الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

ماجستير هندسة صناعية

تخفيض تكاليف الجودة بتطبيق منهجية الحيود السداسي "Six Sigma"

(دراسة تطبيقية)

Reduce Quality Costs by Implementation of Six Sigma Methodology

(An Applied Study)

مشروع أعد لنيل درجة الماجستير في هندسة التصميم الميكانيكي باختصاص الهندسة الصناعية

إعداد الباحثة المهندسة

غلاء الجعيداني

المشرف العلمي

الأستاذ المساعد الدكتور المهندس: باسل صنوفة

العام الدراسي: 2023-2024

الإهداء

أهدي نجاحي هذا وثمرة تعب كل السنين، إلى الأيدي التي أوصلتني من بعد توفيق الله ورضاه إلى هذه القمة من النجاح... إلى سبب سعادتي وتميزي

أبي الغالي ... أمي الحبيبة ... أخوتي وأخواتي الأعزاء....

لكم الفضل الأكبر والسبب الأول إلى ما وصلت له الآن ... كل الحب والشكر والدعاء يا من لم تبخلوا عليّ بكل أنواع العطاء....

أهديكم حصيلة تعبكم وجهدكم الذي لا يقل عن جهدي وتعبي....

أدامكم الرحمن لي وأعطاكم الصحة والسعادة

الشكر والتقدير

إلى من كانوا سببا لا يتجزأ في هذا النجاح ....

ولم يتوانوا للحظة عن تقديم العون والمساعدة والإجابة على كل سؤال واستفسار....

إلى من زرعوا حب هذا المجال ورسخوا في ذهني مبادئه وسبل نجاحه، وكانوا خير المعلمين والمرشدين...

إلى أساتذتي وجميع الكوادر التدريسية في جامعتي العزيزة

وأخص بالذكر:

الأستاذ الدكتور المهندس: باسل صنوفه

شكراً من القلب وكلّ التقديّر لجهودكم ودعمكم

شكراً جزيلاً حتى يبلغ الشكر عنان السماء

التصريح

أصرح بأن هذا البحث الموصف برسالة الماجستير والتي تحمل العنوان:

تخفيض تكاليف الجودة بتطبيق منهجية الحيود السداسي "Six Sigma" (دراسة تطبيقية)

لم يسبق أن قُدم للحصول على أية درجة جامعية أخرى، وأن كافة الأعمال والنتائج المذكورة هي نتيجة جهودي الشخصية، وبتوجيه من الأستاذ الدكتور المشرف على هذه الرسالة، وأن المعلومات النظرية تم الإشارة إليها ونسبت صراحة إلى مصادرها ومؤلفيها.

المهندسة الباحثة غلاء الجعيداني

قرار لجنة الحكم

توقيعات لجنة المناقشة:

بناء على قرار مجلس البحث العلمي والدراسات العليا رقم / 4618/ المتخذة بالجلسة رقم /22 / تاريخ 15/ 7/ 2024 القاضي بتشكيل لجنة الحكم على رسالة الماجستير التي أعدتها طالبة الدراسات العليا غلاء الجعيداني بعنوان " تخفيض تكاليف الجودة بتطبيق منهجية الحيود السداسي (Six Sigma) (دراسة تطبيقية) من الأساتذة:

الاسم	الصفة	التوقيع
أ.د. نزيه أبو صالح	عضواً	
أ.م. د باسل صنوفة	عضواً ومشرفاً	
أ.م. د حسام كمرجي	عضواً	

أجريت جميع التعديلات اللازمة لهذه الرسالة، وتعد هذه النسخة معتمدة كنسخة نهائية لرسالة الماجستير للمهندسة غلاء الجعيداني

فهرس المحتويات

الإهداء 1

الشكر والتقدير 2

التصريح 3

قرار لجنة المناقشة 4

فهرس المحتويات 5

قائمة الأشكال 9

قائمة الجداول 11

قائمة المصطلحات 14

الفصل الأول: المقدمة والإطار العام للدراسة 16

1.1. ملخص الدراسة 16

2.1. مدخل الدراسة 18

3.1. المشكلة العملية ومبررات البحث 20

4.1. أهمية البحث 21

5.1. تساؤلات البحث 21

6.1. أهداف البحث 22

7.1. منهج البحث: 22

8.1. الدراسات السابقة: 23

الفصل الثاني: أساسيات الجودة ومنهجية الحيود السداسي"SIX SIGMA" 29

1.2. المقدمة 29

2.2. أساسيات الجودة..... 30

1.2.2. مفهوم الجودة.....30

2.2.2. أبعاد الجودة (قديد، 2021، صفحة8):..... 32

3.2.2. أهمية الجودة 33

4.2.2. مراحل تطور الجودة (العياشي وكريمة، 2019): 34

5.2.2. مفهوم إدارة الجودة الشاملة: 36

3.2. استراتيجية الحيود السداسي "SIX SIGMA": 41

1.3.2. مدخل إلى "**SIX SIGMA**":.....41

2.3.2. نشأة "SIX SIGMA": 42

3.3.2. المراحل التاريخية لتطور "SIX SIGMA":.....43

4.3.2. مفهوم "SIX SIGMA":.....43

5.3.2. مبادئ تطبيق "SIX SIGMA" (AL-OTAIBI, 2021):.....47

6.3.2. أهداف "SIX SIGMA" (SONY, 2020):.....49

7.3.2. البناء التنظيمي لمفهوم " SIX SIGMA": 49

8.3.2. منهجية تطبيق مفهوم Six Sigma:.....51

1.8.3.2. منهجية التحسين المستمر (DMAIC):.....51

2.8.3.2. منهجية التصميم " Design for Six Sigma" (DFSS) (خليل، 2018): 53

9.3.2. أدوات منهجية " SIX SIGMA": (GUPTA& MITTAL, 2023): 56

10.3.2. استراتيجية LEAN SIX SIGMA: 64

11.3.2. فوائد تبني فلسفة "Six Sigma".....**65**

4.2. تكاليف الجودة..... 66

1.4.2. تعريف تكاليف الجودة 66
2.4.2. أهمية قياس تكاليف الجودة 67
3.4.2. أنواع تكاليف الجودة 67
4.4.2. نماذج من إدارة الجودة لتخفيض تكاليف الجودة 70
5.2. لماذا نتجه لرفع جودة المنتج 73

الفصل الثالث: صناعة الكابلات الكهربائية 74

1.3. المقدمة 74
2.3. تصنيع الكابلات 74
1.2.3. تعريف الكابل 74
2.2.3. مراحل إنتاج الكابلات 75

3.3. المواصفات القياسية المستخدمة في تصنيع واختبار الكابلات المختلفة: 84

الفصل الرابع: الدراسة العملية 85

1.4. المقدمة 85
2.4. لمحة عن الشركة المدروسة 86
3.4. مراحل تطبيق مفهوم "SIX SIGMA" 86
1.3.4. مرحلة التعريف (DEFINE) 87
2.3.4. مرحلة القياس 94
3.3.4. مرحلة التحليل 105
4.3.4. مرحلة الحل 109
5.3.4. مرحلة المراقبة 111

4.4. أمثلة بارامترات عملية الجدل 120
1.4.4. البارامترات الخاصة بالكبل 121
2.4.4 البارامترات الخاصة بكل طبقة من الموصل..... 122

الفصل الخامس: النتائج والتوصيات..... 130

1.5. النتائج والتوصيات ومقترحات البحث المستقبلية..... 130
1.1.5. نتائج البحث..... 130
2.1.5. التوصيات..... 131

قائمة المراجع..... 132

المراجع الأجنبية 132
المراجع العربية..... 135

قائمة الملاحق..... 139

ملحق رقم (1)..... 139
ملحق رقم (2)..... 140
ملحق رقم (3)..... 141
ملحق رقم (4)..... 142
ملحق رقم (5)..... 143

قائمة الأشكال

الشكل رقم 1 الأبعاد المكونة لمصطلح إدارة الجودة الشاملة 38

الشكل رقم 2 الرسم البياني للتوزيع الطبيعي أدناه الافتراضات الإحصائية لنموذج Six Sigma..... 46

الشكل رقم3 مستويات σ6..... 51

الشكل رقم4 المراحل الخمسة لإحدى منهجيات ستة سيجما..... 52

الشكل رقم 5 استخدام مخططات السبب والأثر (Bass, 2007) 60

الشكل رقم 6 مخطط باريتو (عليج، 2010) 61

الشكل رقم 7 يوضح عملية سحب أسلاك النحاس 76

الشكل رقم 8 يوضح المقطع العرضي لكبل مجدول جدل منتظم..... 79

الشكل رقم 9 يوضح خطوة الجدل لكبل مجدول جدل منتظم..... 81

الشكل رقم 10 يوضح خطوة الجدل لكبل مجدول جدل منتظم بدلالة عدد اللفات ضمن الخطوة 81

الشكل رقم 11 يوضح المثلث الناتج عن انفراد خطوة الحلزون 82

الشكل رقم 12 نموذج DMAIC لتنفيذ خطوات منهجية Six Sigma..... 85

الشكل رقم 13 يوضح علاقة المقاومة الكهربائية بكتلة النحاس 90

الشكل رقم 14 المخطط التدفقي لعملية الإنتاج 91

الشكل رقم 15 نتائج أداة تحليل نظام القياس (MSA) 95

الشكل رقم 16 خريطة ضبط الجودة لقيم المقاومة الكهربائية للنواقل النحاسية المرنة للكابلات بقياس (0.5 mm2)
..... 99

الشكل رقم 17 ترتيب البيانات الخاصة (الجدل الشعري) حسب تكرارها 100

الشكل رقم 18 خريطة ضبط الجودة لقيم المقاومة الكهربائية للنواقل النحاسية المرنة للكابلات (4 mm2) 102

الشكل رقم 19 ترتيب البيانات الخاصة (الجدل المنتظم) حسب تكرارها 103

الشكل رقم 20 مخطط عظم السمكة لأسباب الوصول إلى موصلات بمقاومة كهربائية أعلى من القيم المسموحة 105

الشكل رقم 21 مخطط عظم السمكة لأسباب ارتفاع وزن الموصلات الكهربائية 107

الشكل رقم 22 خريطة ضبط الجودة لقيم المقاومة الكهربائية للنواقل النحاسية المرنة للكابلات (0.5 mm2)... 113

الشكل رقم 23 ترتيب البيانات الخاصة (الجدل الشعري) حسب تكرارها 114

الشكل رقم 24 خريطة ضبط الجودة لقيم المقاومة الكهربائية للنواقل النحاسية المرنة للكابلات (4 mm2) 116
الشكل رقم 25 ترتيب البيانات الخاصة (الجدل المنتظم) حسب تكرارها 117
الشكل رقم 26 المسافة المحورية المطلوبة التي يكمل فيها السلك دورة واحدة 122
الشكل رقم 27 خطوة الجدل 123
الشكل رقم 28 حساب خطوة الجدل 124
الشكل رقم 29 علاقة المقاومة الكهربائية لموصلات الكابلات المنزلية ببارامترات عملية الجدل..... 129

قائمة الجداول

الجدول 1 العلاقة بين مستوى Sigma ومقدار العيوب لكل مليون فرصة..... 45

الجدول 2 يبين الاختلافات بين (DMAIC) ومنهجية (DFSS) 56

الجدول3 أمثلة توضيحية لكل نوع من أنواع التكاليف السابقة 69

الجدول 4 مراحل صناعة الكابلات..... 75

الجدول 5 طرق الجدل 78

الجدول 6 قيم الثوابت من الشركة 89

الجدول 7 أعضاء فريق (Six Sigma) 92

الجدول8 ميثاق المشروع 93

الجدول 9 نتائج قياس المقاومة الكهربائية للعينات المجدولة جدل غير منتظم 97

الجدول10 القيم المستخلصة..... 100

الجدول 11 نتائج قياس المقاومة الكهربائية للعينات المجدولة جدل منتظم 101

الجدول12 القيم المستخلصة من المخطط..... 103

الجدول 13 أسباب ظهور عيب المقاومة الكهربائية للموصلات اعلى من القيم المسموح بها 106

الجدول 14 أسباب ظهور عيب المقاومة الكهربائية للموصلات اعلى من القيم المسموح بها ..**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**

الجدول15 مصفوفة الحلول (الأفعال التصحيحية) لمرحلة التحسين 110

الجدول 16 نتائج قياس المقاومة الكهربائية للعينات المجدولة جدل غير منتظم بعد التحسين..... 112

الجدول17 القيم المستخلصة من المخطط..... 114

الجدول 18 نتائج قياس المقاومة الكهربائية للعينات المجدولة جدل منتظم بعد التحسين..... 115

الجدول19 القيم المستخلصة من المخطط..... 117

الجدول 20 ثوابت عملية الجدل 120

الجدول 21 بارامترات عملية الجدل المنتظم وفقاً لقيم المواصفة الحدية (R/L max, AT) (حالة خاصة) عند إدخالها إلى برنامج الأمثلة (excel) 128

قائمة الرموز التوضيحية

الرمز	التعريف
σ	الانحراف المعياري
R_C	المقاومة الكهربائية للموصل الكهربائي
R_{Target}	المقاومة الكهربائية للموصل التي تهدف الدراسة للوصل إليها
$\rho_{electric(cu)}$	المقاومة الكهربائية النوعية لمادة للنحاس
A_C	مساحة مقطع الموصل
L_C	طول الموصل النحاسي
D_C	قطر الموصل النحاسي
ρ_{cu}	الكتلة الحجمية للنحاس
m	كتلة النحاس في الموصل عند طول معين
V	حجم الموصل النحاسي
S_K	معامل الالتواء
M	المنوال
Ẍ	الوسيط
S	عدد طبقات الجدل للموصل
I	ترتيب طبقة الجدل في الموصل
N_i	عدد الاسلاك الكلية المجدولة عند الطبقة i

قطر السلك الواحد المجدول	d
زاوية ميل الحلزون ضمن الطبقة	αi
خطوة الجدل ضمن الطبقة	T_{pi}
القيمة المتوسطة للعينات	$\bar{\bar{X}}$
عدد العقد (اللفات) ضمن الخطوة الواحدة	K
عدد الجدلات في الطبقة i	I_i
وزن الموصل	W_c
كثافة النحاس	$\mathbf{K_c}$
الطول الحقيقي للأسلاك عند الطبقة i	$l_{wire-pitch(i)}$
الحد الأعلى للضبط	UCL
الحد الأدنى للضبط	LCL

قائمة المصطلحات

المصطلح بالعربية	المصطلح بالإنكليزي	الاختصار
المصطلح بالعربية	المصطلح بالإنكليزي	الاختصار
إحدى منهجيات ستة سيجما (منهجية التحسين المستمر)	Define – Measure – Analyze – Improve – Control	DMAIC
احدى منهجيات ستة سغما (منهجية إعادة التصميم)	Design for Six Sigma	DFSS
العيوب لكل مليون فرصة	Defects Per Million Opportunity	DPMO
احدى منهجيات إعادة التصميم	Identify– Design– Optimize– Validated	IDOV
إحدى منهجيات إعادة التصميم	Define – Measure – Analyze – Design – Verify	DMADV
تحليل أنماط الأسباب وآثارها	Failure Mode and Effects Analysis	FMEA
ضبط الجودة	Quality Control	QC
ستة سيجما	Six Sigma	SS
إدارة الجودة الشاملة	Total Quality Management	TQM
العيوب الصفرية	Zero Defects	ZD
أداة تحليل دقة نظام القياس	Gage Repeatability and Reproducibility	Gage RxR
مراحل إدارة الجودة الشاملة	Plan – Do – Check – Act	PDCA
صوت العميل	Voice of Costumer	VOC
العصف الذهني	Brain Storming	BS

RCA	Root Cause Analysis	تحليل الأسباب والمسببات
CI	(Continuous Improvement)	التطوير المستمر
UCL	Upper Control Limit	الحد الأعلى للقيم المسموح بها
LCL	Lower Control Limit	الحد الأدنى للقيم المسموح بها
EV	Equipment’s variation	تباين المعدات
SPC	Statistical Process Control	التحكم بالعمليات احصائياً
VSM	Value Stream Mapping	تخطيط تدفق القيمة
MBB	Master Black Belt	الحزام الأسود الرئيس
BB	Black Belt	الحزام الأسود
WB	White Belt	الحزام الأبيض
GB	Green Belt	الحزام الأخضر
QFD	Quality Function Deployment	نشر وظيفة الجودة

الفصل الأول: المقدمة والإطار العام للدراسة

ملخص الدراسة:

الملخص:

الوصول إلى منتجات بجودة عالية وتكاليف منخفضة هي أحد أهم أهداف الشركات الكبرى في جميع القطاعات الصناعية والتجارية والتسويقية، فضمن موضوع بحثنا كان الاهتمام على المجال الصناعي للكابلات، وكيفية تخفيض تكاليف الجودة في معمل الكابلات من خلال تطبيق مفهوم "**Six Sigma**".

حيث تضمنت الدراسة: تعريف فكري وتطبيقي لمفهوم "**Six Sigma**"، مع بعض الطرائق الإحصائية التي تكون ملازمة له، بالإضافة إلى التعريف بمفهوم تكاليف الجودة.

تم الاعتماد على منهج دراسة الحالة، وبالاعتماد على دراسة العمليات ضمن المنشأة تم جمع البيانات وتحليل النتائج العملية للوصول إلى أهداف البحث المرجوة وهي: تخفيض تكاليف جودة صناعة الكابلات ضمن المنشأة، مع إبقاء جودة المنتج ضمن الحدود العليا لتكون حصة المنتج في السوق أعلى من المتوقع وإضفاء سمة التنافسية عليها.

من خلال الدراسة خرجنا ببعض التوصيات، والتي من أهمها: التركيز على تطبيق مفهوم "**Six Sigma**" في جميع المجالات الصناعية وغيرها.

Abstract:

Producing products of high quality and low costs is one of the most important goals of major companies in all sectors, including industrial, commercial and marketing. Within the subject of our research, we focused our attention on the industrial field in the field of cables and how to reduce quality costs within the cable factory. This is done by applying the concept of "**Six Sigma**".

Where the study included: an intellectual and applied definition to the concept of "**Six Sigma**" with some of the statistical methods that are inherent to him, in addition to the definition of the concept of quality costs.

Where was the relying on a case studying method, and based on previous studies, data was collected, and the practical results were analyzed to reach the desired research objectives, which are: Reducing cable manufacturing quality costs within the factory while keeping the product quality within the upper limits so, that the product's market share is higher than expected and its ability to give it a competitive advantage.

Through the study, we came out with some recommendations: Focusing on applying the concept of "**Six Sigma**" in all industrial fields and not only.

2.1. مدخل الدراسة:

لقد واجهت الشركات الصناعية في الآونة الأخيرة العديد من التحديات والمتغيرات الاقتصادية والمالية كان في مقدمتها زيادة حدة المنافسة بينها وما صاحبها من تغير في سلوك المستهلك الذي أصبح ذو قدرة أكبر على انتقاء المنتج الأفضل بعد اعتماد الجودة كمعيار أساسي لاختيار المنتج أو الخدمة، فلم يعد أمام الشركات إلا التوجه نحو هيكلة تكاليفها مع العمل على المحافظة على مستوى جودة معين في السوق، وذلك من أجل تدعيم مركزها الاستراتيجي، وزيادة حصتها السوقية ومن ثم زيادة قدرتها التنافسية. إذ تعد الجودة إلى جانب التكلفة من اهم عوامل النجاح في الوقت الحاضر، فالفشل في الجودة سوف يؤدي إلى تحمل الشركة تكاليف إضافية كما أن الجودة الرديئة في منتجاتها تنعكس على رضا الزبون.

يعتبر تطبيق منهجية "**Six Sigma**" في الشركات الصناعية احدى أدوات الجودة اللازمة لتحسين قدرة الشركات على العمل، لما لها من منافع كبيرة يمكن أن تحققها الشركات من جراء الاهتمام بموضوع الجودة بشكل عام ومفهوم "**Six Sigma**" بشكل خاص، ومن أهم تلك المنافع التي تساعد في التميز والمستمدة من التحسين المستمر: **(العليج، 2014)**

1. تقليل من هدر المواد

تهدف منهجية "**Six Sigma**" إلى تحسين العمليات لتقليل إجمالي عيوب المنتجات، والتي ستساعد على تحديد أسباب الهدر ومعالجتها داخل المنشأة، مما يوفر الوقت والمال.

2. زيادة الكفاءة

لا تساعد معايير "**Six Sigma**" على تقليل الهدر فحسب، بل تساعد أيضاً على زيادة الاستفادة من العمليات الفعّالة.

3. تقليل الأخطاء

تولي "**Six Sigma**" اهتماماً كبيراً للجودة أثناء الإنتاج، حيث لا يمكن حدوث تراجع في عملية الإنتاجية، لذا فإن الحصول على المنتج بشكل صحيح من المرة الأولى هو أفضل طريقة لتوفير الوقت والمال.

4. تقليل المخاطر القانونية

حيث أن نفس العملية التي توفر لك المال ستوفر أيضاً من الرسوم القانونية المحتملة. ونظرًا لالتزام " **Six Sigma**" بالجودة، فإن اعتماد هذه المنهجية سيساعد على البقاء ضمن معايير الامتثال الدولية.

5. تطبيق على جميع مجالات الحياة

أحد أفضل فوائد "**Six Sigma**" هي أنه يمكن تطبيقه على أي صناعة تقريباً سواء كان ذلك في مجال الرعاية الصحية، أو التصنيع، أو البيع بالتجزئة، أو التعليم العالي. كما ويمكن الاستفادة من تقنيات "**Six Sigma**" لمساعدة أي شركة على تقليل التكاليف وزيادة الأرباح.

6. زيادة الأرباح

تعتبر منهجية "**Six Sigma**" إحدى الوسائل المعززة لأرباح المنظمة النهائية، فهي تؤدي الى تحسين إدارة المشروعات، مما يؤدي إلى تحسين مراقبة الجودة وتقليل النفقات، وهو ما يزيد من المزايا الإضافية التي تحصل عليها الشركة، وبالتالي تزداد أرباحها.

3.1. المشكلة العملية ومبررات البحث:

1.3.1. مشكلة البحث:

في صناعة الكابلات النحاسية، يشكل النحاس المادة الخام الرئيسية لصناعة الكابلات، وتشكل تكلفة النحاس أكثر من 70%من تكلفة إنتاج الكابل. (Balog, 2015)

تعاني الشركة المدروسة من ارتفاع تكاليف الجودة في قسم الكابلات المنزلية قسم (Special)، وذلك بسبب رسوب بعض الموصلات الكهربائية باختبار المقاومة الكهربائية في مرحلة الجدل التي تُكوّن الموصلات، بالإضافة إلى ذلك فإن الشركة تعاني من تفاوت في وزن الموصلات النحاسية ذات المقاسات الكهربائية الواحدة، وذلك بسبب وجود تفاوت في قيم المقاومة الكهربائية لديها، وهذا يسبب زيادة إضافية في التكاليف.

2.3.1. مبررات البحث:

- أهمية قطاع صناعة الكابلات، ودوره في تعزيز القدرات التنافسية للقطاع الصناعي السوري.
- التحفيز على تطبيق معايير الجودة العالمية بأقل التكاليف في المنشأة الصناعية السورية.
- إجراء دراسات إحصائية وعلمية تدعم التطوير للمنشآت الصناعية السورية، وخاصة في ظل فقر المكتبة المحلية بالدراسات المشابهة للموضوع المدروس.
- ضرورة تطبيق مفهوم "**Six Sigma**" لضمان مستويات الجودة التي تضمن إحداث تطور بارز في الصناعات المحلية.

4.1. أهمية البحث:

تتمثل الأهمية بعدة أوجه وهي:

- تحمل الدارسة في مضمونها أهمية تطبيقية للشركة من خلال تطبيق منهجية "**Six Sigma**" كإحدى منهجيات الجودة الحديثة، كما أن هذه الدارسة تأخذ أهميتها من أهمية الشركة وشدة المنافسة في بيئتها وسعيها لتحقيق الربحية والنمو والحفاظ على سمعتها من خلال تطبيق آليات جديدة تضمن تحسين الأداء مع تقليل تكاليف الإنتاج.
- المساهمة في رفع مستوى الجودة وخفض التكاليف لمعامل الكابلات وبالتالي تقوية وتدعيم القطاع الصناعي.
- تسليط الضوء على أهمية استخدام منهجية "**Six Sigma**" لخفض نسبة المنتجات المعيبة في صناعة الكابلات ولفت أنظار القائمين على المنشآت الصناعية إلى ضرورة استخدام منهجية "**Six Sigma**" كإحدى منهجيات تحسين الجودة والتغلب على المشاكل.

5.1. تساؤلات البحث:

- ما هو مستوى جودة المنتجات في الشركة المدروسة؟
- هل يمكن تطبيق واستثمار مفهوم "**Six Sigma**" من قبل الشركة المدروسة؟
- هل اعتماد مفهوم "**Six Sigma**" من قبل الشركة المدروسة سيساعد في إيجاد حلول بعيدة المدى للمشكلات التي تعاني منها الشركة؟
- هل اعتماد مفهوم "**Six Sigma**" ستخفض تكاليف الجودة في الشركة؟

6.1. أهداف البحث:

بأسلوب حديث وأكاديمي يهدف البحث إلى دراسة كيفية تخفيض تكاليف الجودة، وإمكانية تطبيق مفهوم " **Six Sigma**" في قطاع صناعة الكابلات، كإحدى المنهجيات التي تعمل على تحسين العمليات في الشركة وبالتالي تخفيض تكاليف الجودة.

الأهداف الفرعية التي يهدف البحث إلى تحقيقها:

- التعريف بمفهوم "**Six Sigma**" وما يلازمها من طرق وأدوات إحصائية، بهدف تقليل تكاليف الجودة في منتجات الكابلات.
- دارسة الواقع الحالي لتكاليف الجودة في الشركة الصناعية المدروسة.
- تحديد طرق معالجة طويلة الأمد للمشكلات المسببة لارتفاع التكاليف في الشركة، التي تبرز نتيجة تطبيق مفهوم"**Six Sigma**".
- الحصول على نموذج تطبيقي لمفهوم "**Six Sigma**" يساعد في تخفيض تكاليف الجودة في الشركة، مع إمكانية تطبيقه فيما بعد على منشآت صناعية سورية مشابهة.
- تقديم بعض الحلول والمقترحات التي تساهم في التغلب على المعوقات التي قد تؤثر على تحسين مستوى الجودة في المنشأة.

