

# Six Sigma

## مهندسی نرم افزار 2

تهیه کننده : ملیحه هاشمی

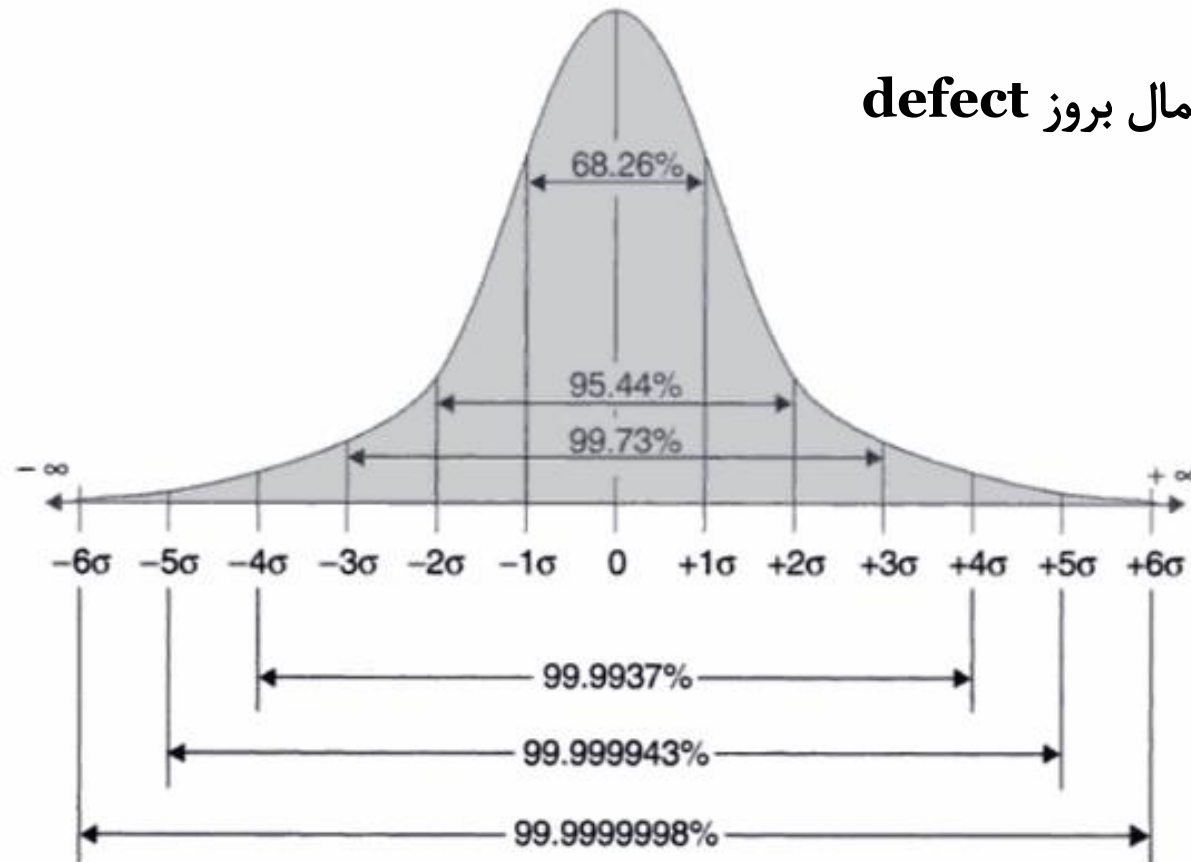
استاد درس : آقای دکتر احمد عبدالله زاده

# Six Sigma

- روشی برای اندازه گیری کیفیت است.
- در صورتی که فاصله میانگین تا حد بالا و پایین تعیین شده در نیازمندی های یک فرآیند  $6\sigma$  باشد، فرآیند مورد نظر در هر یک میلیون بار فرصت تنها 3.4 defect تولید میکند.

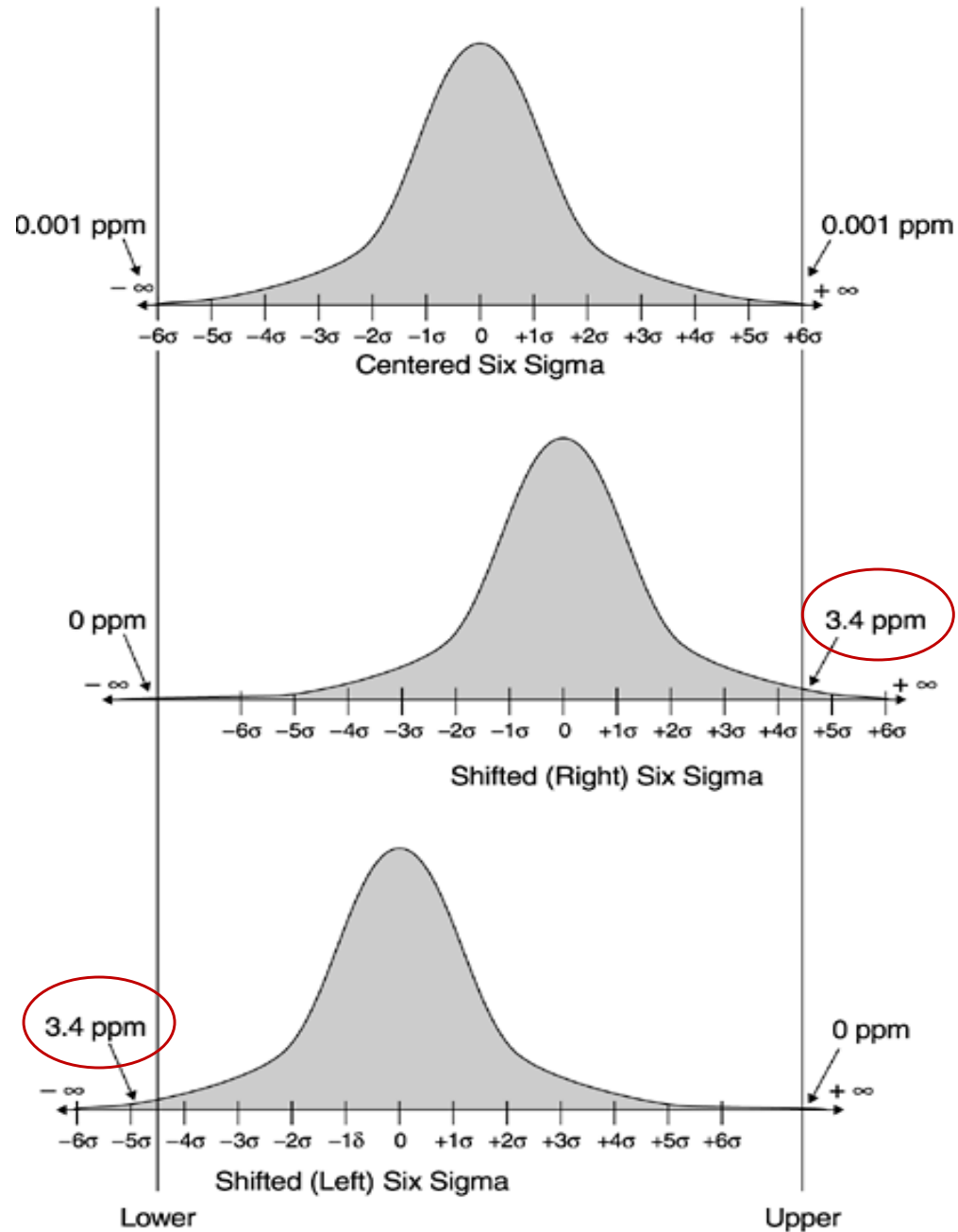
Sigma Level	Percent Correct	Number of Defects per Million Opportunities
3	93.3193	66,807
4	99.3790	6,210
5	99.9767	233
6	99.99966	3.4

# Six Sigma



defect بروز احتمال  $= 100\% - 99.9999998\% = 0.0000002\%$   
2 در هر میلیون بار

# Specification Limits, Centered Six Sigma, and Shifted (1.5 Sigma) Six Sigma



# Six Sigma

• بر اساس موارد زیر شکل گرفته است:

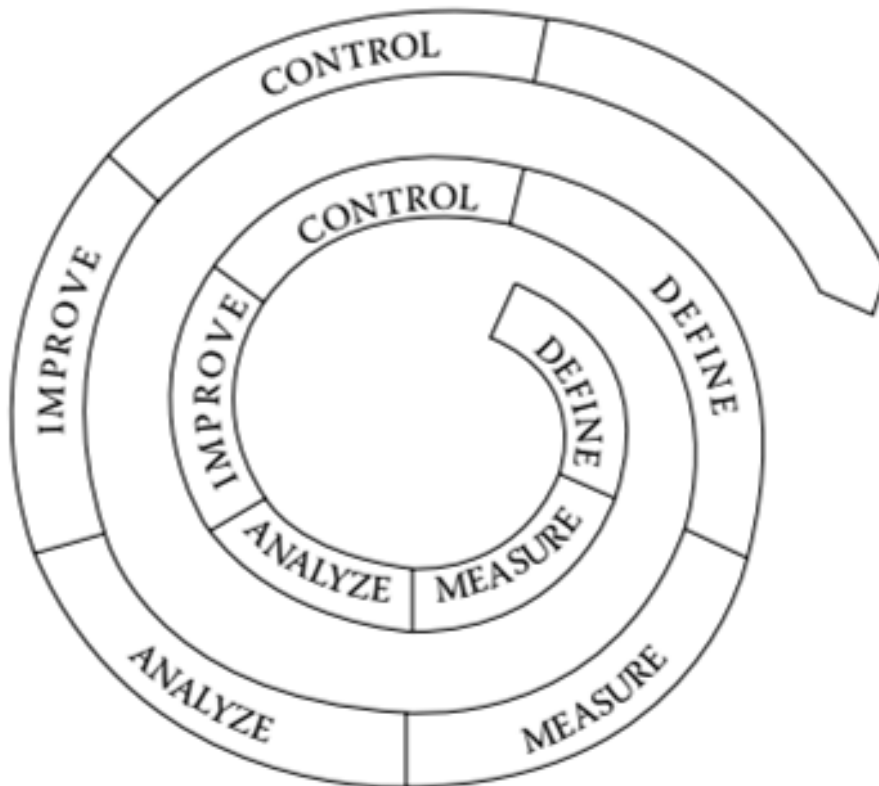
Prevent defects

Reduce variation

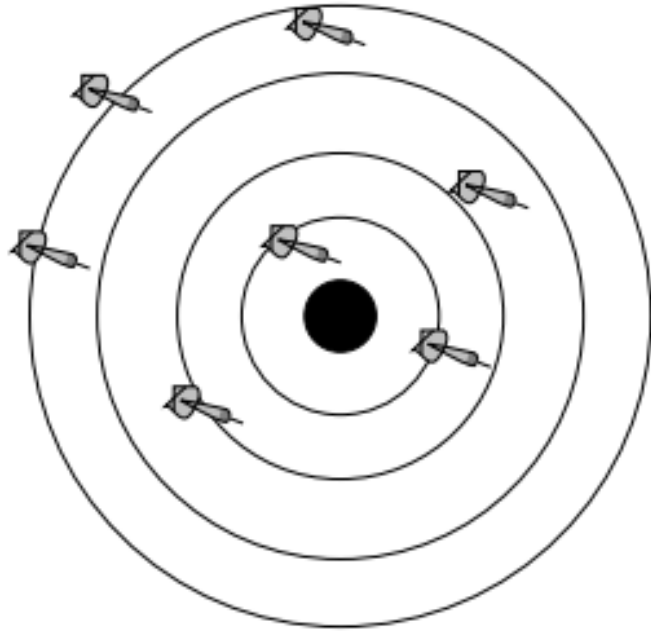
Focus on the customer

Make decisions based on facts

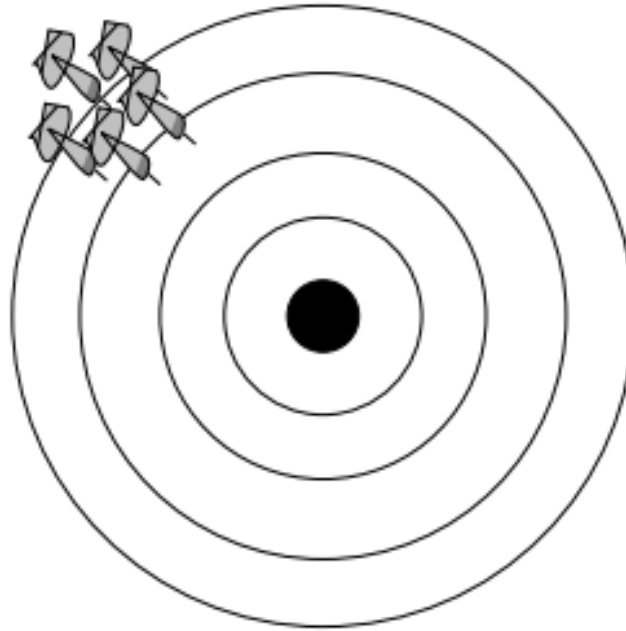
Encourage teamwork



# Six Sigma



Hitting the bull's eye once isn't good enough. This player shows too much variation.



Although this player never hit the bull's eye, the consistency of dart placement means that a "process shift" could result in consistent bull's eyes.

Reduce variation

**Toward  
Consistency**



# Case Study

- به منظور بررسی 6 سیگما و کاربرد آن در عمل، در ادامه از یک مطالعه موردی استفاده خواهیم نمود:
- یک شرکت به نام Global Widget Company (GWC) به ساخت ابزارآلات برای مشتری (از شرکتهای بزرگ گرفته تا شرکتهای کوچک) می پردازد.
- در این شرکت دریافت سفارش (order entry) از طریق تلفن انجام می پذیرد. برای این منظور اپراتورها در سه شیفت از دوشنبه تا جمعه به تلفن ها پاسخ می دهند. مشکلاتی که از قبیل موارد زیر در این شرکت به چشم می خورد:
- نارضایتی مشتریان از تاخیر در تحویل، اشتباه در محصولات تحویل داده شده
- وجود رقبایی که به صورت 24 ساعت در هفته با کیفیت مناسب به مشتریان خود خدمت رسانی می کنند.
- این شرکت برای بهبود عملکرد خود تصمیم دارد، 6 سیگما را بر فرآیند تولید خود اعمال نماید.

# Definition Phase

- در این گام مساله و هدف، مشتری ها ، نیازمندی های آنان، اولویت بندی نیازمندی ها و در نهایت وضعیت فرآیند فعلی توصیف می شود.

