บทที่ 2

ทฤษฎีและผลงานในอดีต

2.1 คำนำ

การวิเคราะห์หาความเหมาะสมของโครงการทางหลวงนั้น นอกเหนือจากการวิเคราะห์ทางด้านวิศวกรรมแล้วยังต้องอาศัยการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์อีกด้วย เพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกโครงการทางหลวงที่ให้ผลประโยชน์ตอบแทนที่คุ้มค่าต่อการลงทุนมากที่สุด ในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการทางหลวง มีปัญหายุ่งยากอยู่หลายประการ ซึ่งแต่ละโครงการทางหลวงมีปัญหาแตกต่างกันตามสภาพพื้นที่ภูมิประเทศ สภาพสังคมและสิ่ง-แวดล้อมของโครงการนั้น ๆ

ปัญหายุ่งยากดังกล่าวข้างต้น อาจส่งผลกระทบต่อการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ไม่มากก็น้อย ยกตัวอย่างเช่น ผลประโยชน์ที่ไม่สามารถวัดเป็นตัวเงินได้จะมีผลทำให้ผลประโยชน์ที่นำมาใช้วิเคราะห์น้อยลงไป การประมาณการที่ไม่ละเอียดรอบคอบของผู้วิเคราะห์ก็อาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการเลือกโครงการที่เหมาะสมได้ ดังนั้นในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เราจึงต้องคำนึงถึงปัญหาดังกล่าวข้างต้นนี้ด้วย เพื่อให้การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ให้คำตอบที่ค่อนข้างถูกต้องใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

2.2 การหาความเหมาะสมของโครงการก่อสร้างทางหลวง

การหาความเหมาะสมของโครงการทางหลวงก่อนการลงทุนนั้น อาจจำแนกออกเป็น 2 จำพวกด้วยกันคือ (2)

2.2.1 โครงการก่อสร้างที่มีทางเดิมอยู่แล้ว (ในสภาพพอใช้ได้ตลอดปี) สำหรับโครงการจำพวกนี้ ผลประโยชน์ที่ได้รับจากการปรับปรุงถนนให้ดีขึ้นก็คือ ผลประโยชน์ที่ได้รับโดยตรงจากการประหยัดค่าใช้จ่ายของการใช้รถ (Saving in Vehicle Operating Cost) ในการนี้เงินลงทุนกับผลประโยชน์ที่ควรนำมาคิดมีดังนี้

เงินลงทุน (Costs)

ก. ค่าก่อสร้าง (Construction Cost)

ข. ค่าบำรุงรักษา(Maintenance Cost)

ผลประโยชน์ (Benefit)

ก. ค่าประหยัดจากการใช้รถ (Saving in Vehicle Operating Cost)

ข. ค่าบำรุงรักษาที่ประหยัด (ถ้ามี)(Saving in Maintenance Cost)

ค. มูลค่าของถนนหลังสิ้นอายุทางเศรษฐกิจแล้ว (Residual Value of Road)

2.2.2 โครงการก่อสร้างที่ไม่มีทางเดิมหรือมีทางเดิมแต่สภาพทรุดโทรมมาก

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ จะวิเคราะห์หาความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการโดยถือว่าการก่อสร้างหรือปรับปรุงที่มีทางเดิมอยู่แล้ว (ในสภาพพอใช้ได้ตลอดปี)

2.3 วิธีวิเคราะห์หาความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการทางหลวง

วิธีทางเศรษฐศาสตร์ที่นิยมนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาความเหมาะสมนั้น มีอยู่ 4 วิธี ซึ่งแต่ละวิธีการคำนวณที่แตกต่างกันออกไป แต่อาศัยข้อมูลผลประโยชน์และเงินลงทุนอันเดียวกัน ผลที่ได้จากวิธีวิเคราะห์ทั้ง 4 วิธีนี้จะต้องเหมือนกัน ซึ่งนำมาใช้ในการพิจารณาคัดเลือกสายทางและตัดสินใจดำเนินการก่อสร้างทางหลวงสายนั้น ๆ วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ทั้ง 4 วิธี จำแนกออกได้ดังนี้คือ

2.3.1 วิธีอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (Benefit-Cost Ratio Method; B/C)

เนื่องจากโครงการทางหลวง เป็นโครงการเพื่อสาธารณะประโยชน์อย่างหนึ่ง มักถือว่าเป็นโครงการที่ไร้กำไร หรืออีกนัยหนึ่งผลตอบแทนของโครงการไม่สามารถคิดเทียบเป็นจำนวนเงินได้โดยตรง เหมือนกำไรที่ได้จากการค้าขายหรือการลงทุน ในกิจการต่าง ๆ ผลตอบแทนต่าง ๆ ของโครงการเหล่านี้จึงเรียกว่าผลประโยชน์ (Benefit) ที่ได้จากโครงการ

ในการก่อสร้างทางหลวงจะต้องใช้เงินลงทุนเริ่มแรก สำหรับการก่อสร้างและค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ในการบำรุงรักษา หลังจากที่ก่อสร้างเสร็จแล้วตลอดอายุการใช้งานของโครงการ ซึ่งค่าของเงินในปัจจุบันและค่าของเงินในอนาคตมีค่าไม่เท่ากัน ดังนั้นในการวิเคราะห์จึงต้องแปลงเงินทั้งหมดในแต่ละปีมาเป็นค่าเทียบเท่าเงินต้นปัจจุบัน หรือค่าเทียบเท่ารายปีเสียก่อน

อัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน เป็นค่าอัตราส่วนที่ใช้เพื่อการตัดสินใจระหว่างโครงการต่าง ๆ ที่มีขนาดใหญ่ และมีขอบข่ายการดำเนินงานกว้างขวาง โดยปกติถ้าอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนของโครงการทางหลวงใดมีค่ามากกว่าหนึ่ง ถือว่าโครงการทางหลวงนั้นน่าจะได้รับความสนใจ การขยายงานของโครงการอาจจะมีผลทำให้อัตราส่วนต่อเงินลงทุนลดลงได้ และถ้าขยายขอบเขตมากเกินไปก็อาจจะถึงจุดที่ไม่ประหยัดได้

เท่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบันเงินลงทุนที่รัฐบาลจะนำมาใช้ในการก่อสร้างนั้น มักจะได้จากแหล่งเงินกู้หรือจากการออกพันธบัตร ซึ่งทราบอัตราดอกเบี้ยที่แน่นอน ดังนั้นผลประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการก็ควรจะมีค่าอย่างน้อยเท่ากับจำนวนเงินค่าดอกเบี้ย และเงินต้นที่จะต้องชำระคืนตามสัญญาโครงการนั้นจึงจะประหยัด แต่ปัญหาที่สำคัญกว่าอัตราดอกเบี้ยก็คือ การประเมินค่าผลประโยชน์หรือข้อดีต่าง ๆ ของโครงการทางหลวงให้เทียบเท่าออกมาเป็นตัวเลขที่เหมาะสม สรุปแล้วโครงการที่พิจารณานั้นจะเป็นที่ยอมรับเมื่ออัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนมีค่ามากกว่าหนึ่ง หรือผลประโยชน์ที่ได้รับมีค่ามากกว่าเงินลงทุนที่ลงทุนไป ซึ่งพอที่จะเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$\text{Benefit Cost Ratio} = \frac{\text{Present Worth of Benefits}}{\text{Present Worth of Costs}}$$

เมื่อ Present Worth of Benefits = ผลรวมของผลประโยชน์ทั้งหมดของแต่ละปีและมูลค่าซากของทางหลวงที่เทียบเท่ามายังปัจจุบัน

Present Worth of Costs = ผลรวมของเงินลงทุนก่อสร้างทางหลวง เงินค่าใช้จ่าย และบำรุงรักษาทางหลวงของแต่ละปีที่เทียบเท่ามายังปัจจุบัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หรืออาจหาได้จากสูตร

$$\text{Benefit Cost Ratio} = \frac{\text{Annual Benefits from Improvement}}{\text{Annual Costs from Improvement}}$$

เมื่อ Annual Benefits from Improvement = มูลค่าเทียบเท่าของผลประโยชน์ในแต่ละปี

Annual Costs from Improvement = มูลค่าเทียบเท่าของเงินลงทุน และค่าใช้จ่ายค่าบำรุงรักษาในแต่ละปี

