**แบบเสนอแผนบูรณาการ (Integrated research program)**

**ประกอบการเสนอของบประมาณแผนบูรณาการพัฒนาศักยภาพ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิจัยและนวัตกรรม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562**

------------------------------------

**ชื่อแผนบูรณาการ (ภาษาไทย)** โลจิสติกส์และโซ่อุปทาน สำหรับพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน สู่ความยั่งยืน

**(ภาษาอังกฤษ)** Logistics and Supply Chain for Infrastructure Development to Sustainable

##### ส่วน ก : ลักษณะแผนบูรณาการ

ปีเดียว

 ต่อเนื่อง

ระยะเวลา ....... ปี………เดือน (ไม่เกิน 5 ปี) เริ่มต้น ปี พ.ศ. ……… - ปี พ.ศ. ………..

**เป้าหมายแผนบูรณาการ**

**1. ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี**

**ยุทธศาสตร์**  ยุทธศาสตร์ที่ 2 : ด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน

**เป้าประสงค์** 2.3 การพัฒนาปัจจัยสนับสนุนและการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน

**2. ยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ**

**ยุทธศาสตร์** ยุทธศาสตร์การวิจัยที่ 7 : การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและระบบโลจิสติกส์

**เป้าประสงค์** -ไม่ต้องระบุ-

**3. ยุทธศาสตร์วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ 20 ปี**

**ยุทธศาสตร์** 1. การวิจัยและนวัตกรรมเพื่อสร้างความมั่งคั่งทางเศรษฐกิจ

**ประเด็นยุทธศาสตร์** 1.3 ระบบโลจิสติกส์ (Logistics)

**แผนงาน** -

**4. ยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติรายประเด็น**

ยุทธศาสตร์การวิจัยรายประเด็นด้านโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน

**5. อุตสาหกรรมและคลัสเตอร์เป้าหมาย**

อุตสาหกรรมการบินและโลจิสติกส์ (Aviation and Logistics)

**6. ยุทธศาสตร์ของหน่วยงาน**

ประเด็นยุทธศาสตร์ที่ 2 เร่งรัดการสร้างสรรค์นวัตกรรม (การจัดการศึกษา วิจัย บริการวิชาการ ศิลปวัฒนธรรม)

**การเสนอแผนบูรณาการหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของแผนนี้ต่อแหล่งทุนอื่น หรือเป็นการวิจัยต่อยอดจากโครงการวิจัยอื่น**  มี  ไม่มี

หน่วยงาน/สถาบันที่ยื่น .............................................................................................................................

ชื่อโครงการ .............................................................................................................................

ระบุความแตกต่างจากโครงการนี้

....................................................................................................................................................................................

..................................................................................................................................................................................

**ส่วน ข : องค์ประกอบในการจัดทำแผนบูรณาการ**

**1. หน่วยงานเจ้าภาพบูรณาการ**  มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

**ผู้อำนวยการแผนบูรณาการ** ดร.จารุพงษ์ บรรเทา

**ที่อยู่** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน 744 ถ.สุรนารายณ์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.นครราชสีมา

**เบอร์โทร**  089-846-6250  **อีเมล** b.jarupong@gmail.com

**2. การวิจัยต่อยอดจากโครงการวิจัยอื่น**

**โครงการวิจัยที่สำเร็จแล้วนำมาต่อยอดในแผนบูรณาการ**

| **ลำดับที่** | **ชื่อโครงการ** | **หัวหน้าโครงการ** | **หน่วยงาน** |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

**3. คำสำคัญ (keyword)**

**คำสำคัญ (TH)** โซ่อุปทาน โลจิสติกส์ โครงสร้างพื้นฐาน ระบบราง

**คำสำคัญ (EN)** Supply Chain, Logistics, Infrastructure, Railway System

**4. ความสำคัญและที่มาของปัญหา**

การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและระบบโลจิสติกส์ของประเทศอย่างมีประสิทธิภาพเป็นปัจจัยสําคัญต่อการสร้าง ขีดความสามารถในการแข่งขัน เพิ่มศักยภาพการขยายตัวทางเศรษฐกิจและการเตรียมความพร้อมทางด้านเศรษฐกิจและสังคม ให้มีความเข้มแข็ง เอื้ออํานวยต่อการบรรลุวัตถุประสงค์การพัฒนาในทุกๆ ด้านของประเทศ ทั้งนี้จากการดําเนินการจัดอันดับ ความสามารถในการแข่งขันของแต่ละประเทศของสถาบันนานาชาติ The World Economic Forum (WEF) ทั้งในภาพรวมและ รายปัจจัยตัวชี้วัดของการพัฒนาโดยมีระบบโครงสร้างพื้นฐานและโลจิสติกส์เป็นหนึ่งในปัจจัยตัวชี้วัดดังกล่าว ในปี 2560 WEF ได้จัดอันดับความสามารถในการแข่งขันในภาพรวมของประเทศไทยเป็นอันดับที่ 34 จาก 138 ประเทศ ลดลงจากอันดับที่ 32 ในปี 2559 ขณะที่อันดับคุณภาพด้านโครงสร้างพื้นฐานลดลงจากอันดับที่ 44 มาเป็นอันดับที่ 49 ในปี 2560 ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้าง พื้นฐานของประเทศไทยยังมีปัญหาเชิงปริมาณและคุณภาพ รวมทั้งขาดการบริหารจัดการการให้บริการที่สอดคล้องกับมาตรฐานสากล ดังนั้น ทิศทางการขับเคลื่อนการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของประเทศในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 จะมุ่งเน้นการขยายขีดความสามารถและพัฒนาคุณภาพการให้บริการ เพื่อรองรับการขยายตัวของเมืองและพื้นที่เศรษฐกิจหลัก สนับสนุนให้เกิดความเชื่อมโยงกับอนุภูมิภาคและภูมิภาคอย่างเป็นระบบ ส่งเสริมการพัฒนาคุณภาพชีวิตของทุกกลุ่มในสังคม สร้างความเป็นธรรมในการเข้าถึงบริการพื้นฐาน และพัฒนาระบบการบริหารจัดการและการกำกับดูแลให้สอดคล้องกับมาตรฐานสากล เพื่อยกระดับประเทศไทยสู่อนาคตการเป็นประเทศที่มีรายได้สูง (High Income Country) สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) พร้อมสนับสนุนการปรับโครงสร้างประเทศไทยไปสู่ประเทศไทย 4.0

ปัจจุบันถนนเปรียบเสมือนปัจจัยสำคัญในการ ดำเนินชีวิตและประกอบอาชีพของคนไทย กิจกรรมตั้งแต่ การสัญจรในชีวิตประจำวันไปจนถึงระบบโลจิสติกส์ขนาดใหญ่ ล้วนพึ่งพาการขนส่งทางถนนในสัดส่วนที่สูงกว่ารูปแบบอื่น อย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่การขนส่งในรูปแบบอื่นๆ และ ความเชื่อมโยงระหว่างแต่ละรูปแบบ ยังไม่ได้รับการพัฒนา ที่เหมาะสม ส่งผลให้เกิดปัญหาในด้านต่างๆ ตามมา เช่น ต้นทุน การขนส่งสินค้าที่สูงถึงร้อยละ 7.5 ของ GDP ปัญหาการจราจรและความสูญเสียจากอุบัติเหตุทางถนน เป็นต้น ดังนั้น การพัฒนา ระบบขนส่งของประเทศภายใต้แผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 12 จึงมุ่งพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อ วางรากฐานอนาคตประเทศเพื่อเพิ่มสัดส่วนการขนส่งทางราง การพัฒนาด้านขนส่งรายงานต้นทุนโลจิสติกส์ของประเทศไทย ประจำปี 2558 ของ สศช. และทางน้ำ ยกระดับระบบขนส่งสาธารณะในเขตเมือง เพิ่มขีดความสามารถการขนส่งทางอากาศ รวมไปถึงพัฒนาอุตสาหกรรม ต่อเนื่องที่เกิดจากการลงทุนโครงสร้างพื้นฐาน เพื่อสร้างโอกาสทางเศรษฐกิจและพัฒนาขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ โดยมีเป้าหมายว่าภายในปี 2564 ประเทศไทยจะมี (1) ต้นทุนค่าขนส่งสินค้าต่ำกว่าร้อยละ 7 ของ GDP (2) สัดส่วนการขนส่ง สินค้าทางรางและทางน้ำต่อการขนส่งสินค้าทั้งหมดภายในประเทศ สูงขึ้นจากร้อยละ 1.4 เป็นร้อยละ 4 และจากร้อยละ 12 เป็นร้อยละ 15 ตามลำดับ (3) สัดส่วนผู้ใช้งานระบบขนส่งสาธารณะต่อปริมาณการเดินทางในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล สูงขึ้น จากร้อยละ 5 เป็นร้อยละ 30 และ (4) ความสามารถในการรองรับผู้โดยสารของท่าอากาศยานในกรุงเทพฯ และในภูมิภาค เพิ่มขึ้นเป็น 120 ล้านคนต่อปี และ 55 ล้านคนต่อปีตามลำดับ (เอกสารประกอบการประชุมประจำปี 2560 ของ สศช.)

จากความสำคัญและปัญหาของระบบโลจิสติกส์ของประเทศดังที่กล่าวมา จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ภาครัฐควรให้การสนับสนุนและส่งเสริมให้มีการพัฒนาองค์ความรู้ด้านโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน เพื่อการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานทั้งในภาคอุตสาหกรรม ภาคการขนส่งสินค้า ภาคการบริการด้านสุขภาพ รวมถึงภาคธุรกิจและการท่องเที่ยว ซึ่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน เป็นมหาวิทยาลัยที่มีความพร้อมในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับโลจิสติกส์ ทั้งบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถเฉพาะด้าน และนักศึกษาในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องจำนวนมาก จึงมีความพร้อมในการพัฒนาองค์ความรู้ต่างๆด้านโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานสู่ความยั่งยืนต่อไป

**5. วัตถุประสงค์หลักของแผนบูรณาการ**

5.1.เพื่อประยุกต์ใช้องค์ความรู้ด้านโลจิสติกส์และโซ่อุปทานสู่การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน

5.2.เพื่อบรูณาการองค์ความรู้ด้านโลจิสติกส์และโซ่อุปทานสู่การพัฒนาภาคอุตสาหกรรม ภาคการขนส่งสินค้า ภาคการบริการด้านสุขภาพ และภาคธุรกิจและการท่องเที่ยว ที่ยั่งยืน

5.3.เพื่อสร้างแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับโครงสร้างพื้นฐานและระบบโลจิสติกส์

5.4 เพื่อสร้างนวัตกรรมการจัดการและระบบสารสนเทศด้านโลจิสติกส์ สู่ยุค Thailand 4.0

5.5 เพื่อพัฒนาองค์ความรู้ และเตรียมความพร้อมบุคลากรด้านระบบขนส่งทางราง

**6. ทฤษฎี สมมุติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวคิดของแผนบูรณาการ**

**6.1 โลจิสติกส์และโซ่อุปทาน (Logistics and Supply Chain)**

การขนส่งสินค้า วัสดุ และวัตถุดิบต่างๆ ระหว่างผู้ผลิตและผู้บริโภค เป็นหนึ่งในขั้นตอนสำคัญของกระบวนการผลิตสินค้า ต้นทุนที่เกิดขึ้นในขั้นตอนดังกล่าวจึงมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อการกำหนดราคาของสินค้าอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ การขนส่งและกระจายสินค้าที่มีประสิทธิภาพ จะมีส่วนสำคัญที่ช่วยลดต้นทุนการผลิตและราคาสินค้า ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อผู้บริโภค เศรษฐกิจของชุมชนและของประเทศ การเข้าใจถึงหลักการของการขนส่งและกระจายสินค้าจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับผู้ศึกษาด้านวิศวกรรมขนส่ง เนื่องจากเรื่องดังกล่าวเป็นกิจกรรมด้านขนส่งที่นับวันจะมีภาวะการแข่งขันที่สูงขึ้น ทั้งนี้เพื่อพยายามที่จะลดต้นทุนการผลิต อันจะนำมาซึ่งความได้เปรียบคู่แข่งขันในเชิงธุรกิจ โดยหลักการที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่กล่าวไปทั้งหมดนั้น จะเกี่ยวข้องกับหลักการของโลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทาน (Logistics and supply chain)

6.1.1 ความหมายและความสำคัญของโลจิสติกส์

โลจิสติกส์(Logistics) คือ การดำเนินงานที่รวบรวมกิจกรรมที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการจัดหาการเคลื่อนย้าย การจัดเก็บและการจัดส่งสถานะทั้งหมดของสินค้าที่ทำการผลิต โดยมีการบริการและการบริหารข้อมูลเป็นปัจจัยสนับสนุนที่ช่วยทำให้การดำเนินงานต่างๆ ดังกล่าว สามารถบรรลุเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ (วิทยา สุหฤทดำรง, 2546) ขณะเดียวกัน โลจิสติกส์ อาจหมายถึงกระบวนการวางแผน ดำเนินงานควบคุมการไหลและการจัดเก็บวัตถุดิบ สินค้ากึ่งสำเร็จรูป และสินค้า พร้อมกับข้อมูลตั้งแต่จุดผลิตถึงผู้บริโภค ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและเสียค่าใช้จ่ายต่ำสุด โดยมีจุดมุ่งหมายคือการปรับปรุงการบริการลูกค้าให้มีความพึงพอใจสูงสุด (กฤษดา วิศวธีรานนท์ และกุลพงษ์ ยูนิพันธ์, 2548) ทั้งนี้ องค์ประกอบที่ลอจิสติกส์เข้าไปมีบทบาทนั้น เริ่มต้นจากผู้จัดส่งวัตถุดิบ (Suppliers) ไปสู่กระบวนการผลิต (Manufacturing) ส่งไปถึงผู้กระจายสินค้าและผู้ขาย (Distribution and Sales) และไปสิ้นสุดปลายทางที่ลูกค้า (Customers) ซึ่งกระบวนการเคลื่อนย้ายดังกล่าวจะก่อให้เกิดมูลค่าที่เพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์ (Added values) (วิทยา สุหฤทดำรง,2546)

6.1.2 การออกแบบการถ่ายเทวัสดุ (Actual material-flow design)

