

การใช้ประโยชน์เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศกับการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม (Applications of Geo-informatics and Environmental Impact Assessment)

ชนาว์ชรร อรุณรัตน์

นักวิเคราะห์นโยบายและแผนชำนาญการ
สำนักประสานความร่วมมือระหว่างประเทศ
กรมทรัพยากรน้ำ
5 พฤศจิกายน 2557

บทนำ (Introduction)

ภูมิสารสนเทศ (Geo-informatics) สามารถนิยามได้ว่าเป็นการใช้ประโยชน์อุปกรณ์ทางโปรแกรม และวิธีการทางสถิติในการจัดหมวดหมู่ข้อมูล (categorization) การเรียกข้อมูลมาใช้ประโยชน์ (retrieval) การจัดเก็บข้อมูล (storage) และวิเคราะห์ข้อมูล (analysis of data and information) ที่เกี่ยวข้องกับโลก (Park, 2011) สำหรับการรับรู้จากระยะไกล (remote sensing) ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS) และระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning Systems : GPS) ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างประสานกัน (Mankari *et al.*,2010) เพื่อสนับสนุนการติดตามตรวจสอบ การวางแผน และการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติ รวมถึงการพัฒนาในด้านอุตสาหกรรมครัวเรือนและเกษตรกรรม (Istvan & Gabor,2010)

การรับรู้จากระยะไกลมีความสัมพันธ์กับการวัดสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้าที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการระบุสภาพภูมิทัศน์ หรือการสรุปลักษณะของพื้นที่ (Engman & Gurney,1991) โดยการดำเนินการดังกล่าวจะเกี่ยวข้องกับการบันทึกข้อมูล การสังเกต และการรับรู้วัตถุจากระยะไกล (Weng, 2010) ระบบการสำรวจระยะไกลจะเกี่ยวข้องกับการแผ่รังสี (radiation) ซึ่งมีองค์ประกอบ 4 ส่วน คือ แหล่งพลังงาน (แสงอาทิตย์และเรดาร์; solar sources and radar) กระบวนการส่งผ่านพลังงาน (transmission procedures) เป้าหมาย (targets) และเซ็นเซอร์ระยะไกล (remote sensors) (Jha *et al.*, 2007) ระบบการรับรู้จากระยะไกล (remote sensing system) แบ่งได้ 2 ประเภทคือ Passive และ Active โดยภาพที่ได้รับจากความยาวคลื่นอินฟราเรดใกล้ (near-infrared; NIR) และอินฟราเรดความร้อน (thermal infrared; TIR) จะเป็นระบบ Passive ในขณะที่ ระบบ Active จะได้ภาพแบบ LIDAR¹ (Light Detection and Range) หรือจากเรดาร์ (radar) (Jha *et al.*,2007) วิธีการทางเทคนิคที่หลากหลายได้นำมาประยุกต์ใช้ในการจำแนก (classification) และการตีความภาพถ่าย (interpretation) ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ต่อไปในการพัฒนาโครงการต่อไป

¹LIDAR = Light Detection and Range เป็นการสำรวจภูมิประเทศด้วยเทคโนโลยีแบบใหม่ โดยมีหลักการทำงานคล้ายกับการทำงานของเรดาร์ Radar ซึ่งจะวัดระยะจากระยะเวลาการเดินทางของลำแสงเลเซอร์ ที่เดินทางจากเซ็นเซอร์ไปยังวัตถุและสะท้อนกับมายังเซ็นเซอร์อีกครั้ง โดยในการยิงเลเซอร์จะใช้อากาศยานบินเหนือวัตถุและยิงแสงเลเซอร์ลงภาคพื้นดิน (Carter *et al.*,2012)

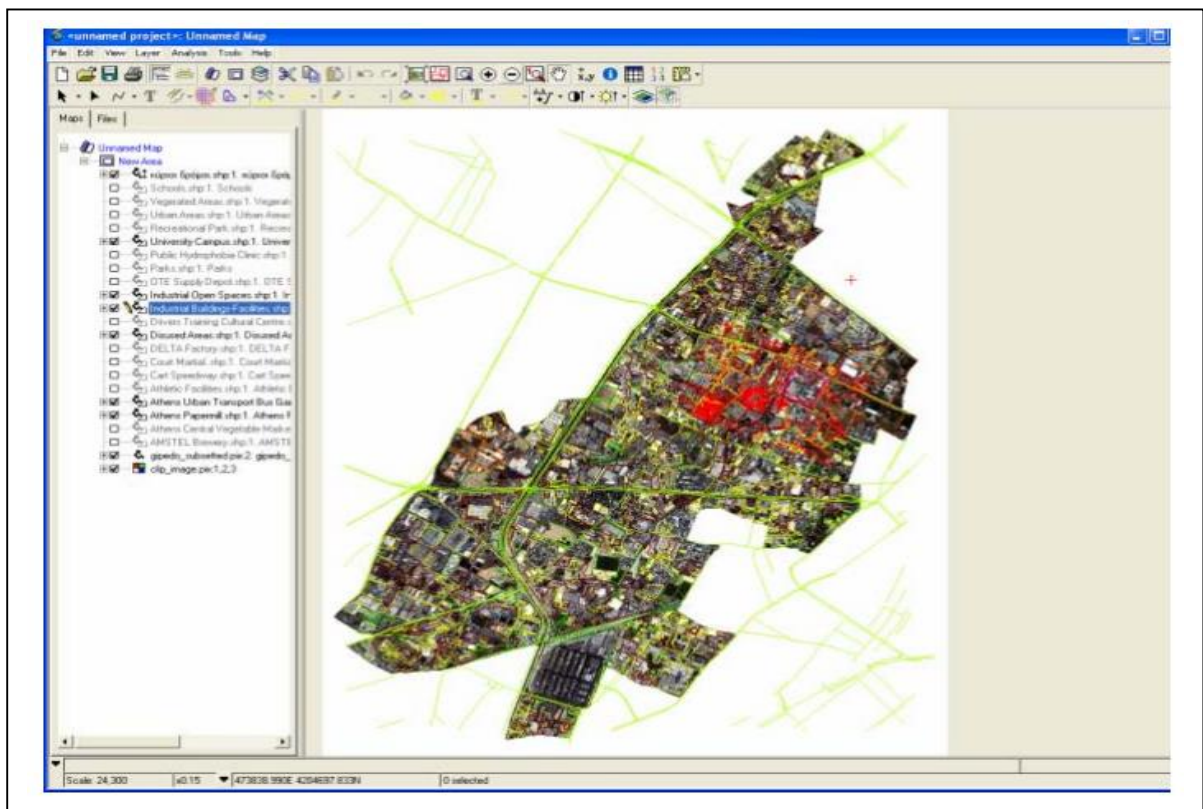
สำหรับประโยชน์ของภูมิสารสนเทศ ยังมีความสัมพันธ์กับเทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งหมายถึงการผสมผสานการทำงานระหว่างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ข้อมูลในการจัดทำภาพและข้อมูลการบริหารจัดการเกี่ยวกับตำแหน่งที่ตั้ง การศึกษาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (spatial correlations) และการประยุกต์เข้ากับแบบจำลองเชิงพื้นที่ (model spatial systems) โดยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ จะนำไปใช้ในการรวบรวมและบริหารจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) และข้อมูลที่เกี่ยวข้องสำหรับการนำเสนอ (demonstration) และการวิเคราะห์ข้อมูล (analysis) (Wade & Sommer,2001) ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ประกอบด้วยการทำงาน 5 องค์ประกอบ คือ 1) การจัดหาข้อมูลที่ต้องการ (กระบวนการก่อนการวิเคราะห์ การป้อนข้อมูล และการนำเข้าข้อมูลด้วยการดิจิไทซ์ (digitization) 2) การบริหารจัดการข้อมูล (การเก็บรักษาข้อมูล การปรับปรุงให้ทันสมัย และการตรวจสอบข้อผิดพลาด) 3) การเข้าถึงและนำข้อมูลไปใช้งาน 4) การวิเคราะห์ข้อมูล 5) การนำเสนอและการแก้ไขข้อมูล (แผนที่, รูปภาพ และกราฟ) (Cances *et al.*,2000) จากความสามารถของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ทำให้สามารถใช้เทคนิคซ้อนทับข้อมูลเชิงพื้นที่ ซึ่งสามารถสร้างสถานการณ์ทางเลือกที่หลากหลาย นอกจากนั้น ฟังก์ชันปกติของการทำงานระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เช่น ฟังก์ชันของการสืบค้นข้อมูล และการกำหนดพื้นที่ที่พิจารณาเฉพาะ สามารถทำการวิเคราะห์ที่ซับซ้อนและนำผลมาสนับสนุนการตัดสินใจ (Navalgund *et al.*, 2007) ในปัจจุบันภูมิสารสนเทศ เป็นเครื่องมือที่สำคัญและเกี่ยวข้องกับการพัฒนาในภาคเศรษฐกิจ สังคม อุตสาหกรรม และสิ่งแวดล้อม สำหรับบทความนี้ จะนำเสนอการใช้ประโยชน์เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) กับการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม (EIA)

ภูมิสารสนเทศและการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม (EIA)

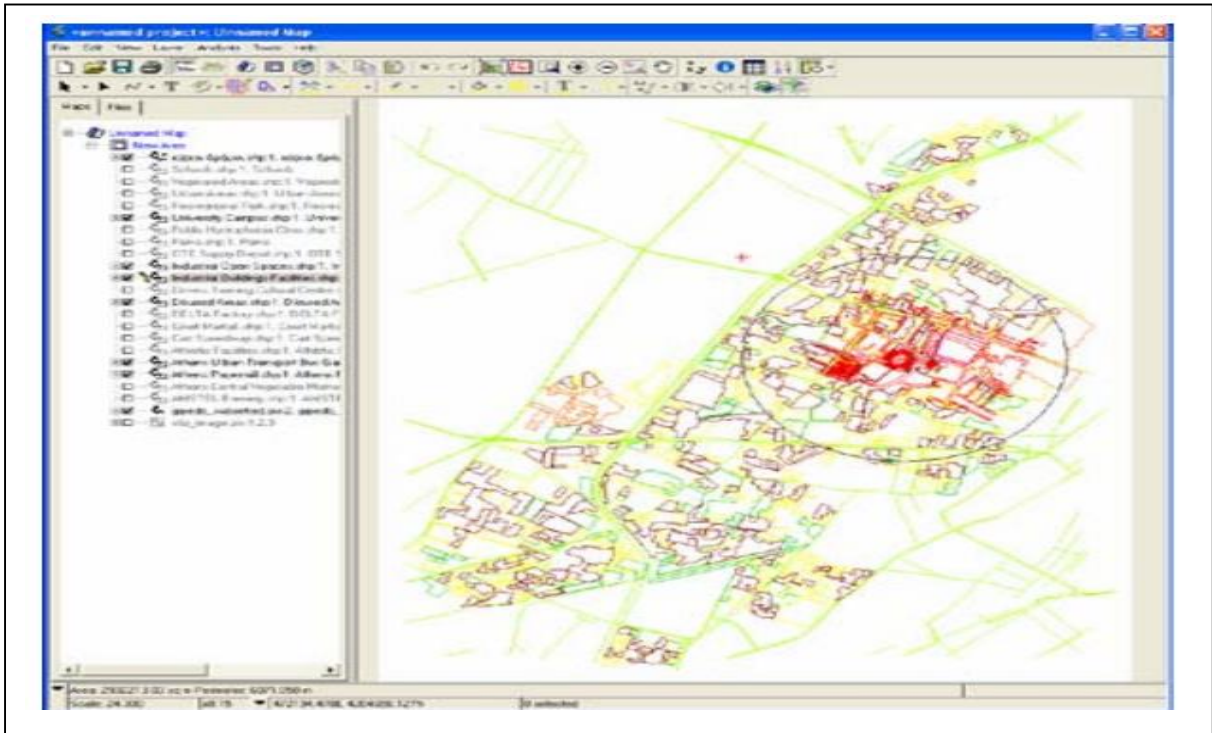
Geo-informatics and Environmental Impact Assessment (EIA)

สิ่งแวดล้อมนั้น เป็นระบบที่มีความซับซ้อนอย่างมาก และระบบดังกล่าวที่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับการพัฒนาในหลายประเทศ การพัฒนาที่มองข้ามผลกระทบที่เกิดขึ้นจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและก่อให้เกิดผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของประชาชน เศรษฐกิจ สังคม ตามมา ดังนั้น ประเด็นด้านการบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อมจึงเป็นเรื่องที่สำคัญในหลายประเทศ การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมได้ถูกหยิบยกขึ้นมาดำเนินการโดยแนวทางดังกล่าวจะทำให้สามารถระบุและแสดงผลกระทบที่สำคัญด้านสิ่งแวดล้อมของโครงการ พร้อมทั้งช่วยในการประเมินมาตรการที่ยอมรับได้รวมถึงแผนงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องก่อนการพิจารณาอย่างละเอียดในประเด็นเฉพาะตามข้อเสนอโครงการ (EA,2012) จุดมุ่งหมายของการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม คือ การอนุรักษ์และการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อม (Morrison-Saunders & Bailey, 1999) ในขั้นตอนการเตรียมการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมนั้น จะเกี่ยวข้องกับการเก็บรวบรวมข้อมูล การออกแบบและการพัฒนาระบบฐานข้อมูล เทคนิคที่แตกต่างกันจะถูกนำมาใช้ในกระบวนการวิเคราะห์ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ระบบฐานข้อมูลความรู้ (Knowledge-based systems) และเทคโนโลยีระบบคอมพิวเตอร์ (computer-based system technology) จะถูกใช้ร่วมกันและประยุกต์ในการดำเนินงาน (Say *et al.*, 2007) ดังนั้น การรับรู้จากระยะไกล (remote sensing) และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สามารถสนับสนุนได้อย่างมากในการดำเนินการประเมินผลและการวิเคราะห์ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม (Pan *et al.*,2012)

สำหรับกรณีศึกษาเกี่ยวกับความเชื่อมโยงระหว่างระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมนั้น ได้นำกรณีศึกษาในเขตพื้นที่ Elaionas (รูปที่ 1) ซึ่งได้จัดทำ EIA ในการพัฒนาเมือง โดยพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่อุตสาหกรรมในเขตศูนย์กลางของเมือง Athens ประเทศกรีซ ซึ่งจะได้รับการพัฒนาและไม่สอดคล้องกับแผนของเมือง Athens โดยอาจจะก่อให้เกิดมลพิษจำนวนมากและส่งผลกระทบต่อเมืองหลวงของประเทศ จากพื้นที่โดยประมาณ 9 ล้านตารางเมตร ได้ถูกเสนอสำหรับการพัฒนาเป็นพื้นที่ทางเศรษฐกิจและประเมินผลกระทบด้านมลพิษภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat ETM และ IRC- 1C รวมถึงข้อมูลความละเอียดสูงของดาวเทียม IKONOS-2 ได้ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ในการจำแนกและจัดหมวดหมู่ข้อมูลพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ของเมือง สามารถผลิตภาพขาวดำที่มีความละเอียด 1 เมตร และข้อมูลที่เป็นปัจจุบัน ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการวางผังเมือง ความละเอียดเชิงพื้นที่ (Spatial resolution) ของภาพถ่ายทำให้สามารถจำแนกลักษณะการใช้ที่ดินได้หลากหลาย เช่น ขนาดพื้นที่และการแบ่งพื้นที่ที่ชัดเจนจากลักษณะที่สำคัญของพื้นที่นั้นๆ โดยทั่วไปแล้วความละเอียดดังกล่าว จะสามารถกำหนดได้จากการรับรู้จากระยะไกล โดยจากการบันทึก การแสดงความละเอียดของภาพเชิงพื้นที่ ความละเอียดเชิงรังสี และความละเอียดเชิงคลื่น ภาพถ่ายที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่สูงจะแสดงให้เห็นรายละเอียดภาพ และช่วงความยาวคลื่นที่มากขึ้น (Campbell & Wynne, 2011) กระบวนการจำแนกรายละเอียดภาพถ่ายของดาวเทียม IKONOS-2 สามารถจำแนกและแสดงผลพื้นที่ที่แตกต่างกันของพื้นที่ได้ถึง 28 รายการ นอกจากนี้ ความคมชัดของภาพสามารถแสดงรายละเอียดได้มากกว่าภาพจากดาวเทียม Landsat ETM และ IRC-1C ในส่วนข้อมูลการใช้ที่ดิน สิ่งปกคลุมดินที่ได้รับจากการจำแนกข้อมูลและจัดหมวดหมู่ รวมถึงข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยาและข้อมูลอื่นๆ ได้ถูกนำไปประมวลผลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยผลลัพธ์ที่ได้รับจากการวิเคราะห์จะแสดงถึงพื้นที่ที่เป็นไปได้ในการพัฒนาเมืองและพื้นที่คุ้มครองด้านสิ่งแวดล้อม (รูปที่ 2) ซึ่งจะนำไปใช้ในการตัดสินใจในการวางผังเมือง (Metaxas *et al.*, 2009) โดยจากกระบวนการทำงานร่วมกันระหว่างการเรียนรู้จากระยะไกล และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ภูมิสารสนเทศ (Geo-informatics) นั้นเป็นเครื่องมือที่สำคัญ และมีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Pan *et al.*, 2012)



