บทที่ 2

การวิเคราะห์ทางระบบ

2.1 บทนำ

วิทยานิพนธ์นี้มุ่งที่จะนำหลักการวิเคราะห์ทางระบบ (Systems Approach หรือ Systems Analysis) มาประยุกต์ในการศึกษาและวางแผนพัฒนาแหล่งน้ำ ให้แก่ชุมชนในชนบท ดังนั้นในบทนี้จะได้แนะนำหลักการวิเคราะห์ทางระบบโดยสังเขปและในบทที่ 3 จะได้กล่าวถึงหลักวิชาด้านวิศวกรรมแหล่งน้ำในการจัดหาแหล่งน้ำ

ในปัจจุบันมนุษย์ได้ประสบปัญหาต่อการดำรงชีวิตมากขึ้นหลายประการ อาทิเช่น ความสลับซับซ้อนของสังคม (Societal Complexity) ความขาดแคลนหรือความจำกัดของทรัพยากร ความเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อม ความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยี่เป็นต้น เมื่อสังคมเกิดความต้องการที่จะมีการดำเนินการหรือจัดสร้างระบบสาธารณูปโภคต่าง ๆ จึงจำเป็นที่จะต้องมีการวางแผนและออกแบบที่ดี เพื่อให้เกิดผลลัพท์ที่จะได้จากการดำเนินการ และจัดสร้างระบบต่าง ๆ ให้มีความเหมาะสมดีที่สุด โดยเหตุดังกล่าวจึงได้มีการนำหลักการวิเคราะห์เชิงระบบ มาประยุกต์กับงานในสาขาต่าง ๆ เพิ่มขึ้นอย่างมากในปัจจุบัน นับแต่ปี ค.ศ.1960 เป็นต้นมา หลักการวิเคราะห์เชิงระบบได้ถูกนำมาประยุกต์กับการศึกษาด้านวิศวกรรมแหล่งน้ำ ตลอดจนการวางแผนและออกแบบสำหรับการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดใหญ่มากขึ้นตามลำดับ

ในขบวนการวางแผนและออกแบบของวิศวกร เพื่อที่จะสนองตอบต่อความต้องการของสังคม ดังแสดงในรูป 2-1 จะต้องเริ่มต้นจากการสำนึกต่อความจำเป็น (need) หรือความต้องการที่เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมแห่งโลกความเป็นจริง ซึ่งเรียกร้องระบบสาธารณูปโภคต่าง ๆ จากนั้นจึงทำการศึกษาสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวพันกับความจำเป็นดังกล่าว เพื่อที่จะได้รวบรวมข้อมูล ตลอดจนระบุประเด็นปัญหาให้กระจ่างชัด และสร้างแบบจำลองของปัญหาสำหรับการวิเคราะห์แบบจำลองของปัญหาจะประกอบด้วยข้อมูล ตัวแปรและองค์

ประกอบต่าง ๆ มากมายหลายด้าน ทั้งทางด้านนามธรรมและรูปธรรม ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2-1 วิศวกรจะต้องทำการวิเคราะห์และออกแบบระบบต่าง ๆ ให้ได้ผลลัพท์ที่เหมาะสมดีที่สุด (optimum plan and design) โดยจะต้องพิจารณาให้สอดคล้องกับเงื่อนไขต่างๆ ในด้านกายภาพ เศรษฐกิจ ทรัพยากร สังคมและการเมือง จากความสลับซับซ้อนของปัญหาในโลกแห่งความเป็นจริง และจุดมุ่งหมายที่จะแสวงหาผลลัพท์ที่เหมาะสมดีที่สุด (optimum solution)หลักการวิเคราะห์เชิงระบบ จึงมีความสำคัญอย่างมากต่อการวิเคราะห์ของวิศวกร

ขั้นตอนในขบวนการวางแผนและออกแบบที่ได้แสดงในรูป 2-1 อาจจำเป็นต้องกระทำ หรือทบทวนซ้ำซาก (iterative process) ทั้งนี้เนื่องจากว่า

