

## บทที่ 4

### หลักการของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ (Principles of Spatial Interaction)

นักวิชาการด้านภูมิศาสตร์เศรษฐกิจใช้หลักการหรือทฤษฎีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ (Spatial Interaction) เพื่อที่จะทำความเข้าใจความสัมพันธ์แบบพึ่งพาซึ่งกันและกันระหว่างลักษณะทางภูมิศาสตร์ของการขนส่งในเขตหนึ่งกับกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่ตั้งอยู่ในเขตนั้น

การเคลื่อนย้ายสินค้าและคนเป็นเรื่องที่มีความสำคัญในทุกระบบเศรษฐกิจ ไม่ว่าจะ เป็นระบบล้าหลังแบบดั้งเดิมหรือระบบที่พัฒนาแล้วก็ตาม โดยในเศรษฐกิจล้าหลังนั้นจะ เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายขนาดเล็กของสินค้าภายในท้องถิ่น เช่น ปลาจากแม่น้ำมายัง คร้วของบ้าน หรือธัญพืชจากทุ่งนามายังหมู่บ้าน ส่วนในเศรษฐกิจอุตสาหกรรมที่ทันสมัยนั้น จะเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายขนาดใหญ่ของสินค้าหลากหลายชนิดในระดับประเทศหรือ ระหว่างประเทศ

โดยปกติแล้วยังเศรษฐกิจมีความก้าวหน้ามากเพียงใด ขอบเขตทางภูมิศาสตร์ของ ปัจจัยการผลิตทางอุตสาหกรรมก็ยิ่งกว้างมากขึ้น เพราะประเทศที่พัฒนาแล้วต้องพึ่งพิง ทรัพยากรจากที่ห่างไกลเป็นอย่างมากเพื่อที่จะรักษาระดับผลิตภาพทางเศรษฐกิจในระดับ สูงให้คงอยู่ได้ การเชื่อมโยงด้วยการขนส่งจึงมากขึ้น และระบบการขนส่งก็ยิ่งต้องมีการ พัฒนาให้สมบูรณ์มากขึ้นด้วย ด้วยเหตุนี้จึงอาจกล่าวได้ว่าการขนส่งมีความสำคัญต่อการ ดำรงไว้ซึ่งอำนาจทั้งทางเศรษฐกิจและการเมืองของโลก

#### การขนส่ง (Transportation)

การขนส่ง โดยทั่วไปหมายถึงการเคลื่อนย้ายสินค้า และบุคคล จากสถานที่หนึ่งไป ยังอีกสถานที่หนึ่ง แต่ในปัจจุบันได้มีการรวมไปถึงการเคลื่อนย้าย "ความคิด" (Idea) และ สารสนเทศ (Information) ไปด้วย เพราะแม้การโอนย้ายความคิดเห็นหรือสารสนเทศจะถูก จัดเป็น "การสื่อสาร" (communication) แต่ก็มิใช่หลักการร่วมกันหลายประการกับ "การขนส่ง" และแม้ว่าในตำรานี้จะเน้นการวิเคราะห์เรื่องการขนส่งระหว่างพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ต่าง ๆ เป็นหลัก แต่หลักการที่กล่าวถึงนั้นก็ยังสามารถประยุกต์ใช้กับการสื่อสารได้ด้วย

หลักการ "ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่" เป็นการวิเคราะห์เกี่ยวกับลักษณะทั่วไปและวิธีการการเชื่อมโยง (connection) ระหว่างสถานที่ต่างๆ บนพื้นโลก การเชื่อมโยงนี้อาจพิจารณาอย่างง่ายๆ ได้ว่าเป็นรูปแบบการกำหนดเส้นทาง (route) ทางภูมิศาสตร์ ซึ่งเห็นได้จากแผนที่แสดงถนน เส้นทางการบิน เส้นทางเดินเรือ เป็นต้น แต่ถ้าหากพิจารณาให้ซับซ้อนยิ่งขึ้นการเชื่อมโยงก็จะหมายถึง กระแส (flow) ของปริมาณการเคลื่อนย้าย เช่น ปริมาณถ่านหิน(หน่วยเป็นตัน) ที่ขนส่งระหว่างสถานที่ต่างๆ โดยประเด็นสำคัญของหลักการนี้ก็คือ "สถานที่" (หรือที่จริงก็คือบุคคลหรือกิจกรรมที่สถานที่นั้นๆ) มีปฏิสัมพันธ์ (interact) กับสถานที่อื่นๆ ภายในขอบเขตพื้นที่หนึ่งที่กำหนด

ตัวอย่างของการเชื่อมโยงเช่น ในสหรัฐฯ มีถ่านหินอยู่ที่มลรัฐเวสต์เวอร์จิเนียและมีความต้องการใช้ที่มลรัฐฟิตสเบอร์ก ภาวะอุปสงค์และอุปทานเช่นนี้ทำให้มีการขนส่งถ่านหินระหว่างจุดทั้ง 2 ขึ้น อย่างไรก็ตาม การขนส่งไม่ใช่จะเกิดขึ้นได้ง่ายๆ เช่นนี้เสมอไปเพราะการเคลื่อนย้ายสินค้าต้องมีต้นทุนเกิดขึ้นด้วย ผู้ที่ต้องการสินค้าจะต้องมีความต้องการสูงพอจนเต็มใจที่จะจ่ายค่าสินค้าบวกค่าขนส่งได้ ถ้าสินค้าที่เคลื่อนย้ายมีมูลค่าสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งมูลค่าเมื่อเทียบกับน้ำหนัก ผู้ซื้อก็มักจะยอมรับค่าขนส่งที่สูงได้ง่ายขึ้นเพราะแม้ว่าค่าขนส่งจะสูงแต่ก็คิดเป็นสัดส่วนเพียงเล็กน้อยของราคาสินค้าทั้งหมด(เมื่อรวมค่าขนส่งแล้ว) นอกจากนี้การมีแหล่งอื่นของสินค้าให้เลือกได้ก็ส่งผลต่อการตัดสินใจด้วยเพราะจะต้องเลือกว่าควรสั่งซื้อจากแหล่งใดจึงจะดีที่สุดโดยพิจารณาจากต้นทุน ความสะดวกและรวดเร็วในการขนส่งเป็นหลัก ในกรณีเช่นนี้ต้นทุนจึงเป็นเพียงส่วนหนึ่งของปัจจัยประกอบการตัดสินใจเท่านั้น และการวิเคราะห์รูปแบบของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ต่างๆ จะมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น

### แมทริกซ์ของปฏิสัมพันธ์ (Interaction Matrix)

Interaction Matrix เป็นการแสดงถึงแบบแผนของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ด้วยตาราง (matrix) ประกอบด้วยแผนภาพ (map) ของความเชื่อมโยงระหว่างจุด (node) ซึ่งอาจกำหนดให้หมายถึงเมือง โรงงาน หรือบ้าน ฯลฯ โดยในที่นี้สมมุติว่ามี 5 node คือ A, B, C, D, E, และ F

ในแต่ละช่องหรือ cell ใน matrix จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง node ซึ่งกำหนดอยู่ที่แนวตั้งและแนวนอน การเชื่อมโยงจะแสดงด้วยการใส่หมายเลข 1 ลงใน cell ซึ่งจะ

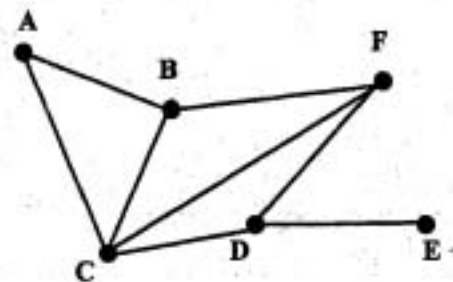
หมายถึงว่า node ที่แนวตั้ง (column) และแนวนอน (row) ของ cell นั้นๆ มีความเชื่อมโยงกันโดยตรง แต่ถ้าใส่ 0 ลงไปก็แสดงว่าไม่มีความเชื่อมโยงโดยตรง ส่วนการแสดงด้วยแผนภาพนั้นการเชื่อมโยงจะเห็นได้จากการมีเส้นตรงเชื่อมต่อกันระหว่างจุด

อย่างไรก็ตาม Interaction Matrix นี้จะไม่สามารถระบุได้ว่าจุดใดเป็นจุดเริ่มต้นหรือปลายทาง

ก) **connectivity matrix** ใช้เมื่อจะพิจารณาความเชื่อมโยงโดยตรงภายในแต่ละโครงข่าย (network)

