ผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจและพลังงานจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งของ
อุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์

นายธนะรัชต์ งามเสงี่ยม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University
บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ECONOMIC AND ENERGY IMPACTS RESULTING FROM THE TRANSPORTATION MODAL SHIFT OF CEMENT INDUSTRY

Mr. Thanarat Ngamsangiam

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Energy Technology and Management
(Interdisciplinary Program)
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2017

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจและพลังงานจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์
โดย	นายธนะรัชต์ งามเสงี่ยม
สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. จิตติชัย รุจนกนกนาฏ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ดร. พงษ์สันธ์ บัณฑิตสกุลชัย

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. ธรรมนูญ หนูจักร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฐิติศักดิ์ บุญปราโมทย์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร. จิตติชัย รุจนกนกนาฏ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ดร. พงษ์สันธ์ บัณฑิตสกุลชัย)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ดาวัลย์ วิวรรธนะเดช)

.....กรรมการ

(ดร.วีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร. สมภพ พัฒนอริยางกูล)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ธนะรัชต์ งามเสงี่ยม : ผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจและพลังงานจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ (ECONOMIC AND ENERGY IMPACTS RESULTING FROM THE TRANSPORTATION MODAL SHIFT OF CEMENT INDUSTRY) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร. จิตติชัย รุจนกนกนาฏ, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ดร. พงษ์สันธ์ บัณฑิตสกุลชัย, 97 หน้า.

อุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ เป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาประเทศ การเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างด้านการขนส่งของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ ย่อมจะส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตของทั้งอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์เอง และสาขาการผลิตอื่นๆ ภายในห่วงโซ่อุปทานเดียวกันอีกด้วย งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ โดยใช้แบบจำลองปัจจัยการผลิตและผลผลิต จากการคำนวณการเปลี่ยนแปลงต้นทุนการขนส่งรวมของปูนซีเมนต์ในสถานการณ์ปัจจุบันและสถานการณ์จำลอง พบว่า ในสถานการณ์จำลองที่ 1 ซึ่งกำหนดให้เปลี่ยนรูปแบบการขนส่งจากทางถนนเป็นทางราง ต้นทุนรวมของการขนส่งปูนซีเมนต์ทั้งระบบจะลดลงเหลือร้อยละ 53.71 ของมูลค่าเดิม ในขณะที่ ในสถานการณ์จำลองที่ 2 ซึ่งกำหนดให้เปลี่ยนรูปแบบการขนส่งจากทางถนนเป็นทางรางและทางทะเล ต้นทุนรวมของการขนส่งปูนซีเมนต์ทั้งระบบจะลดลงเหลือร้อยละ 49.44 ของมูลค่าเดิม การวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ต่อปริมาณการใช้พลังงานรวมของทั้งประเทศ พบว่า การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งตามสถานการณ์จำลองที่ 1 และสถานการณ์จำลองที่ 2 จะช่วยลดการใช้พลังงานรวมของทั้งระบบเศรษฐกิจลงได้ ร้อยละ 0.0498 และร้อยละ 0.0532 ตามลำดับ นอกจากนี้ การศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งต่อการเปลี่ยนแปลงด้านราคาผลผลิตพบว่า ทั้งสองสถานการณ์จำลองให้ผลที่สอดคล้องกัน กล่าวคือ สาขาการผลิตที่มีการลดลงของราคาผลผลิตมากที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ ผลิตภัณฑ์คอนกรีต การก่อสร้าง ผลิตภัณฑ์อโลหะ ปูนซีเมนต์ และ ประปา ซึ่งล้วนแต่เป็นสาขาการผลิตที่เป็นอุตสาหกรรมปลายน้ำของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ทั้งสิ้น ดังนั้นภาครัฐควรให้ความสำคัญกับการพัฒนาระบบขนส่งทางรางและทางทะเล เพื่อกระจายผลผลิตไปยังสาขาการผลิตอื่นๆ และผู้บริโภคขั้นสุดท้ายให้มากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สาขาวิชา เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2560 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

5987145020 : MAJOR ENERGY TECHNOLOGY AND MANAGEMENT
KEYWORDS: CEMENT INDUSTRY / TRANSPORT MODAL SHIFT / INPUT-OUTPUT ANALYSIS / ENERGY POLICY

THANARAT NGAMSANGIAM: ECONOMIC AND ENERGY IMPACTS RESULTING FROM THE TRANSPORTATION MODAL SHIFT OF CEMENT INDUSTRY. ADVISOR: ASSOC. PROF. JITTICHAI RUDJANAKANOKNAD, Ph.D., CO-ADVISOR: PONGSUN BUNDITSAKULCHAI, Ph.D., 97 pp.

Cement industry has an important role in the economic development of a country. The structural change in the transportation cost of cement industry not only reduces the production cost its own products, but also on the downstream industries. In this study, we examine the impacts resulting from the transport model shift within the cement industry using the Input-Output Analysis. In the simulation case 1 assuming that the transportation mode is shifted from the road transport to the rail transport as much as possible in all routes, the total cost of transportation is 53.71% of the current one. When the transportation mode is shifted from the road transport to the rail and marine transports in the simulation case 2, the total cost of transportation is further reduced to 49.44% of the current one. The impact analysis reveals that the simulation case 1 and case 2 can decrease the total energy consumption of the whole economy by 0.0498% and 0.0532%, respectively. Moreover, both simulation cases confirm the similar results that the top 5 industries with its price reduction resulting from the transport model shift within the cement industry are concrete, construction, non-metallic products, cement and water supply industry, which are all the downstream industries of cement industry. Conclusively, the government should support the infrastructure development of rail and marine transport. Not only can the cost of production be reduced, this policy can also decrease the total energy consumption of the whole economy.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study:	Energy Technology and Management	Student's Signature	.....
		Advisor's Signature	.....
Academic Year:	2017	Co-Advisor's Signature	.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือของรองศาสตราจารย์ ดร. จิตติชัย รุจนกนกนาฏ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.พงษ์สันธ์ บัญฑิตสกุลชัย อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิจัย อีกทั้งยังช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติศักดิ์ บุญปราโมทย์, รองศาสตราจารย์ ดร.ดาวัลย์ วิวรรธนะเดช, ดร.วีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์ และ ดร.สมภพ พัฒนอริยางกูล ที่กรุณาให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ซึ่งเปิดโอกาสให้ได้รับการศึกษาเล่าเรียน ตลอดจนคอยช่วยเหลือและให้กำลังใจผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

97

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ 1

สารบัญตาราง ..... ก

สารบัญรูป ..... ข

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.1.1 บทบาทของภาคการขนส่งต่อการใช้พลังงาน 1

1.1.2 สัดส่วนการใช้พลังงานในภาคขนส่งของประเทศไทย 4

1.1.3 ต้นทุนการขนส่งของสาขาการผลิตต่างๆ ของประเทศไทย 5

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 7

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 8

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย 8

1.5 องค์ประกอบของวิทยานิพนธ์ 8

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 10

2.1 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ 10

2.2 วิธีการศึกษาที่ใช้วิเคราะห์ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างของภาคการขนส่ง ..13

2.2.1 แบบจำลองเศรษฐศาสตร์มหภาค (Macroeconomic Model) 14

2.2.2 แบบจำลองเศรษฐศาสตร์จุลภาค (Microeconomic Model) 15

2.2.3 การวิเคราะห์ปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Input-Output Analysis) 17

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

2.3 การทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 20
2.3.1 การใช้แบบจำลองปัจจัยการผลิตและผลผลิตเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนรูปแบบการขนส่ง 20
2.3.2 การใช้แบบจำลองปัจจัยการผลิตและผลผลิตเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของภาคการขนส่งต่อสาขาการผลิตอื่นๆ 21
บทที่ 3 วิธีการศึกษาและดำเนินงานวิจัย 23
3.1 หลักการทั่วไปของแบบจำลองปัจจัยการผลิตและผลผลิต 23
3.2 ตัวคูณทวี (Multiplier) 26
3.3 ผลกระทบทางด้านราคา 28
3.4 ขั้นตอนในการศึกษาและดำเนินงานวิจัย 31
บทที่ 4 ผลการศึกษา 33
4.1 การปรับปรุงข้อมูลจากแบบจำลองปัจจัยการผลิตและผลผลิตเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ 33
4.2 ข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ 36
4.3 สถานการณ์จำลองการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งปูนซีเมนต์ 37
4.4 การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการผลิตเนื่องจากการรูปแบบที่ใช้ในการขนส่งปูนซีเมนต์ 45
4.5 ต้นทุนค่าขนส่งในกระบวนการผลิตและจัดจำหน่ายปูนซีเมนต์ 48
4.6 ผลกระทบการจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งปูนซีเมนต์ 51
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา 56
5.1 สรุปผลการศึกษา 56
5.2 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย 57
5.3 ข้อจำกัดในงานวิจัย 58
5.4 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต 58
รายการอ้างอิง 60

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

ภาคผนวก.....64

ภาคผนวก ก.....65

ภาคผนวก ข 77

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 97

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1-1 สัดส่วนการใช้พลังงานของการขนส่งรูปแบบต่างๆ 4

ตารางที่ 1-2 10 อันดับของสาขาการผลิตที่มีสัดส่วนต้นทุนด้านการขนส่งสูงที่สุด 6

ตารางที่ 2-1 รายชื่อผู้ประกอบการผลิตปูนซีเมนต์ในประเทศไทย 11

ตารางที่ 2-2 คุณสมบัติสำคัญของวิธีการศึกษาที่ใช้วิเคราะห์ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างของภาคการขนส่ง 20

ตารางที่ 3-1 แบบจำลองปัจจัยการผลิตและผลผลิต 23

ตารางที่ 3-2 การเปรียบเทียบระหว่างตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตเชิงมูลค่าและเชิงปริมาณ 29

ตารางที่ 4-1 ต้นทุนต่อหน่วยการขนส่งสินค้ารูปแบบต่างๆ 36

ตารางที่ 4-2 สาขาการผลิตที่ใช้ในการศึกษา 37

ตารางที่ 4-3 ต้นทุนการขนส่งรวมในสถานการณ์จำลองที่ 1 เปรียบเทียบกับสถานการณ์ปัจจุบัน 41

ตารางที่ 4-4 ต้นทุนการขนส่งรวมในสถานการณ์จำลองที่ 2 เปรียบเทียบกับสถานการณ์ปัจจุบัน 43

ตารางที่ 4-5 ต้นทุนการขนส่งในกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมการผลิตซีเมนต์ 48

ตารางที่ 4-6 ต้นทุนการขนส่งในกระบวนการจัดจำหน่ายอุตสาหกรรมการผลิตซีเมนต์ 49

ตารางที่ 4-7 มูลค่าผลผลิตในแต่ละสาขาการผลิตและมูลค่าการใช้พลังงานรวมของทั้งระบบเศรษฐกิจก่อนและหลังการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งปูนซีเมนต์ 52

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1-1 สัดส่วนการใช้พลังงานตามรูปแบบการขนส่งของสหรัฐอเมริกา ปี ค.ศ.2011 2

รูปที่ 1-2 ความเข้มข้นทางพลังงานของการขนส่งในรูปแบบต่างๆ ระหว่างปี ค.ศ.1960-2011 3

รูปที่ 1-3 สัดส่วนต้นทุนด้านการขนส่งของสาขาการผลิตต่างๆ ในประเทศไทย 5

รูปที่ 1-4 ความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างด้านการขนส่ง 7

รูปที่ 2-1 ปริมาณการผลิตและความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ภายในประเทศของไทย 11

รูปที่ 2-2 ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างพื้นฐานและการขยายตัวทางเศรษฐกิจ 14

รูปที่ 2-3 กระบวนการมาตรฐานของการวิเคราะห์แบบ Coat-benefit Analysis 16

รูปที่ 4-1 แบบจำลองด้านปริมาณปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Quantity Model) 33

รูปที่ 4-2 แบบจำลองด้านราคาปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Price Model) 34

รูปที่ 4-3 เส้นทางและระยะทางการขนส่งปูนซีเมนต์ในสถานการณ์ปัจจุบันและสถานการณ์จำลองที่ 1 39

รูปที่ 4-4 เส้นทางและระยะทางการขนส่งปูนซีเมนต์ในสถานการณ์ปัจจุบันและสถานการณ์จำลองที่ 2 42

รูปที่ 4-5 สัดส่วนการลดลงของราคาผลผลิตในสาขาการผลิตต่างๆ จากการเปลี่ยนแปลงต้นทุนการขนส่งปูนซีเมนต์ 54

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

1.1.1 บทบาทของภาคการขนส่งต่อการใช้พลังงาน

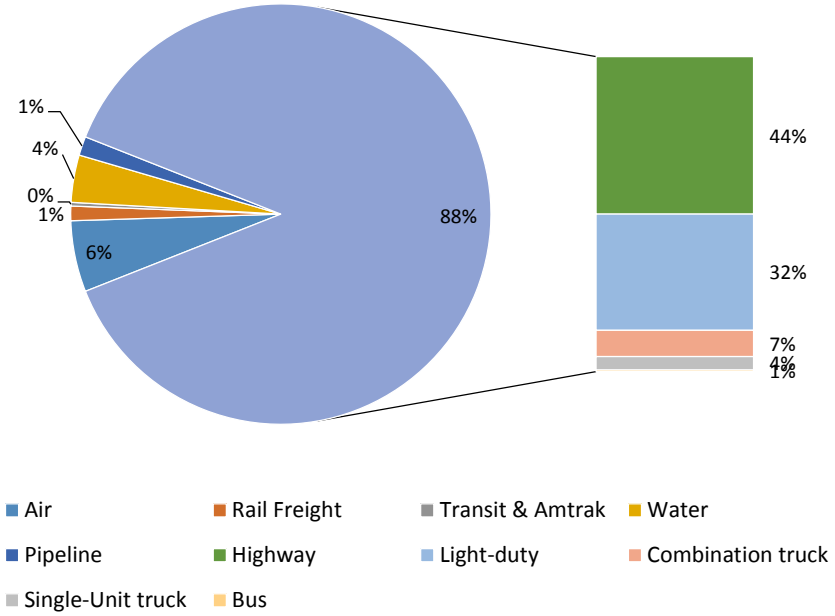
พลังงานเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญอย่างมากสำหรับการขนส่ง เนื่องจากการขนส่งต้องใช้พลังงานเพื่อขับเคลื่อนมวลสาร (ทั้งคนและสินค้า) และเอาชนะแรงเสียดทานที่ต่อต้านการเคลื่อนที่ ในสังคมมนุษย์ปัจจุบันมีเคลื่อนย้ายคนและสินค้าประเภทต่างๆ อย่างกว้างขวาง ทั้งในระดับภูมิภาค ระหว่างภูมิภาค และระหว่างประเทศ จึงมีปริมาณการใช้ปริมาณพลังงานอย่างมหาศาล โดยข้อมูลจาก Bureau of Transportation Statistics (2014) กล่าวว่า ในปี ค.ศ.2012 ระบบเศรษฐกิจของสหรัฐอเมริกามีการใช้พลังงานถึง 27 Exajoules (EJ) เพื่อขนส่งผู้คนในสหรัฐอเมริกาจำนวน 8 ล้านล้านเที่ยว และ 6 ล้านล้านไมล์ สำหรับขนส่งสิ่งของต่างๆ หรือคิดเป็นการใช้พลังงานในภาคการขนส่งเฉลี่ยแล้วมากกว่า 85 Gigajoule (GJ) ต่อประชากร 1 คน

การใช้พลังงานในระบบการขนส่งและคมนาคมของโลก ส่งผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืนของสังคมมนุษย์ เชื้อเพลิงปิโตรเลียมเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งประกอบด้วยอะตอมของไฮโดรเจนและอะตอมของคาร์บอน กระบวนการสันดาปและการเผาไหม้เชื้อเพลิง จะก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศหลายชนิด เช่น ฝุ่นละอองขนาดเล็ก (Fine particle matters) แก๊สไนโตรเจนออกไซด์ประเภทต่างๆ (Oxides of Nitrogen) คาร์บอนมอนนอกไซด์ (Carbon monoxide) และ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) โดยภาคการขนส่งมีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกในสหรัฐอเมริกาและทั่วโลกคิดเป็นสัดส่วนถึง 1 ใน 5 (Greene, Lee, & Hopson, 2013) อาจกล่าวได้ว่าการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในระดับที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน นอกจากจะเป็นการเพิ่มระดับ “ความเสี่ยง” ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทั่วโลก การปรับเปลี่ยนรูปแบบการใช้พลังงานในภาคการขนส่งยังเป็นอีกหนึ่ง “ความท้าทาย” สำคัญต่อความยั่งยืนของโลกมนุษย์ (National Research Council, 2012) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Efficiency of energy use) การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีจากการพึ่งพาพลังงานฟอสซิล ไปยังแหล่งพลังงานหมุนเวียนหรือแหล่งพลังงานที่มีการปลดปล่อยคาร์บอนในระดับต่ำ (Renewable or low-carbon energy sources)

ผลกระทบเชิงลบจากการใช้พลังงานของภาคการขนส่ง (ปรากฏการณ์แก๊สเรือนกระจก การเสื่อมสภาพด้านสิ่งแวดล้อม) ย่อมขึ้นอยู่กับทั้ง ปริมาณและชนิดของกิจกรรมด้านการขนส่ง รูปแบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ของการขนส่งที่เลือกใช้ คุณสมบัติของแหล่งพลังงาน รวมถึงเทคโนโลยีที่เปลี่ยนรูปแบบพลังงานเป็นการให้บริการการขนส่ง

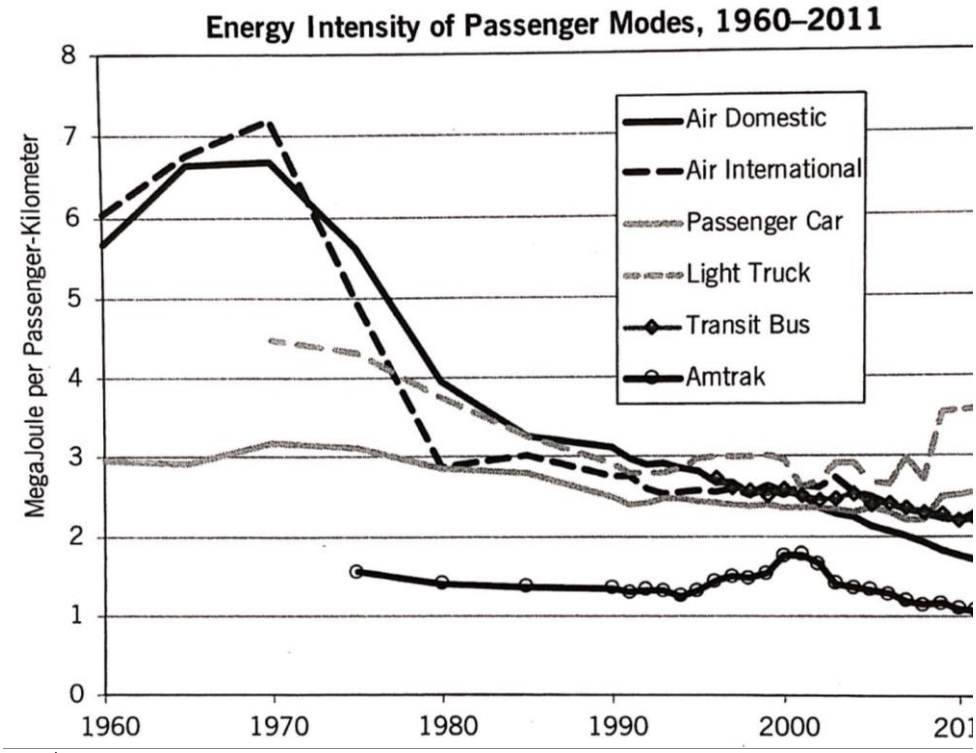


รูปที่ 1-1 สัดส่วนการใช้พลังงานตามรูปแบบการขนส่งของสหรัฐอเมริกา ปี ค.ศ.2011

ที่มา: Bureau of Transportation Statistics (2014)

Bureau of Transportation Statistics (2014) กล่าวว่าเมื่อพิจารณาในรูปแบบการขนส่งคมนาคมทั้งหมดของสหรัฐอเมริกาในปี ค.ศ.2012 พบว่าการขนส่งทางบกมีสัดส่วนการใช้พลังงานถึง 78.6% ของการขนส่งทั้งหมด ซึ่งประกอบไปด้วยยานพาหนะขนาดเล็ก ได้แก่ รถโดยสาร รถตู้ขนาดเล็ก รถกระบะ ใช้พลังงานมากกว่าครึ่งหนึ่งของการขนส่งทางบก รูปที่ 1-1 สัดส่วนการใช้พลังงานตามรูปแบบการขนส่งของสหรัฐอเมริกา ปี ค.ศ.2011

รูปที่ 1-2 แสดงทิศทางการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นทางพลังงานตามช่วงเวลา โดยความเข้มข้นทางพลังงาน (Energy Intensity) เป็นส่วนผกผันกับประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency) โดยค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นทางพลังงานสำหรับการขนส่ง ซึ่งมีหน่วยเป็น Megajoules (MJ) ต่อผู้โดยสาร-กิโลเมตร ในปี ค.ศ.1960-1970 การเดินทางทางอากาศจำเป็นต้องใช้พลังงานต่อกิโลเมตรมากกว่าสองเท่าของการเดินทางโดยรถยนต์ การเปลี่ยนแปลงเครื่องยนต์และการเพิ่มพื้นที่โดยสาร การผ่อนคลายทางนโยบายเป็นการลดความเข้มข้นด้านพลังงานของอุตสาหกรรมการบินให้น้อยกว่าการเดินทางโดยรถยนต์ในปัจจุบัน



รูปที่ 1-2 ความเข้มข้นทางพลังงานของการขนส่งในรูปแบบต่างๆ ระหว่างปี ค.ศ.1960-2011

ที่มา: Bureau of Transportation Statistics (2014)

โดยเฉลี่ยแล้วรถขนส่งสาธารณะจะใช้พลังงานน้อยกว่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล แต่ค่าเฉลี่ยไม่สามารถบอกทั้งหมดได้ โดยความเข้มข้นทางพลังงานในการขนส่งมวลชนต้องพิจารณาน้ำหนักที่บรรทุกและปริมาณผู้โดยสารด้วย เนื่องจากที่นั่งว่างจะเพิ่มความเข้มของพลังงานต่อผู้โดยสาร-กิโลเมตร ในขณะที่ความเข้มข้นทางพลังงานของการขนส่งทางราง แปรผันตามความหนาแน่นของประชากรและความครอบคลุมเชิงพื้นที่ หลังจากเผชิญกับวิกฤติราคาน้ำมันในปี ค.ศ.1973-1974 ระบบขนส่งทางรางมีการปรับตัวทางด้านเทคโนโลยีเพื่อลดความเข้มด้านพลังงานลงอย่างมาก โดยในปี ค.ศ.2010 ลดเหลือเพียงร้อยละ 44 ในปี ค.ศ.2010 เมื่อเทียบกับช่วงปี ค.ศ.1970 หรือลดลงเฉลี่ยร้อยละ 2 ต่อปี ส่วนหนึ่งมาจากความสามารถในการบรรทุกที่เพิ่มขึ้นและระยะทางการขนส่งที่ยาวขึ้น ในขณะที่การขนส่งด้วยรถบรรทุก เทคโนโลยีกลับไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัด โดยปริมาณการใช้พลังงานลดลงเพียงร้อยละ 15 จากปี ค.ศ.1970 ถึงปี ค.ศ.2011 อย่างไรก็ตามขนาดของรถบรรทุกที่ใหญ่ขึ้นก็ช่วยลดการใช้พลังงานต่อตัน-กิโลเมตรลงได้มาก

จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้นพบว่าพลังงานมีส่วนสำคัญในการขับเคลื่อนระบบขนส่ง และยังส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและการเจริญเติบโตอย่างยั่งยืน การเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งไป

ยังรูปแบบที่มีประสิทธิภาพพลังงานสูงขึ้น นอกจากจะทำให้ต้นทุนพลังงานของภาคขนส่งลดลง ช่วยลดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกและมลพิษทางอากาศอื่นๆ ต่อสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบเศรษฐกิจโดยรวมซึ่งอาศัยการขนส่งเป็นต้นทุนหลักในการขับเคลื่อนอีกด้วย

1.1.2 สัดส่วนการใช้พลังงานในภาคขนส่งของประเทศไทย

รูปแบบการขนส่งโดยทั่วไปสามารถจำแนกเป็น 4 รูปแบบ ประกอบด้วย การขนส่งทางรางรถไฟ การขนส่งทางถนน การขนส่งทางน้ำ และการขนส่งทางอากาศ จากการศึกษาเปรียบเทียบสัดส่วนการใช้พลังงานในภาคการขนส่งแต่ละรูปแบบ โดยใช้ข้อมูลตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของประเทศไทย ปี ค.ศ.2010 ซึ่งรวบรวมและเผยแพร่โดยสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.) โดยพิจารณาการใช้พลังงานหลัก 4 ประเภท ได้แก่ ถ่านหิน น้ำมัน ไฟฟ้า และก๊าซธรรมชาติ พบว่าการขนส่งทุกรูปแบบของประเทศไทยต่างพึ่งพาแหล่งพลังงานหลักจากน้ำมัน โดยมีสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 90 ของมูลค่าการใช้พลังงานทั้งหมด อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาการใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าการใช้น้ำมัน พบว่า การขนส่งทางอากาศมีสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด (ร้อยละ 6.43) ตามด้วยการขนส่งทางราง (ร้อยละ 6.38) การขนส่งทางน้ำ (ร้อยละ 1.38) และการขนส่งทางถนน (ร้อยละ 0.98) ในขณะที่การใช้แก๊สธรรมชาติมีสัดส่วนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เนื่องจากข้อจำกัดด้านเทคโนโลยี จำนวนสถานีและจุดจำหน่ายแก๊สซึ่งจำกัดอยู่เฉพาะเส้นทางตามแนวท่อส่งแก๊สเท่านั้น โดยการขนส่งทางบกมีสัดส่วนการใช้แก๊สธรรมชาติที่ร้อยละ 0.83 สำหรับถ่านหินไม่ถูกนำมาใช้โดยตรงในภาคการขนส่ง แต่จะเป็นส่วนหนึ่งของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า ดังแสดงในตารางที่ 1-1

ตารางที่ 1-1 สัดส่วนการใช้พลังงานของการขนส่งรูปแบบต่างๆ (หน่วย: ร้อยละ)

	ทางรถไฟ	ทางบก	ทางน้ำ	ทางอากาศ
ถ่านหิน	0.00	0.00	0.00	0.00
น้ำมัน	93.62	98.19	98.50	93.58
ไฟฟ้า	6.38	0.98	1.38	6.41
แก๊สธรรมชาติ	0.00	0.83	0.12	0.01

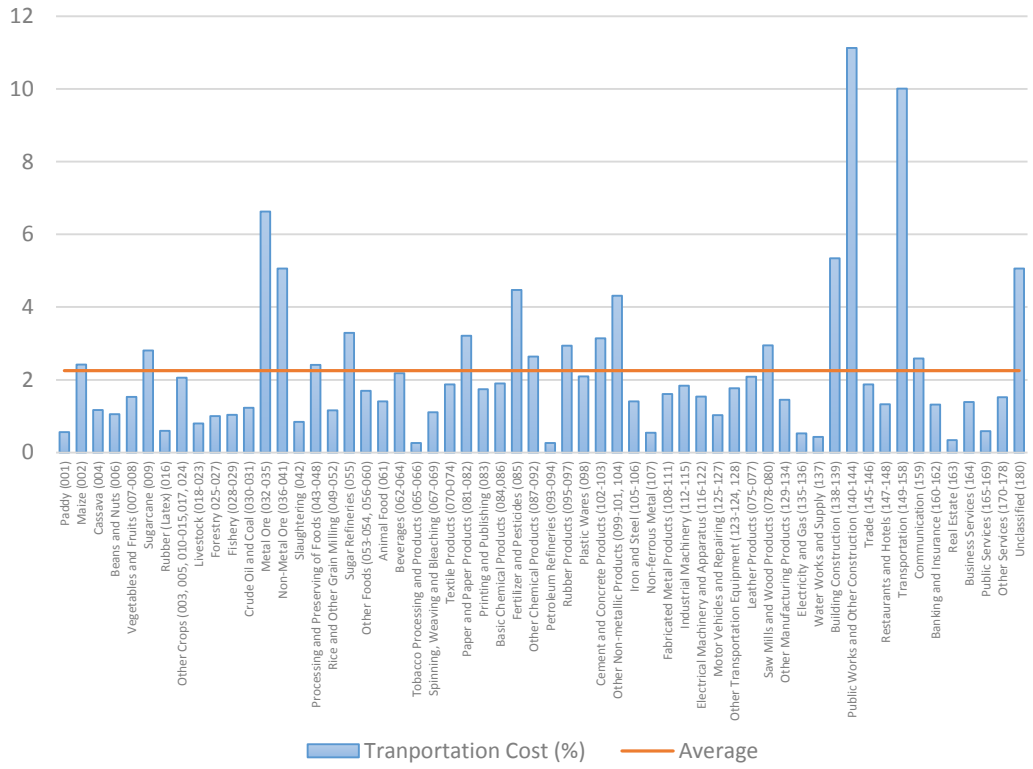
ที่มา: คำนวณโดยผู้วิจัยจากตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของประเทศไทย ปี ค.ศ.2010

จากการวิเคราะห์สัดส่วนการใช้พลังงานในภาคขนส่งข้างต้น จะเห็นได้ว่ารูปแบบการขนส่งที่เลือกใช้จะส่งผลต่อสัดส่วนของรูปแบบพลังงานที่แตกต่างกัน ซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้

พลังงาน (Energy Efficiency) ปริมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก (GHG Emission) และความยั่งยืนของระบบพลังงานและเศรษฐกิจของประเทศไทยอีกด้วย

1.1.3 **ต้นทุนการขนส่งของสาขาการผลิตต่างๆ ของประเทศไทย**

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ต้นทุนการขนส่งของสาขาการผลิต (Sector) ประเภทต่างๆ จากตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต ขนาด 58 สาขาการผลิต ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 1-3 และพบว่า สัดส่วนของต้นทุนการขนส่งเฉลี่ยของทั้ง 58 สาขาการผลิต อยู่ที่ร้อยละ 2.25 จากข้อมูลต้นทุนการขนส่งของสาขาการผลิต จำนวน 58 สาขา โดยมีสาขาการผลิตที่มีต้นทุนการขนส่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยจำนวน 18 สาขา เมื่อนำสาขาการผลิตทั้ง 58 สาขา มาเรียงลำดับตามต้นทุนการขนส่ง พบว่าสาขาการผลิตที่มีสัดส่วนต้นทุนด้านการขนส่งสูงที่สุด 10 อับดับ ดังแสดงในตารางที่ 1-2 ได้แก่



รูปที่ 1-3 สัดส่วนต้นทุนด้านการขนส่งของสาขาการผลิตต่างๆ ในประเทศไทย

ที่มา: คำนวณโดยผู้วิจัยจากตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของประเทศไทย ปี ค.ศ.2010

ตารางที่ 1-2 10 อันดับของสาขาการผลิตที่มีสัดส่วนต้นทุนด้านการขนส่งสูงที่สุด

อันดับที่	สัดส่วนของต้นทุนการขนส่ง (%)	สาขาการผลิต
1	11.13	Public Works and Other Construction
2	10.01	Transportation
3	6.63	Metal Ore
4	5.34	Building Construction
5	5.06	Non-Metal Ore
6	5.06	Unclassified
7	4.47	Fertilizer and Pesticides
8	4.31	Other Non-metallic Products
9	3.29	Sugar Refineries
10	3.21	Paper and Paper Products

ที่มา: คำนวณโดยผู้วิจัยจากตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของประเทศไทย ปี ค.ศ.2010

(1) การก่อสร้างงานบริการสาธารณะ (Public Works and Other Construction) ร้อยละ 11.3

(2) การขนส่ง (Transportation) ร้อยละ 10.01

(3) การทำเหมืองแร่ (Metal Ore) ร้อยละ 6.63

(4) การก่อสร้างทั่วไป (Building Construction) ร้อยละ 5.34

(5) การทำเหมืองแร่อื่นๆ (Non Metal Ore) ร้อยละ 5.06

(6) กิจกรรมที่ไม่สามารถจำแนกสาขาการผลิตได้ (Unclassified) ร้อยละ 5.06

(7) การผลิตปุ๋ยและยาปราบศัตรูพืช (Fertilizer and Pesticides) ร้อยละ 4.47

(8) การผลิตผลิตภัณฑ์อโลหะ (Other Non-metallic Product) ร้อยละ 4.31

(9) การผลิตน้ำตาล (Sugar Refineries) ร้อยละ 3.29 และ

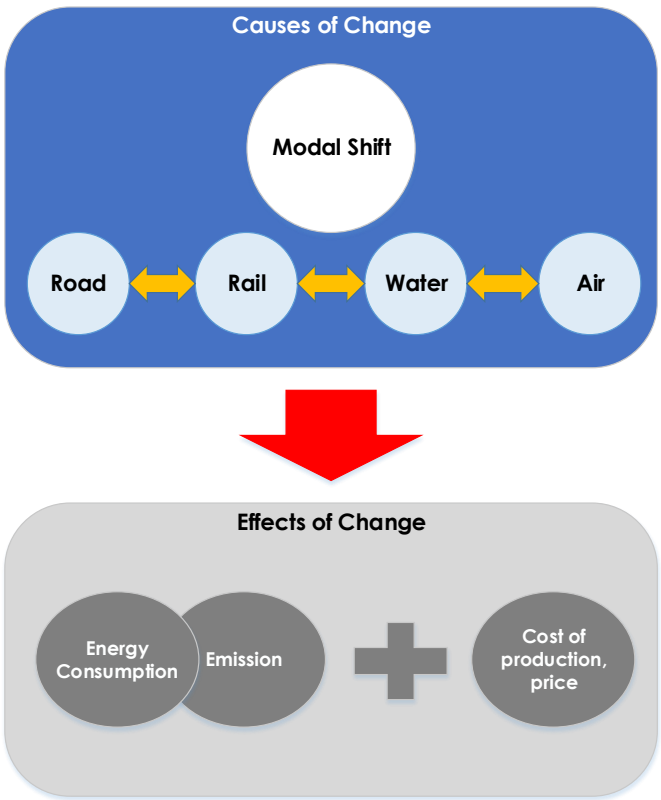
(10) การผลิตกระดาษและผลิตภัณฑ์กระดาษ (Paper and Paper Product) ร้อยละ 3.20

จากวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นดังที่อธิบายข้างต้น จะเห็นได้ว่าอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ ซึ่งเป็นผู้วิจัยเลือกใช้เป็นกรณีศึกษานั้น เป็นอุตสาหกรรมต่อเนื่องของสาขาการผลิต “การทำเหมืองแร่” และ “การทำเหมืองแร่อื่นๆ” ที่มีสัดส่วนของต้นทุนการขนส่งอยู่ในระดับสูงเป็นอันดับที่ 3 และ 5 ตามลำดับ ดังนั้นจึงคาดการณ์ได้ว่าหากมีการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างด้านการขนส่งของอุตสาหกรรมต้นน้ำเหล่านี้ จะทำให้ต้นทุนการขนส่งของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ มีการเปลี่ยนแปลงได้อย่างมีนัยสำคัญ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่ง (Modal Shift) ในกระบวนการผลิตและการกระจายสินค้า โดยเลือกอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์เป็นกรณีศึกษา
2. เพื่อศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่ง ต่อปริมาณการใช้พลังงานทั้งระบบเศรษฐกิจ
3. เพื่อศึกษาผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงด้านราคาผลผลิตของสาขาการผลิตต่างๆ อันเนื่องมาจากต้นทุนการขนส่งของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ที่เปลี่ยนแปลงไป

รูปที่ 1-4 สรุปความสัมพันธ์ของผลกระทบการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างด้านการขนส่งและการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งต่อปริมาณการใช้พลังงาน ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม และผลกระทบด้านราคาของสาขาการผลิตอื่นๆ ในระบบเศรษฐกิจ



รูปที่ 1-4 ความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่ง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงรูปแบบด้านการขนส่งของสาขาการผลิตซีเมนต์ โดยการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี (Technological Change) ในภาคการขนส่งจะใช้วิธีเปรียบเทียบตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของประเทศไทย ปี ค.ศ.1995, ค.ศ.2000, ค.ศ.2005 และ ค.ศ.2010 เพื่อดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างการใช้ปัจจัยการผลิตโดยเฉพาะด้านพลังงาน

ในส่วนของความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่ง (Modal Shift) ของสาขาการผลิตปูนซีเมนต์ซึ่งถูกเลือกเป็นเป็นกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้ จะใช้การสัมภาษณ์เชิงลึกจากผู้เชี่ยวชาญและการรวบรวมข้อมูลจำเพาะด้านเทคนิค

ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงข้างต้น จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ (1) ผลกระทบเชิงปริมาณ เช่น การเปลี่ยนแปลงของมูลค่าผลผลิตรวม ปริมาณการใช้พลังงานในภาคการผลิต การปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น และ (2) ผลกระทบเชิงต้นทุนและราคา โดยศึกษาว่าเมื่อต้นทุนการขนส่งของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์เปลี่ยนแปลงไป จะส่งผลกระทบอย่างไรต่อสาขาการผลิตอื่นๆ และระบบเศรษฐกิจโดยรวม

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1. เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสนับสนุนนโยบายของภาครัฐ เพื่อพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานทางรางและทางทะเล อันจะมีส่วนช่วยในการลดต้นทุนด้านการขนส่งของผลผลิตในสาขาการผลิตต่างๆ
2. เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงรูปแบบการขนส่งสินค้า เพื่อลดปริมาณการใช้พลังงานในภาคขนส่งของประเทศไทย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.5 องค์ประกอบของวิทยานิพนธ์

สำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วยเนื้อหารวมทั้งสิ้น 5 บท ดังนี้

บทที่ 1 บทนำ ประกอบด้วย ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของการวิจัย ขอบเขตของงานวิจัย ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

บทที่ 2 ทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับสาขาการผลิตปูนซีเมนต์ วิธีการศึกษาที่ใช้วิเคราะห์ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างของภาคการขนส่ง และการทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย ประกอบด้วย หลักการทั่วไปของแบบจำลองปัจจัยการผลิตและผลผลิต ตัวคูณทวี ผลกระทบด้านราคา ขั้นตอนในการศึกษาและดำเนินงานวิจัย

บทที่ 4 ผลการศึกษา ประกอบด้วย การปรับปรุงข้อมูลจากแบบจำลองปัจจัยการผลิตและผลผลิตเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ ข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ สถานการณ์จำลองการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งปูนซีเมนต์ การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการผลิตเนื่องจากการรูปแบบที่ใช้ในการขนส่งปูนซีเมนต์ ต้นทุนค่าขนส่งในกระบวนการผลิตและจัดจำหน่ายปูนซีเมนต์ และผลกระทบการจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งปูนซีเมนต์

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา ประกอบด้วย สรุปผลการศึกษา ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย ข้อจำกัดในงานวิจัย และข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์

อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์เป็นอุตสาหกรรมหลักที่สำคัญของการพัฒนาประเทศและมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานขนาดใหญ่ของภาครัฐ (Mega Project) ทั้งนี้นอกจากสถานการณ์ของอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์จะส่งผลกระทบต่อสถานการณ์ในอุตสาหกรรมปลายน้ำที่ใช้ปูนซีเมนต์เป็นวัตถุดิบแล้ว ยังส่งผลกระทบต่อสถานการณ์ของอุตสาหกรรมเหมืองแร่อีกด้วย เนื่องจากในการผลิตปูนซีเมนต์มีการใช้วัตถุดิบแร่ที่สำคัญหลายชนิด

อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง ทั้งในด้านการบริโภคภายในประเทศและการส่งออก เนื่องจากยังมีความต้องการใช้ผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์และวัสดุก่อสร้างในปริมาณมาก หากพิจารณาในด้านการใช้พลังงานอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ถือได้ว่าเป็นอุตสาหกรรมที่มีการใช้พลังงานงานค่อนข้างสูง ทั้งในภาคการผลิต และการขนส่ง ซึ่งมีแนวโน้มที่จะเพิ่มระดับการใช้พลังงานต่อไปตามการขยายตัวของเศรษฐกิจ

โดยในปัจจุบันประเทศไทยมีผู้ประกอบการผลิตปูนซีเมนต์ในประเทศจำนวนทั้งหมด 7 ราย 12 โรงงาน ดังตารางที่ 2-1 ไทยเป็นประเทศผู้ผลิตปูนซีเมนต์รายใหญ่ในอาเซียน โดยมีผลผลิตประมาณ 36.2 ล้านตันต่อปี เป็นรองเพียงอินโดนีเซียและเวียดนาม ซึ่งมีผลผลิตประมาณ 65 ล้านตันต่อปี และ 61 ล้านตันต่อปี ตามลำดับ (ข้อมูลจาก USGS, 2016) ในปัจจุบันประเทศไทยมีผู้ประกอบการผลิตปูนซีเมนต์ในประเทศจำนวนทั้งสิ้น 7 ราย 12 โรงงานโดยผู้ประกอบการรายใหญ่ได้แก่ ปูนซีเมนต์ไทย ปูนซีเมนต์นครหลวง และทีพีไอ โพลีน ซึ่งมีกำลังการผลิตสูงสุดรวมกันกว่าร้อยละ 85 ของกำลังการผลิตปูนซีเมนต์สูงสุดทั้งประเทศ

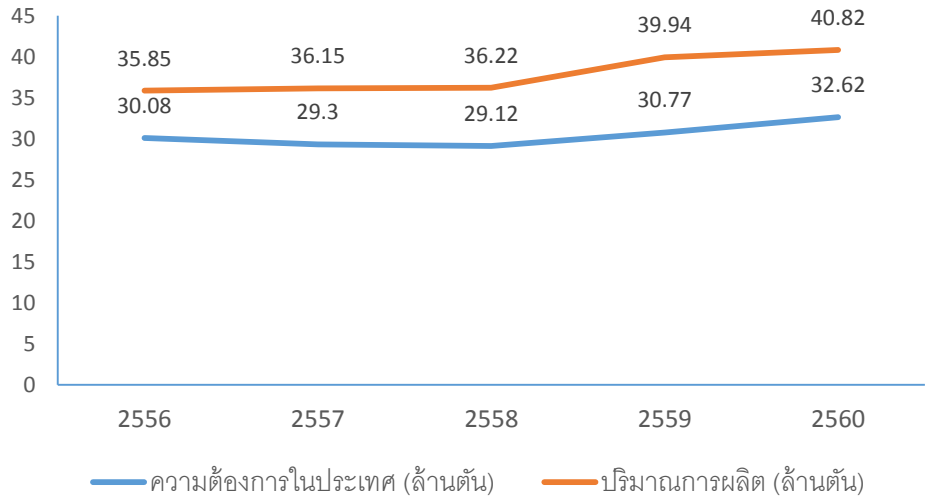
รูปที่ 2-1 แสดงแนวโน้มอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ของไทย โดยคาดว่าจะมีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากผลของการลงทุนโครงสร้างพื้นฐานขนาดใหญ่ของภาครัฐ (Mega project) คาดการณ์ว่า ในปี พ.ศ.2559 ความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ภายในประเทศจะอยู่ที่ระดับ 30.8 ล้านตัน ขยายตัวประมาณร้อยละ 5.6 เมื่อเทียบกับปีก่อน และจะเพิ่มขึ้นเป็น 32.6 ล้านตันหรือขยายตัวร้อยละ 6.0 ในปีถัดไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 2-1 รายชื่อผู้ประกอบการผลิตปูนซีเมนต์ในประเทศไทย

บริษัท	ที่ตั้ง	กำลังการผลิตสูงสุด	
		ซีเมนต์ (ตัน/ปี)	ปูนเม็ด (ตัน/วัน)
1. บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน)	โรงงานท่าหลวง ต.บ้านครัว อ.บ้านหมอ จ.สระบุรี	3,072,000	8,000
1.1 บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย (ท่าหลวง) จำกัด	โรงงานเขาวง ต.เขาวง อ.พระพุทธบาท จ.สระบุรี	3,840,000	10,000
	ต.บ้านป่า อ.แก่งคอย จ.สระบุรี	7,296,000	19,000
	ต.ที่วัง อ.ทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช	6,912,000	18,000
1.2 บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย (แก่งคอย) จำกัด	ต.บ้านสา อ.แจ้ห่ม จ.ลำปาง	2,112,000	5,500
1.3 บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย (ทุ่งสง) จำกัด			
1.4 บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย (ลำปาง) จำกัด			
2. บริษัท ปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด (มหาชน)	โรงงานสระบุรี ตั้งอยู่ที่ ต.ทับกวาง อ.แก่งคอย จ.สระบุรี	14,784,000	38,500
3. บริษัท ทีพีไอ โพลีน จำกัด (มหาชน)	โรงงานสระบุรี ตั้งอยู่ที่ ต.ทับกวาง อ.แก่งคอย จ.สระบุรี	13,000,000	33,500
4. บริษัท ปูนซีเมนต์เอเซีย จำกัด (มหาชน)	โรงงานสระบุรี ตั้งอยู่ที่ ต.พุกร่าง อ.พระพุทธบาท จ.สระบุรี	4,992,000	14,000
5. บริษัท ชลประทานซีเมนต์ จำกัด (มหาชน)	โรงงานตาคลี ตั้งอยู่ที่ อ.ตาคลี จ.นครสวรรค์	1,152,000	3,000
	โรงงานชะอำ ตั้งอยู่ที่ อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี	1,190,400	3,100
6. บริษัท ภูมิใจไทยซีเมนต์ จำกัด	โรงงานสระบุรี ตั้งอยู่ที่ ต.หินซ้อน อ.แก่งคอย จ.สระบุรี	960,000	2,500
7. บริษัท ซีเมนต์ตราลูกโลก จำกัด	โรงงานสระบุรี ตั้งอยู่ที่ อ.เฉลิมพระเกียรติ จ.สระบุรี	844,800	2,200

ที่มา: สมาคมอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ไทย (พ.ศ.2559)



รูปที่ 2-1 ปริมาณการผลิตและความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ภายในประเทศของไทย

ที่มา: สมาคมอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ไทย (พ.ศ.2559)

กระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ เริ่มจากการนำหินปูน หินดินดาน และวัตถุดิบอื่นๆ มาผสม บด และทำให้แห้งเป็นฝุ่นผง (Raw Meal) แล้วจึงนำมาเผาจนเกิดตะกอนในเตากลายเป็นปูนเม็ด สุดท้ายเป็นการผสมปูนเม็ดกับยิบซัม (ในกรณีเป็นปูนซีเมนต์ผสมจะผสมกับหินปูน) ซึ่งปัจจุบันมีการนำระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (MIS) มาใช้ เพื่อช่วยให้จัดการ กระบวนการผลิตปูนซีเมนต์มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนการผลิตหลัก ดังนี้

1) การผลิตฝุ่นผง (Raw Meal): นำหินปูน และหินดินดาน มาย่อยแยกกัน โดยใช้ระดับความเร็วแตกต่างกันไป เพื่อให้มีขนาดลดลงจนมีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 80 มิลลิเมตร วัตถุดิบแต่ละชนิดที่บดแล้วจะถูกลำเลียงแยกกันไป เพื่อนำมาย่อยและกองไว้ และรอส่งเข้าถังเก็บวัตถุดิบ (Raw Material Silos) จากนั้นวัตถุดิบดังกล่าวจะถูกส่งเข้ามาในหม้อบดวัตถุดิบเพื่อผลิตฝุ่นผงที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเพียง 0.2 มิลลิเมตร

2) การย่อยยิบซัม (Gypsum Crushing): ยิบซัมจะถูกบดในเครื่องย่อยให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 30 มิลลิเมตร

3) การเผา (Pyro-processing): ฝุ่นผงจะถูกทำให้แห้งโดยใช้แก๊สร้อนและนำมาบด ก่อนที่จะถูกส่งไปผสมในถังผสมเพื่อให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นจะถูกส่งไปที่หออบความร้อน (Pre-heater Tower) เพื่ออบให้เป็นแคลเซียมออกไซด์ ก่อนจะถูกส่งเข้าเตาเผาแบบหมุน (Rotary Kiln) ผงฝุ่นจะถูกเผาจนเป็นผงและเป็นตะกอนที่อุณหภูมิระหว่าง 1,250-1,450 องศาเซลเซียส จนรวมตัวเกิดเป็นปูนเม็ด

4) การทำให้เย็น (Cooling): ปูนเม็ดจากเตาเผาแบบหมุนจะถูกส่งไปบริเวณห้องเย็น เพื่อทำให้ปูนเม็ดเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว โดยใช้ลมเย็นเป่า ก่อนที่จะถูกส่งไปคลังเก็บปูนเม็ด

5) การบด (Grinding): ปูนเม็ดที่เย็นตัวลงจะถูกนำไปผสมกับยิบซัม และนำไปบดในหม้อบดเพื่อผลิตปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ สำหรับการผลิตปูนซีเมนต์ผสมนั้น จะมีการเติมหินปูนลงไปในปูนเม็ดและยิบซัมก่อนการบด ส่วนปูนซีเมนต์สำเร็จรูป ได้จากการเติมหินปูนบดและส่วนผสมพิเศษลงในปูนซีเมนต์

6) การเก็บรักษา (Storage): ปูนซีเมนต์จะถูกเก็บไว้ในคลังเก็บสินค้าปูนซีเมนต์ภายในโรงงานผลิต

7) การบรรจุภัณฑ์ (Packing): ปูนซีเมนต์จะถูกส่งไปยังหน่วยบรรจุ โดยเป็นการบรรจุแบบอัตโนมัติ ซึ่งปูนซีเมนต์แต่ละถุงจะมีน้ำหนัก 50 กิโลกรัม หลังจากบรรจุแล้ว ปูนซีเมนต์จะถูกเก็บไว้ที่คลังเก็บสินค้าเพื่อรอการขนส่ง ทั้งนี้ ในคลังสินค้าแต่ละแห่งจะมีรถยก เพื่อใช้ขนส่งปูนซีเมนต์ไปยังรถบรรทุกและสถานีรถไฟ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แม้ว่าอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ อันได้แก่ การทำเหมืองหินปูน และโรงงานผลิตปูนซีเมนต์ จะก่อให้เกิดผลกระทบทางด้านบวกต่อประเทศ ทั้งด้านการสร้างงาน/ธุรกิจสำหรับคนในพื้นที่ การผลิตผลิตภัณฑ์และบริการ แต่ก็อาจก่อให้เกิดผลกระทบด้านลบได้เช่นกัน ทั้งผลกระทบด้านทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม และสังคมทั้งทางตรงและทางอ้อม ที่อาจเกิดขึ้นตั้งแต่ขั้นตอนการทำเหมืองหินปูน การผลิตปูนซีเมนต์ รวมทั้งการขนส่ง หากขาดการจัดการสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม หรือไม่ได้ดำเนินการตามแผนการติดตามตรวจวัดอย่างครบถ้วนและรอบด้าน ดังนั้นการประเมินผลกระทบจากอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์จึงมีความสำคัญในการจัดการอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์อย่างยั่งยืน และสามารถบ่งชี้หรือเสนอแนวทางการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้ในอนาคต

2.2 วิธีการศึกษาที่ใช้วิเคราะห์ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างของภาคการขนส่ง

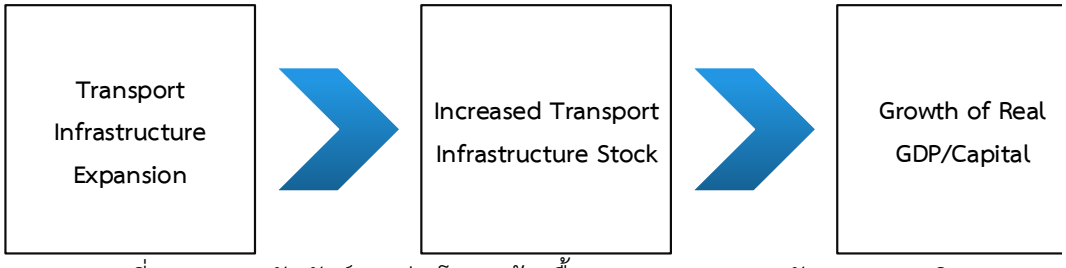
การวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างของภาคการขนส่งด้วยวิธีทางเศรษฐศาสตร์นั้นสามารถจำแนกวิธีการวิเคราะห์หลักๆ ได้ 3 วิธี คือ

1) แบบจำลองเศรษฐศาสตร์มหภาค (Macroeconomic Model)
2) แบบจำลองเศรษฐศาสตร์จุลภาค (Microeconomic Model)
3) การวิเคราะห์ปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Input-Output Analysis)

การพิจารณาวิธีการวิเคราะห์ที่เหมาะสมกับสถานการณ์ที่กำลังพิจารณาอยู่นั้น จำเป็นต้องใช้หลักเกณฑ์ที่เหมาะสม โดย 4 หลักเกณฑ์ต่อไปนี้ได้รับการยอมรับโดยทั่วไปว่า สามารถใช้เป็นเครื่องมือวิเคราะห์และออกแบบการศึกษาที่ดี (Selltiz et al., 1976; Chadwich et al., 1984) ซึ่งประกอบด้วย

1) ความน่าเชื่อถือของผลการศึกษา (Reliability) – วิธีการวิเคราะห์ที่เลือกใช้ต้องให้ผลการวิเคราะห์ที่แม่นยำ และให้ผลเหมือนกันไม่ว่าจะทำซ้ำกี่ครั้ง
2) ความสามารถในการจำแนกผลการวิเคราะห์ออกตามสาขาการผลิต (Sectoral Disaggregation) – ผลกระทบของการประหยัดต้นทุนการขนส่งจะแตกต่างกันไปตามสาขาการผลิตในระบบเศรษฐกิจ ขึ้นอยู่กับอัตราการใช้บริการการขนส่ง (Intensity of transportation use) ดังนั้นวิธีการวิเคราะห์ที่เลือกใช้ต้องสามารถจำแนกผลกระทบในระดับสาขาการผลิตได้
3) ความโปร่งใสและตรวจสอบได้ของแบบจำลอง (Transparency) – วิธีการวิเคราะห์ที่เลือกใช้ต้องให้เหตุผลได้ว่า วิธีการวิเคราะห์ สมมุติฐานของแบบจำลอง และผลการวิเคราะห์มีความสัมพันธ์กันอย่างไร และควรจะทำความเข้าใจได้ง่ายแม้สำหรับบุคคลทั่วไปซึ่งไม่มีพื้นความรู้ด้านนี้มากนัก

4) ปริมาณข้อมูลที่ต้องการใช้เพื่อการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง (Data Requirement) – จำนวนข้อมูลที่ต้องใช้ในการสร้างแบบจำลอง เป็นความท้าทายอย่างหนึ่งของการทำงานวิจัยให้สำเร็จ ดังนั้นวิธีการวิเคราะห์ที่เลือกใช้ต้องสามารถนำมาวิเคราะห์ได้จริงบนพื้นฐานของข้อมูลสาธารณะที่มีอยู่



รูปที่ 2-2 ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างพื้นฐานและการขยายตัวทางเศรษฐกิจ

ที่มา: Lakshmanan and Anderson, (2002)

การพิจารณาความเหมาะสมของวิธีการวิเคราะห์ผลกระทบแต่ละวิธี มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.1 แบบจำลองเศรษฐศาสตร์มหภาค (Macroeconomic Model)

การศึกษาจำนวนมากพยายามที่จะสร้างความเชื่อมโยงระหว่างการลงทุนในระบบโครงสร้างพื้นฐานและสาธารณูปโภคกับการขยายตัวทางเศรษฐกิจ (GDP) โดยหลักการพื้นฐานอธิบายได้ว่า เมื่อมีการขยายตัวของระบบโครงสร้างพื้นฐานและสาธารณูปโภค จะทำให้มีการเพิ่มขึ้นของทุนสะสมด้านสาธารณูปโภค (Infrastructure capital stock) เช่น ถนน ทางรถไฟ ซึ่งจะนำไปสู่การขยายตัวของระบบเศรษฐกิจโดยรวม โดยวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุด คือ การสร้าง Quasi-production function ซึ่งอธิบายว่า สาธารณูปโภคพื้นฐานด้านการขนส่งเป็นตัวแปรที่อัดฉีดเข้าสู่ระบบเศรษฐกิจและวัดผลกระทบของทุนสะสมด้านสาธารณูปโภค ต่อ ภาคการผลิตอื่นๆ (Sturm,1998) ดังแสดงในรูปที่ 2-3

Aschauer (ค.ศ.1989) ใช้ Aggregate Cobb-Douglas production function เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการลงทุนในภาคการขนส่งกับการเติบโตทางเศรษฐกิจในช่วงปี ค.ศ.1949-1985 ของประเทศสหรัฐอเมริกา Graham (2005, 2006) ใช้แบบจำลองเศรษฐศาสตร์มหภาค เพื่อหาความยืดหยุ่นของผลิตภาพการผลิต (Elasticity of productivity) เปรียบเทียบกับมาตรการการรวมกลุ่มของผู้ประกอบการในการขนส่ง (Agglomeration measure) ในสหราชอาณาจักร

ในขณะที่ DFT (2005) และ Banister (2007) โต้แย้งว่า แม้ว่าจะมีการศึกษาจำนวนมากที่พิสูจน์ให้เห็นว่า การลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งจะส่งผลดีต่อเศรษฐกิจโดยรวม แต่ยังคงมีการถกเถียงในเรื่องของ “ระดับ” ของผลกระทบที่เกิดขึ้น

ข้อด้อยหลักของการวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างของภาคการขนส่งด้วยแบบจำลองเศรษฐศาสตร์มหภาค คือ วิธีนี้ไม่สามารถอธิบาย “กลไก” ของความเชื่อมโยงว่าการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างด้านการขนส่ง ส่งผลต่อระบบเศรษฐกิจได้อย่างไร เนื่องจากผู้ออกแบบนโยบายไม่ได้ทำหน้าที่เพียงแค่เลือกที่จะลงทุนในโครงการใดโครงการหนึ่งหรือไม่ แต่จำเป็นต้องตอบคำถามได้ว่า โครงการใดที่ก่อให้เกิดผลตอบแทนทางเศรษฐกิจต่อสังคมได้สูงที่สุด ดังนั้นผู้ออกแบบนโยบายจึงมีความจำเป็นที่จะต้องอธิบายให้ได้ว่า ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่ระบุด้วยแบบจำลองเศรษฐศาสตร์มหภาคเหล่านี้ มีกลไกและที่ไปที่มาอย่างไร (Lakshamanan and Anderson, 2002) อย่างไรก็ตาม แบบจำลองเศรษฐศาสตร์มหภาคก็มีจุดเด่นในฐานะที่เป็นเครื่องมือที่เหมาะสมสำหรับการหา “ระดับการใช้จ่ายของภาครัฐ (Public spending)” ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการลงทุนในโครงสร้างพื้นฐาน

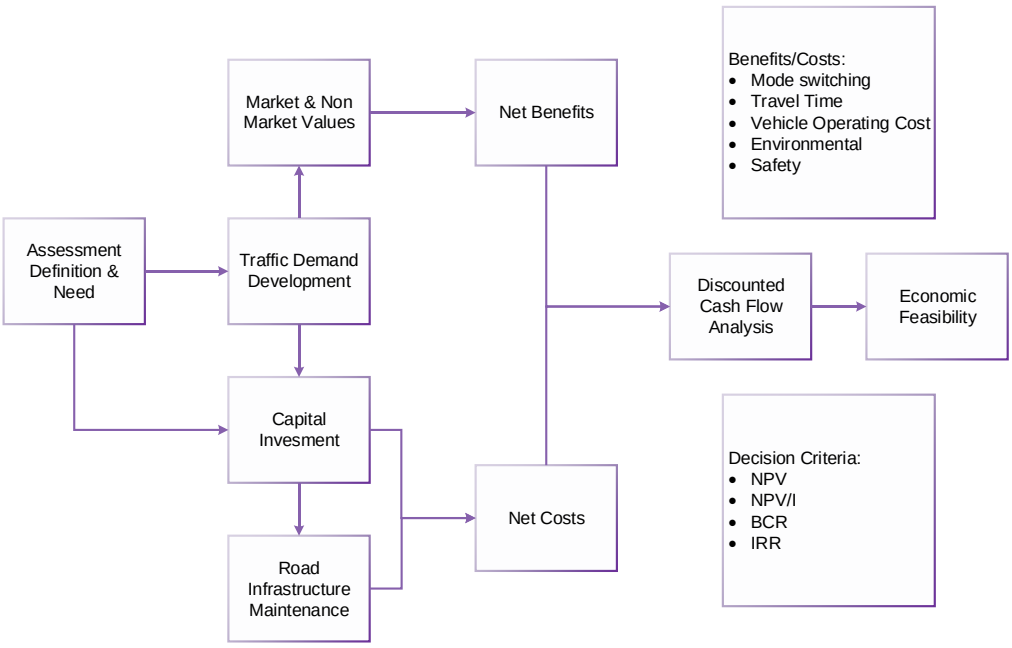
2.2.2 แบบจำลองเศรษฐศาสตร์จุลภาค (Microeconomic Model)

ในทางตรงกันข้ามกับแบบจำลองเศรษฐศาสตร์มหภาค วิธีการวิเคราะห์บนพื้นฐานของเศรษฐศาสตร์จุลภาคจะมุ่งเน้นไปที่การหาความเชื่อมโยงระหว่างการเปลี่ยนแปลงรูปแบบโครงสร้างของภาคการขนส่งกับการเพิ่มผลิตภาพการผลิต (Productivity) ของกระบวนการผลิตใดกระบวนการผลิตหนึ่ง (Specific production unit) เท่านั้น เครื่องมือที่ใช้โดยทั่วไปของเศรษฐศาสตร์จุลภาค คือ เทคนิคการวิเคราะห์ต้นทุนและประเมินความคุ้มค่าของโครงการ (Cost Benefit Analysis: CBA) ซึ่งในปัจจุบันมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในการประเมินโครงการลงทุนด้านการขนส่งเพื่อให้แน่ใจว่าโครงการลงทุนนั้นเป็นการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ (Nash, 1993; Keegan et al., 2007)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นจากการลงทุนด้านการขนส่งเกิดขึ้นจากสาเหตุหลัก คือ การลดเวลาในการเดินทางของทั้งผู้โดยสารและการขนส่งสินค้า ซึ่งคำนวณได้โดยการใช้แบบจำลองความต้องการเดินทาง (Travel demand analysis) ผลประโยชน์ที่เกิดจากการลดระยะเวลาในการเดินทางและการปรับปรุงประสิทธิภาพการขนส่งด้านอื่นๆ (เช่น ความปลอดภัยของผู้โดยสารและสินค้า การลดต้นทุนการดำเนินงานของผู้ประกอบการในภาคการขนส่ง) จะถูกแปลงเป็นมูลค่าทางการเงิน (ดูรูปที่ 2-4 ประกอบ) ซึ่งถือเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้โดยตรง (Direct user benefits) และถูกใช้เป็นองค์ประกอบหลักของการวิเคราะห์แบบ CBA (Lakshmanan และ Anderson, 2002)

เทคนิคการวิเคราะห์ต้นทุนและประเมินความคุ้มค่าของโครงการ (CBA) ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายสำหรับใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินผลกระทบทางเศรษฐกิจของโครงการลงทุนด้านการขนส่งและคมนาคม เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่ดีที่สุดอย่างหนึ่ง ในการประเมินว่าสังคมจะดีขึ้นในเชิงเศรษฐกิจหรือไม่เมื่อมีโครงการนั้นๆ เกิดขึ้น จุดเด่นของ CBA คือ ไม่เพียงจะจะใช้เป็นเครื่องมือใน



รูปที่ 2-4 กระบวนการมาตรฐานของการวิเคราะห์แบบ Coat-benefit Analysis

ที่มา: VIC Department of Transport, (2010)

การประเมินโครงการใดโครงการหนึ่งเท่านั้น แต่ยังสามารถใช้ “เปรียบเทียบ” หรือ “จัดอันดับ” ความสำคัญของทางเลือกโครงการที่พิจารณาอยู่ได้อีกด้วย (Brent, 1996) สำหรับจุดด้อยของ CBA ก็คือ อาจทำให้เกิดการประเมินผลกระทบโครงการในทางบวก “เกิดจริง” ได้ขึ้นกับเจตนาของผู้ประเมิน (Belli et al., 2001) เนื่องจาก CBS ไม่ได้คำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นกับทั้งระบบเศรษฐกิจในวงกว้าง นอกเหนือไปจากผลประโยชน์ทางตรงที่ผู้ใช้ได้รับจากโครงการลงทุน นอกจากนี้ ผลการประเมินโครงการด้วย CBA ยังอ่อนไหวต่อค่าอัตราลดทอน (Discount rate) ที่เลือกใช้ในการแปลงผลประโยชน์และต้นทุนของโครงการให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน (Present value) และระยะเวลาโครงการที่พิจารณาในการประเมินโครงการ (Analysis period) อีกด้วย CBA มีแนวโน้มที่จะเลือกแบบเอนเอียง (Bias) ไปกับโครงการที่ให้ผลตอบแทนได้เร็ว เช่น การก่อสร้างทางด่วน มากกว่าโครงการที่ให้ประโยชน์ในระยะยาว เช่น การลงทุนในระบบราง (TCRP, 1998)

เหตุผลต่างๆ เหล่านี้ ต่างสนับสนุนว่า CBA เป็นเครื่องมือที่เป็นประโยชน์ต่อการประเมินโครงการและจัดอันดับหรือเลือกโครงการเพื่อลงทุน แต่ก็ยังมีจุดบกพร่องในหลายประการ อันเนื่องมาจากการยึดติดอยู่กับระเบียบวิธีที่เคร่งครัด (Strict methodological coherence) ที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามสถานการณ์จริง

2.2.3 การวิเคราะห์ปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Input-Output Analysis)

แนวคิดของการวิเคราะห์โดยวิธี Input-Output Analysis (IOA) ได้รับการเสนอขึ้นครั้งแรกโดย Wassily Leontief นักเศรษฐศาสตร์ชาวรัสเซีย (Leontief, 1966) ซึ่งนับเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์มหภาคที่ได้รับความสนใจและนำมาประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวาง โดยนักเศรษฐศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์สาขาอื่นๆ รวมทั้งถูกนำมาเป็นฐานในการพัฒนาแบบจำลองสำหรับการศึกษาความต้องการในการใช้พลังงานของระบบเศรษฐกิจ (Chapman 1974; Bullard and Herendeen, 1975) ซึ่งต่อมาได้มีการพัฒนาต่อเนื่องเป็นแบบจำลองสำหรับการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคการผลิต (Common and Salma, 1992; Gay and Proops, 1993; Suksuntornsiri and Limmeechokchai, 2005; Limmeechokchai and Suksuntornsiri, 2007; Peter and Herwich, 2008)

การวิเคราะห์ปัจจัยการผลิตและผลผลิต (IOA) พัฒนาขึ้นจากแนวความคิดที่ว่า ในกระบวนการผลิตสินค้าหรือบริการแต่ละประเภท มีความจำเป็นที่จะต้องมีการใช้สินค้าและบริการต่างๆ มาเป็นปัจจัยการผลิต (Input) ของกระบวนการผลิตเหล่านั้น และในขณะเดียวกัน ผลผลิต (Output) ของภาคการผลิตแต่ละประเภท นอกจากจะใช้เพื่อการตอบสนองต่อความต้องการในการบริโภคขั้นสุดท้ายของระบบเศรษฐกิจ (Final demand) แล้วยังจะต้องมีส่วนหนึ่งที่ต้องกลายไปเป็นปัจจัยการผลิตขั้นกลาง (Intermediate input) สำหรับสนับสนุนกระบวนการผลิตสินค้าและบริการประเภทอื่นๆ อีกด้วย

โดยทั่วไปวิธีการวิเคราะห์ปัจจัยการผลิตและผลผลิต (IOA) จะถูกใช้เพื่ออธิบายผลกระทบต่อปริมาณการผลิตของทั้งระบบเศรษฐกิจอันเป็นผลมาจากการเพิ่มของอุปสงค์ (Demand) หรือการบริโภค (Consumption) ในสาขาการผลิตหนึ่งๆ ผ่านความเชื่อมโยงระหว่างสาขาการผลิตต่างๆ ตัวอย่างเช่น การลงทุนก่อสร้างระบบคมนาคม (Transport facility construction) จะก่อให้เกิดการเพิ่มขึ้นของการผลิต การบริโภค และการจ้างงานในสาขาการผลิตที่ป้อนสินค้าเพื่อเป็นปัจจัยของอุตสาหกรรมการก่อสร้าง เช่น เหล็กแปรรูป หิน ดิน ทราย กระจก เป็นต้น Input ที่ใส่ในแบบจำลองยังรวมถึง มูลค่าการใช้จ่าย (Spending) ของสาขาการผลิตอื่นๆ ที่เกี่ยวเนื่องกับการก่อสร้าง ดำเนินการ และบำรุงรักษาระบบคมนาคมขนส่งที่เกิดขึ้นใหม่นี้ด้วย โดยแบบจำลองจะให้ค่า Output เป็นผลการประเมินผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมที่เกิดกับทุกๆ สาขาการผลิตในระบบเศรษฐกิจ

นอกจากนี้ แบบจำลองปัจจัยการผลิตและผลผลิต (IOA) ยังสามารถใช้ประเมินผลกระทบของการ “ลดต้นทุนการเดินทาง” ว่าส่งผลต่อเศรษฐกิจทั้งระบบอย่างไรได้อีกด้วย สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลในลักษณะนี้ Input คือ มูลค่าของต้นทุนการเดินทางที่ประหยัดได้ (Travel cost saving) จากโครงการลงทุนด้านการคมนาคมขนส่ง ซึ่งประเมินจากระยะเวลาการเดินทางที่ลดลง ความปลอดภัย

ในการเดินทางที่เพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการดำเนินการ (Strathman, 1987 และ Forkenbrock et al., 1990)

จุดเด่นของเทคนิคการวิเคราะห์ด้วย IOA คือ การใช้งานที่ง่าย ไม่ซับซ้อน และความโปร่งใสตรวจสอบได้ของแบบจำลอง นอกจากนี้ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์ยังมีอยู่แล้วในแทบทุกประเทศทั่วโลก เนื่องจากหน่วยงานสถิติภาครัฐมีหน้าที่จัดทำตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Input-Output Table) เป็นระยะๆ อยู่เสมอ ข้อดีอีกจุดหนึ่งคือ IOA เป็นแบบจำลองที่ทำให้เห็นภาพรายละเอียดของระบบเศรษฐกิจ ฯ เวลาใดเวลาหนึ่ง และสามารถใช้วิเคราะห์ผลกระทบในระดับสาขาการผลิตต่างๆ ได้ ยิ่งกว่านั้น IOA เป็นวิธีวิเคราะห์ซึ่งมีความ “เป็นกลาง” ทางการเมืองและอุดมการณ์ความเชื่อต่างๆ (Foran et al., 2005) เนื่องจากจะไม่มีเงื่อนไขเชิงพฤติกรรมใดๆ ในแบบจำลองเลย ทั้งในส่วนของปัจเจคบุคคล ผู้ประกอบการ หรือแม้กระทั่งภาครัฐ

อย่างไรก็ตาม ในฐานะของระเบียบวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบทางเศรษฐกิจนั้น ความสะดวกในการใช้งานของ IOA ก็ตั้งอยู่บนพื้นฐานของเงื่อนไขและข้อจำกัดบางประการ โดยข้อจำกัดที่สำคัญประการหนึ่งคือ “สมมุติฐานค่าสัมประสิทธิ์คงที่” ซึ่งแสดงถึงโครงสร้างทางอุตสาหกรรมที่จะไม่เปลี่ยนแปลงแม้ว่าสถานการณ์ทางเศรษฐกิจจะเปลี่ยนไป อีกหนึ่งข้อจำกัดที่สำคัญ คือ “การขาดเงื่อนไขบังคับด้านอุปทาน” (Supply-side constraint) ซึ่งหมายรวมถึง ปริมาณปัจจัยการผลิตที่มีอยู่อย่างจำกัด เช่น แรงงานมีฝีมือ ทรัพยากรธรรมชาติ ที่ดิน เป็นต้น โดยปกติแล้ว “ราคา” จะเป็นเครื่องมือในการกำหนดพฤติกรรมการบริโภคของทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภค แต่ใน IOA ซึ่งการปรับตัวทั้งหมดเกิดขึ้นในรูปของการเปลี่ยนแปลงเชิง “ปริมาณ” เท่านั้น การปรับตัวจากผลของราคาดังกล่าวจึงถูกกำหนดให้ไม่เกิดขึ้นในแบบจำลอง (West 1995 และ 2005) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากความครอบคลุมครบถ้วนและง่ายต่อการทำความเข้าใจระบบเศรษฐกิจที่ซับซ้อน จึงทำให้ IOA เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ทางสถิติที่สำคัญอันหนึ่งที่ประเทศต่างๆ ในโลกนี้ใช้กันอย่างแพร่หลายมาเป็นเวลานาน (Foran et al., 2005)

จากการพิจารณาเครื่องมือวิเคราะห์ผลกระทบทางเศรษฐกิจ (Economic impact assessment) ข้างต้น จะเห็นได้ว่า แต่ละวิธีต่างก็มีทั้งข้อดีและข้อเสียทั้งสิ้น โดยสามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 2-2 ตามหลักเกณฑ์การประเมินที่เหมาะสม 4 ข้อ ซึ่งอธิบายไว้ข้างต้น

จากตาราง 2-2 สามารถสรุปได้ว่า IOA เป็นวิธีวิเคราะห์ซึ่งผ่านหลักเกณฑ์การประเมินทั้ง 4 ข้อ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

- IOA สามารถใช้วิเคราะห์ผลกระทบจากโครงการลงทุนในภาคการขนส่งได้ทั้งในระดับมหภาค และรายสาขาการผลิต เช่น ระดับการจ้างงาน รายได้ครัวเรือน และผลิตภาพการ

ตารางที่ 2-2 คุณสมบัติสำคัญของวิธีการศึกษาที่ใช้วิเคราะห์ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างของภาคการขนส่ง

เกณฑ์การพิจารณา	Cost-Benefit Analysis	Macro Model	I-O Analysis
ความน่าเชื่อถือของผลการศึกษา (Reliability)	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง
การจำแนกผลการวิเคราะห์รายสาขาการผลิต (Sectorial Disaggregation)	ไม่มี	ไม่มี	มี
ความโปร่งใสและตรวจสอบได้ของแบบจำลอง (Transparency)	ปานกลาง/สูง	ต่ำ	ปานกลาง/สูง
ปริมาณข้อมูลที่ต้องการ (Data Requirement)	ปานกลาง	ปานกลาง/สูง	ปานกลาง

ที่มา: Wang and Charles (2010)

ผลิตรายสาขา นอกจากนี้ IOA ยังใช้ได้กับแทบทุกประเทศทั่วโลก ในปีฐาน (Base year) ใดๆ ก็ได้ เนื่องจากแทบทุกประเทศมีการจัดทำและเผยแพร่ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Input-Output Table) เป็นประจำ สม่ำเสมอ โดยหน่วยงานด้านสถิติของภาครัฐ

- IOA เป็นเครื่องมือที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ผลกระทบในระดับสาขาการผลิต โดยผู้ใช้งานสามารถแตกย่อยสาขาการผลิตเพิ่มเติมได้ตามที่ต้องการ (หากมีข้อมูลเพียงพอ)
- รายละเอียดของแบบจำลอง IOA ไม่ซับซ้อนจนเกินไป และการตีความผลจากแบบจำลองก็ทำได้ไม่ยากนัก
- ปริมาณข้อมูลที่ต้องการสำหรับ IOA ก็เป็นข้อได้เปรียบเหนือวิธีการวิเคราะห์แบบอื่นๆ เช่นกัน เนื่องจากใช้ข้อมูลที่มีอยู่แล้วจากหน่วยงานด้านสถิติของภาครัฐ

ดังนั้นการศึกษาวิจัยนี้จึงเลือกวิธีการวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างด้านการขนส่งด้วยวิธีการวิเคราะห์ปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Input-Output Analysis) ภายใต้ข้อจำกัดที่ระบุข้างต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3 การทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 การใช้แบบจำลองปัจจัยการผลิตและผลผลิตเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนรูปแบบการขนส่ง

Masui และ Yurimoto (2000) ศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับผลกระทบของการเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งต่อการลดสารปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมให้ต่ำที่สุด โดยมุ่งเน้นศึกษาเฉพาะแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) โดยวิเคราะห์โครงสร้างการหมุนเวียนของพลังงานของการขนส่งสินค้าด้วยปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Input-Output Analysis) วัตถุประสงค์ของแบบจำลองที่เลือกใช้คือ ลดการปลดปล่อยแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ให้ต่ำที่สุดจาก (1) กระบวนการขนส่งสินค้า (2) กระบวนการขนส่งพลังงาน และ (3) กระบวนการผลิต (4) แหล่งพลังงานปฐมภูมิ ภายใต้เทคโนโลยีและปริมาณการขนส่งในปัจจุบันของญี่ปุ่น โดยผลรวมการใช้พลังงานในแบบจำลองแบ่งเป็น (1) ปริมาณพลังงานที่ถูกใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตของสาขาการผลิตต่างๆ (2) ปริมาณพลังงานที่ใช้ในกระบวนการขนส่งสินค้า (3) ปริมาณที่ถูกบริโภคในครัวเรือน และ (4) ปริมาณที่สูญเสียไปในกระบวนการผลิตพลังงานขั้นสุดท้าย ผลการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งสามารถลดการปล่อยแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ในภาคการขนส่งของญี่ปุ่น สามารถลดลงได้ประมาณร้อยละ 30 เมื่อเทียบกับระดับในปัจจุบัน

Tsukui และ Nakamura (2010) ศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งขยะของญี่ปุ่นโดยใช้ ตาราง IR-WIO (Interregional waste input-output) เพื่อเสนอแนะนโยบายในการจัดการระบบการขนส่งขยะและเลือกรูปแบบการขนส่งที่มีประสิทธิภาพ มีต้นทุนต่ำ ลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ลดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมรวมทั้งแก๊สเรือนกระจก ซึ่งถือเป็นหนึ่งในประเด็นสำคัญเร่งด่วนในการปรับปรุงประสิทธิภาพการกำจัดขยะและการรีไซเคิล เพื่อนำไปสู่สังคมปลอดขยะ (Zero-Waste Society) ทั้งนี้มีการคาดการณ์ว่าการเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งจากทางถนนและทางอากาศเป็นทางรางและทางเรือ ถือเป็นหนึ่งในวิธีที่มีประสิทธิภาพในการจัดการกับปัญหาดังกล่าว ในการศึกษานี้ Tsukui และ Nakamura (2010) ได้สร้างแบบจำลอง IR-WTM (Interregional waste transport model) ขึ้นเพื่อใช้งานร่วมกับตาราง IR-WIO โดยแบบจำลอง IR-WTM ที่สร้างขึ้นนี้ยังสามารถใช้กับการวิเคราะห์ผลกระทบของการขนส่งโดยทั่วไปนอกเหนือจากการขนส่งขยะได้อีกด้วย ผลการศึกษาไม่เพียงแค่สามารถวิเคราะห์ผลกระทบโดยตรงของการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งต่อต้นทุนด้านพลังงาน ปริมาณการใช้พลังงานและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเท่านั้น แต่ยังสามารถประมาณการผลกระทบทางอ้อมอื่นๆ ต่อระบบเศรษฐกิจโดยรวมจากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้ด้วย

