

การวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงของการผลิตสินค้าบกพร่องในโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ โดยใช้ตัวแบบเชิงเส้นนัยทั่วไป (GLM)

Risk Factors for Defective Products in Autoparts Factory
Using Generalized Linear Model (GLM)

อดิเทพ ไชยวรรณ¹ วสันต์ บุญโฮ² และพิชญ์ ทองขาว³

Aditep Chaiwan¹ Wason Boonho² and Pitsanu Tongkhaw³

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือต้องการหาปัจจัยเสี่ยงของการผลิตสินค้าบกพร่องในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ โดยศึกษาตัวแบบเชิงเส้นนัยทั่วไป (Generalized Linear Models = GLM) ที่ตัวแปรตามคือจำนวนสินค้าบกพร่องมีการแจกแจงแบบปัวซอง (Poisson) เปรียบเทียบกับทวินามลบ (Negative Binomial) เพื่อนำตัวแบบที่เหมาะสมไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ปัจจัยที่นำมาศึกษาคือ ขั้นตอนการผลิต เครื่องจักร และพนักงาน สินค้าที่ผลิตมี 3 ประเภทคือ สินค้ารหัส DN20 RT50 และ AS39 ผลการศึกษาพบว่า GLM ที่ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบทวินามลบ มีความเหมาะสมมากกว่า ปัวซอง ของทุกสินค้า ปัจจัยเสี่ยงของการผลิตสินค้า DN20 บกพร่องคือ ขั้นตอนการผลิต 2 เครื่องจักร 2 พนักงาน 7 ของสินค้า RT50 คือ ขั้นตอนการผลิต 1, 2, 3 เครื่องจักร 9, 10 พนักงาน 6 และสินค้า AS39 คือ ขั้นตอนการผลิต 2 เครื่องจักร 10 และ 11

คำสำคัญ: ปัจจัยเสี่ยง, สินค้าบกพร่อง, ชิ้นส่วนรถยนต์, ตัวแบบเชิงเส้นนัยทั่วไป, การถดถอย, ปัวซอง, ทวินามลบ

Abstract

The objective of this research was to investigate risk factors for defective products in autoparts factory. The generalized linear models whose dependent variable which is a defective product, has Poisson distribution and negative binomial distributions were studied. The two models were compared. The more appropriate model would be used for data analysis. The factors considered were production process, machine and worker. Three products which were DN20, RT50 and AS39 were observed. The study found that negative binomial was more appropriate than Poisson for all products. For DN20, risks factors were production process2, machine2, worker7; for RT50 risk factors were production process1,2,3 machine9,10 worker6; and for AS39 risk factors were production process2, machine10 and 11.

Key Words: Risk factors, Defective products, Autoparts, Generalized linear model, Regression, Poisson, Negative binomial

Email address: Sniper_hy@hotmail.com¹, pitsanoo@hotmail.com³

^{1,2} นักศึกษาสาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ³ อาจารย์สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Na Khon, Bangkok

บทนำ

การผลิตสินค้าที่มีข้อบกพร่องหรือสินค้าเสีย นั้น ทำให้เกิดผลกระทบต่างๆ ตามมาหลายอย่าง เช่น การส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าล่าช้า อาจทำให้สูญเสียลูกค้าในอนาคต ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น เกิดจากเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมหรือผลิตใหม่เพิ่มขึ้น ค่าแรงงาน ค่าทำงานล่วงเวลา เพิ่มขึ้น หรือสูญเสียวัตถุดิบ วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตสินค้าเสีย นั้นโดยไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ถ้าสามารถทราบว่ามีข้อบกพร่องอะไรบางอย่างที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ ข้อบกพร่องนั้นมีผลกระทบรุนแรงมากน้อยเพียงใด ข้อบกพร่องแต่ละลักษณะเกิดจากสาเหตุใด และระบบการตรวจจับข้อบกพร่องนั้นทำได้อย่างไร ก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการผลิตขั้นต้นถัดไป การสร้างระบบการป้องกันหรือลดโอกาสการผลิตสินค้าบกพร่องหรือสินค้าเสีย ก็ทำได้ตรงจุด มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สินค้าบกพร่องเกิดขึ้นได้ในโรงงานทุกประเภท แต่ที่ผู้วิจัยสนใจคือโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนรถยนต์

อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์จัดเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมเป้าหมายที่รัฐบาลให้การสนับสนุน เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่มีบทบาทในการสนับสนุนอุตสาหกรรมยานยนต์ซึ่งไทยเป็นฐานการผลิตขนาดใหญ่ที่สำคัญแห่งหนึ่งของโลก และมีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศ ทั้งในส่วนที่ก่อให้เกิดการจ้างงานเป็นจำนวนมาก และก่อให้เกิดการเชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมเกี่ยวเนื่องต่างๆ พร้อมทั้งเป็นอุตสาหกรรมที่สามารถทำรายได้เข้าสู่ประเทศในแต่ละปีเป็นจำนวนนับแสนล้านบาท การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามเป็นที่จำนวนนับนั้น ตัวแบบที่สามารถนำมาใช้ได้คือตัวแบบเชิงเส้นทั่วๆ ไป (Generalized Linear Models = GLM) ที่ตัวแปรตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบปัวซอง และทวินามลบ (McCullagh and Nelder, 1989) GLM พัฒนามาจากตัวแบบการถดถอย (Regression Model) ซึ่งเป็นตัวแบบเชิงเส้น (Linear Model = LM) LM มีข้อสมมติให้ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบปกติ แต่ GLM ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบอื่นๆ ได้ เช่น เบอรัลลี (Bernoulli) ทวินาม (Binomial) และ ปัวซอง (Poisson) เป็นต้น (McCullagh and Nelder, 1989)

Tango (1994) ศึกษาผลกระทบของอากาศที่มีผลต่อการเกิดโรคมะเร็งปอดโดยใช้ตัวแบบการถดถอยปัวซอง Piza (2012) ศึกษาปัจจัยเสี่ยงที่มีต่อจำนวนครั้งของการเกิดอาชญากรรม โดยใช้ตัวแบบการถดถอยปัวซอง และการถดถอยทวินามลบ จะเห็นว่าตัวแบบ GLM ถูกนำไปใช้ในงานวิจัยด้านต่างๆ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะใช้ตัวแบบ GLM ที่ตัวแปรตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบ ปัวซองเปรียบเทียบกับทวินามลบ นำตัวแบบที่เหมาะสมไปวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงของการผลิตสินค้าบกพร่องในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ เพื่อให้การผลิตมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ปัจจัยที่นำมาศึกษาคือ ขั้นตอนการผลิต เครื่องจักร และพนักงาน

วิธีการศึกษา

ข้อมูลและแหล่งข้อมูล

การศึกษาในครั้งนี้เป็นศึกษาโรงงานสมบัติ ทูลส์ แอนด์ ดาย ออโต้เพรสซึ่ง ตั้งอยู่ในตำบลคลองพระอุดม อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ซึ่งผลิตชิ้นส่วนรถยนต์และแม่พิมพ์ ข้อมูลตัวแปรตาม คือ จำนวนสินค้าที่ผลิตออกมาบกพร่อง โดยสินค้าที่ทำการศึกษามี 3 ชนิดคือ สินค้ารหัส DN20 RT50 และ AS39 ลักษณะที่บกพร่องคือ

ครีบน้ำค้าง หรือ มีรอยตำหนิ ตัวแปรต้น คือ ขั้นตอนการผลิต เครื่องจักร และพนักงาน โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือน มกราคม 2555 ถึงเดือน กรกฎาคม 2555

การวิเคราะห์ข้อมูล

ตัวแบบที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลคือตัวแบบ GLM ที่ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบ ปัวซอง และ ทวินามลบ มีลักษณะดังนี้

ตัวแบบการถดถอยปัวซอง (Poisson Regression Model)

ให้ $Y_i, i = 1, \dots, n$ เป็นตัวแปรตามที่มีค่าเป็นจำนวนนับ มีการแจกแจงแบบ ปัวซอง มีค่าเฉลี่ย เท่ากับค่า ความแปรปรวน เท่ากับ η นั่นคือ $Y_i : \text{Poisson}(\eta)$ การแจกแจงความน่าจะเป็นของ Y_i เขียนได้ดังนี้

$$P(Y_i = y_i; \eta) = \frac{e^{-\eta} \eta^{y_i}}{y_i!}, y_i = 0, 1, 2, \dots$$

$$E(Y_i) = \text{Var}(Y_i) = \eta$$

ให้ $\mathbf{X}_i = (X_{i0}, X_{i1}, \dots, X_{ip})^T$ โดยที่ $i = 1, \dots, n$ เป็นตัวแปรต้นที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับ Y_i รูปแบบความสัมพันธ์ที่ใช้กันอย่างกว้างขวางคือ canonical link ที่มีรูปแบบเป็น natural log function ซึ่งถูกนำเสนอโดย McCullagh and Nelder (1989)

