บทที่ 3
ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงโครงข่าย

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หมายถึง ระบบสารสนเทศที่ออกแบบขึ้นเพื่อทำงานกับข้อมูลกราฟิกที่มีความสัมพันธ์ทางภูมิศาสตร์และใช้ในการบริหารจัดการฐานข้อมูลอันประกอบไปด้วยการรวบรวมข้อมูล การจัดเก็บข้อมูล การจัดการข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการแสดงผลข้อมูลทั้งในรูปของแผนที่ และในรูปของตารางข้อมูล เพื่อให้ได้ข้อมูลสารสนเทศเชิงพื้นที่ที่นำไปใช้ประกอบการวางแผนและการตัดสินใจในการบริหารจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมได้อย่างเป็นระบบ และมีประสิทธิภาพ

การรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสภาพพื้นที่เพื่อการวางแผนพัฒนาต่างๆ นั้นจะเป็นการจัดทำระบบข้อมูลด้วยมือของมนุษย์ ซึ่งจะอยู่ในรูปของเอกสาร รายงาน และแผนที่ ทำให้เกิดความยุ่งยากในการจัดเก็บข้อมูลและไม่สะดวกในการรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ผล รวมทั้งเกิดความล่าช้าและความซ้ำซ้อนในการทำงาน แต่ในปัจจุบันเทคโนโลยีต่างๆ ได้พัฒนาไปอย่างมาก ในปี ค.ศ. 1960 ได้มีการนำเอาเครื่องคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ในการคำนวณและลากเส้นขอบเขตของแผนที่ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จึงได้พัฒนามาจากการทำแผนที่ด้วยคอมพิวเตอร์นับแต่นั้นเป็นต้นมา และในบทนี้จะกล่าวถึง ความหมาย ประเภทและโครงสร้างของข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ รวมถึงประโยชน์และการนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ไปใช้ในงานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) และท้ายที่สุดคือแนวความคิดในการนำมาประยุกต์ใช้กับการวางแผนระบบไฟฟ้า

ความสามารถของ GIS ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงโครงข่าย (Network Analysis) เป็นคุณลักษณะที่สำคัญด้านหนึ่งที่มีประโยชน์อย่างยิ่ง ในการวิเคราะห์จัดการข้อมูลที่มีลักษณะเชื่อมโยงเป็นโครงข่าย เช่น ถนน, เส้นทางน้ำ, ระบบไฟฟ้า, ระบบประปา เป็นต้น

3.1 ปัญหาการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงโครงข่าย

จำแนกออกเป็น 3 ประเภท หลักๆ คือ

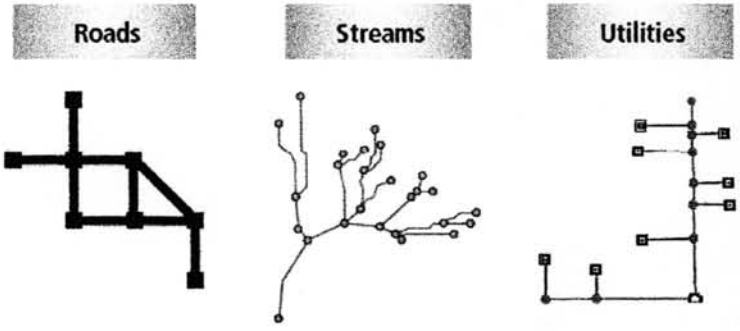
1) Network Loading การคำนวณหาปริมาณการไหลของทรัพยากรผ่านตำแหน่งต่างๆ ในโครงข่าย เช่น การทำนายปริมาณน้ำและตะกอนที่จะไหลมาตามเส้นทางน้ำต่างๆ หลังจากเกิดพายุในพื้นที่ต้นน้ำ

2) Route Optimization วิเคราะห์หาเส้นทางที่ดีที่สุดระหว่างระยะจุด 2 จุดในโครงข่าย