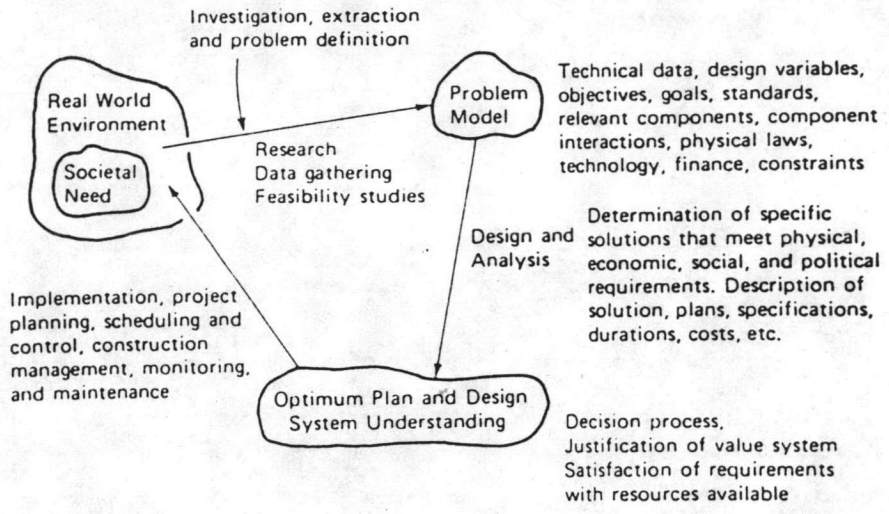
1. การศึกษาวิเคราะห์ที่กระทำขึ้น ได้ค้นพบและสร้างความเข้าใจต่อลักษณะของปัญหาหรือระบบมากขึ้น ซึ่งทำให้ต้องมีการแก้ไขและปรับปรุงลักษณะของปัญหาใหม่ ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป (problem redefinition)

2. ความจำกัดของความรู้และความสามารถในการศึกษาวิเคราะห์อาจทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือระบบได้ทุกกรณี จึงนำไปสู่การแก้ไข/ปรับปรุงโครงสร้างของระบบและปัญหา เพื่อที่จะสามารถวิเคราะห์ให้ได้ผลขั้นสุดท้ายได้

3. การค้นพบหลักวิชาการ/เทคโนโลยี่ใหม่ ๆ ตลอดจนข้อจำกัดต่าง ๆ ในด้านการลงทุน สังคมและการเมือง เปลี่ยนแปลงไปจากที่มีอยู่เดิม ทำให้ต้องมีการทบทวนขั้นตอนต่าง ๆ ของการศึกษาวางแผนและออกแบบ

2.2 คำนิยามในการวิเคราะห์เชิงระบบ

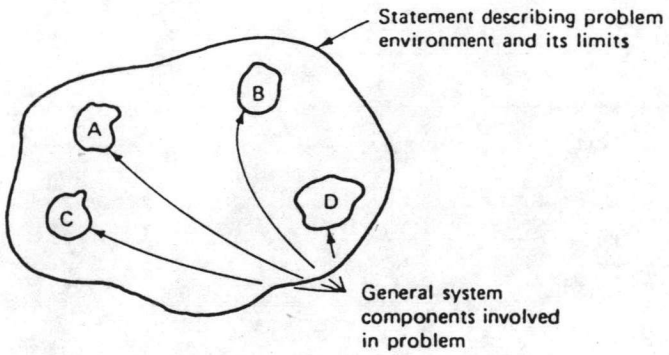
ในการศึกษาเรื่องราวเกี่ยวกับระบบนั้น จำเป็นต้องทำความเข้าใจกับคำศัพท์ตลอดจนความหมายต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ระบบ โดยทั่วไปแล้วคำศัพท์เบื้องต้นมี



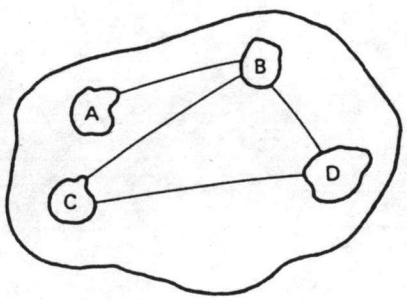
The Basic Design and Planning Process

รูปที่ 2-1 ขบวนการออกแบบและวางแผน

(Meredith, 1973)[6]



Problem Environment and Component Identification



Problem Environment and System Components with Structure

รูปที่ 2-2 ระบบองค์ประกอบและโครงสร้างความสัมพันธ์

(Meredith, 1973)[6]

ดังกล่าวต่อไปนี้

ระบบ (System)

