บทที่ 4
แบบจำลองต้นทุนดำเนินการของเครื่องจักรก่อสร้าง

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการใช้งาน กับอัตราการใช้เชื้อเพลิง อัตราการใช้สารหล่อลื่น และค่าซ่อมบำรุงรักษาของเครื่องจักรกลในงานก่อสร้าง โดยระยะเวลาการใช้งานของเครื่องจักรในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือจำนวนเลขมาตร ตามที่ได้นำเสนอคำนิยามและรายละเอียดในบทที่ 3 แบบจำลองจะถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่องจักรจำแนกตามประเภท และชนิดของเครื่องจักร

4.1 การสำรวจข้อมูลโครงสร้างค่าใช้จ่าย และการจัดแบ่งประเภทเครื่องจักร

เครื่องจักรกลในงานก่อสร้างนั้น มีการพิจารณาปัจจัยต่างๆ ของการใช้งานคล้ายกับการใช้เครื่องจักรกลทั่วไป แต่ความแตกต่างที่สำคัญคือ ความทนทานของตัวเครื่องจักรและองค์ประกอบของอะไหล่โดยรวม เนื่องจากเครื่องจักรกลในงานก่อสร้างจะถูกผลิต และออกแบบให้เน้นในด้านความทนทานเป็นสำคัญ กับต้องมีการใช้งานและบำรุงรักษาโดยใช้ข้อกำหนดของผู้ผลิตเครื่องจักรตามคู่มือการใช้เครื่องจักร ดังนั้นปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อค่าใช้จ่ายของการทำงานของเครื่องจักรจึงปรับเปลี่ยนบ้างจากเครื่องจักรกลทั่วไป

จากการวิเคราะห์แบบสอบถามตามภาคผนวก ข ที่ทำการเก็บข้อมูลจากผู้ประกอบการ ซึ่งมีประสบการณ์ในด้านการใช้เครื่องจักรเกิน 7 ปี และเป็นการก่อสร้างงานดินมากกว่า 2 โครงการ รวมทั้งสิ้น 38 ข้อมูล สำหรับผู้เชี่ยวชาญเป็นระดับผู้บริหารโครงการก่อสร้างที่มีประสบการณ์เกิน 20 ปี และทำงานโครงการก่อสร้างงานดินมากกว่า 7 โครงการ รวมทั้งสิ้น 3 ท่าน ผู้ให้ข้อมูลทั้งหมดมีแนวโน้มที่เห็นด้วยอย่างมากเป็นคะแนนถึงร้อยละ 95.2 ในการจัดแบ่งประเภทเครื่องจักรตามระบบมาตรวัดการทำงาน (ผลจากแบบสอบถามในส่วนที่ 1) ดังรูป 4.1 และผลการสำรวจข้อมูลร้อยละ 89.5 เห็นด้วยมากถึงมากที่สุดกับการจัดแบ่งค่าครอบครองตามรูปแบบการวิจัย โดยในส่วนค่าใช้จ่ายในการทำงานผู้ให้ข้อมูลทั้งหมดเห็นด้วยกับการจัดแบ่งดังกล่าว ยกเว้นในส่วนของค่าใช้จ่ายจากการเสียของเครื่องจักร (Downtime Cost) ร้อยละ 80 มีความคิดเห็นว่าไม่สมควรนำมาคิดเป็นต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของเครื่องจักร (ผลจากแบบสอบถามในส่วนที่ 2) เพราะไม่ใช่ค่าใช้จ่ายทางตรง (Direct Cost) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงไม่นำการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายจากการเสียของเครื่องจักรมาพิจารณา

และการสอบถามตัวอย่างค่าแรงงานของพนักงานขับเครื่องจักร ในภาคผนวก ก-1 มีความสอดคล้องกับการจ้างของโครงการในปัจจุบัน ดังนั้นคงเหลือโครงสร้างของค่าใช้จ่ายในการทำงานที่จะทำการศึกษาจึงเป็นไปตามสมการ

$$e_{OP} = e_{Fuel} + e_{Lubricant} + e_{Tire\&Track} + e_{M\&R}$$

แต่เนื่องจากการสอบถามจากผู้ประกอบการที่ใช้เครื่องจักรซึ่งได้ให้ข้อมูลเพื่อใช้ในงานวิจัยนี้ ได้มีข้อพิจารณาที่สำคัญคือ หลักการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของยาง และใบตีนตะขาบ พบมีว่าลักษณะคล้ายคลึงกับการวิเคราะห์ค่าซ่อมบำรุงรักษา กล่าวคือยางและใบตีนตะขาบสามารถปะซ่อมเพื่อใช้งาน โดยไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนทุกครั้งที่ได้รับความเสียหาย ซึ่งทำให้พฤติกรรมการใช้งานของยาง และใบตีนตะขาบ คล้ายการซ่อมเครื่องจักร คืออาจเปลี่ยนเมื่อถึงอายุ หรือซ่อมแซมตลอดการใช้งาน จึงเป็นเหตุผลสำคัญในการวิเคราะห์รวมค่าใช้จ่ายของยางและใบตีนตะขาบ กับค่าซ่อมบำรุงรักษาเพื่อให้สอดคล้องกับพฤติกรรมของผู้ประกอบการที่ใช้งานเครื่องจักรในประเทศไทย ดังนั้นสามารถสรุปแบบจำลองที่เกิดขึ้นได้เป็น

$$e_{OP} = e_{Fuel} + e_{Lubricant} + e_{Tire\&Track\&M\&R}$$

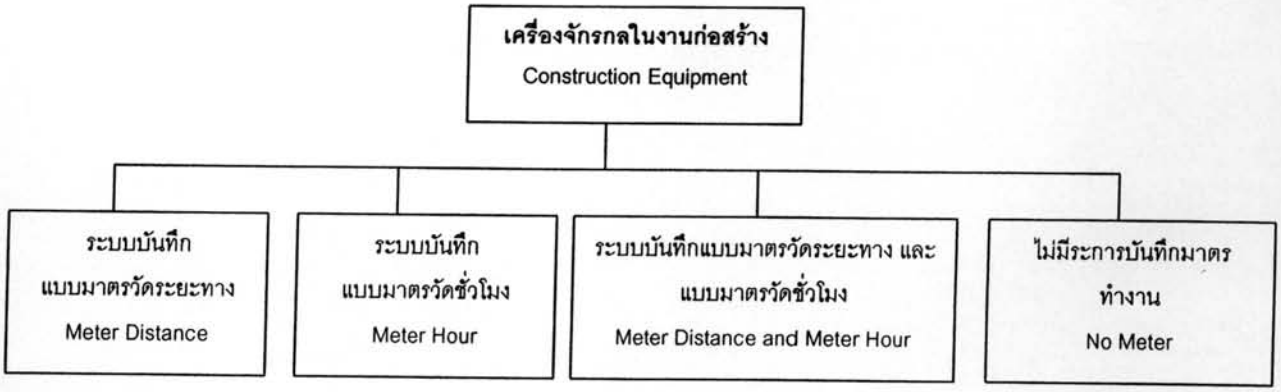
e_{OP} = ค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่องจักร

e_{Fuel} = ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิง

$e_{Lubricant}$ = ค่าใช้จ่ายสารหล่อลื่น

$e_{Tire\&Track\&M\&R}$ = ค่าใช้จ่ายยาง และใบตีนตะขาบ ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเครื่องจักร (Maintenance) ค่าใช้จ่ายการซ่อมแซมเครื่องจักร(Repair)

การนิยามความหมายของระยะเวลาการใช้งาน (Working Time) ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญที่ต้องมีการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ หมายถึง การใช้งานตามเลขมาตรของเครื่องจักร เป็นแนวทางพื้นฐานที่นำมาสร้างความสัมพันธ์กับค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่องจักร ในการศึกษาครั้งนี้จัดจำแนกเครื่องจักรกลที่ใช้ในงานก่อสร้างออกเป็น 4 กลุ่มดังรูป 4.1 คือ



รูปที่ 4.1 แสดงการจัดกลุ่มของเครื่องจักรแยกตามประเภทของระบบมาตรวัดบันทึกข้อมูล

1) เครื่องจักรที่มีระบบการบันทึกข้อมูลเป็นมาตรวัดระยะทาง

จากข้อกำหนดและรูปแบบการใช้งานของผู้ผลิตเครื่องจักร ในกลุ่มนี้เป็นเครื่องจักรประเภทที่ใช้ในงานขนส่งสิ่งของต่างๆในงานก่อสร้างเป็นสำคัญ ตั้งแต่วัสดุประเภทมวลดินไปจนถึงการขนส่งพนักงานเพื่อไปปฏิบัติงานยังจุดต่างๆของพื้นที่ทำงาน เครื่องจักรกลในงานก่อสร้างที่จัดอยู่ในประเภทนี้ได้แก่ รถบรรทุกขนาดต่างๆ และยานพาหนะที่เป็นล้อยาง โดยสามารถดูรายละเอียดของการบำรุงรักษาได้จากข้อกำหนดมาตรฐานของบริษัทผู้ผลิตเครื่องจักร

2) เครื่องจักรที่มีระบบการบันทึกข้อมูลเป็นมาตรวัดชั่วโมงเครื่องยนต์ทำงาน

เครื่องจักรประเภทนี้แบ่งตามลักษณะการทำงานด้านงานดิน ซึ่งสามารถแบ่งเป็นประเภทต่างๆได้ดังนี้

- เครื่องจักรที่ใช้ในงานผลักดันและลาก เช่น รถดันดิน และรถคราดลอกหิน
- เครื่องจักรที่ใช้ในงานตัก และเคลื่อนย้ายวัสดุช่วงสั้นๆเช่น รถตักวัสดุดิน
- เครื่องจักรที่ใช้งานด้านขุดเปิดพื้นที่ทำการก่อสร้าง เช่น รถขุดไฮดรอลิก รถขุดร่องเพื่อวางท่อ ขุดตักและลอกคลอง เครื่องจักรที่ใช้ในการตกแต่ง และตัดปรับระดับ เช่น รถตัดปรับเกลี่ยดิน
- เครื่องจักรในการบดอัด และสร้างความแน่นให้กับวัสดุถมเช่น รถบดอัดดิน

โดยสามารถดูรายละเอียดของการบำรุงรักษาได้จากข้อกำหนดมาตรฐานของบริษัทผู้ผลิตเครื่องจักร

3) เครื่องจักรที่มีระบบการบันทึกข้อมูลเป็นทั้งมาตรวัดระยะทาง และมีมาตรวัดชั่วโมงเครื่องยนต์ทำงาน

เครื่องจักรหนักประเภทนี้เป็นเครื่องจักรที่มีระบบบันทึกมาตรวัดทั้งสองระบบ และเมื่อเครื่องจักรทำงานในระบบใดก็จะทำการบันทึกการใช้งานจากส่วนนั้น ซึ่งเครื่องจักรเหล่านี้พิจารณาโดยใช้องค์ประกอบของมาตรระยะทางเป็นตัวกำหนดบอกสภาพของเครื่องยนต์ โดยมีหน้าที่ส่งกำลังให้กับระบบไฮดรอลิก และใช้ขับเคลื่อนย้ายเครื่องจักร นอกจากนี้ยังใช้ไมล์ชั่วโมงการทำงาน เป็นตัวเสริมเพื่อพิจารณาสภาพของระบบไฮดรอลิกของเครื่องจักร ตัวอย่างของเครื่องจักรกลประเภทนี้ได้แก่ รถเครนล้อยาง และรถปั้มคอนกรีต เป็นต้น ซึ่งเครื่องจักรประเภทนี้มีข้อกำหนดในการดูแลบำรุงรักษาตามข้อกำหนดผู้ผลิต

4) เครื่องจักรที่ไม่มีระบบการบันทึกมาตรวัดการทำงาน

เครื่องจักรประเภทนี้ส่วนใหญ่เป็นเครื่องจักรที่มีขนาดเล็ก ซึ่งจัดเป็นอุปกรณ์ก่อสร้าง เช่น เครื่องจี้คอนกรีต เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก เครื่องตบและบดอัดดิน เครื่องสูบน้ำ ฯ สำหรับเครื่องจักรขนาดใหญ่อีกหลายชนิด ซึ่งเป็นเครื่องจักรกลก่อสร้างที่ใช้เฉพาะงาน แต่ไม่ติดตั้งระบบมาตรบันทึก ได้แก่ เครื่องเจาะอุโมงค์ขนาดต่างๆ เครื่องอัดฉีดน้ำปูนเพิ่มเสถียรภาพดิน (Jet Groute) ปั้นจั่นเครนขนาดใหญ่ เครื่องเจาะบ่อบาดาล และเครื่องปูผิวถนนแอสฟัสท์ เป็นต้น เนื่องจากการประเมินสภาพเครื่องจักรได้พิจารณาจากสภาพเครื่องจักร และวันที่ทำการซื้อมาใช้งานเป็นสำคัญ ดังนั้นการประเมินสภาพการใช้งานเครื่องจักรชนิดนี้ จึงพิจารณาจากบันทึกข้อมูลการซื้อและนำมาใช้งาน ประกอบกับปริมาณงานที่ทำมาแล้วหรือใช้งานผ่านมากี่โครงการ

ตัวอย่างการแบ่งประเภทเครื่องจักรในงานก่อสร้างตามระบบมาตรวัดการทำงานได้จัดแบ่งแสดงตัวอย่างดัง ภาคผนวก ก-2

4.2 รายละเอียดของปัจจัยที่มีผลต่อค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่องจักร

