

บทที่ 6

การศึกษา Sensitivity ของตัวแปรที่ใช้ในระบบ SCOOT

จากผลการวิเคราะห์การควบคุมสัญญาณไฟจราจรแบบพื้นที่ย่อยจังหวัดใหม่ พบว่าให้สภาพการควบคุมดีกว่าในแบบพื้นที่ย่อยจังหวัดเก่าและจากการวิเคราะห์พื้นที่ย่อยจังหวัดใหม่ที่ได้พบว่าพื้นที่ย่อยส่วนใหญ่ยังแสดงปัญหาในด้าน Degree of Saturation และความยาวคิวแต่ไม่ถือว่าวิกฤตเนื่องจากยังสามารถทำงานได้ ในการศึกษาได้เลือกพื้นที่ย่อย AB และ G มาทำการศึกษามิเตอร์เพื่อปรับแต่งระบบ เพราะพื้นที่ย่อย AB และ G มีปัญหาทั้งค่า Degree of Saturation สูงและปัญหาเรื่องคิวยาวไปถึงทางแยกข้างเคียงซึ่งไม่สามารถเปิดใช้งานเป็นปกติได้และจากสภาพควบคุมจริงปัจจุบันก็แสดงให้เห็นปัญหาดังกล่าวจริง

จากการสังเกตสภาพการควบคุมการจราจรจริง พบว่ามีปัญหาการจราจรที่สำคัญอยู่ 2 ปัญหา คือ

1. ปัญหาการติดขัดยาวของคิวที่ก่อให้เกิดปัญหากับทางแยกที่อยู่ติดกัน โดยมีคิวยาวไปถึงทางแยกที่อยู่ติดกัน ทำให้ทางแยกที่คิวยาวไปถึงไม่สามารถควบคุมการไหลของการจราจรให้เป็นปกติได้เนื่องจากมีรถไปขวางอยู่ (Spill back problem)
2. ปัญหาเวลาของขาที่อยู่ในทิศทางที่ไม่ใช่ทิศทางหลักได้เวลาไฟเขียวน้อยเกินไป ทำให้มีคิวสะสมยาว

เพื่อต้องการแก้ปัญหาในการควบคุมการจราจรจากปัญหาดังกล่าวข้างต้น จึงมีความสนใจที่จะนำพารามิเตอร์ที่มีความไว (Sensitive Parameter) ต่อการเปลี่ยนแปลงระบบควบคุมมาทำการศึกษาผลของความไวการเปลี่ยนแปลง และหาค่าที่เหมาะสมนำมาปรับแต่งพื้นที่ย่อยที่มีปัญหา เพื่อให้ได้ประโยชน์ของการเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมการจราจรกับแต่ละขาที่ต้องการปรับแต่ง โดยพารามิเตอร์ที่ต้องการนำมาศึกษาความไวในการปรับแต่งที่สนใจและมีความสำคัญมีอยู่ 4 ตัว ประกอบด้วย Saturation flow Delay weighting Stop weighting และ Max Queue Penalty

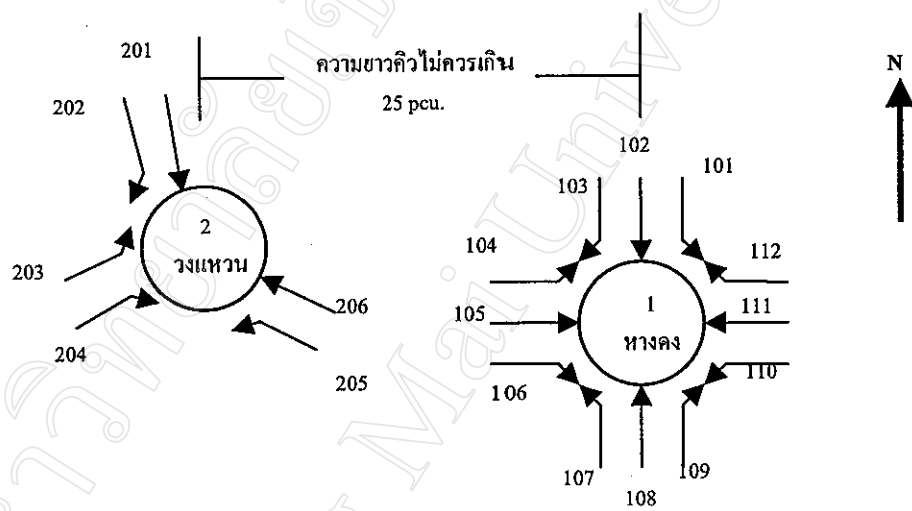
6.1 การศึกษาความไวการเปลี่ยนแปลงของระบบจากการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ ต่าง ๆ (Sensitivity Analysis)

เพื่อให้ทราบว่าพารามิเตอร์ที่จะนำมาปรับแต่งระบบควบคุมทั้ง 4 ตัว เมื่อนำมาแปรผันที่ค่าต่าง ๆ จะมีความไวเพียงใดที่ทำให้ผลที่ได้ออกมาของดัชนีบ่งชี้ประสิทธิภาพการควบคุมการจราจรบางตัว เช่น Degree of Saturation ค่าความยาวคิว ค่าความล่าช้า ค่าดัชนี PI ในแต่ละขา และค่าดัชนี PI ของภาพรวมทั้งทางแยก มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร โดยจะคำนึงถึงค่าเหล่านี้ เพื่อที่จะให้สภาพการควบคุมการจราจรดีที่สุดและเมื่อนำมาใช้แล้วมีผลทำให้การควบคุมสัญญาณไฟจราจรพื้นที่ย่อนั้นมีค่าการสูญเสียเวลาและการหยุดน้อยที่สุด ในการศึกษาความไวของพารามิเตอร์ทั้ง 4 ตัว ได้แปรผันค่าดังกล่าวทีละตัว พร้อมเปรียบเทียบผลที่ได้ออกมาของค่า Degree of Saturation ความยาวของคิว ความล่าช้า ดัชนี PI ในขาของค่าที่แปรผันนั้น และ ดัชนี PI. รวมของทางแยกออกมาในรูปของตารางและกราฟ