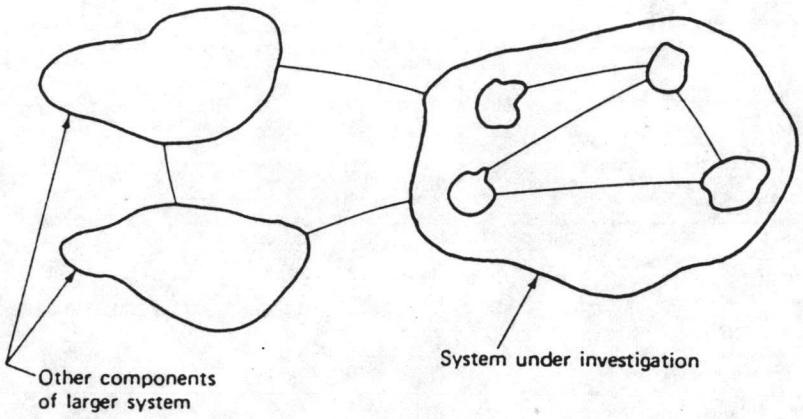
ระบบ หมายถึง กลุ่มขององค์ประกอบ (components) ที่มีคุณลักษณะ (attributes) เฉพาะตัว มาประกอบกันขึ้นเป็นระบบหนึ่งที่มีวัตถุประสงค์/จุดม่งหมายของระบบที่แน่นอน โดยที่มีโครงสร้างความสัมพันธ์ (systems structures หรือ relationships) ระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ชัดเจน ดังแสดงในรูป 2-2(ก) และ (ข) องค์ประกอบของระบบนั้นอาจมีได้หลายรูปแบบ ทั้งรูปธรรมและนามธรรมร่วมกันในระบบหนึ่ง ๆ เช่น ระบบหนึ่งอาจจะประกอบด้วยอะตอม ดาว ลวด กระดูก ก๊าซ ตัวแปรคณิตศาสตร์ สมการ กฎหมาย ขบวนการขั้นตอนต่าง ๆ เป็นต้น

สภาพแวดล้อม (Environment)

ในการพิจารณาระบบใด ๆ สภาพแวดล้อมของระบบนั้น ๆ หมายถึง กลุ่มขององค์ประกอบต่าง ๆ ภายนอกระบบ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับระบบโดยที่องค์ประกอบเหล่านั้นจะเปลี่ยนแปลงไปตามพฤติกรรมของระบบ ดังแสดงในรูป 2-3

ระบบย่อยและโครงสร้างลำดับของระบบ (Subsystem and Hierachical System Structure)

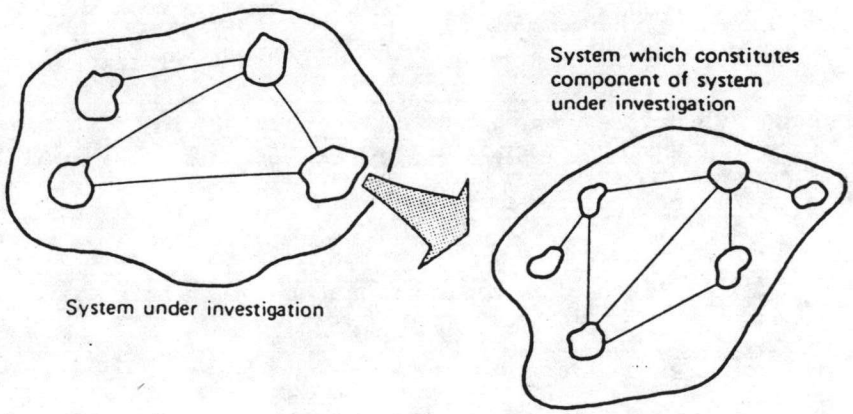
ในการพิจารณาระบบหนึ่งนั้น อาจจะต้องทำการวิเคราะห์ระบบ โดยแบ่งส่วนย่อย ๆ ออกมาพิจารณาในรายละเอียดให้มากขึ้นเป็นส่วน ๆ แต่ละส่วนของระบบที่พิจารณาในรายละเอียด เรียกว่า ระบบย่อย (subsystems) ดังแสดงในรูป 2-4 ระบบใด ๆ ระบบหนึ่งสามารถจะย่อยระบบออกมาเป็นระบบย่อย ได้หลายขั้นตอนตามความจำเป็นของการศึกษาและวิเคราะห์ ซึ่งจะทำให้เกิดโครงสร้างลำดับของระบบย่อยดังแสดงในรูป 2-5(ก) ขั้นตอนการศึกษา/วิเคราะห์จะต้องเป็นไปตามโครงสร้าง ลำดับของระบบย่อยตามความเป็นจริง หรือตามลักษณะของความสัมพันธ์ ดังแสดงในรูป 2-5(ข)