รูปที่ 1 ภาพแสดงการซ้อนทับพื้นที่เขตพื้นที่ Elaionas (Metaxas,2009)

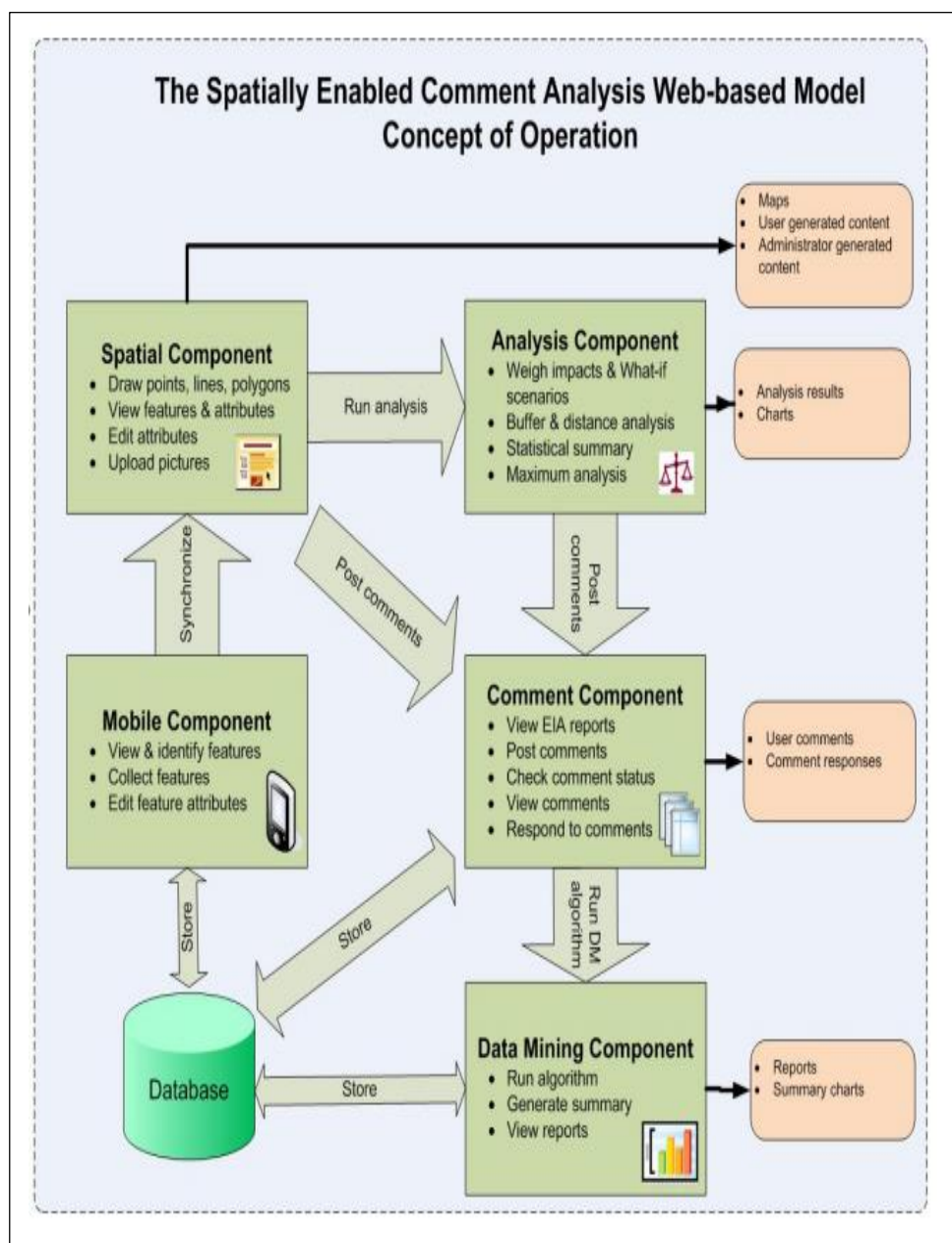


รูปที่ 2 ภาพแสดงพื้นที่กันชน (Buffer zone) รัศมี 500 เมตร (Metaxas,2009)

จากประโยชน์ของระบบระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการรับรู้จากระยะไกลข้างต้น ข้อมูลลักษณะประจำ (attribute data) จำนวนมากสามารถนำมาบริหารจัดการด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในการแก้ไขปรับปรุงข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมและข้อมูลสถิติทางสังคมรวมถึงการนำข้อมูลไปวิเคราะห์และการแสดงผล การวิเคราะห์ที่ซับซ้อนด้วยรูปภาพซึ่งจะแสดงภาพพื้นที่ที่จะได้รับผลกระทบ (Wamer & Diab, 2002) จากการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องและตลอดเวลาทางด้านเศรษฐกิจสังคมและสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นผลมาจากการพัฒนาในแต่ละช่วงเวลา และการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ สามารถสนับสนุนในการเก็บข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงและสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้น ความสามารถในการจัดเก็บข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ส่งผลให้สามารถประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมสะสม (Cumulative Environmental Assessment) และการตรวจสอบอื่นๆ โครงการใหม่ที่จะเสนอในอนาคตสามารถพิจารณาข้อมูลที่ได้จัดทำไว้จากโครงการที่ผ่านมาหรือจากโครงการอื่นๆ รวมถึงการศึกษาและวิเคราะห์การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมสะสม ข้อมูลเชิงพื้นที่ และข้อมูลลักษณะประจำ สามารถนำมาปรับปรุงให้ทันสมัยได้อย่างง่ายดาย และช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านข้อมูลที่ซ้ำซ้อน ให้น้อยลง นอกจากนี้ข้อมูลที่นำเชื่อถือและเป็นปัจจุบัน สามารถบริหารจัดการได้โดยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปคาดการณ์ผลกระทบที่อาจจะเกิดในอนาคตได้ (Eedy,1995) พร้อมกันนี้ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ยังคงสามารถสนับสนุนการจัดทำยุทธศาสตร์และแผนด้านสิ่งแวดล้อม ช่วยให้เกิดความเข้าใจในสภาพปัญหาและการปรับปรุงการบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อม (Parker & Cockling,1993)

นอกจากประโยชน์ที่ได้รับในการเป็นเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจเกี่ยวกับการระบุและการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมด้วยการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ภาพถ่ายทางอากาศ การซ้อนทับข้อมูลและการแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial displays) เกี่ยวกับผลกระทบสำคัญที่มีต่อพื้นที่ที่พิจารณาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการรับรู้จากระยะไกล สามารถนำมาช่วยสนับสนุนในการมีส่วนร่วมของประชาชนในกระบวนการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม (Atkinson *et al.*,2008) เนื่องจากในกระบวนการการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมอาจจะมีข้อจำกัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งการมีส่วนร่วมของประชาชน ในการจัดเตรียมข้อมูล

การวิเคราะห์และการใช้แบบจำลอง ซึ่งโดยปกติ ในการจัดทำประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จะนำเสนอเพียงผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้รับจากการวิเคราะห์ที่ผู้สาธารณะ และไม่สามารถรวบรวมและดำเนินการตามข้อเสนอแนะของประชาชนเกี่ยวกับการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้ (João & Fonseca, 2012) อย่างไรก็ตาม จากการใช้ภาพที่มีคุณภาพ ทำให้สามารถแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของรายละเอียดการพัฒนาโครงการ การปฏิบัติงาน และสถานที่ที่ดำเนินการ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถพัฒนาให้เกิดการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพระหว่างผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและผู้พัฒนาโครงการ รวมถึงการวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สามารถจำลองภาพสถานการณ์ (“what-if” scenarios) และรูปแบบผลลัพธ์ที่หลากหลาย (Landres *et al.*, 2001) พร้อมทั้งประชาชนสามารถเสนอข้อคิดเห็นและการประเมินโครงการที่ได้รับการเสนอในการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม เพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Sieber, 2006) กรณีศึกษาถัดไปจะเป็นการพัฒนาเว็บสารสนเทศภูมิศาสตร์ในประเด็นดังกล่าว

