การศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นโครงการขนส่งสาธารณะระบบราง ในเขตเทศบาลนครพิษณุโลก

A Feasibility Study of Rail Transit System in Phitsanulok

นายจรูญ กลางแสง รหัส 51360097

นางสาวกัญญาภัค สระทองเทียน รหัส 51363258

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 10 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 160990
เลขเรียกหนังสือ ปร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร 9/739
2554

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2554

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน : การศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นโครงการขนส่งสาธารณะระบบรางในเขตเทศบาลนครพิษณุโลก

ผู้ดำเนินโครงงาน : นายจรูญ กลางแสง รหัส 51360295
นายกัญญาภัค สระทองเทียน รหัส 51363456

ที่ปรึกษาโครงงาน : ดร. ศิริชัย ตันรัตนวงศ์

สาขาวิชา : วิศวกรรมโยธา

ภาควิชา : วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา : 2554

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้**เป็นส่วนหนึ่ง**ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(ดร. ศิริชัย ตันรัตนวงศ์)

..... กรรมการ
(ผศ.ดร.สสิกรณ์ เหลืองวิชชเจริญ)

..... กรรมการ
(ดร.กำพล ทรัพย์สมบูรณ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นโครงการขนส่งสาธารณะระบบรางในเขตเทศบาลนครพิษณุโลก
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายจรูญ กลางแสง รหัส 51360097
	นางสาวกัญญา สระทองเทียน รหัส 51363258
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร. ศิริชัย ตันรัตนวงศ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2554

.....

บทคัดย่อ

การศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นโครงการขนส่งสาธารณะระบบรางในเขตเทศบาลนครพิษณุโลกนี้มุ่งศึกษาความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรม ด้านสิ่งแวดล้อมและด้านเศรษฐศาสตร์ที่มีผลต่อการเลือกรูปแบบการเดินทาง ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ความเหมาะสมของระบบขนส่งสาธารณะระบบราง 4 รูปแบบ ได้แก่ คือ รถไฟฟ้ารางเดี่ยวลอยฟ้า รถไฟฟ้ารางเดี่ยวขนาดหนักใต้ดิน รถไฟฟ้ารางคู่ลอยฟ้า และ รถไฟฟ้ารางคู่ใต้ดิน โดยใช้หลักการทางเศรษฐศาสตร์วิเคราะห์ความเหมาะสมและความเป็นไปได้ของโครงการเป็นหลัก จากการวิเคราะห์พบว่าความเหมาะสมของรูปแบบการขนส่งระบบรางสามารถจัดลำดับความเหมาะสมจากมากไปหาน้อยได้คือ รถไฟฟ้ารางเดี่ยวลอยฟ้า รถไฟฟ้ารางคู่ลอยฟ้า รถไฟฟ้ารางเดี่ยวใต้ดิน รถไฟฟ้ารางคู่ใต้ดิน แต่ทุกทางเลือกนั้นไม่คุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์เนื่องจากต้นทุนในการลงทุนสูงประกอบกับผลตอบแทนของน้อยและระยะเวลาคืนทุนของโครงการใช้เวลานานเกินไป สำหรับเขตเทศบาลนครพิษณุโลก

Project title	A Feasibility Study of Rail Transit System in Phitsanulok		
Name	Mr. Charun	Kangseang	ID. 51360097
	Ms. Kanyapuck	Satongtian	ID. 51363258
Project advisor	Dr. Sirichai	Tanratanawong	
Major	Civil Engineering		
Department	Civil Engineering		
Academic year	2011		

.....

Abstract

The purpose of this study was to explore the feasibility of the public transit system in Phitsanulok municipal area in ferms of engineering, environmental and economics aspects. 4 public transit systems,namely Sky Monorail, Subway Monorail, Sky Double Rail and Heavy Subway Double Rail were studied and compared,vsing mainly the principles of economic analysis to justified the appropriateness and feasibility of the project. This study led to the conclusion that the most suitable transport were Sky Monorail, Sky Double Rail, Subway Monorail and Subway Double Rail, respectively. However, all alternatives could not be fustified due to high investment costs and low profit incomes including long payback periods.

กิตติกรรมประกาศ

ที่ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ก็เพราะได้ความความเมตตากรุณาจากท่านอาจารย์ศิริชัย ตันรัตนวงศ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำให้คำปรึกษาและตลอดจนแนะแนวทางการแก้ไขที่เหมาะสมมาโดยตลอด ผู้ทำโครงงานรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านเป็นอย่างมาก และกราบขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ผู้ทำวิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อคุณแม่ และเพื่อน ๆ พี่ ๆ รวมทั้งบุคลที่มีส่วนร่วมทำให้งานปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุลวงไปได้ด้วยดี จนกระทั่งได้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตนี้ รวมทั้งคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และคำสั่งสอนให้กับผู้ทำโครงงานในทุกระดับชั้น

ขอขอบพระคุณ เพื่อน ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ ทุกคนในคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรที่เป็นกำลังใจและคอยช่วยเหลือในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ ข้อมูลจากศูนย์วิจัยชนส่งและโครงสร้างพื้นฐาน ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลในการศึกษา

คณะผู้จัดทำ

8 มีนาคม 2555

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญตาราง(ต่อ) ..... ช
สารบัญรูป ..... ฌ
สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
1.4 ขอบเขตของการศึกษา 2
1.5 งบประมาณตลอดโครงการ 3
1.6 แผนการดำเนินงาน 3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น 4
2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกรูปแบบการเดินทาง 4
2.2 การศึกษาความเป็นไปได้ 6
2.3 รูปแบบของรถรางต่างๆที่ใช้ในการศึกษา 10
2.4 หลักการออกแบบและก่อสร้างอุโมงค์โดยทั่วไป 15

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงการ 20
3.1 การรวบรวมข้อมูล 20
3.2 คัดกรองข้อมูลจากแหล่งศึกษา 20
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล 20
3.4 สรุปผลการวิเคราะข้อมูล 21

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 วิเคราะห์ผล	22
4.1 กำหนดจุดรับส่งและวางเส้นทางการใช้ระบบราง	22
4.2 วิเคราะห์ด้านวิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์	28
4.3 วิเคราะห์ด้านสิ่งแวดล้อม	50
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	52
5.1 สรุปผลด้านเศรษฐศาสตร์	52
5.2 สรุปผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	53
5.3 ข้อเสนอแนะ	53
บรรณานุกรม	54
ประวัติผู้เขียน	55

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.6.1 แสดงระยะเวลาดำเนินการศึกษาของการทำปริญญานิพนธ์..... 3

ตารางที่ 4.1.1 ข้อมูลการจราจรความล่าช้าในการเดินทางในบริเวณแยกต่างๆของจังหวัดพิษณุโลก 24

ตารางที่ 4.1.2 ข้อมูลสถิติจุดอันตรายที่เกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้ง..... 25

ตารางที่ 4.2.1 เปรียบเทียบประเภทรถรางกับต้นทุนก่อสร้างโดยประมาณ..... 28

ตารางที่ 4.2.2 แสดงราคาสิ่งที่เกี่ยวข้อง กับการศึกษาระบบขนส่งระบบราง เป็นการเปรียบเทียบราคาต่อหน่วย เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์..... 29

ตารางที่ 4.2.3 แสดงเวลาในการเดินรถในแต่ละวัน..... 30

ตารางที่ 4.2.4 การขนส่งผู้โดยสาร โดยประมาณ..... 30

ตารางที่ 4.2.5 แสดงสัดส่วนเงินลงทุนต่อรูปแบบระบบราง..... 31

ตารางที่ 4.2.6 แสดงรายจ่ายในระหว่างการดำเนินโครงการ..... 31

ตารางที่ 4.2.7 แสดงรายรับในระหว่างการดำเนินโครงการ..... 31

ตารางที่ 4.2.8 แสดงรายรับสุทธิต่อปี..... 31

ตารางที่ 4.2.9 NPV แสดงผลตอบแทนต่ออายุโครงการ..... 32

ตารางที่ 4.2.10 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost ratio)..... 33

ตารางที่ 4.2.11 แสดงเวลาในการเดินรถในแต่ละวัน..... 35

ตารางที่ 4.2.12 การขนส่งผู้โดยสาร โดยประมาณ..... 35

ตารางที่ 4.2.13 แสดงสัดส่วนเงินลงทุนต่อรูปแบบระบบราง..... 36

ตารางที่ 4.2.14 แสดงรายจ่ายในระหว่างการดำเนินโครงการ..... 36

ตารางที่ 4.2.15 แสดงรายรับในระหว่างการดำเนินโครงการ..... 36

ตารางที่ 4.2.16 แสดงรายรับสุทธิต่อปี..... 36

ตารางที่ 4.2.17 NPV แสดงผลตอบแทนต่ออายุโครงการ..... 37

ตารางที่ 4.2.18 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost ratio)..... 38

ตารางที่ 4.2.19 แสดงเวลาในการเดินรถในแต่ละวัน..... 40

ตารางที่ 4.2.20 การขนส่งผู้โดยสาร โดยประมาณ..... 40

ตารางที่ 4.2.21 แสดงสัดส่วนเงินลงทุนต่อรูปแบบระบบราง..... 41

ตารางที่ 4.2.22 แสดงรายจ่ายในระหว่างการดำเนินโครงการ..... 41

ตารางที่ 4.2.23 แสดงรายรับในระหว่างการดำเนินโครงการ..... 41

ตารางที่ 4.2.24 แสดงรายรับสุทธิต่อปี..... 41

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ 4.2.25 NPV แสดงผลตอบแทนต่ออายุโครงการ..... 42
ตารางที่ 4.2.26 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost ratio)..... 43
ตารางที่ 4.2.27 แสดงเวลาในการเดินรถในแต่ละวัน..... 45
ตารางที่ 4.2.28 การขนส่งผู้โดยสาร โดยประมาณ..... 45
ตารางที่ 4.2.29 แสดงสัดส่วนเงินลงทุนต่อรูปแบบระบบราง..... 46
ตารางที่ 4.2.30 แสดงรายจ่ายในระหว่างการดำเนินโครงการ..... 46
ตารางที่ 4.2.31 แสดงรายรับในระหว่างการดำเนินโครงการ..... 46
ตารางที่ 4.2.32 แสดงรายรับสุทธิต่อปี..... 46
ตารางที่ 4.2.33 NPV แสดงผลตอบแทนต่ออายุโครงการ..... 47
ตารางที่ 4.2.34 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost ratio)..... 48
ตารางที่ 4.2.35 แสดงการวิเคราะห์รายรับจากค่าโดยสาร(ข้อมูลเมื่อ 2549)..... 49
ตารางที่ 5.1.1 ตารางเปรียบเทียบโครงการระบบราง..... 52

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.3.1 ภาพประกอบรถไฟฟ้าลอยฟ้า..... 10
รูปที่ 2.3.2 ภาพประกอบรถไฟฟ้าใต้ดิน..... 11
รูปที่ 2.3.3 ภาพประกอบรถไฟฟ้าความเร็วสูง..... 11
รูปที่ 2.3.4 ภาพประกอบรถรางฮ่องกง..... 12
รูปที่ 2.3.5 ภาพประกอบลอยฟ้ารางเดี่ยว..... 13
รูปที่ 2.3.6 ภาพประกอบรถราง The Monorail Tour..... 13
รูปที่ 2.3.7 ภาพประกอบรถราง Human Powered Monorail..... 14
รูปที่ 2.3.8 ภาพประกอบรถราง Monorail Heavy Rail..... 15
รูปที่ 3.4.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินโครงงาน..... 21
รูปที่ 4.1.1 แผนที่ในเขตเทศบาลเมืองพิษณุโลก..... 22
รูปที่ 4.1.2 แสดงการเพิ่มของจำนวนรถที่จดทะเบียน..... 26
รูปที่ 4.1.3 แสดงความคิดเห็นสภาพการจราจรของเมืองพิษณุโลกโดยทั่วไป..... 27
รูปที่ 4.1.4 แสดงบริเวณที่มักจะมีปัญหาการจราจรติดขัด..... 27
รูปที่ 4.1.5 สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัด..... 28
รูปที่ 4.2.1 Cash flow แสดงจุดคุ้มทุน..... 34
รูปที่ 4.2.2 Cash flow แสดงจุดคุ้มทุน..... 39
รูปที่ 4.2.3 Cash flow แสดงจุดคุ้มทุน..... 44
รูปที่ 4.2.4 Cash flow แสดงจุดคุ้มทุน..... 49
รูปที่ 4.2.5 รูปเปอร์เซนต์ IRR..... 50

สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ

AADT	=	Average Annual Daily Traffic
ADT	=	Average Daily Traffic
PHF	=	Peak Hour Volumes
VPD	=	Vehicle Per Day
PCU	=	Passenger Car Unit
V/C	=	Volume/Capacity Ratio
LOS	=	Level of Services
PB	=	Payback Period
NPV	=	Net Present Value
IRR	=	Internal Rate of Return
BCC	=	Benefit Cost ratio
PVIFA	=	กระแสเงินสดสุทธิ
PVB	=	มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน
PVC	=	มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย

บทที่ 1

บทนำ

จังหวัดพิษณุโลกตั้งอยู่ภาคเหนือตอนล่างและอยู่ในเขตภาคกลางตอนบนสุดของประเทศไทย เรียกกันว่า "เหนือล่างกลางบน" ห่างจากกรุงเทพมหานคร 368 กม. มีเนื้อที่ทั้งหมดประมาณ 10,815 ตารางกิโลเมตร หรือ 6,759,909 ไร่ แบ่งการปกครองออกเป็น 9 อำเภอ 93 ตำบล 1,032 หมู่บ้าน จากลักษณะทางภูมิศาสตร์ทำให้จังหวัดพิษณุโลกเป็นจุดศูนย์กลางในด้านคมนาคมของภูมิภาคอินโดจีน โดยเป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างภาคกลางกับภาคเหนือ รวมทั้งภาคเหนือกับภาคตะวันออกเฉียงเหนือด้วย จังหวัดพิษณุโลกจึงได้รับการขนานนามว่าเป็น "เมืองบริการสี่แยกอินโดจีน" โดยสามารถเดินทางได้โดยทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 12 (แม่สอด-มุกดาหาร) ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 11 (อินทร์บุรี-เชียงใหม่) และทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 117 (พิษณุโลก - นครสวรรค์) โดยทางหลวงทั้ง 3 สายเชื่อมโยงกันด้วยโครงข่ายถนนวงแหวนรอบเมืองพิษณุโลก นอกจากการคมนาคมทางรถยนต์แล้ว การเดินทางมาจังหวัดพิษณุโลกยังสามารถมาด้วยเครื่องบินก็ได้ และการคมนาคมที่สำคัญอีกวิธีหนึ่งคือการคมนาคมทางรถไฟการขนส่งนับว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งของการพัฒนาประเทศทั้งด้านเศรษฐกิจและสังคมซึ่งสามารถแก้ปัญหาการจราจรได้เป็นอย่างดี การขนส่งระบบรางนั้นก็ยังเป็นอีกทางเลือกแก่ผู้ใช้บริการเพื่อความสะดวก รวดเร็ว และปลอกภัยอย่างเต็มที่ ดังนั้นการขนส่งระบบรางจึงสามารถตอบสนองความต้องการด้านระบบการขนส่งได้เป็นอย่างดี

โครงงานนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นโครงการขนส่งสาธารณะระบบรางในเขตเทศบาลนครพิษณุโลก เพื่อวางแผนออกแบบแก้ไขปัญหาการจราจรอำนวยความสะดวกและความปลอดภัยให้แก่ผู้ให้บริการรวมถึงเพื่อประโยชน์ทางเศรษฐกิจและสังคม

1.1 ความสำคัญและที่มา

เนื่องจากระบบขนส่งสาธารณะ นั้นมีความสำคัญอย่างมากต่อการเดินทางทั้งระยะใกล้ ระยะไกล และยังเป็นตัวที่ช่วยสนับสนุนความเจริญด้านเศรษฐกิจได้เป็นอย่างดี และยังทำให้เกิดความสะดวกสบายในการเดินทางของประชาชนอีกด้วยเนื่องจากระบบขนส่งสาธารณะในเขตเทศบาลนครพิษณุโลก ซึ่งมีรูปแบบในการเคลื่อนที่รถมีมากจนกระทั่งเกือบเท่ากับการเคลื่อนที่คน และยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย ทั้งยังส่งผลต่อสภาพจราจรที่มากขึ้นอีกด้วย ดั้งนั้นเพื่อเป็นการเสนอทางเลือกให้กับผู้โดยสารต่อการเดินทาง ระบบรางจึงเป็นอีกทางเลือกที่จะมาตอบสนองต่อการเดินทางที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งยังช่วยลดสภาพจราจรที่ติดขัดเพราะเป็นการเคลื่อนที่คนมากการเคลื่อนที่รถ เพื่อเป็นทางเลือกในการเลือกใช้ระบบขนส่งสาธารณะ ความเหมาะสมของระบบรางนั้นมีความเหมาะสมอย่างมากในการศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นโครงการสาธารณะระบบรางในเขตเทศบาลนครพิษณุโลกได้เป็นอย่างดี

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อการศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นโครงการขนส่งสาธารณะระบบรางในเขตเทศบาลนครพิษณุโลก

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาต่อยอดการศึกษาความเป็นไปได้ของระบบขนส่งสาธารณะระบบรางในเขตเทศบาลเมืองพิษณุโลกต่อไป

1.4.2 เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะในเขตเทศบาลเมืองพิษณุโลก

1.4.3 เพื่อหาความเป็นไปได้เบื้องต้นว่าระบบรางนั้นมีความเหมาะสมที่จะเป็นไปได้หรือไม่ ในเขตเทศบาลเมืองพิษณุโลก

1.4 ขอบเขตของการทำงาน

การศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นโครงการสาธารณะระบบรางในเขตเทศบาลนครพิษณุโลก ซึ่งมีข้อจำกัดด้านเวลาในการศึกษา จึงได้เลือกศึกษาเฉพาะหัวข้อที่สำคัญ เพื่อให้ใกล้เคียงกับความเป็นไปได้เบื้องต้นมากที่สุด ซึ่งจะมุ่งเน้นไปยังหัวข้อหลักๆ ดังนี้

- ด้านวิศวกรรม จะศึกษาในส่วนของโครงสร้างว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ กับเขตเทศบาลเมืองพิษณุโลก
- ด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะศึกษาผลกระทบหลักที่จะได้รับจากโครงการ คือ ดิน น้ำ อากาศ เสียง ว่าจะส่งผลต่อประชาชนในบริเวณใกล้เคียงกับโครงการหรือไม่
- ด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งถือได้ว่าเป็นหัวข้อที่สำคัญถึงความเป็นไปได้เบื้องต้นของระบบรางในเขตเทศบาลนครพิษณุโลก

โดยหัวข้อทั้งสามนี้จะเป็นตัวที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้เบื้องต้นเท่านั้น