การศึกษาความละเอียดและความไวของพารามิเตอร์ทั้ง 4 ตัวนี้ ได้เลือกขา 106 ของพื้นที่ย่อย G มาเป็นพื้นที่ย่อยในการศึกษาทดลองแสดงดังรูป 6.1 เพราะพื้นที่ย่อย G เป็นพื้นที่ย่อยที่เวลาในแต่ละจังหวะไม่ถูกบังคับที่ค่าต่ำสุดและสูงสุดของทางแยก (ผลจากการวิเคราะห์เวลาสัญญาณไฟด้วยโปรแกรม TRANSYT ขั้นต้น) ทำให้การปรับเปลี่ยนเป็นไปอย่างอิสระไม่ถูกบังคับด้วยค่าเหล่านี้ และ พื้นที่ย่อย G เป็นพื้นที่ย่อยที่จากการวิเคราะห์และการสังเกตมีปัญหาคาดการณ์การติดขัดยาวของคิวเกิดขึ้นจริง

6.1.1 ผลของการปรับเปลี่ยนค่า Saturation Flow

ค่า Saturation Flow เป็นค่าอัตราการไหลของกระแสการจราจรในสถานะอิ่มตัวที่ปล่อยออกจากเส้นหยุดของทางแยก มีหน่วยเป็นคันต่อชั่วโมงไฟเขียว สามารถวัดได้จากทางแยกได้โดยตรง หรือแปลงได้จากความกว้างของเลน แล้วปรับแก้ด้วยแฟกเตอร์ (Factor) ต่าง ๆ ค่า Saturation Flow ของขาทางแยก ที่ใส่ในโปรแกรม TRANSYT สำหรับในการวิเคราะห์สภาพการจราจรมีค่าอยู่ในช่วง 500 ถึง 20,000 คัน ต่อชั่วโมงไฟเขียว การวิเคราะห์ศึกษาความละเอียดและความไวของพารามิเตอร์ตัวนี้ ทำโดยการแปรผันค่าทดลองบวก 30 เปอร์เซ็นต์ ลดลงทีละ 5 เปอร์เซ็นต์จนถึง ลบ 30 เปอร์เซ็นต์ สังเกตผลการเปลี่ยนแปลงของค่า Degree of Saturation ค่าความยาวคิว ค่าดัชนี PI. ของขาที่ทำการถ่วงน้ำหนัก และ ค่าดัชนี PI. ของภาพรวมทั้งทางแยก



รูปที่ 6.1 แสดง Link ที่ศึกษา (106) ของพื้นที่ย่อย G

ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า เมื่อใส่ค่า Saturation Flow ผิดพลาด โดยใส่ค่ามากกว่าค่าปกติ 5 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ค่าเวลาไฟเขียวในขานั้นจะได้น้อยลง เพราะว่าค่า Saturation Flow ที่ใส่มากกว่าปกติ บ่งชี้ว่ามีอัตราการปล่อยกระแสจราจรได้มาก(กว่าปกติ) จะทำให้เวลาไฟเขียวในขานั้นลดลง(กว่าปกติ) ผลจากการวิเคราะห์ ค่า Degree of Saturation ลดลง ค่าความยาวคิวลดลง ค่าความล่าช้าลดลง ค่าดัชนีของขาที่ใส่ค่าผิดพลาดลดลง ค่าดัชนีของทางแยกลดลง

ในทางตรงกันข้ามผลการวิเคราะห์เมื่อใส่ค่า Saturation Flow ผิดพลาด โดยใส่ค่าน้อยกว่าปกติ 5 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ปรากฏว่าค่าเวลาไฟเขียวในขานั้นจะได้น้อยมากขึ้น เพราะว่า Saturation Flow ที่ใส่น้อยกว่าปกติ บ่งชี้ว่าขาทางแยกมีอัตราการปล่อยกระแสจราจรได้น้อย(กว่าปกติ) จึงให้ไฟเขียวเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่า Degree of Saturation เพิ่มขึ้น ค่าความยาวคิวเพิ่มขึ้น ค่าความล่าช้าเพิ่มขึ้น ค่าดัชนี PI. ของขาที่ใส่ค่าทดสอบมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าดัชนี PI. ของทางแยกเพิ่มขึ้น ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 แสดงผลของการปรับเปลี่ยนค่า Saturation Flow

% ค่า Saturation Flow ที่ผิดพลาด	Degree of Saturation (%)	ความยาวคิว (คัน)	ความล่าช้า (วินาที)	ดัชนีของขาที่ทำ Saturation Flow (ชั่วโมง/ชั่วโมง)	ดัชนีของทางแยก (ชั่วโมง/ชั่วโมง)	เวลาไฟเขียว (วินาที)
30	104	35	21.7	24.0	295.9	25
25	108	40	27.7	30.3	301.6	25
20	108	41	28.1	30.7	307.7	26
15	109	42	29.1	31.7	314.3	27
10	114	49	36.6	39.4	322.1	27
5	115	51	38.5	41.4	329.7	28
0 (ปกติ)	117	54	41.0	43.9	338.0	29
-5	119	57	44.1	47.1	346.9	30
-10	118	55	42.7	45.7	355.9	32
-15	121	60	47.0	50.1	366.6	33
-20	122	60	47.9	51.0	377.7	35
-25	130	70	57.9	61.2	390.0	35
-30	132	73	60.9	64.1	403.1	37

6.1.2 ผลการปรับเปลี่ยนค่า Delay Weighting

ค่า Delay Weighting เป็นค่าที่ผู้ใช้งานต้องการที่จะถ่วงน้ำหนักความล่าช้าเพื่อให้ได้ความล่าช้าในขานั้นลดลง โดยได้ไฟเขียวเพิ่มขึ้น ค่า Delay Weighting ที่ใส่ในโปรแกรม TRANSYT สำหรับวิเคราะห์สภาพการจราจร จะหารด้วย 100 คูณกับความล่าช้าทั้งหมดของขา และให้ดัชนี PI. ออกมามีค่าอยู่ในช่วง 9999 ถึง -9999 โดย 0 (ศูนย์) หมายถึง 100 และค่าลบหมายถึง การถ่วงน้ำหนักเป็นลบ ซึ่งจะทำให้เป็นผลในทิศตรงข้าม คือมีความล่าช้าเพิ่มขึ้น ไฟเขียวลดลง

การวิเคราะห์ศึกษาความละเอียดและความไวของพารามิเตอร์ตัวนี้ ทำโดยแปรผันค่าทดลองเปลี่ยนค่า Delay Weighting จาก 100 ถึง 1300 สังเกตผลของการเปลี่ยนแปลงของค่า Degree of Saturation ค่าความยาวคิว ค่าดัชนี PI. ของขาที่ทำการถ่วงน้ำหนัก และ ค่าดัชนี PI. ของภาพรวมทั้งทางแยก ผลการวิเคราะห์แสดงว่า เมื่อเพิ่มค่า Delay weighting จาก 100 ถึง 300 จะทำให้ค่า Degree of Saturation ลดลง แต่จะทำให้ค่าดัชนี PI. ของขาที่ถ่วงน้ำหนักและดัชนี PI. ของทางแยกเพิ่มขึ้น ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 แสดงผลของการปรับเปลี่ยนค่า Delay Weighting