วิธี B/C นี้เป็นวิธีที่ใช้กันทั่วไป แต่ก็ยังมีข้อจำกัดอยู่เหมือนกัน คือ

ก. ในการคิดค่าผลประโยชน์และเงินลงทุนนั้น ถ้าหากให้ค่าใช้จ่ายและบำรุงรักษาทางหลวงประจำปี นำมาบวกเข้ากับเงินลงทุนจะให้ผลของ B/C Ratio ต่างจากการที่นำเอาค่าใช้จ่ายและค่าบำรุงรักษาทางหลวงประจำปีไปลบออกจากผลประโยชน์ ดังแสดงเป็นสูตรได้ดังนี้

$$\text{B/C Ratio} = \frac{\text{Annual Road User Benefits-Annual Highway Maintenance-Expense}}{\text{Annual Highway Capital Costs}}$$

และ

$$\text{B/C Ratio} = \frac{\text{Annual Road User Benefit}}{\text{Annual Highway Capital Cost + Annual Highway-Maintenance Expense}}$$

ยกตัวอย่างเช่น ให้ผลประโยชน์ประจำปี = 15 ล้านบาท ค่าลงทุนก่อสร้างประจำปี = 2 ล้านบาท และค่าใช้จ่ายและบำรุงรักษาประจำปี = 10 ล้านบาท ดังนี้

$$\text{B/C Ratio} = \left| \frac{15 - 10}{-2} \right| = 2.5$$

$$\text{B/C Ratio} = \left| \frac{15}{-2 \quad -10} \right| = 1.25$$

จากตัวอย่างจะแสดงให้เห็นว่า ผลของ B/C Ratio จะแตกต่างกัน ซึ่งยังไม่สามารถสรุปได้ว่า ค่าใช้จ่ายและค่าบำรุงรักษาประจำปีนี้เป็นผลประโยชน์ทางด้านลบ หรือเป็นเงินลงทุน Winfrey (3) ได้ แนะนำว่าควรนำค่าใช้จ่ายและค่าบำรุงรักษาประจำปีไปลบออกจากผลประโยชน์ เพราะว่าเป็นเงินที่ไหลเข้าออกประจำปี (Cash Flow) แต่ Fleischer (2)ได้ กล่าวว่า ตำแหน่งของค่าใช้จ่ายและบำรุงรักษาประจำปี มีผลต่อค่า B/C Ratio น้อยมาก เพราะค่า B/C Ratio นั้นไม่ได้พิจารณาเครื่องหมาย แต่พิจารณาว่ามากกว่าหรือเท่ากับหนึ่งเท่านั้น แต่อย่างไรก็ตามตำแหน่งของค่าใช้จ่าย และค่าบำรุงรักษาประจำปีจะไม่มีผลต่อ B/C Ratio เลย ถ้าหากค่า B/C Ratio มีค่าเท่ากับหนึ่ง เพราะไม่ว่าจะเอาไปลบออกจากผลประโยชน์หรือไปรวมกับเงินลงทุน เช่น สมมุติให้ ผลประโยชน์ประจำปี = 15 ล้านบาท ค่าลงทุนก่อสร้างประจำปี = 10 ล้านบาท ค่าใช้จ่ายและบำรุงรักษาประจำปี = 5 ล้านบาท เราจะได้

$$\text{B/C Ratio} = \left| \frac{15 - 5}{-10} \right| = 1.0$$

$$\text{B/C Ratio} = \left| \frac{15}{-10 - 5} \right| = 1.0$$

ดังนั้น ตำแหน่งของค่าใช้จ่าย และค่าบำรุงรักษาประจำปีจึงไม่มีผลต่อค่า B/C Ratio แต่เพื่อให้เกิดความถูกต้องในกรณีที่มีการเปรียบเทียบแนวทาง 2 แนวทางของโครงการทางหลวงสายหนึ่ง ควรที่จะพิจารณาผลประโยชน์ ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษา และเงินลงทุนของแต่ละแนวทาง ให้อยู่ในตำแหน่งเดียวกัน เพื่อให้การจัดความเหมาะสมของแต่ละแนวทางเป็นไปอย่างถูกต้อง

ข. เนื่องจาก B/C Ratio เกิดจากมูลค่าของผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนซึ่งมูลค่าเหล่านี้อาจเป็นข้อมูลเทียบเท่าในปีปัจจุบัน หรือมูลค่าเทียบเท่ารายปีก็ได้ ดังนั้นจึงมีการนำอัตราดอกเบี้ยเข้ามาเกี่ยวข้อง ทำให้ค่า B/C Ratio เปลี่ยนแปลงตามอัตราดอกเบี้ยที่นำมาใช้คำนวณ อัตราดอกเบี้ยที่นำมาใช้นี้ถือว่าเป็น Opportunity Cost of Investment ซึ่งอาจจะไม่ตรงกับความเป็นจริงได้ คือ อัตราดอกเบี้ยในแต่ละปีอาจเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา อาจทำให้ค่า B/C Ratio ไม่ถูกต้องตามความเป็นจริง

2.3.2 <u>วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ</u> (Net Present Worth Method ; NPV)

วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ นับเป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เพื่อพิจารณาตัดสินใจเลือกดำเนินโครงการนั้น โดยอาศัยมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value)

เป็นตัวกำหนด ซึ่งมูลค่าปัจจุบันสุทธินี้หาได้จากผลต่างระหว่างผลประโยชน์ตอบแทนกับเงินลงทุน หรือค่าใช้จ่ายทั้งหมดของโครงการ เมื่อพิจารณามูลค่าเหล่านั้นที่เวลาปัจจุบันโดยอาศัยหลักการของวิธีมูลค่าปัจจุบัน (Present Worth Method) เรื่องการเทียบเท่าเงินในอนาคตมาเป็นมูลค่าในปัจจุบัน ดังนั้นสามารถเขียนมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นสูตรได้ดังนี้

NPV = Present Worth of Benefits-Present Worth of Costs

เมื่อ

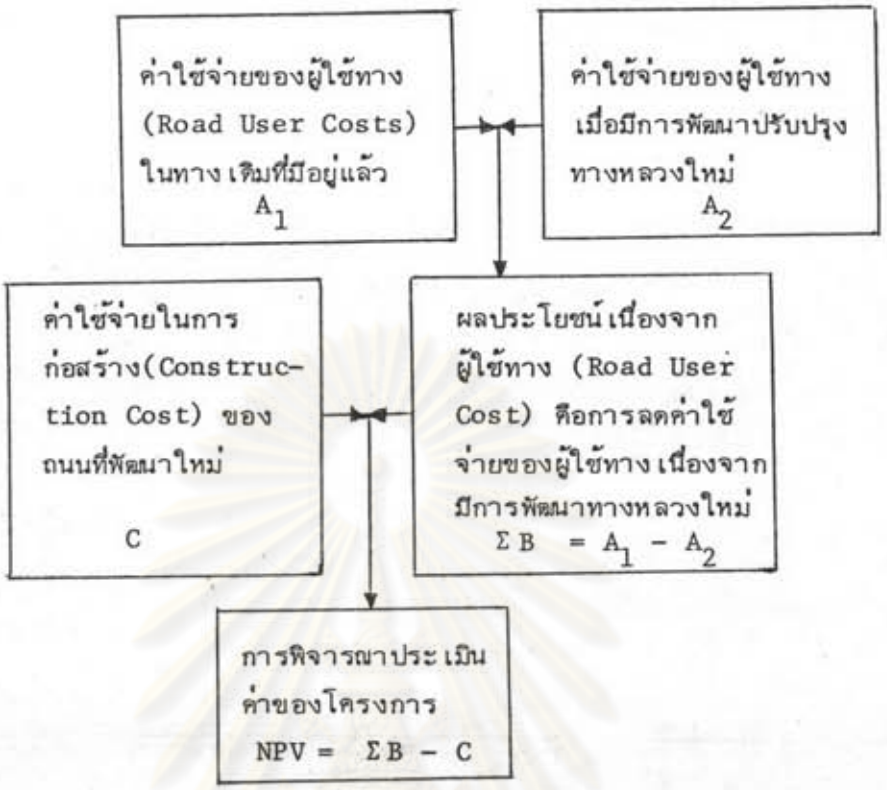
Present Worth of Benefits = มูลค่าผลประโยชน์ตอบแทนทั้งหมดของโครงการเมื่อคิดที่ปัจจุบัน

Present Worth of Costs = มูลค่าเงินลงทุน หรือค่าใช้จ่ายทั้งหมดของโครงการเมื่อคิดที่ปัจจุบัน

สำหรับการเปรียบเทียบมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันระหว่างโครงการ อัตราผลตอบแทนจะต้องกำหนดขึ้นมาก่อนว่า หน่วยงานต้องการจะได้รับอัตราผลตอบแทนอย่างน้อยที่สุดเป็นร้อยละเท่าใด นั่นคือ อัตราดอกเบี้ยที่ใช้ในการคิดมูลค่าปัจจุบันจะเป็นอัตราผลตอบแทนน้อยที่สุดที่น่าสนใจ (Minimum Attractive Rate of Return ; M.A.R.R.)

จากการคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิทำให้สามารถพิจารณาตัดสินใจในการเลือก หรือดำเนินโครงการนั้นหรือไม่อย่างไรนั้นพิจารณาได้ดังนี้ ถ้าโครงการหนึ่งโครงการใดมีมูลค่าปัจจุบันเท่ากับศูนย์ หรือมีค่าเป็นบวก (NPV=0) แสดงว่าโครงการนั้นให้ผลประโยชน์ตอบแทนมากกว่าเงินลงทุนและค่าใช้จ่าย สมควรที่จะลงทุนดำเนินโครงการนั้น แต่ถ้าหากโครงการหนึ่งโครงการใดมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบ แสดงว่าผลประโยชน์ตอบแทนน้อยกว่าเงินลงทุนและค่าใช้จ่าย ดังนั้นจึงไม่สมควรลงทุน หรือดำเนินโครงการนั้นควรจะเลื่อนเวลาออกไปอีก หรืออาจจะยกเลิกโครงการนั้นเสีย

ในการวิเคราะห์วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ของการศึกษาความเหมาะสมของโครงการทางหลวงที่พัฒนาปรับปรุง เริ่มจากหาค่าใช้จ่ายหรือเงินลงทุนในการก่อสร้างทางหลวงที่พัฒนาปรับปรุงและผลตอบแทน ซึ่งเป็นค่าประหยัดเนื่องจากมีการพัฒนาเส้นทาง โดยที่คิดมูลค่าทั้งค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์ตอบแทนเทียบเท่าที่เวลาปัจจุบัน มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการก็คือ ผลต่างของผลประโยชน์ตอบแทนกับค่าใช้จ่ายนั่นเอง ซึ่งสามารถเขียนเป็นแผนผังได้ดังนี้



ที่มา : Modified from Department of Transport (1978)

การวิเคราะห์โดยวิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธินี้ไม่มีปัญหาในเรื่อง สถานะภาพของค่าใช้จ่ายและบำรุงรักษาทางหลวง เพราะนำค่าผลประโยชน์และค่าใช้จ่ายเงินลงทุนหักลบกันตามปกติ ดังนั้นจึงสดวกในการคำนวณ แต่วิธีนี้ก็มีข้อจำกัดคือ

ก. วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ จะแสดงว่าโครงการที่พิจารณานั้นเหมาะสมเมื่อค่าของผลประโยชน์มากกว่าเงินลงทุนค่าใช้จ่าย ซึ่งแสดงออกมาเป็นรูปของจำนวนเงิน มิได้แสดงอยู่ในรูปของอัตรา (Rate) ดังนั้นวิธีนี้จึงไม่กระจ่างชัดเหมือนกับอัตราผลตอบแทน (Rate of Return) ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

ข. วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธินี้ ไม่สามารถนำมาใช้กับโครงการที่ไม่สามารถคำนวณหามูลค่าผลประโยชน์ตอบแทนได้ แต่ถ้ามีการเปรียบเทียบระหว่างสองโครงการขึ้นไป เราสามารถใช้วิธีนี้ได้โดยอาศัยผลประโยชน์จากการประหยัดที่เกิดขึ้นระหว่างสองโครงการที่เปรียบเทียบกัน

ค. วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธินี้ เกิดจากผลต่างของผลประโยชน์และเงินลงทุน ดังนั้น ถ้ามีการเปรียบเทียบระหว่าง 2 แนวทางของโครงการทางหลวงสายหนึ่ง มูลค่าปัจจุบันสุทธิของทั้ง

สองแนวทางที่จะนำมาเปรียบเทียบกันอาจมีค่าเท่ากัน แต่ว่าแนวทางหนึ่งอาจใช้เงินลงทุนสูงกว่าอีกแนวทางหนึ่งก็ได้ ดังนั้นในการพิจารณาเลือกโครงการที่เหมาะสมจะต้องพิจารณามูลค่าปัจจุบันสุทธิมากกว่าศูนย์ และมีจำนวนเงินลงทุนน้อยกว่าซึ่งมีผลต่อการจัดลำดับความสำคัญของโครงการ

ง. เช่นเดียวกับวิธีอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (B/C) มูลค่าของเงินปัจจุบันสุทธิขึ้นอยู่กับอัตราดอกเบี้ยที่ใช้ในการคำนวณ ดังนั้น ถ้าเราใช้อัตราดอกเบี้ยที่ไม่ถูกต้องก็จะเกิดข้อผิดพลาดกับมูลค่าปัจจุบันสุทธิที่คำนวณได้ ซึ่งตามสภาพความเป็นจริงแล้ว อัตราดอกเบี้ยมีการขึ้นลงอยู่เสมอ

จ. วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธินี้ ถ้านำไปใช้ในการพิจารณาเลือกโครงการหลายโครงการแล้วจะต้องใช้ปีฐาน (Base Year) ในปีเดียวกัน เพราะปีที่เริ่มต้นของโครงการแต่ละโครงการมีผลต่อการหาค่ามูลค่าเทียบเท่ามายังปัจจุบัน เนื่องจากจำนวนปีที่แตกต่างกันทำให้การจัดลำดับความสำคัญของโครงการเกิดผิดพลาดขึ้นได้

2.3.3 <u>วิธีอัตราผลตอบแทนภายใน</u> (Internal Rate of Return ; IRR)

อัตราผลตอบแทนคือ ผลที่ได้จากการลงทุนเป็นอัตราร้อยละเมื่อเทียบต่อเวลาหนึ่งปีที่ลงทุนไป หรืออัตราดอกเบี้ยที่เจ้าของเงินลงทุนเป็นผู้มีสิทธิที่จะได้เป็นอัตราผลตอบแทนต่อปี อัตราผลตอบแทนในโครงการต่าง ๆ ไม่เท่ากันแล้วแต่ชนิดของโครงการ และลักษณะของผลได้ในโครงการนั้น การหาผลตอบแทนของโครงการต่าง ๆ เป็นวิธีที่ใช้ในการหาความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ และใช้เป็นส่วนเปรียบเทียบโครงการได้ กล่าวคือ โครงการใดมีอัตราผลตอบแทนสูงกว่า ภายใต้เงื่อนไขอื่น ๆ ในลักษณะเดียวกัน โครงการนั้นย่อมมีความเหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์

อัตราผลตอบแทนภายใน เป็นวิธีที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป ในจำนวนการหาผลตอบแทน การคำนวณหาค่าอัตราผลตอบแทนภายในสำหรับโครงการเดี่ยวจะเกี่ยวกับการหาอัตราผลตอบแทนจากค่าปัจจุบันของการไหลของเงินสดรับเข้าเท่ากับค่าปัจจุบันของการไหลเงินสดจ่ายออก โดยปกติแล้วจะนิยมใช้การปรับเทียบแบบมูลค่าปัจจุบันในการหาอัตราผลตอบแทนภายในมากกว่าการปรับเทียบแบบมูลค่ารายปีและมูลค่าในอนาคต เมื่อใช้การเปรียบเทียบแบบมูลค่ารายปีจะได้อัตราผลตอบแทนภายในที่ต่ำกว่าค่าจริงเล็กน้อย

011454

การหาค่าอัตราผลตอบแทนภายในโดยการปรับเทียบแบบมูลค่าปัจจุบัน แสดงดังสมการที่ (1)

$$\sum_{k=0}^{n} R_k \, (PWF, i, k) = \sum_{k=0}^{n} D_k \, (PWF, i, k) \ldots\ldots (1)$$

เมื่อ

R_k = รายรับสุทธิสำหรับปีที่ k

D_k = รายจ่ายสุทธิสำหรับปีที่ k

n = อายุของโครงการ

i = อัตราดอกเบี้ย

(PWF, i, k) = Single Payment Present Worth Factor

$$= \frac{1}{(1 + i)^k}$$

k = จำนวนปี

อาจกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า อัตราผลตอบแทนภายในคือ อัตราผลตอบแทนซึ่งมีค่าปัจจุบันของการไหลของเงินสดรับเข้า ลบด้วยค่าปัจจุบันของเงินสดจ่ายออกเท่ากับศูนย์

$$\sum_{k=0}^{n} R_k \, (PWF, i, k) - \sum_{k=0}^{n} D_k (PWF, i, k) = 0 \ldots\ldots (2)$$