เป็นขั้นตอนที่ผู้ออกแบบระบบโลจิสติกส์ต้องใช้ความรู้และทฤษฎีต่างๆ ทางวิศวกรรมเข้ามาช่วยมากที่สุดโดยพิจารณาถึงอุปสงค์ด้านปริมาณ สถานที่ ความแปรปรวน และข้อจำกัดที่มีอยู่และทำการออกแบบขนาด ตำแหน่งที่ตั้ง ทรัพยากรของอุปทาน อาทิ โรงงานอุตสาหกรรมคลังสินค้า เป็นต้น รวมทั้งออกแบบระบบการขนส่งวัสดุด้วย หมายถึงเส้นทาง ชนิดของพาหนะปริมาณแต่ละเที่ยว จุดพักสินค้า เป็นต้น ให้สามารถตอบสนองอุปสงค์ได้ด้วยต้นทุนที่ต่ำที่สุด ในการออกแบบนี้ต้องออกแบบด้วยหลักทฤษฎีที่อยู่ในกลุ่มการวิจัยดำเนินงาน (Operation research)

6.1.3 การจัดการระบบโลจิสติกส์(Logistics system management)

ขั้นตอนนี้ เป็ นการจัดการงานด้านต่างๆ ที่เป็ นกิจกรรมในระบบโลจิสติกส์ เพื่อให้การดำเนินงานจริงเป็นไปตามที่ออกแบบไว้แต่ต้น ซึ่งการจัดการงานด้านต่างๆ เหล่านี้ ต้องใช้ความรู้ด้านวิศวกรรมและการจัดการผสมผสานกัน ไม่ว่าจะเป็ น การจัดตารางการขนส่ง การจัดการคลังสินค้าและระบบควบคุมวัสดุคงคลัง การจัดการคำสั่งซื้อ การจัดหาวัตถุดิบ การคัดเลือกและประเมินผู้ขาย การวางแผนความต้องการวัสดุ การบรรจุหีบห่อ การบริหารงานบุคคล และค่าจ้างเป็นต้น

6.1.4 การจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ (Information technology management)

การจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศมีเป้าหมายหลัก 2 ประการ คือ

• จัดให้มีสารสนเทศในรูปแบบที่ต้องการ ในสถานที่และเวลาที่ต้องการและมีความสม่ำเสมอ เป็นการประสานระหว่างการจัดหาสารสนเทศให้ตรงกับความต้องการใช้

• จัดการให้สารสนเทศมีความถูกต้อง เชื่อถือได้ ไม่ล้าสมัย และไม่ผิดพลาด เครื่องมือ ต่างๆที่ถูกนำมาใช้เพื่อการจัดการสารสนเทศให้ได้ตามเป้ าหมายหลักดังกล่าว เช่น Enterprise Resource Planning (ERP), Electronic Data Interchange (EDI), E-commerce เป็นต้น

การจัดการโลจิสติกส์จะมีความยุ่งยากมากขึ้นเมื่อความต้องการขนส่งสินค้าของผู้ประกอบการแต่ละรายนั้นไม่เหมือนกัน ซึ่งจะทำให้เกิดความผันแปรด้านปริมาณและเวลาของความต้องการในการขนส่ง ประกอบกับความผันแปรในกระบวนการจัดหาวัตถุดิบ การผลิต และการจัดจำหน่าย ทำให้ลอจิสติกส์อาจถูกพิจารณาเป็นระบบ Dynamic ด้วยเหตุนี้ การออกแบบระบบการจัดการและการแก้ปัญหาต่างๆในระบบโลจิสติกส์ จึงต้องมีเครื่องมือทางวิศวกรรมที่ต้องนำมาใช้ออกแบบและแก้ปัญหาทั้งที่เป็นแบบ Static และแบบ Dynamic เพื่อบรรลุวัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ 3 ประการ ซึ่งได้แก่ การลดต้นทุนการดำเนินงาน การลดขนาดเงินลงทุนทรัพยากร และการเพิ่มระดับการให้บริการลูกค้า

6.1.5 การจัดการห่วงโซ่อุปทาน

การจัดการห่วงโซ่อุปทาน (Supply chain management) คือ การผสมผสานกระบวนการทางธุรกิจจากผู้จัดส่งวัตถุดิบ ผ่านกระบวนการผลิตหรืออุตสาหกรรมการผลิต จนไปสู่ผู้บริโภคโดยในกระบวนการเหล่านั้นจะมีการส่งผ่านผลิตภัณฑ์และข้อมูลสารสนเทศควบคู่กันไป อันเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์นั้นๆ ก่อนที่จะถูกนำเสนอสู่ผู้บริโภค จะเห็นได้ว่า ขอบข่ายของระบบการจัดการห่วงโซ่อุปทานนั้น จะครอบคลุมทั้งระบบอุตสาหกรรมซึ่งกว้างกว่าการพิจารณาเฉพาะภายในองค์กรดังที่กล่าวถึงในระบบโลจิสติกส์(วิทยา สุหฤทดำรง, 2546)

ขนาดของการบริหารห่วงโซ่อุปทานจะขึ้นอยู่กับขอบเขตการดำเนินงานและการบริหารกระบวนการผลิต ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าลอจิสติกส์และการจัดการห่วงโซ่อุปทานนั้นจะเป็นสิ่งที่เกิดควบคู่กันไปเสมอ แต่ขอบข่ายในการกำหนดแผนงานของลอจิสติกส์และการจัดการห่วงโซ่อุปทานจะมีความแตกต่างกัน แต่จะมีลักษณะที่เกื้อหนุนกัน โดย การจัดการห่วงโซ่อุปทานนั้น จะมุ่งเน้นการจัดการและการวางแผนในภาพรวมที่กว้างกว่าระบบลอจิสติกส์ ขณะที่ระบบลอจิสติกส์ จะมุ่งเน้นการจัดการในระดับแผนปฏิบัติการ ความต่างที่สำคัญอีกประการหนึ่งระหว่างระบบลอจิสติกส์และการจัดการห่วงโซ่อุปทานก็คือ ระบบลอจิสติกส์นั้นจะเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายวัตถุดิบ สินค้า หรือผลิตภัณฑ์ระหว่างหน่วยต่างๆ ภายในองค์กรเดียวกัน แต่เมื่อต้องทำการส่งวัตถุดิบ สินค้า หรือผลิตภัณฑ์ดังกล่าวข้ามองค์กรในลักษณะที่มีการเปลี่ยนสภาพความเป็นเจ้าของและมีระเบียบขั้นตอนการดำเนินงานที่แตกต่างไปจากองค์กรที่เป็นต้นทางของการเปลี่ยนถ่าย เราจะพิจารณาการเคลื่อนย้ายดังกล่าวนี้เป็นระบบการจัดการห่วงโซ่อุปทานทันที ทั้งนี้ ปัญหาของการจัดการห่วงโซ่อุปทาน มักเกิดขึ้นในขั้นตอนการเปลี่ยนถ่ายวัตถุดิบ สินค้า หรือผลิตภัณฑ์ระหว่างองค์กรนั่นเอง โดยในขั้นตอนดังกล่าว จะต้องมีการตกลงเงื่อนไขบางประการระหว่างองค์กรในรูปของข้อตกลงร่วมกันในรูปของสัญญาเชิงธุรกิจ ประการหนึ่งเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกันในเรื่องของการถ่ายโอนความเป็ นเจ้าของวัตถุดิบ สินค้า หรือผลิตภัณฑ์ อีกประการหนึ่ง เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างราบรื่นและเกิดปัญหาน้อยที่สุดระหว่างองค์กร (กฤษดา วิศวธีรานนท์ และกุลพงษ์ ยูนิพันธ์, 2548; วิทยา สุหฤทดำรง, 2546)

**6.2 การจัดเส้นทางการขนส่ง (Vehicle Routing Problem)**

ปัญหา VRP เป็นปัญหาที่มีลักษณะ การมอบหมายงานให้ศูนย์กระจายสินค้าส่งให้กับลูกค้านั้นจะทาการส่งตรงจากศูนย์กระจายสินค้าสู่ลูกค้าเรียกการส่งสินค้าแบบนี้ว่าการส่งสินค้าตรงให้ลูกค้า (direct shipping) ลักษณะการส่งสินค้าแบบนี้จะเหมาะสมหรับลูกค้าที่มีความต้องการปริมาณมาก ๆ หากขนทีละน้อยจะเกิดที่ว่างบนรถแต่ต้องกลับมารับของที่ศูนย์กระจายสินค้าใหม่แล้วไปส่งลูกค้ารายอื่นๆ ทาแบบนี้ไปเรื่อยๆ เรียกว่าการส่งตรงให้ลูกค้า แต่ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งอาจจะมองว่าเป็นการต่อยอดมาจากการหาทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมเมื่อจัดงานและมอบหมายลูกค้าเรียบร้อยมาพิจารณาจัดเส้นทางที่เหมาะสมตามศักยภาพของรถอีกครั้งหนึ่งว่าควรจะขนสินค้าขึ้นรถจานวนเท่าไหร่ รถคันนั้นจะไปส่งสินค้าให้กับลูกค้าใดบ้างใช้เส้นทางใด

ปัญหา VRP ได้รับความสนใจอย่างมากในช่วง 3-4 ทศวรรษที่ผ่านมา โดย VRP มักจะมีบทบาทสำคัญในการออกแบบระบบการกระจายสินค้า โดยทั่วไป VRP จะเกี่ยวข้องกับการหาเส้นทางขนส่งสินค้าของยานพาหนะที่มีการให้บริการของลูกค้าเพื่อให้มีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ (Vehicle Routing Problem; VRP) ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ (Vehicle Routing Problem; VRP) จากการศึกษาทฤษฎีและทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย ทั้งในและต่างประเทศ และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ณกร กล่าวไว้ว่าปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถเป็นปัญหาการตัดสินใจที่มีความซับซ้อนในระดับเอ็นพีฮาร์ด (NP Hard Problem) การหาผลเฉลยที่เหมาะสมด้วยวิธีแม่นตรง (Exact Method) จึงกระทำได้ยากโดยเฉพาะเมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ และมีเงื่อนไขเพิ่มมากขึ้น Dantzig and Ramber เป็นนักวิจัยกลุ่มแรกที่ได้พัฒนาวิธีการในการแก้ปัญหาประเภทนี้ราวปี 1959 ซึ่งนับเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาอัลกอริทึมต่างๆ ในการแก้ปัญหามาจนกระทั้ง ถึงปัจจุบัน

ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถมีวิธีการแก้ปัญหาหลากหลาย ซึ่ง ธรินี ได้แบ่งวิธีการแก้ปัญหาเป็น 3 กลุ่ม คือ วิธีการแม่นตรง ฮิวริสติกส์ และ เมตะฮิวริสติกส์ บรรดาผู้วิจัยได้นำวิธีการจากทั้ง 3 กลุ่มนี้ไปใช้ต่อยอดแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถในรูปแบบต่างๆ กันอาทิเช่น Zanakis and Evans ได้แนะนำให้ใช้วิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติกส์ในการหาคำตอบแทนวิธีหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด สำหรับปัญหาที่มีความซับซ้อนในทางปฏิบัติ และต้องการหาคำตอบให้ได้ในเวลาที่รวดเร็ว Laporte และคณะ ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการในแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ โดยพบว่าเซฟวิ่งอัลกอริทึมของ Clarke และ Wright เป็นวิธีที่ดีในกลุ่มของฮิวริสติกส์ เนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถหาคำตอบได้เร็ว ไม่ซับซ้อนมากนัก และ เข้าใจได้ง่าย ซึ่ง อัลกอริทึมดังกล่าวสามารถจัดเรียงหรือแทรกลูกค้าเข้ามาในเส้นทางเดิมได้สองรูปแบบคือแบบขนาน (parallel version) และแบบอนุกรม(sequential version)

นอกจากนั้นในงานเกี่ยวข้องกับการขนส่งหรืองานวิจัยที่ได้วิจัยดังต่อไปนี้ เริ่มตั้งแต่โลหิตของผู้บริจาคโลหิตไปจนถึงผู้รับโลหิตขั้นสุดท้าย ในกระบวนการทั้งหมดนี้จะเห็นว่ามีผู้บริจาคโลหิตมีการเจาะเก็บโลหิต มีการแยกส่วนประกอบของโลหิต ตรวจคุณภาพของโลหิต จัดเก็บให้เรียบร้อย และจ่ายโลหิต เมื่อไปถึงโรงพยาบาลแล้ว หากมีผลิตภัณฑ์โลหิตที่เข้ากันได้ จึงจะนำไปให้ผู้ป่วย ซึ่งในห่วงโซ่อุปทานโลหิตนั้นมีความซับซ้อนมาก ในประเทศอังกฤษจะส่งรถออกไปรับบริจาคตามบริษัทหรืออุตสาหกรรม จากนั้นนำกลับมาตรวจสอบที่สภากาชาด ถ้าโลหิตและผลิตภัณฑ์จากโลหิตนั้น มีคุณภาพดีก็จะนำมาเก็บไว้ที่ธนาคารเลือดของศูนย์บริการโลหิตด้วยวิธีเข้าก่อน-ออกก่อน (First In First Out, FIFO) จนกระทั่งมีการร้องขอโลหิต จากโรงพยาบาล จึงนำไปกระจายในการไปส่งนั้นจะมีแบบทำเป็นประจำด้วยวิธีการส่งแบบ Milk Runs และการขาดแคลน ด้านคุณภาพ และด้านการขนส่ง เมื่อแนวโน้มความต้องการโลหิตมีมากขึ้น [14] ทำให้โลหิตเกิดการขาดแคลน จึงทำให้ต้องพัฒนาแบบจำลองต่างๆ เช่น Logistic Regression Model ในการพยากรณ์ผู้ที่เข้ามาบริจาค และใช้เทคโนโลยีต่างๆ เช่น Barcode , RFID เป็นต้น ช่วยในการติดตามข้อมูลและรายงานอุณหภูมิ มีการแจ้งเตือนอัตโนมัติเมื่อมีความผิดปกติของอุณหภูมิเกิดขึ้นที่ถุงโลหิต เพื่อป้องกันการเสื่อมคุณภาพของโลหิตระหว่างการนำไปส่งโรงพยาบาลและการส่งโลหิตผิดชนิดให้กับผู้ป่วย และเมื่อเกิดความขาดแคลนจึงทำให้ต้องมีการจัดหาโลหิตเพิ่มขึ้น และทำการขนส่งมากตามความต้องการไปด้วย ผลที่ตามมาคือทำให้มีค่าใช้จ่ายสูงขึ้น ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายของทรัพยากรในการกระจายโลหิต เช่น รถจากโรงพยาบาล เครือข่ายที่นำมารับโลหิต พนักงานประจำรถที่มารับโลหิต เป็นต้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพทางด้านการขนส่งให้ดีขึ้น