7.1. منهج البحث:

تم الاعتماد على منهج دراسة الحالة، وذلك من خلال الوصف وتحليل النتائج باعتماد أسلوب جمع البيانات المستخرجة من الفحوصات في الشركة المدروسة وتحليلها للوصول إلى أهداف البحث.

8.1. الدراسات السابقة:

1.8.1. الدراسات الأجنبية:

1. دراسة (Mittal & Gupta, 2023)

"**The performance improvement analysis using Six Sigma DMAIC methodology: A case study on Indian manufacturing company**"

ضمن هذه الدراسة تم اعتماد منهجية "**Six Sigma**" من قبل المنشأة كأداة لإدارة الأعمال وتحسين القدرات التشغيلية وتقليل العيوب في الشركة.

تهدف هذه الدراسة إلى تقديم دراسة حول عملية تنفيذ منهجية **Six-Sigma DMAIC** بغرض تقليل معدل رفض شرائط المطاط المصنعة بواسطة شركة XYZ الواقعة في جوروجرام، الهند.

تُستخدم شرائط المطاط في جميع أبواب السيارات الأربعة لتقليل الضوضاء، والعزل المائي، والغبار، وعازل الصوت، وعازل الرياح، ولتحسين تأثيرات تبريد تكييف الهواء والتدفئة.

سبب تشكيل الدراسة كان معدل الرفض الإجمالي لكل من شرائط المطاطية للأبواب الأمامية والخلفية وبنسبة 5.5% من الإنتاج يومياً، مما تسبب في خسارة فادحة للشركة.

<u>النتائج</u>

- انخفض متوسط معدل رفض شرائط المطاط يومياً من 5.5% إلى 3.08%. بعد تنفيذ منهجية Six-Sigma DMAIC، تم تقليل الرفض من 153 قطعة إلى 68 قطعة في اليوم.
- تحسن مستوى سيجما من 3.9 إلى 4.45 خلال ثلاثة أشهر مع تنفيذ مشروع "**Six Sigma**".

2. دراسة (Wassan& Hulio, 2022)

Practical application of six sigma methodology to reduce defects in Pakistan manufacturing.

توضح هذه الدراسة الاستخدام العملي لمفهوم "**Six Sigma**" من حيث التعريف والقياس والتحليل والتحسين والمراقبة، حيث تم استخدام منهجية (DMAIC) من خلال إجراء دراسة عملية في إحدى شركات التصنيع في باكستان، **وكانت المشكلة المحتملة** هي خلل التسرب الخارجي في الثلاجة أثناء مرحلة إنتاجها.

الهدف من هذه الدراسة هو تحسين العملية من خلال اعتماد لمفهوم **Six Sigma– DMAIC** لتحديد وإزالة الأسباب الجذرية التي تنتج العيوب في المنتج النهائي.

تم في هذه الدراسة حساب مستوى سيجما للعملية الحالية، وإجراء تصميم التجربة (DOE) لتحسين العملية عن طريق إجراء تعديلات مختلفة في المعايير، للتحكم في هذه العملية، كما تم إعداد ورقة تحليل نمط الفشل وتأثيره (FMEA) للحفاظ على التحسينات.

وخلصت الدراسة إلى تحقيق انخفاض إجمالي بنسبة 30% في عيوب التسرب الخارجي مع انخفاض الشكاوى من العملاء.

3. دراسة (Costa, 2020)

" **Six Sigma application for quality improvement of the pin insertion process**"

هذه الدراسة تعرض حالة تم إجراؤها في إحدى شركات السيارات التي تنوي تقليل الوحدات المعيبة التي تنتجها باستخدام طريقة DMAIC (التعريف والقياس والتحليل والتحسين والمراقبة) وهي طريقة منظمة لتنفيذ مشاريع Six Sigma.

سبب تشكيل الدراسة أدت قوة إدخال الدبوس المفرطة في لوحات الدوائر المطبوعة (PCBs) إلى ارتفاع تكاليف الجودة الرديئة وأوقات توقف خط الانتاج مما أثر على عملية التوريد لخطوط التجميع النهائية. ولذلك، فإن تطبيق Six Sigma كان يهدف إلى زيادة كمية المنتجات المنتجة بشكل جيد من المرة الأولى.

تقليل تكاليف الجودة المرتبطة بالعملية.

وقد أدت مجموعة من التحسينات التي تم تطبيقها من خلال منهجية " Six Sigma " إلى رفع مستويات جودة العملية، مما جعلها أكثر استقرارًا، و أثبت استخدام بعض أدوات الجودة ومنهجية Six Sigma أنه أمر إيجابي للغاية حيث أدى ذلك إلى تحسينات كبيرة في جودة عملية إدخال الدبوس، وتقليل نسبة العيوب.

2.8.1. الدراسات العربية:

1. دراسة (الهيف، 2023)

" تطبيق منهجية الستة سغما في اقسام المكتبات وعلم المعلومات في جامعات المملكة العربية السعودية: دراسة تحليلية"

هدفت الدراسة الى تحديد مدى تطبيق مبادئ منهجية الستة سغما في اقسام المكتبات وعلم المعلومات من وجهة نظر أعضاء هيئة التدريس، ومعرفة اهم متطلبات الستة سغما، كذلك التعرف بالمعوقات في حالة تطبيق الستة سغما، وقد تم استخدام المنهج المسحي الوصفي، واعتماد أداة القياس الرئيسية الاستبانة، مع اختيار عين الدراسة المكونة من 165 عضو هيئة تدريس بأقسام المكتبات وعلم المعلومات في جامعات المملكة العربية السعودية.

وقد توصلت الدراسة الى ان هناك موافقة بدرجة كبيرة من قبل أعضاء هيئة التدريس على محور "تطبيق مبادئ منهجية الستة سغما في اقسام المكتبات" بنسبة 69.8% من عينة الدراسة، وهناك موافقة بدرجة كبيرة على محور

"متطلبات تطبيق الستة سغما" حسب الوزن النسبي 70.8% وهناك موافقة بدرجة كبيرة على محور "معوقات تطبيق الستة سغما في اقسام المكتبات والمعلومات" حسب الوزن النسبي 68.6%.

وقد اوصت الدراسة التأكيد على أهمية تطبيق منهجية الستة سغما في اقسام المكتبات وعلم المعلومات، والتأكيد على الاعتماد على الأدوات الإحصائية والحقائق والبيانات الدقيقة التي تسهم في تحليل منظم للمشاكل، والعمل على التطوير المهني لجميع الهيئة التعليمية لتحسين جودة الأداء.

2. دراسة (زكي، 2020)

"أثر استخدام منهجية 6 سيجما على مراحل تشغيل الملابس الرياضية في إنتاج التيشيرت"

تكمن مشكلة البحث في حدوث غلق عدد كبير من المصانع التي كانت تعمل بمجال تصدير الملابس للخارج في دولة مصر، نظراً لمشاكل كثيرة أهمها جودة المنتج، ومن ضمن هذه المشاكل وجود عيوب في التشغيل في صالات الإنتاج ومنها البقع التي تظهر في المنتج النهائي بعد انتهاء مراحل التصنيع المختلفة، حيث يتم اكتشافها من قبل العميل مما أدى إلى رفض كثير من الطلبيات وانخفاض مستوى الجودة، ومن هنا ظهرت مشكلة البحث في التركيز على هذا العيب والوصول إلى أفضل النتائج للحد من هذه المشكلة و الحصول على منتج خالي من البقع.

ويهدف البحث إلى دراسة أثر استخدام 6 سيجما على تحسين جودة المنتج مع خفض التكلفة حيث يتّبع البحث المنهج الوصفي والتجريبي.

قامت الباحثة بمتابعة عيوب التشغيل المختلفة التي تحدث أثناء عمليات التشغيل في صالات الإنتاج باستخدام منهجية 6 سيجما، كما قامت الباحثة بمتابعة أسباب ظهور هذا العيب في صالات الإنتاج وخطوط الإنتاج عن طريق تحديد نوع البقع من خلال تقارير يومية تكتب بواسطة القائم بالفحص في آخر خط الإنتاج، ووضع خانات خاصة بهذا العيب بالإضافة إلى عيوب التشغيل الأخرى. وتتم متابعة التقرير كل ساعة بواسطة المسؤولين (مشرف الجودة ومشرف الخط ومدير صالة الإنتاج).

النتائج

أظهرت النتائج بعد تحليل العيوب، أنها عيوب ناتجة عن اتساخ الملابس بالزيت – فبقع الزيت ناتجة عن الماكينات.

حيث تمت المراقبة عن طريق عمل تقارير يومية لبيان مدى كفاءة الماكينة ما إذا كان بها تسريب زيت أم لا، وتم تحديد الماكينات المعيوبة وعمل إجراءات الصيانة اللازمة لها، أو استبعادها تماما من خطوط الإنتاج.

3. دراسة (إبراهيم، 2019)

"استخدام منهجية ستة سيجما كمدخل للميزة التنافسية للصناعات الوطنية بالمملكة العربية السعودية"

هدف البحث إلى إبراز أهمية استخدام منهجية ستة سيجما لرفع الكفاءة الإنتاجية للصناعات الوطنية بالمملكة العربية السعودية وذلك عن طريق تخفيض نسبة العيوب، وتعظيم الأرباح. وذلك سيؤدي إلى دخول الصناعات الوطنية مضمار التنافس بين الصناعات الأخرى سواء على المستوي المحلي أو الدولي.

ولتحقيق أهداف الدراسة تم التطبيق على المؤسسة الوطنية للصناعة بمدينة الرياض وهي واحدة من أكبر المجموعات الصناعية في المملكة العربية السعودية، حيث يصل عدد موظفيها يصل إلى 2300 موظف، وتضم عدد من الوحدات الاستراتيجية التي تترابط فيما بينها لتصنيع منتجات ذات مواصفات عالمية، وتم أخذ عينة عشوائية من العاملين بمصانع المجموعة الوطنية للصناعة بمدينة الرياض على مختلف (الإدارة العليا، المهندسين، الفنين، العمال، الإداريين) والبالغ عددهم 148 فرد، وتقديم استبيان لهم حول أهمية تطبيق المنهجية

وتم التوصل إلى بعض النتائج:

1. تم إثبات صحة الفرض الرئيسي الأول بأنه توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين تطبيق منهجية 6 سيجما وتحقيق الميزة التنافسية للصناعات الوطنية بالمملكة العربية السعودية.

2. تم إثبات صحة الفرض الرئيسي الثاني حيث أنه توجد علاقة تأثيرية ذات دلالة إحصائية بين آراء عينة الدراسة حول توافر مقومات تطبيق منهجية 6 سيجما والمتغيرات الشخصية والوظيفية التالية لهم مثل (الجنس، العمر، الخبرة، المؤهل الدراسي، التخصص) .
3. تم إثبات صحة الفروض الفرعية بأنه توجد علاقة تأثيرية ذات دالة إحصائية بين تطبيق منهجية 6 سيجما وجودة المنتجات، سياسة التحسين المستمر، وجودة العمليات الإنتاجية، سياسة التركيز على العملاء، توفير كوادر بشرية مدربة.

و**تم توصية الإدارة العليا** بالالتزام بتطبيق منهجية 6 سيجما ووضعها في الخطط الاستراتيجية والتشغيلية لمؤسسات الصناعية.

- **التعقيب على الدراسات السابقة:**

من خلال الدارسات السابقة التي تم عرضها، نلاحظ ما يلي:

1. أغلب الدراسات الحديثة تبين الاهتمام المتزايد والرغبة بتطبيق العلوم الحديثة وإبرازها لدورها الفعّال في تحسين العمليات ضمن المنشآت.
2. التوجه بإيجابية لتطبيق مفهوم "**Six Sigma**" في مجالات الصناعات الحديثة.
3. ان استخدام منهجية "**Six Sigma**" يكون في مختلف المجالات الإنتاجية والخدمية، وبالتالي فان ما يميز الدراسة الحالية عن سابقاتها، بأنها هدفت إلى التعرف على قدرة "**Six Sigma**" في تخفيض تكاليف الجودة في معامل الكابلات، واستخدامها للمنهجية بشكل مباشر كإطار لمراقبة عملية التصنيع بطرق إحصائية، بالإضافة إلى دراسة عملية التصنيع نفسها وتقديم مقترحات لتحسينها فيما يخدم هدف البحث.

الفصل الثاني: أساسيات الجودة ومنهجية الحيود السداسي"Six Sigma"

1.2. المقدمة:

أن تسارع التطور الاقتصادي العالمي يهدف إلى إزالة الحواجز بين الدول، وتفعيل روح المنافسة بين المؤسسات والشركات، لتقديم منتجات وخدمات تلائم رغبات العملاء وتفي باحتياجات المستفيدين وتسهيل انسياب البضائع بين الدول والأسواق، وهذا الوضع يتطلب ضرورة تطبيق برامج إدارية حديثة، تتماشى مع هذا التطور السريع وتساعد على رفع مستوى جودة الخدمات والمنتجات مع تخفيض وضبط في النفقات والتكاليف، بالإضافة الى ذلك فان المنظمات تواجه العديد من التحديات، والتي دعت الى ظهور مفاهيم جديدة في إدارة المنظمات التي تسعى الى تحقيق البقاء والاستمرار في عالم المنافسة وذلك بتغيير اساليبها التقليدية التي لا تتناسب مع متغيرات البيئة الحديثة، وإن تبني مفاهيم إدارية حديثة تمكنها من مواجهة تلك التحديات والتغلب عليها لتحقيق مستوى الأداء الأفضل.

وتعتبر إدارة الجودة الشاملة من المداخل الإدارية الحديثة، وان الرغبة في تطبيق برامج لإدارة الجودة الشاملة هدف أساس تسعى كافة الوحدات الاقتصادية لتطبيقه كفلسفة في مختلف أنشطتها وعملياتها ليكسبها القدرة على مواكبة كل التحديات والقباء في دائرة المنافسة العالمية وتطوير أنظمتها المحاسبية.

ويعتبر مدخل"**Six Sigma**" من افضل الأساليب الحديثة للتحسين المذهل لجودة الخدمات والمنتجات والعمليات، ويعد مفهوم "**Six Sigma**" من اشهر المفاهيم الإدارية في عالم إدارة الجودة الشاملة، وقد ظهر هذا المفهوم في شركة موتورولا الامريكية في بداية الثمانينات من القرن الماضي وحقق انتشاراً واسعاً، حيث بدأت كبرى الشركات العالمية بتبنيه وتطبيقه على إجراءاتها الإدارية المختلفة، ويعتمد هذه المدخل على التحليل المتزايد للبيانات والاحصائيات المجمعة للتعرف على مواطن الخلل والعيوب في الإجراءات او الخدمات وذلك للعمل على معالجتها بشكل دائم ومحاولة تقليل نسبة الأخطاء لتصل الى نسبة صفر كلما أمكن ذلك.

2.2. أساسيات الجودة:

1.2.2. مفهوم الجودة:

كلمة جودة في أصل اللغة تعني الجيد نقيض الرديء، وأجاد الشيء بجودة أي صار جيد، وتعرف كلمة جودة باللاتينية بأنها كلمة مشتقة من qualities ويقصد بها طبيعة الشيء أو الشخص ودرجة صلابته، وتعبر كلمة جودة عن وجود ميزات أو صفات معينة في السلعة أو الخدمة إن وجدت هذه الميزات فإنها تلبي رغبات من يشتريها أو يستعملها.

قدم العديد من الباحثين تعاريف للجودة وبهذا تعددت مفاهيم الجودة حيث نذكر منها ما يلي:

- عرف القاموس أكسفورد الأمريكي الجودة على أنها "درجة أو مستوى من التميز". **(النعيم، 2009، صفحة 31)**
- عرفها معهد الجودة الفيدرالي الأمريكي على أنها " أداء العمل الصحيح، وبالشكل الصحيح من المرة الأولى، مع الاعتماد على تقييم المستفيد في معرفه مدى تحسن الأداء". **(السامرائي، 2007، صفحة28)**
- عرفهاCrosby بأنها " المطابقة مع المتطلبات، وأكد تنشا من الوقاية وليس التصحيح، وبأنه تمكن من تلبية حاجات ورغبات الزبون". **(Crosby, 1999, p12)**
- عرفها Taguchi الجودة " تعبير عن مقدار الخسارة التي يمكن تفاديها والتي قد يسببها المنتج للمجتمع بعد تسليمه"، وبذلك يتضمن الفشل في تلبية توقعات الزبون، والفشل في خصائص الأداء، والتأثيرات الجانبية الناتجة على المجتمع كالتلوث والضجيج وغيرها. **(Barod, 1989, p447)**
- عرفها Joseph juran على أنها: ملائمة للغرض أو الاستعمال، جوران قال أن الجودة لها ثلاثة معاني:
  1. الجودة تحتوي على جميع مظاهر المنتج الذي يحقق احتياجات وتطلعات المستهلك.

2. الجودة تعني عدم وجود خلل في المنتج.

3. الملائمة في الاستخدام. **(عيشاوي، 2006، صفحة9)**

- عرفها Edward Deming أنها: البحث المستمر عن الأخطاء والعمل على التحسين المستمر. **(العويسات، 2005، صفحة9)**
- عرفها كذلك Feigenbaum على أنها: الناتج الكلي للمنتج أو الخدمة جراء دمج خصائص النشاط التسويقي والهندسة والتصنيع والصيانة التي تمكن من تلبية حاجات ورغبات الزبون.**(Fisher & Barry, 1996, P5)**
- عرفت المنظمة الدولية للتقييس (ISO) الجودة بأنها" الدرجة التي تشبه فيها الحاجات والتوقعات الظاهرية والضمنية من خلال جملة الخصاص الرئيسية المحددة مسبقاً للمنتج". **(ISO 9000, 2000, P7)** وتؤكد المواصفة على ضرورة تحديد تلك الحاجات والتوقعات وكيفية اشباعها.

نلاحظ ان الجودة وفقاً للمواصفة (ISO 9000) عبارة عن مقياس لمدى تلبية حاجات الزبائن ومتطلباتهم الظاهرية والضمنية، فالجودة لا تعني بالضرورة التميز، وانما ببساطة المطابقة للمواصفات، وترجمة حاجات الزبائن وتوقعاتهم، ومن ثم فان الذي يحكم على الجودة في النهاية هو الزبون.

من الاستعراض السابق لمفاهيم الجودة يتضح الاختلاف الواضح في تعريفها لأن قياسه أمر نسبي ويتعلق بأمور ذاتية فوجهة نظر الزبون تختلف عن وجهة نظر المورد، وجهة نظر رجل التسويق عن وجهة نظر رجال الإنتاج، لذلك يتطلب من الشركات ان تضع أهدافها بتصميم الجودة وتكاليف الحصول عليها على المستوى المعين لهذه الجودة، بمعنى ضرورة ان تقوم الشركة بتصميم الجودة بالشكل الذي يجعل الفرق موجباً بين القيمة والكلفة وبحده الأقصى.

نستطيع القول إن الجودة عبارة عن مجموعة من الصفات والخصائص الموجودة في المنتج أو الخدمة تلبي الحاجات والرغبات الضمنية والصريحة الحالية والمستقبلية للزبون، إذن الجودة هي:

- ✓ الالتزام والإيفاء بمتطلبات العملاء؛
- ✓ عمل الشيء بالطريقة الصحيحة من أول مرة وفي كل مرة؛
- ✓ ملائمة المنتج أو الخدمة للغرض أو الاستخدام؛
- ✓ عدم وجود أخطاء في المنتج أو الخدمة.

2.2.2. أبعاد الجودة (قديد، 2021، صفحة8):

يختلف الكتاب والمفكرون في تحديد عدد أبعاد الجودة، فمنهم من يرى أن أبعاد جودة الخدمة أقل من أبعاد جودة المنتج، وتختلف عنها اختلافاً نسبياً، لكن أغلب الكتاب يحددون الأبعاد التالية للجودة:

- **الأداء:** خصائص المنتج الأساسية والتي تم تحديدها بالاعتماد على رغبات واتجاهات الزبائن، مثل السرعة والتنافسية.
- **المظهر:** ويمثل هذا البعد مجموعة الخصائص الإضافية للمنتج أو الخدمة مثل الأمان والسهولة في الاستخدام أو التكنولوجيا العالية، وتمثل الصفات التي تدعم الوظيفة الأساسية وتؤثر على القرار الشرائي خاصة عندما تكون المنتجات في السوق لا تختلف من حيث الخصائص الأساسية.
- **المطابقة:** الإنتاج حسب المواصفات المطلوبة أو معايير الصناعة.
- **الاعتمادية:** مدى ثبات الأداء بمرور الوقت بمعنى آخر متوسط الوقت الذي يتعطل فيه المنتج عن العمل، ويشير هنا إلى الاتساق في الأداء ويجب أن يكون هناك درجة من الاعتمادية والثقة في أداء المنتج أو الخدمة (عدم تكرار الأعطال وأن تكون جاهزة وفقاً للطلب).
- **الديمومة:** أو الصلاحية ويقصد بها العمر التشغيلي المتوقع، فكلما كان أكبر كلما كان مستوى الجودة أحسن، ويشير هذا إلى مدة بقاء المنتج أو الخدمة.

- **الخدمات المقدمة:** حل المشكلات والاهتمام بالشكاوى بالإضافة إلى مدى سهولة التصحيح ويمكن قياس هذه الخدمات على أساس سرعة وكفاءة التصحيح.
- **الاستجابة:** مدى تجاوب البائع مع الزبون.
- **الجمالية:** إحساس الإنسان بالخصائص المفضلة لديه، أي يهتم هذا البعد بالشكل العام للمنتج والكماليات التي يحتويها وهي تخضع للحاجات ورغبات الزبائن بحيث تؤثر على تفضيلاته، وترتيبهم للأولويات بين المنتجات المنافسة.
- **السمعة:** الخبرة والمعلومات السابقة عن المنتج أو الخدمة.
- **الجودة المدركة:** هو مستوى الجودة الذي يدركه الزبون قبل، أثناء أو بعد الشراء.
- **الانتظام:** يمكن أن نعبر عنه باستقرار المواصفات وعدم تأثرها بالمتغيرات التي تؤثر على الإنتاج.

3.2.2. أهمية الجودة:

تتبوأ الجودة أهمية استراتيجية سواء على مستوى المنظمة أو على مستوى المجتمع وأخذت هذه الأهمية بالتزايد منذ الخمسينيات ففي عام 1950 صرحت اليابان بان الجودة هي الهدف الأساس في بناء الاقتصاد والارتفاع بالإنتاجية والتميز بالسوق وبالتالي الحصول على الموقع التنافسي الذي تطمح إليه في الأسواق العالمية. وقد تحقق لها ذلك التفوق، ففي خلال مرحلة السبعينات تفوقت اليابان بشكل بارز في مجال الجودة على الولايات المتحدة الأمريكية، ويمكن بيان أهمية الجودة للمنظمات الصناعية من خلال تأثيرها في المجالات التالية:

- **سمعة المنظمة:** تستمد المنظمة السمعة الحسنة من مستوى الجودة الذي تنتج به منتجاتها ومحاولة تقديم منتجات تلبي رغبات وحاجات زبائن المنظمة.
- **المسؤولية القانونية عن المنتج:** إن المنظمات التي تقوم بتصميم منتجات معينة وإنتاجها تكون مسؤولة قانوناً عن كل أذى يحصل نتيجة استخدام المنتج.

- **التطبيقات الدولية:** من أجل بلوغ المنظمة التنافسية المستوى الدولي، فإن عليها الاهتمام بالجودة، وعند حصولها على شهادة الأيزو مثلا يتطلب ذلك من المنظمة الالتزام بالمواصفات المحددة والمتفق عليها دولياً مع ضرورة التحسين المستمر لجودة إنتاجها.
- **التكاليف والحصة السوقية:** إن تحقيق مستوى الجودة والتحسين المستمر لها سوف يؤدي إلى جذب أكبر عدد من الزبائن ومن ثم زيادة الحصة السوقية وذلك يؤدي إلى تخفيض التكاليف ومن ثم زيادة ربحية المنظمة.
- **الإنتاجية:** الجودة لها صلة وثيقة بالإنتاجية، وهما وجهان لعملة واحدة، حيث أن المحافظة على الجودة وصيانتها يؤديان إلى تأثير إيجابي في الإنتاجية وبالمقابل فإن الجودة الرديئة تؤثر في الإنتاجية من خلال الاستخدام غير الكفء لموارد الإنتاج.
- **التكاليف:** تؤدي الجودة الرديئة إلى زيادة التكاليف التي تتحملها المنظمة، خاصة تلك المتعلقة بالوحدات المعيبة، لذا دعا "تاكوشي" المنظمات الإنتاجية إلى اعتماد مبدأ الجودة باتجاه الهدف إذ أشار إلى أن الهدف يمثل القيمة التي تحدد خصائص جودة المنتج، وتمثل هذه التكاليف خساره الجودة. **(قديد، 2021).**

4.2.2. مراحل تطور الجودة (العياشي وكريمة، 2019):

1.4.2.2. مرحلة الفحص أو التفتيش (بداية عام 1840):

أحدثت الثورة الصناعية كما هو معروف تغيرات جذرية في مجال الصناعة، وأصبح على المشرف المباشر مسؤولية التحقق من الجودة... وبظهور مصطلح يدعى "فحص الجودة" سحبت مسؤولية فحص جودة المنتج من المشرف المباشر، واسندت إلى مفتشين مختصين بالعمل الرقابي على الجودة، وكانت عمليه التحقق من الجودة تركز على إجراء المطابقة بين المعايير المحددة سابقاً مع جودة المنتج المنجزة، بينما كانت الرقابة تهدف إلى تحديد الانحراف (الخطأ) والمسؤول عنه (الرقابة البوليسية).

تسمى أيضاً بمرحلة الإدارة العلمية، في هذه المرحلة تركز الجودة على اكتشاف الأخطاء وتصحيحها دون السعي لمنع حدوث الأخطاء وتمنح وصول الوحدات غير المطابقة إلى الزبائن، فالفحص بمثابة مصفاة تقوم باكتشاف وعزل الوحدات الغير مطابقة يتم توجيهها نحو الإصلاح أو بيعها بالحالة التي هي عليها مع تخفيض في سعر البيع، أو تصنيفها في خانة المهملات، وإن عمليات الفحص تكشف عن أخطاء أو العيب الذي حدث بالفعل، لكنها لا تقوم بمنعه من الأساس ولا الاستفادة منه بعد وقوعه.