1.5 งบประมาณ

1.6.1 ค่าถ่ายเอกสารและจัดทำรายงาน	1,000	บาท
1.6.2 ค่าวัสดุสำนักงาน	500	บาท
1.6.3 ค่าวัสดุโฆษณาและเผยแพร่	500	บาท
รวมค่าใช้จ่าย	2,000	บาท

1.6 แผนการดำเนินงานตลอดทั้งโครงงาน

ตารางที่ 1.6.1 แสดงระยะเวลาดำเนินการศึกษาของการทำปริญญานิพนธ์

เดือน สัปดาห์ที่ กิจกรรม	ตุลาคม 54 1 2 3 4	พฤศจิกายน 54 1 2 3 4	ธันวาคม 55 1 2 3 4	มกราคม 55 1 2 3 4	กุมภาพันธ์ 55 1 2 3 4
1. กำหนดหัวข้อโครงงาน					
2. ตรวจดูสถานที่ทำโครงงาน					
3. ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง					
4. วิเคราะห์ ผล สรุปผล					
5. เขียนโครงงาน					

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบต่อการเลือกรูปแบบการเดินทาง

การที่เราจะคาดการณ์ว่าการเดินทางเราจะต้องวิเคราะห์ปัจจัยที่จะมีผลกระทบต่อการเลือกรูปแบบของการเดินทาง ปัจจัยนั้นมี 2 ประการ ซึ่งประการแรกที่เกิดขึ้นในใจคือ ความสัมพันธ์ของค่าใช้จ่ายและเวลา การเดินทางของรูปแบบที่มีอยู่ในการให้บริการเป็นที่ชัดเจนว่ารูปแบบที่มีความรวดเร็วและค่าใช้จ่ายไม่สูงมากนักจะดึงดูดผู้เดินทางมากกว่ารูปแบบที่ล่าช้าและค่าใช้จ่ายสูง แต่ยังมีปัจจัยอื่นที่อาจจะสำคัญที่ควรจะได้รับการพิจารณาในการวิเคราะห์ถึงการเลือกใช้รูปแบบการเดินทาง ปัจจัยเหล่านี้ จะรวมทั้งเวลาและค่าใช้จ่าย สามารถจัดเป็นกลุ่มไว้ได้เป็นใน 3 หลักเกณฑ์ดังนี้

2.1.1 ลักษณะของผู้เดินทาง

ลักษณะแบบไหนของคนเดินทางที่อาจจะมีผลต่อการเลือกวิธีการเดินทางของคนเดินทาง จำนวนรถยนต์ในครัวเรือนและจำนวนคนจะช่วงชิงการใช้รถยนต์เหล่านั้นเป็นสิ่งสำคัญอาชีพและรายได้สามารถที่จะมีผลกระทบต่อการเลือกรูปแบบในการเดินทาง ผู้คนอยู่ในกลุ่มฐานะการงานและรายได้สูงโดยทั่วไปจะใช้รถประจำทางน้อยมากอายุและเพศของคนเดินทางอาจจะมีผลต่อการตัดสินใจต่อการเลือกรูปแบบเดินทางเฉพาะ ดังนั้นจึงจะมีลักษณะของผู้เดินทางจำนวนหนึ่งที่ควรพิจารณาในกลุ่มนี้ที่สำคัญคือรายได้ของครอบครัว

- จำนวนรถยนต์ที่มีอยู่ในครัวเรือนระดับการศึกษา
- ขนาดของครอบครัว
- การกระจายอายุของครอบครัว
- ประเภทของที่พำนัก
- ความหนาแน่นของถิ่นที่อยู่
- ระยะทางจากที่พำนักของคนเดินทางถึงศูนย์กลางย่านธุรกิจ

ค่อนข้างแน่นอนว่าในลักษณะเหล่านี้หลายประการที่มีความเกี่ยวเนื่องกัน; ตัวอย่างเช่น ผู้เดินที่อาศัยอยู่ในย่านที่อยู่อาศัยหนาแน่น โดยทั่วไปจะมีจำนวนรถยนต์ไม่มากและจำนวนคนในแต่ละ

ครอบครัวจะมีผู้คนน้อยกว่าผู้คนที่อาศัยอยู่ชานเมือง การใช้ลักษณะจำนวนมากเพื่อประเมินการใช้รูปแบบจะเป็นไปได้ยากในการดำเนินงาน ดังนั้นการค้นหาลักษณะเฉพาะที่อธิบายการเลือกรูปเดินที่ดีที่สุดพฤติกรรมเป็นสิ่งสำคัญ รายได้และรถยนต์ที่มีอยู่ในครัวเรือนได้มีการนำมาใช้อย่างกว้างขวางในการศึกษาที่ผ่านมาเพื่อจำแนกผู้เดินทาง

2.1.2 ลักษณะเฉพาะของการเดินทาง

การเดินทางสามารถทำได้ในหลายวัตถุประสงค์ เช่นไปทำงาน ไปซื้อของ ไปโรงเรียนและไปพักผ่อน คนที่นั่งรถไปทำงานทุกวันอาจจะไม่ต้องการนั่งรถประจำทางไปดูภาพยนตร์ที่ได้นัดกันไว้ในเวลากลางคืนวันศุกร์ ระยะการเดินทางภายในย่านชุมชนเมืองก็อาจจะช่วยอธิบายถึงเหตุผลสำหรับการเดินทางเลือกวิธีการหนึ่งต่อวิธีการอื่น ลักษณะการเดินทางที่นำมามีการใช้อย่างกว้างขวางที่สุดเพื่อพัฒนาความสัมพันธ์การเลือกใช้รูปแบบการเดินทางคือวัตถุประสงค์การเดินทาง

2.1.3 ลักษณะของระบบการขนส่ง

เป็นที่แน่ชัดว่าเป็นสิ่งสำคัญมากในการพิจารณาว่ารูปแบบการเดินทางที่มีอยู่ ในแต่ละแบบจะดีแค่ไหน ในแต่ละระบบการขนส่งที่มีอยู่ตอบสนองต่อความต้องการในการเดินทางของผู้คนทั่วไปอย่างไร หากไม่มีรถประจำทางเดินทางไปตามจุดหมายที่ต้องการ ก็จะต้องมีการเลือกรูปแบบอื่นแทนรถยนต์นั่งมีลักษณะเฉพาะ ขณะที่รถประจำทางและรถไฟมีลักษณะที่แตกต่างออกไป คำถามคือ แล้วลักษณะไหนที่มีความสำคัญ เวลาของการเดินทางและค่าใช้จ่ายในการเดิน ได้มีการกล่าวไว้เบื้องต้นจากนี้เราจะทำการพิจารณาเวลาของการเดินทางอย่างละเอียด เวลาของการเดินทางโดยปกติจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม

- เวลาขณะอยู่ในรถเป็นจำนวนของเวลาที่ใช้ในการเดินทางขณะอยู่ในรถ
- เวลาส่วนเกินเป็นจำนวนของเวลาที่ใช้ไปภายนอกของเวลา (เดิน, เวลาจอดรถ, เวลารอ, และเวลาในการเปลี่ยนถ่ายขณะเดินทาง)

การแยกห่างได้รับการตรวจสอบเพื่อ เพราะผู้คนไม่ชอบเวลาที่ใช้ไป และไม่เกี่ยวข้องกว่าการเดินทางกับเวลาที่ใช้ไปในขณะอยู่ในยานพาหนะ

2.2 การศึกษาความเป็นไปได้

ก่อนที่จะดำเนินการเรื่องใดๆก็ตาม ต้องศึกษาความเป็นไปได้เสียก่อนว่ามีความเป็นไปได้มากน้อยเพียงไร คุ้ม คุ้มกับเวลา ฯลฯ หรือทรัพยากรที่ต้องใช้หรือไม่ ยิ่งเรื่องที่ใช้ทรัพยากรมากยิ่งต้องศึกษาความเป็นไปได้มาก โครงการต่างๆก็เช่นกัน โครงการหลายโครงการ ที่ดูเหมือนว่าจะไม่ได้ศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการแต่ได้ลงมือทำทันที และประสบความสำเร็จ ในทำนองเดียวกันแต่กลับกัน หลายโครงการที่ได้ศึกษาความเป็นไปได้มาเป็นอย่างดี แต่ทำแล้วกลับล้มเหลว ซึ่งทำให้ความจำเป็นที่ต้องศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการที่สนใจจะทำ ก่อนที่จะลงมือทำจริง ลดความสำคัญลง ที่จริงแล้วถ้าทราบถึงรายละเอียดของโครงการที่จะประสบความสำเร็จ(โดยไม่ต้องศึกษาความเป็นไปได้นั้น) ส่วนโครงการที่ศึกษาความเป็นไปได้มาแล้ว แต่ทำจริงกลับล้มเหลวนั้นก็เป็นเพราะข้อมูลเปลี่ยนไปมาก (เช่มีการลดค่าเงินบาท) หรือมีข้อมูลใหม่

ปัจจุบันเป็นยุคโลกาภิวัฒน์ข้อมูลข่าวสารรู้ได้อย่างรวดเร็วเทคโนโลยีได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็วเช่นกันวิทยาการอื่นๆ เช่น การตลาด การบริหาร การเงิน มีความสลับซับซ้อนมากขึ้น ต้องติดตามข้อมูลต่างๆให้ทันสมัย ดังนั้น ก่อนที่จะเริ่มโครงการใด จึงจำเป็นต้องศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการเสียก่อน (รวมทั้งโครงการใหม่และขยายโครงการเดิม) เพื่อเพิ่มความมั่นใจ หรือลด ความเสี่ยงลง ซึ่งในการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการนั้น จะศึกษาลายละเอียดในหัวข้อต่อไปนี้ โดยแบ่ง 2 ส่วนคือหัวข้อย่อยและหัวข้อหลัก

- กฎหมาย

โครงการสาธารณะ หรือโครงหารของรัฐ ซึ่งไม่มีปัญหาด้านกฎหมาย แต่ก็มีโครงการสาธารณูปโภคพื้นฐาน ซึ่งหลายโครงการที่สัมปทานกับเอกชนจึงต้องดูกฎหมายที่เกี่ยวกับการเวนคืนที่ดินว่าต้องจ่ายค่าเวนคืนเท่าไร และอาจจะต้องเผื่อด้วยว่าโครงการใหม่อาจต้องจ่ายมากกว่าเดิมถึงแม้ว่ากฎหมายหรือข้อกำหนดต่างๆสามารถขอแก้ไขได้

- **สังคม**

ในหัวข้อนี้จะพิจารณาถึงผลกระทบต่อสังคม ทั้งส่วนที่อยู่ใกล้ รอบๆโครงการและสังคมโดยรวมของประเทศ(ถ้ามีผลกระทบด้วย)

2.2.1 เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

- **การเงิน**

- **ทุน** คือ ค่าใช้จ่ายก่อนที่จะเริ่มโครงการ เพื่อการดำเนินโครงการให้เป็นไปตามเป้าหมายที่วางเอาไว้

- ผลตอบแทน การพิจารณาผลตอบแทนควรคำนึงด้วยว่า เงินที่ได้มานั้นจะได้ในอนาคตแต่ต้องจ่ายไปหรือลงทุนไปนั้นเป็นเงินปัจจุบัน การเปรียบเทียบหรือพิจารณาผลตอบแทนจึงต้องเทียบเวลาเป็นเวลาเดียวกันและมักจะเทียบเป็นเวลาปัจจุบันที่เรียกกันว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value - NPV)

- มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value - NPV) สูตรในการหามูลค่าปัจจุบันสุทธินั้นจะมีแนวความคิดเปรียบเทียบว่า ถ้ามีเงินก้อนหนึ่งฝากประจำตลอดเวลา เมื่อถึงเวลาหนึ่งจะมีเงินรวมเท่าไร เมื่อเทียบกับการนำเงินไปฝากเป็นงวด เช่นทุกๆเดือน งวดละเท่าๆกัน เมื่อถึงเวลาหนึ่งต้องได้เงินรวมเท่ากับการฝากเงินด้วยก้อนเดียวกัน

สูตรที่ใช้ในการหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ

ถ้าให้ P เป็นจำนวนเงินก้อนหนึ่งที่นำไปฝากประจำกับธนาคาร ธนาคารให้ดอกเบี้ยเดือยละ i บาทต่อจำนวนเงินฝาก 1 บาท และคิดดอกเบี้ยทบต้นให้ทุกเดือน

สิ้นเดือนที่ 1 จะได้ดอกเบี้ย $= iP$ บาท

เงินรวม $= P + iP$

$= P(1+i)$

สิ้นเดือนที่ 2 จะได้ดอกเบี้ย $= i[P(1+i)]$

เงินรวม $= P(1+i) + i[p(1+i)]$

$= P(1+i)^2$

ถ้าฝากเป็นระยะ n เดือน

เมื่อสิ้นเดือนที่ n เงินรวม (T) $= P(1+i)^n$

ลองพิจารณาดูว่าถ้าแต่ละเดือนฝากเงินเป็นจำนวนเดือนละ A บาท อัตราดอกเบี้ยเดือนละ i บาท ต่อจำนวนเงิน 1 บาท ถ้าฝากเป็นเวลา n เดือน ดังนั้นผู้ซื้อและผู้ผ่อนเงิน (ซึ่งการคิดความสัมพันธ์ของ T และ Tn เพื่อการฝากเงิน) ผ่อนเดือนละ A บาท ดอกเบี้ย i ระยะเวลา n จะเป็นเงิน Tn ซึ่งเท่ากับ T เช่นเดียวกัน

$$\text{..... } P(1+i)^n = \frac{A[(1+i)^n-1]}{i}$$

เมื่อ P เป็นมูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิ

A เป็นจำนวนเงินแต่ละช่วงเวลา

i เป็นดอกเบี้ยในแต่ละช่วงเวลา

n เป็นจำนวนช่วงเวลา

- ระยะเวลาการคืนทุน (Payback Period) เพื่อคำนวณระยะเวลาที่จะได้คืนทุน เพราะโครงการทั้งหลาย จะใช้ระยะเวลาคืนทุนนานจะเป็นข้อมูลช่วยตัดสินใจได้อีกข้อมูลหนึ่ง ในอดีต(ประมาณ พ.ศ. 2516 – 2519)ประเทศไทยเป็นยุคที่ประชาธิปไตยเบ่งบานที่สุด จนกระทั่งนักลงทุนในประเทศไทยหลายคนเกรงว่า ประเทศอาจเป็นคอมมิวนิสต์ ในช่วงนั้นการตัดสินใจลงทุนต่างๆ จะเป็นระยะสั้นๆ หรือมีระยะคืนทุนเร็ว (ไม่เกิน 3 ปี) เพราะกลัวจะถูกยึดกิจการเป็นของรัฐ

ระยะคืนทุนแบบ Discounted payback period ที่ i > 0% สามารถหาค่า n_p

$$0 = -P + \sum_{t=1}^{t=n_p} NCF_t \left(\frac{P}{F}, i\%t\right)$$

ระยะคืนทุนแบบไม่คิดดอกเบี้ยหรือ simple payback ที่ i = 0%

$$0 = -P + \sum_{t=1}^{t=n_p} NCF_t$$

สำหรับ Net cash flow ที่มีค่าเท่ากันทุกช่วงเวลาสามารถหาค่า n_p ได้ดังนี้

$$n_p = \frac{P}{NCF}$$

- อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost ratio) เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนกับมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนและค่าใช้จ่าย ในโครงการถ้า B/C ratio มีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าโครงการให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับที่ลงทุนไป แต่ถ้าค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่า ผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการไม่คุ้มค่ากับเงินลงทุนที่เสียไป

$$\frac{B}{C} \text{ ratio} = \frac{\text{มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน}}{\text{มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย}}$$

2.2.2 วิศวกรรม

จะพิจารณาเกี่ยวกับวิศวกรรมการผลิตของโครงการ ซึ่งจะแตกต่างกันออกไประหว่างโครงการต่างๆ การศึกษาด้านวิศวกรรมมีความสำคัญมากกว่า หรือ ต้องทำก่อน เพราะถ้าทำไม่ได้ก็ไม่ต้องศึกษาเรื่องอื่นๆ ดังนั้นจึงแยกหัวข้อย่อยให้เหมาะสมกับโครงการที่แตกต่างกัน

- โครงการก่อสร้างอื่นๆ เช่น โครงการรถไฟฟ้า (ทั้งใต้ดินและลอยฟ้า) จะใช้ระบบของประเทศใด เงื่อนไข (เช่น มีการสอนหรือถ่ายทอดเทคโนโลยีให้ด้วยหรือไม่) โครงการก่อสร้างใต้ดินต่างๆ เช่นรถไฟฟ้า อุโมงค์น้ำเสีย อุโมงค์ประปา ต้องพิจารณาแนว

เส้นทางให้ผ่านแนวอาคารน้อยที่สุด (จะได้ไม่มีเสาเข็มของอาคารกีดขวาง) และต้องมีอุโมงค์สำหรับตรวจซ่อมอุโมงค์ที่ใช้งาน อุโมงค์ช่วยงานก่อสร้างถ้าจะขยายเส้นทางด้วย และค่าก่อสร้างรถไฟฟ้าใต้ดินก่อแพงกว่าบนดิน

2.2.3 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ในหัวข้อนี้จะพิจารณาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ส่วนมากจะเป็นสิ่งแวดล้อมรอบๆ โครงการ สิ่งแวดล้อม จะพิจารณาทั้งที่เป็นรูปธรรม คือ อากาศ น้ำ เสียง ขยะกับสิ่งที่เป็นนามธรรม เช่นความรู้สึก ความสบายใจ (เช่นโครงการรถไฟลอยฟ้าBTS มีเสาคานระเกะระกะ ไม่สวยงาม แต่ก็ก็แก้ไขโดยการนำต้นไม้ไปปลูก ทำให้ดูดีขึ้น รั้วโรงเรียนก่อสร้างที่ทำด้วนคอนกรีตบล็อกก็ให้นักเรียนมาวาดรูปบนผนังให้สวยงาม ก็ทำให้ดูดีเช่นกัน หรือรั้วกั้นเขตก่อสร้าง เดิมจะใช้สังกะสีเก่า ต่อมาใช้สังกะสีสีเขียว ปัจจุบันรั้วทั้งหลายได้ใช้สังกะสีแผ่นแล้ววาดรูป บางแห่งมีตู้ปลา ทำให้ความน่ารำคานกับงานก่อสร้างนั้นๆ ลดลงมาก)

โครงการสร้างหลายโครงการ บางครั้งพิจารณาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมแล้วไม่มีผลกระทบทางตรง ไม่ทีผลกระทบทางอ้อม เช่น โรงงานน้ำตาลสร้างอยู่ในซอยลึกประมาณ 1 กิโลเมตร รถบรรทุกอ้อย จะเลี้ยวเข้าซอยต้องขะลอหรือจอดบนถนนใหญ่ ทำให้กีดขวางการจราจรและเกิดอุบัติเหตุง่ายและถนนก็จะพังเร็ว ถึงแม่จะไม่มีกฎหมายบังคับให้ศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม ผู้ทำโครงการก็ควรหาทางแก้ไขไว้ด้วย แต่มีกฎหมายกำหนดให้โครงการหลายโครงการต้องจัดทำผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้วยและอาจจะต้องทำผลกระทบควบคู่ไปด้วย การทำผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมนั้นต้องให้ผู้ที่ได้รับอนุญาตเท่านั้น จึงจะสามารถจัดทำได้