ส่วนปัญหา VRPTW จะมีความซับซ้อนของปัญหามากกว่า VRP โดยวัตถุประสงค์ของ VRPTW โดยทั่วไปคือ การลดจำนวนรถขนส่ง หรือการลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งโดยรวม และมักจะไม่พิจารณาจำนวนรถขนส่งที่มีอยู่อย่างจำกัด ซึ่งในทางปฏิบัติบริษัทส่วนใหญ่จะมีรถขนส่งจำนวนจำกัด จึงไม่สามารถนำ VRPTW มาประยุกต์ใช้ได้โดยตรง การประยุกต์ใช้ประจำจะต้องมีการปรับปรุงตัวแบบให้เหมาะสม ซึ่ง Lau และคณะ ได้คำนึงถึงข้อจำกัดด้านจำนวนรถในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งแบบมีกรอบเวลา แต่ในการศึกษาครั้งนั้นอนุญาตให้ข้อจำกัดเรื่องเวลาเป็นข้อจำกัดที่ยืดหยุ่นได้ (Soft Constraint) กล่าวคือหากไม่สามารถปฏิบัติตามเงื่อนไขของกรอบเวลาได้จะไปเพิ่มโทษ (Penalty) ในสมการเป้าหมายแทน

Sam ได้ประยุกต์รูปแบบปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งแบบมีกรอบเวลาเพื่อลดค่าใช้จ่ายของการขนส่งโดยคำนวณเฉพาะค่าใช้จ่ายจากเวลาเดินทางจากลูกค้าหนึ่งไปยังลูกค้าถัดไปในเที่ยวขนส่งหนึ่งๆ เท่านั้น และแยกเวลารอคอยกับเวลาให้บริการแต่ละลูกค้าเป็นเวลาพบปะลูกค้าโดยไม่ได้นำมาคิดเป็นค่าใช้จ่าย นอกจากนี้ยังยอมให้ส่งสินค้าได้ก่อนและหลังเวลาที่กำหนดได้แต่ไปเพิ่มโทษในสมการเป้าหมายแทน ส่วน Landrieu และคณะ ได้ประยุกต์รูปแบบของ VRPTW เพื่อลดต้นทุนการขนส่งแบบ Pickup และ Deliver Time แต่ไม่ยอมให้รถไปถึงช้ากว่ากรอบเวลาที่กำหนด แต่ถ้ามาถึงก่อนเวลาจะต้องรอจนถึงกรอบเวลาที่สามารถส่งมอบได้ ตัวอย่างของงานวิจัยที่คำนึงถึงกรอบเวลาเป็นข้อจำกัดที่ยืดหยุ่นไม่ได้คือ Tan และคณะ ซึ่งกำหนดระยะเวลาที่รถสามารถวิ่งได้สูงสุดต่อหนึ่งเส้นทางทุกๆ คันเป็นเงื่อนไขเพิ่มเติมจากการที่รถแต่ละคันมีความจุจำกัดเพื่อหาช่วงเวลาที่เหมาะสมที่ทำให้ค่าใช้จ่ายการขนส่งต่ำลง

ส่วนวิจัยที่ใช้วิธีการ Heuristic สำหรับแก้ปัญหา VRPTW นั้น กฤศณภัทร ได้เสนอการจัดเส้นทางแบบพลวัตที่มีจำกัดด้านเวลาและความจุของยานพาหนะ ซึ่งข้อมูลความต้องการการขนส่งจะทยอยเข้ามาในระบบ โดยใช้วิธีการ Heuristic แบบ Insertion และ GRASP ในการหาคำตอบในการจัดเส้นทาง โดยวิธีการ Heuristic จะทำงานวนซ้ำ 3 กระบวนการ คือ กระบวนการจัดเตรียมข้อมูล กระบวนการจัดเส้นทาง และกระบวนการกำหนดเวลาออกของยานพาหนะ ขณะที่ Nag และคณะ ทำการวิจัยการจัดเส้นทางโดยมีการใช้ยานพาหนะหลายขนาดและมีเงื่อนไขของเซตการส่งที่ส่งผลต่อการเลือกใช้ประเภทยานพาหนะ โดยใช้ First-cut algorithm เป็นวิธีการเลือกยานพาหนะที่เหมาะสมก่อน และใช้เทคนิค Sweep เป็นวิธีการในการจัดเส้นทาง และใช้เทคนิค 2-opt เป็นวิธีการในการปรับปรุงเส้นทาง

สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบต่อเนื่อง (Continuous Move) ยศศิริ ได้ศึกษาปัญหา VRPTW โดยพยายามรวมเที่ยวการส่งสินค้าหลายๆ เที่ยวเข้าด้วยกัน เพื่อสามารถบรรทุกได้เต็มคันยานพาหนะ การเดินรถแบบนี้จะมีสถานที่เริ่มต้นและสถานที่ปลายทางหลายแห่ง โดยนำเสนอการพิจารณาความต้องการการขนส่งเป็นรอบการขนส่ง โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการก่อกำเนิดสดมภ์เข้าช่วยในการแก้ปัญหา (Exact Column Generation Based Branch-and-bound Algorithm) และนำเสนอวิธีการ Heuristic เพื่อการสร้างแบบจำลองลดขนาด (Reduced Size Problem) โดยหากผลที่ได้ไม่ใช่ผลเฉลยที่ดีที่สุดก็จะเพิ่มตัวแปรที่สามารถให้ผลเฉลยที่ดีขึ้นได้ และแก้ปัญหาใหม่จนกระทั่งได้ผลเฉลยที่ดีที่สุด นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ได้ประยุกต์ใช้วิธีการ Heuristic ต่างๆ เพื่อแก้ปัญหา VRPTW เช่น อัลกอริทึมเชิงพันธุกรรม (Genetics Algorithm: GA) อัลกอริทึม Simulated Annealing (SA) วิธี Multi-Start Local Search โดย Braysy และคณะ วิธี Branch and Bound โดย Kolen และคณะ และวิธีการ Heuristic อื่นๆ เป็นต้น

นอกจากนั้นในงานเกี่ยวข้องกับการขนส่งหรืองานวิจัยที่ได้วิจัยดังต่อไปนี้ เริ่มตั้งแต่โลหิตของผู้บริจาคโลหิตไปจนถึงผู้รับโลหิตขั้นสุดท้าย ในกระบวนการทั้งหมดนี้จะเห็นว่ามีผู้บริจาคโลหิตมีการเจาะเก็บโลหิต มีการแยกส่วนประกอบของโลหิต ตรวจคุณภาพของโลหิต จัดเก็บให้เรียบร้อย และจ่ายโลหิต เมื่อไปถึงโรงพยาบาลแล้ว หากมีผลิตภัณฑ์โลหิตที่เข้ากันได้ จึงจะนำไปให้ผู้ป่วย ซึ่งในห่วงโซ่อุปทานโลหิตนั้นมีความซับซ้อนมาก ในประเทศอังกฤษจะส่งรถออกไปรับบริจาคตามบริษัทหรืออุตสาหกรรม จากนั้นนำกลับมาตรวจสอบที่สภากาชาด ถ้าโลหิตและผลิตภัณฑ์จากโลหิตนั้น มีคุณภาพดีก็จะนำมาเก็บไว้ที่ธนาคารเลือดของศูนย์บริการโลหิตด้วยวิธีเข้าก่อน-ออกก่อน (First In First Out, FIFO) จนกระทั่งมีการร้องขอโลหิต จากโรงพยาบาล จึงนำไปกระจายในการไปส่งนั้นจะมีแบบทำเป็นประจำด้วยวิธีการส่งแบบ Milk Runs และการขาดแคลน ด้านคุณภาพ และด้านการขนส่งเมื่อแนวโน้มความต้องการโลหิตมีมากขึ้น ทำให้โลหิตเกิดการขาดแคลน จึงทำให้ต้องพัฒนาแบบจำลองต่างๆ เช่น Logistic Regression Model ในการพยากรณ์ผู้ที่เข้ามาบริจาค และใช้เทคโนโลยีต่างๆ เช่น Barcode , RFID เป็นต้น ช่วยในการติดตามข้อมูลและรายงานอุณหภูมิ มีการแจ้งเตือนอัตโนมัติเมื่อมีความผิดปกติของอุณหภูมิเกิดขึ้นที่ถุงโลหิต เพื่อป้องกันการเสื่อมคุณภาพของโลหิตระหว่างการนำไปส่งโรงพยาบาลและการส่งโลหิตผิดชนิดให้กับผู้ป่วย และเมื่อเกิดความขาดแคลนจึงทำให้ต้องมีการจัดหาโลหิตเพิ่มขึ้น และทำการขนส่งมากตามความต้องการไปด้วย ผลที่ตามมาคือทำให้มีค่าใช้จ่ายสูงขึ้น ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายของทรัพยากรในการกระจายโลหิต เช่น รถจากโรงพยาบาล เครือข่ายที่นำมารับโลหิต พนักงานประจำรถที่มารับโลหิต เป็นต้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพทางด้านการขนส่งให้ดีขึ้น

**6.3 ปัญหาการเลือกทำเลที่ตั้ง (Location Problem)**

จันทร์ศิริ สิงห์เถื่อน ได้อธิบายว่า การจัดการด้านโลจิสติกส์เป็นอีกปัจจัยหนึ่งในการดำเนินธุรกิจที่ถูกให้ความสำคัญและได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก การตัดสินใจเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการมีบทบาทโดยตรงต่อการตัดสินใจในด้านการดำเนินงานและด้านโลจิสติกส์ขององค์กรซึ่งจะส่งผลกระทบต่อขีดความสามารถในการให้บริการ ศักยภาพการแข่งขันในระยะยาวและความอยู่รอดขององค์กรปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสม (Facility Location Problem) หรือปัญหา FLP คือการกำหนดจำนวน ขนาด และตำแหน่งที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้า พร้อมทั้งจัดสรรการให้บริการจากศูนย์กระจายสินค้าเหล่านี้ไปยังลูกค้าเพื่อให้ต้นทุนการขนส่ง ระยะทางหรือระยะเวลาในการส่งมอบน้อยที่สุด โดยทั่วไปแล้วปัญหา FLP เกือบทุกประเภทจัดเป็นปัญหาแบบยาก (NP-hard) ดังนั้นการพัฒนาวิธีแก้ปัญหาจึงแบ่งออกเป็นสองรูปแบบ คือ การพัฒนาวิธีฮิวริสติก ซึ่งใช้ระยะเวลาในการคำนวณน้อยกว่า แต่ให้คุณภาพของคำตอบด้อยกว่าวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Exact Algorithm) และ การพัฒนาวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหา FLP ที่มีคุณลักษณะเฉพาะเจาะจง ซึ่งให้คำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution) งานวิจัยส่วนใหญ่เป็นการพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาในรูปแบบแรก มีงานวิจัยจำนวนน้อยมากที่จะพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาในรูปแบบที่สอง เนื่องจากความยากและความซับซ้อนทางคณิตศาสตร์ของปัญหา ทำให้ยังคงมีหัวข้อของงานวิจัยที่น่าสนใจเหลืออยู่มาก อีกทั้งการพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาในรูปแบบแรกต้องมีการตรวจสอบคุณภาพของคำตอบโดยเทียบกับคำตอบของวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดจึงมีความสำคัญที่ควรศึกษาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

ปรุฬห์ มะยะเฉี่ยว ได้อธิบายว่า การแก้ปัญหาการเลือกทำเลที่ตั้งนั้น แบ่งออกได้เป็น 2 แนวทาง คือ การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ และการวิเคราะห์เชิงปริมาณ ซึ่งมีส่วนที่จะต้องพิจารณาถึงปัจจัยที่เกี่ยวกับทรัพยากรการผลิตและปัจจัยที่เกี่ยวกับสภาพแวดล้อมอีกด้วย จึงทำให้การแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งที่เหมาะสมนั้น พบว่ามีทั้งแบบที่เป็นวิธีการแก้ด้วยวิธีที่ได้คำตอบที่ดีที่สุด และวิธีการประมาณค่าแบบฮิวริสติกและเมตาฮิวริสติก พร้อมทั้งการกำหนดตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาที่นำมาประยุกต์ใช้เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดของกระบวนการหาสถานที่ตั้งที่เหมาะสมและแนวโน้มของการแก้ปัญหาผู้วิจัยส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นเพื่อพัฒนาวิธีการแบบฮิวริสติก เนื่องจากใช้หลักการที่ง่ายและใช้เวลาในการคำนวณหาคำตอบสั้นกว่า ปัญหาการเลือกทำเลที่ตั้งนั้น เป็นการเลือกตำแหน่งที่เหมาะสมเพื่อใช้ปลูกสร้าง อาคาร โรงงาน คลังสินค้าไว้ไนที่ใดที่หนึ่งที่ได้กำหนดไว้โดยปัจจัยที่จะทำให้ต้องมีการวางแผนเลือกทำเลที่ตั้งของโรงงานก็มีอยู่หลายประการ อาจแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ ปัจจัยที่เกี่ยวกับทรัพยากรการผลิตและปัจจัยที่เกี่ยวกับสภาพแวดล้อมซึ่งต้องให้ความสำคัญในเรื่องของการขนส่งอีกด้วย โดยจะส่งผลต่อการกำหนดค่าใช้จ่ายในการลงทุน และค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ก็จะส่งผลให้ราคาสินค้าสูงหรือต่ำลงได้ จึงนับได้ว่าการขนส่งถือว่าเป็นปัญหาที่จะต้องพิจารณาระมัดระวังรอบคอบ มีเหตุผล ทั้งนี้เพราะว่าปัจจัยการผลิตต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น วัตถุดิบ คน เครื่องจักร อุปกรณ์และสิ่งที่สนับสนุนการผลิตต่างๆ ที่จะนำไปสู่โรงงานล้วนแต่อาศัยการขนส่งทั้งสิ้น หลังจากนั้นเมื่อโรงงานทำการแปรรูปวัตถุดิบเป็นผลิตภัณฑ์ (Products) แล้วก็ต้องขนส่งสู่ตลาดอีก ปัญหาที่ต้องพิจารณาเรื่องการขนส่งก็ คือ ช่วงระหว่างวัตถุดิบกับโรงงาน และช่วงระหว่างโรงงานกับตลาดหรือแหล่งจำหน่าย ช่วงดังกล่าวสามารถขนส่งได้กี่วิธี ขนส่งอย่างไรจึงจะเป็นไปด้วยความเรียบร้อยและประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่งน้อยที่สุด ดังนั้นการจัดการเส้นทางยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งก็เป็นปัญหาที่สามารถกำหนดต้นทุนในการขนส่งให้ลดลงได้เช่นเดียวกับการเลือกสถานที่ตั้งที่เหมาะสม

