บทที่ 2

ทฤษฎี แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

สืบเนื่องจากปัญหาที่ทำการศึกษาเป็นปัญหาเกี่ยวกับการเกิดผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม จึงได้ทำการศึกษาค้นคว้าหาแนวทางหรือวิธีการที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาลักษณะนี้ ก็พบว่ามีอยู่หลายวิธีที่มักจะนิยมนำไปใช้กัน เช่น วิธีการ ซิกซ์ ซิกม่า, การทำแผนที่กระบวนการ (Process mapping), การวิเคราะห์รากของปัญหา (Root cause analysis), การวิเคราะห์เหตุและผล (Cause and effect analysis), ISO9001, การควบคุมกระบวนการโดยวิธีการทางสถิติ (Statistical process control: SPC), การบริการคุณภาพรวม (Total quality management: TQM), Keisen และ PDCA เป็นต้น และเมื่อพิจารณาถึงผลที่ได้จากการนำวิธีการต่าง ๆ ข้างต้นไปใช้จะพบว่า วิธีการ ซิกซ์ ซิกม่า จัดว่าเป็นวิธีที่ดีที่สุดและเหมาะสมที่สุด โดยจะเห็นว่าถูกจัดอยู่เป็นอันดับ 1 ซึ่งจะมีผลกระทบต่อการปรับปรุงกระบวนการผลิตสูงถึง 53.60% ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 Rating of process improvement techniques (Dusharme, 2006)

Process improvement tool	Impact (%)
Six Sigma	53.60
Process mapping	35.30
Root cause analysis	33.50
Cause and effect analysis	31.30
ISO 9001	21.00
Statistical process control	20.10
Total quality management	10.30
Malcolm Baldridge criteria	9.80
Knowledge management	5.80

ซิกซ์ ซิกม่า ถือเป็นยุทธศาสตร์และเป็นเครื่องมือที่สำคัญอย่างหนึ่งของการบริหารจัดการและการปรับปรุงคุณภาพที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในงานด้านต่าง ๆ หลายด้าน ทั้งด้านการผลิต ด้านการบริการ หรือด้านอื่น ๆ โดยในอดีตที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบันก็มีทั้งบริษัทและโรงงานอุตสาหกรรมหลายแห่งนิยมนำเอาไปใช้แก้ปัญหาในหลาย ๆ เรื่อง แต่ส่วนใหญ่ที่มีการนำเอาไปใช้มากที่สุดก็คือในโรงงานอุตสาหกรรม ดังที่ Kumar (2007) ได้รวบรวมไว้ดังแสดงในตารางที่ 2.2 เช่น บริษัท Dow chemicals ที่ได้เริ่มใช้ ซิกซ์ ซิกม่า ในหน่วยงานต่าง ๆ ของบริษัทในปี 2000 สามารถบรรลุเป้าหมายในการเพิ่มรายได้ที่ 1,500 ล้านเหรียญสหรัฐ (Motwani et al., 2004), มีการนำ วิธีการ ซิกซ์ ซิกม่า ไปใช้ลดของเสียในกระบวนการเคลือบได้สำเร็จ (Banuelas et al., 2005) นอกจากนี้ยังมีการนำ ซิกซ์ ซิกม่า ไปใช้ในบริษัทชั้นนำต่าง ๆ เช่น Motorola บริษัท Allied Signal บริษัท General electric และ บริษัทอื่นๆ ทำให้บริษัทต่าง ๆ เหล่านั้นได้ประโยชน์อย่างมาก (Snee, 2005)

ตารางที่ 2.2 Six Sigma industrial application (Kumar, 2007)

References	Industrial application
Hendricks and Kelbaugh (1998)	Successful implementation of several Six Sigma projects That improved the net profit
Lanyon (2003)	Improvement of HR process using Six Sigma
Motwani et al. (2004)	Dow chemicals which implemented Six Sigma on a corporate wide basis in 2000, achieved its target of $1.5 billion in cumulative earning before interests and taxes
Knowles et al. (2004)	Successful application of Six Sigma within a UK confectionery plant of a major food producer
Banuelas et al. (2005)	Use of Six Sigma methodology to reduce waste in a coating process
Snee (2005)	Claims that Six Sigma benefited Motorola, Allied Signal, General electric etc.
Edgeman et al. (2005)	Claims saving between $2 and $3 million at office of the chief of technology officer (OCTO), Washington DC using Six Sigma strategies ,
Ehie and Sheu (2005)	Demonstrates the value of Six Sigma and Theory of Constraint
Liu (2006)	Presented an application of Six Sigma to reduce cycle time and defects in clinical report entry
Mukhopadhyay and Ray (2006)	Used Six Sigma to reduce the yarn packing defects

การนำ ซิกซ์ ซิกม่า ไปใช้ในโรงงานหลายๆแห่งนั้น แต่ละแห่งจะสามารถลดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องลง หรือสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายลงได้เป็นจำนวนมาก โดยผลประโยชน์ที่ได้จากการทำ ซิกซ์ ซิกม่า นั้นได้ถูกสรุปไว้โดย Kwak (2006) ดังแสดงในตารางที่ 2.3 บริษัท Motorola สามารถลดระดับผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องในกระบวนการผลิตได้ 150 เท่า, บริษัท Allied signal (Honeywell)/laminates plant in South Carolina สามารถเพิ่มความสามารถในการผลิตได้ 50% ลดรอบเวลาการผลิตได้ 50% ลดรายการสินค้าคงคลังได้ 50% และส่งมอบสินค้าได้ตรงเวลามากขึ้นเกือบ 100%, บริษัท Hughes aircraft's missiles systems group/wave soldering operations สามารถปรับปรุงคุณภาพเพิ่มขึ้น 1000% และปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้น 500%, บริษัท General electric สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ถึง 2 พันล้านเหรียญสหรัฐ ในปี 1999 เป็นต้น และนอกจากนี้บริษัทอื่นๆ ก็สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายหรือลดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องได้เป็นจำนวนมากเช่นกัน

ตารางที่ 2.3 Benefits of Six Sigma in manufacturing sector (Kwak, 2006)

Company/project	Metric/measures	Benefit/savings
Motorola (1992)	In-process defect levels	150 times reduction
Raytheon/aircraft integration systems	Depot maintenance inspection time	Reduced 88% as measured in days
GE/Railcar leasing business	Turnaround time at repair shops	62% reduction
Allied signal (Honeywell)/ laminates plant in South Carolina	Capacity Cycle time Inventory On-time delivery	Up 50% Down 50% Down 50% Increased to near 100%
Allied signal (Honeywell)/ bendix IQ brake pads	Concept-to-shipment cycle time	Reduced from 18 months to 8 months
Hughes aircraft's missiles systems group/wave soldering operations	Quality/productivity	Improved 1,000%/improved 500%
Continental Teves/Brake and axle Assemblies	Failure rate	More than 50% reduction in failure rate
Borg Warner Turbo Systems	Financial	$1.5 million annually since 2002
General electric	Financial	$2 billion in 1999
Motorola (1999)	Financial	$15 billion over 11 years
Dow chemical/rail delivery project	Financial	Savings of $2.45 million in capital expenditures
DuPont/Yerkes plant in New York (2000)	Financial	Savings of more than $25 million