ผลการวิเคราะห์แบบสอบถามปัจจัยที่มีผลต่อค่าใช้จ่ายในการทำงาน จากการสำรวจแบบสอบถามส่วนที่ 3 ข้อมูลผู้ใช้เครื่องจักร สามารถสรุปความคิดเห็นของผู้ที่มีประสบการณ์ในการใช้งานเครื่องจักรในการทำการก่อสร้างงานดิน และเป็นผู้ให้ข้อมูลสำรวจตามแบบสอบถามดัง ในภาคผนวก ข ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ในส่วนของการประยุกต์แบบจำลองไม่พิจารณาส่วนของค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการเสียของเครื่องจักร ดังนั้นจึงสามารถสรุปความคิดเห็นของผู้ให้ข้อมูลได้เป็นดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการสรุปปัจจัยที่มีผลต่อค่าใช้จ่ายในการทำงานจากแบบสอบถาม (หน่วยร้อยละ)

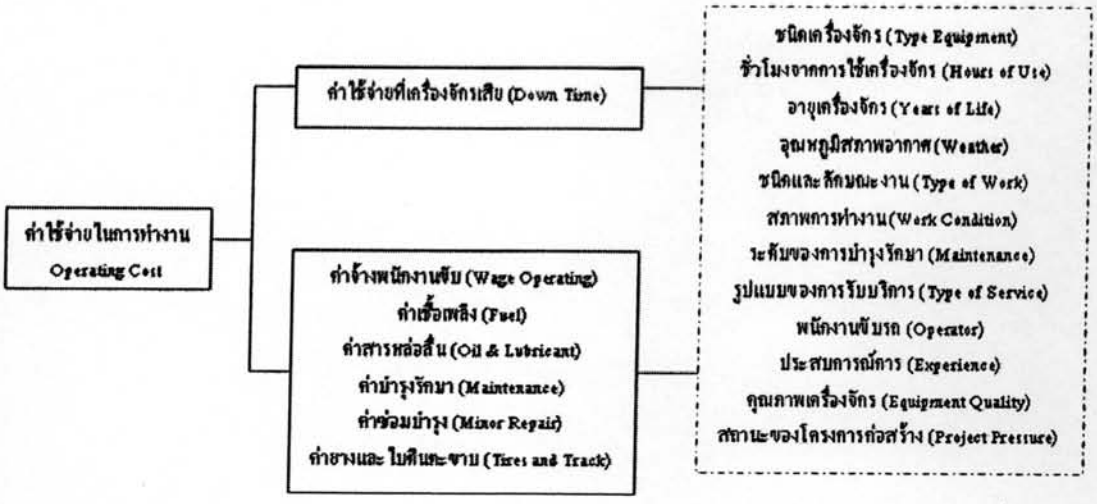
ปัจจัยที่มีผลต่อค่าใช้จ่ายการทำงาน	รายละเอียด	ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง			ปริมาณการใช้สารหล่อลื่น			ค่าซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร		
		มากที่สุด ถึงมาก	ปานกลาง	น้อย ถึงน้อยที่สุด	มากที่สุด ถึงมาก	ปานกลาง	น้อย ถึงน้อยที่สุด	มากที่สุด ถึงมาก	ปานกลาง	น้อย ถึงน้อยที่สุด
ชนิดเครื่องจักร	- ขนาดกำลังของเครื่องยนต์	92.86	7.14	0	28.57	53.57	17.86	7.14	92.86	7.14
	- ชนิดเครื่องจักร	89.29	7.14	3.57	82.14	14.29	3.57	7.14	89.29	3.57
	- ยี่ห้อของเครื่องจักร(Brand)	3.57	10.71	85.71	7.14	17.86	75.00	78.57	14.29	7.14
	- ปริมาตรกระบอกสูบ	7.14	10.71	82.14	85.71	14.29	0	0	10.71	89.29
	- ระบบเครื่องยนต์	3.57	14.29	82.14	82.14	17.86	0	75.00	17.86	7.14
	- ขนาดอ่างน้ำมันเครื่อง(Crank Oil)	7.14	3.57	96.43	92.86	7.14	0	78.57	10.71	3.57
	- เครื่องยนต์มีเทอร์โบ (Turbo)	7.14	89.29	3.57	10.71	78.57	10.71	10.71	78.57	10.71
ตัวเลขตามระบบมาตรบันทึก	- ตัวเลขมาตรที่หน้าปัด (Meter)	85.71	14.29	0	100	0	0	78.57	14.29	7.14
อายุเครื่องจักร	- อายุเครื่องจักร	85.71	14.29	0	89.29	7.14	3.57	82.14	17.86	0
อุณหภูมิสภาพภูมิอากาศ	- สถานที่ทำการก่อสร้าง	0	7.14	92.86	0	17.86	82.14	0	14.29	85.71
	-อุณหภูมิอากาศ	3.57	7.14	89.29	0	21.43	78.57	7.14	14.29	78.57
	-ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (MSL)	0	7.14	92.86	0	10.71	89.29	0	10.71	89.29
	-ฝนตกระหว่างการทำงาน	14.29	21.43	64.29	0	7.14	92.86	7.14	14.29	78.57
ชนิดของการทำงาน	- ลักษณะประเภทงานที่เครื่องจักรใช้เวลาส่วนใหญ่ในการปฏิบัติงาน	96.43	3.57	0	60.71	28.57	10.71	71.43	28.57	0
สภาพการทำงาน (Work Condition)	- สภาพของถนนที่ใช้ขนส่ง	85.71	14.29	0	21.43	78.57	0	82.14	14.29	3.57
	- สภาพการจราจรและเขตชุมชน	67.86	17.86	14.29	17.86	82.14	0	78.57	14.29	7.14
	- ความชันของถนนขนส่ง	92.86	7.14	0	25.00	75.00	0	10.71	71.43	17.86
	- การบรรทุกน้ำหนักขนส่ง(Haul)	92.86	7.14	0	3.57	78.57	17.86	53.57	35.71	10.71
	- วัสดุมวลดินที่เครื่องจักรทำงาน	85.71	14.29	0	0	82.14	17.86	67.86	17.86	14.29
	- ความเปียกของวัสดุที่ทำงาน	71.43	28.57	0	3.57	10.71	85.71	10.71	17.86	71.48

ตารางที่ 4.1 ผลการสรุปปัจจัยที่มีผลต่อค่าใช้จ่ายในการทำงานจากแบบสอบถาม (หน่วยร้อยละ) (ต่อ)

ปัจจัยที่มีผลต่อค่าใช้จ่ายการทำงาน	รายละเอียด	ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง			ปริมาณการใช้สารหล่อลื่น			ค่าซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร		
		มากที่สุด ถึงมาก	ปานกลาง	น้อย ถึงน้อยที่สุด	มากที่สุด ถึงมาก	ปานกลาง	น้อย ถึงน้อยที่สุด	มากที่สุด ถึงมาก	ปานกลาง	น้อย ถึงน้อยที่สุด
รูปแบบของการรับบริการ	-โดยศูนย์บริการผู้ผลิตหรือโดยผู้ประกอบการที่ใช้เครื่องจักรเอง	14.29	78.57	7.14	0	42.86	57.14	21.43	78.57	0
	- การบำรุงรักษาตามผู้ผลิต	85.71	10.71	3.57	71.43	17.86	10.71	89.29	10.71	0
พนักงานขับเครื่องจักร	- อายุพนักงานขับเครื่องจักร	0	7.14	92.86	0	7.14	92.86	0	7.14	92.86
	- ประสบการณ์ในการขับ	85.71	14.29	0	85.71	14.29	0	89.29	10.71	0
	- ระดับวุฒิการศึกษา	3.57	10.71	85.71	3.57	10.71	85.71	3.57	10.71	85.71
	- ระดับค่าจ้างพนักงานขับเครื่องจักร	10.71	75.00	14.29	3.57	89.29	7.14	7.14	85.71	7.14
คุณภาพเครื่องจักร	- ประสิทธิภาพเครื่องจักร	85.71	14.29	0	89.29	10.71	0	96.43	3.57	0
	- ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และเขม่า	78.57	17.86	3.57	78.57	17.86	3.57	78.57	17.86	3.57
แรงกดดันการใช้เครื่องจักรในโครงการ	-การเร่งรัดงานให้ทันต่อระยะเวลาโครงการ	10.71	82.14	7.14	82.14	82.14	7.14	10.71	82.14	7.14
	-การมีจำนวนเครื่องจักรไม่เพียงพอในโครงการ	0	85.17	14.29	0	85.71	14.29	0	85.71	14.29

จากผลของแบบสอบถามสามารถสรุปปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายของเครื่องจักรได้ดังรูปที่ 4.1 โดยพิจารณาในส่วนของปัจจัยที่มีผลต่อการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง สารหล่อลื่น และค่าซ่อมบำรุงรักษาที่มีผลคะแนนความเห็นด้วยมากถึงมากที่สุดเกินร้อยละ 85 ซึ่งให้ข้อมูลในเรื่องของสิ่งที่ควรบันทึกเป็นข้อมูลในการใช้งานของเครื่องจักร โดยผู้ประกอบการควรหาแนวทางเก็บบันทึกข้อมูลในปัจจัยต่างๆดังกล่าวเพิ่มเติมมากขึ้นต่อไป

ผลจากการพิจารณาข้อมูลจากการสำรวจพบสิ่งที่น่าสนใจมีดังนี้ คือปัจจัยสภาพฝนตกระหว่างการทำงานมีผลกระทบน้อยถึงน้อยที่สุดกับการใช้เชื้อเพลิง สารหล่อลื่นและค่าซ่อมบำรุงรักษา



รูปที่ 4.2 สรุปลักษณะของปัจจัยจากการสำรวจที่ส่งผลต่อต้นทุนในการทำงานของเครื่องจักร

แสดงว่าผู้ตอบแบบสอบถามเล็งเห็นว่าสภาพงานที่ทำการก่อสร้าง เป็นสิ่งสำคัญที่ส่งผลต่อค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่องจักรในการก่อสร้าง

ในขั้นตอนสุดท้ายจากแบบสอบถามส่วนนี้ได้นำเข้าปรึกษาความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ที่มีประสบการณ์ใช้งานเครื่องจักรกลก่อสร้างงานดินมากกว่า 7 โครงการก่อสร้างงานดิน และประสบการณ์ทำงานมากกว่า 20 ปี โดยผู้เชี่ยวชาญที่ให้คำปรึกษา ได้เสนอข้อมูลที่น่าสนใจของปัจจัยการพิจารณาเครื่องจักรรถขุดไฮดรอลิก และรถบรรทุกสิบล้อ (Dump) ขนาด 20 ตัน คือ ปัจจัยที่มีผลสำคัญต่อการจำแนกงานรถขุดคือ

- ลักษณะประเภทงานที่เครื่องจักรใช้เวลาส่วนใหญ่ในการปฏิบัติงาน
- วัสดุดินที่เครื่องจักรทำงานด้วย
- ความเปียกแฉะของวัสดุ

สำหรับรถบรรทุกสิบล้อปัจจัยดังกล่าวคือ

- ความลาดชันของทางที่ใช้ขนวัสดุขึ้น
- สภาพผิวทางที่ใช้สัญจร
- สภาพการบรรทุกน้ำหนักของรถว่ามากแค่ไหน

ข้อกำหนดและรายละเอียดของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่องจักรที่นำมาพิจารณาได้อธิบายเพิ่มเติมในภาคผนวก ค

4.3 การประยุกต์แบบจำลองค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่องจักร

จากที่ได้นำเสนอมาในงานวิจัยตาม บทที่4 ที่ผ่านมา พิจารณาได้ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาใช้งาน กับค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่องจักร และกระบวนการพิจารณาที่เสนอมานั้นประกอบด้วยความสัมพันธ์ในแต่ละส่วนของค่าใช้จ่ายในการทำงานกับระยะเวลาในการใช้งาน โดยทำการประยุกต์ในส่วนของรูปแบบความสัมพันธ์ เพื่อนำมาใช้ในการพิจารณาหาค่าใช้จ่ายต่อไป ดังนี้

4.3.1 กำหนดรูปแบบสมการของค่าใช้จ่าย

จากข้อมูลที่ได้จาการสำรวจของผู้ประกอบการที่มีการครอบครอง และใช้งานเครื่องจักร มีการพิจารณาสำรวจข้อมูลในส่วนของค่าใช้จ่ายในการทำงานเป็นสิ่งสำคัญ และทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ทำการจัดเก็บมาแล้วของผู้ประกอบการ

$$e_{OP} = e_{Fuel} + e_{Lubricant} + e_{Tire\&Track\&M\&R} \qquad (1)$$

e_{OP} = ค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่องจักร

e_{Fuel} = ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิง

$e_{Lubricant}$ = ค่าใช้จ่ายสารหล่อลื่น

$e_{Tire\&Track\&M\&R}$ = ค่าใช้จ่ายยางและใบตีนตะขาบ ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเครื่องจักร (Maintenance) ค่าใช้จ่ายการซ่อมแซมเครื่องจักร (Repair)

ดังนั้นแสดงรูปแบบของสมการค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่องจักร เหลือเพียงแค่ 3 ส่วนของค่าใช้จ่ายด้วยกัน ซึ่งเป็นไปตามผลการสำรวจและศึกษาจากผู้ประกอบการที่มีการใช้เครื่องจักร

4.3.2 รายละเอียดสมการของค่าใช้จ่ายในการทำงาน

รูปแบบสมการที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ เป็นในรูปของฟังก์ชั่นการประมาณปริมาณอัตราการใช้เชื้อเพลิง ประมาณการใช้สารหล่อลื่นสะสม และใช้สถิติเชิงพรรณา (Descriptive Statistic) ในการประมาณเปอร์เซนต์ค่าซ่อมบำรุงรักษาสะสมเทียบกับมูลค่าเครื่องจักร ในวันที่ซื้อมาใช้งาน

$$e_{Fuel} = \text{Quantity x Price} \quad (2)$$

e_{Fuel} = ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิง

Quantity = ปริมาณเชื้อเพลิง (ลิตร)

= ปริมาณมาตรใช้งาน X อัตราการใช้เชื้อเพลิง

Price = ราคาเชื้อเพลิง (จำนวนเงิน/ลิตร)

โดย อัตราการใช้เชื้อเพลิงมีลักษณะเป็นสมการถดถอยดังที่แสดงในข้อ 4.4 ซึ่งแสดงรายละเอียดของตัวแปรอิสระต่างๆ และตัวแปรตามคือ อัตราการใช้เชื้อเพลิง และสรุปจากการสำรวจข้อมูลตามที่จัดเก็บมา

$$e_{Lubricant} = (\Delta y_C \times U_C) + (\Delta y_H \times U_H) + (\Delta y_{GE} \times U_{GE}) + (\Delta y_T \times U_T) + (\Delta y_G \times U_G) \quad (3)$$

$e_{Lubricant}$ = ค่าใช้จ่ายสารหล่อลื่น

U = ราคาของสารหล่อลื่นแต่ละชนิด หน่วยเป็นบาท/ลิตร ยกเว้นจาระบี หน่วยเป็นบาท/Kg.

