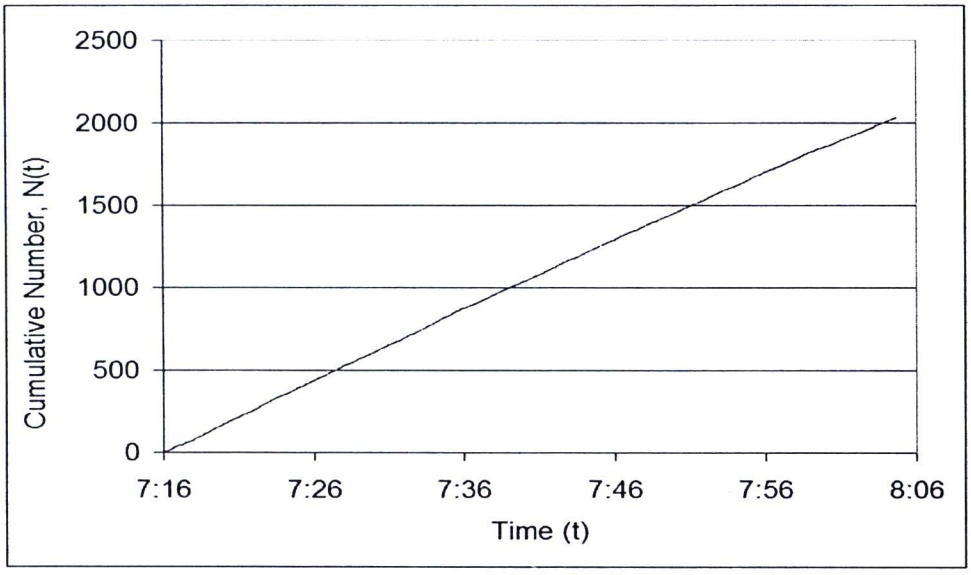
# บทที่ 2

# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการวิจัยนี้เป็นการอธิบายถึงลักษณะและความสำคัญของกราฟสะสมเชิงเอียงที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์กระแสจราจร แล้วจึงกล่าวถึงนิยามความหมายคอขวดจราจรและความจุ เพื่อความเข้าใจในสภาพปัญหาของคอขวดจราจรที่จะทำการศึกษา ลักษณะแนวทางการวิเคราะห์ และความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนช่องทางจราจรกับกระแสจราจรบริเวณก้างปลา ซึ่งได้ทบทวนจากงานวิจัยที่ผ่านมาโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

## 2.1 กราฟสะสมเชิงเอียง (Oblique Cumulative Count Curves)

ในการศึกษาปัญหาจราจรนั้นมีเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลอยู่หลายรูปแบบ อย่างก็ตาม ในงานวิจัยนี้ได้ใช้กราฟสะสมเชิงเอียง เนื่องจากสามารถแปลงข้อมูลดิบที่เป็นตัวเลข ซึ่งได้นับรถจากภาพข้อมูลวิดีทัศน์ โดยสามารถตรวจสอบความผิดพลาด หรือดูภาพข้อมูลย้อนหลังไปกับการวิเคราะห์กราฟได้ เพื่อดูเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน จึงมีความถูกต้องสูง โดยจะกล่าวถึงที่มาของกราฟสะสมเชิงเอียง ดังนี้




ภาพที่ 2.1 เส้นกราฟสะสมที่ใช้ในการวิเคราะห์การจราจร

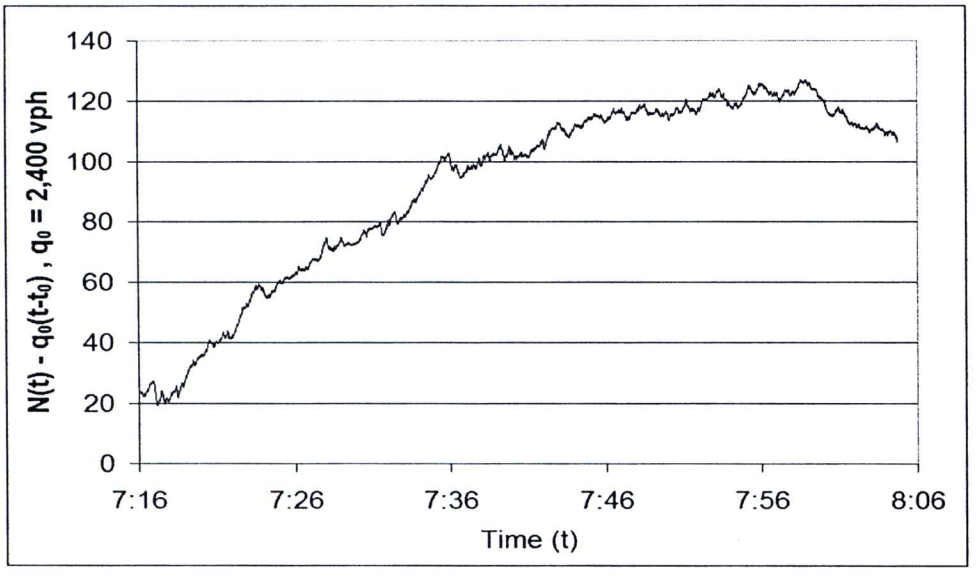
การวิเคราะห์จราจรจะใช้กราฟสะสมของจำนวนรถที่เคลื่อนที่ผ่านจุด ๆ หนึ่งกับเวลา (Cumulative Curves หรือ N-t Plot) ซึ่งเป็นวิธีการวิเคราะห์มาตรฐานที่ใช้กันโดยทั่วไป แต่การใช้วิธีกราฟสะสมในลักษณะนี้ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์การจราจรที่มีปริมาณมาก