ตารางที่ 2.3 (ต่อ) Benefits of Six Sigma in manufacturing sector (Kwak, 2006)

Company/project	Metric/measures	Benefit/savings
Telefonica de espana (2001)	Financial	Savings and increases in revenue 30 million euro in the first 10 months
Texas instruments	Financial	$ 600 million
Johnson and Johnson	Financial	$ 500 million
Honeywell	Financial	$1.2 billion
Ford motor compant/exterior	Surface defects	Financial $500,000

(Source: Weiner, 2004; De Feo and Bar-El, 2002; Antony and Banuelas, 2002; Buss and Ivey, 2001; McClusky, 2000)

ซิกซ์ ซิกม่า เป็นวิธีการที่ดีอย่างหนึ่งในการแก้ไขปัญหาเพื่อปรับปรุงคุณภาพ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น แต่ก็มีข้อเสียเช่นกันก็คือเรื่องของต้นทุนที่ใช้ซึ่งมักจะเสียค่าใช้จ่ายสูงมาก เนื่องจากในการทำนั้นมีขั้นตอนอยู่หลายขั้นตอนและจำเป็นต้องใช้ทรัพยากรต่าง ๆ จำนวนมากตามระดับความยากของปัญหาหรือผลที่ต้องการเช่น การว่าจ้างบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญด้าน ซิกซ์ ซิกม่า จะต้องจ่ายค่าตอบแทนสูง อาจจะต้องมีการว่าจ้างบุคลากรด้านอื่นๆที่จำเป็นเพิ่มเติมอีก รวมถึง วัสดุ หรือ อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการทำการทดลอง และเวลา เป็นต้น การแก้ไขปัญหาเหล่านี้ก็อาจจะทำได้โดยการพิจารณาถึงต้นทุนการทำที่เพิ่มขึ้นกับผลที่จะได้รับกลับมาเพื่อเลือกระดับการใช้ วิธีการซิกซ์ ซิกม่า ให้เหมาะสม Kumar (2007) ได้ทำการจำลองรูปแบบการนำวิธีการ ซิกซ์ ซิกม่า ไปใช้เป็น 2 รูปแบบ รูปแบบแรกคือ การใช้วิธีการ ซิกซ์ ซิกม่า เพื่อให้ระดับของคุณภาพมีค่ามากที่สุด ภายใต้ข้อจำกัดและเงื่อนไขของต้นทุนที่ใช้ในระดับหนึ่ง กับรูปแบบที่สองคือ การทำให้กระบวนการผลิตได้รับผลจากการปรับปรุงคุณภาพมากที่สุด โดยไม่คำนึงถึงข้อจำกัดและเงื่อนไขต้นทุนที่ใช้ ซึ่งก็ทำให้ได้รูปแบบของความสัมพันธ์ออกมาเพื่อเลือกใช้ให้เหมาะสม

ในส่วนของโรงงานกรณีศึกษานั้น ก็มีนโยบายและมีการส่งเสริมการใช้ ซิกซ์ ซิกม่า ในการทำงานของพนักงานอย่างชัดเจนอยู่แล้ว จึงไม่ทำให้เกิดปัญหาในด้านบุคลากรที่จำเป็น หรือด้านอื่นๆ สามารถนำเอา วิธีการ ซิกซ์ ซิกม่า ไปใช้ในการค้นคว้าแบบอิสระนี้ได้

ซิกซ์ ซิกม่านั้นแม้จะเป็นวิธีการที่ใช้ยุทธศาสตร์แบบเจาะทะลุ (Break through strategy) แต่ในการทำก็ต้องมีการเลือกโครงการที่จะทำให้เหมาะสมด้วย ต้องตั้งเป้าหมายและเลือกใช้เครื่องมือหรือทรัพยากรต่าง ๆ อย่างถูกต้อง จึงจะสามารถบรรลุถึงเป้าหมายที่ตั้งเอาไว้ได้ สิ่งเหล่านี้เป็นอีกอย่างหนึ่งที่ต้องทำการพิจารณาในการปรับปรุงกระบวนการผลิต Su (2008) ได้ศึกษาการพิจารณาความเป็นไปได้และการเลือกโครงการ ซิกซ์ ซิกม่า ว่าจะมีผลอย่างไรกับองค์กร โดยได้ทำการศึกษาในโรงงานผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่มีชื่อเสียงระดับโลกแห่งหนึ่งที่ไต้หวัน ทำให้สามารถสร้างระเบียบและวิธีการตัดสินใจการเลือกโครงการที่จะนำมาทำเป็นโครงการ ซิกซ์ ซิกม่า ได้ โดยใช้เงื่อนไขยุทธศาสตร์, นโยบายของบริษัท และจากเสียงของลูกค้า (Voice of customers: VOCs) Linderman (2006) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับบทบาทและความสัมพันธ์กันของการตั้งเป้าหมายกับการปรับปรุงคุณภาพที่ใช้ วิธีการ ซิกซ์ ซิกม่า โดยได้ทำการเก็บข้อมูลจากโรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่งที่มีการใช้ ซิกซ์ ซิกม่า อยู่เป็นจำนวนมาก แล้วนำไปทำการวิเคราะห์ ซึ่งผลปรากฏว่าการตั้งเป้าหมาย (Goal) นั้นมีผลและมีความสัมพันธ์กันอย่างมากกับการเลือกใช้เครื่องมือต่าง ๆ ของ ซิกซ์ ซิกม่า เพื่อปรับปรุงคุณภาพให้ได้ตามเป้าหมายที่ตั้งเอาไว้

2.2 ความหมาย และทฤษฎีของ ซิกซ์ ซิกม่า

ซิกซ์ ซิกม่า ได้เริ่มต้นขึ้นเมื่อบริษัทโมโตโรลล่าได้ทำการพัฒนาและสร้างโครงการเพื่อการปรับปรุงคุณภาพของสินค้าโดยการนำของ นายมิเกล เจ แฮรี่ ในปี ค.ศ. 1988 ต่อมาบริษัทได้ตีพิมพ์ผลงานและเปิดเผยวิธีการใหม่ที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพภายใต้ชื่อ ซิกซ์ ซิกม่า โดยความหมายและสัญลักษณ์ ซิกม่า (Sigma) นั้นเป็นตัวอักษรกรีก และใช้ในทางสถิติคือ สัญลักษณ์ "σ" หมายถึง ค่าความแปรปรวนหรือค่าความเบี่ยงเบนของประชากร แต่หากเป็นของกลุ่มตัวอย่างจะใช้เป็นค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) "S"

