บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้นำเสนอทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการงานวิจัยและรวบรวมข้อมูลงานวิจัยในอดีตซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับขอบเขตงานวิจัยที่ศึกษา โดยมีเนื้อหากหลักได้แก่ การก่อสร้างงานโครงการเขื่อน, การก่อสร้างงานชลประทาน, ความล่าช้าในงานก่อสร้าง, สาเหตุของความล่าช้าในโครงการก่อสร้าง, ข้อจำกัดในงานก่อสร้างเขื่อน, ข้อจำกัดในการก่อสร้างงานชลประทาน และ เทคนิคการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process : AHP)

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับงานชลประทาน

พระราชบัญญัติการชลประทานราษฎร์ พุทธศักราช 2482 [1] ได้ให้คำจำกัดความ การชลประทานไว้ดังนี้

การชลประทาน หมายความว่า “กิจการที่รัฐบาลจัดทำเพื่อส่งน้ำ จากทางน้ำหรือแหล่งน้ำไปใช้ในการเพาะปลูก และหมายความถึงการป้องกันการเสียหายแก่การเพาะปลูกอันเกี่ยวกับน้ำ ทั้งรวมถึงการคมนาคมทางน้ำ ซึ่งอยู่ในเขตชลประทานนั้นด้วย” ซึ่งจะเห็นว่า การชลประทานในพระราชบัญญัติการชลประทานราษฎร์ นอกจากจะหมายถึงการส่งน้ำเพื่อการเพาะปลูกแล้ว ยังให้หมายรวมถึงกิจการประเภทอื่น ที่เป็นประโยชน์ต่อการเพาะปลูก อีก 3 ประเภท คือ การเก็บน้ำ การระบายน้ำและการบรรเทาอุทกภัยด้วย

ปรัชญา ปักษี และ ประวิทย์ เกรัมย์ สำนักพัฒนาแหล่งน้ำขนาดใหญ่ กรมชลประทาน ได้แบ่งประเภทของโครงการชลประทานออกเป็น 7 ประเภทดังนี้

1) โครงการชลประทานขนาดใหญ่ คือ งานชลประทานอเนกประสงค์ที่สามารถก่อให้เกิดประโยชน์ทางด้านการเกษตร การอุปโภคบริโภค การบรรเทาอุทกภัย การอุตสาหกรรม การผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังน้ำ การคมนาคม แหล่งเพาะพันธุ์ประมงน้ำจืด แหล่งท่องเที่ยวพักผ่อนหย่อนใจ และอื่น ๆ ในแต่ละโครงการมีงานก่อสร้างหลายประเภท เช่น เขื่อนเก็บกักน้ำ เขื่อนหรือฝายทดน้ำ การสูบน้ำ ระบบส่งน้ำ ระบบระบายน้ำ ระบบชลประทานในแปลงนา ถ้าเป็นการก่อสร้างประเภทเขื่อนเก็บกักน้ำ สามารถเก็บกักน้ำได้มากกว่า 100 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือมีพื้นที่อ่างเก็บน้ำตั้งแต่ 15 ตารางกิโลเมตร หรือมีพื้นที่ชลประทานมากกว่า 80,000 ไร่ เช่น เขื่อนเจ้าพระยา จ.ชัยนาท เขื่อนขุนด่านปราการชล จ.นครนายก

2) โครงการชลประทานขนาดกลาง หมายถึง โครงการชลประทานที่มีขนาดเล็กกว่าโครงการชลประทานขนาดใหญ่ โดยต้องเป็นโครงการที่มีการจัดทำรายงานความเหมาะสมแล้ว มีปริมาตรเก็บกักน้ำน้อยกว่า 100 ล้านลูกบาศก์เมตร มีพื้นที่เก็บกักน้ำน้อยกว่า 15 ตารางกิโลเมตร หรือมีพื้นที่ชลประทานน้อยกว่า 80,000 ไร่ ซึ่งจะเป็นงานก่อสร้างอาคารชลประทานประเภทต่าง ๆ อาทิ เขื่อนเก็บกัก เขื่อนทดน้ำ ฝาย โรงสูบน้ำ ระบบส่งน้ำและระบายน้ำ ฯลฯ รวมทั้งงานก่อสร้างทางลำเลียงผลผลิตและงานแปรสภาพลำน้ำ

3) โครงการชลประทานขนาดเล็ก หมายถึง งานพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็ก ที่กรมชลประทานได้เริ่มก่อสร้างมาตั้งแต่ พ.ศ.2520 เพื่อแก้ปัญหาหรือบรรเทาความเดือดร้อนเกี่ยวกับเรื่องน้ำสำหรับการอุปโภคบริโภค และการเกษตร ซึ่งเป็นความจำเป็นขั้นพื้นฐานของราษฎรในชนบท หรือพื้นที่ที่ห่างไกล รวมทั้งการแก้ไขบรรเทาความเดือดร้อนจากอุทกภัยและน้ำเค็มที่ขึ้นถึงพื้นที่เพาะปลูก โดยการก่อสร้างอาคารชลประทานขนาดเล็กประเภทต่าง ๆ ให้สอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศและปัญหาที่เกิดขึ้นตามความต้องการของราษฎร

4) โครงการหมู่บ้านป้องกันตนเองชายแดน หมายถึง โครงการที่ผสมผสานระหว่าง แผนด้านความมั่นคงและแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม โดยการก่อสร้างและพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็กประเภทต่าง ๆ เช่น อ่างเก็บน้ำ ฝายทดน้ำพร้อมระบบส่งน้ำ เพื่อเก็บกักน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค การเกษตร การประมง และการปศุสัตว์ เป็นต้น ให้กับหมู่บ้านป้องกันตนเองชายแดน

5) โครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า หมายถึง โครงการที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูบน้ำเพื่อใช้ประโยชน์ในด้านเกษตรกรรม เป็นการเร่งรัดขจัดปัญหาความแห้งแล้งในพื้นที่นอกเขตชลประทาน โดยการจัดตั้งสถานีสูบน้ำด้วยไฟฟ้าขึ้นที่บริเวณริมฝั่งของแหล่งน้ำ ที่มีน้ำบริบูรณ์ตลอดทั้งปี

6) โครงการชลประทานอันเนื่องมาจากพระราชดำริ หมายถึง โครงการชลประทานที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวได้พระราชทาน รวมทั้งโครงการที่ราษฎรทูลเกล้าฯ ขอพระราชทานความช่วยเหลือ มีจุดมุ่งหมายเพื่อช่วยแก้ไขปัญหาหรือบรรเทาความเดือดร้อนเกี่ยวกับน้ำจนสามารถสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของราษฎรได้เป็นหลัก ซึ่งกรมชลประทานก่อสร้างโครงการชลประทานขนาดต่าง ๆ โดยใช้งบประมาณ 2 ส่วน คือ งบประมาณปกติ และงบประมาณจากสำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (กปร.)

7) โครงการพัฒนาระบบชลประทานในระดับไร่นา หมายถึง งานกระจายน้ำจากระบบโครงการชลประทานขนาดใหญ่ ขนาดกลาง หรือขนาดเล็ก เข้าสู่พื้นที่เกษตรกรรม โดยพระราชบัญญัติคันและคูน้ำ พ.ศ. 2505 และพระราชบัญญัติจัดรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม พ.ศ.2517 เป็นหลักปฏิบัติ จึงสามารถแยกประเภทงานกระจายน้ำเข้าสู่พื้นที่เกษตรกรรมออกได้เป็น 2 วิธี คือ

วิธีที่ 1 การจัดทำคันและคูน้ำ

วิธีที่ 2 การจัดรูปที่ดิน

การจำแนกประเภทโครงการชลประทาน ตามขนาดความสามารถในการเก็บกักน้ำ และขนาดของพื้นที่ชลประทาน โดยจำแนกเป็น 3 ประเภทหลัก ดังนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงประเภทโครงการชลประทาน

ประเภทโครงการชลประทาน	ความจุ (ล้านลูกบาศก์เมตร)	พื้นที่ชลประทาน (ไร่)
ขนาดใหญ่	มากกว่า/เท่ากับ 100	มากกว่า 80,000
ขนาดกลาง	น้อยกว่า 100	ระหว่าง 3,000 - 80,000
ขนาดเล็ก	น้อยกว่า 1	น้อยกว่า 3,000