ค่า Delay weighting	Degree of Saturation (%)	ความยาวคิว (คัน)	ความล่าช้า (วินาที)	ดัชนีของขาที่ถ่วงน้ำหนัก (ชั่วโมง/ชั่วโมง)	ดัชนีของทางแยก (ชั่วโมง/ชั่วโมง)	เวลาไฟเขียว (วินาที)
100	117	54	41.0	43.9	338.0	29
200	100	31	16.6	35.3	359.4	34
300	97	28	13.9	43.7	372.1	35
400	95	26	12.0	49.7	383.8	36
500	92	24	10.6	54.8	393.2	37
600	92	24	10.6	65.5	405.3	37
700	90	23	9.6	69.1	414.2	38
800	90	23	9.6	78.5	424.1	38
900	88	22	8.9	81.5	431.5	39
1000	88	22	8.9	90.4	440.5	39
1100	88	22	8.9	99.2	450.6	39
1200	86	22	8.3	101.2	458.8	40
1300	86	21	8.3	109.6	466.4	40

6.1.3 ผลการปรับเปลี่ยนค่า Stop Weighting

ค่า Stop Weighting เป็นค่าที่ผู้ใช้งานต้องการที่จะถ่วงน้ำหนักการหยุดเพื่อให้ได้ความล่าช้าจากการหยุดในขบวนลดลง เพราะได้ไฟเขียวเพิ่มขึ้น ค่า Delay Weighting ที่ใส่ในโปรแกรม TRANSYT สำหรับใช้วิเคราะห์สภาพการจราจร จะหารด้วย 100 คูณกับการหยุดทั้งหมดของขา และให้ดัชนี PI. ออกมา มีค่าอยู่ในช่วง 9999 ถึง -9999 โดย 0 (ศูนย์) หมายถึง 100 และค่าลบหมายถึง การถ่วงน้ำหนักเป็นลบ ซึ่งจะทำให้เป็นผลในทิศทางตรงข้าม คือมีการหยุดเพิ่มขึ้น ได้ไฟเขียวน้อยลง

การวิเคราะห์ศึกษาความละเอียดและความไวของพารามิเตอร์ตัวนี้ ทำโดยแปรผันค่าทดลองเปลี่ยนค่า Stop Weighting จาก 100 ถึง 1300 สังเกตผลของการเปลี่ยนแปลงของค่า Degree of Saturation ค่าความยาวคิว ค่า PI. ของขาที่ทำการถ่วงน้ำหนัก และ ค่า PI. ของภาพรวมทั้งทางแยก ผลการวิเคราะห์แสดงว่า เมื่อเพิ่มค่า Stop Weighting ของขาใดขาหนึ่งจาก 100 ถึง 1300 จะทำให้ค่า Degree of Saturation ลดลง ค่าความยาวคิวลดลง ค่าความล่าช้าลดลง เพราะว่าขาที่ทำการถ่วงน้ำหนักการหยุดได้เวลาไฟเขียวเพิ่มขึ้น แต่จะทำให้ค่าดัชนี PI. ของขาที่ถ่วงน้ำหนักเพิ่มขึ้น และค่าดัชนี PI. ของทางแยกเพิ่มขึ้น เพราะว่าค่าตัวคูณการหยุดของขาที่ถ่วงน้ำหนักมีค่าสูงกว่าค่าดัชนีการหยุดของขาอื่น ๆ ในทางแยกเดียวกันที่นำมาคำนวณ (ปกติค่าของขาอื่น ๆ มีค่าเท่ากับ 100) ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 6.3

6.1.4 ผลการปรับเปลี่ยนค่า Max Queue Penalty

ค่า Max Queue Penalty เป็นค่าที่ผู้ใช้งานต้องการให้ความสำคัญต่อขาที่ต้องการเพื่อไม่ให้ความยาวของคิว (เป็นคัน) เกินความยาวที่กำหนด เป็นการป้องกันไม่ให้เกิดความยาวคิวยาวไปถึงทางแยกที่อยู่ติดกัน โดยความยาวของคิวที่ยาวเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ จะถูกคิดเป็นค่าสูญเสียเพิ่มขึ้นต่อคันที่เกินคูณด้วยค่าที่ใส่เข้าไป เป็น เพ็นต่อชั่วโมงต่อคัน (ในหน่วยเบื้องต้น) ซึ่งจะถูกรวมไปอยู่กับค่าดัชนี PI. ค่าความยาวคิวมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 200 คัน ค่าสูญเสียเพิ่มขึ้นต่อคันที่เกินของขาที่ตั้งไว้ มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 9999 การวิเคราะห์ศึกษาความละเอียดและความไวของพารามิเตอร์ตัวนี้ ทำโดยการแปรผันค่าการคิดค่าคิวที่ยาวเกินเพิ่ม จาก 100 ถึง 1200 สังเกตผลการเปลี่ยนแปลงของค่า Degree of Saturation ความยาวของคิว ค่าดัชนี PI. ของขาที่ทำการคิดค่าคิวที่ยาวเกิน และค่าดัชนี PI. ของภาพรวมทั้งทางแยก

ตารางที่ 6.3 แสดงผลของการปรับเปลี่ยนค่า Stop Weighting

ค่า Stop weighting	Degree of Saturation (%)	ความยาวคิว (คัน)	ความล่าช้า (วินาที)	ดัชนีของขาที่ ถ่วงน้ำหนัก (ชั่วโมง/ชั่วโมง)	ดัชนีของ ทางแยก (ชั่วโมง/ชั่วโมง)	เวลาไฟเขียว (วินาที)
100	117	54	41.0	43.9	338.0	29
200	117	54	41.0	46.9	340.9	29
300	117	54	41.0	49.8	343.9	29
400	117	54	41.0	52.7	346.8	29
500	110	43	29.9	43.1	348.7	31
600	110	43	29.9	45.7	351.3	31
700	110	43	29.9	48.3	354.0	31
800	110	43	29.9	51.0	356.6	31
900	110	43	29.9	53.6	359.2	31
1000	110	43	29.9	56.2	361.9	31
1100	110	43	29.9	58.9	364.5	31
1200	106	38	24.9	54.4	366.1	32
1300	106	38	24.9	56.9	369.6	32