**6.4 แนวคิดการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม**

บุญเลิศ จิตตั้งวัฒนา (2548) ได้อธิบายไว้อย่างน่าสนใจว่า แนวคิดของการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมก็เหมือน แนวคิดการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ โดยได้รับการตอบสนองเป็นอย่างดีทั้งภาครัฐและเอกชนใน การตระหนักถึงการท่องเที่ยวที่ไม่ทาลายสิ่งแวดล้อม จึงก่อให้เกิดกระแสเรียกร้องหลัก 3 ประการ ดังต่อไปนี้

1. กระแสความต้องการของชาวโลกให้เกิดจิตสานึกการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมในแหล่งท่องเที่ยวเป็นกระแสความต้องการของประชาชนทั่วโลกให้เกิดการสร้างจิตสานึกในแง่การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมระดับท้องถิ่นจนถึงขอบข่ายกว้างขวางไปทั่วโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การอนุรักษ์ระบบนิเวศเพื่อคงความหลากหลายทางชีวภาพไว้

2. กระแสความต้องการของนักท่องเที่ยวให้เกิดการเรียนรู้ในแหล่งท่องเที่ยว เป็นกระแส ความต้องการที่มีมากขึ้นกลุ่มนักท่องเที่ยวที่ต้องการได้รับความรู้ความเข้าใจเรื่องการท่องเที่ยวมากกว่าความสนุกเพลิดเพลินเพียงอย่างเดียว เพื่อสร้างความพึงพอใจให้แก่นักท่องเที่ยวในรูปแบบ ใหม่

3. กระแสความต้องการของชุมชนท้องถิ่นในการมีส่วนร่วมในการพัฒนาการท่องเที่ยว เป็นกระแสความต้องการของชุมชนท้องถิ่นที่จะมีส่วนร่วมในการพัฒนาการท่องเที่ยวเพื่อเป็น หลักประกันให้การพัฒนาการท่องเที่ยวเป็นไปในทิศทางที่ถูกต้อง และชุมชนท้องถิ่นยอมรับใน ผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจที่จะได้รับ เพื่อให้เกิดการกระจายรายได้ที่เหมาะสม

จากกระแสดังกล่าวก่อให้เกิดการตื่นตัวในการพัฒนาการท่องเที่ยวทางเลือกใหม่ขึ้น เพื่อ มาทดแทนหรือแข่งขันกับการท่องเที่ยวแบบประเพณีนิยม จึงเป็นสาเหตุสาคัญให้เกิดการประชุม นานาชาติด้านสิ่งแวดล้อมและการพัฒนาอย่างยั่งยืนขึ้น ณ มืองแวนคูเวอร์ ประเทศแคนานดา เมื่อเดือน มีนาคม ปี ค.ศ. 1990 (พ.ศ. 2535) จากผลของการประชุมครั้งนี้ได้ให้ความหมายของ การพัฒนาการท่องเที่ยวแบบยั่งยืนไว้ว่า เป็นการพัฒนาที่สามารถตอบสนองความต้องการของ นักท่องเที่ยวและเจ้าของท้องถิ่น ในขณะเดียวกันก็ปกป้องและสงวนรักษาโอกาสต่างๆ ของอนุชน รุ่นหลัง ซึ่งความหมายรวมถึงการจัดการทรัพยากรเพื่อสนองความจาเป็นทางเศรษฐกิจ สังคม และ สุนทรียภาพ พร้อมกับรักษาเอกลักษณ์ทางวัฒนธรรม และระบบนิเวศได้ด้วย จากหมายดังกล่าว สามารถนามาแปลเป็นหลักการเบื้องต้น และสร้างกรอบนโยบายแลแนวทางปฎิบัติของการ ท่องเที่ยวแบบยั่งยืน จึงทาให้ประเทศต่างคิดหารูปแบบการท่องเที่ยวใหม่ เพื่อไปสู่การพัฒนา การท่องเที่ยวแบบยั่งยืน เป็นเหตุให้มีการประชุม Earth Summit ขึ้นที่กรุงริโอเดอจาเนโร ประเทศ บราซิล เมื่อวันที่ 14 มิถุนายน ค.ศ. 1992 (พ.ศ. 2535) ในที่ประชุมมุ่งเน้นความสนใจทั่วโลกสู่ ประเด็นเรื่องการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม และสรุปบทเรียนเกี่ยวกับการพัฒนาการท่องเที่ยวที่ผ่านมา เพื่อมุ่งสู่การพัฒนาการท่องเที่ยวแบบยั่งยืนและได้มีการลงนาม อันเป็นที่เกิดแนวคิดของ การท่องเที่ยวเชิงนิเวศและเชิงวัฒนธรรม

**6.5 แนวคิดสินค้าและบริการการท่องเที่ยว**

Durovich (2001) ได้กล่าวถึงการตลาดอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวแตกต่างจากการตลาดสินค้าอุตสาหกรรมทั้งนี้เพราะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีตัวตน ผู้บริโภคไม่ได้สัมผัสสินค้าก่อนตัดสินใจซื้อ เป็นผลิตภัณฑ์ที่แบ่งแยกไม่ได้ การผลิตและการบริโภคเกิดขึ้นในเวลาเดียวกันและเป็นผลิตภัณฑ์ที่สูญเสียได้ ดังนั้นการตลาดของอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ปัจจัยที่ต้องนำมาพิจารณาในการพัฒนาการตลาดอย่างหนึ่งคือความก้าวหน้าของเทคโนโลยี การสื่อสารต่างๆ ซึ่งสามารถทำได้อย่างรวดเร็ว และเข้าถึงประชากรอย่างแพร่หลาย จะมีส่วนสนับสนุนให้ประชากรเกิดความสนใจในการเดินทางท่องเที่ยวมากขึ้นทำให้ประชากรมีความสามารถในการเดินทางได้มากยิ่งขึ้น

Gayane Tovmasyan (2016) ได้ให้ความหมายการตลาดการท่องเที่ยวว่า ประกอบด้วย 5 ประการคือ 1) การกำหนดความต้องการของสินค้า และบริการ 2) กำหนดขั้นตอนเพื่อตอบสนองความต้องการนั้นๆ 3) กำหนดราคาตามอัตราการแข่งขันของตลาดและกำไรที่ต้องการจะได้ 4) คัดเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุดเพื่อการสื่อสารข้อมูลที่เกี่ยวกับการท่องเที่ยวไปสู่นักท่องเที่ยวกลุ่มเป้าหมาย 5) การขายการท่องเที่ยว

นภดล นพรัตน์ (2551) ได้กล่าวถึงการตลาดอุตสาหกรรมท่องเที่ยวในปัจจุบันว่ามีการใช้การสื่อสารการตลาดแบบครบวงจร IMC (Integrated Marketing Communication) เป็นเครื่องมือทีนิยมใช้กันมากเพื่อหวังผลให้สินค้า และข่าวสารการเสนอขายได้รับความสนใจ สร้างแรงจูงใจให้กลุ่มลูกค้าเป้าหมายสามารถตัดสินใจซื้อสินค้าได้อย่างรวดเร็ว และมากที่สุด การสื่อสารการตลาดแบบครบวงจรหมายถึง การเลือกเครื่องมือสื่อสารที่เหมาะสมกับสินค้า หรือบริการมากกว่า 1 ประเภท มาใช้ผสมผสานอย่างต่อเนื่องเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด ประกอบด้วย การส่งเสริมการขายโดยบุคคล การประชาสัมพันธ์ การตลาดตรง การตลาดเชิงกิจกรรม การโฆษณา การจัดแสดงสินค้า การอบรม การออกแบบบรรจุภัณฑ์ การบอกเล่าปากต่อปาก การตลาดท่องเที่ยวมีการเปลี่ยนแปลงและแนวโน้มการส่งเสริมการท่องเที่ยวหลักของภาครัฐจำเป็นต้องศึกษาลักษณะของกลุ่มลูกค้าเป้าหมาย อาทิ กลุ่มนักท่องเที่ยวที่มีอายุน้อยลง เป็นผู้เดินทางหนุ่มสาวมากขึ้น นักธุรกิจสตรีเป็นกลุ่มนักเดินทางรุ่นใหม่ที่มีความต้องการเฉพาะ นักท่องเที่ยวที่รักสุขภาพ เป็นต้น ช่องการการจัดจำหน่ายสมัยใหม่จำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีสารสนเทศมากขึ้น การติดต่อสื่อสารผ่านจดหมายอิเลคโทรนิค (e-mail) ระบบการตลาดอินเตอร์เน็ต (internet marketing) จะเป็นความจำเป็นที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับพฤติกรรมของนักเดินทางที่เปลี่ยนไป เครื่องมือสื่อสารและเอกสารโฆษณาและแผ่นพับจะเป็นระบบ Digital brochure สภาพเหมือนจริง (virtual) ส่งตรงถึงลูกค้าผ่านระบบอินเตอร์เน็ต ซึ่งลูกค้าสามารถเปิดดูข้อมูลและรายละเอียดผ่านคอมพิวเตอร์ที่ไหนก็ได้ เวลาใดก็ได้ที่ลูกค้าต้องการ

**6.6 ระบบขนส่งทางราง**

Transport of London ได้ให้คำนิยาม “Connectivity” เป็นคำที่ใช้อธิบายถึงความสามารถในการเชื่อมต่อระหว่างสถานที่โดยการใช้ระบบขนส่ง บางครั้งใช้คำว่า “Accessibility” แทน หากทำการพิจารณาถึงการประเมินความสามารถในการเชื่อมต่อไปยังสถานที่หนึ่งแล้วจะคำนึงถึงคุณภาพการเชื่อมต่อของการขนส่งเข้าไปด้วยและควรจะคำนึงถึงประเภทการขนส่งอื่นๆ ด้วย TfL ใช้การประเมินการเชื่อมต่อในวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน เช่น การจำเพาะเจาะจงสถานที่ที่ได้ประโยชน์จากการพัฒนาขนส่ง ผลกระทบในงานการวางแผนเส้นทางใหม่หรือสถานีใหม่ การจำเพาะเจาะจงสถานที่ตั้งที่เหมาะสมหรือการแนะนำความต้องการที่แตกต่างกันระหว่างที่ตั้งกับสิ่งอำนวยความสะดวก เช่น ความต้องการพื้นที่จอดรถ ส่วนการวิเคราะห์ Catchment area คือ การกำหนดพื้นที่ที่สามารถเดินทางขึ้นกับเวลาที่ใช้ในการเดินทางและทำให้ตรวจสอบได้ว่าหากมีเส้นทางหรือสถานีขนส่งใหม่เกิดขึ้นแล้วทำให้พื้นที่เปลี่ยนไปอย่างไรบ้าง ในหลายๆ กรณีศึกษาจะใช้เวลาการเดินทางสูงสุดไม่เกิน 45 นาทีในการกำหนด Catchment area ปัจจัยที่นำมาพิจารณา เช่น สถานที่ทำงาน จำนวนประชากร จำนวนครัวเรือน

ความสามารถในการเชื่อมต่อเป็นค่าระดับของความสมบูรณ์ของจุดเชื่อมต่อระหว่าง Node จะกำหนดเป็น β=Arcs/Nodes เมื่อ Arcs คือ จำนวนทั้งหมดในการเชื่อมกันระหว่าง Nodes และ Nodes คือ จำนวนทั้งหมดของจุดเชื่อมในโครงข่าย การกำหนดพื้นที่ศึกษาพิจารณาจากเมตริกซ์เส้นทางที่สั้นที่สุดและใช้การสุ่มเลือกทำการนับการเชื่อมจุดภายในโครงข่าย หากค่ามากกว่า 1 หมายถึง สถานที่ในแต่ละแห่งมีความเชื่อมต่อกันได้ดีและมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น

6.6.1 การขนส่งทางรถไฟและการบริหารจัดการบริเวณสถานี

การบริหารจัดการด้านอุปสงค์ยังมีความครอบคลุมในเรื่องการบริหารจัดการระบบขนส่งต่อเนื่องที่จะมารับช่วงจากระบบราง การให้บริการตั๋วร่วม การบริการที่จอดรถทั้งรถยนต์และจักรยาน การสร้างบรรยากาศที่เอื้อต่อการเดินเท้า เนื่องจากระบบรางมีราคาแพงต้องใช้เงินลงทุนสูงมากเมื่อลงทุนก่อสร้างระบบแล้วจะต้องหาทางเพิ่มการใช้ประโยชน์สูงที่สุดจึงจะคุ้มค่า การก่อสร้างระบบรางที่สามารถใช้สินค้าอุตสาหกรรมในประเทศได้อย่างเหมาะสมนอกจากจะช่วยในด้านประหยัดต้นทุนของประเทศแล้วยังเพิ่มการจ้างงานในประเทศและเป็นฐานในการพัฒนาองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอีกด้วย ความจำเป็นที่ต้องใช้เงินลงทุนสูงมากอาจทำให้เกิดการผูกขาดการขนส่งโดยเฉพาะการผูกขาดโดยภาครัฐซึ่งในหลายกรณีเป็นผู้เดียวที่มีความสามารถในการลงทุนและบริหารจัดการโดยภาครัฐก็มักจะติดขัดในเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพ ข้อได้เปรียบของการขนส่งระบบราง คือ ประหยัด ปลอดภัย เช่น ประหยัดการใช้ทรัพยากรที่ดินในการสร้างระบบขนส่ง ปลอดภัยและเป็นมิตรกับสภาพแวดล้อมมากกว่าการขนส่งระบบอื่น (นคร จันทศร, 2554) ได้อธิบายถึงการบริหารการเดินรถไฟให้พยายามเดินขบวนรถให้เต็มความจุที่ออกแบบไว้ การตั้งขบวนรถใหม่เมื่อมาถึงปลายทางเป็นช่วงเวลาหนึ่งที่ล้อหยุดหมุน ดังนั้นหลักการเบื้องต้นจึงต้องลดเวลาที่ปลายทางให้สั้นที่สุด ลักษณะการเดินรถไฟ มีความแตกต่างกันอยู่ 2 กรณี คือ การเดินขบวนรถเป็นทางเดี่ยวและการเดินขบวนรถบนทางคู่ การเดินขบวนรถทางเดี่ยวจะมีการเดินรถสวนกันและการเดินรถขึ้นหน้ากัน ส่วนการเดินรถบนทางคู่มีเพียงการเดินรถขึ้นหน้ากัน ลักษณะการเดินทางของผู้โดยสาร ซึ่งมีความแตกต่างกันระหว่างการขนส่งผู้โดยสารระยะไกลกับการขนส่งผู้โดยสารในเมืองหรือการขนส่งมวลชน การโดยสารระยะไกลจะมีช่วงเร่งด่วนในรอบสัปดาห์ ช่วงเร่งด่วนในรอบเดือน และช่วงเร่งด่วนในรอบปี ส่วนการเดินรถขนส่งมวลชนจะเกิดชั่วโมงเร่งด่วนในรอบวัน ช่วงเร่งด่วนในรอบสัปดาห์ ระยะห่างระหว่างขบวนรถ (Headway) ซึ่งเป็นข้อจำกัดด้านเทคนิคที่จะต้องนำมาประมวลไว้ในการจัดทำข่ายเรขา เพราะถึงแม้ว่าเราต้องการจะเดินขบวนรถให้มากในช่วงเวลาเร่งด่วนแต่ก็จะไม่สามารถเดินขบวนรถได้มากกว่าไปขีดความสามารถของระบบ (Line Capacity) ตามที่ออกแบบไว้