System under Investigation as a Component of a Larger System

รูปที่ 2-3 ระบบที่พิจารณาเป็นองค์ประกอบของระบบใหญ่กว่า

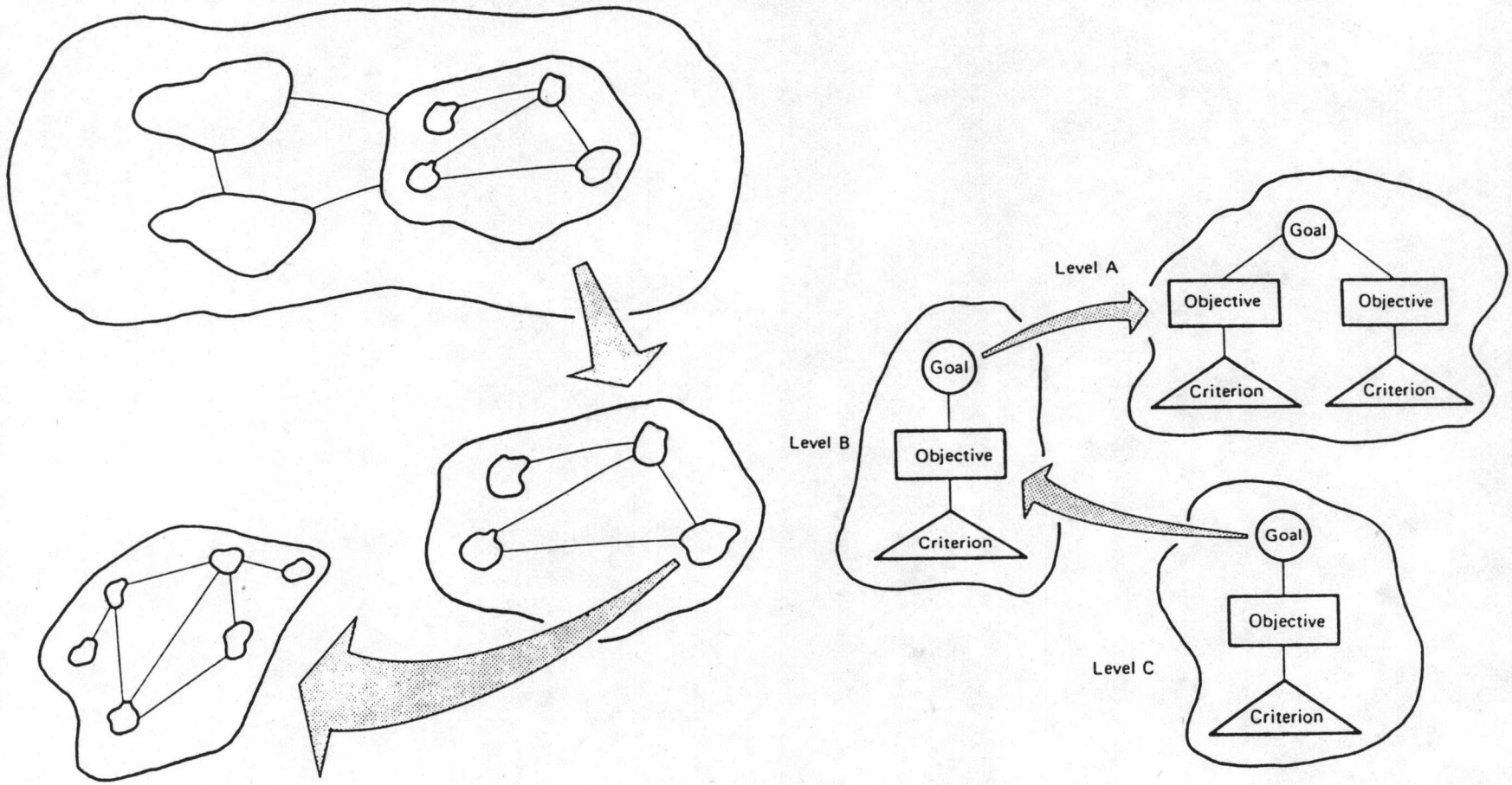
(Meredith, 1973)[6]



Microanalysis of System Components

รูปที่ 2-4 ระบบย่อยของระบบพิจารณา

(Meredith, 1973)[6]



รูปที่ 2-5 โครงสร้างลำดับของระบบย่อย และ ขั้นตอนการพิจารณา

(Meredith, 1973)[6]

สิ่งเข้าและสิ่งออกของระบบ (Systems Inputs and Outputs)

เนื่องจากระบบใด ๆ ย่อมอยู่ท่ามกลางระบบหรือองค์ประกอบอื่น ๆ ในสภาพแวดล้อม (environment) ซึ่งมีความสัมพันธ์ระหว่างกัน จึงทำให้มีสิ่งเข้า (input) และสิ่งออก (output) ของระบบที่กำลังพิจารณา สิ่งเข้านั้นอาจจะหมายถึง ข้อมูลเข้า วัตถุดิบของการผลิต การลงทุน เป็นต้น ในขณะที่สิ่งออกอาจจะหมายถึง ผลลัพท์จากการคำนวณ ผลผลิตที่ได้รับ หรือผลกำไร เป็นต้น แล้วแต่ลักษณะของระบบและปัญหาที่กำลังพิจารณา ระบบหรือองค์ประกอบต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันล้วนแต่มีสิ่งเข้าและสิ่งออกด้วยกันทั้งนั้น