ให้ $\boldsymbol{\beta} = (b_0, b_1, \dots, b_p)^T$ เป็นพารามิเตอร์ เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$E(Y_i) = \eta = e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}}$$

เราสามารถประมาณค่า $\boldsymbol{\beta}$ ได้ โดยใช้วิธีการของ maximum likelihood และแก้สมการหาคำตอบโดยใช้วิธีการวนซ้ำเชิงตัวเลข (numerical iterative method) (McCullagh and Nelder, 1989)

ตัวแบบการถดถอยทวินามลบ (Negative Binomial Regression Model) (McCullagh and

Nelder, 1989)

ให้ Y_i มีการแจกแจงแบบ ทวินามลบ โดยที่ $E(Y_i) = \mu_i$ และ $V(Y_i) = \mu_i(1 + \alpha\mu_i)$, $\alpha > 0$ คือ dispersion factor

$$f(y_i; \mu_i, \alpha) = \frac{\Gamma(y_i + 1/\alpha)}{y_i! \Gamma(1/\alpha)} (1 + \alpha\mu_i)^{-1/\alpha} \left(1 + \frac{1}{\alpha\mu_i}\right)^{-y_i}, y_i \geq 0, Y_{ij} = 0, 1, 2, 3, \dots$$

$\Gamma = \text{Gamma function}$ และเมื่อ $\alpha \rightarrow 0$ ทวินามลบ จะลู่เข้าสู่ ปัวซอง และ $V(Y_i) \rightarrow \mu_i$

ในทำนองเดียวกันกับการถดถอยปัวซองใน 2.2. 1 ตัวแบบการถดถอยทวินามลบ สามารถเขียนอยู่ในรูป $E(Y_i) = \eta = e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}}$ และการประมาณค่า $\boldsymbol{\beta}$ ใช้วิธีการของ maximum likelihood และแก้สมการหาคำตอบใช้ วิธีการวนซ้ำเชิงตัวเลข เช่นเดียวกัน

ตัวแบบที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยนี้

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล สิ้นค้ารหัส DN20 สิ้นค้ารหัส RT50 และสิ้นค้ารหัส AS39

ให้ตัวแปรตาม Y_i คือจำนวนสินค้าบกพร่อง ณ การสุ่มตรวจครั้งที่ $i, i = 1, \dots, n$ โดยที่ $Y_i : \text{Poisson}(\eta)$ และ

$$Y_i : \text{NB}(\eta, \eta(1 + \alpha\eta))$$

$$\text{และ } \log\left(\frac{\mu_i}{N_i}\right) = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \beta_3 X_{i3}$$

โดยที่ X_1, X_2, X_3 คือตัวแปรต้นหรือปัจจัย ได้แก่ ขั้นตอนการผลิต เครื่องจักร และพนักงาน ตามลำดับ มีลักษณะเป็นตัวแปรดัมมี่ (Dummy Variables)

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ คือสัมประสิทธิ์การถดถอย

การประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบ GLM

การประมาณค่าพารามิเตอร์ใช้โปรแกรม SPSS เปรียบเทียบความเหมาะสมของตัวแบบที่ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบ ปัวซอง กับ ทวินามลบ โดยพิจารณาจากเกณฑ์ค่า Mean Deviance ที่มีค่าใกล้ 1 เป็นตัวแบบที่เหมาะสม (UCLA Academic Technology Services, 2012)

ผลการศึกษา

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยตัวแบบ GLM พบว่า สิ้นค้ารหัส DN20 สิ้นค้ารหัส RT50 และสิ้นค้ารหัส AS39 มีค่า Mean Deviance ของ GLM ที่ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบ ปัวซอง มีค่าสูงกว่า ทวินามลบ แสดงในตารางที่ 1 และเมื่อใช้เกณฑ์ Mean Deviance ใกล้ 1 ได้ตัวแบบที่เหมาะสมคือ ตัวแบบที่ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบ ทวินามลบ ค่าประมาณพารามิเตอร์แสดงในตารางที่ 2,3 และ 4