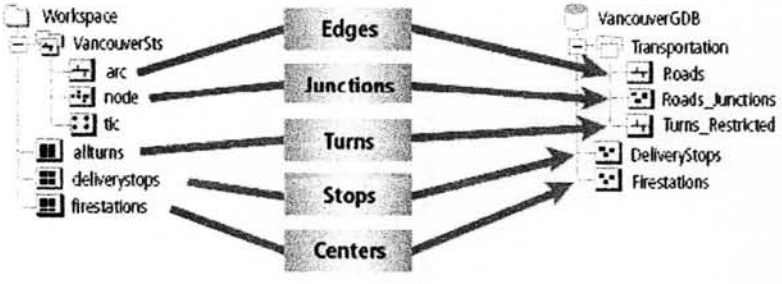
3) Network Resource Allocation วิเคราะห์เพื่อจัดสรรตำแหน่งของจุดกระจายทรัพยากรในโครงข่าย เป็นการแบ่งพื้นที่ให้บริการตามการเข้าถึงของความต้องการของผู้ใช้ ภายใต้เงื่อนไขหรือขีดจำกัดที่กำหนดขึ้น

3.2 การวิเคราะห์เชิงโครงข่าย

ในระบบ GIS ข้อมูลโครงข่ายระบุแทนด้วยเส้นและจุด เป็นลักษณะของกราฟิกที่เชื่อมโยงกัน โดยลักษณะโครงข่ายทั่วไป ได้แก่ เส้นทางถนน (Roads) เส้นทางน้ำ (Streams) และโครงข่ายสาธารณูปโภค (Utilities Networks) ซึ่งลักษณะโครงข่ายแต่ละประเภทนั้นก็จะมีการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันไปด้วยดังแสดงในรูปที่ 3.1 โดยมีลักษณะข้อมูลที่สนับสนุนการวิเคราะห์โครงข่าย ได้แก่ ข้อมูล Egde, Junction, Turns, Stops, Center ดังแสดงในรูป 3.2



รูปที่ 3.1 ตัวอย่างข้อมูลเชิงโครงข่าย (ESRI ArcNew,2006)



รูปที่ 3.2 ลักษณะข้อมูล Geodatabase (ESRI ArcNew,2006)

3.2.1 โครงข่ายเชิงตำแหน่ง (Network Location) คือ การวิเคราะห์จุดตำแหน่งพิกัดทางภูมิศาสตร์ในระบบโครงข่ายใน Network Analyst เป็นตำแหน่งภายในโครงข่ายข้อมูลที่สามารถถูกใช้ขณะที่นำเข้าระหว่างปฏิบัติการวิเคราะห์โครงข่าย โครงข่ายเชิงตำแหน่ง (Network Location) มี 6 ประเภท : จุดหยุด, สิ่งที่มาขัดขวาง, สิ่งอำนวยความสะดวก, เหตุการณ์ที่เกิดขึ้น, จุดเริ่มต้น, จุดปลายทาง (ArcNew,2006)

3.2.2 แบบจำลองการจัดสรรตำแหน่ง (Location Allocation Model) คือ กระบวนการหาตำแหน่งที่ดีที่สุดสำหรับหนึ่งหรือมากกว่าสิ่งอำนวยความสะดวกที่จะบริการให้กับจุดตำแหน่ง และกำหนดตำแหน่งเหล่านั้นไปยังสิ่งอำนวยความสะดวก โดยคำนึงถึงปัจจัย เช่น จำนวนสิ่งอำนวยความสะดวกที่ยอมรับได้ ค่าใช้จ่ายเหล่านั้น และค่าสิ่งขัดขวางมากที่สุดจากสิ่งอำนวยความสะดวกไปยังจุดตำแหน่ง เป็นกระบวนการของการเข้าถึงขอบ (Edges) หรือจุดรอยต่อ (Junction) ในโครงข่าย (Network) ไปใกล้สิ่งอำนวยความสะดวกที่สุด จนกระทั่งสิ่งอำนวยความสะดวก หรือมีขีดจำกัดเส้นของสิ่งกีดขวางที่เข้าถึง ตัวอย่างเช่น เส้นถนนอาจจะถูกกำหนดไปยังสถานีดับเพลิงที่ใกล้ที่สุด แต่เงื่อนไขคือภายใน 6 นาทีเท่านั้น หรือนักเรียนในพื้นที่อาจจะถูกกำหนดให้ไปลงทะเบียนเรียนยังโรงเรียนที่ใกล้สุดจนกระทั่งเต็ม เช่นเดียวกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า ที่ต้องส่งไฟฟ้าจากสถานีไฟฟ้าผ่านสายจำหน่าย ไปยังหม้อแปลงจำหน่ายที่มีขีดจำกัด ตามเงื่อนไขการวางแผนไฟฟ้าของ กฟภ.