การย้อนกลับและระบบปรับตัวได้ (Feedback and adaptive system)

ในบางระบบนั้น สิ่งออก (output) บางส่วนอาจถูกนำมาใช้เป็นสิ่งเข้า (input) ได้ ซึ่งเรียกว่าการย้อนกลับ (Feedback) ซึ่งทำให้ระบบปรับตัวเองตามการย้อนกลับนี้ ระบบที่มีการปรับตัวได้ดังกล่าวเรียกว่า ระบบปรับตัวได้ (adaptive system) เช่น เครื่องปรับอากาศมีการควบคุมการทำงานโดยชุดควบคุมอุณหภูมิ (Thermostat) เป็นต้น

ความจำเป็นและความต้องการ (Need and Want)

ในการดำรงชีพของมนุษย์ให้มีความสุขและความเจริญได้นั้น มักจะต้องมีความจำเป็น (Need) ที่จะต้องมีระบบบางอย่างเกิดขึ้นเพื่อชดเชยความขาดแคลน และมักจะนำไปสู่ความต้องการ (Want) ที่จะให้มีระบบบางอย่างเกิดขึ้นอย่างไรก็ตามในบางปัญหาจริงที่เกิดขึ้น ความจำเป็น (Need) และความต้องการ (Want) ที่มีในสังคม ไม่จำเป็นที่จะต้องตรงกันหรือสอดคล้องกันเสมอไป

เป้าหมายและวัตถุประสงค์ (Goal and Objective)

เมื่อเกิดความต้องการที่จะให้มีระบบหนึ่งเกิดขึ้น จำต้องมีการระบุเป้าหมาย (Goal) ในการดำเนินงานที่จะจัดสร้างหรือจัดหาระบบนั้นขึ้นมา โดยการ

009689

วิเคราะห์เป้าหมายที่ตั้งขึ้น จะสามารถกำหนดวัตถุประสงค์ของระบบที่ชัดเจนและเป็นไปได้ (Objective) หรือบางครั้งจะเรียกว่า ฟังค์ชั่นวัตถุประสงค์ (Objective Function) เพื่อสามารถนำไปศึกษาและวิเคราะห์ในรายละเอียดต่อไป การกำหนดวัตถุประสงค์นั้นจะต้องให้สอดคล้องกับเงื่อนไขข้อจำกัดต่าง ๆ (Constraints) ซึ่งอาจหมายถึง ข้อบังคับตามกฎหมายและประเพณี ระดับของการลงทุนและกำไร ปริมาณของวัตถุดิบ และผลผลิตในขบวนการผลิต เป็นต้น และการพิจารณาว่าระบบได้สนองต่อวัตถุประสงค์อย่างไรนั้น จะต้องมีกฎเกณฑ์ (Criterion) ในการพิจารณาที่แน่ชัดดังแสดงรูป 2-5(ข)

<u>แนวทางเผื่อเลือก</u> (Alternatives)

การวิเคราะห์ในเชิงระบบได้ยึดถือปรัชญาหนึ่งว่า ปัญหาใด ๆ จะสามารถมีแนวทางการแก้ไขได้หลาย ๆ แนวทางเสมอ เช่นเดียวกับการจัดหาหรือจัดสร้างระบบใด ๆ ขึ้นมานั้น สามารถหารูปแบบหรือลักษณะของระบบได้หลายแบบสำหรับการพิจารณาเลือกแนวทางหรือระบบเหล่านั้น เรียกว่า แนวทางเผื่อเลือก (Alternatives) ยกตัวอย่างเช่น การจัดหาน้ำให้กับชุมชนหนึ่ง อาจจะทำได้หลาย ๆ วิธี เช่น สร้างเขื่อนเก็บกักน้ำ สร้างฝาย ขุดคลอง สูบน้ำ ขุดบ่อน้ำตื้น เจาะบ่อบาดาล เป็นต้น

<u>คุณสมบัติในการเปรียบเทียบ</u> (Compatibility)