Kim และ Hur (2016) ใช้แบบจำลอง Energy Multi-Region Input-Output Model ซึ่งแบ่งสาขาการผลิตออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ สาขาที่เกี่ยวข้องกับพลังงานและสาขาอื่นๆ และใช้แบบจำลองดังกล่าวเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบ การขับเคลื่อนนโยบายส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฟฟ้าต่อการ

ใช้พลังงานทั้งระบบและการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับภูมิภาค โดยพิจารณาผลกระทบจากปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นของรถยนต์ไฟฟ้าทั้งทางตรงและทางอ้อม รวมทั้งกระบวนการผลิตไฟฟ้าที่แตกต่างกันหลายรูปแบบซึ่งจะมีการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่แตกต่างกัน ทั้งนี้โครงสร้างการผลิตและการบริโภคไฟฟ้าในเกาหลีใต้มีสภาวะที่ไม่สมดุลกันระหว่างภูมิภาค จึงทำให้ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของนโยบายดังกล่าวแตกต่างกันไปตามภูมิภาค

2.3.2 **การใช้แบบจำลองปัจจัยการผลิตและผลผลิตเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของภาคการขนส่งต่อสาขาการผลิตอื่นๆ**

Chiu และ Lin (2012) ใช้แบบจำลองปัจจัยการผลิตและผลผลิตเพื่อศึกษาผลกระทบของภาคการขนส่งต่อภาพรวมเศรษฐกิจของประเทศไต้หวัน โดยใช้ข้อมูลในการวิเคราะห์ตั้งแต่ปี ค.ศ.1991-2006 ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าอุตสาหกรรมการขนส่งในประเทศไต้หวันมีอิทธิพลต่อสาขาการผลิตอื่นๆ ผ่านโครงสร้างการนำเข้าปัจจัยการผลิต (Backward Linkage) มากกว่าการที่อุตสาหกรรมขนส่งถูกใช้เป็นปัจจัยการผลิตของสาขาการผลิตอื่นๆ (Forward Linkage) การขนส่งทางบกช่วยสนับสนุนสาขาการผลิตอื่นๆ ในประเทศได้มากกว่ารูปแบบการขนส่งอื่นๆ โดยเปรียบเทียบ นอกจากนี้การศึกษานี้ยังศึกษาผลกระทบของสาขาการขนส่งต่อสาขาการผลิตอื่นๆ โดยสร้างสถานการณ์จำลอง 3 รูปแบบ คือ (1) การเพิ่มขึ้นของอุปสงค์ขั้นสุดท้ายด้านการขนส่ง (2) การขาดแคลนอุปทานด้านการขนส่ง และ (3) ผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงราคาของสาขาการขนส่ง ผลการศึกษาที่น่าสนใจคือ

- การขนส่งทางบกมีผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นของผลผลิตในสาขาการผลิตอื่นๆ (Production-Inducing Effect) มากที่สุด ในขณะที่การขนส่งทางน้ำส่งผลกระทบน้อยที่สุด แม้ว่าอุตสหกรรมการขนส่งทางเรือในไต้หวันจะมีความก้าวหน้าอย่างมากก็ตาม
- กิจการคลังสินค้ามีผลกระทบในกรณีการขาดแคลนอุปทานสูงที่สุด เนื่องจากบทบาทที่เพิ่มขึ้นของระบบบริหารโลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทานต่อการดำเนินธุรกิจและการพัฒนาระบบเศรษฐกิจของประเทศ
- ผลกระทบการเพิ่มขึ้นของต้นทุนการขนส่งมีไม่มากนัก ยกเว้นการขนส่งทางถนน
- การขนส่งทางน้ำมีผลกระทบด้านการจ้างงานสูงสุด ตามด้วยการขนส่งทางอากาศและกิจการคลังสินค้า

Wang และ Charles (2012) พยายามตอบข้อโต้เถียงว่าการลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานด้านคมนาคมของรัฐบาลออสเตรเลียมีความคุ้มค่าหรือไม่ โดยการประเมินผลตอบแทนทางเศรษฐกิจเปรียบเทียบกับต้นทุนของโครงการลงทุนด้านคมนาคม โดยใช้ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของออสเตรเลียในปี ค.ศ.2005 เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิเคราะห์และแบ่งการลงทุนด้านคมนาคม

ออกเป็น 4 ด้านคือ (1) ทางถนน (2) ทางราง (3) ทางน้ำ และ (4) ทางอากาศ โดยมีการวิเคราะห์ใน 2 มิติคือ (1) ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงราคาบริการการขนส่งรูปแบบต่างๆ และ (2) ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาณจากความต้องการบริโภคบริการการขนส่ง ผลการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงของราคาผลผลิตของสาขาการผลิตต่างๆ แตกต่างกันตามความมากน้อยของสัดส่วนต้นทุนด้านการขนส่งของสาขาการผลิตนั้นๆ โดยสาขาการผลิตที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรธรรมชาติและพลังงาน (Resource and Energy Sectors) เช่น สาขาเหมืองแร่ ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมี และการผลิตไฟฟ้า จะอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงราคาของการขนส่งทางรางและการขนส่งทางน้ำ ในขณะที่สาขาเกษตรกรรมโดยเฉพาะอาหาร ป่าไม้ และปศุสัตว์ จะอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงราคาของการขนส่งทางบก ในด้านผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงอุปสงค์นั้น พบว่าการเพิ่มขึ้นของอุปสงค์ขั้นสุดท้าย 1 หน่วยของการขนส่งทางถนน, ทางราง, ทางน้ำ และทางอากาศ โน้มนำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของผลผลิตในระบบเศรษฐกิจโดยรวมเท่ากับ 2.898, 2.957, 2.939 และ 2.547 เท่า ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 3
วิธีการศึกษาและดำเนินงานวิจัย

3.1 หลักการทั่วไปของแบบจำลองปัจจัยการผลิตและผลผลิต

ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Input-Output Table: IOT) คือ ตารางที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการผลิตและการใช้ผลผลิต ทั้งที่ในรูปของการบริโภคขั้นสุดท้าย และที่ใช้ไปเพื่อการบริโภคขั้นกลาง การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของระบบเศรษฐกิจ โดยใช้ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต จะแสดงถึงความสัมพันธ์เชื่อมโยงระหว่างอุตสาหกรรมการผลิต หรือสาขาการผลิตต่างๆ ทั้งหมดในระบบเศรษฐกิจเข้าไว้ด้วยกัน เพื่อแสดงมูลค่าหรือระดับการผลิตของอุตสาหกรรมต่างๆ ภายในระบบเศรษฐกิจใดเศรษฐกิจหนึ่ง ที่ตอบสนองความต้องการโดยรวมที่เกิดขึ้นในระบบเศรษฐกิจนั้น

เนื่องจากบัญชีประชาชาติ (System of National Account: SNA) ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดทำตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตนั้น ต้องมีการจัดทำเป็นอย่างดีและเกิดสมดุลระหว่างรายรับรายจ่ายเสมอ จึงมั่นใจได้ว่าข้อมูลจากตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตนั้นน่าเชื่อถือและเชื่อมโยงกับข้อมูลมหภาคอื่นๆ ของทั้งระบบเศรษฐกิจ

แบบจำลองปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Input-Output Analysis: IOA) เป็นวิธีการที่จะแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างการผลิตกับปัจจัยการผลิตขั้นต้น (primary factors) การหมุนเวียนของสินค้าขั้นกลาง (Intersectoral flows) อุปสงค์ขั้นสุดท้าย (final demands) และการแลกเปลี่ยนสินค้า (transfers) ซึ่งเชื่อมโยงสาขาการผลิตต่างๆ ในระบบเศรษฐกิจทั้งหมดเข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ ดังแสดงในตารางที่ 3-1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3-1 แบบจำลองปัจจัยการผลิตและผลผลิต

สาขาการผลิต	สาขาการผลิต					อุปสงค์ขั้นสุดท้าย	มูลค่าผลผลิตรวม
	1	⋯	j	⋯	n		
1	z_{11}	⋯	z_{1j}	⋯	z_{1n}	f_1	x_1
2	z_{21}	⋯	z_{2j}	⋯	z_{2n}	f_2	x_2
⋮	⋮	⋱	⋮	⋱	⋮	⋮	⋮
n	z_{n1}	⋯	z_{nj}	⋯	z_{nn}	f_n	x_n
มูลค่าเพิ่ม	v_1	⋯	v_j	⋯	v_n		

กำหนดให้ z_{ij} คือ มูลค่าของผลผลิตของอุตสาหกรรม $i=1,2,\ldots,n$ ซึ่งถูกใช้ไปเป็นปัจจัยการผลิตขั้นกลาง (intermediate input) สำหรับการผลิตของอุตสาหกรรม $j=1,2,\ldots,n$ เมื่อ n คือ จำนวนสาขาการผลิตทั้งหมดที่พิจารณาในระบบเศรษฐกิจ

f_i คือ มูลค่าการบริโภคขั้นสุดท้าย (Final demands) รวมของผลผลิตของอุตสาหกรรม i

x_i คือ มูลค่ารวมของผลผลิต (Total output) ของอุตสาหกรรม i

ความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่ารวมของผลผลิตของอุตสาหกรรมหรือสาขาการผลิตหนึ่งๆ กับการบริโภคปัจจัยการผลิตขั้นกลาง และการบริโภคขั้นสุดท้าย (พิจารณาตามแนวนอนของตารางที่ 3-1) อธิบายได้ดังแสดงในสมการที่ (3-1) ซึ่งหมายความว่า ผลรวมของอุปสงค์ทั้งหมดของผลผลิตจากสาขาการผลิตหนึ่งๆ ต้องเท่ากับอุปทานรวมในระบบจากสาขาการผลิตนั้น

$$x_i = z_{i1} + \cdots + z_{ij} + \cdots + z_{in} + f_i = \sum_{j=1}^{n} z_{ij} + f_i \qquad (3\text{-}1)$$

เมื่อใช้ อักษรตัวพิมพ์เล็กแบบตัวหนา แทน เวคเตอร์แนวตั้ง (Column vector) ของตัวแปร และ อักษรตัวพิมพ์ใหญ่แบบตัวหนา แทน เมตริกซ์ (Matrix) ของตัวแปร เช่น

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}, \ \mathbf{Z} = \begin{bmatrix} z_{11} & \cdots & z_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{n1} & \cdots & z_{nn} \end{bmatrix} \text{ และ } \mathbf{f} = \begin{bmatrix} f_1 \\ \vdots \\ f_n \end{bmatrix}$$

เราจะสามารถเขียนสมการที่ (3-1) ในรูปของความสัมพันธ์แบบพีชคณิตเชิงเส้น (Linear algebra) ได้ดังแสดงในสมการที่ (3-2)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

$$\mathbf{x} = \mathbf{Z}\mathbf{i} + \mathbf{f} \qquad (3\text{-}2)$$

เมื่อ $\mathbf{i}$ แทนเวคเตอร์แนวตั้งที่มีสมาชิกทั้งหมดเป็น 1 มีขนาดเท่ากับจำนวนสาขาการผลิตทั้งหมดในระบบเศรษฐกิจที่พิจารณา (ในกรณีนี้เท่ากับ n)

ทั้งนี้ องค์ประกอบของการบริโภคขั้นสุดท้าย ประกอบด้วย การบริโภคของภาคครัวเรือน, การลงทุนในภาคเอกชน, การบริโภคของภาครัฐและการส่งออก

โดยสมมุติฐานของแบบจำลองตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต (IOA) มีดังนี้

- วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถูกสมมุติว่าเหมือนกันหมด หากอยู่ในภาคการผลิตเดียวกันและไม่เหมือนกันในภาคการผลิตอื่น

- ในช่วงเวลาระยะสั้น (ไม่เกิน 3-5 ปี) วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถูกสมมุติว่าถูกใช้ในปริมาณที่เป็นสัดส่วนคงที่ ไม่มีการประหยัดต่อขนาด (Economy of scale) เกิดขึ้น ไม่สามารถเอาวัตถุดิบอื่นมาทดแทนได้ (Non-substitutability) ด้วยเหตุนี้ราคาจึงคงที่เสมอ (Fixed price) นอกจากนั้นยังกำหนดให้ไม่มีการว่างงาน ดังนั้นเมื่ออุปสงค์เพิ่มขึ้นจึงนำไปสู่การจ้างงานที่เพิ่มขึ้นโดยอัตโนมัติ

จากสมมุติฐานข้างต้น สามารถหาสัมประสิทธิ์ความต้องการสินค้าขั้นกลาง (Intermediate input coefficient) ได้ดังแสดงในสมการที่ (3-3) ซึ่งอธิบายได้ว่า สัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสินค้าต่อหน่วยมีค่าคงที่

$$a_{ij} = \frac{z_{ij}}{x_j} \tag{3-3}$$

กล่าวคือ เทคโนโลยีการผลิต (Production function) ภายใต้แบบจำลองตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต (IOA) อธิบายได้ด้วยฟังก์ชั่นแบบ Leontief production function ดังแสดงในสมการที่ (3-4)

$$x_j = \min\left(\frac{z_{1j}}{a_{1j}}, \frac{z_{2j}}{a_{2j}}, \cdots, \frac{z_{nj}}{a_{nj}} \right) \tag{3-4}$$

เมื่อแทนสมการที่ (3-3) ในสมการ (3-1) จะอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่าผลผลิตรวม (Total output, x_i) ของสาขาการผลิตต่างๆ ว่ามีความเชื่อมโยงกันอย่างไร ดังแสดงในสมการที่ (3-5)

$$x_i = a_{i1}x_1 + \cdots + a_{ii}x_i + \cdots + a_{in}x_n + f_i = \sum\nolimits_j a_{ij}x_j + f_i \tag{3-5}$$

กำหนดให้ สัญลักษณ์ “^” (อ่านว่า hat) แทนการสร้างเมทริกซ์ทแยงมุม (Diagonal matrix) ขนาด $n \times n$ จากเวคเตอร์ขนาด n จะสามารถแทนสมการที่ (3-3) และ (3-5) ในรูปพีชคณิตเชิงเส้น (Linear algebra) ได้ตามสมการที่ (3-6) และ (3-7) ตามลำดับ

$$\mathbf{A} = \mathbf{Z}\hat{\mathbf{x}}^{-1} \text{ หรือ } \mathbf{Z} = \mathbf{A}\hat{\mathbf{x}} \tag{3-6}$$

$$\mathbf{x} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{f} \tag{3-7}$$

กำหนดให้ $\mathbf{I}$ แทน เมทริกซ์เอกลักษณ์ (Identity matrix) ขนาด $n \times n$ ซึ่งมีสมาชิกบนแนวเส้นทแยงมุมเป็น 1 และ 0 ในตำแหน่งอื่น สมการที่ (3-7) จะจัดเรียงใหม่ได้ดังแสดงในมาการที่ (3-8)

$$(\mathbf{I} - \mathbf{A})\mathbf{x} = \mathbf{f} \tag{3-8}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กำหนดให้ $\mathbf{L} = \mathbf{I} - \mathbf{A}^{-1}$ คือ เมทริกซ์ส่วนกลับของ $(\mathbf{I} - \mathbf{A})$ หรือเรียกว่า “Leontief Inverse” ดังนั้นเราจะสามารถหามูลค่าของผลผลิตรวม (Total output) จากมูลค่าของการบริโภคขั้นสุดท้าย (Final demand) ได้ดังแสดงในสมการที่ (3-9)

$$\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{f} = \mathbf{L}\mathbf{f} \tag{3-9}$$

สมการที่ (3-9) จะถูกนำมาใช้เป็นจุดตั้งต้นของงานวิจัยนี้ โดยการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับการบริโภคขั้นสุดท้าย ($\mathbf{f}$) หรือเทคโนโลยีการผลิต (Production function) ซึ่งอธิบายด้วยค่าสัมประสิทธิ์ความต้องการสินค้าขั้นกลาง (Intermediate input coefficient) ที่เปลี่ยนแปลงไป จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าผลผลิตในแต่ละสาขาการผลิตตามมา และนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงของความต้องการด้านพลังงานและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังจะอธิบายต่อไป

3.2 ตัวคูณทวี (Multiplier)

ตัวคูณทวี (Multiplier) คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่อธิบายผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อระบบเศรษฐกิจจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยภายนอก (Exogenous changes) โดยเฉพาะในรูปของการเปลี่ยนแปลงอุปสงค์ขั้นสุดท้าย 1 หน่วย โดยผลกระทบที่เกิดขึ้นแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

- ผลกระทบเริ่มต้น (Initial effect) คือ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นโดยตรงจากปัจจัยภายนอกที่สร้างผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจ
- ผลกระทบทางตรง (Direct effects) คือ มูลค่าของปัจจัยการผลิตที่สาขาการผลิตต่างๆ ต้องใช้ในกระบวนการผลิตสินค้าหรือบริการเพื่อตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงภายนอกที่เกิดขึ้น “โดยตรง” ซึ่งในกรณีที่พิจารณาการเปลี่ยนแปลง 1 หน่วยของปัจจัยภายนอก มูลค่าของปัจจัยการผลิตที่ต้องใช้ก็คือ เมทริกซ์สัมประสิทธิ์ (Intermediate input, A)
- ผลกระทบทางอ้อม (Indirect effects) คือ ผลกระทบที่เกิดขึ้นในรอบถัดไป ซึ่งอธิบายถึงปัจจัยการผลิตที่ใช้ในกระบวนการผลิตสินค้าหรือบริการที่ใช้เป็นปัจจัยการผลิตในรอบก่อนหน้าหรือแทนด้วย $\mathbf{A}^2 + \mathbf{A}^3 + \ldots$

ดังนั้นผลกระทบทั้งหมด (Total effect) ของการเปลี่ยนแปลงปัจจัยภายนอก 1 หน่วย คือผลรวมของผลกระทบเริ่มต้น ผลกระทบทางตรง และผลกระทบทางอ้อม จะมีค่าดังแสดงในสมการที่ (3-10) ซึ่งผลกระทบทั้งหมด (Total effect) ก็คือ “Leontief Inverse” นั่นเอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$$(\mathbf{I}-\mathbf{A})^{-1} = \mathbf{I} + \mathbf{A} + \mathbf{A}^2 + \mathbf{A}^3 + \cdots$$

initial effect direct effect indirect effects

(3-10)

ตัวคูณทวี (Multiplier) ที่มักใช้ในการวิเคราะห์มีหลายประเภท โดยสามารถวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยภายนอก (Exogenous changes) ต่อระบบเศรษฐกิจได้ในหลายแง่มุม เช่น

1) มูลค่าผลผลิตรวมของแต่ละสาขาการผลิต
2) รายได้ภาคครัวเรือนในแต่ละสาขาการผลิต
3) ปริมาณการจ้างงาน (จำนวนแรงงาน) ที่เพิ่มจากปริมาณผลผลิตที่เพิ่มขึ้นในแต่ละสาขาการผลิต
4) มูลค่าเพิ่มอื่นๆ ของแต่ละสาขาการผลิต เช่น ภาษีทางอ้อม, กำไรผู้ประกอบการ

ตัวคูณทวีผลผลิต (Output Multiplier) ของสาขาการผลิต j คือ มูลค่ารวมทั้งหมดของการผลิตในทุกๆ สาขาการผลิตในระบบเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นเพื่อตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงอุปสงค์ขั้นสุดท้าย (Final demand) ของผลผลิตในสาขาการผลิต j มูลค่า 1 หน่วย แสดงดังสมการที่ (3-11)

$$m(\mathrm{o})_j = \sum_{i=1}^{n} l_{ij} \tag{3-11}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ซึ่งสามารถเขียนในรูปพีชคณิตเชิงเส้น (Linear Algebra) ได้ดังสมการที่ (3-12)

$$\mathbf{m}(o) = \mathbf{i}'\mathbf{L} \tag{3-12}$$

เมื่อ $\mathbf{i}'$ คือ เวคเตอร์แนวนอนของ $\mathbf{i}$ ซึ่งมีสมาชิกทุกตัวเป็น 1

อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปนักวิเคราะห์จะสนใจผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงอุปสงค์ขั้นสุดท้าย (Final demand) ในรูปของปริมาณการจ้างงาน (Employment) หรือรายได้ต่อครัวเรือน (Household income) มากกว่ามูลค่าการผลิต (Total output) ของแต่ละสาขาการผลิต ดังนั้นจึงนิยมวิเคราะห์ผลกระทบดังกล่าวด้วยตัวคูณทวีการจ้างงาน (Income Multiplier) ซึ่งคำนวณได้โดยคูณ Leontief Inverse ด้วยเวคเตอร์ของสัมประสิทธิ์การจ้างงานต่อหน่วยมูลค่าผลผลิต (Vector of employment coefficient, $\boldsymbol{\varepsilon}$) ดังแสดงในสมการ (3-13)

$$\boldsymbol{\varepsilon}' = \mathbf{e}'\hat{\mathbf{x}}^{-1} \tag{3-13}$$

โดย $\mathbf{e}'$ คือ เวคเตอร์แนวนอนของมูลค่าการจ้างงาน (Vector of employment) ในแต่ละสาขาการผลิต

ตัวคูณทวีการจ้างงาน (Income Multiplier) คำนวณได้ดังแสดงในสมการที่ (3-14)

$$m(h)_j = \sum_{i=1}^{n} \varepsilon_i l_{ij} \tag{3-14}$$

ซึ่งสามารถเขียนในรูปพีชคณิตเชิงเส้น (Linear Algebra) ได้ดังสมการที่ (3-15)

$$\mathbf{m}(h) = \boldsymbol{\varepsilon}'\mathbf{L} \tag{3-15}$$

3.3 ผลกระทบทางด้านราคา

ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Input-Output Table) และการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Input-Output Analysis) โดยปกติจะทำในรูปการเปลี่ยนแปลงของ “มูลค่า” เช่น มูลค่าของอุปสงค์ขั้นสุดท้าย มูลค่าของผลผลิตรวมของแต่ละสาขาการผลิต เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ข้อมูลจากตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต (IOT) สามารถตีความในรูปของหน่วยเชิง “ปริมาณ” (Physical unit) ได้ด้วย โดยการปรับ “หน่วยวัด” (Physical units of measurement) ของผลผลิตในแต่ละสาขาการผลิตให้เหมาะสม ดังแสดงในตารางที่ 3-2

กำหนดให้สาขาการผลิตที่ 1 คือ สาขาเกษตรกรรม มีหน่วยของผลผลิตเชิงปริมาณ วัดเป็น “กระสอบ” สาขาการผลิตที่ 2 คือ สาขาอุตสาหกรรม มีหน่วยของผลผลิตเชิงปริมาณ วัดเป็น “ตัน” ราคาต่อหน่วยของผลผลิตในแต่ละสาขาการผลิต แสดงในตาราง 3-1(ก) กล่าวคือ ผลผลิตของสาขาเกษตรกรรมมีราคา 2 ดอลล่าร์ต่อกระสอบ และผลผลิตของสาขาอุตสาหกรรมมีราคา 5 ดอลล่าร์ต่อตัน เมื่อหารแต่ละแถวของตาราง 3-2(ก) ด้วยราคาต่อหน่วย จะแสดงตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตเชิงปริมาณได้ดังแสดงในตาราง 3-2(ข)

หากเราเปลี่ยน “หน่วยวัด” ของผลผลิตในแต่ละสาขาการผลิต เพื่อให้ 1 หน่วย มีราคาเท่ากับ 1 ดอลล่าร์ กล่าวคือ ราคาต่อหน่วยของผลผลิตของสาขาเกษตรกรรม เท่ากับ “1 ดอลล่าร์ ต่อ 1/2 กระสอบ” และ ราคาต่อหน่วยของผลผลิตของสาขาอุตสาหกรรมกรรม เท่ากับ “1 ดอลล่าร์ ต่อ 1/5 ตัน” ดังแสดงในตาราง 3-2(ค) จะทำให้เราสามารถตีความข้อมูลในตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต<u>เชิงมูลค่า</u> ให้เป็นตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต<u>เชิงปริมาณ</u> ได้ทันที เช่น สาขาการผลิตที่ 2 (อุตสาหกรรม) ซื้อผลผลิตจากสาขาการผลิตที่ 1 (เกษตรกรรม) จำนวน 500 หน่วย (1/2 กระสอบ) ในราคา 500 ดอลล่าร์ เป็นต้น

ตารางที่ 3-2 การเปรียบเทียบระหว่างตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตเชิงมูลค่าและเชิงปริมาณ

(ก) ความสัมพันธ์ของธุรกรรมในเชิงมูลค่า (Monetary units)

	S_1	S_2	f_i	x_i	**ราคาต่อหน่วย**
S_1	150	500	350	1000	2
S_2	200	100	1700	2000	5

(ข) ความสัมพันธ์ของธุรกรรมในเชิงปริมาณ (Physical units)

	S_1	S_2	d_i	q_i	**หน่วย**
S_1	75	250	175	500	กระสอบ
S_2	40	20	340	400	ตัน

(ค) ความสัมพันธ์ของธุรกรรมในเชิงปริมาณที่ปรับหน่วยวัดให้เหมาะสม (Revised physical units)

	S_1	S_2	d_i	q_i	**หน่วย**
S_1	150	500	350	1000	1/2 กระสอบ
S_2	200	100	1700	2000	1/5 ตัน

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ด้วยเหตุนี้ ข้อมูลตัวเลขในตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต จึงสามารถตีความได้ทั้งในเชิงมูลค่าและเชิงปริมาณ เมื่อกำหนดให้ “ราคาต่อหน่วย” ของผลผลิตในทุกๆ สาขาการผลิตมีค่าเท่ากับ 1 ดอลล่าร์ (หรือสกุลเงินอื่นๆ ที่เหมาะสม) ต่อหน่วย

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ตามแนวตั้งของตารางที่ 3-1 จะเห็นได้ว่า มูลค่ารวมของผลผลิตในแต่ละสาขาการผลิต จะเท่ากับผลรวมของรายจ่ายเพื่อซื้อปัจจัยการผลิตต่างๆ และผลรวมของมูลค่าเพิ่ม (Value-added) ดังแสดงในสมการที่ (3-16)

$$x_j = z_{1j} + \cdots + z_{ij} + \cdots + z_{nj} + v_j = \sum_{i=1}^{n} z_{ij} + v_j \qquad (3\text{-}16)$$

ซึ่งสามารถเขียนในรูปพีชคณิตเชิงเส้น (Linear Algebra) ได้ดังสมการที่ (3-17)

$$\mathbf{x}' = \mathbf{i}'\mathbf{Z} + \mathbf{v}' \qquad (3\text{-}17)$$

เมื่อ $\mathbf{v}' = [v_1, ..., v_n]$ คือ เวคเตอร์แนวนอนของผลรวมมูลค่าเพิ่มในแต่ละสาขาการผลิต

แทนค่า $\mathbf{Z} = \mathbf{A}\hat{\mathbf{x}}$ จากสมการที่ (3-6) และคูณตลอดทั้งสมการ (3-17) ด้วย $\hat{\mathbf{x}}^{-1}$ จะได้ผลดังแสดงในสมการที่ (3-18)

$$\mathbf{x}'\hat{\mathbf{x}}^{-1} = \mathbf{i}'\mathbf{A}\hat{\mathbf{x}}\hat{\mathbf{x}}^{-1} + \mathbf{v}'\hat{\mathbf{x}}^{-1} \tag{3-18}$$

หรือ

$$\mathbf{i}' = \mathbf{i}'\mathbf{A} + \boldsymbol{\eta}' \tag{3-19}$$

เมื่อ $\boldsymbol{\eta}' = \mathbf{v}'\hat{\mathbf{x}}^{-1} = [v_1/x_1, ..., v_n/x_n]$ คือ เวคเตอร์สัมประสิทธิ์ของมูลค่าเพิ่มรวมต่อหน่วยของมูลค่าผลผลิตรวม (Vector of value-added coefficient)

ข้างขวาของสมการ (3-19) แสดงถึง ผลรวมของต้นทุนการผลิตต่างๆ ต่อ 1 หน่วยของผลผลิต ซึ่งในกรณีทั่วไปจะรวมถึงรายได้ของผู้ประกอบการและค่าปัจจัยการผลิตพื้นฐาน (Primary inputs) อื่นๆ ในมูลค่าเพิ่มด้วย ดังนั้นตามหลักความเท่ากันของต้นทุนและราคาขายในระบบการแข่งขันแบบเสรี (Zero-profit condition) ราคาของผลผลิตต่อหน่วย (Unit price of output) จึงมีค่าเท่ากับ 1 ดังแสดงในข้างซ้ายของสมการที่ (3-19) ตามที่อธิบายข้างต้นภายใต้หน่วยวัดเชิงปริมาณที่เหมาะสมของแต่ละสาขาการผลิต

ในกรณีทั่วไป ถ้ากำหนดให้ $\mathbf{p}' = [p_1, ..., p_n]$ แทนเวคเตอร์แนวนอนของราคาผลผลิตของแต่ละสาขาการผลิต ณ ปีฐาน ดังนั้นแบบจำลองด้านราคาของปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Price Input-Output Model) สามารถอธิบายได้ดังแสดงในสมการที่ (3-20) และ (3-21)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

$$\mathbf{p}' = \mathbf{p}'\mathbf{A} + \boldsymbol{\eta}' \tag{3-20}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{p}' &= \boldsymbol{\eta}'(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} = \boldsymbol{\eta}'\mathbf{L} \\ \mathbf{p} &= \mathbf{L}'\boldsymbol{\eta} \end{aligned} \tag{3-21}$$

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเนื่องจากราคาของปัจจัยการผลิตพื้นฐาน (Primary inputs) เช่น ค่าแรง ค่าเช่าที่ดิน ภาษีทางอ้อม เป็นต้น จะส่งผลกระทบต่อราคาของผลผลิตผ่านกลไกของเมตริกซ์สัมประสิทธิ์ความต้องการสินค้าขั้นกลาง (Intermediate input coefficient matrix) และ Leontief Inverse

นอกจากนี้ แบบจำลองด้านราคาของแบบจำลองตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต ยังสามารถนำมาใช้ประเมินผลกระทบด้านราคาต่อการเพิ่มขึ้นของต้นทุนการผลิตในสาขาการผลิตหนึ่งๆ ต่อราคาของผลผลิตในสาขาการผลิตอื่นๆ ได้อีกด้วย (Miller and Blair, 1985)

ตัวอย่างเช่น หากต้องการวิเคราะห์ผลกระทบของราคาค่าขนส่งลดลง อันเป็นผลเนื่องมาจากโครงการลงทุนในสาธารณูปโภคด้านการขนส่ง ต่อราคาของสินค้าอื่นๆ ในระบบเศรษฐกิจ ก่อนอื่นจะต้องแยกเวคเตอร์ของราคาผลผลิตต่อหน่วย ออกเป็น 2 ส่วน คือ $\mathbf{p}'_T$ แทนราคาของบริการด้านการขนส่งรูปแบบต่างๆ และ $\mathbf{p}'_O$ แทนราคาของสินค้าและบริการอื่นๆ รวมทั้งแยกเมตริกซ์สัมประสิทธิ์ความต้องการสินค้าขั้นกลาง และเวคเตอร์สัมประสิทธิ์ของมูลค่าเพิ่มรวมต่อหน่วยของมูลค่าผลผลิตรวม ออกตามกลุ่มของสาขาการผลิตด้วย ดังแสดงในสมการที่ (3-22)

$$\begin{bmatrix}\mathbf{p}_T\\ \mathbf{p}_O\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\mathbf{A}'_{TT} & \mathbf{A}'_{OT}\\ \mathbf{A}'_{TO} & \mathbf{A}'_{OO}\end{bmatrix}\cdot\begin{bmatrix}\mathbf{p}_T\\ \mathbf{p}_O\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}\boldsymbol{\eta}_T\\ \boldsymbol{\eta}_O\end{bmatrix} \tag{3-22}$$

จากสมการที่ (3-22) สามารถอธิบายผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงราคาของบริการด้านการขนส่งรูปแบบต่างๆ ต่อราคาของสินค้าและบริการอื่นๆ ได้ดังแสดงในสมการที่ (3-23) และ (3-24)

$$\mathbf{p}_O=\mathbf{A}'_{TO}\mathbf{p}_T+\mathbf{A}'_{OO}\mathbf{p}_O+\boldsymbol{\eta}_O \tag{3-23}$$

$$\mathbf{p}_O=(\mathbf{I}-\mathbf{A}'_{OO})^{-1}\mathbf{A}'_{TO}\mathbf{p}_T+(\mathbf{I}-\mathbf{A}'_{OO})^{-1}\boldsymbol{\eta}_O \tag{3-24}$$

สมการที่ (3-24) สามารถใช้เทียบเคียงเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบด้านราคาของการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งในอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ต่อสาขาการผลิตอื่นๆ ในระบบเศรษฐกิจได้ต่อไป

3.4 ขั้นตอนในการศึกษาและดำเนินงานวิจัย

วัตถุประสงค์ข้อแรกของการศึกษานี้ ต้องการวิเคราะห์ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่ง (Modal Shift) ต่อการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ โดยจะใช้สมการที่ (3-9) เป็นจุดตั้งต้น จากนั้นจึงประเมินความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนแปลงรูปแบบเทคโนโลยี ภายใต้สถานการณ์จำลองการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบการขนส่งปูนซีเมนต์ เมื่อคำนวณสัดส่วนของต้นทุนค่าขนส่งแต่ละรูปแบบที่เปลี่ยนแปลงไปต่อมูลค่าผลผลิตมวลรวมในแต่ละสาขาการผลิตในรูปของ $\mathbf{DA}$ จะทำให้สามารถคำนวณมูลค่าผลผลิตมวลรวมที่เปลี่ยนไปในแต่ละสาขาการผลิตได้ ดังแสดงในสมการที่ (3-25)

$$\mathbf{Dx}=\left(\mathbf{I}-\mathbf{DA}\right)^{-1}\mathbf{f} \tag{3-25}$$

ในขณะที่วัตถุประสงค์ข้อที่สองต้องการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่ง ต่อการเปลี่ยนแปลงด้านราคา จากสมการที่ (3-21) จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเนื่องจากราคาของปัจจัยการผลิตพื้นฐาน (Primary inputs) จะส่งผลกระทบต่อราคาของผลผลิตผ่าน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

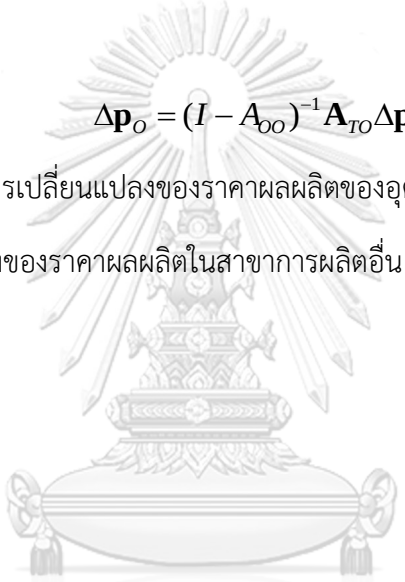
กลไกของเมตริกซ์สัมประสิทธิ์ความต้องการสินค้าขั้นกลาง (Intermediate input coefficient matrix) และ Leontief Inverse โดยในกรณีนี้จะพิจารณาว่าเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบเทคโนโลยีการขนส่ง (ซึ่งในที่นี้จะพิจารณาว่าเป็นปัจจัยการผลิตพื้นฐานของการผลิตปูนซีเมนต์) จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของราคาผลผลิตต่อหน่วยการผลิตของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์เพียงใด ดังแสดงในสมการที่ (3-26)

$$\Delta \mathbf{p} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \Delta \eta \tag{3-26}$$

จากนั้นเมื่อราคาผลผลิตของอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์เปลี่ยนแปลงไปก็จะส่งผลให้ราคาผลผลิตของอุตสาหกรรมอื่นๆ ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมปลายน้ำมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย โดยสามารถอธิบายได้สมการที่ (3-27)

$$\Delta \mathbf{p}_O = (I - A_{OO})^{-1} \mathbf{A}_{TO} \Delta \mathbf{p}_T \tag{3-27}$$

ในกรณีนี้ $\Delta \mathbf{p}_T$ แทนการเปลี่ยนแปลงของราคาผลผลิตของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ และ $\Delta \mathbf{p}_O$ แทนการเปลี่ยนแปลงของราคาผลผลิตในสาขาการผลิตอื่นๆ

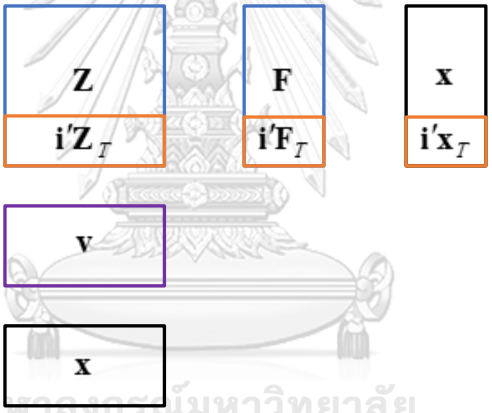


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 4
ผลการศึกษา

4.1 การปรับปรุงข้อมูลจากแบบจำลองปัจจัยการผลิตและผลผลิตเพื่อใช้ในการวิเคราะห์

รูปที่ 4-1(ก) แสดงรูปแบบการจัดวางข้อมูลจากตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต ที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่ง รูปที่ 4-1(ข) แสดงตัวอย่างของข้อมูลขนาด 3 สาขาการผลิต โดยสาขาการผลิตที่ 1 แทนอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ สาขาการผลิตที่ 2 แทนสาขาการผลิตพลังงาน และสาขาการผลิตที่ 3 แทนสาขาการขนส่ง การอ่านข้อมูลจากตารางตามแนวตั้ง แสดงถึงเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตของสาขาการผลิตนั้นๆ ตัวอย่างเช่น การผลิตผลผลิตของสาขาการผลิตที่ 1 มูลค่า 30 ล้านบาท มีการใช้พลังงานมูลค่า 7 ล้านบาท และบริการด้านการขนส่งมูลค่า 8 ล้านบาท เป็นต้น



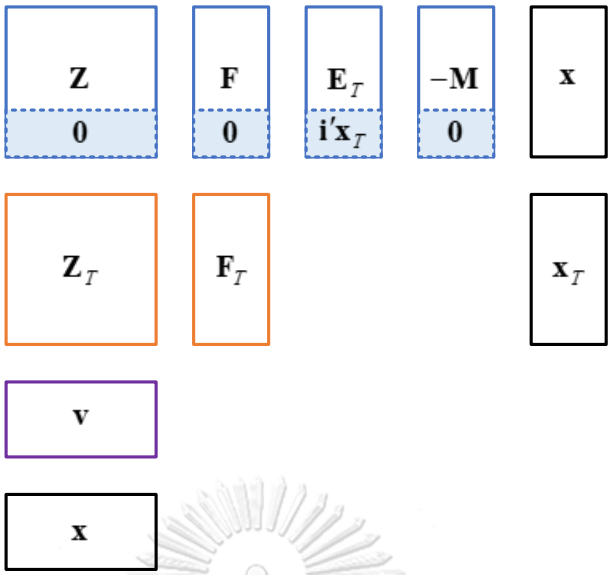
(ก)

Z	s1	s2	s3	F	M	x
s1	11	12	6	6	-5	30
s2	7	20	7	16	-10	40
s3	**8**	**5**	**2**	**5**	**0**	**20**
v	4	3	5			
x	30	40	20			

(ข)

รูปที่ 4-1 แบบจำลองด้านปริมาณปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Quantity Model)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



(ก)

Z	s1	s2	s3	F	ET	M	x
s1	11	12	6	6	0	-5	30
s2	7	20	7	16	0	-10	40
s3	0	0	0	0	20	0	20

ZT	s1	s2	s3	FT	xT
s1	4	2	1	2	9
s2	4	3	1	3	11
s3	0	0	0	0	0

v	4	3	5

x	30	40	20

(ข)

