บทที่ 3

แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางแบบ Disaggregate

3.1 บทนำ

ตามปกติผลลัพธ์สุดท้ายของการประมาณการที่เราสนใจ คือ พฤติกรรมของส่วนรวมอันประกอบด้วยบุคคลจำนวนมากหรือองค์การหลายแห่ง ผลลัพธ์นี้จะแสดงออกมาในรูปของปริมาณรวมทั้งหมด ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจน คือ งานทางด้านธุรกิจที่ต้องการทราบความต้องการของตลาดโดยส่วนรวมสำหรับสินค้าหรือบริการอย่างหนึ่งอย่างใด ในงานวางแผนคมนาคมขนส่งก็เช่นเดียวกัน นักวางแผนก็ต้องการทราบปริมาณความต้องการรวมจากผู้เดินทางในพื้นที่ศึกษาหนึ่ง อย่างไรก็ตาม พฤติกรรมของส่วนรวมนี้เป็นผลมาจากการตัดสินใจของแต่ละบุคคลมารวมกันนั่นเอง ดังนั้น การจำลองพฤติกรรมรายย่อยจึงเป็นหัวใจสำคัญของการประมาณการพฤติกรรมส่วนรวมได้อย่างถูกต้องอีกวิธีหนึ่ง

การจำลองพฤติกรรมรายย่อยเริ่มใช้ครั้งแรกกับงานด้านจิตวิทยาซึ่งต้องการอธิบายพฤติกรรมของกลุ่มบุคคลจำนวนไม่มาก ต่อมามีการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อใช้ประมาณการปริมาณความต้องการของผู้บริโภค เพื่องานวางแผนด้านการตลาด สำหรับงานทางด้านการวางแผนคมนาคมขนส่ง เริ่มใช้เมื่อประมาณเกือบ 20 ปีที่ผ่านมา ภายหลังที่พบว่าการประมาณการปริมาณความต้องการด้วยข้อมูลในระดับพื้นที่ (Zonal Data) นั้น ยังไม่สามารถใช้อธิบายพฤติกรรมการเดินทางได้อย่างถูกต้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากกลุ่มประชากรขาดความเป็นเอกพันธ์ ตัวแปรอิสระต่าง ๆ ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง จะให้ค่าพารามิเตอร์ที่คลาดเคลื่อน

จุดประสงค์ของบทที่ 3 นี้ต้องการอธิบายถึงที่มา, แนวความคิดของการพัฒนาตลอดจนทฤษฎีและวิธีการต่าง ๆ ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองประเภท Disaggregate

3.2 กรอบการทำงานของทฤษฎีการเลือก (A Framework for Choice Theories)

การเลือกเดินทางโดยรูปแบบการเดินทางแบบใดแบบหนึ่ง เป็นผลมาจากขบวนการตัดสินใจของบุคคลนั้น ซึ่งสามารถสรุปได้เป็น 5 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1) การเผชิญกับปัญหาที่ต้องการเลือกกระทำ

2) ก่อให้เกิดทางเลือกต่าง ๆ กัน ที่สามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้

3) ทำการพิจารณาลักษณะเฉพาะของทางเลือกเหล่านั้น ว่ามีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใด

4) ตัดสินใจเลือกอย่างใดอย่างหนึ่ง

5) ลงมือกระทำ

ตารางที่ 3.1 เป็นตัวอย่างแบบง่าย ๆ ที่ใช้อธิบายขบวนการตัดสินใจเลือกทั้ง 5 ขั้นตอนดังกล่าวข้างต้น เมื่อผู้เดินทางกำลังจะตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางเพื่อไปทำงาน โดยสถานะของตัวเอง สภาพแวดล้อมและอุปทานที่ระบบคมนาคมขนส่งสามารถตอบสนองในชุมชนนั้น จะทำให้ผู้เดินทางมีทางเลือกอยู่ในใจแตกต่างกันไป บางรายอาจมีมากกว่า 1 ทางเลือกก็เป็นได้ เช่น เลือกระหว่าง การขับรถไปเอง นั่งรถเมล์ หรือเดินไปทำงาน ขั้นตอนต่อไปก็จะต้องมาพิจารณาลักษณะเฉพาะของแต่ละทางเลือกว่ามีความเหมาะสม ข้อจำกัด หรือความเป็นไปได้เพียงใดที่ผู้เดินทางสามารถเลือกใช้ได้ จากตัวอย่างนี้ลักษณะเฉพาะถูกสมมติว่ามีเพียง 3 ประการเท่านั้น ได้แก่ เวลาเดินทาง ค่าใช้จ่ายในการเดินทางและความสะดวกสบาย ลักษณะเฉพาะเหล่านี้จะถูกใช้เป็นข้อมูลหลักในการตัดสินใจเลือกว่าควรที่จะเดินทางด้วยรูปแบบใดจึงจะเหมาะสมกับสถานการณ์ของตนเองมากที่สุด ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ผู้เดินทางจะมีกฎเกณฑ์การตัดสินใจต่าง ๆ กัน บางรายมีกฎเกณฑ์ที่ซับซ้อน เช่น เลือกเดินทางโดยรูปแบบที่เร็วที่สุด แต่ต้องเสียค่าใช้จ่ายไม่เกิน 20 บาท บางรายอาจตัดสินใจเลือกโดยพิจารณาเพียงใช้เวลาน้อยที่สุดเป็นหลักหรือแม้แต่การพิจารณาเพียงแต่ความสะดวกสบาย เพียงอย่างเดียวก็เป็นไปได้เช่นกัน เมื่อได้ตัดสินใจเลือกเรียบร้อยแล้ว ขั้นสุดท้ายก็จะเป็นการเดินทางโดยรูปแบบที่ตัดสินใจเลือกเพื่อไปทำงาน

i 10313301

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างแสดงกรอบการทำงานของทฤษฎีการเลือก

ทางเลือก	ลักษณะเฉพาะที่พิจารณา		
	ระยะเวลาการเดินทาง (t)	ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง (c)	ความสะดวกสบาย (o)
รถส่วนตัว	t_1	c_1	o_1
รถเมล์	t_2	c_2	o_2
เดิน	t_3	c_3	o_3

จะเห็นได้ว่าทฤษฎีการเลือกก็คือ การรวบรวมขบวนการต่าง ๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบทั้ง 4 ส่วน ดังต่อไปนี้

1) ผู้ตัดสินใจ (Decision Maker)

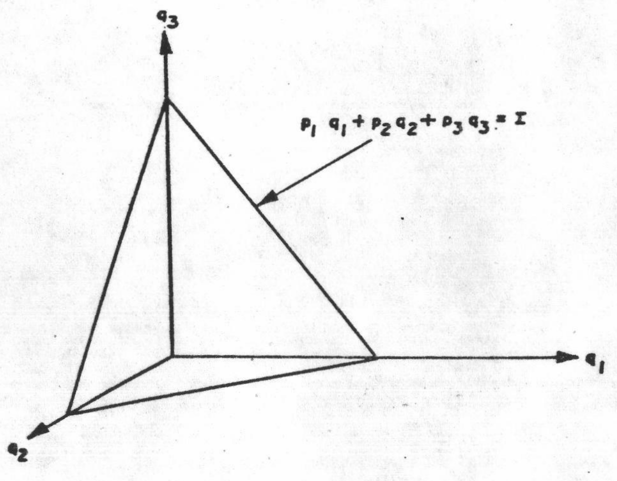
ผู้ตัดสินใจในที่นี้สามารถเป็นไปได้ทั้งรายบุคคล กลุ่มของบุคคล เช่น ครอบครัว ครัวเรือน หรือองค์กรต่าง ๆ เช่น บริษัท หน่วยงานรัฐบาล ก็เป็นได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสถานการณ์ที่ทำการวิเคราะห์ อย่างไรก็ดีเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ เน้นที่การจำลองพฤติกรรมรายย่อย ดังนั้น ผู้ตัดสินใจที่พิจารณาจะหมายถึง รายบุคคล

ถึงแม้ว่าเราจะสนใจกับผลลัพธ์ที่เป็นปริมาณรวมทั้งหมด แต่ต้องไม่ลืมว่าปริมาณรวมที่จะได้มานั้นตามความเป็นจริงแล้ว คือ ผลรวมของการตัดสินใจจากแต่ละบุคคล ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ไม่ว่าจะเป็นสถานการณ์ที่ผู้นั้นต้องเผชิญและรสนิยมประจำตัว ความแปรผันของลักษณะเฉพาะต่าง ๆ ระหว่างบุคคล ทำให้นักวิเคราะห์จำต้องให้ความสนใจกับกระบวนการตัดสินใจและพฤติกรรมรายย่อยให้มากขึ้น

2) ทางเลือก (Alternatives)

ในชุมชนหนึ่ง ๆ จะมีทางเลือกที่เป็นไปได้อยู่หลายทาง (เช่น รถส่วนตัว รถเมล์ เดิน เป็นต้น) ซึ่งทางเลือกเหล่านี้ตามทฤษฎีทางคณิตศาสตร์เรียกว่า Universal Set แต่ทางเลือกทั้งหมดที่มีอยู่ ไม่จำเป็นจะต้องเป็นทางเลือกที่ทุกคนมีสิทธิใช้ได้ เช่น ผู้มีรายได้ต่ำไม่สามารถจะเลือกใช้รถส่วนตัวได้ ระยะทางระหว่างจุดหมาย-ปลายทางไกลเกินกว่าที่จะเลือกเดินทางโดยการเดิน ทางเลือกที่เป็นไปได้สำหรับแต่ละบุคคล เรียกว่า Choice Set ซึ่งมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ Universal Set เสมอ