2.3 รูปแบบของรถรางต่างๆ ที่ใช้ในการศึกษาความเป็นไปได้

2.3.1 รถรางไฟฟ้ารางคู่ แบบต่างๆ

- **รถไฟฟ้าลอยฟ้า**

สถานีรถไฟฟ้าลอย ออกแบบให้หลบเลี่ยงสาธารณูปโภคใต้ดินและบนดิน และรักษาสภาพผิวจราจรบนถนนมากที่สุด โดยทั่วไปออกแบบให้มีโครงสร้างแบบเสาเดี่ยว ตั้งอยู่บนเกาะกลางถนน เช่นเดียวกับโครงสร้างทางวิ่งโดยทั่วไป ระยะห่างของแต่ละสถานีอยู่ที่ประมาณ 800 – 1,000 เมตรยก ตัวอย่างเช่น รถไฟฟ้าBTS ประเทศไทยใช้แบบรางคู่ลอยฟ้า วิ่งบนรางใช้ระบบไฟฟ้าในการขับเคลื่อนตัวขบวน ซึ่งเหมาะสำหรับการขนส่งในเมืองและมีปริมาณผู้โดยสารปริมาณมาก

รูปที่ 2.3.1 ภาพประกอบรถไฟฟ้าลอยฟ้า

- **รถไฟฟ้าใต้ดิน**

รถไฟฟ้าที่วิ่งอยู่ใต้ดิน ออกแบบเพื่อรักษาทัศนียภาพของเมือง โครงสร้างอุโมงค์เป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก ที่ถูกออกแบบให้มีลักษณะยืดหยุ่น และมีระบบกันน้ำซึมเข้าในอุโมงค์ ภายในอุโมงค์มีการติดตั้งรางวิ่งรถไฟ รางที่สาม ทางเดินซ่อมบำรุง อุปกรณ์ระบบระบายอากาศ ระบบดูดอากาศใต้ชานชาลา และระบบตรวจจับความร้อน ขบวนรถไฟฟ้าสามารถบรรจุผู้โดยสารได้ประมาณ 900 คน ในแต่ละขบวนนั้นมี 3 ตู้โดยสาร มีที่นั่งตู้ละ 42 ที่นั่ง ขบวนรถไฟฟ้ามีห้องควบคุมรถอยู่ที่ปลายหัวและท้ายขบวน โดยเจ้าหน้าที่ในศูนย์ควบคุมการปฏิบัติการจะทำหน้าที่ควบคุมและสั่งการไปยังทุกสถานี และทุกขบวนรถไฟฟ้า เพื่อให้การเดินทางด้วยระบบรถไฟฟ้าเป็นไปด้วยความปลอดภัย รวดเร็ว และตรงเวลา ซึ่งเหมาะกับเมืองที่มีการจราจรหนาแน่น และผู้โดยสารที่มีปริมาณมากๆ

รูปที่ 2.3.2 ภาพประกอบรถไฟฟ้าใต้ดิน

- รถไฟฟ้าความเร็วสูง

รถไฟฟ้าที่วิ่งด้วยความเร็วสูง โดยความเร็วสูงสุดประมาณ 300-500 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ขนส่งในระทางไกล เช่น จากจังหนึ่งไปยังจังหวัดหนึ่ง ยกตัวอย่างเช่น นครเซี่ยงไฮ้ ประเทศจีน วิ่งรับ-ส่งผู้โดยสารระหว่างสถานีหลงหยาง เขตพู่ตง กับท่าอากาศยานนานาชาติพู่ตง ระยะทาง 30 กิโลเมตร ความเร็วขณะวิ่งให้บริการ 431 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วสูงสุด 500 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ที่ประเทศญี่ปุ่น ให้บริการเส้นทางสายโทไกโด/ซันโย ชินคันเซ็น จากโตเกียวไปฮากาตะ ระยะทาง 1,068 กิโลเมตร ความเร็วขณะให้บริการ 299-300 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วสูงสุด 442 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

รูปที่ 2.3.3 ภาพประกอบรถไฟฟ้าความเร็วสูง

- **รถรางในเมือง (Light Rail)**

วิ่งบนพื้นผิวจารจรใช้ไฟฟ้ากระแสตรง 750 โวลต์ ไฟฟ้าเหนือศีรษะ เหมาะสำหรับใช้ในการท่องเที่ยวและเดินทางในตัวเมือง ยกตัวอย่างเช่น รถรางฮ่องกง ในเขตพื้นที่ตะวันตกเฉียงเหนือของ New Territories เป็นรถรางปรับอากาศ ให้บริการระหว่างเวลา 05:30-00:30 น. ใน 8 เส้นทาง 57 จุด ระยะทางกว่า 31.75 กิโลเมตร

รูปที่ 2.3.4 ภาพประกอบรถรางฮ่องกง

2.4.2 **รถรางไฟฟ้ารางเดี่ยว** (Mono Rail)

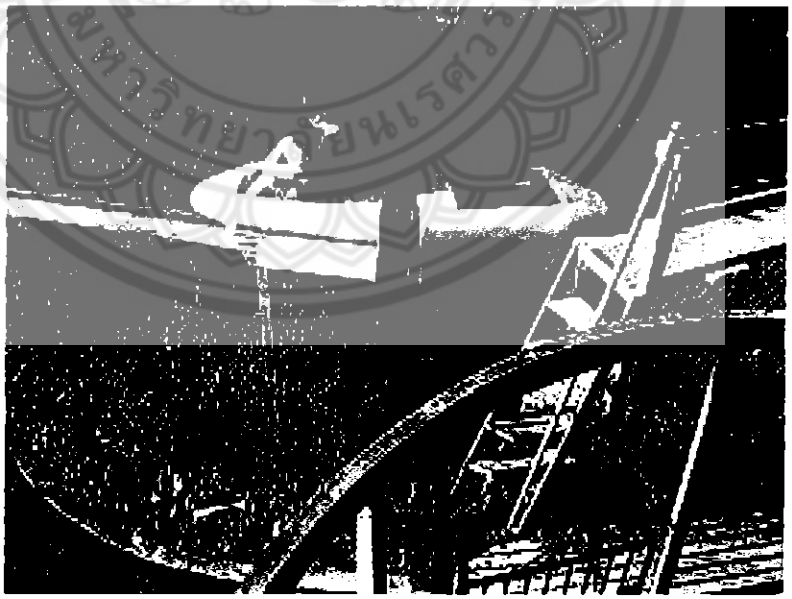
- **ลอยฟ้ารางเดี่ยว**

วิ่งอยู่บนรางรางเดียว(คร่อมราง)ซึ่งกว้าง 26 นิ้ว มีเสารองรับอยู่ด้านล่าง **ยกตัวอย่างเช่น** โครงการ Mumbai Monorail **เมืองมุมไบ** ประเทศอินเดีย , มอสโคว **ประเทศรัสเซีย ,** กัวลาลัมเปอร์ ประเทศมาเลเซีย , สวนสัตว์เชียงใหม่ประเทศไทย เปิด พ.ศ. 2548 **ระยะทาง 2 กิโลเมตร 4 สถานี รอบสวนสัตว์เชียงใหม่ เป็นต้น**

รูปที่ 2.3.5 ภาพประกอบลอยฟ้ารางเดี่ยว

- ลอยฟ้าแบบท่องเที่ยว (The Monorail Tour)

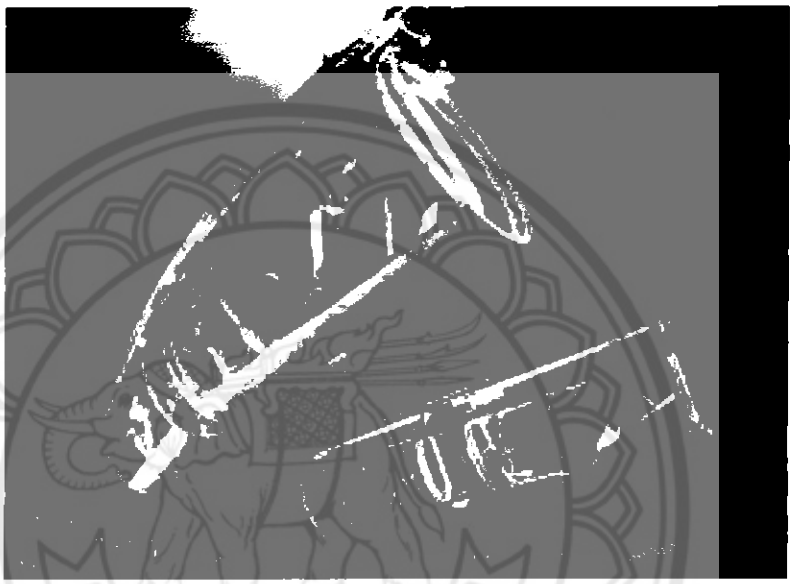
สามารถขนส่งผู้โดยสารได้ 2 คนต่อเที่ยว ซึ่งรถรางชนิดนี้อยู่ที่เมือง**งฟรีมอนต์ รัฐ**แคลิฟอร์เนีย ใช้พลังงาน 12 โวลต์จากแบตเตอร์รี่รถจักรยานยนต์ สร้าง**เพื่อชมสวนและ***ทัศนียภาพรอบบ้านของครอบครัวเพเดอร์เซน จากแนวคิดและการออก***แบบของ คิม เพ**เตอร์เซน รถไฟฟ้ารางเดี่ยวชนิดนี้สามารถนำมาต่อยอดเพื่อพัฒนาในเชิง**ท่องและสวน**สนุกได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 2.3.6 ภาพประกอบรถราง The Monorail Tour

- **ลอยฟ้าแบบใช้กำลังคน (Human powered monorail)**

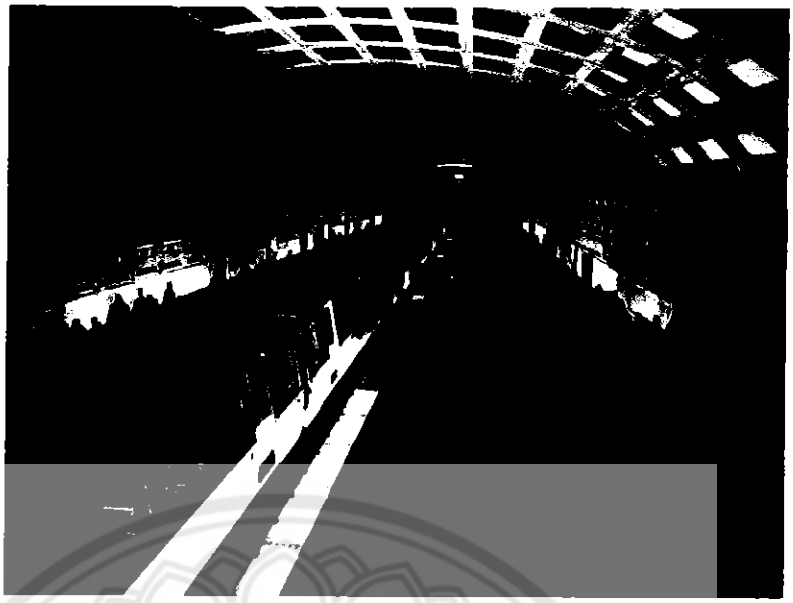
พลังงานที่ใช้ในการขนส่ง เกิดจากการใช้เท้าปั่นเพื่อให้เกิดพลังงานสำหรับการเคลื่อนที่ การใช้รถรางนี้ยังสามารถทำเป็นกีฬาชนิดหนึ่งได้ เพราะต้องใช้การปั่นในการเคลื่อนที่และมี 2 รางคู่กัน จึงสามารถแข่งขันกับเพื่อนได้ และยังเป็นการออกกำลังกายที่ดีอีกเช่นกัน ซึ่งรถรางชนิดนี้อยู่ในประเทศนิวซีแลนด์ ซึ่งเหมาะแก่การใช้ในธุรกิจท่องเที่ยวและกีฬา เป็นต้น



รูปที่ 2.3.7 ภาพประกอบรถราง Human Powered Monorail

- **รถไฟฟ้าขนาดหนัก**

ระบบนี้สามารถขนส่งได้ในปริมาณมาก ความจุประมาณ 320 คนต่อคัน **สามารถรองรับ**ผู้โดยสารได้ไม่น้อยกว่า 3,000 คนต่อชั่วโมงต่อทิศทาง ดังโครงการรถไฟ**ฟ้าสายสีเหลือง**(ลาดพร้าว-บางกะปิ-สำโรง) เป็นโครงการระบบขนส่งมวลชนในพื้นที่ก**รุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย**



รูปที่ 2.3.8 ภาพประกอบรถราง Monorail Heavy Rail

2.4 หลักการออกแบบและก่อสร้างอุโมงค์โดยทั่วไป

การออกแบบและก่อสร้างอุโมงค์เป็นลักษณะของการออกแบบตามข้อมูลการสำรวจดินที่มีอยู่แล้วมีการสังเกตพฤติกรรมของดินและอุโมงค์ขณะทำการก่อสร้าง เมื่อพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของสภาพดินหรือพฤติกรรมของอุโมงค์แตกต่างไปจากที่ประเมินไว้ จะมีการปรับปรุงแก้ไขวิธีการออกแบบและก่อสร้างให้สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง ทั้งนี้คณะทำงานของ International Tunneling Association (ITA) ได้ให้ Guidelines การออกแบบโครงสร้างอุโมงค์และได้สรุปวิธีการดังกล่าว ทั้งนี้สามารถขยายหลักการดังกล่าวให้ละเอียดได้ดังต่อไปนี้

2.4.1 การตรวจสอบทางธรณีวิทยา

เป็นการสำรวจสภาพธรณีวิทยาของหินและดิน โดยตรวจสอบหารอยแยกรอยแตก ความผันแปรและความแข็งแรงของชั้นดินหรือหิน เพื่อนำไปใช้ประเมินหา stand-up time และพิจารณาเลือกวิธีการขุดเจาะอุโมงค์ที่เหมาะสมและเป็นไปได้ ข้อมูลที่ต้องการประกอบด้วย

- ระดับน้ำใต้ดิน
- การเรียงตัวของชั้นดินและหิน
- การเชื่อมต่อ และความไม่ต่อเนื่องของหิน
- การจำแนกประเภทดินและหิน
- คุณสมบัติพื้นฐานของดินและหิน

- เสถียรภาพความลาดชัน (Stability of slope) โดยเฉพาะที่ทางเข้าอุโมงค์และอุโมงค์ผ่านไหล่เขา
- หน่วยน้ำหนักและปริมาณน้ำ

2.4.2 การออกแบบอุโมงค์

เป็นการออกแบบขาดอุโมงค์ การวางแนวและความลาดเอียงของอุโมงค์

- ขนาดอุโมงค์
- รูปแบบอุโมงค์
- วิธีการขุดเจาะและก่อสร้าง
- ขั้นตอนการขุดเจาะและก่อสร้าง

2.4.3 การออกแบบพารามิเตอร์

เป็นหลักการวิเคราะห์ว่าควรจะแยกพิจารณาเป็นอุโมงค์ลึกหรืออุโมงค์ตื้น

- **รูปแบบการคำนวณ**
  - การกระจายของน้ำหนักและแรงปฏิกิริยาต่อพื้นดิน
  - แรงดันดินเนื่องจากการเลื่อน
  - แรงกระทำภายนอก เช่น น้ำ ปั่นจั่น การจราจร เครื่องจักร เป็นต้น
  - ทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณ
- **วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง**
  - ความแข็งแรงและการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติ
  - เวลาที่ใช้ในการเริ่มต้นความแข็งแรง (Time Require for Initial Strength)
  - รอยต่อการก่อสร้าง (Construction Joints)

2.4.4 การออกแบบอุโมงค์เบื้องต้น

- **การคำนวณและความผิดปกติของอุโมงค์**
  - ประเภทของน้ำหนัก
  - การจำลองแรงตามขั้นตอนการก่อสร้าง
  - ปฏิกิริยาระหว่างพื้นและโครงสร้าง
  - โปรมแกรมคอมพิวเตอร์และวิธีการคำนวณ
  - แรงและองค์ประกอบของอุโมงค์
  - แรงลัพธ์ภายใน

- **การออกแบบโครงสร้างอุโมงค์**
  - **ออกแบบค้ำยันชั่วคราวและถาวร เช่น การใช้เหล็กเสริมคอนกรีต, การใช้เหล็กโค้งและการทำนั่งร้าน, การใช้ลวดมัด เป็นต้น**
  - **การออกแบบผนังอุโมงค์ชั่วคราวที่ใช้เป็นค้ำยันระหว่างขุดเจาะ**
  - **การออกแบบระบบแสงและการระบายลม**

2.4.5 รายละเอียดอุโมงค์

เป็นการให้รายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการติดตั้งหรือก่อสร้าง
- การก่อสร้าง, สัญญา , การขยายอุโมงค์
- ระบบกันซึมน้ำ
- รายเอียดการควบคุมการรั่วของน้ำและระบบระบายน้ำ

2.4.6 ลำดับขั้นตอนการขุดเจาะและก่อสร้างอุโมงค์

เป็นการขุดเจาะอุโมงค์และก่อสร้างค้ำยันตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ โดยทำ**การตรวจสอบ**สำรวจสภาพทางธรณีวิทยา แล้วนำไปปรับปรุงเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขวิธีการและ**ขั้นตอนต่างๆให้**เหมาะสมกับสภาพจริงที่พบขณะก่อสร้าง

- ตรวจสอบเปรียบเทียบข้อมูลทางธรณีวิทยาโดยละเอียด
-การป้องกันอันตรายหน้าอุโมงค์
- ระบบการติดตั้ง (Anchor, Rock, Bolt)
- อุปกรณ์ขุดเจาะและ (Support Construction)
- **การควบคุมคุณภาพวัสดุ**
- **ด้านความปลอดภัย**

2.4.7 ระบบตรวจสอบระยะสั้น

เป็นหลักการพื้นฐานในการก่อสร้างอุโมงค์ที่จะตรวจสอบพฤติกรรมของดินและอุโมงค์ ว่าสอดคล้องหรือแตกต่างไปจากที่ได้ประเมินไว้มากน้อยเพียงใด ควรมีการปรับแก้ไขการออกแบบการขุดเจาะหรือก่อสร้างในขั้นตอนใดบ้าง เครื่องมือที่ติดตั้งส่วนใหญ่จะประกอบด้วย

- การวัดการทรุดตัวโดยวิธีการ (Convergence Measurement ด้วย Nivellements)
- วัด ความผิดปกติของอุโมงค์ ด้วย (Extensometer)
- ตรวจสอบการเคลื่อนตัวของดินทั้งภายในและด้านนอกอุโมงค์
- วัดความดันของดินหรือหินและแรงที่เกิดในคอนกรีตด้วย (Pressure Cell)
- วัดแรงที่เกิดขึ้นในสมอ (Stress Anchor)
- วัดความดันของน้ำที่กระทำต่ออุโมงค์
- ตรวจสอบสภาพผิวดินบริเวณที่ขุดเจาะก่อสร้างอุโมงค์