เพราะว่าเส้นกราฟมีอุปสรรคต่อการวิเคราะห์ด้วยตาเปล่า ซึ่งไม่สามารถแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการจราจรได้อย่างชัดเจน ดังแสดงในภาพที่ 2.1

ดังนั้น Cassidy และ Widower (1995) จึงได้เสนอวิธีการสร้างกราฟสะสมที่ปรับขนาดใหม่ (Rescaled Cumulative Plot) โดยจำนวนสะสมเชิงเอียง ($O(t)$, Oblique Cumulative Number) เท่ากับการนำจำนวนสะสม ($N(t)$, Cumulative Number) ที่ได้กล่าวมาข้างต้นนี้มาลบด้วยกระแสการการเคลื่อนที่ต่อชั่วโมง ($q_0$, Background Flow) ซึ่งนำไปคูณกับเวลาที่เพิ่มขึ้นมาจากเวลาเริ่มต้น ($t - t_0$) ดังแสดงในสมการที่ 2.1

$$O(t) = N(t) - q_0(t - t_0) \qquad \text{(สมการที่ 2.1)}$$

วิธีการเช่นนี้จะช่วยขยายผลความแตกต่างระหว่างปริมาณการจราจรที่เกิดขึ้นจริงกับกระแสจราจรต่อชั่วโมงที่สมมติขึ้นมาได้อย่างชัดเจน ซึ่งจะนำไปสู่การวิเคราะห์ปัญหาทางจราจรได้แม่นยำ กราฟสะสมเชิงเอียงจึงเป็นวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลกระแสจราจรอย่างละเอียด ดังแสดงในภาพที่ 2.2 เป็นการปรับข้อมูลการจราจรจากภาพที่ 2.1 ซึ่งจะพบว่ากราฟสะสมเชิงเอียงนี้สามารถมองเห็นการเปลี่ยนแปลงของกระแสการเคลื่อนที่ได้อย่างชัดเจน



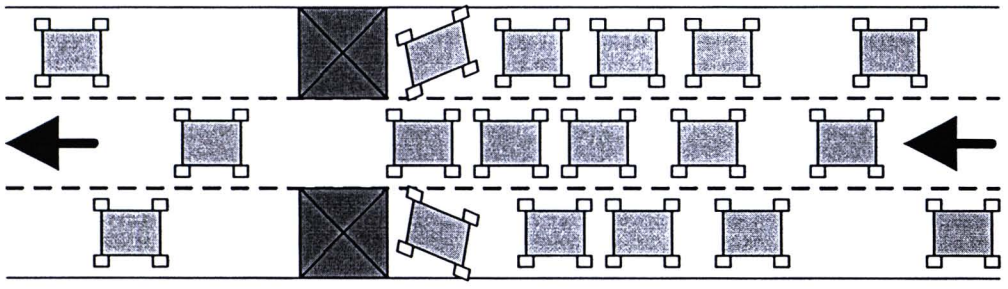

ภาพที่ 2.2 เส้นกราฟสะสมเชิงเอียงที่ใช้ในการวิเคราะห์การจราจร
(Background flow = 2,400 คันต่อชั่วโมง)

จนกระทั่ง Munoz และ Daganzo (2002) ได้นำการสร้างกราฟสะสมที่ปรับขนาดใหม่ไปใช้ในการศึกษางานวิจัย และพบว่ากราฟที่มีลักษณะเหล่านี้เปรียบเสมือนกับการวาดกราฟสะสมปกติโดยใช้แกนเอียง (Oblique Coordinate Axis) ซึ่งต่อมาจึงเรียกกราฟประเภทนี้ว่ากราฟ

สะสมเชิงเอียง (Oblique Cumulative Plot) ซึ่งเทคนิคการใช้กราฟจำนวนรถสะสมเชิงเอียงเป็นอีกเทคนิคหนึ่งที่สำคัญสำหรับการวิเคราะห์ปัญหาคอขวดจราจร ซึ่งลำดับต่อไปได้กล่าวถึงลักษณะของคอขวดจราจร