รูปที่ 4-2 แบบจำลองด้านราคาปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Price Model)

เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งของ “ผลผลิต” ของสาขาการผลิตหนึ่งๆ (เช่น ปูนซีเมนต์) จะทำให้ “ต้นทุน” ของบริการด้านการขนส่งของสาขาการผลิตอื่นๆ ที่ซื้อ “ผลผลิต” จากสาขาการผลิตที่กำลังพิจารณานั้น (เช่น ปูนซีเมนต์) เปลี่ยนแปลงไป การพิจารณา “ต้นทุน” ที่เปลี่ยนแปลงไปนี้ จำเป็นต้องใช้ข้อมูลที่ละเอียดมากขึ้น โดยการกระจายต้นทุนของบริการด้านการขนส่ง (แถวสุดท้ายของตาราง $\mathbf{Z}$ และ $\mathbf{F}$ ในรูปที่ 4-1 (ก)) ออกตามประเภทของสินค้าขั้นกลางที่แต่ละสาขาการผลิตซื้อ-ขายระหว่างกัน รวมทั้งสินค้าในการบริโภคขั้นสุดท้าย ดังแสดงด้วยตาราง $\mathbf{Z}_T$ และ $\mathbf{F}_T$ ในรูปที่ 4-2 (ก) ตามลำดับ ตัวอย่างเช่น บริการด้านการขนส่งมูลค่า 8 ล้านบาทของสาขาการผลิตที่ 1 ถูกแยกออกเป็นบริการด้านการขนส่งมูลค่า 4 ล้านบาทสำหรับการซื้อสินค้าจากสาขาการผลิตที่ 1 เอง (ปูนซีเมนต์) และบริการด้านการขนส่งมูลค่า 4 ล้านบาท สำหรับการซื้อสินค้าจากสาขา

การผลิตที่ 2 (พลังงาน) ในรูปที่ 4-2(ข) เป็นต้น ดังนั้น เมื่ออุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ เปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่ง “ปูนซีเมนต์” ให้กับลูกค้า จะทำให้ตัวเลขในแถวแรกของตาราง $\mathbf{Z_T}$ และ $\mathbf{F_T}$ เปลี่ยนไป และท้ายที่สุดก็จะสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลง “เทคโนโลยีการผลิต” ของทุกๆ สาขาการผลิตที่ใช้ปูนซีเมนต์ เป็นปัจจัยการผลิต ดังแสดงด้วยการเปลี่ยนแปลงของตัวเลขในแถวสุดท้ายของตาราง $\mathbf{Z}$ และ $\mathbf{F}$ ในรูปที่ 4-1(ก) นั่นเอง

การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีการผลิตเช่นนี้ เป็นการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาณ โดยจากสมการที่ (3-9) เมตริกซ์ $\mathbf{A}$ แสดงเทคโนโลยีการผลิต เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีการผลิตจะทำให้มูลค่ารวมของผลผลิตในแต่ละสาขาการผลิต เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยสมการที่ (4-1)

$$\Delta\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \Delta\mathbf{A})^{-1}\mathbf{f} \tag{4-1}$$

เมื่อกำหนดให้ $\boldsymbol{\varepsilon}' = [\varepsilon_1, \ldots, \varepsilon_v]$ คือ เวกเตอร์แนวนอนของสัมประสิทธิ์ความเข้มข้นของการใช้พลังงาน (Vector of energy intensity coefficient) ซึ่งคำนวณจากมูลค่าของพลังงานที่ใช้ในการผลิตทั้งหมด หารด้วยมูลค่าผลผลิตรวม จากสมการที่ (4-1) จะสามารถคำนวณการเปลี่ยนแปลงของการใช้พลังงานอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งได้ ดังแสดงในสมการที่ (4-2)

$$\boldsymbol{\varepsilon}'\Delta\mathbf{x} = \boldsymbol{\varepsilon}'(\mathbf{I} - \Delta\mathbf{A})^{-1}\mathbf{f} \tag{4-2}$$

ในขณะที่ การวิเคราะห์ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงด้านราคาของผลผลิตในสาขาการผลิตต่างๆ จากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่ง จะใช้รูปแบบการจัดวางข้อมูลจากตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต ในรูปที่ 4-2 (ก) โดยจากสมการที่ (3-19) จะเห็นได้ว่า การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเนื่องจากราคาของปัจจัยการผลิตพื้นฐาน (Primary inputs) จะส่งผลกระทบต่อราคาของผลผลิต ผ่านกลไกของเมตริกซ์สัมประสิทธิ์ความต้องการสินค้าขั้นกลาง (Intermediate input coefficient matrix) และเมตริกซ์ส่วนกลับ Leontief Inverse โดยในกรณีนี้จะพิจารณาว่า เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบเทคโนโลยีการขนส่ง (ซึ่งในที่นี้จะพิจารณาว่าเป็นปัจจัยการผลิตพื้นฐานของการผลิต) จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของราคาผลผลิตต่อหน่วยการผลิตของสาขาการผลิตต่างๆ มากน้อยเพียงใด ดังแสดงในสมการที่ (4-3)

$$\Delta\mathbf{p} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\Delta\eta \tag{4-3}$$

ทั้งนี้ เป็นที่น่าสังเกตว่ารูปแบบการจัดวางข้อมูลจากตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต ในรูปที่ 4-2(ก) จำเป็นต้องเพิ่มเวกเตอร์อุปสงค์ภายนอก (Vector of exogenous demand) หรือ $\mathbf{E_T}$ ซึ่งแสดงมูลค่ารวมของผลผลิตจาก “สาขาการขนส่ง” เข้าไป เพิ่มรักษาสมดุลของมูลค่าผลผลิตรวมซึ่งคำนวณจากผลรวมทั้งในแนวตั้งและแนวนอนของตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2 ข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์

ข้อมูลต้นทุนการขนส่งสินค้าในแต่ละรูปแบบ ที่ใช้ในการศึกษานี้ อ้างอิงจากผลการศึกษา “โครงการศึกษาพัฒนาปรับปรุง บำรุงรักษาระบบฐานข้อมูล ข้อสนเทศและแบบจำลองเพื่อบูรณาการพัฒนาการขนส่งและจราจร การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบและระบบโลจิสติกส์ (TDL)” ของสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร กระทรวงคมนาคม (2559) ดังแสดงในตารางที่ 4-1 โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบต้นทุนเฉลี่ยของการขนส่งทางถนน การขนส่งทางราง การขนส่งทางทะเล และการขนส่งทางอากาศ จะเห็นได้ว่าต้นทุนการขนส่งทางถนนคิดเป็น 3.26 เท่าของต้นทุนการขนส่งทางทะเล ต้นทุนเฉลี่ยของการขนส่งทางรางคิดเป็น 1.46 เท่าของต้นทุนการขนส่งทางทางทะเล และต้นทุนการขนส่งทางอากาศคิดเป็น 15.38 เท่าของต้นทุนการขนส่งทางทะเล

นอกจากนี้ เพื่อให้การคำนวณและการแปลความหมายของการวิเคราะห์ผลกระทบทางเศรษฐกิจและพลังงาน จากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่ง ของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ ที่ได้จากแบบจำลองปัจจัยการผลิตและผลผลิต ทำได้ง่ายและตรงไปตรงมามากขึ้น ผู้วิจัยจึงรวมสาขาการผลิตในตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของไทย ปี ค.ศ.2010 ในระดับที่ละเอียดที่สุด คือ 180 สาขาการผลิต เหลือ 25 สาขาการผลิต ดังแสดงในตารางที่ 4-2 โดยพิจารณาถึงสาขาการผลิตที่มีความเกี่ยวข้องกับ อุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ เป็นหลัก ทั้งในระดับต้นน้ำ (ถ่านหินและปิโตรเลียม, เหมืองแร่โลหะ เหมืองแร่อโลหะ) ระดับกลางน้ำ (ผลิตภัณฑ์คอนกรีต ผลิตภัณฑ์อโลหะ) และระดับปลายน้ำ (ประปา การก่อสร้าง การค้าปลีก-ค้าส่ง การขนส่งทางราง การขนส่งทางถนน การขนส่งทางน้ำและทางทะเล บริการเกี่ยวเนื่องกับการขนส่ง) รวมทั้งสาขาการผลิตอื่นๆ เพื่อให้ครอบคลุมภาพรวมของระบบเศรษฐกิจไทย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4-1 ต้นทุนต่อหน่วยของการขนส่งสินค้ารูปแบบต่างๆ

รูปแบบการขนส่ง	ปริมาณทั้งหมด (ล้านตัน)	ต้นทุนการขนส่ง (ล้านบาท)	ปริมาณ คูณ ระยะทาง (ล้านตัน-กม.)	ต้นทุนต่อหน่วย (บาท/ตัน-กม.)
ถนน	710.150	275,952.04	129,970.79	2.12
ราง	9.646	2,352.34	2,466.96	0.95
ทะเล (น้ำ)	69.554	6,749.85	10,427.69	0.65
อากาศ	0.035	252.06	25.21	10.0
รวม	789.387	285,306.28	142,890.65	2.00

“โครงการศึกษาพัฒนาปรับปรุง บำรุงรักษาระบบฐานข้อมูล ข้อสนเทศและแบบจำลองเพื่อบูรณาการพัฒนาการขนส่งและจราจร การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบและระบบโลจิสติกส์ (TDL)” ของสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร กระทรวงคมนาคม (2559)

ตารางที่ 4-2 สาขาการผลิตที่ใช้ในการศึกษา

สาขาการผลิต	ความหมาย
S01	เกษตรกรรม ป่าไม้ และประมง
S02	ถ่านหินและปิโตรเลียม
S03	เหมืองแร่โลหะ
S04	เหมืองแร่อโลหะ
S05	กระดาษและผลิตภัณฑ์จากกระดาษ
S06	เคมีภัณฑ์
S07	โรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม
S08	ปูนซีเมนต์
S09	ผลิตภัณฑ์คอนกรีต
S10	ผลิตภัณฑ์อโลหะ
S11	เครื่องจักรเครื่องยนต์
S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
S13	ไฟฟ้า
S14	แก๊สธรรมชาติ
S15	ประปา
S16	การก่อสร้าง
S17	การค้าปลีก-ค้าส่ง
S18	การขนส่งทางราง
S19	การขนส่งทางถนน
S20	การขนส่งทางน้ำและทางทะเล
S21	บริการเกี่ยวเนื่องกับการขนส่ง
S22	การบริการทางด้านธุรกิจ
S23	การบริการภาครัฐ
S24	การบริการอื่นๆ
S25	กิจกรรมที่ไม่สามารถจำแนกสาขาการผลิตได้

ที่มา :จัดกลุ่มโดยผู้วิจัยจาก 180 สาขาการผลิต เป็น 25 สาขา
จากตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของไทย ปี ค.ศ.2010

4.3 สถานการณ์จำลองการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งปูนซีเมนต์

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษารูปแบบการขนส่งปูนซีเมนต์ ในปัจจุบัน และรูปแบบที่เป็นไปได้ซึ่งสามารถแทนที่รูปแบบในปัจจุบันได้ โดยการศึกษานี้กำหนดให้ปูนซีเมนต์ ทั้งหมดถูกผลิตจากโรงงานในจังหวัดสระบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีแหล่งแร่ที่สำคัญ เพื่อใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์ เป็นจำนวนมาก และผลผลิตปูนซีเมนต์ จะถูกส่งไปยังจังหวัดต่างๆ ทั่วทุกภาคของประเทศไทย โดยกำหนดให้ 10 จังหวัด ได้แก่ 1) เชียงใหม่ 2) นครสวรรค์ 3) ขอนแก่น 4) นครราชสีมา 5) อยุธยา 6) ราชบุรี 7) กรุงเทพฯ 8)

ระยอง 9) สุราษฎร์ธานี และ 10) สงขลา เป็นที่ตั้งของตัวแทนของผู้ค้าปลีก-ค้าส่งรายใหญ่ในภูมิภาคต่างๆ (ข้อมูลการจัดจำหน่ายปูนซิเมนต์ บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย (ท่าหลวง) จำกัด, 2560)

ทั้งนี้ กำหนดให้รูปแบบการขนส่งของปูนซีเมนต์ ในสถานการณ์ปัจจุบันทั้งหมด เป็นการขนส่งทางถนนโดยใช้รถบรรทุก ในขณะที่รูปแบบการขนส่งของปูนซีเมนต์ ในสถานการณ์จำลอง (Simulation case) จะเลือกใช้การขนส่งทางรางและทางน้ำ ซึ่งมีต้นทุนการขนส่งต่ำกว่าการขนส่งทางบก และมีประสิทธิภาพของการใช้พลังงานสูงกว่าเป็นหลัก โดยกำหนดรายละเอียดของสถานการณ์จำลอง ดังนี้

สถานการณ์จำลองที่ 1: เปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งจากทางถนนเป็นทางราง

รูปที่ 4-3 แสดงเส้นทางและระยะทางของการขนส่งปูนซีเมนต์ ไปยังทุกภาคของประเทศไทย ในสถานการณ์ปัจจุบัน (มีเฉพาะการขนส่งทางถนน) และในสถานการณ์จำลองที่ 1 ซึ่งกำหนดให้มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งมาใช้การขนส่งทางรางเป็นหลักเท่าที่จะทำได้ ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งจากสระบุรีไปยังจังหวัดอื่นๆ ทั่วประเทศอธิบายได้ดังนี้

1) สระบุรี-เชียงใหม่

การขนส่งปูนซีเมนต์ทางถนนจากสระบุรีไปเชียงใหม่มีระยะทางเท่ากับ 622 กิโลเมตร การขนส่งทางรางจะต้องขนส่งทางถนนจากสระบุรีไปยังชุมทางบ้านภาชี (จังหวัดพระนครศรีอยุธยา) ระยะทาง 26.5 กิโลเมตรก่อน จากนั้นเป็นการขนส่งทางรางเป็นระยะทาง 661.47 กิโลเมตร

2) สระบุรี-นครสวรรค์

การขนส่งปูนซีเมนต์ทางถนนจากสระบุรีไปนครสวรรค์มีระยะทางเท่ากับ 177 กิโลเมตร การขนส่งทางรางจะต้องขนส่งทางถนนจากสระบุรีไปยังชุมทางบ้านภาชี (จังหวัดพระนครศรีอยุธยา) ระยะทาง 26.5 กิโลเมตรก่อน จากนั้นเป็นการขนส่งทางรางเป็นระยะทาง 155.83 กิโลเมตร

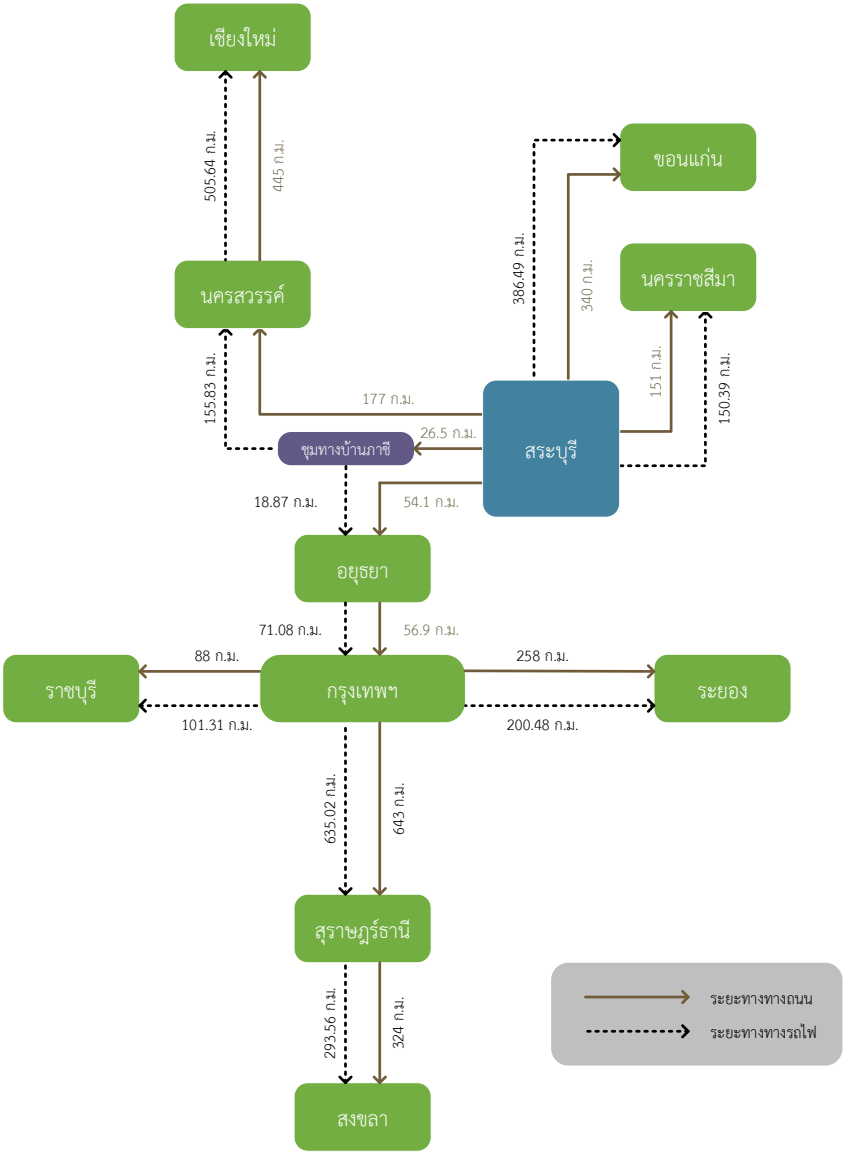
3) สระบุรี-ขอนแก่น

การขนส่งปูนซีเมนต์ทางถนนจากสระบุรีไปขอนแก่นมีระยะทางเท่ากับ 340 กิโลเมตร การขนส่งทางรางเป็นระยะทาง 155.83 กิโลเมตร

4) สระบุรี-นครราชสีมา

การขนส่งปูนซีเมนต์ทางถนนจากสระบุรีไปนครราชสีมามีระยะทางเท่ากับ 151 กิโลเมตร การขนส่งทางรางเป็นระยะทาง 150.39 กิโลเมตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4-3 เส้นทางและระยะทางการขนส่งปูนซีเมนต์ในสถานการณ์ปัจจุบันและสถานการณ์จำลองที่ 1

5) สระบุรี-อยุธยา

การขนส่งปูนซีเมนต์ทางถนนจากสระบุรีไปอยุธยามีระยะทางเท่ากับ 54.1 กิโลเมตร การขนส่งทางรางจะต้องขนส่งทางถนนจากสระบุรีไปยังชุมทางบ้านภาชี (จังหวัดพระนครศรีอยุธยา) ระยะทาง 26.5 กิโลเมตรก่อน จากนั้นเป็นการขนส่งทางรางเป็นระยะทาง 18.87 กิโลเมตร

6) สระบุรี-กรุงเทพฯ

การขนส่งปูนซีเมนต์ทางถนนจากสระบุรีไปกรุงเทพฯ มีระยะทางเท่ากับ 111 กิโลเมตร การขนส่งทางรางจะต้องขนส่งทางถนนจากสระบุรีไปยังชุมทางบ้านภาชี (จังหวัดพระนครศรีอยุธยา) ระยะทาง 26.5 กิโลเมตร จากนั้นเป็นการขนส่งทางรางจากชุมทางบ้านภาชี-อยุธยา-กรุงเทพฯ เป็นระยะทาง 89.95 กิโลเมตร

7) สระบุรี-ราชบุรี

การขนส่งปูนซีเมนต์ทางถนนจากสระบุรีไปราชบุรีมีระยะทางเท่ากับ 199 กิโลเมตร การขนส่งทางรางจะต้องขนส่งทางถนนจากสระบุรีไปยังชุมทางบ้านภาชี (จังหวัดพระนครศรีอยุธยา) ระยะทาง 26.5 กิโลเมตรก่อน จากนั้นเป็นการขนส่งทางรางจากชุมทางบ้านภาชี-อยุธยา-กรุงเทพฯ-ราชบุรี เป็นระยะทาง 191.26 กิโลเมตร

8) สระบุรี-ระยอง

การขนส่งปูนซีเมนต์ทางถนนจากสระบุรีไประยองมีระยะทางเท่ากับ 369 กิโลเมตร การขนส่งทางรางจะต้องขนส่งทางถนนจากสระบุรีไปยังชุมทางบ้านภาชี (จังหวัดพระนครศรีอยุธยา) ระยะทาง 26.5 กิโลเมตรก่อน จากนั้นเป็นการขนส่งทางรางจากชุมทางบ้านภาชี-อยุธยา-กรุงเทพฯ-ระยอง เป็นระยะทาง 290.43 กิโลเมตร

9) สระบุรี-สุราษฎร์ธานี

การขนส่งปูนซีเมนต์ทางถนนจากสระบุรีไปสุราษฎร์ธานีมีระยะทางเท่ากับ 754 กิโลเมตร การขนส่งทางรางจะต้องขนส่งทางถนนจากสระบุรีไปยังชุมทางบ้านภาชี (จังหวัดพระนครศรีอยุธยา) ระยะทาง 26.5 กิโลเมตรก่อน จากนั้นเป็นการขนส่งทางรางจากชุมทางบ้านภาชี-อยุธยา-กรุงเทพฯ-สุราษฎร์ธานี เป็นระยะทาง 724.97 กิโลเมตร

10) สระบุรี-สงขลา

การขนส่งปูนซีเมนต์ทางถนนจากสระบุรีไปสงขลามีระยะทางเท่ากับ 1,078 กิโลเมตร การขนส่งทางรางจะต้องขนส่งทางถนนจากสระบุรีไปยังชุมทางบ้านภาชี (จังหวัดพระนครศรีอยุธยา) ระยะทาง 26.5 กิโลเมตรก่อน จากนั้นเป็นการขนส่งทางรางจากชุมทางบ้านภาชี-อยุธยา-กรุงเทพฯ-สงขลา เป็นระยะทาง 1,018.53 กิโลเมตร

ในสถานการณ์จำลองที่ 1 แม้ว่าระยะทางของการขนส่งทางรางไปยังทุกจังหวัดทั่วประเทศจะมากกว่าระยะทางของการขนส่งทางถนนเล็กน้อย แต่ต้นทุนต่อหน่วยของการขนส่งทางถนนสูงกว่า

ตารางที่ 4-3 ต้นทุนการขนส่งรวมในสถานการณ์จำลองที่ 1 เปรียบเทียบกับสถานการณ์ปัจจุบัน

ภาค	จังหวัดปลายทาง	จำนวนลูกค้า (ราย)	ระยะทางทางถนนในสถานการณ์ปัจจุบัน (กิโลเมตร)	ระยะทางทางถนนในสถานการณ์จำลองที่ 1* (กิโลเมตร)	ต้นทุนการขนส่งในสถานการณ์ปัจจุบัน (บาท)	ต้นทุนการขนส่งในสถานการณ์จำลองที่ 1 (บาท)
กรุงเทพและปริมณฑล	กรุงเทพฯ	971	111.0	66.9	107,781.0	64,955.3
กลาง	อยุธยา	159	54.1	35.0	8,601.9	5,560.9
	นครสวรรค์	109	177.0	96.5	19,293.0	10,516.4
ตะวันตก	ราชบุรี	89	199.0	112.4	17,711.0	10,002.9
ตะวันออก	ระยอง	125	258.0	156.9	32,250.0	19,616.0
ตะวันออกเฉียงเหนือ	ขอนแก่น	94	340.0	173.6	31,960.0	16,315.3
	นครราชสีมา	120	151.0	67.5	18,120.0	8,104.6
ใต้	สุราษฎร์ธานี	120	745.0	352.1	89,400.0	42,248.9
	สงขลา	72	1,069.0	483.9	76,968.0	34,841.4
เหนือ	เชียงใหม่	127	622.0	364.0	78,994.0	46,222.0
รวม		**1,986**	**3,726.1**	**1,908.7**	**481,078.9**	**258,383.7**

หมายเหตุ: * ระยะทางทางถนนในสถานการณ์จำลองที่ 1 เป็นการแปลงระยะทางทางรางให้เป็นระยะทางทางถนน โดยพิจารณาความแตกต่างของต้นทุนการขนส่งต่อหน่วยทั้งสองรูปแบบ

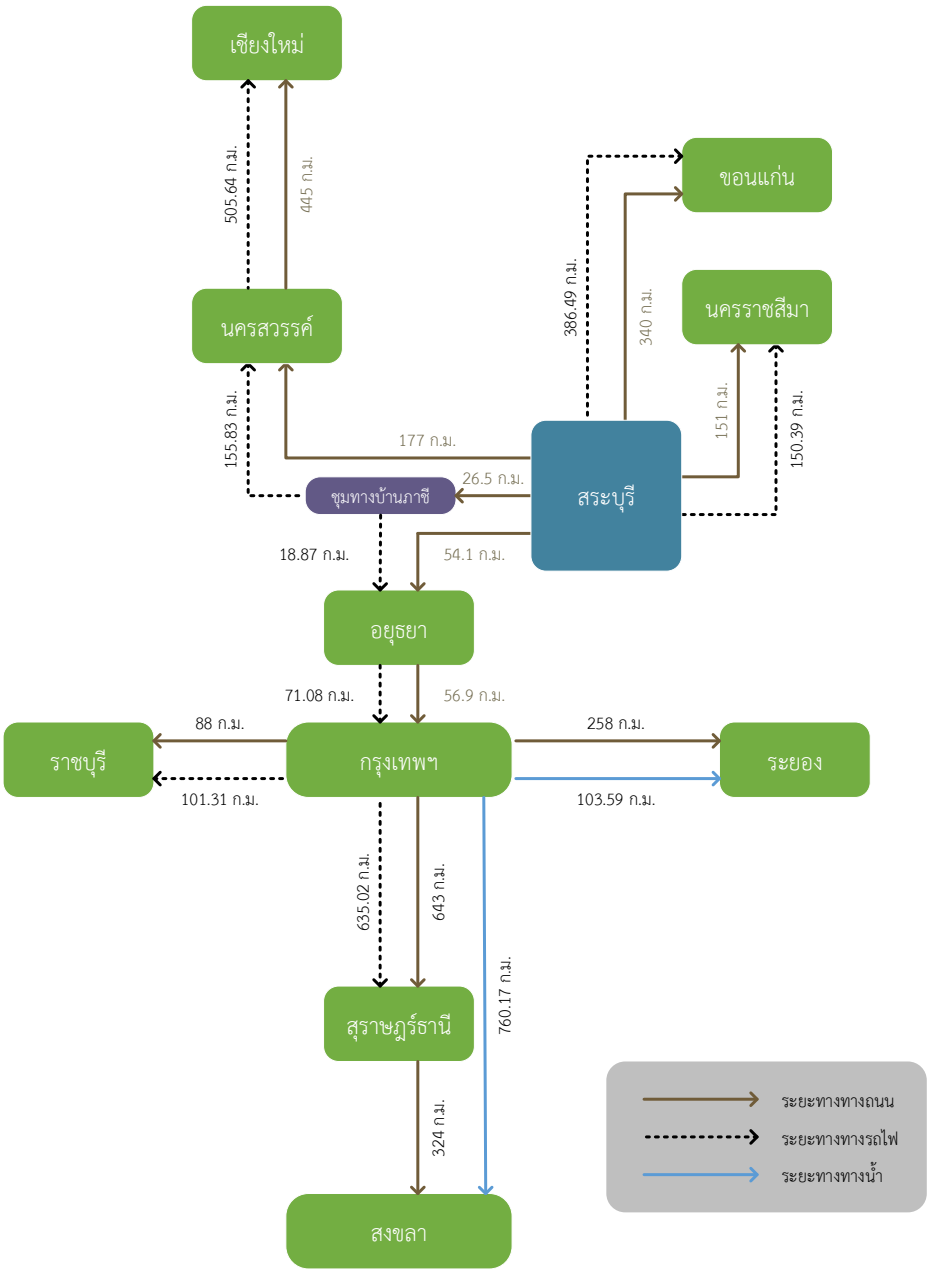
การขนส่งทางรางถึง 2.23 เท่า (จากตารางที่ 4-1) ทำให้ต้นทุนค่าขนส่งรวมในสถานการณ์จำลองต่ำกว่าในปัจจุบัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-3 แสดงรายละเอียดของการคำนวณเปรียบเทียบต้นทุนการขนส่งรวมทั้งระบบระหว่างสถานการณ์ปัจจุบันและสถานการณ์จำลองที่ 1 ในการคำนวณจะต้องแปลงระยะทางที่ใช้ในการขนส่งทั้งหมดให้เป็นระยะทางทางถนนก่อนเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบต้นทุนรวมทั้งระบบได้ เช่น เส้นทาง สระบุรี-กรุงเทพฯ มีระยะทางทางถนน เท่ากับ 111 กิโลเมตร ในขณะที่การขนส่งทางรางจะต้องขนส่งทางถนนจากสระบุรีไปยังชุมทางบ้านภาชี (จังหวัดพระนครศรีอยุธยา) ระยะทาง 26.5 กิโลเมตรก่อน จากนั้นเป็นการขนส่งทางรางจากชุมทางบ้านภาชี-อยุธยา-กรุงเทพฯ เป็นระยะทาง 89.95 กิโลเมตร ทั้งนี้การขนส่งสินค้าชนิดหนึ่งๆ ด้วยระยะทางทางราง 89.95 กิโลเมตร จะมีค่าเท่ากับการขนส่งสินค้าชนิดเดียวกันระยะทางทางถนน 40.34 กิโลเมตร เมื่อกำหนดให้ ต้นทุนต่อหน่วยของการขนส่งทางถนนเป็น 2.23 เท่าของต้นทุนต่อหน่วยของการขนส่งทางราง (จากตารางที่ 4-1) ดังนั้น

ในสถานการณ์จำลองที่ 1 ระยะทางทางถนนในเส้นทางสระบุรี-กรุงเทพฯ รวมจึงเท่ากับ 66.9 กิโลเมตร

จากนั้น ภายใต้ข้อกำหนดที่ว่า “ลูกค้าแต่ละรายมีปริมาณการสั่งซื้อเฉลี่ยเท่าๆ กัน” จำนวนตัวแทนของผู้ค้าปลีก-ค้าส่งรายใหญ่ในภูมิภาคต่างๆ จึงถูกใช้เป็นน้ำหนัก (weight) เพื่อกำหนดปริมาณการสั่งซื้อในแต่ละเส้นทาง ผลการคำนวณพบว่า ต้นทุนรวมของระบบการขนส่งในสถานการณ์จำลองที่ 1 มีค่าเป็น 0.5371 เท่า ของต้นทุนรวมของระบบการขนส่งในสถานการณ์ปัจจุบัน



รูปที่ 4-4 เส้นทางและระยะทางการขนส่งปูนซีเมนต์ในสถานการณ์ปัจจุบันและสถานการณ์จำลองที่ 2

สถานการณ์จำลองที่ 2: เปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งจากทางถนนเป็นทางรางและทางน้ำ

รูปที่ 4-4 แสดงเส้นทางและระยะทางของการขนส่งปูนซีเมนต์ ไปยังทุกภาคของประเทศไทย ในสถานการณ์ปัจจุบัน (มีเฉพาะการขนส่งทางถนน) และในสถานการณ์จำลองที่ 2 ซึ่งกำหนดให้มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งมาใช้การขนส่งทางน้ำ ร่วมกับการขนส่งทางรางเท่าที่จะทำได้ ทั้งนี้พบว่ามีเพียง 2 เส้นทางเท่านั้นที่สามารถใช้การขนส่งทางน้ำได้ คือ เส้นทางสระบุรี-ระยอง และ

ตารางที่ 4-4 ต้นทุนการขนส่งรวมในสถานการณ์จำลองที่ 2 เปรียบเทียบกับสถานการณ์ปัจจุบัน

ภาค	จังหวัดปลายทาง	จำนวนลูกค้า (ราย)	ระยะทางทางถนนในสถานการณ์ปัจจุบัน (กิโลเมตร)	ระยะทางทางถนนในสถานการณ์จำลองที่ 2* (กิโลเมตร)	ต้นทุนการขนส่งในสถานการณ์ปัจจุบัน (บาท)	ต้นทุนการขนส่งในสถานการณ์จำลองที่ 2 (บาท)
กรุงเทพและปริมณฑล	กรุงเทพฯ	971	111.0	66.9	107,781.0	64,955.3
กลาง	อยุธยา	159	54.1	35.0	8,601.9	5,560.9
	นครสวรรค์	109	177.0	96.5	19,293.0	10,516.4
ตะวันตก	ราชบุรี	89	199.0	112.4	17,711.0	10,002.9
ตะวันออก	ระยอง	125	258.0	98.7	32,250.0	12,332.0
ตะวันออกเฉียงเหนือ	ขอนแก่น	94	340.0	173.6	31,960.0	16,315.3
	นครราชสีมา	120	151.0	67.5	18,120.0	8,104.6
ใต้	สุราษฎร์ธานี	120	745.0	352.1	89,400.0	42,248.9
	สงขลา	72	1,069.0	300.0	76,968.0	21,597.6
เหนือ	เชียงใหม่	127	622.0	364.0	78,994.0	46,222.0
	รวม	**1,986**	**3,726.1**	**1666.7**	**481,078.9**	**237,855.9**

หมายเหตุ: * ระยะทางทางถนนในสถานการณ์จำลองที่ 2 เป็นการแปลงระยะทางทางรางและทางทะเลให้เป็นระยะทางทางถนน โดยพิจารณาความแตกต่างของต้นทุนการขนส่งต่อหน่วยในแต่ละรูปแบบ

สระบุรี-สงขลา โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) สระบุรี-ระยอง

การขนส่งทางน้ำจากสระบุรีไปยังระยองจะต้องขนส่งปูนซีเมนต์ทางถนนจากสระบุรีไปยังชุมทางบ้านภาชี (จังหวัดพระนครศรีอยุธยา) ระยะทาง 26.5 กิโลเมตรก่อน จากนั้นเป็นการขนส่งทางราง

จากชุมทางบ้านภาชี-อยุธยา-กรุงเทพฯ เป็นระยะทาง 89.95 กิโลเมตร แล้วจึงใช้การขนส่งทางน้ำจากท่าเรือกรุงเทพฯ ถึงท่าเรือแหลมฉบัง เป็นระยะทาง 103.59 กิโลเมตร

2) สระบุรี-สงขลา

การขนส่งทางน้ำจากสระบุรีไปยังสงขลาจะต้องขนส่งปูนซีเมนต์ทางถนนจากสระบุรีไปยังชุมทางบ้านภาชี (จังหวัดพระนครศรีอยุธยา) ระยะทาง 26.5 กิโลเมตรก่อน จากนั้นเป็นการขนส่งทางรางจากชุมทางบ้านภาชี-อยุธยา-กรุงเทพฯ เป็นระยะทาง 89.95 กิโลเมตร แล้วจึงใช้การขนส่งทางน้ำจากท่าเรือกรุงเทพฯ ถึงท่าเรือสงขลา เป็นระยะทาง 760.17 กิโลเมตร

เนื่องจาก ต้นทุนการขนส่งทางถนนคิดเป็น 3.06 เท่าของต้นทุนการขนส่งทางทะเล และต้นทุนเฉลี่ยของการขนส่งทางรางคิดเป็น 1.46 เท่าของต้นทุนการขนส่งทางทางทะเล (จากตารางที่ 4-1) ในสถานการณ์จำลองที่ 2 ต้นทุนค่าขนส่งรวมทั้งระบบจะต่ำกว่าต้นทุนค่าขนส่งรวมในสถานการณ์ปัจจุบันสถานการณ์จำลองที่ 1

ตารางที่ 4-4 แสดงรายละเอียดของการคำนวณเปรียบเทียบต้นทุนการขนส่งรวมทั้งระบบระหว่างสถานการณ์ปัจจุบันและสถานการณ์จำลองที่ 2 เช่นเดียวกับสถานการณ์จำลองที่ 1 ในการคำนวณจะต้องแปลงระยะทางที่ใช้ในการขนส่งทั้งหมดให้เป็นระยะทางทางถนนก่อนเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบต้นทุนรวมทั้งระบบได้ เช่น เส้นทาง สระบุรี-ระยอง มีระยะทางทางถนน เท่ากับ 369 กิโลเมตร ในขณะที่ การขนส่งทางน้ำจากสระบุรีไปยังระยองจะต้องขนส่งปูนซีเมนต์ทางถนนจากสระบุรีไปยังชุมทางบ้านภาชี (จังหวัดพระนครศรีอยุธยา) ระยะทาง 26.5 กิโลเมตรก่อน จากนั้นเป็นการขนส่งทางรางจากชุมทางบ้านภาชี-อยุธยา-กรุงเทพฯ เป็นระยะทาง 89.95 กิโลเมตร แล้วจึงใช้การขนส่งทางน้ำจากท่าเรือกรุงเทพฯ ถึงท่าเรือแหลมฉบัง เป็นระยะทาง 103.59 กิโลเมตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อกำหนดให้ ต้นทุนต่อหน่วยของการขนส่งทางถนนเป็น 2.23 เท่าของต้นทุนต่อหน่วยของการขนส่งทางราง และ ต้นทุนการขนส่งทางถนนคิดเป็น 3.26 เท่าของต้นทุนการขนส่งทางทะเล (จากตารางที่ 4-1) ดังนั้น การขนส่งสินค้าชนิดหนึ่งๆ ด้วยระยะทางทางราง 89.95 กิโลเมตร จะมีค่าเท่ากับการขนส่งสินค้าชนิดเดียวกันระยะทางทางถนน 40.34 กิโลเมตร และ การขนส่งสินค้าชนิดหนึ่งๆ ด้วยระยะทางทางทะเล 103.59 กิโลเมตร จะมีค่าเท่ากับการขนส่งสินค้าชนิดเดียวกันระยะทางทางถนน 31.8 กิโลเมตร ดังนั้นในสถานการณ์จำลองที่ 2 ระยะทางทางถนนในเส้นทางสระบุรี-ระยอง รวมจึงเท่ากับ 98.7 กิโลเมตร

จากนั้น ภายใต้ข้อกำหนดที่ว่า “ลูกค้าแต่ละรายมีปริมาณการสั่งซื้อเฉลี่ยเท่าๆ กัน” จำนวนตัวแทนของผู้ค้าปลีก-ค้าส่งรายใหญ่ในภูมิภาคต่างๆ จึงถูกใช้เป็นน้ำหนัก (weight) เพื่อกำหนด

ปริมาณการสั่งซื้อในแต่ละเส้นทาง ผลการคำนวณพบว่า ต้นทุนรวมของระบบการขนส่งในสถานการณ์จำลองที่ 2 มีค่าเป็น 0.4944 เท่า ของต้นทุนรวมของระบบการขนส่งในสถานการณ์ปัจจุบัน

4.4 การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการผลิตเนื่องจากการรูปแบบที่ใช้ในการขนส่งปูนซีเมนต์

จากต้นทุนการขนส่งปูนซีเมนต์รวมที่ลดลงในสถานการณ์จำลองที่ 1 และ 2 ตามที่อธิบายข้างต้น ผู้ประกอบในสาขาการผลิตต่างๆ ที่ซื้อปูนซีเมนต์มาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตก็จะมีต้นทุนการผลิตที่ลดลงเช่นกัน ต้นทุนการผลิตที่ลดลงนี้มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีการผลิต ตามนิยามของแบบจำลองงปัจจัยการผลิตและผลผลิต ดังแสดงในสมการที่ (4-1)

ขั้นตอนต่อไป คือ การคำนวณสัดส่วนของต้นทุนการขนส่งทางถนน ทางราง และทางทะเล ที่ใช้ในการขนส่งปูนซีเมนต์ไปยังผู้ประกอบการในสาขาการผลิตต่างๆ ทั่วประเทศ ทั้งก่อนและหลังการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่ง ภายใต้สมมุติฐานที่ว่า “ทุกๆ สาขาการผลิตที่ซื้อปูนซีเมนต์ ใช้รูปแบบการขนส่งในสัดส่วนเดียวกัน” โดยมีรายละเอียดดังนี้