ลำดับความสำคัญก่อนหลัง (Priority) หรือ ศักย์ ของขบวนรถที่มาเดินร่วมทางซึ่งสำคัญมากในกรณีการเดินรถไฟทาเดี่ยวและการเดินขบวนรถไฟหลายประเภทอยู่บนทางรถไฟเดียวกัน เช่น ขบวนรถด่วนมีศักย์สูงกว่าขบวนรถเร็ว ขบวนรถเร็วมีศักย์สูงกว่าขบวนรถธรรมดา ขบวนรถธรรมดามีศักย์สูงกว่าขบวนรถสินค้า การกำหนดศักย์ของขบวนรถจะปรากฏอยู่ในข่ายเรขาตรงจุดที่ขบวนรถพบกันต้องจัดหลีกหรือจัดให้เดินขึ้นหน้า คือ ความเร็วที่ขบวนรถใช้วิ่งผ่านตอนสัญญาณหรือระหว่างสถานี (ซึ่งก็คือเวลาน้อยลง) และช่วงเวลาที่ต้องใช้หลีกขบวนรถ การขอทางและคืนทางสะดวก

การเลือกปริมาณการเดินทางในช่วงเร่งด่วนมาเป็นตัวแทนวางแผน หมายถึง ระบบสามารถให้บริการได้ดีในช่วงเร่งด่วน แต่ทรัพย์สินจะถูกใช้งานน้อยลงช่วงนอกชั่วโมงเร่งด่วน (ขบวนรถมีที่นั่งว่าง ทางรถไฟมีขบวนรถเดินน้อย) ตรงกันข้ามหากเลือกปริมาณการเดินทางโดยเฉลี่ยมาเป็นตัวแทนการวางแผน ระบบจะบริการแบบไม่มีชั่วโมงเร่งด่วน หมายความว่า ในช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้บริการมากจะไม่สามารถให้บริการได้ การคำนวณหากำหนดเวลาในกรอบการทำงานของขบวนรถ (Round Trip Time) หมายถึง เวลาที่ขบวนรถออกจากจุดเริ่มต้นแล้วหมุนกลับมาครบรอบที่เดิมเพื่อออกแบบให้บริการได้ในรอบต่อไป กำหนดเวลาในรอบการทำงานประกอบด้วยเวลาที่ขบวนรถเดินระหว่างทาง เวลาที่เสียไปในการหยุดให้ผู้โดยสารขึ้นลงที่สถานี (Dwell Time) ระยะเวลารอหลีก/รอขึ้นหน้า และเวลาที่เสียไปจากเหตุสุดวิสัยต่างๆ รวมทั้งเวลาที่ต้องเผื่อไว้ (Recovery Time) เพื่อช่วยให้การทำข่ายเรขากับข้อเท็จจริงมีความสอดคล้องกัน

เวลาซึ่งขบวนรถหยุดที่สถานีอาจมีความแตกต่างกันมากในแต่ละช่วงเวลาการเดินทาง ความแปรปรวนของเวลาอาจลดลงได้โดยออกแบบชานชาลาให้สูงเสมอพื้น หรือแม้แต่ชานชาลาขบวนรถทางไกลก็เช่นเดียวกันจะเห็นว่าสถานีรถไฟความเร็วสูงที่สร้างใหม่จะมีชานชาลาสูงเสมอพื้นรถ ส่วนที่เป็นชานชาลาต่ำจะมีเฉพาะระบบรถไฟเก่า อย่างไรก็ดีการเผื่อเวลาไว้มากเกินไปอาจมีผลด้านลบ กิจการการเดินรถไฟที่ไม่มีคุณภาพการให้บริการอาจเผื่อเวลาส่วนนี้ไว้มาก

6.6.2 ระบบขนส่งและโครงข่ายการขนส่ง

(พนกฤษณ คลังบุญครอง, 2557) อธิบายถึงโครงข่ายการขนส่ง คือ ลักษณะทั่วไปของโครงข่าย ตำแหน่งที่ตั้งของเส้นทางและจุดตัดของโครงข่าย เช่น ระบบโครงข่ายตาราง หรือระบบโครงข่ายที่มีศูนย์กลางของวงกลมร่วมกัน และโครงข่ายเชื่อมต่อกันในแนวรัศมี ลักษณะการเชื่อมต่อ (Link characteristics) แนวเชื่อม (Links) คือ สิ่งก่อสร้างที่ใช้เชื่อมโยงการเดินทางของคนและการขนส่งสินค้า เช่น ทางหลวง ทางรถไฟ แนวท่อส่ง เส้นทางการบินและเส้นทางการเดินเรือ เป็นต้น ตำแหน่งที่เชื่อมตัดกัน (Intersection points) ของการขนส่งแต่ละประเภท หรือจุดเปลี่ยนถ่ายผู้โดยสารหรือสินค้าระหว่างการขนส่งประเภทต่างๆ เช่น สนามบิน สถานีรถไฟและสถานีขนส่งผู้โดยสาร เป็นต้น จะถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของแนวการเชื่อมในการวิเคราะห์โดยทั่วๆ ไป จะสมมติว่าตำแหน่งที่เชื่อมตัดกันหรือจุดเปลี่ยนถ่ายผู้โดยสารที่เรียกว่า Nodes ทางเลือกที่เกี่ยวกับแนวเชื่อม ได้แก่ รายละเอียดเกี่ยวกับตำแหน่งที่ตั้งของแนวเชื่อมและ Nodes ลักษณะต่างๆ ของแนวเชื่อมที่มีผลกระทบต่อกระแสจราจร เช่น จำนวนช่องจราจรของทางหลวงหรือจำนวนราง (Tracks) ของทางรถไฟ ความลาดชัน และความโค้งของทางหลวง การเลือกรูปแบบของทางแยก ชนิดของสัญญาณไฟจราจร ลักษณะของสถานีขนส่งผู้โดยสาร เป็นต้น ขั้นตอนในการระบุปัญหา มีดังนี้ กำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษา เส้นที่แสดงขอบเขตพื้นที่ศึกษา เรียกว่า “Cordon line” พื้นที่ศึกษาถูกแบ่งออกเป็นพื้นที่ย่อย (Zone) ต่างๆ เทคนิคในการกำหนดการเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อยลงบนถนนสายต่างๆ ศูนย์กลางขอกิจกรรมต่างๆ ของพื้นที่ย่อยให้กำหนดเป็นจุดศูนย์กลางพื้นที่ย่อย (Zone Centroid) ซึ่งโครงข่ายถนนจะประกอบด้วยแนวเชื่อมโยงซึ่งเป็นตัวแทนของส่วนที่เป็นสิ่งก่อสร้างในการขนส่ง เช่น แนวถนนต่างๆ ปลายทั้งสองของแนวเชื่อมโยงแต่ละแนว เรียกว่า Nodes ซึ่งได้แก่จุดที่แนวเชื่อมต่อกัน เช่น บริเวณทางแยกต่างๆ ที่แนวถนนมาตัดกัน

โครงข่ายระบบรางในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สายตะวันออกเฉียงเหนือเชื่อมโยงกับสาธารณรัฐประชาชนลาวที่ อ.เมือง จ.หนองคาย มี 2 เส้นทาง คือ สายทางถึงจังหวัดอุบลราชธานี ระยะทาง 575 กิโลเมตร และสายทางถึงจังหวัดหนองคาย ระยะทาง 624 กิโลเมตร ในปัจจุบันประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะมุ่งเน้นการลงทุนเพื่อก่อสร้างระบบรางเป็นหลัก คือ โครงการก่อสร้างเส้นทางรถไฟทางคู่และรถไฟความเร็วสูงรวมถึงโครงการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนในกรุงเทพมหานคร ระบบขนส่งสาธารณะทางราง ปัจจุบันมี 4 ระบบ ได้แก่ รถไฟ ประกอบด้วย รถไฟชานเมือง และรถไฟระหว่างเมืองซึ่งให้บริการโดยการรถไฟแห่งประเทศไทย รถไฟฟ้าขนส่งมวลชนกรุงเทพ (BTS) เดินรถในความดูแลของกรุงเทพมหานคร รถไฟฟ้ามหานคร (MRT) อยู่ในความดูแลของการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย รถไฟฟ้าเชื่อมท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ (Airport Rail Link) อยู่ในความดูแลของการรถไฟแห่งประเทศไทย

การวิเคราะห์ระบบขนส่ง มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับกิจกรรมทางสังคม ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของอุปสงค์ในการขนส่ง เช่น การเปลี่ยนแปลงเรื่องจำนวนประชากร รายได้ และรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินจะทำให้รูปแบบอุปสงค์ในการขนส่งเปลี่ยนแปลงตามไปด้วยทั้งในแง่ปริมาณการขนส่ง และการกระจายตัวของอุปสงค์ในการขนส่งตามเวลาและสภาพทางภูมิศาสตร์ การเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยี เช่น รูปแบบการขนส่งแบบใหม่ๆ จะดึงดูดให้ประชาชนซึ่งจะดึงดูดให้ประชาชนหันมาใช้เทคโนโลยีเหล่านี้มากขึ้น การเปลี่ยนแปลงในด้านคุณค่าซึ่งมีผลต่อการตัดสินใจในการขนส่งและควรให้ความสำคัญในผลกระทบต่อสภาพสังคมและสิ่งแวดล้อม

**6.7 เหล็กรางรถไฟ**

กระบวนการผลิตเหล็กกล้ามีบทบาทสำคัญในการควบคุมคุณภาพและสมบัติของเหล็กกล้ารางรถไฟให้สอดคล้องกับลักษณะการใช้งาน การผลิตเหล็กกล้าเริ่มจากการนำเหล็กพิกหลอมเหลว (molten pig iron) ที่ได้จากเตาหลอมแบบพ่นลม (blast furnace) มาผ่านขั้นตอนกำจัดซัลเฟอร์ด้วยการเติมสารกำจัดซัลเฟอร์ (desulfurizing reagents) เช่น แคลเซียม คาร์ไบด์ แมกนีเซียม หรือ ปูนขาว หรืออาจใช้วิธีอื่นขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีของผู้ผลิตเหล็กกล้าแต่ละราย โดยมีเป้าหมายคือ ทำให้น้ำเหล็กมีปริมาณซัลเฟอร์ต่ำกว่า0.002% ต่อมาน้ำเหล็กหลอมเหลวจะถูกทำให้บริสุทธิ์เพิ่มขึ้นในเตาออกซิเจน (Basic Oxygen Furnace, BOF)ด้วยการลดปริมาณคาร์บอนและธาตุอื่น ๆ ที่ไม่ต้องการเช่น ฟอสฟอรัส ซิลิคอน แมงกานีส จากนั้นจะปรับปรุงคุณภาพในขั้นต่อไปโดยการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนพร้อมกับการปรับส่วนผสมทางเคมีด้วยการเติมธาตุเจือเข้าไปในขั้นตอนการกำจัดก๊าซด้วยอาร์กในระบบสุญญากาศ (Vacuum Arc Degassing,VAD) ก่อนเทเข้าสู่ขั้นตอนการหล่อต่อเนื่อง (continuous casting) และตัดเป็นสแล็บ (slab) เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไปในขั้นตอนการรีดขึ้นรูปรางรถไฟสแล็บถูกนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 920-1,200 องศา อีกครั้ง ก่อนจะรีดขึ้นรูปในหลายขั้นตอนเพื่อทำให้มีรูปร่างหน้าตัดรางรถไฟตามต้องการและตัดเป็นท่อนยาว จากนั้นปรับปรุงสมบัติด้วยกระบวนการอบทางความร้อน (heat treatment process) และทำให้รางรถไฟมีความตรงด้วยการรีดบังคับ ตรง (rolling straightener) ก่อนที่จะตรวจสอบแบบไม่ทำลายด้วยเทคนิคต่างๆ เช่นการทดสอบด้วยกระแสวน (eddy current testing) และการทดสอบโดยใช้คลื่นอัลทราโซนิก (ultrasonic testing) เพื่อให้มั่นใจและรับประกันคุณภาพได้ว่ารางรถไฟที่ผลิตนั้นไม่มีรอยบกพร่องหรือรอยแตกร้าวปรากฏอยู่ในเนื้อวัสดุก่อนส่งมอบให้ลูกค้านำไปใช้งาน

6.7.1 คุณสมบัติของรางรถไฟด้านการใข้งาน

รางรถไฟเป็นชิ้นส่วนสำคัญในระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนมีหน้าที่หลักดังนี้1) รองรับน้ำหนักตัวรถและน้ำหนักบรรทุก 2) ถ่ายทอดภาระจากล้อรถไฟฟ้าไปยังหมอน (ties) 3) ทำให้รถไฟฟ้าเคลื่อนที่ราบเรียบและ 4) บังคับและนำการเคลื่อนที่ของล้อรถไฟในขณะที่รถไฟเคลื่อนที่จะเกิดแรงกระทำถ่ายทอดจากล้อรถไฟสู่รางวิ่ง เช่น ภาระในแนวแกน (axle load) ภาระแบบไดนามิก(dynamic load) เป็นต้นเกิดจากการบังคับนำวิ่ง(trackguidance)การเร่ง (acceleration) การชะลอความเร็ว(deceleration)ซึ่งทำให้เนื้อวัสดุของรางรถไฟโดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณผิวสัมผัสระหว่างล้อและรางรถไฟฟ้ามีความเค้น (stress) เพิ่มขึ้น เกิดการเปลี่ยนรูป (deformation) มีความแข็งเนื่องจากความเครียด (strain hardening) เพิ่มขึ้น และเกิดการสึกหรอ (wear) เพิ่มขึ้น ดังนั้น การเลือกใช้เหล็กกล้ารางรถไฟที่เหมาะสมจึงต้องพิจารณาจากสมบัติทางกลที่สำคัญ ได้แก่ ความเค้นคราก (yield stress) ความต้านแรงดึง (tensile strength) ความแข็งแรงความล้า (fatigue strength) พฤติกรรมการเพิ่มความแข็งเนื่องจากความเครียด (strain hardening behavior) และความสามารถในการเปลี่ยนรูป (deformability)