ΔY_C = ผลต่างปริมาณการใช้ของน้ำมันเครื่องสะสม

ΔY_H = ผลต่างปริมาณการใช้ของน้ำมันไฮดรอลิกสะสม

ΔY_{GE} = ผลต่างปริมาณการใช้ของน้ำมันเกียร์สะสม

ΔY_T = ผลต่างปริมาณการใช้ของน้ำมันเฟืองขับสะสม

ΔY_G = ผลต่างปริมาณการใช้ของจาระบีสะสม

โดยปริมาณการใช้สารหล่อลื่นมีลักษณะเป็นไปดังตารางที่ 4.7 ซึ่งแสดงรายละเอียดของสมการถดถอย ตัวแปรตามในการวิเคราะห์คือ ปริมาณการใช้สารหล่อลื่นสะสม และตัวแปรอิสระในการวิเคราะห์ ปัจจัยต่างๆที่สรุปมาจากการสำรวจข้อมูล

การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายยาง และแทรคช่วงล่าง เป็นไปตามที่ได้เสนอมาแล้วในส่วนสมการที่ (1) ซึ่งพิจารณารวมกับค่าซ่อมบำรุงรักษาเพราะมีลักษณะคล้ายคลึงกัน ดังนั้นสามารถพิจารณาได้ค่าใช้จ่ายการซ่อมบำรุงรักษาบวกสะสมเทียบกับค่าเครื่องจักรในวันที่ซื้อ โดยที่($Y_{M\&R}$) คือสมการถดถอยของเปอร์เซนต์ค่าซ่อมบำรุงรักษาสะสม เป็นไปตามข้อ 4.6 ดังที่นำเสนอต่อไป

ผลต่างเปอร์เซนต์ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรักษาสะสม = $\Delta y = Y_2 - Y_1$

ค่าใช้จ่ายการซ่อมบำรุงรักษา = $\left(\Delta y_{M\&R} \times P_{Machine}\right)$ (4)

ดังนั้นในแต่ละส่วนของการวิเคราะห์หาค่าใช้จ่ายในการทำงาน สามารถทำการพิจารณาวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอยให้กับกลุ่มตัวแปรตาม โดยใช้ข้อมูลการใช้งานเครื่องจักรมาวิเคราะห์หาต่อไป

4.3.3 แนวทางในการวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอย

การศึกษาวิจัยครั้งในนี้ ได้เลือกฟังก์ชั่นที่สามารถใช้เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ตามในบทที่3 ข้อ 3.4.2 โดยทำการวิเคราะห์ตามขั้นตอนเพื่อหาความสัมพันธ์ ด้วยสมการถดถอยเชิงซ้อน (Multiple Regression) มีดังต่อไปนี้

1) ทำการสร้างกราฟค่าของข้อมูล (Scatter Plot) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม เพื่อพิจารณาหารูปแบบของฟังก์ชั่นที่เหมาะสม

2) สามารถใช้หลักการสหสัมพันธ์แบบบัญญัติ (Dummy) มาแทนค่าของตัวแปรอิสระเชิงคุณภาพ หรือลักษณะที่สนใจศึกษา ซึ่งสามารถทำการวิเคราะห์ ใช้เป็นตัวแปรอิสระในสมการถดถอย

3) ทำการวิเคราะห์หาความเป็นสหสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระต่างๆกับตัวแปรตาม และระหว่างตัวแปรอิสระด้วยกันเอง เพื่อตัดลดตัวแปรอิสระที่มีนัยความสัมพันธ์ระหว่างกันเพื่อแก้ไขปัญหา (Multicollinearlity) ตามวิธีการวิเคราะห์สมการถดถอย

4) ทำการวิเคราะห์ทดสอบค่าความเชื่อมั่น ทดสอบค่าความแปรปรวน และทดสอบระดับนัยสำคัญ พร้อมตรวจสอบเงื่อนไขของการวิเคราะห์ความถดถอยคือ ค่าคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด R^2 และ R^2-adjust

5) วิเคราะห์สมการถดถอยกับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจบันทึกข้อมูลที่มีของผู้ประกอบการ

4.4 แบบจำลองค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิง

การพิจารณาค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิง ทำการวิเคราะห์ได้จากแบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อหาอัตราการใช้เชื้อเพลิง โดยอาศัยข้อมูลการใช้ของเครื่องจักรที่มีอยู่ของผู้ประกอบการ และนำข้อมูลจากการบันทึกมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้เชื้อเพลิง กับสภาพการทำงานตลอดจนอายุและปริมาณเลขมาตรของเครื่องจักรกล แต่ก่อนการนำข้อมูลของอัตราการใช้เชื้อเพลิงเป็นข้อมูลเพื่อเข้าสู่การวิเคราะห์สร้างแบบจำลอง ต้องผ่านกระบวนการพิจารณา ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

4.4.1 ที่มาของข้อมูลเพื่อใช้การวิเคราะห์สร้างแบบจำลองอัตราการใช้เชื้อเพลิง

1) ทำการวิเคราะห์อัตราการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ยตามจำนวนเลขมาตรใช้งาน ตามช่วงเวลาที่สอดคล้องกับวงรอบการปิดยอดบัญชีวัสดุเชื้อเพลิงของโครงการก่อสร้าง เช่น ทุกสัปดาห์ หรือ ทุก 15 วัน หรือประจำทุกเดือนควรใช้การเฉลี่ยไม่คงที่ (Moving Average) เพื่อหาอัตราการใช้ที่เหมาะสมแม่นยำมากขึ้น

2) ต้องมีการตรวจสอบอัตราการใช้เชื้อเพลิงที่แท้จริงด้วยการกำหนดสภาพการทำงานที่มีอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงสุด และต่ำสุด ตามเงื่อนไขของปัจจัยการทำงานที่จะกล่าวในรายละเอียดต่อไป โดยเลือกเครื่องจักรที่มีอายุมากที่สุดในกลุ่มที่ใช้งาน เพราะสภาพเครื่องยนต์มีการเสื่อมถอยสมรรถนะมากกว่าเครื่องอื่น แต่ต้องไม่เคยมีการซ่อมเครื่องครั้งใหญ่ หรือยกเครื่องมาก่อน หรือการปรับแต่งอุปกรณ์พิเศษนอกเหนือจากมาตรฐานเครื่องจักรตามผู้ผลิต มาใช้เป็นเครื่องจักรในการทดสอบค่าแนวโน้มอัตราการใช้เชื้อเพลิงมาตรฐาน

3) การตรวจสอบปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องจักรทำได้โดยก่อนเริ่มการทำงานของเครื่องจักรให้ทำการเติมน้ำมันเชื้อเพลิงเต็มถังบรรจุเชื้อเพลิง แล้วสำรวจการทำงานของเครื่องจักรตลอดในช่วงการทำงาน เมื่อหยุดการทำงานให้เติมเชื้อเพลิงอีกครั้ง นั้นคือปริมาณเชื้อเพลิงที่เครื่องจักรนั้นใช้ในการทำงาน (ปริมาณเต็ม - ปริมาณที่เติมใส่ = ปริมาณที่ใช้ไป)

4.4.2 การสร้างแบบจำลองอัตราการใช้เชื้อเพลิง และค่าเชื้อเพลิง

จากการสำรวจข้อมูลการใช้งานเครื่องจักรพร้อมทั้งสภาพการทำงาน ตลอดจนการใช้เชื้อเพลิงของผู้ประกอบการ และจากผลการวิเคราะห์แบบสอบถามของผู้มีประสบการณ์ในการใช้เครื่องจักร

สำหรับการก่อสร้างงานดิน พบว่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปริมาณการใช้เชื้อเพลิงสามารถสรุปเป็นตัวแปรอิสระพร้อมหน่วยการวัดได้ดังตารางที่ 4.2 โดยมีตัวแปรตามคือ อัตราการใช้เชื้อเพลิง

- สมการถดถอยของเครื่องจักรระบบมาตรวัดระยะทาง

$$Km_Liter = \beta_0 + \beta_1 HP + \beta_2 Turbo + \beta_3 KM + \beta_4 Life + \beta_5 Typ_M + \beta_6 ROAD + \beta_7 HAUL + e$$

- สมการถดถอยของเครื่องจักรระบบมาตรชั่วโมงทำงาน

$$Liter_Hr = \beta_0 + \beta_1 HP + \beta_2 Turbo + \beta_3 HR + \beta_4 Life + \beta_5 Typ_D + \beta_6 MAT + \beta_7 WET + e$$

- สมการในเครื่องจักรระบบมาตรวัดแบบอื่นๆเป็นไปตามตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.2 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการใช้เชื้อเพลิงของเครื่องจักร

ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้เชื้อเพลิง	รายละเอียด	ระบบเลขมาตร				หน่วย	สัญลักษณ์ตัวแปรอิสระ	ความหมายของตัวแปรหุ่น (Dummy)
		ระยะทาง	ชั่วโมง	ชั่วโมงและระยะทาง	ไม่มีระบบมาตร			
ชนิดเครื่องจักร	- ขนาดกำลังของเครื่องยนต์(Horse Power)	√	√	√	√	กำลังม้า	HP	
	- เครื่องยนต์มีเทอร์โบ	√	√	√		(dummy)	TURBO = 0 TURBO = 1	- เครื่องยนต์ไม่มีระบบ TURBO *** - เครื่องยนต์มีระบบ TURBO ***
ชั่วโมง การใช้งาน	- เลขมาตรระยะทาง(Distance Meter)	√		√		กิโลเมตร	KM	
ระยะทาง การใช้งาน	- เลขมาตรชั่วโมง(Hour Meter)		√	√		ชั่วโมง	HR	
อายุเครื่องจักร	- อายุเครื่องจักร	√	√	√	√	เดือน	LIFE	
ชนิดของการทำงาน	- เครื่องจักรมีการเคลื่อนที่และขนส่งวัสดุ	√	√	√		(dummy)	TYP_M = 0 TYP_M = 1	- ทำงานพื้นที่ราบ (Slope < 4%) *** - ทำงานพื้นที่ลาดเอียง (4% $\leq$ Slope $\leq$ 9%) ***
	- เครื่องจักรไม่มีการเคลื่อนที่ ทำงานขุด-ตัก	√	√	√		(dummy)	TYP_D = 0 TYP_D = 1	- ทำงานขุดตัก ยกวัสดุ และเคลื่อนที่ - ทำงานขุดตักวัสดุอย่างเดียวเกิน 80% ของเวลาทำงานเครื่องจักร ***

***รายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก ค

ตารางที่ 4.2 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการใช้เชื้อเพลิงของเครื่องจักร (ต่อ)

ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้เชื้อเพลิง	รายละเอียด	ระบบเลขมาตร				หน่วย	สัญลักษณ์ตัวแปรอิสระ	ความหมายของตัวแปรหุ่น (Dummy)
		ระยะทาง	ชั่วโมง	ชั่วโมงและระยะทาง	ไม่มีระบบมาตร			
สภาพการทำงาน	- สภาพถนนที่ใช้งาน	√		√		(dummy)	ROAD = 0 ROAD = 1	-ถนนที่มีผิวจราจร (ทางหลวง) *** -ถนนดิน และดินลูกรัง ***
	- สภาพน้ำหนักในการขนส่ง	√		√		(dummy)	HAUL = 1 HAUL = 0	-ขนส่งวัสดุเกินกว่า 12 ตัน (Metric tons) *** -ไม่ขนส่งเกินค่าพิกัดน้ำหนัก 12 ตัน
	- ประเภทวัสดุมวลดินที่เครื่องจักรทำงาน		√	√		(dummy)	MAT = 0 MAT = 1	-วัสดุหลวม (Loose) และอ่อน *** -วัสดุแน่น (Dense) และแข็ง (S.P.T $\geq$ 12) ***
	- ความเปียกของวัสดุที่ทำงาน		√	√		(dummy)	WET = 0 WET = 1	-วัสดุเปียก *** -วัสดุแห้ง ***
	- ปริมาณงานที่เครื่องจักรทำได้				√	หน่วย	UNIT	

***รายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก ค

ปัจจัยตามตารางที่ 4.2 ถูกนำไปใช้เพื่อเป็นตัวแปรอิสระในการประมาณการหาปริมาณอัตราเชื้อเพลิงเมื่อทราบเลขมาตร โดยให้พิจารณาด้วยว่าข้อแตกต่างของเครื่องจักร เช่น ขนาดกำลังม้า ขนาดกระบอกสูบ เหล่านี้แตกต่างกันหรือไม่ของเครื่องจักร และทำการวิเคราะห์ได้ดังต่อไปนี้