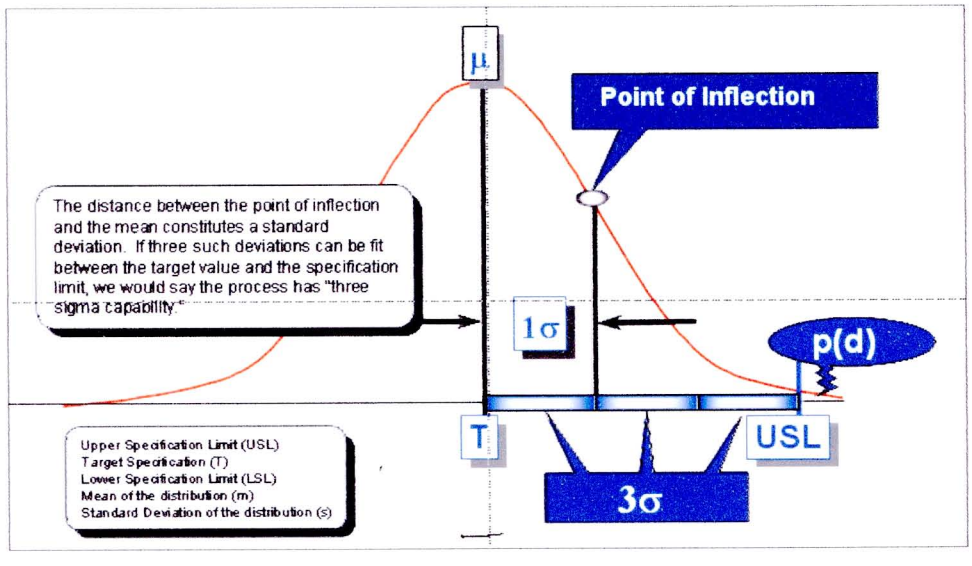
ความหมายของ ซิกซ์ ซิกม่า กับผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องนั้นอาจเปรียบเทียบได้กับกระบวนการผลิต นั่นคือในกระบวนการผลิตใดๆก็ตามจะต้องมีค่าเป้าหมาย (Target) และช่วงที่ยอมรับได้ (Tolerance) กำหนดเป็นค่าขอบเขต (Specification limit) ของกระบวนการประกอบด้วย ค่าขอบเขตล่างหรือค่าน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ (Lower specification limit: LSL) และค่าขอบเขตบนหรือค่ามากที่สุดที่ยอมรับได้ (Upper specification limit: USL) เมื่อทำการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละครั้งก็จะมีความคลาดเคลื่อนไม่ตรงกับค่าเป้าหมายเกิดขึ้น ถ้าค่ายังอยู่ในช่วงขอบเขตที่ยอมรับได้จะถือว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ดี แต่ถ้าค่าเกินจากขอบเขตที่ยอมรับได้จะถือว่าเป็น

ผลิตภัณฑ์ที่บกพร่อง ซึ่งเราจะสามารถทำการหาค่า ระดับซิกม่า (Sigma level) ได้จากสมการที่ 1.1 ดังนี้ (กันยรัตน์ คมวัชระ, 2547)

$$\text{Sigma level} = \min\left[\frac{\bar{x} - LSL}{\sigma}, \frac{USL - \bar{x}}{\sigma}\right] \qquad (1.1)$$

โดยที่ค่า X bar คือค่าเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาได้ และค่า σ คือค่าความแปรปรวนหรือค่าความเบี่ยงเบนของผลิตภัณฑ์ที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเป้าหมาย (กันยรัตน์ คมวัชระ, 2547)

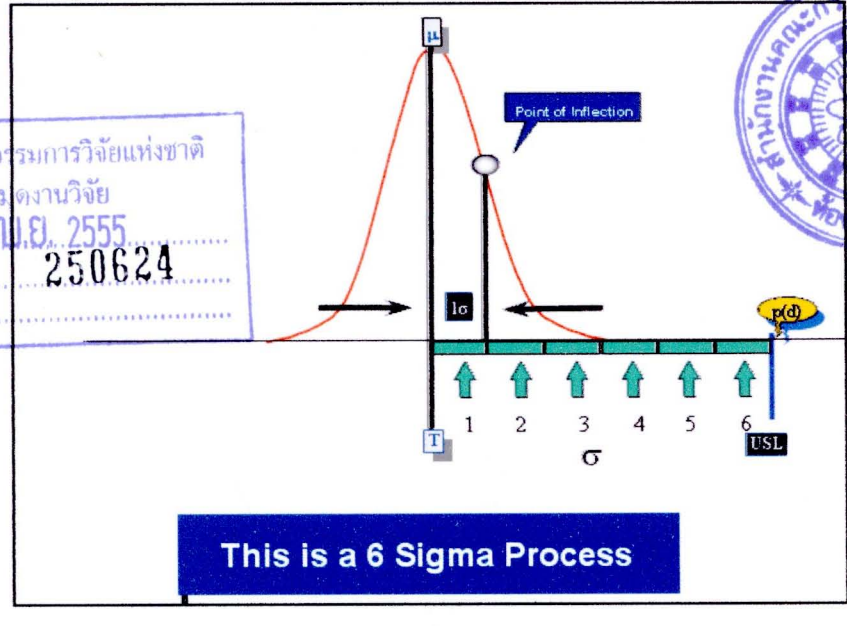
โดยปกติการกระจายตัวของข้อมูลจะมีการแจกแจงความถี่เป็นแบบปกติ (Normal distribution) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และมีค่าความแปรปรวนเท่ากับ 1 (NID(0,1)) ถ้าเรานำข้อมูลการแจกแจงความถี่มาวาดกราฟก็จะได้กราฟที่มีลักษณะเป็นระฆังคว่ำ (Bell shape) ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ในกระบวนการผลิตก็เช่นกัน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีการกระจายตัวเป็นแบบปกติเช่นกัน ถ้าวาดกราฟความน่าจะเป็นของค่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จากกระบวนการผลิต ก็จะได้กราฟที่มีลักษณะเป็นระฆังคว่ำเช่นกัน



รูปที่ 2.1 กราฟแจกแจงความถี่ของข้อมูลที่ปกติแบบระฆังคว่ำ (Mosaica, 2007)

