนี้

Wisconsin State Cartographer's Office (1999) ได้ให้ความหมายของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยอ้างอิงจากองค์ประกอบของระบบฯ ไว้โดยสรุปว่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประกอบไปด้วย ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ซอฟต์แวร์ (Software) ข้อมูล (Data) หน่วยงานหรือองค์กร และผู้เชี่ยวชาญทำงานร่วมกันในการวิเคราะห์ และแสดงข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์อ้างอิงถึงระบบพิกัดภูมิศาสตร์ขององค์ประกอบข้อมูลเชิงพื้นที่ของผิวโลก Federal Interagency Coordinating Committee (1990) ให้ความหมายของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ว่าเป็นระบบของคอมพิวเตอร์ ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และวิธีการที่ออกแบบมาเพื่อจัดเก็บ การจัดการ การจัดทำ การวิเคราะห์ การทำแบบจำลอง และการแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ เพื่อแก้ปัญหาการวางแผนที่ซับซ้อน และปัญหาในการจัดการ

#### 2.1.3 QuantumGIS

QuantumGIS (QuantumGIS, 2012) หรือ QGIS เป็นโปรแกรม Desktop GIS ประเภทหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการนำมาใช้จัดการข้อมูลปริภูมิจัดอยู่ในกลุ่มซอฟต์แวร์รหัสเปิด (Free and Open Source Software: FOSS) ที่ใช้งานง่ายลักษณะการใช้งานเป็นแบบ Graphic User Interface ซึ่งสะดวกต่อการใช้งาน

ไม่ว่าจะเป็นการเรียกใช้ข้อมูลภาพข้อมูลตารางการแสดงผลตารางการแสดงผลกราฟตลอดจนสามารถสืบค้นข้อมูลวิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอข้อมูลได้ในรูปแบบแผนที่ที่สวยงาม

ในปี ค.ศ. 2002 กลุ่มนักพัฒนาจากประเทศเยอรมันได้พัฒนา Desktop GIS ชื่อว่า Quantum GIS ที่สามารถเรียกใช้ข้อมูลเวกเตอร์ รัสเตอร์ ในรูปแบบที่เป็นมาตรฐานแพร่หลาย เช่น Shapefile และ GeoTIFF QGIS สามารถแก้ไข Shape File format ได้ QGIS พัฒนามาบนพื้นฐานของ Q ที่เป็นไลบรารีสำหรับ Graphical User Interface (GUI) ที่ใช้งานได้ทั้ง UNIX, Window และ Mac การพัฒนาใช้ภาษา C++ เป็นหลัก นอกจากนั้น QGIS ยังเชื่อมต่อกับ Geospatial RDBMS เช่น PostGIS/PostgreSQL สามารถอ่านและเขียนไฟล์ที่จัดเก็บใน PostGIS ได้โดยตรง สนับสนุนการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Spatial Analysis) ในเบื้องต้นและการแสดงผลข้อมูลเชิงตำแหน่งในรูปแบบของแผนที่ การสร้างและการแก้ไขข้อมูลเชิงตำแหน่ง (Spatial Data) และข้อมูลตาราง (Attribute Data) สามารถจัดการข้อมูลได้ง่ายโดยใช้เครื่องมือตาม GUI ที่กำหนด

#### 2.1.4 GeoServer

GeoServer (GeoServer, 2012) เป็นชุดคำสั่งหรือซอฟต์แวร์ที่ทำหน้าที่สำหรับให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต GeoServer พัฒนาด้วยภาษา Java จึงสามารถใช้งานได้ในทุก Platform ทั้งใน Windows, UNIX และ Linux เป็นต้น GeoServer เป็นซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นตามกรอบและแนวคิดของ Open Geospatial Consortium (OGC) การกำหนดค่าการใช้งานต่างๆสามารถกระทำผ่านเว็บ ซึ่งทำให้สะดวกต่อการดูแลและปรับแต่งค่าการใช้งาน โดยแนวทางในการพัฒนายึดตามกรอบมาตรฐาน OGC ซึ่งเป็นมาตรฐานหลักที่ใช้วางโครงสร้างของ Spatial Data Infrastructure ในสหรัฐอเมริกา เริ่มแรกของโครงการเน้นเรื่องการเข้าถึงและให้บริการข้อมูลการจราจรในมหานครนิวยอร์ก โดยใช้ข้อกำหนดมาตรฐาน WFS (Web Feature Service) ในขณะเดียวกัน โครงการ Cooperative Agreements Program (CAP) ได้เข้าร่วมสนับสนุนทั้งในด้านเงินทุนและให้ช่องทางในการเผยแพร่ข้อมูลผ่านทาง Clearinghouse ด้วยเหตุนี้เอง OGC ได้กำหนดให้ GeoServer เป็นซอฟต์แวร์อ้างอิงที่ได้นำข้อกำหนดมาตรฐาน WFS มาใช้ในการพัฒนาเป็นซอฟต์แวร์รุ่นแรกๆ และได้ให้การสนับสนุนเงินทุนในการพัฒนาเพื่อให้ GeoServer สามารถสนับสนุนมาตรฐาน WFS ได้เต็มรูปแบบ จากการสนับสนุนนี้เอง GeoServer ได้มีการขยายการพัฒนาเพื่อสนับสนุนมาตรฐาน WMS เพิ่มเติม โดยใช้ชุดคำสั่งของ GeoTools ซึ่งขณะนั้นเป็นชุดเครื่องมือที่เกิดขึ้นจากโครงการการทำแผนที่ของ University of Leeds ประเทศอังกฤษ มาใช้ในการพัฒนา GeoServer และได้ประกาศการใช้งานออกมาเป็นเวอร์ชัน 1.0 ในเวลาต่อมาช่วงเวลาที่พัฒนาของเวอร์ชันถัดมา ได้มีบริษัทต่างๆ ได้เข้าร่วมสนับสนุนการพัฒนา GeoServer อาทิเช่น บริษัท Refraction Research of British Columbia ได้เข้าร่วมในการสนับสนุนเงินทุนเพื่อพัฒนาเทคโนโลยี Innovative Validation Engine สำหรับให้ GeoServer สามารถบริหารจัดการได้ โดยการใช้งานผ่านเครื่องมือบนหน้าเว็บ นอกจากนั้นโครงการ GeoConnection ของประเทศแคนาดาได้เข้ามาช่วยในการพัฒนาโครงสร้าง SDI อีกด้วย และล่าสุดในปี ค.ศ. 2004 บริษัท Social Change Online ในประเทศออสเตรเลียได้เข้าร่วมให้ทุนสนับสนุนสำหรับทำวิจัยใน GeoScience Australia และเพิ่มเติมด้วยเงินทุนสนับสนุนจาก Military of Sustainable Resource Management (MSRM)