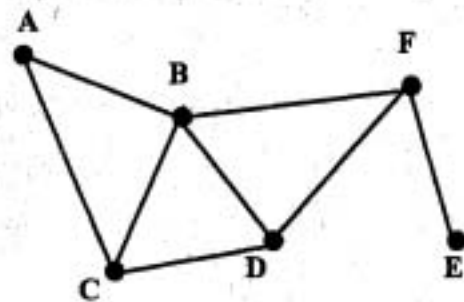
ภาพ A

	A	B	C	D	E	F
A	1	1	1	0	0	0
B	1	1	1	0	0	1
C	1	1	1	1	0	1
D	0	0	1	1	1	1
E	0	0	0	1	1	0
F	0	1	1	1	0	1



ภาพ B

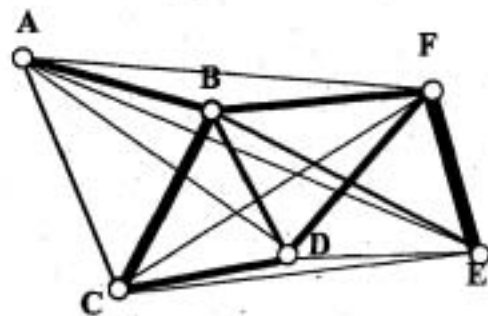
	A	B	C	D	E	F
A	1	1	1	0	0	0
B	1	1	1	1	0	1
C	1	1	1	1	0	0
D	0	1	1	1	0	1
E	0	0	0	0	1	1
F	0	1	0	1	1	1



การที่มีหมายเลข 1 อยู่ตรงแนวเส้นทแยงมุม (ซ้ายไปขวา) แสดงว่าแต่ละจุด (node) เชื่อมโยงกับตัวเอง ในกรณี ภาพ A นั้นถ้าหาผลรวมตามแนวดิ่งก็จะเห็นได้ว่า จุด C มีการเชื่อมโยงโดยตรงกับจุดอื่นมากที่สุด (A, B, D, และ F) ส่วนในภาพ B ถ้าหาผลรวมตามแนวดิ่งก็จะเห็นได้ว่า จุด B มีการเชื่อมโยงโดยตรงกับจุดอื่นมากที่สุด (A, C, D, และ F)

ข) **Flow Matrix** จะใช้เพื่อแสดงข้อมูลเกี่ยวกับขนาดของการเคลื่อนย้ายระหว่างจุดซึ่งอาจหมายถึง "ปริมาณ" ในการเคลื่อนย้าย เช่น ต้นหินจำนวนกี่ตัน ข้าวจำนวนกี่ตัน หรืออาจหมายถึง "ความถี่" ในการเคลื่อนย้าย เช่นขนส่งด้วยรถบรรทุกจำนวนกี่เที่ยว เป็นต้น

	A	B	C	D	E	F
A		8	4	1	1	1
B			14	6	4	7
C				10	1	1
D					1	8
E						16
F						



ตัวเลขในช่องจะแสดงความถี่ของการเคลื่อนย้ายระหว่าง 2 จุด โดยในแผนภาพจะแสดงความถี่ด้วยขนาดความหนาของเส้น

### สาเหตุที่ทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่

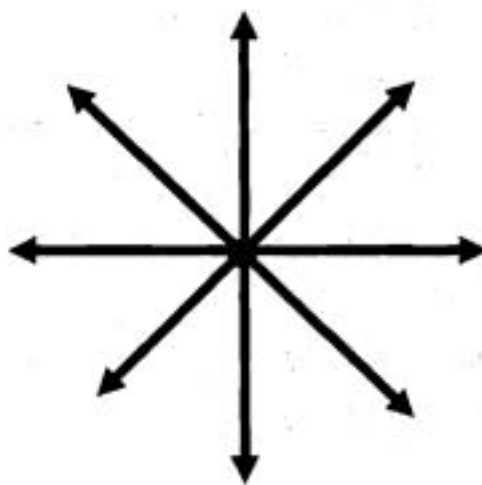
Edward L Ullman เป็นนักภูมิศาสตร์คนแรกๆ ที่เริ่มสร้างกฎทั่วไปว่าการเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ขึ้น โดยได้แบ่งแยกสาเหตุของการเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่เป็น 3 ประเภทคือ

- การเสริมซึ่งกันและกัน (complementarity)
- ความสะดวกในการโอนย้าย (transferability)
- การมีโอกาที่จะเข้าแทรกแซง (intervening opportunity)

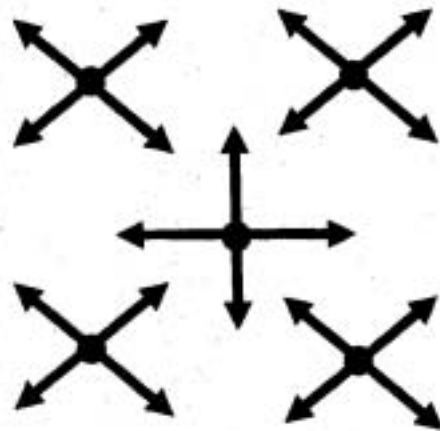
### (1) การเสริมซึ่งกันและกัน (complementarity)

การมีทรัพยากรอยู่มากมายภายในเขตใดเขตหนึ่งยังไม่เพียงพอที่จะนำไปสู่การค้าขายแลกเปลี่ยน (ปฏิสัมพันธ์) กับเขตอื่นได้ ปฏิสัมพันธ์ดังกล่าวนี้จะเกิดขึ้นต่อเมื่อเขตพื้นที่มีคุณสมบัติเสริมซึ่งกันและกันซึ่งก็คือทรัพยากรในเขตหนึ่งต้องเป็นที่ต้องการในเขตอื่นๆ ตัวอย่างเช่นแหล่งน้ำมันในตะวันออกกลางมีอยู่มากแล้วร่วมล้านปี แต่เพิ่งมีการค้าขายติดต่อกับเขตพื้นที่อื่นเมื่อประมาณ 100 ปีมานี้เองเนื่องจากผลการพัฒนาเทคโนโลยี

การเสริมซึ่งกันและกันระหว่างเขตพื้นที่ต่างๆ เกิดขึ้นเนื่องจากแต่ละภูมิภาคมีทรัพยากรธรรมชาติและทรัพยากรมนุษย์แตกต่างกัน ซึ่งการที่ทรัพยากรจากเขตหนึ่งจะให้ประโยชน์กับเขตอื่นๆ อย่างเป็นไปได้ 2 ลักษณะคือ (1) มีแหล่งกำเนิดเพียงแหล่งเดียว ซึ่งให้บริการครอบคลุมทั้งเขตพื้นที่ๆ กำหนดและ (2) มีหลายแหล่งกำเนิดซึ่งให้บริการแก่เขตพื้นที่ๆ กำหนด โดยแหล่งกำเนิดในที่นี้อาจเป็นเหมืองแร่ โรงงาน หรือห้างสรรพสินค้า ฯลฯ ก็ได้



ให้บริการแก่เขตโดยแหล่ง  
ใหญ่แหล่งเดียว



ให้บริการแก่เขตโดยแหล่ง  
ขนาดเล็กหลายแหล่ง

อีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ในลักษณะเสริมซึ่งกันและกันก็คือการเกิดอรรถประโยชน์จากการเปลี่ยนสถานที่ (place utility) ซึ่งได้แก่การที่เมื่อขนส่งทรัพยากรไปสู่จุดที่มีอุปสงค์ (demand) จะทำให้ทรัพยากรนั้นมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ถ้าไม่มีการขนส่ง ทรัพยากรก็จะมีอยู่แต่เพียงในท้องถิ่นและก่อให้เกิดอรรถประโยชน์ได้จำกัด การมีอุปสงค์ต่อทรัพยากรหรือผลิตภัณฑ์ใดจากเขตพื้นที่อื่นจึงเป็นสาเหตุนำไปสู่ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ได้