จากข้อกำหนดที่ว่า “รูปแบบการขนส่งของปูนซีเมนต์ ในสถานการณ์ปัจจุบันทั้งหมด เป็นการขนส่งทางถนนโดยใช้รถบรรทุก” ดังนั้น ต้นทุนการขนส่ง (Transportation Cost: TC) ปูนซีเมนต์ไปยังผู้ประกอบการในสาขาการผลิตใดๆ จึงอธิบายได้ด้วยสมการที่ (4-4)

$$TC_{i,cement} = TC^{road}_{i,cement} \tag{4-4}$$

โดยที่ $TC_{i,cement}$ คือ ต้นทุนการขนส่งปูนซีเมนต์ไปยังสาขาการผลิต i

$TC^{road}_{i,cement}$ คือ ต้นทุนการขนส่งปูนซีเมนต์ทางถนนไปยังสาขาการผลิต i

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สถานการณ์จำลองที่ 1: เปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งจากทางถนนเป็นทางราง

ในสถานการณ์จำลองที่ 1 พบว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งจากทางถนนเป็นทางราง ต้นทุนรวมของการขนส่งปูนซีเมนต์ มีค่าเป็น 0.5371 เท่า ของต้นทุนรวมของระบบการขนส่งในสถานการณ์ปัจจุบัน ดังแสดงในสมการที่ (4-5)

$$\left(TC^{road}_{i,cement} - \Delta TC^{road}_{i,cement}\right) + \Delta TC^{rail}_{i,cement} = 0.5371 TC_{i,cement} \tag{4-5}$$

โดยที่ $\Delta TC^{road}_{i,cement}$ คือ ต้นทุนการขนส่งปูนซีเมนต์ทางถนนไปยังสาขาการผลิต i ที่เปลี่ยนแปลงไป

$\Delta TC^{rail}_{i,cement}$ คือ ต้นทุนการขนส่งปูนซีเมนต์ทางรางไปยังสาขาการผลิต i ที่เปลี่ยนแปลงไป

จากตารางที่ 4-1 พบว่า ต้นทุนต่อหน่วยของการขนส่งทางถนนเป็น 2.23 เท่าของต้นทุนต่อหน่วยของการขนส่งทางราง ดังนั้น ปูนซีเมนต์ทุกๆ 1 ตันที่เปลี่ยนจากการขนส่งทางถนน เป็นการขนส่งทางราง จึงมีต้นทุนเป็น 0.4491 เท่าของต้นทุนเดิม ดังแสดงในสมการที่ (4-6)

$$\Delta TC_{i,cement}^{rail} = 0.4491 \Delta TC_{i,cement}^{road} \quad (4\text{-}6)$$

เมื่อแทนค่าจากสมการที่ (4-4) และ สมการที่ (4-6) ลงในสมการที่ (4-5) จะคำนวณต้นทุนการขนส่งทางถนนและทางรางที่เปลี่ยนแปลงไปได้ดังแสดงในสมการที่ (4-7) และ (4-8) ตามลำดับ

$$\mathrm{D}TC_{i,cement}^{road} = 0.8403 TC_{i,cement} \quad (4\text{-}7)$$

$$\mathrm{D}TC_{i,cement}^{rail} = 0.3774 TC_{i,cement} \quad (4\text{-}8)$$

สถานการณ์จำลองที่ 2: เปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งจากทางถนนเป็นทางรางและทางน้ำ

ในสถานการณ์จำลองที่ 2 พบว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งจากทางถนนเป็นทางรางและทางทะเล ต้นทุนรวมของการขนส่งปูนซีเมนต์ มีค่าเป็น 0.4944 เท่า ของต้นทุนรวมของระบบการขนส่งในสถานการณ์ปัจจุบัน ดังแสดงในสมการที่ (4-9)

$$\left(TC_{i,cement}^{road} - \mathrm{D}TC_{i,cement}^{road}\right) + \mathrm{D}TC_{i,cement}^{rail} + \mathrm{D}TC_{i,cement}^{sea} = 0.4944 TC_{i,cement} \quad (4\text{-}9)$$

โดยที่ $\mathrm{D}TC_{i,cement}^{sea}$ คือ ต้นทุนการขนส่งปูนซีเมนต์ทางทะเลไปยังสาขาการผลิต i ที่เปลี่ยนแปลงไป

ตารางที่ 4-1 อธิบายว่า ต้นทุนต่อหน่วยของการขนส่งทางถนนเป็น 3.26 เท่าของต้นทุนต่อหน่วยของการขนส่งทางทะเล ดังนั้น ปูนซีเมนต์ทุกๆ 1 ตันที่เปลี่ยนจากการขนส่งทางถนน เป็นการขนส่งทางทะเล จึงมีต้นทุนเป็น 0.3066 เท่าของต้นทุนเดิม ดังแสดงในสมการที่ (4-10)

$$\mathrm{D}TC_{i,cement}^{sea} = 0.3066 \mathrm{D}TC_{i,cement}^{road} \quad (4\text{-}10)$$

อย่างไรก็ตาม การคำนวณข้างต้น ต้องใช้ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับสัดส่วนของปริมาณการขนส่งทางรางเทียบกับทางทะเล จากตารางที่ 4-4 พบว่า จำนวนลูกค้าในจังหวัดระยองและสงขลา ซึ่งใช้รูปแบบการขนส่งทางทะเล เทียบกับจำนวนลูกค้าในจังหวัดอื่นๆ กำหนดให้ทุกๆ 1 ตันของการขนส่งปูนซีเมนต์ทางถนน เปลี่ยนเป็นการขนส่งทางราง 0.9 ตัน และการขนส่งทางทะเล 0.1 ตัน

สมการที่ (4-6) และ (4-10) จึงเปลี่ยนแปลงไปดังแสดงในสมการที่ (4-11) และ (4-12) ตามลำดับ

$$\mathrm{D}TC_{i,cement}^{rail} = 0.4491\left(0.9 \mathrm{D}TC_{i,cement}^{road}\right) \quad (4\text{-}11)$$

$$\Delta TC^{sea}_{i,cement} = 0.3066\left(0.1\Delta TC^{road}_{i,cement}\right) \quad (4\text{-}12)$$

เมื่อแทนค่าจากสมการที่ (4-4) สมการที่ (4-11) และ สมการที่ (4-12) ลงในสมการที่ (4-9) จะคำนวณต้นทุนการขนส่งทางถนน ทางราง และทางทะเลที่เปลี่ยนแปลงไปได้ดังแสดงในสมการที่ (4-13), (4-14) และ (4-15) ตามลำดับ

$$\Delta TC^{road}_{i,cement} = 0.8946 TC_{i,cement} \quad (4\text{-}13)$$

$$\Delta TC^{rail}_{i,cement} = 0.3616 TC_{i,cement} \quad (4\text{-}14)$$

$$\Delta TC^{sea}_{i,cement} = 0.0274 TC_{i,cement} \quad (4\text{-}15)$$

ถ้ากำหนดให้ Z^{road}_i คือ ต้นทุนค่าขนส่งทางถนนทั้งหมดของสาขาการผลิต i, Z^{rail}_i คือ ต้นทุนค่าขนส่งทางรางทั้งหมดของสาขาการผลิต i และ Z^{sea}_i คือ ต้นทุนค่าขนส่งทางทะเลทั้งหมดของสาขาการผลิต i โดยต้นทุนเหล่านี้รวมค่าขนส่งของทุกๆ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ไม่จำกัดเฉพาะการขนส่งปูนซีเมนต์

เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งปูนซีเมนต์ ต้นทุนการขนส่งทางถนน ทางราง และทางทะเลของแต่ละสาขาการผลิต จะคำนวณได้ดังแสดงในสมการที่ (4-16), (4-17) และ (4-18) ตามลำดับ

$$\tilde{Z}^{road}_i = Z^{road}_i + \Delta TC^{road}_{i,cement} \quad (4\text{-}16)$$

$$\tilde{Z}^{rail}_i = Z^{rail}_i + \Delta TC^{rail}_{i,cement} \quad (4\text{-}17)$$

$$\tilde{Z}^{sea}_i = Z^{sea}_i + \Delta TC^{sea}_{i,cement} \quad (4\text{-}18)$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อ $\tilde{Z}^{road}_i$ คือ ต้นทุนค่าขนส่งทางถนนทั้งหมดของสาขาการผลิต i หลังการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งปูนซีเมนต์

$\tilde{Z}^{rail}_i$ คือ ต้นทุนค่าขนส่งทางรางทั้งหมดของสาขาการผลิต i หลังการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งปูนซีเมนต์

$\tilde{Z}^{sea}_i$ คือ ต้นทุนค่าขนส่งทางทะเลทั้งหมดของสาขาการผลิต i หลังการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งปูนซีเมนต์

เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีการผลิตจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งเช่นนี้ จะทำให้มูลค่ารวมของผลผลิตในแต่ละสาขาการผลิต และปริมาณการใช้พลังงานของทั้งระบบเศรษฐกิจเปลี่ยนแปลงไป ดังแสดงในสมการที่ (4-1) และ (4-2) ตามลำดับ

4.5 ต้นทุนค่าขนส่งในกระบวนการผลิตและจัดจำหน่ายปูนซีเมนต์

จากการวิเคราะห์ต้นทุนค่าขนส่งในกระบวนการผลิตสาขาการผลิตทั้งหมด 25 สาขาการผลิต โดยแบ่งเป็นต้นทุนด้านวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ และต้นทุนค่าขนส่งวัตถุดิบ จากข้อมูลตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต (IO Table) ของประเทศไทยปี ค.ศ.2010 ของสำนักงานคณะกรรมการการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (Office of The National Economic and Social Development Board) พบว่า ในเทคโนโลยีการผลิตปูนซีเมนต์ ใช้วัตถุดิบจากสาขาการผลิตเหมืองแร่อโลหะสูงที่สุด มูลค่า 22,828.40 ล้านบาท รองลงมา คือ วัตถุดิบจากสาขาการผลิตไฟฟ้า มูลค่า 14,303.34 ล้านบาท และสาขาการผลิตโรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียมมูลค่า 7,744.81 ล้านบาท

ตารางที่ 4-5 ต้นทุนการขนส่งในกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมการผลิตซีเมนต์

สาขาการผลิต	รายละเอียดสาขาการผลิต	มูลค่าวัตถุดิบการผลิต (ล้านบาท)	ต้นทุนค่าขนส่ง (ล้านบาท)	ต้นทุนการขนส่งต่อหน่วยวัตถุดิบ (ร้อยละ)	สัดส่วนของต้นทุนการขนส่งรายสาขา (ร้อยละ)
S01	เกษตรกรรม ป่าไม้ และประมง	48.817	0	0.00	0.00
S02	ถ่านหินและปิโตรเลียม	200.632	12.001	5.98	0.60
S03	เหมืองแร่โลหะ	44.414	0.03	0.07	0.00
S04	เหมืองแร่อโลหะ	22828.397	1750.135	7.67	86.81
S05	กระดาษและผลิตภัณฑ์จากกระดาษ	618.292	43.069	6.97	2.14
S06	เคมีภัณฑ์	240.135	36.834	15.34	1.83
S07	โรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม	7744.812	91.214	1.18	4.52
S08	ซีเมนต์	2001.703	42.358	2.12	2.10
S09	ผลิตภัณฑ์คอนกรีต	0	0	0.00	0.00
S10	ผลิตภัณฑ์อโลหะ	0	0	0.00	0.00
S11	เครื่องจักรเครื่องยนต์	969.868	30.812	3.18	1.53
S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ	228.175	7.674	3.36	0.38
S13	ไฟฟ้า	14303.34	0	0.00	0.00
S14	แก๊สธรรมชาติ	556.839	1.824	0.33	0.09
S15	ประปา	121.358	0	0.00	0.00
S16	การก่อสร้าง	23.809	0	0.00	0.00
S17	การค้าปลีก-ค้าส่ง	2173.869	0	0.00	0.00
S18	การขนส่งทางราง	2.285	0	0.00	0.00
S19	การขนส่งทางถนน	0	0	0.00	0.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

S20	การขนส่งทางน้ำและทางทะเล	0	0	0.00	0.00
S21	บริการเกี่ยวเนื่องกับการขนส่ง	612.713	0	0.00	0.00
S22	การบริการทางด้านธุรกิจ	4003.812	0	0.00	0.00
S23	การบริการภาครัฐ	319.549	0	0.00	0.00
S24	การบริการอื่นๆ	824.8	0	0.00	0.00
S25	กิจกรรมที่ไม่สามารถจำแนกสาขาการผลิตได้	159.929	0	0.00	0.00

ที่มา : คำนวณโดยผู้วิจัยจากตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของประเทศไทย ปี 2010

ตารางที่ 4-6 ต้นทุนการขนส่งในกระบวนการจัดจำหน่ายอุตสาหกรรมการผลิตซีเมนต์

สาขาการผลิต	ยอดจำหน่ายปูนซีเมนต์ในสาขาการผลิตต่างๆ (ล้านบาท)	ต้นทุนค่าขนส่ง (ล้านบาท)	สัดส่วนของต้นทุนค่าขนส่งต่อยอดจำหน่ายปูนซีเมนต์ (ร้อยละ)	สัดส่วนของยอดจำหน่ายปูนซีเมนต์ (ร้อยละ)	สัดส่วนของต้นทุนค่าขนส่ง (ร้อยละ)
S01	339.11	11.67	3.44	0.34	0.38
S02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S04	5.76	0.33	5.74	0.01	0.01
S05	25.71	1.01	3.92	0.03	0.03
S06	196.80	5.30	2.70	0.20	0.17
S07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S08	2001.70	42.36	2.12	2.01	1.39
S09	16378.30	238.43	1.46	16.41	7.81
S10	10303.81	228.64	2.22	10.32	7.49
S11	10.17	0.27	2.68	0.01	0.01
S12	1412.47	27.71	1.96	1.41	0.91
S13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S15	339.06	20.39	6.01	0.34	0.67
S16	67244.31	2446.10	3.64	67.36	80.13
S17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S21	9.01	0.25	2.75	0.01	0.01
S22	70.15	4.21	6.00	0.07	0.14
S23	159.20	5.32	3.34	0.16	0.17

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

S24	5.42	0.16	2.86	0.01	0.01
S25	1322.74	20.49	1.55	1.33	0.67

ที่มา : คำนวณโดยผู้วิจัยจากตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของประเทศไทย ปี ค.ศ.2010

เมื่อพิจารณาต้นทุนการขนส่งต่อมูลค่าของวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ พบว่า เคมีภัณฑ์มีต้นทุนการขนส่งต่อหน่วยสูงที่สุดร้อยละ 15.34 รองลงมาเป็นวัตถุดิบของสาขาการผลิตเหมืองแร่อโลหะร้อยละ 7.67 ตามด้วยกระดาษและผลิตภัณฑ์จากกระดาษร้อยละ 6.97

ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาสัดส่วนของต้นทุนค่าขนส่งวัตถุดิบต่างๆ ในอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ พบว่า ต้นทุนค่าขนส่งของวัตถุดิบจากสาขาการผลิตเหมืองแร่อโลหะมีมูลค่าสุดสูงถึง 1,750.14 ล้านบาท หรือคิดเป็นร้อยละ 86.81 ของต้นทุนค่าขนส่งทั้งหมด รองลงมา คือ ต้นทุนการขนส่งวัตถุดิบจากสาขาโรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม มีมูลค่า 91.21 ล้านบาท หรือคิดเป็นร้อยละ 4.52 ตามด้วยสาขาการผลิตกระดาษและผลิตภัณฑ์จากกระดาษมูลค่า 43.07 ล้านบาท หรือคิดเป็นร้อยละ 2.14 ดังแสดงในตารางที่ 4-5

จากตารางที่ 4-6 ซึ่งอธิบายมูลค่าปูนซีเมนต์และต้นทุนการขนส่งปูนซีเมนต์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตของสาขาการผลิตต่างๆ ทั้ง 25 สาขาการผลิต พบว่า สาขาการก่อสร้างใช้ปูนซีเมนต์สูงที่สุดถึง 67,244.31 ล้านบาท หรือคิดเป็นร้อยละ 67.36 ของมูลค่าการจำหน่ายปูนซีเมนต์ทั้งหมด โดยส่วนมากมักใช้ในงานโครงสร้างทั่วไปของอาคาร งานก่อผนังอิฐ, งานฉาบผนัง, งานปูนปั้นต่างๆ รองลงมา คือ สาขาผลิตภัณฑ์คอนกรีต ตัวอย่างเช่น เสาเข็ม, คอนกรีตอัดแรง, แผ่นพื้น, คาน และผนังสำเร็จรูป โดยมีมูลค่า 16,378.30 ล้านบาท หรือคิดเป็นร้อยละ 16.41 ของมูลค่าการจำหน่ายปูนซีเมนต์ทั้งหมด ตามด้วยสาขาผลิตภัณฑ์อโลหะ โดยมีมูลค่า 10,303.81 ล้านบาท หรือคิดเป็นร้อยละ 10.32

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในทำนองเดียวกัน หากพิจารณาสัดส่วนของต้นทุนค่าขนส่งปูนซีเมนต์ตามการจัดจำหน่าย พบว่า สาขาที่มีต้นทุนค่าขนส่งปูนซีเมนต์สูงที่สุด คือ สาขาการก่อสร้าง โดยมีต้นทุนค่าขนส่งปูนซีเมนต์คิดเป็นมูลค่า 2,446.10 ล้านบาท หรือคิดเป็นร้อยละ 80.13 ของต้นทุนค่าขนส่งปูนซีเมนต์ทั้งหมด รองลงมา คือ สาขาผลิตภัณฑ์คอนกรีต ซึ่งมีต้นทุนการขนส่งปูนซีเมนต์คิดเป็นมูลค่า 238.43 ล้านบาท หรือคิดเป็นร้อยละ 7.81 ตามด้วยสาขาผลิตภัณฑ์อโลหะ มีต้นทุนการขนส่งปูนซีเมนต์คิดเป็นมูลค่า 228.64 ล้านบาท หรือคิดเป็นร้อยละ 7.49

จะเห็นได้ว่า สาขาการผลิตที่ใช้ปูนซีเมนต์ในกระบวนการผลิตมากก็จะมีต้นทุนค่าขนส่งปูนซีเมนต์มากเช่นกัน หรือกล่าวได้ว่า “ต้นทุนเฉลี่ยต่อหน่วย” ของการขนส่งปูนซีเมนต์มีค่าใกล้เคียงกัน โดยพบว่า สาขาที่มีต้นทุนค่าขนส่งต่อยอดจำหน่ายปูนซีเมนต์สูงที่สุด คือ สาขาประปา

คิดเป็นร้อยละ 6.01 ของสัดส่วนต้นทุนค่าขนส่งต่อยอดจำหน่าย รองลงมา คือ สาขาการบริการด้านธุรกิจ โดยมีสัดส่วนต้นทุนค่าขนส่งต่อยอดจำหน่าย คิดเป็นร้อยละ 6.00 ตามด้วยสาขาเหมืองแร่อโลหะ ซึ่งมีสัดส่วนต้นทุนค่าขนส่งต่อยอดจำหน่าย คิดเป็นร้อยละ 5.74

4.6 ผลกระทบการจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งปูนซีเมนต์

การศึกษานี้แบ่งการวิเคราะห์ผลกระทบการจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งปูนซีเมนต์ออกเป็น 2 ส่วน คือ

1) การวิเคราะห์ผลกระทบเชิงปริมาณ โดยศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่ง ของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ต่อมูลค่ารวมของผลผลิตในแต่ละสาขาการผลิต รวมทั้งผลกระทบต่อมูลค่าของพลังงานทั้งหมด ที่ใช้ในกระบวนการผลิตของระบบเศรษฐกิจโดยรวม โดยใช้สมการที่ (4-1) และ (4-2) ตามลำดับ
2) การวิเคราะห์ผลกระทบเชิงราคา โดยศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงต้นทุนการขนส่งของปูนซีเมนต์ต่อราคาของผลผลิตในทุกๆ สาขาการผลิต โดยใช้สมการที่ (4-3)

เมื่อคำนวณต้นทุนการขนส่งรวม ในสถานการณ์จำลองเปรียบเทียบกับสถานการณ์ปัจจุบันจากรูปที่ 4-3 และรูปที่ 4-4 และต้นทุนต่อหน่วยของการขนส่งแต่ละรูปแบบ ดังแสดงในตารางที่ 4-1 พบว่า ต้นทุนการขนส่งรวมในสถานการณ์จำลองที่ 1 มีค่าเป็น 0.5371 เท่า ของต้นทุนการขนส่งรวมในปัจจุบัน และ ต้นทุนการขนส่งรวมในสถานการณ์จำลองที่ 2 มีค่าเป็น 0.4944 เท่า ของต้นทุนการขนส่งรวมในปัจจุบัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากนั้น เมื่อแปลงมูลค่าของต้นทุนการขนส่งรวมที่ลดลง เป็นสัดส่วนของการขนส่งทางถนนที่ลดลง และ สัดส่วนของการขนส่งทางรางและทางทะเลที่เพิ่มขึ้น ภายใต้สมมุติฐานที่ว่า ทุกๆ สาขาการผลิตที่ซื้อปูนซีเมนต์ ใช้รูปแบบการขนส่งในสัดส่วนเดียวกัน จะทำให้ทราบการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการผลิตเนื่องจากการรูปแบบที่ใช้ในการขนส่งปูนซีเมนต์ ซึ่งจะถูกแปลงเป็นสัดส่วนของต้นทุนค่าขนส่งแต่ละรูปแบบที่เปลี่ยนแปลงไปต่อมูลค่าผลผลิตมวลรวมในแต่ละสาขาการผลิตในรูปของ **DA** เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณมูลค่าผลผลิตในแต่ละสาขาการผลิต ก่อนและหลังการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งปูนซีเมนต์ จากการขนส่งทางถนนเป็นการขนส่งทางรางและทางน้ำต่อไป

จากตารางที่ 4-7 พบว่า ในสถานการณ์จำลองที่ 1 สาขาการผลิตที่มีมูลค่าผลผลิตเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ สาขาการขนส่งทางราง โดยเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 14.1 ตามด้วยกิจกรรมที่ไม่สามารถจำแนกสาขาการผลิตได้ และเหมืองแร่อโลหะ ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักของกระบวนการผลิต

ปูนซีเมนต์ ที่ร้อยละ 0.006 และ 0.002 ตามลำดับ ในขณะที่สาขาการผลิตที่มีมูลค่าผลผลิตเปลี่ยนแปลงลดลงมากที่สุด คือ สาขาการขนส่งทางถนน โดยลดลงร้อยละ 0.68 ตามด้วยถ่านหิน และโรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียมซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหลักของการผลิตไฟฟ้า และใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการขนส่ง ที่ร้อยละ 0.157 และ 0.064 ตามลำดับ

ตารางที่ 4-7 มูลค่าผลผลิตในแต่ละสาขาการผลิตและมูลค่าการใช้พลังงานรวมของทั้งระบบเศรษฐกิจก่อนและหลังการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งปูนซีเมนต์

สาขาการผลิต	สถานการณ์จำลองที่ 1			สถานการณ์จำลองที่ 2		
	มูลค่าผลผลิตใหม่ (ล้านบาท)	มูลค่าผลผลิตเดิม (ล้านบาท)	เปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)	มูลค่าผลผลิตใหม่ (ล้านบาท)	มูลค่าผลผลิตเดิม (ล้านบาท)	เปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)
S01	1,787,311.67	1,787,359.15	-0.0027	1,787,304.08	1,787,359.15	-0.0031
S02	403,605.51	404,241.46	-0.1573	403,563.80	404,241.46	-0.1676
S03	3,752.64	3,753.44	-0.0214	3,752.48	3,753.44	-0.0255
S04	68,278.97	68,277.93	0.0015	68,278.48	68,277.93	0.0008
S05	256,140.23	256,166.92	-0.0104	256,138.05	256,166.92	-0.0113
S06	881,054.04	881,141.01	-0.0099	881,045.02	881,141.01	-0.0109
S07	1,324,784.62	1,325,636.95	-0.0643	1,324,730.11	1,325,636.95	-0.0684
S08	113,768.43	113,768.49	0.0000	113,768.30	113,768.49	-0.0002
S09	72,758.03	72,757.85	0.0003	72,757.95	72,757.85	0.0001
S10	213,051.39	213,056.06	-0.0022	213,050.75	213,056.06	-0.0025
S11	5,252,399.88	5,252,963.53	-0.0107	5,252,344.40	5,252,963.53	-0.0118
S12	5,723,049.98	5,723,244.02	-0.0034	5,723,016.13	5,723,244.02	-0.0040
S13	705,701.10	705,732.97	-0.0045	705,696.22	705,732.97	-0.0052
S14	402,974.50	402,988.88	-0.0036	402,972.80	402,988.88	-0.0040
S15	58,504.16	58,503.87	0.0005	58,503.75	58,503.87	-0.0002
S16	915,046.33	915,044.39	0.0002	915,045.59	915,044.39	0.0001
S17	2,937,183.93	2,937,429.42	-0.0084	2,937,162.88	2,937,429.42	-0.0091
S18	9,296.58	8,145.01	14.1384	9,248.39	8,145.01	13.5467
S19	379,291.00	381,879.41	-0.6778	379,122.32	381,879.41	-0.7220
S20	214,898.00	214,898.99	-0.0005	214,985.29	214,898.99	0.0402
S21	747,597.71	747,712.67	-0.0154	747,594.26	747,712.67	-0.0158
S22	1,632,313.71	1,632,538.82	-0.0138	1,632,296.66	1,632,538.82	-0.0148
S23	1,472,893.13	1,472,896.33	-0.0002	1,472,892.86	1,472,896.33	-0.0002
S24	1,719,792.68	1,719,903.06	-0.0064	1,719,785.43	1,719,903.06	-0.0068
S25	214,665.41	214,652.73	0.0059	214,663.54	214,652.73	0.0050

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

มูลค่าพลังงาน (ล้านบาท)	**3,077,689.00**	**3,079,223.53**	**-0.0498**	**3,077,586.20**	**3,079,223.53**	**-0.0532**

เมื่อคูณการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าผลผลิต ทั้งที่เพิ่มขึ้นและลดลงในแต่ละสาขาการผลิต ด้วยสัมประสิทธิ์ความเข้มข้นของการใช้พลังงาน (Energy intensity coefficient) และรวมค่าการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานของทุกสาขาการผลิต จะพบว่า การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่ง ของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ จากการขนส่งทางถนนเป็นการขนส่งทางราง ตามสถานการณ์จำลองจะช่วยลดการใช้พลังงานรวมของทั้งระบบเศรษฐกิจลงได้ ร้อยละ 0.0498

ในสถานการณ์จำลองที่ 2 สาขาการผลิตที่มีมูลค่าผลผลิตเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ สาขาการขนส่งทางราง โดยเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 13.55 ตามด้วยสาขาการขนส่งทางน้ำ และกิจกรรมที่ไม่สามารถจำแนกสาขาการผลิตได้ ที่ร้อยละ 0.04 และ 0.005 ตามลำดับ ในขณะที่สาขาการผลิตที่มีมูลค่าผลผลิตเปลี่ยนแปลงลดลงมากที่สุด คือ สาขาการขนส่งทางถนน โดยลดลงร้อยละ 0.72 ตามด้วยถ่านหิน และ โรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียมซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหลักของการผลิตไฟฟ้า และใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการขนส่ง ที่ร้อยละ 0.168 และ 0.068 ตามลำดับ

เมื่อคูณการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าผลผลิต ทั้งที่เพิ่มขึ้นและลดลงในแต่ละสาขาการผลิต ด้วยสัมประสิทธิ์ความเข้มข้นของการใช้พลังงาน (Energy intensity coefficient) และรวมค่าการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานของทุกสาขาการผลิต จะพบว่า การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่ง ของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ จากการขนส่งทางถนนเป็นการขนส่งทางน้ำ ตามสถานการณ์จำลองจะช่วยลดการใช้พลังงานรวมของทั้งระบบเศรษฐกิจลงได้ ร้อยละ 0.0532

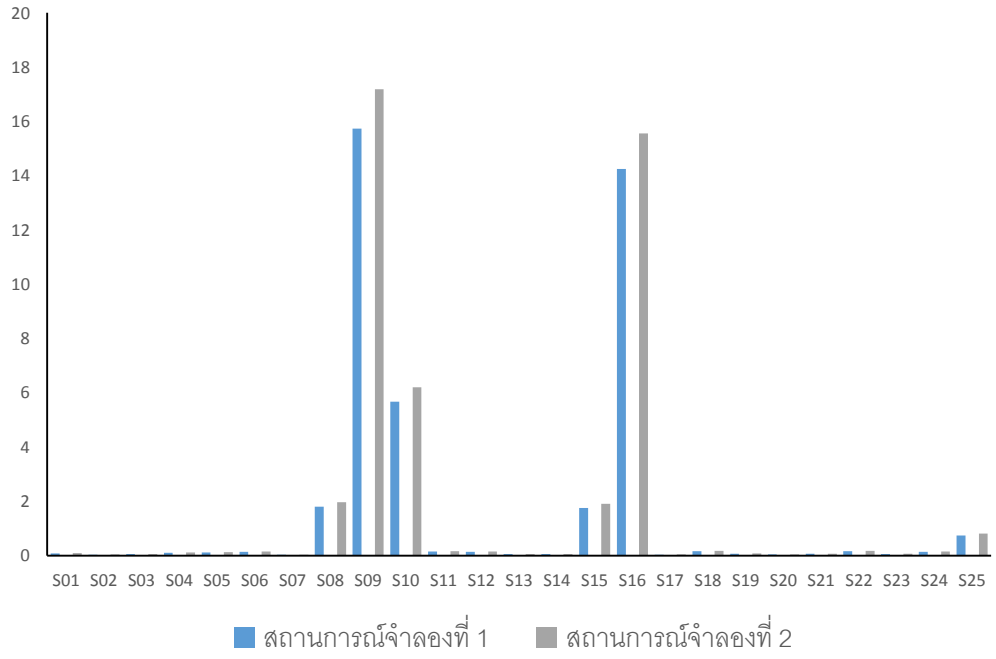
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ในขณะที่การวิเคราะห์ส่วนที่สอง คือ ศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งต่อการเปลี่ยนแปลงด้านราคา โดยในกรณีนี้จะพิจารณาว่าเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบเทคโนโลยีการขนส่ง (ซึ่งเป็นปัจจัยการผลิตพื้นฐานของการผลิตปูนซีเมนต์) จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของราคาผลผลิตต่อหน่วยการผลิตของอุตสาหกรรมการผลิตอื่นๆ เพียงใด ด้วยแบบจำลองด้านราคาปัจจัยการผลิตและผลผลิต

จากผลการคำนวณการเปลี่ยนแปลงต้นทุนการขนส่งรวมของปูนซีเมนต์ พบว่า เมื่อกำหนดให้ “ต้นทุนการขนส่ง เป็นส่วนหนึ่งของปัจจัยการผลิตพื้นฐานและมูลค่าเพิ่มของการผลิต” จากนั้นจึงปรับค่าบริการด้านการขนส่ง สำหรับการซื้อสินค้าจากอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ ให้ลดลงเหลือร้อยละ 53.71 ของมูลค่าเดิมในสถานการณ์จำลองที่ 1 และลดลงเหลือร้อยละ 49.44 ของมูลค่าเดิมในสถานการณ์จำลองที่ 2 (เทียบเคียงได้กับตัวเลขในแถวแรกของตาราง $\mathbf{Z}_T$ และ $\mathbf{F}_T$ ในรูปที่ 4-2 (ข) ซึ่งทำให้ สัมประสิทธิ์ของมูลค่าเพิ่มรวม ต่อหน่วยของมูลค่าผลผลิตรวม (Vector of value-added

coefficient) ลดลงด้วย จากนั้นจึงใช้สมการที่ (4-3) เพื่อคำนวณการเปลี่ยนแปลงของราคาผลผลิตต่อหน่วยการผลิตของสาขาการผลิตต่างๆ

ผลการศึกษาแสดงในรูปที่ 4-5 โดยพบว่า ในสถานการณ์จำลองที่ 1 เมื่อต้นทุนการขนส่งของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ลดลง เนื่องจากการเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งจากทางถนนเป็นทางราง จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านราคาของผลผลิตจากสาขาการผลิตต่างๆ โดยสาขาการผลิตที่มีการลดลงของราคาผลผลิตมากที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ ผลิตภัณฑ์คอนกรีต (S09) การก่อสร้าง (S16) ผลิตภัณฑ์อโลหะ (S10) ปูนซีเมนต์ (S08) และ ประปา (S15) โดยราคาลดลง ร้อยละ 0.1574, ร้อยละ 0.1424, ร้อยละ 0.0568, ร้อยละ 0.0181 และ ร้อยละ 0.017 ตามลำดับ



รูปที่ 4-5 สัดส่วนการลดลงของราคาผลผลิตในสาขาการผลิตต่างๆ
จากการเปลี่ยนแปลงต้นทุนการขนส่งปูนซีเมนต์ (หน่วย: 0.01%)

ในขณะที่สถานการณ์จำลองที่ 2 ซึ่งมีต้นทุนการขนส่งปูนซีเมนต์ต่ำกว่าสถานการณ์จำลองที่ 1 พบว่า เมื่อต้นทุนการขนส่งของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ลดลง เนื่องจากการเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งจากทางถนนเป็นทางรางและทางน้ำ จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านราคาของผลผลิตจากสาขาการผลิตต่างๆ โดยสาขาการผลิตที่มีการลดลงของราคาผลผลิตมากที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ ผลิตภัณฑ์คอนกรีต (S09) การก่อสร้าง (S16) ผลิตภัณฑ์อโลหะ (S10) ปูนซีเมนต์ (S08) และ ประปา

(S15) โดยราคาลดลง ร้อยละ 0.1719, ร้อยละ 0.1556, ร้อยละ 0.0568, ร้อยละ 0.0197 และ ร้อยละ 0.0192 ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษา

5.1 สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งของสาขาการผลิตปูนซีเมนต์ โดยการศึกษารูปแบบการขนส่งปูนซีเมนต์ในปัจจุบัน และกำหนดสถานการณ์จำลองรูปแบบการขนส่งที่สามารถแทนที่รูปแบบในปัจจุบันได้ ทั้งนี้ การศึกษานี้กำหนดให้ปูนซีเมนต์ทั้งหมดถูกผลิตจากโรงงานในจังหวัดสระบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีแหล่งแร่หินปูนซึ่งใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์เป็นจำนวนมาก และผลผลิตปูนซีเมนต์ จะถูกส่งไปยังจังหวัดต่างๆ ทั่วทุกภาคของประเทศไทย โดยกำหนดให้ 10 จังหวัด ได้แก่ 1) เชียงใหม่ 2) นครสวรรค์ 3) ขอนแก่น 4) ขอนแก่น 5) อยุธยา 6) ราชบุรี 7) กรุงเทพฯ 8) ระยอง 9) สุราษฎร์ธานี และ 10) สงขลา เป็นที่ตั้งของตัวแทนของผู้ค้าปลีก-ค้าส่งรายใหญ่ในภูมิภาคต่างๆ นอกจากนี้ ยังกำหนดให้รูปแบบการขนส่งของปูนซีเมนต์ในสถานการณ์ปัจจุบันทั้งหมด เป็นการขนส่งทางถนนโดยใช้รถบรรทุก ในขณะที่รูปแบบการขนส่งของปูนซีเมนต์ ในสถานการณ์จำลอง (Simulation case) จะเลือกใช้การขนส่งทางรางและทางน้ำ ซึ่งมีต้นทุนการขนส่งต่ำกว่าการขนส่งทางบก และมีประสิทธิภาพของการใช้พลังงานสูงกว่าเป็นหลัก

จากการคำนวณการเปลี่ยนแปลงต้นทุนการขนส่งรวมของปูนซีเมนต์ในสถานการณ์ปัจจุบัน และสถานการณ์จำลอง พบว่า เมื่อแปลงระยะทางทางรางและทางทะเลให้เป็นระยะทางทางถนน โดยพิจารณาความแตกต่างของต้นทุนการขนส่งต่อหน่วยในแต่ละรูปแบบแล้ว ในสถานการณ์จำลองที่ 1 ซึ่งกำหนดให้เปลี่ยนรูปแบบการขนส่งจากทางถนนเป็นทางราง ต้นทุนรวมของการขนส่งปูนซีเมนต์ทั้งระบบจะลดลงเหลือร้อยละ 53.71 ของมูลค่าเดิม ในขณะที่ ในสถานการณ์จำลองที่ 2 ซึ่งกำหนดให้เปลี่ยนรูปแบบการขนส่งจากทางถนนเป็นทางรางและทางทะเล ต้นทุนรวมของการขนส่งปูนซีเมนต์ทั้งระบบจะลดลงเหลือร้อยละ 49.44 ของมูลค่าเดิม

จากนั้น การวิเคราะห์ผลกระทบเชิงปริมาณ โดยศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ ต่อมูลค่ารวมของผลผลิตในแต่ละสาขาการผลิต รวมทั้งผลกระทบต่อมูลค่าของพลังงานทั้งหมด พบว่า เมื่อคูณการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าผลผลิต ทั้งที่เพิ่มขึ้นและลดลงในแต่ละสาขาการผลิต ด้วยสัมประสิทธิ์ความเข้มข้นของการใช้พลังงาน (Energy intensity coefficient) และรวมค่าการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานของทุกสาขาการผลิต จะพบว่า การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่ง ของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ จากการขนส่งทางถนนเป็นการขนส่งทางราง ตามสถานการณ์จำลองที่ 1 จะช่วยลดการใช้พลังงานรวมของทั้งระบบเศรษฐกิจลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ได้ ร้อยละ 0.0498 และเมื่อเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งทางถนนเป็นการขนส่งทางรางและทางน้ำ ตามสถานการณ์จำลองที่ 2 จะช่วยลดการใช้พลังงานรวมของทั้งระบบเศรษฐกิจลงได้ ร้อยละ 0.0532

นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่ง ต่อการเปลี่ยนแปลงด้านราคา โดยในกรณีนี้จะพิจารณาว่าเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบเทคโนโลยีการขนส่ง จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของราคาผลผลิตต่อหน่วยการผลิตของอุตสาหกรรมการผลิตอื่นๆ เพียงใด ด้วยแบบจำลองด้านราคาปัจจัยการผลิตและผลผลิต พบว่า ในสถานการณ์จำลองที่ 1 เมื่อต้นทุนการขนส่งของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ลดลง เนื่องจากการเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งจากทางถนนเป็นทางราง จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านราคาของผลผลิตจากสาขาการผลิตต่างๆ โดยสาขาการผลิตที่มีการลดลงของราคาผลผลิตมากที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ ผลิตภัณฑ์คอนกรีต (S09) การก่อสร้าง (S16) ผลิตภัณฑ์อโลหะ (S10) ปูนซีเมนต์ (S08) และ ประปา (S15) โดยราคาลดลง ร้อยละ 0.1574, ร้อยละ 0.1424, ร้อยละ 0.0568, ร้อยละ 0.0181 และ ร้อยละ 0.017 ตามลำดับ ในขณะที่สถานการณ์จำลองที่ 2 ซึ่งมีต้นทุนการขนส่งปูนซีเมนต์ต่ำกว่าสถานการณ์จำลองที่ 1 พบว่า เมื่อต้นทุนการขนส่งของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ลดลง เนื่องจากการเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งจากทางถนนเป็นทางรางและทางน้ำ จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านราคาของผลผลิตจากสาขาการผลิตต่างๆ โดยสาขาการผลิตที่มีการลดลงของราคาผลผลิตมากที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ ผลิตภัณฑ์คอนกรีต (S09) การก่อสร้าง (S16) ผลิตภัณฑ์อโลหะ (S10) ปูนซีเมนต์ (S08) และ ประปา (S15) โดยราคาลดลง ร้อยละ 0.1719, ร้อยละ 0.1556, ร้อยละ 0.0568, ร้อยละ 0.0197 และ ร้อยละ 0.0192 ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.2 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

1) ภาครัฐควรส่งเสริมการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานทางรางและทางทะเล ซึ่งมีต้นทุนการขนส่งต่อหน่วยต่ำกว่าการขนส่งทางถนน รวมทั้งพัฒนาระบบการเปลี่ยนถ่ายสินค้า เช่น สถานีบรรจุและแยกสินค้ากล่อง หรือ Inland Container Depot (ICD) ลานที่เก็บตู้คอนเทนเนอร์ หรือ Container Yard (CY) เป็นต้น เพื่อรองรับเทคโนโลยีและปริมาณสินค้าที่มีการเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งในอนาคต
2) ภาครัฐควรส่งเสริมการพัฒนาทางเทคโนโลยีการขนส่งเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในการขนส่งสินค้ารูปแบบต่างๆ เช่น การพัฒนาระบบสายพานลำเลียง (Conveyer) เพื่อขนส่งหินปูนในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ เป็นต้น

3) ภาครัฐควรมีนโยบายในการอุดหนุนการขนส่งสินค้าทางรางและทางทะเล โดยอาจพิจารณาจากส่วนต่างของต้นทุนการขนส่งที่ประหยัดได้เมื่อเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งจากทางถนนเป็นทางรางหรือทางทะเล ซึ่งนอกจากจะเป็นการนำทรัพยากรทางรางและท่าเรือมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากขึ้นแล้ว ยังเป็นการลดการใช้พลังงานและมลพิษต่อสภาพแวดล้อมอีกด้วย

5.3 ข้อจำกัดในงานวิจัย

1) ต้นทุนการขนส่งปูนซีเมนต์ใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากงานวิจัยอื่น ซึ่งเป็นต้นทุนเฉลี่ยของการขนส่งแต่ละรูปแบบในทุกๆ สินค้า จึงอาจไม่สะท้อนถึงต้นทุนการขนส่งปูนซีเมนต์ที่แท้จริง
2) เส้นทางการขนส่งในสถานการณ์จำลองเป็นผลจากการศึกษาเบื้องต้นถึงความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่ง โดยไม่ได้คำนึงถึงความเป็นไปได้ทางวิศวกรรม เช่น จุดเปลี่ยนถ่ายสินค้า ความเชื่อมโยงของระบบคมนาคม เป็นต้น จึงทำให้ค่าการเปลี่ยนแปลงต้นทุนการขนส่งในสถานการณ์จำลองอาจคาดเคลื่อนจากความเป็นจริง
3) ปริมาณการขนส่งปูนซีเมนต์ไปยังผู้ซื้อในแต่ละภาค กำหนดจากสมมติฐานที่ว่าสินค้าจะถูกส่งไปยังตัวแทนจำหน่ายรายใหญ่ในแต่ละภาคของประเทศ ซึ่งจะทำหน้าที่กระจายสินค้าไปยังลูกค้ารายย่อยในภาคนั้นๆ ต่อไป ดังนั้นการศึกษานี้จึงไม่ครอบคลุมต้นทุนในการกระจายสินค้าส่วนหลังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.4 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

1) ควรทำการสำรวจข้อมูลต้นทุนการขนส่งปูนซีเมนต์ด้วยรูปแบบการขนส่งประเภทต่างๆ (ทางถนน ทางราง ทางทะเล) จากผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ เพื่อให้ทราบถึงต้นทุนการขนส่งที่แท้จริง
2) ทำการสำรวจเชิงลึกถึงความเป็นไปได้ทางด้านวิศวกรรมในการเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งปูนซีเมนต์ เพื่อให้ทราบถึงต้นทุนที่แท้จริงในการเปลี่ยนถ่ายสินค้าระหว่างระบบ
3) ใช้แบบจำลองปัจจัยการผลิตและผลผลิตระหว่างภาค (Multi-Regional Input-Output Analysis) ในการวิเคราะห์ความแตกต่างของผลกระทบของการเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งต่อมูลค่าผลผลิต ปริมาณการใช้พลังงาน และราคาของผลผลิตเป็นรายภาค ซึ่งจะสะท้อนถึง

โครงสร้างการผลิต ต้นทุนการขนส่ง และความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งที่แตกต่างกันในแต่ละภาคของประเทศไทยได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย (ท่าหลวง) จำกัด (2560), “ข้อมูลการจัดจำหน่ายปูนซิเมนต์”

สมาคมอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ไทย (2559), “ปริมาณการผลิตและความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ภายในประเทศของไทย”

สมาคมอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ไทย (2559), “รายชื่อผู้ประกอบการผลิตปูนซีเมนต์ในประเทศไทย”

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร กระทรวงคมนาคม (2559), “โครงการศึกษาพัฒนาปรับปรุง บำรุงรักษาระบบฐานข้อมูล ข้อสนเทศและแบบจำลองเพื่อบูรณาการพัฒนาการขนส่งและจราจร การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบและระบบโลจิสติกส์ (TDL)”, http://www.otp.go.th/index.php/edureport/view?id=31

สำนักบัญชีประชาชาติ, สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (2560), “ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของประเทศไทย”, http://www.nesdb.go.th/main.php?filename=io_page

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาษาอังกฤษ

Aschauer D. A. (1989) “Is Public Expenditure Productive?”, *Journal of Monetary Economics*, vol. 23, no. 2, pp. 177-200

Banister, D. (2007) “Quantification of Non-transport Benefits Resulting from Rail Investment”, *Oxford University for the Environment*, *Working Paper*, no. 1029

Belli, P., Anderson, J. R., Barnum, H.N, Dixon, J. A. and Tan, J-P. (2001) *Economic Analysis of Investment Operations. Analytical Tools and Practical Applications*, WBI, World Bank, Washington D.C.