2.4.2.2. مرحلة ضبط ومراقبة الجودة (1940-1960):

أو تسمى مرحلة الرقابة الإحصائية للجودة اين عرفت هذه الفترة بظهور أسلوب الإنتاج الكبير، وتهدف إلى منع وتقليل نسب المعيب في المنتجات باستخدام الأساليب الإحصائية، وتقوم الرقابة الإحصائية أو مرحلة السيطرة على التفتيش الكلي وتعتمد المراقبة أو السيطرة على استخدام الأساليب الإحصائية عن طريق عينات القبول للحكم على جودة المنتج النهائي، تقوم هذه المرحلة على أخذ عينة من الطلبية وإسقاط نتائجها على المجتمع ككل، فإذا كانت نسبة الوحدات المعيبة أقل من نسبة الوحدات المعيبة المسموح بها فان الطلبيات تعتبر سليمة وبالتالي يمكن قبولها، أما إذا كانت نسبة الوحدات المعيبة في العينة أكبر من نسبة الوحدات المسموح بها فيتم الرفض.

3.4.2.2. مرحلة تأكيد وضمان الجودة (1960-1980):

إن هذه المرحلة تركز وتوجه كامل الجهود للوقاية من الأخطاء، أي أن هذه المرحلة تركز على نظام يقوم أساساً على منع وقوع الأخطاء من أول مرة، ويعرف هذا بمبدأ التلف الصفري، وتحقيقاً لشعار الإنتاج بدون أخطاء تبنى تأكيد الجودة استخدام ثلاث أنواع من الرقابة هي "الرقابة الوقائية" لمتابعة تنفيذ العمل أول بأول، "الرقابة البعدية" للتأكد من جودة المنتج بعد الانتهاء من تصنيعه وقبل انتقاله ليد المستهلك.

وقد ركزت على منع حدوث الأخطاء أثناء التصنيع وهي مرحلة التأكد من الجودة وضمانها والتي بدأت في الصناعة العسكرية والنووية مع نهاية الحرب العالمية الثانية ثم طورت لتكون بمثابة الرد الأوروبي على مفهوم الضبط الشامل للجودة الذي استطاعت اليابان بواسطته غزو الأسواق الأوروبية في عقد السبعينات والثمانينات وبهذا استخدم الأوروبيون مبادئ تأكيد الجودة في بناء الISO 9000 كنظام لإدارة الجودة ومستخدمة إياه كأحد الأسلحة التنافسية الاستراتيجية في مواجهة الغزو الآسيوي والأمريكي لأسواقها من خلال اعتماده مدخلاً أساسياً للوصول إلى الإدارة الشاملة للجودة.

4.4.2.2. مرحلة إدارة الجودة الشاملة (1980-الآن):

تطور مفهوم الجودة من مفهوم جودة المنتج النهائي إلى جودة المنظمة ككل، وانتقلت فلسفة الجودة من الرقابة على الجودة إلى إدارة الجودة، تميزت هذه المرحلة بتطبيق مفهوم إدارة الجودة الشاملة والتي تقتضي تطبيق الجودة في جميع أجزاء وأنشطة المنظمة والهدف من ذلك هو أداء كل شيء في الوقت المحدد وبالشكل الصحيح منذ البداية لتجنب الأخطاء وعدم المطابقة، تركز هذه المرحلة على العمل الجماعي وتشجيع مشاركة جميع العاملين واندماجهم وأيضاً تركز على المستفيدين ومشاركة الموردين.

5.2.2. مفهوم إدارة الجودة الشاملة:

ظهرت إدارة الجودة الشاملة كمدخل إداري يركز على الجودة التي تعتمد على مساهمة جميع افراد المنظمة لتحقيق النجاح طويل المدى من خلال تحقيق رضا الزبون وتحقيق المنافع لجميع أفرادها وللمجتمع.

الى جانب الاهتمام الكبير بنمط الإدارة الحديثة، شهدت هذه المرحلة تطور المواصفات العالمية بما يضمن تحقيق أعلى درجات المطابقة للمواصفات المطلوبة للزبون، الأمر الذي وحد المواصفات الوطنية في دول العالم كافة للخروج بمواصفة عالمية موحدة ذات شهادة لضمان الجودة، والمعروفة بسلسلة المعايير الدولية ISO، فهذه المواصفات

أصبحت شرطاً مهماً وأساسياً في عملية التبادل التجاري الدولي وضرورة إبرام العقود التجارية بين المنظمات في كافة دول العالم.

وعلى الرغم من تعدد المفاهيم لإدارة الجودة الشاملة واختلاف الكتاب حول إبراز تعريف محدد لها، لكون الجودة نفسها تحمل مفاهيم مختلفة من حال إلى حال، ومن شخص إلى شخص، إلا أن الباحثين قد اتفقوا على إبراز الكثير من الجوانب الأساسية للإدارة الشاملة للجودة، ومن أبرز تعاريفها:

- **تعريف منظمة الجودة البريطانية (BQA):**

إدارة الجودة الشاملة هي فلسفة إدارية وممارسة منظمة، تهدف إلى استخدام الموارد البشرية، والمادية المتاحة، بشكل أكثر فعالية لإنجاز أهداف المنظمة. **(خضيري، 2000، صفحة 74)**

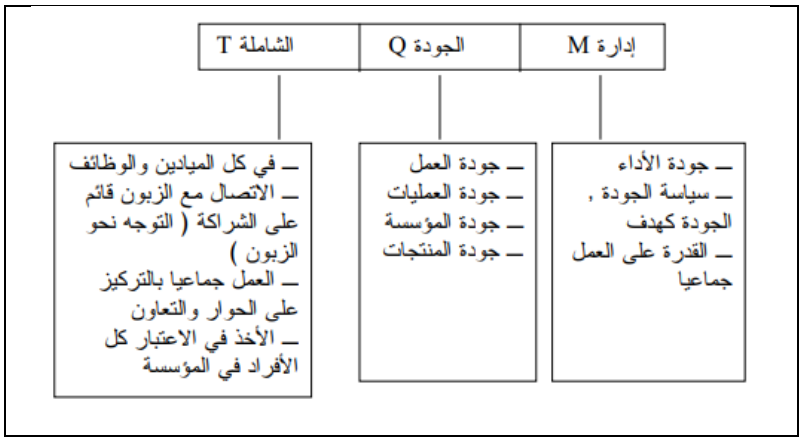
يركز هذا التعريف على الكفاءة والفاعلية داخل المنظمة ويقود إلى التميز من خلال تلبية احتياجات المستهلك، الذي من خلاله تحقق المنظمة أهدافها دون أن تكون هناك ازدواجية في العمل، ودون أن يكون هدر في الموارد والجهود.

- **تعريف "جون أوكلاند":**

أنها منهج شامل لتحسين التنافسية والفعالية والمرونة في المنظمة من خلال التخطيط، التنظيم والفهم لكل نشاط، اشتراك كل فرد في أي مستوى تنظيمي في المنظمة. **(الطائي، 2008، صفحة 85)**

- **تعريف "معهد الجودة الفيدرالي":**

إدارة الجودة الشاملة منهج تطبيقي شامل يهدف إلى تحقيق حاجات وتوقعات العميل حيث يتم استخدام الأساليب الكمية من أجل التحسين المستمر في العمليات والخدمات في المنظمة. **(خضيري، 2000، ص:75)**



الشكل رقم 1الأبعاد المكونة لمصطلح إدارة الجودة الشاملة

ومن خلال ما سبق نجد انها تتعدد التعاريف حول فلسفة الجودة الشاملة إلا أنها جميعاً تدور حول مجموعة من المرتكزات الأساسية في مفهوم إدارة الجودة الشاملة، والتي يمكن تلخيصها على النحو التالي:

إدارة الجودة الشاملة عبارة عن نظام يربط بين جميع إدارات واقسام المنظمة والعاملين بها، وما يقومون به من أنشطة مختلفة في منظومة متكاملة وبمقتضاها يتحمل جميع افراد المنظمة كلٌ في موقعه مسؤولية ضبط الجودة، وتتعامل كل وحدة في المنظمة مع الوحدة التالية على أساس ان الأولى مُنتجاً والتالية مستهلكاً ينبغي أن تصل اليه المخرجات مطابقة للمواصفات، وعلى أن يكون النمط الإداري السائد في المنظمة ككل قائماً ليس على أساس خطوط السلطة بل على أساس وعي وإيمان العاملين واقناعهم بأهمية الجودة في تخفيض التكاليف وزيادة الأرباح ومن ثم انعكاس ذلك على حوافز العاملين وإثابتهم.

1.5.2.2. مبادئ الجودة الشاملة: (محمد، 2024):

يرتكز نظام إدارة الجودة الشاملة على مبادئ ثمانية، يمكن اعتمادها من قبل الإدارة العليا في قيادتها للمنظمة نحو تحسين أداءها، وهي:

- **التركيز على الزبون:**

إن رضا الزبون هو المحور الأساسي لإدارة الجودة الشاملة، وفي مقدمة اهتماماتها التي تبدأ بالتعريف على حاجات الزبون ورغباته وتوقعاته، وتفسيرها ثم ترجمتها في مراحل التصميم والتصنيع اللاحقة لتقديم السلع والخدمات التي تحقق قيمة متفوقة للزبون.

تعتمد المنظمة على زبائنها لذلك ينبغي عليها فهم حاجاتهم ورغباتهم وتوقعاتهم الحالية والمستقبلية، للإيفاء بمتطلباتهم ومحاولة التفوق على توقعاتهم.

- **القيادة:**

يقع على عاتق القيادة تحديد وحدة الهدف واتجاه المنظمة، كما ينبغي عليهم خلق والمحافظة على بيئة داخلية تتيح للأفراد العاملين المشاركة التامة في تحقيق اهداف المنظمة، ويتم ذلك من خلال فهم الابعاد المؤثرة في ذلك، مثل: الثقافة التنظيمية، طبيعة المهام، حاجات الافراد وتوقعاتهم، علاقتهم بالقائد، كما يجب على القائد ان يهيئ بيئة عمل مناسبة للعالمين في المنظمة من حيث الظروف المادية والاجتماعية والسلوكية بما يضمن تحقيق النتائج المتوقعة من تطبيق نظام إدارة الجودة الشاملة.

- **مشاركة الافراد العاملين:**

يمثل الافراد جوهر المنظمة، بغض النظر عن مستوياتهم، وإن اسهام افراد المنظمة في تحديد الأهداف، وصياغة الخطط واغناءها من خبراتهم وتجاربهم المكتسبة ميدانياً يجعلهم أكثر حماسة واندفاع في تنفيذ خطط اشتركوا– لو جزئياً– في اعدادها بما يؤمن لها نجاحاً أكبر.

ان من اهم سمات إدارة الجودة الناجحة اعتمادها على خلق ثقافة تنظيمية تشجع جميع الافراد العاملين على المشاركة في تحليل مشكلات العمل، وتحديد أسبابها، وطرق معالجتها، مع تنمية روح الفريق والعمل الجماعي، وتوفير الدعم والتحفيز الدائم لذلك.

- **مدخل العملية:**

تزداد كفاءة تحقيق النتائج المطلوبة او المرغوبة عند إدارة موارد المنظمة ونشاطاتها على أساس العملية، التي تمثل مجموعة من النشاطات المتداخلة والمتفاعلة فيما بينها لتحويل المدخلات الى مخرجات. حيث يتطلب استمرار العملية توفير موارد مختلفة مثل: المعلومات، الطاقة، الوقت اللازم لإنجاز كل نشاط داخل العملية، فضلاً عن تخطيط العملية وفقاً ل: متطلبات الزبون، الموارد المتاحة، قدرات العملية من اجل تحقيق الرضا للزبائن وبأقل استخدام ممكن للموارد.

- **مدخل النظم في الإدارة:**

الإدارة كنظام تتكون من عدة عناصر ووظائف عادة ما تكون في وضع تفاعلي منتظم من أجل تحقيق اهداف محددة ينظر اليها على انها نظام كلي يتكون من مجموعة من النظم الفرعية يكمل كل جزء منها الجزء الآخر ويترابط معه.

يساهم تحديد العمليات المترابطة وفهمها وادارتها بوصفها نظام في فاعلية المنظمة وكفاءتها في تحقيق الأهداف.

- **التحسين المستمر:**

يجب ان يكون التحسين المستمر للأداء الشامل للمنظمة هدفاً دائماً لها، بهدف زيادة قابليتها على الإيفاء بمتطلبات الجودة، ذلك لأن حاجات ورغبات وتوقعات الزبائن في تغير مستمر، وكذلك لتحديد وتلافي الاخطاء والعوائق امام عمليات الإنتاج بما يساهم في زيادة الكفاءة وتخفيض التكاليف.

هناك عدة أنواع للتحسين منها: تعزيز القيمة للزبون من خلال سلع وخدمات جديدة ومحسنة، تقليل الأخطاء والعيوب والضياعات، تحسين الاستجابة والدورة الزمنية للأداء، تحسين الإنتاجية، والفاعلية في استخدام الموارد.

- **اتخاذ القرارات على أساس الحقائق:**

تتخذ القرارات استناداً الى الحقائق عن طريق وضع إطار للقياس، ولجمع المعلومات، وللتحليل. ويعتمد القياس على توجيه وتركيز استراتيجية المنظمة صوب بعد تنافسي محدد– كالجودة مثلا– مما يتطلب قياس جميع العمليات الأساسية ومخرجاتها على أساس الجودة، حيث يتم جمع المعلومات المطلوبة لتقويم الأداء وتحسينه فيما يتعلق ب: الزبائن، المنتج، العمليات، الافراد، السوق والمنافسة، فضلاً عن المعلومات المالية. وبهذه الطريقة تبنى القرارات الفاعلة على تحليل البيانات والمعلومات التي تستخدم لوضع اهداف واقعية، وخطط عملية استناداً على تلك الحقائق.

- **علاقة المنفعة المتبادلة مع الموردين:**

تعني تعزيز علاقة المنفعة المتبادلة بين المنظمة ومورديها، وقابلية كل منهما في خلق القيمة من جهة، ومن جهة أخرى فان علاقات شراكة الموردين، وادامة علاقات الثقة المتبادلة النافعة للطرفين يعزز التحسين المستمر للجودة. ويتطلب النظر الى الموردين بوصفهم جزءاً من المنظمة ضمن علاقة طويلة الأمد توفر الاستقرار المطلوب لعمل المنظمة والمورد معاً.

3.2. استراتيجية الحيود السداسي "Six Sigma":

1.3.2. مدخل إلى "Six Sigma":

أصبح موضوع الجودة والرقابة عليها من المواضيع التي تركز عليها الإدارة هذه الأيام، وتعد "**Six Sigma**" مبادرة للجودة قائمة على مراقبة إحصائية للعمليات بأنواعها المختلفة، الفنية والمالية، وتتميز عن باقي الأدوات العلمية الأخرى

بتحليلها الإحصائي الدقيق، والطريقة النظامية لحل المشاكل، والتحديد الدقيق للأسباب الجذرية الخاصة بالتباين أثناء عمليات الإنتاج.

ولقد حظي مفهوم "**Six Sigma**" باهتمام الباحثين كونه من المفاهيم الإدارية الحديثة في المجالات الصناعية والخدمية، فتعددت آرائهم تبعاً لخلفياتهم ونظراتهم العملية.

"**Six Sigma**" هي مفهوم لإدارة الأعمال تضع الزبائن في الترتيب الأول وتعتمد على استخدام المعلومات والحقائق من أجل الوصول إلى حلول أفضل، من خلال تصميم ومراقبة أنشطة الأعمال اليومية بحيث يتم تقليل الفاقد واستهلاك المصادر وفي نفس الوقت تلبية احتياجات العميل وتحقيق القناعة لديه. **(Cassel of Wikhund, 2011)**.

2.3.2. نشأة "Six Sigma":

تعود "**Six Sigma**" الى كروسبي (Crosby) المتخصص في علم الجودة، والذي طرح المفهوم لأول مرة في كتابه الشهير (Quality is free) عام 1979م، بينما تعود بداية التطبيق العملي لعام 1980م في شركة موتورولا على يد مايكل هاري(Mikel Harry) وبيل سميث (Bill Smith) وذلك لإجراء تحسينات على جودة المنتجات وتقليل الأخطاء، وبذلك فهي أصبحت العمود الفقري لإدارة الجودة الشاملة داخل الشركة، حيث حققت فوائد هائلة في الإنتاج وانعكس ذلك على تحسين النتائج المالية، فقد وفرت 16 مليا دولار في 15 عام، وحصلت على جائزة مالكولم بالدريج القومية Malcolm Baldrige Nation Quality Award (MBNQA) عام 1988م، وتوالى تطبيقها في الكثير من الشركات بعد ذلك وعلى راسها شركة آليد سينجان على يد لارى بوسايدى حيث وفرت في عام واحد 500 مليون دولار، وطبقت بالشركة جينرال إلكترك على يد جاك ويلاش ووفرت 4.4 مليار دولار في أربع سنوات، ثم توالت المنظمات باختلاف نشاطها بتبنيها "**Six Sigma**".

أما بالنسبة لجذورها التاريخية فتعود لهندسة الأنظمة في وزارة الدفاع الامريكية ووكالة ناسا للفضاء، حيث اعتمدت على الأساليب الإحصائية المتقدمة بين المدخلات والانتقال الى العمليات باستخدام طرق التحليل والمؤشرات، وتصميم التجارب، وتم إطلاق برنامج "**Six Sigma**"رسمياً في عام 1987م.

وبحلول 2003م أصبحت "**Six Sigma**" معياراً للجودة وتبنتها الجمعية الامريكية للجودة، وفي عام 2004م وُجد أكثر من 200 كتاب حول "**Six Sigma**". **(عبد الستار، 2024).**

3.3.2. المراحل التاريخية لتطور "Six Sigma":

ان "**Six Sigma**" مرت بثلاث مراحل من التطور منذ نشأتها حتى الان، وتتمثل فيما يلي: **(أبو الليل، 2022).**

- **المرحلة الأولى (تخفيض العيوب)** : تمتد من 1988م – 1994م وركزت على تخفيض نسبة المنتجات المعيبة.
- **المرحلة الثانية (تخفيض التكاليف)** : تمتد من 1994–2000 وتركز على تخفيض التكاليف الإنتاجية.
- **المرحلة الثالثة (التركيز على المستفيد)** : بدأت منذ عام 2000 وحتى الآن، حيث تركز على خلق القيمة المضافة للمستفيد، ودمجها مع منهجيات أخرى مثل Lean لتخفيض الهدر من العميات.

4.3.2. مفهوم "Six Sigma":

اختلفت الآراء حول ماهية"**Six Sigma**" ، حيث ركز البعض على الأساليب الإحصائية المستخدمة بها، بينما يرى آخرون أنها نظام لإدارة الجودة الشاملة هدفها الوصول الى درجة الكمال والخلو من الأخطاء، والبعض يرى أنها نوع من أنواع التغير الثقافي في المنظمات من حيث فهم الأفراد لواجباتهم وأدائهم لأعمالهم، في حين يرى آخرون أنها منهجية تهدف الى تحسين جودة العمليات في المؤسسات وذلك بتركيزها على احتياجات المستفيدين، ويرى البعض انها

نظام يساعد على تحسين مستوى الأداء داخل المؤسسة من خلال التركيز على استخدام نظم إحصائية لتحديد مدى نجاح الشركة في انجاز المهام. **(AL-Otaibi, 2021)**

1.4.3.2. مفهوم "Six Sigma" من وجهة نظر إحصائية:

هو مفهوم يحدد مكون من كلمتين: سغما (σ)، وستة (6)

- **الأولى (سغما):** الحرف الثامن عشر من الابجدية الاغريقية المستخدم في الإحصاءات ومؤشراً لوصف الانحراف المعياري أو التشتت في الرياضيات"Standard Deviation"، والذي يظهر قياس العيوب لكل وحدة في المليون Defects Per Million Opportunities (DPMO)، معادلته الرياضية هي:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_1^n (\varkappa - \bar{\varkappa})^2}{n-1}}$$ **(العليج، 2014، صفحة 36) المعادلة رقم (2-1)**

حيث أن:

$\sum_1^n$= تدل على المجموع ابتداء من 1 و حتى n

$\varkappa$ = تدل على القيم

$\bar{\varkappa}$ = تدل على الوسط الحسابي

n = تدل على حجم العينة

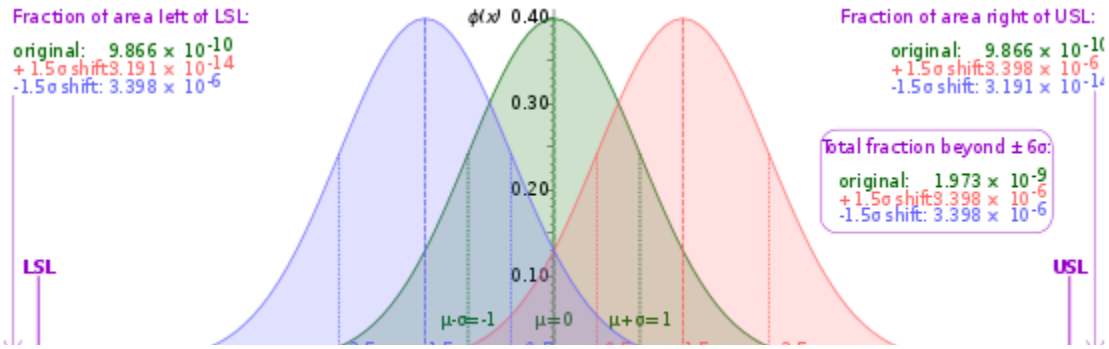
- **والثانية وهي (ستة):** ويرمز الى مستويات السيغما، فكلما ازداد العدد المرافق للسيغما، كلما دل على مستوى جودة أعلى، وانخفضت العيوب في الخدمة المقدمة والعكس صحيح.

الجدول 1 العلاقة بين مستوى Sigma ومقدار العيوب لكل مليون فرصة

مستوى sigma	الخطأ لكل مليون فرصة (DPMO)
2	**537,308**
3	**66,080**
4	**6,210**
5	**233**
6	**3,4**

الهدف من "**Six Sigma**" **هو** تحقيق مستوى من الجودة يكاد يكون مثالياً، مع وجود 3.4 عيوب فقط لكل مليون فرصة. وإذا كانت العملية تحتوي على ستة سيغما، ثلاثة أعلى وثلاثة أقل من المتوسط، فسيتم تصنيف معدل الخلل على أنه "منخفض للغاية".

يوضح الرسم البياني للتوزيع الطبيعي أدناه الافتراضات الإحصائية لنموذج "**Six Sigma**". كلما زاد الانحراف المعياري، زاد انتشار القيم التي تتم مواجهتها. لذا فإن العمليات التي يكون فيها المتوسط هو الحد الأدنى **6σ** بعيدًا عن أقرب حد للمواصفات، تستهدف معايير "**Six Sigma**". **(العليج، 2014)**



الشكل رقم 2الرسم البياني للتوزيع الطبيعي أدناه الافتراضات الإحصائية لنموذج Six Sigma

2.4.3.2. مفهوم "Six Sigma" كفكر تنظيمي:

تعتبر "**Six Sigma**" فكر تنظيمي، لأنها تركز على الزبون وعملية الإبداع والتحسين المستمر، وفلسفتها التنظيمية تقوم على الارتباط المباشر بين عدد العيوب في الإنتاج والتكاليف التشغيلية ومستوى رضا الزبون، وبهذا الفكر فان الأفراد يستعدون للعمل في فريق لكي ينجزو "**Six Sigma**".

وهدفها النهائي هو تقليل الاختلافات أو العيوب بما لا يتجاوز 3.4 عيب لكل مليون فرصة ورفع مستوى رضا الزبائن.

من الناحية المنطقية يصعب على أية منظمة تحقيق درجة الكمال في الجودة، فمهما كانت دقة الآلات المستخدمة في الإنتاج عالية، والتدريب للعاملين جيد، فلا بد من أن تحدث أخطاء وانحرافات في العملية الإنتاجية، لذلك تسعى القطاعات المختلفة الوصول لمستوى **Sigma** أعلى. **(العليج، 2014)**

3.4.3.2. استراتيجية مفهوم "Six Sigma" كمنهج:

ينظر لها من منظور المنهج على أنها عملية تحسين لاستراتيجية المنشاة وذلك باستخدام نموذج (DMAIC)، أو نموذج (DMADV)، وسيتم شرحهم لاحقاً.

تستخدم هذه المنهجية لتنظيم فلسفة "**Six Sigma**" ولا تقتصر هذه المنهجية على عمل قطاع معين كالصناعة مثلاً، ولكنها تستخدم في جميع المجالات.

5.3.2. مبادئ تطبيق "Six Sigma" (AL-Otaibi, 2021):

1. **التركيز على العملاء:** إن العملاء في فلسفة منهج "**Six Sigma**"تشمل الزبائن والعاملين في المنظمة وإن استمرار ونجاح المنظمة يعتمد على تلبية احتياجات العملاء وتوقعاتهم.
2. **القرارات المبنية على الحقائق والبيانات:** يساعد منهج "**Six Sigma**"في حصول المنظمة على بيانات أفضل حيث تقوم تلك المنظمات في عملية تقويم الأداء من خلال التركيز على بيانات واقعية وكافية.
3. **التركيز على العمليات والأنشطة الداخلية:** عند تطبيق منهج سيجما ستة "**Six Sigma**" فإن كل إجراء عملي يشكل عملية بحد ذاته سواء أكان تصميماً للمنتجات والخدمات، أو قياسا للأداء، أو تحسيناً للفاعلية أو إرضاء للعملاء.
4. **الإدارة الفعالة المبنية على التخطيط المسبق:** ويقصد بها أن الإدارة الناجحة تسعى إلى معالجة المشكلة قبل حدوثها بمعنى أن هناك إجراءات إدارية وفنية تم اتخاذها قبل حدوث المشكلة وذلك من أجل تفاديها، والتركيز على أسلوب الوقاية من حدوث المشاكل بدلاً من معالجتها.
5. **التعاون اللامحدود:** حيث يركز منهج "**Six Sigma**"على أهمية التعاون بين مختلف المستويات الإدارية في المنظمة بدلاً من المنافسة بينهم، إذ إنه من خلال التعاون تستطيع الادارة معرفة احتياجات الأقسام

الأخرى من موارد مالية وفنية وغيرها من المستلزمات المختلفة التي تساعد على دعم عملية التحسين المستمر للمنظمة.