1) เครื่องจักรที่มีระบบการบันทึกข้อมูลเป็นมาตรวัดระยะทาง

เครื่องจักรที่มีระบบมาตรบันทึกแบบตามระยะทางการใช้งาน มีหลักการในการพิจารณาค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิง โดยการกำหนดปริมาณงานที่ต้องทำของเครื่องจักร ซึ่งสามารถวิเคราะห์หาค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงได้ ดังตารางที่ 4.3 โดยแบบจำลองของอัตราการใช้เชื้อเพลิงอยู่ในรูปของฟังก์ชันการประมาณที่มีหน่วยเป็นกิโลเมตรต่อลิตร และอัตราการใช้เชื้อเพลิงมีความสัมพันธ์กับสภาพการทำงานของเครื่องจักร เช่น งานก่อสร้างงานดิน ซึ่งมีความแตกต่างจากการใช้งานเครื่องจักรในการขนส่ง ตามสภาพถนนปกติธรรมดา เนื่องจากสภาพการใช้งานที่แตกต่างกันมาก ซึ่งสามารถพิจารณาสร้างฟังก์ชันได้ดังตารางที่ 4.4

2) เครื่องจักรที่มีระบบการบันทึกข้อมูลเป็นมาตรวัดชั่วโมงเครื่องยนต์ทำงาน

เครื่องจักรที่มีระบบมาตรวัดชั่วโมงการทำงานสามารถวิเคราะห์หาอัตราการใช้เชื้อเพลิง โดยพิจารณาจากปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อ 1 ชั่วโมงการทำงาน ซึ่งสามารถวิเคราะห์หาค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงของเครื่องจักรที่มีระบบการบันทึกข้อมูลเป็นมาตรวัดชั่วโมง ได้ดังตารางที่ 4.3 โดยมีสมการแบบจำลองของอัตราการใช้เชื้อเพลิงที่อยู่ในรูปของฟังก์ชันการประมาณอัตราการใช้เชื้อเพลิง จะมีความสัมพันธ์กับสภาพการทำงานของเครื่องจักร ดังตารางที่ 4.4

3) เครื่องจักรที่มีระบบการบันทึกข้อมูลเป็นทั้งมาตรวัดระยะทาง และมีมาตรวัดชั่วโมงเครื่องยนต์ทำงาน

การพิจารณาเครื่องจักรที่มีระบบมาตรวัดชั่วโมงการทำงานของเครื่องยนต์เป็นปัจจัยหลักและใช้จำนวนเลขมาตรวัดระยะทางเป็นปัจจัยประกอบการพิจารณา เนื่องจากเป็นเครื่องจักรที่ใช้มาตรวัดชั่วโมงเป็นปัจจัยหลักในการทำงาน ส่วนมาตรวัดระยะทางใช้เพื่อการขับเคลื่อนย้ายที่เท่านั้น โดยสมการแบบจำลองของอัตราการใช้เชื้อเพลิงที่อยู่ในรูปของฟังก์ชั่นเป็นการประมาณอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเป็นจำนวนลิตร ต่อมาตรวัด 1ชั่วโมง และมีการกำหนดสร้างแบบจำลองของฟังก์ชันอัตราการใช้เชื้อเพลิงสามารถพิจารณาได้ดังตารางที่ 4.4 โดยมีการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงดังแสดงในตารางที่ 4.3

4) เครื่องจักรที่ไม่มีระบบมาตรวัดบันทึกการทำงาน

เครื่องจักรที่ไม่มีระบบมาตรบันทึก มีการบันทึกข้อมูลของระยะเวลาการใช้งาน และปริมาณงานที่ทำได้จากเครื่องจักร เพื่อพิจารณาหาปริมาณงานที่ได้เทียบต่อเชื้อเพลิง 1 ลิตร โดยพิจารณาค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิงเป็นดังตารางที่ 4.3 และมีสมการแบบจำลองของอัตราการใช้เชื้อเพลิงที่อยู่ในรูปของฟังก์ชันการประมาณอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง เป็นจำนวนปริมาณงาน ต่อเชื้อเพลิง 1 ลิตร ซึ่งทั้งหมดดังที่กล่าวมาแล้ว สามารถพิจารณาได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงความสัมพันธ์อัตราการใช้เชื้อเพลิง

ชนิดเครื่องจักร	สัญลักษณ์	ฟังก์ชันอัตราการใช้เชื้อเพลิง
มาตรวัดระยะทาง	KM_LITER	f(HP, TURBO, KM, LIFE, TYP_M, ROAD, HAUL)
มาตรชั่วโมงเครื่องยนต์ทำงาน	LITER_HR	f(HP, TURBO, HR, LIFE, TYP_D, MAT, WET)
มาตรระยะทาง และชั่วโมงเครื่องยนต์ทำงาน	LITER_HR_T	f(HP, TURBO, KM, HR, LIFE, TYP_M, TYP_D, ROAD, HAUL, MAT, WET)
ไม่มีมาตรวัด	UNIT_LITER	f(HP, LIFE, UNIT)

จากอัตราการใช้เชื้อเพลิงของเครื่องจักรระบบมาตรวัดชนิดต่างๆ แสดงเป็นความสัมพันธ์ ได้ดังตารางที่ 4.3 โดยแสดงผลรวมของปัจจัยที่มีผลต่อการใช้เชื้อเพลิงให้อยู่ในรูปฟังก์ชั่น ของความสัมพันธ์กับอัตราการใช้เชื้อเพลิง ซึ่งจะนำเข้าสู่การวิเคราะห์ด้วยวิธีสมการถดถอยเชิงซ้อน ด้วยการพิจารณาอัตราการใช้เชื้อเพลิงเป็นตัวแปรตาม และปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการใช้เชื้อเพลิงเป็นตัวแปรอิสระ โดยทำการวิเคราะห์เลือกฟังก์ชั่นตามที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.4.2 แล้วพิจารณาเงื่อนไขของการถดถอยที่ถูกต้องตามหัวข้อ 3.4.3 และทำการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นไปตามดังที่แสดงในตารางที่ 4.4

$$e_{Fuel} = \text{Quantity} \times \text{Price}$$

e_{Fuel} = ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิง

Quantity = ปริมาณเชื้อเพลิง (ลิตร)

= ปริมาณมาตรใช้งาน X อัตราการใช้เชื้อเพลิง

Price = ราคาเชื้อเพลิง (จำนวนเงิน/ลิตร)

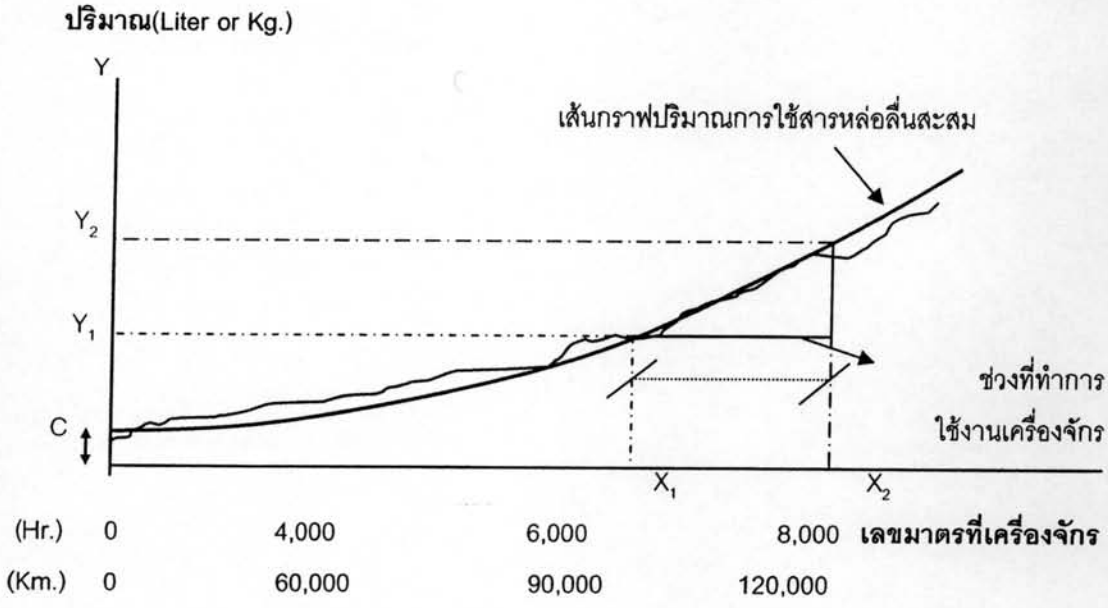
ตารางที่ 4.4 ตารางการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิง

	ระบบมาตรวัดการทำงานของเครื่องจักร			
	มาตรวัดระยะทาง	มาตรชั่วโมงเครื่องยนต์ทำงาน	มาตรระยะทาง และชั่วโมงเครื่องยนต์ทำงาน	ไม่มีมาตรวัด
ปริมาณมาตรใช้งาน	Km. (กิโลเมตร)	Hr. (ชั่วโมง)	Hr. (ชั่วโมง)	Unit (หน่วย)
อัตราการใช้เชื้อเพลิง	(Km/Liter) (กิโลเมตร ต่อ ลิตร)	(Liter/Hr) (ลิตร ต่อ ชั่วโมง)	(Liter/Hr) (ลิตร ต่อ ชั่วโมง)	(Unit/Liter) (หน่วย ต่อ ลิตร)
สัญลักษณ์สมการอัตราใช้เชื้อเพลิง	KM_LITER	LITER_HR	LITER_HR_T	UNIT_LITER
ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง	P=(Baht/Liter) (บาท ต่อ ลิตร)	P=(Baht/Liter) (บาท ต่อ ลิตร)	P=(Baht/Liter) (บาท ต่อ ลิตร)	P=(Baht/Liter) (บาท ต่อ ลิตร)
ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิง (e_{Fuel})	$\frac{(Km \times P)}{(Km/Liter)}$	Hr x (Liter/Hr) x P	Hr x (Liter/Hr) x P	$\frac{(UNIT \times P)}{(Unit/Liter)}$

4.5 แบบจำลองค่าใช้จ่ายสารหล่อลื่น

แบบจำลองค่าใช้จ่ายสารหล่อลื่นจัดทำขึ้นเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างเลขมาตรกับปริมาณการใช้สารหล่อลื่นแต่ละประเภทในเครื่องจักร ค่าใช้จ่ายของสารหล่อลื่นเป็นการพิจารณาปริมาณการใช้สะสมของการเติม และเปลี่ยนถ่ายสารหล่อลื่นแต่ละชนิดตามข้อมูลการใช้ของผู้ประกอบการ และคู่มือการใช้งานพร้อมกับการบำรุงรักษาเครื่องจักรของผู้ผลิต โดยสามารถหาอัตราการใช้สารหล่อลื่นในแต่ละช่วงเวลาการใช้เครื่องจักรได้จากเส้นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการใช้งานกับปริมาณการใช้สารหล่อลื่นสะสม ดังรูปที่ 4.2

โดยที่เส้นกราฟความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถทำการสร้างได้โดยรวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้สารหล่อลื่นของเครื่องจักรกลในตลอดช่วงเวลาการใช้งาน ที่มีการบันทึกลักษณะการทำงานและโครงการก่อสร้าง ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณการใช้สารหล่อลื่นของเครื่องจักรประกอบการพิจารณาในแต่ละช่วงเวลา



รูปที่ 4.3 เส้นกราฟปริมาณการใช้สารหล่อลื่นสะสม

เลขมาตรเครื่องจักรก่อนนำมาใช้งาน = X_1

ปริมาณงานที่เครื่องจักรทำงาน = M

ดังนั้นเลขมาตรหลังใช้งาน X_2 = $X_1 + M$

หาปริมาณสารหล่อลื่นสะสมด้วยการแทนค่า (X_1) และ(X_2) ลงในสมการ (YLubricant)

$$\Delta y_{Lubricant} = Y_2 - Y_1$$

ปริมาณการใช้สารหล่อลื่น = $\Delta y_{Lubricant}$

จากการพิจารณาปัจจัยที่สามารถบันทึกได้ โดยข้อมูลการเปลี่ยนถ่ายสารหล่อลื่นนั้นเป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานของผู้ผลิตเครื่องจักร และผู้ผลิตสารหล่อลื่นชนิดต่างๆ ซึ่งสารหล่อลื่นที่เปลี่ยนหรือเติมนั้นเกิดจากการเสื่อมสภาพของสารหล่อลื่นเป็นสำคัญ ทั้งจากความร้อน และปฏิกิริยาจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ ตลอดจนการสัมผัสกับสภาพแวดล้อม ดังนั้นปัจจัยต่างๆที่ส่งผลมากต่อปริมาณการใช้สารหล่อลื่น สามารถสรุปจากแบบสอบถามตามหัวข้อ 4.1 เป็นตัวแปรพร้อมหน่วยการวัดได้ดัง ตารางที่4.5 รูปแบบของสมการถดถอยของสารหล่อลื่นคือ

$$Y_{Lubricant} = \beta_0 + \beta_1 HP + \beta_2 VOLCYL + \beta_3 TURBO + \beta_4 (KMorHR) + \beta_5 Life + \beta_6 Typ_M + \beta_7 Typ_D + \beta_8 Road + \beta_9 HAUL + \beta_{10} MAT + \beta_{11} WET + \beta_{12} UNIT$$