จากตารางที่ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าปัจจัยเสี่ยงของการผลิตสินค้า DN 20 เกิดความบกพร่องคือ ขั้นตอนการผลิต 2 เครื่องจักร 2 และ พนักงาน 7 โดยขั้นตอนการผลิต 2 มีอัตราการผลิตสินค้าเสียมากกว่าขั้นตอนการผลิต 4 (กลุ่มอ้างอิง) ถึง 16.46 เท่า หรือร้อยละ 1,646 เครื่องจักร 2 มีอัตราการผลิตสินค้าเสียน้อยกว่าเครื่องจักร 14 (กลุ่มอ้างอิง) 0.59 เท่า หรือร้อยละ 59 และพนักงาน 7 ผลิตสินค้าเสียมากกว่าพนักงาน 12 (กลุ่มอ้างอิง) 3.82 เท่า หรือร้อยละ 382 จากตารางที่ 3 พบว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ปัจจัยเสี่ยงของการผลิตสินค้า RT50 เกิดความบกพร่องคือ ขั้นตอนการผลิต 1,2,3 เครื่องจักร 9, 10 และ พนักงาน 6 โดยขั้นตอนการผลิต 1,2,3 มีอัตราการผลิตสินค้าเสียมากกว่าขั้นตอนการผลิต 4 (กลุ่มอ้างอิง) 14.43 เท่า 25.42 เท่า 16.46 เท่า และ 16.17 เท่าตามลำดับ เครื่องจักร 9,10 มีอัตราการผลิตสินค้าเสียน้อยกว่าเครื่องจักร 12 (กลุ่มอ้างอิง) 0.86 เท่า และ 0.93 เท่า ตามลำดับ พนักงาน 6 ผลิตสินค้าเสียมากกว่าพนักงาน 10 (กลุ่มอ้างอิง) 0.86 เท่า และจากตารางที่ 4 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ปัจจัยเสี่ยงของการผลิตสินค้า AS39 เกิดความบกพร่องคือ ขั้นตอนการผลิต 2 เครื่องจักร 10, 11 โดยขั้นตอนการผลิต 2 มีอัตราการผลิตสินค้าเสียมากกว่าขั้นตอนการผลิต 4 (กลุ่มอ้างอิง) 0.72 เท่า เครื่องจักร 10,11 มีอัตราการผลิตสินค้าเสียมากกว่าเครื่องจักร 13 (กลุ่มอ้างอิง) 1.30 เท่า และ 1.25 เท่า ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ค่า Mean Deviance ของปัวซอง และ ทวินามลบ

สินค้า	Mean Deviance	
	บัวซอง	ทวินามลบ
DN20	16.579	2.201
RT50	12.523	1.067
AS39	10.932	0.85

ตารางที่ 2 ค่าประมาณพารามิเตอร์ของ สินค้ารหัส DN20 (ทวินามลบ)

พารามิเตอร์	B	Std. Error	95% Wald Confidence		Hypothesis Test		Relative Risk (RR)	
			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df		Sig.
(Intercept)	-4.958	0.5359	-6.008	-3.907	85.58	1	<0.001	.
[ขั้นตอนการผลิต1]	0.261	0.4345	-0.591	1.112	0.36	1	0.549	1.3
[ขั้นตอนการผลิต2]	2.86	1.1355	0.635	5.086	6.346	1	0.012*	17.46
[ขั้นตอนการผลิต3]	1.483	1.1128	-0.698	3.664	1.776	1	0.183	4.41
[ขั้นตอนการผลิต4 = กลุ่มอ้างอิง]	0	.	.	.	.	.	.	.
[เครื่องจักร1]	1.202	0.7157	-0.2	2.605	2.822	1	0.093	3.33
[เครื่องจักร2]	-0.903	0.4616	-1.808	0.002	3.825	1	0.048*	0.41
[เครื่องจักร3]	-1.56	1.2547	-4.02	0.899	1.547	1	0.214	0.21
[เครื่องจักร4]	-0.766	1.0732	-2.87	1.337	0.51	1	0.475	0.46
[เครื่องจักร5]	-1.022	1.0866	-3.152	1.107	0.885	1	0.347	0.36
[เครื่องจักร13]	-0.318	1.2171	-2.704	2.067	0.068	1	0.794	0.73
[เครื่องจักร14 = กลุ่มอ้างอิง]	0	.	.	.	.	.	.	.
[พนักงาน1]	0.061	0.5332	-0.984	1.106	0.013	1	0.909	1.06
[พนักงาน2]	0.304	0.4608	-0.599	1.208	0.436	1	0.509	1.36
[พนักงาน4]	0.723	0.4559	-0.17	1.616	2.515	1	0.113	2.06
[พนักงาน5]	0.15	0.5508	-0.93	1.229	0.074	1	0.786	1.16
[พนักงาน6]	-0.319	0.4966	-1.292	0.654	0.413	1	0.521	0.73
[พนักงาน7]	1.572	0.5688	0.457	2.687	7.638	1	0.006*	4.82
[พนักงาน8]	-0.258	0.4437	-1.128	0.611	0.339	1	0.561	0.77
[พนักงาน11]	-0.124	0.5996	-1.299	1.051	0.043	1	0.836	0.88
[พนักงาน12= กลุ่มอ้างอิง]	0	.	.	.	.	.	.	.

* ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

อภิปรายผล

ตัวแบบ GLM ที่ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบ ทวินามลบ มีความเหมาะสมมากกว่า บัวซอง เนื่องจากข้อมูลจำนวนสินค้าบกพร่องทั้ง 3 ชนิด มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าค่าความแปรปรวน โดยที่ DN20 มีค่าเฉลี่ย 21.07 ความแปรปรวน 874.49 สินค้า RT50 มีค่าเฉลี่ย 27.03 ความแปรปรวน 937.28 และสินค้า AS39 ค่าเฉลี่ย 16.17 ความ

แปรปรวน 102.41 ดังนั้นเมื่อกำหนดให้จำนวนสินค้าบกพร่องมีการแจกแจงแบบ ปัวซอง จึงเกิด Overdispersion ตัวแปรที่มีการแจกแจงแบบ ปัวซอง ค่าเฉลี่ยต้องเท่ากับค่าความแปรปรวน นั่นคือ ถ้าให้ Y_{ij} มีการแจกแจงแบบ ปัวซอง แล้ว $E(Y_{ij}) = Var(Y) = m_j$

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยไม่พิจารณา Overdispersion จะทำให้ได้ค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ไม่ถูกต้อง ในการแก้ปัญหา Overdispersion วิธีที่ใช้กันอย่างกว้างขวางคือ ใช้การแจกแจงแบบ ทวินามลบ แทน ปัวซอง (McCullagh and Nelder, 1989) ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของการแจกแจงแบบ ทวินามลบ คือ $E(Y_{ij}) = m_j$ และ $Var(Y) = m(1 + am)$ เมื่อ a คือ dispersion factor ถ้า $a = 0$ แล้ว $Var(Y) = m$ แต่ถ้า $a > 0$ ความแปรปรวนจะมีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ย ดังนั้น ปัวซอง จึงเป็นกรณีเฉพาะกรณีหนึ่งของ ทวินามลบ (Tesfaw DM and Muniswamy B. , 2012) ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับ Molla และ Muniswamy (2012) ที่พบว่า ทวินามลบ เหมาะสมกว่า ปัวซอง เมื่อข้อมูลเป็นจำนวนนับที่มี Overdispersion และสอดคล้องกับ Byers (2003) และ Yesilova (2007) พบว่า การวิเคราะห์ข้อมูลที่มี Overdispersion ทวินามลบมีความเหมาะสมมากกว่าปัวซอง

ตารางที่ 3 ค่าประมาณพารามิเตอร์ของ สิ้นค้ารหัส RT50 (ทวินามลบ)