ของ British Columbia ได้มีส่วนสนับสนุนให้ GeoServer พัฒนาการรองรับการเชื่อมต่อกับ ArcSDE ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ ตั้งแต่เวอร์ชัน 1.7 เป็นต้นไป และยังเพิ่มการสนับสนุนการเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูลและรูปแบบของข้อมูลที่หลากหลาย นับเป็นฐานของการพัฒนา GeoServer เวอร์ชัน 2 ที่สำคัญในเวลาต่อมา GeoServer ได้พัฒนาโมดูลต่างๆ ให้รองรับกับข้อมูลที่จะให้บริการที่หลากหลายจำนวนมาก

### 2.1.5 OpenLayers

OpenLayers (OpenLayers, 2012) เป็นชุดคำสั่ง Java Script สำหรับช่วยพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ด้านภูมิสารสนเทศบนเว็บ ที่ได้รับความนิยมมากที่สุดตัวหนึ่ง OpenLayers สนับสนุนการเชื่อมต่อกับระบบให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศที่หลากหลาย เช่น WMS, WFS, WMTS, Google, WorldWind, Yahoo, MultiMap, TileCache, MapGuide, ArcIMS และ ArcGIS93Rest เป็นต้น นอกจากนี้ OpenLayers ได้พัฒนาเครื่องมือควบคุมการแสดงผลต่างๆ จำนวนมาก ไม่ว่าจะเป็น การ zoom/pan, การหาตำแหน่งจากตัวชี้ตำแหน่ง, มาตรการส่วน, เครื่องมือควบคุมการเปิด/ปิดการแสดงผล, เครื่องมือการวาดรูป เหล่านี้เป็นต้น

OpenLayers อาจกล่าวได้ว่าถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเป็นทางเลือกสำหรับการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ฝั่ง Web Client นอกเหนือจาก Google Maps API โดยย้อนกลับไปเมื่อช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ปี พ.ศ.2548 Google ได้จัดทำ Google Maps มาให้ใช้งานฟรี พร้อมกับ Google Maps API เพื่อให้ผู้พัฒนาโปรแกรมสามารถนำไปพัฒนาบน Web Site ของตนเอง โดยไม่จำเป็นต้องใช้ผ่านเว็บไซต์ Google Maps ซึ่งในขณะนั้นมีเพียง Google Maps API ที่มีความสามารถในการพัฒนาโปรแกรมสำหรับแสดงผลข้อมูลแผนที่บน Web Browser โดยสามารถดึงภาพแผนที่จาก Google Maps มาแสดงผลได้ ในช่วงกลางปีเดียวกันนั้นเอง บริษัทเอกชนของสหรัฐฯ ชื่อ MetaCarta ร่วมกับ Phil Lindsay ได้ร่วมกันพัฒนาต้นแบบ OpenLayers ขึ้นมาและเผยแพร่ให้ใช้ฟรีในเดือนมิถุนายน และนำเสนอผลงานใน Where 2.0 Conference ที่ San Francisco หลังจากนั้น 1 ปี ทีมพัฒนาประกอบด้วย Schuyler Erle, Christopher Schmidt และ Erik Uzureau ได้ประกาศการออก OpenLayers เวอร์ชัน 1.0 อย่างเป็นทางการในวันที่ 5 กรกฎาคม พ.ศ. 2549 จากนั้นอีกเพียง 1 เดือนได้พัฒนาเป็นเวอร์ชัน 2.0 ต่อมาในปี พ.ศ. 2550 OpenLayers ได้เข้าไปอยู่ใน Incubator Project ของ OSGeo และมีการพัฒนาและปรับปรุงอย่างต่อเนื่องจนถึงเวอร์ชันปัจจุบันคือ 2.10

OpenLayers ถูกนำไปประยุกต์ใช้และต่อยอดจำนวนมาก ในหลายๆซอฟต์แวร์และชุดคำสั่งประยุกต์รหัสเปิด เช่น เป็นเครื่องมือสำหรับแสดงผลข้อมูลใน GeoServer, เป็นเครื่องมือสำหรับต่อเชื่อมและแสดงข้อมูล Google ใน QGIS, เป็นเครื่องมือแสดงแผนที่ในชุดคำสั่ง Pentaho ซึ่งเป็นชุดคำสั่งทางด้านข้อมูลสถิติ, ชุดคำสั่งประยุกต์ MapFish ต่อยอดจาก OpenLayers และชุดคำสั่ง GeoExt ซึ่งเป็นส่วนต่อยอดจาก ExtJs ที่เป็นชุดคำสั่ง JavaScript ในงานด้าน IT ที่ผนวกความสามารถรวมเข้ากับ OpenLayers เหล่านี้เป็นต้น OpenLayers ถูกใช้ใน WebSite ต่างๆ ที่เผยแพร่ข้อมูลภูมิสารสนเทศ ทั่วโลก รวมถึงในประเทศไทย ทั้งในลักษณะที่เป็นโปรแกรมประยุกต์เฉพาะเรื่อง หรือเป็นองค์ประกอบหนึ่งใน Web Page

## 2.2 เทคโนโลยีที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

จากการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์พบว่าเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบงานซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 2.2.1 เทคโนโลยี Web Application