ในการพิจารณาระบบ 2 ระบบ หรือมากกว่านั้น ควรได้มีการพิจารณาถึงคุณสมบัติในการเปรียบเทียบ (Compatibility) ว่าระบบเหล่านั้นมีความสอดคล้องในสภาพแวดล้อมและเงื่อนไขต่าง ๆ ที่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันมากน้อยเพียงไร เช่น การพิจารณาคุณสมบัติของรถยนต์ที่มีราคาต่างระดับกันมาก เป็นสิ่งที่ไม่สามารถกระทำได้เป็นต้น

การหาผลลัพท์ที่ดีที่สุด (Optimization)

ในการศึกษา/วิเคราะห์ปัญหาของระบบใด ๆ ดังได้กล่าวมาแล้วว่าสามารถ มีแนวทางเผื่อเลือก (alternatives) ได้หลาย ๆ แนวทางเสมอ จึงจำเป็นต้องมีการเปรียบเทียบแนวทางต่าง ๆ เพื่อจะหาแนวทางในการแก้ไขปัญหา ขบวนการเปรียบเทียบ แนวทางเผื่อเลือกจึงนำไปสู่การหาผลลัพท์หรือแนวทางดีที่สุด (optimization) เพื่อที่จะได้แนวทางเผื่อเลือกของระบบที่มีความเหมาะสมดีที่สุด ตามฟังค์ชั่นวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยสอดคล้องกับสภาพแวดล้อม (environment) และเงื่อนไขข้อจำกัดต่าง ๆ ที่มีอยู่ (constraint) ในกรณีปัญหาที่พิจารณาสามารถบรรยายได้ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ ขบวนการหาผลลัพท์ดีที่สุด (Optimization Process) อาจหมายถึง แคลคูลัส (calculus) โปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) โปรแกรมไดนามิค (Dynamic Programming) โปรแกรมไม่เชิงเส้น (Nonlinear Programming) เป็นต้น

2.3 การวิเคราะห์เชิงระบบ (Systems Approach)

ในการดำเนินงานและจัดสร้างระบบสาธารณูปโภคของวิศวกร เช่น การพัฒนาแหล่งน้ำ เป็นต้น มักจะต้องเผชิญปัญหาหรือระบบที่มีขนาดใหญ่และความสลับซับซ้อน บ่อยครั้งที่การวิเคราะห์ปัญหาเพื่อการวางแผนและออกแบบ จะต้องตัดทอนองค์ประกอบ และความสลับซับซ้อนของปัญหาลงโดยการตั้งข้อสมมุติฐาน (assumption) หรือลดขนาดของระบบหรือปัญหาให้เล็กลง การวิเคราะห์เชิงระบบจึงได้เข้ามามีส่วนสำคัญต่อการวิเคราะห์เพื่อที่จะได้วิเคราะห์ปัญหาที่มีขนาดและความสลับซับซ้อนได้มากและดีขึ้น

โดยทั่วไประบบ (system) จะประกอบด้วยองค์ประกอบ (component) จำนวนมากที่มีความสัมพันธ์/ปฏิกิริยาต่อกัน (relationship/interaction) Aguilar (1973)[4] ได้กล่าวว่า "The purpose of the system approach is to develop methods, mathematical or otherwise, to deal systematically and rationally with the quantifiable parameters of a problem; to increase the set of quantifiable parameters through statistical observation, testing, deve-

lopment of measuring techniques; and to provide a clear understanding of the situation at hand as an aid to the decision maker fo subjec - tively evaluating the intangibles which are present in most real problems.

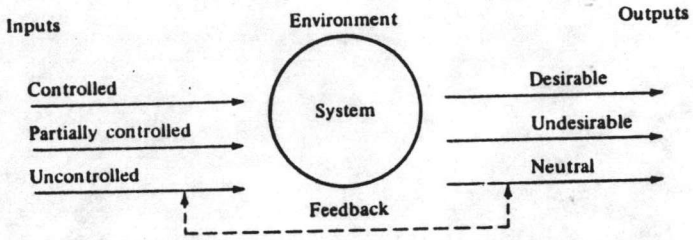
ดร.สุรวุฒิ ประดิษฐนนท์ (1) ได้กล่าวว่า การวิเคราะห์ระบบหมายถึง ความเข้าใจถึงลักษณะขององคประกอบของระบบและความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ที่รวมกันขึ้นมาเป็นระบบ ความเข้าใจถึงการปฏิบัติงานของระบบ ทำให้สามารถที่จะทำนายผลที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ที่มีต่อระบบได้

L. R. Beard (1973) (2) ได้กล่าวถึงวัตถุประสงคของการวิเคราะห์ระบบไว้ว่า เพื่อให้สามารถวิเคราะหการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะต่าง ๆ ของระบบในวิถีทางที่จะให้เกิดผลลัพท์ที่ดีที่สุดจากระบบนั้น