ถ้ากำหนดให้พื้นที่ใต้กราฟระฆังคว่ำทั้งหมดเท่ากับ 100% และพิจารณาระดับ ซิกม่าจะได้ว่า ถ้ากระบวนการนั้นเป็นกระบวนการที่มีระดับซิกม่าเท่ากับ ±1 ซิกม่า แสดงว่ากระบวนการนั้นจะผลิตงานให้อยู่ภายในเส้นขอบเขตได้ 68.27% ถ้ากระบวนการนั้นเป็นกระบวนการที่มีระดับซิกม่าเท่ากับ ±2 ซิกม่า แสดงว่ากระบวนการนั้นจะผลิตงานให้อยู่ภายในเส้นขอบเขตได้ 95.45% ถ้ากระบวนการนั้นเป็นกระบวนการที่มีระดับซิกม่าเท่ากับ ±3 ซิกม่า แสดงว่ากระบวนการนั้นจะผลิตงานให้อยู่ภายในเส้นขอบเขตได้ 99.73% ถ้ากระบวนการนั้นเป็นกระบวนการที่มีระดับซิกม่าเท่ากับ ±4 ซิกม่า แสดงว่ากระบวนการนั้นจะผลิตงานให้อยู่ภายในเส้นขอบเขตได้ 99.993666% ถ้ากระบวนการนั้นเป็นกระบวนการที่มีระดับซิกม่าเท่ากับ ±5 ซิกม่า แสดงว่ากระบวนการนั้นจะผลิตงานให้อยู่ภายในเส้นขอบเขตได้ 99.999943% ถ้ากระบวนการนั้นเป็นกระบวนการที่มีระดับคุณภาพซิกม่าเท่ากับ ±6 ซิกม่า แสดงว่ากระบวนการนั้นจะผลิตงานให้อยู่ภายในเส้นขอบเขตได้ 99.9999998% (กันยรัตน์ คมวัชระ, (2547); Mosaica, (2007); Montgomery, (2005)) ดังแสดงในรูปที่ 2.2

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ - 7 มิ.ย. 2555
เลขทะเบียน 250624
เลขเรียกหนังสือ



รูปที่ 2.2 กราฟแจกแจงความถี่ของกระบวนการที่มีระดับคุณภาพ 6 ซิกม่า (Mosaica, 2007)

บริษัทโมโตโรลล่าได้อธิบายถึงแนวคิดนี้เพิ่มเติมอีกว่า ระดับซิกม่าและจำนวนของเสียที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น เป็นการพิจารณาจากกระบวนการในช่วงระยะเวลาสั้น (Short term) แต่โดยปกติแล้ว กระบวนการที่มีระดับ ±6 ซิกม่านั้น เมื่อทำการผลิตเป็นเวลานานผ่านไปในระยะยาว (Long term) กระบวนการนั้นจะผลิตงานที่มีค่าเฉลี่ยเลื่อนจากค่าเฉลี่ยเดิมไปประมาณ 1.5 ซิกม่า (1.5 Sigma shift) เช่น กรณีถ้าเลื่อนไปทางบวกเข้าหาค่าขอบเขตมากที่สุดที่ยอมรับได้ หรือ +1.5

ซิกม่า พื้นที่ใต้กราฟที่อยู่ภายในค่าขอบเขตจะลดลงมาเท่ากับ 99.99966% หรือกล่าวได้ว่า จะทำให้มีของเสียเกิดขึ้นได้ไม่เกิน 3.4 ชิ้นจากการผลิตงาน 1,000,000 ชิ้น หรือ 3.4 DPPM (Defect part per million) ซึ่งเราเรียกกระบวนการนี้ว่า กระบวนการซิกซ์ ซิกม่า (Six sigma process) นั่นเอง (Montgomery, 2004)

การพิจารณาเป้าหมายของระดับซิกม่าที่จะใช้ในแต่ละกระบวนการอาจจะพิจารณาถึงความเสี่ยงและผลที่จะเกิดขึ้นตามมา จากการที่ของเสียอาจจะหลุดรอดจากการตรวจสอบไปถึงลูกค้า เช่น กระบวนการการผลิต แหล่งจ่ายไฟฟ้าของคอมพิวเตอร์ ในโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป อาจจะตั้งเป้าหมายไว้ที่ระดับ ±3 ซิกม่า ก็อาจจะเพียงพอแล้ว แต่สำหรับกระบวนการผลิต แหล่งจ่ายไฟฟ้าของคอมพิวเตอร์ในเครื่องบินจะต้องตั้งเป้าหมายไว้ที่ระดับสูงกว่า โดยทั่วไปในอุตสาหกรรมการบินและอวกาศจะตั้งเป้าหมายไว้ที่ระดับ ±6 ซิกม่า เนื่องจากมีความต้องการด้านประสิทธิภาพการทำงาน คุณภาพ และความปลอดภัยที่สูงกว่า เช่น ถ้าผลิตภัณฑ์นั้นๆเกิดขัดข้องในระหว่างการใช้งานก็อาจจะมีผลทำให้เครื่องบินตกและมีผลเสียหลายอย่างตามมา (Mosaica, 2007)

สำหรับขั้นตอนของ ซิกซ์ ซิกม่า รวมทั้งแนวทางการทำ และปัจจัยที่ต้องพิจารณาเป็นหลักนั้น Mosaica (2007) ได้สรุปเอาไว้ดังรูป 2.3

รูปที่ 2.3 ขั้นตอนของ ซิกซ์ ซิกม่า (Mosaica, 2007)

ซึ่งจะประกอบด้วยขั้นตอนหลักทั้งหมด 5 ระยะ โดยในแต่ละระยะนั้น จะมีรายละเอียดของการทำดังนี้

2.2.1 ระยะกำหนด (Define phase)

คือ ขั้นตอนของการเลือกโครงการที่จะทำการปรับปรุงโดยจะให้ความสำคัญกับลูกค้า หรือกระบวนการถัดไปที่จะได้รับผลกระทบเป็นหลัก แล้วทำการนิยามหรือกำหนดปัญหาหรือผลิตภัณฑ์ที่บกพร่อง วัตถุประสงค์ เป้าหมาย และตัวชี้วัดของผลตอบหลัก (Primary metric) ของโครงการอย่างชัดเจน ซึ่งเป้าหมายและผลจากการทำนั้นจะต้องสามารถวัดและตรวจสอบได้ รวมทั้งต้องคำนวณเป็นเงินหรือต้นทุนที่กลับคืนมาได้ด้วย เพื่อให้สามารถตรวจสอบผลการทำโครงการได้อย่างชัดเจนว่าบรรลุเป้าหมายหรือไม่ นอกจากนี้ยังต้องมีการกำหนดผู้ร่วมโครงการที่จะมาร่วมมือกันอย่างจริงจังเพื่อให้ทำให้โครงการสำเร็จลุล่วงไปได้ โดยจะคัดเลือกจากผู้ที่มีความเกี่ยวข้องกับปัญหาทั้งโดยตรงและโดยอ้อมเป็นหลัก และควรจะประกอบไปด้วยบุคคลหลายระดับตั้งแต่วิศวกร หัวหน้างาน ช่าง ลงมาจนถึงพนักงานระดับปฏิบัติการ เพื่อให้ครอบคลุมปัญหาในทุกแง่มุม นอกจากนี้ประสบการณ์ที่มีต่อปัญหาของแต่ละคนจะช่วยให้สามารถรวบรวมปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้ครบถ้วนอีกด้วย สำหรับเครื่องมือที่สำคัญในขั้นตอนนี้มีดังนี้