3.3 หลักการแนวคิดของแบบจำลองการจัดสรรตำแหน่ง

3.3.1 แนวคิดของแบบจำลองการจัดสรรตำแหน่ง

Klinkenberg (1997) ได้นิยามความหมายของแบบจำลองการจัดสรรตำแหน่ง ไว้ว่าเป็นการพิจารณาเพื่อใช้ตัดสินใจหาตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับการให้บริการของจุดตำแหน่ง ที่สามารถเข้าถึงกลุ่มผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตามแบบจำลองที่เหมาะสมจะมีความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งพื้นที่ที่มีศักยภาพและระบุไปถึงผู้ใช้ ซึ่งหลักเกณฑ์ในการพิจารณา การนำแบบจำลอง (Model) มาใช้นั้น ต้องมีการขนส่งหรือเคลื่อนย้ายผ่านโครงข่าย (Network) ที่เชื่อมโยงกันระหว่างอุปทาน (Supply) ที่แตกต่างกัน และอุปสงค์ (Demand) หรือจุดความต้องการที่เกิดขึ้นโดยมีเงื่อนไขระยะทางหรือเวลาเป็นขีดจำกัด ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุปสงค์และอุปทาน จึงนำแบบจำลองการจัดสรรตำแหน่งมาใช้ในการจัดการแก้ปัญหาความเหมาะสม ความแตกต่างของแบบจำลองสามารถนำมาประยุกต์ได้โดยขึ้นอยู่กับประเภท และเป้าหมายของประเด็นการจัดสรรในการทำการศึกษานั้น

ความแตกต่างระหว่าง Location Model และ Location Allocation Model นั้น อาจอธิบายได้ดังนี้ คือ Location Model เป็นการสร้างเงื่อนไขกำหนดความต้องการการตอบสนองไว้ล่วงหน้า โดยไม่ขึ้นกับอุปทานจริง ส่วน Location Allocation Model นั้นเป็นการจัดสรรอุปทานและอุปสงค์ไปพร้อมกันผ่านโครงข่าย (Hodgson, Rising, and Starrier 1996) โดยแนวคิดของ Location Allocation Model นี้มีลักษณะพฤติกรรมที่เหมาะสำหรับนำมาใช้ในการจัดสรรโหลดระบบไฟฟ้าในระบบจำหน่ายที่มีสถานีไฟฟ้าเป็นแหล่งจ่ายไฟ (Source) และมีความต้องการใช้ไฟฟ้า (Load Demand) ไปยังหม้อแปลงจำหน่ายไฟฟ้า ผ่านโครงข่ายสายจำหน่าย