Web Application (กิตติชน แม้นสมุทร, 2550) คือโปรแกรมที่อยู่ใน web server ที่คอยให้บริการสิ่งที่ร้องขอ (Request) จากทาง client ผ่าน protocol HTTP ซึ่งจะแสดงผลที่ร้องขอในรูปแบบของ HTML page ผ่านทางเบราว์เซอร์ซึ่งก็คือเว็บไซต์ต่างๆที่เราใช้บริการอยู่นั่นเองซึ่ง Web Application สามารถตอบสนองความคิด Distributed Processing ได้ในระดับหนึ่งก็คือการแบ่งการประมวลผลไว้ที่ฝั่ง Client และฝั่ง Server และมักจะมีการใช้ฐานข้อมูล (database) ควบคู่กับการทำ Web Application ไปด้วย

1. คุณลักษณะสำคัญของ Web Application ที่มีคุณภาพนั้นสามารถประเมินได้จากคุณลักษณะหลายด้านเช่นเดียวกับ Application ทั่วไปซึ่งคุณลักษณะที่สำคัญๆมีดังนี้

1.1 เครือข่าย (Network) Web Application จะต้องทำงานอยู่บนเครือข่ายโดยเฉพาะเครือข่ายอินเทอร์เน็ตซึ่งมีผู้ใช้บริการหลากหลายกลุ่มนอกจากเครือข่ายอินเทอร์เน็ตแล้ว Web Application ยังสามารถทำงานอยู่ในเครือข่ายอินทราเน็ตซึ่งเป็นเครือข่ายเชื่อมโยงระหว่างองค์กรอีกด้วย

1.2 การทำงานพร้อมกันของผู้ใช้หลายคน (Concurrency) Web Application ต้องให้บริการผู้ใช้หลายคนพร้อมกันในเวลาเดียวกันซึ่งพฤติกรรมการใช้งานของผู้ใช้แต่ละคนย่อมแตกต่างกัน

1.3 ประสิทธิภาพ (Performance) ในที่นี้คือความเร็วในการประมวลผลของ Web Application โดยการที่ Web Application ทำงานช้าลงถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่จะทำให้ผู้ใช้ตัดสินใจละทิ้งเว็บไซต์นั้นไป

1.4 ความพร้อมในการใช้งาน (Availability) ซึ่ง Web Application จะต้องพร้อมทำงานได้ตลอดเวลาโดยไม่จำกัดว่าจะเป็นช่วงเวลาใดและอยู่ประเทศใดเนื่องจากการเข้าใช้เว็บไซต์สามารถทำได้ตลอดเวลาผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่เชื่อมโยงไปถึงทั่วทุกมุมโลก

1.5 ข้อมูล (Data) แม้ว่าหน้าที่พื้นฐานของ Web Application คือการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่างๆ แต่หน้าที่นอกเหนือจากนั้นคือการอนุญาตให้ผู้ใช้เข้าถึงข้อมูลในฐานข้อมูลของเว็บซึ่งถูกจัดเก็บไว้บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเช่นกัน

1.6 เนื้อหา (Content) เนื้อหาเป็นส่วนสำคัญของ Web Application โดยความสวยงามและคุณภาพของเนื้อหาเป็นคุณลักษณะหนึ่งที่บ่งบอกถึงคุณภาพของ Web Application

1.7 ความเร่งด่วน (Immediacy) Web Application ต้องการการพัฒนาที่รวดเร็วเพื่อเปิดตัวใช้งานก่อนคู่แข่ง

1.8 ความปลอดภัย (Security) เนื่องจาก Web Application สามารถเข้าถึงได้โดยผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่ผู้ใช้ทุกคนสามารถเข้ามาใช้งานได้เพื่อเป็นการป้องกันการขโมยข้อมูลซึ่ง Web Application จำเป็นจะต้องมีระบบรักษาความปลอดภัยให้กับข้อมูลเพื่อสร้างความน่าเชื่อถือและความไว้วางใจให้เกิดขึ้นกับผู้ใช้ได้

1.9 ความสวยงาม (Aesthetic) Web Application จำเป็นต้องถูกออกแบบให้มีความสวยงามน่าสนใจ เพื่อดึงดูดลูกค้าให้เข้ามาใช้บริการอย่างต่อเนื่อง

1.10 การพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (Continuous Evolution) Web Application จะต้องได้รับการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาโดยเฉพาะการปรับปรุงเนื้อหาของเว็บไซต์

### 2.2.2 ระบบฐานข้อมูลบนเว็บ(Web Database)

ระบบฐานข้อมูลบนเว็บ(อุทัย สุขสิงห์, 2549) เป็นกลยุทธ์หนึ่งที่กำลังได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายทั้งในองค์กรภาคธุรกิจและภาครัฐเป็นการผสมผสานระหว่างเทคโนโลยีฐานข้อมูลและเทคโนโลยีเว็บได้อย่างลงตัวส่งผลให้การแลกเปลี่ยนและการให้บริการข้อมูลผ่านเครือข่ายภายในองค์กรหรืออินเทอร์เน็ตเครือข่ายระหว่างองค์กรและเครือข่ายสาธารณะหรืออินเทอร์เน็ตเป็นไปด้วยความสะดวกรวดเร็ว

1. ส่วนประกอบของฐานข้อมูลบนเว็บในการนำฐานข้อมูลมาใช้งานบนเครือข่ายแบบเว็บมีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วนดังนี้