2.1.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับงานเขื่อน

นพพร ประไพตระกูล [2] ได้ให้คำจัดความของเขื่อนไว้ดังนี้ เขื่อน คือ อาคารหรือสิ่งก่อสร้างที่มนุษย์สร้างขึ้น เพื่อเก็บกักน้ำและผันน้ำสำหรับใช้ในการดำรงชีพ

U.S. Department of Interior, Bureau of Reclamation [3] ได้เสนอวิธีการแบ่งประเภทเขื่อน ออกเป็น 3 วิธีได้แก่

1) แบ่งตามหน้าที่ของเขื่อน แบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

1.1) เขื่อนเพื่อกักเก็บน้ำ ทำหน้าที่กักเก็บน้ำในฤดูน้ำหลาก และระบายน้ำออกในหน้าแล้ง

1.2) เขื่อนเพื่อการผันน้ำ ทำหน้าที่ผันน้ำส่งไปตามคลองส่งน้ำหรือทางลำเลียงน้ำ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

1.3) เขื่อนเพื่อป้องกันหรือลดความรุนแรงของน้ำหลาก ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ

- เก็บน้ำไว้ชั่วคราวแล้วปล่อยออกทางท่อส่งน้ำ
- เก็บน้ำไว้เป็นเวลานานเพื่อให้น้ำซึมผ่านฐานราก

2) แบ่งตามการออกแบบทางชลศาสตร์

2.1) Overflow Dam เป็นเขื่อนที่ระบายน้ำโดยการปล่อยให้น้ำล้นตามสันเขื่อน หรือออกแบบให้สันเขื่อน เป็นทางระบายน้ำล้น โดยมากเป็นเขื่อนคอนกรีต

2.2) Non- Overflow Dam เป็นเขื่อนที่ออกแบบไม่ให้น้ำล้นข้ามสันเขื่อน โดยส่วนมากจะเป็นเขื่อนดินและหินถม

2.3) แบบผสม คือเขื่อนที่มีส่วนประกอบเป็นเขื่อนคอนกรีต และเขื่อนดิน-หินถม ซึ่งในส่วนที่เป็นเขื่อนคอนกรีตจะทำหน้าที่ในการระบายน้ำออก โดยการปล่อยน้ำให้ไหลข้ามสันเขื่อน ส่วนที่เป็นเขื่อนดิน-หินถม จะทำหน้าที่เป็นตัวกั้นน้ำซึ่งจะถูกออกแบบไม่ให้น้ำสามารถล้นข้ามสันเขื่อนได้

3.) แบ่งตามวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง สามารถแบ่งออกเป็นสองประเภทหลักดังนี้

3.1) เขื่อนคอนกรีต โดยเขื่อนคอนกรีตสามารถแบ่งย่อยออกได้ดังนี้

3.1.1) Gravity Dam คือเขื่อนคอนกรีตที่ออกแบบให้มีความมั่นคงแข็งแรง โดยอาศัยน้ำหนักของตัวเขื่อนเป็นหลัก

3.1.2) Arch Dam คือ เขื่อนคอนกรีตที่มีรูปแปลนเป็นรูปโค้ง และจะถ่ายแรงดันของน้ำที่กระทำต่อตัวเขื่อนสู่ไหล่เขื่อน (Abutment) ทั้งสองข้าง

3.1.3) Buttress Dam คือ เขื่อนที่มีส่วนทึบกันน้ำที่ทำจากวัสดุทึบน้ำ เช่น คอนกรีต และมีการค้ำยันเป็นช่วงๆทางด้านท้ายน้ำ

3.2) เขื่อนดิน-หินถม (Embankment Dam) คือเขื่อนที่สร้างจากวัสดุธรรมชาติที่มีอยู่ในบริเวณใกล้เคียงรวมทั้งวัสดุที่ได้จากการขุดหรือวัสดุที่เหลือทิ้งจากกระบวนการทางอุตสาหกรรม

3.2.1) เขื่อนดิน (Earthfill Dam) คือเขื่อนที่สร้างขึ้นโดยมีปริมาตรวัสดุทึบน้ำ (Impervious Fill) มากกว่า 50% ของตัวเขื่อน สามารถแบ่งย่อยได้หลายชนิด ดังนี้

- เขื่อนเนื้อเดียว (Homogeneous Earthfill) เป็นเขื่อนดินที่สร้างจากดินที่มีคุณสมบัติเหมือนกัน หรือใกล้เคียงกันตลอดทั้งรูปตัดตัวเขื่อน
- เขื่อนถมแบ่งส่วน (Zoned Earthfill) เป็นเขื่อนที่มีโซนของวัสดุทึบน้ำอยู่ภายในตัวเขื่อนและปิดทับด้วยวัสดุที่ทึบน้ำน้อยกว่า แต่มีความแข็งแรงมั่นคงมากกว่าและสามารถหาได้ง่ายในบริเวณใกล้เคียงทั้งทางด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำ
- เขื่อนถมด้วยระบบสูบกลับ (Hydraulic Earthfill) เป็นเขื่อนที่ก่อสร้างจากวัสดุที่ได้จากการขุดเปิด-ปิดเหมือง หรือกากวัสดุอุตสาหกรรม โดยมักจะขนส่งด้วยระบบสายพานและถมโดยไม่มีการบดอัด วัสดุส่วนใหญ่จะเป็นดินประเภททราย หรือ Silty sand

3.2.2) เขื่อนหินถม (Rockfill Dam) คือเขื่อนที่ก่อสร้างโดยมีปริมาตรของวัสดุที่ไม่ทึบน้ำ เช่น หินและกรวดทราย มากกว่า 50% ของปริมาตรตัวเขื่อน เขื่อนหินถมที่มีองค์ประกอบตัวเขื่อนที่สำคัญ แยกเป็น 2 ส่วน คล้ายกับ Zoned Earthfill Dam คือมีโซนทึบน้ำอันได้แก่ แกนดิน แผ่นคอนกรีต หรือยาง เป็นต้น และโซนที่สร้างเสริมความมั่นคงแข็งแรง และสามารถระบายน้ำที่ซึมผ่านโซนทึบน้ำและฐานรากของตัวเขื่อน สู่ท้ายน้ำได้อย่างปลอดภัย ได้แก่ หินถม และกรวดทราย โดยสามารถแยกประเภทเขื่อนหินถมตามองค์ประกอบของเขื่อนได้เป็น 3 ประเภท คือ เขื่อนหินถมแกนดิน เขื่อนหินถมดาดด้วยวัสดุทึบน้ำ และเขื่อนหินถมแกน Asphaltic concrete

2.1.3 ปัจจัยที่เกี่ยวของกับงานก่อสร้าง

ประกอบ บำรุงผล [4] ได้กล่าวไว้ว่า การบริหารงานก่อสร้างนั้น หากจะบรรลุวัตถุประสงค์ตามที่คาดการณ์ไว้ ต้องมีหลักการบริหารงานก่อสร้างและปัจจัยสนับสนุนการบริหารงานก่อสร้างก่อสร้างที่ดี ซึ่งปัจจัยต่างๆนั้นประกอบไปด้วย

- กำลังคน (Man) งานก่อสร้างเป็นงานที่ต้องอาศัยกำลังคนทำงานเป็นจำนวนมาก และประกอบด้วยคนที่มีความรู้ความสามารถหลายระดับ คือ

ระดับการวางแผนและนโยบาย (Professional) เป็นระดับผู้บริหารโครงการ ได้แก่วิศวกรโครงการ วิศวกรสนาม เป็นต้น ทำหน้าที่วางแผนนโยบาย ควบคุมและเป็นที่ปรึกษาของโครงการ

ระดับช่างเทคนิค (Technician) เป็นระดับผู้ควบคุมงาน ได้แก่ Foreman ทำหน้าที่ควบคุมงานตามแผนและนโยบายของโครงการ

ระดับช่างฝีมือ (Skilled Labor) เป็นระดับปฏิบัติงานฝีมือ ได้แก่ ช่างฝีมือต่างๆ เช่นช่างไม้ ช่างปูน ช่างเหล็ก ช่างสี เป็นต้น โดยทำงานตามที่ได้รับมอบหมาย

ระดับแรงงาน (Labor) เป็นระดับปฏิบัติงานโดยใช้แรงงานอย่างเดียว เช่น งานขน งานขุด งานทุบรื้อถอน เป็นต้น