นอกจากนี้ความต้านทานการสึกหรอ (wear resistance) ก็เป็นสมบัติที่สำคัญของรางรถไฟ เนื่องจากมีผลโดยตรงต่ออายุการใช้งานของรางรถไฟที่สัมผัสเสียดสีกับล้อรถไฟตลอดเวลาดังนั้น เพื่อป้องกันความเสียหายและการเสื่อมสภาพของชิ้นส่วนรางรถไฟในระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนก่อนกำหนด เหล็กกล้ารางรถไฟควรมีสมบัติดังนี้

• มีค่าต้านทานการสึกหรอสูง (high resistance to wear)

• มีค่าต้านทานแรงกดสูง (high resistance to compression)

• มีค่าต้านทานความล้าสูง (high resistance to fatigue)

• มีค่าความต้านทานแรงดึงและความแข็งสูง (high tensile strength and hardness)

• มีค่าความต้านทานการแตกหักแบบเปราะสูง (high resistance to brittle fracture)

• มีสภาพเชื่อมได้ดี (good weldability)

• มีคุณภาพพื้นผิวดี (good surface quality)

• รักษารูปหน้าตัดได้ดี (evenness and observance of profile)

• มีค่าความเค้นตกค้างต่ำ (low residual stress after manufacturing)

6.7.2 การแบ่งประเภทรางรถไฟ

ปัจจุบันรางรถไฟที่มีการใช้งานในระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มดังนี้

• กลุ่มที่ 1 รางรถไฟแข็งธรรมชาติ (NaturallyHard Rails) ผลิตจากเหล็กกล้ารางรถไฟที่มีโครงสร้างจุลภาคพื้นฐานเพิร์ลไลต์ซึ่งจะถูกนำไปใช้งานเป็นรางวิ่งในระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนทั่วไป มีอัตราการสึกหรอในช่วง 0.7-1.0 มิลลิเมตรต่อภาระ 100 ล้านตันในรางวิ่งตรง

• กลุ่มที่ 2 รางรถไฟที่ผ่านการอบชุบ (ThermallyTreated Rails) ผลิตโดยการนำเหล็กกล้ารางรถไฟความแข็งปกติมาผ่านขั้นตอนการอบทางความร้อนเพื่อเพิ่มค่าความแข็งเฉพาะส่วนหัวราง โดยทั่วไปรางรถไฟประเภทนี้มีอายุการใช้งานสูงกว่ารางรถไฟแข็งธรรมชาติประมาณ 5-7เท่าดังนั้นจึงได้รับความนิยมนำมาใช้เป็นรางวิ่งในระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนที่มีภาระแนวแกนสูงในระหว่างการใช้งานภาพที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบค่าความแข็งของรางรถไฟที่ออกแบบมาสำหรับรับภาระแนวแกนในระดับที่แตกต่างกัน การเพิ่มค่าความแข็งของเนื้อวัสดุจะช่วยลดการสึกหรอของรางรถไฟได้เป็นอย่างดีสัมประสิทธิ์ความต้านการสึกหรอของรางรถไฟเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อมีค่าความแข็งสูงกว่า 350 HB

• กลุ่มที่ 3 รางรถไฟผสมสูง (High Alloy Rails) ได้รับการพัฒนาโดยการเติมธาตุผสมต่าง ๆ เข้าไปเพื่อช่วยปรับปรุงสมบัติทางวัสดุ แต่รางรถไฟชนิดนี้ไม่เหมาะสำหรับการนำมาเชื่อม เนื่องจากมีความทนทานต่อการแตกร้าวต่ำในขั้นตอนการเชื่อมประกอบรางรถไฟกลุ่มนี้จำเป็นต้องมีการควบคุมอัตราการเย็นตัวหลังการเชื่อม

(ระยะเวลาการเย็นตัวในช่วงอุณหภูมิ 800-500 องศา ต้องไม่ต่ำกว่า 200 วินาที) เพื่อเลี่ยงการแตกร้าวของเนื้อวัสดุ

• กลุ่มที่ 4 รางรถไฟเบนิติก (Bainitic Rails) ได้รับการพัฒนาขึ้นมาเพื่อชดเชยข้อจำกัดด้านการใช้งานของรางรถไฟที่มีโครงสร้างจุลภาคแบบเพิร์ลไลต์ซึ่งมีการสึกหรอของผิวรางสูงดังนั้นรางรถไฟกลุ่มนี้จึงเหมาะสำหรับนำไปใช้งานกับระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนความเร็วสูงเนื่องจากเนื้อวัสดุมีค่าความแข็งสูงจึงทำให้เกิดการสึกหรอต่ำ และสามารถรับภาระทางกลได้เพิ่มขึ้น

**6.8 เสา (column)**

เสาเป็นองค์อาคารของโครงสร้างที่อยู่ในแนวดิ่งและรองรับแรงกดอัดในแนวแกนซึ่งถ่ายลงมาจากพื้นและคาน โดยทั่วไป หน้าตัดของเสาจะมีความกว้างไม่เกิน 3 เท่าของความลึก และมีความสูงอย่างน้อย 2-3 เท่าของความลึก เสาที่มีความชะลูดมาก ๆ จะวิบัติโดยการโก่งเดาะ (buckling) ซึ่งมักถูกเรียกว่า เสายาว (long column) ซึ่งในการออกแบบเสาประเภทนี้ต้องพิจารณาถึงผลของความชะลูดที่มีต่อเสถียรภาพ (stability) ของเสา อย่างไรก็ตาม เสาคอนกรีตเสริมเหล็กโดยส่วนใหญ่เป็นเสาแบบที่ไม่ชะลูดมากนัก ดังนั้น ผลของความชะลูดที่มีต่อเสถียรภาพ (stability) ของเสามักไม่ถูกนำมาพิจารณาในการออกแบบ เสาดังกล่าวจะถูกเรียกว่า เสาสั้น (short column)

การออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กต้องทำตามข้อกำหนดที่ได้กำหนดไว้ในมาตรฐานการออกแบบของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) หรือของ American Concrete Institute (ACI) ในอาคารขนาดเล็ก คอนกรีตที่ใช้ในการก่อสร้างเสาจะมีกำลังรับแรงกดอัดประลัยเท่ากับกำลังของคอนกรีตที่ใช้ก่อสร้างคานและพื้น ซึ่งมักจะมีค่าอยู่ระหว่าง 15-40 MPa เหล็กเสริมในแนวแกนเสาที่ใช้มักเป็นเหล็กข้ออ้อย (deformed bar) ที่มีกำลังรับแรงดึงที่จุดครากอยู่ระหว่าง 300-400 MPa เสามักมีหน้าตัดอยู่ระหว่าง 0.15-0.25 m และสูง 2.2-3.0 m โดยพื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมหลักหรือเหล็กเสริมในแนวแกนจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.01-0.08 เท่าของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของเสา โดยปริมาณเหล็กเสริมที่สมเหตุสมผลจะอยู่ที่ 0.015-0.03 เท่าของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด เสาจะต้องมีเหล็กปลอกยึดเหล็กเสริมในแนวแกนของเสา เพื่อป้องกันการเกิดการโก่งเดาะของเหล็กเสริมในแนวแกน โดยจะต้องมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอย่างน้อย 9 mm และมีระยะห่างระหว่างเหล็กปลอกตามที่ได้กำหนดไว้ในมาตรฐานการออกแบบ นั่นคือ ระยะห่างระหว่างเหล็กปลอกต้องไม่เกิน 16 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเหล็กเสริมหลัก หรือ 48 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเหล็กปลอก หรือความกว้างหน้าตัดเสาที่น้อยที่สุด

ในกรณีเสาสั้นและใช้เหล็กปลอกเดี่ยวที่มักใช้ในอาคารขนาดเล็กหรือที่พักอาศัย มาตรฐานการออกแบบโดยวิธีกำลังประลัยได้กำหนดให้กำลังที่ยอมให้  ของเสาดังกล่าวที่ถูกกระทำโดยแรงกดอัดในแนวแกนจะหาได้จากสมการ

 (1)

เมื่อเทอม 0.80 เป็นตัวคูณลดกำลังเนื่องจาก accidental moment เนื่องจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น โมเมนต์เนื่องจาก unbalanced moment ที่เกิดขึ้นในคาน การที่เสาในชั้นต่าง ๆ ไม่อยู่ในแนวเดียวกัน และการที่คอนกรีตในเสาถูก compact ไม่เท่ากันตลอดความยาวของเสา เป็นต้น อย่างไรก็ตาม จากผลการทดสอบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กจำนวน 564 ต้นของ University of Illinois และ Lehigh University พบว่ากำลังประลัยของเสามีค่าน้อยกว่าค่าที่คำนวณจากสมการโดยตรง ดังนั้น ACI กำหนดเทอมค่าคงที่ 0.85 เพื่อให้กำลังที่คำนวณใกล้เคียงกับการทดสอบจึงลดค่าลง 15% ส่วนเทอม  เป็นค่า strength reduction factor โดยกำหนดให้มีค่า 0.75 สำหรับเสาที่ใช้เหล็กปลอกเกลียว และ 0.70 สำหรับเสาที่ใช้เหล็กปลอกเดี่ยว ทั้งนี้เนื่องมาจากผลการทดสอบที่พบว่า เสาที่ใช้เหล็กปลอกเกลียวมี ductility ที่สูงกว่าเสาที่ใช้เหล็กปลอกเดี่ยว

จากการทดสอบคอนกรีตที่ถูกกระทำโดยแรงกดอัดในสามแกน (triaxially compressive loading test) พบว่า กำลังและ ductility ของคอนกรีตมีค่าสูงกว่ากำลังและ ductility ของคอนกรีตที่กระทำโดยแรงกดอัดในแกนเดียว (axially compressive loading test) โดยกำลังของคอนกรีตในสภาพดังกล่าว  จะหาได้จากสมการ

 (2)

เมื่อ  เป็นหน่วยแรงรัดรอบ (confined stress) ซึ่งเทอมที่สองทางขวามือของเครื่องหมายเท่ากับแสดงให้เห็นถึงผลของการโอบรัดหรือการรัดรอบของท่อเหล็กที่มีต่อคอนกรีต ซึ่งน่าจะเป็นไปได้ที่ผลการรัดรอบดังกล่าวจะมีต่อเสาคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยเช่นกัน การโอบรัดดังกล่าวทำให้เสาคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กมีกำลังรับแรงกดอัดสูงกว่าเสาคอนกรีตเสริมเหล็กปกติ และเป็นผลทำให้กำลังที่ยอมให้ของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกรัดรอบที่หาจากสมการออกแบบข้างต้นมีค่าเพิ่มมากขึ้น ในการศึกษาเสาท่อเหล็กกรอกคอนกรีตที่ผ่านมาพบว่า การโอบรัดหรือการรัดรอบดังกล่าวจะเกิดขึ้นได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความหนา ค่า yielding stress และค่า modulus of elasticity ของท่อเหล็ก (Seangatith and Thumrongvut, 2009) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากเสาท่อเหล็กกรอกคอนกรีตที่ใช้คอนกรีตปกติมีความแตกต่างจากเสาท่อเหล็กกรอกคอนกรีตกำลังสูง และจากข้อมูลที่ใช้กำหนดเป็นมาตรฐานหรือข้อกำหนดต่าง ๆ อยู่บนพื้นฐานของการทดสอบคอนกรีตกำลังปกติ การนำมาตรฐานหรือข้อกำหนดเหล่านี้มาใช้ออกแบบโครงสร้างกับคอนกรีตกำลังสูงอาจให้ผลที่ไม่ถูกต้องมากนัก ดังนั้น การนำสมการการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กของ ACI หรือ วสท. มาประยุกต์ใช้ได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิผลสูงสุดนั้นต้องมีการทดสอบเพื่อตรวจสอบและเปรียบเทียบพฤติกรรมการรับแรงกดอัดในแนวแกนและการลักษณะการวิบัติของเสาเสียก่อน

**6.9 ความปลอดภัยทางถนน**

6.9.1 การออกแบบลักษณะทางกายภาพของถนน (Geometry Design)

การออกแบบลักษณะทางกายภาพของถนนเป็นการออกแบบในด้านขนาด รูปร่าง ลักษณะรูปร่างที่มองเห็นได้ของถนน เช่น ความกว้างของช่องจราจร ความลาดชันของถนน ระยะทางที่คนขับสามารถมองเห็นพร้อมที่จะหยุดหรือแซงโดยปลอดภัย รัศมีทางโค้งทั้งแนวราบและแนวตั้งที่สามารถขับขี่ยานพาหนะด้วยความเร็วสูงได้อย่างปลอดภัย และทางแยก ฯลฯ ซึ่งองค์ประกอบที่สำคัญที่ใช้ในการออกแบบถนน ได้แก่ ปริมาณจราจร ลักษณะของยานพาหนะ และความเร็วของยานพาหนะที่จะพิจารณาออกแบบให้รถแล่นบนถนนได้สูงสุดอย่างปลอดภัย จากองค์ประกอบดังกล่าว นำไปใช้ในการออกแบบความกว้างของช่องจราจร จำนวนช่องจราจร ความกว้างของไหล่ทาง รัศมีทางโค้ง การยกโค้ง ชนิดของผิวทาง การออกแบบทางเดินเท้า และการออกแบบทางข้าม เป็นต้น (จิรพัฒน์ โชติกไกร, 2531) ซึ่งการออกแบบดังกล่าวต้องดำเนินการออกแบบให้เป็นตามมาตรฐานของหน่วยงานต่างๆ ที่มีหน้าที่รับผิดชอบ เช่น

การออกแบบทางเดินเท้า

การออกแบบทางเดินเท้าที่เหมาะสมควรมีความกว้างไม่น้อยกว่า 1 เมตร ป้าย ตู้โทรศัพท์ ต้นไม้และการจัดทำภูมิทัศน์ที่วางอยู่ในหรือติดกับทางเดินเท้าควรมีระยะอย่างน้อย 2.00 เมตร เหนือผิวทางเดินเท้าเพื่อหลีกเลี่ยงอันตรายที่อาจจะเกิดแก่คนเดินเท้า (กรมทางหลวงชนบท, 2549)