- فعالیت هایی که در این گام انجام می شود عبارتند از:

1. Define the problem

2. Form a team

3. Develop a project charter

4. Develop a project plan

5. Identify the customers

6. Identify key outputs

7. Identify and prioritize customer requirements

8. Document the current process



# Definition

## Define the problem •

- توصیف مساله باید دارای ویژگی‌های زیر باشد:
- **Specific**: بدون ابهام و به صورت کمی بیان شده باشد.
- **Measurable**: طوری بیان شده باشد که در نهایت خروجی‌های به دست آمده قابل اندازه‌گیری باشند.
- **Attainable**: عملی و قابل دستیابی باشد.
- **Relevant**: مساله مطرح شده در رابطه با بهبود فرآیند باید با نیازمندی‌های کاربر مرتبط باشد.
- **Timebound**: باید مشخص باشد که بهبود موردنظر در عرض چه مدتی حاصل شود.

توصیف مناسب از مساله

“Improve customer satisfaction by 10 percent and reduce returns by 20 percent by calendar year-end without increasing the costs of order entry.”

توصیف نامناسب از مساله

“We need to improve customer satisfaction and reduce returned widgets without increasing costs of order entry.”

# Definition

Summary					
Process Impacted	Order Entry		Total Financial Impact		
Team Leader	Betty Blackbelt		Champion	Oscar Early	
Start Date	June 1, 2001		Target Completion Date	December 15, 2001	
Project Description	Improve customer satisfaction by 10% and reduce returns due to late shipments and wrong items by 20%.				
Benefits					
	Units	Current	Goal	Actual Achieved	Projected Date
Sigma Level					
COPQ					
Customer Sat					
Other Customer Benefits					
Team Membership					
Name	Role		Department	% Time	GB Trained?
Betty Blackbelt	Leader		Order Entry	50	Yes; BB
George Greenbelt	Team Member		Order Entry	30	No
Irene Technowiz	Team Member		Information Technology	20	No
Harold Resourceful	Team Member		Human Resources	20	No
Charlie Satiz	Team Member		Customer Service	20	Yes

## Develop a project charter

- یک خلاصه از اطلاعات کلیدی در رابطه با پروژه فراهم مینماید.
- مثال شکل روبرو و اسلاید بعدی

# Definition

## Develop a project charter (ادامه)

- project charter همانند یک قرارداد میان اعضای تیم عمل می‌کند. ( این که هریک به چه میزان روی پروژه زمان می‌گذرانند).
- به زمان بندی پروژه کمک می‌کند.

Support Required				
Training Required				
Other Support Required	Team members will need access to the same shared network drive.			
Schedule				
Milestone/ Deliverable	Target Date	Owner	Estimated Cost	Comments
Define	6/22/01			
Measure	7/20/01			
Analyze	8/24/01			
Improve	12/14/01			
Control	1/15/02			
Critical Success Factors and Risks				
Critical Success Factors				
Risks				
Approvals				
Role	Name		Date	
Revision History				
Revision Number	Authors		Date	
0	B. Blackbelt		6/1/01	

# Definition

*What facts do we know about the project?*

- Customers have complained about late deliveries and an increasing number of wrong items being shipped.
- The CFO is concerned about the rising cost of order entry.
- The CEO believes new competitors with lower prices and 24/7 service will lure customers from GWC.

## Questions:

*What questions do we have at this point in the project?*

1. What is the scope of our project?
2. How many deliveries have been late?
3. How does this compare to six months ago?
4. How many wrong items have been shipped?
5. What is the percentage of orders with wrong items?
6. How does this compare to six months ago?
7. What is the current level of customer satisfaction?
8. How does this compare to six months ago?
9. Do customers want 24/7 service?
10. What can we do to increase customer satisfaction?
11. Do we understand our current process?

## Develop a project charter

• در کنار project charter، Thought Process Map (TMAP) نیز پس از هر جلسه بین اعضای تیم تولید و تکمیل می‌شود، که در حقیقت یک repository از دانش کلی در رابطه با پروژه است که علت اتخاذ تصمیمات و رویکردهای مورد استفاده توسط اعضای تیم را مستند می‌کند. همچنین متدها و ابزارهای مورد استفاده برای پاسخ گویی به هر سوال را نیز مشخص می‌کند.

• مثال شکل روبرو و اسلاید بعدی

# Definition

*What tools or methods will we apply to answer the questions? (Include action items, due dates and responsible person.)*

- 1 Team meeting with champion.
- 2 – 3 Analysis of shipping records for past seven months. **Action:** HR to complete by 6/8.
- 4 – 6 Analysis of returns for past seven months. **Action:** IT to complete by 6/8.
- 7 – 8 Analysis of customer satisfaction for past seven months. **Action:** BB to complete by 6/8.
- 9 – 10 Customer focus group sessions. **Action:** CS to develop list of potential customers by 6/8.
- 11 Development of current process map. **Action:** GG to draft for 6/8 meeting.

## Answers:

*What were the answers to the questions? (Include reference to actual tools used.)*

Question #	Date Answered	Answer	Tool Used
1	6/01/01	The project will focus on increasing customer satisfaction and reducing returns due to late shipments and erroneous items being shipped.	Brainstorming

## Develop a project charter •

- ادامه TMAP موجود در اسلاید قبل

# Definition

## • Develop a project plan

- در آن زمان بندی گام های مختلف پروژه، به همراه زمان بندی task های مرتبط با هر یک از این گام ها و mileston ها مشخص می گردد.

- Identify the Customers: با توجه به این که در 6 سیگما تصمیمات بر اساس تاثیری که روی مشتری دارند گرفته می شوند، باید آن ها را به صورت دقیق شناسایی کرد.

- در این گام افرادی که با محصولات و خروجی های پروژه در ارتباط هستند مشخص میگردند:

- external ( سفارش دهنده محصول)

- Ultimate ( در صورتی که سفارش دهنده محصول، از آن در تولید محصول دیگری استفاده کند، مشتری محصول نهایی در این دسته قرار می گیرد).

- internal

- واحد بسته بندی ( Immediate)

- واحد ارسال ( Intermediate)

- در نهایت باید مشتریان کلیدی شناخته شوند.

# Definition

## • Identify key outputs

- خروجی های کلیدی پروژه باید مشخص شوند، در رابطه با مثال: customer service که جهت رضایت مندی مشتری از این خروجی عوامل مختلف تاثیرگذارند مانند سرعت پردازش، دقت و ...

## • Identify and Prioritize Customer Requirements

- یکی از بخش های اصلی در 6 سیگما، فهم نیاز مشتری و تحویل محصولی که این نیاز را به درستی برآورده می کند. ( defect کم)
- برای بهبود و تصمیم گیری در رابطه با تغییر فرآیند قطعا باید نیازمندی ها شناخته شده باشند.
- نیازمندی های مشتری که به آن در اصطلاح the voice of the customer گفته می شود از منابع مختلف قابل دریافت هستند:
  - مصاحبه
  - شکایات مشتریان
  - علت های ذکر شده برای بازگشت محصول
  - مشاهده
  - جلسه با نماینده مشتریان
  - مثال در اسلاید بعد

# Definition

Customer: Great Auto

Requirement	Importance to Customer*	Current Satisfaction**
Order processed on time		
Order complete and accurate		
Information about products accurate		
Call answered promptly		

Customer: Packing

Requirement	Importance to Customer*	Current Satisfaction**
Order processed in time for shipping deadline		
All special requirements documented		

\*Importance Ranking Scale:

1 = not very important

4 = moderately important

7 = very important

10 = extremely important

\*\*Satisfaction Ranking Scale:

1 = not very satisfied

4 = moderately satisfied

7 = very satisfied

10 = completely satisfied

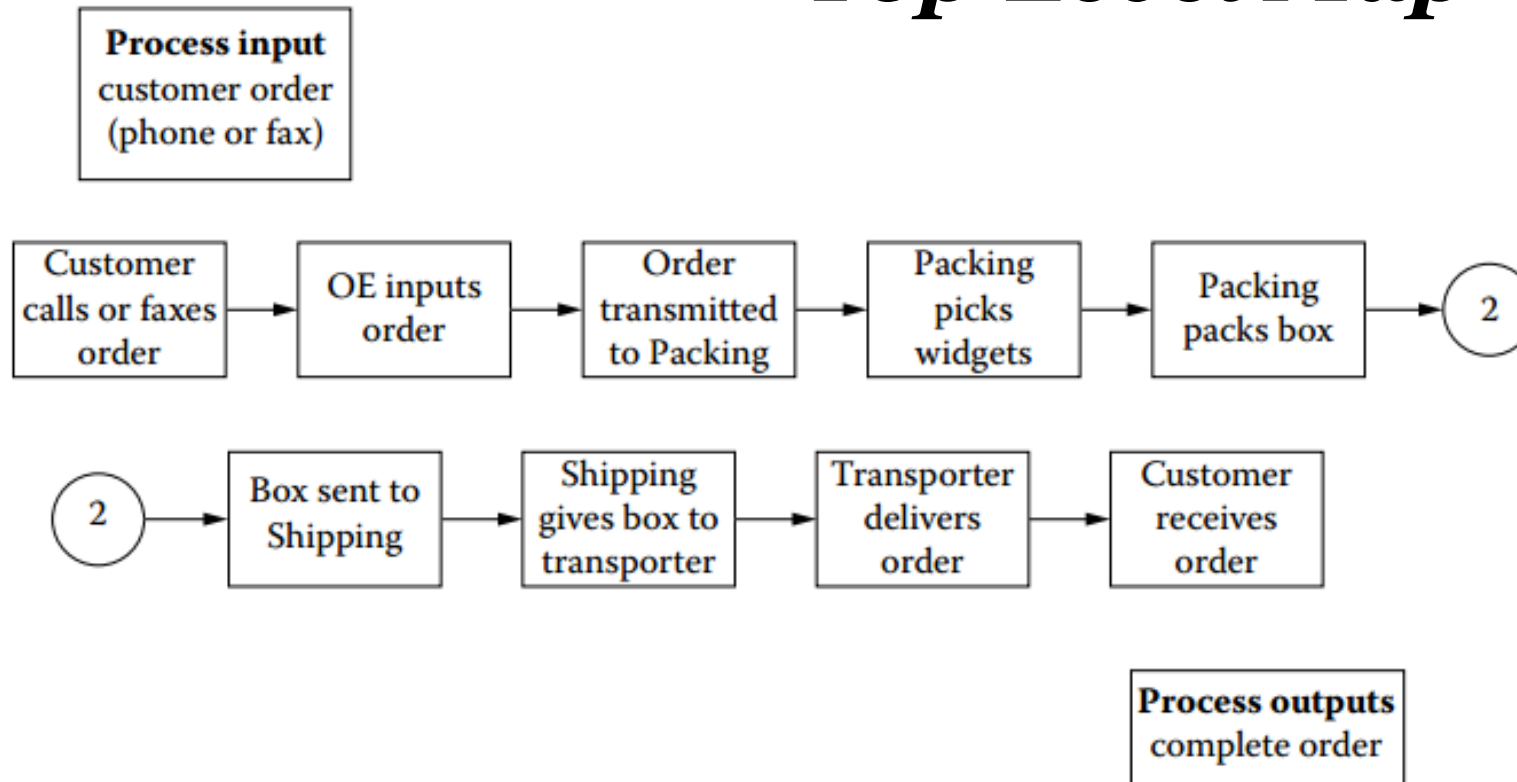


# Definition

## Document the Current Process •

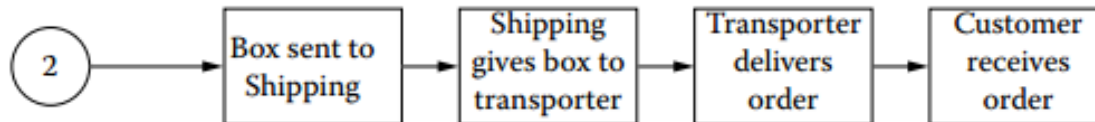
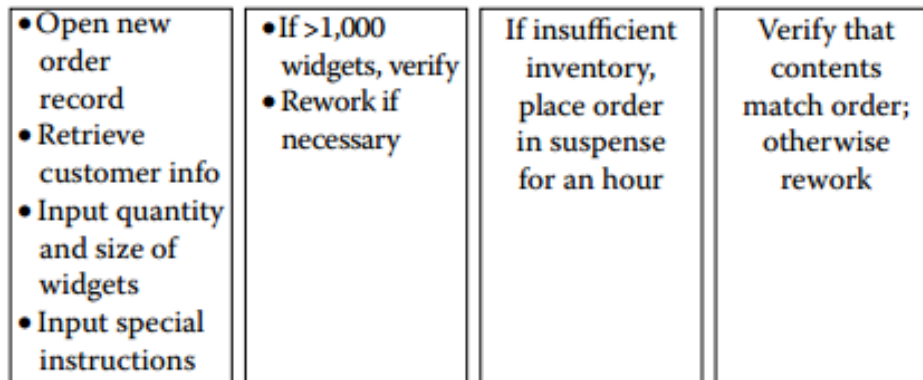
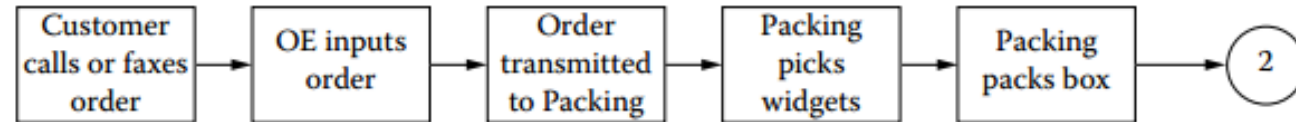
- برای این منظور از process map استفاده می‌شود که فرآیند را به صورت دنباله ای از task ها، ورودی‌ها و خروجی‌های آنها بازنمایی می‌نماید.