1. การกำหนดปัญหา หรือ การเลือกโครงการ (Problem statement)
2. การกำหนดลูกค้า (Define customer)
3. การกำหนดตัวชี้วัด (Define metric)
4. การกำหนดขอบเขตของโครงการ (Define project scope)
5. การกำหนดวัตถุประสงค์และเป้าหมาย (Define objective and target)
6. การกำหนดผู้ร่วมทำโครงการ (Define team member)
7. การประมาณการการประหยัดเงิน (Estimate saving)

2.2.2 ระยะวัด (Measure phase)

คือ ขั้นตอนการทำความเข้าใจกระบวนการ โดยการศึกษากระบวนการทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับทั้งหมด และทำการระดมสมอง (Brain storming) กับผู้ร่วมทำโครงการเพื่อค้นหาปัจจัยขาเข้ากระบวนการที่สำคัญแต่ละปัจจัยที่อาจจะเป็นสาเหตุของปัญหาและมีผลกระทบกับปัจจัยขาออกกระบวนการที่สำคัญ หรือ ผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการ หรือ ผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องที่เกิดจากกระบวนการ จากนั้นจะทำการคัดกรอง

ปัจจัยขาเข้ากระบวนการที่สำคัญที่ได้มาทั้งหมด ให้เหลือแต่ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องมากจริงๆ เพื่อนำไปทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป นอกจากนี้ในขั้นตอนการวัดนี้จะมีการวิเคราะห์ระบบการวัดและทำการปรับปรุงให้มีความถูกต้องเที่ยงตรง แม่นยำ และมีความผิดพลาดจากการวัดน้อยที่สุดด้วย เพื่อให้เป็นมาตรฐานสำหรับการวัดค่าต่าง ๆ ที่จำเป็นในระหว่างที่ทำโครงการ สุดท้ายเมื่อระบบการวัดมีความถูกต้องแล้วจึงทำการวัดความสามารถของกระบวนการเพื่อให้ทราบความสามารถของกระบวนการก่อนทำการปรับปรุงว่าเป็นอย่างไร เพื่อเอาไว้เปรียบเทียบกับผลที่ได้หลังการปรับปรุงเพื่อให้แน่ใจว่าการปรับปรุงที่ทำไปนั้นได้ผลจริง สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในขั้นตอนนี้มีดังนี้

1. การสร้างแผนผังการไหลของกระบวนการ (Process flow diagram)
2. การสร้างแผนที่กระบวนการ (Process Mapping)
3. การสร้างแผนภูมิก้างปลา (Fishbone diagram) โดยใช้หลักการ 5M1E คือ Man, Machine, Material, Method, Measurement และ Environment
4. การสร้างตารางเหตุและผล (C&E Matrix)
5. การสร้างตารางวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)
6. การวิเคราะห์ระบบการวัด MSA (Measurement system analysis)
7. การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Capability Analysis)

2.2.3 ระยะวิเคราะห์ (Analyze phase)

คือ ขั้นตอนที่จะทำการวิเคราะห์ปัจจัยขาเข้ากระบวนการที่สำคัญที่ผ่านการคัดกรองมาแล้ว เพื่อหาว่าปัจจัยใดบ้างที่มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องอย่างแท้จริง โดยใช้การทดสอบสมมุติฐานทางสถิติ (Hypothesis testing) ก่อนจะนำไปทำการปรับปรุงในขั้นตอนต่อไปของโครงการ มีเครื่องมือดังนี้

1. การใช้แผนภูมิรูปภาพ (Graphs)
2. การใช้แผนภูมิแปรผันเชิงซ้อน (Multi vari chart)
3. การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Tests)
4. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

2.2.4 ระยะปรับปรุง (Improve phase)

คือ ขั้นตอนปรับปรุงกระบวนการให้ได้ตามเป้าหมายที่วางเอาไว้ โดยจะทำการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง ปัจจัยขาเข้ากระบวนการที่สำคัญที่ได้จากการวิเคราะห์ กับปัจจัยขาออกกระบวนการที่สำคัญ หรือ ผลิตภัณฑ์ที่บกพร่อง ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร โดยแปลงความสัมพันธ์นั้นให้อยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์เป็น สมการทำนาย (Prediction equation) ของกระบวนการ สุดท้ายจึงทำการหาค่าที่ดีที่สุด (Optimization) ของปัจจัยขาเข้ากระบวนการที่สำคัญ เพื่อให้กระบวนการมีประสิทธิภาพดีที่สุด มีความแปรปรวนน้อยที่สุด หรือ มีผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องเกิดขึ้นน้อยที่สุด ในขั้นตอนนี้เครื่องมือที่ใช้คือการออกแบบการทดลองซึ่งมีหลายแบบดังนี้

1. แบบแฟคทอเรียลเต็ม (Full Factorial)
2. แบบทูเคแฟคทอเรียล (2^k Factorial)
3. แบบแฟคทอเรียลเชิงเศษส่วน (Fractional Factorial)
4. แบบจำลองพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Model)
5. การปรับปรุงให้ได้ผลที่ดีที่สุด (Optimization)

2.2.5 ระยะควบคุม (Control phase)

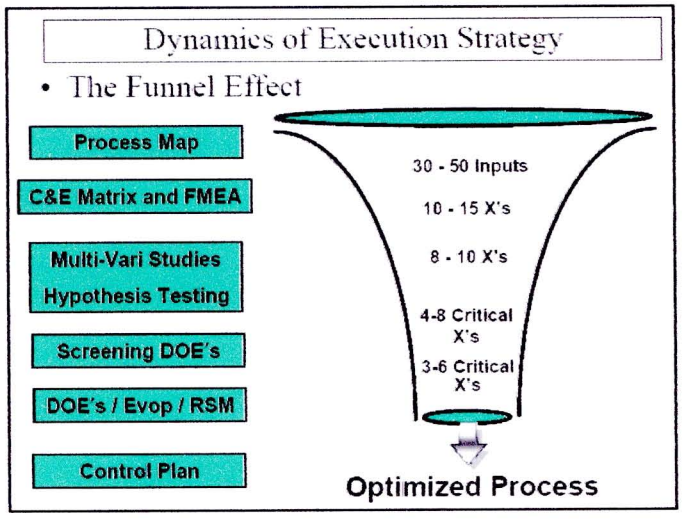
คือ ขั้นตอนการควบคุมปัจจัยขาเข้ากระบวนการที่สำคัญ โดยจะสร้างระบบควบคุมปัจจัยขาเข้ากระบวนการที่สำคัญที่ได้มาจากขั้นตอนการปรับปรุงหรือสมการทำนาย ให้คงไว้ซึ่งค่าที่ดีที่สุดอย่างต่อเนื่องต่อไป ลดโอกาสความแปรปรวนที่อาจจะเกิดขึ้นให้มีน้อยที่สุด เพื่อให้มั่นใจว่าหลังจากทำโครงการเสร็จแล้วเมื่อเวลาผ่านไปกระบวนการยังคงอยู่ภายใต้การควบคุมที่กำหนดไว้ โดยทั่วไปมักจะจัดทำเอกสารมาตรฐานการปฏิบัติงานขึ้นมาหรือปรับปรุงให้ดีขึ้น และ นำการควบคุมกระบวนการโดยวิธีการทางสถิติมาประยุกต์ใช้ ซึ่งเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในขั้นตอนนี้มีดังนี้