- เงินทุน (Money) ซึ่งประกอบด้วย เงินสด (Cash) และเงินผ่อน เงินกู้ (Credit) เงินทุนเป็นปัจจัยสนับสนุนการบริหารงานก่อสร้างที่สำคัญที่สุด เพราะถ้าขาดเงินทุน ก็จะทำให้ปัจจัยตัวอื่นๆเกิดขึ้นไม่ได้ด้วย ผู้ประกอบการจะต้องจัดสถานะการเงินให้มั่นคง เพียงพอที่จะหมุนเวียนให้เกิดสภาพคล่องอยู่เสมอ มิฉะนั้นจะทำให้งานก่อสร้างหยุดชะงัก
- เครื่องทุ่นแรง (Machine) งานก่อสร้างบางอย่างต้องอาศัยเครื่องทุ่นแรงเข้าช่วย เช่นงานขนส่งทางสูง งานขุดดิน งานรื้อถอน งานบดอัด งานคอนกรีต เป็นต้น โครงการก่อสร้างหากขาดแคลนหรือมีเครื่องทุ่นแรงไม่เพียงพอกับปริมาณงาน อาจทำให้โครงการล่าช้าไปได้
- วัสดุและอุปกรณ์ (Material) เป็นปัจจัยหลักอีกตัวหนึ่งของงานก่อสร้าง โครงการก่อสร้างใดขาดวัสดุและอุปกรณ์ก่อสร้างในขณะดำเนินการอยู่ ย่อมเกิดผลเสียต่อโครงการแน่นอน

2.1.4 ปัญหาและข้อจำกัดในงานก่อสร้าง

ปัญหาในงานก่อสร้าง [5] ทั่วไปสามารถจัดได้เป็น 5 หมวดหมู่ ได้แก่

1) ปัญหาที่เกิดจากผู้รับเหมา ปัญหาหลักๆ ได้แก่

- ปัญหาที่เกี่ยวกับคน เช่น จำนวนคนงานไม่เพียงพอต่อการทำงาน ไม่มีประสบการณ์ในการทำงาน มาตรฐานด้านงานฝีมือไม่เพียงพอ เกิดความขัดแย้งและทะเลาะเบาะแว้งกันเอง
- ปัญหาที่เกี่ยวกับเงิน เช่น เบิกงวดไม่ได้ เงินหมุนไม่ทัน และปัญหานี้ก็ยังเป็นชนวนของอีกหลายๆ ปัญหาที่จะตามมา

- ปัญหาที่เกี่ยวกับวัสดุ เช่น วัสดุขาดตลาด ส่งวัสดุเข้าไซต์งานไม่ได้ การปรับขึ้นราคาของวัสดุ วัสดุไม่ตรงตามข้อกำหนด
- ปัญหาที่เกี่ยวกับเครื่องจักร เช่น เกิดความเสียหายต่อเครื่องจักร และไม่มีเครื่องจักรสำรอง ไม่มีเครื่องจักรเป็นของตนเอง และไม่สามารถหาเช่าเครื่องจักรได้
- ปัญหาที่เกี่ยวกับการบริหาร เช่น ผู้บริหารไม่เด็ดขาด เกิดความขัดแย้งในฝ่ายบริหาร การบริหารด้อยคุณภาพ

2) ปัญหาที่เกิดจากผู้ควบคุมงาน

ปัญหาที่เกิดจากผู้ควบคุมงาน ส่วนใหญ่มักจะเกิดจากความไม่รู้ ไม่เข้าใจต่องานที่ได้รับมอบหมาย หรือประสบการณ์ในการทำงานไม่เพียงพอ ไม่มีความเด็ดขาดในการตัดสินใจ หวังผลประโยชน์ส่วนตัวมากเกินไป เป็นต้น

3) ปัญหาที่เกิดจากการออกแบบ

ปัญหาที่เกิดจากการออกแบบที่ผิดพลาดนี้สามารถพบเจอได้บ่อยพอสมควร ที่พบได้มากที่สุดก็คือการไม่คำนึงถึงการก่อสร้างที่หน้างาน ว่าหน้างานจะทำได้หรือไม่ ทำให้ต้องกลับมาแก้ไขแบบใหม่อีกรอบ ทั้งนี้ก็น่าจะเกิดจากการขาดประสบการณ์ของผู้ออกแบบหรือความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ แต่ก็ไม่ใช่ปัญหาร้ายแรง เพราะส่วนใหญ่แล้วทางหน้างานจะตรวจเจอปัญหาก่อนการทำงาน ก็จะทำให้เสียเวลาในการทำงานส่วนนั้นๆไป

4) ปัญหาที่เกิดจากเจ้าของงาน

ปัญหาที่เกิดจากเจ้าของงานนั้นมีอยู่ไม่มากนัก แต่เป็นปัญหาใหญ่ทั้งนั้น เช่น ความล่าช้าในการจ่ายเงิน การเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขแบบกระทันหัน การขอเพิ่มงานนอกเหนือจากสัญญา และข้อห้ามจิปาถะในการทำงาน เป็นต้น

5) ปัญหาที่มีสาเหตุมาจากปัจจัยภายนอก

ปัญหาที่เกิดจากปัจจัยภายนอก ได้แก่ ภัยธรรมชาติ เช่น ฝนตก น้ำท่วม มีพายุ พื้นที่หน้างานหนาวหรือร้อนเกินไป ฯลฯ ความล่าช้าของระบบโลจิสติกส์ สภาวะเศรษฐกิจและการเมือง วันหยุดประจำเทศกาลและวันหยุดฉุกเฉิน เป็นต้น

นายนพพร ประไพตระกูล [2] ได้ให้ข้อสังเกตเกี่ยวกับปัญหาที่พบในงานก่อสร้างเขื่อนไว้ดังนี้

วัสดุที่สามารถหาได้ง่ายบริเวณโครงการ หากสามารถนำมาใช้ในการก่อสร้างได้ จะส่งผลให้ราคาก่อสร้างถูกลง แต่ในทางกลับกัน การออกแบบโดยไม่คำนึงถึงแหล่งวัสดุ จะก่อให้เกิดปัญหาในระหว่างการก่อสร้าง คือจำเป็นจะต้องนำวัสดุมาจากแหล่งอื่นที่ไกลออกไป จึงอาจทำให้เกิดความล่าช้าและมีราคาค่าก่อสร้างแพงกว่าที่ควร

สภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะในฤดูฝน ปริมาณและความยาวนานของฤดูฝนจะเป็นข้อจำกัดของเขื่อนดิน กล่าวคือเขื่อนดินไม่สามารถทำการก่อสร้างในขณะที่มีน้ำหลากได้ จึงทำให้มีระยะเวลาก่อสร้างนานและต้องใช้ค่าใช้จ่ายในการเตรียมหน้างานก่อนฝนและหลังฝนเพิ่มเติม

2.1.5 ความล่าช้า

1) คำจำกัดความ

Theodore and Trauner [6] ได้ให้คำจำกัดความของความล่าช้าไว้ว่า ความล่าช้าคือการกระทำบางอย่างที่เกิดขึ้นภายหลังแผนที่วางไว้ หรือไม่ได้กระทำในเวลาที่กำหนด

Bramble and Callahan [7] ได้ให้คำจำกัดความของความล่าช้าในงานก่อสร้างไว้ว่า ความล่าช้า คือ ช่วงเวลาที่ขยายออกไปเนื่องจากมีงานบางส่วนในโครงการก่อสร้างนั้น ถูกเพิ่มเติมหรือยังไม่ได้ดำเนินการ ด้วยสาเหตุมาจากปัจจัยที่ไม่ได้คาดคิด