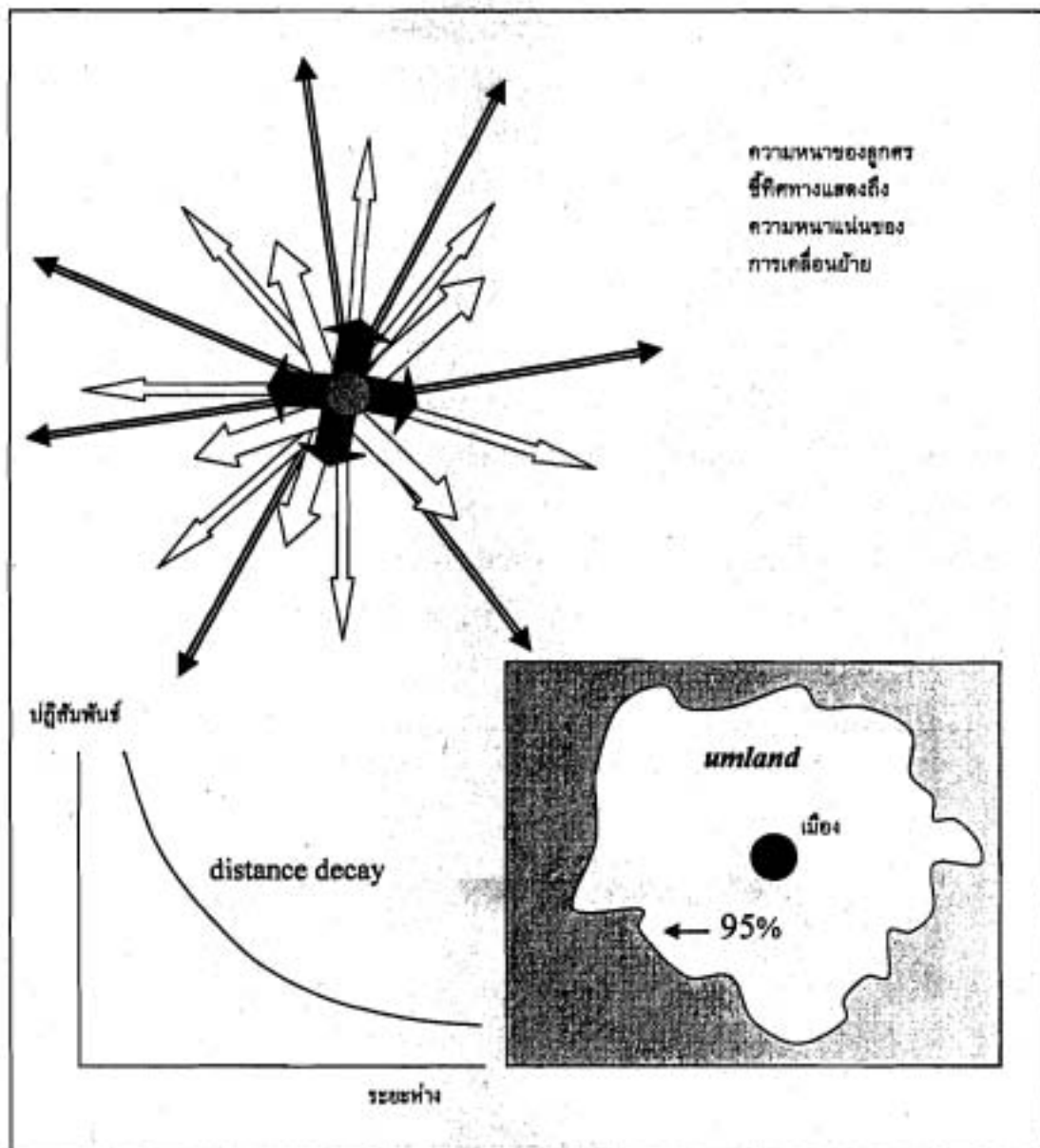
## (2) ความสะดวกในการโอนย้าย (Transferability)

Transferability หมายถึง ความสะดวกที่ทรัพยากรหรือผลิตภัณฑ์หนึ่งจะถูกโอนย้ายไปมาระหว่างเขตพื้นที่ โดยอุปสรรคพื้นฐานต่อการโอนย้ายสินค้าเศรษฐกิจก็คือระยะห่างระหว่าง 2 สถานที่ซึ่งอาจวัดด้วยเวลาและต้นทุนในการเคลื่อนย้าย ดังนั้นแม้ว่าสถานที่ 2 แห่งอาจมีลักษณะเสริมซึ่งกันและกัน (complementarity) แต่ถ้าหากปัญหาการโอนย้ายมีมาก (เช่นต้นทุนการขนส่งสูง) ก็อาจไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ทั้ง 2 เกิดขึ้นก็ได้

โดยทั่วไปมักจะพบว่าการโอนย้าย (หรือปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่) ระหว่าง 2 สถานที่ จะแปรผันในทิศทางตรงข้ามกับระยะห่างระหว่าง 2 สถานที่นั้น ด้วยเหตุนี้สถานที่ซึ่งอยู่ใกล้กันจะมีแนวโน้มเกิดปฏิสัมพันธ์กันสูงกว่าสถานที่ซึ่งอยู่ไกลกัน

นอกจากเวลาและต้นทุนในการขนส่งจะเป็นอุปสรรคในการโอนย้ายระหว่างพื้นที่แล้ว ยังมีอุปสรรคสำคัญอื่นๆ อีกด้วยเช่น ปัญหาทางการเมือง คุณภาพของเส้นทาง การขนส่ง ระดับความแออัดของการขนส่ง เป็นต้น ซึ่งเป็นเหตุให้ความเชื่อมโยงระหว่างพื้นที่แต่ละแห่งไม่เท่าเทียมกัน

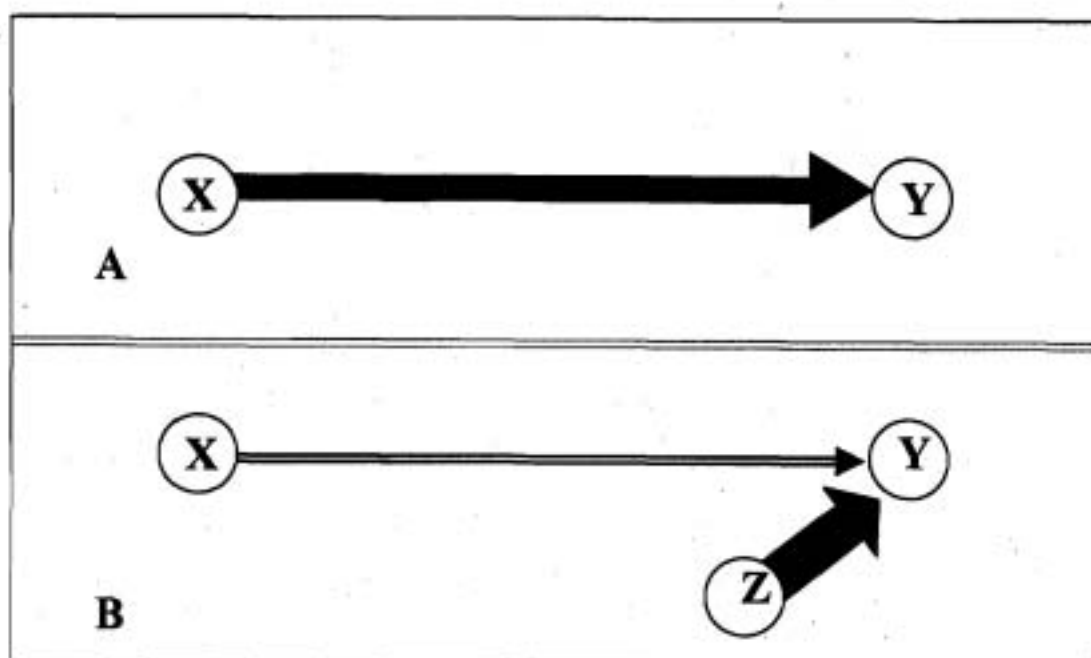
ในกรณีที่ระยะห่างเป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนย้ายนั้น มีการนำไปสรุปเป็นหลักการที่เรียกว่า "distance decay" หรือการที่ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ลดลงเมื่อระยะห่างเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงได้ดังรูป



จากรูป ประสิทธ์พันธ์จะลดลงจนถึงจุดหนึ่งซึ่งไม่มีนัยสำคัญทางเศรษฐกิจอีกต่อไป แม้จะยังคงมีประสิทธ์พันธ์หลงเหลืออยู่บ้างก็ตาม ซึ่งถ้าเราลากเส้นบนแผนที่ให้ครอบคลุมราว 95% ของประสิทธ์พันธ์ก็จะแผนภาพแสดงเขตพื้นที่รอบๆ (umland) เมือง (แหล่งกำเนิดทรัพยากรหรือผลิตภัณฑ์) ซึ่งเป็นเขตเศรษฐกิจที่เมืองนั้นให้บริการอยู่ โดยยิ่งถ้าห่างจากเมืองไปเท่าใด การย้ายโอนทรัพยากรหรือผลิตภัณฑ์กับเมืองก็จะยิ่งลดลง ดังนั้น distance decay จึงเป็นข้อจำกัดสำคัญของกิจกรรมทางเศรษฐกิจ

### (3) การมีโอกาที่จะเข้าแทรกแซง (Intervening opportunity)

เป็นแนวคิดของ Samuel A. Stouffer เพื่อสร้างทฤษฎีการเคลื่อนย้าย (migration) ซึ่งอธิบายว่าระยะทางไม่จำเป็นต้องเป็นตัวกำหนดการเคลื่อนย้าย (หรือปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่) เสมอไป Stouffer เน้นการเคลื่อนย้ายของบุคคลและสร้างทฤษฎีว่าจำนวนบุคคลที่เดินทางติดต่อระหว่างพื้นที่ที่กำหนดจะแปรผันในทิศทางเดียวกันกับโอกาสทางเศรษฐกิจของปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน แต่จะผันแปรในทิศทางตรงข้ามกับโอกาสที่เข้าแทรกแซงของพื้นที่อื่นที่อยู่ระหว่าง 2 พื้นที่นั้น ตัวอย่างเช่นตามรูป A แสดงระดับปฏิสัมพันธ์ต่อสินค้าเศรษฐกิจชนิดหนึ่งระหว่างจุด X (แหล่งกำเนิดสินค้า) และ Y (จุดหมายหรือตลาด) ในกรณีไม่มีโอกาสการแทรกแซง ดังนั้นระดับปฏิสัมพันธ์จึงขึ้นกับ 2 ปัจจัยแรกคือ การเสริมซึ่งกันและกัน และความสามารถในการโอนย้ายระหว่างพื้นที่ ส่วนในรูป B เมื่อมีโอกาสเข้าแทรกแซงเกิดขึ้นที่ Z (ในฐานะเป็นแหล่งกำเนิดสินค้า) กระแสสินค้า (หรือปฏิสัมพันธ์) ระหว่าง X กับ Y จะลดลงเนื่องจาก Z อยู่ใกล้ Y (ตลาด) มากกว่า





