

**รายงานการวิเคราะห์ความจุของรถไฟรางคู่
ระหว่างลพบุรี-นครสวรรค์
ด้วยเทคนิคการจำลองสถานการณ์**

**Double-Track Rail Capacity Analysis
Using Simulation Technique**



เสนอต่อ

บริษัท ทีม คอนซัลติ้ง เอ็นจิเนียริ่ง แอนด์ แมเนจเม้นท์ จำกัด

โดย

บริษัท เอ็มไฟกัส จำกัด

สิงหาคม 2553



การวิเคราะห์ความจุของรถไฟรางคู่ระหว่างลพบุรี-นครสวรรค์ ด้วยเทคนิคการจำลองสถานการณ์ Double-Track Rail Capacity Analysis Using Simulation Technique

ปรีชา พันธมสินชัย วิชา พรหมฤทธิ์ อธิชา สาดราวุฒและ ยงยุทธ ลิขิตพัฒนกุล¹
สุชัย รอยวิรัตน์ และ ไกรวุฒิ สิมธราแก้ว²

¹บริษัท เอ็มโฟกัส จำกัด
อาคาร ไอ ทาวเวอร์ ชั้น14 เลขที่ 888 ถ.วิภาวดี-รังสิต เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์: 02-513-9892 E-mail: pricha@m-focus.co.th

²บริษัท ทีม คอนซัลติ้ง เอนจิเนียริ่ง แอนด์ แมเนจเม้นท์ จำกัด
151 อาคารทีม ถนนนวลจันทร์ แขวงคลองกุ่ม เขตบึงกุ่ม กรุงเทพฯ 10230 โทรศัพท์: 02-509-9000
E-mail: teammgroup@team.co.th

มิถุนายน 2553

บทคัดย่อ

ในงบประมาณกระตุ้นเศรษฐกิจในปีที่ผ่านมา (โครงการไทยเข้มแข็ง) ประเทศไทยมียุทธศาสตร์ในการลดต้นทุนโลจิสติกส์การขนส่งโดยการสร้างรถไฟรางคู่ เพื่อส่งเสริมให้เกิดการเปลี่ยนไปใช้การขนส่งสินค้าด้วยรถไฟแทนการขนส่งด้วยรถบรรทุก ซึ่งในปัจจุบันเส้นทางรถไฟระหว่างลพบุรี-นครสวรรค์เป็นรางเดี่ยวที่ต้องรองรับรถไฟ 4 ประเภทคือ รถด่วน รถเร็ว รถธรรมดา และรถขนส่งสินค้า ซึ่งพบว่าความจุของรางไม่พอเพียงกับความต้องการและการขยายการใช้งานอนาคต อีกทั้งการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟในปัจจุบันมีความล่าช้าและความไม่แน่นอนเป็นอย่างมาก ทำให้ผู้ประกอบการไม่นิยมใช้บริการขนส่งด้วยรถไฟถึงแม้ว่าต้นทุนต่อเที่ยวจะต่ำกว่าการขนส่งด้วยรถบรรทุกก็ตาม เป้าหมายของการศึกษาด้วยเทคนิคการจำลองสถานการณ์ในครั้งนี้ก็เพื่อหาความจุที่เป็นไปได้เมื่อเปลี่ยนจากรางเดี่ยวเป็นรางคู่ รวมทั้งสามารถวิเคราะห์การออกแบบทางหลีก (siding) ที่เหมาะสมตามสถานีต่างๆ นอกจากนี้ผู้บริหารการรถไฟยังสามารถใช้เทคนิคนี้ในการหาส่วนผสมของรถไฟประเภทต่างๆ ที่เหมาะสมกับความต้องการของตลาด เพื่อให้บริการของการรถไฟสามารถแข่งขันกับการขนส่งทางอื่นได้

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ความจุราง, รถไฟทางคู่, เทคนิคการจำลองสถานการณ์

Abstract

In the recently approved budget stimulus package, Thailand has strategically budgeted for several double-track rail expansion projects in order to reduce its transportation logistics costs. Its goal is to encourage a modal shift from truck to rail freight transport. At the present time, the rail link between Lopburi and Nakornsawan is a single track that supports 4 types of trains, i.e., Express, Rapid, Ordinary, and Freight. Its capacity is not enough to support current demand and in the future because freight trains are often delayed and their schedule is highly

unreliable, making rail services unpopular among business people although its shipment cost is cheaper than that of trucks. The study in this paper uses computer simulation technique to estimate the rail capacity that will be gained after switching to a double-track system from the single-track rail link. It can also be used to analyze the impact of various designs of sidings at various stations. Moreover, management can use our model to determine the best mixture of trains and schedules to meet the market demand and to improve competitiveness when competing with other means of transport between Lopburi and Nakhonsawan.