1.1 ส่วนของโปรแกรมที่ทำงานอยู่บนเว็บทั้งที่เป็นเว็บ ไคลเอนต์ (Web Client) และเว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web Server) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1.1 เว็บไคลเอนต์เป็นโปรแกรมที่ทำงานอยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่เรียกใช้ข้อมูลจากเว็บเซิร์ฟเวอร์ผ่านทางเครือข่ายคอมพิวเตอร์เช่นอินเทอร์เน็ตโดยใช้โปรโตคอลแบบ HTTP และแสดงผลเอกสารเว็บให้กับผู้ใช้บางครั้งเรียกว่าโปรแกรมเว็บเบราว์เซอร์ (Web Browser) เนื่องจากโปรแกรมนิยมนำมาใช้เป็นเว็บเบราว์เซอร์ได้แก่โปรแกรมเว็บเบราว์เซอร์ต่างๆเช่น Netscape Navigator, Microsoft Internet Explorer, AOL เป็นต้นในปัจจุบันมีความต้องการให้เอกสารเว็บสามารถสื่อสารกับเซิร์ฟเวอร์ได้ในลักษณะ 2 ทางจึงได้มีการนำเอาภาษาสคริปต์ (Script)มาใช้ประกอบกับภาษา HTML ในการสร้างเอกสารเว็บต่างๆเช่น JavaScript, VBScript ภาษาสคริปต์จะทำหน้าที่จัดการกับเหตุการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นกับเอกสารเว็บเช่นการเลื่อนเมาส์การป้อนข้อมูลหรือ การคลิกปุ่มต่างๆซึ่งเป็นการทำงานที่เกิดขึ้นทางด้านผู้ใช้ทำให้การติดต่อระหว่างเว็บเซิร์ฟเวอร์และเว็บไคลเอนต์ลดลงส่งผลให้เว็บไคลเอนต์ทำงานได้รวดเร็วและเว็บเพจสามารถแสดงผลได้สมบูรณ์และหลากหลายมากขึ้น

1.1.2 เว็บเซิร์ฟเวอร์เป็นโปรแกรมที่ทำหน้าที่รับและประมวลผลข้อมูลตามการร้องขอจากเว็บไคลเอนต์ผ่านทางโปรโตคอลแบบ HTTP หลังจากเว็บเบราว์เซอร์รับคำร้องขอและประมวลผลแล้วผลลัพธ์จะถูกส่งกลับไปยังผู้ใช้โดยแสดงผลบนเว็บไคลเอนต์หรือเบราว์เซอร์

1.2 ส่วนของฐานข้อมูลที่ใช้นบนเว็บ โปรแกรมฐานข้อมูลสมัยใหม่โดยเฉพาะอย่างยิ่งฐานข้อมูลที่มีขนาดใหญ่มักจะมีโครงสร้างในแบบสถาปัตยกรรมของไคลเอนต์ / เซิร์ฟเวอร์ประกอบด้วย 2 ส่วนคือส่วนของโปรแกรมไคลเอนต์ที่ทำหน้าที่ส่งการร้องขอและส่วนของโปรแกรมเซิร์ฟเวอร์ที่ทำหน้าที่รับการร้องขอมาแปลประมวลผลและส่งผลลัพธ์กลับไปยังไคลเอนต์

1.3 ส่วนของโปรแกรมกลางในการนำฐานข้อมูลมาใช้งานบนเว็บจะต้องใช้โปรแกรมที่เป็นสื่อกลางในการติดต่อระหว่างโปรแกรมจัดการฐานข้อมูลเว็บเซิร์ฟเวอร์และเว็บไคลเอนต์เพื่อทำหน้าที่ในการแปลงคำสั่งหรือรูปแบบของข้อมูลที่ส่งผ่านไปมาระหว่าง 3 โปรแกรมดังกล่าวให้อยู่ในรูปแบบที่แต่ละฝ่ายเข้าใจซึ่งในยุคแรกๆจะใช้ภาษา HTML ต่อมาบริษัท Sun ได้พัฒนาภาษาจาวาขึ้นมาทำให้โปรแกรมที่ใช้ใช้งานบนเว็บมีความสมจริงมากขึ้น

## 2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

### 2.3.1 ภาษา PHP

ภาษา PHP (Hypertext Preprocessor) เป็นภาษาที่มีบทบาททำงานฝั่งแม่ข่าย(Server-Side Script) ซึ่งรูปแบบในการเขียนคำสั่งการทำงานนั้นจะมีลักษณะคล้ายกับภาษา Perl หรือภาษา C และสามารถใช้งานร่วมกันกับภาษา HTML ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

PHP มีความสามารถในการเรื่องความเร็วในการประมวลผลความต้องการทรัพยากรของระบบความปลอดภัยและความสามารถในการทำงานร่วมกับโปรแกรมประยุกต์อื่นๆทั้งแบบที่เรียกผ่านฟังก์ชันของตัวเองหรือติดต่อผ่านทาง COM (Component Object Model) ในการสร้างเว็บจะใช้บทคำสั่ง (Script) อยู่ 2 รูปแบบคือ

1. Server-Side Script เป็นลักษณะการทำงานฝั่งแม่ข่าย(Server) และแปลออกมาเป็นภาษา HTML เช่น ASP, CGI

2. Client-Side Script เป็นลักษณะการทำงานฝั่งลูกข่าย (Client) เช่น JavaScript, VBScript ผู้วิจัยเลือก PHP เป็นภาษาสำหรับการพัฒนาเว็บในงานวิจัยนี้เนื่องจาก PHP สามารถที่จะทำงานเกี่ยวกับ Dynamic Web ได้ทุกรูปแบบเหมือนกับ CGI หรือ ASP ไม่ว่าจะเป็นการจัดการดูแลระบบฐานข้อมูลระบบรักษาความปลอดภัยการรับ-ส่ง Cookies อีกทั้งยังสามารถที่จะติดต่อกับโปรแกรมจัดการฐานข้อมูลที่มีอยู่มากมายดังนี้ Microsoft Access, MySQL, Oracle เป็นต้น

### 2.3.2 PostgreSQL

PostgreSQL (PostgreSQL, 2012) คือ ระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุสัมพันธ์ (Object-Relational Database Management System : ORDBMS) พัฒนามาจาก POSTGRES Version 4.2 โดยมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย วิทยาเขตเบอร์กลีย์(University of California at Berkeley) ซึ่ง PostgreSQL เป็นซอฟต์แวร์รหัสเปิด (Open source) ที่สามารถนำไปใช้งานได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย

PostgreSQL พัฒนามาจากโครงการ University Ingres ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1977 ภายใต้การควบคุมการวิจัยโดย Professor Michael Stonebraker ซึ่งต้นแบบของ Ingres ได้นำไปปรับปรุงเป็นเชิงพาณิชย์โดย Relational Technologies/Ingres Corporation ต่อมาได้สังเกตเห็นว่าระบบข้อมูลเชิงสัมพันธ์ในขณะนั้น ไม่เพียงพอในการรองรับระบบงานด้านฐานข้อมูลที่ซับซ้อนในอนาคตได้ ซึ่งต้องการความสามารถพิเศษเพิ่มเติม โดยแบ่งออกเป็น 3 หัวข้อ คือ

1. ระบบการจัดการฐานข้อมูล (Database Management System) ต้องการองค์ความรู้และสถาปัตยกรรมโครงสร้างใหม่ในการจัดการข้อมูลให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น
2. ระบบการจัดการฐานความรู้ (Knowledge-base Management System) เป็นโครงสร้างใหม่เพื่อสร้างฐานความรู้ ซึ่งเห็นได้ทั่วไปในการจัดการกฎเกณฑ์ และข้อกำหนดทางธุรกิจ (Business Rule and Policy) องค์ความรู้ใหม่ที่น่าสนใจเพิ่มเติมลงในระบบฐานข้อมูล เพื่อใช้ในการสนับสนุนความสามารถ ได้แก่ Database Constraints Triggers Rule และ Transaction Integrity เป็นต้น
3. ระบบการจัดการวัตถุ (Object Management System) เป็นโมเดลใหม่ที่จำเป็นต้องขยายต่อเพื่อช่วยเสริมให้ระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์สามารถรองรับระบบงานที่ต้องการประเภทข้อมูล (Data Type) และ โมเดลเชิงวัตถุ (Object – Oriented Model)

จากนั้นมีการสร้างต้นแบบระบบฐานข้อมูลตัวแรกในโครงการนี้ โดยใช้ชื่อว่า POSTGRES ซึ่งถูกเขียนโดยภาษา LISP ต่อมาได้เขียนขึ้นใหม่ด้วยภาษา C จากนั้นก็มีแนวความคิดใหม่ๆ ได้ถูกเพิ่มเติม และออกแบบพัฒนาใหม่มาตลอดเวลา จนในปี ค.ศ. 1994 มีนักศึกษาสองคนของโครงการ POSTGRES คือ Andrew Yu และ Jolly Chen ได้นำ POSTGRES เวอร์ชัน 4.2 มาทำการแก้ไขข้อบกพร่อง และเพิ่มข้อดีต่างๆ ให้แก่ซอฟต์แวร์รวมทั้งปรับแต่งระบบต่างๆและเปิดให้ดาวน์โหลด ผ่านทางเว็บไซต์ในรูปแบบของซอฟต์แวร์รหัสเปิด โดยใช้ชื่อรหัสโครงการใหม่เป็น Postgres95 จากนั้นในปี ค.ศ. 1996 ได้เปลี่ยนมาเป็น PostgreSQL โดยเริ่มต้นที่เวอร์ชัน 6.0 และได้เพิ่มความสามารถในภาษาสืบค้นข้อมูล SQL เพื่อให้เปรียบเทียบกับมาตรฐาน SQL-92 หลักจากนั้นได้มีนักพัฒนาจำนวนมากได้ร่วมกันพัฒนาเพิ่มเติมความสามารถให้กับ PostgreSQL อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ความสามารถหลักที่เพิ่มเติมลงในระบบฐานข้อมูลนับจาก Postgres95 คือ

1. เปลี่ยนระบบล็อกข้อมูล Table -level locking ด้วยระบบ Multi - version concurrency control ที่ให้ผู้ใช้งานสามารถอ่านข้อมูลที่ถูกต้องได้ในขณะที่ผู้ใช้งานคนอื่นสามารถเขียนข้อมูลอยู่อีก ทำให้สามารถทำการสำรองข้อมูลแม้ฐานข้อมูลกำลังถูกใช้งานอยู่
2. เพิ่มความสามารถในระบบฐานข้อมูล เช่น Subselect สำหรับ SQL ค่าตั้งต้น (Defaults) Integrity Constraints และ Triggers
3. ความสามารถในการสืบค้นข้อมูล SQL เพื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน SQL-92
4. มีการเพิ่มชนิดข้อมูล (Data Type) เช่น Date/Time หรือ Geometric data type สำหรับระบบฐานข้อมูลภูมิศาสตร์

PostGISเป็นฐานข้อมูล ด้านแผนที่ภูมิศาสตร์ โดยจะเป็นฐานข้อมูลที่มากับ ฐานข้อมูล PostgreSQL ซึ่งเป็น open source โดยการทำงานจะทำงานระดับ Geometry ซึ่งความสามารถจะดีกว่าที่ ArcSDE for PostgreSQLซึ่งการทำงานจะเท่าเทียมกับ Oracle Spacilist

### 2.3.3 เว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web Server)

เว็บเซิร์ฟเวอร์ คือ โปรแกรมประยุกต์ที่ทำหน้าที่รับและประมวลผลข้อมูลที่ร้องขอจากผู้ใช้บริการอินเทอร์เน็ต โดยผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์หลังจากที่เว็บเบราว์เซอร์รับคำสั่งและประมวลผลแล้วผลลัพธ์จะถูกส่งกลับไปยังผู้ใช้โดยแสดงผลในเว็บเบราว์เซอร์นั่นเองนอกจากเว็บเบราว์เซอร์จะให้บริการในอินเทอร์เน็ตแล้วสามารถที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในเครือข่ายภายในองค์กรหรืออินทราเน็ต ได้อีกด้วยแต่เดิมนั้นเว็บเซิร์ฟเวอร์มักจะอยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์แบบ UNIX ที่มีประสิทธิภาพสูงรองรับผู้ใช้งานได้คราวละหลายๆและราคาค่อนข้างแพงแต่เมื่ออินเทอร์เน็ตเข้ามามีบทบาทและนิยมมากขึ้นทำให้มีการพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อใช้เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์บนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลมากขึ้นและในปัจจุบันระบบปฏิบัติการที่นิยมมากเช่น Windows 95/98/ME, Windows NT, Windows 2000 หรือแม้แต่ระบบปฏิบัติการ LINUX ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการแบบ Freeware ก็สามารรถทำหน้าที่เป็นระบบปฏิบัติการของเว็บเซิร์ฟเวอร์ได้