2.4.8 การออกแบบขั้นสุดท้าย

เป็นการประเมินผลจากการที่ได้สำรวจ ออกแบบ และวัดตรวจสอบจากสภาพจริง เพื่อหาวิธีการขุดเจาะและสร้างค้ำยันชั่วคราวที่เหมาะสม ซึ่งผลที่ได้รับในขั้นตอนนี้เป็นประโยชน์มากที่สุดคือ การออกแบบ Permanent Support (Final หรือ Inner Lining) ของอุโมงค์โดยยึดถือเอาข้อมูลที่ได้รับทั้งจากขั้นตอนการขุดเจาะและข้อมูลจากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือต่างๆ (ขั้นตอนที่ผ่านมาทั้งหมด) การออกแบบขั้นสุดท้ายนี้จะคำนึงถึงอายุการใช้งานของอุโมงค์ตามสภาพชั้นดินและหินที่ได้พบเป็นหลักเกณฑ์พื้นฐาน เพราะการเรียงตัวของชั้นดินและหินทำให้การประเมินหาแรงด้วยทฤษฎีเป็นไปได้ยาก ทั้งนี้ประกอบด้วย

- ปรับปรุงแก้ไขวิธีการขุดเจาะและก่อสร้างค้ำยันชั่วคราวทั้งหมด
- Back Analysis ของการขุดเจาะและก่อสร้างค้ำยันชั่วคราวแต่ละขั้นตอน โดยใช้ข้อมูลทางวิศวกรรมจากการที่ได้พบในการทดสอบในอุโมงค์ หรือจากการวัดตรวจสอบด้วยเครื่องมือ

- ออกแบบรายละเอียดของ Permanent (final) Support ให้สัมพันธ์กับสภาพความเป็นจริง โดยปรับแก้ไข Design Parameters ทุกขั้นตอน ส่วนใหญ่ใช้คอนกรีตเสริมเหล็กเป็น Permanent Support

2.4.9 Long-term monitoring system

เป็นการติดตั้งเครื่องมือเพื่อวัดและตรวจสอบพฤติกรรมของอุโมงค์หลังจากที่ได้ทำ Permanent lining เสร็จสิ้นลงแล้ว เพื่อให้มั่นใจในความปลอดภัยตลอดอายุการใช้งาน ซึ่งหากพบพฤติกรรมของอุโมงค์ที่ผิดปกติไปแล้ว จะสามารถหามาตรการแก้ไขได้ทันที*ก่อนภัยพิบัติจะ*เกิดขึ้น

- วัดหาแรงที่เกิดใน (Concrete Inner Lining)
- วัดหาปริมาณและอัตราการทรุดตัวของ (Tunnel Crown)
- วัดการเคลื่อนตัวของ Springing หรือ Sidewall
- วัดหาความดันของน้ำที่ผิวนอกของ Inner Lining
- วัดปริมาณน้ำที่รั่วซึมเข้าไปในอุโมงค์- ติดตั้งเครื่องมือวัดหาการทรุดตัวของผิวดินเหนืออุโมงค์

การขุดเจาะและก่อสร้างอุโมงค์ที่ได้มาตรฐานนั้น จะมีการติดตั้งเครื่องมือ วัดตรวจสอบบริเวณที่สำคัญหรือที่คาดว่าจะเป็นปัญหา เพราะข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจะเป็นข้อมูลที่ดีที่สุดและเชื่อถือกว่าข้อมูลที่ได้จากการประเมินโดยวิธีอื่น วิศวกรก่อสร้างอุโมงค์จึงให้ความสำคัญกับการตรวจสอบพฤติกรรมของอุโมงค์ด้วยการติดตั้งเครื่องมือวัด ทั้งนี้มิใช่เฉพาะในระหว่างการก่อสร้างเท่านั้น แต่รวมไปถึงระยะเวลาหลังการก่อสร้างจนถึงอายุการใช้งานของอุโมงค์ (ดร.บุญเทพ นาเนกรังสรรค์ , 2552)

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการดำเนินโครงงานวิศวกรรมโยธาแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. **การรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ**
2. **การคัดกรองข้อมูลจากแหล่งศึกษา**
3. วิเคราะห์ข้อมูล
4. สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องและสามารถนำมาวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของการขนส่งสาธารณะระบบราง จากข้อมูลวิจัยฯ หอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์เป็นต้น

3.2 คัดกรองข้อมูลจากแหล่งศึกษา

นำข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมินำมาคัดกรองให้เหลือในสิ่งที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ เพื่อลดปริมาณข้อมูลที่มีมากจนเกินไป และเพื่อให้ง่ายต่อการตัดสินใจในการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล

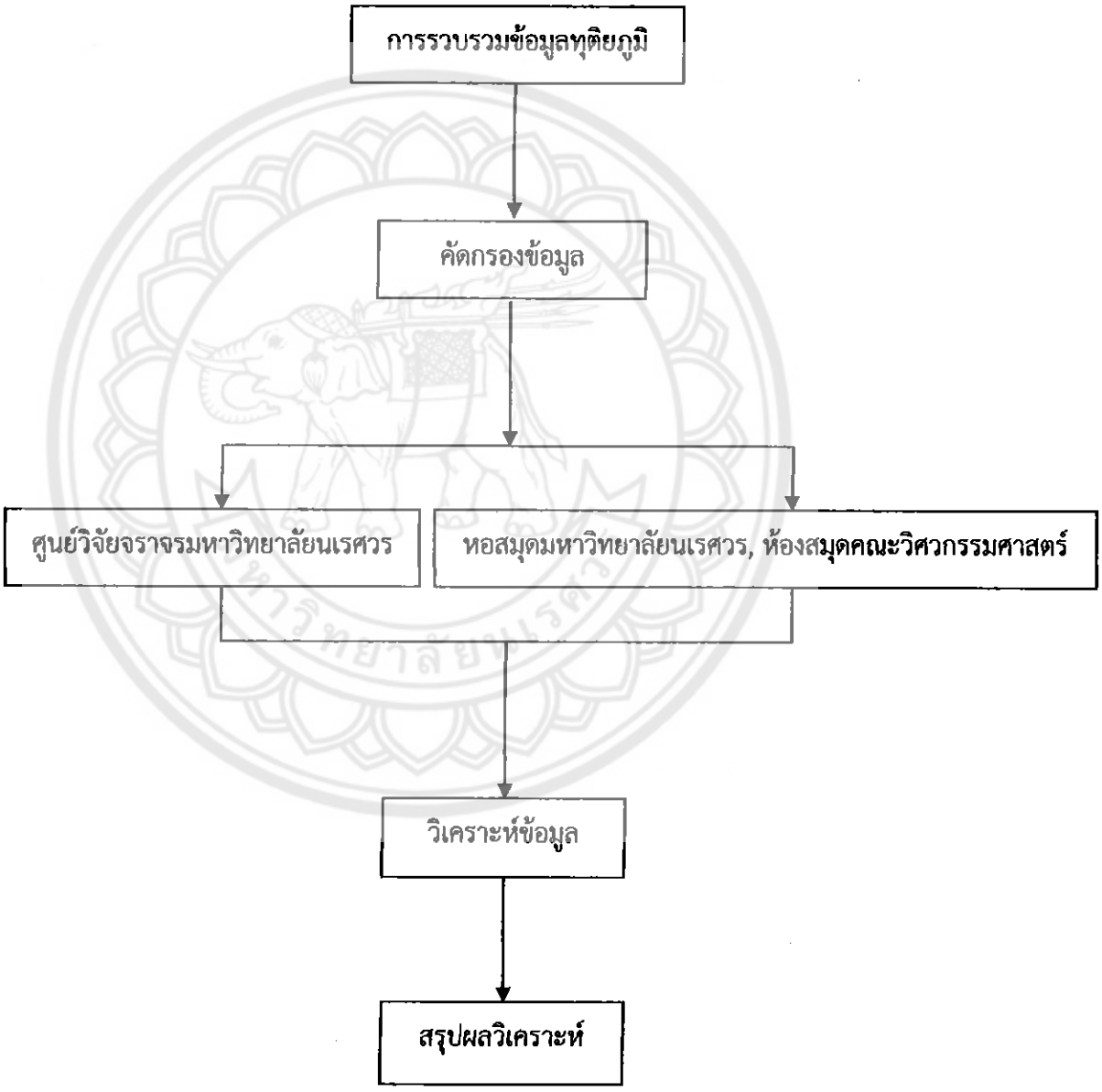
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการคัดกรองข้อมูลมาศึกษาความความเป็นไปได้ และเพื่อเป็นแนวทางการตัดสินใจที่เทศบาลนครพิษณุโลกจะใช้การขนส่งสาธารณะระบบรางมีความเป็นไปได้หรือไม่

3.4 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สามารถอธิบายได้ว่า มีความเป็นไปได้หรือไม่ที่จะใช้ระบบขนส่งสาธารณะระบบรางในเทศบาลนครพิษณุโลก

ขั้นตอนการดำเนินงานโครงงานทางวิศวกรรมโยธาดังที่ได้แสดงใน รูปที่ 3.4.1

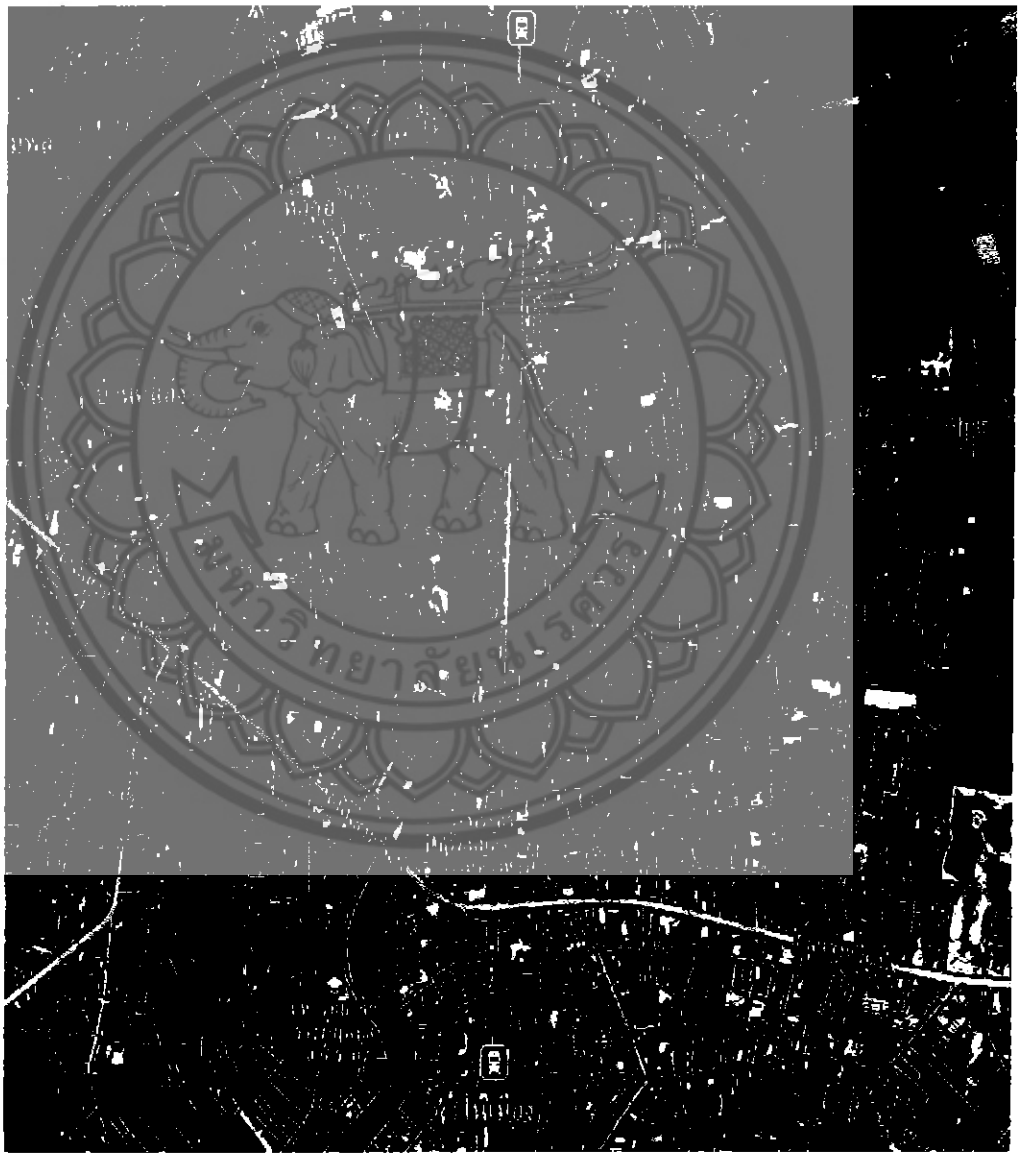


รูปที่ 3.4.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์

4.1 กำหนดจุดรับส่งและวางเส้นทางการใช้ระบบราง



รูปที่ 4.1.1 แผนที่ในเขตเทศบาลเมืองพิษณุโลก

- จุดที่ 1 เซ็นทรัล พลาซ่า พิษณุโลก ซึ่งเป็นจุดที่ความคับคลั่งของการให้บริการกับประชาชนที่เป็นแหล่งเศรษฐกิจและการท่องเที่ยวที่สำคัญที่อยู่บริเวณใกล้เคียงของจังหวัดพิษณุโลกอีกที่หนึ่งที่สำคัญ ทั้งยังเป็นจุดที่มีการให้บริการของระบบขนส่งสาธารณะต่างๆอีกด้วยและทั้งยังเป็นจุดที่มีการจราจรที่หนาแน่นทั้งอุบัติเหตุด้วยอีกจุดเนื่องจากการใช้รถยนต์ส่วนตัว เพื่อรถปัญหาจราจรและอุบัติเหตุการขนส่งระบบรางจึงเป็นอีกทางเลือกที่สามารถช่วยได้
- จุดที่ 2 ศาลหลังเมือง ซึ่งเป็นจุดที่มีสถานที่ตั้งสำนักงานหน่วยงานราชการทั้งโรงเรียนที่ตั้งอยู่ในบริเวณนี้ซึ่งเพื่ออำนวยความสะดวกในการเดินทางให้กับประชาชนในการติดต่อกับหน่วยงานราชการ
- จุดที่ 3 เซ็นทรัล พลาซ่า ซึ่งเป็นศูนย์กลางการค้าขนาดใหญ่และคาดว่าในอีกไม่กี่ปีข้างหน้าจะเป็นอีกจุดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของจังหวัดพิษณุโลก และเพื่อรองรับปริมาณการจราจรที่จะเพิ่มขึ้นด้วย
- จุดที่ 4 สถานีขนส่งจังหวัดพิษณุโลก ซึ่งตรงจุดนี้เป็นจุดกระจายการขนส่งของระบบขนส่งสาธารณะต่างๆ ซึ่งเป็นจุดที่มีความหนาแน่นของปริมาณจราจรมาก ซึ่งส่งผลให้การจราจรติดขัดในชั่วโมงเร่งด่วนคือช่วงเช้าก่อนทำงานและหลังจากการทำงาน
- จุดที่ 5 โรงพยาบาลพุทธชินราช ซึ่งตรงจุดนี้เป็นจุดที่มีการให้บริการต่างๆที่ครบวงจรทั้งด้านบันเทิง(ศูนย์การค้าและร้านสะดวกซื้อต่างๆ) ด้านสุขภาพ(โรงพยาบาล) ด้านการศึกษา (โรงเรียนกวดวิชา) ด้านการอำนวยความสะดวก(โรงแรม) ซึ่งจุดนี้เป็นจุดที่สำคัญด้านเศรษฐกิจอีกที่หนึ่งของจังหวัดพิษณุโลกด้วย
- จุดที่ 6 สถานีรถไฟ ซึ่งตรงนี้เป็นจุดที่มีความสำคัญด้านเศรษฐกิจของจังหวัดพิษณุโลกมากและเป็นจุดที่มีปริมาณการจราจรที่หนาแน่นมากอีกจุดหนึ่งรวมทั้งอุบัติเหตุด้วย
- จุดที่ 7 สนามกีฬากลางจังหวัดพิษณุโลก เพื่อเป็นรองรับการเจริญเติบโตทางด้านกีฬาของจังหวัดพิษณุโลกที่มีทีมกีฬาฟุตบอลเป็นของตัวเอง(ทีมพิษณุโลก หมอเส็ง) ที่ได้รับความสนใจอย่างมากของประชาชนที่มีการเดินทางเข้าชมอย่างมาก ทั้งบริเวณใกล้เคียงยังมีสถานศึกษาที่สำคัญ(โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา)ด้วย เพื่ออำนวยความสะดวกด้านการเดินทางและปริมาณการจราจร และยังเป็นจุดเชื่อมต่อกับอำเภอวัดโบสถ์เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับประชาชนที่จะเดินทางมาในตัวเมืองพิษณุโลกอีกด้วย

ตารางที่ 4.1.1 ข้อมูลการจราจรความล่าช้าในการเดินทางในบริเวณแยกต่างๆของจังหวัดพิษณุโลก

ลำดับที่	จุดสำรวจ	ชื่อทางแยก	Delay (sec.)	Los
1	J01	สามแยกประตูหลังโรงพยาบาลพุทธชินราช	46	D
2	J02	สามแยกวิทยาลัยเทคนิค มหาลับนเรศวรส่วนสนามบิน	18.1	B
3	J03	สามแยกแม็คโคร	28.5	C
4	J04	สามแยกต้นหว้า	14.2	B
5	J05	สามแยกโตโยต้า-ออกเลี่ยงเมือง	22.8	C
6	J06	สามแยกเรือนแพร	27.4	C
7	J07	สามแยกทางไปบึงพระ ปั้มเชลล์	10.2	B
8	J08	สามแยกบึงพระจันทร์ ออกบรมไตรฯ	10.2	B
9	J09	สามแยกหน้าวัดจันทร์ตะวันออก	10.2	B
10	J10	สี่แยกบ้านคลอง	122.5	F
11	J11	สี่แยกวัดดู	349.1	F
12	J12	สี่แยกสนามกีฬากลาง	62.3	E
13	J13	สี่แยกหลังวัดใหญ่1	170.7	F
14	J14	สี่แยกบ้านแขก	561.5	F
15	J15	สี่แยกสถานีขนส่ง	117	F
16	J16	สี่แยกสถานีตำรวจ	104.7	F
17	J17	สี่แยกหลัง ม.พิบูลสงคราม	69.8	E
18	J18	สี่แยกทรัพย์อนันต์-ข้ามทางรถไฟ	69.9	E
19	J19	สี่แยกอินโดจีน	29.8	C
20	J20	สี่แยกหนองอ้อ	21.7	C
21	J21	สี่แยกวัดสกัดน้ำมัน	21.8	C
22	J22	สี่แยกหลังบ้านคลอง	9.1	A
23	J23	สี่แยกก๊กหลี	11.1	A
24	J24	ห้าแยกสุรสีร์	55	D
25	J25	ห้าแยกโครกมะตูม	30.7	C