การออกแบบทางข้าม

การวางแผนจัดการทางข้ามในเขตชุมชนเป็นการดำเนินการเพื่อให้ทางข้ามมีความปลอดภัยสำหรับคนเดินเท้า ไม่ว่าจะเป็นทางข้ามบริเวณทางแยกหรือทางข้ามระหว่างช่วงถนน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วความปลอดภัยของคนเดินเท้า ณ บริเวณทางข้ามจะขึ้นอยู่กับรูปแบบของทางข้าม และเครื่องหมายจราจรที่ถูกติดตั้ง ทางข้ามมีหลายรูปแบบ เช่น สะพานลอย หรืออุโมงค์คนข้าม เป็นทางข้ามที่ให้ความปลอดภัยสูง แต่ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างก็สูงเช่นกัน ในขณะที่ทางม้าลาย ถึงแม้จะให้ความปลอดภัยกับผู้ข้ามต่ำ แต่ก็เสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินการน้อยกว่า ดังนั้นจึงควรมีการพิจารณาถึงความเหมาะสมของรูปแบบทางข้ามร่วมกับตำแหน่งของทางข้ามและเครื่องหมายจราจรที่ทำการติดตั้ง เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดกับประชาชน ภายใต้งบประมาณที่จำกัด (สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร, 2547)

6.9.2 การตวจสอบความปลอดภัยทางถนน (Road Safety Audit)

การตรวจสอบความปลอดภัยทางถนน (Road Safety Audit) หมายถึง การตรวจสอบโครงการด้านถนนหรือการจราจรอย่างเป็นทางการโดยผู้ตรวจสอบอิสระที่ทรงคุณวุฒิ ซึ่งการตรวจสอบนี้จะคลอบคลุมถึงโครงการหรือถนนที่มีอยู่แล้ว โครงการที่กำลังก่อสร้าง หรืออยู่ระหว่างการออกแบบ โดยผู้ตรวจสอบจะรายงานถึงศักยภาพในการเกิดอุบัติเหตุและความปลอดภัยในการใช้งานถนน ซึ่งวัตถุประสงค์หลักของการตรวจสอบความปลอดภัยทางถนนคือ การลดจำนวนการบาดเจ็บและเสียชีวิตจากอุบัติเหตุบนถนน โดยใช้วิธีการที่มีลักษณะเชิงรุก (Proactive Approach) โดยการปรับปรุงจุดหรือบริเวณที่มีอุบัติเหตุเกิดขึ้นมาก ผลที่ตามมาคือ การบาดเจ็บ เสียชีวิต และความสูญเสียทางเศรษฐกิจต่อประเทศชาติลดลงได้ ดังนั้น การนำแนวคิดการตรวจสอบความปลอดภัยทางถนนมาใช้ตั้งแต่ขั้นตอนการเริ่มต้นออกแบบถนน ไปจนถึงการตรวจสอบในขั้นตอนอื่นๆ จึงเป็นวิธีการที่ประหยัดกว่าในการป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้น ปัจจัยที่ส่งผลต่อความปลอดภัยทางถนนถูกระบุไว้ในประเด็นความปลอดภัยในการออกแบบถนน (Road Design Safety Issues) ในระหว่างการออกแบบ และยังเป็นประเด็นหลักที่ใช้ในการตรวจสอบความปลอดภัยทางถนน ได้แก่ มาตรฐานถนน (Road Standard) การควบคุมการเข้าถึง (Access Control) เกาะกลาง (Medians) องค์ประกอบภาคตัดขวางของถนน (Cross Section Elements) และแนวสายทางตามแนวราบและแนวดิ่ง (Horizontal and Vertical Alignment) เป็นต้น (สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร, 2551)

6.9.3 การประเมินดรรชนีความปลอดภัยทางถนน

ในประเทศไทย มีการประเมินดรรชนีความปลอดภัยทางถนน (Road Assessment Index: RAI) ที่ถูกพัฒนาขึ้นจากความร่วมมือของสำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง กับสถาบันการขนส่งจุฬาลงกรมหาวิทยาลัย ดัชนี RAI เป็นค่าที่พัฒนาจากกระบวนการ และขั้นตอนที่กรมทางหลวงได้ดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน เพื่อใช้ตรวจสอบความปลอดภัยทางถนน อันได้แก่ การตรวจสอบความปลอดภัยทางถนน (Road Safety Audit, RSA) สำหรับถนนที่เปิดใช้งานแล้ว และการตรวจสอบและแก้ไขจุดอันตราย (Black Spot Improvement) ร่วมกับแนวทางในการบ่งชี้ระดับความปลอดภัยบนสายทางที่มีการใช้งานในหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการติดตามและพัฒนาระดับความปลอดภัยด้านกายภาพของถนนได้อย่างต่อเนื่อง (เกษม ชุจารุกูล, 2557)

ในต่างประเทศ มีหลายหน่วยงานที่ใช้การประเมินดรรชนีความปลอดภัยทางถนนหลายหน่วยงาน ประกอบด้วย

• โครงการประเมินดัชนีความปลอดภัยระหว่างประเทศ (International Road Assessment Program: iRAP) เป็นหน่วยงานระหว่างประเทศที่สร้างขึ้นเพื่อจัดลำดับและให้คะแนนกับถนนและเส้นทางต่างๆ โดยการกำหนดระดับคะแนนความเสี่ยงของถนนทั่วโลก รวมถึงการให้คำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไข ซึ่งให้ความสำคัญกับผู้ที่ใช้รถใช้ถนนร่วมกันเป็นสำคัญ ประกอบด้วย ผู้ใช้รถยนต์ ผู้ใช้รถจักยานยนต์ ผู้ใช้รถจักยาน และคนเดินเท้า (iRAP, 2014)

• โครงการประเมินดัชนีความปลอดภัยของถนนแห่งสหรัฐอเมริกา (United States Road Assessment Program: usRAP) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ความปลอดภัยของถนนเพื่อแสดงถึงเส้นทางที่มีความเสี่ยง โดยใช้โปรแกรม ViDA ที่สามารถแสดงผลระดับคะแนนความเสี่ยงของถนนตั้งแต่ 1 ถึง 5 คะแนน โดยพิจารณาจากองค์ประกอบต่างๆ ของถนน (usRAP, 2560)

• โครงการประเมินดัชนีความปลอดภัยของถนนแห่งออสเตรเลีย (Australian Road Assessment Program: AusRAP) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ความปลอดภัยของถนนเพื่อแสดงถึงเส้นทางที่มีความเสี่ยงของถนนเส้นหลักในประเทศออสเตรเลีย ก่อตั้งขึ้นโดยสมาคมรถยนต์ออสเตรเลีย (Australian Automobile Association: AAA) มีวัตถุประสงค์เพื่อลดการบาดเจ็บและเสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนในประเทศและจัดลำดับความเสี่ยงของเส้นทางต่างๆ รวมถึงการให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไข (AusRAP, 2007)

• โครงการประเมินดัชนีความปลอดภัยของถนนยุโรป (European Road Assessment Program: EuroRAP) เป็นโปรแกรมที่สร้างขึ้นเพื่อลดการบาดเจ็บรุนแรงและการตายจากอุบัติเหตุทางถนน โดยการให้คะแนนความปลอดภัยและระบุข้อบกพร่องที่สำคัญของถนนจากองค์ประกอบของถนน นอกจากนี้ยังสามารถนำผลการประเมินไปใช้ในการกำหนดแนวทางในการจัดการมาตรฐานและความปลอดภัยทางถนนได้อีกด้วย (EuroRAP, 1999)

การประเมินดัชนีความปลอดภัยของถนนในประเทศไทยยังไม่ได้รับนิยมอย่างแพร่หลาย เมื่อเทียบกับการตรวจสอบความปลอดภัยทางถนนโดยผู้เชี่ยวชาญ (Road Safety Audit)

**6.10 กรอบแนวคิดของแผนบูรณาการ**

ทบทวนองค์ความรู้ และความพร้อมด้านโลจิสติกส์ในปัจจุบัน

การพัฒนาองค์ความรู้ใหม่ และต่อยอดองค์ความเดิม เพื่อพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านโลจิสติกส์ของประเทศ สู่ความยั่นยืน

ศึกษาปัญหาการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของประเทศทั้ง ภาคอุตสาหกรรม ภาคการขนส่งสินค้า ภาคการขนส่งสาธารณะ ภาคการบริการด้านสุขภาพ รวมถึงภาคธุรกิจและการท่องเที่ยว

ศึกษาหาวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม เน้นความยั่นยืน โดยหน่วยงาน องค์กร ชุมชน มีส่วนร่วม

เผยแพร่ และถ่ายทอดองค์ความรู้ ในหน่วยงาน/องค์กรกรณีศึกษา รวมถึงเผยแพร่สู่สาธารณะ เพื่อการนำไปใช้ประโยชน์

กำหนดนโยบาย แนวทาง วิธีการแก้ปัญหา เชิงบรูณการ

**7. ระยะเวลาการวิจัย**

ระยะเวลาแผนบูรณาการ1 ปี0 เดือน

วันที่เริ่มต้น 1 ตุลาคม 2561 วันที่สิ้นสุด 30 กันยายน 2562

**8. ผลผลิต (Output) จากงานวิจัย**

| **ผลงานที่คาดว่าจะได้รับ** | | **รายละเอียดของผลผลิต** | | **จำนวนนับ** | | | | | | | | | | | | **หน่วยนับ** | **ระดับ**  **ความ**  **สำเร็จ** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ปี**  **2562** | | **ปี**  **2563** | | **ปี**  **2564** | | **ปี**  **2565** | | **ปี**  **2566** | | **รวม** | |
| 1. ต้นแบบผลิตภัณฑ์ โดยระบุ ดังนี้ | | | | | | | | | | | | | | | | |  |
| 1.1 ระดับอุตสาหกรรม | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | ต้นแบบ | Primary Result |
| 1.2 ระดับกึ่งอุตสาหกรรม | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | ต้นแบบ | Primary Result |
| 1.3 ระดับภาคสนาม | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | ต้นแบบ | Primary Result |
| 1.4 ระดับห้องปฏิบัติการ | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | ต้นแบบ | Primary Result |
| 2.ต้นแบบเทคโนโลยี โดยระบุ ดังนี้ | | | | | | | | | | | | | | | | |  |
| 2.1 ระดับอุตสาหกรรม | | * วัสดุพลาสติกเสริมใยสำหรับงานก่อสร้างสะพานรถไฟ | | 1 | |  | |  | |  | |  | |  | | ต้นแบบ | Primary Result |
| 2.2 ระดับกึ่งอุตสาหกรรม | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | ต้นแบบ | Primary Result |
| 2.3 ระดับภาคสนาม | | * นวัตกรรมการผลิตกำแพงคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าลอย * วัสดุเชิงประกอบอะลูมิเนียม สำหรับระบบห้ามล้อรถไฟ * การศึกษาการสั่นสะเทือนในหมอนรองรางรถไฟที่มีส่วนผสมของยางพารา * สายอากาศระบบสื่อสารในระบบราง * สายอากาศสำหรับเครื่องอากาศยานไร้คนขับ * ตัวแบบการกำหนดที่ตั้งคลังวัคซีน * ตัวแบบการจัดเส้นทางการซ่อมบำรุงเครื่อง X-Ray * เครื่องเชื่อมเทอร์มิตสำหรับงานเชื่อมรางรถไฟ | | 8 | |  | |  | |  | |  | |  | | ต้นแบบ | Primary Result |
| 2.4 ระดับห้องปฏิบัติการ | | * การวัดผลตอบสนองบนวัสดุที่ไม่เป็นสื่อแม่เหล็กในระบบเบรครถไฟ * ตัวแบบการเส้นทางที่มีกรอบเวลาแบบอ่อน * วัสดุประกอบเสริมแรงสำหรับชิ้นส่วนรถไฟความเร็วสูง * ระบบอิเล็คทรอนิกส์สำหรับการตรวจวัดการแทรกซึมความร้อยในงานคันดินทางรถไฟ * ต้นแบบรถขนส่งขนาด 4 ล้อไร้มลพิษ | | 5 | |  | |  | |  | |  | |  | | ต้นแบบ | Primary Result |
| 3. กระบวนการใหม่ โดยระบุ ดังนี้ | | | | | | | | | | | | | | | | |  |
| 3.1 ระดับอุตสาหกรรม | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | กระบวนการ | Primary Result |
| 3.2 ระดับกึ่งอุตสาหกรรม | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | กระบวนการ | Primary Result |
| 3.3 ระดับภาคสนาม | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | กระบวนการ | Primary Result |
| 3.4 ระดับห้องปฏิบัติการ | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | กระบวนการ | Primary Result |
| 4.องค์ความรู้ (โปรดระบุ) | | | | | | | | | | | | | | | | |  |
| 4.1 ระดับอุตสาหกรรม | | * การพัฒนาวัสดุพลาสติกเส้นใยสำหรับงานก่อสร้างสะพานรถไฟ | | 1 | |  | |  | |  | |  | |  | | เรื่อง | Primary Result |
| 4.2 ระดับกึ่งอุตสาหกรรม | | * การพัฒนาการเชื่อมโยงสินค้าและบริการทางการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมและการท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติของกลุ่มจังหวัดสุรินทร์และอุบลราชธานี | | 1 | |  | |  | |  | |  | |  | | เรื่อง | Primary Result |
| 4.3 ระดับภาคสนาม | | * กระบวนการผลิตกำแพงคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าลอย * การประเมินดัชนีความปลอดภัยในจังหวัดนครราชสีมา * การวิเคราะห์เปรียบเทียบความเค้นและความเครียดใต้คันทางรถไฟ * การพัฒนาการใช้เสาท่อเหล็กตัดสี่เหลี่ยม * การพัฒนาวัสดุทดแทนในระบบห้ามล้อรถไฟ * การพัฒนาความเชื่อมโยงแบบเบ็ดเสร็จในเขตเศรษฐกิจพิเศษ * การจัดเส้นทางการซ่อมบำรุงเครื่อง X-Ray * การกำหนดที่ตั้งคลังเวชภัณฑ์ * การออกแบบเสาอากาศระบบสื่อสารในรถไฟความเร็วสูง * การออกแบบสายอากาศสำหรับอากาศยานไร้คนขับ * ผลกระทบและแนวทางการแก้ปัญหาการใช้รถไฟฟ้าต่อระบบไฟฟ้ากำลัง * วิธีการวัดผลตอบสนองของวัสดุระบบห้ามล้อรถไฟ * การเส้นทางที่มีกรอบเวลา * การศึกษาความสามารถการเชื่อมต่อในระบบขนส่งทางราง * การเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการขนส่งสินค้า * การออกแบบเครื่องเชื่อมรางรถไฟ * การพัฒนารถขนส่งขนาด 4 ล้อไร้มลพิษ * การวิเคราะห์หารูปแบบที่เหมาะสมสำหรับโครงสร้างสะพานรถไฟ * การศึกษาสัมบัติเชิงกลของหมอนรองรางรถไฟ | | 19 | |  | |  | |  | |  | |  | | เรื่อง |  |
| 4.4 ระดับห้องปฏิบัติการ | | * วิธีการวัดแรงแบบไดนามิคของการสั่นสะเทือนที่เกิดจากรถยนต์ * แบบจำลองรถไฟฟ้าแม่เหล็กลอยตัว * การพัฒนาระบบอิเล็คทรอนิกส์สำหรับการตรวจวัดการแทรกซึมความร้อยในงานคันดินทางรถไฟ | | 3 | |  | |  | |  | |  | |  | | เรื่อง | Primary Result |
| 5. การใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ | | | | | | | | | | | | | | | | |  |
| 5.1 การถ่ายทอดเทคโนโลยี | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | ครั้ง | Primary Result |
| 5.2 การฝึกอบรม | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | ครั้ง | Primary Result |
| 5.3 การจัดสัมมนา | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | ครั้ง | Primary Result |
| 6. การใช้ประโยชน์เชิงสาธารณะ | | | | | | | | | | | | | | | | |  |
| 6.1 การถ่ายทอดเทคโนโลยี | | * การแก้ปัญหาความปลอดภัยทางถนน * การวัดแรงแบบไดนามิคของการสั่นสะเทือน * การผลิตกำแพงคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าลอย * การลดเวลาการเดินทางเพื่อการซ่อมบำรุงเครื่องมือด้านการแพทย์ * วิธีการเชื่อมต่อระบบขนส่งทางราง * การวัสดุพลาสติกเส้นใยสำหรับการก่อสร้างสะพานรถไฟ | | 6 | |  | |  | |  | |  | |  | | ครั้ง | Primary Result |
| 6.2 การฝึกอบรม | | * การวิเคราะห์เปรียบเทียบความเค้นและความเครียดด้านวิศวกรรมธรณี * การใช้เครื่องเชื่อมเทอร์มิตสำหรับรางรถไฟ | | 2 | |  | |  | |  | |  | |  | | ครั้ง | Primary Result |
| 6.3 การจัดสัมมนา | | * วัสดุทดแทนในระบบห้ามล้อรถไฟ * การแก้ปัญหาระบบการเชื่อมโยงโลจิสติกส์ แบบเบ็ดเสร็จในเขตเศรษฐกิจพิเศษ * แนวทางการแก้ปัญหาการใช้รถไฟฟ้าต่อระบบไฟฟ้ากำลังแนวทาง * การเชื่อมโยงสินค้าและบริการทางการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมและการท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติของกลุ่มจังหวัดสุรินทร์และอุบลราชธานี | | 4 | |  | |  | |  | |  | |  | | ครั้ง | Primary Result |
| 7. การพัฒนากำลังคน | | | | | | | | | | | | | | | | |  |
| 7.1 นศ.ระดับปริญญาโท | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | คน | Primary Result |
| 7.2 นศ.ระดับปริญญาเอก | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | คน | Primary Result |
| 7.3 นักวิจัยหลังปริญญาเอก | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | คน | Primary Result |
| 7.4 นักวิจัยจากภาคเอกชน ภาคบริการและภาคสังคม | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | คน | Primary Result |
| 8. ทรัพย์สินทางปัญญา ได้แก่ สิทธิบัตร/ลิขสิทธิ์/เครื่องหมายการค้า/ความลับทางการค้า เป็นต้น (โปรดระบุ) | | | | | | | | | | | | | | | | |  |
| 8.1อนุสิทธิบัตร. | | * การผลิตกำแพงคอนกรีตมวลเบาสำหรับงานจราจร | | 1 | |  | |  | |  | |  | |  | | เรื่อง | Primary Result |
| 8.2 ............... | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | เรื่อง | Primary Result |
| 8.3 ............. | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | เรื่อง | Primary Result |
| 9. บทความทางวิชาการ | | | | | | | | | | | | | | | | |  |
| 9.1 วารสารระดับชาติ | |  | | 15 | |  | |  | |  | |  | |  | | เรื่อง | Primary Result |
| 9.2 วารสารระดับนานาชาติ | |  | | 10 | |  | |  | |  | |  | |  | | เรื่อง | Primary Result |
| 10. การประชุม/สัมมนาระดับชาติ | | | | | | | | | | | | | | | | |  |
| 10.1 นำเสนอแบบปากเปล่า |  | | 21 | |  | |  | |  | |  | |  | | ครั้ง | | Primary Result |
| 10.2 นำเสนอแบบโปสเตอร์ |  | | 11 | |  | |  | |  | |  | |  | | ครั้ง | | Primary Result |
| 11. การประชุม/สัมมนาระดับนานาชาติ | | | | | | | | | | | | | | | | |  |
| 11.1 นำเสนอแบบปากเปล่า | |  | | 5 | |  | |  | |  | |  | |  | | ครั้ง | Primary Result |
| 11.2 นำเสนอแบบโปสเตอร์ | |  | | 3 | |  | |  | |  | |  | |  | | ครั้ง | Primary Result |