ผู้วิจัยเลือก Apache เป็น Web Server เนื่องจากจัดเป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์ที่มีความเสถียรภาพสูงโดยมีหน้าที่ในการจัดเก็บ Homepage และส่ง Homepage ไปยังเว็บเบราว์เซอร์ (Web Browser) ที่มีการเรียกเข้าไปยัง Web Server ที่เก็บโฮมเพจนั้นอยู่

## 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์แผนที่ภานิชสำหรับองค์กรการบริหารส่วนตำบลสุเทพงานวิจัยนี้เป็นผลงานของศกลวรรณ แซ่แต้ (2551) สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์แผนที่ภานิชสำหรับองค์กรการบริหารส่วนตำบลสุเทพ เป็นระบบงานที่ทำบนเว็บไซต์เพื่ออำนวยความสะดวกสำหรับผู้ชาระภานิช เจ้าหน้าที่ภานิช และผู้บริหารในการจัดเก็บภานิชซึ่งเป็นรายได้หลักขององค์กรการบริหารส่วนตำบลซึ่งทำการพัฒนาระบบโดยใช้โปรแกรมภาษาพีเอชพี(PHP) สร้างฐานข้อมูลโดยใช้ฐานข้อมูลโพสเกรส (PostgreSQL) และโปรแกรมที่ใช้แสดงแผนที่ คือ แม็บเซิร์ฟเวอร์ (Map Server ) ซึ่งเป็นชุดของโปรแกรมที่ใช้ในการติดตั้งแม็บเซิร์ฟเวอร์ (Web Server) เพื่อสำหรับใช้งานแม็บเซิร์ฟเวอร์ บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ (Windows)

ทัศพร ธนจาทูรนต์ และคณะ (2552) ได้ทำโครงการการตรวจวัดและคาดการณ์อุทกภัยในลุ่มน้ำชีด้วยข้อมูลดาวเทียมเรดาร์แซทหลายช่วงเวลา และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การศึกษานี้เป็นการนำข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมเรดาร์แซท (Radarsat satellite) 3ปี มาวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วมร่วมกับข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา อุทกวิทยา ข้อมูลภูมิสังฐาน และอื่นๆ และพยากรณ์แนวโน้มสภาพความรุนแรงและความเสี่ยงของการเกิดอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำชี โดยอาศัยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ โปรแกรมด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ ประกอบด้วย ArcView 3.2a และ ArcInfo 3.5.1 โปรแกรมคำนวณ Microsoft Excel และเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการประมวลผลโปรแกรมข้างต้น

Sreejit S. Nair and S.K Katiyar (2011) ได้พัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับข้อมูลการท่องเที่ยวสำหรับเมือง Bhopal ในประเทศอินเดีย โดยใช้ซอฟต์แวร์ที่สเปค GIS คือ QuantumGIS,

Mapserver and Google API จากการทดลองพบว่าสำหรับฐานข้อมูลการท่องเที่ยว GIS เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการเก็บรวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูล สำหรับประเทศกำลังพัฒนา การใช้ซอฟต์แวร์รหัสเปิด GIS ในการพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการพัฒนาได้มากซึ่ง ซอฟต์แวร์ดังกล่าวสมควรได้รับการส่งเสริมให้มีการใช้งานภายในสถานศึกษาให้แพร่หลายยิ่งขึ้น

J.T. Fadahunsi (2010) ได้วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้งานระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับประเทศไนจีเรีย โดยพบว่าปัญหาดังนี้

1. ปัญหาสิ่งแวดล้อมในการใช้โปรแกรมซึ่งการนำซอฟต์แวร์ทาง GIS มีราคาสูงสำหรับประเทศกำลังพัฒนา
2. ปัญหาความซับซ้อนขององค์กร เนื่องจากองค์กรมาความซับซ้อนมากเกินไปที่จะนำมาใช้งานในองค์กร
3. ปัญหามาตรฐานในการแลกเปลี่ยนข้อมูล เนื่องจากแต่ละองค์กรในไนจีเรียมีการเก็บข้อมูลที่ไม่ได้เป็นมาตรฐานทำให้การรวมกันของข้อมูลและการนำข้อมูลมาใช้ร่วมกันเป็นไปได้ยาก
4. ปัญหากฎหมาย เนื่องจากกฎหมายด้านการได้มาของข้อมูลมีการกำหนดไว้ก่อนที่จะมีเทคโนโลยี GIS เกิดขึ้นในไนจีเรีย ซึ่งกฎหมายขาดการแนะนำและการดูแลรักษาข้อมูลทรัพย์สินที่จับต้องไม่ได้
5. ปัญหาทรัพยากรมนุษย์ เนื่องจากขาดการอบรมและประสบการณ์ด้านการพัฒนาระบบ GIS
6. ปัญหาการขาดการรับรู้เรื่องเทคโนโลยี ทำให้การพัฒนาระบบ GIS เป็นไปได้ช้า
7. ปัญหาด้านราคาองค์ประกอบต่างๆของระบบ GIS เช่น ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และ วิธีการ เป็นต้น

Vanmeulebrouk, Rivett et al. (2008) ได้พัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับการจัดการข้อมูล HIV/AIDS โดยมีการใช้ซอฟต์แวร์รหัสเปิด GIS คือ UMN MapServer, Java, MapScript, PostgreSQL/PostGIS และ uDig จากการทดลองพบว่ามีความเป็นไปได้ในการใช้ซอฟต์แวร์รหัสเปิด GIS ในการพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่สามารถใช้ได้กับชุมชนท้องถิ่นหลายๆที่ และมีประสิทธิภาพที่ดีเพียงพอสำหรับการใช้งานระบบ