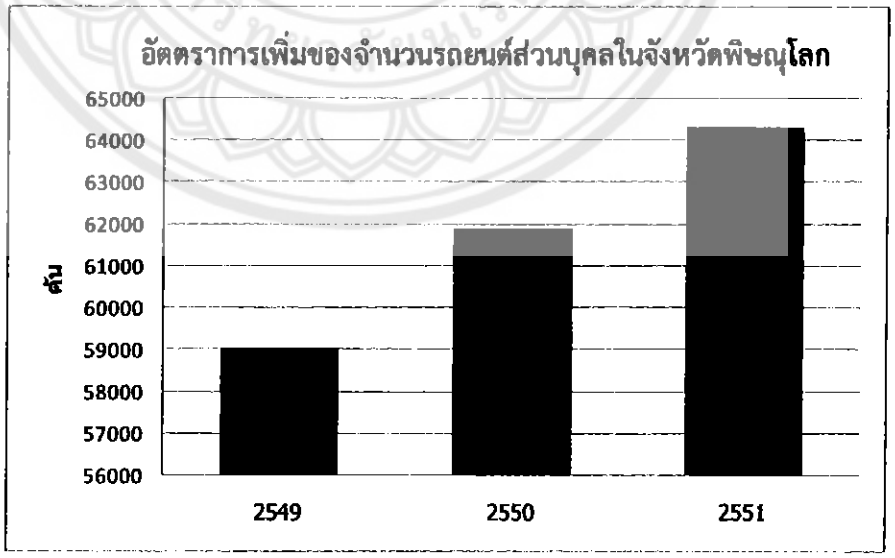
ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ตารางที่ 4.1.2 ข้อมูลสถิติจุดอันตรายที่เกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้ง

อันดับที่	2547				2546			
	จุดอันตราย	จำนวนอุบัติเหตุ (ครั้ง)	ความรุนแรงของอุบัติเหตุ		จุดอันตราย	จำนวนอุบัติเหตุ (ครั้ง)	ความรุนแรงของอุบัติเหตุ	
			บาดเจ็บ	เสียชีวิต			บาดเจ็บ	เสียชีวิต
1	[redacted]							
	แยกเรือนแพ	39	5	0	แยกเรือนแพ	41	19	0
	โลตัส	25	16	0	โลตัส	34	24	0
2	[redacted]							
3	บรมไตรฯ	207	167	4	บรมไตรฯ	11	5	0
	แม็คโคร	28	17	0	แม็คโคร	28	15	0
	หอนาฬิกา	16	3	0	หอนาฬิกา	14	4	0
	ปั๊มน้ำมัน Q8	13	3	0	ปั๊มน้ำมันQ8	11	5	0
4	สิงหวัฒน์	207	172	3	สิงหวัฒน์	239	152	3
	[redacted]							
	สรรพกรจังหวัด	17	13	0	สรรพกรจังหวัด	20	14	1
5	พิชัยสงคราม	129	76	1	พิชัยสงคราม	147	89	2
	ห้าแยกโครกมะตูม	22	13	0	ห้าแยกโครมะตูม	26	14	0
	Big C	19	7	0	Big C	22	14	0

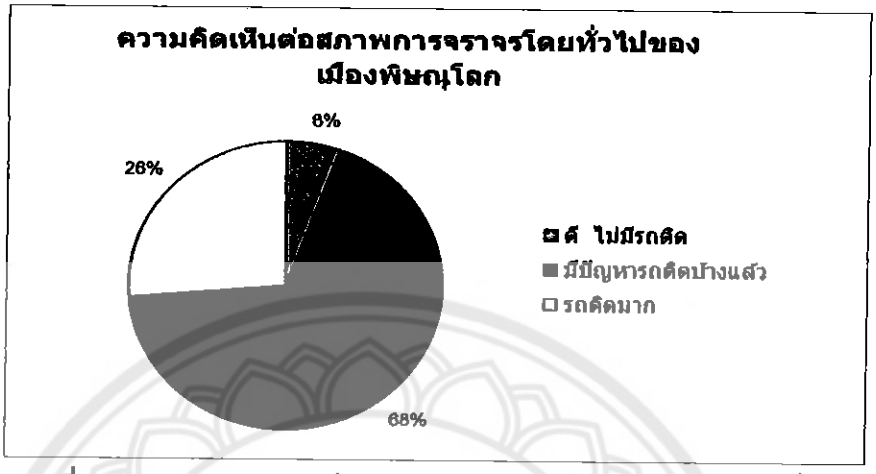
จากตารางที่ 4.1.1 การเปรียบเทียบการเดินรถบริเวณต่างที่มีความคล่องตัวในระดับการให้บริการ (Level of Service)ในทางวิศวกรรมจราจร ระดับการให้บริการเป็นมาตรวัดในเชิงคุณภาพ (Qualitative Measrue) ซึ่งบ่งบอกถึงคุณภาพในการให้บริการของถนน โดยแสดงเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษ 6 ตัว ได้แก่ A ,B, C, D, E และ F ค่าแต่ละค่าจะแสดงถึงลักษณะและสภาพการจราจรที่แตกต่างกัน โดยระดับการให้บริการ A หรือ LOS A แสดงสภาพการจราจรที่ดีที่สุด และในทางตรงกันข้าม ระดับการให้บริการ F หรือ LOS F จะแสดงสภาพการจราจรที่แย่ที่สุด และตารางที่4.1.2 การเกิดอุบัติเหตุในบริเวณต่างซึ่งแสดงให้เห็นถึงความล่าช้าและความไม่ปลอดภัยของระบบขนส่งสาธารณะที่มีอยู่ของจังหวัดพิษณุโลกในปัจจุบัน และเมื่อเปรียบเทียบดูจากแบบสอบถามที่มีความสอดคล้องกับตารางที่มีรถติดบ้างแล้วและติดมากถึงร้อยละ96 และติดบริเวณที่สำคัญๆทั้งบริเวณย่านธุรกิจ ซึ่งเหตุผลดังกล่าวเป็นตัวบ่งชี้ให้เห็นถึงความต้องการระบบขนส่งสาธารณะที่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นระบบขนส่งสาธารณะระบบรางจึงเหมาะสมที่จะช่วยลดและแก้ปัญหาทั้งด้านอุบัติเหตุ ด้านการจราจรที่ติดขัดเนื่องมาจากการใช้รถส่วนตัวมากขึ้น จึงเป็นเหตุผลที่สำคัญที่เป็นตัวช่วยในความเป็นได้ที่จะเกิดการขนส่งระบบรางในเทศบาลนครพิษณุโลก

แผนภาพแสดงการจดทะเบียนของรถในจังหวัดพิษณุโลกปี2549 2550 และ 2551 เมื่อดูจากแผนภาพด้านล่างจะเห็นได้ชัดเจนว่ามีการจดทะเบียนของรถแต่ละประเภท ที่ใกล้เคียงกันซึ่งเป็นผลให้ปริมาณรถในจังหวัดพิษณุโลกมากขึ้นตามไปด้วย

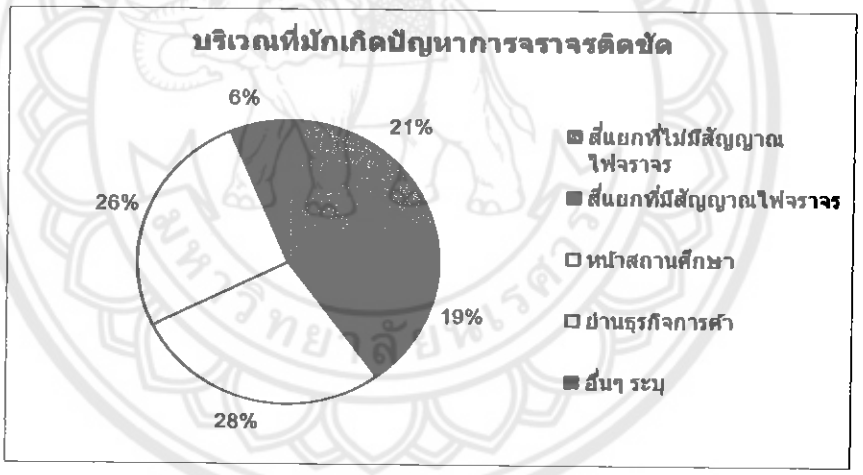


รูปที่ 4.1.2 แสดงการเพิ่มของจำนวนรถที่จดทะเบียน

เพื่อให้การศึกษาเกิดประโยชน์สูงสุดในการจัดทำแผนงานไปสู่การปฏิบัติ จึงได้ทำการสำรวจข้อมูลด้านความคิดเห็นของประชาชนในเขตพื้นที่ศึกษาผังเมืองรวมเมืองพิษณุโลกเกี่ยวกับปัญหาการจราจรและขนส่ง สามารถอธิบายได้ตามรูปดังต่อไปนี้

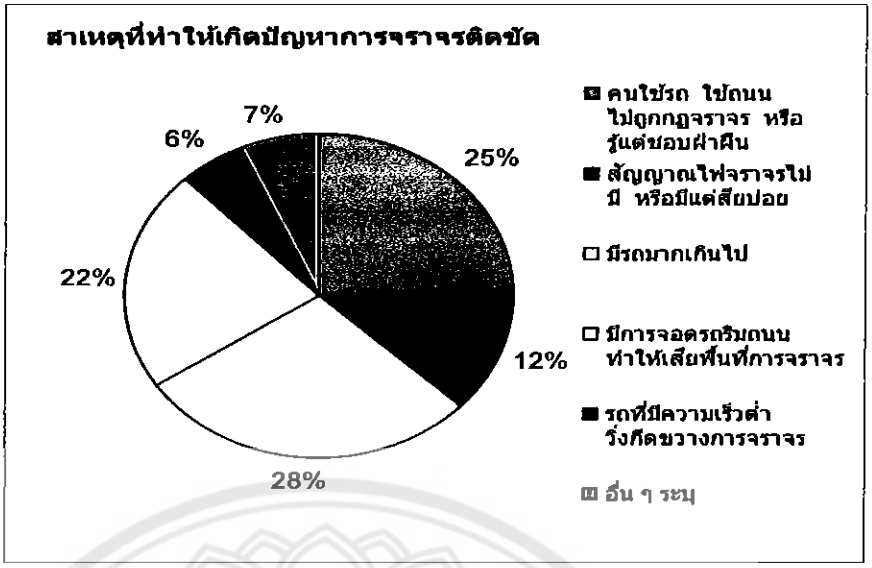


รูปที่ 4.1.3 แสดงความคิดเห็นสภาพการจราจรของเมืองพิษณุโลกโดยทั่วไป



รูปที่ 4.1.4 แสดงบริเวณที่มักจะมีปัญหาการจราจรติดขัด

ประชาชนส่วนใหญ่ ให้ความเห็นว่าสภาพการจราจรในปัจจุบันของเขตผังเมืองรวมมีปัญหาเริ่มมีการติดขัดบ้างแล้วคิดเป็นร้อยละ 68 และจากรูปที่ 4.1.4 พบว่าบริเวณที่มักจะมีปัญหาการจราจรติดขัดคือบริเวณหน้าสถานศึกษาคิดเป็นร้อยละ 28 เช่น โรงเรียนโรจนวิทย์ โรงเรียนเฉลิมขวัญสตรี โรงเรียนอนุบาลพิษณุโลก เป็นต้น รองลงมาคือหน้าย่านธุรกิจการค้าคิดเป็นร้อยละ 26 เช่น ตลาดสดของทางเทศบาล หน้าห้างสรรพสินค้าโรงแรมท๊อปแลนด์พลาซ่า เป็นต้น ส่วนสถานที่อื่นๆที่ประชาชนแสดงความคิดเห็นได้แก่ บริเวณ โรงเรียนพุทธชินราช แยกสุเหร่า ตลาดร่วมใจ เป็นต้น



รูปที่ 4.1.5 สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัด

จากรูปที่ 4.1.5 ประชาชนส่วนใหญ่มีความคิดเห็นถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัดมีสาเหตุมาจาก การมีปริมาณจราจรมากและคนใช้รถใช้ถนนไม่ถูกกฎจราจร หรือรู้แต่ชอบฝ่าฝืน คิดเป็นร้อยละ 28 และ 25 ตามลำดับ ในส่วนสาเหตุอื่นๆ ที่ประชาชนให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับสาเหตุที่ทำให้การจราจรติดขัดได้แก่ ถนนแคบ ความเห็นแก่ตัวและความไม่มีวินัยของผู้ใช้รถใช้ถนน เป็นต้น และรวมถึงประชาชนได้แนะนำให้มีการติดตั้งระบบสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยกที่มีปริมาณการจราจรหนาแน่น

4.2 วิเคราะห์วิศวกรรม และวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

แหล่งที่มาของเงินทุนในการก่อสร้างอาจจะมาทั้งจากทางรัฐบาลและเอกชนจากการเปิดสัมปทานให้มีการประมูลเพื่อที่จะดำเนินโครงการก่อสร้างและเรียกเก็บเงินทุนสัมปทานคืนหลังจากการก่อสร้างแล้วเสร็จพร้อมใช้งานตามระยะเวลาที่ได้กำหนดไว้เมื่อตอนเปิดประมูล

ตารางที่ 4.2.1 เปรียบเทียบประเภทรถรางกับต้นทุนก่อสร้างโดยประมาณ

ประเภท(รางเดี่ยว/รางคู่)	ต้นทุนการก่อสร้าง(ล้านบาท/1กิโลเมตร)
รถรางเดี่ยว(Mono Rail)	1,000
monorail heavy rail(2อุโมงค์)	3,000-4,000
The niles monorail tour	5-10
Human powered monorail 01	5-10
รถรางฮ่องกง	50-100
รถรางคู่(ชนิดลอยฟ้า)	2,000
รถรางคู่(ชนิดบนพื้นดินความเร็วสูง)	280
รถรางคู่(ชนิดใต้ดิน)	3,000-4,000

เส้นทางสำหรับการสำรวจที่จะใช้ในการวางเส้นทางของระบบขนส่งสาธารณะระบบราง โดยที่ความยาวของเส้นทางสาย 1 ยาวประมาณ 6.2 กิโลเมตร และเส้นที่ 2 ยาวประมาณ 5.8 กิโลเมตร

ซึ่งทั้งสองเส้นทางรวมทั้ง 12 กิโลเมตร

ตารางที่ 4.2.2 แสดงราคาสิ่งที่เกี่ยวข้อง กับการศึกษาระบบขนส่งระบบราง เป็นการเปรียบเทียบราคาต่อหน่วย เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

รายการ	ราคา/หน่วย
การใช้น้ำมันของรถยนต์โดยประมาณ (http://www.thaimarch.com/index.php?topic=1519.0)	วิ่ง 100 km/hr 1 ลิตรต่อ 20-30 km
การใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยของรถไฟฟ้าโดยประมาณ (http://www.thaienergydata.in.th/energynew/energyReview/webcontent_show.php?content_id=229) 1 ปี ต่อขบวน	ปี 2551 ประมาณ 110 ล้านหน่วย ของรถไฟลอยฟ้าและรถไฟฟ้าใต้ดินใช้ประมาณ 65 ล้านหน่วย ต่อปี
เหล็กเส้น (http://www.dorasteel.net)	22.50 บาทต่อกิโลกรัม
ค่าไฟฟ้า (http://www.eppo.go.th/power/pw-Rate-PEA.html#5)	ประมาณ 2 บาท ต่อ หน่วย
ค่าปูซีเมนต์ (http://guru.google.co.th/guru/thread?tid=4a9757980f1770ca)	180 ksc = 1,335/คิว 240 ksc = 1,800/คิว
ค่าขุดเจาะอุโมงค์ (http://www.moneychannel.co.th/Menu6/MoneyWakeUp/tabid/104/newsid553/7848/Default.aspx)	1,800 ล้านบาท พร้อมใช้อุโมงค์รางคู่ 1 ช่องจราจร
ค่าขุดเจาะอุโมงค์ (http://www.thaiengineering.com/project-in-thailand/308.html)	3,000-4,000 ล้านบาทพร้อมใช้ อุโมงค์รางเดี่ยว 2 อุโมงค์
ค่าน้ำมันเบนซิน ค่าน้ำมันดีเซล (http://www.eppo.go.th/retail_prices.html)	1 ลิตร = 41 บาท 1 ลิตร = 32 บาท
ค่าที่ดินโดยประมาณของจังหวัดพิษณุโลก (กรมที่ดินจังหวัดพิษณุโลกโดยใช้ราคาที่สูงสุดมาคิด)	80,000 บาทต่อ ตารางวา
ค่าแรงต่ำสุดของจังหวัดพิษณุโลก (http://www.oknation.net/blog/eec/2011/02/22/entry-3)	163 บาท ต่อ วัน

4.2.1 รถไฟฟ้ารางเดี่ยวลอยฟ้า

การลงทุนของรถไฟฟ้ารางเดี่ยวลอยฟ้า ราคาก่อสร้างพร้อมใช้โดยประมาณ 12,000 ล้านบาท ทั้งสองเส้นทางรวมความยาวประมาณ 12 กิโลเมตร ซึ่งรถรางไฟฟ้าขนาดสามโบกี้สามารถรองรับผู้โดยสารได้ถึง ความจุประมาณ 320 คนต่อคัน สามารถรองรับผู้โดยสารได้ไม่น้อยกว่า 3,000 คนต่อชั่วโมงต่อทิศทาง(ข้อมูลจากโครงการรถไฟฟ้าสายสีเหลือง) การเวนคืนที่ดินเพื่อการก่อสร้างใช้ในการก่อสร้างสถานีประมาณ 400 ตารางวา ต่อ1 สถานีใหญ่ตรงจุดตัด และ 200 ตารางวา ต่อ1 สถานี ราคาค่าโดยสารเมื่อเปรียบเทียบกับกรุงเทพมหานครแล้วซึ่งมีรายได้ต่ำสุดสูงกว่าจังหวัดพิษณุโลก ที่เริ่มต้นที่ 15 บาทต่อการเดินทามแล้วเพิ่ม 5 บาททุกๆสองสถานี แต่ในจังหวัดพิษณุโลกที่มีรายได้ต่ำสุดน้อยกว่าเพื่อให้สอดครองกับค่าแรงที่เป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกรูปแบบการเดินทาง เริ่มต้นที่ 10 บาท เพิ่ม 3 บาททุกๆสองสถานี (www.prakard.com/default.aspx?g=posts&t=168952)

ตารางที่ 4.2.3 แสดงเวลาในการเดินรถในแต่ละวัน

ช่วงเวลา	จำนวนเที่ยวต่อวัน
ช่วง ชั่วโมงเร่งด่วน(06.00-09.00น. ,16.00-19.00น.)	12
ช่วง ชั่วโมงปรกติ(09.00-16.00น. ,19.00-23.00น.)	15