6. **التحسين المستمر:** تؤكد فلسفة منهج "**Six Sigma**"على أهمية التحسين المستمر للمنظمات التي ترغب في عملية التطوير ويرتكز هذا المبدأ على أساس فرضية مفادها أن العمل هو ثمرة سلسلة من الخطوات والنشاطات المترابطة التي تؤدي في النهاية إلى محصلة نهائية.

من خلال ما سبق يعد منهجية ال"**Six Sigma**"منهجاً إدارياً حديثاً يتطلب أن يتوفر له البيئة المناسبة لأن يصل الى أعلى مستويات النجاح، ولضمان ذلك يتحتم توفر هذه المتطلبات المتمثلة بما يأتي: **(Cudney et al,2020)**

- **الدعم الإداري:** لابد ان تمتلك الإدارة العليا الرؤية الاستراتيجية للتنمية والتطوير وذلك بالعمل على اختيار المشروع المناسب وفريق العمل وتهيئة البيئة المناسبة.
- **توفير البيئة التحتية:** وذلك لضمان نجاح "**Six Sigma**" ولتطبيقها لابد من توفير اتصالات وتقنيات وقواعد بيانات ونظم الرقابة والتحكم، وكل ما من شأنه تسهيل تبادل المعلومات، وتحقيق الترابط بين القطاعات المختلفة.
- لابد ان تكون ثقافة المنظمة مناسبة وملائمة لتطبيق منهجية ال"**Six Sigma**".
- **تدريب الكوادر البشرية:** حيث ان التدريب يمثل عنصراً مهماً في تطبيق منهجية ال"**Six Sigma**".
- الموارد المالية، وذلك لتوفير تكاليف البنية التحتية لشراء أجهزة وبرامج وغيرها، وكذلك توفير مستلزمات العملية التدريبية.
- **إيجاد العلاقة بين ال"Six Sigma" والزبائن:** حيث تبدأ ال"**Six Sigma**"بتحديد أهم متطلبات الزبائن وتوقعاتهم، وتنتهي بتحقيق رضاهم على المنتجات الخدمات.

6.3.2. أهداف "Six Sigma" (Sony, 2020):

- التحسين المستمر في جودة العمليات، وفي كل عناصر الجودة الخاصة بالمؤسسة.
- تغيير وتحويل الثقافة التنظيمية من نمط مكافحة الأخطاء الى نمط منع الأخطاء، وأداء العمل الصحيح، وتقليل زمن الأداء.
- تهدف ال "**Six Sigma**" لتقديم منتجات ذات جودة تحقق توقعات الزبائن، وبأقل تكلفة وبأقل عيوب.
- اتباع استراتيجية لتحسين مقدرة العاملين، ورفع مهاراتهم على حل المشكلات في المؤسسات.
- استخدام البيانات لصنع القرارات، حيث تستخدم ثقافة "**Six Sigma**" البيانات بوصفها قوة مهمة للعمل، مما أدى الى ظهور ما يسمى الإدارة بالحقائق.

7.3.2. البناء التنظيمي لمفهوم " Six Sigma":

تتمثل مراحل تشكيل فرق العمل في أسلوب "**Six Sigma**"، بالآتي:

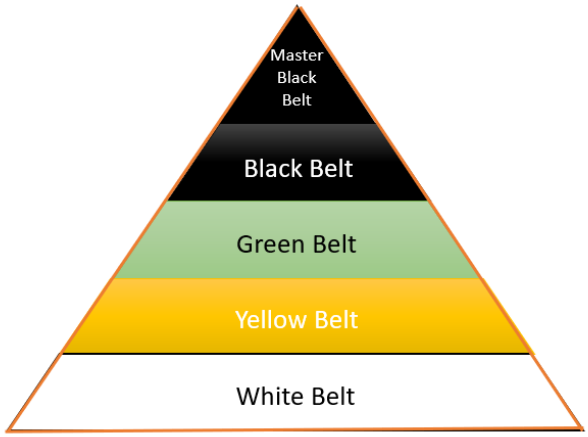
- **الراعي أو الداعم (Champion– Sponsor):** عادة ما يكون الراعي او الداعم هو المدير التنفيذي الذي يقوم بدعم الحزام الأسود او الفرق العاملة في "**Six Sigma**"، ووجوده مهم وذلك لأنه المسؤول في النهاية عن استمرار العمل في "**Six Sigma**"، وتجد الإشارة الى ان الراعي او الداعم يجب ان يشغل موقعاً عالياً في المنظمة وعادة ما يكون من أعضاء مجلس الإدارة او اللجنة التوجيهية من مهامه:

1. التأكد من ان المشاريع تسير بما بتناسب مع تحقيق الأهداف العليا، ويقدم التوجيهات والنصائح في حال تعارضها.
2. اطلاع أعضاء فريق القيادة على أهم التطورات والتقدم في سير المشاريع.
3. توفير المصادر التي تحتاجها الفرق مثل الوقت والأموال والمستلزمات.
4. التفاوض في النزاعات والربط بين مشاريع "**Six Sigma**"الأخرى.

ويجب ان يمتلك الراعي أو الداعم القدرة والصلاحية الكافية لإدارة هذا العمل مما يؤثر بشكل إيجابي على النتائج.

- **الحزام الأسود الرئيسي (Master Black Belt):** يكون الحزان الأسود الرئيسي في العديد من المنظمات بمثابة مدرب ومراقب ومستشار لبقية الذين يقومون بدور الاحزمة، وفي أغلب الأحيان يكون خبيراً في الأدوات التحليلية لمداخل "**Six Sigma**"، مع خلفية علمية في مجال الهندسة وبدرجات عالية في مجال إدارة الاعمال والاحصاء، ويقوم الحزام الأسود الرئيسي في الاشراف على باقي الاحزمة في عملية التدريب والمتابعة إضافة الى تحديد احتياجات العملاء، وتطوير أساليب القياس للعمليات الأساسية ويقوم بجمع المعلومات من مصادرها والقيام بإجراء الاختبارات الإحصائية الخاصة بها، وتصميم التجارب والتواصل مع المديرين المهنيين، ويعد الحزام الأسود الرئيسي ضروري في تبني "**Six Sigma**"، كما ان وجوده يضمن استمرارية التغيير وتقليل التكاليف وتطوير خبرات العاملين.
- **الحزام الأسود (Black Belt):** يعد هذا الدور من اهم الأدوار في"**Six Sigma**"، حيث يقوم هذا الشخص بالتحري عن فرص التغيير المؤثرة طوال الوقت، ثم يقوم بتطبيقها واستخدامها لتحقيق النتائج، فهو الذي يقود العاملين ويدربهم ويعلمهم، ويجب ان تكون لديه القدرة على تقييم وحل المشكلات وتصميم العمليات، كما يساعد العاملين في فريق ال"**Six Sigma**" على بناء الثقة بأنفسهم وعملهم، ويحافظ على استمرارية مشروع"**Six Sigma**" لتحقيق النتائج المرجوة، وتجد الإشارة الى أنه يجب أن يكون لديه خبرة لا تقل عن سنتين في إدارة المشاريع ومكلف بمهام خاصة، وان يكون مخلصاً في عمله ومقتنعاً بالتغيير.
- **الحزام الأخضر (Green Belt):** هو الشخص المدرب على مهارات "**Six Sigma**" +ويكون تقريباً بمثل مستوى الحزام الأسود لكنه عضو في فريق "**Six Sigma**" او قائد لفرق "**Six Sigma**" بشكل جزئي، وهذا الامر يتطلب تدريب مجموعات كبيرة جداً من العاملين ليصبحوا أعضاء في الحزام الأخضر، ويتمثل دورهم بالتأكيد من تطبيق المفاهيم الجديدة والأدوات الخاصة ب "**Six Sigma**" وادراجها في انشطة المنظمة اليومية، وللوصول الى هذا المستوى يجب ان يخضع الفريق الى تدريب مكثف يؤهل حامليه قيادة المشاريع.

- **الحزام الأبيض (White Belt):** هو أحد الافراد المؤهلين للدخول ضمن مشروع ال "**Six Sigma**"، يكونوا على اطلاع بالمفاهيم الأساسية ل" "**Six Sigma**" لكنها لم تحقق أي تدريب فعلي او برنامج تدريبي.



الشكل رقم3 مستويات σ6

8.3.2. منهجية تطبيق مفهوم Six Sigma:

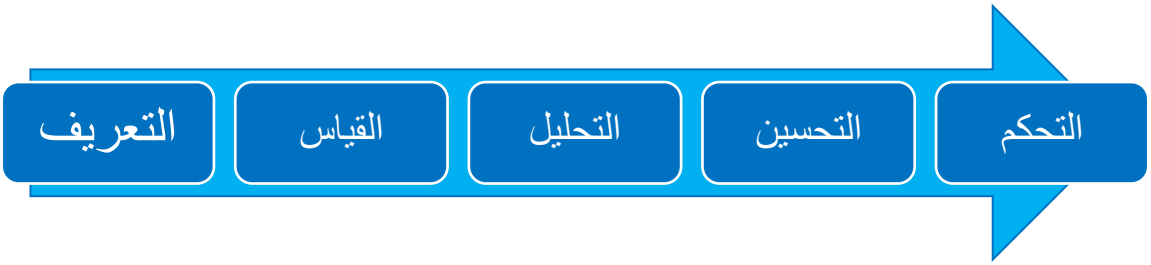
الهدف الرئيس من مفهوم"**Six Sigma**" هو تخفيض الاختلافات في العمليات والمنتجات وذلك باستخدام منهجية التحسين المستمر **(DMAIC)** والتي تستخدم للحد من العيوب في العمليات القائمة، أو باستخدام مبدأ إعادة التصميم **(DFSS)** والذي يستخدم لإيجاد منتج أو خدمة جديدة خالية من العيوب.

تعتمد منهجية "**Six Sigma**" على إدارة البيانات التي تستخدم لتحسين العمليات في المنظمة، حيث أن الإطار الأساسي هو التركيز القوي على الزبائن والاستخدام القوي للبيانات والإحصاءات للوصول إلى النتيجة الحقيقة.

1.8.3.2. منهجية التحسين المستمر (DMAIC):

على الرغم من أن "**Six Sigma**" يستخدم أساليب مختلفة لاكتشاف الانحرافات وحل المشكلات، إلا أن **(DMAIC)** هي المنهجية القياسية الأكثر استخداماً من قبل ممارسي "**Six Sigma**".

وهي عبارة عن مجموعة من الخطوات تهدف إلى الحد من العيوب في سير العمليات القائمة حيث تشمل هذه المنهجية على خمس مراحل: **(جلال وحمودي، 2019)**



الشكل رقم4 المراحل الخمسة لإحدى منهجيات ستة سيجما

1- **تعريف المشكلة:** في هذه المرحلة يتم اختيار أعضاء الفريق وبدورهم يقوم بتحديد احتياجات العميل، وتسمى توقعات ومتطلبات العميل بالخصائص الحرجة للجودة والتي تعتبر لها الأثر الأكبر على الجودة، ويتم التعرف على احتياجات العميل من خلال المقابلات أو الاستبانة وبعد جمع البيانات الخاصة بالجودة وتحليلها يتم وضع رسم توضيحي للعملية التي سيعمل عليها الفريق.

وفي هذه المرحلة يتم تحديد سبب اختيار المشكلة ولماذا هذه المشكلة دون غيرها؟

ما هي متطلبات الزبائن واحتياجاتهم؟

ما هي الطريقة المتبعة في إنجاز العمل الحالي، وما هي فوائد القيام بهذه التحسينات؟

كل هذه الأسئلة تساعد على التفكير.

2- **القياس:** وفيها يقوم الفريق بتحديد العمليات الداخلية التي تؤثر على الخصائص الحرجة للجودة، وقياس العيوب المرتبطة بتلك العمليات، ودراسة المكونات الأساسية للنظام والتي تشتمل على المخرجات وهي الناتج النهائي للعملية مثل (عدد العيوب أو مستوى رضا العملاء أو الأرباح)، وتتضمن العملية الأنشطة والمهام التي تقوم بها لتحويل المدخلات إلى مخرجات.

3- **التحليل:** حيث يقوم الفريق بتحديد الأسباب المحتملة والاختلافات والعيوب التي تؤثر على ناتج العملية، حيث يقوم الفريق بدراسة أبعاد المشكلة بشكل أكثر تفصيلا باستخدام أدوات علمية وأكثر الأدوات شيوعاً المستخدمة في هذا التحليل هي أداة **السبب والنتيجة**، إذ يقوم فريق "**Six Sigma**" باستكشاف الأسباب المحتملة للمشكلة التي قد تنشأ من مصادر مختلفة كطرق العمل وهي الأساليب والتقنيات المستخدمة في العمل، والآلات وهي التكنولوجيا المستخدمة، والمواد وغيرها.

4- **التحسين:** يتم التعرف على مجموعة الأنشطة التي تسهم في تحسين الأداء والارتقاء بمستوى المنظمة، حيث يستخدم الفريق أدوات علمية لإيجاد وتحديد الحلول الممكنة بعد تحديد المتغيرات الأساسية وتأثيرها على الخصائص الحرجة للجودة، إن عملية التحسين هي الإستراتيجية المتعلقة بتطوير حلول تركز على التخلص من الأسباب الرئيسة للمشكلة التي تعارض أداء العمل، أي أن فريق منهج "**Six Sigma**" يقوم باستهداف المتغيرات المستقلة التي تؤثر على المشكلة محل الدراسة والتي تسبب الآثار السلبية أو الإيجابية في المتغير التابع بوصفه النتيجة المستهدفة في عملية التحسين.

5- **الرقابة:** في هذه المرحلة يتم التأكد من أن التحسينات ستستمر مدة طويلة من الزمن ويقوم الفريق بتطوير بعض الأدوات العلمية للمساعدة على السيطرة على العملية، والهدف النهائي لهذه المرحلة هو تخفيف الاختلاف بالسيطرة على المدخلات ومراقبة المخرجات.

2.8.3.2. منهجية التصميم " Design for Six Sigma" (DFSS) (خليل، 2018):

وهي طريقة منهجية تستخدم الأدوات والتدريب والقياسات لكي يكون تصميم المنتجات والخدمات والعمليات التي تقابل توقعات الزبون في مستويات جودة"**Six Sigma**".

ان الفكرة التي تقوم عليها (DFSS) هي أن "**Six Sigma**" يجب أن تُبنى في بداية تطوير المنتج أو الخدمة الجديدة، وهذا يؤدي الى ان المنتج او الخدمة سيتمتع بثقة كبيرة في السوق وقبول إيجابي من قبل الزبائن، والحد من العيوب في هذا المنتج او الخدمة.

ان منهجية (DFSS) تستخدم عدة طرق، منها (IDOV) و (DMADV)، وفيما يلي شر لكل منهما:

1.2.8.3.2. طريقة (IDOV):

تتكون من أربع مراحل Identify, Design, Optimize and Validate:

1. **المرحلة الأولى التعريف " Identify " :**

وجوهر هذه المرحلة يتم فيما يلي:

- الموافقة واعتماد مخطط مشروع العمل.
- وضع خطة كاملة للعميل.
- تحديد متطلبات الزبائن باستخدام دالة نشر الجودة (QFD).
- إعادة ترتيب المتطلبات حسب أهميتها.
- تحديد متطلبات المنتج او الخدمة بواسطة (QFD).

2. **التصميم الثانية التصميم " Design ":**

وفيها تدرك المنشأة متغيرات التصميم وتترجمه الى التصميم النهائي وهذه المرحلة تتضمن ما يلي:

- تحليل متطلبات التصميم ومتغيراته الرئيسية والعلاقة مع الخصائص الحرجة للجودة.
- وضع تصاميم بديلة.
- استخدام تطبيقات هندسية واستنتاج أماكن الفشل.

3. المرحلة الثالثة الأمثلة " Optimize ":

في هذه المرحلة يجب على الفريق تحقيق التوازن بين التكلفة والجودة، وهذا التوازن لا يمكن اعتباره حالة سهلة التحقيق، وإنما يجب بذل الجهود لتحقيقه، فمثلاً من الممكن ان نجد داخل المشروع بعض النقاط ذات الجودة العالية (لكن بتكلفة مرتفعة)، ونقاط أخرى بجودة منخفضة جداً (لا يمكن قبولها) وهذا يبرر دور هذه المرحلة، من خلال استخدام طرق إحصائية لجعل كل من المنتج وعملية تصميمه أكثر متانة واقل عرضة اتجاه التغيرات.

4. المرحلة الرابعة الصلاحية " Validated":

وهي المرحلة النهائية حيث يتم فيها تدقيق كامل العملية وتتضمن هذه المرحلة:

- التأكد بأن التصميم يحاكي متطلبات الزبون.
- تقييم الأداء.
- التحقق من اشباع توقعات الزبائن.

2.2.8.3.2. طريقة (DMADV):

تتألف من خمس مراحل وهي كالآتي:

- التعريف Define لتحديد متطلبات الزبائن واستراتيجية البدء بالمشروع.
- القياسMeasure لتقييم حاجات ومواصفات العميل.
- التحليل Analyze لتحليل خيارات العملية وتلبية متطلبات العميل من خلال عدة تصاميم بديلة.
- التصميمDesign لتطوير العمليات لتلبية متطلبات العميل.
- التحققVerify لتدقيق التصميم ليتوافق مع متطلبات العميل والانتهاء منه ليتم بدء العمل بمشروع آخر.

3.8.3.2. الفرق بين منهجية (DMAIC) ومنهجية (DFSS):

يمكن تلخيص الفرق بالجدول التالي:

الجدول 2 يبين الاختلافات بين (DMAIC) ومنهجية (DFSS) (بدير، 2010)

الفرق	DFSS	DMAIC
المشاكل	تميل لمنع المشاكل	اكتشاف وحل المشكلات
مجال التطبيق	تصميم المنتجات والخدمات والعمليات الجديدة	المنتجات والخدمات التي تنتجها المنظمة في الوقت الحالي
كيفية الحساب	يوجد صعوبة لتحديدها	يمكن حساب سرعتها
التركيز على	التسويق	التصنيع والخدمات
التغير المطلوب في ثقافة المنظمة	تغير كبير	تغير قليل

9.3.2. أدوات منهجية " Six Sigma": (Gupta& Mittal, 2023):

1.9.3.2. التحكم بالعمليات الإحصائية (Statistical Process Control. SPC):

احدى أكثر الأدوات فاعلية وحيوية في مجال تحسين الجودة، اذ ساعدت اليابان على ان تصبح رائدة الجودة على مستوى العالم، ونفذ أول تطبيق واسع النطاق لها في مجال صناعة الملابس بواسطة شركة ليز كليبورن (Liz Claiborne) عام 1997م.

يعرف التحكم بالعمليات الإحصائية على أنه منهجية تطبيق التقنيات الإحصائية لرصد مدخلات ونواتج عملية التصنيع ومراقبتها وتحليلها بواسطة مخطط تحكم، بما يضمن عملها بكامل طاقتها لتصنيع منتج متطابق لمواصفات

الجودة المطلوبة، واتخاذ الإجراءات التصحيحية في حال كانت العملية خارج حدود التحكم لتقليل التباين في العمليات والمنتجات باستمرار، وتستخدم غالباً أدوات التحكم في العملية الإحصائية بالتبادل مع مراقبة الجودة الإحصائية. (Statistical Process Control. SPC).

2.9.3.2. أهمية التحكم في العملية الإحصائية:

تساعد إجراءات التحكم في العملية الإحصائية وأدواته في مراقبة سلوك العملية التصنيعية، واكتشاف المشكلات في الأنظمة الداخلية، وإيجاد حلول لمشكلات الإنتاج، عن طريق السماح برؤية الاختلافات الطبيعية للعملية، وحصرها في حدود التحكم، مع إعطاء انذار مسبق لاي مستجدات او معوقات مكتشفة للعمل على تصحيحها قبل تصنيع منتجات معيبة.

3.9.3.2. نشر وظيفة الجودة(Quality Function Deployment (QFD:

هو نهج منظم للتصميم على أساس وعي وثيق لرغبات الزبائن يتمثل في ترجمة رغبات الزبائن (مثلا" سهولة كتابة القلم) إلى خصائص تصميم (لزوجة حبر القلم) لكل مرحلة من مراحل تطور المنتج، وهي طريقة يابانية في الإنتاج والاستجابة المثلى لمتطلبات الزبائن، حسب "يوجي أكاوا": ان وظيفة نشر الجودة هي طريقة لتطوير جودة التصميم التي تهدف الى إرضاء المستهلك ومن ثم ترجمة طلب المستهلك الى اهداف تصميمة ونقاط ضمان لاستخدامها في جميع مراحل الإنتاج .....هي ضمان جودة التصميم أثناء مرور المنتج في مرحلة التصميم.

4.9.3.2. تخطيط تدفق القيمة (Value Stream Mapping. VSM):

هو أسلوب لعرض خارطة مصورة لسير عملية الإنتاج (مواد وعمليات ومعلومات) ابتداء من المواد الأولية اللازمة لعملية الإنتاج وصولا إلى السلع أو الخدمات المنتجة في يد المستهلك النهائي.

وهو يشير إلى جميع الأنشطة التي تدخل في تصميم وإنتاج وتقديم السلع والخدمات للعملاء، ان تخطيط تدفق القيمة هو نوع خاص من تخطيط العمليات الذي يسلط الضوء على الأنشطة ذات القيمة المضافة والأنشطة التي لا تمتلك القيمة المضافة والأنشطة وأوقات (أزمان) نشاطهم.

5.9.3.2. تحليل نمط العطل وآثاره (FMEA):

ان تقنية تحليل نمط العطل وآثاره تهدف الى تجنب المشاكل قبل وقوعها وعلى مبدأ " قليل من الجهد الآن يوفر الكثير لاحقاً". ويمكن تطبيق هذه المنهجية في الصناعة والخدمات والإدارة والحياة اليومية للأفراد.

- ويمكن تعرف (FMEA) على انها فحص الحالات التي يمكن ان يتعطل بها المنتج، وتخمين الآثار التي يمكن ان يتركها كل عطل من تلك الأعطال.
- ثم القيام بتصنيف جميع الاعمال المتحملة وفق خطورتها، أي استهداف اولاً الأخطر لإزالته او تقليل آثاره، ثم الأقل خطوة وهكذا.
- ان تقنية (FMEA)هي عمل فريق وليست عمل فردي، ويجب ان يكون جميع أعضاء الفريق معنيين بالمنتج او الخدمة موضوع الدراسة.
- يجب ان يضم الفريق اقسام التصميم، الإنتاج، التوزيع، المساهمين، الزبائن، إذا كان ذلك ضرورياً، ويجب ان يستخدم الفريق منهجية العصف الذهني لسير وادراج جميع الأعطال وانماطها الممكنة وتحديد آثارها دون استبعاد أي فكرة مطروحة مهما كانت بسيطة او فجة او غبية، وبعد ذلك يتم تقييم الأعطال وانماطها المطروحة بشكل رقمي.

6.9.3.2. اللماذات الخمسة The 5 Whys:

طورت تقنية اللماذات الخمسة The 5 Whys وضُبطت بدقّة داخل أروقة شركة Toyota Motor كعنصر حيوي ضمن برنامجها التدريبي لحل المشاكل.

وتعرف بانها تقنية تستخدم في تحليل السبب الجذري حيث يتم إعادة تعريف مشكلة ما على شكل سلسلة من الأسباب والعيوب لتحديد مصدر الأعراض وذلك بطرح السؤال «لماذا؟»، من الناحية المثالية خمس مرات.

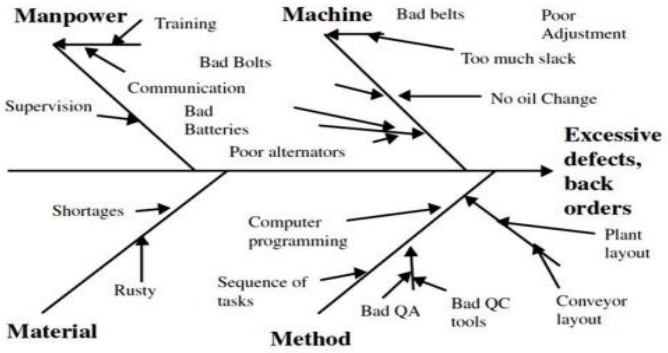
7.9.3.2. المدرج التكراري "Histogram":

وهو إحدى أدوات دراسة وتحليل بيانات الجودة، فمن خلال هذه الطريقة يمكن تصنيف بيانات العمليات المدروسة إلى عدة فئات وحساب تكرارها واستنتاج معلومات هامة عن جودة المنتج أو الخدمة، كالقيمة المتوسطة ومقدار الانحراف في البيانات وتشتتها وكذلك الحكم على جودة العمليات.

تستعمل هذه التقنية في مختلف المجالات الإنتاجية والخدمية لدراسة توزيع العملية وكذلك مقدرتها على تحقيق مواصفات التصميم.

8.9.3.2. تحليل السبب والأثر "Cause and Effect Analysis":

تقنية منتشرة تستخدم لإجراء "العصف الذهني، لكافة الأسباب المحتملة المتسببة في حدوث المشكلة، حيث يتم وضع الأسباب المتوقعة في مجموعات ذات صلة، والأسباب المؤدية لأسباب أخرى ترتبط ضمن مخطط شجري، تكمن قيمة هذه المخططات في قدرتها على تجميع أفكار الفريق باتجاه التفكير لمناقشة كافة الأسباب المحتملة، فتخلق فرضيات منطقية تساعد لاحقاً بالتركيز على إجراء قياسات وتحليلات سببية جذرية لمعالجة المشكلة.