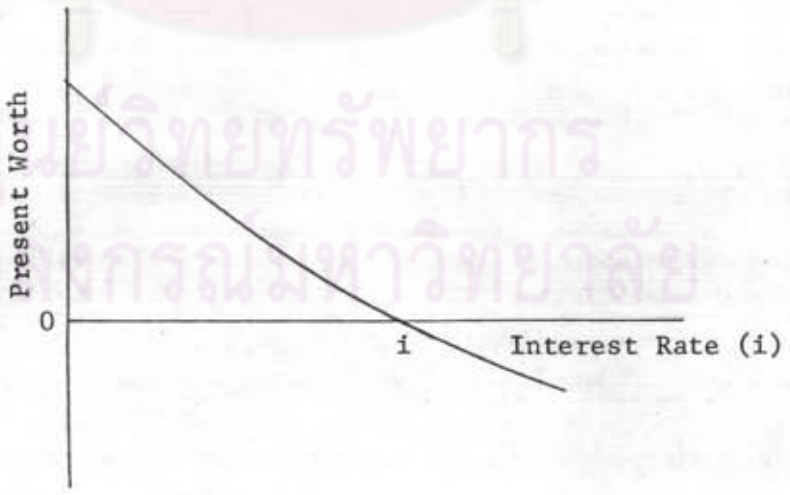
การคำนวณหาค่า IRR อาศัยสมการที่ (2) โดยใช้วิธีลองผิดลองถูก (Trial and error) หรือใช้วิธีการประเมินค่าในช่วง (Interpolation) และอาจใช้วิธีการเขียนกราฟระหว่างอัตราดอกเบี้ย (Discount Rate) กับมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ก็ได้

1. วิธีลองผิดลองถูก (Trial and error) เริ่มต้นโดยกำหนดค่าอัตราผลตอบแทนให้เท่ากับค่าใดค่าหนึ่ง แทนค่านี้ลงไปในสมการของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (2) สมมุติว่าผลออกมามีค่าเป็นลบ (-) ขั้นต่อไปกำหนดค่าตอบแทนใหม่ให้ต่ำกว่าค่าเดิม ทำให้เทอมที่มีเครื่องหมายบวก (+) มีค่ามากขึ้น จนกระทั่งมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ ได้ช่วงของ

ค่าตอบแทน 2 ค่า ซึ่งค่าหนึ่งให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก อีกค่าหนึ่งให้ค่าปัจจุบันเป็นลบ ต้องทำการประมาณในช่วง (Interpolation) ค่าอัตราผลตอบแทนที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันเป็นศูนย์ คือ ค่าอัตราผลตอบแทนภายในที่ต้องการ

2. วิธีเขียนกราฟระหว่างอัตราดอกเบี้ยกับมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) วิธีการนี้คล้ายกับวิธีลองผิดลองถูก แต่การหาค่า IRR มักไม่ใช้วิธีการประมาณค่าในช่วง แต่อาศัยการเขียนกราฟแทน เริ่มแรกต้องลองสมมุติค่าอัตราดอกเบี้ยลงในสมการที่ (2) ซึ่งจะได้มูลค่าปัจจุบันสุทธิค่าหนึ่งออกมา ลองแทนค่าอัตราดอกเบี้ยลงไปเรื่อย ๆ โดยกำหนดช่วงให้เหมาะสม จนค่าปัจจุบันสุทธิเปลี่ยนเครื่องหมายจากบวกเป็นลบ หรือจากลบเป็นบวก ลองแทนค่าอัตราดอกเบี้ยเพิ่มอีกเล็กน้อยเพื่อให้ได้กราฟที่ถูกต้อง นำค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ(NPV) และค่าอัตราดอกเบี้ยไปเขียนกราฟจะได้จุดที่กราฟตัดแกนอัตราดอกเบี้ย จุดนี้คือค่าอัตราตอบแทนภายใน (IRR) นั่นเอง แสดงดังรูปที่ 2-1

การหาอัตราผลตอบแทนภายในนั้น มีปัญหาในการเลือกค่าอัตราผลตอบแทนครั้งแรกและค่าอัตราผลตอบแทนอื่น ๆ เพื่อเป็นการลดจำนวนของการเลือกค่าอัตราตอบแทนลง จึงกำหนดวิธีหาค่าโดยประมาณ โดยการทดลองหาค่าอัตราผลตอบแทนครั้งแรกได้ค่าผลกำไรเฉลี่ยต่อปี โดยไม่คำนึงถึงเวลา ค่าที่ได้บ่งเป็นเปอร์เซนต์ของการลงทุนเฉลี่ย



รูปที่ 2-1 แสดงวิธีการหาค่า IRR

ในการวิเคราะห์โครงการทางวิศวกรรมใดๆ การหาอัตราผลตอบแทนภายในสำหรับโครงการต่าง ๆ มีผลประโยชน์ต่อการตัดสินใจอย่างยิ่ง ทั้งนี้เพราะว่าโครงการต่าง ๆ เหล่านั้นมักจะมีแผนดำเนินงานโดยต้องอาศัยเงินทุนจากการกู้ยืม ซึ่งจะคืนเงินส่วนที่กู้มาได้ โดยอาศัยผลประโยชน์จากโครงการในระยะเวลาที่จะดำเนินการในอนาคต ดังนั้นโครงการนั้นต้องรวมค่าดอกเบี้ยเป็นค่าใช้จ่าย และถ้าโครงการนั้นไม่สามารถทำรายได้ให้มีอัตราผลตอบแทนสูงกว่าอัตราดอกเบี้ย เมื่อทั้งโครงการนั้นดำเนินงานโดยอาศัยเงินกู้เพียงอย่างเดียวก็เท่ากับว่าโครงการนั้นไม่มีกำไร นอกจากนี้โดยเหตุผลที่ว่าโครงการวิศวกรรมที่จะลงทุนเป็นการประเมินผลรับและรายจ่ายในอนาคต ดังนั้นต้องมีความเสี่ยงของความไม่แน่นอนในอนาคตด้วย อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการจึงต้องมีค่าสูงไว้ เพื่อสำรองความเสี่ยงนั้น ยิ่งความเสี่ยงมีค่าสูงเท่าไร อัตราผลตอบแทนภายในควรมีค่ามากขึ้นเท่านั้น

การตัดสินใจเลือกลงทุนสำหรับโครงการต่าง ๆ ต้องเลือกโครงการที่ให้ผลตอบแทนดีที่สุด คือ ให้อัตราผลตอบแทนภายในสูงสุด เมื่อจำนวนเงินของเงินลงทุนเท่ากัน การพิจารณาว่าโครงการใดเป็นโครงการที่มีความเหมาะสม ในการลงทุนจะทำการเปรียบเทียบค่าอัตราผลตอบแทนภายในกับค่าอัตราดอกเบี้ยน้อยสุดที่น่าสนใจ (M.A.R.R.) เช่นถ้า M.A.R.R. = 15 % โครงการใดที่ได้ค่า IRR ต่ำกว่า 15% ถือว่าโครงการนั้นไม่เหมาะสมต่อการลงทุน เป็นต้น เมื่อจำนวนของเงินลงทุนไม่เท่ากันการถือค่า IRR ของแต่ละโคงการเป็นตัวกำหนดความเหมาะสมของโครงการจะไม่ถูกต้องนัก ในการเปรียบเทียบโครงการหลายโครงการ ต้องวิเคราะห์ความเหมาะสมของโครงการในลักษณะของการเพิ่มเงินทุน ขั้นแรกทำการตัดโครงการที่มีค่า IRR ต่ำกว่าค่า M.A.R.R. ออกไป จากนั้นพิจารณาโครงการที่น่าสนใจเปรียบเทียบกัน โดยเรียงลำดับโครงการตามจำนวนเงินลงทุนจากโครงการที่มีเงินลงทุนน้อยไปมาก เปรียบเทียบความเหมาะสมของโครงการทีละคู่ ใช้โครงการที่ลงทุนน้อยเป็นฐานโดยพิจารณาจำนวนเงินที่ต้องลงทุนเพิ่ม และค่าที่ประหยัดได้ต่อปีที่เกิดขึ้นจากการลงทุนเพิ่ม หาอัตรา IRR ของโครงการคู่นั้น ถ้ามีค่ามากกว่าโครงการที่ลงทุนน้อยกว่า ตัดโครงการที่มีความเหมาะสมน้อยกว่าออกไปพิจารณาการลงทุนเพิ่มต่อไป โดยใช้โครงการที่ทำการเลือกในคู่แรกเป็นฐาน

อัตราผลตอบแทนภายในนี้ เป็นอัตราผลตอบแทนต่อปีตลอดอายุของโครงการจากจุดนี้เองทำให้วิธี IRR นี้เป็นที่นิยมที่สุดที่นำมาพิจารณาเลือกโครงการ เพราะวิธี IRR นี้ไม่ได้ขึ้นอยู่กับอัตราดอกเบี้ย ดังนั้นค่า IRR ที่คำนวณได้จึงเป็นค่าที่ถูกต้องแน่นอนกว่าวิธี B/C Ratio และ