เพื่อประโยชน์ในการศึกษาแบบจำลองประเภท Disaggregate ในหัวข้อต่อไป จึงจำแนก Choice Set ออกเป็น 2 ประเภท คือ 1) Choice Set ซึ่งเป็นตัวแปรต่อเนื่องและ 2) Choice Set ซึ่งเป็นตัวแปรไม่ต่อเนื่อง ประเภทแรกนั้นพบเห็นได้บ่อยในงานวิเคราะห์อุปทานในแง่ของเศรษฐศาสตร์จุลภาค เช่น การวิเคราะห์อุปทานของครัวเรือนหนึ่ง ๆ ที่มีต่อปริมาณของสินค้า 3 รายการ ได้แก่ นม (q_1), ขนมปัง (q_2) และเนย (q_3) ปริมาณความต้องการสินค้าทั้ง 3 รายการนี้แทนได้ดังรูปภาพที่ 3.1 โดยที่ p_1, p_2 และ p_3 แทนราคาของนม, ขนมปัง และเนยตามลำดับ ในขณะที่ I หมายถึงรายได้ครัวเรือนที่นำมาใช้จ่ายสำหรับสินค้าทั้ง 3 รายการดังกล่าว



รูปที่ 3.1 Choice Set ซึ่งเป็นตัวแปรต่อเนื่อง

Choice Set ประเภทที่สอง เป็นประเภทที่จะศึกษารายละเอียดต่อไปในวิทยาพนธ์เล่มนี้ หมายถึงเซ็ทของทางเลือก ซึ่งตามธรรมชาติแล้วจะไม่สามารถแทนด้วยตัวแปรต่อเนื่องได้ ตัวอย่างเช่น หากเรากำลังสนใจศึกษากรณีที่ครัวเรือนหนึ่ง จะตัดสินใจเลือกซื้อโทรทัศน์ 3 ยี่ห้อ คือ A, B และ C กรณีอย่างนี้ หากสมมติว่าครัวเรือนนั้นมีรายได้พอที่จะซื้อโทรทัศน์ยี่ห้อใดก็ได้ Choice Set ในที่นี้จะหมายถึง เซ็ทของ A, B, C หรือแทนด้วยสัญญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ว่า {A, B, C} ซึ่งมีลักษณะเป็นจุดไม่ใช่ระนาบเหมือนประเภทแรก เพราะว่าครัวเรือนไม่สามารถทำการเลือกโทรทัศน์เป็นส่วนผสมของ A, B, C ได้เลย แต่จะต้องตัดสินใจระหว่างเลือก หรือไม่เลือกเท่านั้น

3) ลักษณะเฉพาะของทางเลือก (Attributes)

ความดึงดูดใจของแต่ละทางเลือกจะถูกประเมินอยู่ในรูปเวกเตอร์ของลักษณะเฉพาะต่าง ๆ ลักษณะเฉพาะเหล่านี้อาจจะเป็นระดับความสำคัญ (เช่น รถส่วนตัวเร็วที่สุด) หรือแสดงเป็นระดับตัวเลข (เช่น ค่าใช้จ่ายในการเดินทางเท่ากับ 20 บาท) วิธีการที่นิยมปฏิบัติกันมากที่สุดก็คือ การนำเอาลักษณะเฉพาะต่าง ๆ มาประกอบเข้าด้วยกันในรูปของความสัมพันธ์ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ตัวถ่วงน้ำหนักแตกต่างกันไปตามผลกระทบที่มีต่อการตัดสินใจ ดังจะเห็นได้จากตัวอย่างของการใช้ค่าใช้จ่ายทั่วไปของการเดินทาง (Generalised Cost)

4) กฎเกณฑ์การตัดสินใจ (Decision Rule)

การเลือกทางเลือกใดทางเลือกหนึ่งจากทางเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหลายจำเป็นต้องมีกฎเกณฑ์มาประกอบการพิจารณา กฎเกณฑ์ดังกล่าวเป็นกลไกภายในที่ผู้เดินทางเลือกมาใช้จัดการกับข้อมูลต่าง ๆ ที่มีอยู่ เพื่อทำการตัดสินใจว่าควรจะเลือกแบบใดจึงจะเหมาะสมที่สุดสำหรับสถานการณ์ขณะนั้น กฎเกณฑ์ในการตัดสินใจมีอยู่มากมาย ซึ่งสามารถจัดรวมเป็น 4 ประเภท ดังต่อไปนี้

- ลักษณะเด่น (Dominance)

ทางเลือกหนึ่งจะเด่นกว่าอีกทางเลือกหนึ่งเมื่อมีลักษณะเฉพาะอย่างน้อย 1 ประการเด่นกว่าทางเลือกอื่นและลักษณะเฉพาะอื่น ๆ ไม่ด้อยกว่าทางเลือกอื่น อย่างไรก็ตามกฎเกณฑ์การเลือกโดยพิจาณามักไม่ให้คำตอบที่เด็ดขาดเพียงหนึ่งทางเลือก ทั้งนี้เนื่องจากว่าในสภาพความเป็นจริง ไม่ควรจะมีทางเลือกใด ที่เพรียบพร้อมทุกประการ จนทำให้ลักษณะเฉพาะทุกประการเด่นกว่าทางเลือกอื่น ๆ ทั้งหมด ดังตัวอย่างจากตารางที่ 3.1 ซึ่งคงจะเป็นสิ่งผิดปกติอย่างยิ่ง หากสามารถเลือกรูปแบบการเดินทางไปทำงาน ซึ่งทั้งเร็วที่สุด เสียค่าใช้จ่ายต่ำสุด และสะดวกที่สุด

- ความพึงพอใจ (Satisfaction)

ในบางครั้งผู้ตัดสินใจอาจจะตั้งมาตรฐานความพึงพอใจในการยอมรับลักษณะเฉพาะไว้ในระดับหนึ่ง ซึ่งผู้ตัดสินใจคาดหวังว่าจะได้รับหากเลือกทางเลือกนั้นไปแล้ว ระดับความพึงพอใจนี้เป็นผลมาจากข่าวสารข้อมูลต่าง ๆ ที่มีอยู่และประสบการณ์ในเหตุการณ์ที่ผ่านมา หากพบว่าทางเลือกใดมีระดับไม่ถึงเกณฑ์ก็ไม่เลือกกฎเกณฑ์การตัดสินใจด้วยระดับความพึงพอใจก็เช่นเดียวกับการตัดสินใจด้วยลักษณะเด่นกล่าวคือโดยตัวของมันเอง มักจะไม่ให้ทางเลือกสุดท้ายเพียงหนึ่งเดียว การใช้กฎเกณฑ์นี้ร่วมกับกฎเกณฑ์อื่น ๆ จะช่วยให้ได้ทางเลือกสุดท้ายได้ เช่น พิจารณาตั้งระดับความพึงพอใจของระยะเวลาการเดินทางและค่าใช้จ่ายไว้ที่ระดับหนึ่ง ซึ่งอาจทำให้เหลือ 2 ทางเลือก คือ รถส่วนตัวและรถเมล์ในขั้นสุดท้ายเลือกเดินทางโดยรถส่วนตัว โดยกฎเกณฑ์การตัดสินใจด้วยลักษณะเด่นเนื่องจากรถยนต์ให้ความสะดวกสบายมากกว่ารถเมล์

- ระดับความสำคัญ (Lexicographic rules)

การตัดสินใจด้วยกฎเกณฑ์นี้กระทำโดยการจัดลำดับความสำคัญของลักษณะเฉพาะไว้ โดยให้ความสำคัญเป็นอันดับแรกกับลักษณะเฉพาะที่ดึงดูดใจมากที่สุด จากนั้นจึงเรียงลดหลั่นลงมาตามแรงดึงดูดใจของผู้ตัดสินใจ เมื่อพิจารณาแล้วพบว่าทางเลือกใดมีคุณภาพเข้าอันดับก็จะเก็บไว้พิจารณาในรอบต่อไป จนกระทั่งได้ทางเลือกสุดท้าย

นอกจากนี้แล้ว ในแต่ละขั้นตอนการเลือก ยังสามารถขจัดทางเลือกที่มีคุณภาพต่ำที่สุดออกไปขณะเดียวกันก็ได้ เช่น ผู้เดินทางพิจารณาระยะเวลาการเดินทางเป็นอันดับสำคัญที่สุด จึงสามารถขจัดการเดินออกไปได้ทันที เนื่องจากว่าการเดินเป็นรูปแบบการเดินทางที่ช้าที่สุด และถ้าค่าใช้จ่ายถูกจัดความสำคัญเป็นลำดับรองลงมา รถเมล์ซึ่งเสียค่าใช้จ่ายต่ำกว่าก็จะถูกเลือกใช้สำหรับการเดินทาง

- การอำนวยประโยชน์ (Utility)

กฎเกณฑ์การตัดสินใจโดยพิจารณาการอำนวยประโยชน์นี้จะสมมติว่า ลักษณะเฉพาะต่างๆของทางเลือกมีความสามารถในการชดเชยข้อบกพร่องของกันและกันได้ ความดึงดูดใจของทางเลือกอธิบายได้โดยเวกเตอร์ของลักษณะเฉพาะซึ่งมีค่าเป็นสเกลาร์ (Scalar) ซึ่งเป็นการกำหนดฟังก์ชั่นจุดประสงค์ (Objective Function) แสดงถึงความดึงดูดใจในรูปของส่วนประกอบระหว่างลักษณะเฉพาะต่าง ๆ ดัชนีแสดงความดึงดูดใจของทางเลือกบ่งถึงการอำนวยประโยชน์ให้แก่ผู้ตัดสินใจ ซึ่งพยายามที่จะเลือกทางเลือกที่อำนวยประโยชน์แก่ตนสูงสุด