## *Top-Level Map*



# Definition

**Process inputs**  
Customer order  
(phone or fax)



If later than 4 p.m., hold until next day

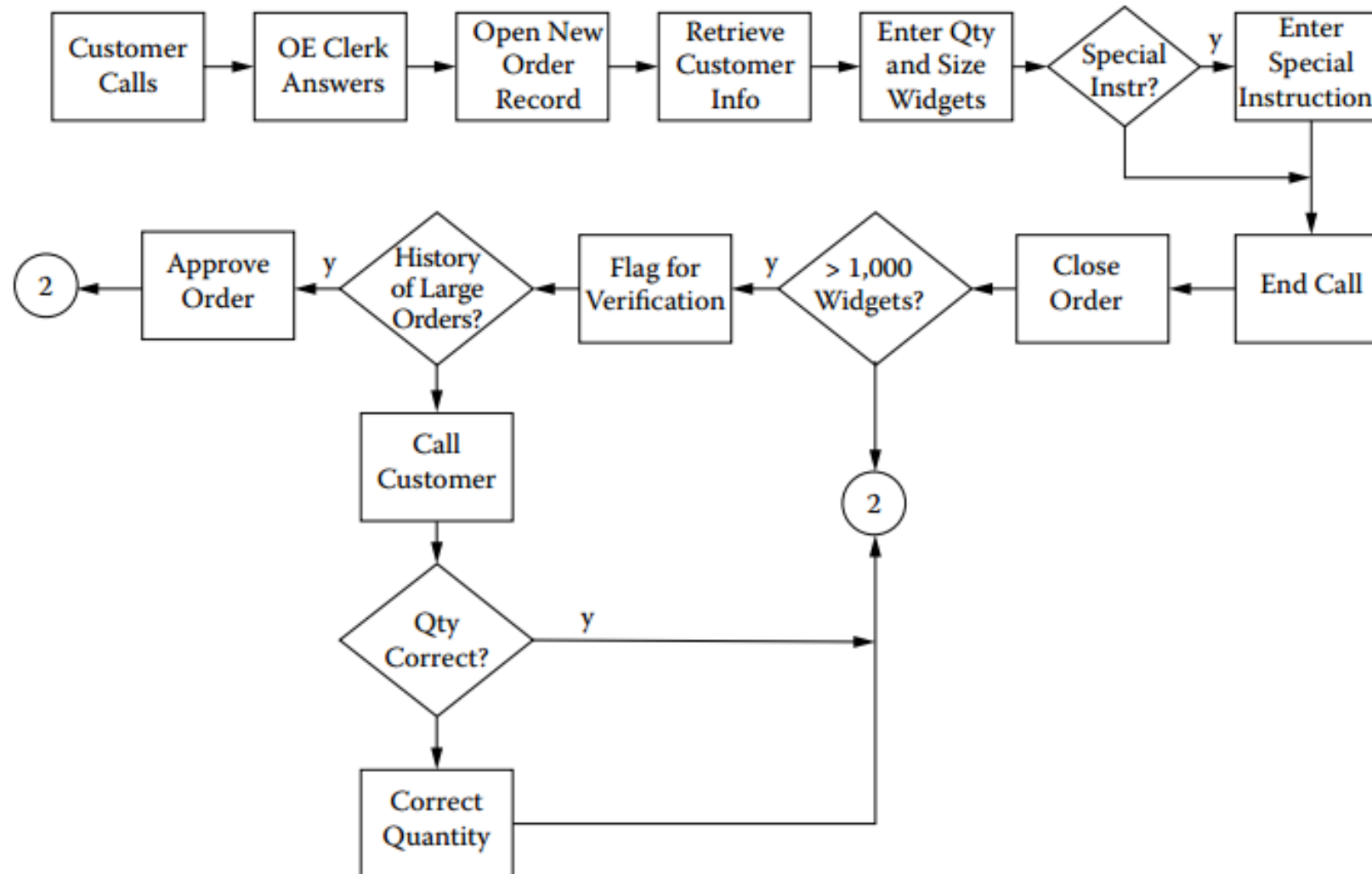
**Process outputs**  
Complete order

Document the Current Process •

## Top-Level Process Map with Intermediate Steps

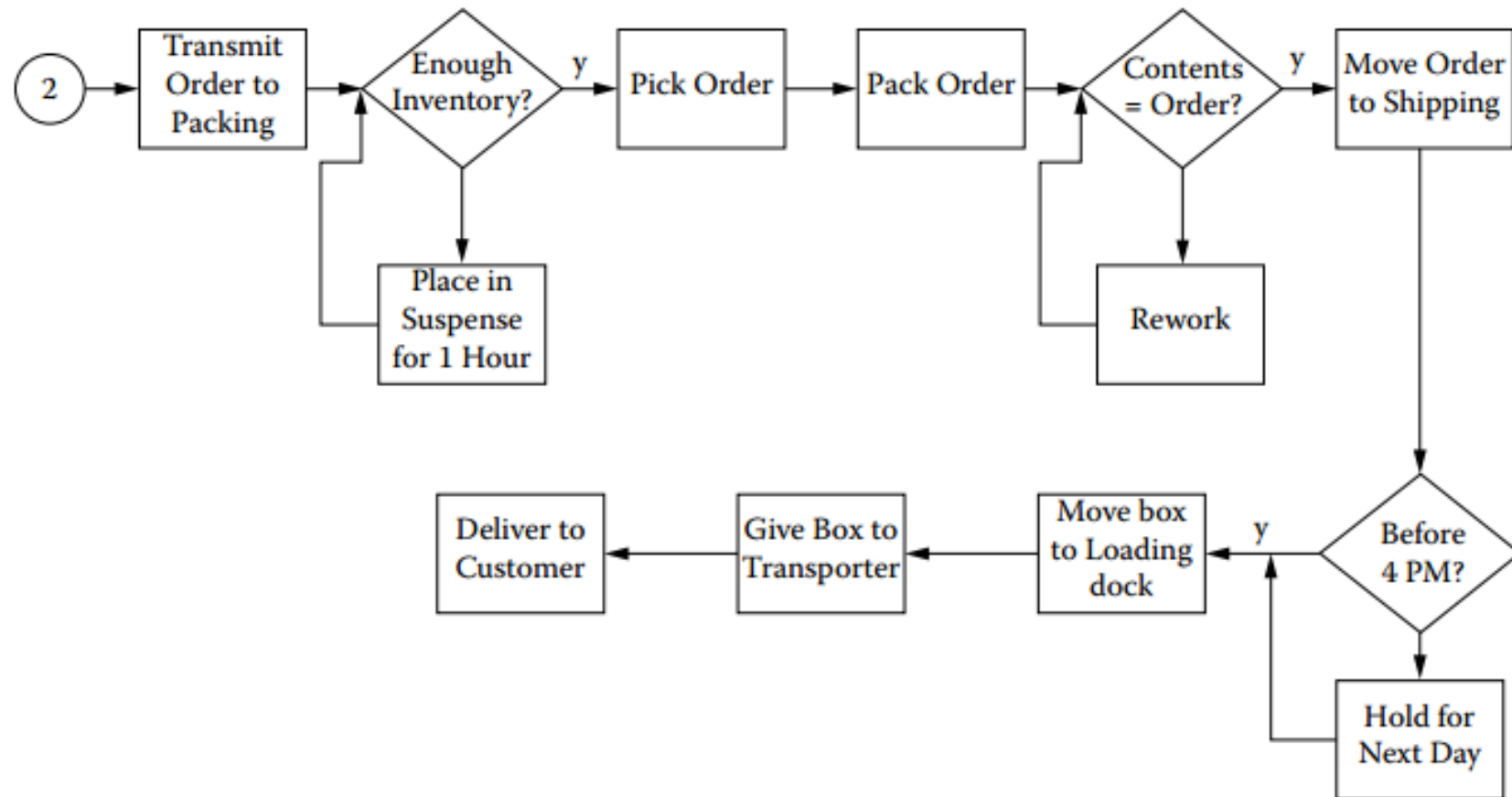
# Definition

## Document the Current Process •



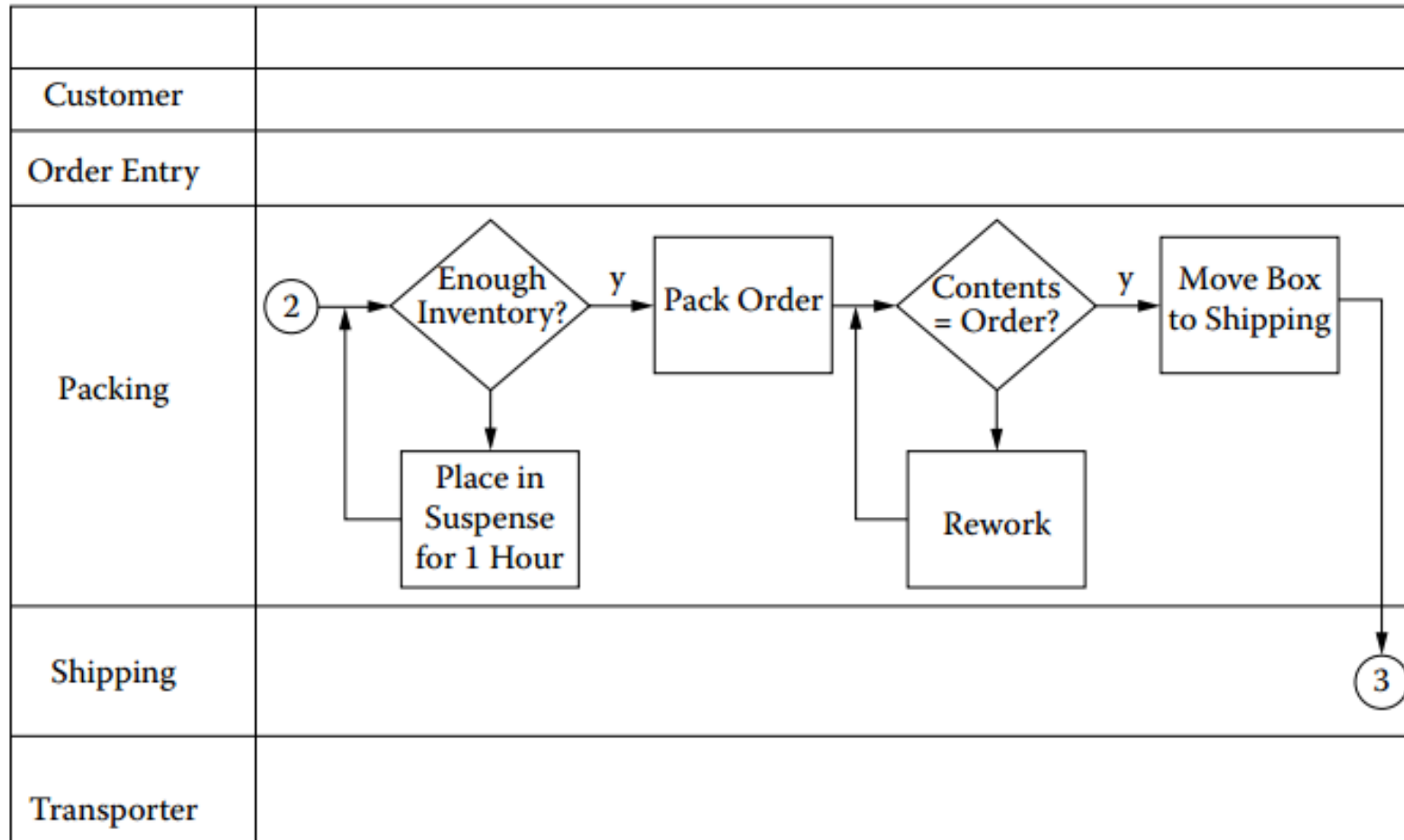
# Definition

## Document the Current Process •



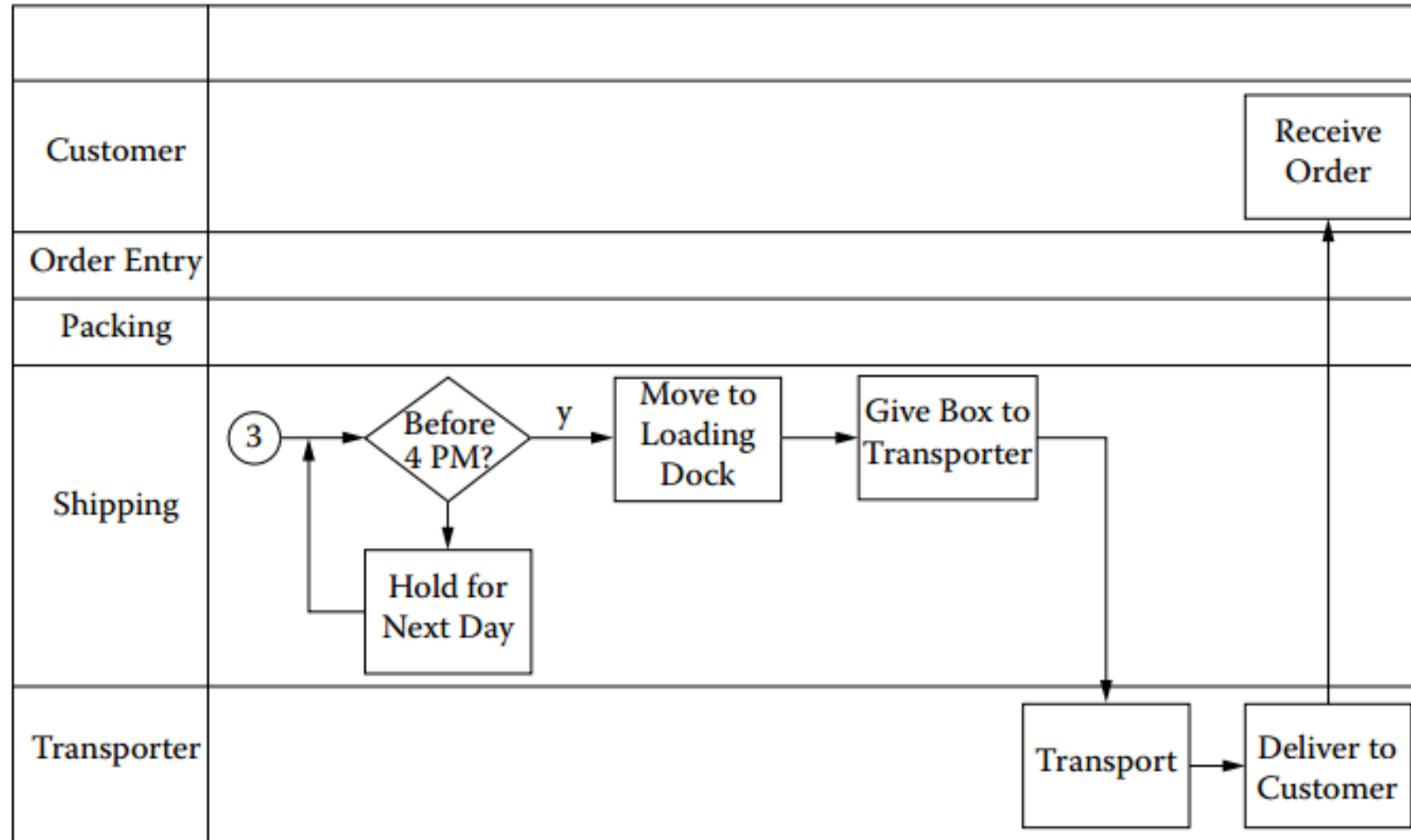
# Definition

## Document the Current Process •



# Definition

## Document the Current Process •



Customer: Great Auto

Requirement	Importance to Customer*	Current Satisfaction**
Order delivered within 3 working days 95% of the time	10	4
Order delivered to correct address 95% of the time	7	4
Specified number and size of widgets delivered 99% of the time	10	7
Order complete on first shipment 95% of the time; remaining items delivered with in 7 days after first shipment 99% of the time	7	10
Information about products accurate 99% of the time	7	7
Call answered within three rings 99% of the time	4	7
Call completed within two minutes 98% of the time	4	1