ตารางที่ 4.2.4 การขนส่งผู้โดยสาร โดยประมาณ

ช่วงเวลา	คนต่อเที่ยวการเดินทางโดยประมาณ
1 เที่ยวในชั่วโมงเร่งด่วน	80-100
	รวม = 960-1,000
1 เที่ยวในชั่วโมงปกติ	ประมาณ 30-50
	รวม = 450-750
รวมจำนวนผู้โดยสารต่อวันประมาณ	รวม = 1410-1750
รวมจำนวนผู้โดยสารต่อปีประมาณ	รวม = 514,650-638,750

ตารางที่ 4.2.5 แสดงสัดส่วนเงินลงทุนต่อรูปแบบระบบราง

สัดส่วนของโครงการโดยประมาณ(%)	เงินลงทุนต่อสัดส่วนของโครงการ(ล้านบาท)
1. โครงสร้าง(70%)	
- เหล็กเส้น,ลวดpcy,ลวดpc stand(30%)	3,600
- คอนกรีต(20%)	2,400
- อื่นๆ(20%)	2,400
2. งานระบบ(27%)	
- งานไฟฟ้า(5%)	600
- งานระบายน้ำและอากาศ(5%)	600
- ระบบอิเล็กทรอนิกส์(17%)	2,040
3. การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการก่อนการลงทุน(2%)	240
4. เวนคืนที่ดิน(1%)	120

ตารางที่ 4.2.6 แสดงรายจ่ายในระหว่างการดำเนินโครงการ

รายจ่าย(โดยประมาณ)	หน่วย(ล้านบาท)
ค่าไฟฟ้า	220
ค่าแรงงานที่ใช้ระหว่างดำเนินโครงการ	5
ค่าบำรุงรักษา	5
อื่นๆ	5

ตารางที่ 4.2.7 แสดงรายรับในระหว่างการดำเนินโครงการ

รายรับ(โดยประมาณ)	หน่วย(ล้านบาท)
ค่าโดยสาร	16
การลดต้นทุนด้านการจราจร(พลังงานน้ำมัน)	400
การลดต้นทุนด้ายอุบัติเหตุ	20
อื่นๆ	5

ตารางที่ 4.2.8 แสดงรายรับสุทธิต่อปี

เงินรายรับ – เงินรายจ่าย (ล้านบาท)	เงินรายรับสุทธิต่อปี(ล้านบาท)
441,000,000 – 235,000,000	206,000,000

- (NPV) = มูลค่าปัจจุบันเงินรับ - มูลค่าปัจจุบันเงินจ่าย

โครงการจ่ายเงินลงทุนเท่ากับ 12,000,000,000 โดยโครงการนี้จะได้ผลตอบแทนมูลค่า 206,000,000 บาทต่อปีเพิ่ม10%ต่อ10ปีต่ออายุโครงการ 30 ปี อัตราดอกเบี้ย 7.125% ธนาคารกรุงเทพ

ตารางที่ 4.2.9 NPV แสดงผลตอบแทนต่ออายุโครงการ

ปี	เงินลงทุน	กระแสเงินรายรับสุทธิ	PV	รวมมูลค่าสุทธิ
1	12,000,000,000	206,000,000	0.933	192,250,000
2	-	206,000,000	0.871	179,500,000
3	-	206,000,000	0.813	167,560,000
4	-	206,000,000	0.759	156,420,000
5	-	206,000,000	0.709	146,020,000
6	-	206,000,000	0.662	136,300,000
7	-	206,000,000	0.618	127,240,000
8	-	206,000,000	0.577	118,770,000
9	-	206,000,000	0.538	110,870,000
10	-	206,000,000	0.502	103,500,000
11	-	226,600,000	0.469	106,280,000
12	-	226,600,000	0.438	99,213,000
13	-	226,600,000	0.409	92,614,000
14	-	226,600,000	0.382	86,454,000
15	-	226,600,000	0.356	80,704,000
16	-	226,600,000	0.332	75,336,000
17	-	226,600,000	0.310	70,325,000
18	-	226,600,000	0.290	65,648,000
19	-	226,600,000	0.270	61,282,000
20	-	226,600,000	0.252	57,206,000
21	-	249,260,000	0.236	58,741,000
22	-	249,260,000	0.220	54,834,000
23	-	249,260,000	0.205	51,187,000
24	-	249,260,000	0.192	47,782,000
25	-	249,260,000	0.179	44,604,000
26	-	249,260,000	0.157	41,638,000
27	-	249,260,000	0.156	38,868,000
28	-	249,260,000	0.146	36,286,000
29	-	249,260,000	0.136	33,870,000
30	-	249,260,000	0.127	31,617,000
รวม	12,000,000,000		12.088	2,580,305,000

NPV = PV – I

= 2,580,305,000-12,000,000,000

= -9,419,695,000 บาท

ดังนั้น จากผลการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ -9,419,695,000 บาท ซึ่งมูลค่าปัจจุบันมีค่าเป็นลบ จึงไม่สมควรลงทุนในช่วงระยะเวลา 30 ปี

- วิเคราะห์ด้วยวิธี (Internal Rate of Return: IRR)

โครงการจ่ายเงินลงทุนเท่ากับ 12,000,000,000 โดยโครงการนี้จะได้ผลตอบแทนมูลค่า 227,287,000 บาทต่อปี เป็นเวลา 30 ปี คำนวณอัตราผลตอบแทนจากโครงการ (IRR) ได้ดังนี้

หลักการหา IRR คือให้ NPV = 0 (จุดเท่าทุน)

จาก NPV = PV- I

NPV = 227,287,000*PVIFA – 12,000,000,000

ดังนั้น 227,287,000*PVIFA – 12,000,000,000 = 0

PVIFA = 12,000,000,000/227,287,000 = 52.8

เปิดตางราง PVIFA ที่ t = 30 (อายุโครงการ)

พบว่า I น้อยกว่า 1 % ,มากๆ ถึงจะได้ค่าใกล้เคียง 52.8

เทียบบัญญัติไตรยางค์หาค่า PVIFA

PVIFA/52.8=1/25.8077

PVIFA = 0.4888%

ดังนั้น IRR มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับอัตราดอกเบี้ย ถือว่าไม่ควรลงทุน

- อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost ratio)

ตารางที่ 4.2.10 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost ratio)

ปีที่	รายรับสุทธิ	I=%	PV ของผลตอบแทน
1	206,000,000	0.995	204,990,000
2	206,000,000	0.990	204,000,000
3	206,000,000	0.985	203,000,000
4	206,000,000	0.981	202,020,000
5	206,000,000	0.976	201,030,000
6	206,000,000	0.971	200,000,000
7	206,000,000	0.966	199,080,000
8	206,000,000	0.962	198,110,000
9	206,000,000	0.957	197,150,000
10	206,000,000	0.952	196,190,000
11	226,600,000	0.948	214,760,000
12	226,600,000	0.943	213,720,000
13	226,600,000	0.939	212,680,000
14	226,600,000	0.934	211,640,000
15	226,600,000	0.929	210,610,000

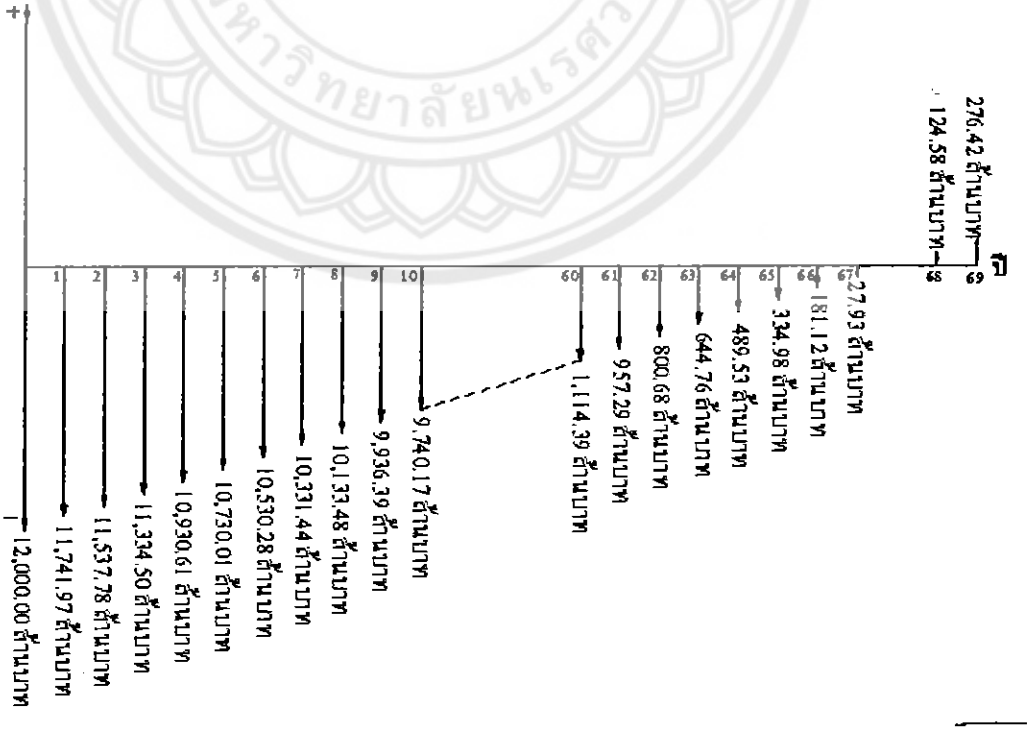
ตารางที่ 4.2.10 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost ratio)(ต่อ)

16	226,600,000	0.925	209,590,000
17	226,600,000	0.920	208,570,000
18	226,600,000	0.916	207,550,000
19	226,600,000	0.912	206,540,000
20	226,600,000	0.907	205,540,000
21	249,260,000	0.903	224,990,000
22	249,260,000	0.898	223,900,000
23	249,260,000	0.893	222,810,000
24	249,260,000	0.890	221,730,000
25	249,260,000	0.885	220,650,000
26	249,260,000	0.881	219,580,000
27	249,260,000	0.877	218,510,000
28	249,260,000	0.872	217,440,000
29	249,260,000	0.868	216,390,000
30	249,260,000	0.864	215,330,000
รวม			6,308,100,000

B/C = 6,308,100,000/(12,000,000,000)

=0.5257

B/C < 1 แสดงว่าผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการมีค่าน้อยกว่าค่าใช้จ่ายที่เสียไป ดังนั้น โครงการนี้จึงไม่เหมาะสมในการลงทุน



รูปที่ 4.2.1 Cash flow แสดงจุดคุ้มทุน

จากรูปที่ 4.2.1 แสดงจุดคุ้มทุนของโครงการรถไฟฟ้ารางเดี่ยวลอยฟ้าที่มีจุดตัดกราฟอยู่ที่ปี 68 ถึงจะคุ้มทุนต่อโครงการ

4.2.2 monorail heavy rail (รถไฟฟ้าขนส่งขนาดหนัก)

ระบบรางเดี่ยวขนาดหนักใต้ดิน monorail heavy rail ราคาก่อสร้างพร้อมใช้ โดยประมาณ 42,000 ล้านบาท ทั้งสองเส้นทางรวมความยาวประมาณ 12 กิโลเมตร ซึ่งรถราง ไฟฟ้าขนาดสามโบกี้สามารถรองรับผู้โดยสารได้ถึง ความจุประมาณ 320 คนต่อคัน สามารถ รองรับผู้โดยสารได้ไม่น้อยกว่า 3,000 คนต่อชั่วโมงต่อทิศทาง(ข้อมูลจากโครงการรถไฟฟ้าสายสีเหลือง) การเวียนคืนที่ดินเพื่อการก่อสร้างใช้ในการก่อสร้างสถานีประมาณ 400 ตารางวา ต่อ1 สถานีใหญ่ตรงจุดตัด และ 200 ตารางวา ต่อ1 สถานี ราคาค่าโดยสารเมื่อเปรียบเทียบกับกรุงเทพมหานครแล้วซึ่งมีรายได้ต่ำสุดสูงกว่าจังหวัดพิษณุโลก ที่เริ่มต้นที่ 18 บาทต่อการเดินทามแล้วเพิ่ม 6 บาททุกๆสองสถานี แต่ในจังหวัดพิษณุโลกที่มีรายได้ต่ำสุดน้อยกว่าเพื่อให้สอดครองกับค่าแรงที่เป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกรูปแบบการเดินทาง เริ่มต้นที่ 15 บาท เพิ่ม 4 บาท ทุกๆสองสถานี
(http://www.thaiengineering.com/project-in-thailand/308.html)

ตารางที่ 4.2.11 แสดงเวลาในการเดินรถในแต่ละวัน

ช่วงเวลา	จำนวนเที่ยวต่อวัน
ช่วง ชั่วโมงเร่งด่วน(06.00-09.00น. ,16.00-19.00น.)	12
ช่วง ชั่วโมงปรกติ(09.00-16.00น. ,19.00-23.00น.)	15

ตารางที่ 4.2.12 การขนส่งผู้โดยสาร โดยประมาณ

ช่วงเวลา	คนต่อเที่ยวการเดินทางโดยประมาณ
1 เที่ยวในชั่วโมงเร่งด่วน	80-100
	รวม = 960-1,000
1 เที่ยวในชั่วโมงปกติ	30-50
	รวม = 450-750
รวมจำนวนผู้โดยสารต่อวันประมาณ	รวม = 1410-1750
รวมจำนวนผู้โดยสารต่อปีประมาณ	รวม = 514,650-638,750

ตารางที่ 4.2.13 แสดงสัดส่วนเงินลงทุนต่อรูปแบบระบบราง

สัดส่วนของโครงการโดยประมาณ(%)	เงินลงทุนต่อสัดส่วนของโครงการ(ล้านบาท)
1. โครงสร้าง(70%)	
- เหล็กเส้น,ลวดpcy,ลวดpc stand(25%)	10,500
- คอนกรีต(20%)	8,400
- ขุดเจาะอุโมงค์(25%)	10,500
2. งานระบบ(27%)	
- งานไฟฟ้า(5%)	2,100
- งานระบายน้ำและอากาศ(5%)	2,100
- ระบบอิเล็กทรอนิกส์(17%)	7,140
3. การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการก่อนการลงทุน(2.7%)	1,134
4. ค่าเวนคืนที่ดิน(0.3%)	120

ตารางที่ 4.2.14 แสดงรายจ่ายในระหว่างการดำเนินโครงการ

รายจ่าย(โดยประมาณ)	หน่วย(ล้านบาท)
ค่าไฟฟ้า	130
ค่าแรงงานที่ใช้ระหว่างดำเนินโครงการ	5
ค่าบำรุงรักษา	5
อื่นๆ	5

ตารางที่ 4.2.15 แสดงรายรับในระหว่างการดำเนินโครงการ

รายรับ(โดยประมาณ)	หน่วย(ล้านบาท)
ค่าโดยสาร	20
การลดต้นทุนด้านการจราจร(พลังงานน้ำมัน)	400
การลดต้นทุนด้านอุบัติเหตุ	30
อื่นๆ	5

ตารางที่ 4.2.16 แสดงรายรับสุทธิต่อปี

เงินรายรับ – เงินรายจ่าย (ล้านบาท)	เงินรายรับสุทธิต่อปี(ล้านบาท)
455,000,000 – 145,000,000	310,000,000

- (NPV) = มูลค่าปัจจุบันเงินรับ - มูลค่าปัจจุบันเงินจ่าย

โครงการจ่ายเงินลงทุนเท่ากับ 42,000,000,000 โดยโครงการนี้จะได้ผลตอบแทนมูลค่า 310,000,000 บาทต่อปีเพิ่ม10%ต่อ10ปีต่ออายุโครงการ 30 ปี อัตราดอกเบี้ย 7.125% ธนาคารกรุงเทพ

ตารางที่ 4.2.17 NPV แสดงผลตอบแทนต่ออายุโครงการ

ปี	เงินลงทุน	กระแสเงินรายรับสุทธิ	PV	รวมมูลค่าสุทธิ
1	42,000,000,000	310,000,000	0.933	289,380,000
2	-	310,000,000	0.871	270,130,000
3	-	310,000,000	0.813	252,160,000
4	-	310,000,000	0.759	235,390,000
5	-	310,000,000	0.709	219,730,000
6	-	310,000,000	0.662	205,120,000
7	-	310,000,000	0.618	191,480,000
8	-	310,000,000	0.577	178,740,000
9	-	310,000,000	0.538	166,850,000
10	-	310,000,000	0.502	155,750,000
11	-	341,000,000	0.469	159,930,000
12	-	341,000,000	0.438	149,300,000
13	-	341,000,000	0.409	139,370,000
14	-	341,000,000	0.382	130,100,000
15	-	341,000,000	0.356	121,440,000
16	-	341,000,000	0.332	113,370,000
17	-	341,000,000	0.310	105,830,000
18	-	341,000,000	0.290	98,791,000
19	-	341,000,000	0.270	92,220,000
20	-	375,100,000	0.252	86,087,000
21	-	375,100,000	0.236	88,397,000
22	-	375,100,000	0.220	82,518,000
23	-	375,100,000	0.205	77,029,000
24	-	375,100,000	0.192	71,906,000
25	-	375,100,000	0.179	67,123,000
26	-	375,100,000	0.157	62,659,000
27	-	375,100,000	0.156	58,491,000
28	-	375,100,000	0.146	54,601,000
29	-	375,100,000	0.136	50,969,000
30	-	375,100,000	0.127	47,579,000
รวม	42,000,000,000		12.088	4,022,440,000

NPV = PV – I

= 4,022,440,000-42,0,000,000

= -3,797,756,000 บาท

ดังนั้น จากผลการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ -3,797,756,000 บาท ซึ่งมูลค่าปัจจุบันมีค่าเป็นลบ จึงไม่สมควรลงทุนในช่วงระยะเวลา 30 ปี

- **วิเคราะห์ด้วยวิธี (Internal Rate of Return: IRR)**

โครงการจ่ายเงินลงทุนเท่ากับ 42,000,000,000 โดยโครงการนี้จะได้ผลตอบแทนมูลค่า 342,000,000บาทต่อปี เป็นเวลา 30 ปี คำนวณอัตราผลตอบแทนจากโครงการ (IRR) ได้ดังนี้

หลักการหา IRR คือให้ NPV = 0 (จุดเท่าทุน)

จาก NPV = PV- I

NPV = 342,000,000*PVIFA – 42,000,000,000

ดังนั้น 342,000,000*PVIFA – 42,000,000,000 = 0

PVIFA = 42,000,000,000/342,000,000= 122.8

เปิดตารางราง PVIFA ที่ t = 30 (อายุโครงการ)

พบว่า I น้อยกว่า 1 % ,มากๆ ถึงจะได้ค่าใกล้เคียง 135.48

เทียบบัญญัติไตรยางค์หาค่า PVIFA

PVIFA/122.8=1/25.8077

PVIFA =0.2102%

ดังนั้น IRR มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับอัตราดอกเบี้ย ถือว่าไม่ควรลงทุน

- อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost ratio)