ฟังก์ชั่นจุดประสงค์ที่ตั้งขึ้นมานี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของงาน เช่น ในงานวางแผนคมนาคมขนส่ง อาจจะเป็นฟังก์ชั่นแสดงค่าใช้จ่ายทั่วไปสำหรับการเดินทาง (Generalised Cost) ซึ่งผู้เดินทางพยายามเลือกทางเลือกทำให้ฟังก์ชั่นนี้มีค่าต่ำสุด หากเป็นงานทางธุรกิจอาจเป็นฟังก์ชั่นที่แทนผลกำไรจากการขายสินค้า ซึ่งผู้ขายจะเลือกขายในแนวทางที่ก่อให้เกิดผลกำไรสูงสุด

ลักษณะเด่นของกฎเกณฑ์การตัดสินใจแบบนี้ คือ ลักษณะเฉพาะมีผลกระทบต่อกันและสามารถชดเชยกันได้ ซึ่งกฎเกณฑ์อีก 3 แบบข้างต้นไม่มี ลองพิจาณาตัวอย่างเดิมตามตารางที่ 3.1 ลักษณะเฉพาะของทั้ง 3 รูปแบบ การเดินทางจะถูกนำมารวมเป็นฟังก์ชั่นอำนวยประโยชน์ (Utility Function) 3 ฟังก์ชั่น คือ U_1, U_2 และ U_3 ซึ่งผู้เดินทางจะเลือกเดินทางโดยรูปแบบที่อำนวยประโยชน์แก่ตนสูงสุด กล่าวคือจะพิจารณาเลือกรูปแบบการเดินทางที่มีผลรวมของระยะเวลาเดินทาง ค่าใช้จ่าย และความสะดวกดีที่สุด ดังนั้นรูปแบบการเดินทางที่เสียค่าใช้จ่ายสูงสุดอย่างรถส่วนตัวอาจจะ

ถูกเลือกได้เช่นกัน ถ้าหากสามารถชดเชยจุดด้อยได้ด้วยเวลาการเดินทางที่ต่ำกว่าและมีความสะดวกสบายมากกว่ากฎเกณฑ์การตัดสินใจแบบนี้เป็นที่ยอมรับในหมู่นักวิเคราะห์มากที่สุด เนื่องจากสามารถจำลองพฤติกรรมจริงได้อย่างแนบเนียนกว่ากฎเกณฑ์อื่น ๆ ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ สร้างแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง โดยใช้กฎเกณฑ์การตัดสินใจด้วยกฎเกณฑ์การอำนวยประโยชน์เท่านั้น

3.3 ทฤษฎีการเลือกแบบแยก

พิจารณาผู้เดินทางใด ๆ ซึ่งกำลังเลือกว่าจะเดินทางไปยังจุดปลายทางด้วยรูปแบบการเดินทาง i หรือ j จึงจะอำนวยประโยชน์ให้แก่ตนสูงที่สุด ถ้าหากผู้เดินทางตัดสินใจเลือกทางเลือก i นั่นหมายถึงว่า ผู้เดินทางได้พิจารณาจากข้อมูลที่มีอยู่ในขณะนั้นแล้วว่า ประโยชน์ที่ตนคาดว่าจะได้รับจากการเดินทางด้วย i น่าจะมีมากกว่าการหรืออย่างน้อยก็เท่ากับการเดินทางด้วย j ซึ่งสามารถเขียนเป็นสัญญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ตามสมการที่ 3.1

$$U_{in} >= U_{jn} \qquad \text{................ (3.1)}$$

เมื่อ U_{in} หมายถึง ฟังก์ชั่นซึ่งแทนการอำนวยประโยชน์ที่บุคคล n รับรู้ได้ เมื่อเลือกทางเลือก i

U_{jn} หมายถึง ฟังก์ชั่นซึ่งแทนการอำนวยประโยชน์ที่บุคคล n รับรู้ได้ เมื่อเลือกทางเลือก j

ฟังก์ชั่นอำนวยประโยชน์ทั้งจาก i และ j จะได้รับการพิจารณามาจากคุณสมบัติเฉพาะของทางเลือกนั้น ประกอบกับฐานะเศรษฐกิจและสังคมของผู้เดินทาง ดังนั้น ฟังก์ชั่นอำนวยประโยชน์ของทางเลือกทั้งสองเขียนใหม่ได้ดังสมการที่ 3.2

$$U_{in} = U(Z_{in}, S_n) \qquad \text{.............. (3.2.1)}$$

$$U_{jn} = U(Z_{jn}, S_n) \qquad \text{.............. (3.2.2)}$$

เมื่อ Z_{in}, Z_{jn} แทนลักษณะเฉพาะของรูปแบบการเดินทาง i และ j ซึ่งรับรู้ โดยผู้เดินทาง n เช่น เวลาการเดินทาง ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง ระดับการให้บริการ เป็นต้น

S_n แทนลักษณะเฉพาะของผู้เดินทาง n เช่น รายได้ อายุ ระดับการศึกษา เป็นต้น

เมื่อพิจารณาทั้งสมการที่ 3.1 และ 3.2 จะสรุปเป็นหลักเกณฑ์พื้นฐานที่ผู้เดินทางใช้เป็นบรรทัดฐานในการตัดสินใจได้ว่า ทางเลือกที่ดึงดูดใจมากที่สุดและสถานภาพของผู้เดินทางเอื้ออำนวยให้สามารถใช้สอยได้ ก็จะได้รับการเลือกใช้โดยผู้เดินทางเสมอไป

อย่างไรก็ตามได้ปรากฏผลการทดลองหลายครั้งที่ขัดแย้งกับข้อสรุปจากสมการทางคณิตศาสตร์ข้างต้น กล่าวคือในปี คศ. 1965 Luce และ Suppes ทำการทดลองโดยสร้างสถานการณ์ที่เหมือนกันหลาย ๆ ครั้งและให้ผู้ตัดสินใจทำการเลือก ผลปรากฏว่าการทดลองที่ซ้ำ ๆ กันนั้น ผู้เดินทางจะไม่เลือกทางเลือกเดิมเสมอไป นอกจากนี้ยังทดลองให้ผู้เดินทางกลุ่มหนึ่งซึ่งมีสถานะทางเศรษฐกิจและสังคมเหมือนกัน (S_n เท่ากันทุกคน) ทำการเลือกทางเลือกต่าง ๆ ที่เหมือนกันทุกประการ (Z_n สำหรับทุกคนเท่ากัน) ผลที่ได้ก็คือ ผู้เดินทางเหล่านั้นมักจะเลือกทางเลือกที่แตกต่างกัน ความไม่สอดคล้องกันระหว่างทฤษฎีกับผลการทดลองดังกล่าว มีสาเหตุสำคัญก็คือ ทฤษฎีดังกล่าวพยายามสรุปและอธิบายพฤติกรรมมนุษย์จากข้อมูลที่มีอยู่เพียงเท่านั้น แต่ตามความเป็นจริงพบว่าเราไม่สามารถนำเอาผลกระทบทุกประการที่มีต่อการตัดสินใจมารวมไว้ในแบบจำลองได้ทั้งหมด หรือคุณสมบัติบางประการนั้นไม่สามารถสำรวจวัดออกมาใช้ได้จึงทำให้ทฤษฎีดังกล่าวยังไม่เพียงพอต่อการจำลองสถานการณ์จริงอย่างถูกต้อง และมีความจำเป็นต้องปรับปรุงต่อไปอีกเล็กน้อย

ในปี คศ. 1973 Manski ได้จำแนกที่มาของความไม่สอดคล้องไว้ 4 ประการ ดังนี้

1) ลักษณะเฉพาะบางประการสังเกตไม่ได้ (Unobserved Attributes)

ลักษณะเฉพาะบางประการซึ่งมีผลต่อการตัดสินใจยังไม่สมบูรณ์ถูกต้อง ดังนั้น ฟังก์ชั่นอำนวยประโยชน์ที่ถูกต้องควรเพิ่มเติมองค์ประกอบส่วนนี้รวมเข้าไปด้วย

$$U_{in} = U(Z_{in}, S_n, Z_{in}^U)$$

เมื่อ Z_{in}^U คือ ลักษณะเฉพาะที่ไม่ได้สังเกตุไว้หรือสังเกตุไม่ได้

2) สถานภาพบางประการของผู้ตัดสินใจสังเกตุไม่ได้ (Unobserved Taste Variations)

หากรวมองค์ประกอบเพิ่มเติมนี้เข้าไป ฟังก์ชั่นอำนวยประโยชน์ที่สมบูรณ์จะกลายเป็น

$$U_{in} = U(Z_{in}, S_n, S_n^U)$$

เมื่อ S_n^U คือ สถานภาพของผู้ตัดสินใจที่ไม่ได้สังเกตุไว้หรือสังเกตุไม่ได้

3) การวัดสำรวจคลาดเคลื่อน (Measurement Errors) ดังนั้น ฟังก์ชั่นอำนวยประโยชน์ที่ถูกต้องจึงเป็น

$$U_{in} = U(Z_{in} + E_{in}, S_n)$$

เมื่อ E_n คือ ค่าที่คลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงของลักษณะเฉพาะ

4) ความคลาดเคลื่อนจากการทดแทนกัน (Instrumental Variables) เนื่องจากลักษณะเฉพาะบางประการอาจวัดออกมาโดยตรงไม่ได้ จึงโยงลักษณะเฉพาะนั้น