สมการในเครื่องจักรระบบมาตรต่างๆมีตัวแปรเป็นไปตามตารางที่ 4.5 แต่ทั้งนี้สารหล่อลื่นต่างๆมีหลายประเภทด้วยกัน เช่น น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ น้ำมันหล่อลื่นระบบเกียร์ น้ำมันหล่อลื่นเฟืองขับเคลื่อนระบบการหมุนของแบร์ลิ่ง น้ำมันระบบไฮดรอลิก และจาระบีหล่อลื่นชิ้นส่วนป้องกันการสึกหรอ แต่สารหล่อลื่นแต่ละชนิดมีราคาที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการบันทึกและสร้างกราฟการใช้สารหล่อลื่นสะสมดังกล่าวจำเป็นต้องแยกตามประเภทของสารหล่อลื่น ตามตารางที่ 4.5 แสดงประเภทของสารหล่อลื่นและรายละเอียดการใช้งาน ที่มีการใช้ในเครื่องจักรกลงานก่อสร้าง สารหล่อลื่นประเภทน้ำมันนั้นถูกใช้ในปริมาณมาก ซึ่งจะมีค่าใช้จ่ายในสารหล่อลื่นที่นำมาพิจารณานี้มากกว่าร้อยละ 1.5 ของค่าใช้จ่ายจากการใช้เชื้อเพลิงในช่วงเวลาใช้งานนั้น

จากการตรวจสอบ ราคาขายสารหล่อลื่นดังแสดงได้ในภาคผนวก ก-3 พบว่าสารหล่อลื่นบางประเภทมีราคาขายต่อหน่วยที่เท่ากันเช่น น้ำมันเกียร์ เบอร์ 90 และน้ำมันเฟืองท้าย เบอร์ 140 นั้นมีราคาขายจากผู้ผลิตในประเทศไทยเป็นราคาเดียวกันเสมอเพราะมาจากฐานเกรดน้ำมันตัวเดียวกัน จึงสามารถนำปริมาณการใช้ในทั้ง 2 ส่วนมาพิจารณารวมเป็นปัจจัยเดียว หลักการนี้สามารถใช้รวมกลุ่มน้ำมันประเภทต่าง ๆ ได้ หากราคาขายมีราคาต่อหน่วยเท่ากัน

ตารางที่ 4.5 ตารางประเภทสารหล่อลื่น รายละเอียดการใช้งาน และสัญลักษณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

สารหล่อลื่น		หน่วยการใช้	สัญลักษณ์
ผลิตภัณฑ์	รายละเอียด		
น้ำมันเครื่อง เบอร์ 40	หล่อลื่นเครื่องยนต์ดีเซล	Liter	Crank Oil (C)
น้ำมันเกียร์ เบอร์ 90	หล่อลื่นระบบเฟืองเกียร์	Liter	Lubricant Oil Transmission Oil (T)
น้ำมันเฟืองท้าย เบอร์ 140	หล่อลื่นระบบเฟืองท้ายและเฟืองต่างๆในการส่งกำลัง หล่อลื่นระบบแบริ่งของส่วนหมุนสวิง	Liter	
น้ำมันไฮโดรลิค เบอร์ 68	เป็นน้ำมันที่ใช้เฉพาะระบบส่งกำลัง และหล่อลื่น	Liter	Hydraulic Oil (H)
จาระบี	ใช้หล่อลื่นตามสลักและเพลาอีกทั้งส่วนหมุนต่างๆ ตลับลูกปืน ล้อนำ และโรลเลอร์ของส่วนตีนตะขาบ	Kg.	Grease (G)

เพื่อความสะดวกในการประยุกต์ให้สามารถนำมาใช้สร้างเป็นแบบจำลอง ด้วยวิธีการสมการถดถอยได้เหมาะสมนั้น จึงพิจารณาให้ทำการวิเคราะห์การใช้สารหล่อลื่นชนิดต่างๆ เป็นปริมาณการใช้สารหล่อลื่นสะสม หรือปรับให้อยู่ในหน่วยของจำนวนเลขมาตรต่อปริมาณสารหล่อลื่น 1 หน่วยการใช้ และในการวิเคราะห์ค่าปริมาณการใช้สารหล่อลื่นให้พิจารณาจากปริมาณสารหล่อลื่นที่ใช้ในแต่ละช่วงระยะการใช้งานตามเลขมาตร แต่งานวิจัยนี้ใช้ในรูปของสารหล่อลื่นสะสมมาทำการวิเคราะห์ข้อมูล เพราะสามารถสื่อถึงการใช้งานได้ตรงประเด็น และสามารถ จัดรูปแบบเพื่อนำใช้งานอย่างสะดวกกว่าการวิเคราะห์เป็นอัตราการใช้

ตารางที่ 4.6 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการใช้สารหล่อลื่นของเครื่องจักรกล

ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้สารหล่อลื่น	รายละเอียด	ระบบเลขมาตร				หน่วย	สัญลักษณ์ตัวแปรอิสระ	ความหมายของตัวแปรหุ่น (Dummy)
		ระยะทาง	ชั่วโมง	ชั่วโมงและระยะทาง	ไม่มีระบบมาตร			
ชนิดเครื่องจักร	- ขนาดกำลังของเครื่องยนต์(Horse Power)	√	√	√	√	แรงม้า	HP	
	- ปริมาตรกระบอกสูบ	√	√	√	√	ลบ.ซม.	VOLCYL	
	- เครื่องยนต์มีเทอร์โบ	√	√	√		(dummy)	TURBO = 0 TURBO = 1	- เครื่องยนต์ไม่มีระบบ TURBO *** - เครื่องยนต์มีระบบ TURBO ***
ชั่วโมง การใช้งาน	- เลขมาตรระยะทาง(Distance Meter	√		√		กิโลเมตร	KM	
ระยะทาง การใช้งาน	- เลขมาตรชั่วโมง(Hour Meter)		√	√		ชั่วโมง	HR	
อายุเครื่องจักร	- อายุเครื่องจักร	√	√	√	√	เดือน	LIFE	
ชนิดของการทำงาน	- เครื่องจักรมีการเคลื่อนที่และขนส่งวัสดุ	√	√	√		(dummy)	TYP_M = 0 TYP_M = 1	- ทำงานพื้นที่ราบ (Slope < 4%) *** - ทำงานพื้นที่ลาดเอียง (4%≥Slope ≥ 9%) ***
	- เครื่องจักรไม่มีการเคลื่อนที่และทำงานขุด-ตัก	√	√	√		(dummy)	TYP_D = 0 TYP_D = 1	- ทำงานขุดตัก และยกวัสดุ *** - ทำงานขุดตักวัสดุอย่างเดียวเกิน80%ของเวลาทำงานเครื่องจักร ***

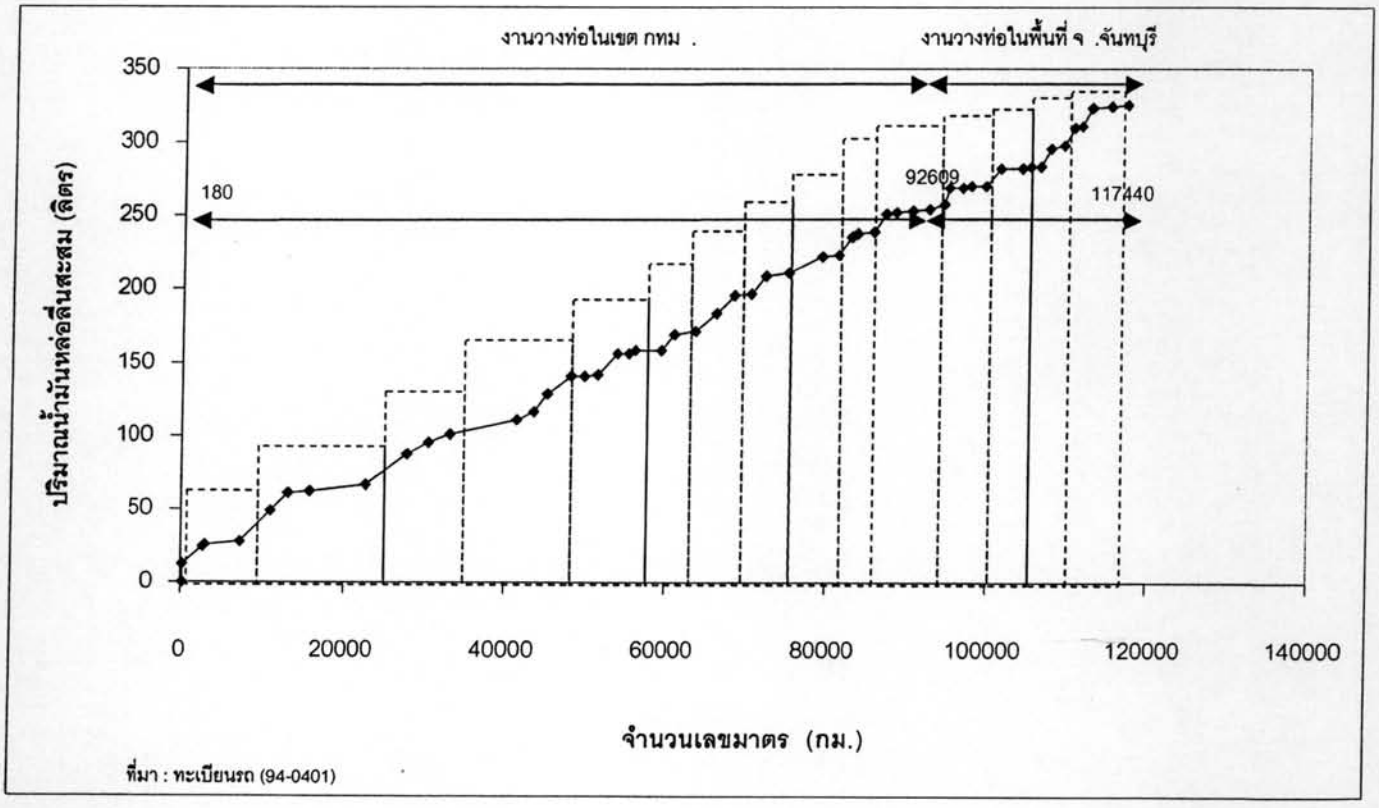
***รายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก ค

ตารางที่ 4.6 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการใช้สารหล่อลื่นของเครื่องจักรกล (ต่อ)

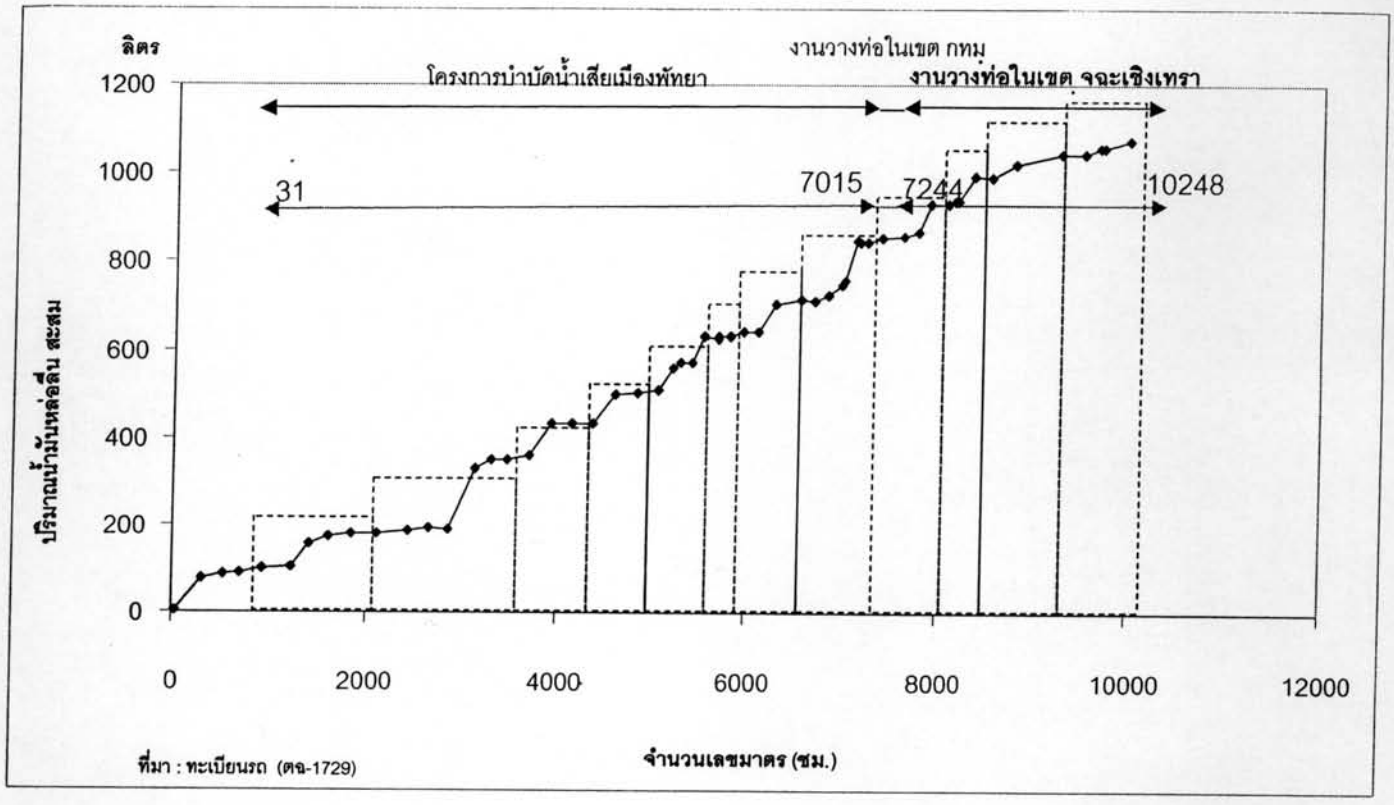
ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้สารหล่อลื่น	รายละเอียด	ระบบเลขมาตร				หน่วย	สัญลักษณ์ตัวแปรอิสระ	ความหมายของตัวแปรหุ่น (Dummy)
		ระยะทาง	ชั่วโมง	ชั่วโมงและระยะทาง	ไม่มีระบบมาตร			
สภาพการทำงาน	- สภาพถนน	√		√		(dummy)	ROAD = 0 ROAD = 1	- ถนนที่มีผิวจราจร(ทางหลวง) *** - ถนนดิน และดินลูกรัง ***
	- สภาพการจราจรและเขตชุมชน	√		√		(dummy)	HAUL = 1 HAUL = 0	- ขนส่งวัสดุเกินกว่า 12 ตัน(Metric tons) *** - ไม่ขนส่งเกินค่าพิกัดน้ำหนัก 12 ตัน ***
	- ประเภทวัสดุมวลดินที่เครื่องจักรทำงาน		√	√		(dummy)	MAT = 0 MAT = 1	- วัสดุหลวม (Loose) และอ่อน *** - วัสดุแน่น (Dense) และแข็ง (S.P.T $\geq$ 12) ***
	- ความเปียกของวัสดุที่ทำงาน		√	√		(dummy)	WET = 0 WET = 1	- วัสดุเปียก *** - วัสดุแห้ง ***
	- ปริมาณงานที่เครื่องจักรทำได้				√	หน่วย	UNIT	

***รายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก ค

จากการเพิ่มขึ้นของสารหล่อลื่นสะสมที่มีลักษณะเป็นการเพิ่มขึ้นแบบขั้นบันได หากใช้วิธีการแบ่งปริมาณน้ำมันหล่อลื่นสะสมตามช่วงเวลาที่คงที่จะทำให้ค่าที่ได้มีความคลาดเคลื่อน เนื่องจากในสภาพความเป็นจริงระยะเวลาในการเปลี่ยนถ่ายสารหล่อลื่นมีความไม่แน่นอน ดังนั้นการแบ่งช่วงในการหาค่าเฉลี่ยปริมาณการใช้สารหล่อลื่น ควรใช้ระยะตามเลขมาตรเมื่อมีการเปลี่ยนถ่ายสารหล่อลื่นมากำหนดเป็นช่วงที่จะทำการหาค่าเฉลี่ย ดังรูปที่ 4.4 ถึง 4.5 จะต้องใช้ระยะการแบ่งไม่คงที่แต่อาศัยการเปลี่ยนถ่ายสารหล่อลื่นเป็นหลักเขตแบ่งเพื่อหาค่าเฉลี่ย (Moving Average) ซึ่งไม่แนะนำผู้ประกอบการควรใช้การพิจารณาในแบบการใช้สะสม เห็นควรว่าเหมาะสมมากกว่าในการนำมาวิเคราะห์หาปริมาณการใช้ที่ถูกต้องต่อไป ตามงานวิจัยนี้



รูปที่ 4.4 ตัวอย่างการใช้น้ำมันเครื่องยนต์สะสมกับเลขมาตรของรถบรรทุก



รูปที่ 4.5 ตัวอย่างการใช้น้ำมันเครื่องยนต์สะสมกับจำนวนเลขมาตรรถขุดไฮดรอลิก

การวิเคราะห์เพื่อหาแบบจำลองเพื่อเป็นตัวแทนในการหาปริมาณสารหล่อลื่นที่ใช้ในเครื่องจักรสามารถวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายสารหล่อลื่นได้ดังนี้

$$e_{Lubricant} = (y_C \times U_C) + (y_H \times U_H) + (y_T \times U_T) + (y_G \times U_G)$$

โดยที่

$e_{Lubricant}$ = ค่าใช้จ่ายสารหล่อลื่น

U = ราคาของสารหล่อลื่นแต่ละชนิด หน่วยเป็นบาท/ลิตร

Y_C = ปริมาณการใช้ของน้ำมันเครื่อง

Y_H = ปริมาณการใช้ของน้ำมันไฮดรอลิก

Y_T = ปริมาณการใช้ของน้ำมันเฟืองขับ ระบบน้ำมันเกียร์ และส่งกำลัง

Y_G = ปริมาณการใช้ของจาระบี

ตารางที่ 4.7 ตารางการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายสารหล่อลื่น

	ระบบมาตรวัดการทำงานของเครื่องจักร			
	มาตรวัดระยะทาง	มาตรชั่วโมงเครื่องยนต์ทำงาน	มาตรระยะทาง และชั่วโมงเครื่องยนต์ทำงาน	ไม่มีมาตรวัด
ปริมาณงาน	Km. (กิโลเมตร)	Hr. (ชั่วโมง)	Hr. (ชั่วโมง)	Units. (หน่วย)
ปริมาณใช้สารหล่อลื่นสะสม	(Liter) (ลิตร)	(Liter) (ลิตร)	(Liter) (ลิตร)	(Liter) (ลิตร)
ปริมาณการใช้น้ำมันเครื่อง	Y_{C_KM}	Y_{C_HR}	$Y_{C_HR_T}$	Y_C
ปริมาณการใช้น้ำมันไฮดรอลิก	Y_{H_KM}	Y_{H_HR}	$Y_{H_HR_T}$	Y_H
ปริมาณการใช้น้ำมันระบบเฟืองส่งกำลังและระบบน้ำมันเกียร์	Y_{T_KM}	Y_{T_HR}	$Y_{T_HR_T}$	Y_T
ปริมาณการใช้จาระบี (หน่วย กิโลกรัม)	Y_{G_KM}	Y_{G_HR}	$Y_{G_HR_T}$	Y_G
ราคาสารหล่อลื่นแต่ละชนิด (ยกเว้นจาระบีหน่วย กก.)	P=(Baht/Liter) (บาท ต่อ ลิตร)	P=(Baht/Liter) (บาท ต่อ ลิตร)	P=(Baht/Liter) (บาท ต่อ ลิตร)	P=(Baht/Liter) (บาท ต่อ ลิตร)
ค่าใช้จ่ายสารหล่อลื่นแต่ละชนิด (U_{Lub})	Liter x P	Liter x P	Liter x P	P (Unit/Liter)

สมการแบบจำลองของปริมาณการใช้สารหล่อลื่น พิจารณาสร้างจากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้สารหล่อลื่น กับปัจจัยส่งผลกระทบต่อปริมาณการใช้ เป็นการประมาณปริมาณการใช้สารหล่อลื่นต่อเลขมาตร เนื่องจากในการประยุกต์สร้างแบบจำลองสำหรับเครื่องจักรระบบมาตรวัดระยะทางทำการจัดแยกประเภทของการใช้งานตามสภาพการใช้งานเครื่องจักร แต่มีการกำหนด และสร้างแบบจำลองของฟังก์ชันดังกล่าวสำหรับในแต่ละสภาพการทำงานของเครื่องจักร เช่น งานก่อสร้างงานดิน มีความแตกต่างจากการใช้เครื่องจักรในการขนส่ง ตามสภาพถนนปกติธรรมดา เพราะการใช้งานที่แตกต่างกันมาก โดยงานวิจัยนี้ได้นำเสนอที่ส่วนการใช้ในการก่อสร้างงานดิน ซึ่งสามารถพิจารณาสร้างฟังก์ชันได้ดังตารางที่ 4.8

สำหรับเครื่องจักรที่ไม่มีระบบมาตรวัดจะใช้การประมาณการใช้สารหล่อลื่นของผู้ผลิตเครื่องจักร นำมาคิดหาปริมาณงานที่ต้องทำการใช้งานเครื่องจักรเป็นระยะเวลา และทำการคิด

ปริมาณที่ใช้สารหล่อลื่น คูณด้วยราคาสารหล่อลื่นตามชนิดนั้นๆ จะสามารถประมาณการใช้สารหล่อลื่นได้ เพราะจำนวนเครื่องจักรชนิดที่ไม่มีการติดตั้งระบบมาตรวัดส่วนใหญ่ เป็นเครื่องจักรราคาแพง ซึ่งมีจำนวนน้อยเครื่องในการเก็บข้อมูล หรือไม่ก็เป็นกลุ่มของเครื่องมือในงานก่อสร้าง ไม่จัดเป็นเครื่องจักรก่อสร้างงานดิน

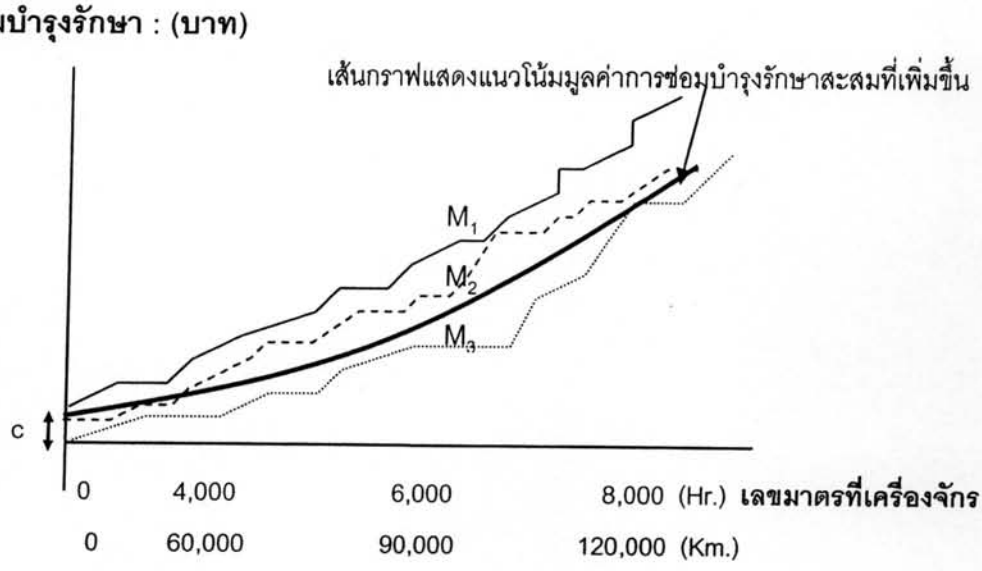
ตารางที่ 4.8 ตารางแสดงความสัมพันธ์ปริมาณการสารหล่อลื่น

ระบบเลขมาตร	ปริมาณการใช้สารหล่อลื่น	ฟังก์ชันที่ใช้ประมาณปริมาณสารหล่อลื่นที่ใช้ในเครื่องจักร
มาตรวัดระยะทาง	Y_{C_KM} , Y_{H_KM} , Y_{T_KM} , Y_{G_KM}	f(HP, VOLCYL, TURBO, KM, LIFE, TYP_M, ROAD, HAUL)
มาตรชั่วโมงเครื่องยนต์ทำงาน	Y_{C_KM} , Y_{H_KM} , Y_{T_KM} , Y_{G_KM}	f(HP, VOLCYL, TURBO, HR, LIFE, TYP_D, MAT, WET)
มาตรระยะทาง และชั่วโมงเครื่องยนต์ทำงาน	Y_{C_KM} , Y_{H_KM} , Y_{T_KM} , Y_{G_KM}	f(HP, VOLCYL, TURBO, KM, HR, LIFE, TYP_M, TYP_D, ROAD, HAUL, MAT, WET)
ไม่มีระบบมาตร	Y_{C_KM} , Y_{H_KM} , Y_{T_KM} , Y_{G_KM}	ควรใช้การประมาณการสารหล่อลื่นของผู้ผลิตเครื่องจักรนั้น

ดังนั้นการที่นำมาสร้างรูปแบบของสมการเพื่อหาความสัมพันธ์เป็นในรูปสมการถดถอยระหว่างระยะเวลาการใช้งาน กับปริมาณการใช้สารหล่อลื่นสะสม

4.6 แบบจำลองค่าใช้จ่ายของยาง ช่วงล่างใบตีนตะขาบ และค่าซ่อมบำรุงรักษา

ในงานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลที่สามารถทำการบันทึกจัดเก็บได้ของผู้ประกอบการนั้นอยู่ในลักษณะของค่าใช้จ่าย ซึ่งคือมูลค่าเงิน ดังนั้นสามารถวิเคราะห์โดยใช้ความสัมพันธ์ที่เส้นกราฟมีลักษณะตามรูปที่ 4.5 ที่แสดงความสัมพันธ์ของค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรักษา กับระยะเวลาการใช้งาน ในกลุ่มที่เป็นเครื่องจักรชนิดเดียวกันมีลักษณะการใช้งานและคุณสมบัติใกล้เคียงกันดังเช่นเครื่องจักร M_1, M_2, M_3 เป็นต้น



รูปที่ 4.6 เส้นกราฟแสดงแนวโน้มของค่าซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรกล

ในการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรแต่ละครั้ง ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นประกอบด้วยค่าอะไหล่และวัสดุ และค่าแรงงานในการซ่อมและบำรุงรักษา ดังสมการ

ค่าซ่อมบำรุงรักษา = ค่าอะไหล่และวัสดุ + ค่าใช้จ่ายการซ่อม
+ ค่าจ้างพนักงานซ่อมบำรุงรักษา

ในส่วนค่าอะไหล่ต่างๆ นั้นผู้ประกอบการส่วนใหญ่สามารถระบุให้กับเครื่องจักรแต่ละตัวได้ชัดเจน เพราะมีระบบบัญชีพัสดุในการเบิก และออกใบเสร็จค่าอะไหล่ให้แก่เครื่องจักรที่ซ่อม แต่ปัญหาในทางการปฏิบัติงานของผู้ประกอบการที่เกิดขึ้น ร้อยละ 90 ไม่มีการลงบันทึกแยกใบลงงานซ่อม และรหัสงานซ่อมของเครื่องจักร ดังนั้นปัญหาที่พบในกรณีที่โครงการเป็นโครงการขนาดใหญ่ และมีเครื่องจักรจำนวนมาก คือไม่สามารถระบุค่าแรงงานในการซ่อมและบำรุงรักษาได้ชัดเจน เพราะใช้ช่างเครื่องในการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรทั้งหมดชุดเดียวกัน ยกเว้นการซ่อมใหญ่ที่ต้องพึ่งพาบริษัทที่ให้บริการซ่อมจากภายนอก