**2.2 นิยามของคอขวดจราจร (Bottleneck)**

กราฟสะสมเชิงเอียงเป็นเครื่องมือการวิเคราะห์จราจรอย่างหนึ่ง ที่สามารถใช้ในการวิเคราะห์กระแสจราจรคอขวดจราจร (Bottleneck) ได้ โดย Daganzo (1999) ได้ให้นิยามพฤติกรรมของคอขวดจราจรไว้ว่า การเกิดปัญหาคอขวดจราจรในบริเวณถนน จะสามารถสังเกตได้จากในบริเวณต้นทาง (Upstream) ของถนนเกิดการจราจรติดขัดหรือรถเกิดการชะลอความเร็วและไม่สามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วอิสระเนื่องจากถูกจำกัดโดยปัจจัยต่างๆ แต่เมื่อรถเคลื่อนที่ผ่านบริเวณดังกล่าวไปแล้ว จนถึงในช่วงปลายทาง (Downstream) ของถนน ซึ่งรถสามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วอิสระ จะถือว่าเป็นบริเวณที่รถเคลื่อนที่ผ่านคอขวดจราจรไปแล้ว ดังแสดงในภาพที่ 2.3 กล่าวคือ คอขวดจราจรจะเกิดขึ้นในบริเวณต้นทางของถนนที่เกิดปัญหาการจราจรติดขัด แต่ในบริเวณปลายทางของถนนรถสามารถเคลื่อนตัวได้อย่างอิสระ โดยการศึกษาสภาพคอขวดจราจรมักนำไปใช้ในการศึกษาหาความจุคอขวด ซึ่งแตกต่างจากความจุของถนนที่ได้กล่าวในลำดับต่อไป



ภาพที่ 2.3 คอขวดจราจร

**2.3 ความจุของถนน (Highway Capacity)**

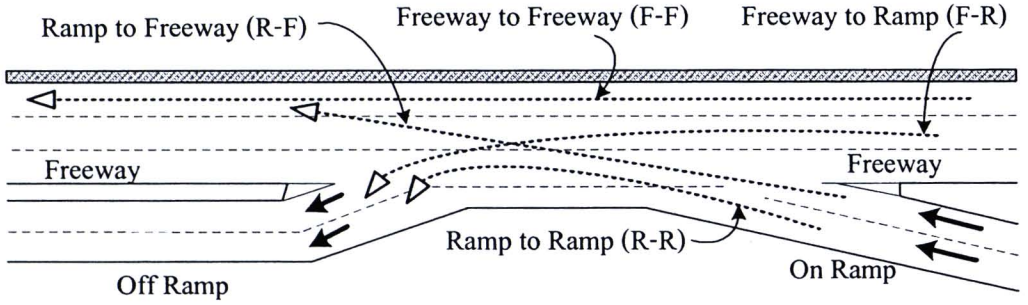
การศึกษาสภาพคอขวดจราจรจำเป็นต้องเข้าใจถึงความจุของถนน ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญในการอธิบายการเกิดคอขวดจราจร จากคู่มือความจุของถนน (Highway Capacity Manual, Transportation Research Board (2000)) ได้ให้คำจำกัดความของความจุของถนนไว้คือ ปริมาณรถสูงสุดที่เคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกัน ผ่านผู้สังเกตที่อยู่ประจำที่ต่อหน่วยเวลา มีหน่วยเป็นปริมาณรถต่อชั่วโมงต่อช่องทางจราจร

โดย Daganzo (1999) ได้ให้ความเห็นว่าพฤติกรรมของการเกิดปัญหาคอขวดนั้นเป็นเรื่องที่ยังไม่มีการศึกษาอย่างเป็นระบบในวิศวกรรมจราจร และเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดในการจัดการจราจรในสถานที่ต่าง ๆ โดยคำนึงว่าในการแก้ไขปัญหาระบบจราจรนั้น ถ้าสามารถดำเนินการให้มีอัตราการเคลื่อนตัวบริเวณคอขวดมากที่สุด ก็จะส่งผลทำให้ความล่าช้าของระบบต่ำที่สุดด้วย

โดยงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงปัญหาคอขวดจราจรที่เกิดจากการเปลี่ยนช่องทางจราจรของรถที่ต้องการวิ่งเข้าและออกจากทางด่วน ดังนั้นจะขอกล่าวถึงเฉพาะทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับคอขวดจราจรแบบก้างปลาในลำดับต่อไป

**2.4 คอขวดแบบก้างปลา (Weaving Bottleneck)**

การเกิดคอขวดจราจรมีหลายรูปแบบแต่ในการศึกษานี้จะมุ่งนี้ไปที่คอขวดแบบก้างปลา ที่มีความซับซ้อนทางวิศวกรรมจราจรมากกว่าแบบอื่นๆ ซึ่งคู่มือการออกแบบถนน (Highway Design Manual, California Department of Transportation (2006)) ได้ให้คำจำกัดความของก้างปลาหรือการตัดกันของกระแสจราจร (Weaving) คือ การเคลื่อนที่ของกระแสจราจรที่เกิดการตัดกันของรถบนถนนที่มีทิศทางจราจรเดียว ซึ่งเกิดจากทางร่วมและทางแยก โดยมีการเคลื่อนที่ 4 รูปแบบ คือ 1.ทางด่วนไปทางด่วน (Freeway to Freeway หรือ F-F) 2.ทางด่วนไปทางออกทางด่วน (Freeway to Ramp หรือ F-R) 3.ทางเข้าทางด่วนไปทางด่วน (Ramp to Freeway หรือ R-F) 4. ทางเข้าทางด่วนไปทางออกทางด่วน (Ramp to Ramp หรือ R-R) โดยบริเวณที่มีกระแสจราจรตัดกันในเส้นทาง (Weaving Section) คือ ส่วนความยาวของถนนหนึ่งทิศทางซึ่งถูกออกแบบเพื่อจัดการกับการตัดกันของกระแสจราจร ที่ปลายข้างหนึ่งของถนนเป็นทางร่วม (Merge) และที่ปลายอีกข้างเป็นทางแยก (Diverge) ดังแสดงในภาพที่ 2.4 โดยอาจจะมีช่องทางเสริม (Auxiliary Lane) คือ ส่วนของถนนที่รองรับการตัดกันของกระแสจราจร การเดินทางของรถบรรทุก การเปลี่ยนความเร็ว หรือสำหรับจุดประสงค์อื่นๆ เพื่อให้จราจรเคลื่อนที่ได้อย่างทั่วถึง