1. แผนการควบคุม (Control plan)
2. การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ หรือ SPC (Statistical process control)
3. วิธีการป้องกันความผิดพลาด (Error Proofing)
4. การควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติ (Automated Control)
5. การจัดทำเอกสารมาตรฐานการปฏิบัติงาน หรือ SOP (Standard operating procedure)

6. การสุ่มตรวจสอบการปฏิบัติงาน (Audit)

จะเห็นว่าตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนถึงขั้นตอนสุดท้าย ซิกซ์ ซิกม่า นั้นมีการมุ่งเน้นให้ทำการแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ และมีระเบียบแบบแผนที่ชัดเจนโดยมีการแบ่งเป็น 5 ขั้นตอนหลัก ๆ ด้วยกัน มีการนำเทคนิคต่าง ๆ เข้ามาช่วยในแต่ละขั้นตอน เพื่อให้การแก้ไขปัญหาเป็นไปอย่างถูกต้องตรงจุดที่ต้นตอของปัญหามากที่สุด มีประสิทธิภาพสูง และสามารถมั่นใจได้ในระยะยาวว่าจะไม่เกิดปัญหาขึ้นอีก

นอกจากนี้ ซิกซ์ ซิกม่า ยังมีหลักยุทธศาสตร์อีกอย่างหนึ่งที่สำคัญที่ควรคำนึงถึงในการทำด้วย นั่นก็คือการรวบรวมปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการที่ทำการศึกษานั้นจะต้องถูกนำมาพิจารณาทั้งหมด หลังจากนั้นจึงค่อยทำการคัดกรองให้เหลือแต่ปัจจัยที่มีความสำคัญที่สุดและกระทบต่อปัญหาโดยตรงจริงๆเท่านั้น ก่อนที่จะนำเอาปัจจัยต่างเหล่านั้น ๆ ไปทำการปรับปรุงและทำการควบคุมต่อไปในระยะยาว เพื่อลดความแปรปรวนที่จะเกิดขึ้น ยกตัวอย่างเช่น ในการรวบรวมปัจจัยทั้งหมดอาจจะทำให้ได้ปัจจัยที่เกี่ยวข้องมา 30 - 50 ปัจจัย หลังจากนั้นปัจจัยทั้งหมดก็จะถูกนำไปผ่านการพิจารณาและวิเคราะห์ตามขั้นตอนต่างของ ซิกซ์ ซิกม่า จนกระทั่งในที่สุดก็จะเหลือปัจจัยที่มีผลกระทบโดยตรงจริง ๆ เพียง 3 - 6 ปัจจัยเท่านั้น ที่จะถูกนำไปทำการปรับปรุงเพื่อให้กระบวนการนั้นดีขึ้น ดังแสดงในรูป 2.4



รูปที่ 2.4 ยุทธศาสตร์ในการทำ ซิกซ์ ซิกม่า (Mosaica, 2007)

2.3 เอกสาร และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากการค้นคว้าแบบอิสระนี้เป็นการศึกษาเรื่องการลดผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมกรณีศึกษาแห่งหนึ่งโดยใช้วิธีการ ซิกซ์ ซิกม่า ผู้วิจัยจึงได้ทำการค้นคว้าผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการลดผลิตภัณฑ์ที่บกพร่อง หรือการปรับปรุงกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม ที่มีการใช้วิธีการหรือเทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า ที่เคยมีผู้วิจัยได้ทำการศึกษาไว้ เพื่อนำมาศึกษาและพิจารณาในส่วนของหลักการและแนวทางในการนำ ซิกซ์ ซิกม่า ไปใช้แก้ไขปัญหาในโรงงานอุตสาหกรรมแต่ละแห่ง ซึ่งจะมีความแตกต่างกันไปตามลักษณะของปัญหาที่เกิดขึ้น อันเนื่องมาจากลักษณะของผลิตภัณฑ์ วัตถุดิบที่ใช้ กระบวนการผลิต เครื่องจักร และปัจจัยอื่น ๆ ที่ต่างกันของแต่ละโรงงาน รวมถึงเพื่อทำการพิจารณาเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของแนวทางต่าง ๆ ด้วย เพื่อให้เป็นประโยชน์ต่อการค้นคว้าอิสระนี้

เมื่อได้ทำการค้นคว้าผลงานวิจัยต่าง ๆ แล้วพบว่า มีผลงานวิจัยเกี่ยวกับการลดผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องอยู่ 5 เรื่อง จึงทำการศึกษาหลักการและการดำเนินการของงานวิจัยที่ ต่าง ๆ เหล่านั้นเพื่อพิจารณาถึง เครื่องมือหรือเทคนิคต่าง ๆ ของ ซิกซ์ ซิกม่า ที่มีการนำมาใช้ในการดำเนินงานวิจัยในแต่ละระยะ เหตุผลของการนำมาใช้ ผลที่ได้รับ และข้อดีข้อเสียของการนำเครื่องมือหรือเทคนิคเหล่านั้นมาใช้ ซึ่งเมื่อศึกษาและพิจารณาแล้วพบว่าผู้วิจัยแต่ละคนจะใช้หลักการและการดำเนินการที่แตกต่างกันไป ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ตารางเปรียบเทียบเครื่องมือหรือเทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า ที่ใช้ในการวิจัยลดผลิตภัณฑ์ที่บกพร่อง

ผู้วิจัย	เครื่องมือหรือเทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า ที่ใช้ในระยะต่าง ๆ				
	ระยะกำหนด	ระยะวัด	ระยะวิเคราะห์	ระยะปรับปรุง	ระยะควบคุม
ธิติมา พงษ์สังกา (2551)	- กำหนดปัญหาและเป้าหมาย	- ศึกษาของเสีย - แผนผังการไหลกระบวนการ - แผนภูมิก้างปลา	- การออกแบบการทดลองแบบเศษส่วน	- Data transformation - หาค่าที่ดีที่สุดโดย Response optimizer	- ฝึกอบรมพนักงาน
นวลพรรณ ใจงาม (2542)	- กำหนดปัญหาวัตถุประสงค์และ เป้าหมาย	- ศึกษาของเสีย - แผนผังการไหลกระบวนการ - แผนที่กระบวนการ	- 2 Proportion test - 2 Sample T-test - Chi-square test - ANOVA - Scatter plot - Descriptive plot	- 2 Proportion test - 2 Sample T-test	- เอกสารมาตรฐานการปฏิบัติงาน - Triggering system

ตารางที่ 2.4 (ต่อ) ตารางเปรียบเทียบเครื่องมือหรือเทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า ที่ใช้ในการวิจัยลดผลิตภัณฑ์ที่บกพร่อง