Keywords: rail capacity, double-track railway, simulation technique

1. บทนำ

ในปัจจุบันการรถไฟแห่งประเทศไทยได้จัดทำโครงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานต่าง ๆ เพื่อรองรับปริมาณผู้โดยสารและปริมาณสินค้าที่เพิ่มขึ้นรวมทั้งการบำรุงรักษาทางรถไฟ ซึ่งการจัดทำแบบจำลองสถานการณ์ในงานวิจัยนี้เป็นหนึ่งในโครงการก่อสร้างทางคู่เป็นช่วงๆ ทั่วประเทศเพื่อพัฒนาขีดความสามารถในการขนส่งสินค้า [1] ในปัจจุบันทางรถไฟจากลพบุรีถึงนครสวรรค์เป็นทางเดี่ยวทำให้ประสิทธิภาพการขนส่งของเส้นทางรถไฟต่ำหรือมีความเร็วในการส่งสินค้าถึงปลายทางช้า ส่งผลให้ผู้ประกอบการไม่นิยมใช้ถึงแม้ว่าจะเป็น การขนส่งที่มีต้นทุนต่อหน่วยต่ำก็ตาม จึงมีความจำเป็นต้องเพิ่มความจุของทางให้มากขึ้นเพื่อรองรับการขยายตัวของความต้องการใช้ทางรถไฟเพื่อการขนส่งสินค้า อันจะเป็นการลดต้นทุนในด้านการขนส่งให้แก่ภาคเอกชนได้ในอนาคต

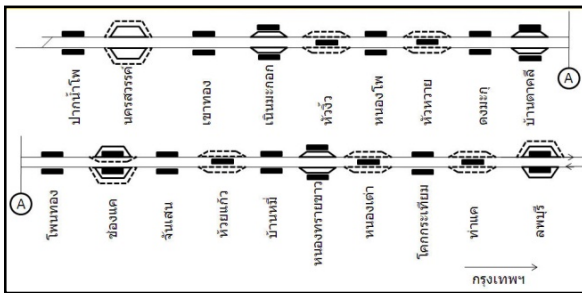
2. วัตถุประสงค์

เป้าหมายของการศึกษาด้วยเทคนิคการจำลองสถานการณ์ (Simulation) ในครั้งนี้เพื่อหาความจุสูงสุดของทางเมื่อเปลี่ยนทางรถไฟจากทางเดี่ยวเป็นทางคู่

และวิเคราะห์การออกแบบทางหลัก (Siding) เพื่อให้ได้ความจุสูงสุดที่กำหนด

3. ขอบเขตของปัญหา

ศึกษารถไฟ 4 ประเภท ได้แก่ รถด่วน (Express) รถเร็ว (Rapid) รถธรรมดา (Ordinary) และรถสินค้า (Freight) รถแต่ละประเภทมีความเร็วเฉลี่ย 140, 100, 60 และ 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตามลำดับ ความสำคัญของรถแต่ละประเภทขึ้นกับความเร็วของรถ ซึ่งโดยปกติรถที่มีความเร็วสูงกว่าจะมีความสำคัญ (Priority) มากกว่า เส้นทางที่ศึกษาคือเส้นทางลพบุรี-นครสวรรค์ จำนวน 19 สถานี โดยลักษณะราง และจำนวนทางหลักของแต่ละสถานีแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ลักษณะราง ทางหลัก และสถานี

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

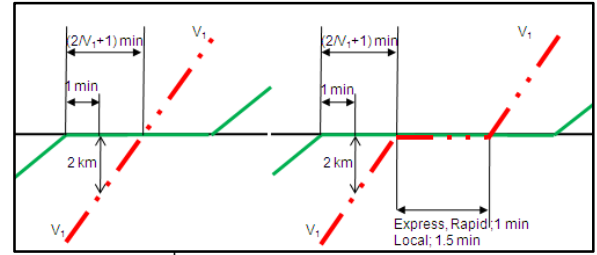
A. Landex และคณะ, 2006 [2] ใช้วิธีการหาความจุทาง ซึ่งเรียกว่าวิธี UIC 406 (UIC-Union Internationale des Chemins de fer) ไปหาค่าความจุทางที่แท้จริงในประเทศเดนมาร์ก ซึ่งวิธี UIC 406 จะใช้การวิเคราะห์จากตารางเวลาเดินรถจริงโดยมีการแบ่งเครือข่ายของระบบรางออกเป็นส่วนย่อยทำให้การคำนวณทำได้ง่ายและมีประสิทธิภาพ