ผลการวิเคราะห์แสดงว่า เมื่อเพิ่มค่า Max Queue Penalty ของขาใดขาหนึ่งจาก 0 ถึง 1200 (ค่าปกติที่เหมาะสมในการใช้มีค่าเท่ากับ 1000) จะทำให้ค่า Degree of Saturation ลดลง ค่าความยาวคิวลดลง ค่าความล่าช้าลดลง ค่าดัชนีของขาที่ใส่ค่าคิดความสูญเสียเพิ่มขึ้นจากค่าความยาวคิวที่เกินลดลง เพราะว่าได้ไฟเขียวในขานั้นเพิ่มขึ้น แต่ค่าดัชนีของทางแยกเพิ่มขึ้นเพราะว่าค่าดัชนีของขาที่ใส่ค่าคิดความสูญเสียเพิ่มขึ้นจากความยาวคิวที่เกินค่าที่ต้องการ มีค่าสูญเสียที่เพิ่มขึ้นต่อคันที่ต้องนำไปรวมเข้ากับค่าดัชนีความล่าช้าและการหยุดของทางแยกที่เพิ่มขึ้นจากปกติ ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 6.4

ตารางที่ 6.4 แสดงผลของการปรับเปลี่ยนค่า Max Queue Penalty

ค่า Max Queue Penalty เพิ่ม/ลบ/คั่น	Degree of Saturation (%)	ความยาวคิว (คัน)	ความล่าช้า (วินาที)	ดัชนีของขาที่ ถ่วงน้ำหนัก (ชั่วโมง/ชั่วโมง)	ดัชนีของทางแยก (ชั่วโมง/ชั่วโมง)	เวลาไฟเขียว (วินาที)
0	117	54	41.0	43.9	338.0	29
100	117	53	40.9	54.2	348.2	29
200	103	34	20.4	25.2	343.2	33
300	103	34	20.4	26.4	344.5	33
400	100	30	16.6	20.4	344.5	34
500	100	30	16.6	20.9	344.8	34
600	100	30	16.6	21.3	344.0	34
700	100	30	16.6	21.8	344.5	34
800	100	30	16.6	22.2	344.9	35
900	97	28	13.9	16.9	345.3	35
1000	97	28	13.9	17.0	345.4	35
1100	97	28	13.9	17.2	346.6	35
1200	97	28	13.9	17.3	345.7	35

6.1.5 ผลของความไวของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ต่อค่า Degree of Saturation

จากผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ ทำให้ทราบผลแนวโน้มต่าง ๆ ของค่า Degree of Saturation ค่าความยาวคิว ค่า PI. ของขาที่ให้ความสำคัญ และค่า PI. ของภาพรวมของทางแยก ขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อต้องการทราบค่าความไวของพารามิเตอร์ 3 ตัว คือ Delay Weighting , Stop Weighting , Max Queue Penalty เมื่อมีการแปรผันค่าของการถ่วงน้ำหนักของพารามิเตอร์ที่ละตัวของขาที่ต้องการหาได้หาหนึ่งมีวิธีการทำตามตารางที่ 6.5 ดังนี้

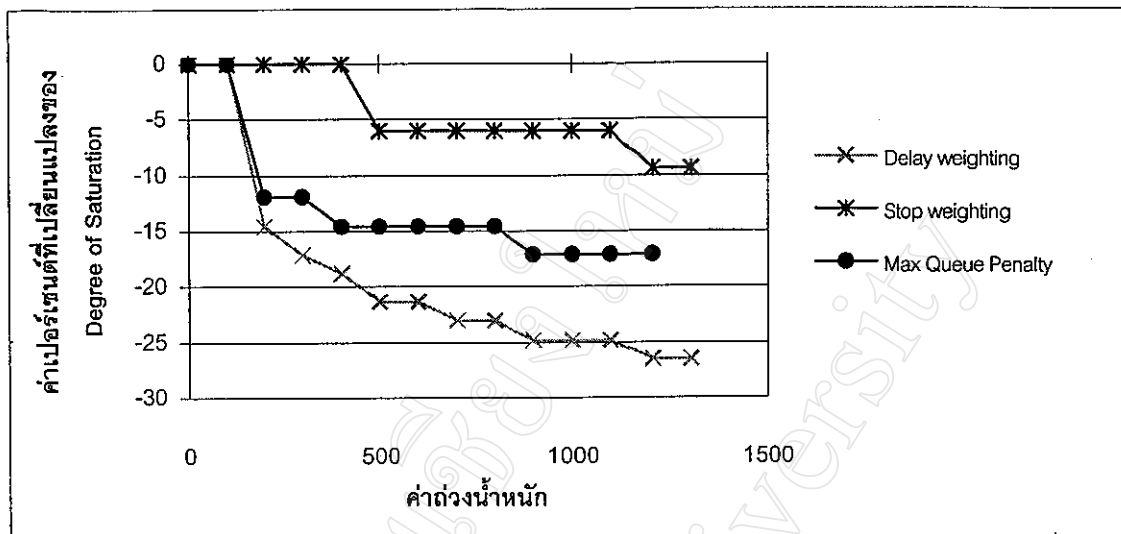
ตารางที่ 6.5 แสดงการแปรผันค่าของการถ่วงน้ำหนักพารามิเตอร์ที่ละตัวของทั้ง 3 ตัว

	Delay weighting	Stop weighting	Max Queue Penalty
1	แปรผันจาก 100 ถึง 1,300	ไม่มีการถ่วงน้ำหนัก	ไม่มีการคิดค่าคิวที่ยาวเกิน
2	ไม่มีการถ่วงน้ำหนัก	แปรผันจาก 100 ถึง 300	ไม่มีการคิดค่าคิวที่ยาวเกิน
3	ไม่มีการถ่วงน้ำหนัก	ไม่มีการถ่วงน้ำหนัก	แปรผันจาก 0 ถึง 1,200

ผลที่ได้นำมาทำการวิเคราะห์ในรูปเปอร์เซ็นต์ที่เปลี่ยนไปของค่า Degree of Saturation เพื่อต้องการทราบว่าพารามิเตอร์ 3 ตัวนั้น ตัวไหนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า Degree of Saturation เร็วมากน้อยอย่างไร ผลที่ได้ออกมาแสดงดัง ตารางที่ 6.6 และ รูปที่ 6.2