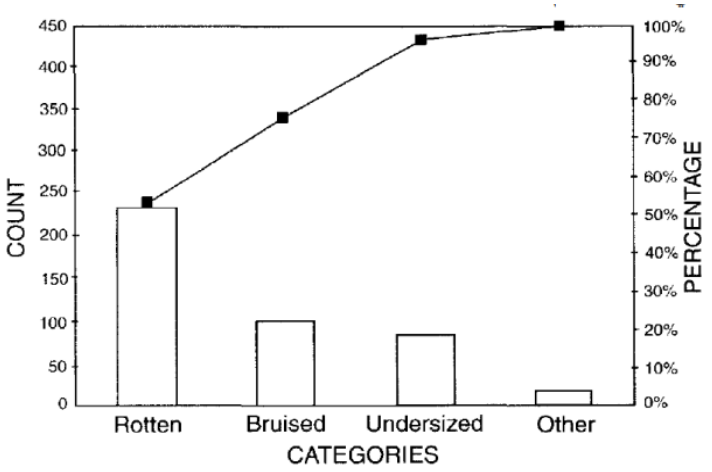


الشكل رقم 5 استخدام مخططات السبب والأثر (Bass, 2007)

9.9.3.2. مخطط باريتو "Pareto Chart":

هو رسم بياني على شكل أعمدة توضع المعلومات فيها بشكل تنازلي بدء من أكبر فئة نزولاً حتى أصغرها، حيث يُمكن هذا المخطط من التعرف بوضوح على العيب أو الخطأ الأكبر في العمل وكم هو حجمه، حيث يساعد هذا المخطط في التركيز على المشكلات التي لها أهمية نسبية أكبر وحلها، ويقوم هذا التحليل على قاعدة أساسية مفادها ان 80% من المشكلات ترجع الى 20% من الأسباب.

ومهمة تحليل باريتو هو اظهار الأسباب الأكثر تكراراً، وبذلك يتم بتوجيه الجهود لحل المشاكل الحقيقية المهمة، بدلاً من توجيه الجهود إلى المشاكل الأقل أهمية، بحيث تظهر أكثر العوامل تسبباً للحالة قيد الدراسة إلى جهة اليسار، يليه الأقل تسبباً، وهكذا إلى أن نصل إلى قل العوامل تسبباً في أقصى اليمين، وهذا ما يبينه الشكل التالي حول استخدام مخطط باريتو.



الشكل رقم 6 مخطط باريتو (عليج، 2010)

10.9.3.2. التحسين المستمر Kaizen:

يقصد بها التحسينات البسيطة والمستمرة على العمليات او خطوط الإنتاج اما، وهي عملية تدريجية مستمرة لا تنتهي وتشمل جميع العاملين في المنظمة من المدراء الى عمال النظافة على حد سواء، وفيها فان الجدول الزمني للتخطيط والتنفيذ يستغرق من عدة ساعات الى عدة أسابيع، ولا يحتاج الى تخصيص موارد خاصة لعمليات التحسينات.

11.9.3.2. بطاقات التكييف (KANBAN):

تم تطوير هذا النظام من قبل شركة تويوتا للسيارات في عقد الخمسينات من القرن الماضي كطريقة لإدارة تدفق المواد على خطوط التجميع، ويعتبر نظام انتاجي ذو فعالية وكفاءة عالية، حيث أصبحت البيئة الصناعية المثلى التي قادت شركة تويوتا الى المنافسة العالمية.

وكلمة Kanban تعني باليابانية بطاقات التكليف، وتعتمد فكرته أساسا على نظام السحب Pull system وليس الدفعPush system ، أي ان مكان العمل او محطة التصنيع التي تحتاج للمواد والقطع والاجزاء، هي التي تطلب

من المحطة التي قبلها بتزويدها بكميات محددة من المواد او القطع المطلوبة، وذلك لتفادي عملية التخزين، وتكدس القطع والاجزاء وتراكمها في مكان العمل.

يكمن جوهر مفهوم كانبان في ان المورد او أمين المستودع يقوم بتسليم المواد الى الخط الإنتاجي بالكمية المطلوبة وعند الحاجة اليها، وبذلك لا يكون هناك أي مخزون زائد في منطقة الإنتاج.

12.9.3.2. نظام 5S:

نظام S5 هو نظام مفيد للشركات للحفاظ على التنظيم داخل مكان العمل مع جعل الحفاظ على النظافة أولوية قصوى؛ وباستخدام نظام s5، يتم إزالة الفوضى من موقع العمل وتنظيفه وإنشاء خطوات لمساعدتك على إدارة سير العمل بكفاءة. جاءت تسمية 5S من خمس كلمات يابانية تبدأ بحرف الS :

- **التصفية (SEIRI)**: ويعني الفصل بين الأشياء اللازمة وغير اللازمة، والتخلص من الأشياء غير اللازمة، أما الأشياء اللازمة فيتم تصنيفها وفقاً لمعدل تكرار استعمالها.
- **الترتيب او التنظيم (SEITON)**: بعد ان يتم التخلص من الأشياء غير اللازمة، والاحتفاظ بالأشياء اللازمة منظمة ومرتبة ويخصص مكان لكل منها، والاحتفاظ بكل شيء في مكانه المخصص له لأجل تحقيق المتطلبات التالية:
    1. سهولة استخراج الأشياء.
    2. سرعة العمل.
    3. سهولة إعادة الأشياء الى الأماكن المخصصة لها.
    4. تمكن أي شخص من العثور عليها واستخدامها.
- **التنظيف (SEISO)**: ويهدف الى الاحتفاظ بمكان العمل والأدوات والآلات وكافة العناصر نظيفة، وخالية من النفايات والمواد الغريبة، ويترتبط التنظيف بعمليات التفتيش والفحص للتأكد من المحافظة على النظافة.

- **التقييس (SEIKETSU):** ويقصد بالتقييس توحيد أساليب العمل الذي يتعلق بتوفير وتطوير الوسائل والأدوات التي تُمكن كل فرد في مكان العمل من أداء الاعمال الصحيحة بالطريقة نفسها، ووضع أساليب التقييم وفقاً للمعاير المطلوبة، ويمكن تطبيق ذلك من خلال:
  1. وضع إرشادات وتعليمات العمل بشكل واضح ومفهوم.
  2. وضع عناصر تقييم الأداء وفقاً للمعاير المطلوبة.
  3. وضع مؤشرات الحدود التي يجب عدم تخطيها.
- **التدريب والانضباط (SHITSUKE):** الهدف من التدريب والانضباط هو الترتيب وجعل العمل بالبنود الأربعة السابقة كعادة في السلوك اليومي لجميع العاملين، بحيث يلتزم جميع العاملين في الشركة بقوانين ولوائح وتعليمات العمل وتنفيذها بشكلها الصحيح والفعال. وعندما لا يلتزم عامل ما بتنفيذ عمله بالشكل المطلوب، معنى ذلك انه لم يحصل على التدريب الكافي، او انه لم يدرك أهمية عمله والاضرار التي قد تنجم عن إهماله لتعليمات العمل. وبالتالي لابد من إعادة النظر بطريقة التدريب وتطوير أساليب التدريب حتى يصل العاملون الى مستوى الفهم والاقناع الذي يجعل مناخ العمل مناخاً صحياً يسوده التعاون.

13.9.3.2. مقدرة العملية (Capability Analysis):

مؤشر القدرة العملية أو نسبة قدرة العملية هو مقياس إحصائي لمقدرة العملية، وتعني مقدرة العملية لإنتاج منتج في حدود المواصفات.

وتعرف دراسة قدرة العمليات بأنها ركن أساسي لمراقبة الجودة لجميع أنشطتها. وتعرف قدرة العمليات على أنها قدرة العملية على تحقيق الغرض منها. وايضا تعرف قدرة العمليات بأداء عملية ما خلال فترة زمنية محددة وهي في حالة مراقبة، ومعنى ذلك أن تكون جميع البيانات داخل الحدود المسموح بها بين الحد الأعلى والحد الأدنى للمواصفات. وهي وصف كيفي يعنى مراقبة لعملية ما لتقديم أقصى كفاءة ممكنة.

10.3.2. استراتيجية Lean Six Sigma:

1.10.3.2. الفرق بين "Lean Six Sigma " ومنهجية "Six Sigma":

مصطلح "**Lean Six Sigma** " يشير إلى منهجية معينة لحل المشكلات وتطوير جودة الأعمال داخل المنظمة، والهدف الأساسي من هذه المنهجية تمكين الأفراد في المنظمة من تطوير العمليات داخل المؤسسة واستكشاف الأخطاء وتقليلها لأقصى حد ممكن، ويقوم نظام "**Lean Six Sigma** "على تعريف المشكلات، قياسها، ومن ثم تحليلها للتعرف إلى أسبابها ومحاولة حلها. **(نور، 2021)**.

2.10.3.2. الفرق بين "Lean Six Sigma " ومنهجية "Six Sigma":

منهجية لين"**Lean Six Sigma** " هي منهجية تجمع بين مبادئ **Lean Manufacturing** و" **Six Sigma**" للتخلص من الهدر والعيوب في العمليات، وبالتالي يؤدي ذلك إلى تحسين الكفاءة وخفض التكاليف وزيادة رضا العملاء، حيث التصنيع الخالي من الهدر هو منهجية تركز على تقليل الفاقد وزيادة الكفاءة من خلال تحديد الأنشطة دون القيمة المضافة والقضاء عليها في العملية، ستة سغما هي منهجية تهدف إلى تقليل العيوب في العملية باستخدام الأدوات والتقنيات الإحصائية لتحديد مصادر التباين وإزالتها.

من خلال الجمع بين هاتين المنهجيتين، يمكن لممارسي "**Lean Six Sigma** " تحديد الأمور المستهلكة وغير الضرورية من العمليات، مما يؤدي إلى تقديم منتجات أو خدمات عالية الجودة للعملاء بشكل أكثر كفاءة.

الفرق الجوهري بين لين"**Six Sigma**" و"**Six Sigma**" هو أن "**Lean Six Sigma** " تضيف للمنهجية الأساسية فلسفة **Lean** لتحسين الكفاءة وإزالة الهدر وبالتالي تخفض التكاليف وزيادة رضا العملاء. فـ **Lean Six Sigma** و"**Six Sigma**" هما منهجيتين تستخدمان لتحسين العمليات وزيادة الكفاءة في المؤسسات، بحيث

"**Six Sigma**" يركز على تقديم جودة عالية وتحسين العمليات باستخدام أدوات إحصائية، بينما " **Lean Six Sigma**" يضيف فلسفة **Lean** لتحسين الكفاءة وإزالة الهدر.

11.3.2. فوائد تبني فلسفة "Six Sigma" (قديد، 2021، صفحة 90):

ان الفوائد المعطاة لتطبيق "**Six Sigma**"غالباً ما تميل نحو تلك الأهداف التي تثير اهتمام الإدارة العليا، وعادة ما تحقق الفوائد الخمس التالية:

- تولد نجاحاً موضحاً بمعدل النمو وحصة كبيرة في السوق.
- تهيئ هدفاً عاماً لأداء المنظمة ككل.
- تنفيذ التغير الاستراتيجي موضحاً بالمنتجات الجديدة ويخترق أسواق جديدة.
- زيادة العائد بإرضاء الزبائن.
- تركز على تحسين الجودة بتقليل الخطأ والهام الموظفين، وغرس ثقافة معينة او اتجاه معين داخل المؤسسة وإيجاد صورة لها في السوق والمجتمع.

4.2. تكاليف الجودة:

1.4.2. تعريف تكاليف الجودة:

تعرف المواصفات البريطانية (BS6 1432) تكاليف الجودة بأنها: " التكلفة من أجل تأكيد وضمان الجودة بالإضافة إلى الفقدان والخسارة الحاصلة عند عدم إنجاز أو الحصول على الجودة".

كما تعرفها لجنة تكاليف الجودة التابعة لحماية الجودة الأمريكية (ASQ) تكاليف الجودة بأنها: " التكاليف التي ترتبط بشكل محدد بإنجاز أو عدم إنجاز جودة المنتج أو الخدمة متضمنة كل المتطلبات الخاصة بالمنتج أو الخدمة والمحددة من خلال المنشأة وعقودها مع العملاء والمجتمع الذي يعمل به". **(البتانوني، 2009)**

ويمكن تعريفها بأنها: جميع التكاليف التي تتعرض لمسمى الجودة أو في أداء الأنشطة المتعلقة بإنجاز الجودة، وتشمل تكاليف الإخفاقات التي تحدث نتيجة عدم الوفاء بمتطلبات الجودة على المستوى الداخلي للمنظمة أو خارجها. **(البرواري، 2011، صفحة 427)**

ويمكن تعريفها بأنها: هي مجموع التكاليف التي تنفق في المنشأة أو المنظمة الإنتاجية لضمان تقديم المنتج إلى المستهلك حسب متطلباته ورغباته. إذن هي مجموع التكاليف التي يتحملها المنتج والمتعلقة بتحديد مستوى لجودة المنتج وتحقيقه والتحكم فيه وتقييم مدى مطابقة مواصفات المنتج مع متطلبات ورغبات المستهلك. كذلك، تشمل هذه التكاليف تكاليف للإخفاقات التي تحدث نتيجة عدم الوفاء بمتطلبات الجودة على المستوى الداخلي للمنشأة أو خارجها. **(حازم، 2019، صفحة165)**

وبالتالي فان تكاليف الجودة هي (تكاليف المنع + تكاليف التقييم) + (تكاليف الفشل الداخلي+ تكاليف الفشل الخارجي).

من خلال التعاريف السابقة نستنتج أن تكاليف الجودة: هي كل التكاليف التي تنفقها المؤسسة في إنتاج منتوج أو تقديم خدمة ذو جودة عالية، وبتكلفة أقل وتشبع رغبة الزبون.

تعتبر دراسة تكاليف الجودة من بين أهم الأفكار في إدارة الجودة الشاملة (Total Quality Management) وهي جزء هام وتكاملي لأي برنامج جودة في المنظمات والمنشآت الإنتاجية.

2.4.2. أهمية قياس تكاليف الجودة:

إن قياس تكاليف الجودة وترجمتها في صورة مالية تفهمها الأطراف المختلفة التي تهتم بدراسة الجودة يعد أمراً ضرورياً ويحقق العديد من المنافع منها:

1. توفير بيانات كمية تفيد في تقويم مقترحات الاستثمار في مجال تحسين وتطوير الجودة.
2. تحفيز المسؤولين في المستويات الإدارية المختلفة على الدراسة والفحص لبرامج تحسين وتطوير الجودة.
3. تخفيض هذه التكاليف الاجمالية للمنتج والتحكم والسيطرة عليها بفعالية وبالتالي زيادة أرباح المنشأة.

3.4.2. أنواع تكاليف الجودة:

تنقسم تكاليف الجودة إلى نوعين، يطلق على الأول تكاليف الجودة الجيدة أو تكاليف الوقاية، ويطلق عليه أحياناً تكاليف الرقابة، أما النوع الثاني فيطلق عليه تكاليف الجودة السيئة أو تكاليف عدم التوافق كما قد يطلق عليه أحياناً تكاليف الفشل.

قدم (Juran & Feigenbaui) أول تصنيف لتكاليف الجودة، وقد ضم تكاليف الوقاية والتقويم والفشل الداخلي والفشل الخارجي وعلى النحو التالي: **(الفضل، 2012، صفحة238).**

1.3.4.2. تكاليف ضبط الجودة(Conformance Cost):

وتشمل كلّاً من:

1. **تكاليف الوقاية:** تكاليف الوقاية هي التكاليف التي تتزامن مع أو التي تنشأ بسبب نشاطات تؤدي لحدوث المعيب في المنتجات أو الخدمات، أو أنها التكاليف المباشرة أو الغير مباشرة المتعلقة بنشاطات التدريب والتعليم والدراسات المسحية وحلقات الجودة وهندسة التصميم وهندسة الجودة، وكذلك نشاطات الاهتمام بالجودة.
2. **تكاليف التقويم:** وهي التكاليف الناشئة بسبب نشاطات قياس جودة المنتجات أو الخدمات وتقويمها، لضمان مطابقتها للمواصفات، وتضم تكاليف الفحص الإمدادات (المواد المشتراة) وتدقيقها، فحص عمليات التشغيل والعمليات التصنيعية التشغيلية وتدقيقها، فحص ومراقبة المواد التامة الصنع، أنها تعني التكاليف المباشرة لتحديد درجة المطابقة.

2.3.4.2. تكاليف عدم المطابقة (Non Conformance Costs) :

وتشمل كلّاً من:

1. **تكاليف الفشل الداخلي:** أنها التكاليف التي تقع أو تكتشف خلال عمليات الإنتاج وقبل شحن المنتج أو تسلم الخدمة للزبون، أي أنها التكاليف التي تتزامن مع اكتشاف الإنتاج المعيب قبل تسليمه للزبون وتضم تكليف التلف، إعادة الفحص، إعادة الاختبار، وتكاليف أوقات التوقفات بسبب مشكلات الجودة، أو تكاليف الفرصة التي تتزامن عن تصنيف المنتجات بالمرتبة الثانية أو تدني جودة المنتج، وهي تكاليف لا تظهر عندما يكون المنتج خالياً من العيوب.
2. **تكاليف الفشل الخارجي:** وهي التكاليف الناشئة عن المنتجات المعيبة أو غير المطابقة للمواصفات التي تكتشف بعد شحن المنتجات أو تسليم الخدمات، وتضم تكاليف الضمان والمردودات، ومعالجة شكاوى الزبون، أنها تنضم كذلك التكاليف المباشرة وغير المباشرة، مثل تكاليف العمل أو السفر التي تتزامن مع تشخيص شكاوى الزبون ومتابعتها، وتكاليف الفحوصات والاختبارات والتصليحات الميدانية، وهي لا تظهر عندما تكون المنتجات تطابق المواصفات أو المتطلبات.

كما قدم (Cravrana) تصنيف آخر لتكاليف الجودة، حيث يرى أن التكاليف التشغيلية للجودة يمكن أن تصنف إلى تكاليف الجودة، وهي التكاليف التي تتزامن مع نشاطات الوقاية (المنع والتقويم) وتكاليف عدم الجودة، وهي التكاليف الناشئة عن تباين جودة المنتجات عن الجودة المرغوبة. **(ريشو، 2010، صفحة 328-329)**.

الجدول3 أمثلة توضيحية لكل نوع من أنواع التكاليف السابقة

<table>
<tr><td colspan="2">تكاليف التوافق
وهي تكاليف تقديم منتج أو خدمة تتوافق مواصفاتها مع معايير المستهلك وتنقسم إلى:</td></tr>
<tr><td>تكاليف التقييم أو التحقق</td><td>تكاليف المنع أو الوقاية</td></tr>
<tr><td>وهي تكاليف الأنشطة التي تؤدي إلى التحقق من توافق الجودة الفعلية مع المعايير المطلوبة ومن هذه الأنشطة: أعداد العينات واختيار العينات، الإعداد للاختبار وأنشطة الفحص</td><td>وهي تكاليف الأنشطة التي تؤدي إلى منع تقديم وحدات معيبة ومن أمثلة هذه الأنشطة: تدريب العاملين، وتصميم المنتج، تخطيط الجودة، هندسة المنتج، الصيانة والوقائية</td></tr>
<tr><td colspan="2">تكاليف عدم التوافق
التكاليف التي ترتب على عدم توافق الوصفات الفعلية للمنتج أو الخدمة مع معايير الجودة، وهي تنقسم إلى:</td></tr>
<tr><td>تكاليف الفشل الخارجي</td><td>تكاليف الفشل الداخلي</td></tr>
<tr><td>وهي التكاليف التي تحدث عندما يتم اكتشاف العيوب بعد تسليم المنتج أو الخدمة وللمستهلك ومن أمثلتها: ضياع الشهرة، فقدان العملاء، معالجة شكوى العملاء، إعادة تشغيل المنتج</td><td>وهي التكاليف التي تحدث عندما يتم اكتشاف العيوب قبل تسليم المنتج أو الخدمة للمستهلك ومن أمثلتها: تكاليف إعادة التشغيل، خسائر الخردة، تكاليف إعادة جدولة الإنتاج والمخزون</td></tr>
</table>

4.4.2. نماذج من إدارة الجودة لتخفيض تكاليف الجودة:

وذلك من خلال إعطاء نماذج وطرق لإدارة الجودة الشاملة، والتي تساعد المؤسسة على تدنية تكاليف الجودة.

تسعى الإدارة إلى وضع برامج لتخفيض التكلفة، وتتضمن هذه البرامج أساليب لتخفيض تكاليف الجودة، وبالتالي زيادة الأرباح، فعند تحسين الجودة عن طريق التكلفة الكلية للجودة، فان هذه التكلفة تشمل جميع العناصر المتعلقة بالتسويق، التصميم، الشراء، التصنيع، الخدمات، برامج تحسين تكلفة الجودة شاملة لكل هذه الوظائف. **(احمد، 2000)**

- **تكلفة الجودة ومركز الربحية:**

تشمل تكاليف الجودة لمركز الربحية عناصر التكلفة بعدة أنشطة تجمع من كل الأقسام ليتم وضعها في إطار شامل داخل مركز الربحية، بعد ذلك يتم عمل تحليل دقيق للتعرف على المشاكل التي تسبب أكبر تكلفة، ثم وضع البرامج المناسبة للتعامل مع هذه المشاكل

- **إعداد برامج التحسين:**

خلال التزام الإدارة بوضع خطة الجودة الاستراتيجية من اجل تخفيض تكلفة الجودة، وذلك بجمع بيانات تكلفة الجودة في المناطق المتعلقة بأعلى تكلفة ثم القيام بعملية التحسين، حيث لا وجود لحلول نمطية لمشاكل الجودة، ولا يتم التحسين أو حل المشكلة من خلال الممارسات التنظيمية العادية ولا حتى من خلال تحليل الجودة، وإنما ينحصر دور هذا التحليل في مجرد تحديد المشكلة، وبمجرد هذا التحديد تقوم المنظمة بالبحث والتحري لاتخاذ الإجراء المناسب، ويتم تداول عملية تحسين الجودة وتقليل تكلفة الجودة لكل حالة على حدة.

- **تحليل الاتجاهات:**

وذلك من خلال مقارنة التكلفة الحالية بالتكلفة السابقة، وذلك بتجميع البيانات لفترة معقولة قبل محاولة الاستنتاج أو وضع برامج لتخطيط العمل، حيث يتم تمثيل هذه البيانات بطرق متعددة، ويتم وضع كل نوع من أنواع تكاليف الجودة على خريطة تكون بشكل دوري "شهرياً أو كل شهر" كقيمة مالية وكنسبة.

- **حلقات الجودة:**

إن الاهتمام الذي يوليه علماء الإدارة للبحث عن أساليب إدارية جديدة تمكنهم من إيجاد طرق تتماشى مع تطور الأفكار الإدارية الحديثة، وقد برزت فكرة حلقات الجودة كأسلوب من هذه الأساليب وسرعان ما انتشرت بصورة سريعة، والتي تعد أحد أبرز إنجازات الإدارة اليابانية، حيث تركز على تحقيق العمل الجماعي لتحسين الجودة وزيادة الربحية وتخفيض التكاليف.

- ماهية حلقات الجودة:

ظهرت في اليابان في عام 1960م بهدف إعادة الاقتصاد الياباني بعد الحرب العالمية الثانية، وهي" مجموعة صغيرة من العاملين يؤدين عملاً متشابهاً ويجتمعون بشكل دوري بهدف تحديد وتحليل المشاكل المختلفة التي تواجه بيئة العمل.

الهدف منها تطوير وتحسين جودة المنتجات، يدير عمل الحلقة ويوجهها " قائد حلقة الجودة" الذي يتولى تدريب أعضاء الحلقة على حل المشاكل باستخدام الأساليب الإحصائية، يتميز بعدد من المهارات تساعده على قيادة الحلقة، مثل: القدرة على تحفيز العاملين، الإبداع، التمتع بروح الفريق...

وتبرز أهمية حلقات الجودة فيما يلي:(علوان، 2005)

- زيادة التزام العاملين بالمشاركة واتخاذ القرارات
- القدرة على حل المشكلات
- زيادة ولاء العاملين للمنظمة
- تنمية وتطوير أداء المشرفين في المنظمة
- الاستفادة من المواد البشرية وذلك من خلال مشاركتهم في حل المشكلات وتحقيق أهداف المنظمة
- وتواجه حلقات الجودة مشكلات عديدة:
- شرط تحقيق كفاءة حلقات الجودة مرتبط بالرغبة الذاتية للعاملين
- الدعم الذي تتلقاه حلقات الجودة من إدارة المنظمة، غالباً ما يكون غير محسوس
- التسرع في الوصول إلى قرارات قادرة على معالجة المشاكل
- عدم وجود تجانس بين الإدارة العليا والإدارات الفرعية وحلقات الجودة، خاصة فيما يتعلق بالمقترحات التطويرية المقدمة من قبل العاملين.

2.4.4.2. طرق وأساليب تحليل تكاليف الجودة (الأمين، 2020، صفحة 18):

طرق تحليل تكاليف الجودة متعددة، ومن بين اهم هذه الوسائل:

1. **تحليل النزعة (Trend analysis):** وهذه بمقارنة مستويات التكاليف الحالية بمستويات ماضية ومنه يمكن استخلاص معلومات مفيدة للتخطيط المستقبلي لتحسين مستوى الجودة.
2. **تحليل باريتو (Pareto Analysis):** هم من بين أنجع التقنيات في تحليل تكاليف الجودة، إذ من خلاله يمكن تحديد القلة المهمة والتي يمكن العمل عليها من اجل تقليل في تكاليفها. بمعنى اخر التركيز أكثر في عملية التحسين على القلة المهمة وترك الكثير الغير المهم.

5.2. لماذا نتجه لرفع جودة المنتج:

عند زيادة جودة المنتج صحيح بأننا نضيف تكلفة البحث والتطوير لتحسين المنتج، واستخدام مواد ذات جودة عالية والتي سترفع تكاليف الجودة والإنتاج، ولكن بالعودة للعائد الربحي الإجمالي من العملية فان تطبيق مفاهم الجودة على الصناعة سوف يؤدي:

- عدم هدر المواد.
- زيادة ثقة العملاء عند تحسين الجودة وبالتالي بناء علامة تجارية منافسة وزيادة الطلب على شراء المنتج المنافس.
- التوفير بالوقت.

كل ذلك سيعود بربح على الشركة وبناء علامة تجارية وزيادة ثقة العملاء وبالتالي زيادة قابلية شراء المنتج المنافس.

الفصل الثالث: صناعة الكابلات الكهربائية

1.3. المقدمة:

في ضوء التطور التكنولوجي الكبير الذي يشهده العالم في القرن الفائت، فقد قامت الدول الصناعية الكبرى في المساهمة بشكل كبير في تطوير الأبحاث الكهربائية بشكل عام، ومنها ما يتعلق بتحسين الخصائص الكهربائية والميكانيكية للكابلات لما في ذلك من أهمية بازدياد الطلب على الطاقة حيث تعتبر الكابلات الكهربائية من الأجزاء المهمة جداً في الشبكة الكهربائية.