แต่จากข้อจำกัดดังกล่าวในการลงบันทึกค่าแรงงานพนักงานช่างเครื่องในโครงการของผู้ประกอบการได้ทำการเกลี่ยค่าแรงงานของช่างเครื่องลงในค่าซ่อมและบำรุงรักษาเครื่องจักรของตนเองเพื่อเปรียบเทียบ ค่าจ้างงานซ่อมจากภายนอก โดยเฉลี่ยตามมูลค่าเครื่องจักรทุกรอบบัญชี

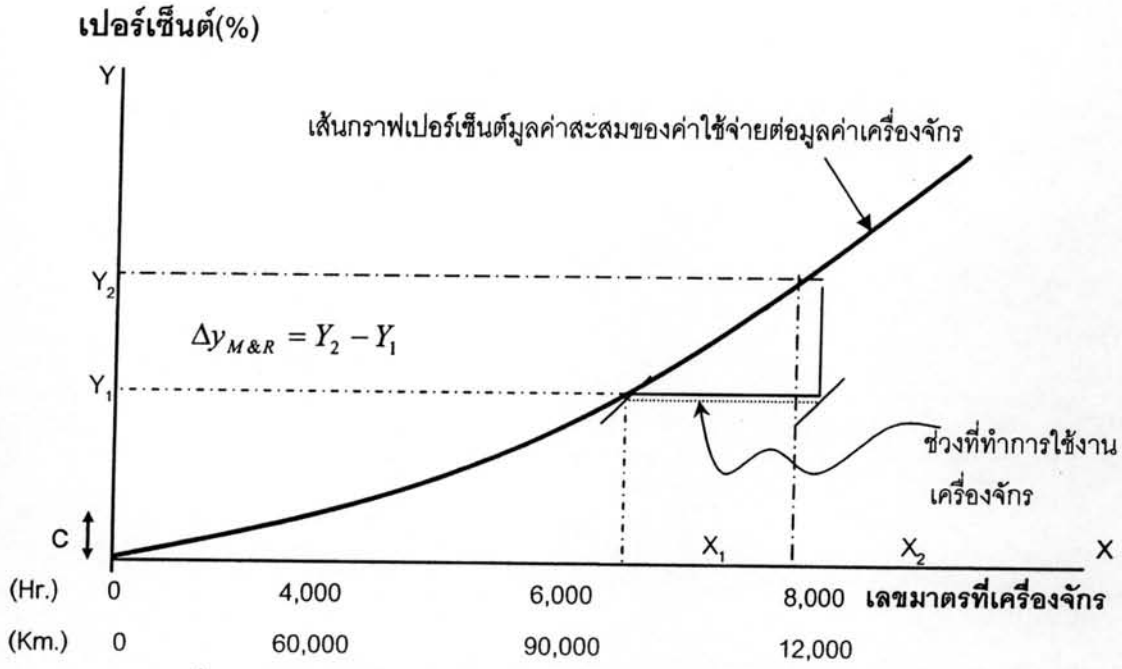
จากข้อมูลค่าใช้จ่ายที่ได้รับความอนุเคราะห์มาจากผู้ประกอบการ จึงทำการรวมค่าอะไหล่ยาง และใบตีนตะขาบร่วมอยู่กับค่าอะไหล่วัสดุในการซ่อมบำรุงรักษา เนื่องจากระบบบัญชีวัสดุของผู้ประกอบการได้ทำการบันทึกควบคู่ไปกับระบบบัญชีค่าใช้จ่ายของโครงการก่อสร้าง ดังนั้นจึงพิจารณาค่าใช้จ่ายของการซ่อมบำรุงรักษาเป็นต้นทุนรวมค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ด้วย ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการใช้งานของยาง คือสิ่งที่มีผลต่อการสึกหรอ และเสื่อมสภาพของยาง ซึ่งจะนำไปสู่การวิเคราะห์หาค่าใช้จ่ายของการใช้ยาง โดยมีผลจาก 2 ส่วนที่สำคัญ ส่วนแรกเนื่องจากคุณภาพของวัสดุยาง ส่วนที่ 2 คือ จากสภาพการนำมาใช้งานตามประเภทที่ยางได้ระบุคุณสมบัติการใช้งานเอาไว้ โดยทั้ง 2 ส่วนเป็นปัจจัยสำคัญของอายุการใช้ของยาง

ค่าซ่อมบำรุงรักษา = ค่าอะไหล่และวัสดุ + ค่าใช้จ่ายการซ่อม
+ ค่าจ้างพนักงานซ่อมบำรุงรักษา + ค่ายาง
+ ค่าใบตีนตะขาบ

สามารถสร้างเส้นกราฟความสัมพันธ์ดังกล่าวได้โดยรวบรวมข้อมูลค่าใช้จ่ายการซ่อมบำรุงรักษาของเครื่องจักรกล โดยพิจารณาจากปัจจัยที่ผู้ประกอบการสามารถบันทึกจัดเก็บได้ โดยมีข้อมูลการเปลี่ยนใช้อะไหล่ต่างๆ เป็นไปตามมาตรฐานของผู้ผลิตเครื่องจักร ซึ่งอะไหล่ที่ทำการเปลี่ยนซ่อมนั้นเกิดจากการเสื่อมสภาพของอะไหล่เป็นสำคัญ แต่ค่าใช้จ่ายการซ่อมบำรุงรักษานั้นประกอบด้วยค่าแรงของช่างซ่อม และพนักงานบำรุงรักษา ไม่ได้หมายความถึงเพียงค่าอะไหล่ และวัสดุสิ้นเปลืองเท่านั้น

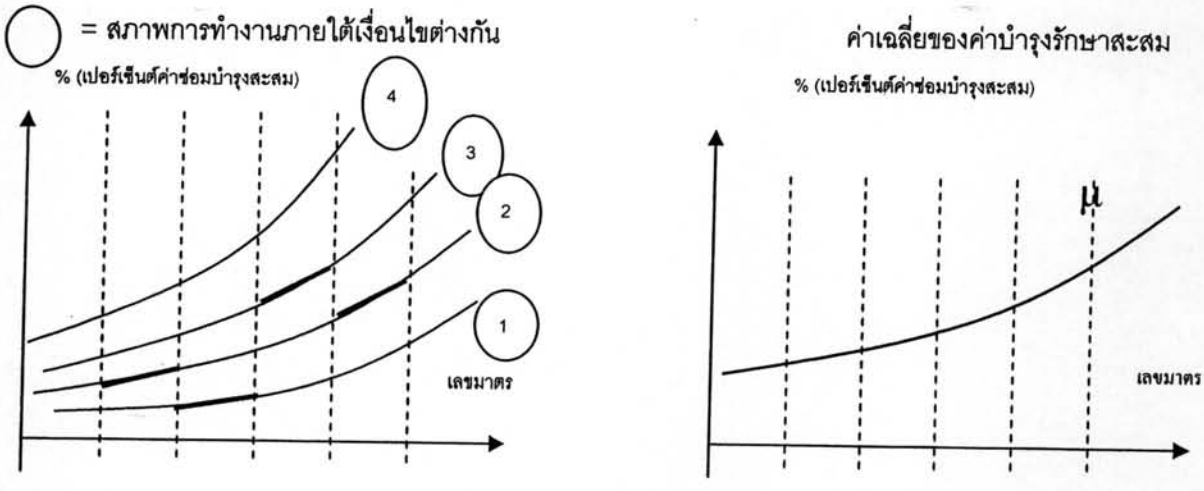
ค่าใช้จ่ายการซ่อมบำรุงรักษาจะเพิ่มขึ้นไปตามอายุเครื่องจักร (Years of Life) กับจำนวนเลขมาตรเสมอ โดยเป็นปัจจัยสำคัญ เพราะการเสื่อมสภาพของอะไหล่เครื่องจักรแต่ละส่วนมีเงื่อนไขที่สำคัญคืออายุเครื่องจักรและปริมาณการใช้งาน

ในงานวิจัยครั้งนี้เป็นการนำเสนอให้ทำการพิจารณาค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรักษาสะสมเป็นสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ กับมูลค่าเครื่องจักร ในวันที่เครื่องจักรนั้นได้ถูกนำมาใช้งาน ดังนั้น สามารถพิจารณาได้ตามรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.7 เส้นกราฟค่าซ่อมบำรุงรักษาสะสมเทียบกับมูลค่าซื้อเครื่องจักร

การประมาณค่าซ่อมบำรุงของเครื่องจักรนั้นขึ้นกับสภาพการใช้งานสะสมของเครื่องจักร เช่น เครื่องจักรที่ผ่านการใช้งานในสภาพที่หนัก เทียบกับเครื่องจักรที่ไม่ค่อยได้ใช้งาน ค่าซ่อมบำรุงมีค่าไม่เท่ากัน ถึงแม้จะมีอายุที่เท่ากัน ดังนั้น จึงต้องทำการสร้างกราฟค่าซ่อมบำรุงสะสมของการใช้งานเครื่องจักรขึ้น โดยพิจารณาถึงสภาพการใช้งานของเครื่องจักรตั้งแต่เริ่มใช้งานดังตัวอย่างในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.8 การสร้างเส้นกราฟเปอร์เซ็นต์ค่าซ่อมบำรุงรักษาสะสม

ในการประมาณค่าใช้จ่ายการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร สามารถหาได้เมื่อทราบค่าเปอร์เซ็นต์ค่าบำรุงรักษาเทียบกับราคาค่าเครื่องจักรในช่วงเลขมาตรที่พิจารณา และราคาของเครื่องจักรดังสมการ

$$e_{M\&R} = \left(\Delta y_{M\&R} \times P_{Machine}\right)$$

โดยที่

$e_{M\&R}$ = ค่าใช้จ่ายการซ่อมบำรุงรักษา

$P_{machine}$ = ราคาของเครื่องจักรดังกล่าว ณ วันที่ผู้ผลิตขาย และเริ่มมีการนำมาใช้งาน

$\Delta y_{M\&R}$ = เปอร์เซ็นต์ค่าบำรุงรักษาเทียบกับราคาค่าเครื่องจักรในช่วงเลขมาตรที่พิจารณา

วิธีการหาค่าใช้จ่ายการซ่อมบำรุงรักษาดังกล่าวนี้ ในเครื่องจักรที่มีระบบการบันทึกข้อมูลตามระบบมาตรบันทึกชนิดต่างๆ ของเครื่องจักร ดังนี้

1) เครื่องจักรที่มีระบบมาตรบันทึกข้อมูล

ให้ เลขมาตรเครื่องจักรก่อนนำมาใช้งาน = X_1

ปริมาณงานที่เครื่องจักรทำงาน = M

ดังนั้นเลขมาตรหลังใช้งาน X_2 = $X_1 + M$

หาค่าใช้จ่ายการซ่อมบำรุงรักษาด้วยการแทนค่า (X_1) และ(X_2) ลงในสมการ ($Y_{M\&R}$) ของค่าใช้จ่ายการซ่อมบำรุงรักษาบวกสะสมเทียบกับค่าเครื่องจักร ณ วันที่ซื้อ

สัดส่วนค่าใช้จ่ายการซ่อมบำรุงรักษากับค่าเครื่อง = $\Delta y = Y_2 - Y_1$

ค่าใช้จ่ายการซ่อมบำรุงรักษา = $\left(\Delta y_{M\&R} \times P_{Machine}\right)$

สมการแบบจำลองของค่าใช้จ่ายการซ่อมบำรุงรักษาบวกสะสม อยู่ในรูปของฟังก์ชัน การประมาณค่าใช้จ่ายการซ่อมบำรุงรักษาสะสมเป็นสัดส่วนเปอร์เซนต์เทียบกับมูลค่าเครื่องจักร ณ วันที่ทำการซื้อขาย เนื่องจากในการประยุกต์สร้างแบบจำลองสำหรับเครื่องจักรระบบมาตรวัดระยะทางใช้

การจัดแยกประเภทของการใช้งาน โดยมีการกำหนด และสร้างแบบจำลองของฟังก์ชันดังกล่าวสำหรับในแต่ละสภาพการทำงานของเครื่องจักร เช่น การก่อสร้างงานดิน (Earth Work) ซึ่งมีความแตกต่างจากการใช้เครื่องจักรในระบบการขนส่ง ตามสภาพถนนปกติธรรมดา เพราะการใช้งานที่แตกต่างกันมากหลายปัจจัย หรือการนำรถขุดไฮดรอลิก มาถอดปุ้งกี๋ออก แล้วทำการติดตั้งหัวเจาะหินแทน หรือหัวตอกเสาเข็มพืด แต่งานวิจัยนี้มุ่งเน้นนำเสนอที่ส่วนเฉพาะเครื่องจักรที่ใช้ในการก่อสร้างงานดิน

ให้อัตราส่วนค่าซ่อมบำรุงรักษาบวกสะสมเทียบกับค่าเครื่องจักร ณ วันที่ซื้อ แทนด้วย $Y_{M\&R}$ ดังนั้นสมการถดถอยเพื่อใช้เป็นแนวทางดังกล่าวคือ

$$Y_{M\&R} = f(KM \text{ or } HR)$$

เห็นได้ว่าในสมการถดถอยไม่มีการบรรจุตัวแปรอิสระปัจจัยในการทำงานลงไปในสมการถดถอย เพราะตัวแปรอิสระที่เกี่ยวข้องกับค่าซ่อมบำรุงรักษา มีปัจจัยอีกหลายประการที่ส่งผลมากคือ อัตราแลกเปลี่ยนเงินตรา (เพราะอะไหล่เครื่องจักรกลก่อสร้าง ประเทศไทยยังไม่สามารถผลิตได้เอง ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ) สภาวะทางเศรษฐกิจ อัตราดอกเบี้ย อัตราเงินเฟ้อ การเปลี่ยนแปลงของนโยบายภาษีนำเข้า เพราะเปิดเขตการค้าเสรี (Free Trade Area) และอีกหลายๆปัจจัย ดังนั้นจึงใช้เพียงเลขมาตรกับอายุเครื่องจักรเป็นตัวแปรอิสระเท่านั้น