James S. Noble และ Charles Nemmers, 2007 [3] พัฒนาและจัดลำดับความสำคัญของการปรับปรุงทางรถไฟที่มีอยู่ในปัจจุบันในสาย Union Pacific ระหว่างเซินหลุยส์และแคนซัสเพื่อปรับปรุงการเวลาให้บริการผู้โดยสารและลดการขนส่งสินค้าที่ล่าช้า

5. หลักการและทฤษฎี

ความจุ (Theoretical Capacity) คือจำนวนรถที่สามารถวิ่งผ่านเส้นทางหนึ่งในช่วงเวลาที่กำหนดภายใต้ข้อจำกัดด้านระยะขั้นต่ำระหว่างขบวนรถ 2 ขบวนที่วิ่งตามกันได้โดยปลอดภัย (Headway) ซึ่งโดยทั่วไปวิธีการหาค่าความจุของรางที่นิยมใช้มี 3 วิธี ได้แก่ 1) วิธีการวิเคราะห์ (Analytical) 2) วิธีหาสภาวะที่ดีที่สุด (Optimization) และ 3) วิธีการจำลองสถานการณ์ (Simulation) [4] ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือกเอาวิธีการจำลองสถานการณ์มาใช้หาค่าความจุทาง โดยแบบจำลองได้แบ่งการตัดสินใจหลักออกเป็น 2 ส่วนคือการตัดสินใจเข้าทางหลัก และการตัดสินใจปล่อยรถออกจากทางหลัก

5.1 การตัดสินใจเข้าทางหลัก



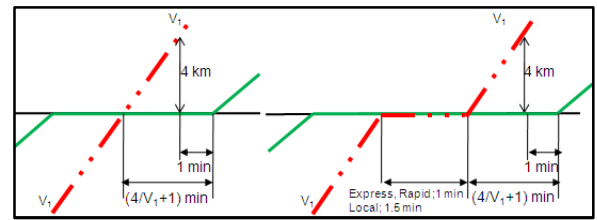
รูปที่ 2 การตัดสินใจเข้าทางหลัก

จากรูปที่ 2 แสดงให้เห็นว่าเมื่อรถที่มีความเร็วต่ำกว่าหรือมีลำดับความสำคัญน้อยกว่ามาถึงสถานีก่อนรถที่มีความเร็วมากกว่าหรือมีลำดับความสำคัญสูงกว่า รถคันหน้าต้องเคลื่อนเข้าทางหลักเพื่อให้รถคันหลังซึ่งวิ่งตามมาสามารถผ่านสถานีได้ และเพื่อความปลอดภัยจึงมีการกำหนดระยะทางและระยะเวลาขั้นต่ำให้รถเข้าทางหลักระหว่างขบวนรถ 2 ขบวนที่วิ่งตามกันได้ ประมาณ 2 กม. ซึ่งระยะเวลาขั้นต่ำระหว่างรถ 2 ขบวนก่อนรถคันหลังเข้าสถานีสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (1)

$$\text{เวลาขั้นต่ำในการเข้าสถานี} = \left(\frac{2}{V_1} + 1\right) \text{ นาที} \quad (1)$$

โดย V_1 เป็นความเร็วของรถคันหลัง (กิโลเมตรต่อ นาที)

5.2 การตัดสินใจปล่อยรถออกจากสถานี



รูปที่ 3 การตัดสินใจปล่อยรถออกจากสถานี

จากรูปที่ 3 แสดงให้เห็นการปล่อยรถออกจากสถานีเมื่อรถที่มีความเร็วสูงกว่าหรือมีลำดับความสำคัญสูงกว่าผ่านไปแล้ว รถจะถูกปล่อยออกจากสถานีตามหลังด้วยระยะทางปลอดภัยประมาณ 4 กม. โดยมีการกำหนดเวลาขั้นต่ำระหว่างรถ 2 ขบวนดังสมการที่ (2)

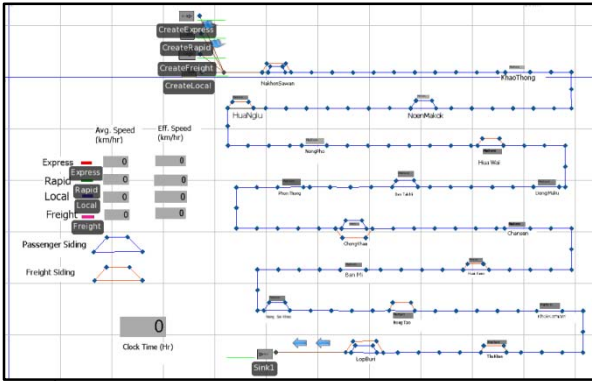
$$\text{เวลาขั้นต่ำในการออกสถานี} = \left(\frac{4}{V_1} + 1\right) \text{ นาที} \quad (2)$$