ภาพที่ 2.4 บริเวณที่เกิดการตัดกันของกระแสจราจร

## 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวกับคอขวดแบบก้างปลา (Research on Weaving Bottlenecks)

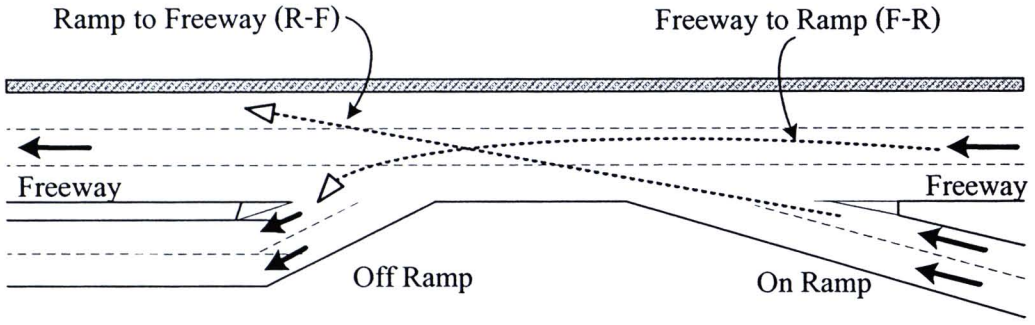
งานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับคอขวดจราจรแบบก้างปลานั้นยังมีอยู่น้อย โดยงานวิจัยบางส่วนได้ทำการศึกษาสภาพพฤติกรรม รูปแบบการเกิดคอขวดจราจร เพื่อทำความเข้าใจถึงปัจจัยที่ก่อให้เกิดสาเหตุของปัญหาคอขวด และส่วนมากจะเป็นการทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยรายละเอียดของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคอขวดแบบก้างปลามีดังนี้

Kwon (1999) พบปรากฏการณ์ที่น่าสนใจคือ การตัดกันของกระแสจราจรที่เพิ่มขึ้น ทำให้รถซึ่งเคลื่อนที่จากทางด่วนไปสู่ทางออกของทางด่วนหรือ F-R มีแนวโน้มจะเปลี่ยนช่องทางใกล้กับทางร่วมมากขึ้น จากการศึกษาพบว่าพฤติกรรมการเปลี่ยนช่องทางมีอิทธิพลต่อการเกิดคอขวดแบบก้างปลา (Activation of Weaving Bottleneck) และปริมาณการเคลื่อนที่ออก (Discharge Flow) แต่ไม่ได้วิเคราะห์ในเชิงปริมาณถึงอิทธิพลดังกล่าวแต่อย่างใด เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยของ Kwon (1999) มาจากเครื่องตรวจนับรถแบบขดลวดเหนี่ยวนำ (Inductive Loop Detector) ซึ่งทำให้ไม่สามารถเข้าใจรายละเอียดของพฤติกรรมที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน และอาจมีความผิดพลาดในการคำนวณหาจำนวนรถยนต์ได้ ถ้ามีการเปลี่ยนช่องทางจราจรใกล้บริเวณขดลวด ดังนั้นการศึกษานี้จึงใช้การเก็บข้อมูลด้วยกล้องวีดิทัศน์ทั้งหมดเพื่อให้ได้ความละเอียดในการศึกษาสูงสุด

Lee และ Cassidy (2009) ได้ศึกษาคอขวดจราจรแบบก้างปลา โดยเก็บข้อมูลจราจรจากพื้นที่ศึกษา 2 แห่งด้วยกล้องวีดีทัศน์ และทำการศึกษาโดยใช้วิธีการแผนภาพกราฟสะสมเชิงเอียงมาอธิบายถึงบริเวณก้างปลา ซึ่งพบว่าคอขวดนี้ไม่ได้เกิดขึ้นโดยแถวคอยที่ล้นออกมาจากปลายทางและทางออกทางด่วน ซึ่งใช้วิธีการแยกศึกษาแต่ละช่องทางจราจร เพื่อหาผลกระทบของการเปลี่ยนช่องทางด้วยความจำเป็นต่อปริมาณการเคลื่อนที่ โดยได้พบว่าการเปลี่ยนช่องทางด้วยความจำเป็น (Mandatory Lane Changes) มีผลกระทบต่อปริมาณจราจรที่ออกจากคอขวด (Discharge Flow) โดยระยะแรกของการเกิดคอขวดจะมีปริมาณจราจรที่ออกจากคอขวดลดลง จากการที่ปริมาณรถที่เข้าทางด่วน(On-ramp flow) ลดลง ซึ่งต่อมาเมื่อปริมาณรถที่เข้าทางด่วน (On-ramp flow) มากขึ้น ก็จะทำให้ปริมาณจราจรที่ออกจากคอขวดเพิ่มขึ้นด้วย งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าปริมาณการจราจรที่เข้าทางด่วน (On-ramp flow) เป็นเหตุให้มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณการเคลื่อนที่ออกจากคอขวด (Discharge flow) เนื่องจากมีการเปลี่ยนช่องทางด้วยความจำเป็น ดังแสดงในภาพที่ 2.5 โดยแบ่งประเภทการขับขี่ออกเป็นการขับขี่แบบ F-R และการขับขี่แบบ R-F กล่าวคือ การลดลงของปริมาณการเคลื่อนที่เข้าทางด่วน นั้นช่วยส่งเสริมให้มีการเปลี่ยนช่องทาง F-R ใกล้จุดทางร่วม ซึ่งนำไปสู่การลดลงของปริมาณการเคลื่อนที่ออกจากคอขวด และการเพิ่มขึ้นของปริมาณการเคลื่อนที่เข้าทางด่วน นั้นไม่เป็นการส่งเสริมการเปลี่ยนช่องทาง F-R ใกล้จุดทางร่วม ซึ่งทำให้