## โครงข่ายการขนส่ง (transportation network)

"เส้นทาง" (route) หมายถึงแนวเชื่อมโยงเดี่ยวระหว่าง 2 จุด ในขณะที่ "โครงข่าย" (network) จะประกอบด้วยเส้นทาง 2 สายขึ้นไป โดยปกติแล้วในการสร้างระบบการขนส่งจะเลือกกำหนดเส้นทางเดี่ยวแต่ละเส้นก่อนโดยยังไม่กำหนดการสร้างเป็นโครงข่ายทันทีตั้งแต่แรก ดังจะเห็นได้จากประวัติศาสตร์ของประเทศต่างๆ ซึ่งการพัฒนาเป็นโครงข่ายจะเป็นผลจากการเพิ่มเส้นทางเชื่อมโยงใหม่ๆ เข้าไปในพื้นที่เดิมซึ่งมีเส้นทางอยู่แล้ว

การกำหนดว่าจะสร้างเส้นทางหรือไม่ อย่างไร และที่ใดนั้นโดยทั่วไปกระบวนการตัดสินใจจะเกิดในระดับท้องถิ่น ในขณะที่การวางแผนกำหนดโครงข่ายการขนส่งจะเป็นการตัดสินใจจากส่วนกลาง แต่ก็อาจมีการแทรกแซงตัดสินใจจากท้องถิ่นเฉพาะบางเส้นทางในโครงข่ายนั้นได้เช่นกัน

เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงในกิจกรรมทางเศรษฐกิจเกิดขึ้น เขตที่ขึ้นอยู่กับเส้นทางขนส่งสายใดสายหนึ่งย่อมมีศักยภาพที่จะมีประชากรเพิ่มมากขึ้นได้ โดยส่วนใหญ่มักจะเป็นผลจากการมีสิ่งจูงใจให้แรงงานจากเขตอื่นเคลื่อนย้ายอพยพเข้ามา การอพยพนี้เมื่อร่วมกับการเพิ่มของประชากรจากการเกิดตามปกติก็จะนำไปสู่การพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตให้สูงขึ้นเพื่อผลิตสินค้าและบริการสนองความต้องการของประชากรที่เพิ่มขึ้นนั้น ประสิทธิภาพการผลิตที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดความต้องการการขนส่งเพิ่มมากขึ้นอีก เพราะปริมาณสินค้าเคลื่อนย้ายเข้าและออกจากเขตมีมากขึ้น และประชากรที่เพิ่มขึ้นก็ทำให้เกิดความต้องการเดินทางส่วนบุคคลมากขึ้นด้วย ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการพัฒนาหรือขยายโครงข่ายเชื่อมโยงในเขตใดเขตหนึ่งขึ้น จะนำไปสู่การเพิ่มอุปสงค์ต่อการขนส่งใหม่ๆ ขึ้นอีก อุปสงค์นี้จะชักจูงให้เกิดอุปสงค์ต่อการขนส่งเพิ่มต่อไปอีกเพราะเมื่อเป็นเส้นทางที่ดีก็จะมีผู้ใช้มากจนเกิดความแออัดจึงต้องพัฒนาหรือปรับปรุงเส้นทางต่อไปอีกเรื่อยๆ

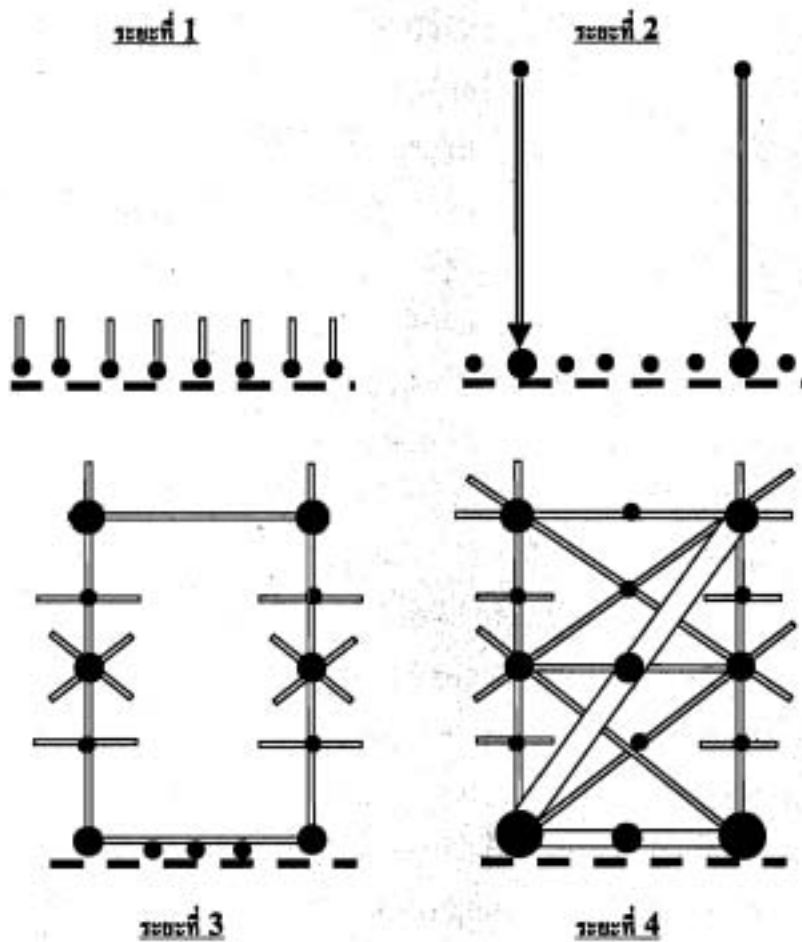
การตัดสินใจว่าเส้นทางเชื่อมโยงใหม่ควรเกิดขึ้นหรือไม่นั้น ขึ้นกับปัจจัย 3 ประเภท ได้แก่ ปัจจัยทางบวก ปัจจัยทางลบ และความไม่แน่นอน โดยปัจจัยบวกต่อการตัดสินใจสร้างเส้นทางใหม่ได้แก่ การเพิ่มขึ้นของปริมาณความต้องการการขนส่ง และการรับรู้ถึงผลดีจากการเชื่อมโยงระหว่างพื้นที่ซึ่งจะต้องมีการวิเคราะห์แล้วว่า เส้นทางใหม่นั้นให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจคุ้มค่าต้นทุนในการก่อสร้าง-ดำเนินการ และผลดีที่เกิดขึ้นมากกว่าผลเสีย ส่วนปัจจัยลบต่อการตัดสินใจสร้างเส้นทางใหม่ได้แก่ ข้อจำกัดทางกายภาพ (เช่นสภาพ

ภูมิประเทศที่เป็นอุปสรรค) ข้อจำกัดทางเศรษฐกิจ(เช่นการต้องใช้งบประมาณสูงมากเกินไป)  
ข้อจำกัดทางการเมือง (เช่นการสร้างทางเข้าไปในเขตที่มีการก่อการร้ายต่อต้านอำนาจรัฐ)  
ข้อจำกัดทางเทคโนโลยี(เช่นใช้เทคโนโลยีระดับสูงซึ่งต้องนำเข้าจากต่างประเทศเท่านั้น)  
ตลอดจนข้อจำกัดสังคมวัฒนธรรม(เช่นการก่อสร้างต้องผ่านเข้าไปในเขตชุมชนที่หนาแน่น  
หรือต้องมีการรื้อถอนโบราณสถานหรือสถานที่สำคัญทางศาสนา) เป็นต้น การจะตัดสินใจ  
สร้างเส้นทางจึงต้องมีการประเมินก่อนว่าปัจจัยบวกมีน้ำหนักมากกว่าปัจจัยลบหรือไม่

อย่างไรก็ตามการตัดสินใจยังขึ้นกับความไม่แน่นอนอีกด้วย ทั้งนี้เพราะทั้งผลดี  
และผลเสียจากการสร้างเส้นทางนั้นได้มาจากการประมาณการทั้งสิ้น ซึ่งไม่แน่นอนว่าผลที่  
เกิดขึ้นจริงจะเป็นไปตามที่คาดหมายมากน้อยเพียงใด และถ้าหากผลเสียสำคัญๆ มีโอกาส  
จะเกิดขึ้นได้มากก็จะทำให้การตัดสินใจมีความเสี่ยงแม้ว่าโอกาสของผลดีจะสูงเช่นกัน ตัวอย่าง  
เช่นความเป็นไปได้ที่ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจะคุ้มค่าการลงทุนสร้างถนนสายหนึ่งนั้นสูง  
ถึง 90% แต่ถ้าหากโอกาสที่จะเกิดความไม่สงบและก่อการร้ายในเขตนั้นสูงราว 50% การ  
จะตัดสินใจสร้างก็อาจเสี่ยงมากเกินไปแล้ว เนื่องจากความไม่แน่นอนนี้เองทำให้ไม่อาจ  
กำหนดให้แน่ชัดได้ว่าผลที่เกิดขึ้นในอนาคตจะเป็นอย่างไร ดังนั้นการตัดสินใจจึงขึ้นอยู่กับ  
"ความเห็น" ของคณะผู้ตัดสินใจเป็นสำคัญ