โดย V_1 เป็นความเร็วของรถคันหลัง (กิโลเมตรต่อ นาที)

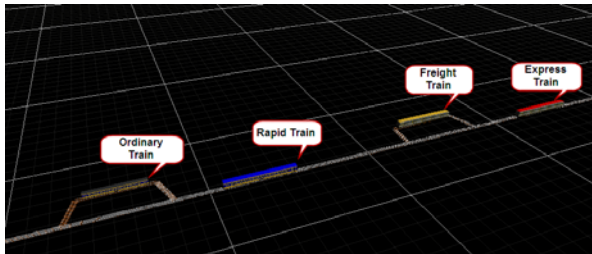
6. การสร้างแบบจำลอง

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้โปรแกรม Simio (Simulation system based on intelligent object) ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ 3 มิติ โดยมีการสร้างโครงสร้างทางตามลักษณะทางที่ได้ทำการออกแบบไว้ ดังรูปที่ 4 และ 5 พร้อมทั้งมีการใส่กระบวนการตัดสินใจให้รถทำการหลัก และปล่อยที่สถานีต่างๆภายในแบบจำลอง เพื่อให้แบบจำลองสามารถตัดสินใจให้รถเข้า หรือออกจากสถานีได้อย่างถูกต้องตามที่ได้มีการกำหนดไว้ใน

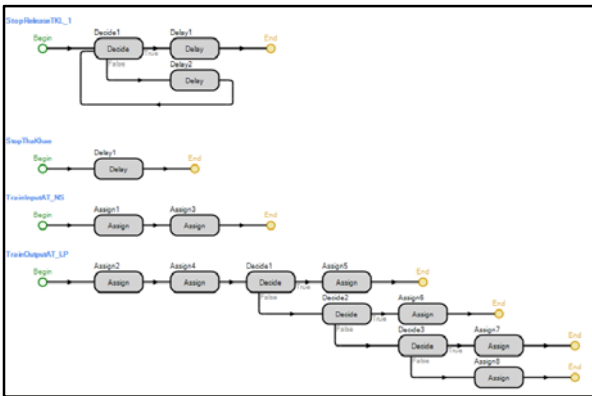
หลักการเข้าสถานี และหลักการปล่อยรถ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 4 การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Simio ในรูปแบบ 2 มิติ



รูปที่ 5 แบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Simio ในรูปแบบ 3 มิติ



รูปที่ 6 Logic for Controlling Train Movements using Simio

7. การออกแบบการทดลอง

โดยแบบจำลองได้กำหนดให้ปล่อยรถด่วนออกจากสถานีต้นทางก่อน จากนั้นปล่อยรถเร็วหลังจากรถด่วนออกจากสถานีไปแล้ว 2.7 นาที แล้วจึงปล่อยรถขนส่งสินค้าหลังจากรถเร็วออกจากสถานีไปแล้ว 6.1 นาที และท้ายสุดปล่อยรถธรรมดาหลังจากรถส่งสินค้าออกจากสถานีไปแล้ว 25 นาที โดยกำหนดช่วงระยะเวลาห่างที่ใช้ในการปล่อยรถประเภทเดียวกันออกจากสถานีต้นทางเท่ากับ 41 นาที ทำการรันโมเดลด้วยความยาวในการรัน (Run length) เท่ากับ 48 ชั่วโมงเพื่อให้ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว (Steady state) โดยในการจำลองมีดัชนีชี้วัดที่น่าสนใจดังนี้ 1) Effective Speed (ความเร็ว

รถเมื่อรวมเวลาหยุดรถในแต่ละสถานี) 2) ความจุทาง 3) Operation Diagram 4) จำนวนรถมากที่สุดที่อยู่ในระบบ