2) เครื่องจักรที่ไม่มีระบบมาตรวัดบันทึกการทำงาน

ใช้วิธีการเก็บบันทึกจากข้อมูลการใช้งาน โดยนำค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริงทำการบันทึกควบคู่ไปกับข้อมูลการทำงาน หรือปริมาณงานที่เครื่องจักรสามารถทำได้สะสม สามารถนำมาวิเคราะห์ และพิจารณาสร้างความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นได้ เช่นเดียวกับระบบที่เป็นมาตรวัด ดังข้างต้นที่ได้นำเสนอ แต่การที่จะนำข้อมูลมาสร้างรูปแบบของสมการเพื่อหาความสัมพันธ์ในรูปฟังก์ชันของความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการใช้งาน กับค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงสะสม อาจไม่มีข้อมูลมากพอที่จะทำการวิเคราะห์ดังกล่าวได้

สรุปว่าควรใช้การบันทึกเป็นประวัติในแต่ละช่วงเวลาทำงานและนำข้อมูลนั้นมาใช้เป็นกรณีไปตามสภาพงานพร้อมการใช้เครื่องจักรนั้น

4.7 การพิจารณาข้อมูลและสำรวจการใช้เครื่องจักรของผู้ประกอบการ

4.7.1 แยกประเภทของเครื่องจักรกลในงานก่อสร้างเพื่อวิเคราะห์และสำรวจข้อมูล

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาเน้นในด้านเครื่องจักรกลประเภทระบบมาตรวัดเป็นระยะทาง และระบบมาตรวัดเป็นชั่วโมงทำงาน ซึ่งนำเสนอในรายละเอียดเครื่องจักรที่เลือกมาทำการศึกษาเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) รถบรรทุกสิบล้อชนิดกระบะเทท้ายขนาดน้ำหนักรวมบรรทุก 21 ตัน

รถบรรทุกสิบล้อเป็นตัวอย่างของเครื่องจักรระบบมาตรวัดเป็นระยะทาง ซึ่งจากข้อมูลของผู้ประกอบการในประเทศที่ได้มีการใช้งานรถบรรทุกสิบล้อ ทางผู้วิจัยเห็นว่ายี่ห้อมิตซูบิชิมียอดขายของรถดังกล่าวโดยมีส่วนแบ่งการตลาดภายในประเทศมาก และจำนวนรถที่ทำการสำรวจข้อมูลของผู้ประกอบการที่มีใช้งานในการก่อสร้างงานดินนั้น มีรถบรรทุกสิบล้อยี่ห้อดังกล่าวมากที่สุดในบริษัท ดังนั้นจึงได้เลือกรถบรรทุกสิบล้อชนิดกระบะเทท้าย ยี่ห้อ มิตซูบิชิ รุ่น 528 และ 527M ซึ่งมีเครื่องยนต์ชนิดเดียวกันรายละเอียดเหมือนกัน แตกต่างกันที่มีระบบเพิ่มอากาศเพื่อการสันดาป (Turbo Charger) ติดตั้งอยู่ที่เครื่องยนต์ การนำข้อมูลใช้งานย้อนหลังจาก เดือน มกราคม พ.ศ. 2541 จนถึง เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2549 มาใช้ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ ดังกล่าวตามแบบจำลองที่ได้จัดทำขึ้น

2) รถขุดไฮดรอลิกขนาด น้ำหนักรถ 20 ตัน

รถขุดไฮดรอลิกเป็นตัวอย่างเครื่องจักรประเภทมาตรวัดเป็นชั่วโมงเครื่องยนต์ทำงาน ซึ่งขนาดรถที่ทำการนำมาศึกษาคือ รถขุดไฮดรอลิกขนาด น้ำหนักรถ 20 ตัน มีเครื่องยนต์ (Horse Power) ประมาณ 135 hp ถึง 145 hp เพราะเป็นเครื่องจักรที่มีการใช้งานเป็นจำนวนมาก เมื่อเทียบกับเครื่องจักรอื่นๆ ในระบบมาตรวัดชั่วโมงเครื่องยนต์ทำงาน และสามารถดูการเปรียบเทียบในแต่ละรุ่นของบริษัทผู้ผลิต ซึ่งมีการผลิตจำหน่ายรถขุดไฮดรอลิกรุ่นขนาดน้ำหนักดังกล่าว ซึ่งสามารถเทียบเคียงได้ตามท้องตลาดเครื่องจักร แต่ในงานวิจัยนี้ได้ใช้รถขุดไฮดรอลิกของบริษัทผู้ผลิตคือ Kobelco รุ่น SK200V และ VI กับ Komatsu รุ่น PC200-6 และ PC200-7 โดยใช้ข้อมูลการใช้งานย้อนหลังจาก เดือน มกราคม พ.ศ. 2541 จนถึง เดือน มีนาคม พ.ศ. 2549 มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการใช้งาน กับค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่องจักร ดังกล่าวตามแบบจำลองที่ได้จัดทำขึ้น

4.7.2 ผลวิเคราะห์การบันทึกข้อมูลเครื่องจักรที่ทำงานก่อสร้างในประเทศไทย และสำรวจข้อมูลที่มีการบันทึก

ในการวิจัยครั้งนี้ได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลการใช้งานของเครื่องจักรจากผู้ประกอบการที่ครอบครอง และมีการใช้เครื่องจักรในการก่อสร้างงานดิน ซึ่งเป็นบริษัทขนาดใหญ่ที่มีทุนจดทะเบียนเกินกว่า 300 ล้านบาท จำนวน 2 บริษัท และเป็นบริษัทที่มีทุนจดทะเบียนเกินกว่า 100 ล้านบาท จำนวน 1 บริษัท กับใช้ข้อมูลของผู้รับเหมาที่เป็นผู้รับจ้างช่วงในการทำงานก่อสร้างงานดิน ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้มีการบันทึกสรุปจากการใช้ในโครงการก่อสร้างตลอดจนถูกทำเป็นรายงานสรุปจัดเก็บที่สำนักงานใหญ่ โดยข้อมูลที่ได้รับจะเป็นข้อมูลตามระบบการบันทึกที่แต่ละบริษัทได้จัดทำขึ้น แต่จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับ ผู้ประกอบการมีการบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายคล้ายคลึงกัน

โดยใช้ข้อมูลเครื่องจักรที่มีการบันทึกจัดเก็บของผู้ประกอบการย้อนหลัง ตั้งแต่ เดือนมกราคม พ.ศ. 2541 จนถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2549 ซึ่งข้อมูลที่ได้รับเป็นการบันทึกการใช้เครื่องจักร และนำมาเป็นข้อมูลเพื่อทำการศึกษา และได้จำแนกออกเป็นกลุ่มของเครื่องจักร และจำนวนที่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 4.9 ตารางข้อมูลจำนวนเครื่องจักรที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้งาน

จากบริษัท	เครื่องจักรระบบมาตรวัดระยะทาง		เครื่องจักรระบบมาตรวัดชั่วโมงทำงาน	
	MISUBISHI FUSO		KOMATSU	KOBELCO
	FN-527 M	FN-528	PC 200-6, 7	SK 200-V, VI
1	4	4	4	3
2	5	5	5	3
3	5	2	2	4
ผู้รับเหมาอื่นๆ	7	6	4	2
รวม	21	17	15	12

จากการศึกษาพบว่าจำนวนเครื่องจักรที่ทำการรวบรวมข้อมูลการใช้งานที่ได้มีการบันทึกย้อนหลังไว้แล้วนั้น มีบางเครื่องจักรที่ไม่ควรนำข้อมูลมาใช้ในการวิเคราะห์ร่วมในงานวิจัยนี้ เพราะสาเหตุต่างๆ ดังนี้ คือ

1) ไม่ใช้ข้อมูลเนื่องจากเป็นเครื่องจักรที่มีการประสบอุบัติเหตุจากการใช้ที่บริเวณหน้างาน เป็นอุบัติเหตุหนักทั้งจากการชน และความเสียหายที่เครื่องยนต์ โดยมีค่าซ่อมในเดือนนั้นเกินกว่า 2% ของมูลค่าเครื่องจักร ซึ่งประกอบกับมีเหตุผลของการซ่อมเป็นอุบัติเหตุ นอกเหนือจากการทำงาน

2) เป็นเครื่องจักรที่มีการปรับแต่งสภาพอุปกรณ์เสริมเพิ่มเติม นอกเหนือจากที่ติดตั้งมาพร้อมเครื่องจักรจากบริษัทผู้ผลิต

3) มีการเปลี่ยนแปลงมาตรบันทึกการทำงาน และมีการลงบันทึกปริมาณการใช้วัสดุ และค่าซ่อมบำรุงรักษาที่ไม่มีเลขมาตรบันทึกกำกับ โดยมีระยะบันทึกที่ขาดหายไปในช่วงระยะเลขมาตรเกิน 500 กิโลเมตร ตามระบบมาตรวัดระยะทาง หรือช่วงระยะเลขมาตรเกิน 50ชั่วโมง ตามระบบมาตรวัดชั่วโมงเครื่องยนต์ทำงาน

4) สำหรับรถบรรทุกสิบล้อชนิดกระบะเทท้ายขนาดบรรทุก 21 ตันนั้น ต้องไม่ถูกใช้ในงานการขนส่งแบบระยะทางไกลบนถนนหลวง โดยพิจารณาตามโครงการที่มีการใช้งานเครื่องจักรดังกล่าว ซึ่งต้องมีการใช้งานขนส่งดังกล่าวรวมไม่เกิน 15,000 กิโลแมตร ตามเลขมาตร เช่น การใช้งานในการขนส่งวัสดุทรายจากแหล่ง ที่มีระยะทางขนส่ง 50 กิโลเมตรจนถึงหน้างาน

ดังนั้นจำนวนเครื่องจักรที่สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ศึกษาเพื่อหาความสัมพันธ์ของระยะเวลาการใช้งาน กับค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่องจักร เท่ากับ ใช้ข้อมูลรถบรรทุกสิบล้อชนิดเทท้ายขนาดบรรทุก 21 ตัน จำนวนทั้งสิ้น 23 คัน และใช้ข้อมูลรถขุดไฮดรอลิกขนาด น้ำหนักรถ 20 ตัน มีเครื่องยนต์ประมาณ 135 แรงม้า จำนวนทั้งสิ้น 18 คัน

4.7.3 ผลการวิเคราะห์ปัญหาที่พบในการสำรวจข้อมูลจากผู้ประกอบการ

ข้อมูลที่ได้รับความอนุเคราะห์มาใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นข้อมูลที่สามารถสื่อได้ถึงต้นทุนในการทำงานของผู้ประกอบการ ดังนั้นจึงสามารถสำรวจได้เพียงเฉพาะผู้ประกอบการบางรายเท่านั้น เพราะข้อมูลการใช้งานเครื่องจักรเป็นสิ่งที่ไม่เปิดเผยสู่ภายนอกบริษัท และผู้ประกอบการต้องใช้ข้อมูลนี้เป็นส่วนในการพิจารณาเสนอราคาแข่งขันประมูลงาน กับผู้ประกอบการรายอื่นๆ และข้อมูลที่นำมาใช้งานเริ่มตั้งแต่ พ.ศ. 2541 ข้อมูลถูกเก็บบันทึกด้วยระบบแฟ้มข้อมูลโดยการจดบันทึกลงแบบฟอร์ม กับรายงานสรุปการใช้งาน แต่ไม่มีหมวดหมู่ และการจัดการตามหลักระบบฐานข้อมูล ดังนั้นข้อมูลที่มีการบันทึกไว้ก็ไม่ได้ถูกนำมารวบรวมเป็นประวัติให้แก่เครื่องจักร จึงสามารถสรุปเป็นปัญหาของการจัดเก็บข้อมูลได้ว่า

1) ไม่มีระบบการบันทึกข้อมูลด้วยระบบคอมพิวเตอร์ที่ถูกต้อง แต่มีการจัดเก็บข้อมูลในคอมพิวเตอร์กระดาษคำนวณ (Spread Sheet) ขาดระบบหมวดหมู่ และการจัดตามระบบฐานข้อมูลจึงขาดความครบถ้วน และติดตามผลข้อมูลไม่ได้

2) ไม่มีการบันทึกเวลาทำงานจริงของเครื่องจักร และยังใช้การลงเวลาทำงานของพนักงานควบคุมเครื่องจักรเป็นจำนวนชั่วโมงเครื่องจักรทำงาน

3) ไม่มีการลงบันทึกเวลาในการซ่อมและบำรุงรักษา ประกอบกับจากข้อที่ 2) ทำให้ไม่มีข้อมูลเรื่องปัจจัยของการทำงานมาเป็นตัวแปรที่จะใช้ในฟังก์ชั่นการคิดค่าใช้จ่ายได้ เช่น ประสิทธิภาพเครื่องจักร ระดับการบำรุงรักษา จำนวนชั่วโมงการทำงานจริง และอัตราส่วนชั่วโมงการทำงานในหนึ่งวันสามารถบอกระดับสภาพการใช้เครื่องจักร

4) ไม่มีการลงบันทึกงานซ่อมให้ชัดเจนของจำนวนช่างซ่อม และค่าแรงงานในการบำรุงรักษาเครื่องจักร

5) ศูนย์ซ่อมบำรุงรักษาของผู้ผลิตเครื่องจักรมีการให้บริการในราคาสูง และบวกกับค่าเสียเวลาในการเข้ารับบริการ ตลอดจนมีค่าขนส่งไปที่ศูนย์ซ่อมบำรุง ซึ่งมีระยะทางไกลจากสถานที่ทำการก่อสร้าง ดังนั้นผู้ประกอบการจึงทำการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรด้วยตนเอง