#### **แบบจำลองโครงข่ายของ Taaffe (Taaffe's Network Model)**

เพื่อที่จะแสดงให้เห็นถึงรูปแบบของโครงข่ายการขนส่งที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตาม  
กาลเวลา หรือเปลี่ยนไปตามระดับการพัฒนาเศรษฐกิจ ในที่นี้จะใช้แบบจำลองของ Taaffe  
มาประกอบการอธิบาย ซึ่งแม้ว่าแบบจำลองจะสร้างขึ้นจากการศึกษาการพัฒนาโครงข่าย  
การขนส่งในแอฟริกาตะวันตก แต่ก็สามารถประยุกต์ใช้กับเขตอื่นๆ ได้ด้วยแม้ว่ารายละเอียด  
จะแตกต่างกันออกไป อย่างไรก็ตามเขตที่จะนำแบบจำลองนี้ไปประยุกต์ใช้ได้ดีต้องมีลักษณะ  
ที่การพัฒนาเริ่มต้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลก่อนแล้วค่อยๆ ขยายลึกเข้าไปภายใน โดยที่สิ่ง  
จูงใจต่อการพัฒนานั้นเป็นปัจจัยภายนอก



ระยะที่ 1 เป็นระยะของ "ท่าเรือท้องถิ่น" (local ports) ซึ่งแต่ละท่าเรือนั้นนอกจากจะไม่สามารถติดต่อกันเองทางบกได้แล้ว ยังขนส่งติดต่อกับพื้นที่ซึ่งอยู่ลึกเข้าไปจากชายฝั่งได้จำกัดด้วย พื้นที่ส่วนนี้ซึ่งได้ประโยชน์จากการขนส่งสินค้า (ทั้งส่งออกและนำเข้า) ที่ท่าเรือจะเรียกว่าเป็น เขตพื้นที่ตอนในของท่าเรือ (port hinterland) ในระยะที่ 1 นี้การขนส่งสินค้าผ่านท่าเรือแต่ละแห่งจะมีน้อยเนื่องจากขาดเส้นทางทางการขนส่ง การติดต่อกันระหว่างท่าเรือต่างๆ จะมีอยู่บ้างโดยผ่านทางทะเลแต่การติดต่อกันนี้จะจำกัดเฉพาะการค้าในท้องถิ่นเท่านั้น

การตั้งถิ่นฐานในแต่ละเมืองท่าจะมีขนาดใกล้เคียงกันเนื่องจากแต่ละแห่งมีความเชื่อมโยงกับพื้นที่ลึกเข้าไปจากชายฝั่งน้อยมาก กิจกรรมเศรษฐกิจสำคัญโดยทั่วไปจะเป็นการทำเกษตรและลักษณะเศรษฐกิจพื้นฐานจะเป็นเศรษฐกิจที่มีการพึ่งตนเอง (self-sufficient) ในระดับสูง

ระยะที่ 2 จะเกิดขึ้นเมื่อมีการพัฒนาแนวเส้นทางขนส่งหรือ penetration line เจาะลึกเข้าไปในเขตตอนในร่วมไปกับการพัฒนาเส้นทางขนส่งทางบกเชื่อมโยงระหว่างเมืองท่า โดยเส้นทางที่เจาะลึกเข้าไปในพื้นที่ตอนในนั้นจะมีจุดมุ่งหมายเพื่อนำทรัพยากรธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ เช่นนำผลผลิตจากเหมืองแร่มาส่งออก การเกิดเส้นทางเหล่านี้จะทำให้มีการขยายการตั้งถิ่นฐานออกไปตามแนวเส้นทางขนส่ง และในถิ่นฐานที่ตั้งขึ้นนี้จะเกิดชุมชนเล็กๆ ทำหน้าที่เป็นศูนย์รวบรวมและกระจายสินค้าให้เขตรอบๆ (umland) ขนาดเล็กๆ

ส่วนเส้นทางขนส่งทางบกเชื่อมระหว่างเมืองท่าที่พัฒนาขึ้น จะทำให้เขตพื้นที่ตอนในของท่าเรือ (port hinterland) ขยายขึ้นด้วยเนื่องจากเมืองท่าจะมีผลผลิตเสนอขายมากขึ้นจากผลการขยายตัวของขนส่ง และเมืองท่าต่างๆ ส่วนใหญ่จะยุติบทบาทการเป็นเมืองท่าเฉพาะท้องถิ่นลง นอกจากนั้นเมืองท่าที่อยู่ในทำเลที่ได้เปรียบด้านการขนส่งมากกว่าเมืองท่าอื่นก็จะมีคามน่าดึงดูดใจมากกว่า เมื่อมีการแข่งขันกันเกิดขึ้นก็จะทำให้เมืองท่าที่เสียเปรียบไม่อาจแข่งขันได้ต่อไปในทางเศรษฐกิจ

ระยะที่ 3 เป็นระยะของ "การเชื่อมโยงโครงข่าย" (network interconnection) โดยเขตพื้นที่ตอนในซึ่งแต่เดิมแยกจากกันจะค่อยๆ มีความสัมพันธ์กันมากขึ้น สินค้าที่ส่งไปแต่ละเมืองท่าจะสามารถเลือกได้ว่าควรขนส่งไปยังเขตพื้นที่ตอนในของเขตเมืองท่าใดจึงจะเหมาะสมที่สุด (ไม่จำกัดเฉพาะบางเมืองท่าเหมือนแต่ก่อน)

ในระยะนี้เขตศูนย์กลางของพื้นที่ตอนในจะพัฒนาอย่างรวดเร็วร่วมไปกับการเติบโตอย่างต่อเนื่องของเมืองท่าใหญ่ (เมืองท่าซึ่งมีความได้เปรียบ) และเส้นทางขนส่งจากศูนย์เหล่านี้เพื่อให้บริการแก่พื้นที่รอบๆ ก็จะขยายออกไป

ศูนย์ที่เป็นปลายทางของเส้นแนวขนส่งจากเมืองท่าใหญ่เจาะลึกเข้าไปยังพื้นที่ตอนในนั้นจะขยายตัวออกไปอย่างรวดเร็วเนื่องจากตั้งอยู่ ณ จุดยุทธศาสตร์บนโครงข่ายการขนส่งที่กำลังพัฒนาอย่างรวดเร็ว ในระยะนี้เมืองที่เติบโตได้เร็วมักจะตั้งอยู่ค่อนข้างห่างจากกันเพื่อจะได้ไม่ต้องแข่งขันกันในการให้บริการเขตพื้นที่โดยรอบ

ระยะที่ 4 เป็นระยะที่เกิดความเชื่อมโยงระดับสูงระหว่างเมืองท่าใหญ่ (เมืองท่าซึ่งมีความได้เปรียบเหนือเมืองท่าอื่น) และระหว่างเมืองท่าหนึ่งกับเมืองในเขตพื้นที่ตอนในของเมืองท่าอื่น โดยเมืองตอนในที่ใหญ่ที่สุดจะได้เส้นทางขนส่งที่ดีที่สุดและเป็นทั้งจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางของการขนส่งที่มีปริมาณมากที่สุดด้วย

เขตพื้นที่ตอนในของแต่ละเมืองท่าและเขตรอบๆ ของพื้นที่ดังกล่าวจะขยายออกมาจนเหลื่อมซ้อนกันมากขึ้น (ไม่อาจแยกจากกันได้ชัดเจน) โครงข่ายการขนส่งที่เกิดขึ้นก็จะเชื่อมโยงกันซับซ้อนและหนาแน่นมากยิ่งขึ้นด้วย ซึ่งดูได้จากความหนาแน่นของเส้นทาง (route density) ซึ่งได้แก่ความยาวของเส้นทางต่อหน่วยพื้นที่ และความหนาแน่นของการจราจร (traffic density) ซึ่งได้แก่ปริมาณการใช้บริการขนส่งต่อหน่วยพื้นที่

### การกำหนดเส้นทาง

เนื่องจากการตัดสินใจเลือกเส้นทางสายใดสายหนึ่งจะเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาเป็นโครงข่ายการขนส่งต่อไป ดังนั้นการวิเคราะห์หลักการในการตัดสินใจดังกล่าวจึงเป็นประเด็นสำคัญที่จะนำไปสู่ความเข้าใจระหว่างโครงข่ายการขนส่งกับกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่แตกต่างกันไปตามสภาพภูมิศาสตร์