ตารางที่ 6.6 เปอร์เซนต์การลดลงของค่า Degree of Saturation จากพารามิเตอร์ต่าง ๆ

ค่า ถ่วงน้ำหนัก	เปอร์เซ็นต์เปลี่ยนแปลง จากพารามิเตอร์ Delay Weighting	เปอร์เซ็นต์เปลี่ยนแปลง จากพารามิเตอร์ Stop Weighting	เปอร์เซ็นต์เปลี่ยนแปลง จากพารามิเตอร์ Max Queue Penalty	หมายเหตุ
0	0	0	0	ค่าปกติ Delay Weighting เริ่มต้น เท่ากับ 100
100	0.00	0.00	0.00	
200	-14.53	0.00	-11.97	
300	-17.09	0.00	-11.97	ค่าปกติ Stop Weighting เริ่มต้น เท่ากับ 100
400	-18.80	0.00	-14.53	
500	-21.37	-5.98	-14.53	
600	-21.37	-5.98	-14.53	ค่าปกติ Max Queue Penalty เริ่มต้นเท่ากับ 0
700	-23.08	-5.98	-14.53	
800	-23.08	-5.98	-14.53	
900	-24.79	-5.98	-17.09	
1000	-24.79	-5.98	-17.09	
1100	-24.79	-5.98	-17.09	
1200	-26.50	-9.40	-17.09	
1300	-26.50	-9.40		



รูปที่ 6.2 แสดงผลเปอร์เซ็นต์ที่เปลี่ยนแปลงของ Degree of Saturation เมื่อแปรผันค่าถ่วงน้ำหนักของพารามิเตอร์ Delay Weighting , Stop Weighting และ Max Queue Penalty

6.1.6 ผลของความไวของพารามิเตอร์ต่อค่าความยาวคิว

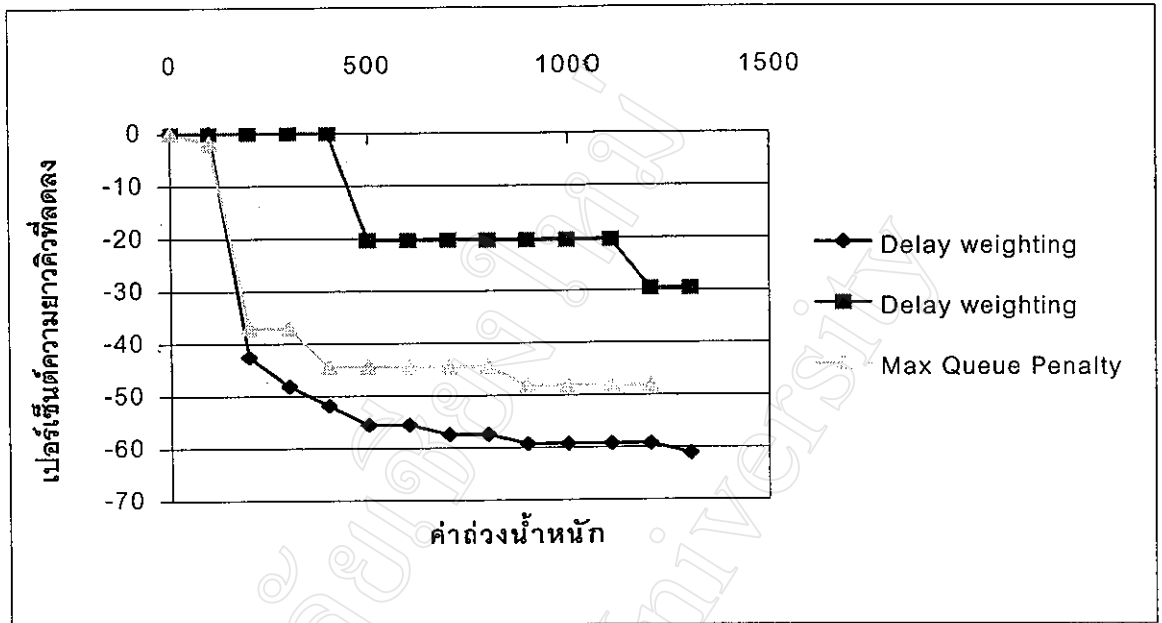
การวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ 3 ตัว คือ Delay Weighting , Stop Weighting และ Max Queue Penalty แปรผันค่าของการถ่วงน้ำหนักพารามิเตอร์ที่ละตัวของขาที่ต้องการขาใดขาหนึ่งที่มีผลต่อค่าความยาวคิวในช่วงที่กำหนดจนครบ 3 ตัว แสดงดังตาราง

	Delay Weighting	Stop Weighting	Max Queue Penalty
1	แปรผันจาก 100 ถึง 1,300	ไม่มีการถ่วงน้ำหนัก	ไม่มีการคิดค่าคิวที่ยาวเกิน
2	ไม่มีการถ่วงน้ำหนัก	แปรผันจาก 100 ถึง 300	ไม่มีการคิดค่าคิวที่ยาวเกิน
3	ไม่มีการถ่วงน้ำหนัก	ไม่มีการถ่วงน้ำหนัก	แปรผันจาก 0 ถึง 1,200

การวิเคราะห์ในรูปเปอร์เซ็นต์ที่เปลี่ยนไปของค่าความยาวคิว เพื่อต้องการทราบว่าพารามิเตอร์ 3 ตัวนั้น ตัวใดเปลี่ยนแปลงได้รวดเร็ววกว่ากัน แสดงผลออกมาได้ดังตาราง 6.7 และรูปที่

ตารางที่ 6.7 เปอร์เซนต์การลดลงของค่าความยาวคิวจากพารามิเตอร์ต่าง ๆ

ค่า ถ่วงน้ำหนัก	เปอร์เซ็นต์เปลี่ยนแปลง จากพารามิเตอร์ Delay Weighting	เปอร์เซ็นต์เปลี่ยนแปลง จากพารามิเตอร์ Stop Weighting	เปอร์เซ็นต์เปลี่ยนแปลง จากพารามิเตอร์ Max Queue Penalty	หมายเหตุ
0	0	0	0.00	ค่าปกติ Delay Weighting เริ่มต้นเท่ากับ 100
100	0.00	0.00	-1.85	
200	-42.59	0.00	-37.04	
300	-48.15	0.00	-37.04	ค่าปกติ Stop Weighting เริ่มต้นเท่ากับ 100
400	-51.85	0.00	-44.44	
500	-55.56	-20.37	-44.44	ค่าปกติ Max Queue Penalty เริ่มต้นเท่ากับ 0
600	-55.56	-20.37	-44.44	
700	-57.41	-20.37	-44.44	
800	-57.41	-20.37	-44.44	
900	-59.26	-20.37	-48.15	
1000	-59.26	-20.37	-48.15	
1100	-59.26	-20.37	-48.15	
1200	-59.26	-29.63	-48.15	
1300	-61.11	-29.63		