Customer: Packing

Requirement	Importance to Customer*	Current Satisfaction**
Order received in time for shipping deadline (4 PM) 98% of the time	10	4
All special requirements documented 99% of the time	7	4

**\*Importance Ranking Scale:**

1 = not very important

4 = moderately important

7 = very important

10 = extremely important

**\*\*Satisfaction Ranking Scale:**

1 = not very satisfied

4 = moderately satisfied

7 = very satisfied

10 = completely satisfied

# Measurement Phase

- در این گام فرآیند فعلی و خروجی‌های آن مورد بررسی قرار می‌گیرند تا quality performance فعلی براساس defect metric های جمع آوری شده مشخص گردد.
- فعالیتهایی که در این گام انجام می‌شود عبارتند از:
  1. Determine what to measure
  2. Conduct the measurements
  3. Calculate current sigma level
  4. Determine process capability
  5. Benchmark process leaders



# Measurement Phase

## Determine what to measure •

- با توجه به اینکه پایه روش 6 سیگما براساس تحلیل آماری است، بنابراین این روش بر اندازه گیری تاکید بسیار زیادی دارد.
- در رابطه با مثال علاوه بر فهم گام های مورد نیاز برای فرآیند دریافت سفارش، باید مشخص هر گام چقدر طول میکشد، چه تعداد defect در هر گام وجود دارد و تاخیرهای موجود در هر گام چقدر است (تا در نهایت به نحوی از آن ها جلوگیری کرد)
- در حقیقت در اندازه گیری به دنبال معادله زیر هستیم:

$$y = f(x_1, x_2, x_3, \dots)$$

- که در آن  $X_i$  ها مقادیر ورودی های مختلف (وابسته به گام های مختلف فرآیند)،  $f$  فرآیند و  $y$  خروجی هستند.
- بنابراین ابتدا باید مشخص کنیم رودی های فرآیند چه هستند و کدام یک را باید اندازه گیری کنیم.

# Measurement Phase

Element	Explanation
Man	This is the human element, the differences that occur when more than one person operates a piece of equipment or performs a service.
Machine	Variances among different pieces of the same type of equipment are accounted for in this category.
Material	Raw materials or ingredients are included in this category.
Method	Standard operating procedures as well as the differences caused by having more than one way to perform a process affect variation.
Measurement	Some variances may not be true variances but may be the result of the measurement system. If measuring equipment is flawed or different observers record results differently, measurement may become an element of variability.
Mother Nature	Environmental factors, including temperature, humidity, and power availability are included in this category.

## Determine what to measure •

- به طور کلی عوامل تاثیرگذار در هر فرآیندی را میتوان به عوامل زیر دسته بندی کرد: ( جدول مقابل )
- این عوامل در رابطه با مثال مورد بررسی عبارتند از:

Six M Element	Order entry input variable
Man	Order entry clerks
Machine	System availability, telephone connection, fax quality
Material	Widget inventory
Method	
Measurement	
Mother Nature	Time of day

# Measurement Phase

## Determine what to measure •

- ورودی های را می توان به صورت زیر نیز دسته بندی نمود:
- **Controllable**: می توان با تغییر آن ها در حین اندازه گیری تاثیر آن ها در خروجی را مشاهده کرد.
- **UnControllable**: در خروجی تاثیر دارند، اما کنترل آن ها دشوار است.

Six M Element	Order entry input variable
Man	Order entry clerks <b>Controllable</b>
Machine	System availability, telephone connection, fax quality <b>UnControllable</b>
Material	Widget inventory <b>Controllable</b>
Method	
Measurement	
Mother Nature	Time of day <b>UnControllable</b>

## Data Elements to Collect

Call Start Date	Date Order Sent to Shipping
Call Start Time	Time Order Sent to Shipping
Call End Date	*Minutes in Packing
Call End Time	Date Shipped
*Length of Call	*Days in Shipping
*Number of Rings	Date Order Received by Customer
Shift Code	*Process Days (Call Start Date to Date Order Received)
Customer	*Number of Days Late (Process Days–2)
Order Entry Clerk	Number of Items Returned–Wrong Item
Number of Small Widgets	Number of Items Returned–Late Delivery
Number of Large Widgets	Number of Items Returned–No Reason
*Total Widgets Ordered	*Total Number of Items Returned
Date Order Transmitted to Packing	*Percent of Items Returned
Time Order Transmitted to Packing	*Number of Orders with Returns
*Minutes in Order Entry	Customer Satisfaction

\* = Calculated field

# Measurement Phase

## Conduct the Measurement •

- با استفاده از موارد مشخص جهت اندازه گیری، اندازه گیری انجام می پذیرد.
- در رابطه با مثال مورد بررسی، 75 سفارش که اطلاعات آنها به طور کامل وجود دارد مورد بررسی قرار گرفته اند. (مانند فیدبک مشتری)
- پس از جمع آوری داده‌های مورد نیاز می توان وضعیت فعلی فرآیند را با نیازمندی‌های مشتری مقایسه نمود. ( جدول اسلاید بعدی)
- همانطور که در این جدول مشخص است، هیچ یک از نیازمندی ها به طور کامل برآورده نشده اند.

Requirement	Current Process	Importance to Customer
Order delivered within 3 working days of order date 95% of the time	26 orders (34.67 percent) were delivered within three days; average order processing time: 3.76 days	10
Order delivered to correct address 95% of the time	86.67% were delivered to correct address	7
Specified number and size of widgets delivered 99% of the time	Customers reported 49.33% of orders had problems; 29.33% of orders had "wrong item" returns	10
Order complete on first shipment 95% of the time; remaining items delivered within 7 days after first shipment 99% of the time	Not measured; only completed orders shipped under current process	7
Information about products accurate 99% of the time	Not measured	7
Call answered within three rings 99% of the time	Average number of rings: 3.08	4
Call completed within two minutes 98% of the time	Average call length: 3.33 minutes	4

# Measurement Phase

## Conduct the Measurement •

- در رابطه با مثال مورد بررسی:
  - 3.83 percent of all widgets were returned
  - 8 percent of all orders had items returned because of late delivery
  - 42.67 percent of the orders had at least one widget returned
  - customer satisfaction averaged 3.36 on a scale of 1 to 5

# Measurement Phase

<i>Element</i>	<i>Goal</i>	<i>Actual</i>
Number of rings	<3	3.08
Total call time (minutes)	2	3.33
Workdays in process	3	3.76
Customer satisfaction	4.2	3.36

## Understanding Variation •

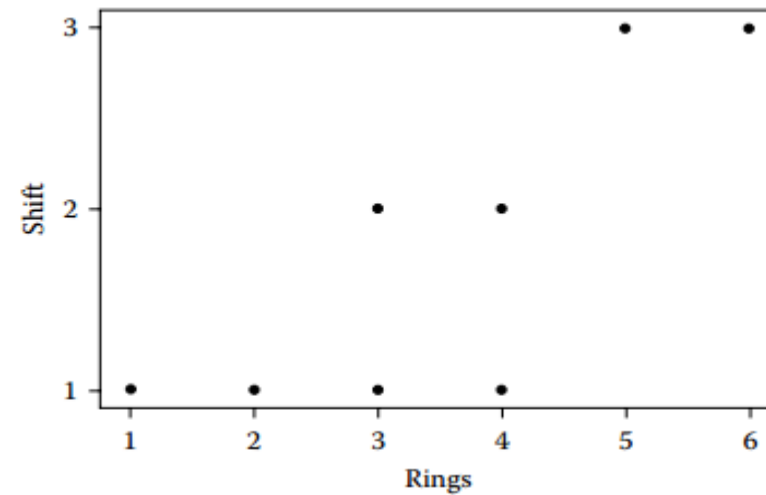
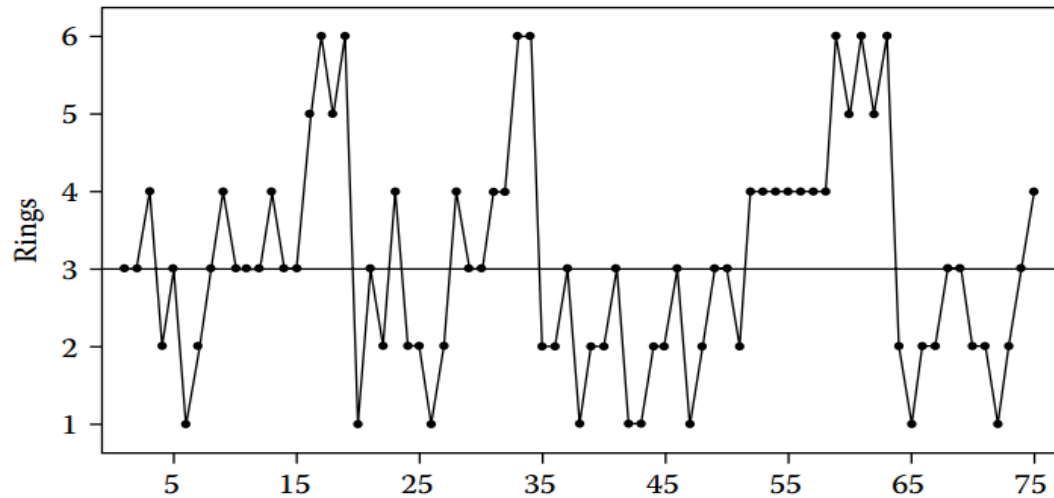
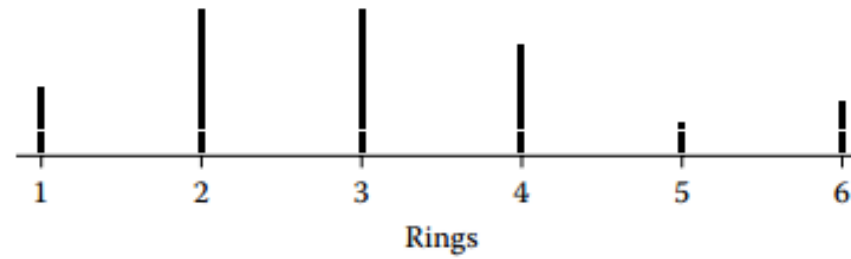
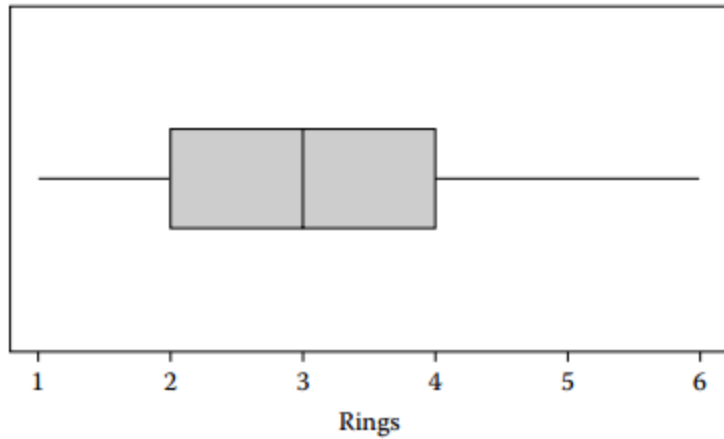
Variable	N	Mean	Median	TrMean	StDev	SE Mean
Rings	75	3.080	3.000	3.030	1.421	0.164
Total Ca	75	3.333	2.000	2.851	3.147	0.363
Work Day	75	3.7600	4.0000	3.7313	0.6333	0.0731
Customer	75	3.3600	3.0000	3.3731	0.7822	0.0903

Variable	Minimum	Maximum	Q1	Q3
Rings	1.000	6.000	2.000	4.000
Total Ca	1.000	18.000	2.000	3.000
Work Day	3.0000	5.0000	3.0000	4.0000
Customer	1.0000	5.0000	3.0000	4.0000



# Measurement Phase

## Understanding Variation •



# Measurement Phase

## Calculate Current Sigma Level •

• Sigma level براساس اندازه گیری میزان defect مشخص می گردد.

Defect	a failure to meet the specification	1. A call that is answered in more than three rings 2. A call that lasts more than two minutes 3. An order that is delivered in more than three days 4. An order that is delivered to the wrong address 5. An order that is incomplete 6. An order that has the wrong number or size of widgets	180 individual defects in the orders it had measured
Unit	Number of order		75 units were measured
DPU	Defects per unit	the total number of defects in a sample divided by the total number of units in the sample	180 defects divided by 75 units

# Measurement Phase

## Calculate Current Sigma Level •

• Sigma level براساس اندازه گیری میزان defect مشخص می گردد.