Fedra (1993) กล่าวถึง แนวโน้มการใช้งาน GIS ในการจัดการข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมจะมีการรวมข้อมูลเวกเตอร์(Vector) และราสเตอร์(Raster)ไว้ด้วยกัน โดยเน้นการใช้ข้อมูลระยะไกล (Remote Sensing) เป็นแหล่งข้อมูลสำหรับฐานข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมมากขึ้น จะมีการรวม GIS เข้ากับระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) ทดแทนการทำงานของมนุษย์ และนำไปใช้ในกรณีที่ต้องใช้การวิเคราะห์ที่ซับซ้อน อันมีกฎเกณฑ์แน่นอนตายตัว นอกจากระบบผู้เชี่ยวชาญแล้ว ยังอาจรวม GIS เข้าไว้กับระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System) ใช้สนับสนุนการตัดสินใจของผู้บริหาร และประการสุดท้ายคือ มีการรวม GIS เข้ากับ Video Technology หรืออุปกรณ์อื่นๆ เพื่อนำเสนอผล หรือแสดงข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา ให้เห็นภาพได้ชัดเจนขึ้น (เรียกว่า Multimedia GIS) อาจมีการแสดงข้อมูลเป็นสามมิติ หรือสี่มิติได้ โดยการแสดงข้อมูลเป็นสี่มิตินี้ อาจแสดงเป็นลักษณะแบบจำลอง (Simulation) หรือ ภาพเคลื่อนไหว (Animation)

ชาลววิทย์ สุทรเมือง (2549) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์บนเว็บไซต์สำหรับศูนย์วิจัยวนเกษตรนานาชาติมีวัตถุประสงค์ 3 ประการ คือ เพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีอยู่ภายในหน่วยงานมาจัดให้เป็นหมวดหมู่ พร้อมกับจัดทำข้อมูลเมตาตาของข้อมูลเชิงพื้นที่นั้น เพื่อจัดสร้างเป็นฐานข้อมูลสำหรับจัดทำระบบสืบค้นข้อมูลพื้นที่ เพื่อให้ง่ายต่อการค้นหา และสามารถแบ่งปันการใช้ทรัพยากรร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งจัดทำระบบเรียกแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อเป็นการเชื่อมโยงข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลคำอธิบายเข้าด้วยกัน ช่วยให้ผู้ใช้สามารถเรียกใช้งาน และวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างสะดวก และรวดเร็วยิ่งขึ้น รวมถึงเป็นการเผยแพร่ข้อมูลของหน่วยงาน ในการพัฒนาระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์บนเว็บไซต์นี้ดำเนินการพัฒนาขึ้นภายใต้ระบบปฏิบัติการ ไมโครซอฟต์วินโดวส์เอ็กซ์พีโพรเฟชันแนล (Microsoft Windows XP Professional) โดยใช้เอสพี (ASP) เป็นภาษาที่ใช้ในการพัฒนาระบบการทำงานบนเว็บแอปพลิเคชัน และใช้โปรแกรม ไมโครซอฟต์แอคเซส (Microsoft Access) เป็นโปรแกรมในการจัดการฐานข้อมูล นอกจากนี้ยังใช้โปรแกรมอาร์คไอเอ็มเอส (ArcIMS) เพื่อช่วยในการจัดการแผนที่บนเว็บและแสดงแผนที่ผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

วรลักษณ์ เมธจารักษ์ (2550) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้านป่าชุมชนของศูนย์ศึกษาและพัฒนาวนศาสตร์ชุมชนที่ 14 (ลำปาง) บนเว็บไซต์โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ด้านป่าชุมชนของศูนย์ศึกษาและพัฒนาวนศาสตร์ชุมชนที่ 14 (ลำปาง) บนเว็บไซต์ ในการพัฒนาระบบได้ใช้กระบวนการสำรวจและวิเคราะห์พื้นที่ทรัพยากรต่างๆ ในหมู่บ้าน วนศาสตร์ชุมชนต้นแบบในจังหวัดลำปางจำนวน 1 หมู่บ้าน ผู้ศึกษาได้พัฒนาฐานข้อมูลเป็นแบบโคลแอนด์ เซิร์ฟเวอร์สำหรับการจัดการฐานข้อมูลในการวิจัยนี้คือ อาปาเช่เซิร์ฟเวอร์ (Apache server) ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์สำหรับการจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์บนระบบเครือข่ายทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการ ไมโครซอฟท์วินโดวส์เอ็กซ์พี (Microsoft Windows XP) ส่วนซอฟต์แวร์ที่ใช้พัฒนาโปรแกรมคือ มินเนโซต้าแมพเซิร์ฟเวอร์ (Minnesota Mapserver) ทำให้สามารถพัฒนาโปรแกรมในลักษณะกราฟิกบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ได้โดยง่าย ผลการค้นคว้าแบบอิสระพบว่าผู้ใช้สามารถเรียกใช้ข้อมูลระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ด้านป่าชุมชนผ่านระบบโปรแกรมบราวเซอร์ทั่วไป โดยผู้ใช้สามารถบูรณาการข้อมูลด้วยวิธีการซ้อนทับข้อมูล ตลอดจนสามารถย่อและขยายภาพแผนที่ได้ตามความต้องการได้เป็นอย่างดี