2) ประเภทของความล่าช้า

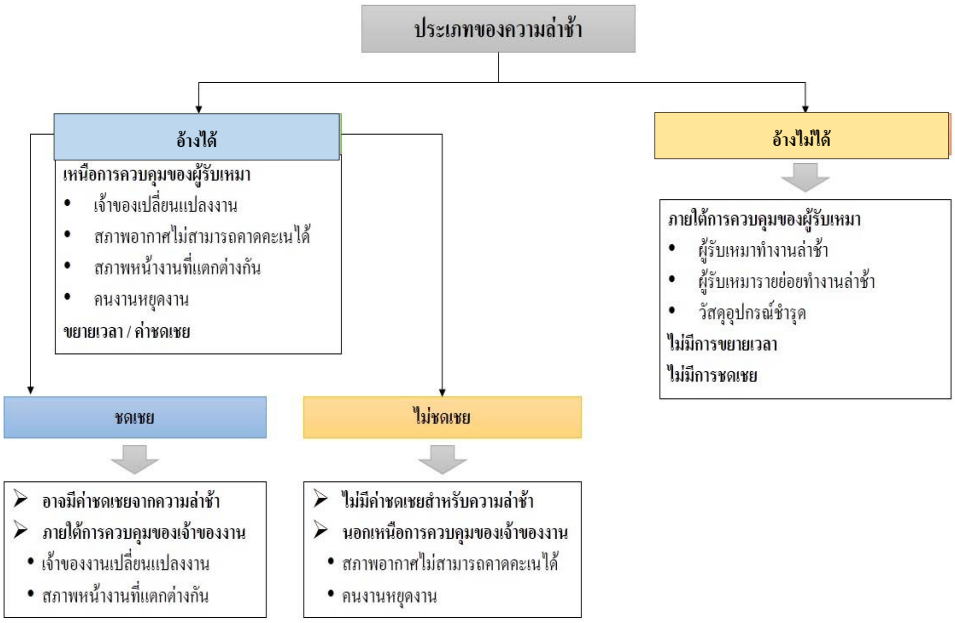
Theodore and Trauner [6] ได้แบ่งประเภทของความล่าช้าของงานก่อสร้างตามการเรียกร้อง ออกเป็น 4 ประเภทดังแสดงใน**รูปที่ 2.1** ได้แก่

1. ความล่าช้าที่อ้างได้ (Excusable delay) คือความล่าช้าที่ผู้รับเหมาสามารถเรียกร้องความเสียหายได้ในด้านของเวลาและค่าใช้จ่าย

2.ความล่าช้าที่อ้างไม่ได้ (Non-excusable delay) คือความล่าช้าที่มีสาเหตุมาจากผู้รับเหมาโดยตรง โดยเมื่อเกิดขึ้นแล้วผู้รับเหมาอาจต้องชดเชยให้กับเจ้าของงานในรูปแบบของค่าปรับ

3.ความล่าช้าที่ชดเชยได้ (Compensable)

4.ความล่าช้าที่ชดเชยไม่ได้ (Non-Compensable)



รูปที่ 2.1 แสดงประเภทของความล่าช้า

3) ปัจจัยที่เป็นสาเหตุของความล่าช้า

Assaf [8] ได้แบ่งสาเหตุของความล่าช้าออกเป็น 9 กลุ่มดังนี้

- วัสดุ สาเหตุที่เกิดจากการขาดแคลนวัสดุก่อสร้าง การปรับเปลี่ยนชนิดวัสดุและรายการระหว่างการก่อสร้าง การส่งวัสดุล่าช้า วัสดุชำรุดจากการกองเก็บ และความล่าช้าในการทำงานกับวัสดุเฉพาะอย่างหรือวัสดุพิเศษ
- แรงงาน สาเหตุที่เกิดจากการขาดแคลนแรงงาน
- เครื่องจักรกล สาเหตุที่เกิดจากเครื่องจักรกลเสีย การขาดแคลนเครื่องจักรกล ผู้ควบคุมไม่มีความชำนาญ และประสิทธิภาพของเครื่องจักรกล
- การเงิน สาเหตุที่เกิดจากการเงินของผู้รับเหมาระหว่างการก่อสร้าง ความล่าช้าในการจ่ายเงินแก่ผู้รับเหมาจากผู้ว่าจ้าง และปัญหาทางการเงินระหว่างการก่อสร้าง
- การสั่งเปลี่ยนแปลงงาน เป็นสาเหตุมากจากการปรับเปลี่ยนแบบ ความผิดพลาดจากการออกแบบ การปรับเปลี่ยนพื้นที่ใช้สอยภายในโครงการจากเจ้าของงาน
- ความสำพันธ์กับราชการ เป็นสาเหตุที่เกิดจากการขออนุญาตจากหน่วยงานราชการ และสาเหตุมาจากหน่วยงานราชการละเลยในการติดตามตรวจสอบ
- แผนงานและการควบคุม เป็นสาเหตุที่เกิดจากการรออนุมัติ Shop drawings รอการอนุมัติวัสดุและตัวอย่างทดสอบ ประสบการณ์ของผู้ที่วางแผนงานและผู้ควบคุมงาน และวิธีการตรวจสอบไม่ดีพอ
- สภาพแวดล้อม สาเหตุที่เกิดจากสภาพอากาศ และปัจจัยทางด้านสังคม

- ความสัมพันธ์กับสัญญา เป็นสาเหตุที่เกิดจากความขัดแย้งระหว่างผู้รับเหมากับที่ปรึกษา องค์กรของผู้รับเหมาหรือที่ปรึกษาขาดประสิทธิภาพและการตัดสินใจของผู้เป็นเจ้าของล่าช้า

4) ความล่าช้าที่เกิดจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงการก่อสร้าง

ฤทธิ์ชาร์ด ดีอำมาตย์ [9] ได้ให้ข้อสังเกตเกี่ยวกับความล่าช้าที่เกิดจากกลุ่มบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงการก่อสร้างไว้ โดยแบ่งได้ดังนี้

- ความล่าช้าซึ่งมีสาเหตุมาจากผู้ว่าจ้าง เป็นปัญหาที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงวัตถุประสงค์หรือรายละเอียดของโครงการ สภาวะการจ้างผู้รับเหมาและความผิดพลาดคลาดเคลื่อนทางด้านการเงิน
- ความล่าช้าซึ่งมีสาเหตุมาจากผู้ออกแบบ เป็นปัญหาที่เกิดจากการออกแบบผิดพลาด การแก้ไขเปลี่ยนแปลงแบบ ขาดความพิถีพิถันในส่วนของรายละเอียด การออกแบบเผื่อหรือซ้ำซ้อนมากเกินความจำเป็น
- ความล่าช้าซึ่งมีสาเหตุมาจากผู้บริหารงานก่อสร้าง เป็นปัญหาที่เกิดจากการขาดประสบการณ์ ขอบเขตงานไม่ชัดเจนระเบียบปฏิบัติสับสน ไม่รัดกุม ผู้ควบคุมงานในระดับที่ตัดสินใจได้ไม่อยู่ประจำ หรือทำงานให้โครงการไม่เต็มเวลา และผู้บริหารงานก่อสร้างหวังผลประโยชน์
- ความล่าช้าซึ่งมีสาเหตุมาจากผู้รับเหมา เป็นปัญหาที่เกิดจากวัสดุก่อสร้าง เช่น การจัดแผนการจัดซื้อแผนการจัดส่งวัสดุเข้าโครงการ วัสดุขาดแคลนและการใช้วัสดุก่อสร้างสิ้นเปลือง ปัญหาที่เกิดจากการจ้างผู้รับเหมาช่วงเข้ามาปฏิบัติงาน ปัญหาที่เกิดจากเงินทุน ปัญหาจากวิธีการก่อสร้าง และการจัดการก่อสร้างอย่างไม่เป็นระบบ

5) ผลกระทบจากความล่าช้า

Bramble and Callahan [7] ได้กล่าวไว้ว่า ความล่าช้าในการก่อสร้างไม่เพียงแต่ทำให้สูญเสียกำไร ยังทำให้สูญเสียความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในงานก่อสร้างนั้นๆอีกด้วย ไม่ว่าจะเป็นเจ้าของงานผู้ออกแบบ หรือผู้รับเหมา เหตุเพราะจะมีปัญหาด้านการเรียกร้องค่าเสียหายและยังมีข้อโต้แย้งเข้ามาเกี่ยวข้องหากโครงการนั้นๆเกิดล่าช้าออกไป