รูปที่ 6.3 แสดงเปอร์เซ็นต์ที่เปลี่ยนแปลงของความยาวคิว เมื่อแปรผันค่าถ่วงน้ำหนักของพารามิเตอร์ Delay Weighting , Stop Weighting และ Max Queue Penalty

6.1.7 ผลของความไวของพารามิเตอร์ต่อค่าดัชนี PI. ของ Link ที่ถ่วงน้ำหนัก

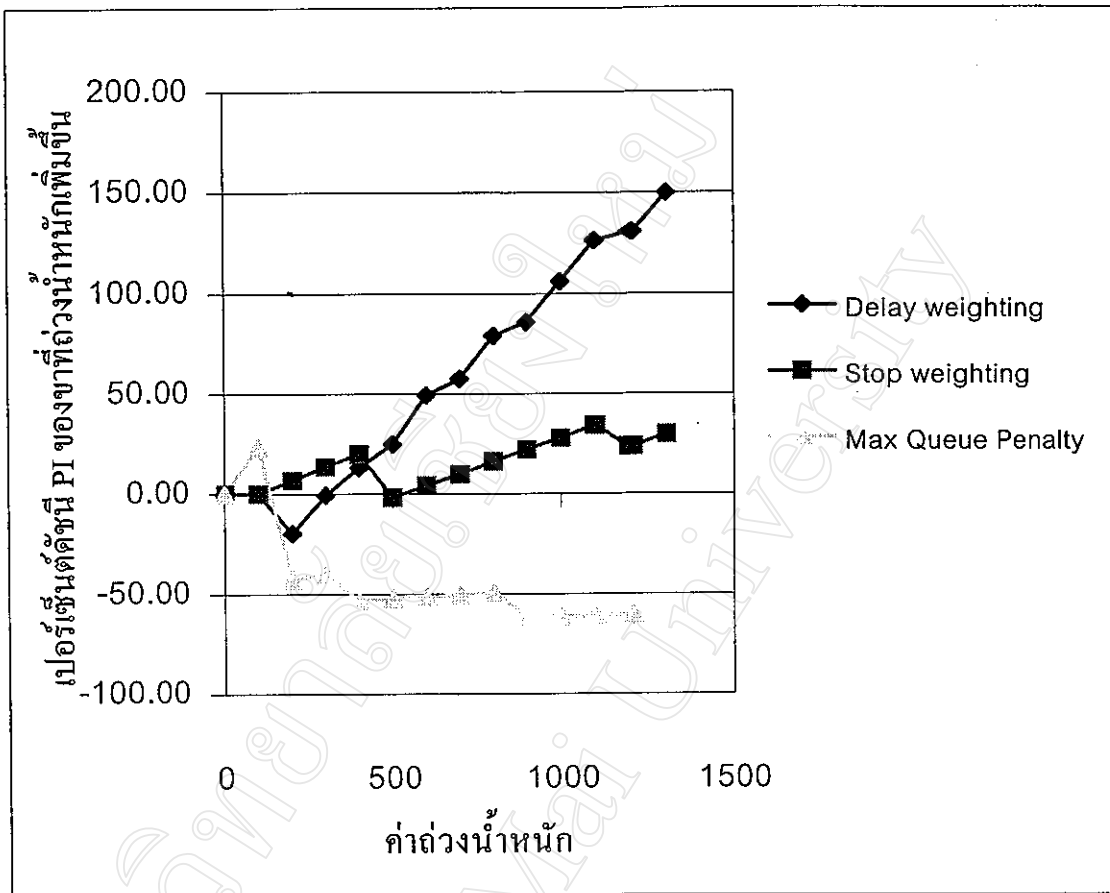
การวิเคราะห์ความละเอียดและความไวของพารามิเตอร์ 3 ตัว คือ Delay Weighting Stop Weighting และ Max Queue Penalty ที่มีผลต่อค่าดัชนี PI. ของขาที่ถ่วงน้ำหนัก ทำโดยการแปรผันค่าของการถ่วงน้ำหนักพารามิเตอร์ทีละตัวในช่วงที่กำหนดจนครบทั้ง 3 ตัวของขาที่ต้องการหาใดขาหนึ่งในช่วงที่กำหนดจนครบ 3 ตัว แสดงดังในตาราง

	Delay Weighting	Stop Weighting	Max Queue Penalty
1	แปรผันจาก 100 ถึง 1,300	ไม่มีการถ่วงน้ำหนัก	ไม่มีการคิดค่าคิวที่ยาวเกิน
2	ไม่มีการถ่วงน้ำหนัก	แปรผันจาก 100 ถึง 300	ไม่มีการคิดค่าคิวที่ยาวเกิน
3	ไม่มีการถ่วงน้ำหนัก	ไม่มีการถ่วงน้ำหนัก	แปรผันจาก 0 ถึง 1,200

การวิเคราะห์ในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ที่เปลี่ยนไปของค่าดัชนี PI. ของขาที่ถ่วงน้ำหนัก เพื่อต้องการทราบว่าพารามิเตอร์ 3 ตัวนั้น ตัวใดเปลี่ยนแปลงได้รวดเร็ววกกัน แสดงผลออกมาได้ดังตารางที่ 6.8 และรูป 6.4

ตารางที่ 6.8 เปอร์เซนต์การเพิ่มขึ้นของดัชนี PI. Link ที่ ถ่วงน้ำหนัก จากพารามิเตอร์ต่าง ๆ

ค่า ถ่วงน้ำหนัก	เปอร์เซ็นต์เปลี่ยนแปลง จากพารามิเตอร์ Delay Weighting	เปอร์เซ็นต์เปลี่ยนแปลง จากพารามิเตอร์ Stop Weighting	เปอร์เซ็นต์เปลี่ยนแปลง จากพารามิเตอร์ Max Queue Penalty	หมายเหตุ
0	0.00	0	0.00	ค่าปกติ Delay Weighting เริ่มต้นเท่ากับ 100
100	0.00	0.00	23.46	
200	-19.59	6.83	-42.60	
300	-0.46	13.44	-39.86	ค่าปกติ Stop Weighting เริ่มต้นเท่ากับ 100
400	13.21	20.05	-53.53	
500	24.83	-1.82	-52.39	ค่าปกติ Max Queue Penalty เริ่มต้นเท่ากับ 0
600	49.20	4.10	-51.48	
700	57.40	10.02	-50.34	
800	78.82	16.17	-49.43	
900	85.65	22.10	-61.50	
1000	105.92	28.02	-61.28	
1100	125.97	34.17	-60.82	
1200	130.52	23.92	-60.59	
1300	149.66	29.61		