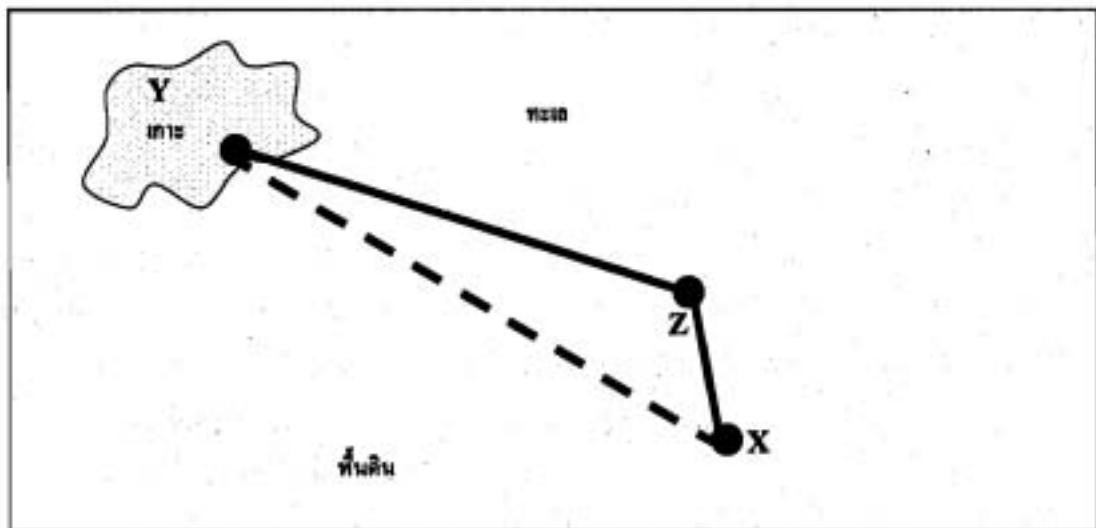
เพื่อเข้าใจหลักการเบื้องต้นของการตัดสินใจ ในที่นี้จะวิเคราะห์โดยใช้กรณีพื้นฐานที่สุดซึ่งสมมุติว่ามีเมือง 2 เมืองคือ X และ Y และจะต้องตัดสินใจกำหนดแนวเส้นทางขนส่งเพียงเส้นทางเดียวระหว่าง 2 เมืองนี้ ซึ่งหลักการในการตัดสินใจโดยทั่วไปได้แก่

ก) หลักการระยะทางสั้นที่สุด (minimization principle) เป็นหลักการที่พิจารณาเลือกระยะที่สั้นที่สุดระหว่างเมืองทั้ง 2 ซึ่งการกำหนดเส้นทางในลักษณะนี้นอกจากจะทำให้ต้นทุนการก่อสร้างต่ำที่สุดแล้ว ยังจะทำให้ระยะเวลาการเดินทางระหว่าง 2 เมืองน้อยที่สุด ซึ่งจะทำให้ต้นทุนการขนส่งต่ำที่สุดด้วย

อย่างไรก็ตาม ไม่จำเป็นที่ระยะทางที่ตรงหรือสั้นที่สุดระหว่าง 2 เมืองจะเป็นเส้นทางที่ต้นทุนการก่อสร้างต่ำที่สุดเสมอไป เนื่องจากเส้นทางดังกล่าวอาจต้องผ่านสิ่งกีดขวางที่ทำให้ต้นทุนการก่อสร้างสูงมากเช่น ทะเลสาบ ภูเขา เขตเมืองที่มีประชากรหนาแน่น เขตพื้นที่ที่มีการก่อการร้าย ฯลฯ การเลี่ยงแนวเส้นทางดังกล่าวแม้จะทำให้ระยะทางยาวขึ้น แต่ก็อาจลดต้นทุนการก่อสร้างลงได้มาก

ข) หลักการเบี่ยงเบนเส้นทาง (route refraction) เพื่อให้ต้นทุนการขนส่งหรือต้นทุนการก่อสร้างต่ำที่สุด เนื่องจากการสร้างเส้นทางที่สั้นที่สุดไม่จำเป็นว่าต้นทุนการก่อสร้างจะต่ำที่สุดเสมอไปดังกล่าวมาแล้ว และในบางกรณีอัตราค่าขนส่งที่แตกต่างกันในแต่ละเขตที่เส้นทางผ่านเข้าไปก็อาจทำให้เส้นทางที่สั้นที่สุดไม่ได้เป็นเส้นทางที่อัตราค่าขนส่งต่ำที่สุดด้วย ดังนั้นการกำหนดแนวเส้นทางในกรณีดังกล่าวนี้จึงจำเป็นต้องเบี่ยงเบนออกไปจากแนวทางที่ระยะสั้นที่สุด

- กรณีที่อัตราค่าขนส่งแตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น การจะกำหนดเส้นทางระหว่าง X ซึ่งอยู่บนแผ่นดินใหญ่ กับ Y ซึ่งอยู่ที่ชายฝั่งของเกาะตั้งรูป โดยระหว่าง 2 จุดนี้มีทะเลขวางอยู่ อัตราค่าขนส่งระหว่างจุด Y และ Z (เป็นช่วงที่ขนส่งทางทะเล) จะต่ำกว่าจาก Z ไป X (เป็นช่วงที่ขนส่งทางบก) ดังนั้นถ้าต้องการให้ต้นทุนค่าขนส่งต่ำสุดก็ควรที่จะขนส่งทางทะเลให้มากที่สุดและขนส่งทางบกให้น้อยที่สุด เส้นทางระหว่าง X กับ Y จึงควรเป็นเส้นทางที่เบี่ยงเบนออกไปในลักษณะที่มีการขนส่งทางทะเลให้มากที่สุด(ไม่ใช่เส้นตรงจาก X ไป Y)



- กรณีที่ต้นทุนการก่อสร้างแตกต่างกัน ตัวอย่างเช่นการสร้างถนนที่ถ้าหากใช้แนวทางตรงจะต้องผ่านแม่น้ำและสร้างสะพานซึ่งต้นทุนการก่อสร้างจะสูงขึ้นมา ดังนั้นจึงเป็นไปได้ที่จะสร้างด้วยต้นทุนถูกลงโดยเบี่ยงเบนแนวเส้นทางเพื่อสร้างสะพานตรงส่วนที่แคบที่สุดของแม่น้ำเพื่อให้ต้นทุนการก่อสร้างลดลง

ค) การสร้างทางเพื่อจุดมุ่งหมายให้มีบริการใช้บริการได้มากที่สุด (traffic serving function) การเบี่ยงเบนเส้นทางออกไปอาจทำให้เข้าไปในเขตที่คาดว่าจะมีผู้ใช้บริการหนาแน่นเพิ่มขึ้นมากซึ่งจะทำให้ประโยชน์จากการสร้างทางนั้นคุ้มค่าเพิ่มขึ้นมาก เนื่องจากถ้าการสร้างเป็นเส้นทางตรงผ่านเข้าไปยังเขตที่มีผู้ใช้เบาบาง การสร้างก็จะไม่เกิดประโยชน์มากนัก แต่ถ้าเบี่ยงแนวเส้นทางออกไปสู่เขตที่จะมีผู้ใช้หนาแน่นได้ก็จะทำให้การสร้างทางก่อให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่า อย่างไรก็ตามการตัดสินใจจะเบี่ยงเบนเส้นทางหรือไม่

อย่างไรนั้นก็ต้องพิจารณาประกอบด้วยว่าทำให้ต้นทุนการขนส่งที่เพิ่มขึ้นจากการที่เส้นทางยาวขึ้นนั้น คำนวณกับการมีผู้ใช้บริการเพิ่มขึ้นเพียงใด ตัวอย่างเช่นถ้าการสร้างเส้นทางขนส่งจากเมือง X ไป Y เป็นไปได้ 2 ทางเลือก คือทางหนึ่งเป็นทางตรงสามารถขนส่งได้เร็วที่สุด แต่ให้บริการผู้ที่อยู่ 2 ฟากถนนได้น้อย กับอีกเส้นทางที่ย้อมกว่าแต่ผ่านเข้าไปเขตที่ชุมชนหนาแน่น มีผู้ใช้บริการสูง แต่จะเดินทางได้ช้า การตัดสินใจสร้างทางจึงต้องพิจารณาความคุ้มค่าประกอบกับความสามารถในการให้บริการของเส้นทางด้วย

ในทางปฏิบัตินั้นการกำหนดแนวเส้นทางส่วนใหญ่จะตัดสินใจด้วยการวิเคราะห์ต้นทุน-ผลตอบแทน (cost-benefit analysis) ว่าผลตอบแทน(ซึ่งรวมถึงผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ-สังคม-สิ่งแวดล้อม) คุ้มค่าต้นทุน (ซึ่งรวมถึงต้นทุนทางเศรษฐกิจ-สังคม-สิ่งแวดล้อมเช่นกัน) หรือไม่ และถ้าหากมีหลายแนวเส้นทางให้เลือกเพื่อกำหนดเส้นทางจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่ง ก็จะต้องเลือกแนวทางที่คุ้มค่าและให้อัตราผลตอบแทนสูงสุดระหว่างทางเลือกต่างๆ อย่างไรก็ตาม ปัญหาก็คือการวัดผลตอบแทนและต้นทุนโดยเฉพาะผลตอบแทนและต้นทุนทางสังคมและสิ่งแวดล้อมนั้นยากที่จะวัดให้เที่ยงตรงได้ นอกจากนี้การตัดสินใจในบางครั้งก็เป็นไปด้วยอิทธิพลแทรกแซงเช่นอิทธิพลทางการเมืองทำให้ไม่เป็นไปตามเหตุผลอย่างแท้จริง เช่น ในสหรัฐฯ ยุคที่เริ่มมีการสร้างทางรถไฟใหม่ๆ นั้น มีหลายเมืองได้ตัดสินใจบนเพื่อให้เส้นทางรถไฟผ่านเพื่อสร้างความเจริญแก่เมืองนั้น และในหลายกรณีการกำหนดแนวทางการสร้างถนนก็ทำด้วยเหตุผลทางการเมืองและการทหารเป็นสำคัญ