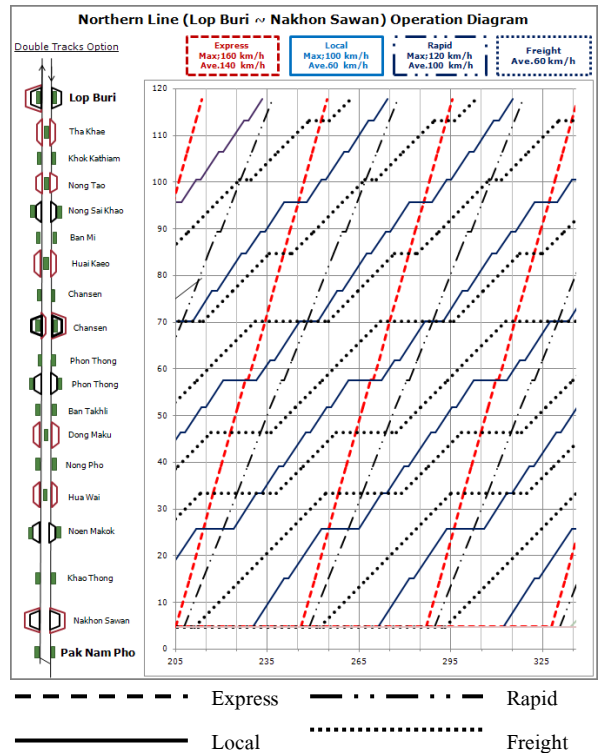
8. ผลลัพธ์จากแบบจำลอง

เมื่อทำการจำลองตามตัวแบบที่สร้างขึ้นด้วยข้อจำกัดตามการออกแบบพบว่า เมื่อเปลี่ยนทางรถไฟจากทางเดียวเป็นทางคู่ทางรถไฟจะมีความจุเพิ่มขึ้นเป็น 5.9 ขบวนต่อชั่วโมง ซึ่งสามารถสรุปผลลัพธ์ได้แสดงดังตารางที่ 1

ประเภทรถ	ความเร็วเฉลี่ย (km/hr)	Effective Speed (km/hr)	จำนวนรถมากสุดในระบบ (ขบวน)	ความจุทาง (ขบวน/ชั่วโมง)
รถด่วน	140	136	2	5.9
รถเร็ว	100	96	2	
รถธรรมดา	60	41	4	
รถสินค้า	40	27	6	
รวม			14	

ตารางที่ 1 ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลอง

เมื่อนำค่าเวลาที่รถแต่ละขบวนเข้าและออกจากสถานีต่าง ๆ มาสร้างกราฟจะได้ Operation Diagram แสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 Operation Diagram

Operation Diagram คือแผนภาพแสดงการเคลื่อนที่ของรถไฟ การจอด และการเข้าหลักที่สถานีต่างๆ ซึ่งในแผนภาพสามารถแสดงให้เห็นถึงปริมาณรถในช่วงเวลาต่างๆ ได้อีกด้วย Operation Diagram แสดงให้เห็นถึงลักษณะการวิ่งของรถทั้ง 4 ประเภทจากสถานีปากน้ำโพไปสถานีลพบุรีว่า รถประเภทใดมาถึง และออกจากสถานีเมื่อไหร่ มีการหยุดรอที่สถานีใดบ้าง และรถประเภทใดมีการหยุดรอนานที่สุด

9. บทวิจารณ์และสรุป

การออกแบบสถานีและทางหลักตามแบบที่เสนอข้างต้น รวมถึงการปรับเปลี่ยนทางจากทางเดี่ยวเป็นทางคู่ ร่วมกับการจัดลำดับการปล่อยรถ และกำหนดค่าช่วงห่างการปล่อยรถประเภทเดียวกัน สามารถเพิ่มความจุทางได้เพียงพอต่อการรองรับความต้องการในอนาคต อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจาก Operation Diagram พบว่ารถส่งสินค้ามีการหยุดที่สถานีต่างๆ เป็นระยะเวลา นาน ส่งผลให้รถส่งสินค้ามี Effective Speed ต่ำ จึงทำให้การส่งสินค้าจากต้นทางไปปลายทางใช้เวลานาน ซึ่งถ้าต้องมีการแข่งขันกับการขนส่งประเภทอื่นๆ เช่นทางบก หรือทางน้ำ จำเป็นต้องมีการปรับปรุงให้มีค่า Effective Speed ของรถส่งสินค้าเพิ่มขึ้น หรือปรับเปลี่ยนนโยบายการเดินทางที่เหมาะสม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท ทีเอ็ม คอนซัลติ้ง เอนจิเนียริง แอนด์ แมเนจเม้นท์ จำกัด ในการอนุเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] <http://www.logisticsclinic.com/web/content/view/669/105/1/3>, May 2010
- [2] A. Landex *et.al*, "Evaluation of railway capacity", Proceedings of the Annual Transport Conference at Aalborg University, Denmark, 2006.
- [3] James S. Noble and Charles Nemmers, "Missouri Freight and Passenger Rail Capacity Analysis", Technical Report Documentation, July 2007.
- [4] M. Abril *et.al*, "An Assessment of Railway Capacity", Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, Volume 44, Issue 5, September 2008, Pages 774-806.