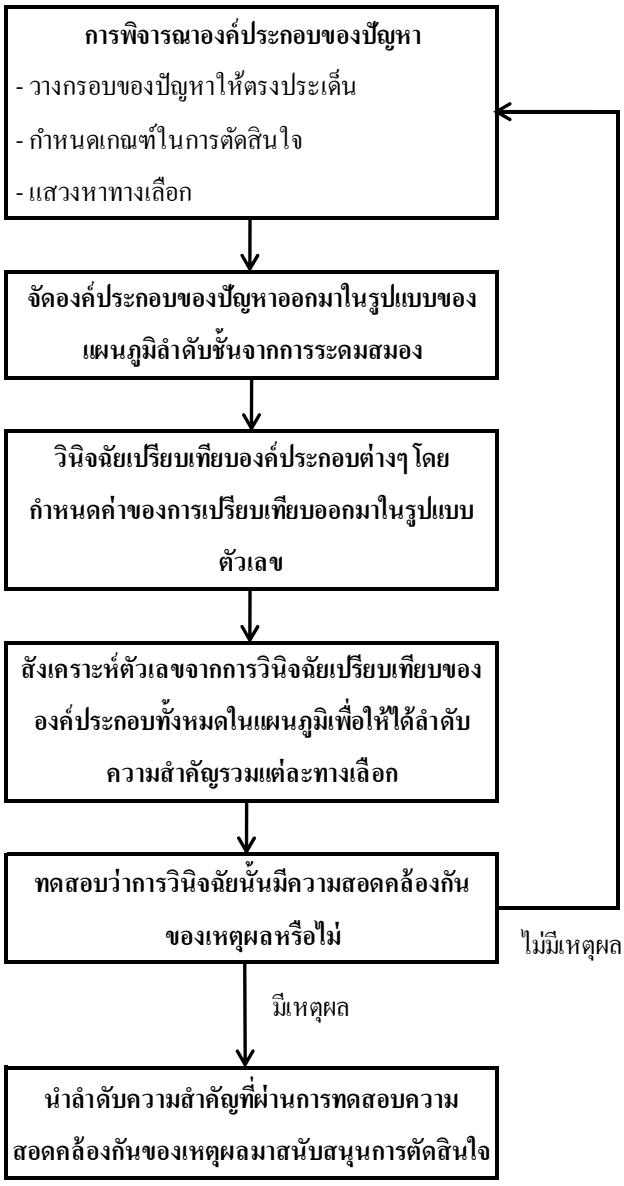
Theodore and Trauner [6] ได้แบ่งผลกระทบจากความล่าช้าออกเป็น 5 ประเภทดังนี้

- การเพิ่มขึ้นของงบประมาณสนาม ความเสียหายเหล่านี้ได้แก่ ค่าใช้จ่ายแรงงานวัสดุและอุปกรณ์เพิ่มเติมเป็นผลมาจากความล่าช้าของโครงการ ค่าใช้จ่ายเหล่านี้สามารถวัดได้จากปริมาณจริงของวัสดุอุปกรณ์ที่เพิ่มขึ้น
- มีค่าส่วนกลางของหน่วยงาน (Overhead cost) ที่เพิ่มขึ้น เมื่องานก่อสร้างภาคสนามมีความล่าช้าทำให้ต้องยืดระยะเวลาดำเนินการ ค่าใช้จ่ายส่วนกลางของบริษัทแม่ ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายเพื่อการสนับสนุนโครงการนั้นๆก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

- เกิดค่าใช้จ่ายสำหรับงานที่ขาดประสิทธิภาพ เมื่อมีการเร่งงานเนื่องจากเกิดความล่าช้า และมีการตรวจสอบผลงาน จากผลของการเร่งงานทำให้ประสิทธิภาพของงานออกมาไม่ดี ผู้รับเหมามักถูกปรับหรือต้องมีการแก้ไขงาน ทำให้ต้องให้ต้องมีค่าใช่จ่ายสำหรับแรงงานและวัสดุที่เพิ่มขึ้น
- สูญเสียค่าใช้จ่ายสำหรับการเร่งงาน เช่น ค่าทำงานนอกเวลาของแรงงาน เป็นต้น
- ผลกระทบอื่นๆ เช่น ค่าสูญเสียโอกาสของเจ้าของงาน ค่าที่ปรึกษาที่เพิ่มขึ้น ราคาวัสดุที่มีการปรับขึ้น เป็นต้น

2.1.6 กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น

กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) [10] เป็นเทคนิคที่ถูกนำมาใช้ในกระบวนการตัดสินใจโดยการจัดลำดับความสำคัญ ถูกคิดค้นโดย Dr. Thomas Saaty การจัดลำดับความสำคัญภายใต้กระบวนการ AHP นั้น เกี่ยวข้องกับการให้คะแนนปัจจัยจากความรู้สึก โดยมีข้อมูลข่าวสาร ประสบการณ์ ความชำนาญ ประกอบการให้ข้อมูล กระบวนการวินิจฉัยเป็นลักษณะของการเปรียบเทียบปัจจัยต่างๆ เป็นคู่ๆ ผลคะแนนจะแสดงออกมาในรูปอัตราส่วนของระดับความสำคัญที่เป็นตัวเลข 1 ถึง 9 ภายในตารางเมทริกซ์ จากนั้นลำดับความสำคัญก็จะเกิดขึ้นโดยการคำนวณผลของตัวเลขของการวินิจฉัยในตารางเมทริกซ์ ผลของลำดับความสำคัญที่ได้จะถูกนำมาตรวจสอบหาความสอดคล้อง เพื่อให้มั่นใจว่าลำดับความสำคัญนั้นได้มาจากกระบวนการวินิจฉัยที่มีเหตุผล โดยขั้นตอนของกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น สามารถสรุปเป็นแผนผังได้ดังนี้



รูปที่ 2.2 แสดงแผนผังสรุปขั้นตอนของกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP)

ประโยชน์ของกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP)

1. ความเป็นหนึ่งเดียว กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นเป็นกระบวนการที่ง่ายต่อการเข้าใจและยืดหยุ่น

2. ความซับซ้อน กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นมีการแยกโครงสร้างที่ซับซ้อนออกมาเป็นส่วนๆ เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจ

3. การเชื่อมโยง กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นสามารถใช้กับองค์ประกอบที่มีส่วนเชื่อมโยงกันไม่ว่าจะเป็นในรูปแบบไหนก็ตาม

4. โครงสร้างที่เป็นแผนภูมิระดับชั้น กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นเป็นกระบวนการที่คล้ายคลึงกับความคิดของมนุษย์ ซึ่งทำให้ง่ายต่อการใช้และเข้าใจ
5. การวัดผล กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นสามารถวัดคุณสมบัติที่เป็นนามธรรมได้ และมีผลของการตัดสินใจอยู่ในรูปของลำดับความสำคัญ
6. ความสอดคล้อง กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นสามารถตรวจสอบดูว่าการวินิจฉัยหาลำดับความสำคัญมีเหตุผลสอดคล้องกันหรือไม่
7. การสังเคราะห์ กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นช่วยวิเคราะห์ทางเลือกในรูปของลำดับความสำคัญโดยรวม
8. การได้มาเสียไป กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นพิจารณาถึงลำดับความสำคัญเปรียบเทียบของปัจจัยต่างๆ ในระบบและช่วยให้ผู้ตัดสินใจเลือกทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดตรงตามเป้าหมาย
9. การวินิจฉัยและประชามติ กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นไม่เน้นเรื่องการลงประชามติ แต่จะเน้นเรื่องการสังเคราะห์ข้อมูลที่มาจากการวินิจฉัยของทุกๆ คนในกลุ่ม
10. กระบวนการที่ทำซ้ำได้ กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นช่วยให้ผู้ตัดสินใจสามารถทำให้กรอบของปัญหาสมบูรณ์ขึ้นและเพิ่มประสิทธิภาพของการวินิจฉัยโดยการทบทวนซ้ำแล้วซ้ำอีกได้

ขั้นตอนกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP)

กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) เป็นการนำเอาความคิดความรู้สึกที่เป็นนามธรรมนำมาให้ค่าน้ำหนัก โดยใช้ตัวเลขแทนค่า เพื่อให้เห็นเป็นรูปธรรม ซึ่งมีกระบวนการอยู่ 5 ขั้นตอน ดังนี้