วิธี NPV สามารถนำไปจัดลำดับความสำคัญของโครงการทางหลวงได้อย่างถูกต้อง อย่างไรก็ตามวิธีนี้ก็มีข้อจำกัดเช่นกัน คือ

ก. วิธี IRR นี้ การคำนวณใช้วิธีประมาณค่าเพื่อหาค่าอัตราดอกเบี้ยที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิใกล้เคียงกับศูนย์ ดังนั้นจึงเกิดผิดพลาดอยู่บ้าง ความผิดพลาดจะเกิดขึ้นประมาณ 1/10 ถึง 2/10 ของเปอร์เซนต์อัตราผลตอบแทนจริง ซึ่งผลกระทบต่อการตัดสินใจมีค่าน้อยมาก

ข. การหาค่า IRR สามารถหาได้สองวิธี คือ แบบเปรียบเทียบเงินต้นเทียบเท่าปัจจุบัน และปรับเทียบเท่าเป็นเงินเท่ากับรายปี ในการหาอัตราผลตอบแทนโดยประมาณเพื่อใช้การเปรียบเทียบแบบเงินต้น เทียบเท่าปัจจุบันจะได้ค่าสูงกว่าอัตราผลตอบแทนจริงเล็กน้อย แต่ถ้าแบบปรับเทียบเป็นเงินเท่ากับรายปีจะได้อัตราผลตอบแทนที่ต่ำกว่าค่าแท้จริงเล็กน้อย

ค. ในกรณีที่ใช้ค่า IRR พิจารณาเลือกหรือจัดลำดับโครงการทางหลวง ซึ่งต้องเลือกโครงการเพียงโครงการเดียว อาจเกิดข้อผิดพลาดได้ ถ้าใช้ IRR และเงินลงทุนเป็นตัวตัดสินเท่านั้น ควรต้องคำนึงถึงค่าการเสียโอกาสของเงินทุน (Opportunity Cost of Money) ด้วย

2.3.4 <u>อัตราผลตอบแทนปีแรก</u> (First Year Rate of Return)

จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ทั้ง 3 วิธี ดังกล่าวข้างต้น ถ้าค่าอัตราผลประโยชน์ต่อการลงทุนมากกว่าหนึ่ง มูลค่าปัจจุบันสุทธิมากกว่าศูนย์ และค่าอัตราผลตอบแทนภายในมากกว่าอัตราผลตอบแทนน้อยที่สุดที่น่าสนใจ (M.A.R.R.) แล้ว แสดงว่าโครงการทางหลวงนี้เหมาะสมที่จะลงทุน แต่นั่นมิได้หมายความว่าอัตราผลตอบแทนในปีแรกของโครงการจะมากกว่าค่า M.A.R.R. เสมอไป ดังนั้น จึงจำเป็นต้องหาค่าอัตราผลตอบแทนของแต่ละปี หลังจากเสร็จสิ้นการก่อสร้างและเริ่มเปิดใช้ ถ้าปรากฏว่าอัตราผลตอบแทนปีแรกที่เปิดใช้น้อยกว่า M.A.R.R. แล้ว แสดงว่าโครงการทางหลวงที่ศึกษานี้ไม่เหมาะสม ที่จะดำเนินการก่อสร้างตามกำหนดเวลาเดิมของโครงการ ควรที่จะเลื่อนกำหนดเวลาการก่อสร้างออกไปโดยให้แล้วเสร็จและเปิดใช้ได้ทันในปีที่มีผลตอบแทนมากกว่าหรือเท่ากับ M.A.R.R. เราเรียนกว่า วิธีการหาเวลาที่เหมาะสมในการลงทุน (Project Timing)

วิธีการหาเวลาที่เหมาะสมในการลงทุนนี้ อาศัยหลักการหาอัตราผลตอบแทน (Rate of Return) ของโครงการในแต่ละปี โดยเริ่มต้นจากต้องเลื่อนกำหนดการลงทุนก่อสร้าง

จากหมายกำหนดการเดิมออกไปเท่ากับระยะเวลาที่ใช้ก่อสร้าง แล้วเทียบเท่าเงินมูลค่าก่อสร้างทั้งหมดไปยังปีที่เริ่มเปิดใช้ทางหลวง มูลค่าเทียบเท่าของค่าก่อสร้างนี้นำไปหาค่าผลประโยชน์สุทธิของแต่ละปี จะได้ค่าอัตราผลตอบแทนซึ่งพอจะเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้ คือ

$$R = \frac{(B-M) \times 100}{\Sigma C(CAF,i,n)}$$

เมื่อ

R = อัตราผลตอบแทน (Rate of Return) ของแต่ละปี

B = ผลประโยชน์ของทางหลวงในแต่ละปี

M = ค่าใช้จ่ายและค่าบำรุงรักษารายปี

C = เงินลงทุนก่อสร้างของแต่ละปี

i = อัตราดอกเบี้ย

n = จำนวนปี

$\Sigma C(CAF,i,n)$ = ผลรวมของเงินลงทุนดำเนินการก่อสร้างที่เทียบเท่าไปยังปีที่โครงการทางหลวงเริ่มเปิดใช้ในปีแรก

(CAF, i,n) = Single Payment Compound Factor

$= (1 + i)^n$

หลังจากทราบค่าผลตอบแทนของแต่ละปีแล้ว จะนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่า M.A.R.R. ถ้าปีใดมีค่าอัตราผลตอบแทนมากกว่าค่า M.A.R.R. แล้ว แสดงว่าปีนั้นเกิดอัตราผลตอบแทนปีแรก (First Year Rate of Return) ดังนั้น เราจะเริ่มทำการก่อสร้างโครงการทางหลวงให้แล้วเสร็จทันใช้ในปีที่มีอัตราผลตอบแทนปีแรก ซึ่งจะทำให้เกิดผลประโยชน์คุ้มค่าหลังจากก่อสร้างแล้วเสร็จ และเปิดใช้กันที่ในปีแรก

วิธีการนี้เป็นวิธีการที่ใช้สำหรับโครงการทางหลวงที่มีความจำเป็นต้องทำการก่อสร้างแม้ว่าจะไม่มีความเหมาะสมที่จะลงทุนก็ตาม แต่เราสามารถเลื่อนกำหนดการก่อสร้างออกไปยังปีที่เหมาะสมกว่าได้ ดังนั้นโครงการทางหลวงดังกล่าวจึงไม่ถูกยกเลิกเพียงแต่พักไว้ชั่วคราวเท่านั้น

ข้อจำกัดของวิธีนี้คล้ายกับวิธี B/C Ratio คือ ตำแหน่งของค่าใช้จ่ายและค่าบำรุงทางหลวงมีผลต่ออัตราผลตอบแทนที่ได้ ซึ่งอาจมีผลทำให้มีค่าน้อยกว่า หรือมากกว่าค่า

M.A.R.R. ก็ได้ การเลือกเวลาที่เหมาะสมสำหรับการลงทุนจึงเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ ย่อมทำให้เกิดความเสียหายขึ้นได้ และค่าอัตราผลตอบแทนนี้ยังขึ้นอยู่กับค่าของอัตราดอกเบี้ยที่ใช้ในการหามูลค่าเทียบเท่าอัตราดอกเบี้ยที่ใช้ถ้าถูกต้อง ค่าอัตราผลตอบแทนที่ได้ย่อมถูกต้องด้วย แต่ถ้าอัตราดอกเบี้ยจริง ๆ มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ผลของอัตราผลตอบแทนที่ได้อาจผิดพลาดไปได้

2.4 <u>การเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์</u>

ในการเลือกใช้วิธีวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ให้เหมาะสมกับแต่ละโครงการนั้น มีความจำเป็นอยู่บ้างเพราะ วิธีวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ทั้ง 4 วิธีข้างต้นมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันออกไป วิธีการเลือกวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์สามารถสรุปได้ดังนี้

ก. เลือกตามลักษณะโครงการที่ถูกเสนอ เช่น โครงการทางหลวงสายนั้นทำให้เกิดกระแสรายได้ (Income Stream) หรือค่าประหยัดจากผู้ใช้รถหรือไม่ โครงการแต่ละโครงการที่เสนอเข้ามา สามารถวิเคราะห์โดยอิสระจากกันหรือไม่ และข้อมูลสามารถเก็บรวบรวมได้มากน้อยเพียงใด เป็นต้น

ข. รูปแบบของการวิเคราะห์ที่ดีจะต้องให้คำตอบที่มีความหมายแน่นอนชัดเจน เพื่อนำไปใช้ในการตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง

ค. ประสบการณ์ของผู้วิเคราะห์ ถ้าผู้วิเคราะห์มีความชำนาญหรือประสบการณ์จากวิธีการใดวิธีการหนึ่งมาก ก็สามารถใช้วิธีที่ตนถนัดมาวิเคราะห์ ย่อมเป็นการง่ายและรวดเร็วขึ้น แต่จะต้องให้คำตอบเช่นเดียวกับวิธีการวิเคราะห์อื่น ๆ

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ทั้ง 4วิธีข้างต้น ใช้ข้อมูลผลประโยชน์และเงินลงทุนอันเดียวกันต่างกันเฉพาะวิธีการคำนวณหาค่าทางเศรษฐศาสตร์เท่านั้น แต่จะให้ความหมายที่เหมือนกัน คือ จะชี้ให้เห็นถึงทางเลือกที่ให้ผลตอบแทนสูงสุด หลักการวิเคราะห์พิจารณาทางเลือกที่เสนอเข้ามาจะต้องอยู่ในช่วงเวลาเดียวกัน ถ้าไม่อยู่ในช่วงเวลาเดียวกันจะเกิดผลเสียหายต่อการวิเคราะห์โดยเฉพาะวิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีผลกระทบมากที่สุด อัตราดอกเบี้ยจะมีผลต่อวิธีอัตราส่วนผลประโยชน์ตอบแทนต่อการลงทุน (B/C Ratio) และวิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ แต่ไม่มีผลต่อวิธีอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) อัตราดอกเบี้ยที่ใช้จะต้องมีความถูกต้องพอสมควร จึงจะทำให้ B/C Ratio และ NPV ค่อนข้างถูกต้อง แต่วิธี IRR นั้นคำตอบจะถูกต้องขึ้นอยู่กับความละเอียดในการประมาณ

การค่าอัตราผลตอบแทน

วิธี B/C Ratio และวิธี IRR สามารถใช้เปรียบเทียบโครงการที่เสนอเข้ามาโดยที่แต่ละโครงการมีคุณภาพและการให้บริการที่แตกต่างกัน ส่วนวิธี NPV ไม่สามารถนำมาใช้กับโครงการเช่นนี้ได้ เพราะจะมีผลกระทบต่อการจัดลำดับความสำคัญของโครงการที่เสนอเข้ามา ตำแหน่งของค่าใช้จ่ายและค่าบำรุงรักษาทางหลวงจะมีผลต่อค่า B/C Ratio และการหาเวลาที่เหมาะสมของการลงทุน แต่จะยกเว้นกรณีที่ค่า B/C Ratio มีค่าเท่ากับหนึ่งเท่านั้น ที่ตำแหน่งของค่าใช้จ่ายและค่าบำรุงรักษาไม่มีความหมายอย่างใด และยังมีผลกระทบต่อวิธี NPV และวิธี IRR ด้วย แต่ปัญหานี้สามารถกำจัดได้ ถ้าจัดรายการของผลประโยชน์และเงินลงทุนให้เหมือน ๆ กันทุก ๆ โครงการที่เสนอมา

การใช้ค่า IRR เป็นองค์ประกอบในการตัดสินใจ ย่อมเป็นวิธีค่อนข้างดีกว่าวิธี NPV และ B/C Ratio เพราะว่าการใช้วิธีเปรียบเทียบ NPV และ B/C Ratio อาศัยการตั้งเกณฑ์สมมุติว่า อัตราดอกเบี้ยที่ใช้มีค่าคงที่เท่านั้นจึงจะทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบในขั้นตอนต่อไป และค่าที่ได้ก็มิได้อยู่ในรูปของอัตราผลตอบแทนเหมือนกับวิธีของ IRR ซึ่งแสดงผลกำไรของโครงการได้โดยตรงและแน่นอนกว่า

วิธี B/C Ratio นิยมใช้กับโครงการของรัฐขนาดใหญ่ เช่น โครงการทางหลวง เป็นต้น ความยุ่งยากของวิธีนี้คือ ประเมินผลประโยชน์ของโครงการออกมาเป็นตัวเลขเพื่อนำมาหาค่าอัตราส่วน

วิธีอัตราผลตอบแทนปีแรก มีลักษณะคล้ายกับวิธี IRR เพราะอยู่ในรูปของอัตรา (Rate) เช่นเดียวกัน แต่อัตราผลตอบแทนปีแรกเป็นอัตราผลตอบแทนของแต่ละปีอาจมีค่าเท่ากัน หรือไม่เท่ากันก็ได้ขึ้นอยู่กับผลประโยชน์ที่ได้รับแต่ละปี แต่สำหรับค่า IRR นั้นเป็นค่าอัตราผลตอบแทนที่เท่ากันของแต่ละปี ตลอดอายุของโครงการ

การพิจารณาเลือกโครงการที่เหมาะสมต่อการลงทุนจากวิธีวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์นี้เพื่อให้การตัดสินใจเป็นไปอย่างถูกต้องมากที่สุด เพราะโครงการทางหลวงนั้นต้องใช้เงินลงทุนมากมายในการดำเนินการ ซึ่งเงินที่ใช้อาจมาจากภาษีของราษฎรหรือจากการกู้ยืม การลงทุนแต่ละครั้งจึงควรเกิดผลประโยชน์ตอบแทนมากที่สุดเป็นสำคัญ

สูตรวิเคราะห์ความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์

$$B/C = \frac{U - K}{-I\ (CRF,i,n) + T\ (SFF,i,n)}$$

$$B/C = \frac{U(SPWF,i,n) - K\ (SPWF,i,n)}{-I + T\ (PWF,i,n)}$$

$$NPV = -I + T\ (PWF,i,n) - K(SPWF,i,n) + U(SPWF,i,n)$$

แฟคเตอร์	สัญญลักษณ์	ความสัมพันธ์	สูตรสำเร็จ
Single payment Compound amount factor	(CAF,i%,n)	$CAF = \frac{1}{PWF}$	$(1 + i)^n$
Single payment present worth factor	(PWF,i%,n)	$PWF = \frac{1}{CAF}$	$\frac{1}{(1 + i)^n}$
Uniform series compound amount factor	(SCAF,i%,n)	$SCAF = \frac{1}{SFF}$	$\frac{(1 + i)^n - 1}{i}$
Sinking fund factor	(SFF,i%,n)	$SFF = \frac{1}{SCAF}$	$\frac{i}{(1 + i)^n - 1}$
Uniform series present worth factor	(SPWF,i%,n)	$SPWF = \frac{1}{CRF}$	$\frac{(1 + i)^n - 1}{i(1 + i)^n}$
Capital recovery factor	(CRF,i%,n)	$CRF = \frac{1}{SPWF}$ $CRF = SFF + i$	$\frac{i(1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$
Gradient to present worth factor	(GPWF,i%,n)	-	$\frac{I}{i}\left(\frac{(1 + i)^n - 1}{i(1 + i)^n} - \frac{n}{(1+i)^n}\right)$
Gradient to uniform series conversion factor	(GUSF,i%,n)	-	$\frac{1}{i} - \frac{n}{i}\left(\frac{i}{(1 + i)^n - 1}\right)$

*ความสัมพันธ์นี้จะเป็นจริงเมื่อเทียบเท่าที่อัตราดอกเบี้ยและระยะเวลาเดียวกันเท่านั้น

ตารางที่ 2-1 แสดงแฟคเตอร์ต่าง ๆ ของสูตรดอกเบี้ย

$$IRR\ ;\ 0 = -I + T(PWF,i^*,n) - K(SPWF,i^*,n) + U(SPWF,i^*,n)$$

U = ผลประโยชน์จากผู้ใช้ทางที่เท่ากันแต่ละปี (Uniform Annual Road-User Benefits)

K = ค่าบำรุงรักษาทางหลวงที่เท่ากันแต่ละปี (Uniform Annual Operating and Maintenance Costs)

I = เงินลงทุนก่อสร้างทั้งหมดในปีเริ่มโครงการ (Capital Cost)

i = อัตราดอกเบี้ย

IRR = อัตราผลตอบแทนภายใน

ค่าแฟคเตอร์ CRF, SFF, SPWF, PWF อ่านได้จากตารางที่ 2-1 ข้างต้น

หมายเหตุ : สูตรหาความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ที่กล่าวข้างต้น สามารถเปลี่ยนแปลงลักษณะข้อมูลที่นำมาคำนวณ โดยพิจารณาเลือกใช้ค่าแฟคเตอร์ให้ตรงตามลักษณะของข้อมูล เช่น ถ้าผลประโยชน์จากผู้ใช้ทางแต่ละปี มีการเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ (Uniform Gradient Series) ก็ต้องใช้แฟคเตอร์ GPWF ในการเทียบมายังปีปัจจุบัน เป็นต้น