ด้วยความสัมพันธ์หนึ่ง ๆ ซึ่งพอจะแทนกันได้ไว้กับตัวแปรอื่น ๆ ซึ่งวัดได้ง่ายกว่า ดังนั้น ฟังก์ชั่นอำนวยประโยชน์ที่ถูกต้องจึงเขียนได้ว่า

$$U_{in} = U(Z_{in} + E_n, S_n)$$

เมื่อ E_n คือ ค่าคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงถ้าหากแทนลักษณะเฉพาะด้วยตัวแปรอื่น

เมื่อพิจารณาจากสาเหตุทั้ง 4 ข้อ ทำให้เราทราบว่าฟังก์ชั่นอำนวยประโยชน์ที่สร้างขึ้นมานั้นหากต้องการจำลองความเป็นจริงให้ใกล้เคียงที่สุดควรที่จะมีลักษณะเป็นฟังก์ชั่นอำนวยประโยชน์เชิงสุ่ม (Random Utility) ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 2 ประการดังนี้

1) องค์ประกอบที่สังเกตุได้ หรือ Systematic Components ได้แก่ ลักษณะเฉพาะหรือสถานภาพที่มีข้อมูลอยู่

2) องค์ประกอบที่ไม่ได้สังเกตุไว้ หรือ Disturbances Components ได้แก่ ลักษณะเฉพาะหรือ สถานภาพใด ๆ ก็ตามที่ควรจะมีไว้ในฟังก์ชั่นอำนวยประโยชน์ แต่ขาดหายไปจะด้วยสาเหตุใดก็ตาม ดังได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น

ฟังก์ชั่นอำนวยประโยชน์ที่จะใช้ จึงสามารถเขียนแทนใหม่ในรูปของฟังก์ชั่นเชิงสุ่มดังนี้

$$U_{in} = V_{in} + E_{in} \quad \text{.............} \quad (3.3.1)$$

$$U_{jn} = V_{jn} + E_{jn} \quad \text{.............} \quad (3.3.2)$$

เมื่อ V_{in}, V_{jn} หมายถึง Systematic Components สามารถวัดหรือคำนวณมาใช้ได้

E_{in}, E_{jn} หมายถึง Disturbance Companents ส่วนขององค์ประกอบที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือก แต่ไม่ได้ถูกนำมาใช้

จากสมการที่ 3.1, 3.3.1 และ 3.3.2 ทางเลือก i จะได้รับเลือกก็ต่อเมื่อ

$$V_{in} + E_{in} >= V_{jn} + E_{jn} \quad \text{........} (3.4)$$

ฟังก์ชั่นอำนวยประโยชน์ตามสมการที่ 3.4 นั้น ทำให้นักวิเคราะห์ไม่สามารถทราบได้ว่ามีรูปทางคณิตศาสตร์ที่แท้จริงอย่างไร จึงได้มีการเสนอแนวความคิดว่า ควรจะจัดให้เป็นตัวแปรเชิงสุ่ม (Random Variable) ซึ่งเป็นตัวแปรที่อาจจะมีค่าแปรเปลี่ยนไปได้มากมาย โดยที่ไม่ทราบแน่ชัดว่าเป็นเท่าไร

และเนื่องจากพฤติกรรมของมนุษย์นั้นเป็นที่ทราบกันดีว่า ไม่อาจสามารถที่จะอธิบายได้อย่างถูกต้องแม่นยำด้วยแบบจำลองเสมอไป ผลที่ได้จากการคาดคะเนด้วยแบบจำลองเป็นเพียงสิ่งที่น่าจะเกิดขึ้นมากกว่าที่จะเป็นสิ่งที่ต้องเกิดขึ้นจริง จึงเสนอแนวความคิดเพิ่มเติมให้พิจารณาแบบจำลองโดยใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นมาประยุกต์ เมื่อพิจารณาแนวความคิดต่าง ๆ เข้ากับสมการที่ 3.4 สามารถเขียนใหม่ได้ ดังนี้

$$P_n(i) = P_r (V_{in} + E_{in} >= V_{jn} + E_{jn}) \quad \text{...............} (3.5)$$

อธิบายได้ว่า ความน่าจะเป็นที่ทางเลือก i จะได้รับเลือกเท่ากับความน่าจะเป็นที่ฟังก์ชั่นอำนวยประโยชน์ของทางเลือก i มีค่ามากกว่าหรืออย่างน้อยจะต้องเท่ากับทางเลือก j

จัดรูปสมการที่ 3.5 เสียใหม่ เพื่อประโยชน์ในการวิเคราะห์ต่อไปนี้จะได้ ดังนี้

$$P_n(i) \quad = \quad P_r\,(E_{jn} - E_{in} <= V_{in} - V_{jn})$$

$$P_n(i) \quad = \quad P_r\,(E_n \qquad <= V_{in} - V_{jn})$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.6)$$

3.4 <u>รูปแบบต่าง ๆ ของแบบจำลอง Disaggregate</u>

สมการที่ 3.6 เป็นสมการหลักขั้นเริ่มต้น ที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาสัดส่วนการเดินทางตามทฤษฎีการเลือกแบบ Disaggregate การจะรู้ได้ว่าสัดส่วนเป็นเท่าไร จะต้องทราบองค์ประกอบอื่นๆ อย่างน้อย 3 ประการ คือ เทอม V_{in}, V_{jn} และ E_n ปัญหาแรกคือในส่วนที่เกี่ยวข้องกับฟังก์ชั่นอำนวยประโยชน์ปัญหาที่สองคือส่วนของ Disturbances Components (E_n)

ปัญหาแรกได้เคยกล่าวไว้แล้วว่า ฟังก์ชั่นอำนวยประโยชน์ นิยมแทนด้วยฟังก์ชั่นของคุณลักษณะเฉพาะของทางเลือกนั้น (Z_{in} และ Z_{jn} ในสมการที่ 3.3.1 และ 3.3.2) ประกอบกับฟังก์ชั่นของสภาวะทางเศรษฐกิจและสังคมของผู้เดินทาง (S_n ในสมการที่ 3.3.1 และ 3.3.2) ดังนั้น ในกรณีนี้เราสามารถหาเทอม V_{in} และ V_{jn} โดยทางอ้อมเมื่อแทนด้วยเทอม Z_{in}, Z_{jn} และ S_n ดังสมการที่ 3.3.1 และ 3.3.2 แต่ปัญหาที่ตามมา คือ รูปแบบของฟังก์ชั่นที่เหมาะสมและมีเหตุผลควรจะเป็นฟังก์ชั่นอะไร ซึ่งในทางปฏิบัติโดยทั่วไปเราทราบกันดีว่า หากจะพิจารณาฟังก์ชั่นมาใช้ในแบบจำลองใด ๆ ก็ตาม ประการแรกที่คำนึงถึงก็คือ รูปแบบของฟังก์ชั่น ต้องสามารถอธิบายได้ชัดเจนถูกต้องว่าตัวแปรอิสระต่าง ๆ ทางขวามือมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามทางซ้ายมืออย่างไร ประการที่สองที่คำนึงถึง ก็คือ รูปแบบของฟังก์ชั่น ควรจะสะดวกต่อการคำนวณและประมาณค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้โดยไม่ยากนัก แต่ในความเป็นจริงมักจะพบความขัดแย้งกันระหว่างข้อควรคำนึงทั้งสองประการข้างต้น เช่น หากต้องการใช้รูปแบบฟังก์ชั่นที่สามารถอธิบายได้ว่าตัวแปรอิสระมีผลกระทบต่อตัวแปรตามให้ได้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด รูปแบบของฟังก์ชั่นที่เลือกมาใช้ก็มักจะยุ่งยากไม่สะดวกต่อการคำนวณ วิธีการหาค่าพารามิเตอร์ก็ยุ่งยากตามไปด้วย ทางออกที่ดีที่สุด ได้แก่ การยอมรับเอารูปแบบฟังก์ชั่นที่ค่อนข้างสะดวก

และไม่ยุ่งยากเกินไปสำหรับการคำนวณ แต่ต้องไม่ก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนมากจนยอมรับไม่ได้ จากเหตุผลดังกล่าว รูปแบบของฟังก์ชั่นอำนวยประโยชน์ จึงแทนด้วยฟังก์ชั่นเชิงเส้นตรง ซึ่งถ้ากำหนดให้ $B = [B_1, B_2, \ldots\ldots, B_K]$ เป็นค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรอิสระ K ตัวอาจเขียนฟังก์ชั่นอำนวยประโยชน์ในรูปของสภาวะทางเศรษฐกิจสังคมและลักษณะเฉพาะได้ดังนี้

$$V_{in} = B_1X_{in1} + B_2X_{in2} + B_3X_{in3} + \ldots\ldots + B_KX_{inK} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (3.7.1)$$

$$V_{jn} = B_1X_{jn1} + B_2X_{jn2} + B_3X_{jn3} + \ldots\ldots + B_KX_{jnK} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (3.7.2)$$