นอกจากนั้น Stephen J. Burges (3) ได้กล่าวว่าการวิเคราะห์เชิงระบบเป็นการรวบรวมกรรมวิธีในการกำหนดและตรวจสอบปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อนำไปสู่การแก้ - ปัญหา กำหนดแนวทางเผื่อเลือก และการเลือกแนวทางเผื่อเลือกที่ดีที่สุด

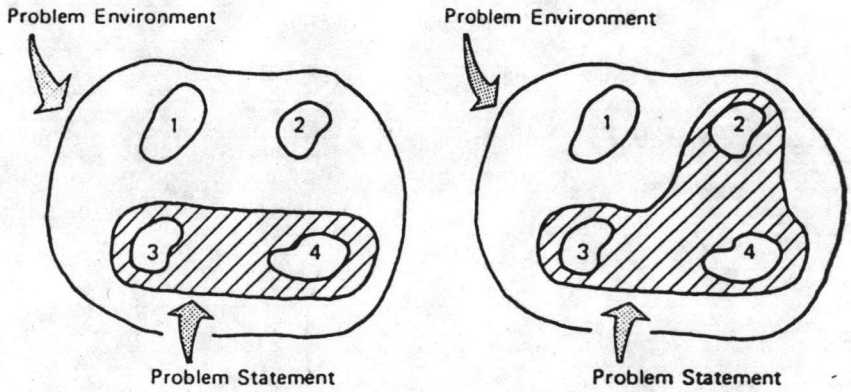
Hall and Dracup (5) ได้กล่าวในเรื่องของการวิเคราะหระบบว่าระบบ (System) อาจหมายถึง กลุ่มขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์และปฏิกริยา (Interaction) อย่างมีระเบียบกฎเกณฑ์ โดยมีสิ่งเข้าและสิ่งออก (inputs and outputs)ของระบบ เป็นสื่อสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อม (environment) ระบบส่วนใหญ่ในโลกของความเป็นจริงมักจะมีลักษณะค่อนข้างไดนามิก (dynamic) ซึ่งทำให้เกิดการย้อนกลับ (feedback) ดังแสดงในรูป 2-6 การวิเคราะหเชิงระบบ มักจะเกี่ยวข้องกับการศึกษาความสัมพันธ์ของสิ่งเข้า (input) ระบบ (system) และสิ่งออก (output) เพื่อจะได้ข้อมูลสำหรับพิจารณาตัดสินใจ (decision making) ในการดำเนินงาน วางแผน ออกแบบ และจัดการ องคประกอบต่าง ๆ ของระบบในส่วนที่ควบคุมได้ (control lable) เพื่อให้บรรลุถึงวัตถุประสงค์ของระบบ (objectives) ได้อย่างเหมาะสม

การระบุคุณลักษณะของระบบใด ๆ สำหรับการวิเคราะห์เชิงระบบ อาจกระทำได้โดย



รูปที่ 2-6 หลักการของระบบ

(Hall and Dracup, 1975)[5]