مع استعداد سورية لمرحلة إعادة الإعمار، فان الإنظار تتجه نحو الشركات الوطنية التي سيعتمد عليها بالدرجة الأولى لتأمين متطلبات الإعمار، وخاصة في مجال تهيئة البنى التحتية كالكهرباء التي هي عصب الإعمار، وتعتبر الشركة المدروسة، واحدة من أهم الشركات في هذا المجال على مستوى سورية والمنطقة العربية، وهي تتبع إلى مجموعة شركات بنيت على مساحة 155000 متر مربع وتقع في المدينة الصناعية في عدرا، وتعتبر أهم وأبرز شركات التصنيع فيها والمتخصصة بشكل رئيسي في كابلات الطاقة.

2.3. تصنيع الكابلات:

1.2.3. تعريف الكابل:

يمكن تعريف الكابل على أنه "موصل محاط بمادة عازلة" **(حامد، 2017، صفحة 7)**، حيث أن هذا التعريف المبسط هو التعريف الشائع لدى أغلب من يتعاملون مع الكابلات وحتى الأكاديميين، ومن المهم أن يتم المحافظة على عدم مرور التيار في مسار غير الموصل ويتحقق ذلك عن طريق العازل/ المادة العازلة الذي يعزل الموصل عن الوسط المحيط أو أي ملامس يمكن أن يسري خلاله التيار.

2.2.3. مراحل إنتاج الكابلات:

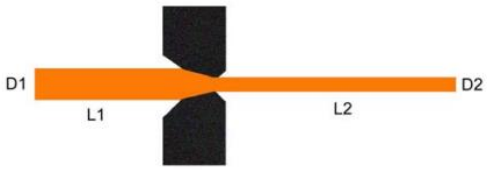
الجدول 4 مراحل صناعة الكابلات

فحص المواد الأولية
إعداد المواصفات الفنية المطلوبة للكابل
السحب (النحاس– الألمنيوم)
الجدل
العزل
الجمع
الغلاف الداخلي
التسليح– التحجيب
الغلاف الخارجي
اللف والتغليف
الفحص النهائي
مراقبة الجودة (الاختبارات الروتينية والنموذجية على كافة أنواع الكابلات)

1.2.2.3. مرحلة السحب (Drawing):

هي عملية تحويل قضبان النحاس الكهربائي إلى أقطار مختلفة، وهذه القضبان مصنعة بعملية السكب المستمر، وتكون على هيئة لفات تزن منها حوالي 3.5 طن بقطر 8mm ويتم التحويل بعدة مراحل عن طريق سلسلة من الدايات مرتبة بشكل تنازلي تقوم بتقليل قطر السلك بنسب ثابتة حتى الوصول إلى القطر النهائي.





الشكل رقم 7 يوضح عملية سحب أسلاك النحاس

2.2.2.3. مرحلة الجدل (Stranding- Bunching):

وهي عملية جمع عدد من الأسلاك المسحوبة وضمها مع بعضها البعض لتشكيل الناقل بالمقطع المطلوب، وبعملية الجدل فان الناقل يحصل على التماسك المطلوب بين مكوناته والحصول على الشكل الدائري المستدير والمتناسق.

تتم بواسطة عملية الجدل الحصول على مقاطع مختلفة من النواقل بتغير عدد الأسلاك المستخدمة في المقطع، ومن المستحيل الحصول على مقاطع كبيرة باستخدام آلات السحب العادية دون أن يتم تشكيلها بجدل عدد من الأسلاك.

تتم عملية الجدل بشكل هندسي متناسق، فاذا تم استخدام أسلاك متساوية بالقطر يكون الترتيب الطبيعي لها بأن يكون سلك في المركز وفوقه ستة أسلاك تماماً لعدم حدوث فراغات أو تراكب بين الأسلاك والحصول على مجموعة متماسكة.

- **الموصلات النحاسية المجدولة** (copper wire stranded conductor):

تعتبر الموصلات مكونات رئيسية في شبكة الطاقة وسلامتها مهمة جدًا للتشغيل العادي لنظام إمداد الطاقة في التجهيزات الكهربائية. يتم استخدام موصلات النحاس على نطاق واسع وتحصل على المزيد من التطبيقات في نقل الطاقة عالية أو متوسطة الشدة الكهربائية بسبب جودتها. حيث يعتبر النحاس من أهم المعادن ذات الخصائص التي تساعد على صنع الأسلاك المستخدمة للأغراض الكهربائية. يتميز النحاس بموصليته المعتدلة التي تساعد في نقل الكهرباء بجهد منخفض. يصبح النحاس أيضًا معدناً مثالياً للأسلاك الكهربائية نظراً لقوة الشد، والمتانة، وطول العمر، وسهولة التركيب واللحام، وموصليته الحرارية. وقد يؤدي إرهاق الأسلاك والتآكل بين الأسلاك الداخلية تحت الأحمال الديناميكية إلى تقليل عمر الموصلات. ومن الضروري دراسة الخصائص الميكانيكية للموصلات تحت الأحمال الساكنة والديناميكية **(Liu, et al., 2020)**

- طرق الجدل(Balog, 2015) :

الجدول 5 طرق الجدل

النوع	الوصف	صورة الجدل
المجمعة Bunched	يتم تجميع الأسلاك معًا بدون تصميم أو ترتيب معين. هذا هو النوع الأقل تكلفة لأنه يتطلب أقل قدر من الوقت والجهد.	
متحدة المركز	يتم ترتيب الخيوط بنمط دائري. تغير كل طبقة اتجاهها ولها طول طبقة متزايد (الشريط الأوسط هو الأطول). يتم اختيار الجدائل متحدة المركز لقوتها الميكانيكية ومقاومتها للسحق.	
Unilay	يتم ترتيب الخيوط بنمط دائري، ولكن يتم لف جميع الطبقات في نفس الاتجاه وتشترك في نفس طول الطبقة. الترتيب الأحادي خفيف الوزن ويسمح بقطر صغير.	
Rope lay	وضع الحبل: يتم ترتيب الخيوط في مجموعات متصلة بالكابلات. تتكون كل مجموعة عادةً من 7 أو 13 أو 19 أو 27 خيطًا حيث يمكن تجميع هذه الأعداد في تكوين دائري بسهولة.	

- **تصميم الموصل المجدول جدل منتظم:**

يتم اللجوء إلى لف الأسلاك للحصول على موصل مجدول بدلاً من استخدام موصل غير مجدول وذلك لأن الموصل المجدول يكون أكثر مرونة، كما أن فشل أو انقطاع أحد الأسلاك لا يؤدي لقطع الموصل.

عند عملية تصميم الموصلات المجدولة في المعامل يكون المعيار الرئيسي هو المقاومة الكهربائية العظمى التي يتصف بها الموصل. وتعتمد عملية الجدل على مستويات حول محور مركزي، بحيث يوجد عدد محدد من الأسلاك في كل طبقة، يبين الشكل أدناه موصل مجدول وفق ثلاث طبقات تكون الطبقة الداخلية الأولى مكونة من سلك أما الثانية 6 أسلاك والثالثة 12 سلك بحيث يكون مجموع الأسلاك المكونة لسلك من 3 طبقات هو 19 سلك.

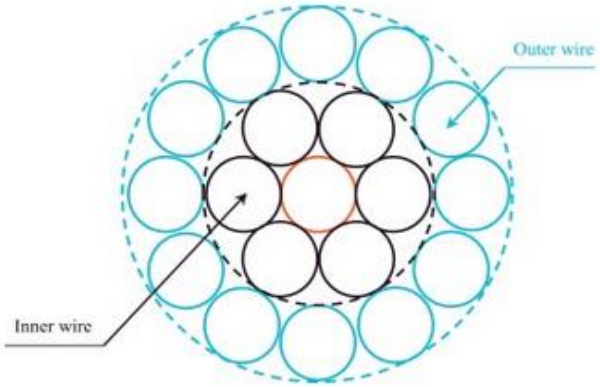
أولاً: عدد الأسلاك في الكابل المجدول: **(ZAREI & HADIDI, 2020)**

يكون عدد الأسلاك في كل طبقة

$$N_i = 6(i-1)\ ;\ i \in \mathbb{N}/\{0,1\}\ , N_1 = 1$$

(العلاقة رقم 3-1)

- i: رقم الطبقة.
- N_i: عدد الأسلاك في الطبقة i.



الشكل رقم 8 يوضح المقطع العرضي لكبل مجدول جدل منتظم

عموماً يتم حساب عدد الأسلاك وفق عدد الطبقات المرغوبة وفق المتتالية الحسابية:

$$N = 3S^2 - 3S + 1$$

(العلاقة رقم 3-2)

- S: عدد الطبقات المرغوبة
- N: عدد الأسلاك الكلية

من المهم الأخذ بالاعتبار أنه عند تصميم الموصل المجدول يمكن المفاضلة بين عدد الأسلاك والأقطار للوصول إلى مقطع الموصل المرغوب، بحيث إن زاد قطر السلك يمكن تقليل عدد الأسلاك أو استخدام عدد أسلاك أكثر بقطر أصغر، والمهم في النهاية هو الحفاظ على نفس مقطع الموصل المحقق لمتطلبات التصميم.

ثانياً: العلاقة بين قطر الموصل وقطر السلك: (Fang, et al., 2020)

في الحالة العملية عند وجود فراغات بين الأسلاك في عملية الجدل يتكون لدينا كبل قطره D بحيث يرتبط مع قطر السلك d وفق العلاقة:

$$\boldsymbol{D = (2S - 1) * d}$$ **(العلاقة رقم 3-3)**

$$D = (2S - 1) * d$$

- d قطر السلك الواحد المجدول
- D قطر الموصل النحاسي

في حالة موصل مكون من 3 طبقات (19سلك) يكون قطر الكبل $D = 5d$

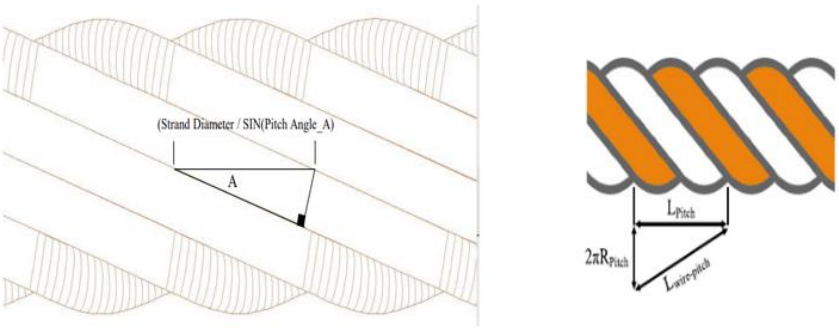
أما إن افترضنا عدم وجود فراغات يكون مقطع الموصل مساوياً مجموع مساحات مقطع الأسلاك

$$A_{cable} = N\, A_{wire}$$

$$\frac{\pi D^2}{4} = N\frac{\pi d^2}{4} \Rightarrow D^2 = N\, d^2$$

ثالثا: خطوة الحلزون T_p:

هو المسافة المحورية المطلوبة التي يكمل فيها السلك دورة واحدة حول قطر الموصل الآخر ويعود إلى موضعه النسبي الأصلي في كبل مجدول(ZAREI & HADIDI, 2020) .

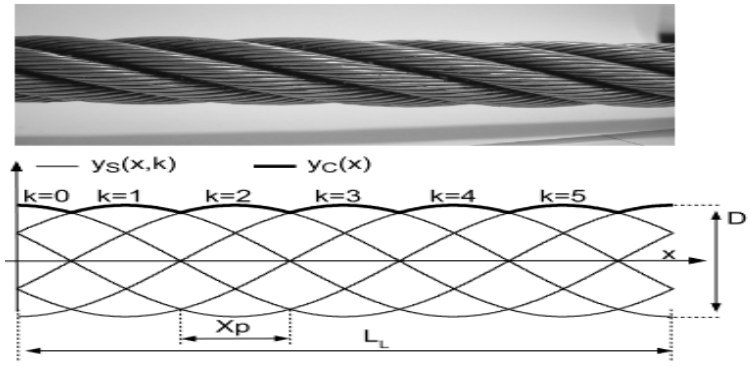


الشكل رقم 9 يوضح خطوة الجدل لكبل مجدول جدل منتظم

خطوة الجدل = عدد العقد أو اللفات ضمن الخطوة × قطر اللفة / جيب زاوية اللف

(العلاقة رقم 3-4)

$$T_{pi} = K \times \frac{d}{\sin(\alpha i)}$$



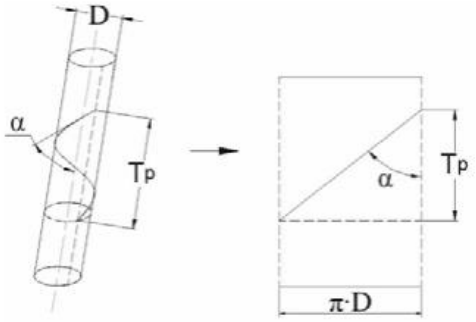
الشكل رقم 10 يوضح خطوة الجدل لكبل مجدول جدل منتظم بدلالة عدد اللفات ضمن الخطوة

كما تعطى خطوة الجدل بالعلاقة:

يمكن حساب خطوة الجدل من الشكل أدناه (Fang, et al., 2020)

(العلاقة رقم 3-5)

$$T_{pi} = \pi D_i \times tan(\alpha i)$$



الشكل رقم 11 يوضح المثلث الناتج عن انفراد خطوة الحلزون

α_i	K	T_{pi}
زاوية اللف (الانحناء)	عدد العقد أو اللفات ضمن الخطوة	خطوة الجدل عند الطبقة i **[mm]**

رابعاً: عدد الجلدات عند طول معيّن ضمن الطبقة المدروسة:(Fang, et al., 2020):

تكون خطوة اللف ضمن الطبقة الواحدة T_{pi} مساوية لطول الكابل مقسوماً على عدد الجدلات ضمن نفس الطبقة

$T_{pi} = \frac{L}{I_i}$ بالتالي لحساب عدد الجدلات ضمن الطبقة i هو $I_i = \frac{L}{T_{pi}}$

$$I_i = \frac{L}{T_{pi}}$$ **(العلاقة رقم 3-6)**

- **I_i عدد الجدلات عند طول معين**

خامساً: الطول الحقيقي للأسلاك: (ZAREI & HADIDI, 2020)

للحصول على موصل مجدول بطول L نحتاج إلى أسلاك بطول أكبر لأنه يتم فقدان جزء من طول الأسلاك في عملية الجدل، وهذه الأسلاك تختلف أطوالها من طبقة إلى أخرى.

إن الطول الفعلي للأسلاك خلال خطوة واحدة من الجدل، ضمن الطبقة أ، ومن الشكل السابق يعطى بالعلاقة:

$$l_{wire-pitch(i)} = \sqrt{T_{pi}{}^2 + (\pi D_i)^2}$$ **(العلاقة رقم 3-7)**

بالتالي أطوال الأسلاك المطلوبة في عملية اللف هي:

$$l_{wire-pitch(i)} = I_i * \sqrt{T_{pi}{}^2 + (\pi D_i)^2}$$ **(العلاقة رقم 3-8)**

- **وزن الموصل**

$$W_c = L_c * A_c * \mathrm{K_c}$$ **(العلاقة رقم 3-9)**

حيث:

$l_{wire-pitch(i)}$	W_c	$\mathrm{K_c}$
الطول الحقيقي للسلك	**وزن الموصل الكهربائي**	**كثافة مادة النحاس**

حيث $\mathrm{K_c} = 8960\ kg/m^3$

3.2.2.3. مرحلة العزل (Insulation):

إن الألة التي تقوم بهذه العملية هي آلة البثق، حيث تقوم هذه الالة بتحويل حبيبات البلاستيك الصلبة بالحرارة والضغط إلى مواد لدنة، وتمتلك هذه المواد خواص فيزيائية تجعلها قابلة للتصلب عند تبريدها، حيث بعد تلبيس الناقل المواد العازلة يدخل إلى حوض التبريد.

4.2.2.3. مرحلة الجمع (Assembly):

تتم عملية الجمع للكابلات المتعددة القلوب، فالنواقل التي تم عزل كل منها على احدى يتم ضمها وجمعها مع بعضها البعض لتشكل الكابل في تشبه إلى حد كبير عملية الجدل للنواقل ولذلك فان بعض آلات الجدل تستخدم نفسها في عملية الجمع، وللحصول على الشكل الدائرية للكابل يتم استخدام مواد مالئة للفراغات بين الأطوار.

5.2.2.3. مرحلة التحجيب/ التسليح (Screening, Armouring):

تتم عملية التحجيب للكابلات بحسب الغاية من استخدام الكبل والتحجيب عادة يتم إما باستخدام أسلاك أو صفائح مصنوعة من مواد غير مغناطيسية وبالأخص النحاس والألمنيوم يتم لفها فوق النواقل المعزولة، والهدف منها تحقيق الحماية الميكانيكية للكابل من العوامل الخارجية التي يمكن أن يتعرض لها أثناء وضعه بالخدمة.

3.3. المواصفات القياسية المستخدمة في تصنيع واختبار الكابلات المختلفة:

- (Standards for Manufacturing and Testing of Cables).
- International Standards (IEC)(وهي المواصفة المعتمدة في الشركة) .
- British Standards (BS).
- German Standards (DIN– VDE).

الفصل الرابع: الدراسة العملية

1.4. المقدمة:

إنَّ تطور وتنوع السوق بالشركات أدى للتركيز على أثر التكلفة على العملية الإنتاجية مع الالتزام بجودة المنتج وإرضاء العميل، وهو التحدي الأكبر الذي تواجهه الشركات من أجل الاستمرار في المنافسة في السوق والتقارب مع الشركات العالمية المصنعة في كلفة المنتج مع المحافظة على جودته العالمية والمضمونة.

هذه الدراسة تعتبر تطبيق لمنهجية " **Six Sigma** " في احدى اهم شركات إنتاج الكابلات في سوريا، بهدف تخفيض تكاليف الجودة فيها.

سوف نستخدم في عملية التحسين نموذج (DMAIC) من أجل تنفيذ خطوات منهجية ستة سيغما، وهي اختصار للحروف الأولى من مراحل التطبيق:



الشكل رقم 12 نموذج DMAIC لتنفيذ خطوات منهجية Six Sigma

حيث تستخدم هذه الخطوات من أجل تحسين جودة المنتجات والوصول إلى مستوى متميز من الأداء، وتحقق كافة الفوائد المطلوبة التي تتناسب مع احتياجات العميل ورغباته.

2.4. لمحة عن الشركة المدروسة:

تتحفظ الشركة المدروسة عن ذكر اسمها ضمن هذه الدراسة، إلا أنها تعتبر واحدة من أهم الشركات في مجال صناعة الكابلات على مستوى سورية والمنطقة العربية، وهي تتبع إلى مجموعة شركات كهربائية، والتي بنيت على مساحة 155000 متر مربع وتقع في المدينة الصناعية في عدرا، وتعتبر الشركة المدروسة أهم وأبرز شركات التصنيع فيها والمتخصصة بشكل رئيسي في كابلات الطاقة (LV, MV, HV, XHV):

- كابلات التوتر المنخفض (LV)
- كابلات التوتر المتوسط (MV)
- كابلات التوتر العالي (HV)
- كابلات التوتر العالي جدا (XHV)

تبنت الشركة سياسة تضمن أكبر قدر من الفعالية والكفاءة من خلال العمليات والأنظمة المتبعة لأجل تلبية احتياجات الزبائن دون إهدار للجهد وبذل للتكاليف، وتعتبر من الشركات التي تسعى إلى التطور الدائم ودعم خبراتها الوطنية في مجال عملها من خلال فريق عمل ذو كفاءات مهنية عالية بهدف المنافسة والوصول بمنتجاتها إلى الأسواق الإقليمية والعالمية.

3.4. مراحل تطبيق مفهوم "Six Sigma":

سيتم الاعتماد على منهجية (DMAIC) لمفهوم " **Six Sigma** " من اجل الوصول إلى الهدف الرئيسي للبحث وهو تخفيض تكاليف الجودة في شركة الكابلات، وذلك عن طريق اختيار أحد مراحل عملية الإنتاج التي تعاني من وجود هدر بالإضافة إلى تكلفة جودة مرتفعة، وتطبيق المنهجية المعتدة فيها.

1.3.4. مرحلة التعريف (Define):

وتتضمن هذه المرحلة:

- تعريف المشكلة واختيار المشروع المناسب لتطبيق منهجية" **Six Sigma** "
- علاقة المقاومة الكهربائية للموصلات الكهربائية بكتلة النحاس في هذه الموصلات
- مخطط التدفق للعملية الإنتاجية في المعمل
- أعضاء فريق Six Sigma
- ميثاق المشروع

1.1.3.4. تعريف المشكلة واختيار المشروع المناسب لتطبيق منهجية "Six Sigma ":

في صناعة الكابلات النحاسية، يشكل النحاس المادة الخام الرئيسية لصناعة الكابلات، وتتحمل شركات إنتاج الكابلات المحلية ضغط تكلفة ثقيل، ذلك أن تكلفة النحاس يشكل أكثر من 70%من تكلفة تكوين الكابلات.

إن العامل الأساسي الذي يؤثر في كمية النحاس المستخدمة في صناعة الكابلات هي المقاومة الكهربائية للموصل الكهربائي، حيث ارتفاع المقاومة الكهربائية سوف يؤدي إلى تصغير مقطع الموصل، وبالتالي تخفيض وزنه.

تعاني الشركة من ارتفاع تكاليف الجودة الناتجة لديها، وذلك بسبب رسوب بعض الموصلات الكهربائية باختبار المقاومة الكهربائية في مرحلة الجدل التي تكوّن الموصلات، مما كبد الشركة كمية كبيرة من سكراب مادة النحاس في مرحلة الجدل في قسم الكابلات المنزلية (Special Cable) الموجود في الشركة، بالإضافة إلى ذلك فإن الشركة تعاني من تفاوت في وزن الموصلات ذات المقاسات الكهربائية الواحدة، وذلك بسبب وجود تفاوت في قيم المقاومة الكهربائية لديها، وهذا يسبب زيادة إضافية في التكاليف.

2.1.3.4. علاقة المقاومة الكهربائية للموصلات الكهربائية بكتلة النحاس في هذه الموصلات:

نعلم إن المقاومة الكهربائية لناقل كهربائي تعطى بالعلاقة:

$$R_C = \boldsymbol{\rho}_{(cu)} \frac{L}{\boldsymbol{A_C}} \qquad \textbf{(العلاقة رقم 4−1)}$$

حيث:

$\boldsymbol{A_C}$	L	$\boldsymbol{\rho}_{(cu)}$	$\mathbf{R_C}$
مساحة مقطع الموصل [m^2]	طول الموصل [m]	المقاومة الكهربائية النوعية للنحاس المخمر	المقاومة الكهربائية للموصل [Ω]

ونعلم إن الكتلة الحجمية للنحاس هي:

$$\boldsymbol{\rho_{cu}} = \frac{\boldsymbol{m}}{\boldsymbol{V}} = \frac{\boldsymbol{m}}{\boldsymbol{A_C} * \boldsymbol{L}} \qquad \textbf{(العلاقة رقم 4−2)}$$

- **V حجم الموصل النحاسي [m^3]**

ومنه

$$\boldsymbol{A} = \frac{\boldsymbol{m}}{\boldsymbol{\rho_{cu}} * \boldsymbol{L}}$$

بالتعويض في العلاقة (4−1) نجد:

$$\boldsymbol{R} = \boldsymbol{\rho_{electric}} * \boldsymbol{\rho_{cu}} * \boldsymbol{L^2} * \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{m}}$$

- $\boldsymbol{\rho_{electric}}$ **كثافة النحاس [kg/Km^3]**

وبتعويض قيم الثوابت التالية بالعلاقة، نستنتج العلاقة (4−3)

الجدول 6 قيم الثوابت من الشركة المدروسة

الرمز	القيمة	الواحدة
$\rho_{electric}$	$1.7241*10^{-11}$	[Ω*km]
ρ_{cu}	$8.89*10^{12}$	[kg/Km^3]
L	1	[km]

$$R = 153.27 * \frac{1}{m}$$ **(العلاقة رقم 4-3)**

المعادلة (4-3) هي معادلة قطع زائد Hyperbola منسوب إلى مقاربيه المتعامدان ومتساوي الساقين xx′,yy′ ومركز القطع الزائد O (0,0) وفرعان القطع الزائد في الربعين الأول والثالث ومعادلته من الشكل:

$$x * y = \frac{a^2}{2} \rightarrow \quad y = \frac{a^2}{2} * \frac{1}{x}$$ **(العلاقة رقم 4-4)**

بالتساوي بين المعادلتين (4-3)، (4-4):

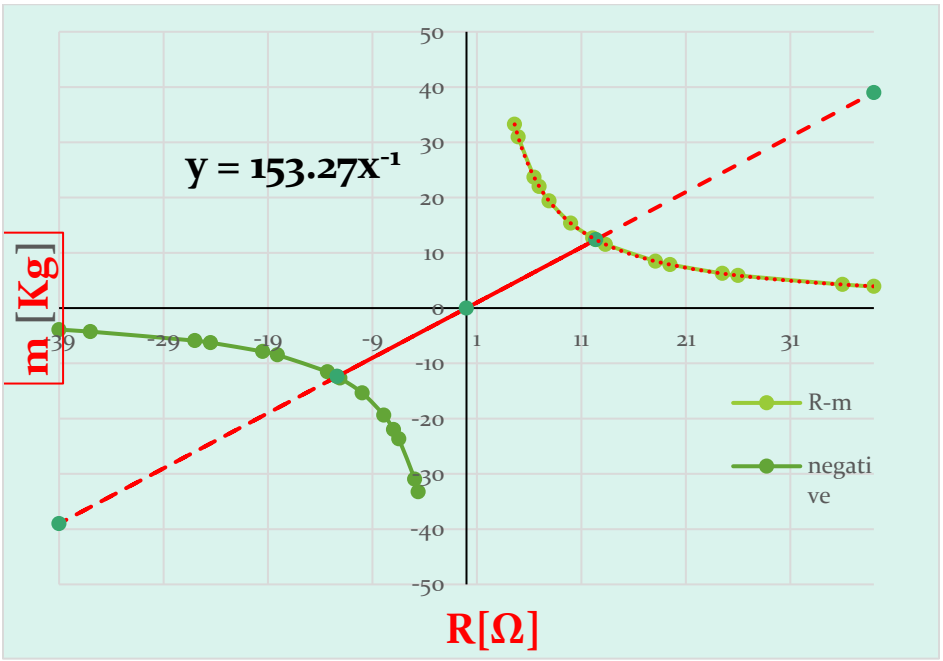
$$\frac{a^2}{2} = 153.27 \rightarrow b = a = 12.830$$

باستبدال الرموز بالمقاومة والكتلة R,m بدلاً من y,x بالترتيب نجد إن القيم الصغرى للمتحولات تكون عند ذروة القطع الزائد وهي:

$$R_{opt} = +12.830\ [\Omega]$$

$$m_{opt} = +12.830[\text{kg}]$$

ومنه فان علاقة المقاومة بكتلة النحاس **(العلاقة رقم 4-3)** تعطى من خلال الشكل التالي، والذي تم رسمه على برنامج **excel**، حيث ان علاقة المقاومة بكتلة النحاس كما اوضحنا بالبراهين هي علاقة قطع زائد متساوي الساقين.