Defective	a unit with one or more defects	Regardless of the number of defects found in a single unit, the measurement of defectives is binary: a unit is either defective or not.	out of 75 orders (units), there were 40 defectives
Opportunity	the chance to create a defect in a single unit	1. Order remains in Order Entry more than ten minutes. 2. Order remains in Packing more than fifteen minutes. 3. Inventory is insufficient to fill order. 4. Order arrives in Shipping after 4 p.m.	
DPMO	Defects per Million Opportunities	نحوه محاسبه اسلاید بعد	

# Measurement Phase

## Calculate Current Sigma Level •

Step	Action	Result
1	Count the number of units processed	75
2	Count the number of units with defects	40
3	Compute the defect rate (Step 2/Step 1)	0.533
4	Count the opportunities for defects	10
5	Compute the defects per opportunity (Step 3/Step 4)	0.0533
6	Compute the defects per million opportunities (Step 5 $\times$ 1,000,000)	53,300
7	Convert DPMO into sigma value using table	3.10

DPMO	Sigma
933,193	0.00
926,471	0.05
919,243	0.10
911,492	0.15
903,199	0.20
894,350	0.25
884,930	0.30
874,928	0.35
864,334	0.40
853,141	0.45
841,345	0.50
828,944	0.55
815,940	0.60
802,338	0.65
778,145	0.70
773,372	0.75
758,036	0.80
742,154	0.85
725,747	0.90
708,840	0.95
691,462	1.00
673,645	1.05
655,422	1.10
636,831	1.15
617,911	1.20
598,706	1.25
579,260	1.30
559,618	1.35
539,828	1.40
519,939	1.45
500,000	1.50
480,061	1.55

DPMO	Sigma
460,172	1.60
440,382	1.65
420,740	1.70
401,294	1.75
382,088	1.80
363,169	1.85
344,578	1.90
326,355	1.95
308,537	2.00
291,160	2.05
274,253	2.10
257,846	2.15
241,964	2.20
226,627	2.25
211,856	2.30
197,663	2.35
184,060	2.40
171,056	2.45
158,655	2.50
146,859	2.55
135,666	2.60
125,072	2.65
115,070	2.70
105,650	2.75
96,800	2.80
88,508	2.85
80,757	2.90
73,529	2.95
66,807	3.00
60,571	3.05
54,799	3.10
49,471	3.15

DPMO	Sigma
49,471	3.15
44,565	3.20
40,059	3.25
35,930	3.30
32,157	3.35
28,717	3.40
25,588	3.45
22,750	3.50
20,182	3.55
17,865	3.60
15,778	3.65
13,904	3.70
12,225	3.75
10,724	3.80
9,387	3.85
8,198	3.90
7,143	3.95
6,210	4.00
5,386	4.05
4,661	4.10
4,024	4.15
3,467	4.20
2,980	4.25
2,555	4.30
2,186	4.35
1,866	4.40
1,589	4.45
1,350	4.50
1,144	4.55
968	4.60
816	4.65
687	4.70

DPMO	Sigma
577	4.75
483	4.80
404	4.85
337	4.90
280	4.95
233	5.00
193	5.05
159	5.10
131	5.15
108	5.20
89	5.25
72	5.30
59	5.35
48	5.40
39	5.45
32	5.50
26	5.55
21	5.60
17	5.65
13	5.70
11	5.75
9	5.80
7	5.85
5	5.90
4	5.95
3	6.00

# Measurement Phase

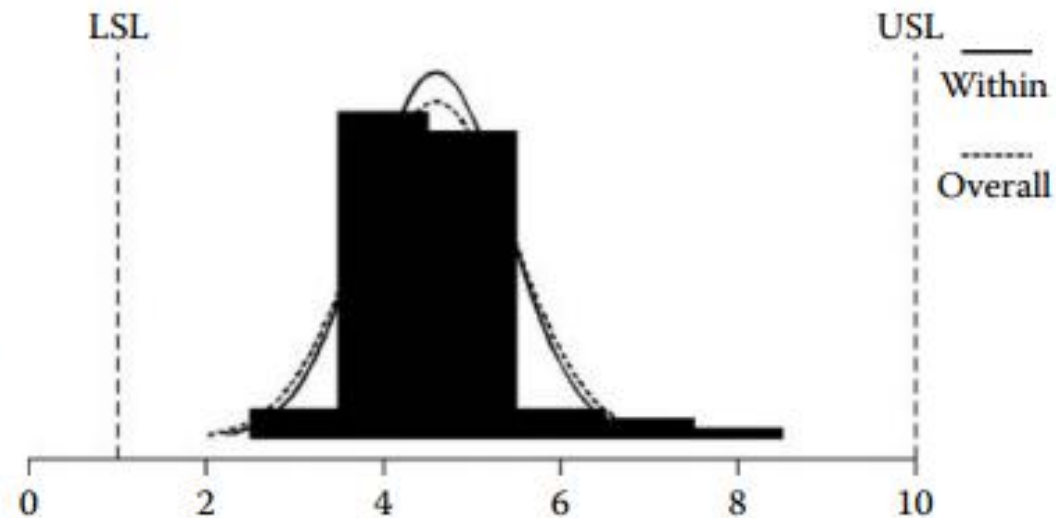
## Determine Process Capability •

- آنچه تاکنون اندازه گیری شد، performance فرآیند بود. در ادامه باید capability نیز اندازه گیری شود.
- هدف از اندازه گیری capability مقایسه variation مشاهده در فرآیند با محدودیت های تعیین شده توسط کاربر است.
- voice of the process در برابر voice of the customer

# Measurement Phase

## Determine Process Capability

Process Data	
USL	10.0
Target	*
LSL	1.0
Mean	4.6
Sample N	75
StDev (Within)	0.787081
StDev (Overall)	0.857133
Potential (Within) Capability	
Cp	1.91
CPU	2.29
CPL	1.52
Cpk	1.52
Cpm	*



# Measurement Phase

## Determine Process Capability • Capability Indices •

$$C_p = (USL - LSL) / 6\sigma$$

$$C_{pk} = \min [(USL - \mu)/3, (\mu - LSL)/3]$$

where

USL = upper specification limit

LSL = lower specification limit

$\sigma$  = standard deviation

$\mu$  = mean of the process

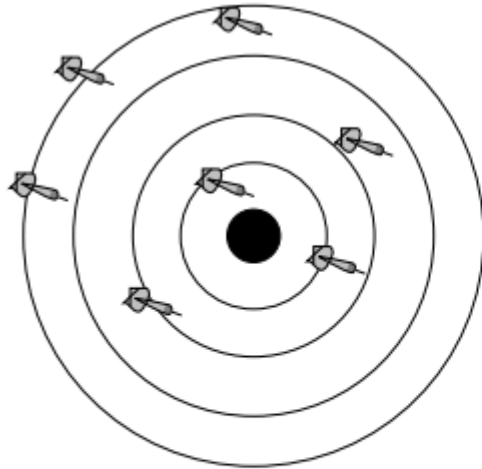
a process is considered as being at the six sigma level if

$C_p$  is equal to or greater than 2.0 *and*  $C_{pk}$  is equal to or greater than 1.5



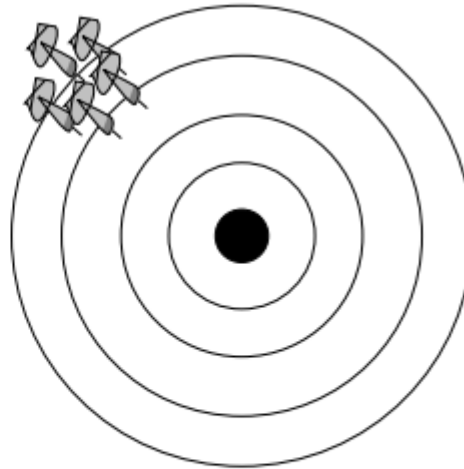
# Measurement Phase

## Determine Process Capability • *Capability Indices* •



Hitting the bull's eye once isn't good enough. This player shows too much variation.

$C_{pk}$  indicates whether or not those results meet the goal.



Although this player never hit the bull's eye, the consistency of dart placement means that a "process shift" could result in consistent bull's eyes.

$C_p$  reflects the ability to produce consistent results

# Measurement Phase

## Determine Process Capability • Capability Indices •

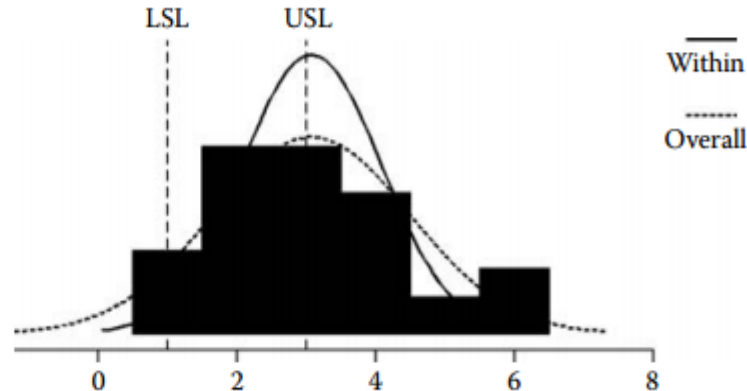
### Process Capability Analysis for Rings

#### Process Data

USL	3.00
Target	*
LSL	1.00
Mean	3.08
Sample N	75
StDev (Within)	1.00501
StDev (Overall)	1.42627

#### Potential (Within) Capability

Cp	0.33
CPU	-0.03
CPL	0.69
Cpk	-0.03
Cpm	*



#### Overall Capability

Pp	0.23
PPU	-0.02
PPL	0.49
Ppk	-0.02

#### Exp. "Within" Performance

PPM < LSL	19243.66
PPM > USL	531722.71
PPM Total	550966.37

#### Exp. "Overall" Performance

PPM < LSL	72371.76
PPM > USL	522365.13
PPM Total	594736.89

#### Observed Performance

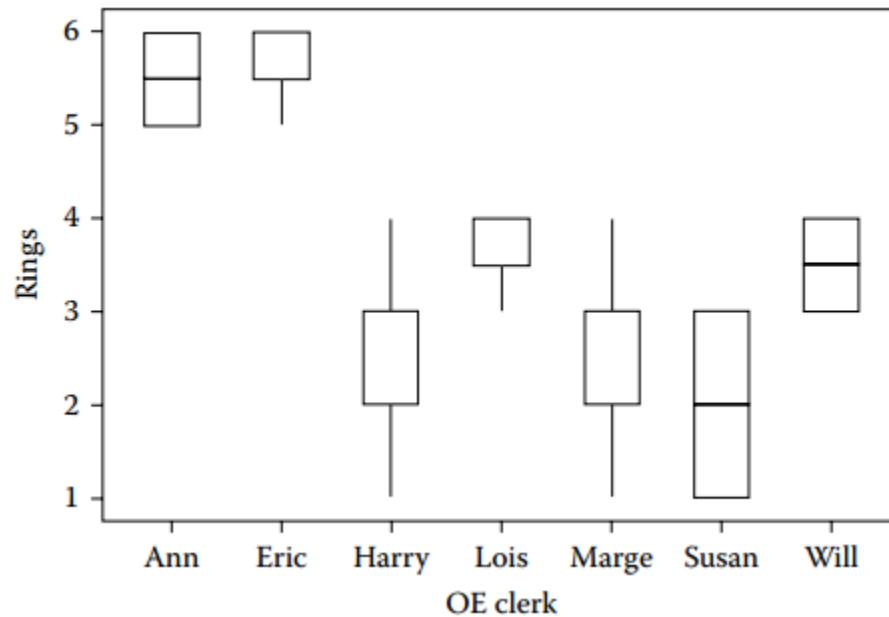
PPM < LSL	0.00
PPM > USL	346666.67
PPM Total	346666.67

# Analysis Phase

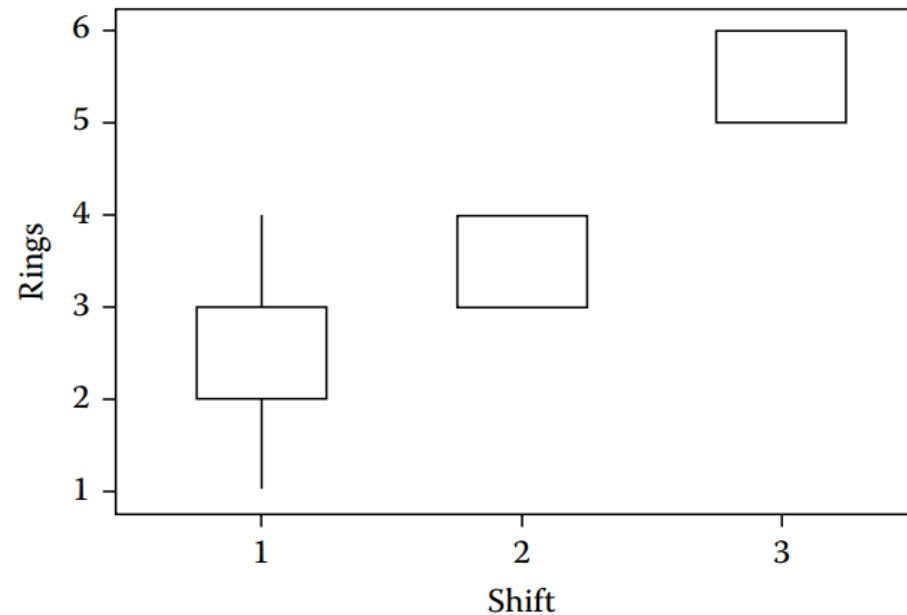
- در این گام داده های جمع آوری شده در گام قبل تحلیل می شود تا علت مشکلات شناسایی شده و برای آن ها راه حل پیشنهاد گردد.
- فعالیتهایی که در این گام انجام می شود عبارتند از:
  1. Determine what caused the variation
  2. Brainstorm ideas for process improvements
  3. Determine which improvements would have the on meeting customer requirements greatest impact
  4. Develop a proposed process map
  5. Assess the risks associated with the revised process

# Analysis Phase

Determine what caused the variation •



variation from machine to machine or operator to operator.



variation from hour to hour, shift to shift, day to day.

# Analysis Phase

## Determine what caused the variation •

- پس از یافتن علت (cause)، با پرسیدن why ریشه (root) پیدا می‌شود. این فرآیند آنقدر ادامه می‌یابد تا هیچ cause جدیدی یافت نشود.

analysis of call rings •

(cause) variation in rings occurred on the third shift •

- **Root**: به علت اینکه در شیفت تعداد تماس ها کمتر است ، کارمندان این شیفت به فکس ها نیز رسیدگی می کردند و به این ترتیب مرتب تلفخانه را ترک می کردند و به این علت دیرتر به تلفن ها جواب میدادند.

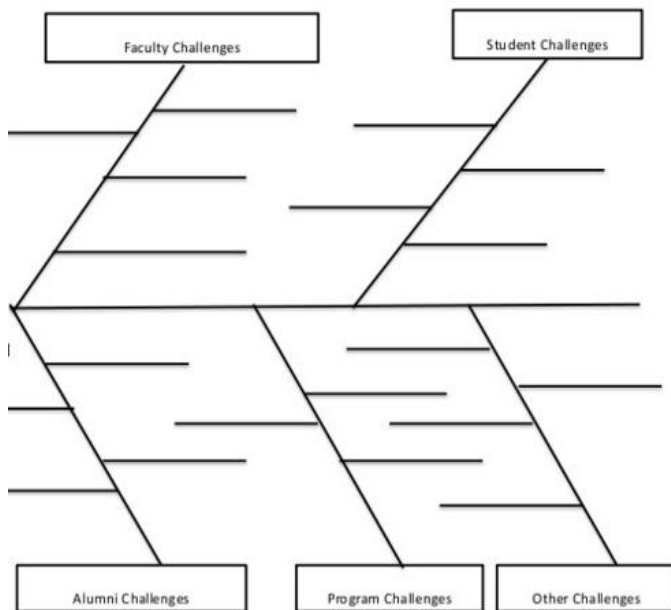
customers were given inaccurate product information •

der entry clerk had not received any training about large widgets •

• Root: به این علت که کلاس‌های آموزشی تعطیل شده بودند.