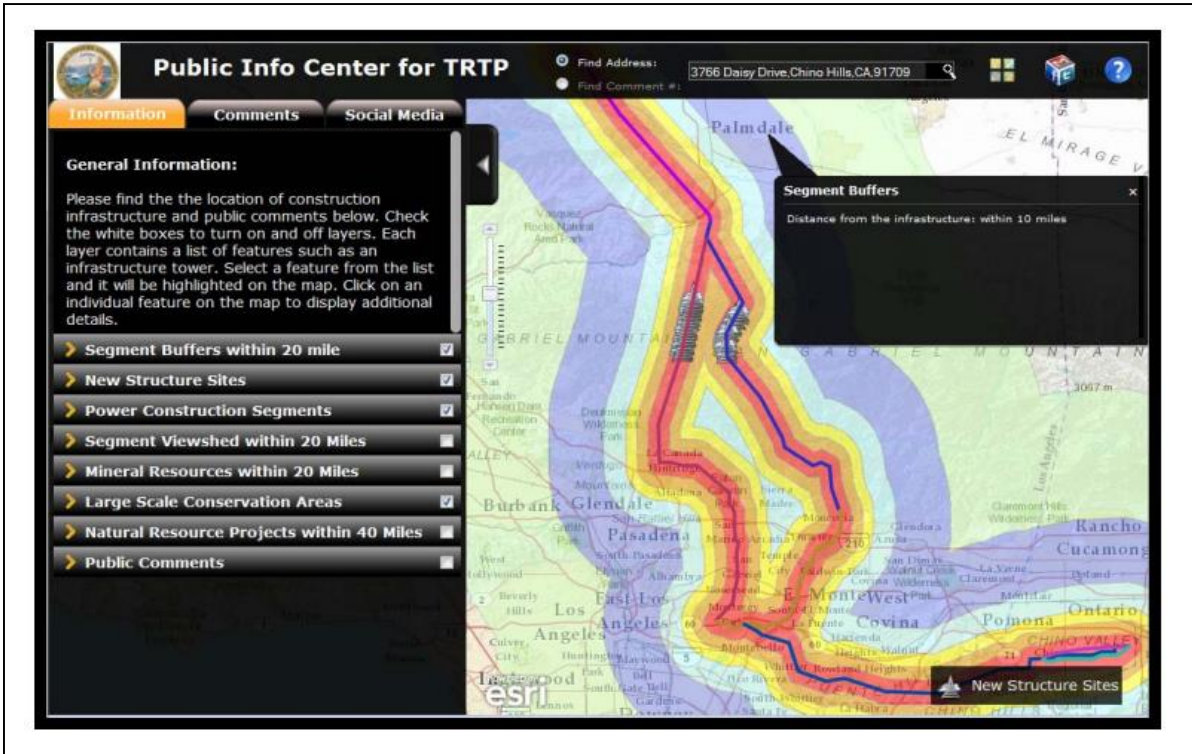


รูปที่ 3 ภาพแสดงกรอบโครงสร้างการประยุกต์ GIS และการมีส่วนร่วมของประชาชน (Lei & Hilton, 2012)

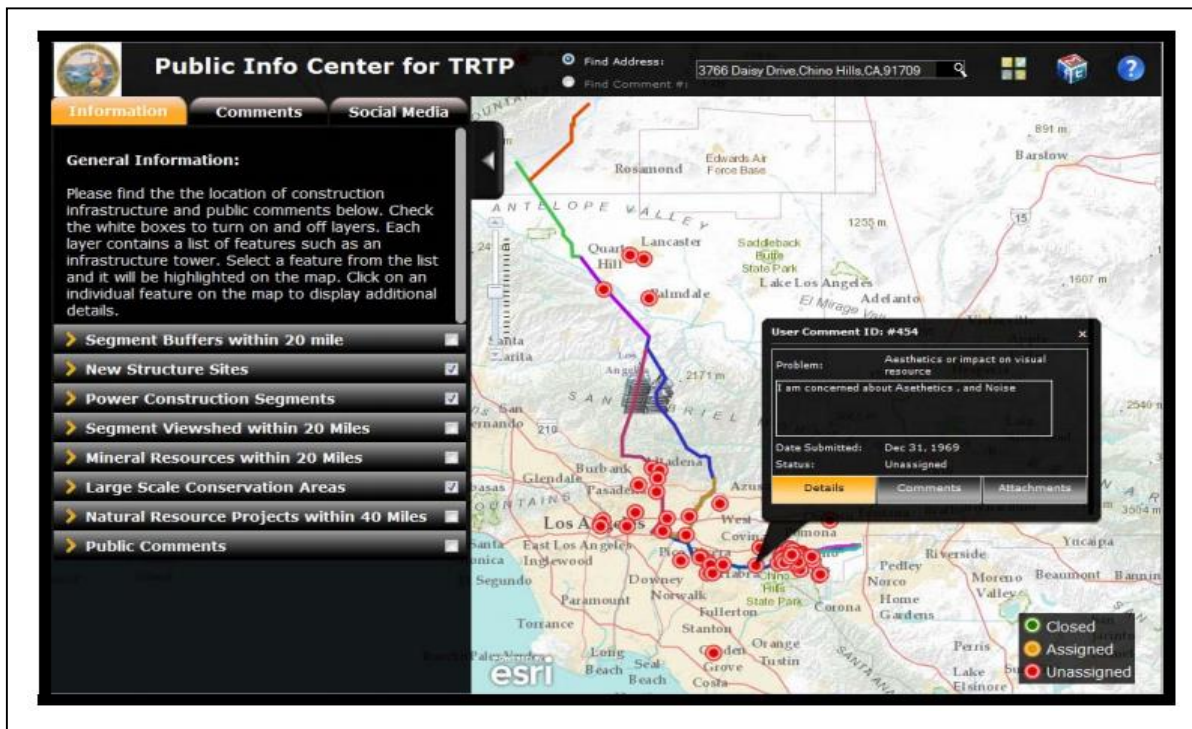
- **กรณีศึกษาในการพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่เกี่ยวกับการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมและการมีส่วนร่วมของประชาชน**

คณะกรรมการกำกับดูแลสาธารณูปโภคแห่งรัฐแคลิฟอร์เนีย (The California Public Utilities Commission ; CPUC) และคณะกรรมการพลังงานแคลิฟอร์เนีย (the California Energy Commission) ซึ่งเป็นผู้ให้บริการด้านสาธารณูปโภคไฟฟ้า ได้เริ่มต้นโครงการ California's Renewable Portfolio Standards (RPS) เพื่อเตรียมพร้อมต่อความต้องการใช้สาธารณูปโภคไฟฟ้าในอีก 20 ปีข้างหน้า อย่างไรก็ตาม การดำเนินการโครงการดังกล่าวอาจจะสร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคม จึงจำเป็นต้องดำเนินการจัดทำประเมินผลด้านสิ่งแวดล้อม (EIA) ตามกฎหมายนโยบายสิ่งแวดล้อมแห่งชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา (the National Environmental Policy Act ; NEPA) ประเทศสหรัฐอเมริกา และแผนงาน Tehachapi Renewable Transmission Project (TRRP) (Lei & Hilton,2012) ซึ่งเป็นการดำเนินการพัฒนาระบบสายส่งไฟฟ้าแรงสูงครอบคลุมพื้นที่ 173 ไมล์จากการผลิตไฟฟ้าพลังงานทางเลือก ในเมือง Kern ส่งไปยังเมือง San Bernardino (SCE,2013) ได้เริ่มดำเนินการในปี ค.ศ. 2007 และแล้วเสร็จสิ้นในปี ค.ศ. 2010