รูปที่ 6.4 แสดงเปอร์เซ็นต์ที่เปลี่ยนแปลงของ PI. ของ Link ที่ถ่วงน้ำหนัก เมื่อแปรผันค่าถ่วงน้ำหนัก ของพารามิเตอร์ Delay Weighting , Stop Weighting และ Max Queue Penalty

6.1.8 ผลของความไวของพารามิเตอร์ต่อค่าดัชนี PI. ของทางแยก

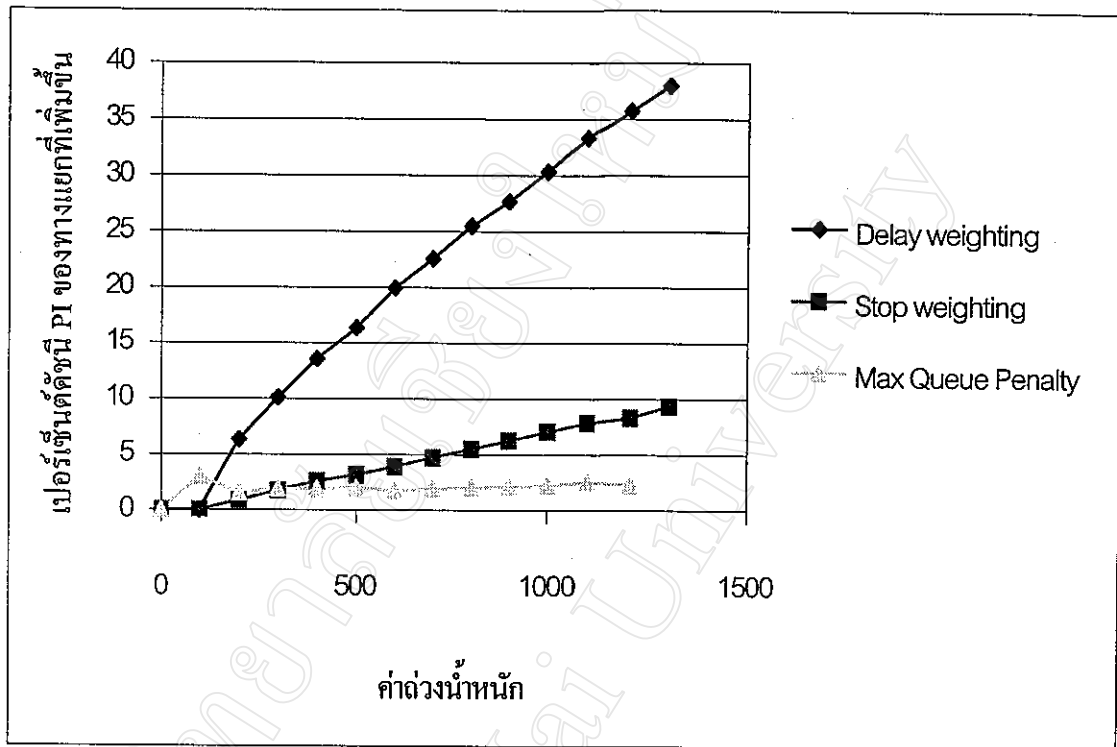
การวิเคราะห์ความละเอียดและความไวของพารามิเตอร์ 3 ตัว คือ Delay Weighting , Stop Weighting และ Max Queue Penalty ที่มีผลต่อค่าดัชนี PI. ของทางแยก ทำโดยการแปรผันค่าของการถ่วงน้ำหนักพารามิเตอร์ของขาที่ต้องการหาใดขาหนึ่งในช่วงที่กำหนดจนครบ 3 ตัว แสดงดังในตาราง

	Delay Weighting	Stop Weighting	Max Queue Penalty
1	แปรผันจาก 100 ถึง 1,300	ไม่มีการถ่วงน้ำหนัก	ไม่มีการคิดค่าคิวที่ยาวเกิน
2	ไม่มีการถ่วงน้ำหนัก	แปรผันจาก 100 ถึง 300	ไม่มีการคิดค่าคิวที่ยาวเกิน
3	ไม่มีการถ่วงน้ำหนัก	ไม่มีการถ่วงน้ำหนัก	แปรผันจาก 0 ถึง 1,200

การวิเคราะห์ในรูปเปอร์เซ็นต์ที่เปลี่ยนไปของค่าดัชนี PI. ทั้งทางแยก เพื่อต้องการทราบว่าพารามิเตอร์ 3 ตัวนั้น ตัวใดเปลี่ยนแปลงได้รวดเร็ววกว่ากัน แสดงผลออกมาได้ดัง ตารางที่ 6.9 และรูปที่ 6.5

ตารางที่ 6.9 การเพิ่มขึ้นของดัชนี PI. ของทางแยก จากพารามิเตอร์ต่าง ๆ

ค่า ถ่วงน้ำหนัก	เปอร์เซ็นต์เปลี่ยนแปลง จากพารามิเตอร์ Delay Weighting	เปอร์เซ็นต์เปลี่ยนแปลง จากพารามิเตอร์ Stop Weighting	เปอร์เซ็นต์เปลี่ยนแปลง จากพารามิเตอร์ Max Queue Penalty	หมายเหตุ
0	0	0	0.0	ค่าปกติ Delay Weighting เริ่มต้นเท่ากับ 100
100	0.00	0.00	3.0	
200	6.33	0.86	1.5	
300	10.09	1.75	1.9	ค่าปกติ Stop Weighting เริ่มต้นเท่ากับ 100
400	13.55	2.60	1.9	
500	16.33	3.17	2.0	ค่าปกติ Max Queue Penalty เริ่มต้นเท่ากับ 0
600	19.91	3.93	1.8	
700	22.54	4.73	1.9	
800	25.47	5.50	2.0	
900	27.66	6.27	2.2	
1000	30.33	7.07	2.2	
1100	33.31	7.84	2.5	
1200	35.74	8.31	2.3	
1300	37.99	9.35		