- Root: بودجه تخصیص داده شده برای آموزش تمام شده بود.

- Root: مدیر اهمیتی برای آموزش قائل نیست.



## Root cause analysis

# Analysis Phase

## Determine what caused the variation •

late deliveries •

- Cause: گام هایی از فرآیند که هیچ ارزش افزوده ای برای مشتری ایجاد نمی کنند. ( مثلاً انتقال داده از یک بخش به بخش دیگر، انتظار، بازرسی و ... )
- این گام ها عبارتند از:

**Verifying large orders**

**Reworking large orders, if they were found to be erroneous**

**Placing orders with insufficient inventory into suspense**

**Verifying contents of packed boxes**

**Reworking packing, if errors were found**

**Holding shipments until the next day**

- Root : در جدول موجود در اسلاید بعدی آمده است.

# Analysis Phase

Determine what caused the variation •

late deliveries •

Root cause analysis •

Function	Delay	Causes	Secondary Cause	Frequency
Order Entry	Verification of orders > 1,000 widgets	Policy	Desire to reduce returns	6
	Verifications processed only twice a day	Conflicting priorities		4
Packing	Insufficient inventory	“Complete shipment” policy	System cannot handle partial shipments	33
Shipping Department	Verification of contents	Policy	Desire to reduce returns	2
	Package received later than 4 PM	Shipper picks up at 4 PM		5
Shipper (External Supplier)	Delivery by truck	Need to minimize costs		15

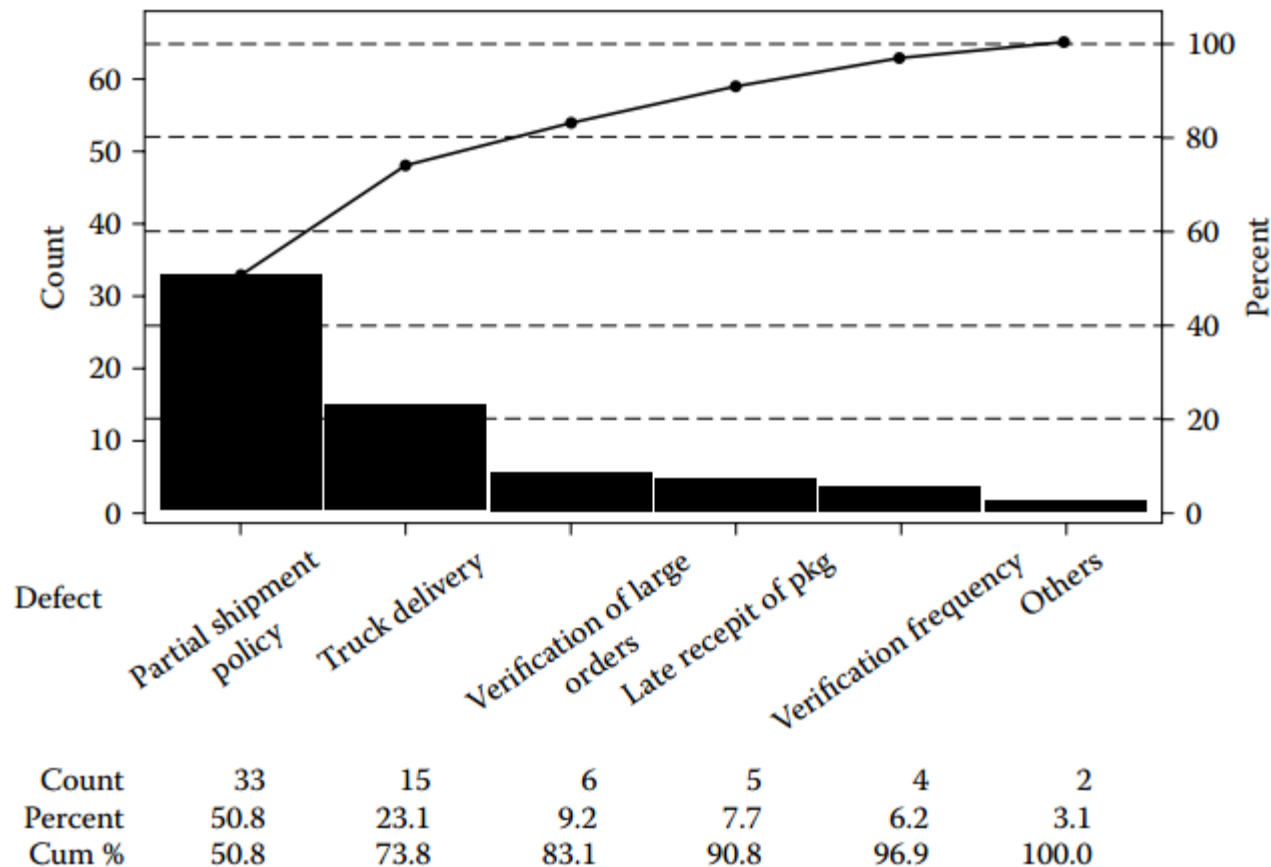
# Analysis Phase

Determine what caused the variation •

late deliveries •

frequency Pareto chart بر مبنای •

جدول اسلاید قبل





# Analysis Phase

## Brainstorm Ideas for Process Improvements •

- بعد از این که علت variation ها یافت شد، باید برای از بین بردن آن ها راه حل پیدا کرد.

Improvement	Cost	Time
Move fax machine	Low	Low
Develop self-service web-based system	High	High
Link existing system to inventory records	Medium	Medium
Eliminate verification of large orders	Low	Low
Develop system to track partial shipments	Medium	High
Separate multi-sized widget orders into two orders	Low	Low
Ship by air instead of truck	Unknown	Medium

# Analysis Phase

Determine what caused the variation •

		Improvement Steps and Effects														
		Move Fax Machine		Develop Self-Service System		Link Existing System to Inventory Records		Eliminate Large Order Verification		Develop Partial Shipment Tracking		Separate Orders by Widget Size		Ship by Air		
Customer Requirement	Importance Ranking	Effect	Impact on Cust	Effect	Impact on Cust	Effect	Impact on Cust	Effect	Impact on Cust	Effect	Impact on Cust	Effect	Impact on Cust	Effect	Impact on Cust	Total Impact
Order delivered within 3 working days	10	1	10	4	40	1	10	7	70	7	70	7	70	10	100	370
Order delivered to correct address	7	1	7	10	70	1	7	1	7	1	7	1	7	4	28	133
Specified number and size of widgets delivered	10	1	10	4	40	7	70	1	10	1	10	1	10	1	10	160
Order complete on first shipment 95% of time	7	1	7	4	28	10	70	1	7	7	49	7	49	1	7	217
Information about products accurate	7	1	7	10	70	1	7	1	7	1	7	1	7	1	7	112
Call answered within three rings	4	10	40	10	40	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	100
Call completed within two minutes	4	7	28	10	40	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	88
Degree of Satisfaction from Implementing Improvement			109		328		172		109		151		151		160	

# Analysis Phase

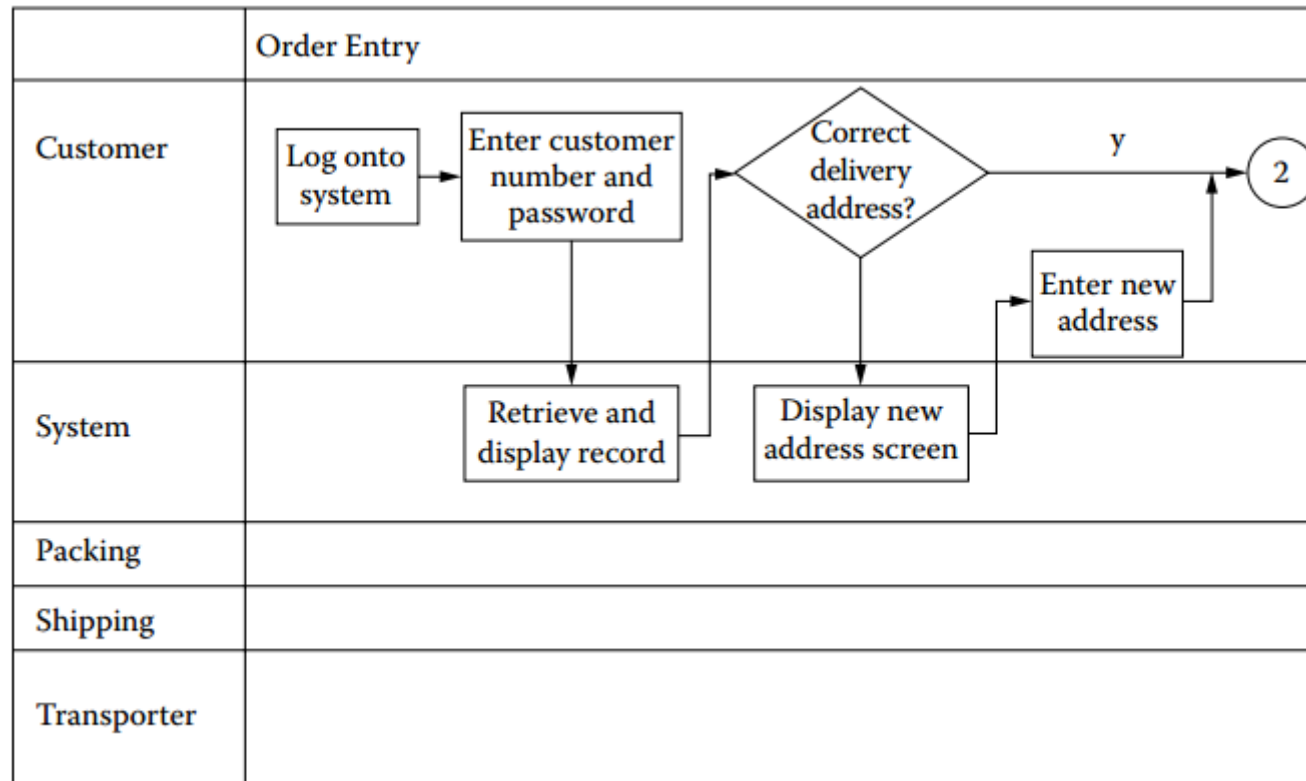
Determine what caused the variation •

Improvement	Cost	Time	Customer Impact
Move fax machine	Low	Low	Low
Develop self-service web-based system	High	High	High
Link existing system to inventory records	Medium	Medium	Medium
Eliminate verification of large orders	Low	Low	Low
Develop system to track partial shipments	Medium	High	Medium
Separate multi-sized widget orders into two orders	Low	Low	Medium
Ship by air instead of truck	Unknown	Medium	Medium

# Analysis Phase

## Develop Proposed Process Map •

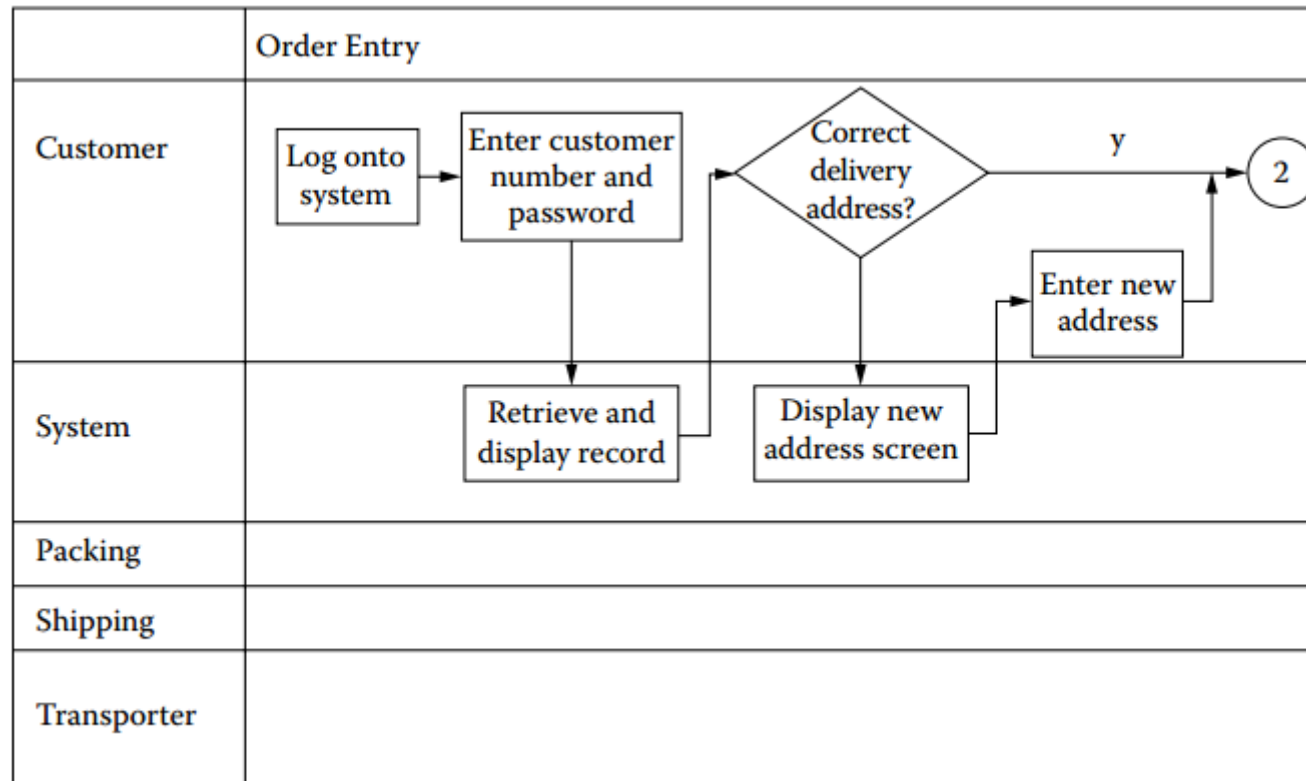
- باید برای فرآیند بهبود داده شده یک process map دیگر رسم شود.