ปริมาณการเคลื่อนที่ออกจากคอขวดเพิ่มขึ้น อันเป็นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการเคลื่อนที่เข้าทางด่วนกับปริมาณการเคลื่อนที่ออกจากคอขวด

อย่างไรก็ตาม Lee และ Cassidy (2009) ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจราจรที่ออกจากทางด่วน (Off-ramp flow) และปริมาณการเคลื่อนที่ผ่านคอขวด (Bottleneck Flows) โดยในวันแรกของการเกิดคอขวด ปริมาณจราจรที่ออกจากทางด่วนที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ปริมาณการเคลื่อนที่ออกจากคอขวดลดลง ขณะที่ไม่พบความสัมพันธ์ดังกล่าวในวันที่สองของการเกิดคอขวด




ภาพที่ 2.5 รูปแบบของการเปลี่ยนช่องทางด้วยความจำเป็น

Lee และ Cassidy (2009) ได้ทำการศึกษาบนพื้นที่ศึกษา 2 แห่ง และได้ข้อสรุปดังนี้

1. คอขวดจราจรแบบก้างปลาเกิดจากส่วนที่ตัดกันของกระแสจราจร ซึ่งพบการกระจายตัวของการเปลี่ยนช่องทาง F-R
2. ปริมาณการเคลื่อนที่ออกจากคอขวดแปรผกผันกับการกระจายตัวของการเปลี่ยนช่องทาง F-R
3. สภาพการจราจรบนช่องทางเสริม (Auxiliary Lane)ในบริเวณที่มีการตัดกันของกระแสจราจร นั้นจะมีผลต่อการกระจายตัวของการเปลี่ยนช่องทาง
4. ปริมาณจราจรที่เข้าสู่ทางด่วนที่ลดลง ทำให้รถบนทางด่วนหันมาใช้ช่องทางเสริมเพิ่มขึ้น

โดยสรุปแล้ว ปริมาณจราจรที่เข้าทางด่วนที่เพิ่มขึ้น (On-ramp flow) นั้นจะช่วยลดปริมาณจราจรที่จะเข้ามาใช้ช่องทางเสริม ซึ่งทำให้ลดการเปลี่ยนช่องทาง F-R ในบริเวณที่ใกล้ทางเข้าทางด่วน ดังนั้น ปริมาณการเคลื่อนที่ผ่านคอขวด (Discharge Flow) จะมีค่าเพิ่มขึ้น

ในงานวิจัยนี้ จะทำการเก็บข้อมูลคอขวดจราจรแบบก้างปลาโดยประยุกต์ใช้กราฟสะสมเชิงเอียงเพื่อทำการยืนยันความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจราจรที่เข้าทางด่วน (On-ramp flow)

กับความจุคอขวด (Bottleneck Capacity) ที่ Lee และ Cassidy (2009) ได้สรุปเบื้องต้นไปแล้ว แต่จะทำการเปรียบเทียบเพิ่มเติมหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจราจรที่ออกจากทางด่วน (Off-ramp flow) กับความจุคอขวดด้วย เพื่อให้ครอบคลุมปัจจัยทั้งหมดที่มีผลต่อความจุของถนน อีกทั้งยังใช้กราฟสะสมเชิงเอียงสร้างแผนภาพการเปลี่ยนช่องทางจราจร เพื่อให้เกิดความเข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจราจรที่เข้าและออกทางด่วนและความจุคอขวด

งานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความจุของคอขวดแบบก้างปลานั้น จะเป็นการสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายความจุบริเวณก้างปลาเท่านั้น โดยไม่ได้ทำการตรวจสอบกับข้อมูลจริง โดย Lertworawanich และ Elefteriadou (2002) ได้พัฒนาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ทำนายความจุบริเวณก้างปลา โดยค่าความจุที่ทำนายด้วยแบบจำลอง นั้นเทียบได้กับการประมาณจากคู่มือความจุของถนน (Highway Capacity Manual, Transportation Research Board (2000)) ซึ่งพบว่าปริมาณการเคลื่อนที่ตัดกระแสจราจรจะทำให้เกิดช่องว่างบนถนนจากการเปลี่ยนช่องทาง และถ้ามีปริมาณการเคลื่อนที่ตัดกระแสจราจรมากเกินไป ปริมาณดังกล่าวจะสร้างความวุ่นวายให้กับช่องทางอื่น ซึ่งเป็นการลดความจุบริเวณก้างปลา อีกทั้งความจุในบริเวณก้างปลาจะเพิ่มขึ้นในอัตราที่น้อยกว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของความจุในบริเวณปกติ (Basic Segment)