**9. ผลลัพธ์ (Outcome) ที่คาดว่าจะได้รับ**

| **ชื่อผลลัพธ์** | **ประเภท** | **ปริมาณ** | **รายละเอียด** |
| --- | --- | --- | --- |
| เทคโนโลยีและนวัตกรรม | เชิงปริมาณ |  | ต้นแบบ ตัวแบบ แบบจำลองทางเทคโนโลยีและนวัตกรรมโลจิสติกส์ |
| องค์ความรู้ | เชิงปริมาณ |  | องค์ความรู้ที่สามารถนำไปถ่ายทอด หรือต่อยอดสู่ระดับหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน |
| การใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์และเชิงสาธารณะ | เชิงคุณภาพ |  | การถ่ายทอดเทคโนโลยี การจัดอบบรมองค์ความรู้ และการจัดสัมนา เพื่อการนำผลผลิตไปใช้งาน |
| การเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ : ทรัพย์สินทางปัญญา ประชุมวิชาการ และบทความทางวิชาการ | เชิงปริมาณ |  |  |

**10. ผลกระทบ (Impact) ที่คาดว่าจะได้รับ**

| **ชื่อผลงาน**เด่น | **ลักษณะผลงาน** | **กลุ่มเป้าหมาย / ผู้ใช้ประโยชน์** | **ผลกระทบที่คาดว่าจะได้รับ** |
| --- | --- | --- | --- |
| ระบบโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน ในโครงสร้างพื้นฐาน | การจัดเส้นทางการขนส่งสินค้า การกำหนดทำเลที่ตั้งคลังเวชภัฑณ์ การเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่งสินค้า การเชื่อมโยงโซ่อุปทานทั้งสินค้าและบริการ | กลุ่มอุตสาหกรรม กลุ่มอุตสาหกรรมการขนส่งสินค้า และโรงพยาบาลในระดับภูมิภาค | * ลดต้นทุนโลจิสติกส์ทั้งกลุ่มอุตสาหกรรมและกลุ่มบริการด้านสุขภาพ * ลดเวลาการขนส่งสินค้า * เพิ่มความพึ่งพอใจการลูกค้า |
| การออกแบบโครงสร้างและการพัฒนาวัสดุไปใช้งานก่อสร้างระบบขนส่งทางราง | เทคโนโลยี และนวัตกรรม การออกแบบโครงสร้างและการพัฒนาวัสดุไปใช้งานก่อสร้างระบบขนส่งทางราง | หน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน ด้านการก่อสร้างระบบขนส่งทางราง | * ลดระยะเวลาในการออกแบบโครงสร้างพื้นฐาน * ลดต้นทุนวัสดุก่อสร้างในโครงสร้างพื้นฐาน * ลดการนำเข้าวัสดุก่อสร้างในโครงสร้างพื้นฐาน |
| การพัฒนาการเชื่อมโยงสินค้าและบริการทางการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมและการท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติของกลุ่มจังหวัดสุรินทร์และอุบลราชธานี | เชื่อมโยงสินค้าและบริการการท่องเที่ยวในรูปแบบเชิงบรูณการระดับภูมิภาค | ในหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน ด้านการท่องเที่ยวในกลุ่มจังหวัดสุรินทร์และอุบลราชธานี | * ส่งเสริมการท่องเที่ยวระดับภูมิภาค * เพิ่มรายได้ในชุมชน และแหล่งท่องเที่ยว * ลดการเคลื่อนย้ายแรงงานสู่เมืองใหญ่ * ลดความเลื่อมล้ำทั้งด้านเศรษฐกิจและสังคม |
| การประเมินความปลอดภัยทางถนน | วิธีการประเมินความปลอดภัยทางถนน การปรับปรุงความปลอดทางถนน การสร้างมาตรการชุมชนในเรื่องความปลอดภัยทางถนน | กรมการขนส่งทางบก สำนักงานขนส่งจังหวัด | * ลดอัตราการสูญเสียชีวิต และทรัพย์สิน จากอุบัติทางถนน * ลดค่าใช้จ่ายของภาครัฐด้านการดูแลรักษาผู้ประสบอุบัติทางถนน |

**11. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

11.1 เพิ่มประสิทธิภาพการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานโดยประยุกต์ใช้องค์ความรู้ด้านโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน

11.2 เพิ่มประสิทธิภาพการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานโดยเชื่อมโยงองค์ความรู้ด้านวิศวกรรม และวัสดุศาสตร์ สู่พัฒนาที่ยั่นยืน

11.3 นำองค์ความรู้ไปเชื่อมโยงกับแผนงานการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของประเทศ

11.4 เผยแพร่ผลงานในวารสารระดับชาติ หรือนานาชาติ และในการประชุมวิชาการระดับชาติ หรือ นานาชาติ

11.5 เตรียมความพร้อมให้กับบุคลากรเพื่อรองรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน

**12. กลไกการนำไปใช้ประโยชน์**

12.1 การถ่ายทอดเทคโนโลยี

12.2 การอบรมสัมนาองค์ความรู้

12.3 การทดสอบและประยุกต์ใช้ในภาคสนาม

12.4 นำเสนอในงานประชุมวิชาการ และตีพิมพ์ระดับชาติหรือนานาชาติ

**13. หน่วยงานที่นำผลการวิจัยและนวัตกรรมไปใช้ประโยชน์**

* กรมทางหลวง
* เทศบาลจังหวัดขอนแก่น
* สำนักงานขนส่งจังหวัด
* การรถไฟแห่งประเทศไทย
* สถานีรถไฟขอนแก่น
* โรงพยาบาลในเขตจังหวัดนครราชสีมา
* การไฟฟ้าภูมิภาค
* บริษัท เอส.เอ.พี สามวา ซัพพลาย จำกัด

**14. แผนการดำเนินงาน ขั้นตอนและการบริหารแผนบูรณาการ และความเชื่อมโยงของแต่ละโครงการย่อย**

14.1 แผนการดำเนินงาน

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| กิจกรรม | เดือน | | | | | | | | | | |
| 1-2 | 3-4 | | 5-6 | | 7-8 | | 9-10 | | 11-12 | |
| 1.ศึกษาค้นคว้าทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2.วางแผนการทดลอง |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3.ทดลอง วิเคราะห์ และประเมินผลการทดลอง |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4.สรุปผลการทดลองและจัดทำเล่มรายงาน |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5.เผยแพร่ผลการศึกษา |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6.ติดตามและประเมินผล |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

14.2 ขั้นตอนและการบริหารแผนบูรณาการ และความเชื่อมโยงของแต่ละโครงการย่อย

แผนบูรณาการโลจิสติกส์และโซ่อุปทานสำหรับพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานสู่ความยั่งยืน สามารถจัดกลุ่มโครงการประกอบด้วย 2 กลุ่มหลักคือ

กลุ่มที่ 1 การพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรม สำหรับโครงสร้างพื้นฐาน

กลุ่มที่ 2 การจัดการด้านโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน

การบริหารแผนบูรณาการโลจิสติกส์และโซ่อุปทานสำหรับพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานสู่ความยั่งยืน จะเป็นลักษณะการใช้ทรัพยากรทั้งด้านบุคลากรและเครื่องมือวิจัยร่วมกันในหลายโครงการ เช่นโครงการที่เกี่ยวข้องกับการจัดเส้นทางการขนส่งก็สามารถใช้อุปกรณ์และเครื่องมือวิจัยร่วมกันได้ หรือโครงการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาวัสดุในการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานสามารถใช้อุปกรณ์และเครื่องมือวิจัยร่วมกันได้

ส่วนการเชื่อมโยงของแต่ละโครงการย่อย เริ่มจากการศึกษาโครงสร้างพื้นฐานที่ประเทศต้องการ ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรม และกลุ่มการจัดการด้านโลจิสติกส์ หลังจากนั้นแบ่งการศึกษาตามความเชี่ยวชาญของนักวิจัย และให้นักวิจัยเสนอโครงการวิจัยตามความเชี่ยวชาญ หลังจากนั้นคัดเลือกโครงการและปรับปรุงโครงการที่มีความเกี่ยวข้องกับการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน เช่น โครงการก่อสร้างรถไฟทางคู่ โครงการก่อเส้นทางเชื่อมระหว่างเมืองใหญ่ เป็นต้น ซึ่งโครงการที่ได้คัดเลือกก็จะมีความเชื่อมโยงกันจากประเด็นมุ่งเน้นที่โครงสร้างพื้นฐานของประเทศ

**15. แผนบริหารความเสี่ยง (ถ้ามี)**

………-……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………

**16. แผนการสร้างนักวิจัยและนวัตกรรมรุ่นใหม่จากการทำการวิจัยและนวัตกรรมตามแผนบูรณาการวิจัยและนวัตกรรม**

16.1 ในแต่ละโครงการส่งเสริมนักวิจัยรุ่นใหม่เข้าร่วมในโครงการ

16.2 จัดอบรมนักวิจัยหน้าใหม่

16.3 เปิดโอกาสให้นักวิจัยรุ่นใหม่ได้รับทุนวิจัย โดยการจัดสรรงบประมาณเพื่อนักวิจัยรุ่นใหม่

**17. แผนการดำเนินงานต่อเนื่อง (สำหรับแผนงานมากกว่า 1 ปีงบประมาณ)**

………-……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………