2.5 ผลงานที่มีในอดีต

ผลงานในอดีตที่มีในปี 1970 เป็นผลงานของ TRRL และ IBRD (International Bank for Reconstruction and Development) ร่วมมือกันศึกษาแบบจำลอง (Model)(4) โดยเลือกเอาประเทศเคนยา (Kenya) เป็นตัวอย่าง แบบจำลองนี้จะประเมินค่าใช้จ่ายผู้ใช้ถนนเท่านั้น ไม่รวมผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ (เช่น การเพิ่มของผลผลิต) หรือผลประโยชน์ทางสังคม แบบจำลองนี้จะให้ค่าต่ำสุดของค่าใช้จ่ายในการขนส่งค่าก่อสร้าง ค่าบำรุงรักษาและค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ถนน ตลอดจนอายุการใช้งานของแต่ละ Alternatives ผลของการประเมินจะออกมาในรูปของ Net present value

แบบจำลองจะประเมินค่าใช้จ่ายถนนและพยากรณ์สภาพของถนนตามระยะเวลาที่ผ่านไป แบบจำลองจะประเมินค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา และค่าใช้จ่ายของยานพาหนะ (VOC) แต่ละปี ค่าใช้จ่ายทั้งหมดจะถูก discounted back ไปยังปีฐาน (Base year) ในแบบจำลองจะใช้ข้อมูลป้อนเข้า (Input) ดังต่อไปนี้

1. Route location
2. Road design location
3. Terrain information
4. Properties of construction materials
5. Construction unit cost
6. Environmental factors
7. Vehicle operation unit cost
8. Traffic Volumes
9. Traffic Composition
10. Vehicle load and Equivalent factors
11. Maintenance policy
12. Maintenance unit costs

ในการ Run แบบจำลองจะเริ่มต้นด้วย แบบจำลองย่อย (Sub-model) ของค่าก่อสร้างแต่ละปีก่อน แบบจำลองย่อยจะคำนวณปริมาณงานดิน (Earth works) pavement, drainage และ clearance ความเสื่อมโทรมของถนน จะถูกประเมินสัมพันธ์กับค่าก่อสร้างในปีแรก นโยบายการบำรุงรักษาที่เลือกไว้ ปริมาณฝน และปริมาณการจราจร แบบจำลองย่อยที่ใช้สำหรับประเมิน Vehicle performance จะใช้รายละเอียดสภาพของถนน จาก Sub-model ของความเสื่อมถนนกับรูปทรงเรขาคณิตของถนน ที่คาดคะเนความเร็วของยานพาหนะแต่ละประเภท การใช้เชื้อเพลิง ยาง การบำรุงรักษายานพาหนะและค่าเสื่อมราคาจะถูกคำนวณโดยสัมพันธ์กับปริมาณการจราจรที่ได้คาดคะเนไว้จะได้ค่าใช้จ่ายของยานพาหนะทั้งหมดแต่ละปี การบำรุงรักษาถนนขึ้นอยู่กับสภาพของถนน และค่าบำรุงรักษาจะถูกประเมินไปแต่ละปีตลอดช่วงที่ทำการวิเคราะห์ ค่าใช้จ่ายที่คำนวณไว้ทั้งหมดแต่ละปี ตลอดช่วงการวิเคราะห์จะถูก discounted back กลับไปยังปีฐานด้วยอัตรา discount โดยผู้ใช้และค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ได้รับโดยการรวมค่าใช้จ่ายที่ถูก discount

แบบจำลองสามารถใช้ได้กับข้อมูลระดับต่าง ๆ รายละเอียดข้อมูลที่จะป้อนเข้ามีอยู่มากมาย แต่ไม่จำเป็นต้องเตรียมข้อมูลไว้ทั้งหมดแบบจำลองนี้ก็ยังใช้ได้อยู่ ถ้าหากว่าข้อมูลไม่สามารถ

หาได้หมด ก็จะสามารถสมมุติค่าที่เหมาะสมแทน ซึ่งจะทำให้ความถูกต้องลดลงไปบ้าง ลักษณะที่สำคัญของแบบจำลองคือ ค่าที่ประเมินทั้งหมดจะอยู่ในรูปของ physical quantities ค่าใช้จ่ายที่ได้จะเกิดจากการใช้ Unit rate ของปริมาณงานเหล่านี้ ตัวอย่างเช่น การใช้เชื้อเพลิงจะวัดในรูปของ ลิตรต่อ 1,000 กม. และคูณด้วยค่าใช้จ่ายต่อลิตร ซึ่งจะได้ค่าใช้เชื้อเพลิงต่อ 1,000 กม. แบบจำลองนี้อำนวยความสะดวกต่าง ๆ เช่น เป็นดิน กรวดลาดยาง หรือแนวทางใหม่ ขอบถนน overlay หรือ complete reconstruction

แบบจำลองย่อยแต่ละแบบสามารถใช้แยกกันได้ เช่น แบบจำลองสำหรับงานก่อสร้างสามารถใช้ประเมินค่าใช้จ่ายและปริมาณงานแต่ละโครงการได้ และแบบจำลองสำหรับ Vehicle performance สามารถใช้หาค่าเสื่อมโทรม หรือ VOC บนถนนเดิม

2.5.1 <u>ข้อจำกัดของแบบจำลอง</u> (Limitation of The model)

1. ใช้ข้อมูลในเคนยา

ความสัมพันธ์ส่วนมากสำหรับงานสนามในประเทศเคนยา ก่อนใช้แบบจำลองนี้ในสภาพที่สิ่งแวดล้อมต่างกัน ควรจะดูว่าข้อมูลที่ใช้อยู่ในช่วงที่เกิดขึ้นเหมือนในประเทศเคนยาหรือไม่

2. Minimizing total cost

3. Optimization of alignment

4. โครงข่ายถนน (Road Network)

5. การคาดคะเนปริมาณการจราจร

2.5.2 <u>แบบจำลองคอมพิวเตอร์เบื้องต้น</u>

Flow diagram ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2-2 และรายละเอียดของ Flow diagram ที่แสดงถึง Upgrading และ Reconstruction ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2-3

2.5.3 <u>คอมพิวเตอร์ที่ใช้</u> (Computer Requirement)

10,000 Statement cards ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ ICL 4/70 ความจำ 140,000 bytes เวลาที่ใช้ในการ Run เพียง 2-3 วินาที แต่ถ้าถนนเป็น Stage construction

จะใช้เวลาเพิ่มขึ้น

2.5.4 รายละเอียดของแบบจำลอง (Description of the model)

แบบจำลองสามารถแบ่งย่อยได้เป็น 3 แบบจำลอง (three sub-models) ดังแสดงในรูปที่ 2 มีดังนี้

1. Construction cost
2. Deterioration of the road และ road user costs
3. Road maintenance costs

แบบจำลองย่อยทั้งสามนี้ สามารถใช้ในการวิเคราะห์โครงการทางหลวงได้อย่างสมบูรณ์แบบจำลองเหล่านี้จะให้ผล (Output) ดังนี้

- Total cost of operations
- Detailed costs of Operations และ total quantities
- Detailed costs of operations และ Detailed quantities

ผลทั้ง 3 หัวข้อนี้ จะคำนวณค่าใช้จ่ายและปริมาณงานดังนี้

- Construction และ Reconstruction
- Deterioration และ Maintenance
- Vehicle Operation

2.5.5 ค่าใช้จ่ายทั้งหมดตลอดอายุการออกแบบ

อายุในการออกแบบที่มากที่สุดคือ 24 ปี ซึ่งรวมทั้งระยะเวลาในการก่อสร้างหนึ่งถึงสี่ปีรายละเอียดของค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้น จะถูกเก็บไว้ไม่ว่าจะเป็นค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง และปรับปรุงถนน ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา (maintenance cost), Vehicle Operating Cost (VOC) และ Time cost ค่าใช้จ่ายเหล่านี้จะถูก discounted ไปปีที่ศูนย์ (year zero) ส่วนค่าใช้จ่ายของผู้ใช้รถ (Road User Cost) และ Time Cost ถูกกำหนดให้อยู่ใน economic terms และ market terms

2.5.6 ประเภทของรถ

ในแบบจำลองแบ่งประเภทของรถ ออกเป็น 8 ประเภทคือ

1. Passenger Car
2. Light Commercial Vehicles
3. Bus (110 horsepower และ 11 tons gross weight)

ตั้งแต่ 4. – 8. เป็น Heavy Commercial Vehicles ซึ่งแบ่งย่อยได้ 5 ประเภทคือ

4. 2 - axle rigid truck
5. 3 - axle rigid truck
6. 2 - axle rigid truck towing a 2 - axle draw-bar trailer with single wheels
7. 2 - axle rigid truck towing a 3 - axle draw-bar trailer with double wheels
8. 3 - axle rigid truck towing a 3 - axle draw-bar trailer with double wheels