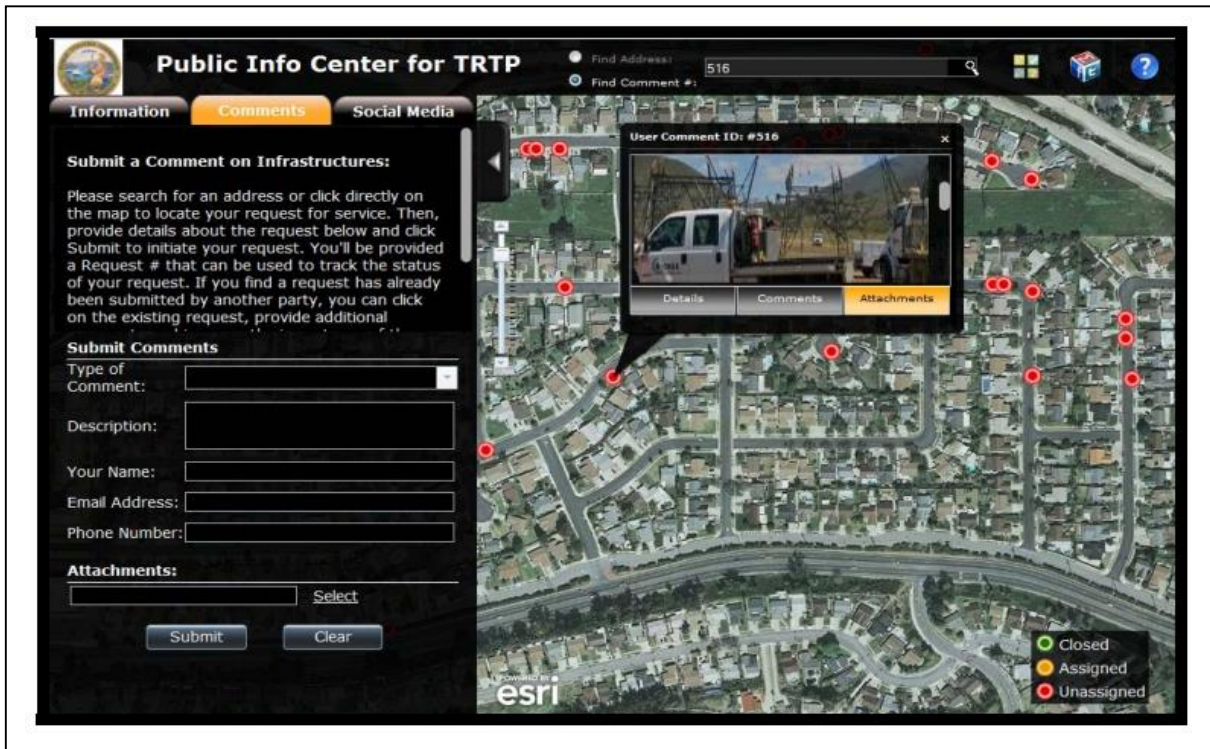
จากกรอบโครงสร้างการประยุกต์ GIS และการมีส่วนร่วมของประชาชน (รูปที่ 3) ซึ่งได้แสดงกรอบแนวคิดการดำเนินงานตามแผนงาน Tehachapi Renewable Transmission Project (TRRP) ได้ผนวกเทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การรับรู้จากระยะไกล การทำเหมืองข้อมูล (data mining) และการประยุกต์ใช้ผ่านระบบสื่อสารเคลื่อนที่ (mobile application) สำหรับการสร้างการมีส่วนร่วมของประชาชน ในกระบวนการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม โดยได้นำข้อมูลเชิงพื้นที่ ซึ่งประกอบด้วยของพื้นที่ที่อยู่อาศัยที่สำคัญ การจำแนกการใช้ที่ดิน ข้อมูลลักษณะทางภูมิศาสตร์และขนาดพื้นที่ พร้อมทั้งภาพถ่าย ที่ได้รับจากการรับรู้จากระยะไกล นำไปแปลงเป็นข้อมูลแผนที่และปรับมาตราส่วนที่เหมาะสมและนำมาซ้อนทับ เพื่อสร้างข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ สำหรับการทำงานตามโครงสร้างองค์ประกอบข้างต้น (รูปที่ 3) ส่วนองค์ประกอบเชิงพื้นที่ จะจัดเตรียมข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลทั่วไป เพื่อนำเสนอข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมให้สาธารณะรับรู้ โดยการแสดงหน้าต่าง (pop ups) ของข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมและภาพสิ่งก่อสร้าง ในส่วนการวิเคราะห์ (รูปที่ 4) จะแสดงเครื่องมือ GIS ที่ประชาชนสามารถใช้เครื่องมือดังกล่าวในการวิเคราะห์ เช่น การสร้างพื้นที่แนวกันชน (buffer zones) ระยะห่างและลักษณะพื้นที่ที่ได้เลือกพิจารณากรอบการก่อสร้าง และการจำลองสภาพสถานการณ์ (what-if analyses) สำหรับส่วนแสดงความคิดเห็น (รูปที่ 5 และ 6) จะให้บริการต่อความคิดเห็นของประชาชนโดยการให้ความคิดเห็น พื้นที่ที่ต้องการและการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้ให้ข้อคิดเห็นอื่นๆ สำหรับส่วนการสื่อสารโดยระบบสื่อสารเคลื่อนที่ ผู้ได้รับผลกระทบและประชาชนทั่วไปสามารถตรวจสอบรายละเอียดข้อมูลเชิงพื้นที่ของโครงการและแสดงข้อคิดเห็นจากโทรศัพท์มือถือของตนเองได้ โดยในส่วนข้อมูลเชิงพื้นที่ (รูปที่ 7) จะจัดเก็บข้อมูลและสนับสนุนข้อมูลให้กับส่วนอื่นๆ เมื่อมีการเรียกใช้ (Lei & Hilton,2012) จากการพัฒนาเทคโนโลยีดังกล่าว ช่วยทำให้เกิดวิธีการที่เสมือนจริงมากขึ้นในการอธิบายรายละเอียดด้านสิ่งแวดล้อมของโครงการและเสริมสร้างความเข้าใจระหว่างผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและผู้บริหารโครงการ (Sahzabi,2004) สำหรับผลการตอบรับจากการนำเทคโนโลยีใหม่มาใช้นั้น ได้มาจากผลตอบรับที่ดีจากการสำรวจความคิดเห็นของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเบื้องต้น (Lei & Hilton,2012) ซึ่งจากเทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ ในกระบวนการจัดทำประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งไม่เพียงแต่เป็นแนวทางใหม่ในการวิเคราะห์และการบริหารจัดการเชิงพื้นที่เท่านั้น แต่ยังรวมไปถึงการพัฒนากระบวนการสื่อสารซึ่งเป็นวิธีการที่สำคัญในการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและการดำเนินการในกระบวนการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม (Sahzabi,2004)



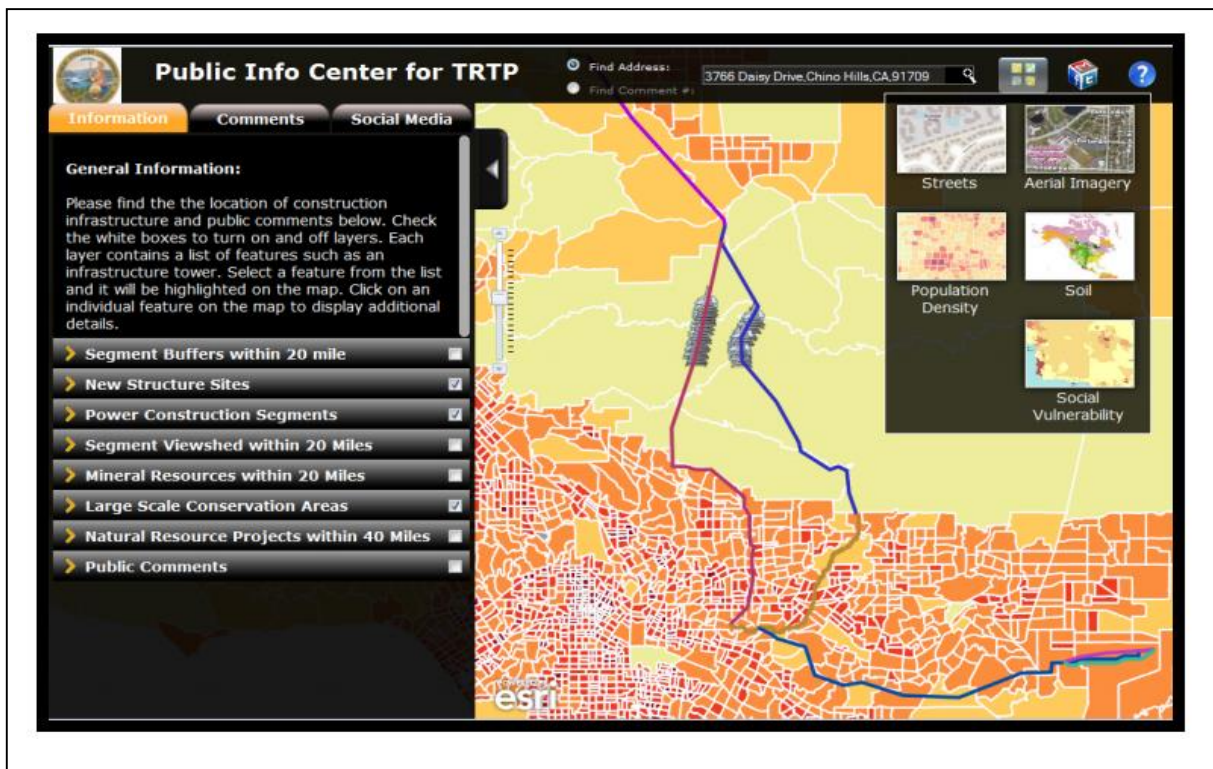
รูปที่ 4 ภาพแสดงส่วนการวิเคราะห์ (analysis component) สามารถแสดงภาพแนวกันชนในแผนที่ ซึ่งประชาชนสามารถค้นหาสถานที่เพื่อประเมินระยะห่างจากสถานที่ที่ประชาชนพิจารณา