ตารางที่ 4.2.18 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost ratio)

ปีที่	รายรับสุทธิ	I=%	PV ของผลตอบแทน
1	310,000,000	0.998	309,350,000
2	310,000,000	0.996	308,700,000
3	310,000,000	0.994	308,050,000
4	310,000,000	0.992	307,400,000
5	310,000,000	0.990	306,120,000
6	310,000,000	0.987	306,000,000
7	310,000,000	0.985	305,480,000
8	310,000,000	0.983	304,840,000
9	310,000,000	0.981	304,200,000
10	310,000,000	0.979	303,560,000
11	341,000,000	0.977	333,220,000
12	341,000,000	0.975	332,520,000
13	341,000,000	0.973	331,820,000
14	341,000,000	0.971	331,130,000
15	341,000,000	0.969	330,430,000

ตารางที่ 4.2.18 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost ratio)(ต่อ)

16	341,000,000	0.967	329,740,000
17	341,000,000	0.965	329,050,000
18	341,000,000	0.963	328,360,000
19	341,000,000	0.961	327,670,000
20	341,000,000	0.959	326,980,000
21	375,100,000	0.957	358,930,000
22	375,100,000	0.955	358,180,000
23	375,100,000	0.953	357,430,000
24	375,100,000	0.951	356,680,000
25	375,100,000	0.949	355,930,000
26	375,100,000	0.947	355,180,000
27	375,100,000	0.945	354,440,000
28	375,100,000	0.943	353,700,000
29	375,100,000	0.941	352,960,000
30	375,100,000	0.939	352,220,000
รวม			9,256,500,000

B/C = 9,256,500,000/(42,000,000,000)

=0.2203

B/C < 1 แสดงว่าผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการมีค่าน้อยกว่าค่าใช้จ่ายที่เสียไป ดังนั้น โครงการนี้จึงไม่เหมาะสมในการลงทุน

รูปที่ 4.2.2 Cash flow แสดงจุดคุ้มทุน

จากรูปที่ 4.2.2 แสดงจุดคุ้มทุนของโครงการรถไฟฟ้ารางเดี่ยวใต้ดินที่มีจุดตัดกราฟอยู่ที่ปี 147 ถึงจะคุ้มทุนต่อโครงการ

4.2.3 รถไฟฟ้ารางคู่(ชนิดลอยฟ้า)

ระบบรางเดี่ยวแบบ รถไฟฟ้ารางคู่(ชนิดลอยฟ้า) ราคาก่อสร้างพร้อมใช้โดยประมาณ 24,000 ล้านบาททั้งสองเส้นทางรวมความยาวประมาณ 12 กิโลเมตร ซึ่งรถรางไฟฟ้าขนาดสามโบกี้สามารถรองรับผู้โดยสารได้ถึง ความจุประมาณ 500 คนต่อคัน สามารถรองรับผู้โดยสารได้ไม่น้อยกว่า 5,000 คนต่อชั่วโมงต่อทิศทาง การเวียนคืนที่ดินเพื่อการก่อสร้างใช้ในการก่อสร้างสถานีประมาณ 400 ตารางวา ต่อ1 สถานีใหญ่ตรงจุดตัด และ 200 ตารางวา ต่อ1 สถานี ราคาค่าโดยสารเมื่อเปรียบเทียบกับกรุงเทพมหานครแล้วซึ่งมีรายได้ต่ำสุดสูงกว่าจังหวัดพิษณุโลก ที่เริ่มต้นที่ 17 บาทต่อการเดินทามแล้วเพิ่ม 5 บาททุกๆสองสถานี แต่ในจังหวัดพิษณุโลกที่มีรายได้ต่ำสุดน้อยกว่าเพื่อให้สอดครองกับค่าแรงที่เป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกรูปแบบการเดินทาง เริ่มต้นที่ 14 บาท เพิ่ม 4 บาททุกๆสองสถานี
(http://www.bts.co.th/corporate/th/02-structure01.aspx)

ตารางที่ 4.2.19 แสดงเวลาในการเดินรถในแต่ละวัน

ช่วงเวลา	จำนวนเที่ยวต่อวัน
ช่วง ชั่วโมงเร่งด่วน(06.00-09.00น. ,16.00-19.00น.)	12
ช่วง ชั่วโมงปรกติ(09.00-16.00น. ,19.00-23.00น.)	15

ตารางที่ 4.2.20 การขนส่งผู้โดยสาร โดยประมาณ

ช่วงเวลา	คนต่อเที่ยวการเดินทางโดยประมาณ
1 เที่ยวในชั่วโมงเร่งด่วน	80-100
	รวม = 960-1,000
1 เที่ยวในชั่วโมงปรกติ	30-50
	รวม = 450-750
รวมจำนวนผู้โดยสารต่อวันประมาณ	รวม = 1410-1750
รวมจำนวนผู้โดยสารต่อปีประมาณ	รวม = 514,650-638,750

ตารางที่ 4.2.21 แสดงสัดส่วนเงินลงทุนต่อรูปแบบระบบราง

สัดส่วนของโครงการโดยประมาณ(%)	เงินลงทุนต่อสัดส่วนของโครงการ(ล้านบาท)
1. โครงสร้าง(70%)	
- เหล็กเส้น,ลวดpcy,ลวดpc stand(30%)	7,200
- คอนกรีต(20%)	4,800
- อื่นๆ(20%)	4,800
2. งานระบบ(27%)	
- งานไฟฟ้า(5%)	1,200
- งานระบายน้ำและอากาศ(5%)	1,200
- ระบบอิเล็กทรอนิกส์(17%)	4,080
3. การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการก่อนการลงทุน(2.5%)	600
4. ค่าเวียนคืนที่ดิน(0.5%)	120

ตารางที่ 4.2.22 แสดงรายจ่ายในระหว่างการดำเนินโครงการ

รายจ่าย(โดยประมาณ)	หน่วย(ล้านบาท)
ค่าไฟฟ้า	220
ค่าแรงงานที่ใช้ระหว่างดำเนินโครงการ	5
ค่าบำรุงรักษา	5
อื่นๆ	5

ตารางที่ 4.2.23 แสดงรายรับในระหว่างการดำเนินโครงการ

รายรับ(โดยประมาณ)	หน่วย(ล้านบาท)
ค่าโดยสาร	18
การลดต้นทุนด้านการจราจร(พลังงานน้ำมัน)	400
การลดต้นทุนด้ายอุบัติเหตุ	20
อื่นๆ	5

ตารางที่ 4.2.24 แสดงรายรับสุดธิต่อปี

เงินรายรับ – เงินรายจ่าย (ล้านบาท)	เงินรายรับสุทธิต่อปี(ล้านบาท)
443,000,000 – 235,000,000	208,000,000

- (NPV) = มูลค่าปัจจุบันเงินรับ - มูลค่าปัจจุบันเงินจ่าย

โครงการจ่ายเงินลงทุนเท่ากับ 24,000,000,000 โดยโครงการนี้จะได้ผลตอบแทนมูลค่า 208,000,000 บาทต่อปีเพิ่ม10%ต่อ10ปีต่ออายุโครงการ 30 ปี อัตราดอกเบี้ย 7.125% ธนาคารกรุงเทพ

ตารางที่ 4.2.25 NPV แสดงผลตอบแทนต่ออายุโครงการ

ปี	เงินลงทุน	กระแสเงินรายรับสุทธิ	PV	รวมมูลค่าสุทธิ
1	24,000,000,000	208,000,000	0.933	194,160,000
2	-	208,000,000	0.871	181,250,000
3	-	208,000,000	0.813	169,190,000
4	-	208,000,000	0.759	157,940,000
5	-	208,000,000	0.709	147,430,000
6	-	208,000,000	0.662	137,630,000
7	-	208,000,000	0.618	128,470,000
8	-	208,000,000	0.577	119,930,000
9	-	208,000,000	0.538	111,950,000
10	-	208,000,000	0.502	104,500,000
11	-	228,800,000	0.469	107,310,000
12	-	228,800,000	0.438	100,170,000
13	-	228,800,000	0.409	93,513,000
14	-	228,800,000	0.382	87,293,000
15	-	228,800,000	0.356	81,487,000
16	-	228,800,000	0.332	76,068,000
17	-	228,800,000	0.310	71,008,000
18	-	228,800,000	0.290	66,285,000
19	-	228,800,000	0.270	61,877,000
20	-	228,800,000	0.252	57,761,000
21	-	251,680,000	0.236	59,311,000
22	-	251,680,000	0.220	55,366,000
23	-	375,100,000	0.205	51,684,000
24	-	251,680,000	0.192	48,246,000
25	-	251,680,000	0.179	45,037,000
26	-	251,680,000	0.157	42,042,000
27	-	251,680,000	0.156	39,246,000
28	-	251,680,000	0.146	36,635,000
29	-	251,680,000	0.136	34,199,000
30	-	251,680,000	0.127	31,924,000
รวม	24,000,000,000		12.088	2,698,912,000

NPV = PV – I

= 2,698,912,000-24,000,000,000

= -2,130,108,800 บาท

ดังนั้น จากผลการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ -2,130,108,800 บาท ซึ่งมูลค่าปัจจุบันมีค่าเป็นลบ จึงไม่สมควรลงทุนในช่วงระยะเวลา 30 ปี

- **วิเคราะห์ด้วยวิธี** (Internal Rate of Return: IRR)

โครงการจ่ายเงินลงทุนเท่ากับ 24,000,000,000 โดยโครงการนี้จะได้ผลตอบแทนมูลค่า 229,490,000 บาทต่อปี เป็นเวลา 30 ปี คำนวณอัตราผลตอบแทนจากโครงการ (IRR) ได้ดังนี้

หลักการหา IRR คือให้ NPV = 0 (จุดเท่าทุน)

จาก NPV = PV- I

NPV = 229,490,000*PVIFA – 24,000,000,000

ดังนั้น 229,490,000*PVIFA – 24,000,000,000 = 0

PVIFA = 24,000,000,000/229,490,000= 104.6

เปิดตางราง PVIFA ที่ t = 30 (อายุโครงการ)

พบว่า I น้อยกว่า 1 % ,มากๆ ถึงจะได้ค่าใกล้เคียง 104.6

เทียบบัญญัติไตรยางค์หาค่า PVIFA

PVIFA/104.6=1/25.8077

PVIFA = 0.2468%

ดังนั้น IRR มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับอัตราดอกเบี้ย ถือว่าไม่ควรลงทุน

- อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost ratio)

ตารางที่ 4.2.26 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost ratio)

ปีที่	รายรับสุทธิ	I=%	PV ของผลตอบแทน
1	208,000,000	0.998	208,480,000
2	208,000,000	0.995	206,960,000
3	208,000,000	0.993	206,440,000
4	208,000,000	0.990	205,930,000
5	208,000,000	0.988	205,410,000
6	208,000,000	0.985	204,900,000
7	208,000,000	0.983	204,390,000
8	208,000,000	0.980	203,880,000
9	208,000,000	0.978	203,370,000
10	228,800,000	0.975	202,870,000
11	228,800,000	0.973	222,600,000
12	228,800,000	0.970	222,040,000
13	228,800,000	0.968	221,490,000
14	228,800,000	0.966	220,940,000
15	228,800,000	0.963	220,380,000

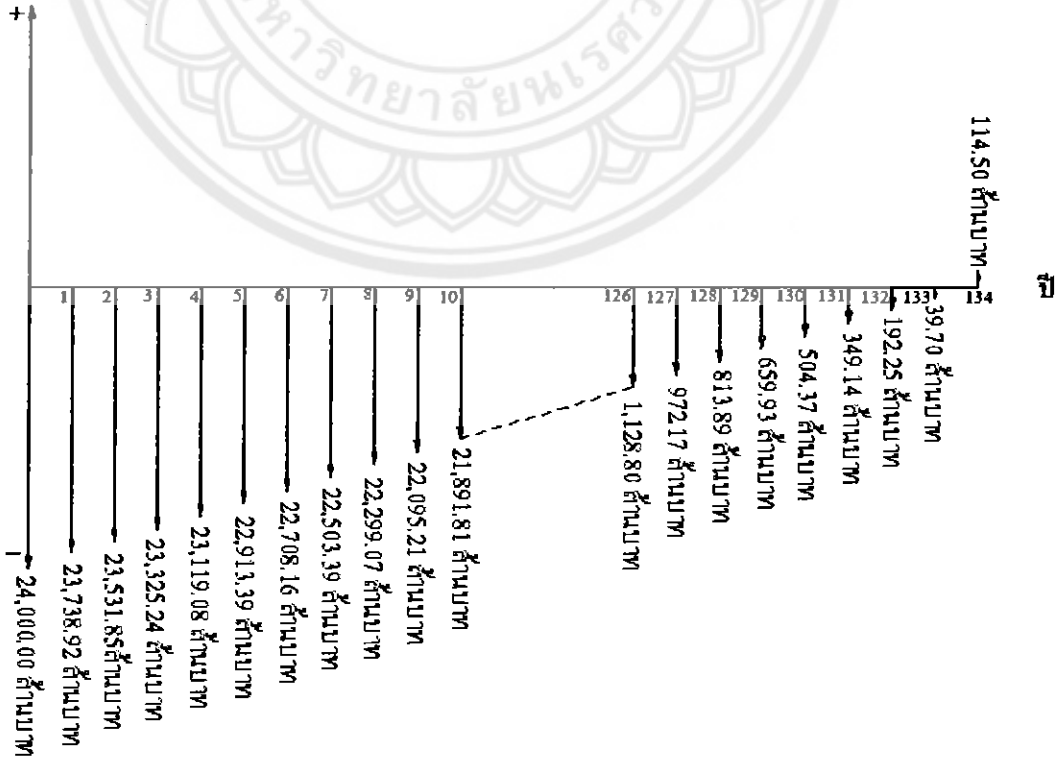
ตารางที่ 4.2.26 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost ratio)(ต่อ)

16	228,800,000	0.961	219,830,000
17	228,800,000	0.958	219,290,000
18	228,800,000	0.956	218,740,000
19	228,800,000	0.954	218,190,000
20	228,800,000	0.951	217,650,000
21	251,680,000	0.950	238,820,000
22	251,680,000	0.946	238,220,000
23	251,680,000	0.944	237,630,000
24	251,680,000	0.942	237,040,000
25	251,680,000	0.939	236,440,000
26	251,680,000	0.937	235,860,000
27	251,680,000	0.935	235,270,000
28	251,680,000	0.932	234,680,000
29	251,680,000	0.930	234,100,000
30	251,680,000	0.928	233,510,000
รวม			6,160,120,000

B/C =6,160,120,000/(24,000,000,000)

=0.2567

B/C < 1 แสดงว่าผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการมีค่าน้อยกว่าค่าใช้จ่ายที่เสียไป ดังนั้น โครงการนี้จึงไม่เหมาะสมในการลงทุน



รูปที่ 4.2.3 Cash flow แสดงจุดคุ้มทุน

จากรูปที่ 4.2.3 แสดงจุดคุ้มทุนของโครงการรถไฟฟ้ารางคู่ลอยฟ้าที่มีจุดตัดกราฟอยู่ที่ปี 134 ถึงจะคุ้มทุนต่อโครงการ

4.2.4 รถรางคู่(ชนิดใต้ดิน)

ระบบรางเดี่ยวแบบ รถรางคู่(ชนิดใต้ดิน) ราคาก่อสร้างพร้อมใช้โดยประมาณ 42,000ล้านบาททั้งสองเส้นทางรวมความยาวประมาณ 12 กิโลเมตร ซึ่งรถรางไฟฟ้าขนาดสามโบกี้สามารถรองรับผู้โดยสารได้ถึง ความจุประมาณ 500 คนต่อคัน สามารถรองรับผู้โดยสารได้ไม่น้อยกว่า 5,000 คนต่อชั่วโมงต่อทิศทาง(ข้อมูลจากโครงการรถไฟฟ้าสายสีเหลือง)) การเวียนคืนที่ดินเพื่อการก่อสร้างใช้ในการก่อสร้างสถานีประมาณ 400 ตารางวา ต่อ1 สถานีใหญ่ตรงจุดตัด และ 200 ตารางวา ต่อ1 สถานี ราคาค่าโดยสารเมื่อเปรียบเทียบกับกรุงเทพมหานครแล้วซึ่งมีรายได้ต่ำสุดสูงกว่าจังหวัดพิษณุโลก ที่เริ่มต้นที่ 18 บาทต่อการเดินทามแล้วเพิ่ม 6 บาททุกๆสองสถานี แต่ในจังหวัดพิษณุโลกที่มีรายได้ต่ำสุดน้อยกว่าเพื่อให้สอดครองกับค่าแรงที่เป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกรูปแบบการเดินทาง เริ่มต้นที่ 15 บาท เพิ่ม 4 บาททุกๆสองสถานี (http://www.moneychannel.co.th/Menu6/MoneyWakeUp/tabid/104/newsid553/7848/Default.aspx)

ตารางที่ 4.2.27 แสดงเวลาในการเดินรถในแต่ละวัน

ช่วงเวลา	จำนวนเที่ยวต่อวัน
ช่วง ชั่วโมงเร่งด่วน(06.00-09.00น. ,16.00-19.00น.)	12
ช่วง ชั่วโมงปกติ(09.00-16.00น. ,19.00-23.00น.)	15

ตารางที่ 4.2.28 การขนส่งผู้โดยสาร โดยประมาณ

ช่วงเวลา	คนต่อเที่ยวการเดินทางโดยประมาณ
1 เที่ยวในชั่วโมงเร่งด่วน	80-100
	รวม = 960-1,000
1 เที่ยวในชั่วโมงปกติ	30-50
	รวม = 450-750
รวมจำนวนผู้โดยสารต่อวันประมาณ	รวม = 1410-1750
รวมจำนวนผู้โดยสารต่อปีประมาณ	รวม = 514,650-638,750

ตารางที่ 4.2.29 แสดงสัดส่วนเงินลงทุนต่อรูปแบบระบบราง

สัดส่วนของโครงการโดยประมาณ(%)	เงินลงทุนต่อสัดส่วนของโครงการ(ล้านบาท)
1. โครงสร้าง(70%)	
- เหล็กเส้น,ลวดpcy,ลวดpc stand(25%)	10,500
- คอนกรีต(20%)	8,400
- ขุดเจาะอุโมงค์(25%)	10,500
2. งานระบบ(28%)	
- งานไฟฟ้า(5%)	2,100
- งานระบายน้ำและอากาศ(5%)	2,100
- ระบบอิเล็กทรอนิกส์(18%)	7,560
3. การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการก่อนการลงทุน(2.7%)	1,134
4. ค่าเวียนคืนที่ดิน(0.3%)	120

ตารางที่ 4.2.30 แสดงรายจ่ายในระหว่างการดำเนินโครงการ

รายจ่าย(โดยประมาณ)	หน่วย(ล้านบาท)
ค่าไฟฟ้า	130
ค่าแรงงานที่ใช้ระหว่างดำเนินโครงการ	5
ค่าบำรุงรักษา(0.1%ของเงินลงทุน)	5
อื่นๆ	5