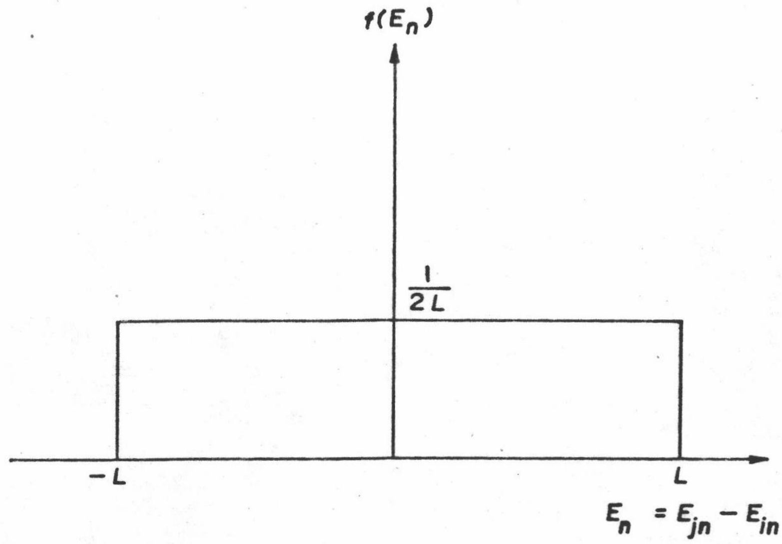
เมื่อ $Xin = h(Z_{in}, S_n)$ และ

$Xjn = h(Z_{jn}, S_n)$

ปัญหาประการที่สอง คือ เทอมของ E_n หรือผลต่างระหว่าง $E_{jn} - E_{in}$ นั่นเอง เทอมนี้ไม่มีผู้ใดสามารถทราบได้แน่ชัดว่ามีค่าเป็นอย่างไร ดังนั้น จึงมีการตั้งสมมติฐานไปต่าง ๆ กันสำหรับการวิเคราะห์หาเทอมนี้ และผลที่ได้ก่อให้เกิดแบบจำลองการเลือกแบบ Disaggregate ที่มีรูปร่างหน้าตาที่แตกต่างกันออกไป ดังจะยกตัวอย่างที่สำคัญของรูปแบบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

3.4.1 แบบจำลองแบบแยกเชิงเส้นตรง (The Linear Probability Model)

แบบจำลองแบบแยกประเภทนี้เป็นแบบที่ง่ายที่สุดที่พัฒนาขึ้นมาใช้งาน โดยการตั้งสมมติฐานว่า ผลต่างระหว่าง Disturbances ทั้งสอง, $E_{jn} - E_{in}$ มีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ (Uniformly Distributed) อยู่ระหว่างค่าแน่นอน 2 ค่า คือ -L และ +L เมื่อ $L>0$ โดยที่เรากำหนดเทอม $E_{jn} - E_{in}$ เป็น E_n และฟังก์ชั่นความหนาแน่น (Density Function) เป็น $f(E_n)$ รูปกราฟของฟังก์ชั่นความหนาแน่นสำหรับแบบจำลองแบบแยกเชิงเส้นตรงจะเป็นไปตามรูปที่ 3.2



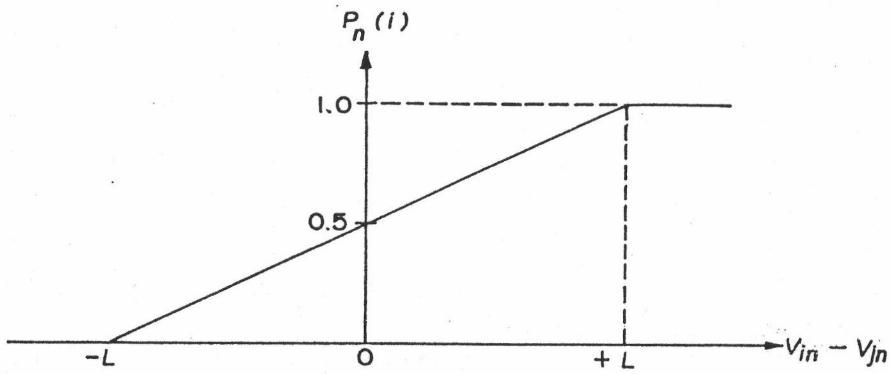
รูปที่ 3.2 เทอม E_n มีการกระจายแบบสม่ำเสมอ (Uniform Distribution)

ดังนั้น ความน่าจะเป็นที่ทางเลือก i จะได้รับเลือก หรือ $P_n(i)$ จะหาได้จากการบวกสะสมฟังก์ชั่นการกระจายของ E_n โดยตรง จะได้ว่า

$$P_n(i) = \begin{cases} 0 & \text{ถ้า } V_{in}-V_{jn} < -L \\ \displaystyle\int_{-L}^{V_{in}-V_{jn}} f(E_n)\,dE_n = \frac{V_{in}-V_{jn}+L}{2L} & \text{ถ้า } -L <= (V_{in}-V_{jn}) <= L \\ 1 & \text{ถ้า } V_{in}-V_{jn} > +L \end{cases} \qquad \text{.............. (3.8)}$$

หากจะวาดกราฟซึ่งแสดงการกระจายความน่าจะเป็นตามสมมติฐานนี้ จะได้ดังรูปที่ 3.3 ซึ่งอธิบายได้ง่าย ๆ ว่า หากการอำนวยประโยชน์ของทั้ง 2 ทางเลือก ไม่ต่างกัน (กล่าวคือ $V_{in} - V_{jn} = 0$) หมายถึงว่า ทั้งทางเลือก i และทางเลือก j จะมีโอกาสถูกเลือกได้เท่า ๆ กัน (กล่าวคือ $P_n(i) = 0.5$) แต่ถ้าหาก $V_{in} - V_{jn}$

มีค่าแตกต่างกันมากที่สุด คือ +L หมายถึงว่า ทางเลือก i จะถูกเลือกเสมอ (กล่าวคือ $P_n(i) = 1.0$) และในทางกลับกันเมื่อ $V_{in} - V_{jn}$ มีค่าติดลบ (-L) แสดงว่าทางเลือก j ดีกว่า i อย่างชัดเจน ผู้เดินทางก็จะไม่เลือกทางเลือก i (กล่าวคือ $P_n(i) = 0$)



รูปที่ 3.3 The Linear Probability Model

3.4.2 แบบจำลองแบบแยกประเภท Probit

หากจะพิจารณาเทอมของ Disturbances เป็นข้อมูลจำนวนมากซึ่งเป็นอิสระจากกัน ตามทฤษฎี Central Limit Theorem สามารถพิสูจน์ได้ว่าการแจกแจงการกระจายของเทอม Disturbances มีลักษณะเป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution)

เพื่อพิจารณาถึงรายละเอียด เราสมมุติว่าเทอม E_{in} และ E_{jn} ต่างก็มีการกระจายเป็นแบบปกติ ซึ่งมีค่าเฉลี่ย (Mean) เท่ากับศูนย์ ในขณะที่ค่าความแปรปรวนมีค่าเท่ากับ σ_i^2 และ σ_j^2 ตามลำดับ สมมุติต่อไปว่าทั้งสองเทอมมีค่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานร่วม (Covariance) เท่ากับ σ_{ij} ภายใต้สมมุติฐานดังกล่าวทั้งหมด เทอมผลต่างของ Disturbance, $E_{jn} - E_{in}$ จะมีการแจกแจงแบบปกติด้วย และจะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ แต่มีค่าความแปรปรวน $\sigma_i^2 + \sigma_j^2 - 2\sigma_{ij} = \sigma^2$

จากสมการพื้นฐานที่ 3.6 เมื่อต้องการหา $P_n(i)$ สำหรับแบบจำลองประเภท Probit จะสามารถกระทำได้โดยการอินทีเกรตพื้นที่ใต้กราฟรูประฆังคว่ำของการกระจายแบบปกติโดยตรง ซึ่งจะได้ดังนี้

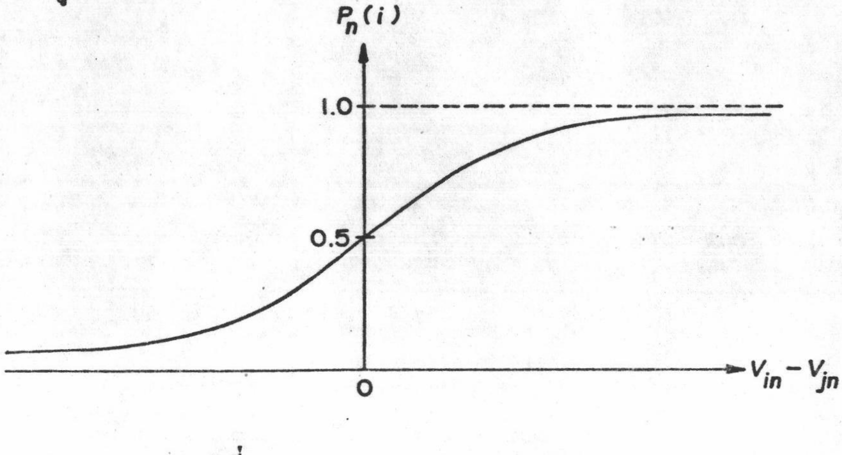
$$P_n(i) = P_r\,(E_{jn} - E_{in} <= V_{in} - V_{jn})$$

$$= \int_{E_n=}^{V_{in}-V_{jn}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma} \exp\left[\frac{-1}{2}\left(\frac{E_n}{\sigma}\right)^2\right] dE_n \quad , \sigma > 0$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{(V_{in}-V_{jn})/\sigma} \exp\left[\frac{-1u^2}{2}\right] du \quad , \sigma > 0$$

.... (3.9)

เพื่อความสะดวกในการวาดกราฟการกระจายของฟังก์ชั่นการเลือก จะสมมติให้ $\sigma = 1$ ซึ่งรูปกราฟจะออกมาเป็นลักษณะของโค้งรูปตัวเอส (S-curve หรือ Sigmoidal Shape) และความน่าจะเป็นที่จะเลือกทางเลือก i จะไม่เคยเท่ากับศูนย์หรือหนึ่ง เมื่อ Systematic Components ของฟังก์ชั่นการอำนวยประโยชน์มีค่าแตกต่างกันอย่างมาก การกระจายของฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นในการเลือกสำหรับแบบจำลองประเภท Probit แสดงไว้ในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 The Binary Probit Model