Brent, R.J. (1996) *Applied Cost-Benefits Analysis*, Edward Elgar, Cheltenham

Bullard C. W. and Herendeen R. A. (1975), “The energy cost of goods and services”, *Energy Policy*, vol. 3, no. 4, 268-278

Bureau of Transportation Statistics (2014) *National transportation statistics 2014*, Washington, DC: U.S. Department of Transportation, Research and Innovative Technology Administration

Chadwich, B., Bahr H. and Albrecht, S. (1984) *Social Science Research Methods,* Englewood, New Jersey, Prentice-Hall

Chapman, P. (1974), “Energy costs: a review of methods”, *Energy Policy*, 2(2), 91-103.

Chiu, R. H. and Lin, Y. C. (2012) “Applying input-output model to investigate the inter-industrial linkage of transportation industry in TAIWAN”, *Journal of Marine Science and Technology*, Vol. 20, No. 2, pp. 173-186

Common, M. S. and Salma, U., (1992), "Accounting for changes in Australian carbon dioxide emissions," *Energy Economics*, 14(3), 217-225.

Foran, B., Lenzen, M. and Dey, C. (2005) *Balancing Act: A Triple Bottom Line Analysis of the Australian Economy*, Vol. 1, Department of the Environment and Heritage, Canberra

Forkenbrock, D. and N. Foster (1990) “*Economic Benefits of a Corridor Highway Investment*”, Transportation Research A, vol. 24 no. 4, pp. 301-312

Gay, S. and J.L.R. Proops, (1993), "CO2 production by the U.K. economy: an input-output assessment", *Applied Energy*, 44, 113-130.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Graham, D. (2005) *Wider Economic Benefits of Transport Improvements: Link between Agglomeration and Productivity: Stage 2 Report,* London, Imperial College

Green, D. L., Lee, R., and Hopson, J. L. (2013) *OPEC and the costs to the U.S. economy of oil dependence: 1970-2010* (White Paper 1-13), Knoxville: Howard H. Baker Jr. Center for Public Policy, University of Tennessee

Hong Bae Kim and Chang Ho Hur (2016) "Impact Analysis of Transportation Modal Shift on Regional Energy Consumption and Environmental Level: Focused on Electric Automobiles", *Engineering and Technology International Journal of Environmental and Ecological Engineering*, vol. 10, no. 12

Keegan, M., Favero, G. and Porter, C. (2007) "*Transport Appraisal: are we including all the benefits?*" UITP Magazine, PT International, Nov/Dec issue

Lakshmanan, T.R. and William P.A. (2002) "Transportation Infrastructure, Freight Services Sector and Economic Growth", *Center for Transportation Studies Working Paper*, Boston University

Leontief, W. (1966), *Input-Output Economics*, Oxford University Press, New York.

Limmeechokchai B. and P. Suksuntornsiri (2007), "Embedded energy and total greenhouse gas emissions in final consumptions within Thailand", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11 (2), 259-281.

Masui, T. and Yurimoto S. (2000) "*A mathematical model for modal shift to minimize NOx emissions*", Integrated Manufacturing Systems, Vol. 11 Issue: 2, pp.127-132, https://doi.org/10.1108/09576060010314107

Miller R.E. and Blair, P.D. (1985) *Input-Output Analysis, Foundations and Extensions*, Englewood, New Jersey, Prentice-Hall

Nash, C. (1993) "*Cost-Benefit Analysis of Transport Projects*", in Williams, A. and Giardina, E. (eds.), Efficiency in the Public Sector: The Theory and Practice of Cost-Benefit Analysis, Aldershot, Edward Elgar, pp. 83-105

National Research Council (2012) *Climate change: Evidence, impacts and choices.* Washington D.C., National Academies Press

Peters, G. P.; Hertwich, E. G. (2008), "Post-Kyoto greenhouse gas inventories: Production versus consumption", *Climatic Change*, 86 (1–2), 51-66.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Selltiz. C, L. Wrightsman, and S. Cook (1976) *Research Methods in Social Relations*, New York, Holt, Rinehart and Winston

Strathman, J. and Dueker, K. (1987) "*Regional Economic Impacts of Local Transit Financing Alternatives: Input-Output Results for Portland*", Transportation Research Record, no.1116, pp. 40-48

Suksuntornsiri P. and B. Limmeechokchai (2005), "The PCA and IOA approaches for life-cycle analysis ofgreenhouse gas emissions from Thai commodities and energy consumption", *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 27(1), 177-189.

Transit Cooperative Research Program (TCRP) (1998) *Economic Impact Analysis of Transit Investment: Guidebook for Practitioners*, Washington, Transportation Research Board

Tsukui, M. and Nakamura, K. (2010) "*The impact and effects of modal shift of waste transportation by IR-WIO (interregional waste input-output) analysis*", 18th International Input-Output Conference Proceeding, http://iioa.org/conferences/18th/papers/files/57.pdf

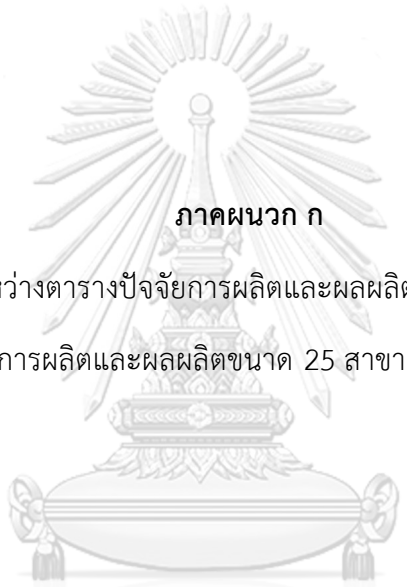
Wang, J. and Charles, M. B. (2010) "IO Based Impact Analysis: A Method for Estimating the Economic Impacts by Different Transport Infrastructure Investments in Australia", *Australasian Transport Research Forum*, Canberra

West, G.R. and Jackson, R.W. (2005) Simulating Impacts on Regional Economies: A Modelling Alternative, *Working Paper, University of the Sunshine Coast*

West, G.R. (1995) "*Comparison of Input-Output, Input-Output+Econometric and Computable General Equilibrium Impact Models at the Regional Level*", Economic Systems Research, vol.7, no.3. pp. 209-226

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาคผนวก ก

ความเชื่อมโยงระหว่างตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตขนาด 180 สาขาการผลิต

และตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตขนาด 25 สาขาการผลิตที่ใช้ในการศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ ก-1 ความเชื่อมโยงระหว่างตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตขนาด 180 สาขาการผลิต และตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตขนาด 25 สาขาการผลิตที่ใช้ในการศึกษา

สาขาการผลิตเดิม	ความหมาย	สาขาการผลิตใหม่	ความหมาย
001	การทำนา	S01	เกษตรกรรม ป่าไม้ และประมง
002	การทำไร่ข้าวโพด	S01	เกษตรกรรม ป่าไม้ และประมง
003	ข้าวฟ่างและธัญพืชอื่นๆ	S01	เกษตรกรรม ป่าไม้ และประมง
004	การทำไร่มันสำปะหลัง	S01	เกษตรกรรม ป่าไม้ และประมง
005	การเพาะปลูกไร่อื่นๆ	S01	เกษตรกรรม ป่าไม้ และประมง
006	การทำไร่พืชตระกูลถั่ว	S01	เกษตรกรรม ป่าไม้ และประมง
007	การทำไร่ผัก	S01	เกษตรกรรม ป่าไม้ และประมง
008	การทำสวนผลไม้	S01	เกษตรกรรม ป่าไม้ และประมง
009	การทำไร่อ้อย	S01	เกษตรกรรม ป่าไม้ และประมง
010	การทำสวนมะพร้าว	S01	เกษตรกรรม ป่าไม้ และประมง
011	การทำสวนปาล์ม	S01	เกษตรกรรม ป่าไม้ และประมง
012	การทำไร่ปอแก้วและปอกระเจา	S01	เกษตรกรรม ป่าไม้ และประมง
013	การเพาะปลูกพืชเส้นใยอื่นๆ	S01	เกษตรกรรม ป่าไม้ และประมง
014	การทำไร่ยาสูบ	S01	เกษตรกรรม ป่าไม้ และประมง
015	การทำสวนกาแฟ ชา และโกโก้	S01	เกษตรกรรม ป่าไม้ และประมง
016	การทำสวนยางพารา	S01	เกษตรกรรม ป่าไม้ และประมง
017	ผลผลิตทางการเกษตรอื่นๆ	S01	เกษตรกรรม ป่าไม้ และประมง
018	การปศุศัตว์	S01	เกษตรกรรม ป่าไม้ และประมง
019	การเลี้ยงสุกร	S01	เกษตรกรรม ป่าไม้ และประมง
020	การปศุสัตว์อื่นๆ	S01	เกษตรกรรม ป่าไม้ และประมง
021	การเลี้ยงสัตว์ปีก	S01	เกษตรกรรม ป่าไม้ และประมง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาการผลิตเดิม	ความหมาย	สาขาการผลิตใหม่	ความหมาย
022	ผลผลิตจากสัตว์ปีก	S01	เกษตรกรรม ป่าไม้ และประมง
023	การเลี้ยงไหม	S01	เกษตรกรรม ป่าไม้ และประมง
024	บริการทางการเกษตร	S01	เกษตรกรรม ป่าไม้ และประมง
025	การทำไม้ซุง	S01	เกษตรกรรม ป่าไม้ และประมง
026	การเผาถ่านและการทำฟืน	S01	เกษตรกรรม ป่าไม้ และประมง
027	ผลิตภัณฑ์จากป่าและการล่าสัตว์อื่น ๆ	S01	เกษตรกรรม ป่าไม้ และประมง
028	การประมงทะเล และการประมงชายฝั่ง	S01	เกษตรกรรม ป่าไม้ และประมง
029	การประมงน้ำจืด	S01	เกษตรกรรม ป่าไม้ และประมง
030	การทำเหมืองถ่านหิน	S02	ถ่านหินและปิโตรเลียม
031	การผลิตน้ำมันปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติ	S02	ถ่านหินและปิโตรเลียม
032	การทำเหมืองแร่เหล็ก	S03	เหมืองแร่โลหะ
033	การทำเหมืองแร่ดีบุก	S03	เหมืองแร่โลหะ
034	การทำเหมืองแร่ทังสเตน	S03	เหมืองแร่โลหะ
035	การทำเหมืองแร่อื่นที่มิใช่แร่เหล็ก	S03	เหมืองแร่โลหะ
036	การทำเหมืองแร่ฟลูออไรท์	S04	เหมืองแร่อโลหะ
037	การทำเหมืองแร่ที่ใช้เคมีภัณฑ์และปุ๋ย	S04	เหมืองแร่อโลหะ
038	การผลิตเกลือ	S04	เหมืองแร่อโลหะ
039	การทำเหมืองหินปูน	S04	เหมืองแร่อโลหะ
040	การทำเหมืองหินและการย่อยหิน	S04	เหมืองแร่อโลหะ
041	การทำเหมืองแร่และเหมืองหินอื่น ๆ	S04	เหมืองแร่อโลหะ
042	โรงฆ่าสัตว์	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
043	การทำเนื้อกระป๋องและผลิตภัณฑ์เนื้ออื่น ๆ	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
044	ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากน้ำนม	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
045	การทำผลไม้และผักกระป๋องและการเก็บรักษาผักและผลไม้	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
046	การทำปลากระป๋องอาหารทะเลกระป๋องและการเก็บรักษาอาหารทะเลอื่น ๆ	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
047	การผลิตน้ำมันมะพร้าวและน้ำมันปาล์ม	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาการผลิตเดิม	ความหมาย	สาขาการผลิตใหม่	ความหมาย
048	การผลิตน้ำมันสัตว์ ไขสัตว์ น้ำมันพืช และผลพลอยได้	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
049	โรงสีข้าว	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
050	การผลิตผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
051	การบดข้าวโพด	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
052	การผลิตแป้งและการป่นแป้งอื่น ๆ	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
053	การผลิตขนมปัง	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
054	การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวและผลิตภัณฑ์ที่คล้ายคลึงกัน	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
055	การผลิตน้ำตาล	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
056	การผลิตขนมชนิดต่าง ๆ	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
057	การผลิตน้ำแข็ง	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
058	การผลิตผงชูรส	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
059	การผลิตชา กาแฟ และเครื่องดื่มกึ่งสำเร็จรูปต่าง ๆ	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
060	การผลิตผลิตภัณฑ์อาหารอื่น ๆ	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
061	การผลิตอาหารสัตว์	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
062	การต้ม การกลั่น และการผสมสุรา	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
063	การผลิตเบียร์	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
064	อุตสาหกรรมเครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์และน้ำอัดลม	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
065	การบ่มและอบใบยาสูบ	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
066	การผลิตผลิตภัณฑ์ใบยาสูบ	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
067	การปั่นด้าย การหีบฝ้าย และเส้นใยประดิษฐ์	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
068	การทอผ้า	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
069	การฟอก การพิมพ์ การย้อม และการแต่งเสร็จ	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
070	การผลิตสินค้าสิ่งทอถักสำเร็จรูป ยกเว้นเครื่องแต่งกาย	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
071	การผลิตสิ่งทอ	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
072	การผลิตเครื่องแต่งกาย	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
073	การผลิตพรม และเครื่องปูลาด	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
074	การผลิตผลิตภัณฑ์ป่านและปอ	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
075	โรงฟอกหนังและการแต่งสำเร็จหนัง	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาการผลิตเดิม	ความหมาย	สาขาการผลิตใหม่	ความหมาย
076	การผลิตผลิตภัณฑ์หนังสัตว์	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
077	การผลิตรองเท้า ยกเว้นรองเท้ายาง	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
078	โรงเลื่อย	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
079	การผลิตผลิตภัณฑ์ไม้และไม้ก๊อก	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
080	การผลิตเครื่องเรือนและเครื่องตกแต่งทำด้วยไม้	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
081	การผลิตเยื่อกระดาษและกระดาษชนิดต่าง ๆ	S05	กระดาษและผลิตภัณฑ์จากกระดาษ
082	การผลิตผลิตภัณฑ์กระดาษ	S05	กระดาษและผลิตภัณฑ์จากกระดาษ
083	การพิมพ์ การพิมพ์โฆษณา	S05	กระดาษและผลิตภัณฑ์จากกระดาษ
084	การผลิตเคมีภัณฑ์อุตสาหกรรมขั้นมูลฐาน	S06	เคมีภัณฑ์
085	การผลิตและยาปราบศัตรูพืช	S06	เคมีภัณฑ์
086	การผลิตยางสังเคราะห์และปิโตรเคมี	S06	เคมีภัณฑ์
087	การผลิตสีทา น้ำมันชักเงา และแลคเกอร์	S06	เคมีภัณฑ์
088	การผลิตยารักษาโรค	S06	เคมีภัณฑ์
089	การผลิตสบู่และผลิตภัณฑ์ที่ใช้สำหรับรักษาความสะอาด	S06	เคมีภัณฑ์
090	การผลิตเครื่องสำอาง	S06	เคมีภัณฑ์
091	การผลิตไม้ขีดไฟ	S06	เคมีภัณฑ์
092	การผลิตผลิตภัณฑ์เคมีอื่น ๆ	S06	เคมีภัณฑ์
093	โรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม	S07	โรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม
094	การผลิตผลิตภัณฑ์อื่น ๆ จากน้ำมันปิโตรเลียม	S07	โรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม
095	การผลิตยางแผ่นรมควันยางเครปและยางแท่ง	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
096	การผลิตยางนอกและยางใน	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
097	การผลิตผลิตภัณฑ์ยางอื่น ๆ	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
098	การผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
099	การผลิตกระเบื้องและเครื่องปั้นดินเผา	S10	ผลิตภัณฑ์โลหะ
100	การผลิตแก้วและผลิตภัณฑ์แก้ว	S10	ผลิตภัณฑ์โลหะ
101	การผลิตผลิตภัณฑ์จากดินที่ใช้กับงานก่อสร้าง	S10	ผลิตภัณฑ์โลหะ
102	การผลิตซีเมนต	S08	ซีเมนต์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สาขาการผลิตเดิม	ความหมาย	สาขาการผลิตใหม่	ความหมาย
103	การผลิตผลิตภัณฑ์คอนกรีต	S09	ผลิตภัณฑ์คอนกรีต
104	การผลิตผลิตภัณฑ์อโลหะอื่น ๆ	S10	ผลิตภัณฑ์อโลหะ
105	อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
106	การผลิตผลิตภัณฑ์เหล็กกล้า	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
107	การผลิตผลิตภัณฑ์เหล็กกล้า	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
108	การผลิตเครื่องตัดเครื่องมือและเครื่องใช้ที่ทำด้วยเหล็กและเหล็กกล้าทั่วไป	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
109	การผลิตเครื่องเรือนและเครื่องติดตั้งซึ่งทำด้วยโลหะเป็นส่วนใหญ่	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
110	การผลิตผลิตภัณฑ์โลหะ	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
111	การผลิตผลิตภัณฑ์โลหะอื่น ๆ	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
112	การผลิตเครื่องยนต์และเครื่องกังหัน	S11	เครื่องจักรเครื่องยนต์
113	การผลิตเครื่องจักรและอุปกรณ์ทางการเกษตรกรรม	S11	เครื่องจักรเครื่องยนต์
114	การผลิตเครื่องจักรที่ใช้ประดิษฐ์เครื่องไม้และเครื่องโลหะ	S11	เครื่องจักรเครื่องยนต์
115	การผลิตเครื่องจักรและอุปกรณ์พิเศษ	S11	เครื่องจักรเครื่องยนต์
116	การผลิตเครื่องมือเครื่องใช้ในส านักงานและในครัวเรือน	S11	เครื่องจักรเครื่องยนต์
117	การผลิตเครื่องจักรและเครื่องมือไฟฟ้าส าหรับงานอุตสาหกรรม	S11	เครื่องจักรเครื่องยนต์
118	การผลิตอุปกรณ์และเครื่องมือทางวิทยุโทรทัศน์ และการคมนาคม	S11	เครื่องจักรเครื่องยนต์
119	การผลิตเครื่องใช้และอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน	S11	เครื่องจักรเครื่องยนต์
120	การผลิตลวดและสายเคเบิลชนิดห้มฉนวน	S11	เครื่องจักรเครื่องยนต์
121	การผลิตหม้อเก็บประจุไฟฟ้าและแบตเตอรี่ต่าง ๆ	S11	เครื่องจักรเครื่องยนต์
122	การผลิตเครื่องมือเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ	S11	เครื่องจักรเครื่องยนต์
123	การต่อและการซ่อมเรือ	S11	เครื่องจักรเครื่องยนต์

สาขาการผลิตเดิม	ความหมาย	สาขาการผลิตใหม่	ความหมาย
124	การผลิตรถไฟ	S11	เครื่องจักรเครื่องยนต์
125	การผลิตยานยนต์	S11	เครื่องจักรเครื่องยนต์
126	การผลิตรถจักรยานยนต์และรถจักรยาน	S11	เครื่องจักรเครื่องยนต์
127	การซ่อมแซมยานพาหนะทุกชนิด	S11	เครื่องจักรเครื่องยนต์
128	การผลิตอากาศยาน	S11	เครื่องจักรเครื่องยนต์
129	การผลิตเครื่องมือและอุปกรณ์วิทยาศาสตร์และการแพทย์	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
130	การผลิตเครื่องมือเครื่องใช้เกี่ยวกับการถ่ายภาพและสายตา	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
131	การผลิตนาฬิกา	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
132	การผลิตเครื่องประดับและกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
133	การผลิตเครื่องดนตรีและเครื่องกีฬา	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
134	การผลิตสินค้าอุตสาหกรรมอื่น ๆ	S12	อุตสาหกรรมอื่นๆ
135	การไฟฟ้า	S13	ไฟฟ้า
136	การผลิตก๊าซธรรมชาติ	S14	แก๊สธรรมชาติ
137	การประปา	S15	ประปา
138	การก่อสร้างที่อยู่อาศัย	S16	การก่อสร้าง
139	การก่อสร้างอาคารที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย	S16	การก่อสร้าง
140	การก่อสร้างงานบริการสาธารณะทางด้านเกษตรและป่าไม้	S16	การก่อสร้าง
141	การก่อสร้างงานบริการสาธารณะที่ไม่เกี่ยวกับงานเกษตร	S16	การก่อสร้าง
142	การก่อสร้างโรงงานผลิตพลังไฟฟ้าและสาธารณูปโภค	S16	การก่อสร้าง
143	การก่อสร้างอาคารและระบบสื่อสาร	S16	การก่อสร้าง
144	การก่อสร้างอื่น ๆ	S16	การก่อสร้าง
145	การค้าส่ง	S17	การค้าปลีก-ค้าส่ง
146	การค้าปลีก	S17	การค้าปลีก-ค้าส่ง
147	ภัตตาคารและร้านขายเครื่องดื่ม	S24	การบริการอื่นๆ
148	โรงแรมและที่พักอื่น ๆ	S24	การบริการอื่นๆ
149	การขนส่งทางรถไฟ	S18	การขนส่งทางราง
150	การขนส่งทางบก	S21	บริการเกี่ยวเนื่องกับการขนส่ง
151	การขนส่งสินค้าทางบก	S19	การขนส่งทางถนน
152	การให้บริการเสริมการขนส่งทางบก	S21	บริการเกี่ยวเนื่องกับการขนส่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สาขาการผลิตเดิม	ความหมาย	สาขาการผลิตใหม่	ความหมาย
153	การขนส่งทางทะเล	S20	การขนส่งทางน้ำและทางทะเล
154	การขนส่งชายฝั่งและการขนส่งทางน้ำภายในประเทศ	S20	การขนส่งทางน้ำและทางทะเล
155	บริการเสริมการขนส่งทางน้ำ	S21	บริการเกี่ยวเนื่องกับการขนส่ง
156	การขนส่งทางอากาศ	S21	บริการเกี่ยวเนื่องกับการขนส่ง
157	บริการเกี่ยวเนื่องกับการขนส่ง	S21	บริการเกี่ยวเนื่องกับการขนส่ง
158	สถานที่เก็บสินค้าและการเก็บสินค้า	S21	บริการเกี่ยวเนื่องกับการขนส่ง
159	บริการไปรษณีย์โทรเลข โทรศัพท์ และการสื่อสาร	S24	การบริการอื่นๆ
160	สถาบันการเงิน	S22	การบริการทางด้านธุรกิจ
161	การประกันชีวิต	S22	การบริการทางด้านธุรกิจ
162	การประกันวินาศ	S22	การบริการทางด้านธุรกิจ
163	บริการด้านอสังหาริมทรัพย์	S22	การบริการทางด้านธุรกิจ
164	การบริการทางด้านธุรกิจ	S22	การบริการทางด้านธุรกิจ
165	การบริหารราชการ	S23	การบริการภาครัฐ
166	บริการสุขาภิบาลและบริการที่คล้ายคลึงกัน	S23	การบริการภาครัฐ
167	บริการการศึกษา	S23	การบริการภาครัฐ
168	สถาบันวิจัย	S23	การบริการภาครัฐ
169	บริการทางการแพทย์และบริการทางอนามัยอื่น ๆ	S23	การบริการภาครัฐ
170	สถาบันธุรกิจ สมาคมอาชีพ และสมาคมกรรมกร	S24	การบริการอื่นๆ
171	บริการชุมชนอื่น ๆ	S24	การบริการอื่นๆ
172	การผลิตและการจัดจำหน่ายภาพยนตร์	S24	การบริการอื่นๆ
173	โรงภาพยนตร์	S24	การบริการอื่นๆ
174	วิทยุ โทรทัศน์ และบริการที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ	S24	การบริการอื่นๆ
175	ห้องสมุดและพิพิธภัณฑ์	S24	การบริการอื่นๆ
176	บริการบันเทิงและบริการสันทนาการ	S24	การบริการอื่นๆ
177	การซ่อมแซม	S24	การบริการอื่นๆ
178	การบริการส่วนบุคคล	S24	การบริการอื่นๆ
179	การบริการอื่น ๆ	S24	การบริการอื่นๆ
180	กิจกรรมที่ไม่สามารถจาแนกสาขาการผลิตได้	S25	กิจกรรมที่ไม่สามารถจำแนกสาขาการผลิตได้

ที่มา :จัดกลุ่มโดยผู้วิจัยจาก 180 สาขาการผลิต เป็น 25 สาขา

จากตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของไทย ปี ค.ศ.2010

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก-2 ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของประเทศไทยปี ค.ศ.2010 ที่ใช้ในการศึกษา

(ก) ตารางมูลค่าการซื้อขายในประเทศ (หน่วย: ล้านบาท)

DZ	S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08	S09	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	ผลรวมมูลค่าปัจจัยการผลิตขั้นกลางทั้งหมด	อุปสงค์ขั้นสุดท้ายรวม	ผลิตภัณฑ์รวมในประเทศ
S01	146936.5	0.398	1.786	160.68	3909.221	11306.77	0.041	48.817	0	700.856	60.283	972184.9	387.971	0	0	4756.225	6.645	0	0	0	1978.458	2639.786	15141.98	85123.57	11100.42	1256445.312	530913.834	1787359.146
S02	0	14464.25	0	0	398.748	733.377	87213.89	200.632	0	1.826	34.694	2724.893	956.434	229591.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.46	208.11	336528.868	67712.594	404241.462
S03	0	0	0	0	40.823	801.975	0	44.414	0	715.878	1.174	11152.58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1103.847	13860.687	-10107.247	3753.44
S04	142.961	159.111	0	82.26	86.144	3648.21	1.387	22828.4	8333.973	16710.21	2282.36	17373.11	24.235	0	31	38872.72	0	22.404	0.27	0	0	0	13.059	7.532	1213.997	111833.336	-43555.41	68277.926
S05	583.229	130.372	76.951	26.795	20356.8	5016.878	171.354	618.292	132.483	1164.256	16315	18474.46	534.546	151.399	50.522	522.111	6711.611	7.543	493.115	390.781	3116.173	54837.72	29155.23	6812.318	4449.791	170299.728	85867.187	256166.915
S06	53126.21	398.475	180.162	1383.772	6618.11	67620.8	1108.378	240.135	278.459	7975.334	66499.29	181796.7	99.316	33.776	45.472	7256.509	3278.585	10.334	271.262	438.249	1641.94	7321.624	48933.77	39559.97	7475.819	503592.488	377548.521	881141.009
S07	54299.34	42903.92	142.191	5825.856	2039.238	49524.15	24049.42	7744.812	1123.577	8304.301	47184.9	60869.06	52849.08	1198.332	223.935	15167.05	23852.21	1522.905	124678.7	59785.37	169459.1	22072.66	15133.24	25826.03	1798.033	817577.362	508059.583	1325636.945
S08	339.114	0	0	5.764	25.713	196.803	0	2001.703	16378.3	10303.81	10.172	1412.467	0	0	339.058	67244.31	0	0	0	0	9.011	70.154	159.204	5.42	1322.744	99823.748	13944.739	113768.487
S09	84.018	0	0	0	0	0	0	0	249.256	626.727	0	354.954	0	0	124.344	77004.53	0	0	0	0	0	116.957	0	0.049	1071.12	79631.954	-6874.106	72757.848
S10	589.017	0.136	0.194	14.275	10.871	1197.345	0.024	0	14.022	12780.06	25104.18	12603.13	0	0	0	33285.35	1121.58	0	2.217	0	13.211	190.24	152.475	1336.634	4066.162	92481.119	120574.939	213056.058
S11	15137.78	8335.665	232.534	7257.062	3515.473	9704.645	1179.646	969.868	1564.359	3468.222	960416.9	44004.06	8510.612	2307.592	197.166	20658.94	15254.48	946.091	61601.26	9811.94	69052.89	23588.89	8373.926	55850.59	13918.73	1345859.331	3907104.202	5252963.533
S12	123796.3	941.674	257.42	2179.181	5065.603	26531.95	1170.304	228.175	5864.156	3686.284	254456.6	872742.3	1924.56	208.501	657.325	64733.93	56500.75	285.68	15508.73	2045.422	14384.04	22228.32	26074.75	202730.9	56394.93	1760597.83	3962646.188	5723244.018
S13	5700.662	2708.2	24.389	1819.244	5442.378	18875.13	3474.619	14303.34	1055.51	8667.57	86394.02	156666.2	15316.47	3806.193	8993.512	6267.909	59423.98	112.769	759.266	537.547	11916.77	34436.46	26804.46	95389.47	1657.11	570553.165	135179.802	705732.967
S14	86.132	0	0	335.243	373.192	20903.08	1478.124	556.839	81.696	4600.028	6824.928	8607.467	133944	57974.14	0	431.907	70.015	0	159.168	82.343	1952.986	1544.545	1018.589	8744.135	1360.311	251128.875	151860.008	402988.883
S15	481.172	4.434	0.043	104.734	456.31	1697.171	70.389	121.358	178.564	218.404	4200.11	5985.847	101.796	272.494	1826.842	321.462	3403.297	24.036	155.603	24.841	594.085	3193.628	751.969	4706.354	25.361	28920.304	29583.569	58503.873
S16	1279.581	141.368	1.369	162.12	336.354	1039.604	51.994	23.809	230.722	461.965	5533.976	4519.736	1000.516	286.489	14.682	890.283	1348.01	55.655	364.897	114.675	514.982	11117.45	2570.874	7728.492	229.046	40018.651	875025.734	915044.385
S17	99692.17	5828.678	161.664	2459.524	30434.55	66798.62	11528.92	2173.869	4000.547	13494.58	540564.5	398444	14478.91	2145.906	571.221	75776.53	17972.86	298.851	25364.92	9296.93	24641.92	31473.52	51528.93	88541.33	16954.23	1534626.702	1402802.721	2937429.423
S18	0.641	0	0.19	4.887	11.182	43.758	0.658	2.285	17.309	4.03	665.471	516.288	0	0	1.554	9.372	317.241	0.474	69.294	0	170.199	373.233	36.235	29.393	105.671	2379.365	3708.705	6088.07
S19	0	2889.43	102.649	1866.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33867.88	0	0	0	0	18.218	0	0	0	787.803	39532.625	2713.665	42246.29
S20	0	23.159	64.369	671.558	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	258.233	0	0	0	511.958	1529.277	155200.282	156729.559
S21	4086.915	1303.569	58.207	402.102	2148.11	7911.043	850.324	612.713	534.359	2086.875	27637.25	35251.66	1270.279	849.701	73.709	449.964	52227.62	6.588	12737.77	4775.187	95429.35	14081.54	4839.807	14701.25	6962.075	291287.961	427084.107	718372.068
S22	42302.44	58881.55	71.94	1781.715	10889.08	31353.81	5267.9	4003.812	1942.812	16036.79	85143.22	144579	30413.14	15249.48	5314.282	32583.2	187877.7	365.487	15218.33	12217.64	55739.8	192007.2	16432.47	90683.07	10073.27	1066429.119	566109.703	1632538.822
S23	39.084	24.906	1.004	7.103	436.759	1683.506	189.639	319.549	177.25	591.297	3683.575	4350.686	459.58	908.622	358.699	624.921	251.499	0.106	118.551	33.115	1357.653	7161.025	3560.846	4633.906	1539.939	32512.82	1440383.506	1472896.326
S24	6779.437	1005.568	126.458	582.124	2257.077	6777.669	1797.437	824.8	688.151	2012.253	37021.64	29147.6	3157.46	2989.852	129.898	7103.576	93579.08	14.399	9359.246	2283.792	13374.8	161767.8	14435.44	127873.2	9077.67	534166.399	1185736.658	1719903.057
S25	1856.885	259.666	2.564	29.297	1546.402	3888.608	317.397	159.929	571.172	3478.298	11028.92	19548.6	1079.218	1409.721	394.9	1166.192	28743.8	167.174	600.211	76.053	2767.764	3592.405	1363.758	6260.282	1123.567	91432.779	123219.952	214652.731
ผลรวมมูลค่าปัจจัยการผลิตขั้นกลางทั้งหมด	557339.5	140404.5	1506.084	27161.95	96398.14	337254.9	139921.8	58027.55	43416.68	118089.8	2181063	3003310	266508.1	319383.7	19348.12	488994.9	551940.9	3840.496	267462.8	101931.1	468373.3	593815.2	266481	866544.3	154531.7	11073049.81	16012443.44	27085493.24

ที่มา : คำนวณโดยผู้วิจัยจากตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของประเทศไทย ปี ค.ศ.2010

(S01) เกษตรกรรม ป่าไม้ และประมง (S02) ถ่านหินและปิโตรเลียม (S03) เหมืองแร่โลหะ (S04) เหมืองแร่อโลหะ (S05) กระดาษและผลิตภัณฑ์จากกระดาษ (S06) เคมีภัณฑ์ (S07) โรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม (S08) ซีเมนต์ (S09) ผลิตภัณฑ์คอนกรีต (S10) ผลิตภัณฑ์อโลหะ (S11) เครื่องจักรเครื่องยนต์ (S12) อุตสาหกรรมอื่นๆ (S13) ไฟฟ้า (S14) แก๊สธรรมชาติ(S15) ประปา (S16) การก่อสร้าง (S17) การค้าปลีก-ค้าส่ง (S18) การขนส่งทางราง (S19) การขนส่งทางถนน (S20) การขนส่งทางน้ำและทางทะเล (S21) บริการเกี่ยวเนื่องกับการขนส่ง (S22) การบริการทางด้านธุรกิจ (S23) การบริการภาครัฐ(S24) การบริการอื่นๆ (S25) กิจกรรมที่ไม่สามารถจำแนกสาขาการผลิตได้

ตาราง ก-2 ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของประเทศไทยปี ค.ศ.2010 ที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)

(ข) ตารางมูลค่าการนำเข้า (หน่วย: ล้านบาท)