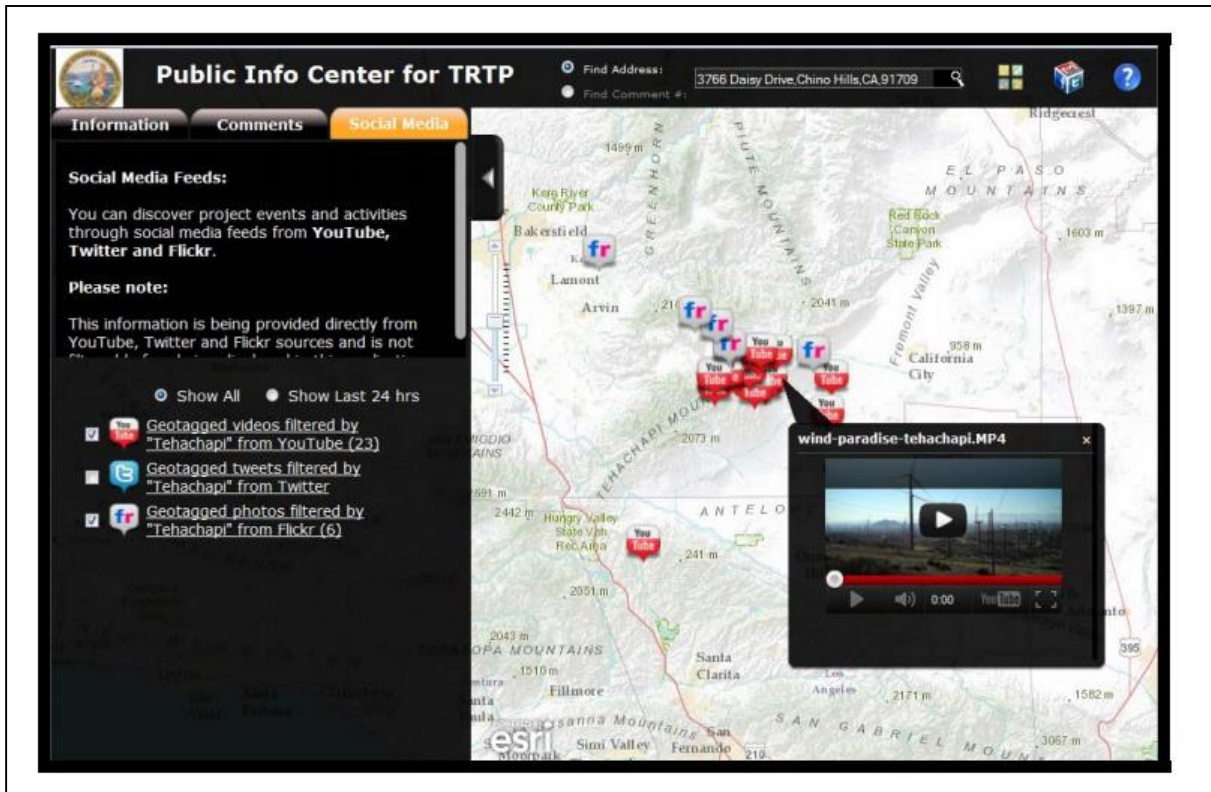
รูปที่ 5 ภาพแสดงส่วนแสดงความคิดเห็น (comment component) ซึ่งประชาชนสามารถใช้การแก้ไข ข้อเสนอแนะโดยการเลือก (clicking) ที่จุดสีแดง (red point)



รูปที่ 6 ภาพแสดงส่วนแสดงความคิดเห็น (comment component) ซึ่งประชาชนสามารถใช้ในการส่งข้อเสนอแนะและรูปภาพ



รูปที่ 7 ส่วนข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial components) ซึ่งประชาชนสามารถเลือกแผนที่จากช่องตัวเลือก (options) และตรวจสอบข้อมูลสิ่งแวดล้อม



รูปที่ 8 ภาพแสดงระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เชื่อมโยงกับเครือข่ายสื่อสังคม (Social Media Networks)

- ปัญหาและข้อจำกัดของสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

จากมุมมองประโยชน์ที่ได้รับจากข้างต้น การใช้เทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในกระบวนการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ยังคงมีข้อจำกัดซึ่งการติดตั้งระบบดังกล่าว จะใช้เวลาในการติดตั้ง รวมถึงการจัดเตรียมข้อมูลและการสร้างฐานข้อมูล (João & Fonseca, 2012) ลิขสิทธิ์ของโปรแกรม อาจก่อให้เกิดข้อจำกัดในการใช้งานของระบบ (González *et al.*, 2010) พร้อมทั้งราคาอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การเก็บรวบรวมข้อมูลและการแปลงข้อมูลลงสู่ระบบมีค่าใช้จ่ายที่สูง (Atkinson *et al.*, 2008) และการเข้าถึงการใช้งานอาจเป็นไปได้ยากในประเทศที่กำลังพัฒนา หรือในบางประเทศการเข้าถึงอาจเกิดขึ้นกับกลุ่มคนเฉพาะบางกลุ่ม (González *et al.*, 2008) ในบางกรณี ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการให้คำแนะนำด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การจ้างผู้เชี่ยวชาญและที่ปรึกษา รวมถึงการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ มีค่าใช้จ่ายสูงกว่างบประมาณที่กำหนดในการจัดการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม (João & Fonseca, 2012) และการดำเนินการดังกล่าวอาจรวมไปถึงค่าใช้จ่ายในด้านข้อมูล เช่น ข้อมูลภาพถ่ายคุณภาพสูงที่จัดทำโดยบริษัทเอกชน (Eslami *et al.*, 2011) ในหลายประเทศ เช่น ในประเทศอิสราเอลและประเทศอังกฤษ อัตราค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ของบริษัทเอกชนจะมีค่าสูงมากกว่าอัตราค่าใช้จ่ายของหน่วยงานรัฐ (national agencies) (Haklay *et al.*, 1998)

ในกระบวนการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมอาจจะมีข้อจำกัดเกี่ยวกับการมีข้อมูลที่มีคุณภาพไม่เพียงพอและการประยุกต์มาตรฐานของแผนที่ที่ไม่สอดคล้อง (González *et al.*, 2010) รูปแบบข้อมูลที่ไม่เป็นมาตรฐานระหว่างหน่วยงานสามารถเป็นสาเหตุในการไม่ยอมรับในผลการประเมินสิ่งแวดล้อมได้ (Pen *et al.*, 2012) ในประเทศนิวซีแลนด์ ปัญหาด้านข้อมูลสำหรับใช้ในกระบวนการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้ตรวจสอบโดย Parker & Cockling (1993) เนื่องจากมีข้อมูลไม่สอดคล้องกันในหลายหน่วยงาน รัฐบาลประเทศนิวซีแลนด์ ได้ผ่านกฎหมายการบริหารจัดการทรัพยากร ในปี ค.ศ. 1991 เพื่อทำให้เกิดมาตรฐานของข้อมูล