พารามิเตอร์	B	Std. Error	Interval		Hypothesis Test			Relative Risk (RR)
			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig.	
(Intercept)	-6.92	0.538	-7.974	-5.866	165.464	1	< 0.001	.
[ขั้นตอนการผลิต1]	2.736	0.5321	1.694	3.779	26.452	1	< 0.001*	15.43
[ขั้นตอนการผลิต2]	3.274	0.4486	2.395	4.153	53.254	1	< 0.001*	26.42
[ขั้นตอนการผลิต3]	2.843	0.4939	1.875	3.811	33.142	1	< 0.001*	17.17
[ขั้นตอนการผลิต4 = กลุ่มอ้างอิง]	0	.	.	.	.	.	.	.
[เครื่องจักร4]	-0.327	0.6441	-1.59	0.935	0.258	1	0.611	0.72
[เครื่องจักร5]	0.234	0.6139	-0.969	1.437	0.145	1	0.703	1.26
[เครื่องจักร6]	0.021	0.5729	-1.102	1.144	0.001	1	0.971	1.02
[เครื่องจักร8]	0.009	0.2214	-0.425	0.443	0.002	1	0.967	1.01
[เครื่องจักร9]	-1.977	0.8533	-3.65	-0.305	5.369	1	0.042*	0.14
[เครื่องจักร10]	-2.727	1.4003	-5.471	0.017	3.793	1	0.031*	0.07
[เครื่องจักร11]	0.331	0.4216	-0.496	1.157	0.615	1	0.433	1.39
[เครื่องจักร12 = กลุ่มอ้างอิง]	0	.	.	.	.	.	.	.
[พนักงาน1]	0.074	0.3576	-0.627	0.774	0.042	1	0.837	1.08
[พนักงาน2]	0.098	0.4062	-0.698	0.894	0.058	1	0.81	1.1
[พนักงาน3]	0.419	0.5167	-0.593	1.432	0.659	1	0.417	1.52
[พนักงาน4]	0.141	0.3021	-0.451	0.733	0.218	1	0.64	1.15
[พนักงาน5]	0.133	0.3612	-0.575	0.841	0.135	1	0.714	1.14
[พนักงาน6]	0.618	0.3236	-0.016	1.253	3.651	1	0.046*	1.86
[พนักงาน7]	0.077	0.3478	-0.605	0.759	0.049	1	0.825	1.08
[พนักงาน8]	0.037	0.3354	-0.62	0.695	0.012	1	0.912	1.04
[พนักงาน9]	0.263	0.5088	-0.735	1.26	0.267	1	0.606	1.3
[พนักงาน10 = กลุ่มอ้างอิง]	0	.	.	.	.	.	.	.

* ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ปัจจัยเสี่ยงของการผลิตสินค้า DN20 บกพร้อมคือ ขั้นตอนการผลิต2 เครื่องจักร2 พนักงาน7 ของสินค้า RT50 คือ ขั้นตอนการผลิต1,2,3 เครื่องจักร9,10 พนักงาน6 และสินค้า AS39 คือ ขั้นตอนการผลิต 2 เครื่องจักร10,11 จะเห็นว่าในกระบวนการผลิตการผลิตสินค้าทุกประเภทความบกพร่องเกิดขึ้นได้ทั้งจากขั้นตอนการผลิต เครื่องจักร และจากพนักงาน

ตารางที่ 4 ค่าประมาณพารามิเตอร์ของ สิ้นค้ารหัส AS39 (ทวินามลบ)

พารามิเตอร์	B	Std. Error	95% Wald Confidence		Hypothesis Test			Relative Risk (RR)
			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig.	
(Intercept)	-4.778	0.5413	-5.838	-3.717	77.906	1	< 0.001	.
[ขั้นตอนการผลิต1]	0.162	0.4311	-0.683	1.007	0.141	1	0.707	1.18
[ขั้นตอนการผลิต2]	0.54	0.3959	-0.236	1.316	1.863	1	0.042*	1.72
[ขั้นตอนการผลิต3]	0.029	0.3936	-0.743	0.8	0.005	1	0.941	1.03
[ขั้นตอนการผลิต4 = กลุ่มอ้างอิง]	0	.	.	.	.	.	.	.
[เครื่องจักร1]	0.537	0.4684	-0.381	1.455	1.313	1	0.252	1.71
[เครื่องจักร3]	0.074	0.4536	-0.815	0.963	0.026	1	0.871	1.08
[เครื่องจักร5]	0.221	0.8081	-1.363	1.805	0.075	1	0.784	1.25
[เครื่องจักร7]	0.524	0.5502	-0.554	1.602	0.907	1	0.341	1.69
[เครื่องจักร8]	0.581	0.5068	-0.413	1.574	1.312	1	0.252	1.79
[เครื่องจักร10]	0.833	0.4959	-0.139	1.805	2.822	1	0.033*	2.3
[เครื่องจักร11]	0.812	0.5782	-0.321	1.945	1.972	1	0.016*	2.25
[เครื่องจักร12]	0.532	0.6165	-0.676	1.74	0.745	1	0.388	1.7
[เครื่องจักร13 = กลุ่มอ้างอิง]	0	.	.	.	.	.	.	.
[พนักงาน1]	-0.251	0.4262	-1.086	0.585	0.345	1	0.557	0.78
[พนักงาน2]	0.224	0.4897	-0.736	1.183	0.208	1	0.648	1.25
[พนักงาน4]	-0.066	0.455	-0.957	0.826	0.021	1	0.885	0.94
[พนักงาน5]	-0.008	0.4224	-0.836	0.82	0	1	0.985	0.99
[พนักงาน6]	0.076	0.4584	-0.822	0.975	0.028	1	0.868	1.08
[พนักงาน7]	0.285	0.5296	-0.753	1.323	0.289	1	0.591	1.33
[พนักงาน8]	-0.073	0.4302	-0.916	0.77	0.029	1	0.865	0.93
[พนักงาน11 = กลุ่มอ้างอิง]	0	.	.	.	.	.	.	.

* ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

แนวทางแก้ปัญหา

ในกรณีที่สินค้าบกพร่องเกิดจากพนักงาน แนวทางแก้ไขคือ การจัดโปรแกรมฝึกอบรม เพิ่มทักษะ สร้างแรงจูงใจ ให้เกิดความรักในองค์กรปรับปรุงสภาพแวดล้อมการทำงานให้เหมาะสมยิ่งขึ้น ในกรณีที่เกิดจากเครื่องจักร ต้องจัดตารางซ่อมบำรุงให้เครื่องจักรอยู่ในสภาพพร้อมใช้งานอยู่ตลอดเวลา ส่วนในกรณีที่เกิดจากขั้นตอนการผลิต ควรวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดขึ้นงานบกพร่องในขั้นตอนนั้น เพื่อปรับปรุงให้เหมาะสมยิ่งขึ้น เช่นในขั้นตอนที่ใช้แปรงขัดเศษผงโลหะที่ติดอยู่กับชิ้นงาน ควรใช้วิธีอื่นที่สามารถทำความสะอาดได้ดีขึ้นเช่นการใช้แรงลม เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผศ.ดร. วัลลภ ภูผา.คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ อาจารย์สุทธิพงษ์ จำรูญรัตน์ หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ อาจารย์กฤษฎา เหล็กดี อาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และโรงงานสมบัติ ทูลส์ แอนด์ ดาย ออโต้เพรสซิ่ง ที่มีส่วนช่วยทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จ ลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. Byers, A.L., H. Allore, T.M. Gill, and et al. 2003. Application of Negative Binomial Modeling for Discrete Outcomes: A Case Study in Aging Research. *Journal of Clinical Epidemiology*; 56: 559-564.
2. McCullagh, P. and J. Nelder. 1989. **Generalized Linear Models**, 2nd ed. Boca Raton: Chapman and Hall/CRC.
3. Molla, D.T. and B. Muniswamy. 2012. Power of Tests for Overdispersion Parameter in Negative Binomial Regression Model. *Journal of Mathematics*. 1(4): 29-36.
4. Piza, E.L. 2012. Using Poisson and Negative Binomial Regression Models to Measure the Influence of Risk on Crime Incident Counts. *Rutgers Center on Public Security*. Newark, NJ, U.S.A.
5. Tango, T. 1994. Effect of air pollution on lung cancer: a Poisson regression model based on vital statistics. *Environ Health Perspect*. 8: 41-5.
6. Tesfaw, D.M. and B . Muniswamy. 2012. Power of Tests for Over dispersion Parameter in Negative Binomial Regression Model. *IOSR Journal of Mathematics (IOSRJM)*. 1(4): 29-36.
7. UCLA Academic Technology Services. 2012. **SAS Annotated Output: Negative Binomial Regression**. Available Source: URL: UCLA Academic Technology Services, August 8, 2012.
8. Yesilova, A., A., Yilmaz. 2007. The Application of Overdispersion and Generalized Estimating Equations in Repeated Catagorical Data Related to the Sexual Behaviour Traits of Farm Animals. *Journal of Applied Sciences*; 7(12): 1762-1767