MZ	S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08	S09	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25
S01	5289.153	0	0	0	0	2198.545	0	0	0	0	4.044	82995.15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6158.299	321.466
S02	0	0	0	0	0	6391.409	843804.9	8066.163	0	0	0	3468.762	119745.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S03	0	0	0	0	0	0	0	8.357	0	55.154	0	11494.81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S04	0	0	0	0	72.638	3238.08	0	135.498	7.74	4583.372	277.057	52.26	0	0	0	306.312	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S05	0	0	0	0	60671.46	0	0	609.344	0	0	0	4347.134	0	0	0	301.59	5145.81	0	0	0	0	23709.51	1401.83	92.744	0
S06	79333.38	77.501	35.601	1665.632	15214.06	229569.4	32767.18	320.634	3234.371	19687.56	47264.23	155036.5	1250.374	25.744	1974.083	10415.29	0	0	4.818	7.792	9.45	611.304	15413.84	14195.34	1803.637
S07	4120.275	3219.132	6.002	400.753	176.428	4255.504	41672.2	472.122	46.534	634.983	10910.11	4298.086	4532.124	95.692	17.525	1154.644	2015.747	132.836	10728.3	4944.244	12985.84	1793.949	1279.695	2299.779	61.758
S08	0	0	0	0	0	0	0	58.775	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S10	0	0	0	0	0	1371.524	0	0	0	4982.987	6508.93	8002.816	0	0	0	21412.14	0	0	0	0	0	0	17.663	762.407	0
S11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1304532	943.115	10800.72	0	0	44171.1	0	0	0	25.102	90.091	50.551	198.501	15183.38	1182.536
S12	13577.08	160.3	121.011	168.263	3942.65	13361.79	303.767	66.659	3765.996	1470.875	623366.3	860215.4	768.745	1430.049	332.222	102257.2	16539.97	431.034	135.738	151.629	2834.595	1112.494	13598.1	66342.75	13113.88
S13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9584.326	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S14	0	0	0	0	0	120.053	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9596.316	0	0	0	0	0
S21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5423.965	0	0	0	0	0
S22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TotalZ	102319.9	3456.933	162.614	2234.648	80077.23	260506.3	918548	9737.552	7054.641	31414.93	1992863	1130854	146681.7	1551.485	2323.83	180018.3	23701.52	563.87	10868.85	20149.05	15919.98	27277.81	31909.63	105034.7	16483.28

ที่มา : คำนวณโดยผู้วิจัยจากตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของประเทศไทย ปี ค.ศ.2010

(S01) เกษตรกรรม ป่าไม้ และประมง (S02) ถ่านหินและปิโตรเลียม (S03) เหมืองแร่โลหะ (S04) เหมืองแร่อโลหะ (S05) กระดาษและผลิตภัณฑ์จากกระดาษ (S06) เคมีภัณฑ์ (S07) โรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม (S08) ซีเมนต์ (S09) ผลิตภัณฑ์คอนกรีต (S10) ผลิตภัณฑ์อโลหะ (S11) เครื่องจักรเครื่องยนต์ (S12) อุตสาหกรรมอื่นๆ (S13) ไฟฟ้า (S14) แก๊สธรรมชาติ (S15) ประปา (S16) การก่อสร้าง (S17) การค้าปลีก-ค้าส่ง (S18) การขนส่งทางราง (S19) การขนส่งทางถนน (S20) การขนส่งทางน้ำและทางทะเล (S21) บริการเกี่ยวเนื่องกับการขนส่ง (S22) การบริการทางด้านธุรกิจ (S23) การบริการภาครัฐ(S24) การบริการอื่นๆ (S25) กิจกรรมที่ไม่สามารถจำแนกสาขาการผลิตได้

ตาราง ก-2 ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของประเทศไทยปี ค.ศ.2010 ที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)

(ค) ตารางต้นทุนการขนส่ง (หน่วย: ล้านบาท)

TZ	S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08	S09	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	ผลรวมมูลค่าปัจจัยการผลิตขั้นกลางทั้งหมด	อุปสงค์ขั้นสุดท้ายรวม	ผลิตภัณฑ์รวมในประเทศ
S01	2306.491	0	0.234	31.446	229.23	254.081	0	0	0	6.45	2.479	25404.23	4.793	0	0	362.512	0.648	0	0	0	7.896	328.628	420.23	3630.84	309.134	33299.321	22665.092	55964.413
S02	0	0	0	0	2.038	6.221	0	12.001	0	0.092	0.251	7.156	1262.631	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.265	1291.655	76.624	1368.279
S03	0	0	0	0	0.084	2.657	0	0.03	0	0.873	0	27.015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.781	34.44	-2.579	31.861
S04	8.344	12.742	0	0	20.825	396.165	0	1750.135	1908.704	4955.523	162.086	1831.993	1.856	0	1.15	24251.41	0	9.04	0	0	0	0	1.409	0.041	77.828	35389.247	-1732.485	33656.762
S05	10.959	1.897	1.444	0.486	2781.889	317.66	2.681	43.069	4.361	20.382	351.985	829.8	11.943	0.609	2.113	17.53	158.299	0.264	16.508	15.369	141.797	1698.501	987.025	159.255	104.7	7680.526	3066.872	10747.398
S06	9724.552	14.626	8.412	146.121	1320.432	9314.243	2023.456	36.834	58.63	1173.741	8105.67	9984.128	121.243	3.095	122.756	391.302	138.48	0.5	9.005	9.578	46.763	447.258	1491.668	2398.043	375.616	47466.152	12782.495	60248.647
S07	1484.422	587.811	2.086	192.31	100.796	948.141	455.539	91.214	16.622	178.985	741.432	1138.349	1359.294	3.189	4.982	892.477	577.781	62.095	2380.844	1017.906	2012.657	500.021	141.919	528.224	10.59	15429.686	8548.865	23978.551
S08	11.665	0	0	0.331	1.009	5.304	0	42.358	238.433	228.638	0.273	27.712	0	0	20.385	2446.102	0	0	0	0	0.248	4.207	5.317	0.155	20.487	3052.624	415.039	3467.663
S09	1.172	0	0	0	0	0	0	0	11.771	29.348	0	5.627	0	0	6.673	2954.673	0	0	0	0	0	1.011	0	0	24.366	3034.641	-334.597	2700.044
S10	13.939	0.003	0.007	0.436	0.236	87.766	0	0	0.256	363.751	1096.923	654.623	0	0	0	1614.512	38.853	0	0.065	0	0.543	3.757	6.111	60.837	49.014	3991.632	4467.713	8459.345
S11	103.172	104.895	0.754	64.336	60.951	155.422	33.307	30.812	7.837	26.129	24899.38	862.877	576.619	21.608	4.581	630.557	23.944	4.628	23.722	107.372	362.812	279.549	114.692	746.331	360.144	29606.432	79625.015	109231.447
S12	1957.171	27.859	10.674	75.617	221.055	595.676	52.579	7.674	433.895	85.594	11582.29	24124.17	51.089	8.151	15.435	4401.171	1541.514	13.259	223.789	64.506	375.589	617.047	661.528	5608.517	1129.866	53885.713	63213.479	117099.192
S13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S14	0.952	0	0	0.537	10.323	77.633	4.884	1.824	0.301	21.517	52.595	91.519	264.286	92.692	0	0.684	0.112	0	0.237	0.133	40.286	2.486	12.81	143.81	21.267	840.888	1399.73	2240.618
S15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.874	5.874
S17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TotalZ	15622.84	749.833	23.611	511.62	4748.868	12160.97	2572.446	2015.951	2680.81	7091.023	46995.37	64989.19	3653.754	129.344	178.075	37962.93	2479.631	89.786	2654.17	1214.864	2988.591	3882.465	3842.709	13276.05	2488.058	235002.957	194197.137	429200.094

ที่มา : คำนวณโดยผู้วิจัยจากตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของประเทศไทย ปี ค.ศ.2010

(S01) เกษตรกรรม ป่าไม้ และประมง (S02) ถ่านหินและปิโตรเลียม (S03) เหมืองแร่โลหะ (S04) เหมืองแร่อโลหะ (S05) กระดาษและผลิตภัณฑ์จากกระดาษ (S06) เคมีภัณฑ์ (S07) โรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม (S08) ซีเมนต์ (S09) ผลิตภัณฑ์คอนกรีต (S10) ผลิตภัณฑ์อโลหะ (S11) เครื่องจักรเครื่องยนต์ (S12) อุตสาหกรรมอื่นๆ (S13) ไฟฟ้า (S14) แก๊สธรรมชาติ(S15) ประปา (S16) การก่อสร้าง (S17) การค้าปลีก-ค้าส่ง (S18) การขนส่งทางราง (S19) การขนส่งทางถนน (S20) การขนส่งทางน้ำและทางทะเล (S21) บริการเกี่ยวเนื่องกับการขนส่ง (S22) การบริการทางด้านธุรกิจ (S23) การบริการภาครัฐ(S24) การบริการอื่นๆ (S25) กิจกรรมที่ไม่สามารถจำแนกสาขาการผลิตได้

ตาราง ก-2 ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของประเทศไทยปี ค.ศ.2010 ที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)

(ง) ตารางมูลค่าเพิ่มของการผลิต (หน่วย: ล้านบาท)

VA	S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08	S09	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	มูลค่าเพิ่มรวม
เงินเดือน ค่าจ้าง ค่าตอบแทน	310796.9	64180.24	546.963	10340.16	21401.81	78563.99	24245.67	8692.039	7047.295	18104.03	247786.1	430487.8	106382.4	15932.73	13198.13	67580.25	503707.4	7011.59	33197.57	32236.6	99204.05	273612.8	880864.7	250790.2	4873.284	3510784.662
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	758821.5	100275.6	1223.028	23107.07	40180.38	147264.8	49241.72	27211.9	9441.365	25556.9	487230	697677.7	90877.95	24249.67	13155.93	86724.33	1566227	-1275.592	48408.54	41601.59	105846.2	441410.1	92428.08	296638.7	14605.66	5188130.368
ค่าเสื่อมราคา	44261.12	47619.24	210.629	3651.143	10416.01	37052.99	21535.52	7861.452	3004.994	12080.76	166710.2	164596.5	80828.33	29464.28	8971.196	43703.19	211833.2	1555.484	15467.77	14482.06	43719.73	208976.8	203675.8	119390.7	17489.85	1518558.928
ภาษีทางอ้อมสุทธิ	-1802.68	47555.09	80.511	1271.336	2944.483	8337.018	169571.7	222.047	112.063	718.592	130315.8	231328.9	10800.72	12277.63	1328.589	10060.54	77539.51	-3640.627	3819.707	3283.727	11660.78	83563.7	-6305.615	68228.35	4180.882	867452.877
มูลค่าเพิ่มรวม	1112077	259630.2	2061.131	38369.71	74942.68	271218.8	264594.6	43987.44	19605.72	56460.27	1032042	1524091	288889.4	81924.31	36653.85	208068.3	2359307	3650.855	100893.6	91603.97	260430.8	1007563	1170663	735048	41149.68	11084926.84
ผลผลิตรวมในประเทศ	1787359	404241.5	3753.44	68277.93	256166.9	881141	1325637	113768.5	72757.85	213056.1	5252964	5723244	705733	402988.9	58503.87	915044.4	2937429	8145.007	381879.4	214899	747712.7	1632539	1472896	1719903	214652.7	27514693.34

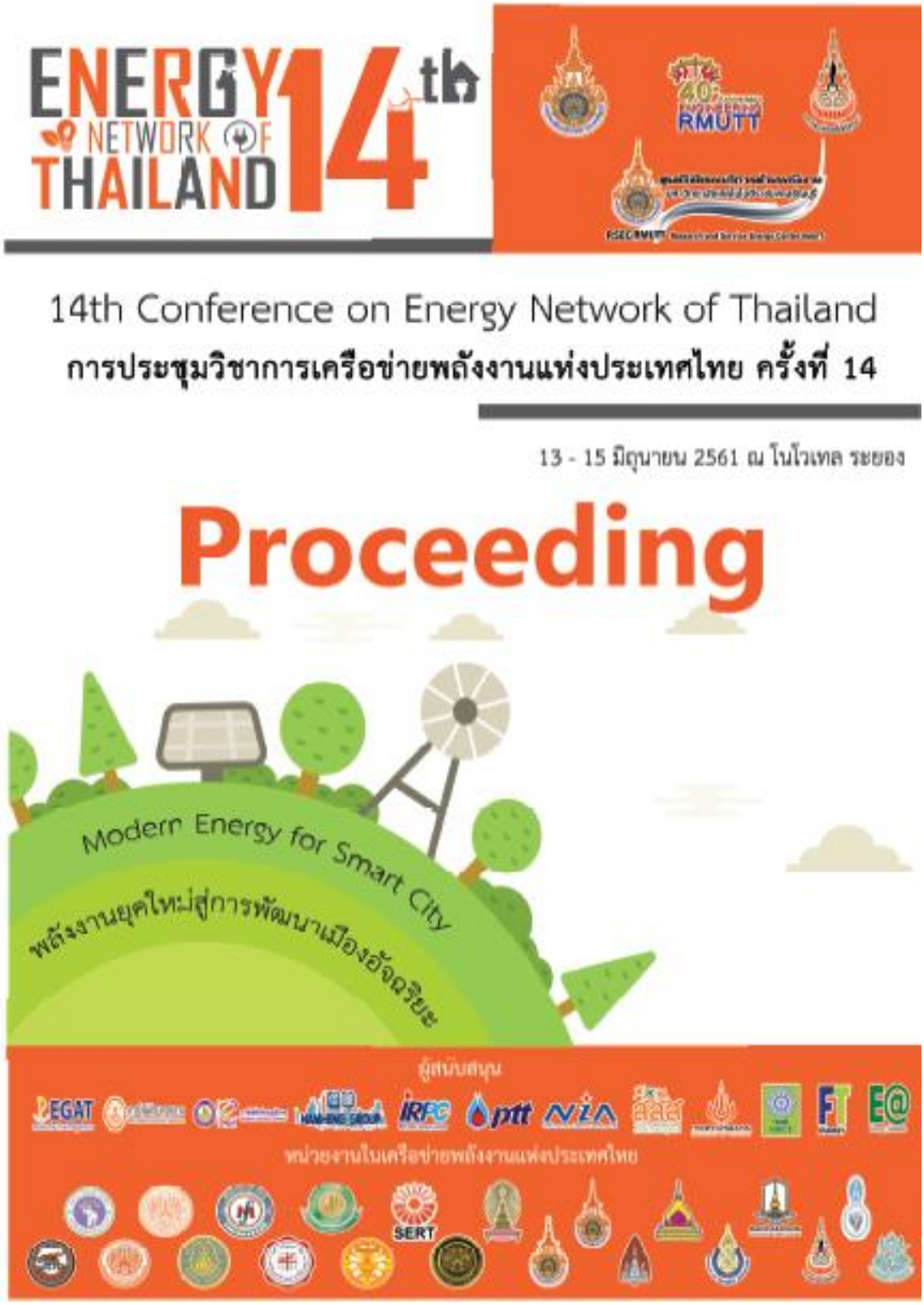
ที่มา : คำนวณโดยผู้วิจัยจากตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของประเทศไทย ปี ค.ศ.2010

(S01) เกษตรกรรม ป่าไม้ และประมง (S02) ถ่านหินและปิโตรเลียม (S03) เหมืองแร่โลหะ (S04) เหมืองแร่อโลหะ (S05) กระดาษและผลิตภัณฑ์จากกระดาษ (S06) เคมีภัณฑ์ (S07) โรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม (S08) ซีเมนต์ (S09) ผลิตภัณฑ์คอนกรีต (S10) ผลิตภัณฑ์อโลหะ (S11) เครื่องจักรเครื่องยนต์ (S12) อุตสาหกรรมอื่นๆ (S13) ไฟฟ้า (S14) แก๊สธรรมชาติ(S15) ประปา (S16) การก่อสร้าง (S17) การค้าปลีก-ค้าส่ง (S18) การขนส่งทางราง (S19) การขนส่งทางถนน (S20) การขนส่งทางน้ำและทางทะเล (S21) บริการเกี่ยวเนื่องกับการขนส่ง (S22) การบริการทางด้านธุรกิจ (S23) การบริการภาครัฐ(S24) การบริการอื่นๆ (S25) กิจกรรมที่ไม่สามารถจำแนกสาขาการผลิตได้

ภาคผนวก ข

บทความที่ได้รับการเผยแพร่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University


ENERGY NETWORK OF THAILAND 14th
RMUTT
14th Conference on Energy Network of Thailand
การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 14
13 - 15 มิถุนายน 2561 ณ โนโวเทล ระยอง
Proceeding
Modern Energy for Smart City
พลังงานยุคใหม่สู่การพัฒนาเมืองอัจฉริยะ
ผู้สนับสนุน
หน่วยงานในเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย
SERT

ผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจและพลังงานจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์

ECONOMIC AND ENERGY IMPACTS RESULTING FROM THE TRANSPORTATION MODAL SHIFT OF CEMENT INDUSTRY

ธนะรัชต์ งามเสงี่ยม[1,*], จิตติชัย รุจนกนกนาฏ[2] และ พงษ์สันธ์ บัณฑิตสกุลชัย[2]

[1] สหสาขาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่
เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

[2] สถาบันขนส่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 245 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน
กรุงเทพมหานคร 10330

*ผู้ติดต่อ: n.thanarat@yahoo.com, 080-4316405

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ เป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ เนื่องจากปูนซีเมนต์เป็นวัตถุดิบที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ จำนวนมาก เช่น คอนกรีต, กระเบื้องหลังคา, อิฐมวลเบา และอุตสาหกรรมก่อสร้าง เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างด้านการขนส่งของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ ย่อมจะส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตของทั้งอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์เอง และสาขาการผลิตอื่นๆ ภายในห่วงโซ่อุปทานเดียวกันอีกด้วย ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงศึกษาผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจและพลังงานจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ โดยผู้วิจัยกำหนดให้รูปแบบการขนส่งของปูนซีเมนต์ในสถานการณ์ปัจจุบันทั้งหมด เป็นการขนส่งทางถนนโดยใช้รถบรรทุก และในสถานการณ์จำลอง รูปแบบการขนส่งจะถูกเปลี่ยนเป็นการขนส่งทางรางให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ในทุกๆ เส้นทาง ผลการศึกษาโดยใช้แบบจำลองตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2553 พบว่า ต้นทุนการขนส่งรวมในสถานการณ์จำลองมีค่าเป็น 0.5371 เท่าของต้นทุนการขนส่งรวมในปัจจุบัน การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ จะช่วยลดการใช้พลังงานรวมของทั้งระบบเศรษฐกิจลงได้ร้อยละ 0.05 และยังส่งผลให้ราคาของผลผลิตจากสาขาการผลิตต่างๆ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์คอนกรีต, การก่อสร้าง, ผลิตภัณฑ์อโลหะ, ปูนซีเมนต์ และประปา ลดลงร้อยละ 0.1574, 0.1424, 0.0568, 0.0181 และ 0.017 ตามลำดับ

คำหลัก: อุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์, การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่ง, แบบจำลองตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต, นโยบายด้านพลังงาน

Abstract

Cement industry has an important role in the economic development of a country because a cement is mainly used a raw material in many industries such as concrete, roof tiles, aerated bricks and construction industries. Therefore, the structural change to the transportation cost of cement industry not only reduces the production cost its own products, but also has the effects on the downstream industries within the same supply chain. In this study, we examine the economic and energy impacts resulting from the transport model shift of the cement industry. We assume that, in the current situation, all cement products are distributed to clients by the road transport with trucks. In the simulation case, the transportation mode is shifted to the rail transport as much as possible in all routes. The results of Input-Output Analysis indicate that the total cost of transportation in the simulation scenario is 0.5371 times of the current one. Shifting from road transport to rail transport can decrease the total energy consumption of the whole economy by 0.05%. It also reduces the price of product in several industries such as concrete, construction, non-metallic products, cement and water supply industry by 0.1574%, 0.1424%, 0.0568%, 0.0181% and 0.017%, respectively.

Keywords*:* Cement Industry, Transport Modal Shift, Input-Output Analysis, Energy Policy

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญอย่างมาก สำหรับภาคการขนส่ง เนื่องจากการขนส่งต้องใช้พลังงานเพื่อขับเคลื่อนมวลสาร (ทั้งคนและสินค้า) และเอาชนะแรงเสียดทานที่ต่อต้านการเคลื่อนที่ ปัจจุบันมีเคลื่อนย้ายคนและสินค้าประเภทต่างๆ อย่างกว้างขวาง ทั้งในระดับภูมิภาค ระหว่างภูมิภาค และระหว่างประเทศ จึงมีปริมาณการใช้พลังงานอย่างมหาศาล ตัวอย่างเช่น ข้อมูลจาก Bureau of Transportation Statistics [1] กล่าวว่า ในปี 2012 สหรัฐอเมริกามีการใช้พลังงานถึง 27 Exajoules (EJ) เพื่อขนส่งผู้คนในสหรัฐอเมริกาจำนวน 8 ล้านล้านเที่ยว และขนส่งสิ่งของต่างๆ จำนวน 6 ล้านล้านไมล์ หรือคิดเป็นการใช้พลังงานในภาคการขนส่งเฉลี่ยแล้วมากกว่า 85 Gigajoule (GJ) ต่อประชากร 1 คน

นอกจากนี้ ผลกระทบเชิงลบจากการใช้พลังงานของภาคการขนส่ง เช่น ปรากฏการณ์แก๊สเรือนกระจก การเสื่อมสภาพด้านสิ่งแวดล้อม เป็นต้น ย่อมขึ้นอยู่กับทั้งปริมาณและชนิดของกิจกรรมด้านการขนส่ง รูปแบบของการขนส่งที่เลือกใช้ คุณสมบัติของแหล่งพลังงาน รวมถึงเทคโนโลยีที่เปลี่ยนรูปแบบพลังงานให้เป็นบริการการขนส่ง

จะเห็นได้ว่า พลังงานมีส่วนสำคัญในการขับเคลื่อนระบบขนส่ง และยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและการเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างยั่งยืน การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งไปสู่รูปแบบที่มีประสิทธิภาพพลังงานสูงขึ้น นอกจากจะทำให้ต้นทุนพลังงานของภาคขนส่งลดลง ช่วยลดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกและมลพิษทางอากาศอื่นๆ ต่อสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบเศรษฐกิจโดยรวมซึ่งอาศัยการขนส่งเป็นต้นทุนหลักในการขับเคลื่อนอีกด้วย

ในกรณีของประเทศไทย หากพิจารณาเปรียบเทียบสัดส่วนการใช้พลังงานในภาคการขนส่ง ซึ่งสามารถจำแนกเป็น 4 รูปแบบ ประกอบด้วย การขนส่งทางราง (รถไฟ) การขนส่งทางถนน การขนส่งทางน้ำ และการขนส่งทางอากาศ โดยใช้ข้อมูลตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2553 ซึ่งรวบรวมและเผยแพร่โดย สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.) [2] จำแนกตามการใช้พลังงานหลัก 4 ประเภท ได้แก่ ถ่านหิน น้ำมัน ไฟฟ้า และแก๊สธรรมชาติ ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่าการขนส่งทุกรูปแบบของประเทศไทยต่างพึ่งพาแหล่งพลังงานหลักจากน้ำมัน โดยมีสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 90 ของมูลค่าการใช้พลังงานทั้งหมด อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาการใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าการใช้น้ำมัน พบว่า การขนส่งทางอากาศมีสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด (ร้อยละ 6.43) ตามด้วยการขนส่งทางราง (ร้อยละ 6.38) การขนส่งทางน้ำ (ร้อยละ 1.38) และการขนส่งทางถนน (ร้อยละ 0.98) ในขณะที่การใช้แก๊สธรรมชาติ มีสัดส่วนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เนื่องจากข้อจำกัดด้านเทคโนโลยี จำนวนสถานีและจุดจำหน่ายแก๊สซึ่งจำกัดอยู่เฉพาะเส้นทางตามแนวท่อส่งแก๊สเท่านั้น โดยการขนส่งทางบกมีสัดส่วนการใช้แก๊สธรรมชาติสูงสุดที่ร้อยละ 0.83 สำหรับถ่านหินไม่ถูกนำมาใช้โดยตรงในภาคการขนส่ง แต่จะเป็นส่วนหนึ่งของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า

ตารางที่ 1 สัดส่วนการใช้พลังงานของการขนส่งรูปแบบต่างๆ (หน่วย: ร้อยละ)

	ทางราง	ทางบก	ทางน้ำ	ทางอากาศ
ถ่านหิน	0.00	0.00	0.00	0.00
น้ำมัน	93.62	98.19	98.50	93.58
ไฟฟ้า	6.38	0.98	1.38	6.41
แก๊สธรรมชาติ	0.00	0.83	0.12	0.01

ที่มา: คำนวณโดยผู้วิจัยจากตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของประเทศไทย ปี 2010 ขนาด 58 สาขาการผลิต

จากการวิเคราะห์ข้างต้น จะเห็นได้ว่ารูปแบบการขนส่งที่เลือกใช้ จะส่งผลต่อสัดส่วนของรูปแบบพลังงานที่แตกต่างกัน โดยจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Energy Efficiency) ปริมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก (GHG Emission) และความยั่งยืนของระบบพลังงานและเศรษฐกิจ (Sustainability) ของประเทศไทยอีกด้วย

นอกจากนี้ หากวิเคราะห์ต้นทุนการขนส่งของสาขาการผลิต (Sector) ประเภทต่างๆ จากตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต ขนาด 58 สาขาการผลิต จะพบว่า สัดส่วนของต้นทุนการขนส่งเฉลี่ยของทั้ง 58 สาขาการผลิตอยู่ที่ร้อยละ 2.25 ของต้นทุนการผลิตรวม โดยมีสาขาการผลิตที่มีต้นทุนการขนส่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยจำนวน 18 สาขา และเมื่อนำสาขาการผลิตทั้ง 58 สาขา มาเรียงลำดับตามต้นทุนการขนส่ง พบว่าสาขาการผลิตที่มีสัดส่วนต้นทุนด้านการขนส่งสูงที่สุด 10 อันดับแรก ได้ผลดังแสดงใน **ตารางที่ 2**

จากวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นดังที่อธิบายข้างต้น จะเห็นได้ว่าอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ ซึ่งเป็นผู้วิจัยเลือกใช้เป็นกรณีศึกษานั้น เป็นอุตสาหกรรมต่อเนื่องของสาขาการผลิต “การทำเหมืองแร่” และ “การทำเหมืองแร่อื่นๆ” ที่มีสัดส่วนของต้นทุนการขนส่งอยู่ในระดับสูงเป็นอันดับที่ 3 และ 5 ตามลำดับ ดังนั้นจึงคาดการณ์ได้ว่าหากมีการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างด้านการขนส่งของอุตสาหกรรมต้นน้ำเหล่านี้ จะทำให้ต้นทุนการขนส่งของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ มีการเปลี่ยนแปลงได้อย่างมีนัยสำคัญ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2 10 อันดับของสาขาการผลิตที่มีสัดส่วนต้นทุนด้านการขนส่งสูงที่สุด

อันดับที่	สัดส่วนของต้นทุนการขนส่ง (%)	สาขาการผลิต
1	11.13	การก่อสร้างงานบริการสาธารณะ
2	10.01	การขนส่ง
3	6.63	การทำเหมืองแร่
4	5.34	การก่อสร้างทั่วไป
5	5.06	การทำเหมืองแร่อื่นๆ
6	5.06	กิจกรรมที่ไม่สามารถจำแนกสาขาการผลิตได้
7	4.47	การผลิตปุ๋ยและยาปราบศัตรูพืช
8	4.31	การผลิตผลิตภัณฑ์อโลหะ
9	3.29	การผลิตน้ำตาล
10	3.21	การผลิตกระดาษและผลิตภัณฑ์กระดาษ

ที่มา: คำนวณโดยผู้วิจัยจากตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของประเทศไทย ปี 2010 ขนาด 58 สาขาการผลิต

นอกจากนี้ อุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ จัดเป็น อุตสาหกรรมต้นน้ำของสาขาการผลิตอื่นๆ หลากหลายอุตสาหกรรม เช่น ปูนซีเมนต์ ถูกนำไปให้เป็นวัตถุดิบในการผลิตคอนกรีต กระเบื้อง อิฐมวลเบา และวัสดุการก่อสร้างอื่นๆ ซึ่งจะนำไปใช้ในสาขาการก่อสร้างต่อไป หรือนำมาใช้ในการผลิตท่อประปาในสาขาการผลิตน้ำประปา เป็นต้น ดังนั้น หากต้นทุนการขนส่งของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ ลดลง ก็จะส่งผลดีต่ออุตสาหกรรมกลางน้ำ และปลายน้ำภายใต้ห่วงโซ่อุปทาน (Supply chain) เดียวกัน รวมทั้งส่งผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจโดยรวมได้ต่อไป

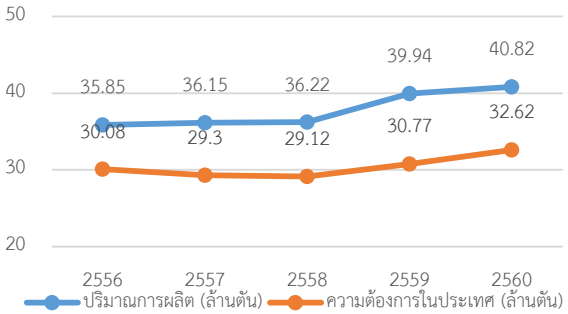
ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่ง (Transport Modal Shift) ในกระบวนการผลิตและการจำหน่ายผลผลิต โดยเลือกอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ เป็นกรณีศึกษา โดยจะศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่ง ต่อปริมาณการใช้พลังงานทั้งระบบเศรษฐกิจ และผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงด้านราคา เนื่องจากต้นทุนด้านการขนส่งของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ ที่เปลี่ยนแปลงไป

2. ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์

อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมพื้นฐานที่สำคัญของประเทศ เนื่องจากปูนซีเมนต์ เป็นวัตถุดิบสำคัญที่ใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง ซึ่งมีความสำคัญสำหรับเศรษฐกิจของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโครงการก่อสร้างสาธารณูปโภคพื้นฐานขนาดใหญ่ของภาครัฐ

ประเทศไทยเป็นประเทศผู้ผลิตปูนซีเมนต์ รายใหญ่ ของภูมิภาคอาเซียน โดยในปี พ.ศ. 2560 มีผลผลิตประมาณ 40.8 ล้านตัน เป็นรองเพียงอินโดนีเซียและเวียดนาม ซึ่งมีผลผลิตประมาณ 65 ล้านตันต่อปี และ 61 ล้านตันต่อปี ตามลำดับ

จาก**รูปที่ 1** จะเห็นได้ว่า อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ ของไทยมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง ทั้งปริมาณการผลิตและความต้องการใช้ในประเทศ นอกจากนี้คาดว่าจะมีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มขึ้นอีก อันเนื่องมาจากโครงการลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานขนาดใหญ่ของภาครัฐ [3]



รูปที่ 1 ปริมาณการผลิตและความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ ภายในประเทศของไทย (ล้านตัน) [3]

กระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ เริ่มจากการนำหินปูน หินดินดาน และวัตถุดิบอื่นๆ มาผสม บดและทำให้แห้งเป็นฝุ่นผง (Raw Meal) แล้วจึงนำมาเผาจนเกิดตะกอนในเตากลายเป็นปูนเม็ด สุดท้ายเป็นการผสมปูนเม็ดกับยิบซัม (ในกรณีเป็นปูนซีเมนต์ผสมจะผสมกับหินปูน) ซึ่งปัจจุบันมีการนำระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (MIS) มาใช้ เพื่อช่วยให้จัดการ กระบวนการผลิตปูนซีเมนต์มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนการผลิตหลัก เป็นดังนี้

1) การผลิตฝุ่นผง (Raw Meal): นำหินปูน และหินดินดาน มาย่อยแยกกัน โดยใช้ระดับความเร็วแตกต่างกันไป เพื่อให้มีขนาดลดลงจนมีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 80 มิลลิเมตร วัตถุดิบแต่ละชนิดที่บดแล้วจะถูกลำเลียงแยกกันไป เพื่อนำมาย่อยและกองไว้ และรอส่งเข้าถังเก็บวัตถุดิบ (Raw Material Silos) ต่อไป วัตถุดิบดังกล่าวจะถูกส่งเข้ามาในหม้อบดวัตถุดิบเพื่อผลิตฝุ่นผงที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเพียง 0.2 มิลลิเมตร
2) การย่อยยิบซัม (Gypsum Crushing): ยิบซัมจะถูกบดในเครื่องย่อยให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 30 มิลลิเมตร
3) ฝุ่นผงจะถูกทำให้แห้งโดยใช้แก๊สร้อนและนำมาบด ก่อนที่จะถูกส่งไปผสมในถังผสมเพื่อให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นจะถูกส่งไปที่หออบความร้อน (Pre-heater Tower) เพื่ออบให้เป็นแคลเซียมออกไซด์ ก่อนจะถูกส่งเข้าเตาเผาแบบหมุน (Rotary Kiln)ผงฝุ่นจะถูกเผาจนเป็นผงและเป็นตะกอนที่อุณหภูมิระหว่าง 1,250-1,450 องศาเซลเซียส จนรวมตัวเกิดเป็นปูนเม็ด
4) การทำให้เย็น (Cooling): ปูนเม็ดจากเตาเผาแบบหมุนจะถูกส่งไปบริเวณห้องเย็น เพื่อทำให้ปูนเม็ดเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว โดยใช้ลมเย็นเป่า ก่อนที่จะถูกส่งไปคลังเก็บปูนเม็ด
5) การบด (Grinding): ปูนเม็ดที่เย็นตัวลงจะถูกนำไปผสมกับยิบซัม และนำไปบดในหม้อบดเพื่อผลิตปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ สำหรับการผลิตปูนซีเมนต์ผสมนั้น จะมีการเติมหินปูนลงไปในปูนเม็ดและยิบซัมก่อนการบด ส่วนปูนซีเมนต์สำเร็จรูป ได้จากการเติมหินปูนบดและส่วนผสมพิเศษลงในปูนซีเมนต์
6) การเก็บรักษา (Storage): ปูนซีเมนต์จะถูกเก็บไว้ในคลังเก็บสินค้าปูนซีเมนต์ภายในโรงงานผลิต

ตารางที่ 3 แบบจำลองปัจจัยการผลิตและผลผลิต

สาขาการผลิต	สาขาการผลิต					อุปสงค์ขั้นสุดท้าย	มูลค่าผลผลิตรวม
	1	⋯	j	⋯	n		
1	z_{11}	⋯	z_{1j}	⋯	z_{1n}	f_1	x_1
2	z_{21}	⋯	z_{2j}	⋯	z_{2n}	f_2	x_2
⋮	⋮	⋱	⋮	⋱	⋮	⋮	⋮
n	z_{n1}	⋯	z_{nj}	⋯	z_{nn}	f_n	x_n
มูลค่าเพิ่ม	v_1	⋯	v_j	⋯	v_n		

7) การบรรจุภัณฑ์ (Packing): ปูนซีเมนต์จะถูกส่งไปยังหน่วยบรรจุ โดยเป็นการบรรจุแบบอัตโนมัติ ซึ่งปูนซีเมนต์แต่ละถุงจะมีน้ำหนัก 50 กิโลกรัม หลังจากบรรจุแล้ว ปูนซีเมนต์จะถูกเก็บไว้ที่คลังเก็บสินค้าเพื่อรอการขนส่ง ทั้งนี้ ในคลังสินค้าแต่ละแห่งจะมีรถยก เพื่อใช้ขนส่งปูนซีเมนต์ไปยังรถบรรทุกและสถานีรถไฟ

3. แบบจำลองปัจจัยการผลิตและผลผลิต

แบบจำลองตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Input-Output Analysis: IOA) เป็นวิธีการที่จะแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิต (Output) กับปัจจัยการผลิตขั้นต้น (Primary factors) การหมุนเวียนของสินค้าขั้นกลาง (Intersectoral flows) อุปสงค์ขั้นสุดท้าย (Final demands) และการแลกเปลี่ยนสินค้า (Transfers) ซึ่งเชื่อมโยงสาขาการผลิตต่างๆ ในระบบเศรษฐกิจทั้งหมดเข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ ดังแสดงในตารางที่ 3

เมื่อกำหนดให้ z_{ij} คือ มูลค่าของผลผลิตของสาขาการผลิต $i = 1,2,\ldots,n$ ซึ่งถูกใช้ไปเป็นปัจจัยการผลิตขั้นกลาง (Intermediate input) สำหรับการผลิตของสาขาการผลิต $j = 1,2,\ldots,n$ เมื่อ n คือ จำนวนสาขาการผลิตทั้งหมดที่พิจารณาในระบบเศรษฐกิจ f_i คือ มูลค่าการบริโภคขั้นสุดท้าย (Final demands) รวมของผลผลิตจากสาขาการผลิต i และ x_i คือ มูลค่ารวมของผลผลิต (Total output) ของสาขาการผลิต i จะสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่ารวมของผลผลิตของอุตสาหกรรมหรือสาขาการผลิตหนึ่งๆ กับการบริโภคปัจจัยการผลิตขั้นกลาง และการบริโภคขั้นสุดท้าย (พิจารณาตามแนวนอนของตารางที่ 3) ได้ดังแสดงในสมการที่ (1) ซึ่งแปลความได้ว่า ผลรวมของอุปสงค์ทั้งหมดของผลผลิตจากสาขาการผลิตหนึ่งๆ ต้องเท่ากับอุปทานรวมในระบบจากสาขาการผลิตนั้น

$$x_i = z_{i1} + \cdots + z_{ij} + \cdots + z_{in} + f_i = \sum_{j=1}^{n} z_{ij} + f_i \qquad (1)$$

เมื่อใช้อักษรตัวพิมพ์เล็กแบบตัวหนา แทน เวกเตอร์แนวตั้ง (Column vector) ของตัวแปร และ อักษรตัวพิมพ์ใหญ่แบบตัวหนา แทน เมตริกซ์ (Matrix) ของตัวแปร เช่น

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}, \ \mathbf{Z} = \begin{bmatrix} z_{11} & \cdots & z_{1n} \\ \vdots & \cdots & \vdots \\ z_{n1} & \cdots & z_{nn} \end{bmatrix} \text{ และ } \mathbf{f} = \begin{bmatrix} f_1 \\ \vdots \\ f_n \end{bmatrix}$$

เราจะสามารถเขียนสมการที่ (1) ในรูปของความสัมพันธ์แบบพีชคณิตเชิงเส้น (Linear algebra) ได้ ดังแสดงในสมการที่ (2)

$$\mathbf{x} = \mathbf{Zi} + \mathbf{f} \qquad (2)$$

เมื่อ $\mathbf{i}$ แทนเวกเตอร์แนวตั้งที่มีสมาชิกทั้งหมดเป็น 1 มีขนาดเท่ากับ จำนวนสาขาการผลิตทั้งหมดในระบบเศรษฐกิจที่พิจารณา (ในกรณีนี้เท่ากับ n)

ทั้งนี้ องค์ประกอบของการบริโภคขั้นสุดท้ายประกอบด้วย การบริโภคของภาคครัวเรือน การบริโภคของภาครัฐ การลงทุนในภาครัฐและภาคเอกชน และการส่งออก

โดยสมมุติฐาน (Assumption) ของแบบจำลองตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต กำหนดว่าในช่วงเวลาระยะสั้นๆ (ไม่เกิน 3-5 ปี) วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต จะถูกนำมาใช้ในปริมาณที่เป็นสัดส่วนคงที่ ไม่มีการประหยัดต่อขนาด (Economy of scale) เกิดขึ้น ไม่สามารถเอาวัตถุดิบอื่นมาทดแทนได้ (Non-substitutability) ด้วยเหตุนี้ราคาของผลผลิตจึงคงที่เสมอ (Fixed price) นอกจากนี้ ยังกำหนดให้ไม่มีการว่างงานในระบบเศรษฐกิจ ดังนั้นเมื่ออุปสงค์เพิ่มขึ้น จึงนำไปสู่การจ้างงานที่เพิ่มขึ้นโดยอัตโนมัติ

จากสมมุติฐานข้างต้น สามารถหาสัมประสิทธิ์ความต้องการสินค้าขั้นกลาง (Intermediate input coefficient) ได้ดังแสดงในสมการที่ (3) ซึ่งอธิบายได้ว่า สัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสินค้าต่อหน่วยมีค่าคงที่

$$a_{ij} = \frac{z_{ij}}{x_j} \qquad (3)$$

กล่าวคือ เทคโนโลยีการผลิต (Production function) ภายใต้แบบจำลองตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต อธิบายได้ด้วยฟังก์ชันแบบ Leontief production function ดังแสดงในสมการที่ (4)

$$x_j = \min\left(\frac{z_{1j}}{a_{1j}}, \frac{z_{2j}}{a_{2j}}, \cdots, \frac{z_{nj}}{a_{nj}}\right) \qquad (4)$$