การประยุกต์ใช้แบบจำลองการจัดสรรตำแหน่ง กับระบบจำหน่ายไฟฟ้านี้ เป็นการศึกษาวัตถุประสงค์ ประเมินโครงสร้าง ความเหมาะสมของแบบจำลอง และการเลือกใช้เทคนิคขึ้นกับความต้องการที่เกี่ยวข้องกับบทบาทของการวางแผนระบบจำหน่ายไฟฟ้า เพื่อพัฒนาและติดตามลักษณะของระบบในแต่ละขั้นตอน จากเอกสารวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องเป็นที่ยอมรับได้ว่าแบบจำลองนี้เกี่ยวข้องกับการกำหนดตำแหน่ง เป้าหมายที่เหมาะสมตามข้อกำหนด และมีการกระจายความต้องการอีกครั้ง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการจากศักยภาพปัจจุบัน ด้วยทางเลือกตามวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ (Oliveira, 2003) ผู้วิจัยจึงได้นำแบบจำลองนี้ในการศึกษาครั้งนี้ โดยให้แหล่งจ่ายไฟ (Source) คือสถานีไฟฟ้า และจุดความต้องการโหลดทางไฟฟ้า (Load) คือหม้อแปลงจำหน่าย ผ่านสายจำหน่ายจำหน่าย 22 kV (Line) พิจารณาเงื่อนไขจากการเข้าถึงความต้องการโหลดทางไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟ และศึกษาพฤติกรรมของโหลดทางไฟฟ้า ความสามารถในการจ่ายไฟให้ครอบคลุมกับจุดความต้องการโหลด สถานีไฟฟ้าที่สามารถรองรับขนาดของการจัดสรรการกระจายตัวของโหลดเกิดขึ้นผ่านสายจำหน่ายตามระยะทางที่กระแสไฟเดินทางไปยังหม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่าย กระบวนการศึกษานี้กำหนดกรอบประเมินความเหมาะสมแบบจำลอง หาตำแหน่งจุดโหลดระบุเข้าสู่โครงข่ายระบบไฟฟ้า และหาที่ตั้งของสถานีไฟฟ้าเพื่อรองรับโหลดของสถานีไฟฟ้าที่เกิดขึ้น แล้ววางแผนให้สายจำหน่ายพิจารณาทิศทางการสั่งจ่ายไฟฟ้าที่คุ้มที่สุด โดยทำการออกแบบจำลองที่เหมาะสม แล้วพัฒนาระบบขึ้น

3.3.2 วัตถุประสงค์หลักของแบบจำลองการจัดสรรตำแหน่ง

Hillman (1984) ได้ระบุถึงวัตถุประสงค์หลักในการศึกษาที่เกี่ยวกับแบบจำลองการจัดสรรตำแหน่ง ดังนี้

1) ระยะทางการเดินทางน้อยที่สุด (Minimum Distance) เป็นการพิจารณาค่าน้อยสุดของระยะทางถ่วงน้ำหนักความต้องการทั้งหมด ของแต่ละจุดความต้องการไปยังจุดให้ตำแหน่งบริการที่ใกล้ที่สุด ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ในการหาตำแหน่งที่เหมาะสมของสถานีไฟฟ้าแห่งใหม่ โดยพิจารณาจากระยะทางเฉลี่ยน้อยสุด (Minimize Average Travel Distance) ระหว่างแหล่งจ่ายไฟหรือสถานีไฟฟ้า และจุดความต้องการโหลดหรือตำแหน่งของหม้อแปลงจำหน่ายที่อยู่ใกล้กันที่สุด

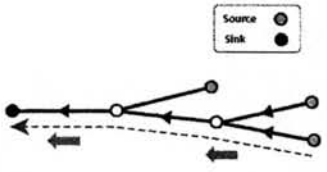
2) ระยะทางที่ครอบคลุมจุดความต้องการมากสุด (Maximum Covering) เป็นการพิจารณาค่าผลรวมระยะทางถ่วงน้ำหนักที่ครอบคลุมจุดความต้องการของจุดกระจายทรัพยากรมากที่สุดโดยมีขีดเงื่อนไขจำกัด ภายใต้ระยะทางหรือเงื่อนไขที่แน่นอน มาเป็นเกณฑ์ในการตัดสินโดยที่อย่างน้อย 1 จุดกระจายทรัพยากรที่ครอบคลุมความต้องการทั้งหมดนั้น ตัวอย่างประยุกต์ใช้หาพื้นที่ตำแหน่งให้บริการของสถานีไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพและครอบคลุมจุดความต้องการโหลดมากที่สุด

ซึ่งในการศึกษานี้ก็ได้ กำหนดวัตถุประสงค์ขึ้นตามแนววัตถุประสงค์พื้นฐานหลักที่จำเป็นต้องมีการศึกษาปัจจัยและเงื่อนไขต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนระบบจำหน่ายของ กฟภ. มาประยุกต์ตามหลักเกณฑ์คู่มือการวางแผนไฟฟ้า ตัวอย่างเช่นการหาตำแหน่งสถานีที่ต้องการกำหนดขนาดของโหลดทางไฟฟ้าที่สามารถครอบคลุมได้มากที่สุด ภายในระยะทางที่กำหนดหรือจากเงื่อนไขการแปรผันกับความสูญเสียของแรงดันตกในระบบสายจำหน่าย