(a) Problem statement based on components 3 and 4

(b) Problem statement based on components 2, 3, and 4

Different Problem Statements Based upon Components That Are Included

รูปที่ 2-7 ระบบที่ต่างกันอันเนื่องมาจาก การกำหนดปัญหาที่แตกต่างกัน

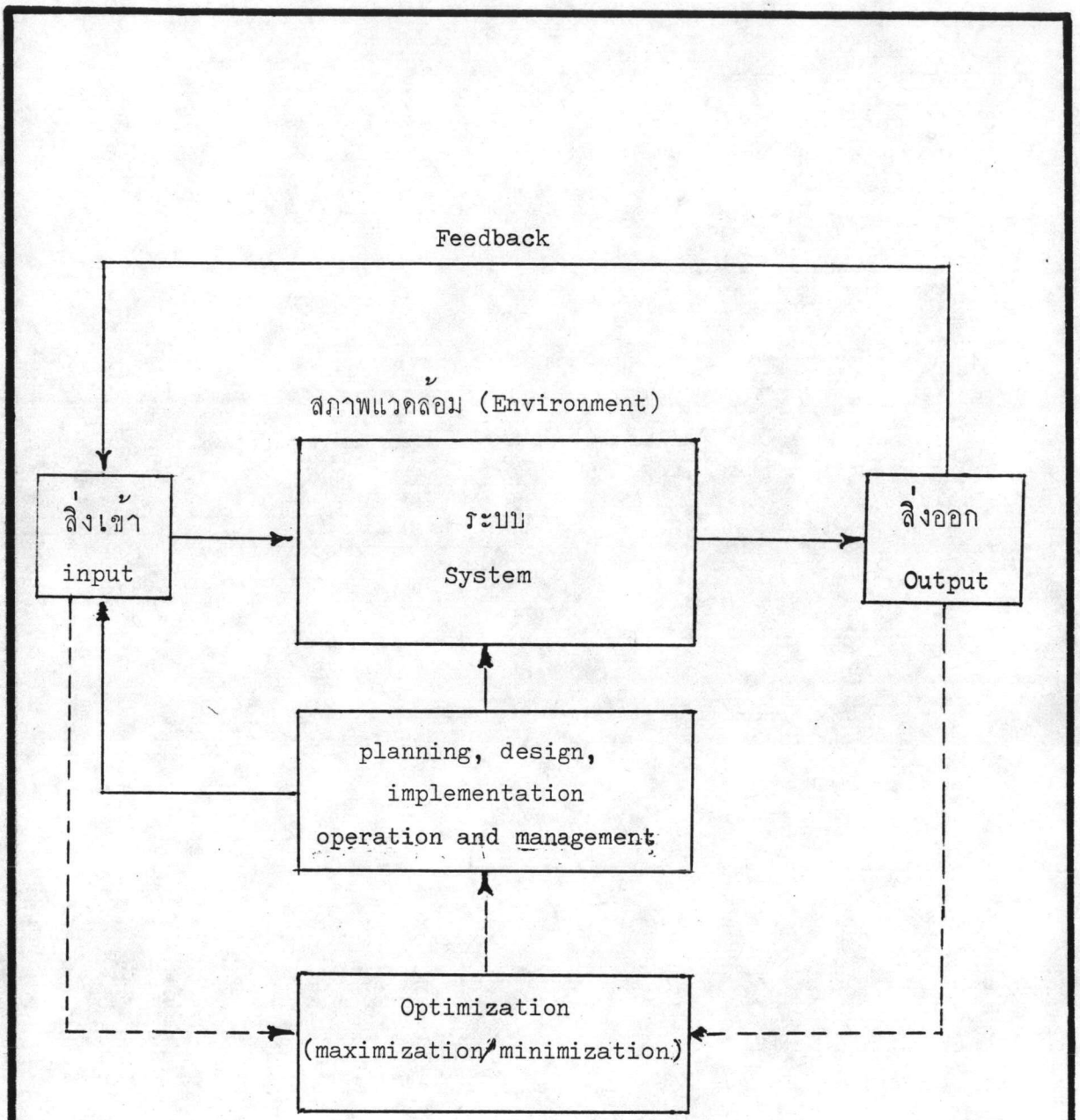
(Meredith, 1973) [6]

1. กฎเกณฑ์ต่าง ๆ ที่กำหนดองคประกอบต่าง ๆ ของระบบ (System) และสภาพแวดล้อม (environment) ตลอดจนการกำหนดขอบเขตของระบบ (systems boundary) ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากต่อการวิเคราะห์ ระบบใด ๆ ดังแสดงในรูป 2-7

2. การระบุหรือกำหนดสิ่งเข้า (input) และสิ่งออก (output) ซึ่งระบบมีปฏิกริยา/ความสัมพันธ์ต่อสภาพแวดล้อม (environment)

3. การระบุหรือกำหนดความสัมพันธ์ และปฏิกริยาระหว่างกันขององค์ประกอบต่าง ๆ ของระบบ (systems components) สิ่งเข้า (input) และสิ่งออก (output) ตลอดจนปฏิกริยาภายนอก (external interaction) ระหว่างสิ่งออก (output) และสิ่งเข้า (input) ซึ่งเรียกว่า การย้อนกลับ (feedback)

จากรูป 2-6 การวิเคราะห์เชิงระบบโดยทั่วไปแล้ว มีจุดมุ่งหมายที่จะปรับปรุง/ดัดแปลงสิ่งเข้าที่ควบคุมได้ (controllable and partially controllable inputs) เพื่อให้ได้สิ่งออกจากระบบที่ต้องการ (desirable output) มากที่สุด (maximization) และจำกัดสิ่งออกจากระบบที่ไม่ต้องการ (undesirable output) ให้น้อยที่สุด (minimization) ผลลัพท์ที่ได้อาจนำไปใช้ในการวางแผน ออกแบบ ดำเนินการจัดสร้างระบบ ตลอดจนการจัดการ (operation and management) ดังแสดงสรุปในรูป 2-8



รูปที่ 2-8 สรุปขบวนการวิเคราะห์เชิงระบบ

(SYSTEMS ANALYSIS PROCESS)