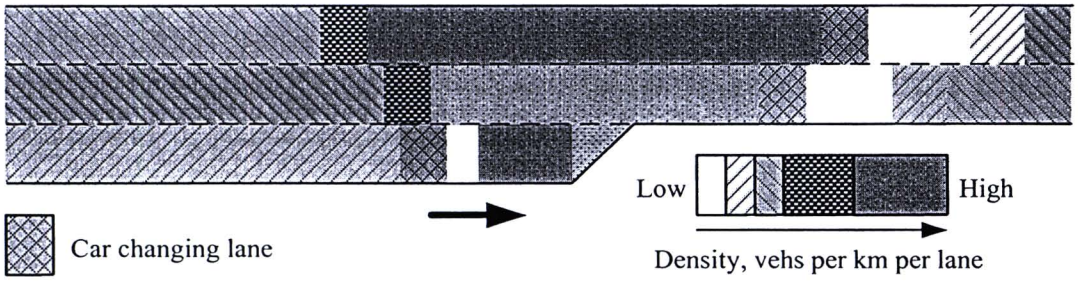
ในคู่มือความจุของถนน หรือ HCM ได้อธิบายการหา Weaving Capacity ด้วยการใช้ตารางเปรียบเทียบแยกตามชนิดของคอขวดจราจรแบบ A B และ C แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณผ่านสมการทางคณิตศาสตร์ อย่างไรก็ตาม ค่า Weaving Capacity ที่คำนวณไม่ได้มาจากข้อมูลภาคสนามโดยตรง แต่เป็นการคำนวณจากปัจจัยที่สมมติจากความเป็นจริงแทน

ในงานวิจัยของ Denney และ Williams (2005) ได้ศึกษาแบบจำลองถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) ของ JHK (1984) และ HCM (1985) ที่ใช้ข้อมูลจากรัฐแคลิฟอเนียทำแบบจำลอง พบว่าแบบจำลองมีค่า $R^2$ ต่ำกว่า 0.10 และ 0.40 ตามลำดับ อีกทั้ง Cassidy, *et al* (1989) ได้พัฒนาหลายแบบจำลองโดยใช้การวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้น พบว่าแบบจำลองโดยส่วนใหญ่มีค่า $R^2$ ต่ำ ต่อมา Wa'el H. 'Awad (2004) ได้พัฒนาทางเลือกในการประมาณความจุบริเวณก้างปลาด้วยใช้แบบจำลองถดถอยเชิงเส้น โดยให้ผลลัพธ์ที่ดีมากสำหรับก้างปลาแบบ A หรือการตัดกันของการเคลื่อนที่จากทางเข้าและออกทางด่วน (Ramp-Weave) ซึ่งเป็นก้างปลาแบบเดียวกันกับงานวิจัยนี้

## 2.6 ทฤษฎีพฤติกรรมการเปลี่ยนช่องทางจราจรของผู้ขับขี่ (Theory of Driver Lane-Changing Behavior)

การเปลี่ยนช่องทางจราจรเป็นสาเหตุที่สำคัญของการเกิดคอขวดแบบก้างปลาและมีผลโดยตรงต่อความจุของคอขวดอย่างมาก Laval และ Daganzo (2006) ได้ค้นพบว่าการเปลี่ยน

ช่องทางจราจรเกิดจากความต้องการเพิ่มความเร็วของผู้ขับขี่ ซึ่งหลักการของทฤษฎีคือ การเปลี่ยนช่องทางจราจรของรถจะกระทำตัวเหมือนคอขวดจราจรเคลื่อนที่บนช่องจราจร ด้วยการเร่งความเร็วในช่องทางและเปลี่ยนช่องทางจราจรอันนำไปสู่การเปลี่ยนช่องทางจราจรในช่องทางอื่นตามมา กล่าวคือ หากมีช่องทางใดช่องทางหนึ่งมีความต้องการเพิ่มความเร็วในการขับขี่ ความต้องการดังกล่าวจะทำให้เกิดการเปลี่ยนช่องทางจราจร โดยช่องทางที่ใกล้กับช่องทางดังกล่าวก็จะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนช่องทางจราจร ซึ่งช่องทางที่ได้รับผลกระทบจะเกิดความต้องการที่จะเปลี่ยนช่องทางจราจรด้วย โดยการศึกษานี้ได้ใช้แบบจำลองเหตุการณ์ของช่องทางจราจรที่ลดลง (Simulation Lane-Drop) มาอธิบายพฤติกรรมที่เกิดขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 2.6 โดยการขับขี่เปลี่ยนช่องทางจะสร้างช่องว่างในกระแสจราจร ซึ่งช่องว่างดังกล่าวจะไปลดปริมาณการเคลื่อนที่ออกจากคอขวด (Bottleneck Discharge Flow)