3.4 รูปแบบประเภทข้อมูลโครงข่ายบนโปรแกรม ArcGIS

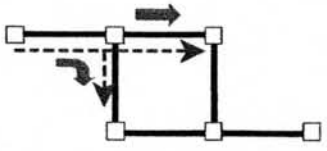
ลักษณะข้อมูลเชิงโครงข่ายที่โปรแกรม ArcGIS สนับสนุนเครื่องมือในการวิเคราะห์โครงข่ายแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

- โครงข่ายที่มีทิศทาง (Directed Flow Networks) ที่มีการเคลื่อนที่ผ่านจากต้นทางไปปลายทาง ไปทางเดียว เช่น เส้นทางน้ำ หรือโครงข่ายสาธารณูปโภค เป็นต้น ดังตัวอย่างแสดงในรูปที่ 3.3



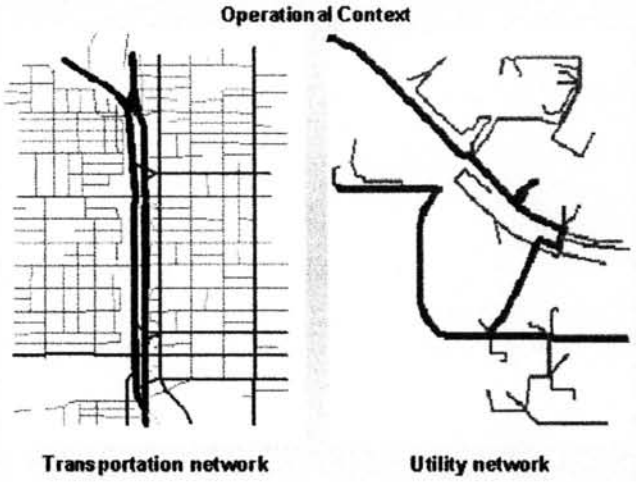
รูปที่ 3.3 โครงข่ายแบบมีทิศทาง (ESRI Arcnews, 2006)

- โครงข่ายไม่มีทิศทาง (Undirected Flow Networks) มีเส้นทางการเคลื่อนที่ที่ไม่แน่นอน เช่น เส้นทางถนนที่การเลี้ยวกลับได้ หรือไปทางเดียวกัน ดังตัวอย่างแสดงในรูปที่ 3.4



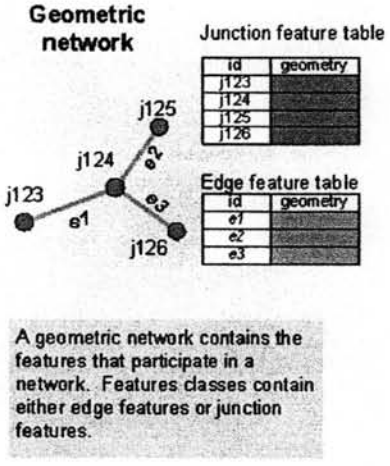
รูปที่ 3.4 โครงข่ายแบบไม่มีทิศทาง (ESRI Arcnews, 2006)

ดังรูปที่ 3.5 ได้แสดงประเภทลักษณะทั้ง 2 รูปแบบได้แก่ โครงข่ายไม่มีทิศทาง (Undirected Flow Networks) เช่น เส้นทางถนน และโครงข่ายที่มีทิศทาง (Directed Flow Networks) เช่น โครงข่ายระบบไฟฟ้า ประปา เป็นต้น



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างข้อมูลประเภทโครงข่ายทั้ง 2 รูปแบบ (ESRI Arcnews, 2006)