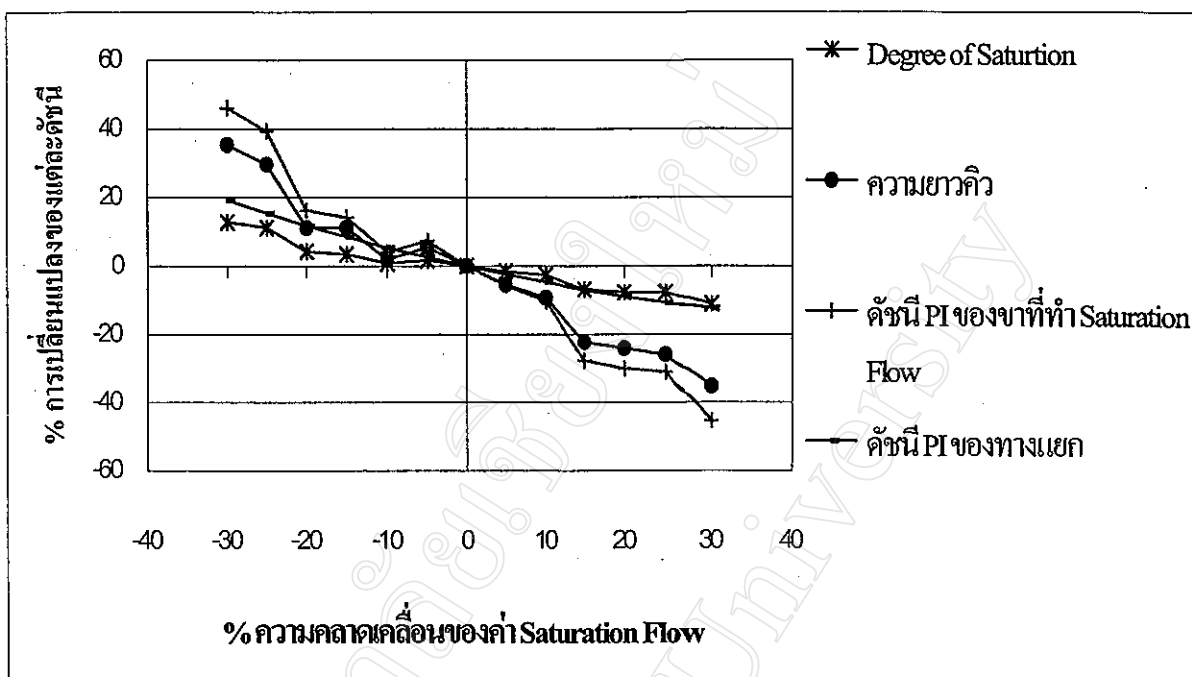
รูปที่ 6.5 แสดงเปอร์เซ็นต์ที่เปลี่ยนแปลงของดัชนี PI. ของทั้งทางแยก เมื่อแปรผันค่าถ่วงน้ำหนักของพารามิเตอร์ Delay Weighting Stop Weighting และ Max Queue Penalty

6.1.9 ผลของความไวความคลาดเคลื่อนของ Saturation Flow ต่อประสิทธิภาพการควบคุมทางแยก

ผลความไวของดัชนีบ่งชี้ประสิทธิภาพของระบบควบคุมสัญญาณไฟบางตัว เช่น Degree of Saturation ความยาวคิว ดัชนีของขาที่แปรผัน และดัชนีของทางแยก เมื่อทดลองแปรผันใส่ค่าเปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนของค่า Saturation Flow ของขาใดขาหนึ่ง จากบวก 30 เปอร์เซ็นต์ ถึงลบ 30 เปอร์เซ็นต์ ได้ผลดังแสดงตามตารางที่ 6.10 และรูปที่ 6.6

ตารางที่ 6.10 เปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงสำหรับแต่ละดัชนี ที่ค่าเปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อน
ของค่า Saturation Flow ต่าง ๆ

ค่า Degree of Saturation ที่ผิด พลาด (%)	Degree of Saturation (%)	ความยาวคิว (%)	ดัชนีของขาที่ใส่ Saturation Flow (%)	ดัชนีของพื้นที่ย่อย (%)
30	-11.11	-35.19	-45.33	-12.46
25	-7.69	-25.93	-30.98	-10.77
20	-7.69	-24.07	-30.07	-8.96
15	-6.84	-22.22	-27.79	-7.01
10	-2.56	-9.26	-10.25	-4.70
5	-1.71	-5.56	-5.69	-2.46
0	0.00	0.00	0.00	0.00
-5	1.71	5.56	7.29	2.63
-10	0.85	1.85	4.10	5.30
-15	3.42	11.11	14.12	8.46
-20	4.27	11.11	16.17	11.75
-25	11.11	29.63	39.41	15.38
-30	12.82	35.19	46.01	19.26



รูปที่ 6.6 แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงสำหรับแต่ละดัชนีบ่งชี้ประสิทธิภาพของระบบควบคุมสัญญาณไฟที่ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของค่า Saturation Flow ต่าง ๆ

6.2 สรุปผลความไวของพารามิเตอร์ต่าง ๆ

จากผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ 4 ตัว ได้แก่ค่า Saturation Flow , Delay Weighting , Stop Weighting และ Max Queue Penalty เมื่อนำค่าแต่ละตัวไปปรับเปลี่ยนค่า โดยปรับเปลี่ยนทีละตัวแล้วตัวที่เหลืออยู่ที่ค่าปกติ และนำมาเทียบกับเปอร์เซ็นต์ที่เปลี่ยนไปกับผลที่ได้ออกมาของค่าบ่งชี้ประสิทธิภาพของระบบควบคุมสัญญาณไฟบางตัว เช่น Degree of Saturation ค่าความยาวคิว ค่าดัชนี PI. ของแต่ละขาที่ถ่วงน้ำหนัก และ ค่าดัชนี PI. ของทางแยก สามารถสรุปผลออกมาได้ว่าค่า Delay Weighting มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระบบไวที่สุด แต่จะมีข้อด้อยคือทำให้ค่าดัชนี PI. ของแต่ละขาและของทางแยกมีค่าสูงขึ้นเร็วตามไปด้วย ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ มีความไวสรุปได้ดังตารางที่ 6.11

ตารางที่ 6.11 สรุปผลความละเอียดและความไวของพารามิเตอร์ต่าง ๆ

ลำดับ	พารามิเตอร์	ความไวต่อผลที่ออกมาของค่าดัชนีบ่งชี้ประสิทธิภาพ				
		Degree of Saturationลดลง	ความยาวคิวลดลง	ดัชนี PI. ขาที่ถ่วงน้ำหนัก	ดัชนี PI. ของทางแยก	หมายเหตุ
1	Delay Weighting	เร็วที่สุด	เร็วที่สุด	เร็วที่สุด	เร็วที่สุด	
2	Stop Weighting	เร็วน้อยที่สุด	เร็วน้อยที่สุด	เร็วปานกลาง	เร็วปานกลาง	
3	Max Queue Penalty	เร็วปานกลาง	เร็วปานกลาง	เร็วน้อยที่สุด	เร็วน้อยที่สุด	
4	Saturation Flow	-	-	-	-	ไม่เปรียบเทียบใช้กรณีใส่ข้อมูลผิดพลาด