ผู้วิจัย	เครื่องมือหรือเทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า ที่ใช้ในระยะต่าง ๆ				
	ระยะกำหนด	ระยะวัด	ระยะวิเคราะห์	ระยะปรับปรุง	ระยะควบคุม
นวลพรรณ ใจงาม (2542)		- แผนผังการไหลกระบวนการเน้นการหยิบจับงาน - แผนภูมิก้างปลา - Regression - Variable GR&R - Attribute GR&R - ตารางวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ - Multi vari chart		- หาค่าที่ดีที่สุดจากตารางวิเคราะห์ปัญหาและผลกระทบ และผลจากการทดสอบสมมุติฐานต่าง ๆ	
ณัฐเจตน์ เกษกมล (2550)	- กำหนดปัญหาวัตถุประสงค์ขอบเขต และตัวชี้วัด - จัดตั้งกลุ่มโดยมีผู้รับผิดชอบชัดเจน	- ศึกษาของเสีย - กำหนดเป้าหมาย - Attribute GR&R พนักงานตรวจสอบ	- แผนผังการไหลกระบวนการ - ตารางวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ - Multi vari chart - 2 Proportion test - Regression - การออกแบบการทดลอง	- การออกแบบการทดลอง - หาค่าที่ดีที่สุดจากตารางวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ และจาก Response optimizer	- แผนการควบคุม - การสุ่มตรวจ
Ching-Kum Lin (2009)	- ศึกษาลูกค้าและกระบวนการผลิต - กำหนดตัวชี้วัด - จัดตั้งกลุ่ม - ศึกษาของเสีย	- Variable GR&R - Attribute GR&R	- แผนภูมิก้างปลา - ตารางเหตุและผล - Chi-square test	- การออกแบบการทดลอง - หาค่าที่ดีที่สุดจาก Response optimizer	- X-bar S chart - P chart
Prabhakar Kaushik (2008)	- กำหนดปัญหาลูกค้า และเป้าหมาย - แผนที่กระบวนการ	- Attribute GR&R พนักงานตรวจสอบ	- แผนภูมิก้างปลา - 2 Sample T-test	- การออกแบบการทดลอง	- X-bar R chart

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

เมื่อพิจารณาในส่วนของภาพรวมของงานวิจัยก็พบว่า ส่วนใหญ่จะมีวิธีการดำเนินการตามขั้นตอนของ ซิกซ์ ซิกม่า D-M-A-I-C ครบทุกระยะ ยกเว้นงานวิจัยเรื่องการลดของเสียในโรงงานผลิตเขียงไม้ยางพาราโดยเทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า (ธิติมา พงษ์สังกา, 2551) ซึ่งอาจจะเป็นเพราะงานวิจัยนั้นเป็นการนำเทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า มาใช้เป็นหลักมากกว่า วิธีการ ซิกซ์ ซิกม่า

ระยะกำหนด พบว่าส่วนใหญ่จะมีการกำหนดปัญหา วัตถุประสงค์ และเป้าหมายเหมือนกันในทุกงานวิจัย แต่ส่วนที่แตกต่างกันก็คือ การเน้นในส่วนของการจัดตั้งกลุ่มเพื่อมาร่วมมือกันในการแก้ไขปัญหา ซึ่งในทาง ซิกซ์ ซิกม่า ได้ให้ความสำคัญกับการตั้งกลุ่มไว้มากพอสมควร เพราะในระหว่างการดำเนินการมักจะต้องมีการใช้ประโยชน์จากความรู้ ประสบการณ์ในการทำงาน และ์ความเชี่ยวชาญของสมาชิกในกลุ่มเข้ามาช่วยเสมอ ดังจะเห็นว่าในงานวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้ ซิกซ์ ซิกม่า ในการลดปัญหาจำนวนผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องในโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งทำการลดผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องยางบวม ในกระบวนการผลิตยางรถยนต์ (ณัฐเจตน์ เกษกมล, 2550) และงานวิจัยเรื่องการเพิ่มผลที่ได้รวมจากการผลิตงานโดย วิธีการ ซิกซ์ ซิกม่า ซึ่งได้ทำการศึกษาการลดผลิตภัณฑ์ที่บกพร่อง ในกระบวนการผลิตแอสเซมบลี้แผงวงจรแม่ (Ching-Kun Lin, 2009) นั้นจะมีการเน้นการจัดตั้งกลุ่มเป็นพิเศษมากกว่างานวิจัยอื่น ๆ โดยจะมี มาสเตอร์แบล็กเบลท์ กรีนเบลท์ และวิศวกรที่มีความเชี่ยวชาญเข้ามาร่วมกลุ่มด้วย ซึ่งในส่วนนี้จะทำให้การดำเนินการเป็นไปอย่างถูกต้องตามขั้นตอน และมีการนำเอาเครื่องมือหรือเทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า ที่ถูกต้องมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เพราะจะได้รับคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญทางด้าน ซิกซ์ ซิกม่า โดยตรงตลอดการดำเนินงาน

ระยะวัด ทุกงานวิจัยจะมีการศึกษากระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ที่บกพร่อง แผนผังการไหล และแผนภูมิก้างปลา ค่อนข้างจะเหมือนกัน แต่ในขั้นตอนหลังจากนั้นจนถึงขั้นตอนใน ระยะวิเคราะห์ และขั้นตอนในระยะปรับปรุง แต่ละงานวิจัยจะมีการนำเอาเครื่องมือหรือเทคนิคซิกซ์ซิกม่า มาใช้เพื่อทำการคัดกรองปัจจัยในแบบที่แตกต่างกันไป โดยในงานวิจัยเรื่องการลดของเสียในโรงงานผลิตเขียงไม้ยางพาราโดยเทคนิคซิกซ์ ซิกม่า (ธิติมา พงษ์สังกา, 2551) กับ งานวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่า ในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลาง ซึ่งได้ทำการศึกษาการลดผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องในกระบวนการผลิตโซ่จักรยาน (Prabhakar Kaushik, 2008) จะไม่มีการใช้เครื่องมือในการคัดกรองปัจจัยจากแผนผังการไหลเลย ทำให้ในขั้นตอนต่อไปจะมีปัจจัยที่คาดว่าน่าจะมีผลกระทบกับผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องที่จะต้องทำการวิเคราะห์มากเกินไป ทำให้ต้องเสียเวลาและทรัพยากรในการวิเคราะห์มากโดยใช่เหตุ และงานวิจัยเรื่องการลดของเสียที่เกิดจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิตย์ในกระบวนการประกอบหัวอ่านโดยใช้ระเบียบวิธีซิกซ์ ซิกม่า