### **ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะพื้นฐานของโครงข่ายการขนส่งกับกิจกรรมทางเศรษฐกิจ**

ลักษณะหรือโครงสร้างของโครงข่ายการขนส่งมีความสำคัญต่อการกำหนดที่ตั้งของกิจกรรมทางเศรษฐกิจในแต่ละเขตพื้นที่ การศึกษาถึงลักษณะโครงสร้างดังกล่าวจึงมีความสำคัญต่อการศึกษากฎนิศาสตร์เศรษฐกิจ ซึ่งโครงสร้างของโครงข่ายการขนส่งอาจพิจารณาได้จาก 3 ลักษณะคือ

- ความสามารถในการเข้าถึง (accessibility)
- ความสามารถในการเชื่อมโยง (connectivity)
- ความวทวน (circuitry)

ก) ความสามารถในการเข้าถึง (accessibility)

ความสามารถในการเข้าถึง หมายถึงความสะดวกในการเคลื่อนย้ายระหว่างจุด (node) ต่างๆ ในโครงข่ายการขนส่ง แต่ละโครงข่ายจะมีความสามารถในการเข้าถึงแตกต่างกันโดยที่ความสามารถดังกล่าวจะมีมากหรือน้อยขึ้นกับอุปสรรคสำคัญคือ ระยะห่างระหว่างจุดต่างๆ บนโครงข่ายเหล่านั้น ดังนั้นเพื่อวิเคราะห์ความสามารถในการเข้าถึงของโครงข่ายในที่นี่จะใช้ระยะทางระหว่างจุดเป็นหลัก โดยจะพิจารณาจากตารางสมมุติของโครงข่ายถนนและโครงข่ายทางรถไฟต่อไปนี้

โครงข่ายทางหลวง

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	-	31	24	34	51	66	58	57	36	
2	31	-	16	26	24	49	51	59	38	
3	24	16	-	10	27	42	35	43	22	
4	34	26	10	-	17	32	25	33	12	
5	51	24	27	17	-	25	42	50	29	
6	66	49	42	32	25	-	57	65	44	
7	58	51	35	25	42	57	-	58	37	
8	57	59	43	33	50	65	58	-	21	
9	36	38	22	12	29	44	37	21	-	
รวม	357	294	219	189	265	380	363	386	239	2,692
Accessibility Index	39.7	32.7	24.3	21.0	29.4	42.2	40.3	42.9	26.6	33.2



โครงข่ายทางรถไฟ

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	-	43	26	35	43	66	55	67	50	
2	43	-	17	26	34	57	46	58	41	
3	26	17	-	9	17	40	29	41	24	
4	35	26	9	-	26	40	20	32	15	
5	43	34	17	26	-	23	43	55	41	
6	66	57	40	40	23	-	20	35	55	
7	55	46	29	20	43	20	-	12	35	
8	67	58	41	32	55	35	12	-	50	
9	50	41	24	15	41	55	35	50	-	
รวม	385	322	203	203	282	336	260	350	311	2,652
Accessibility Index	42.8	35.8	22.6	22.6	31.3	37.3	28.9	38.9	34.6	32.7

จากตารางข้างต้น ทั้งโครงข่ายทางหลวงและทางรถไฟมีจุดผ่าน (node) โครงข่ายละ 9 จุด ค่าตัวเลขในแต่ละช่อง (cell) ของตารางคือระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างจุดที่สอดคล้องกันตามแนวตั้งและแนวนอน เช่นในโครงข่ายทางหลวงระยะทางสั้นที่สุดระหว่างจุดที่ 1 กับจุดที่ 2 คือ 31 ไมล์ ในขณะที่ระยะทางสั้นที่สุดระหว่างจุดที่ 1 และ 2 บนโครงข่ายทางรถไฟคือ 43 ไมล์

เนื่องจากผลรวมตามแนวตั้งและแนวนอนของแต่ละจุดจะเท่ากัน ในที่นี้จึงจะหาเฉพาะผลรวมตามแนวตั้งของแต่ละจุด แล้วนำผลรวมนี้หารด้วยจำนวนจุดผ่าน (node) จะได้เป็นดัชนีความสามารถในการเข้าถึง (accessibility index) ของแต่ละจุดนั้น และถ้านำดัชนีของแต่ละจุดตั้งกล่าวรวมกันแล้วหารด้วยจำนวนจุดผ่านจะได้เป็นดัชนีความสามารถในการเข้าถึงของโครงข่าย

จากตารางโครงข่ายทางหลวงพบว่าจุดที่มีความสามารถในการเข้าถึงมากที่สุดคือจุดที่ 3 และ 4 ซึ่งค่าดัชนีต่ำที่สุด (24.3 และ 21.0 ตามลำดับ) และถ้าพิจารณาจากตารางโครงข่ายทางรถไฟก็จะได้ผลเช่นเดียวกันเนื่องจากค่าดัชนีการเข้าถึงของจุด 3 และ 4 มีค่าต่ำสุด

ในกรณีการเปรียบเทียบระหว่างโครงข่ายพบว่าดัชนีการเข้าถึงของโครงข่ายทางหลวง = 33.2 ในขณะที่ดัชนีการเข้าถึงของโครงข่ายทางรถไฟ = 32.7 แสดงว่าโครงข่ายทางรถไฟจะมีความสามารถเข้าถึงได้ดีกว่าโครงข่ายทางหลวงเล็กน้อย

ข) ความสามารถในการเชื่อมโยง (connectivity)

ความสามารถในการเชื่อมโยง หมายถึงการที่แต่ละจุด (node) บนโครงข่ายเชื่อมโยงกับจุดอื่นได้ดีเพียงใด วิธีง่ายที่สุดในการวัดความสามารถในการเชื่อมโยงของแต่ละจุดนี้ก็คือการนับจำนวนการเชื่อมโยงโดยตรงระหว่างจุดดังกล่าวกับจุดอื่นๆ ทั้งหมด แล้วนำจำนวนมาเปรียบเทียบกันระหว่างจุดต่างๆ หรือถ้าหากต้องการเปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงของโครงข่ายก็นำความสามารถในการเชื่อมโยงของทุกจุดบนโครงข่ายมารวมกันแล้วหารเฉลี่ย

วิธีที่ยากขึ้นอีกเล็กน้อยในการวัดความสามารถในการเชื่อมโยงก็คือคำนวณโดยใช้หลักการต่อไปนี้

กำหนดให้  $N$  = จำนวนจุด (node) ในโครงข่าย

จำนวนการเชื่อมโยงโดยตรงสูงสุดที่เป็นไปได้ของโครงข่ายจะ =  $N(N-1)/2$

จำนวนการเชื่อมโยงโดยตรงต่ำสุดที่เป็นไปได้ของโครงข่ายจะ =  $N-1$

ให้  $L$  = จำนวนเชื่อมโยงจริง

$$\text{อัตราเชื่อมโยงของโครงข่าย} = 1 - \frac{\frac{N(N-1)/2}{L}}{\frac{N(N-1)/2}{N-1}}$$

ตัวอย่างเช่น สมมุติว่าโครงข่ายทางหลวงและทางรถไฟต่างมีจุดผ่าน (node) เท่ากัน = 9 จุด และจำนวนเชื่อมโยงจริงของโครงข่ายทางหลวง = 11 ในขณะที่จำนวนเชื่อมโยงจริงของโครงข่ายทางรถไฟ = 9

ในกรณีนี้ ค่า  $N$  ของทั้ง 2 โครงข่าย = 9

$L$  ของโครงข่ายทางหลวง = 11

$L$  ของโครงข่ายทางรถไฟ = 9

$$\text{ดังนั้น อัตราเชื่อมโยงของโครงข่ายทางหลวง} = 1 - \frac{\frac{9(9-1)/2}{11}}{\frac{9(9-1)/2}{9-1}} = \frac{3.27}{4.5} = 0.273$$

คิดเป็นร้อยละ ได้ = 27.3%

$$\text{อัตราเชื่อมโยงของโครงข่ายทางรถไฟ} = 1 - \frac{\frac{9(9-1)/2}{9}}{\frac{9(9-1)/2}{9-1}} = \frac{4}{4.5} = 0.11$$

คิดเป็นร้อยละ ได้ = 11.0%

สรุปได้ว่าโครงข่ายทางหลวงมีอัตราการเชื่อมโยงสูงกว่าโครงข่ายทางรถไฟ ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบกันแล้วระดับกิจกรรมทางเศรษฐกิจในโครงข่ายทางหลวงน่าจะสูงกว่าในโครงข่ายทางรถไฟ อย่างไรก็ตามจุดอ่อนของวิธีนี้ก็คือการที่วัดเฉพาะการเชื่อมโยงโดยตรงเท่านั้นทำให้ไม่ได้นำเอาการเชื่อมโยงโดยอ้อม (ซึ่งอาจมีอีกมาก) มาพิจารณาด้วย