และในกระบวนการการเก็บข้อมูลซึ่งจะต้องดำเนินงานประสานงานกันระหว่างหน่วยงานรัฐบาลในระดับพื้นที่และระดับประเทศ อีกปัญหาหนึ่งในด้านข้อมูลเกี่ยวข้องกับความผิดพลาดและการพิจารณาความถูกต้องของข้อมูล (Atkinson&Canter,2012) โดยประเด็นดังกล่าวจะกล่าวถึงความยากลำบากในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่นำเข้าสู่ระบบที่มีความแตกต่างกันระหว่างค่าความละเอียดและ/หรือมีความแตกต่างกันของมาตราส่วนของข้อมูลซึ่งทำให้เกิดความไม่ถูกต้องของข้อมูลที่ป้อนให้กับระบบ หรือข้อมูลชุดใหม่ที่ได้รับจากการประมวลผลสืบเนื่องจากชุดข้อมูลเก่าที่ผิดพลาดรวมไปถึงข้อผิดพลาดจากการมีข้อมูลเชิงพื้นที่และเวลาไม่เพียงพอต่อกระบวนการวิเคราะห์และความไม่สอดคล้องกันระหว่างการซ้อนทับชั้นข้อมูล จากชุดข้อมูลที่มีความแตกต่างกันของความละเอียดและมาตราส่วน (João & Fonseca,2012) เนื่องจากมาตราส่วนเชิงพื้นที่ ซึ่งนำมาใช้ในการจัดทำผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม อาจจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผลลัพธ์จากการประเมินเปลี่ยนแปลงไป (Gontier,2007) ในส่วนถัดไปจะได้ระบุถึงผลกระทบเหล่านั้น

- ผลกระทบจากมาตราส่วนข้อมูลแผนที่ในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม

มาตราส่วนสามารถอธิบายได้ในสัดส่วนของระยะห่างในแผนที่ซึ่งมีความสัมพันธ์กับระยะห่างในพื้นที่จริง โดยปกติแผนที่ที่มีขนาดมาตราส่วนเล็กจะครอบคลุมพื้นที่มาก (Heywood *et al.*,2011) สำหรับกระบวนการการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม มาตราส่วนทางภูมิศาสตร์ที่ไม่เหมาะสมจะทำให้ผลลัพธ์จากการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่ได้รับไม่ครอบคลุมและไม่สมบูรณ์ (Gontier,2007) จากการศึกษาของ João (2002) เกี่ยวกับการวิเคราะห์ผลกระทบด้านมลพิษทางอากาศ ในพื้นที่ woodland ของโครงการ EIA แหล่งโบราณคดีที่สำคัญและจำนวนของอาคารถูกตรวจสอบโดย the Hastings Eastern Bypass ในประเทศอังกฤษ โดยการใช้เทคนิคการเกลารูปข้อมูล (generalization) ซึ่งเป็นกระบวนการลดความซับซ้อนของรูปภาพโดยการปรับเปลี่ยนความละเอียดหรือมาตราส่วน (Wade & Sommer, 2001) แผนที่ภูมิศาสตร์มาตราส่วน 1:25,000 ซึ่งได้จากการเทคนิคการเกลารูปข้อมูลจากแผนที่มาตราส่วน 1:10,000 ได้ถูกนำมาใช้ในการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมโดยหน่วยงานด้านสิ่งแวดล้อมของอังกฤษ ผลกระทบแรกที่เกิดจากการใช้มาตราส่วนแผนที่ที่ต่างกัน คือ ความแตกต่างของพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากผลลัพธ์ในการพิจารณามลพิษทางอากาศที่ครอบคลุมพื้นที่ 500 เมตรของพื้นที่ทางประวัติศาสตร์ woodland ในแผนที่มาตราส่วน 1:25,000 (91.2 เฮกเตอร์) จะครอบคลุมพื้นที่มากกว่า แผนที่มาตราส่วน 1:10,000 (87.5 เฮกเตอร์) แม้ว่าความแตกต่างดังกล่าวจะเกิดขึ้นในพื้นที่เล็กๆ แต่ผลกระทบอาจจะรุนแรงในการประเมินผลกระทบในบางโครงการ ปัญหาอีกประการหนึ่ง คือ การคลาดเคลื่อน (displacement) ของสิ่งก่อสร้างโดยแผนที่ที่มีมาตราส่วนที่แตกต่างจะทำให้สิ่งก่อสร้างนั้นจากตำแหน่งที่เป็นจริง ซึ่งนำไปสู่ข้อผิดพลาดเกี่ยวกับตำแหน่ง ในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (João,2002) เมื่อพิจารณาในการรับรู้จากระยะไกล มาตราส่วนจะเกี่ยวข้องกับความละเอียดของภาพ (Wu & Li,2009) ดังนั้น ความถูกต้องของมาตราส่วนเชิงพื้นที่จากการรับรู้จากระยะไกล เช่น ขนาดของจุดภาพและขอบเขตของพื้นที่ที่ศึกษาจึงเป็นสิ่งสำคัญในกระบวนการศึกษาด้านสิ่งแวดล้อม (Huili *et al.*,2011)

จากการศึกษาโดย Huili *et al.* (2011) ได้แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของมาตราส่วน จากการรับรู้จากระยะไกล ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความถูกต้องของการจำแนก โดยเปรียบเทียบภาพที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ระดับกลางและภาพที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ระดับสูง โดยใช้โปรแกรม ERDAS เวอร์ชัน 9.1 ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้รับจากการจำแนกดังกล่าว ภาพที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ระดับสูงได้แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างในการจำแนกรายละเอียดพื้นที่ชุ่มน้ำ ได้ 11 ระดับรายการ ในส่วนภาพที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ปานกลาง สามารถจำแนกรายละเอียดพื้นที่ชุ่มน้ำได้ 9 และ 6 ระดับรายการ ตามลำดับ โดยจากมาตราส่วนเชิงพื้นที่ ภาพที่ได้รับจากการรับรู้จากระยะไกลมีผลต่อการจำแนกระดับความละเอียดเชิงพื้นที่ของสภาพภูมิทัศน์ในระบบนิเวศ ซึ่งมาตราส่วนดังกล่าวสามารถเพิ่มความถูกต้องในรายละเอียดด้านภูมิศาสตร์ในการจัดทำแผนที่ซึ่งเกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

บทสรุป (Conclusion)

ในปัจจุบัน ภูมิสารสนเทศ ได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อม การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมเป็นกระบวนการที่สำคัญในการระบุ การคาดการณ์ การติดตามตรวจสอบและการประเมินผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นจากการพัฒนาในหลากหลายมิติต่อสภาพแวดล้อม การรับรู้จากระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ได้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนในการเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพและมีประโยชน์ในการบริหารจัดการข้อมูลที่มีความซับซ้อนและขั้นตอนมากมายในกระบวนการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ไม่เพียงแต่สามารถนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาบริหารจัดการข้อมูลจำนวนมาก การสนับสนุนการวิเคราะห์และการตัดสินใจเท่านั้น แต่เครื่องมือดังกล่าวยังสามารถนำมาส่งเสริมกระบวนการมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการโครงการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม แม้ว่าจะยังมีข้อจำกัดจากเทคโนโลยีดังกล่าว ซึ่งเกิดจากการเข้าถึงการใช้งาน ค่าใช้จ่ายที่สูงของระบบและบุคลากร ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ และข้อผิดพลาดจากการดำเนินการ รวมถึงความไม่สอดคล้องของมาตราส่วนเชิงพื้นที่ และอิทธิพลจากมาตราส่วนที่มีผลต่อข้อผิดพลาดในการวิเคราะห์และประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม ด้วยเทคโนโลยีดังกล่าวผู้ใช้สามารถพัฒนาความรู้เชิงเทคนิค ทักษะและประสบการณ์ในการใช้งาน รวมถึงการเพิ่มช่องทางการเข้าถึงการใช้งาน การตรวจสอบข้อผิดพลาดของข้อมูล และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพและความเชื่อมั่นในระบบการวิเคราะห์ได้ ซึ่งจากการทบทวนประโยชน์และข้อจำกัดการใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ โดยเมื่อเปรียบเทียบกับข้อจำกัดและประโยชน์ที่ได้รับจากภูมิสารสนเทศแล้ว เทคโนโลยีดังกล่าวเป็นเครื่องมือที่สำคัญและมีประโยชน์ต่อการพัฒนาในหลายประเทศ ซึ่งไม่เพียงแต่ประโยชน์ที่ได้รับจากการนำไปใช้ในด้านการจัดทำแผนที่และผังเมืองเท่านั้น แต่ยังรวมถึงประโยชน์ที่ได้รับจากการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมของประเทศ

เอกสารอ้างอิง (References)