3.4.3 แบบจำลองแบบแยกประเภท Logit

ถึงแม้ว่าแบบจำลองประเภท Probit จะมีทั้งแนวความคิดและพื้นฐานทางทฤษฎีสนับสนุนอย่างมีเหตุผลสำหรับสมมุติฐานที่ตั้งขึ้นเกี่ยวกับการกระจายของเทอม E_{in} และ E_{jn} แต่ทว่าสมการสุดท้ายของแบบจำลองที่จะนำไปใช้งานในทางปฏิบัติไม่สามารถใช้ได้โดยสะดวก เนื่องจากมันไม่อยู่ในรูปแบบปิด (Closed Form) กล่าวคือ ทุกครั้งที่ต้องการคำนวณค่าความน่าจะเป็นของการเลือกก็จะต้องติดอยู่ในรูปแบบของอินทิกรัลเสมอ ทำให้ไม่สะดวกในการวิเคราะห์สำหรับกรณีทั่วไป ดังนั้นจึงมีการค้นคว้าแบบจำลองแบบอื่น ซึ่งมีลักษณะพื้นฐานทางสมมุติฐานต่าง ๆ เหมาะสมใกล้เคียงกับ Probit และสามารถคำนวณได้โดยสะดวกกว่า ซึ่งแบบจำลองหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายก็คือแบบจำลองประเภท Logit ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไปในหัวข้อนี้

แบบจำลองประเภท Logit เกิดขึ้นมาจากสมมุติฐานที่ว่าเทอม $E_j - E_i$ หรือ E_n มีการกระจายเป็นแบบ Logistically Distributed ซึ่งเขียนได้ด้วยสมการดังต่อไปนี้

$$F(E_n) = \frac{1}{1+e^{-M E_n}}, \quad M > 0, \ -\infty < E_n < \infty \quad \ldots\ldots (3.10)$$

$$f(E_n) = \frac{M e^{-M E_n}}{(1+e^{-M E_n})^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.11)$$

เมื่อ M คือ พารามิเตอร์สัดส่วน ซึ่งมีค่าเป็นบวก (Positive Scale Parameter)

รูปแบบดังกล่าวนอกจากจะประมาณการกระจายแบบปกติตามแบบของ Probit ได้ดีแล้ว ยังให้ความสะดวกแก่นักวิเคราะห์ในแง่ของการคำนวณอีกด้วย โค้งการกระจายแบบนี้แตกต่างจากการกระจายปกติตรงที่มีส่วนหางที่แบนราบกว่าเล็กน้อย

ภายใต้สมมุติฐานว่า E_n มีการกระจายแบบ Logistically และจากสมการพื้นฐานที่ 3.6 สามารถหาฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นของการเลือกสำหรับทางเลือก i ได้ดังนี้

$$P_n(i) = P_r\,(U_{in} >= U_{jn})$$

$$= \frac{1}{1+e^{-M(V_{in}-V_{jn})}}$$

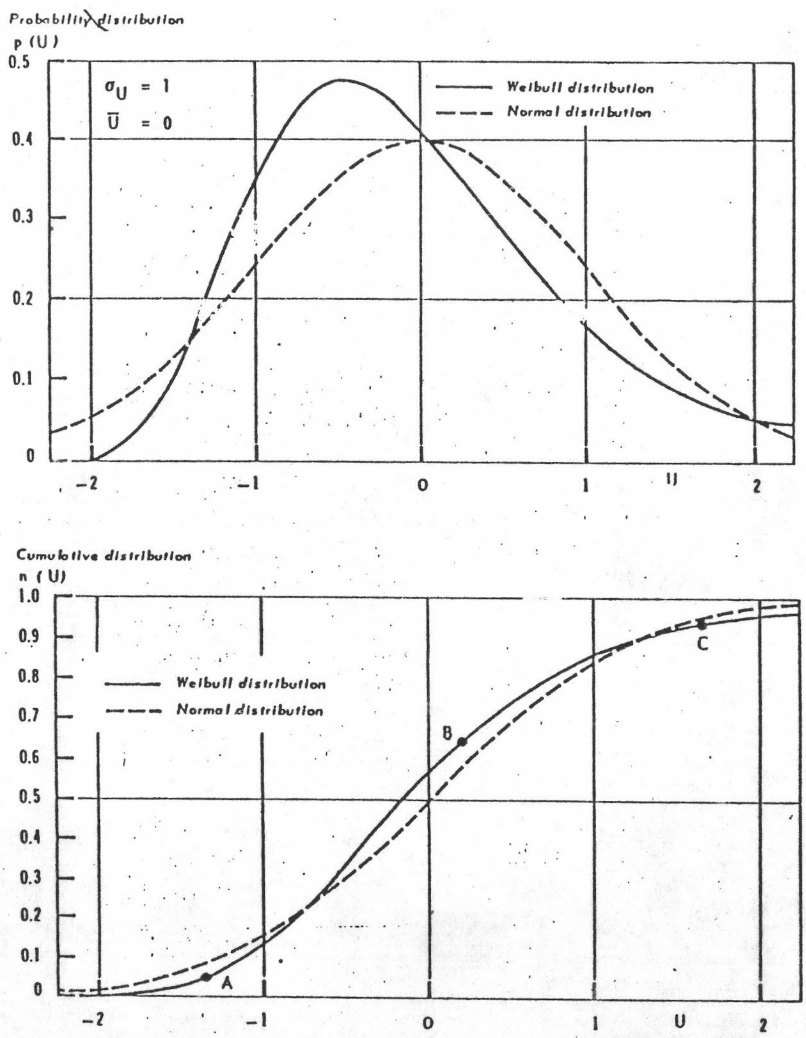
$$= \frac{e^{MV_{in}}}{e^{MV_{in}} + e^{MV_{jn}}} \quad \text{........... (3.12)}$$

และในกรณีที่ต้องการนำแบบจำลอง Logit ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์การเลือกที่มากกว่าสองทางก็สามารถปรับปรุงแบบจำลองได้โดยง่าย โดยการตั้งสมมติฐานต่อไปว่าเทอม Disturbance แต่ละเทอม คือ E_{in} และ E_{jn} จะเป็นอิสระจากกันและมีลักษณะการกระจายเป็นแบบ Weibull หรือ Double Exponential (พิจารณาความแตกต่างของการกระจายแบบ Weibull และการกระจายปกติ ได้จากกราฟรูปที่ 3.5) แบบจำลอง Logit สำหรับทางเลือกมากกว่าสองทางจะเป็นไปตามสมการที่ 3.13 และมีชื่อเรียกเฉพาะว่า Multinomial Logit (MNL)

$$P_n(i) = \frac{e^{V_{in}}}{e^{V_{in}} + e^{V_{jn}} + e^{V_{kn}} + \ldots + e^{V_{nn}}}$$

หรือ

$$P_n(i) = \frac{e^{V_{in}}}{\sum_{k=1}^{n} e^{V_{kn}}} \quad \text{.............. (3.13)}$$



รูปที่ 3.5 ความแตกต่างระหว่างการกระจาย
แบบ Weibull และ Normal

3.4.4 แบบจำลองแบบแยกประเภทอื่น ๆ

นอกเหนือจากรูปแบบของแบบจำลองทั้งสามประเภทที่กล่าวไปแล้วข้างต้น คือ Linear, Probit และ Logit ยังมีรูปแบบอื่น ๆ อีกมากมายขึ้นอยู่กับการตั้งสมมุติฐานเกี่ยวกับการกระจายของเทอม Disturbance ว่าจะมีการกระจายเป็นแบบใด ตัวอย่างของรูปแบบอื่น ๆ ที่อาจพบเห็นกันบ้าง มีดังนี้

1) Arctan Probability Model

$$P_n(i) = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \tan^{-1} (V_{in}-V_{jn}) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (3.14)$$

โดยที่เทอม Inverse Tangent Function กำหนดในหน่วยของเรเดียน

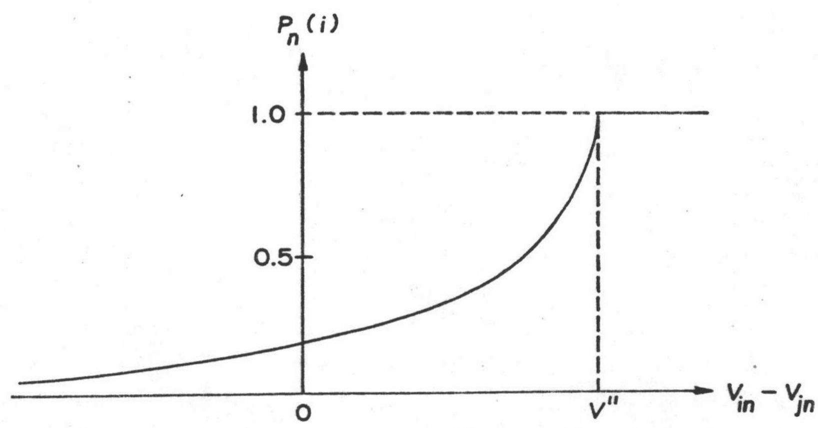
2) Right-truncated Exponential

$$P_n(i) = \begin{cases} e^{-(V^*-V_{in}+V_{jn})} & \text{ถ้า } V_{in}-V_{jn} < V^* \\ 1 & \text{ถ้า } V_{in}-V_{jn} >= V^* \end{cases} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (3.15)$$