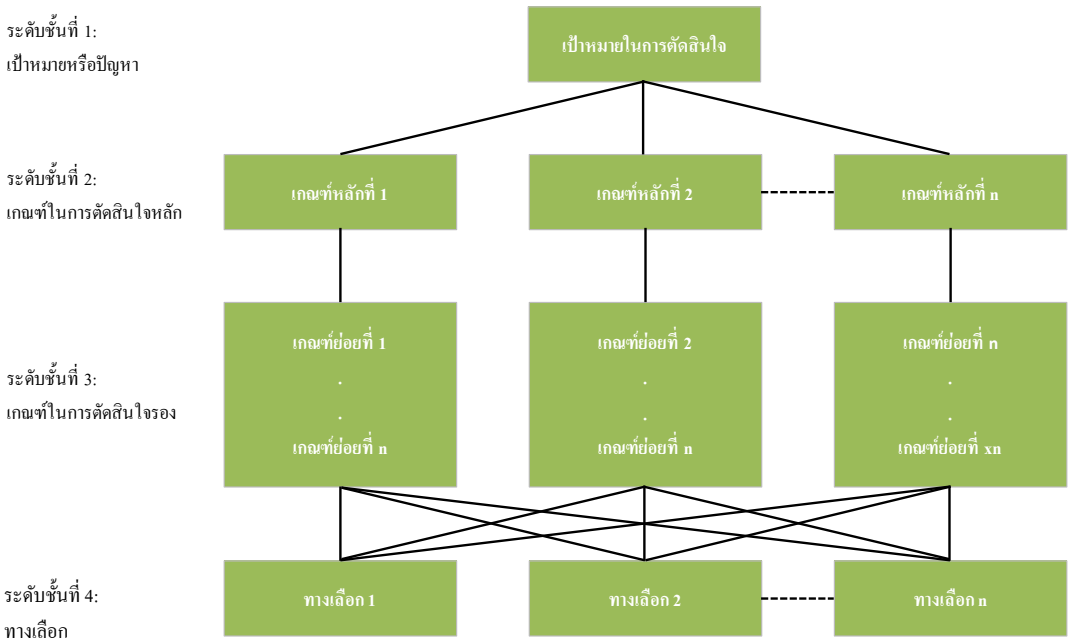
1.การจัดโครงสร้างลำดับขั้นของการตัดสินใจ ด้วยกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นมีโครงสร้างกระบวนการเลียนแบบความคิดของมนุษย์ ดังนั้นจึงมีการสร้างแผนภูมิเป็นลำดับชั้นเลียนแบบกระบวนการคิดเพื่อตัดสินใจของมนุษย์ โดยแผนภูมิแบ่งออกเป็นหลายระดับชั้นขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของปัญหา โดยแต่ละระดับชั้นจะประกอบด้วยกลุ่มของเกณฑ์ต่างๆ ได้แก่

ระดับชั้นที่ 1 เป็นชั้นบนสุดที่เป็นปัญหาหรือเป้าหมายโดยรวม จะเรียกว่า จุดโฟกัส ซึ่งจะมีเพียงแค่ปัญหาหรือเป้าหมายเดียวเท่านั้น
ระดับชั้นที่ 2 เป็นระดับชั้นของเกณฑ์หลัก อาจมีหลายเกณฑ์ขึ้นอยู่กับว่าแผนภูมินั้นมีทั้งหมดกี่ระดับชั้น ถ้ามีมากว่า 3 ระดับขึ้นไป จำนวนเกณฑ์ในระดับชั้นนี้ควรมีไม่เกิน 3 เกณฑ์ แต่ถ้ามีมากกว่า 3 ระดับชั้น จำนวนเกณฑ์อาจมีได้ถึง 9 เกณฑ์

ระดับชั้นที่ 3 เป็นระดับชั้นของเกณฑ์รอง สำหรับระดับชั้นชนิดนี้ จะมีจำนวนเกณฑ์เท่าไรก็ได้ขึ้นอยู่กับว่าผู้ศึกษามีข้อมูลหรือประสบการณ์และความรู้ความชำนาญมากเท่าไร เพื่อนำมาใช้ในการกำหนดเกณฑ์ต่างๆ ขึ้นมา

ระดับชั้นที่ 4 เป็นชั้นของทางเลือก หรือหนทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดภายใต้ปัญหาหรือเป้าหมายที่กำหนดไว้ในระดับชั้นที่ 1

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถแสดงได้ตาม**รูปที่ 2.3**



รูปที่ 2.3 แสดงแผนภูมิลำดับชั้น

2. การวินิจฉัยเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์ในการตัดสินใจ การเปรียบเทียบเกณฑ์ต่างๆ เป็นการเปรียบเทียบเป็นรายคู่ (Pairwise comparison) ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบเพื่อกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญระหว่างเกณฑ์เป็นคู่ๆ โดยใช้ตัวเลขแทนค่าเพื่อนำไปสู่การคำนวณค่าคะแนนความสำคัญรวมของแต่ละทางเลือก เครื่องมือที่เหมาะสมสำหรับการใช้ในการเปรียบเทียบเป็นรายคู่ (Pairwise comparison) ได้แก่ การใช้ตารางเมตริกซ์ นอกจากตารางเมตริกซ์จะสามารถใช้ประโยชน์ในการอธิบายการเปรียบเทียบแล้วยังสามารถใช้การทดสอบความสอดคล้องของเหตุผล และความอ่อนไหวของลำดับความสำคัญของทางเลือกด้วย ซึ่งสามารถเขียนในรูปแบบทางคณิตศาสตร์ได้ ดังนี้

กำหนดให้ Ci = เกณฑ์หลักในการตัดสินใจ โดยที่ i = 1, 2, …, n

Aj = เกณฑ์รองในลำดับชั้นที่จะทำการวินิจฉัย โดยที่ j = 1, 2, …, n

Aij = ผลการเปรียบเทียบเกณฑ์ในการตัดสินใจแบบคู่

โดยที่ i = 1, 2, …, n และ j = 1, 2, …, n การวินิจฉัยจะทำทีละคู่เกณฑ์ Ci กับ Aj

ดังนั้น การวินิจฉัยจะทำในรูปของตารางเมตริกซ์ขนาด nxn และจะได้นิยมเมตริกซ์

A = (aij) โดยที่ i = 1, 2, …, n และ j = 1, 2, …, n

โดยมีกฎเกณฑ์การนำค่า aij จากการเปรียบเทียบทีละคู่เกณฑ์ใส่ลงในตารางเมตริกซ์ มีกฎ 2 ข้อ ได้แก่

1) ถ้า aij = α จะทำให้ aij = 1/α โดยที่ $\alpha \neq 0$

2) ถ้าเกณฑ์ในการตัดสินใจ Ci มีความสำคัญเท่ากับเกณฑ์ในการตัดสินใจ Cj จะทำให้ aij = aji = 1 เสมอ

ดังนั้นตารางเมตริกซ์ A สามารถเขียน ได้ดังนี้

		C1	C2	C3	…Cn	เกณฑ์รอง
เกณฑ์หลัก						
		1	a12	a13	…a1n	A1
		1/a12	1	a23	…a2n	A2
A	=	1/a1n	1/a2n	1	…a3n	A3
		:	:	:	::: :	:
		1/a1n	1/a2n	1/a3n	…1	An

ซึ่งสามารถสรุปได้ดัง**ตารางที่ 2.2**

ตารางที่ 2.2 แสดงเมตริกซ์การเปรียบเทียบรายคู่

เกณฑ์ (C)		เกณฑ์				
C1, C2, C3,…, C		A1	A2	A3	…	A4
	A1	1	a12	a12	…	a1n
	A2	1/ a12	1	a23	…	a2n
เกณฑ์	A3	1/ a1n	1/ a2n	1	…	a3n
	:	:	:	:	: : :	:
	A4	1/ a1n	1/ a2n	1/ a3n	…	1

สมการที่ใช้ในการคำนวณหาจำนวนครั้งในการวินิจฉัยเปรียบเทียบ มีดังนี้

$$N = \frac{n^2 - n}{2} \qquad \text{สมการที่ 1}$$

เมื่อ N = จำนวนครั้งในการวินิจฉัยเปรียบเทียบ

n = จำนวนปัจจัยที่ถูกนำมาเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ

การวินิจฉัยเปรียบเทียบแต่ละคู่เกณฑ์ระหว่างเกณฑ์ Ci กับ Aj นั้น ผู้ทำการตัดสินใจให้ค่าน้ำหนักจะต้องทราบว่าแต่ละเกณฑ์ที่ทำการพิจารณานั้นมีความสำคัญ มีการส่งผล มีอิทธิพล หรือมีประโยชน์มากกว่าเกณฑ์อื่นที่นำมาเปรียบเทียบในระดับใด ซึ่งการเปรียบเทียบนั้นผู้ทำการพิจารณาต้องแสดงออกในรูปของความหมายที่เป็นคำพูด เช่น น้อยที่สุด น้อย ปานกลาง มาก มากที่สุด แล้วจึงทำการใช้ตัวเลขแทนค่า เพื่อให้การพิจารณานั้นมีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น

สำหรับเทคนิคกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analysis Hierarchy Process: AHP) นั้น Dr. Thomas Saaty ได้มีการคิดค้นและคำนวณค่าที่เหมาะสมสำหรับการใช้แทนค่าน้ำหนักในการเปรียบเทียบแต่เกณฑ์แต่ละคู่ พบว่า ตัวเลข 1 – 9 นั้นเหมาะสมกับเหตุผลและสะท้อนถึงระดับที่สามารถแยกแยะความสัมพันธ์ระหว่างเกณฑ์ได้ดี โดยได้มีการอธิบายตัวเลขไว้ดัง**ตารางที่ 2.3**

ตารางที่ 2.3 แสดงความหมายของการเปรียบเทียบเป็นรายคู่

ระดับความเข้มข้นของความสำคัญ	ความหมาย	คำอธิบาย
1	สำคัญเท่ากัน	ทั้ง 2 เกณฑ์ส่งผลกระทบต่อวัตถุประสงค์เท่าๆ กัน
3	สำคัญกว่าปานกลาง	ผู้วินิจฉัยให้ความคิดเห็นว่าเกณฑ์หนึ่งสำคัญกว่าอีกเกณฑ์หนึ่งอยู่ในระดับปานกลาง
5	สำคัญกว่ามาก	ผู้วินิจฉัยให้ความคิดเห็นว่าเกณฑ์หนึ่งสำคัญกว่าอีกเกณฑ์หนึ่งอยู่ในระดับมาก
7	สำคัญกว่ามากที่สุด	ผู้วินิจฉัยให้ความคิดเห็นว่าเกณฑ์หนึ่งสำคัญกว่าอีกเกณฑ์หนึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด
9	สำคัญกว่าสูงสุด	ผู้วินิจฉัยให้ความคิดเห็นว่าเกณฑ์หนึ่งสำคัญกว่าอีกเกณฑ์หนึ่งอยู่ในระดับสูงสุด
2, 4, 6, 8	อยู่ระหว่างระดับที่ได้อธิบายมาแล้วข้างต้น	อยู่ระหว่างระดับที่ได้อธิบายมาข้างต้น

3.การหาค่าน้ำหนักเกณฑ์ เมื่อได้ค่าน้ำหนักที่ผู้เชี่ยวชาญได้วินิจฉัยแล้ว โดยออกมาในรูปแบบของตัวเลข จะนำตัวเลขที่ได้มาคำนวณหาน้ำหนักความสำคัญ ในแต่ละชั้น แล้วทำการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นแต่ละระดับชั้นจากชั้นบนลงสู่ชั้นล่างจนครบทุกชั้น วิธีการคำนวณมีขั้นตอน ดังนี้

3.1 ทำการเปรียบเทียบเกณฑ์แต่ละคู่ในรูปของตารางเมตริกซ์ ทำได้โดยทำการเปรียบเทียบทุกๆ เกณฑ์ ทั้งในแถวแนวนอนและแนวตั้ง

3.2 คำนวณหาค่า Eigenvector ของเมตริกซ์ในแต่ละแถว (Normalized Matrix) โดยการหา Normalized ทำได้จากการหาค่าเฉลี่ยความสำคัญในแต่ละแถว

3.3 การคำนวณหาลำดับความสำคัญของระดับชั้นถัดลงมา ทำโดยการทำคำนวณตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 จนถึงขั้นตอนที่ 2 แล้วนำค่าที่คำนวณได้ จากลำดับชั้นที่อยู่สูงกว่า 1 ระดับชั้น มาเป็นตัวคูณค่า Normalized ของลำดับชั้นที่ 2 ที่ได้จากการคำนวณ จะได้ค่าลำดับความสำคัญในลำดับชั้นรองลงมาตามเกณฑ์ในระดับชั้นนั้นๆ ทำเช่นนี้จนครบทุกเกณฑ์

โดยสมการที่ใช้คำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ในแต่ละชั้น มีดังนี้

$$AW = \lambda_{max} W \qquad \text{สมการที่ 2}$$

เมื่อ A คือ สแควร์เมตริกซ์ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ แสดงด้วยค่าตัวเลขซึ่งปรับค่าให้เป็น 1 แล้ว (Normalized)

W คือ Eigenvector แสดงน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ของซึ่งอยู่ในลำดับชั้นเดียวกันหรือกลุ่มของที่อยู่ภายใต้ของในลำดับชั้นที่สูงกว่า

λmax คือ Maximum Eigenvalue

4.การตรวจสอบความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency Ratio: C.R) เป็นการตรวจสอบผลการเปรียบเทียบที่ได้กระทำมาในข้อที่ 2 นั้นมีความสอดคล้องกันของเหตุผลหรือไม่ ตรวจสอบโดยใช้การหาค่าดัชนีความสอดคล้องกันของเหตุผล ดังนี้

4.1 คำนวณหาค่า λmax เป็นค่าที่คำนวณได้จากการนำเอาผลรวมของค่าวินิจฉัยของแต่ละเกณฑ์ในแต่ละแถว มาคูณด้วยผลรวมค่าเฉลี่ยในแนวนอนแต่ละแถว แล้วนำเอาผลคูณที่ได้มารวมกัน ผลลัพธ์ที่ได้จะเท่ากับจำนวนเกณฑ์ทั้งหมดที่ถูกนำมาเปรียบเทียบ โดยถ้าการวินิจฉัยในเกณฑ์นั้นมีความสอดคล้องกันอย่างสมบูรณ์ จะทำให้ค่า λmax = n

4.2 คำนวณค่าดัชนีวัดความสอดคล้อง (Consistency Index: C.I.) หาได้ดังสมการที่ 3

$$\text{C.I.} = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n-1)} \qquad \text{สมการที่ 3}$$

4.3 เปิดตารางค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงสุ่ม (Random Consistency Index: R.I.) โดยที่ค่า R.I. เป็นค่าที่ขึ้นกับขนาดของเมตริกซ์ตั้งแต่ 1x1 จนถึง 15x15 ผลของ R.I. แสดงดัง**ตารางที่ 2.4**

ตารางที่ 2.4 แสดงค่าของดัชนีความสอดคล้องตามขนาดของเมตริกซ์ (Random Consistency Index: R.I.)

N	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
R.I	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

4.4 คำนวณค่าความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency Ratio: C.R) คำนวณได้จากอัตราส่วนเปรียบเทียบระหว่างค่า ดัชนีวัดความสอดคล้อง (Consistency Index: C.I.) ที่คำนวณได้จากตารางเมตริกซ์กับค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงสุ่ม (Random Consistency Index: R.I.) ที่ดูจาก**ตารางที่ 2.4** ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

C.R. = C.I./R.I. สมการที่ 4

สำหรับค่าของ C.R. ถ้าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.10 ถือว่ายอมรับได้ ถ้ามากกว่า 0.10 ถือว่ายอมรับไม่ได้ จะต้องทำการทบทวนการให้ค่าน้ำหนักคะแนนเปรียบเทียบในเกณฑ์นั้นกันใหม่ จนได้ค่า C.R. ที่สามารถยอมรับได้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการประยุกต์ใช้วิธี AHP และ Fuzzy AHP ในการกำหนดตำแหน่งที่ตั้งโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กในกลุ่มน้ำชี [11] โดย เสริมวิทย์และพิราภรณ์ (2533) จากการศึกษาพบว่า หลักเกณฑ์ที่มีค่าน้ำหนักความสำคัญมากที่สุด คือ ด้านการผลิตไฟฟ้า (A) ด้านวิศวกรรมศาสตร์ และเศรษฐศาสตร์ (B) ด้านสิ่งแวดล้อม (D) การมีส่วนร่วมของชุมชน (E) และด้านสังคม (C) ตามลำดับ จากการศึกษาและวิเคราะห์พบว่า พื้นที่ที่มีศักยภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าในพื้นที่ลุ่มน้ำชีที่เหมาะสมที่สุด คือ ฝายวังยาว ฝายคุยเชือก ฝายชนบท ฝายธาตุน้อย และเขื่อนลำตะปาว ตามลำดับ