# Analysis Phase

## Develop Proposed Process Map •

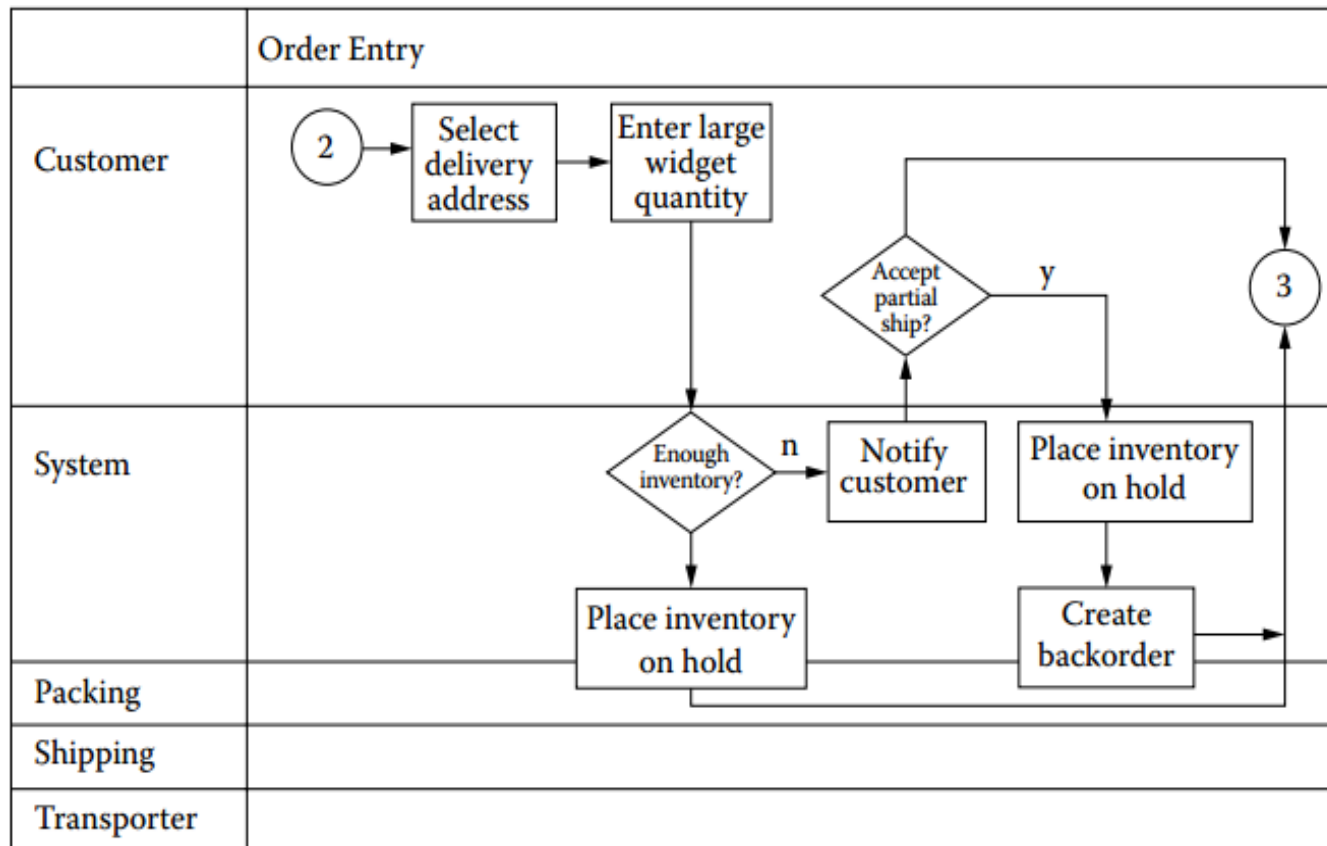
- باید برای فرآیند بهبود داده شده یک process map دیگر رسم شود.



# Analysis Phase

## Develop Proposed Process Map •

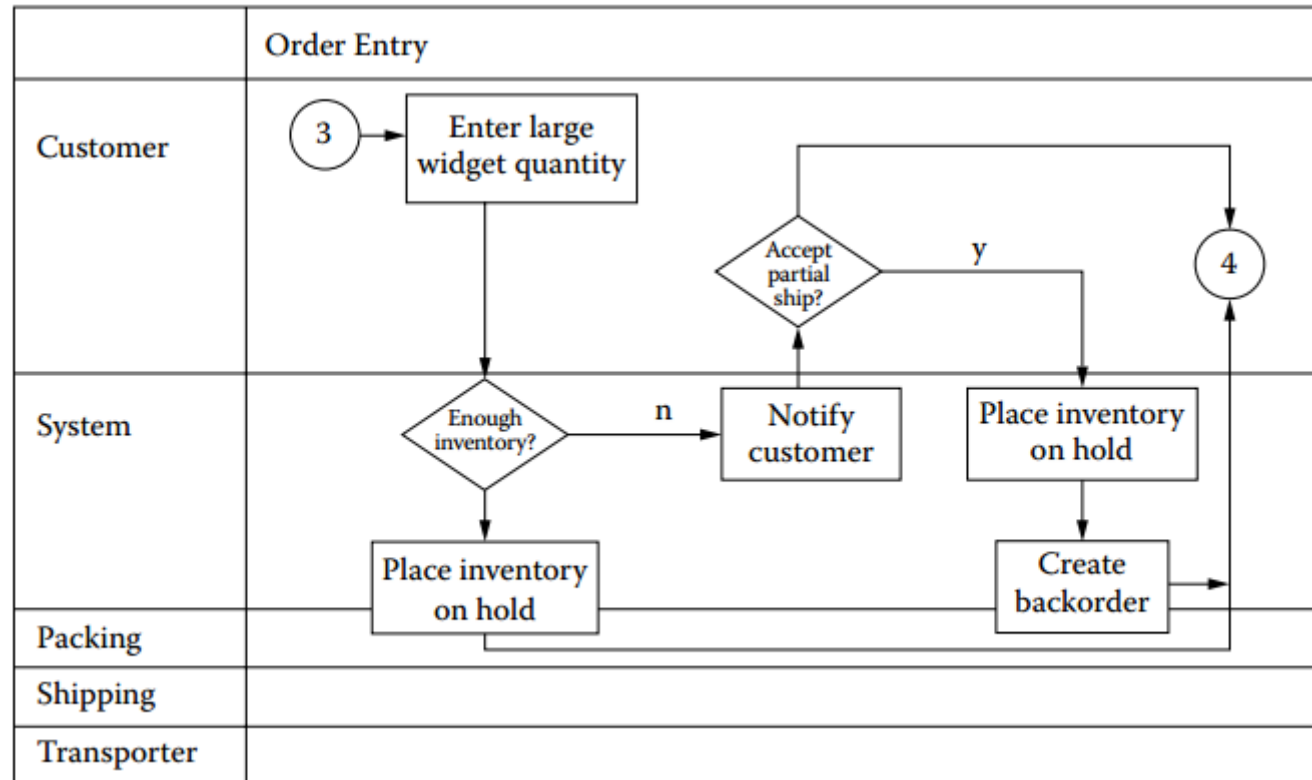
- باید برای فرآیند بهبود داده شده یک process map دیگر رسم شود.



# Analysis Phase

## Develop Proposed Process Map •

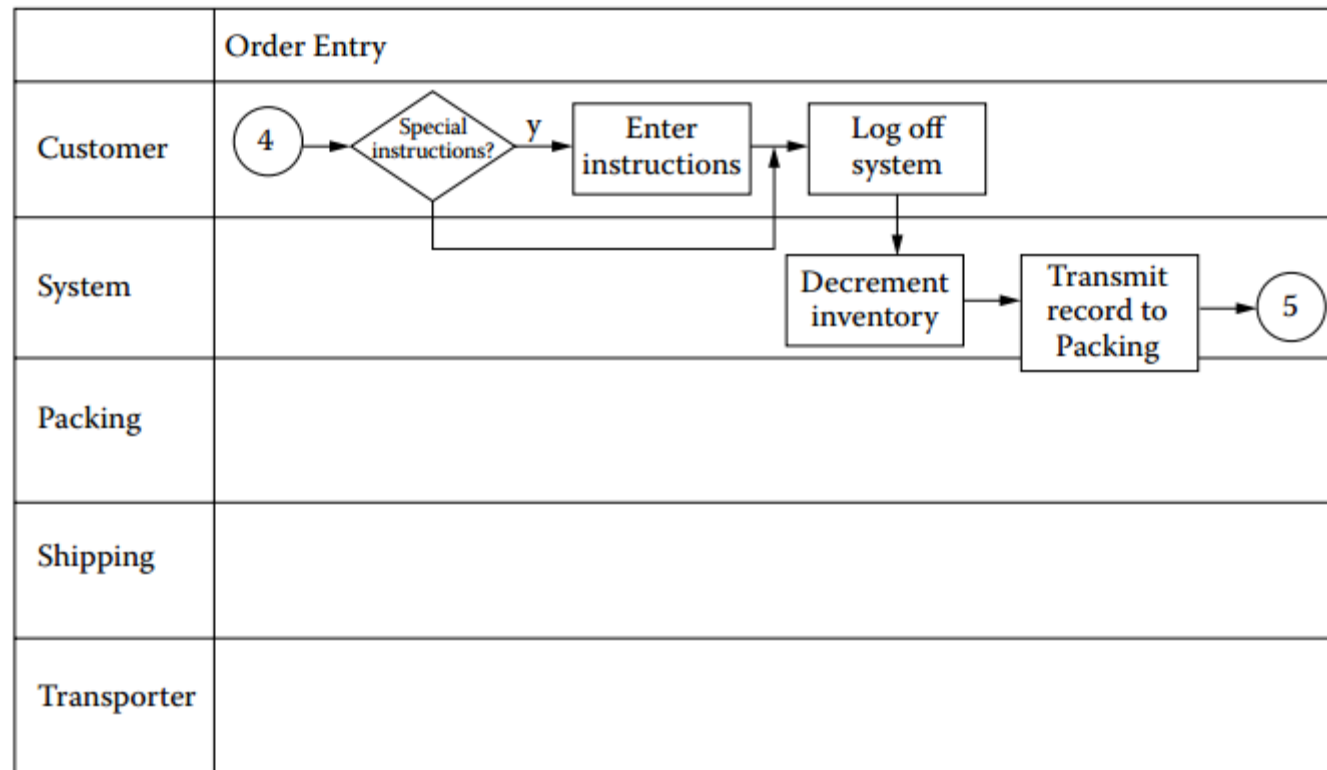
- باید برای فرآیند بهبود داده شده یک process map دیگر رسم شود.



# Analysis Phase

## Develop Proposed Process Map •

- باید برای فرآیند بهبود داده شده یک process map دیگر رسم شود.

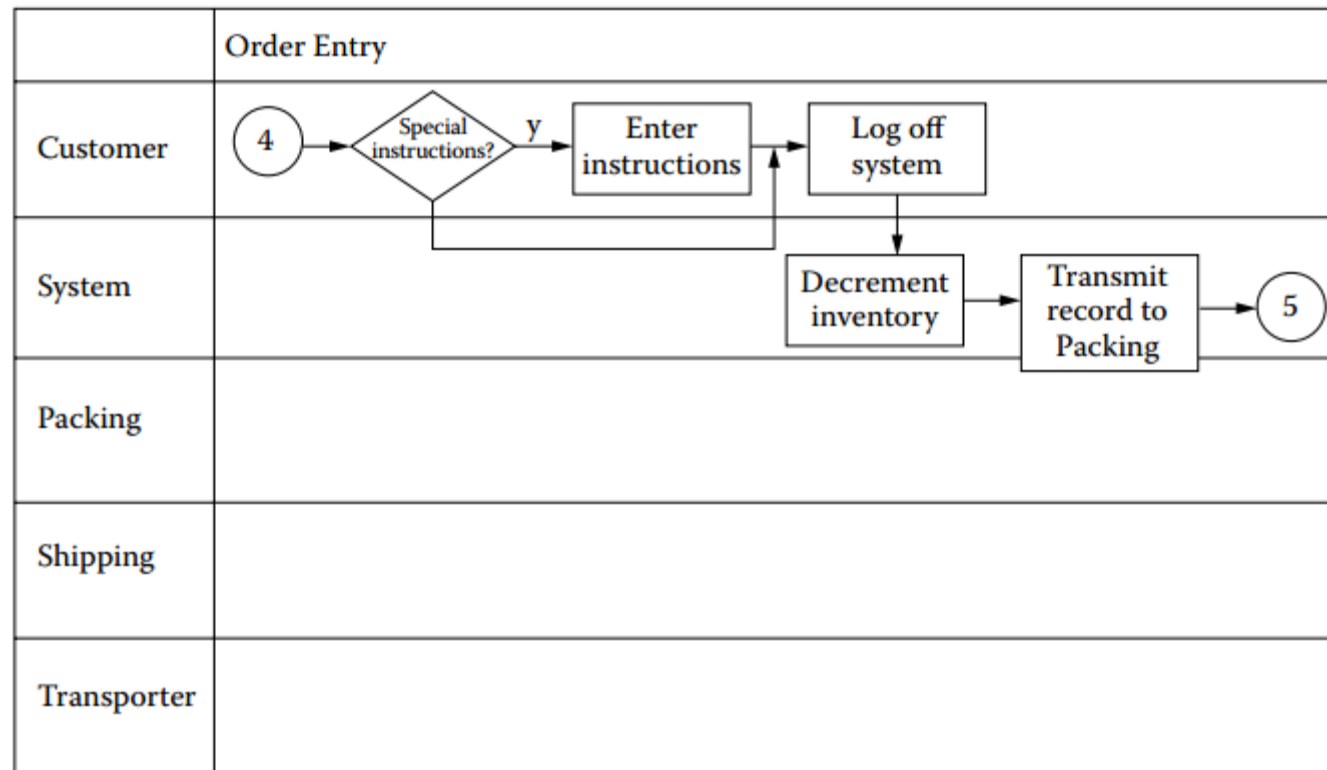




# Analysis Phase

## Assess Risks Associated with Revised Process •

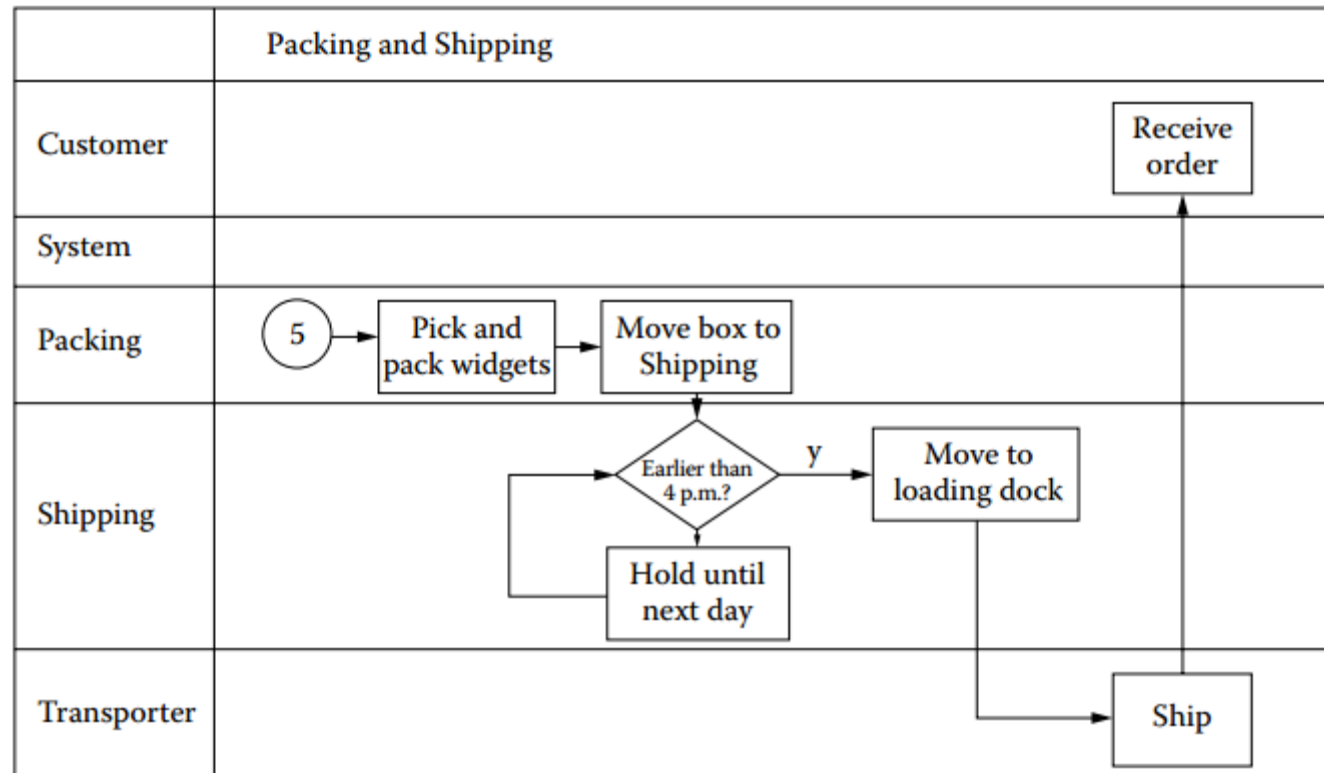
باید برای فرآیند بهبود داده شده یک process map دیگر رسم شود.