ภาพที่ 2.6 แบบจำลองเหตุการณ์ของช่องทางจราจรที่ลดลง

การเปลี่ยนช่องทางจราจรเป็นสาเหตุหลักของปริมาณจราจรรวมที่ลดลง โดย Laval และ Daganzo พบว่าช่วงแรกของระยะเวลาที่มีการเปลี่ยนช่องทางจราจรน้อย นั้นรถจะเคลื่อนที่ไปได้อย่างอิสระ ซึ่งทุกตำแหน่งมีการอัตราการเคลื่อนที่เท่ากัน และช่องไหล่ทางมีรถขับขี่ใช้งานน้อยมาก แต่เมื่อเข้าสู่ระยะเวลาช่วงถัดมา นั้นรถมีการเปลี่ยนช่องทางจราจรมากขึ้น จึงเกิดคอขวดบริเวณต้นทาง ส่งผลให้อัตราการเคลื่อนที่ลดต่ำลง จึงทำให้มีการใช้ช่องไหล่ทาง เพื่อการเปลี่ยนช่องทางจราจรบริเวณต้นทางคอขวดมากขึ้น ซึ่งความเร็วของแต่ละช่องทางที่แตกต่างกันทำให้มีการเปลี่ยนช่องทางจราจรใกล้คอขวดมากขึ้น จากการศึกษาจะพบเหตุการณ์ 2 อย่างดังนี้

1. เมื่อช่องทางที่ขับขี่มีความเร็วลดลง นั้นจะส่งผลให้มีจำนวนการเปลี่ยนช่องทางจราจรออกจากช่องทางดังกล่าวเพิ่มขึ้น
2. เมื่อช่องทางที่ขับขี่มีความเร็วเพิ่มขึ้น และความเร็วในการเคลื่อนที่ของแต่ละช่องทางมีความแตกต่างกันลดลง นั้นจะทำให้จำนวนการเปลี่ยนช่องทางจราจรลดลง ส่งผลให้การกระจายตัวของรถที่เปลี่ยนช่องทาง ซึ่งไปรบกวนการเคลื่อนที่มีแนวโน้มลดลง

งานวิจัยของ Laval และ Daganzo ดังที่กล่าวมาบอกถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนช่องทางจราจรบนทางด่วนบริเวณที่มีการตัดกันของกระแสจราจร ด้วยการอธิบายถึงพฤติกรรมการเปลี่ยนช่องทางจราจร ที่เกิดจากความเร็วของรถในช่องทางจราจร ซึ่งจะส่งผลกระทบไปสู่ช่องทางใกล้เคียง อีกทั้งอธิบายถึงพฤติกรรมการใช้ช่องไหล่ทางที่เสมือนเป็นช่องทางจราจรทั่วไป เพื่อใช้ในการเปลี่ยนช่องทาง ซึ่งช่วยเน้นถึงความสำคัญของการเปลี่ยนช่องทางจราจรที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความจุของคอขวดจราจร แต่อย่างไรก็ตามแบบจำลองของงานวิจัยนี้ไม่ได้ออกแบบไว้สำหรับส่วนที่มีการตัดกันของกระแสจราจรหรือก้างปลา

อีกทั้ง Laval, *et al* (2005) ยังมีการศึกษาที่ใกล้เคียงกับบทความที่ผ่านมา ซึ่งเป็นการศึกษาช่องทางจราจรที่ลดลงจากสภาพทางกายภาพของโครงสร้าง แต่บทความนี้เป็นการศึกษาการเปลี่ยนช่องทางจราจรของรถในแบบจำลองผสมถนนหลายช่องทางจราจร (Multilane Hybrid : MH) ซึ่งเป็นช่องทางจราจรที่ลดลงจากสภาพการจราจร โดยพื้นที่ศึกษาไม่มีช่องทางสำหรับเร่งความเร็ว (Acceleration Lane) ซึ่งสภาพการจราจรมีปัจจัยมาจากการเปลี่ยนช่องทางจราจร เพราะช่องทางที่ติดกันมีความเร็วที่แตกต่างกัน และพฤติกรรมของผู้ขับขี่ที่ต้องการความรวดเร็ว

ในงานวิจัยดังกล่าวได้ใช้แบบจำลองสร้างเหตุการณ์ที่มีความจุจราจรลดลงจากสภาพการจราจร พบว่าการเปลี่ยนช่องทางจราจรด้วยความเร่ง นั้นจะสร้างช่องว่างในกระแสจราจร

## 2.7 ทฤษฎีพฤติกรรมของกระแสจราจรแบบหลายช่องทาง (Behavior Theory of Multi-Lane Traffic Flow)

อย่างไรก็ตาม Daganzo (2002) ได้ศึกษาส่วนของทางด่วนซึ่งมีลักษณะเดียวกันเป็นแนวยาว (Long Homogeneous Freeway Section) พบว่าแบบจำลองทางจราจรในอดีต ยังไม่ได้ครอบคลุมถึงพฤติกรรมผู้ใช้รถอันมีผลต่อการขับขี่ ซึ่งทำให้ไม่สามารถอธิบายข้อมูลจราจรที่พบจากภาคสนามในหลายพื้นที่ได้ โดยงานศึกษานี้จะเป็นการบรรยายถึงกลุ่มกระแสจราจรที่ประกอบไปด้วยผู้ขับขี่แบบเร่งรีบ (Aggressive Driver) และผู้ขับขี่แบบล่าช้า (Timid Driver) ซึ่งถูกเปรียบเทียบพฤติกรรมคล้ายกับกระต่าย (Rabbit) และหอยทาก (Slug) ตามลำดับ โดยกระต่ายจะเป็นผู้ขับขี่ในช่องทางที่ชิดเกาะกลางซึ่งเคลื่อนที่ได้เร็ว ขณะที่หอยทากจะเป็นผู้ขับขี่ในช่องไหล่ทางซึ่งเคลื่อนที่ได้ช้า