และ equivalent factor คือ the number of passages of an axle carrying a standard 8,200 kg load ซึ่งจะมีอำนาจการทำลายถนน และค่า equivalence factor สำหรับรถแต่ละประเภทคำนวณจาก Liddle's formula

$$EF = \left(\frac{L_1}{8,200}\right)^{4.5}$$

EF คือ Unweighted equivalence factor

L_1 คือ น้ำหนักลงเพลามีหน่วยเป็นกิโลกรัม

Equivalence factor สำหรับรถ passenger car และ light commercial vehicle จะไม่นำมาเปรียบเทียบ

2.5.7 การพยากรณ์ปริมาณการจราจร (Traffic forecast)

ปริมาณการจราจรที่พยากรณ์ไว้ จะถูกใส่เข้าไปในแบบจำลอง การพยากรณ์มีหลายวิธี ดังนี้

1. ผู้ใช้อาจจะกำหนด ADT แยกแต่ละปี ตลอดช่วงการวิเคราะห์และกำหนด traffic growth ให้สัมพันธ์ตามผู้ใช้

2. ผู้ใช้อาจจะกำหนด ADT ปีแรกและหาอัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจรปีต่อไป

3. ผู้ใช้อาจจะกำหนด ADT ปีแรกและให้อัตราการเพิ่มคงที่

2.5.8 การก่อสร้างเป็นขั้นตอน (Stage Construction)

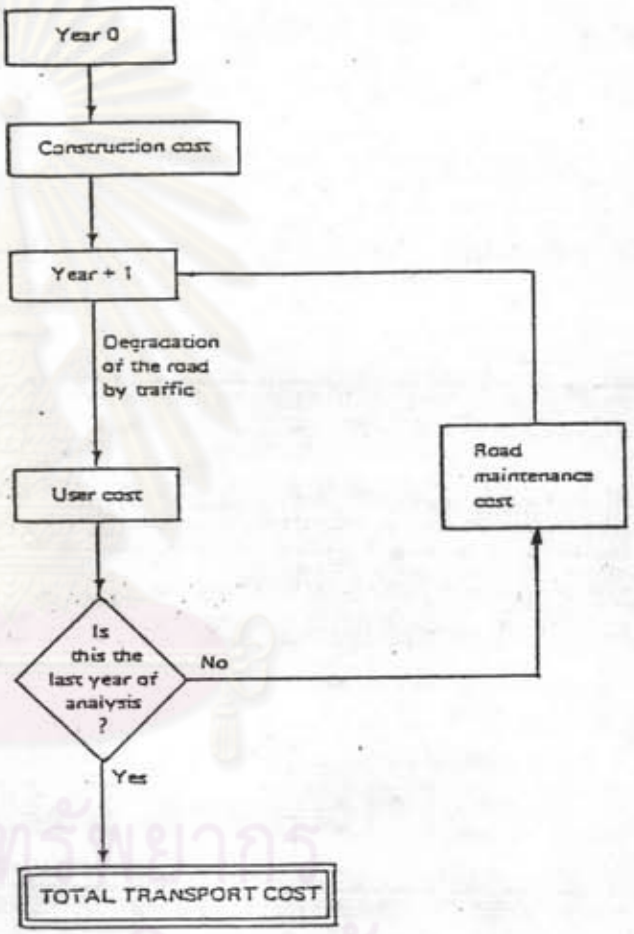
การก่อสร้างเป็นขั้นตอน แบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท ดังต่อไปนี้

1. Overlaying
2. Pavement reconstruction
3. Road Widening
4. Realignment

Reconstruction และ upgrading จะเกิดขึ้นเมื่อตัวแปรหนึ่งในสองค่านี้เกิดขึ้น คือ

1. Traffic Volume จะแสดงในรูปของ passenger car unit (pcu). โดยที่รถเก๋งส่วนตัว หรือพวกรถบรรทุกสินค้าขนาดเล็ก เท่ากับ 1 pcu. รถโดยสารขนาดใหญ่ กลาง หรือรถบรรทุกสินค้าขนาดใหญ่ เท่ากับ 3 pcu.

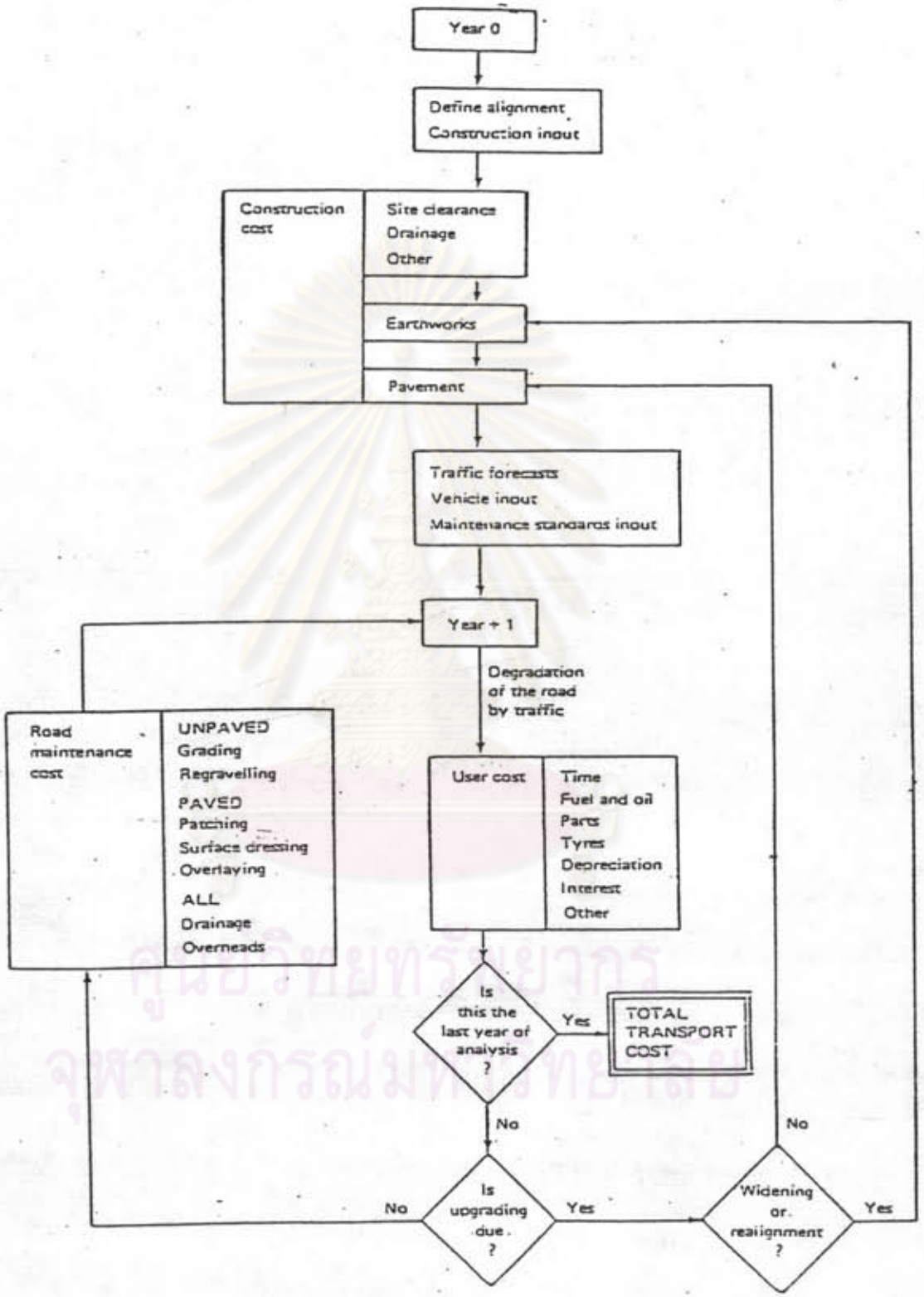
2. Roughness แสดงในรูปของ มม./กม.



ที่มา : A Road Transportation Investment Model for Developing Countries. (TRRL 674)

รูปที่ 2-2 ผังงานแสดงการหาค่าใช้จ่ายในการขนส่งทั้งหมด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ที่มา : A Road Transportation Investment Model for Developing countries. (TRRL 974)

รูปที่ 2-3 ผังงานของแบบจำลองแสดงค่าใช้จ่ายในการขนส่ง