ตารางที่ 4.2.31 แสดงรายรับในระหว่างการดำเนินโครงการ

รายรับ(โดยประมาณ)	หน่วย(ล้านบาท)
ค่าโดยสาร	20
การลดต้นทุนด้านการจราจร(พลังงานน้ำมัน)	400
การลดต้นทุนด้ายอุบัติเหตุ	30
อื่นๆ	5

ตารางที่ 4.2.32 แสดงรายรับสุทธิต่อปี

เงินรายรับ – เงินรายจ่าย (ล้านบาท)	เงินรายรับสุทธิต่อปี(ล้านบาท)
455,000,000 – 145,000,000	310,000,000

- (NPV) = มูลค่าปัจจุบันเงินรับ - มูลค่าปัจจุบันเงินจ่าย

โครงการจ่ายเงินลงทุนเท่ากับ 42,000,000,000 โดยโครงการนี้จะได้ผลตอบแทนมูลค่า 310,000,000 บาทต่อปีเพิ่ม10%ต่อ10ปีต่ออายุโครงการ 30 ปี อัตราดอกเบี้ย 7.125% ธนาคารกรุงเทพ

ตารางที่ 4.2.33 NPV แสดงผลตอบแทนต่ออายุโครงการ

ปี	เงินลงทุน	กระแสเงินรายรับสุทธิ	PV	รวมมูลค่าสุทธิ
1	42,000,000,000	310,000,000	0.933	289,380,000
2	-	310,000,000	0.871	270,130,000
3	-	310,000,000	0.813	252,160,000
4	-	310,000,000	0.759	235,390,000
5	-	310,000,000	0.709	219,730,000
6	-	310,000,000	0.662	205,120,000
7	-	310,000,000	0.618	191,480,000
8	-	310,000,000	0.577	178,740,000
9	-	310,000,000	0.538	166,850,000
10	-	310,000,000	0.502	155,750,000
11	-	341,000,000	0.469	159,930,000
12	-	341,000,000	0.438	149,300,000
13	-	341,000,000	0.409	139,370,000
14	-	341,000,000	0.382	130,100,000
15	-	341,000,000	0.356	121,440,000
16	-	341,000,000	0.332	113,370,000
17	-	341,000,000	0.310	105,830,000
18	-	341,000,000	0.290	98,791,000
19	-	341,000,000	0.270	92,220,000
20	-	375,100,000	0.252	86,087,000
21	-	375,100,000	0.236	88,397,000
22	-	375,100,000	0.220	82,518,000
23	-	375,100,000	0.205	77,029,000
24	-	375,100,000	0.192	71,906,000
25	-	375,100,000	0.179	67,123,000
26	-	375,100,000	0.157	62,659,000
27	-	375,100,000	0.156	58,491,000
28	-	375,100,000	0.146	54,601,000
29	-	375,100,000	0.136	50,969,000
30	-	375,100,000	0.127	47,579,000
รวม	42,000,000,000		12.088	4,022,440,000

NPV = PV – I

= 4,022,440,000-42,000,000,000

= -3,797,756,000 บาท

ดังนั้น จากผลการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ -3,797,756,000 บาท ซึ่งมูลค่าปัจจุบันมีค่าเป็นลบ จึงไม่สมควรลงทุนในช่วงระยะเวลา 30 ปี

- **วิเคราะห์ด้วยวิธี (Internal Rate of Return: IRR)**

โครงการจ่ายเงินลงทุนเท่ากับ 42,000,000,000 โดยโครงการนี้จะได้ผลตอบแทนมูลค่า 342,030,000บาทต่อปี เป็นเวลา 30 ปี คำนวณอัตราผลตอบแทนจากโครงการ (IRR) ได้ดังนี้

หลักการหา IRR คือให้ NPV = 0 (จุดเท่าทุน)

จาก NPV = PV- I

NPV = 342,030,000*PVIFA – 42,000,000,000

ดังนั้น 342,030,000*PVIFA – 42,024,000,000 = 0

PVIFA = 42,000,000,000/342,030,000= 122.8

เปิดตารางราง PVIFA ที่ t = 30 (อายุโครงการ)

พบว่า I น้อยกว่า 1 % ,มากๆ ถึงจะได้ค่าใกล้เคียง 122.8

เทียบบัญญัติไตรยางค์หาค่า PVIFA

PVIFA/122.8=1/25.8077

PVIFA =0.2102%

ดังนั้น IRR มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับอัตราดอกเบี้ย ถือว่าไม่ควรลงทุน

- อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost ratio)

ตารางที่ 4.2.34 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost ratio)

ปีที่	รายรับสุทธิ	I=%	PV ของผลตอบแทน
1	310,000,000	0.998	309,350,000
2	310,000,000	0.996	308,700,000
3	310,000,000	0.994	308,050,000
4	310,000,000	0.992	307,400,000
5	310,000,000	0.990	306,120,000
6	310,000,000	0.987	306,000,000
7	310,000,000	0.985	305,480,000
8	310,000,000	0.983	304,840,000
9	310,000,000	0.981	304,200,000
10	310,000,000	0.979	303,560,000
11	341,000,000	0.977	333,220,000
12	341,000,000	0.975	332,520,000
13	341,000,000	0.973	331,820,000

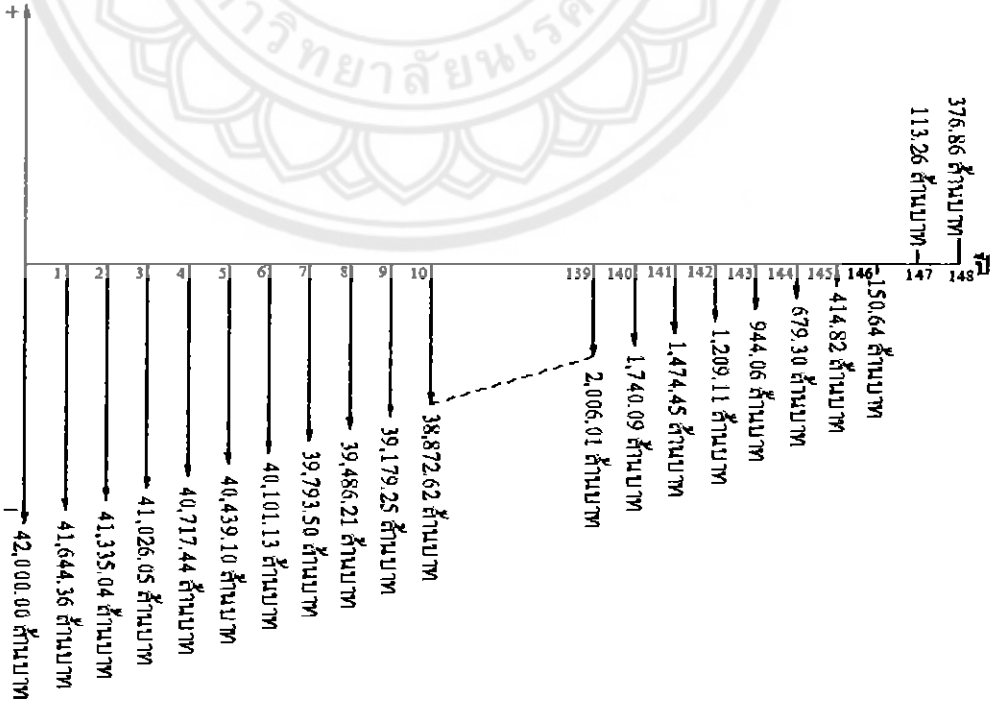
ตารางที่ 4.2.34 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost ratio)(ต่อ)

14	341,000,000	0.971	331,130,000
15	341,000,000	0.969	330,430,000
16	341,000,000	0.967	329,740,000
17	341,000,000	0.965	329,050,000
18	341,000,000	0.963	328,360,000
19	341,000,000	0.961	327,670,000
20	341,000,000	0.959	326,980,000
21	375,100,000	0.957	358,930,000
22	375,100,000	0.955	358,180,000
23	375,100,000	0.953	357,430,000
24	375,100,000	0.951	356,680,000
25	375,100,000	0.949	355,930,000
26	375,100,000	0.947	355,180,000
27	375,100,000	0.945	354,440,000
28	375,100,000	0.943	353,700,000
29	375,100,000	0.941	352,960,000
30	375,100,000	0.939	352,220,000
รวม			9,256,500,000

B/C = 9,256,500,000/(42,000,000,000)

=0.2204

B/C < 1 แสดงว่าผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการมีค่าน้อยกว่าค่าใช้จ่าย**ที่เสียไป ดังนั้น** โครงการนี้จึงไม่เหมาะสมในการลงทุน



รูปที่ 4.2.4 Cash flow แสดงจุดคุ้มทุน

จากรูปที่ 4.2.4 แสดงจุดคุ้มทุนของโครงการรถไฟฟ้ารางคู่ใต้ดินที่มีจุดตัดกราฟอยู่ที่ปี 147 ถึงจะคุ้มทุนต่อโครงการ

Periods	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%
17	15.5623	14.2919	13.1661	12.1657	11.2741	10.4773	9.7632	9.1216	8.5436	8.0216
18	16.3983	14.9920	13.7535	12.6593	11.6896	10.8276	10.0591	9.3719	8.7556	8.2014
19	17.2260	15.6785	14.3238	13.1339	12.0853	11.1581	10.3356	9.6036	8.9501	8.3649
20	18.0456	16.3514	14.8775	13.5903	12.4622	11.4699	10.5940	9.8181	9.1285	8.5136
21	18.8570	17.0112	15.4150	14.0292	12.8212	11.7641	10.8355	10.0168	9.2922	8.6487
22	19.6604	17.6580	15.9369	14.4511	13.1630	12.0416	11.0612	10.2007	9.4424	8.7715
23	20.4558	18.2922	16.4436	14.8568	13.4886	12.3034	11.2722	10.3711	9.5802	8.8832
24	21.2434	18.9139	16.9355	15.2470	13.7986	12.5504	11.4693	10.5288	9.7066	8.9847
25	22.0232	19.5235	17.4131	15.6221	14.0939	12.7834	11.6536	10.6748	9.8226	9.0770
26	22.7952	20.1210	17.8768	15.9828	14.3752	13.0032	11.8258	10.8100	9.9290	9.1609
27	23.5596	20.7069	18.3270	16.3296	14.6430	13.2105	11.9867	10.9352	10.0266	9.2372
28	24.3164	21.2813	18.7641	16.6631	14.8981	13.4062	12.1371	11.0511	10.1161	9.3066
29	25.0658	21.8444	19.1885	16.9837	15.1411	13.5907	12.2777	11.1584	10.1983	9.3696
30	25.8077	22.3965	19.6004	17.2920	15.3725	13.7648	12.4090	11.2578	10.2737	9.4269
31	26.5423	22.9377	20.0004	17.5885	15.5928	13.9291	12.5318	11.3498	10.3428	9.4790
32	27.2696	23.4683	20.3888	17.8736	15.8027	14.0840	12.6466	11.4350	10.4062	9.5264
33	27.9897	23.9886	20.7658	18.1476	16.0025	14.2302	12.7538	11.5139	10.4644	9.5694
34	28.7027	24.4986	21.1318	18.4112	16.1929	14.3681	12.8540	11.5869	10.5178	9.6086
35	29.4086	24.9986	21.4872	18.6646	16.3742	14.4982	12.9477	11.6546	10.5668	9.6442

รูปที่ 4.2.5 รูปเปอร์เซนต์ IRR
ที่มา (http://www.miniwebtool.com/pvifa-calculator/)

ตารางที่ 4.2.35 แสดงการวิเคราะห์รายรับจากค่าโดยสาร(ข้อมูลเมื่อ 2549)

รูปแบบ/กำไรที่ปี	1 ปี	15 ปี	30 ปี
รถประจำทาง	43,044,815	645,672,225	1,291,344,450

4.3 วิเคราะห์ความเหมาะสมด้านสิ่งแวดล้อม

4.3.1 มลพิษทางอากาศ

การวิเคราะห์ผลกระทบมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือในระยะดำเนินการก่อสร้างและระยะเปิดให้บริการ

- ระหว่างการดำเนินการก่อสร้าง

ในระหว่างการก่อสร้างทางยกระดับจะมีสาเหตุที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศมาจากการฝุ่นละอองจากการก่อสร้างงานคอนกรีต ยานพาหนะที่ใช้ขนส่งวัสดุในสถานที่ทำการก่อสร้าง และเครื่องจักรกลหนักที่อยู่กับที่ในบริเวณที่มีการก่อสร้าง โดยการทำงานของ

เครื่องจักรกลเหล่านี้จะก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์และฝุ่นละอองซึ่งเกิดจากการรื้อถอน การขุด การปาดหน้าและการกลบดิน

- ระยะที่เปิดให้บริการ

เมื่อโครงการระบบรางที่ได้ศึกษาเปิดให้บริการจะก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ เช่น ฝุ่นละออง คาร์บอนมอนนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน ซึ่งก๊าซเหล่านี้ยังส่งผลทำให้โลกร้อนอีกด้วย ซึ่งลักษณะโครงสร้างของทางยกระดับนี้จะส่งผลให้มลพิษฟุ้งกระจายได้ง่ายขึ้น

4.4.2 ด้านคุณภาพเสียง

การวิเคราะห์ผลกระทบมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือในระยะดำเนินการก่อสร้างและระยะเปิดให้บริการ

- ระหว่างการดำเนินการก่อสร้าง

การก่อสร้างระบบรางในบริเวณเขตชุมชนจะก่อให้เกิดมลพิษทางเสียง เช่น การขุดเจาะดิน การถม ปรับหน้าดิน การขนส่งวัสดุจากเครื่องจักรกลต่างๆเป็นต้น ซึ่งก่อให้เกิดความรำคาญทางเสียง

- ระยะที่เปิดให้บริการ

เมื่อโครงการระบบรางเปิดให้บริการ จะมีระดับความเร็วเพิ่มขึ้นจากการสัญจรมากกว่าการสัญจรในทางปกติ ซึ่งเกิดจากผู้ขับขี่ใช้ความเร็วในการสัญจรที่สูง จึงก่อให้เกิดมลพิษทางเสียง แต่จะเกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาหนึ่งแนวทางแก้ใช้คือจะทำการวัดคุณภาพเสียงถ้าเกินกว่าที่กำหนดจะทำการติดตั้งกำแพงกันเสียงอีกต่อ

4.3.3 ด้านสั่นสะเทือน

ความสั่นสะเทือนจะเกิดขึ้นในช่วงระยะการดำเนินการก่อสร้างเท่านั่น เนื่องจากมีการทำงานของเครื่องจักรกลในการขุดเจาะดิน การเจาะถนน การวางฐานราก และจะเกิดในระยะเวลาสั้นๆ ส่วนในระยะการให้บริการจะไม่ส่งผลกระทบเนื่องจากโครงสร้างทางยกระดับอยู่บนเสาที่มีฐานเสาเข็มลึก 25 ถึง 30 เมตร น้ำหนักจากการจราจรที่ถ่ายลงมายังเสาในความลึกระดับนี้จะไม่ก่อให้เกิดความสั่นสะเทือนในระดับที่สร้างความเสียหายได้

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลด้านเศรษฐศาสตร์

จากการศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นโครงการขนส่งสาธารณะระบบรางในเขตเทศบาลนครพิษณุโลก ได้ตามตารางดังนี้

ตารางที่ 5.1.1 ตารางเปรียบเทียบโครงการระบบราง

รายการ	รถไฟฟ้ารางเดี่ยวลอยฟ้าร	รถไฟฟ้ารางเดี่ยวใต้ดิน	รถไฟฟ้ารางคู่ลอยฟ้า	รถไฟฟ้ารางคู่ใต้ดิน
1. งบประมาณต่อโครงการลงทุน	12,000 ล้านบาท	42,000 ล้านบาท	24,000 ล้านบาท	42,000 ล้านบาท
2. ปีที่คุ้มทุนของโครงการ	68 ปี	147 ปี	134 ปี	147 ปี
3. ลำดับความน่าลงทุน	1	3	2	4

จากตารางที่ 5.1.1 เมื่อเปรียบเทียบความเป็นไปได้เบื้องต้นของโครงการสาธารณะระบบรางในเขตเทศบาลนครพิษณุโลก โครงการที่น่าลงทุนมากที่สุดตามลำดับดังนี้ คือ 1.รถไฟฟ้ารางเดี่ยวใต้ดิน 2.รถไฟฟ้ารางคู่ลอยฟ้า 3.รถไฟฟ้ารางเดี่ยวใต้ดิน 4.รถไฟฟ้ารางคู่ใต้ดิน เหมาะสมทั้งทางด้านปัจจัยที่เลือกใช้ในการเดินทางทั้งเวลาในการเดินทาง ด้านความปลอดภัยต่อการเดินทาง แต่เนื่องจากปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์ ไม่น่าลงทุนเพราะมีการลงทุนต่อโครงการสูงมาก และระยะเวลาในการคืนทุนนาน

สรุปได้ว่าความเป็นไปได้เบื้องต้นของโครงการสาธารณะระบบรางในเขตเทศบาลนครพิษณุโลก ไม่สามารถเป็นไปได้ในระยะเวลาต่อโครงการที่ 30 ปี

5.2 สรุปผลด้านสิ่งแวดล้อม

จากผลการศึกษาพบว่าถ้ามีการก่อสร้างระบบขนส่งสาธารณะระบบรางตามโครงการนี้จริงจะส่งผลกระทบในเรื่องของมลพิษทางเสียงและมลพิษทางอากาศ ทั้งนี้ในการก่อดำเนินการสร้างก่อโครงการดังกล่าวจริงต้องมีการศึกษาผลกระทบอย่างละเอียดและถี่ถ้วน ว่าผลประโยชน์ที่ได้จากโครงการและผลกระทบที่เกิดขึ้น มันคุ้มค่ากับสิ่งที่สูญเสียไปหรือไม่ และต้องมีแนวทางแก้ไขเพื่อรองรับกับสภาพปัญหาที่จะเกิดตามมาด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นของโครงการสาธารณะระบบรางในเขตเทศบาลนครพิษณุโลก มีข้อจำกัดด้านเวลา จึงได้นำข้อมูลเก่ามาวิเคราะห์และประมาณราคาจากการค้นคว้าหาข้อมูลในอินเตอร์เน็ต แต่ถ้าจะให้โครงงานนี้มีความน่าเชื่อถือควรที่จะมีการลงพื้นที่สำรวจเก็บข้อมูลด้วยตัวเอง เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ผลได้ระเอียดกว่าที่ได้ศึกษา

เอกสารอ้างอิง

บุญเทพ นาเนกรังสรรค์. (2552). **วิศวกรรมฐานรากและการก่อสร้างอุโมงค์**

สมประสงค์ สัตยมัลสี. (2545). **ปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบต่อการเรียกรูปแบบการเดินทาง**

วัฒนวงศ์ รัตนวราห. (2545). **หลักเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมขนส่ง**

ศูนย์วิจัยจราจร มหาวิทยาลัยนเรศวร. (2550). **ข้อมูลการจราจร**