การศึกษาสาเหตุความล่าช้าของการก่อสร้างถนนของกรุงเทพมหานคร [12] โดย อภิชัย ธีระรังสิกุล (2534) มีขอบเขตของการศึกษาโครงการที่ล่าช้ากว่าสัญญาที่มีการเซ็นสัญญาที่มีอยู่ในช่วงตั้งแต่มกราคม 2527 จนถึงพฤศจิกายน โดยจากการศึกษาพบว่า สาเหตุจากการมีสิ่งกีดขวางทางกายภาพเกิดขึ้นมากที่สุด รองลงมาเป็นสาเหตุจากผู้ว่าจ้าง

การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความล่าช้าในงานก่อสร้างเขื่อนกรณีศึกษาโครงการก่อสร้างเขื่อนไฟฟ้าพลังน้ำ น้ำงึม2 สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว [13] โดย สุภาพร ศรีกัน (2551) จากผลการศึกษาพบว่า สำหรับปัจจัยด้านการบริหาร เครื่องจักรกลเสียหาย เครื่องจักรไม่เพียงพอ และสภาพใต้ดินมีความเปลี่ยนแปลง เป็นปัจจัยสำคัญในขั้นตอนงานดิน สำหรับขั้นตอนงานคอนกรีต การเปลี่ยนแปลงแบบ พบว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญ สำหรับปัจจัยเฉพาะการขาดแคลนวัตถุดิบ สภาพใต้ดินมีการเปลี่ยนแปลงเป็นปัจจัยเฉพาะที่สำคัญสำหรับงานคอนกรีต การเทคอนกรีตเป็นรูพรุน คอนกรีตมีรอยแตกเป็นปัจจัยเฉพาะที่สำคัญ สำหรับงานระบบการส่งมอบวัสดุที่ล่าช้า การเปลี่ยนแปลงแบบ เป็นปัจจัยเฉพาะที่สำคัญ ดังนั้น ปัจจัยทั้งหลายเหล่านี้ ทั้งปัจจัยด้านการบริหารและปัจจัยเฉพาะควรได้รับการพิจารณาดูแลอย่างรอบคอบระมัดระวังเพื่อการบริหารโครงการก่อสร้างเขื่อนที่ดีขึ้น

การศึกษาปัจจัยที่เป็นสาเหตุก่อให้เกิดความล่าช้ากับโครงการก่อสร้างถนนของกรมทางหลวง [14] โดย สุธนัย วงศ์สารภี (2551) สรุปได้ว่า การกีดขวางของสิ่งปลูกสร้าง ต้นไม้หวงห้าม และระบบสาธารณูปโภคของหน่วยงานอื่น เป็นปัจจัยที่เป็นสาเหตุก่อให้เกิดความล่าช้ากับงานก่อสร้างถนนมาก

จึงต้องมีการติดต่อประสานงานเพื่อทำการเคลื่อนย้ายสิ่งกีดขวางเหล่านั้นออกไป ซึ่งสิ่งกีดขวางบางประเภทต้องใช้ระยะเวลามากในการเคลื่อนย้าย

การศึกษา Causes and Effects of Delays and Disruptions in Construction Projects in Tanzania. [15] โดย Geraldine John Kikwasi (2555) จากการศึกษาสรุปได้ว่า มีสาเหตุมากมายที่สามารถก่อให้เกิดความล่าช้าในโครงการก่อสร้าง จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการ ตั้งงบประมาณโครงการให้เพียงพอ กำหนดระยะเวลางานต่างๆในโครงการให้เหมาะสม มีการตรวจสอบการออกแบบอย่างรอบคอบ และท้ายที่สุด ทักษะในการบริหารโครงการเป็นสิ่งจะเป็นอย่างยิ่ง ในการลดและป้องกันสาเหตุของความล่าช้าในโครงการก่อสร้างภายในประเทศแทนซาเนีย

การศึกษา Delays in Building Construciton Project in Ghana. [16] โดย Frank D.K. Fugar (2553) จากการศึกษา สรุปได้ว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เห็นว่าปัจจัยที่กลุ่มปัจจัยทางการเงินเป็นปัจจัยสำคัญสูงสุดที่ทำให้เกิดความล่าช้าในโครงการก่อสร้างในประเทศกานา และปัจจัยด้านวัสดุก่อสร้างเป็นปัจจัยที่สำคัญรองลงมาที่ทำให้เกิดความล่าช้าในโครงการก่อสร้าง

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความล่าช้าในโครงการก่อสร้างถนนขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตปริมณฑล [17] โดย ทัต นาควิเชียร (2554) ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยความล่าช้าสำคัญโครงการก่อสร้างถนนส่วนใหญ่จะแตกต่างกันอย่างไรก็ตามพบว่า ผู้รับจ้างเข้าดำเนินการในพื้นที่ล่าช้าเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความล่าช้ามากที่สุดในมุมมองภาคราชการ ส่วนภาคเอกชนมองว่าแรงงานหยุดงานช่วงเทศกาลเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความล่าช้ามากที่สุด ปัจจัยที่ระบุในการศึกษาควรจะได้รับการพิจารณาอย่างระมัดระวังสำหรับผู้บริหารโครงการ

การศึกษา The problem of project implementation : a post-mortem study of Thika Dam project, Kenya. [18] โดย W.H.A Olima (1999) จากการศึกษา สรุปได้ว่า ปัญหาที่เกิดจากพื้นที่หน้างาน และการทำงานเกินขอบเขตโดยไม่ได้รับค่าตอบแทน เป็นปัญหาที่มีมีผลต่อความล่าช้าของโครงการมากที่สุด (74.8% ของความล่าช้าทั้งหมดของโครงการ) ตามมาด้วย ปัญหาทางด้านเทคนิค (24.3 % ของความล่าช้าทั้งหมดของโครงการ) และสุดท้าย ปัญหาด้านการเงิน (11 % ของความล่าช้าทั้งหมดของโครงการ)

การศึกษาเรื่อง ปัญหาในขั้นตอนการก่อสร้างฝายยาง [19] โดยจักรินทร์ แสงศิริ (2555) จากการศึกษาพบว่า ปัญหาที่มีความถี่ในการพูดซ้ำสูงสุดคือปัญหาการแก้ไขแบบก่อสร้างจากปัญหาหน้างาน ซึ่งปัญหาในขั้นตอนนี้อยู่ในการออกแบบ รองลงมาคือปัญหาขุดเปิดหน้าดินเจอตาน้ำ โดยมีสาเหตุมา

จากสภาพพื้นที่ก่อสร้าง ผลลัพท์ที่ได้จากการศึกษาเป็นแนวทางในการวางแผนเพื่อการก่อสร้างฝายอย่างมีประสิทธิภาพ

การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกระบบการก่อสร้างชั้นใต้ดิน [20] โดย สิทธิพร แซ่จู (2553) จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าลักษณะการทำงานที่ต่างกันมีค่าน้ำหนักของปัจจัยที่ต่างกัน การวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวทางการนำค่าน้ำหนักจากผลการวิจัยไปใช้พัฒนาแนวทางในการตัดสินใจเลือกระบบการก่อสร้างชั้นใต้ดินซึ่งรวบรวมเป็นค่ามาตรฐานสามารถนำไปใช้คู่กับการคำนวณทางวิศวกรรมพื่อพิจารณา

การศึกษาเรื่อง ปัญหา ปัจจัยและการปรับปรุงงานก่อสร้างที่ล่าช้าของงานราชการ [21] โดย สมัคร ต้นโลห์ (2555) จากการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่ส่งผลที่ทำให้โครงการก่อสร้างของหน่วยงานราชการเกิดความล่าช้าเกิดจากสามกลุ่มปัจจัยหลักคือ

1. กลุ่มปัจจัยที่เกิดจากเจ้าของโครงการประกอบด้วยปัญหาด้านการจ่ายเงินค่าก่อสร้างและปัญหาด้านการจัดการวัสดุโดยตรง

2. กลุ่มปัจจัยที่เกิดจากผู้รับจ้างเหมาประกอบด้วย ปัญหาด้านการเงิน ปัญหาการขาดแคลนแรงงาน ปัญหาการขาดแคลนวัสดุ ปัญหาการหยุดงานของแรงงาน ปัญหาการขาดแคลนเครื่องจักร ปัญหาการขาดแคลนแหล่งเงินกู้ ปัญหาการล้มละลายของผู้รับจ้างเหมารายย่อย และปัญหาการขาดแคลนวัสดุ

3. กลุ่มปัจจัยภายนอกอื่นๆ