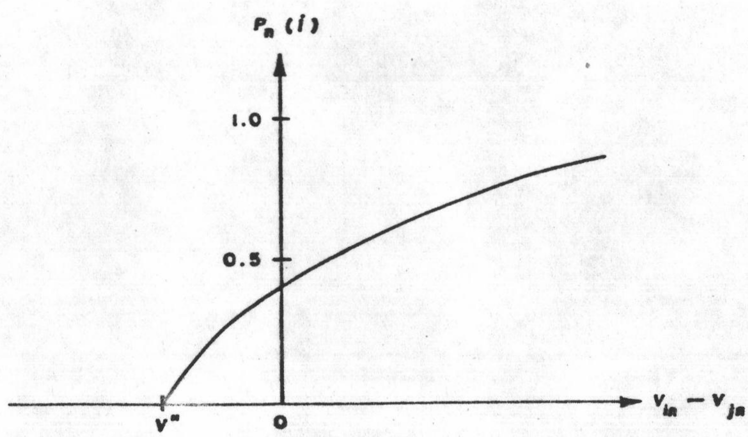
3) Left-truncated Exponential

$$P_n(i) = \begin{cases} 1-e^{-(V_{in}-V_{jn}-V^*)} & \text{ถ้า } V_{in}-V_{jn} > V^* \\ 0 & \text{ถ้า } V_{in}-V_{jn} <= V^* \end{cases} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (3.16)$$

กราฟของ Right และ Left-truncated Exponential แสดงไว้ในรูปที่ 3.6 และ 3.7 ตามลำดับ



รูปที่ 3.6 Right-truncated Exponential



รูปที่ 3.7 Left-truncated Exponential

อย่างไรก็ตามเนื่องจากรูปแบบของแบบจำลองมีมากมายเกินกว่าจะศึกษาได้หมดทุกประเภท ดังนั้นวิทยานิพนธ์เล่มนี้จึงศึกษาเฉพาะแบบจำลองแบบแยกประเภทLogit ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายมากที่สุดเพียงประเภทเดียวเท่านั้น

3.5 วิธีการทางคณิตศาสตร์สำหรับประมาณค่าพารามิเตอร์

การนำแบบจำลอง Logit ไปใช้ประมาณสัดส่วนการเดินทาง จำเป็นต้องทราบค่าพารามิเตอร์ B_1, B_2, B_3, ..., B_K ซึ่งประกอบอยู่ในฟังก์ชั่นอำนวยประโยชน์เสียก่อนจึงจะสามารถคำนวณสัดส่วนได้ซึ่งการหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เหล่านี้ ตามปกติกระทำได้โดยการปรับแก้ด้วยข้อมูลที่ได้มาจากการเก็บข้อมูลแบบสุ่มตัวอย่างมาจากพื้นที่ศึกษา ซึ่งแต่ละตัวอย่างจะประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

1) ตัวแปรบ่งบอกผลการตัดสินใจ (Indicator Variable) กำหนดได้ดังนี้

$$Y_{in} = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าบุคคล } n \text{ เลือกทางเลือก } i \\ 0 & \text{ถ้าบุคคล } n \text{ เลือกทางเลือก } j \end{cases}$$

และ $Y_{in} + Y_{jn} = 1$

2) ตัวแปรแสดงลักษณะที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกได้แก่ คุณลักษณะของรูปแบบการเดินทางและลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมของผู้เดินทางซึ่งในที่นี้แทนด้วยฟังก์ชั่น X_{in} และ X_{jn} โดยที่แต่ละฟังก์ชั่นประกอบด้วยตัวแปรที่เกี่ยวข้องทั้งสิ้น K ตัวแปร

การประมาณค่าพารามิเตอร์ B_1, B_2, B_3,..., B_K จากจำนวนตัวอย่างทั้งสิ้น N ตัว สามารถกระทำได้โดยวิธีการทางสถิติหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีจะมีรายละเอียดขั้นตอนการแก้ปัญหาที่แตกต่างกัน สำหรับแบบจำลองแบบแยก หรือ Disaggregate Model นิยมใช้วิธี Maximum Likelihood มาประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง โดยกำหนดให้ฟังก์ชั่น Likelihood เป็นดังนี้

$$L(B_1,B_2,B_3,\ldots,B_K) = \prod_{n=1}^{N} P_n(i)^{Yin}\ P_n(j)^{Yjn}$$

.... (3.17)

เมื่อ $P_n(i)$ เป็นฟังก์ชั่นของ B_1, B_2, $B_3,\ldots,$ B_K

ในการวิเคราะห์การหาค่าพารามิเตอร์จากสมการที่ 3.17 กระทำได้ยาก จึงหาโดยทางอ้อมจากฟังก์ชั่น Logarithm ของฟังก์ชั่น Likelihood ซึ่งเขียนใหม่ได้ว่า

$$\log L(B_1,B_2,B_3,\ldots,B_K) = \sum_{i=1}^{N}[Y_{in}\log P_n(i) + Y_{jn}\log P_n(j)]$$

.... (3.18)

โดยที่ $Y_{jn} = 1-Y_{in}$ และ $P_n(i) = 1-P_n(j)$ ดังนั้นสมการที่ 3.18 เขียนได้ดังนี้

$$\log L(B_1,B_2,B_3,\ldots,B_K) =$$

$$\sum_{n=1}^{N}\{Y_{in}\log P_n(i) + (1-Y_{in})\log[1-P_n(i)]\}$$

.... (3.19)

หาค่ามากที่สุดของ Logarithm ของฟังก์ชั่น Likelihood ได้โดยการหาค่าอนุพันธ์อันดับที่หนึ่งเทียบกับค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว และนำค่าที่ได้ไปเท่ากับศูนย์ ปัญหาจึงกลายเป็นดังนี้

$$\max \log L(B_1,B_2,B_3,\ldots,B_K) \qquad \text{..............} \ (3.20)$$

ซึ่งถ้าหากมีค่าได้ จะต้องสอดคล้องกับเงื่อนไขของอนุพันธ์ย่อยดังต่อไปนี้ด้วย

$$\frac{\partial \log(L)}{\partial B_k} = \sum_{n=1}^{N} \left\{ Y_{in} \frac{\partial P_n(i)/\partial B_k}{P_n(i)} + Y_{jn} \frac{\partial P_n(i)/\partial B_k}{P_n(j)} \right\} = 0$$

เมื่อ $k = 1, \ldots\ldots, K$

.... (3.21)

ในหลายกรณีพบว่า การแก้สมการที่ 3.21 กระทำได้ยากมาก จึงมีความจำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์และ Algorithm ต่าง ๆ เข้าช่วยในการหาค่าคำตอบ หลักการของ Algorithm ทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ก็คล้ายคลึงกับกระบวนการหาค่าเหมาะสมที่สุดทั่ว ๆ ไป (Numerical Optimization Procedures) คือ กระทำในลักษณะของการกระทำซ้ำ (Iteration) โดยที่แต่ละรอบของการคำนวณจะพยายามพุ่งเข้าใกล้จุดที่ทำให้สมการที่ 3.21 เป็นจริง และก่อให้เกิดค่ามากที่สุดของฟังก์ชั่น Log Likelihood

ชื่อเรียกของกระบวนการกระทำซ้ำที่ใช้ได้แก่ Newton-Raphson Algorithm มีขั้นตอนโดยสรุปดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 0 ทำการเลือกค่า $B_o = [B_{o1}, B_{o2}, \ldots, B_{oK}]$ เป็นค่าคาดเดาเริ่มต้นของพารามิเตอร์ที่ต้องการทราบคำตอบและถ้าหากไม่มีค่าใกล้เคียงอยู่ก่อน เพื่อความสะดวกจะเลือกใช้ค่า $B_o = 0$ เป็นค่าเริ่มต้น การแทนค่าครั้งนี้นับเป็นการกระทำซ้ำครั้งที่ $w = 0$

ในขณะเดียวกันก็ตั้งค่าความคลาดเคลื่อนของคำตอบที่ยอมรับได้เป็น e_1 และ e_2 ซึ่งมีค่าเป็นเลขบวกน้อย ๆ (ค่าทั่ว ๆ ไป $e_1 = 0.0001$ และ $e_2 = 0.01$)

ขั้นที่ 1 หาค่าที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น B_{w+1} จากสูตรโดยประมาณต่อไปนี้

$$S(B_{w+1}) + S'(B_w)(B_{w+1} - B_w) = 0$$

เมื่อ $S(B_{W+1})$ = อนุพันธ์อันดับที่หนึ่งของ Log Likelihood Function ณ $B = B_{W+1}$

$S'(B_w)$ = อนุพันธ์อันดับที่สองของ Log Likelihood Function ณ $B = B_w$

ขั้นที่ 2 แก้สมการหาค่า B_{W+1} ซึ่งจะได้ดังนี้

$$B_{W+1} = B_w - \frac{S(B_w)}{S'(B_w)}$$

ขั้นที่ 3 ตรวจสอบผลการคำนวณ ถ้า $B_{W+1} - B_w$ มีค่าน้อยมากตรงตามเงื่อนไขทั้งสองดังนี้

$$\left[\frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K}(B_{W+1,k} - B_{wk})^2\right]^{1/2} < e_1$$