(นวลพรรณ ใจงาม, 2542) กับ งานวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้ซิกซ์ ซิกม่า ในการลดปัญหาจำนวนผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งทำการลดผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องยางบวมในกระบวนการผลิตยางรถยนต์ (ณัฐเจตน์ เกษกมล, 2550) จะไม่มีการใช้เครื่องมือ ซิกซ์ ซิกม่า มาช่วยคัดกรองปัจจัยจากแผนผังการไหลที่มีจำนวนมาก ให้เหลือน้อยลงก่อนเช่นกัน ทำให้เมื่อนำปัจจัยต่าง ๆ ไปทำการวิเคราะห์ต่อด้วยการใช้ตารางวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบแล้ว จะเสียเวลามากเกินไป และอาจจะทำให้เกิดการเน้นการแก้ไขปัญหาที่ไม่ตรงจุดได้ในหลาย ๆ ปัจจัยที่ไม่มีผลกระทบกับผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องจริง ๆ ส่วนงานวิจัยเรื่องการเพิ่มผลที่ได้รวมจากการผลิตงานโดยวิธีการ ซิกซ์ ซิกม่า ซึ่งได้ทำการศึกษาการลดผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องในกระบวนการผลิตแอสเซมบลี้แผงวงจรแม่ (Ching-Kun Lin, 2009) จะมีการใช้ตารางเหตุและผลเป็นเครื่องมือในการคัดกรองปัจจัยให้เหลือน้อยลงซึ่งถือว่าเป็นวิธีที่ดีวิธีหนึ่ง ก่อนจะนำปัจจัยที่คาดว่าน่าจะมีผลกระทบกับผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องที่คัดกรองแล้วไปทำการวิเคราะห์ต่อไป

ระยะวิเคราะห์ และ ระยะปรับปรุง งานวิจัยส่วนใหญ่จะทำการวิเคราะห์ด้วยการใช้เครื่องมือหรือเทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า แบบต่าง ๆ ก่อนว่า มีปัจจัยใดบ้างที่มีผลกระทบกับผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องอย่างมีนัยสำคัญ แล้วจึงนำปัจจัยนั้น ๆ ไปทำการออกแบบการทดลอง โดยงานวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้ซิกซ์ ซิกม่า ในการลดปัญหาจำนวนผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งทำการลดผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องยางบวมในกระบวนการผลิตยางรถยนต์ (ณัฐเจตน์ เกษกมล, 2550) งานวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่า ในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลาง ซึ่งได้ทำการศึกษาการลดผลิตภัณฑ์ที่บกพร่อง ในกระบวนการผลิตโซ่จักรยาน (Prabhakar Kaushik, 2008) และงานวิจัยเรื่องการเพิ่มผลที่ได้รวมจากการผลิตงานโดยวิธีการ ซิกซ์ ซิกม่า ซึ่งได้ทำการศึกษา การลดผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องในกระบวนการผลิตแอสเซมบลี้แผงวงจรแม่ (Ching-Kun Lin, 2009) จะเน้นใช้การทดสอบสมมุติฐานแบบ 2 Proportion test, 2 Sample-T test, สถิติทดสอบไค-สแควร์ (Chi-square test) และแผนภูมิแปรผันเชิงซ้อน มาทำการวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ ก่อน แล้วจึงนำไปทำการออกแบบการทดลองในแบบต่าง ๆ กันไป ตามจำนวนปัจจัยที่ได้มา และนอกจากนี้ งานวิจัยเรื่องการลดของเสียในโรงงานผลิตเขียงไม้ยางพาราโดยเทคนิคซิกซ์ ซิกม่า (ธิติมา พงษ์สังกา, 2551) จะใช้วิธีการออกแบบการทดลองแฟคทอเรียลเชิงเศษส่วนมาทำการคัดกรองปัจจัย และสุดท้ายงานวิจัยเรื่องการลดของเสียที่เกิดจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิตย์ ในกระบวนการประกอบหัวอ่านโดยใช้ระเบียบวิธีซิกซ์ ซิกม่า (นวลพรรณ ใจงาม, 2542) จะเน้นใช้การทดสอบสมมุติฐานแบบ 2 Proportion test, 2 Sample-T test, สถิติทดสอบไค-สแควร์ (Chi-square test), การวิเคราะห์ความแปรปรวน, แผนภาพการกระจาย (Scatter plot) แผนภาพเชิง

พรรณนา (Descriptive plot) และแผนภูมิแปรผันเชิงซ้อน มาทำการวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ และจะทำการปรับปรุงปัจจัยที่มีผลกระทบกับผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องแบบมีนัยสำคัญทีละปัจจัย โดยไม่มีการออกแบบการทดลอง เพราะสาเหตุหลักของการเกิดของเสีย ที่เกิดจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิตย์นั้น ส่วนมากจะเกิดจากการหยิบจับหรือถือตัวผลิตภัณฑ์เป็นหลัก ซึ่งสามารถจะเกิดได้หลายแห่งในทุกกระบวนการผลิต เนื่องจากมีปัจจัยที่คาดว่าน่าจะมีผลกระทบจำนวนมาก และเป็นปัจจัยที่มาจากหลายกระบวนการผลิตที่มีทั้งต่อเนื่องกัน และไม่ต่อเนื่องกัน ดังนั้นจึงไม่สามารถนำไปทำการออกแบบการทดลองร่วมกันได้

จากที่กล่าวมาจะเห็นว่าแต่ละงานวิจัยสามารถทำการทดลอง ทดสอบสมมุติฐาน วิเคราะห์ผลการทดลอง และทำการหาค่าที่ดีที่สุดได้เช่นเดียวกัน แต่ก็มีบางงานวิจัยที่ต้องมีการทำการทดลองซ้ำ เนื่องจากการที่ไม่ได้นำเอาข้อจำกัดของกระบวนการ หรือปัจจัยที่ทำการทดลองมาร่วมทำการทดลองด้วยในครั้งแรก ซึ่งกรณีนี้ถือเป็นข้อควรระวังที่จะต้องมีการคำนึงถึงก่อนที่จะทำการออกแบบการทดลองด้วย

สุดท้ายระยะควบคุม แต่ละงานวิจัยจะมีการนำเอาเครื่องมือหรือเทคนิคต่าง ๆ มาใช้ในการควบคุมกระบวนการที่แตกต่างกันไป มีการใช้ การฝึกอบรมพนักงาน, เอกสารมาตรฐานการปฏิบัติงาน, Triggering system, แผนการควบคุม, การสุ่มตรวจ และ การควบคุมกระบวนการทางสถิติ จะเห็นว่าวิธีการฝึกอบรมพนักงานเพียงอย่างเดียวนั้นอาจจะยังไม่เพียงพอ และสิ่งต่อการเกิดความผิดพลาดหากมีพนักงานลาออกแล้วพนักงานใหม่ที่เข้ามาไม่ได้ถูกอบรม หรือพนักงานอาจจะลืมได้ สำหรับการควบคุมกระบวนการทางสถิติจัดว่าเป็นวิธีที่ดีมากวิธีหนึ่ง ส่วนวิธีที่ดีที่สุดคือวิธีการป้องกันความผิดพลาด นั้น ไม่มีงานวิจัยใดนำมาใช้