- Atkinson, S. F., Canter, L. W., and Mangham, W. M. (2008). *Multiple uses of Geographic Information Systems (GIS) in cumulative effects assessment (CEA)*. "Assessing and Managing Cumulative Environmental Effects, International Association for Impact Assessment
- Atkinson, S. A., & Canter, L. W. (2012). *Assessing the cumulative effects of projects using geographic information systems*, *Journal of Environmental Impact Assessment Review* 31, 457–464 doi:10.1016/j.eiar.2011.01.008
- Cances, M., Font, f., & Gay, M. (2000). *Principles of Geographic Information Systems Used for Earth Observation Data*, *Journal of Surveys in Geophysics*, Kluwer Academic Publishers, vol 21, 187-199.
- Campbell, J. B., & Wynne, R. H. (2011). *Introduction to Remote Sensing*, Fifth Edition, New York, British Library of Congress Cataloging-in-Publication Data
- Carter, J., Schmid, K., Waters, L., Betzhold, L., Hadley, B., Mataosky, R., & Halleran, J. (2012). *Lidar101: An Introduction to Lidar Technology, Data, and Applications*, Coastal Geospatial Services Division, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Coastal Services Center, retrieved from: http://www.csc.noaa.gov/digitalcoast/_/pdf/lidar101.pdf

Eedy,W. (1995).*The use of GIS in environmental assessment*, Journal of the International Association for Impact Assessment, 13 (2), 199-206.doi 10.1080/07349165.1995.9726090

Environmental Agency (EA). (2002). *Environmental Impact Assessment (EIA)*, A handbook for scoping project, London, Environmental Agency

Engman,E,T., & Gurney,R,J, (1991).*Remote Sensing in Hydrology*, London, Chapman and hall

Eslami,A.,Foumani,B,S.,Khazraei,Rahim.,Pourjafar,Z.,Ghaebi,K.,Dehghanzad,S.,Karimi,Z.,&Kheiran dish,R. (2010). *Implementation of GIS in Natural Resources*, Journal of Annals of Biological Research, 2 (5):533-54

Foody,M,G.(2001). *Status of land cover classification accuracy assessment*, Journal of Remote Sensing of Environment, 80, 185-201, PII: S0034-4257(01)00295-4

Gibson,P,J.(2000). *Introductory Remote Sensing Principles and Concepts*, North Yorkshire, Typeset & Francis Group

González,A.,Gilmer,A.,Sweeney,J.,&Fry,J.(2010). *Applying geographic information systems to support strategic environmental assessment: Opportunities and limitations in the context of Irish land-use plans*, Journal of Environmental Impact Assessment Review 31, 368–381, doi:10.1016/j.eiar.2010.12.001

González,A.,Gilmer,A.,Foley,R.,Sweeney,J.,&Fry,J. (2008). *Technology-aided participative methods in environmental assessment: An international perspective*, Journal Computers, Environment and Urban Systems 32, 303–316, doi:10.1016/j.compenvurbsys.2008.02.001

Gontier,M.(2007). *Scale issues in the assessment of ecological impacts using a GIS-based habitat model – A case study for the Stockholm region*, Journal of Environmental Impact Assessment Review 27, 440-459. doi: 10.1016/j.eiar.2007.02.003

Haklay,M., Feitelson,E.,&Doytsher,Y.(1998).*The Potential of a GIS-Besed Scoping system: An Israel Proposal and Case Study*, Journal of Environ Impact Asses 18; 439-459

Heywood,I.,Cornelius,A.,&Caver,S.(2011). *An Introduction to Geographical Information Systems* , Fourth edition, Harlow, British Library of Congress Cataloging-in-Publication Data.

Huili,G.,Cuicui,J.,Demin,A.,&Na,L.(2011). *Scale Issues of Wetland Classification and Mapping Using Remote Sensing Images: A Case of Honghe National Nature Reserve in Sanjiang Plain, Northeast China*, Journal of Chinese Geographical Science, 21(2), 230 – 240, doi: 10.1007/s11769-011-0461-5

Istvan,H., & Gabor,B. (2010). *Introduction to GIS*, Havasallstvan, Barth Gabor, Retrieved from: http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0033_SCORM_MFGGT6002-EN/sco_01_01.scom

Jha,M,k.,Chowdhury,A.,Chowdary,V,M.,&Peiffer,S.(2007). *Groundwater management and development by integrated remote sensing and geographic information systems: prospects and constraints*, Journal of Water Resources Management 21:427–467, DOI 10.1007/s11269-006-9024-4

João, E. (2002). *How scale affects environmental impact assessment*. Journal of Environmental impact assessment review, 22 (4), 289-310

João,E.,&Fonseca,A.(2012). *The role of GIS in improving environmental assessment effectiveness: Theory VS Practice*, Journal of Impact Assessment,14:4, 371-387, doi 10.1080/07349165.1996.9725913

Landres,P.,Spildie,D,R.,&Queen,L,P.(2001).*GIS Application to Wilderness Management, Potential Uses and Limitations*, Rock Mountain Research Station, United States Department of Agriculture, General Technical Report RMRS-GTR-80

Lei,L.,&Hilton,B.(2012).*Designing a Spatially Intelligent Framework to Improve Public Participation in the EIA Process for Renewable Energy and Power Transmission Projects*, Global Humanitarian Technology Conference (GHTC), IEEE, DOI 10.1109/GHTC.2012.74

Mankari,M,P.,Kodge,B,G.,kulkarni,M,J.,&Nagargoje.(2010). *Fundamentals of geo-informatics and its applications in geography*, Journal of Geoscince Research, Vol 1, Issu 1, 1-6, ISS: 0976-9846

Metaxas,G.,Sfakianaki,E.,&Spyropoulos,N.(2009). *Using Geographical Information Systems in the environmental assessment of urban environments: the Elainonas area in Attica, Greece*, Journal of World Transactions on Engineering and Technology Education, Vol.7, No.2, 127-133

Morrison-Saunders,A.,&Bailey,J.(1999). *Forum Exploring the EIA/Environmental management Relationship*, journal of Environmental Management Vol. 24, No. 3, 281–295

Navalgund,R,R.,Jayaraman,V.,&Roy,P,S.(2007). *Remote sensing applications: An overview*, Journal of Current Science, vol. 93, No.12, 1747-1765

Parker,s.,&Cocklin,C.(1993).*The use of geographical information systems for cumulative environmental effects assessment*, Journal of Environ and Urban Systems, Vol1, 393-407

Park,C. (2010). *Oxford Dictionary of Environment and conservation*, New York, Oxford University Press, ISBN 978-0-19-860996-4

Pan,P.,Zhu,Y.,Gao.,X.,Zhao,X.,&He,S.(2012).*Research on EIA Management and Technical Support System of Projects*, IEEE Conference Publications, Digital Object Identifier: 10.1109/RSETE.2012.6260693

Say,P,N.,Cel,Y,M.,&Yilmazer,M.(2007).*A computer-based system for environmental impact assessment (EIA) applications to energy power stations in Turkey: C-EDINFO*, Journal of Energy Policy, Volume 35, 6395–6401,doi:10.1016/j.enpol.2007.08.009

Sahzabi,H,Y.(2004)*Application of GIS in the Environmental Impact Assessment of Sabalan Geothermal Fjfld*, NW-IRAN, The United Nations University, Geothermal Training Program, Reykjavik, Report No.19, 439-474

Sieber,S. (2006).“*Public participation geographic information systems: A literature review and framework.*”*Journal of Annals of the Association of American Geographers*, vol. 96, iss.3, p.491-507

Southern California EDISON (SCE). (2013). Tehachapi Renewable Transmission Project, Looking Back at 2013, San Gabriel Valley, Southern California EDISON, retrieved from: https://www.sce.com/wps/wcm/connect/ce3c52e1-123f-44d3-96d8-3404769b48a7/TRTPNews-4thQtr-final_SGV.pdf?MOD=AJPERES

Wade,T.,&Sommer,S.(2001).*A to Z GIS, An illustrated dictionary of geographic information systems*, California, ERSI

Warner, L, L., &Diab, R, D. (2002). *Use of geographic information systems in an environmental impact assessment of an overhead power line*. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 20 (1), 39-47

Weng,Q.(2010).*Remote Sensing and GIS Integration, Theories, Methods, and Applications*, London, The McGraw-Hill Companies, Inc

Wu, H.,& Li, Z.(2009).*Scale Issues in Remote Sensing: A Reviews on Analysis, Processing and Modeling*, Journal of sensors, 9, 1768 – 1793, doi: 10.3390/s90301768