#### ค) ความมววน (circuitry)

ความมววน หมายถึงการที่เส้นทางจริงไม่เป็นแนวตรงทำให้มีระยะทางยาวกว่าเส้นทางที่ตรงที่สุด ดังนั้นระดับความมววนจะวัดจากส่วนต่างระหว่างระยะห่างที่พึงปรารถนา (ระยะทางระหว่างจุดวัดเป็นแนวตรง) กับระยะห่างบนเส้นทางจริง ดัชนีความมววนของแต่ละจุดบนโครงข่ายจะคิดจากผลรวมความมววนทั้งหมดจากการขนส่งจากจุดนั้นไปยังจุดอื่นๆ ทั้งหมดในโครงข่าย และถ้าจะหาดัชนีความมววนของโครงข่ายก็ทำได้โดยนำดัชนีความมววนของทุกจุดบนโครงข่ายมาหาค่าเฉลี่ย

โดยทั่วไปแล้วแต่ละโครงข่ายจะต้องมีระดับความมววนอยู่ไม่มากก็น้อยเนื่องจากเป็นไปไม่ได้ที่จะเชื่อมต่อแต่ละจุดเป็นแนวตรงทั้งหมด การมีความมววนในโครงข่ายจะเป็นอุปสรรคในการขนส่งเพราะทำให้เสียเวลาและต้นทุนในการขนส่งมากขึ้น และถ้าปัจจัยอื่นไม่เปลี่ยนแปลง ยิ่งโครงข่ายที่มีความมววนสูง กิจกรรมทางเศรษฐกิจในโครงข่ายนั้นจะยิ่งลดลง

#### กระแสการเคลื่อนย้าย (คน,สินค้า) บนโครงข่ายการขนส่ง

เนื่องจากสาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายหรือปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ก็คือการที่เขตหนึ่งมีอุปทานส่วนเกินของสินค้าหนึ่งในขณะที่เขตอื่นๆ มีอุปสงค์ต่อสินค้านั้น ด้วยเหตุนี้จึงอาจกล่าวได้ว่าจำนวนประชากร (ซึ่งเป็นตัวกำหนดอุปสงค์) เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อกระแสการเคลื่อนย้ายบนโครงข่ายการขนส่ง

แนวคิดการนำจำนวนประชากรมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับกระแสการเคลื่อนย้ายบนโครงข่ายการขนส่งที่สำคัญปรากฏอยู่ในแบบจำลองแรงโน้มถ่วง (gravity model) ซึ่งประยุกต์มาจากทฤษฎีแรงโน้มถ่วงของโลก

แบบจำลองดังกล่าวมีรูปแบบทั่วไปกำหนดได้ดังนี้

$$I_{ij} = k \frac{P_i P_j}{D_{ij}^b}$$

โดยที่  $I_{ij}$  = กระแสการเคลื่อนย้ายระหว่างจุด  $i$  กับจุด  $j$

ขนาดของประชากรที่จุด  $i$

$P_i$  = ขนาดของประชากรที่จุด  $j$

$P_j$  = ระยะห่างระหว่างจุด  $i$  กับจุด  $j$

$k$  = ค่าคงที่ใดๆ

$b$  = ค่า parameter ที่ต้องกำหนดขึ้นเพื่อแสดงว่าระยะห่างมีผลให้กระแสการเคลื่อนย้ายลดลงเพียงใด

แบบจำลองนี้แสดงว่ายิ่งจำนวนประชากรที่แต่ละจุดมากขึ้น กระแสการเคลื่อนย้ายทั้งสินค้าและคนก็จะมีมากขึ้นด้วย แต่ระยะห่างระหว่างจุดจะเป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนย้ายคือยิ่งห่างมาก กระแสการเคลื่อนย้ายจะยิ่งลดลง

### ผลของการขนส่งต่อกิจกรรมทางเศรษฐกิจ

การขนส่งมีผลต่อกิจกรรมทางเศรษฐกิจแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ โดยจะมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่างๆ เช่น รูปแบบการค้าปลีก ที่ตั้งอุตสาหกรรม รูปแบบการใช้ที่ดินเพื่ออยู่อาศัยและทำการเกษตร มูลค่าที่ดิน ฯลฯ

ผลการเปลี่ยนแปลงนี้มีทั้งในทางบวกและทางลบ โดยที่ผลทางบวกในบางเขตอาจเป็นผลทางลบในเขตอื่น และในทางกลับกันผลทางลบในบางเขตก็อาจเป็นผลทางบวกในบางเขตได้เช่นกัน โดยผลทางบวกประการหนึ่งที่น่าจะเห็นได้ชัดก็คือการที่มูลค่าที่ดินสูงขึ้นเมื่อมีเส้นทางขนส่งผ่าน โดยมูลค่าที่ดินจะลดลงไปตามลำดับเมื่ออยู่ไกลเส้นทางขนส่งออกไปมูลค่าที่สูงขึ้นนี้ทำให้ที่ดินที่อยู่ใกล้เส้นทางขนส่งจะถูกใช้เพื่อการค้าและอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่ ในขณะที่ที่ดินใช้เพื่อเป็นที่อยู่อาศัยจะอยู่ห่างออกไป ส่วนในด้านของผลทางลบของการขนส่งนั้นก็คือการที่ร้านค้าเล็กๆ ในท้องถิ่นจะต้องล้มเลิกไปเพราะไม่อาจแข่งขันสู้กับเครือข่ายร้านค้าปลีกใหญ่ๆ ได้ เป็นต้น

#### แบบฝึกหัดบทที่ 4

1. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ (spatial interaction) คืออะไร ตามหลักการเรื่องนี้การขนส่งมีความสัมพันธ์และบทบาทอย่างไร

2. จากตาราง Interaction Matrix ต่อไปนี้ จงอธิบายและเขียนแผนภาพประกอบว่าจุด (node) ใดมีความเชื่อมโยงโดยตรงกับจุดอื่นมากที่สุด

	A	B	C	D	E	F
A	1	1	1	0	0	0
B	1	1	1	1	0	1
C	1	1	1	1	1	0
D	0	1	1	1	0	1
E	0	0	1	0	1	1
F	0	1	0	1	1	1

3. Flow Matrix ของการขนย้ายข่าวสาร (หน่วยเป็นพันต้น) ต่อไปนี้หมายความว่าอย่างไร จงอธิบาย

	A	B	C	D	E	F
A		9	5	1	1	1
B			15	6	4	7
C				10	1	1
D					1	8
E						16
F						

4. จงอธิบายถึงสาเหตุของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ตามแนวคิดของ Edward L. Ullman ในเรื่องต่อไปนี้

- (ก) การเสริมซึ่งกันและกัน (complementarity)
- (ข) ความสะดวกในการโอนย้าย (Transferability)
- (ค) การมีโอกาสเข้าแทรกแซง (Intervening opportunity)

5. จงอธิบายถึงปัจจัยกำหนดในการตัดสินใจเรื่องต่อไปนี้
  - (ก) การสร้างเส้นทางใหม่
  - (ข) การสร้างเส้นทางเชื่อมโยงใหม่
6. จงอธิบายแบบจำลองโครงข่ายของ Taffe ทั้ง 4 ระยะมาโดยสังเขป
7. การตัดสินใจกำหนดแนวเส้นทางขนส่งเพียงเส้นทางเดียวระหว่างเมือง 2 เมืองมีหลักการตัดสินใจทั่วไปอยู่ 3 หลักการอย่างไรบ้าง จงอธิบาย
8. จากแนวคิดเรื่องความสามารถในการเข้าถึง (accessibility) ให้คำนวณดัชนีความสามารถในการเข้าถึงของแต่ละจุดและของทั้งโครงข่ายจากข้อมูลในตารางต่อไปนี้ และบอกด้วยว่าจุดใดมีความสามารถในการเข้าถึงมากที่สุด

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-	42	26	35	43	66	55	66	50
2	42	-	17	26	34	55	46	58	41
3	26	17	-	9	17	40	29	41	24
4	35	26	9	-	26	40	20	32	15
5	43	34	17	26	-	23	43	55	41
6	66	55	40	40	23	-	20	35	55
7	55	46	29	20	43	20	-	12	35
8	66	58	41	32	55	35	12	-	50
9	50	41	24	15	41	55	35	50	-
รวม									
Accessibility Index									

9. ความสามารถในการเชื่อมโยง (connectivity) คืออะไร ถ้าสมมติว่าโครงข่ายถนนแห่งหนึ่งมีจุดผ่าน (N) 10 จุด และจำนวนเชื่อมโยงจริง (L) = 12 ให้คำนวณหาอัตราเชื่อมโยงของโครงข่ายจากสูตร

$$\text{อัตราเชื่อมโยงของโครงข่าย} = 1 - \frac{\frac{N(N-1)/2}{L}}{\frac{N(N-1)/2}{N-1}}$$