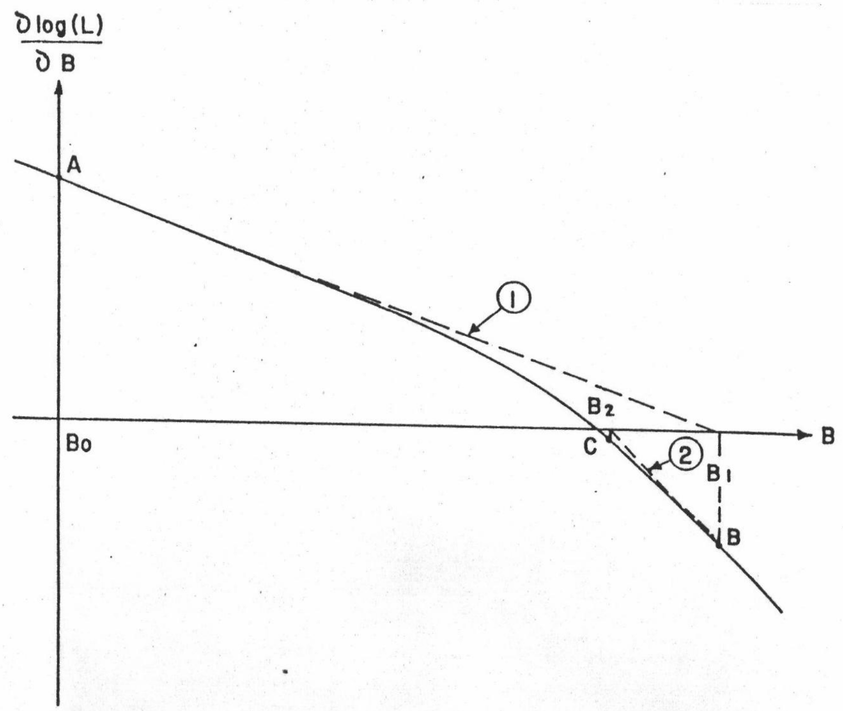
และ/หรือ

$$\left|\frac{B_{W+1,k} - B_{wk}}{B_{wk}}\right| < e_2 \quad \text{สำหรับทุก } k = 1,2,..,K$$

ถ้าหากเงื่อนไขทั้งสองเป็นจริง ก็สามารถสรุปได้ว่า B_{W+1} คือ ค่าคำตอบที่ต้องการและถ้ายังไม่จริงให้กระทำซ้ำรอบต่อไปโดยที่ $w = w + 1$ และไปทำตามขั้นที่ 1 อีกครั้ง เรียงตามลำดับจนกระทั่งสอดคล้องตรงตามเงื่อนไขของขั้นตอนที่ 3

กระบวนการกระทำซ้ำเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ตาม Algorithm ของ Newton-Raphson สามารถอธิบายได้ตามรูปที่ 3.8 ซึ่งเป็นกรณีที่สมการมีพารามิเตอร์เพียงตัวเดียวที่ไม่ทราบค่า จากรูปแกนตั้งเป็นแกนของอนุพันธ์อันดับที่หนึ่ง และแกนนอนเป็นแกนของค่าพารามิเตอร์

ค่าคาดเดาครั้งแรก B_0 มีค่าเท่ากับศูนย์ เมื่อแทนค่าในสมการจะให้ค่าแกนตั้งที่จุด A ถ้าหากลากเส้นตรงตามเส้นปะหมายเลข 1 มาตัดแกนนอน จะเห็นได้ชัดเจนว่า ณ จุดนั้น เมื่อ $B = B_1$ จะมีค่าใกล้เคียงกับค่าคำตอบที่ต้องการมากกว่า B_0 ซึ่งเส้นปะหมายเลข 1 นี้คือ ค่าประมาณของสมการที่ 3.21 ด้วยเส้นตรง ณ จุด A และค่า B_1 ที่ได้นี้จะนำมาใช้เป็นค่าคาดเดาครั้งต่อไปของการคำนวณ จากจุด B_1 หากเราประมาณด้วยเส้นตรงต่อไปจะได้เส้นปะหมายเลข 2 ซึ่งเห็นได้ชัดเจนว่ายิ่งเข้าใกล้ค่าคำตอบมากขึ้น โดยได้ค่า B_2 เป็นค่าคาดเดาในรอบต่อไป กระทำการแทนค่าซ้ำไปหลาย ๆ รอบ จนกระทั่งความแตกต่างของค่าคาดเดา 2 ครั้งสุดท้ายมีความแตกต่างกันภายในขอบเขตที่กำหนด ก็จะสามารถสรุปได้ว่า B ครั้งสุดท้าย คือ ค่าคำตอบที่ต้องการ



รูปที่ 3.8 การหาค่าคำตอบด้วย Newton-Raphson algorithm

3.6 <u>วิธีการคาดคะเนความต้องการรวมจากแบบจำลองแบบแยก</u>

สมมติฐาน, ทฤษฎีและแบบจำลองที่ได้จากการวิเคราะห์ในบทที่ 3 ล้วนแล้วแต่เกี่ยวข้องกับการคาดการณ์พฤติกรรมรายบุคคลภายใต้สถานการณ์ที่จำเป็นต้องเลือกกระทำตามทางเลือกต่าง ๆ อย่างไรก็ตามการคาดการณ์พฤติกรรมรายบุคคลนั้น แทบจะไม่มีประ

โยชน์อะไรเลยในงานทางด้านการลงทุนหรือการวางแผนงานเพื่อสาธารณชน ในทางตรงกันข้าม การตัดสินใจเพื่อสาธารณชนจำเป็นต้องใช้ข้อมูลที่อ้างอิงถึงระดับปริมาณความต้องการโดยส่วนรวม เช่น จำนวนเที่ยวการเดินทางต่อวันของประชากรในเมืองหลวง ปริมาณสินค้าทั้งหมดที่ถูกส่งไปมาระหว่างเมืองต่าง ๆ ดังนั้นในหัวข้อนี้ จะกล่าวถึงวิธีการคาดคะเนความต้องการรวมโดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองแบบแยกที่ได้กล่าวมาในหัวข้อก่อน ๆ

วิธีการที่นำมาใช้ในการคาดคะเนความต้องการรวม ควรจะมีข้อดีอย่างน้อย 3 ประการ คือ 1) ต้องการใช้ข้อมูลประกอบการคำนวณน้อยที่สุด 2) มีขั้นตอนการคำนวณที่ไม่ยุ่งยากจนเกินไป 3) มีความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ต่ำ Koppelman (1975) ได้สรุปวิธีการคาดคะเนเอาไว้หลายวิธี แต่ในปัจจุบันนี้มีอยู่ 2 วิธีการเท่านั้นที่ได้รับการยอมรับใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่

3.6.1 Average Individual

การคาดคะเนโดยวิธีการนี้จะต้องสร้างตัวแทนของรายบุคคล (Representative Individual) ขึ้นมา โดยใช้ค่าตัวเลขนั้นเป็นตัวแทนของกลุ่มประชากรทั้งหมดหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ การใช้ค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากรนั่นเอง เช่น ในกลุ่มประชากรประกอบด้วยกลุ่มบุคคลย่อย 2 กลุ่มเท่านั้น ซึ่งมีคุณลักษณะประจำกลุ่มเป็น X_1 และ X_2 ตามลำดับเพราะฉะนั้นตัวแทนของรายบุคคลเท่ากับค่าเฉลี่ยระหว่าง X_1 และ X_2 นั่นเอง นำเอาค่าเฉลี่ยนี้ไปแทนค่าลงในแบบจำลองก็จะได้สัดส่วนของความต้องการรวมสำหรับทางเลือกต่าง ๆ วิธีการนี้เขียนแทนด้วยสัญญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ดังสมการที่ 3.22

$$W(i) = P(i|x) \qquad \text{.............. (3.22)}$$

เมื่อ $W(i)$ = สัดส่วนความต้องการรวม

X = ตัวแทนรายบุคคลของประชากร เท่ากับ ค่าเฉลี่ย ของ X_1 และ X_2

$P(i|x)$ = แบบจำลองการเลือกรายบุคคล เมื่อแทนค่าตัวแปรด้วย X

3.6.2 Classification

วิธีการนี้เป็นส่วนขยายมาจากแบบแรก โดยจะไม่นำค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มมาใช้ แต่จะใช้ค่าประจำของแต่ละกลุ่มแทนค่าลงในแบบจำลองโดยตรง แล้วจึงถ่วงน้ำหนักด้วยสัดส่วนของจำนวนประชากรในกลุ่มต่อจำนวนประชากรทั้งหมด หากสรุปเป็นขั้นตอนจะได้ดังนี้

1) แบ่งประชากรรวม T ออกเป็นกลุ่มย่อยทั้งสิ้น G กลุ่มตามลักษณะเฉพาะของกลุ่ม

2) ประมาณจำนวนประชากรในแต่ละกลุ่มย่อย สมมติว่าเป็น N_g, เมื่อ $g = 1,2,3,...,G$

3) สำหรับแต่ละบุคคลในกลุ่มย่อยจะมีลักษณะเฉพาะที่เหมือนกันเป็น $\widetilde{X}_g$

4) ประมาณค่าสัดส่วนความต้องการรวมโดย

$$W(i) \cong \sum_{g=1}^{G} \frac{N_g}{N_T} P(i|\widetilde{X}_g) \quad .... (3.23)$$

จะสังเกตุได้ชัดเจนว่า วิธีการ Classification จะเหมือนกับวิธีการ Average Individual เมื่อ $G = 1$ และ $X_1 = X$

การคาดคะเนปริมาณความต้องการรวมตามวิธีการนี้มีข้อดี คือ สามารถคำนวณได้ค่าที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริง โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าหากมีการแบ่งกลุ่มย่อยออกให้มากขึ้น และนำคุณลักษณะของแต่ละกลุ่มมาใช้ แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นการกระทำเช่นนี้ จำเป็นต้องใช้ข้อมูลมากขึ้นและคำนวณยากขึ้นบ้างเป็นข้อแลกเปลี่ยน