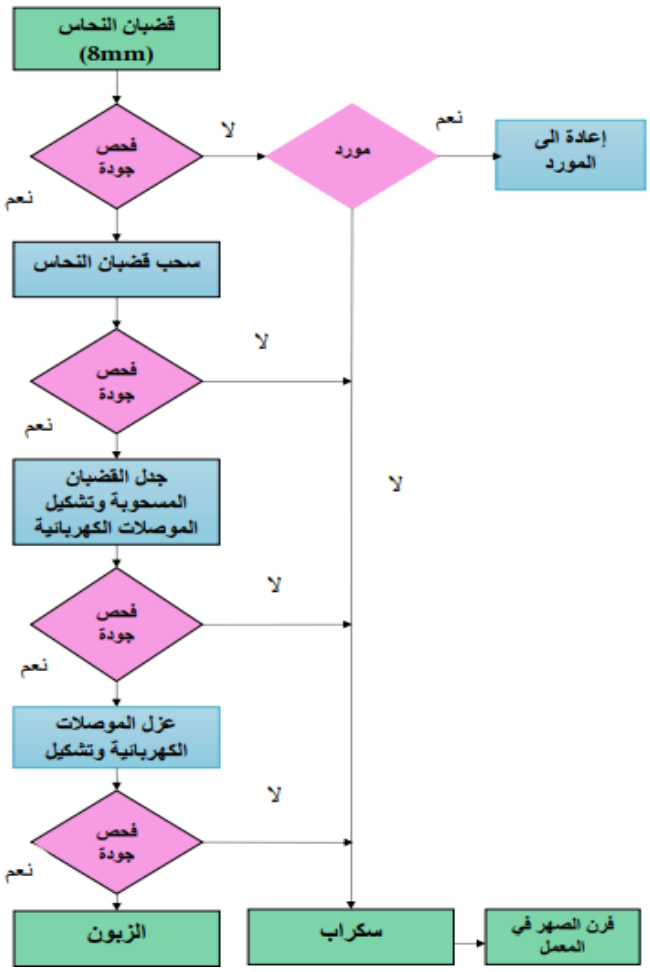


الشكل رقم 13 يوضح علاقة المقاومة الكهربائية بكتلة النحاس (على برنامج Excel)

جزء القطع الموجود في الربع الثالث: مرفوض (الكتلة والمقاومة لا يمكن ان تكون قيم سالبة)

نلاحظ من القطع في الربع الأول إن العلاقة بين المقاومة الكهربائية للموصلات النحاسية وكتلة النحاس هي علاقة عكسية، وهذا يعني زيادة المقاومة الكهربائية تعني تخفيض وزن النحاس.

3.1.3.4. مخطط التدفق للعملية الإنتاجية في المعمل:



الشكل رقم 14 المخطط التدفقي لعملية الإنتاج

4.1.3.4. أعضاء فريق Six Sigma:

تم تأهيل بعض الأفراد الأشخاص المؤهلين لحمل الأحزمة اعتماداً على معرفتهم الأساسية بالمعايير التالية:

- المعرفة العمليات
- المعرفة بالإحصاء

- مهارات التواصل
- الرغبة في المشاركة

وبناء على ذلك تم اختيار أعضاء فريق (Six Sigma):

الجدول 7 أعضاء فريق (Six Sigma)

العضو	الدور
الباحث	مدرب حملة أحزمة سوداء (حيث تم اتباع دورات خاصة بعلم بالإحصاء، ودورات خاصة بآلية تطبيق "Six Sigma"
المدير العام	القائد (بطل المشروع)
مدير قسم الجودة	حامل حزام اسود
مدير قسم الإنتاج	حامل حزام اخضر
فني قسم الجدل	حامل حزام اصفر

5.1.3.4. ميثاق المشروع:

الجدول8 ميثاق المشروع

عنوان المشروع	تخفيض تكاليف جودة الكابلات النحاسية المنزلية في قسم الجدل
وصف المشكلة	تعاني الشركة من ارتفاع تكاليف الجودة الناتجة لديها، وذلك بسبب رسوب بعض الموصلات الكهربائية باختبار المقاومة الكهربائية في مرحلة الجدل بالإضافة إلى ذلك فان الشركة تعاني من تفاوت في وزن الموصلات الكهربائية ذات المقاس الكهربائي الواحدة، وذلك بسبب وجود تفاوت في قيم المقاومة الكهربائية لديها، وهذا يسبب زيادة إضافية في التكاليف.
التأثير المالي للمشكلة	ارتفاع تكاليف الجودة في قسم الجدل، وذلك بسبب ارتفاع وزن الموصلات النحاسية الكهربائية،
مجال المشروع	عملية الجدل للكابلات المنزلية
أهداف المشروع	تخفيض وزن موصلات النحاس، ونسبة الموصلات المعيبة في قسم الجدل
الفوائد المالية	تخفيض تكاليف الجودة في قسم الجدل للكابلات المنزلية والناتجة عن ظهور عيب " المقاومة الكهربائية للكبل اعلا من القيم المسموح بها، كذلك توفير في كميات النحاس من خلال تخفيض وزن الموصلات النحاسية مع إبقاء المقاومة ضمن الحدود المسموح لها في المواصفة، بالاضافة الى تحسين سمعة المؤسسة وتحقيق رضا الزبون.
القائد (بطل المشروع)	المدير العام
حامل الحزام الأسود الرئيس	الباحث
حامل حزام اسود	مدير قسم الجودة

حامل حزام اخضر	مدير قسم الإنتاج
حامل حزام اصفر	فني قسم الجدل

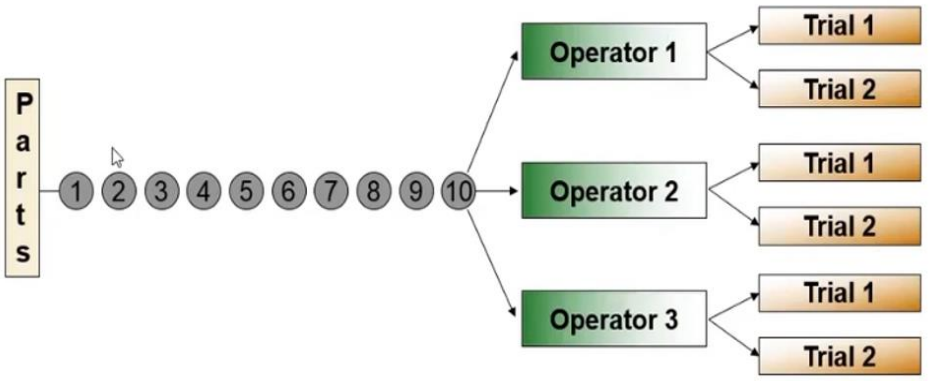
2.3.4. مرحلة القياس:

وتتضمن هذه المرحلة:

- تحليل دقة نظام القياس (Measurement System Analysis– Gage (R× R)) في المعمل
- استخدام (خرائط التحكم) لانحرافات المقاومة الكهربائية للموصلات الكهربائية في قسم الكابلات المنزلية لكل من (الجدل المنتظم والجدل الغير منتظم)
- استخدام منحني التوزع التكراري (Histogram) لانحرافات المقاومة الكهربائية (الجدل المنتظم والجدل الغير منتظم)

1.2.3.4. تحليل دقة نظام القياس (Measurement System Analysis– Gage (R× R)):

تتم في هذه المرحلة تحليل نظام القياس المتبع في الشركة، تم استخدام أداة قابلية التكرار والإعادة Gage (R× R) لتحليل دقة نظام القياس للمقاومة في مرحلة الجدل لقسم الكابلات المنزلية باستخدام Minitab ولقد ارتئينا ان نقوم بأخذ (60) قراءة للمقاومة الكهربائية، وذلك لنحصل على ادق النتائج، وتم ذلك من خلال قياس المقاومة الكهربائية ل (10) موصلات نحاسية بمقاطع مختلفة، بأخذ 2 قياسات لكل مقطع من قبل (3) عاملين من قسم الجودة في المعمل، أي بلغ عدد القياسات (60).



Gage R&R

Variance Components

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	8.800	6.13
Repeatability	8.800	6.13
Reproducibility	0.000	0.00
Operators	0.000	0.00
Part-To-Part	134.655	93.87
Total Variation	143.455	100.00

الشكل رقم 15 نتائج أداة تحليل نظام القياس (MSA)

2.2.3.4. التعليق على النتائج التي تم الحصول عليها:

- إن قيمة Total Gage (R&R) = 6.13% وهي اقل من 10، وهذا يعني أن نظام القياس في الشركة مثالي. (عليج، 2014، صفحة49)
- إن التباين بين الأجزاء(العينات) Part– To– Part = 93.87%، وهو مؤشر جيد جداً فهو يعني أن الاختلاف في نظام القياس عائد بنسبة كبيرة بسبب الاختلاف بين الأجزاء (مقاومة العينات)، وهذا يعني أيضاً أن نظام القياس قادر على تميز الاختلاف بين العينات المأخوذة.

3.2.3.4. استخدام (خرائط التحكم– مخطط التوزع التكراري) لانحرافات المقاومة الكهربائية للموصلات الكهربائية في قسم الكابلات المنزلية:

كما هو معلوم تتم عملية الجدل بطريقتين: الجدل المنتظم والجدل الغير منتظم (الجدل الشعري)، لكل نوع من أنواع الجدل التي تم ذكرها، تم اخذ عينات مكونة من (8) مفردات وبواقع (10 عينات) بمعدل عينة في كل يوم إنتاج داخل قسم الجدل، وذلك من اجل:

- التأكد من مدى مطابقة قيمة المقاومة الكهربائية للموصلات في قسم الجدل للمواصفة.
- حساب المتوسط لقيم المقاومات الكهربائية للموصل النحاسي من اجل العمل على رفع قيمة متوسط العينات إلى قيمة مقاومة هدف يتم تحديدها لكل موصل، وبالتالي الوصول إلى تخفيض وزن النحاس في الموصلات الكهربائية المنزلية مع الحفاظ على نفس الخصائص الكهربائية للموصل.

لرسم خرائط المراقبة نحسب:

- متوسط العينات: $\bar{\bar{X}}$ (يتم حسابها من خلال برنامج اكسل)
- الحد الأعلى للقيم المسموح بها (القيمة المثلى للمقاومة الكهربائية): من المواصفة IEC 60228
- الحد الأدنى للقيم المسموح بها للمقاومة الكهربائية: المواصفة لم تحدد الحد الأدنى للقيم، سيتم تحديده حسب التوزع الطبيعي للعينات: LCL=$\bar{\bar{X}}$ − (6×σ) (حيث يتم حساب σ من خلال برنامج اكسل)
- قيمة المقاومة التي تهدف الدراسة إلى التوصل إليها (R_{Target})

حيث سيكون الهدف من الدراسة هو الحصول على مقاومة وسط بين قيمة (UCL) وقيمة ($\bar{\bar{X}}$) بحيث يتم ترك مجال تسامح $UCL - \frac{UCL+\bar{\bar{X}}}{2}$ من اجل تفادي احتمالية حدوث أي قطع معيبة.

$$R_{Target} = \bar{\bar{X}} + \frac{UCL - \bar{\bar{X}}}{2}$$

1.3.2.3.4. الجدل الغير منتظم (الشعري) تم اخذ عينات للموصل بقياس mm^2 (0.5):

الجدول 9 نتائج قياس المقاومة الكهربائية للعينات المجدولة جدل غير منتظم

العينة	1	2	3	4	5	6	7	8	متوسط قيم العينة
X1	37.8	37.35	37.34	37.25	37.55	37.55	37.4	37.45	37.46125
X2	37.6	37.1	37.56	37.4	37.4	37.45	37.65	38.1	37.5325
X3	37.72	37.6	36.104	37.26	37.9	37.3	37.4	37.8	37.3855
X4	37.95	37.2	37.5	37.32	37.35	37.45	37.6	38.8	37.64625
X5	37.95	37.53	37.29	38.6	37.5	37.55	37.65	39.2	37.90875
X6	37.9	37.2	37.42	37.4	37.51	37.4	37.9	37.3	37.50375
X7	37.6	37.6	37.33	37.53	37.35	37.45	37.6	37.5	37.495
X8	39.6	37.25	37.25	37.35	37.5	37.45	37.65	38	37.75625
X9	37.74	37.3	37.17	37.45	38.2	37.4	37.5	37.55	37.53875
X10	39.3	38.2	37.79	37.6	37.5	37.85	37.8	37.65	37.96125
متوسط جميع العينات $(\bar{\bar{X}})$									37.618925
الانحراف المعياري للقيم(σ)									0.4824011
الحد الأعلى للقيم المسموح بها المقاومة المثلى للكبل (UCL)									39
الحد الأدنى للقيم المسموح بها للمقاومة (LCL)									34.724519
المقاومة التي تهدف الدراسة إلى التوصل إليها (R_{target})									38.309463

1.1.3.2.3.4. خريطة ضبط الجودة لقيم المقاومة الكهربائية للنواقل النحاسية المرنة للكابلات بقياس $(0.5mm^2)$:

إن اختبار قيمة المقاومة الكهربائية للموصلات النحاسية هو اختبار كهربائي بغرض التأكد من أن المقاومة الكهربائية للموصل الكهربائي تكون ضمن الحدود المسموح بها.

ضمن هذا الاختبار نميز الحد الأعلى والحد الأدنى المسموح بهم لقيم المقاومة، وسيتم تحديد قيمة المقاومة الكهربائية التي تهدف الدراسة إلى تحقيقها للوصل إلى هدف المشروع.

1. متوسط العينات:

$$\bar{\bar{X}} = 37.618925$$

2. الحد الأعلى للقيم المسموح بها (القيمة المثلى للمقاومة الكهربائية): من المواصفة IEC228

وهذه القيمة محدد في المواصفة بانها القيمة المثلى للمقاومة

UCL= 39[Ω*km]

3. الحد الأدنى للقيم المسموح بها للمقاومة الكهربائية:

المواصفة لم تحدد الأعلى للقيم، سيتم تحديده حسب التوزع الطبيعي للعينات:

$LCL = \bar{\bar{X}} - (6 \times \sigma)$

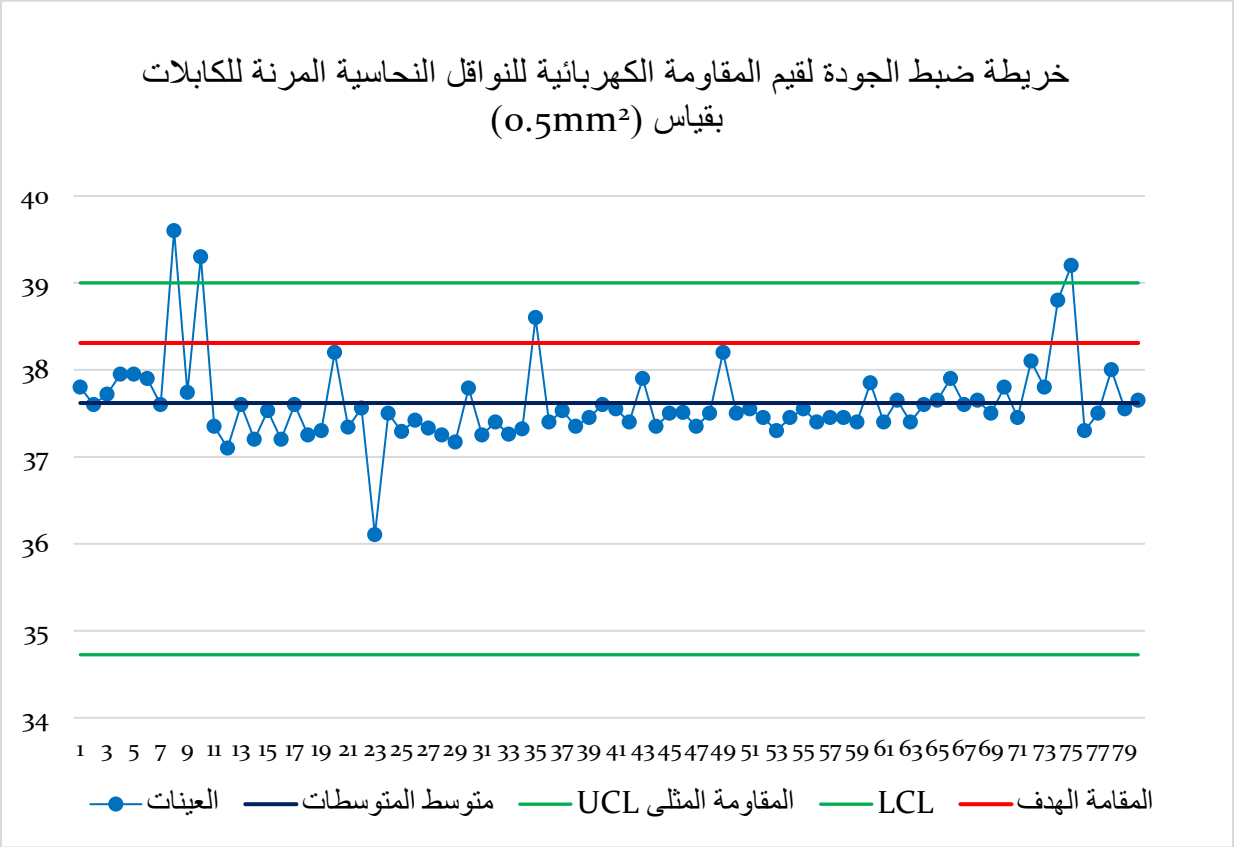
$LCL = 37.618925 - (0.4824011 \times 6) = 34.724519$ [Ω*km]

4. قيمة المقاومة التي تهدف الدراسة إلى التوصل إليها (R_{Target})

حيث سيكون الهدف من الدراسة هو الحصول على مقاومة وسط بين قيمة (UCL) وقيمة ($\bar{\bar{X}}$) بحيث يتم ترك مجال تسامح $UCL - \frac{UCL+\bar{\bar{X}}}{2}$ من اجل تفادي احتمالية حدوث أي قطع معيبة.

$$R_{Target} = \bar{\bar{X}} + \frac{UCL - \bar{\bar{X}}}{2}$$

$$R_{Target} = 37.618925 + \frac{39-37.618925}{2} = 38.309463[\Omega*km]$$

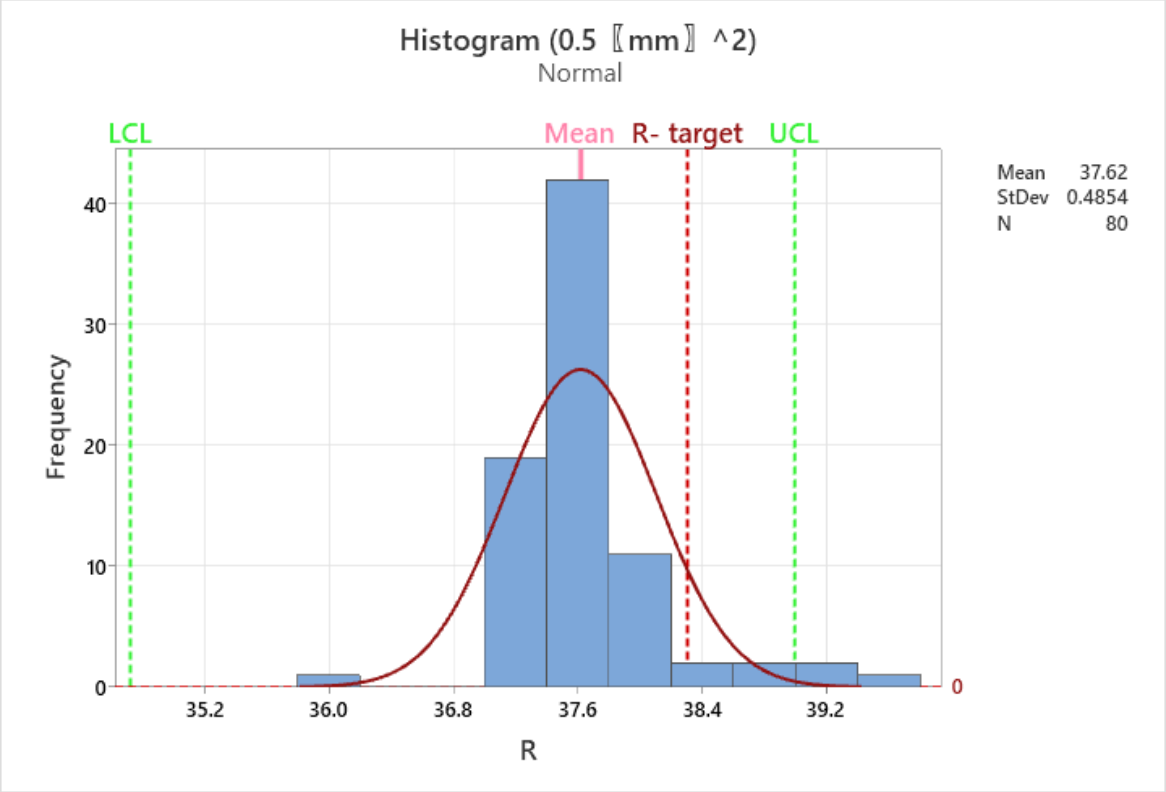


الشكل رقم 16 خريطة ضبط الجودة لقيم المقاومة الكهربائية للنواقل النحاسية المرنة للكابلات بقياس (0.5 mm2)

2.1.3.2.3.4. استخدام التوزع الطبيعي لتصنيف قيم المقاومة الكهربائية:

التي تمت دراستها في فقرة خرائط التحكم، حسب تكرارها ومراقبتها للكشف عن التغيرات الحاصلة في عملية

الجدل (الشعري):



الشكل رقم 17 ترتيب البيانات الخاصة (الجدل الشعري) حسب تكرارها

الجدول10 القيم المستخلصة

الوسط الحسابي	الوسيط	المنوال
37.618925	37.61262	37.6

معامل الالتواء المنوالي= (المتوسط الحسابي – المنوال) / الانحراف المعياري

معامل الالتواء الوسطي= (المتوسط الحسابي – الوسيط) / الانحراف المعياري

(معامل الالتواء المنوالي) $Sk = \frac{\bar{\bar{X}} - M}{\sigma} = \frac{37.618925 - 37.6}{0.4824} = 0.04 > 0$

(معامل الالتواء الوسطي) $Sk = \frac{3*(\bar{\bar{X}} - \dot{X})}{\sigma} = \frac{3*(37.618925 - 37.61262)}{0.4824} = 0.04 > 0$

معامل الالتواء موجب، وهذا يعني ان المنحنى ملتوي نحو اليمين، أي ان القيم متراكمة نحو اليمين بشكل أكبر.