แม้ในงานศึกษาวิจัยจะมีการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลจราจรตามหลักวิศวกรรมจราจร แต่ก็ไม่ได้ครอบคลุมถึงพฤติกรรมผู้ใช้รถอันมีผลต่อการขับขี่ ซึ่งทำให้เกิดเหตุการณ์ที่ขัดแย้งกับหลักการโดยทั่วไป เช่น กระต่ายอาจจะเปลี่ยนช่องทางจราจรไปยังช่องทางที่

ช้า ด้วยเหตุผลด้านพฤติกรรมหรือจิตวิทยา ซึ่งเป็นแรงจูงใจให้เกิดพฤติกรรมเช่นนี้ หรือกระต่ายอาจยอมให้มีการแทรกที่ด้านหน้าของตนเอง เป็นต้น

**2.8 สรุปผลเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

เนื้อหาในบทนี้ได้กล่าวถึงเอกสารและผลงานวิจัยที่ผ่านมาในอดีต ซึ่งผู้วิจัยจะนำไปเป็นพื้นฐานในการดำเนินงานวิจัย โดยสามารถสรุปเป็นประเด็นที่สำคัญได้ดังนี้

1. รูปแบบของการเปลี่ยนช่องทางที่พบอย่างเด่นชัดในบริเวณก้างปลา คือ การเปลี่ยนจากทางด่วนไปสู่ทางออกทางด่วน (F-R) กับ การเปลี่ยนจากทางเข้าทางด่วนไปสู่ทางด่วน (R-F)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

2. มีข้อมูลภาคสนามที่ยืนยันได้ว่า ความจุของคอขวด (Bottleneck Capacity) มีความสัมพันธ์ทางเดียวกับปริมาณจราจรที่เข้าทางด่วน (On-ramp flow) ในส่วนที่มีคอขวดแบบก้างปลาเกิดขึ้น แต่ยังไม่มีข้อสรุปว่าปริมาณจราจรที่ออกจากทางด่วน (Off-ramp flow) มีผลต่อความจุของคอขวดอย่างไร

3. มีการพัฒนาและสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายความจุด้วยการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้น พบว่าแบบจำลองโดยส่วนใหญ่มีค่า $R^2$ ต่ำ

4. มีการสร้างทฤษฎีเกี่ยวกับการเปลี่ยนช่องทางจราจร ซึ่งสรุปได้ว่า

   - การเปลี่ยนช่องทางของรถ จะสร้างช่องว่างในกระแสจราจร โดยเฉพาะช่องทางที่รถเปลี่ยนออกไป และการเปลี่ยนช่องทางทำให้เกิดการกระจายตัวของรถ ซึ่งปริมาณการกระจายตัวที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ปริมาณการเคลื่อนในแต่ละช่องทางลดลง เนื่องจากการกระจายตัวไปรบกวนการเคลื่อนที่

   - การเปลี่ยนจากช่องไหล่ทางไปสู่ช่องทางที่ชิดเกาะกลาง นั้นจะทำให้ปริมาณการเคลื่อนออกจากคอขวดเพิ่มขึ้น กล่าวคือ การเปลี่ยนจากช่องทางที่เคลื่อนที่ได้ช้าไปสู่ช่องทางที่เคลื่อนที่เร็ว นั้นจะทำให้ปริมาณการเคลื่อนที่ออกจากคอขวดเพิ่มขึ้น ในทางตรงข้าม การเปลี่ยนจากช่องทางที่ชิดเกาะกลางไปสู่ช่องไหล่ทาง นั้นจะทำให้ปริมาณการเคลื่อนออกจากคอขวดลดลง กล่าวคือ เป็นการเปลี่ยนจากช่องทางที่เคลื่อนที่ได้เร็วไปสู่ช่องทางที่เคลื่อนที่ช้า นั้นจะทำให้ปริมาณการเคลื่อนที่ออกจากคอขวดลดลง

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 21 มิ.ย. 2555
เลขทะเบียน 246973
เลขเรียกหนังสือ

- ความเร็วในช่องทางที่ลดลง จะส่งผลให้ปริมาณการเปลี่ยนออกจากช่องทางดังกล่าวมากขึ้น

อย่างไรก็ดี ทฤษฎีดังกล่าวได้มุ่งเน้นไปที่การสร้างแบบจำลองเพียงอย่างเดียว จึงไม่ได้มีการศึกษาในเชิงพฤติกรรมจราจรในรายละเอียด

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่ผ่านมา จึงสรุปได้ว่ายังมีความจำเป็นต้องทำการศึกษาพฤติกรรมของคอขวดแบบก้างปลาเพิ่มเติม เพราะพฤติกรรมของคอขวดช่วยให้ทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความจุคอขวดจราจร และรูปแบบการเกิดคอขวดจราจร เพื่อนำไปสู่การสร้างแบบจำลองที่เหมาะสมยิ่งขึ้น โดยบทถัดไปจะนำเสนอขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยโดยละเอียดต่อไป