ตรงฉัตร โสทธิพิพพันธุ์ (2550) ได้ทำการวิจัยเรื่องระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อแบบจำลองประเมินราคาที่ดิน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการประเมินราคาที่ดินในพื้นที่เขตบางรัก กรุงเทพมหานคร โดยใช้วิธีดามสถิติศาสตร์และประยุกต์ใช้โปรแกรมสำหรับการประเมินราคาที่ดิน ผู้ทำวิจัยทำการรวบรวมข้อมูลให้สัมพันธ์กับวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดปัจจัยที่มีผลกระทบต่อมูลค่าที่ดิน ในงานวิจัยฉบับนี้มีทั้งหมด 19 ปัจจัย ข้อมูลเชิงพื้นที่ และข้อมูลตามลักษณะถูกนำเข้าโดยใช้มอดูลชื่อ Model Builder Tool เข้ามาช่วยซึ่งเป็นโปรแกรมย่อยที่อยู่ในซอฟต์แวร์ ArcGIS 9.2 ข้อมูลที่ได้จากการนำเข้ามาด้วยมอดูลจะถูกประมวลผล และให้ผลลัพธ์เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ต้องนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ของข้อมูลอยู่ในรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้พัฒนาส่วนต่อประสาน

กราฟิกกับผู้ใช้ (GUI) เพื่อการประเมินราคาที่ดินโดยอัตโนมัติ ซึ่งเขียนด้วยภาษาภาพ เพื่อลดความยุ่งยากของการทำงานสำหรับกรมธนารักษ์ ส่วนต่อกรฟิกรผู้ใช้จะถูกออกแบบให้ประกอบด้วยมอดูลต่างๆ เช่น มอดูลในการเลือกข้อมูล แก้ไขข้อมูลตามลักษณะ การคำนวณราคาที่ดิน และการแสดงผล ผลการวิเคราะห์ และประเมินราคาที่ดินพบว่าตัวแปรที่สำคัญที่มีผลต่อราคาที่ดินจากปัจจัยทั้งหมด 19 ตัวสามารถนำปัจจัยมาวิเคราะห์ได้ 9 ตัว โดยมีลำดับความสำคัญดังนี้ ตำแหน่งที่ตั้งของแปลงที่ดิน ระยะใกล้ไกลระบบขนส่งมวลชน ค่าคะแนนการใช้ประโยชน์ที่ดิน ระยะใกล้ไกลสถานที่ราชการ ความลึกของแปลงที่ดิน และระยะใกล้ไกลห้างสรรพสินค้าตลาด ระยะใกล้ไกลสวนสาธารณะ ระยะใกล้ไกลสถานีดับเพลิง ระยะใกล้ไกลศาสนสถาน ในงานวิจัยครั้งนี้กรมธนารักษ์ได้อนุเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแปลงที่ดินคิดเป็นร้อยละ 60 ของพื้นที่ศึกษา ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยได้จำแนกราคาที่ดินออกเป็น 5 ลำดับ ได้แก่ แปลงที่ดินที่มีราคาต่ำมาก คิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 16 แปลงที่ดินที่มีราคาต่ำ คิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 15 แปลงที่ดินที่มีราคาปานกลาง คิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 12 แปลงที่ดินที่มีราคาสูงคิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 17 แปลงที่ดินที่มีราคาสูงมาก คิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 17 ของพื้นที่ทั้งหมด

นิลบล ผ่องศรี (2550) ได้ทำการวิจัยเรื่องระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อการท่องเที่ยวเชิงนิเวศทางน้ำในจังหวัดสมุทรสงคราม โดยการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และจัดทำเส้นทางแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศทางน้ำในจังหวัดสมุทรสงคราม โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางส่งเสริมการท่องเที่ยวในจังหวัดสมุทรสงคราม การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ เริ่มต้นด้วยการสำรวจเส้นทางน้ำโดยใช้ GPS ในการกำหนดตำแหน่งของแหล่งท่องเที่ยว ซึ่งแหล่งท่องเที่ยวแบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ประเภทธรรมชาติ ประเภทประวัติศาสตร์ โบราณสถาน/วัตถุ และศาสนา และประเภทศิลปวัฒนธรรม ประเพณีและกิจกรรม นอกจากนี้ ยังทำการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญในการจัดเส้นทางท่องเที่ยวทางน้ำในจังหวัดสมุทรสงคราม จำนวน 16 ท่าน จาก 4 ท่านเรือ ได้แก่ ท่านเรือตลาดน้ำยามเย็นอัมพวา ท่านเรือตลาดน้ำท่าคา ท่านเรือศาลกรมหลวงชุมพรเขตอุดมศักดิ์ และท่านเรือกลุ่มวิสาหกิจชุมชนหมู่บ้านคลองช่อง แล้วนำมาทำการวิเคราะห์โดยใช้แผนผังต้นไม้ และวิธีการจัดหมู้น้ำได้เส้นทางท่องเที่ยวมาทั้งหมด 36 เส้นทาง จากนั้นจึงนำทั้ง 36 เส้นทางไปวิเคราะห์หาเส้นทางที่สั้นที่สุด ด้วยวิธีการวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis) ผลการวิเคราะห์ ทำให้ได้เส้นทางที่สั้นที่สุด 36 เส้นทาง มีเพียง 8 เส้นทาง เท่านั้น ที่ตรงกับการจัดเส้นทางของผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ เส้นทางที่ 3 เส้นทางที่ 5 เส้นทางที่ 6 เส้นทางที่ 7 เส้นทางที่ 26 เส้นทางที่ 33 เส้นทางที่ 34 และ เส้นทางที่ 35 ส่วนอีก 28 เส้นทางนั้น เป็นผลจากการวิเคราะห์ที่ไม่ตรงกับเส้นทางที่ผู้เชี่ยวชาญจัดไว้ กล่าวโดยสรุประบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถใช้วิเคราะห์หาเส้นทางท่องเที่ยวเชิงนิเวศทางน้ำได้เป็นอย่างดี แต่ในความเป็นจริง การจัดเส้นทางท่องเที่ยวไม่ได้คำนึงถึงระยะทางที่สั้นที่สุดเท่านั้น แต่ยังมีปัจจัยทางด้านพื้นที่อีกหลายด้านเข้ามาเกี่ยวข้อง ด้วยเหตุนี้ ผู้เชี่ยวชาญจึงนิยมจัดเส้นทางตามลำน้ำที่เดินทางได้สะดวกและเข้าถึงได้ง่ายกว่าที่จะคำนึงถึงระยะทางที่สั้นกว่า