เมื่อแทนค่าสมการที่ (3) ในสมการ (1) จะอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่าผลผลิตรวม (Total output, x_i) ของสาขาการผลิตต่างๆ ว่ามีความเชื่อมโยงกันอย่างไร ดังแสดงในสมการที่ (5)

$$\begin{aligned} x_i &= a_{i1}x_1 + \cdots + a_{ii}x_i + \cdots + a_{in}x_n + f_i \\ &= \sum\nolimits_j a_{ij}x_j + f_i \end{aligned} \qquad (5)$$

เมื่อกำหนดให้ สัญลักษณ์ “^” (อ่านว่า hat) แทนการสร้างเมตริกซ์ทแยงมุม (Diagonal matrix) ขนาด $n \times n$ จากเวกเตอร์ขนาด n จะสามารถเขียนแทนสมการที่ (3) และ (5) ในรูปพีชคณิตเชิงเส้น (Linear algebra) ได้ดังแสดงในสมการที่ (6) และ (7) ตามลำดับ

$$\mathbf{A} = \mathbf{Z}\hat{\mathbf{x}}^{-1} \text{ หรือ } \mathbf{Z} = \mathbf{A}\hat{\mathbf{x}} \qquad (6)$$

$$\mathbf{x} = \mathbf{Ax} + \mathbf{f} \qquad (7)$$

กำหนดให้ $\mathbf{I}$ แทน เมตริกซ์เอกลักษณ์ (Identity matrix) ขนาด $n \times n$ ซึ่งมีสมาชิกบนแนวเส้นทแยงมุมเป็น 1 และ 0 ในตำแหน่งอื่น สมการที่ (7) จะจัดเรียงใหม่ได้ดังแสดงในสมการที่ (8)

$$(\mathbf{I} - \mathbf{A})\mathbf{x} = \mathbf{f} \qquad (8)$$

CHULALONGKORN UNIVERSITY

เมื่อกำหนดให้ $\mathbf{L}=(\mathbf{I}-\mathbf{A})^{-1}$ คือ เมตริกซ์ส่วนกลับของ $(\mathbf{I}-\mathbf{A})$ หรือเรียกว่า “Leontief Inverse” จะสามารถหามูลค่าผลผลิตรวม (Total output, x_i) จากมูลค่าของการบริโภคขั้นสุดท้าย (Final demand) ได้ดังแสดงในสมการที่ (9)

$$\mathbf{x}=(\mathbf{I}-\mathbf{A})^{-1}\mathbf{f}=\mathbf{L}\mathbf{f} \qquad (9)$$

สมการที่ (9) เป็นสมการพื้นฐานที่สำคัญของการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Input-Output Analysis: IOA) โดยสมการนี้ใช้อธิบายความสัมพันธ์เชิงปริมาณของแบบจำลอง (Quantity Input-Output Model)

ในทางตรงกันข้าม เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ตามแนวตั้งของตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่า มูลค่ารวมของผลผลิตในแต่ละสาขาการผลิต จะเท่ากับผลรวมของรายจ่ายเพื่อซื้อปัจจัยการผลิตต่างๆ และผลรวมของมูลค่าเพิ่ม (Value-added) ดังแสดงในสมการที่ (10)

$$x_j=z_{1j}+\cdots+z_{ij}+\cdots+z_{nj}+v_j=\sum_{i=1}^{n}z_{ij}+v_j \quad (10)$$

ซึ่งสามารถเขียนในรูปพีชคณิตเชิงเส้น (Linear Algebra) ได้ดังสมการที่ (11)

$$\mathbf{x}'=\mathbf{i}'\mathbf{Z}+\mathbf{v}' \qquad (11)$$

เมื่อกำหนดให้ $\mathbf{v}'=[v_1,...,v_n]$ คือ เวกเตอร์แนวนอนของผลรวมมูลค่าเพิ่มในแต่ละสาขาการผลิต

จากนั้นเมื่อแทนค่า $\mathbf{Z}=\mathbf{A}\hat{\mathbf{x}}$ จากสมการที่ (6) และคูณตลอดทั้งสมการ (11) ด้วย $\hat{\mathbf{x}}^{-1}$ จะได้ผลดังแสดงในสมการที่ (12) และ (13)

$$\mathbf{x}'\hat{\mathbf{x}}^{-1}=\mathbf{i}'\mathbf{A}\hat{\mathbf{x}}\hat{\mathbf{x}}^{-1}+\mathbf{v}'\hat{\mathbf{x}}^{-1} \quad (12)$$

หรือ

$$\mathbf{i}'=\mathbf{i}'\mathbf{A}+\boldsymbol{\eta}' \qquad (13)$$

เมื่อ $\boldsymbol{\eta}'=\mathbf{v}'\hat{\mathbf{x}}^{-1}=[v_1/x_1,...,v_n/x_n]$ คือ เวกเตอร์สัมประสิทธิ์ของมูลค่าเพิ่มรวม ต่อหน่วยของมูลค่าผลผลิตรวม (Vector of value-added coefficient)

ข้างขวาของสมการ (13) แสดงถึง ผลรวมของต้นทุนการผลิตต่างๆ ต่อ 1 หน่วยของผลผลิต ซึ่งในกรณีทั่วไปจะรวมถึงรายได้ของผู้ประกอบการและค่าปัจจัยการผลิตพื้นฐาน (Primary inputs) อื่นๆ ในมูลค่าเพิ่มด้วย ดังนั้น ตามหลักความเท่ากันของต้นทุนและราคาขายในระบบตลาด ที่มีการแข่งขันแบบเสรี (Zero-profit condition of perfect competitiveness) ราคาของผลผลิตต่อหน่วย (Unit price of output) จึงมีค่าเท่ากับ 1 ดังแสดงในข้างซ้ายของสมการที่ (13) ภายใต้หน่วยวัดเชิงปริมาณที่เหมาะสมของแต่ละสาขาการผลิต

ในกรณีทั่วไป ถ้ากำหนดให้ $\mathbf{p}'=[p_1,...,p_n]$ แทนเวกเตอร์แนวนอนของราคาผลผลิตของแต่ละสาขาการผลิต ณ ปีฐานใดๆ ดังนั้น แบบจำลองด้านราคาของแบบจำลองตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Price Input-Output Model) สามารถอธิบายได้ดังแสดงในสมการที่ (14) และ (15)

$$\mathbf{p}'=\mathbf{p}'\mathbf{A}+\boldsymbol{\eta}' \qquad (14)$$

$$\begin{aligned}\mathbf{p}'&=\boldsymbol{\eta}'(\mathbf{I}-\mathbf{A})^{-1}=\boldsymbol{\eta}'\mathbf{L}\\ \mathbf{p}&=\mathbf{L}'\boldsymbol{\eta}\end{aligned} \qquad (15)$$

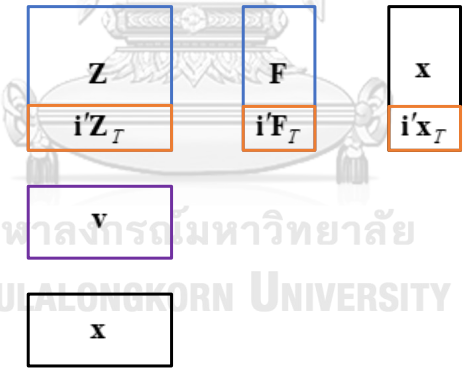
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบจำลองด้านราคา ของแบบจำลองตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตนี้ สามารถใช้วิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของราคา ปัจจัยการผลิตพื้นฐาน (Primary inputs) เช่น ค่าแรง ค่าเช่าที่ดิน ภาษีทางอ้อม เป็นต้น ต่อราคาของผลผลิต (Price of outputs) ของทุกๆ สาขาการผลิต ผ่านกลไกของเมตริกซ์สัมประสิทธิ์ความต้องการสินค้าขั้นกลาง (Intermediate input coefficient matrix) และเมตริกซ์ส่วนกลับ Leontief Inverse นอกจากนี้ แบบจำลองด้านราคาของแบบจำลองตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต ยังสามารถนำมาใช้ประเมินผลกระทบด้านราคา จากการเพิ่มขึ้นของต้นทุนการผลิตในสาขาการผลิตหนึ่งๆ ต่อราคาของผลผลิตในสาขาการผลิตอื่นๆ ได้อีกด้วย [4-6]

4. ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์

4.1 การปรับปรุงข้อมูลจากแบบจำลองปัจจัยการผลิตและผลผลิตเพื่อใช้ในการวิเคราะห์

รูปที่ 2(ก) แสดงรูปแบบการจัดวางข้อมูลจากตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต ที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่ง รูปที่ 2(ข) แสดงตัวอย่างของข้อมูลขนาด 3 สาขาการผลิต โดยสาขาการผลิตที่ 1 แทนอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ สาขาการผลิตที่ 2 แทนสาขาการผลิตพลังงาน และสาขาการผลิตที่ 3 แทนสาขาการขนส่ง การอ่านข้อมูลจากตารางตามแนวตั้ง แสดงถึงเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตของสาขาการผลิตนั้นๆ ตัวอย่างเช่น การผลิตผลผลิตของสาขาการผลิตที่ 1 มูลค่า 30 ล้านบาท มีการใช้พลังงานมูลค่า 7 ล้านบาท และบริการด้านการขนส่งมูลค่า 8 ล้านบาท เป็นต้น



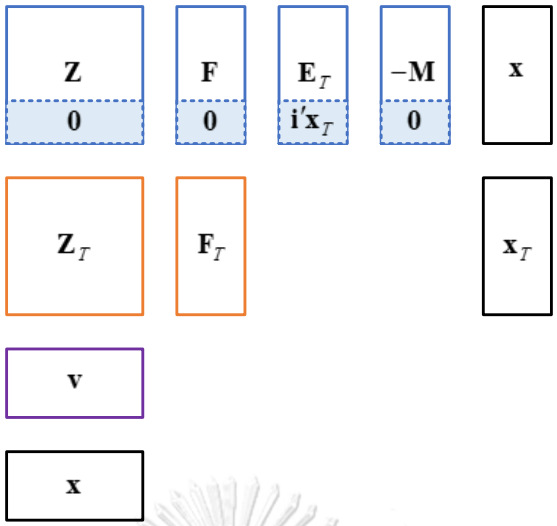
(ก)

Z	s1	s2	s3	F	M	x
s1	11	12	6	6	-5	30
s2	7	20	7	16	-10	40
s3	**8**	**5**	**2**	**5**	**0**	**20**
v	4	3	5			
x	30	40	20			

(ข)

รูปที่ 2 แบบจำลองด้านปริมาณปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Quantity Model)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



(ก)

Z	s1	s2	s3	F	ET	M	x
s1	11	12	6	6	0	-5	30
s2	7	20	7	16	0	-10	40
s3	0	0	0	0	20	0	20

ZT	s1	s2	s3	FT	xT
s1	4	2	1	2	9
s2	4	3	1	3	11
s3	0	0	0	0	0

v	4	3	5

x	30	40	20

(ข)

รูปที่ 3 แบบจำลองด้านราคาปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Price Model)

เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่ง “ผลผลิต” ของสาขาการผลิตหนึ่งๆ จะทำให้ “ต้นทุน” ของบริการด้านการขนส่งของสาขาการผลิตอื่นๆ ที่ซื้อ “ผลผลิต” จากสาขาการผลิตที่กำลังพิจารณาเปลี่ยนแปลงไป

การพิจารณา “ต้นทุน” ที่เปลี่ยนแปลงไปนี้ จำเป็นต้องใช้ข้อมูลที่ละเอียดมากขึ้นกว่าข้อมูลในรูปที่ 2 โดยการกระจายต้นทุนของบริการด้านการขนส่ง (แถวสุดท้ายของตาราง **Z** และ **F** ใน**รูปที่ 2(ก)**) ออกตามประเภทของสินค้าขั้นกลางที่แต่ละสาขาการผลิตซื้อ-ขายระหว่างกัน และสินค้าในการบริโภคขั้นสุดท้าย ดังแสดงด้วยตาราง $\mathbf{Z_T}$ และ $\mathbf{F_T}$ ใน**รูปที่ 3(ก)** ตามลำดับ ตัวอย่างเช่น บริการด้านการขนส่งมูลค่า 8 ล้านบาทของสาขาการผลิตที่ 1 ถูกแยกออกเป็นบริการด้านการขนส่งมูลค่า 4 ล้านบาทสำหรับการซื้อสินค้าจากสาขาการผลิตที่ 1 เอง (ปูนซีเมนต์) และบริการด้านการขนส่งมูลค่า 4 ล้านบาทสำหรับการซื้อสินค้าจากสาขาการผลิตที่ 2 (พลังงาน) ใน**รูปที่ 3(ข)** เป็นต้น ดังนั้น เมื่ออุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ เปลี่ยนรูปแบบการขนส่งปูนซีเมนต์ ให้กับลูกค้า จะทำให้ตัวเลขในแถวแรกของตาราง $\mathbf{Z_T}$ และ $\mathbf{F_T}$ เปลี่ยนไป และท้ายที่สุดก็จะสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลง “เทคโนโลยีการ

ผลิต” ของทุกๆ สาขาการผลิตที่ใช้ปูนซีเมนต์ เป็นปัจจัยการผลิต ดังแสดงด้วยการเปลี่ยนแปลงของตัวเลขในแถวสุดท้ายของตาราง **Z** และ **F** ใน**รูปที่ 2(ก)** นั่นเอง

การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีการผลิตเช่นนี้ เป็นการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาณ โดยจากสมการที่ (9) เมตริกซ์ **A** แสดงเทคโนโลยีการผลิต เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีการผลิตจะทำให้มูลค่ารวมของผลผลิตในแต่ละสาขาการผลิต เปลี่ยน แปลงไปด้วย ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยสมการที่ (16)

$$\mathbf{\Delta x = (I - \Delta A)^{-1} f} \qquad (16)$$

เมื่อกำหนดให้ $\boldsymbol{\varepsilon}' = [\varepsilon_{1,\ldots,} \varepsilon_n]$ คือ เวกเตอร์แนวนอนของสัมประสิทธิ์ความเข้มข้นของการใช้พลังงาน (Vector of energy intensity coefficient) ซึ่งคำนวณจากมูลค่าของพลังงานที่ใช้ในการผลิตทั้งหมดหารด้วยมูลค่าผลผลิตรวม จากสมการที่ (16) จะสามารถคำนวณการเปลี่ยนแปลงของการใช้พลังงานอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งได้ ดังแสดงในสมการที่ (17)

$$\boldsymbol{\varepsilon}'\mathbf{\Delta x} = \boldsymbol{\varepsilon}'(\mathbf{I} - \mathbf{\Delta A})^{-1}\mathbf{f} \qquad (17)$$

ในขณะที่ การวิเคราะห์ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงด้านราคาของผลผลิตในสาขาการผลิตต่างๆ จากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่ง จะใช้รูปแบบการจัดวางข้อมูลจากตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต ใน**รูปที่ 3(ก)** โดยจากสมการที่ (13) จะเห็นได้ว่า การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเนื่องจากราคาของปัจจัยการผลิตพื้นฐาน (Primary inputs) จะส่งผลกระทบต่อราคาของผลผลิต ผ่านกลไกของเมตริกซ์สัมประสิทธิ์ความต้องการสินค้าขั้นกลาง (Intermediate input coefficient matrix) และเมตริกซ์ส่วนกลับ Leontief Inverse โดยในกรณีนี้จะพิจารณาว่า เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบเทคโนโลยีการขนส่ง (ซึ่งในที่นี้จะพิจารณาว่าเป็นปัจจัยการผลิตพื้นฐานของการผลิต) จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของราคาผลผลิตต่อหน่วยการผลิตของสาขาการผลิตต่างๆ มากน้อยเพียงใด ดังแสดงในสมการที่ (18)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

$$\mathbf{\Delta p = (I - A)^{-1} \Delta \eta} \qquad (18)$$

ทั้งนี้ เป็นที่น่าสังเกตว่ารูปแบบการจัดวางข้อมูลจากตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต ใน**รูปที่ 3(ก)** จำเป็นต้องเพิ่มเวกเตอร์อุปสงค์ภายนอก (Vector of exogenous demand) หรือ $\mathbf{E_T}$ ซึ่งแสดงมูลค่ารวมของผลผลิตจาก “สาขาการขนส่ง” เข้าไป เพิ่มรักษาสมดุลของมูลค่าผลผลิตรวมซึ่งคำนวณจากผลรวมทั้งในแนวตั้งและแนวนอนของตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตนั่นเอง

4.2 ข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์

ข้อมูลต้นทุนการขนส่งสินค้าในแต่ละรูปแบบ ที่ใช้ในการศึกษานี้ อ้างอิงจากผลการศึกษา “โครงการศึกษาพัฒนาปรับปรุง บำรุงรักษาระบบฐานข้อมูล ข้อสนเทศและแบบจำลองเพื่อบูรณาการพัฒนาการขนส่งและจราจร การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบและระบบโลจิสติกส์ (TDL)” ของ

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร กระทรวงคมนาคม [7] ดังแสดงใน**ตารางที่ 4** โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบต้นทุนเฉลี่ยของการขนส่งทางถนน การขนส่งทางราง การขนส่งทางทะเล และการขนส่งทางอากาศ จะเห็นได้ว่าต้นทุนการขนส่งทางถนนคิดเป็น 3.06 เท่าของต้นทุนการขนส่งทางทางทะเล ต้นทุนเฉลี่ยของการขนส่งทางรางคิดเป็น 1.46 เท่าของต้นทุนการขนส่งทางทางทะเล และต้นทุนการขนส่งทางอากาศคิดเป็น 15.38 เท่าของต้นทุนการขนส่งทางทะเล

ตารางที่ 4 ต้นทุนต่อหน่วยของแต่ละรูปแบบของการขนส่งสินค้า (หน่วย: บาทต่อตัน-กม.)

รูปแบบการขนส่ง	ปริมาณทั้งหมด (ล้านตัน)	ต้นทุนการขนส่ง (ล้านบาท)	ปริมาณ*ระยะทาง (ล้านตัน-กม.)	ต้นทุนต่อหน่วย
ถนน	710.150	275,952.04	129,970.79	2.12
ราง	9.646	2,352.34	2,466.96	0.95
ทะเล	69.554	6,749.85	10,427.69	0.65
อากาศ	0.035	252.06	25.21	10.0
รวม	789.387	285,306.28	142,890.65	2.00

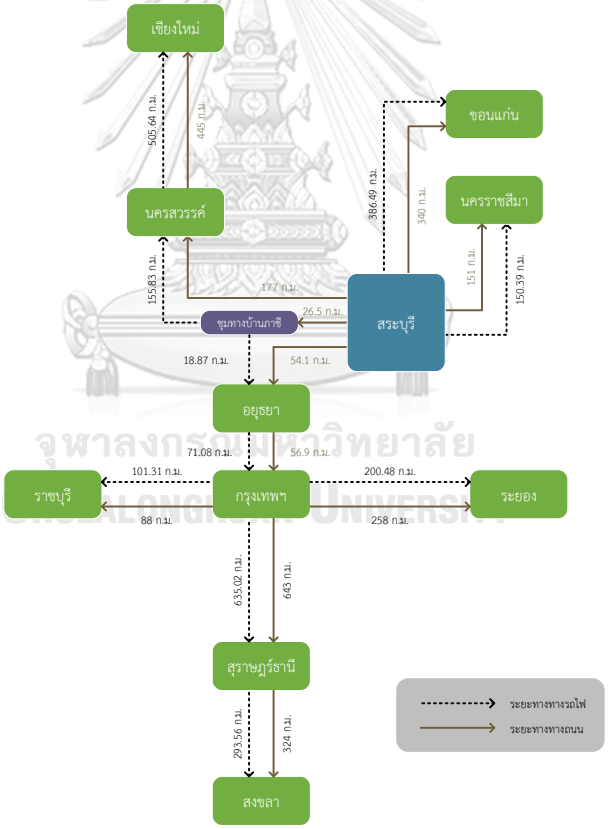
นอกจากนี้ เพื่อให้การคำนวณและการแปลความหมายของการวิเคราะห์ผลกระทบทางเศรษฐกิจและพลังงาน จากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่ง ของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ ที่ได้จากแบบจำลองปัจจัยการผลิตและผลผลิต ทำได้ง่ายและตรงไปตรงมามากขึ้น ผู้วิจัยจึงรวมสาขาการผลิตในตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของไทยในระดับที่ละเอียดที่สุด คือ 180 สาขาการผลิต เหลือ 25 สาขาการผลิต[1] โดยพิจารณาถึงสาขาการผลิตที่มีความเกี่ยวข้องกับ อุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์เป็นหลัก ทั้งในระดับต้นน้ำ (ถ่านหินและปิโตรเลียม, เหมืองแร่โลหะ เหมืองแร่อโลหะ) ระดับกลางน้ำ (ผลิตภัณฑ์คอนกรีต ผลิตภัณฑ์อโลหะ) และระดับปลายน้ำ (ประปา การก่อสร้าง การค้าปลีก-ค้าส่ง การขนส่งทางราง การขนส่งทางถนน การขนส่งทางน้ำและทางทะเล บริการเกี่ยวเนื่องกับการขนส่ง) รวมทั้งสาขาการผลิตอื่นๆ เพื่อให้ครอบคลุมภาพรวมของระบบเศรษฐกิจไทย

ท้ายที่สุด ผู้วิจัยได้ทำการศึกษารูปแบบการขนส่งปูนซีเมนต์ ในปัจจุบัน และรูปแบบที่เป็นไปได้ซึ่งสามารถแทนที่รูปแบบในปัจจุบันได้ โดยการศึกษานี้กำหนดให้ปูนซีเมนต์ ทั้งหมดถูกผลิตจากโรงงานในจังหวัดสระบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีแหล่งแร่ที่สำคัญ เพื่อใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์ เป็นจำนวนมาก และผลผลิตปูนซีเมนต์ จะถูกส่งไปยังจังหวัดต่างๆ ทั่วทุกภาคของประเทศไทย โดยกำหนดให้ 10 จังหวัด ได้แก่ 1) เชียงใหม่ 2) นครสวรรค์ 3) ขอนแก่น 4) ขอนแก่น 5) อยุธยา 6) ราชบุรี 7) กรุงเทพฯ

[1] 25 สาขาการผลิต ประกอบด้วย 1) เกษตรกรรม ป่าไม้ และประมง 2) ถ่านหินและปิโตรเลียม 3) เหมืองแร่โลหะ 4) เหมืองแร่อโลหะ 5) กระดาษและผลิตภัณฑ์จากกระดาษ 6) เคมีภัณฑ์ 7) โรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม 8) ปูนซีเมนต์ 9) ผลิตภัณฑ์คอนกรีต 10) ผลิตภัณฑ์อโลหะ 11) เครื่องจักรเครื่องยนต์ 12) อุตสาหกรรมอื่นๆ 13) ไฟฟ้า 14) แก๊สธรรมชาติ 15) ประปา 16) การก่อสร้าง 17) การค้าปลีก-ค้าส่ง 18) การขนส่งทางราง 19) การขนส่งทางถนน 20) การขนส่งทางน้ำและทางทะเล 21) บริการเกี่ยวเนื่องกับการขนส่ง 22) การบริการทางด้านธุรกิจ 23) การบริการภาครัฐ 24) การบริการอื่นๆ 25) กิจกรรมที่ไม่สามารถจำแนกสาขาการผลิตได้ โดยจะแสดงด้วยสัญลักษณ์ S01–S25 ตามลำดับในผลการวิเคราะห์

8) ระยอง 9) สุราษฎร์ธานี และ 10) สงขลา เป็นที่ตั้งของตัวแทนของผู้ค้าปลีก-ค้าส่งรายใหญ่ในภูมิภาคต่างๆ

ทั้งนี้ กำหนดให้รูปแบบการขนส่งของปูนซีเมนต์ ในสถานการณ์ปัจจุบันทั้งหมด เป็นการขนส่งทางถนนโดยใช้รถบรรทุก ในขณะที่รูปแบบการขนส่งของปูนซีเมนต์ ในสถานการณ์จำลอง (Simulation case) จะเลือกใช้การขนส่งทางราง ซึ่งมีต้นทุนการขนส่งต่ำกว่าการขนส่งทางบก และมีประสิทธิภาพของการใช้พลังงานสูงกว่าเป็นหลัก **รูปที่ 4** แสดงเส้นทางและระยะทางของการขนส่งปูนซีเมนต์ ไปยังทุกภาคของประเทศไทยโดยทางถนนและทางราง ตัวอย่างเช่น ปัจจุบันการขนส่งปูนซีเมนต์ โดยใช้รถบรรทุกจากสระบุรีไปเชียงใหม่ มีระยะทางทางถนนเท่ากับ 622 กิโลเมตร ในขณะที่ในสถานการณ์จำลอง จะใช้เส้นทางทางถนนจากสระบุรีไปยังสถานีรถไฟสายเหนือที่ใกล้ที่สุด คือ สถานีชุมทางบ้านภาชี ด้วยระยะทาง 26.5 กิโลเมตร เพื่อขนถ่ายปูนซีเมนต์ ไปทางรถไฟต่อไปจนถึงสถานีเชียงใหม่ โดยมีระยะทางการขนส่งทางรางรวมทั้งสิ้น 661.44 กิโลเมตร เป็นต้น แม้ว่าระยะทางของการขนส่งทางราง จะมากกว่าระยะทางของการขนส่งทางถนนเล็กน้อย แต่**ต้นทุนต่อหน่วย**ของการขนส่งทางถนนสูงกว่าการขนส่งทางถนนถึง 2.23 เท่า (**ตารางที่ 4**) ทำให้ต้นทุนค่าขนส่งรวมในสถานการณ์จำลองต่ำกว่าในปัจจุบัน



รูปที่ 4 เส้นทางและระยะทางการขนส่งปูนซีเมนต์ ไปยังทุกภาคของประเทศไทยโดยทางถนนและทางราง

4.3 ผลการวิเคราะห์

การศึกษานี้แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) การวิเคราะห์ผลกระทบเชิงปริมาณ โดยศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่ง ของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ ต่อมูลค่ารวมของผลผลิตในแต่ละสาขาการผลิต รวมทั้งผลกระทบต่อมูลค่าของพลังงานทั้งหมด ที่ใช้ในกระบวน การผลิตของระบบเศรษฐกิจโดยรวม โดยใช้สมการที่ (16) และ (17) ตามลำดับ และ 2) การวิเคราะห์ผลกระทบเชิงราคา โดยศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงต้นทุนการขนส่งของปูนซีเมนต์ต่อราคาของผลผลิตในทุกๆ สาขาการผลิต โดยใช้สมการที่ (18)

เมื่อคำนวณต้นทุนการขนส่งรวม ในสถานการณ์จำลองเปรียบเทียบกับในปัจจุบัน โดยใช้ระยะทางทางถนนและทางรางจาก**รูปที่ 4** และต้นทุนต่อหน่วยของแต่ละรูปแบบของการขนส่งสินค้าใน**ตารางที่ 4** พบว่า ต้นทุนการขนส่งรวมในสถานการณ์จำลองมีค่าเป็น 0.5371 เท่าของต้นทุนการขนส่งรวมในปัจจุบัน

จากนั้น จึงแปลงมูลค่าของต้นทุนการขนส่งรวมที่ลดลง เป็นสัดส่วนของการขนส่งทางถนนและทางราง ที่เปลี่ยนแปลงไป ภายใต้สมมุติฐานที่ว่า ทุกๆ สาขาการผลิตที่ซื้อปูนซีเมนต์ ใช้รูปแบบการขนส่งในสัดส่วนเดียวกัน **ตารางที่ 5** แสดงมูลค่าผลผลิตในแต่ละสาขาการผลิต ก่อนและหลังการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งปูนซีเมนต์ จากการขนส่งทางถนนเป็นการขนส่งทางราง

ตารางที่ 5 มูลค่าผลผลิตในแต่ละสาขาการผลิต และมูลค่าการใช้พลังงานรวมของทั้งระบบเศรษฐกิจก่อนและหลังการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งปูนซีเมนต์

สาขาการผลิต	มูลค่าผลผลิตเดิม	มูลค่าผลผลิตใหม่	ความเข้มพลังงาน	อัตราการเปลี่ยนแปลง
S01	1,787,359	1,787,312	0.036	-0.003
S02	404,241	403,606	0.157	-0.157
S03	3,753	3,753	0.046	-0.021
S04	68,278	68,279	0.123	0.002
S05	256,167	256,140	0.033	-0.010
S06	881,141	881,054	0.114	-0.010
S07	1,325,637	1,324,785	0.756	-0.064
S08	113,768	113,768	0.276	0.000
S09	72,758	72,758	0.032	0.000
S10	213,056	213,051	0.104	-0.002
S11	5,252,964	5,252,400	0.029	-0.011
S12	5,723,244	5,723,050	0.041	-0.003
S13	705,733	705,701	0.477	-0.005
S14	402,989	402,974	0.726	-0.004
S15	58,504	58,504	0.158	0.000
S16	915,044	915,046	0.025	0.000
S17	2,937,429	2,937,184	0.029	-0.008
S18	8,145	9,297	0.217	14.138
S19	381,879	379,291	0.357	-0.678
S20	214,899	214,898	0.304	0.000
S21	747,713	747,598	0.263	-0.015
S22	1,632,539	1,632,314	0.037	-0.014
S23	1,472,896	1,472,893	0.030	0.000
S24	1,719,903	1,719,793	0.077	-0.006
S25	214,653	214,665	0.024	0.006
มูลค่าพลังงาน	3,079,224	3,077,689	N/A	-0.050

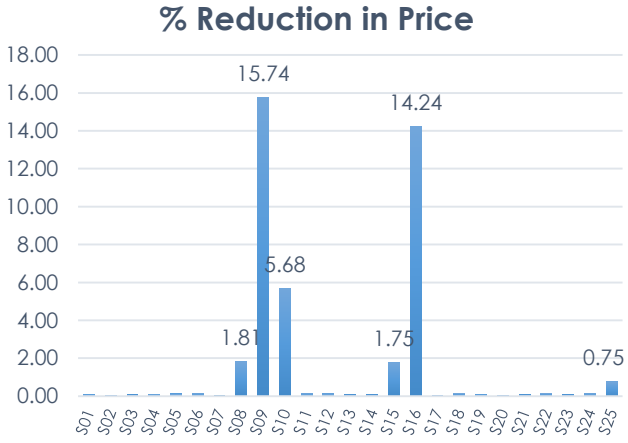
ผลการศึกษาพบว่า สาขาการผลิตที่มีมูลค่าผลผลิตเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ สาขาการขนส่งทางราง โดยเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 14.1 ตามด้วยกิจกรรมที่ไม่สามารถจำแนกสาขาการผลิตได้ และเหมืองแร่อโลหะ ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักของกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ ที่ร้อยละ 0.006 และ 0.002 ตามลำดับ ในขณะที่สาขาการผลิตที่มีมูลค่าผลผลิตเปลี่ยนแปลงลดลงมากที่สุด คือ สาขาการขนส่งทางถนน โดยลดลงร้อยละ 0.68 ตามด้วยถ่านหิน และ โรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียมซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหลักของการผลิตไฟฟ้า และใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการขนส่ง ที่ร้อยละ 0.157 และ 0.064 ตามลำดับ

เมื่อคูณการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าผลผลิต ทั้งที่เพิ่มขึ้นและลดลงในแต่ละสาขาการผลิต ด้วยสัมประสิทธิ์ความเข้มข้นของการใช้พลังงาน (Energy intensity coefficient) และรวมค่าการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานของทุกสาขาการผลิต จะพบว่า การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่ง ของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ จากการขนส่งทางถนนเป็นการขนส่งทางราง ตามสถานการณ์จำลองจะช่วยลดการใช้พลังงานรวมของทั้งระบบเศรษฐกิจลงได้ ร้อยละ 0.05

ในส่วนที่สอง คือ การวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงต้นทุนการขนส่งของปูนซีเมนต์ต่อราคาของผลผลิตในทุกๆ สาขาการผลิต ด้วยแบบจำลองด้านราคาปัจจัยการผลิตและผลผลิต จะอ้างอิงผลการคำนวณการเปลี่ยนแปลงต้นทุนการขนส่งรวมของปูนซีเมนต์ ในส่วนแรก โดยกำหนดให้ “ต้นทุนการขนส่ง เป็นส่วนหนึ่งของปัจจัยการผลิตพื้นฐานและมูลค่าเพิ่มของการผลิต” จากนั้นจึงปรับค่าบริการด้านการขนส่ง สำหรับการซื้อสินค้าจากอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ ลดลงเหลือร้อยละ 53.71 ของมูลค่าเดิม (เทียบเคียงได้กับตัวเลขในแถวแรกของตาราง $\mathbf{Z}_T$ และ $\mathbf{F}_T$ ใน**รูปที่ 3(ข)** ซึ่งทำให้ สัมประสิทธิ์ของมูลค่าเพิ่มรวม ต่อหน่วยของมูลค่าผลผลิตรวม (Vector of value-added coefficient) ลดลงด้วย จากนั้นจึงใช้สมการที่ (18) เพื่อคำนวณการเปลี่ยนแปลงของราคาผลผลิตต่อหน่วยการผลิตของสาขาการผลิตต่างๆ

ผลการศึกษาพบว่า เมื่อต้นทุนการขนส่งของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ ลดลง เนื่องจากการเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งจากทางถนนเป็นทางราง จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านราคาของผลผลิตจากสาขาการผลิตต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 5 โดยสาขาการผลิตที่มีการลดลงของราคาผลผลิตมากที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ ผลิตภัณฑ์คอนกรีต (S09) การก่อสร้าง (S16) ผลิตภัณฑ์อโลหะ (S10) ปูนซีเมนต์ (S08) และ ประปา (S15) โดยราคาลดลง ร้อยละ 0.1574, ร้อยละ 0.1424, ร้อยละ 0.0568, ร้อยละ 0.0181 และ ร้อยละ 0.017 ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 5 สัดส่วนการลดลงของราคาผลผลิตในสาขาการผลิตต่างๆ จากการเปลี่ยนแปลงต้นทุนการขนส่งปูนซีเมนต์ (หน่วย: 0.01%)

ทั้งนี้เป็นที่น่าสังเกตว่า สาขาการผลิตที่ได้รับผลกระทบมาก จากการลดลงของต้นทุนการขนส่งของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ ล้วนเป็นสาขาการผลิตที่อยู่ในห่วงโซ่อุปทานเดียวกันกับอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ และเป็นอุตสาห- กรรมกลางน้ำและปลายน้ำทั้งสิ้น เนื่องจากอุตสาหกรรมเหล่านี้มีการใช้ปูนซีเมนต์ เป็นวัตถุดิบของกระบวนการผลิต ในสัดส่วนที่มากกว่าสาขาการผลิตที่อยู่นอกห่วงโซ่อุปทานนั่นเอง

5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

อุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ เป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาประเทศ และยังเป็นอุตสาหกรรมต้นน้ำของอุตสาหกรรมอื่นๆ อีกมากมาย งานวิจัยนี้ศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่ง (Transport Modal Shift) ในกระบวนการจำหน่ายผลผลิตของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ โดยใช้แบบจำลองตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Input-Output Analysis: IOA) ซึ่งเป็นวิธีการที่จะแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิต (Output) กับปัจจัยการผลิตขั้นต้น (Primary factors) การหมุนเวียนของสินค้าขั้นกลาง (Intersectoral flows) อุปสงค์ขั้นสุดท้าย (Final demands) และการแลกเปลี่ยนสินค้า (Transfers) ซึ่งเชื่อมโยงสาขาการผลิตต่างๆ ในระบบเศรษฐกิจของประเทศ

ผลการศึกษาพบว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งปูนซีเมนต์ จากทางถนนโดยใช้รถบรรทุก เป็นการขนส่งทางราง ซึ่งมีต้นทุนการขนส่งต่ำกว่าการขนส่งทางบก และมีประสิทธิภาพของการใช้พลังงานสูงกว่าเป็นหลัก จะช่วยลดการใช้พลังงานรวมของทั้งระบบเศรษฐกิจลงได้ ร้อยละ 0.05

นอกจากนี้ เมื่อต้นทุนการขนส่งของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ ลดลง จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านราคาของผลผลิตจากสาขาการผลิตปลายน้ำต่างๆ ด้วย โดยสาขาการผลิตที่มีการลดลงของราคาผลผลิตมากที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ ผลิตภัณฑ์คอนกรีต (S09) การก่อสร้าง (S16) ผลิตภัณฑ์อโลหะ (S10) ปูนซีเมนต์ (S08) และ ประปา (S15) ลดลงร้อยละ 0.1574, 0.1424, 0.0568, 0.0181 และ 0.017 ตามลำดับ

จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า ภาครัฐควรให้ความสำคัญกับการพัฒนาระบบขนส่งทางราง ให้ครอบคลุมในทุกพื้นที่ทั่วประเทศ รวมทั้ง สนับสนุนให้ผู้ประกอบการใช้การขนส่งทางรางเพื่อกระจาย

ผลผลิตไปยังสาขาการผลิตอื่นๆ และผู้บริโภคขั้นสุดท้ายให้มากขึ้น เพราะนอกจากจะช่วยลดต้นทุนการผลิตสินค้า แล้วยังช่วยลดการใช้พลังงานรวมของทั้งระบบเศรษฐกิจลงได้อีกด้วย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Bureau of Transportation Statistics (2014) "*National transportation statistics 2014*", Washington, DC: U.S. Department of Transportation, Research and Innovative Technology Administration

[2] สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.), สำนักนายกรัฐมนตรี (2558), *ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต ปี 2553 (Input–Output Table of Thailand 2010)*

[3] นายจรินทร์ ชลไพศาล (2559), *สถานการณ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์*, กลุ่มวิเคราะห์สถานการณ์เศรษฐกิจ สำนักเหมืองแร่และสัมปทาน

[4] Miller R.E. and Blair, P.D. (1985) "*Input-Output Analysis, Foundations and Extensions*", Englewood, New Jersey, Prentice-Hall

[5] Wang, J. and Charles, M. B. (2010) *"IO Based Impact Analysis: A Method for Estimating the Economic Impacts by Different Transport Infrastructure Investments in Australia"*, Australasian Transport Research Forum, Canberra

[6] Hong Bae Kim and Chang Ho Hur (2016) *"Impact Analysis of Transportation Modal Shift on Regional Energy Consumption and Environmental Level: Focused on Electric Automobiles"*, Engineering and Technology International Journal of Environmental and Ecological Engineering, vol. 10, no. 12

[7] สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร, กระทรวงคมนาคม (2558), *รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาพัฒนาปรับปรุงบำรุงรักษาระบบฐานข้อมูล ข้อสนเทศและแบบจำลอง เพื่อบูรณาการพัฒนาการขนส่งและจราจร การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบและระบบโลจิสติกส์ (TDL)*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายธนะรัชต์ งามเสงี่ยม เป็นบุตรของ ร้อยเอก ประจักษ์ งามเสงี่ยม และนางโศภิษฐ์ งามเสงี่ยม เกิดเมื่อวันที่ 25 มกราคม พ.ศ.2532 ที่จังหวัดกาญจนบุรี ได้สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ จังหวัดกาญจนบุรี และสำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิศวกรรมพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยรังสิต เมื่อปีการศึกษา 2553 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (สหสาขาวิชา) บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2559

ขณะที่กำลังศึกษาอยู่ในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (สหสาขาวิชา) บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้เผยแพร่บทความเรื่อง "ผลกระทบด้านเศรษฐกิจและพลังงานจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์" ในการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 14 ที่ โรงแรมโนโวเทล ระยอง ริมเพ รีสอร์ท ในวันที่ 14 มิถุนายน พ.ศ.2561

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University