# Analysis Phase

## Assess Risks Associated with Revised Process •

باید برای فرآیند بهبود داده شده یک process map دیگر رسم شود.



# Analysis Phase

## • Assess Risks Associated with Revised Process

- جهت تحلیل ریسک از ابزاری به نام Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) استفاده می‌شود.
- به کارگیری آن به صورت زیر است:
- مشخص نمودن حالاتی که در آن فرآیند ممکن است با شکست مواجه شود.
- مشخص نمودن میزان تاثیر (effect) این حالت شکست
- مشخص نمودن روش های جلوگیری از بروز این حالت شکست
- تهیه یک action plan برای جلوگیری از بروز حالت شکست و مستندسازی نتایج آن

# Analysis Phase

## Assess Risks Associated with Revised Process •

### Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)

Process Name:	Revised order entry	Date Prepared: 8/20/01	Revision Number: 0
Prepared By:	George Greenbelt	Revised By:	Revision Date:

Process Step	What Could Happen?			Why and How Often?		How do We Prevent It?			Action Plan				Results of Actions				
	Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	SEV	Potential Causes	O C C	Current Controls	F P A R I O L B	R P N	Actions Recommended	Resp.	Target Date	Actions Taken	S E V	O C C	F P A R I O L B	R P N	
Customer Order Entry	Web site is not available	Customer unable to place order, buys widgets from competitor	10	Server down	4	Alert sent to computer center	7	280	Establish server mirroring	IT	12/01/2001					0	
	Customer's computers are down	Customer unable to place order	10	Internal to customer	7	Keep skeletal OE staff in place to accept telephone orders; continue to accept faxed orders	1	70								0	
								0								0	
								0								0	
								0								0	
								0								0	
								0								0	
								0								0	
								0								0	
								0								0	
								0								0	
								0								0	

# Improvement Phase

- در این گام براساس نتایج به دست آمده از گام‌های قبل، تغییراتی که باید در نهایت اعمال شوند مشخص می گردند و بهبود فرآیند انجام می پذیرد.
- فعالیتهایی که در این گام انجام می شود عبارتند از:
  1. Gain approval for the proposed changes
  2. Finalize the implementation plan
  3. Implement the approved changes

# Improvement Phase

## • Gain approval for the proposed changes

- گزینه های پیشنهادی برای تغییر براساس هزینه، زمان، تاثیر و ریسک های مرتبط با آنها بررسی می شوند و در نهایت گزینه های مناسب انتخاب می شوند.

- گام های موردنظر جهت اعمال تغییرات در رابطه با مثال مورد بررسی عبارتند از:

1. Implement procedural changes (move the fax machine, eliminate large order verification).

2. Modify the current computer system to separate orders by widget size

3. Negotiate a new transporter agreement

4. Develop a self-service order entry system

- این گام ها در صورت وجود نیروی انسانی کافی، می توانند به موازات هم انجام شوند.

# Improvement Phase

## • Gain approval for the proposed changes

• برای مثال با دنبال کردن گام های زیر می توان سیستم سفارش مبتنی بر وب را تولید کرد:

1. Develop a Web front end for order entry
2. Add the ability for customers to update their records
3. Add a product information database
4. Link the order entry system to the packing system
5. Link the order entry system to inventory records

# Improvement Phase

alize the implementation plan •

Task	Steps	Responsibility	Target Completion	Actual Completion	Results
Gain approval	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Meet with champion</li> <li>• Meet with department managers</li> <li>• Conduct individual meetings</li> </ul>	BB, GG, IT, HR, CS			
Communicate progress	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Develop communications plan</li> <li>• Deliver</li> </ul>	HR			
Implement “quick hit” changes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Move fax machine</li> <li>• Eliminate large order verification</li> <li>• Separate orders by widget size</li> </ul>	GB, BB, IT			
Change to air shipments	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Negotiate new transporter agreement</li> <li>• Implement new plan</li> </ul>	CS, procurement			
Develop new system—Phase I		IT			
Develop new system—Phase II					
Develop new system—Phase III		IT			
Develop new system—Phase IV		IT			



# Control Phase

- Six sigma پس از بهبود فرآیند متوقف نمی‌شود، بلکه همواره به دنبال تضمین این است که بهبود به دست آمده از دست نخواهد رفت. به این ترتیب تغییرات اعمال شده و سود به دست آمده همیشگی خواهند بود.

- فعالیت‌هایی که در این گام انجام می‌شود عبارتند از:

1. Establish key metrics
2. Develop the control strategy
3. Implement the control plan
4. Measure and communicate improvements

# Control Phase

## • Establish Key Metrics

- در رابطه با مثال مورد بررسی متریک‌های زیر پیشنهاد می‌گردند.
  1. Average length of time for a customer to enter an order
  2. Average delivery time for a shipment
  3. Percentage of shipments with returned items
  4. Average customer satisfaction
- با توجه به این که متریک‌ها موفقیت پروژه را مشخص می‌نمایند، باید **reliable** باشد.
- چک لیست موجود در اسلاید بعد نحوه‌ی محاسبه **reliability** یک متریک را نشان می‌دهد.
- قاعدتا متریکی که از **reliability** بالاتری برخوردار است، بیشتر مورد تاکید است.
- چون متریک‌ها ماهیانه جمع آوری می‌شوند، آن‌هایی که از امتیاز 10 در رابطه با **Collection Delays** برخوردار نیستند، نیز مشکلی ایجاد نمی‌کنند.

# Control Phase

## Establish Key Metrics •

<b>Data Reliability</b>	Quantify the objectivity of the data: 1 = subjective, no historical basis 4 = based on anecdotal historical experience 7 = based on direct observation 10 = obtained directly from an objective source (e.g., computer system, time stamp)
<b>Data Repeatability</b>	Quantify the degree to which the measurement is repeatable among collectors: 1 = subjective 4 = based on data specific to the collector (e.g., operator's wristwatch) 7 = transcribed from printed source 10 = obtained directly from an objective source (e.g., computer system, time stamp)

# Control Phase

## Establish Key Metrics •

### Collection Delays

Quantify the delays in obtaining the data:

- 1 = request for measurement waits in a queue or inbox and is addressed sporadically
- 4 = request for measurement is processed at regular intervals but less frequently than daily
- 7 = request for measurement is processed at regular intervals more frequently than daily but not immediately
- 10 = request is processed immediately

### Collector Availability

Quantify the degree to which the collector is involved in other activities and unable to take measurements:

- 1 = higher-priority activities require >75 percent of time
- 4 = higher-priority activities require >50 but <75 percent of time
- 7 = higher-priority activities require >25 but <50 percent of time
- 10 = this is the collector's highest priority or the data comes from an automated source

# Control Phase

## Establish Key Metrics •

Process: Prepared By: Date Prepared:	Web-Based Order Entry Betty Blackbelt Nov 2 2001							
Metric	Measurement	Collector	Data Reliability	Data Repeatability	Collection Delays	Collector Availability	Total metric Reliability	Comments
Average length of time to enter an order	Time customer logs on	System	10	10	10	10	40	Measurements are generated in real time.
	Time customer logs off	System	10	10	10	10	40	Measurements are generated in real time.
	Count of orders placed	System	10	10	4	10	34	Measurements are generated daily
Percentage of orders with returns	Count of orders placed	System	10	10	4	10	34	Measurements are generated daily
	Count of orders with returned items	Customer service department	7	7	7	4	25	Requires manual counts; month end processing can cause delays in recording returns.
Averages			9.4	9.4	7.0	8.8	35	

# Control Phase

## Develop the Control Strategy •

- متریک ها تنها راهی برای اندازه گیری فراهم می کند. بنابراین برای تضمین حفظ بهبود به دست آمده باید یک استراتژی برای کنترل داشته باشد که در قالب یک برنامه تعیین می گردد.

Process	Revised Order Entry							
	What's Being Measured?		What Are the Expected Results?		How Are We Measuring?			What if There's a Problem?
Process step	Input	Output	Specification	Capability Index	Measurement/ Control Technique	Sample Size	Sample Frequency	Reaction Plan
Online order entry	Customer keystrokes	Order	USL (max call length) = 2 minutes		System calculates elapsed time, flags if 80% of calls within a 10 minute interval exceed USL	n/a; all orders are measured	Continuous	IT-408

# Control Phase

Develop the •  
Control  
Strategy

Procedure Number	IT-408	Revision Number: 0
Procedure name	Reaction to order entry system excessive call length alert	
Date issued	12/01/01	
Date revised	N/A	
Primary responsibility	IT control group	
Out of spec condition	> 80% of calls within 10 minutes exceeded the 2 minute USL for call length	
Identified by	Order entry system	
<i>Probable Cause</i>	<i>What to Check</i>	<i>Corrective Action</i>
Excessive firewall traffic	Screen FW3705 shows firewall traffic.	<p>If red alert,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Control group has been notified and will resolve.</li> <li>• Post warning message OE-336.</li> </ul> <p>If yellow alert,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Notify control group of potential problem.</li> <li>• Post warning message OE-337.</li> </ul>
Local carrier problems	Run test (see procedure IT-116).	<p>If test indicates problem,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Notify carrier.</li> <li>• Post warning message OE-337.</li> </ul>

# Control Phase

## Implement the Control Plan •

- برنامه ارائه شده باید مانیتور شود و براساس آن گزارش‌های لازم تولید گردند.

## Measure and Communicate Improvements •

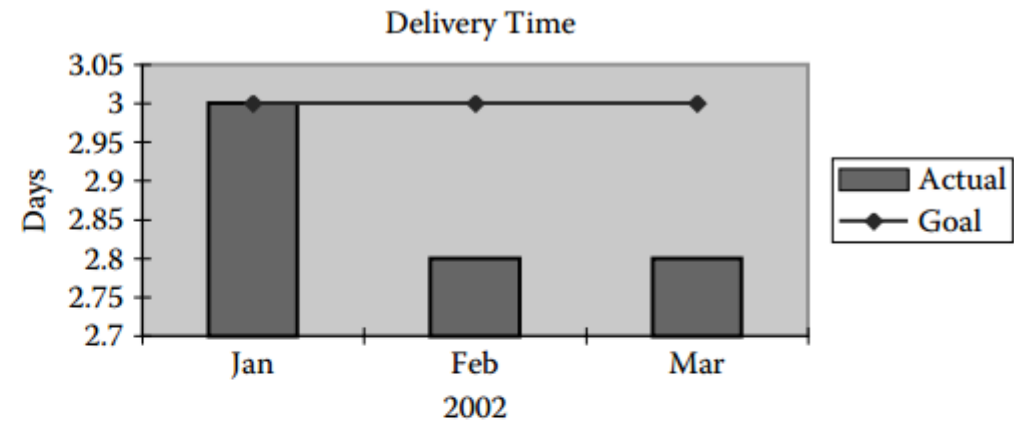
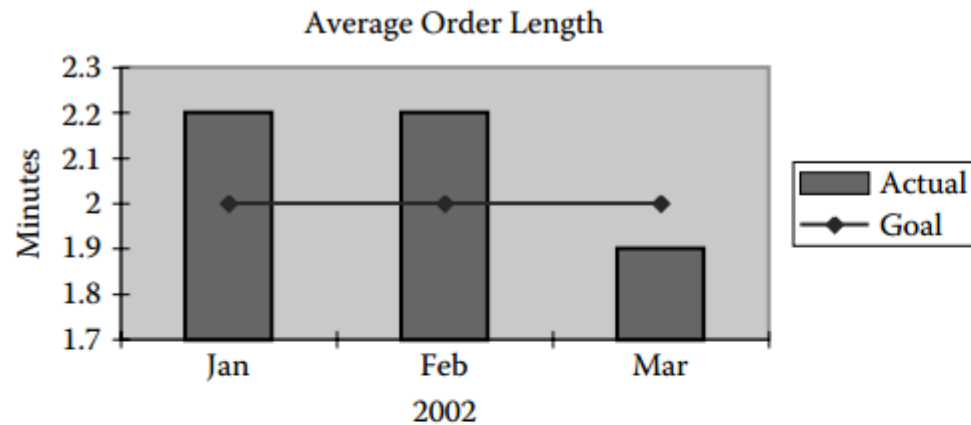
- گزارش‌های ماهیانه در قالب نمودارهایی که در اسلاید بعد ارائه می‌شوند که براساس میزان و روند بهبود در ماه‌های مختلف قابل ملاحظه است.

•



# Control Phase

## Measure and Communicate Improvements •



## منابع

- Tayntor, Christine B. *Six sigma software development*. Crc Press, 2007.