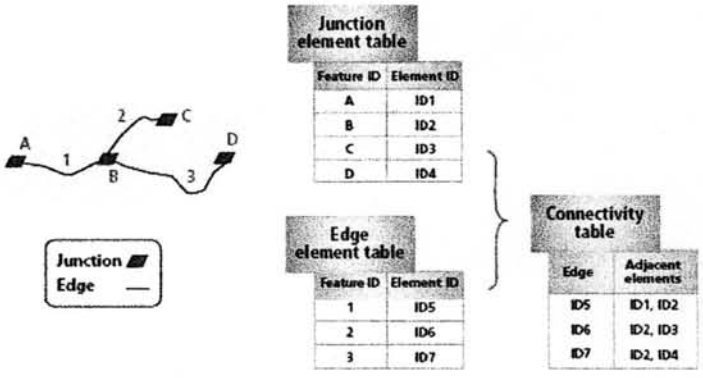
ซึ่งข้อมูลระบบไฟฟ้าเป็นโครงข่ายที่มีทิศทาง (Directed Flow Networks) ในชุดคำสั่งของ ArcGIS ตั้งแต่เวอร์ชั่น 8.0 จนถึง 9.0 มีฟังก์ชันของ Utility Network ที่สามารถใช้ในการวิเคราะห์ได้ รูปแบบของข้อมูลโครงข่ายนี้เรียกว่า Geometric Network ลักษณะของโครงสร้างข้อมูลมีแสดงอยู่ในรูป 3.6



รูปที่ 3.6 ชนิดข้อมูลโครงข่ายของฟังก์ชั่น Utility Netwotk
เรียกว่า Geometric Network (ESRI Arcnews, 2006)

ส่วนลักษณะข้อมูล Undirected Flow Networks นั้น มีความสามารถ Extension คือ ArcGIS Network Analyst Extension ใน ArcGIS 9.1 เมื่อเปรียบเทียบกับ 9.0 เพิ่มความสามารถใหม่ที่

สำคัญในการสร้างและวิเคราะห์ข้อมูลโครงข่าย (Network Dataset) มีการทำงานในโหมดการสร้าง Network Dataset ใน ArcCatalog, Network Analysis Windows และ Toolbar ใน ArcMap รวมทั้งยังมีเครื่องมือในการทำ Geoprocessing ทางด้านโครงข่ายอีกหลายอย่าง โดยเครื่องมือใน ArcToolbox สามารถสร้าง จัดการและวิเคราะห์ข้อมูลเครือข่ายซึ่งจะเน้นในการขนส่ง เพื่อช่วยในการแก้ไขปัญหาอย่างเช่น การหาเส้นทางที่ดีที่สุด การหาสาธารณูปโภคที่ใกล้ที่สุด และการหาพื้นที่การให้บริการ ซึ่งใน ArcMap Extension นี้จะประกอบด้วยเครื่องมือการทำงานแบบโต้ตอบอยู่ภายใน ArcMap ที่จะมีมาพร้อมกับเครื่องประมวลผลเชิงปริภูมิ ที่สามารถนำไปเขียนสคริปต์และสร้างแบบจำลองได้ด้วย และในฟังก์ชั่น Network Analysis มีชนิดข้อมูลโครงข่ายที่เรียกว่า Network Dataset ดังรูปที่ 3.7 ซึ่งในการสร้าง Network Dataset จากโหมดวิซาร์ดใน ArcCatalog นั้นสามารถทำได้กับข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเส้นทั้งในรูปแบบ Shapefile และGeodatabase (ESRI Arcnews, 2006)



รูปที่ 3.7 ชนิดข้อมูลโครงข่ายของฟังก์ชั่น Network Analysis
เรียกว่า Network Dataset (ESRI Arcnews, 2006)

ในงานวิจัยนี้จึงเป็นการประยุกต์ระบบข้อมูลไฟฟ้าด้วยชุดคำสั่งของ Network Analysis ที่มีฟังก์ชันที่จำเป็นต้องใช้ในการวางแผน ซึ่งไม่มีสนับสนุนในส่วนของ Utility Network อันเป็นการวิเคราะห์โครงข่ายโดยตรงของข้อมูลในรูปแบบที่สนับสนุนระบบไฟฟ้า จึงต้องมีการประยุกต์ใช้ฟังก์ชั่นของ Network Analysis ของ ArcGIS 9.1 เพื่อวิเคราะห์ในการจัดสรรตำแหน่งหาที่ตั้งสถานีไฟฟ้าและวางแผนระบบจำหน่ายตามเงื่อนไขข้อกำหนดของการวางแผนระบบไฟฟ้าของ กฟภ.