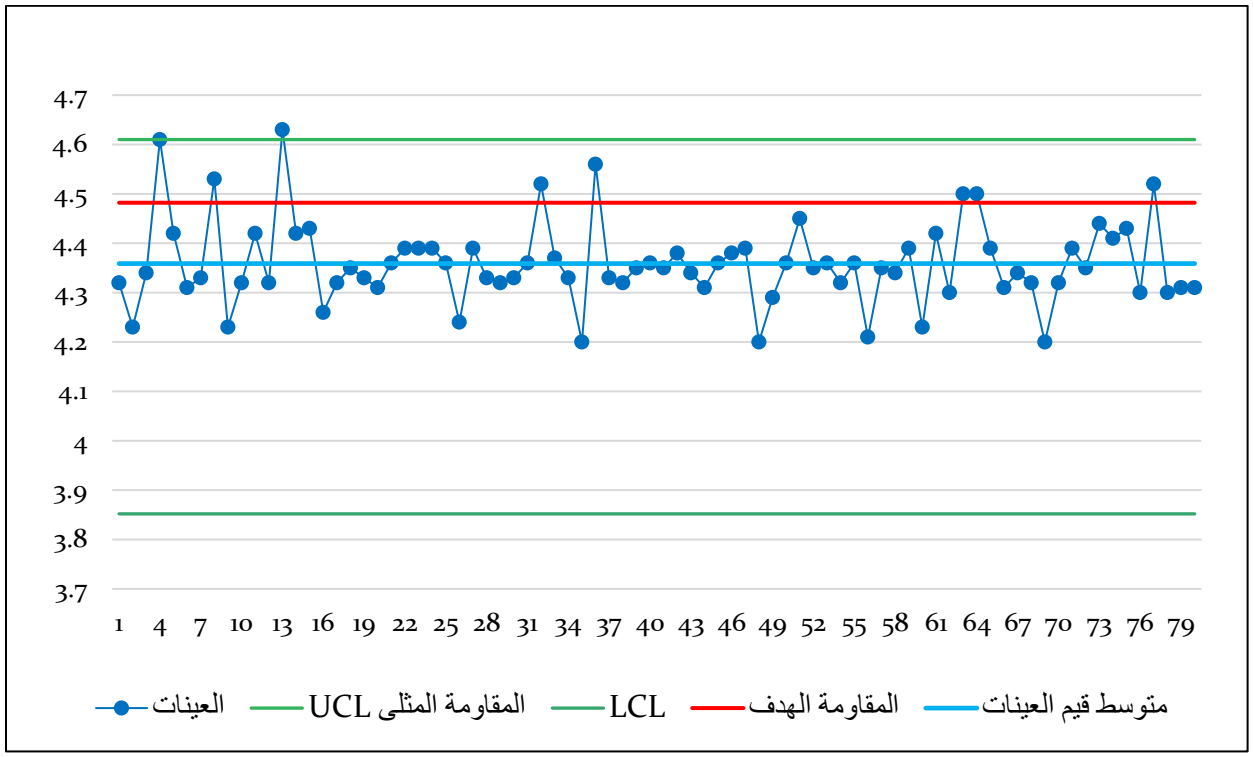
2.3.2.3.4. الجدل المنتظم :تم اخذ عينات للكبل بقياس mm^2 (4):

الجدول 11 نتائج قياس المقاومة الكهربائية للعينات المجدولة جدل منتظم

العينة	1	2	3	4	5	6	7	8	متوسط قيم العينة
X1	4.32	4.42	4.36	4.36	4.35	4.45	4.42	4.39	4.38375
X2	4.23	4.32	4.39	4.52	4.38	4.35	4.3	4.35	4.355
X3	4.34	4.63	4.39	4.37	4.34	4.36	4.5	4.44	4.42125
X4	4.61	4.42	4.39	4.33	4.31	4.32	4.5	4.41	4.41125
X5	4.42	4.43	4.36	4.2	4.36	4.36	4.39	4.43	4.36875
X6	4.31	4.26	4.24	4.56	4.38	4.21	4.31	4.3	4.32125
X7	4.33	4.32	4.39	4.33	4.39	4.35	4.34	4.52	4.37125
X8	4.53	4.35	4.33	4.32	4.2	4.34	4.32	4.3	4.33625

X9	4.23	4.33	4.32	4.35	4.29	4.39	4.2	4.31	4.3025
X10	4.32	4.31	4.33	4.36	4.36	4.23	4.32	4.31	4.3175
متوسط جميع العينات									4.358875
الانحراف المعياري للقيم									0.084484
الحد الأعلى للقيم المسموح بها المقاومة المثلى للكبل (UCL)									4.61
الحد الأدنى للقيم المسموح بها للمقاومة (LCL)									3.851973
المقاومة التي تهدف الدراسة إلى التوصل إليها R_{target}									4.484438

1.2.3.2.3.4. خريطة ضبط الجودة لقيم المقاومة الكهربائية للنواقل النحاسية المرنة للكابلات ذات القياس $(4mm^2)$:

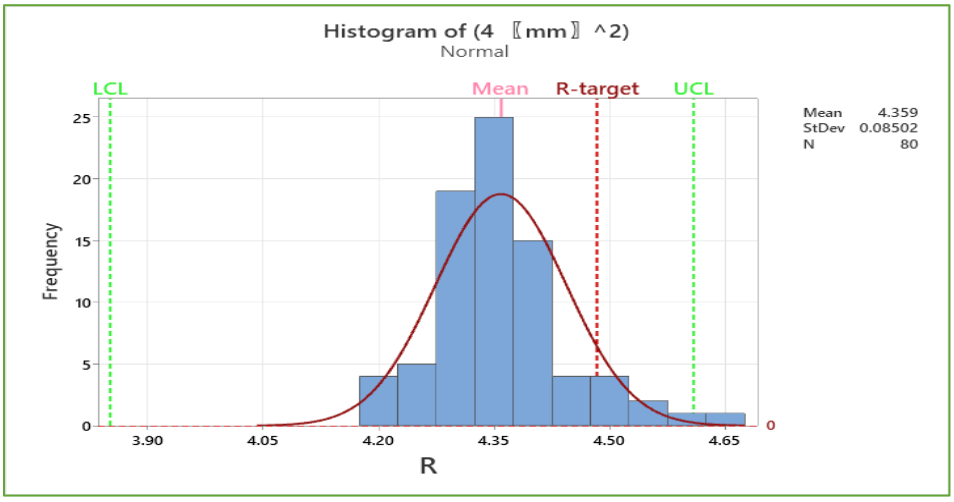


الشكل رقم 18 خريطة ضبط الجودة لقيم المقاومة الكهربائية للنواقل النحاسية المرنة للكابلات $(4mm^2)$

2.2.3.2.3.4. تم استخدام التوزع الطبيعي لتصنيف قيم المقاومة الكهربائية:

التي تمت دراستها في فقرة خرائط التحكم، حسب تكرارها ومراقبتها للكشف عن التغيرات الحاصلة في عملية

الجدل (الشعري):



الشكل رقم 19 ترتيب البيانات الخاصة (الجدل المنتظم) حسب تكرارها

الجدول12 القيم المستخلصة من المخطط

الوسط الحسابي	الوسيط	المنوال
4.358875	4.3459	**4.32**

معامل الالتواء= (المتوسط الحسابي – الوسيط) / الانحراف المعياري

$$Sk = \frac{\bar{\bar{X}} - M}{\sigma} = \frac{4.358875 - 4.3}{0.0845} = 0.46 > 0 \quad \text{(معامل الالتواء المنوالي)}$$

$$Sk = \frac{3*(\bar{\bar{X}} - \ddot{X})}{\sigma} = \frac{3*(4.358875 - 4.3459)}{0.0845} = 0.046 > 0 \quad \text{(معامل الالتواء الوسطي)}$$

معامل الالتواء موجب، وهذا يعني ان المنحنى ملتوي نحو اليمين، أي ان القيم متراكمة نحو اليمين بشكل

أكبر.

3.3.2.3.4. التعليق على النتائج أعلاه:

الجدل الغير منتظم (الشعري):

- تعتبر العملية غير مستقرة حيث أن بعض العينات المأخوذة تقع خارج حدود المراقبة.
- معامل الالتواء موجب $(\boldsymbol{Sk = 0.04})$، وهذا يعني ان المنحنى ملتوي نحو اليمين، أي ان القيم متراكمة نحو اليمين بشكل أكبر، وهذا مؤشر إيجابي يعني ان قيم المقاومة الكهربائية أقرب الى الحد الاعلى (القيمة المثلى)
- الفرق بين متوسط المقاومات والمقاومة الهدف

$\Delta R1 = 38.309463 - 37.618925 = 0.690538$

الجدل المنتظم:

- تعتبر العملية غير مستقرة حين إن بعض العينات تقع خارج حدود المراقبة
- معامل الالتواء موجب $(\boldsymbol{Sk = 0.46})$، وهذا يعني ان المنحنى ملتوي نحو اليمين، أي ان القيم متراكمة نحو اليمين بشكل أكبر، وهذا مؤشر إيجابي يعني ان قيم المقاومة الكهربائية أقرب الى الحد الاعلى (القيمة المثلى)
- الفرق بين متوسط المقاومات والمقاومة الهدف$\Delta R1 = 4.484438 - 4.358875 = 0.125563$

الهدف:

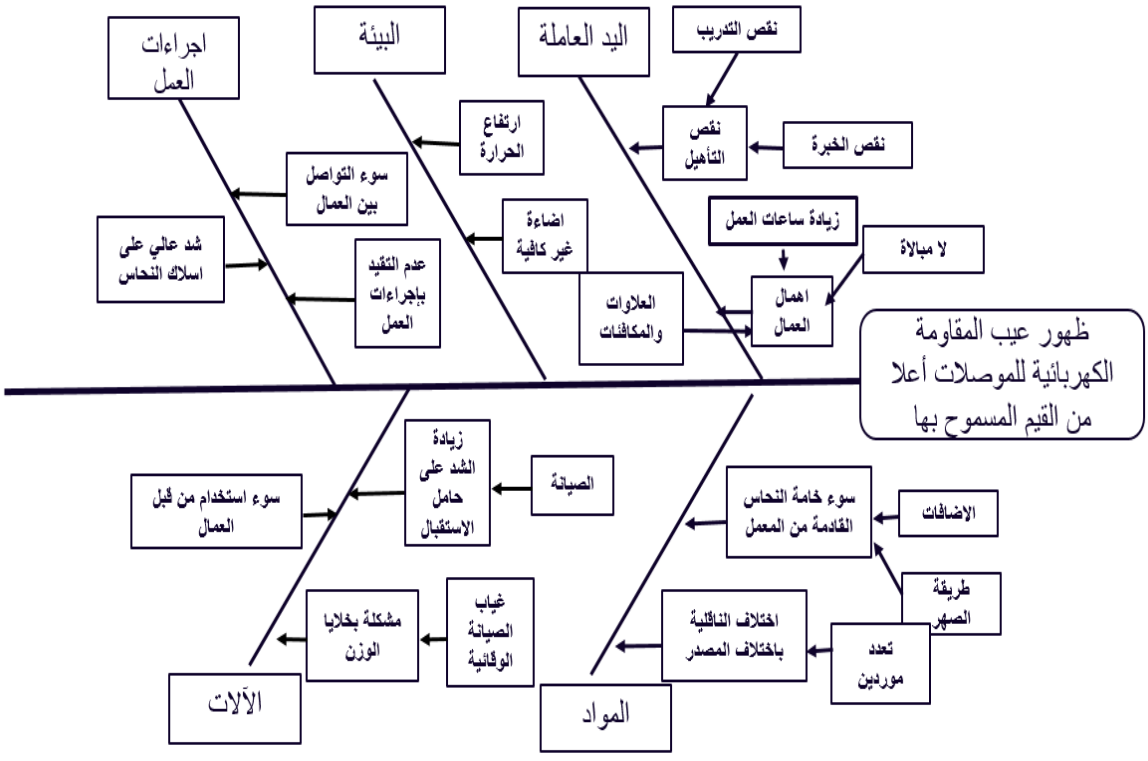
- جعل العملية مستقرة ← خلال تخفيض نسبة العيوب.
- رفع قيمة معامل الالتواء ← جعل القيم متراكمة نحو اليمين بشكل اكبر← رفع قيم المقاومة وبالتالي تخفيض وزن الموصلات النحاسية.

- رفع قيمة المتوسط الحسابي للعينات ← (تخفيض الفرق بين متوسط المقاومات والمقاومة الهدف) والتالي تخفيض وزن الموصلات النحاسية.

3.3.4. مرحلة التحليل:

لتحديد الأسباب المؤدية إلى حدوث انحرافات في قيم المقاومة الكهربائية للموصلات النحاسية، تم إنشاء مخطط السبب والأثر (عظم السمكة)، كما هو مبين في الشكل التالي، وذلك من خلال جلسات العصف الذهني مع أعضاء الفريق.

- **مشكلة عيب المقاومة الكهربائية للموصلات الكهربائية أعلى من القيم المسموح بها في المواصفة**

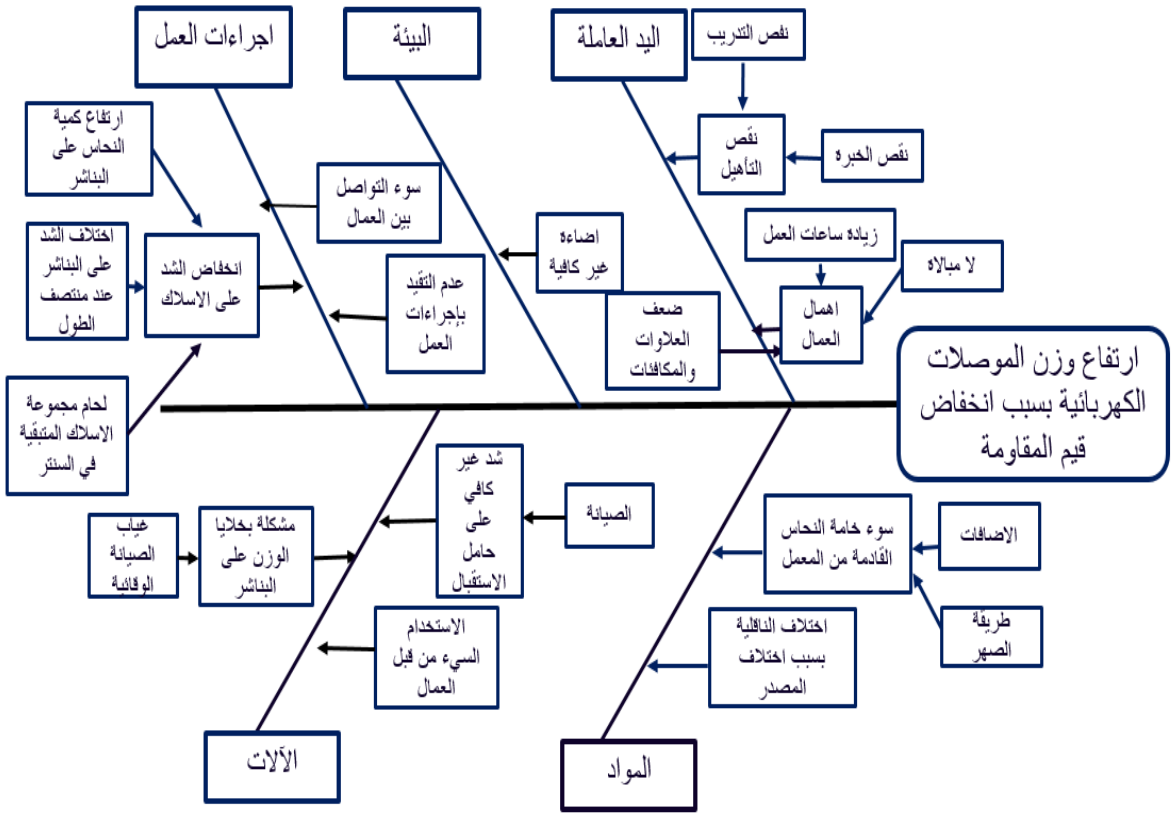


الشكل رقم 20 مخطط عظم السمكة لأسباب الوصول إلى موصلات بمقاومة كهربائية أعلى من القيم المسموحة

الجدول 13 أسباب ظهور عيب المقاومة الكهربائية للموصلات اعلى من القيم المسموح بها

ظهور عيب المقاومة الكهربائية للموصلات أعلى من القيم المسموح بها		
السبب الرئيسي	**الأسباب الفرعية**	
اليد العاملة	نقص التأهيل	نقص التدريب
		نقص الخبرة
	اهمال العمال	زيادة ساعات العمل
		لا مبالاة
	ضعف العلاوات والمكافئات	غياب نظام مكافئات وعلاوات واضح
المواد	اختلاف الناقلية باختلاف المصدر	تعدد الموردين
	سوء خامة النحاس القادمة من المعمل	المواد التي يتم اضافتها في المعمل
		طريقة الصهر
الآلات	سوء استخدام من قبل العمال	
	زيادة الشد على حامل الاستقبال	تحتاج الى الصيانة
	مشكلة بخلايا الوزن	غياب الصيانة الوقائية
اجراءات العمل	شد عالي على اسلاك النحاس	
	سوء التواصل بين العمال	
	عدم التقيد بإجراءات العمل	
البيئة	ارتفاع الحرارة	
	اضاءة غير كافية	

- **مشكلة ارتفاع وزن الموصلات الكهربائية**



الشكل رقم 21 مخطط عظم السمكة لأسباب ارتفاع وزن الموصلات الكهربائية

الجدول 14 أسباب ظهور عيب المقاومة الكهربائية للموصلات اعلى من القيم المسموح بها

ارتفاع وزن الموصلات الكهربائية بسبب انخفاض قيم المقاومة		
السبب الرئيسي	الأسباب الفرعية	
اليد العاملة	نقص التأهيل	نقص التدريب
		نقص الخبرة
	اهمال العمال	زيادة ساعات العمل
		لا مبالاة
		ضعف العلاوات والمكافئات
المواد	اختلاف الناقلية باختلاف المصدر	تعدد الموردين
	سوء خامة النحاس القادمة من المعمل	المواد التي يتم اضافتها في المعمل
		طريقة الصهر
الآلات	سوء استخدام من قبل العمال	
	شد غير كافي على حامل الاستقبال	تحتاج الى الصيانة
	مشكلة بخلايا الوزن	غياب الصيانة الوقائية
اجراءات العمل	انخفاض الشد على الاسلاك	ارتفاع كمية النحاس على البناشر
		اختلاف الشد على البناشر عند منتصف الطول
		لحام مجموعة الاسلاك المتبقية في السنتر
	سوء التواصل بين العمال	
	عدم التقيد بإجراءات العمل	
البيئة	اضاءة غير كافية	

4.3.4. مرحلة الحل:

تم تحديد أولويات فرص التحسين، من خلال عقد جلسات العصف الذهني والمناقشة مع قسم إدارة الجودة ومدير الإنتاج، بهدف وضع الحلول المناسبة للمشاكل التي تم تحديدها سابقاً، ومن ثم تم وضع الحلول اعتماداً على أربعة معايير، وهي:

التكلفة، سهولة التنفيذ، درجة التأثير على المشكلة، الزمن اللازم للتنفيذ

ولكل معيار درجة اعتماد على المقياس الخماسي من 1 إلى 5، وبعد ذلك تمت مناقشة النتائج مع الإدارة العليا وأخذ الموافقة على تطبيق الحلول ذات مجموع النقاط أكثر من 50، ويبين الجدول التالي مصفوفة الحلول التي تم التوصل إليها:

الجدول15 مصفوفة الحلول (الأفعال التصحيحية) لمرحلة التحسين

	مستوى أهمية المعيار	4	3	4	3
	السبب	التكلفة	سهولة التنفيذ	درجة التأثير على المشكلة	الزمن اللازم للتنفيذ	مجموع النقاط
المواد الأولية	الاعتماد على النحاس الصافي (المستورد) أكثر من المعاد صهره	3	3	4	5	52
	فحص المواد الأولية والتأكد من خواصها	4	3	5	5	60
	توحيد المصدر للمواد الأولية	4	4	3	5	55
الآلات	العمل بمبدأ قياس العينات العشوائية لضمان وثوقيه الألة	4	5	3	4	55
	التركيز على الصيانة الوقائية لخلايا الوزن على البناشر	3	5	4	4	55
	الاعتماد على أدوات قياس دقيقة لمعايرة قوى الشد على البناشر	3	4	4	3	49
	معايرة مستمرة للفرامات الميكانيكية لحامل الاستقبال	4	5	3	5	58
العمال	زيادة مستوى تدريب وتأهيل العمال	4	4	4	2	51
	وضع نظام مكافئات مرتبط بتقليص العيوب	3	3	4	4	49
	زيادة المستوى الثقافي للعمال حول أهمية الجودة	5	3	3	2	47
	تقليص ساعات العمل	3	3	3	4	45
طريقة العمل	الاعتماد على صهر بواقي النحاس بدل من لحامها	3	5	4	5	58
	وضع لوائح بإجراءات العمل على كل آلة	5	5	2	5	58

5.3.4. مرحلة المراقبة:

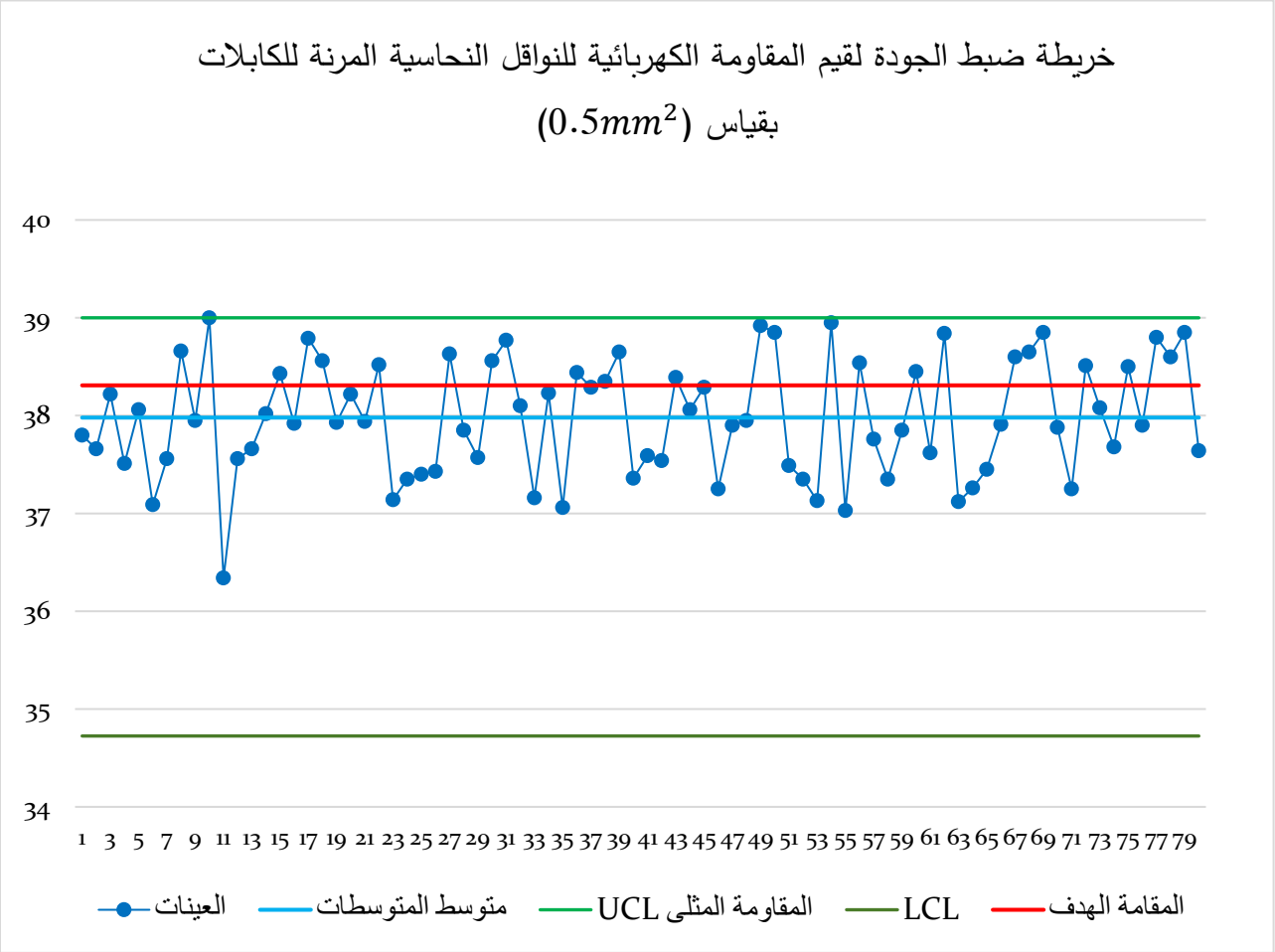
في هذه المرحلة تم مراجعة أعمال التحسين المنفذة والتحقق من مدى التحسين الحاصل، وذلك عن طريق إعادة اخذ عينات مكونة من (8) مفردات وبواقع (10 عينات) بمعدل عينة في كل يوم إنتاج داخل قسم الجدل، وإعادة حساب المتوسط الحسابي للعينات ومقارنته مع قيمته قبل التحسين، بالإضافة إلى التأكد من تخفيض العيوب.

1.5.3.4. الجدل الغير منتظم (الشعري) تم اخذ عينات للكبل بقياس mm^2 (0.5):

الجدول 16 نتائج قياس المقاومة الكهربائية للعينات المجدولة جدل غير منتظم بعد التحسين

العينة	1	2	3	4	5	6	7	8	متوسط قيم العينة
X1	37.8	36.34	37.94	38.77	37.59	37.49	37.62	37.25	37.6
X2	37.66	37.56	38.52	38.1	37.54	37.35	38.84	38.51	38.01
X3	38.22	37.66	37.14	37.16	38.39	37.13	37.12	38.08	37.6125
X4	37.51	38.02	37.35	38.23	38.06	38.95	37.26	37.68	37.8825
X5	38.06	38.43	37.4	37.06	38.29	37.03	37.45	38.5	37.7775
X6	37.09	37.92	37.43	38.44	37.25	38.54	37.91	37.9	37.81
X7	37.56	38.79	38.63	38.29	37.9	37.76	38.6	38.8	38.29125
X8	38.66	38.56	37.85	38.35	37.95	37.35	38.65	38.6	38.24625
X9	37.95	37.93	37.57	38.65	38.92	37.85	38.85	38.85	38.32125
X10	39	38.22	38.56	37.36	38.85	38.45	37.88	37.64	38.245
متوسط جميع العينات									37.97963
الانحراف المعياري للقيم									0.588711397
الحد الأعلى للقيم المسموح بها المقاومة المثلى للكبل (UCL)									39
الحد الأدنى للقيم المسموح بها للمقاومة (LCL)									34.724519
المقاومة التي تهدف الدراسة إلى التوصل إليها R_{target}									38.309463

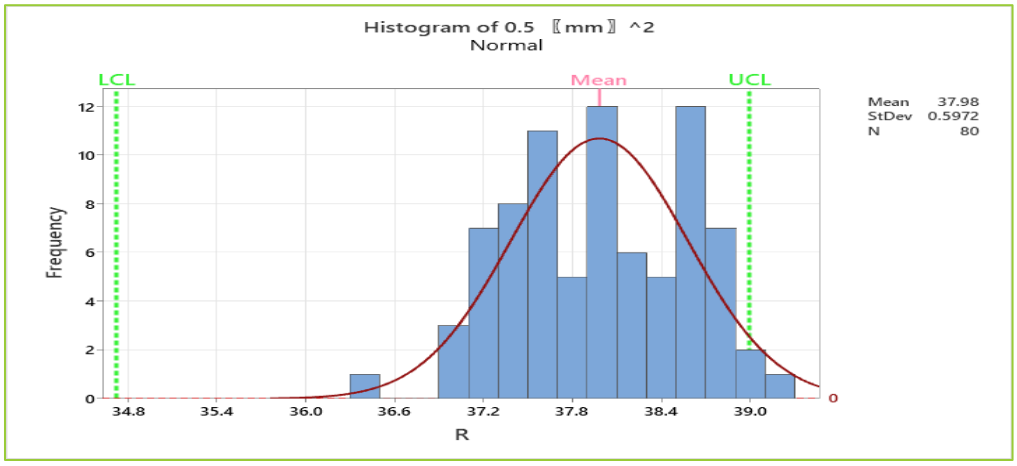
1.1.5.3.4. خريطة ضبط الجودة لقيم المقاومة الكهربائية للنواقل النحاسية المرنة للكابلات بقياس $(0.5mm^2)$:



الشكل رقم 22 خريطة ضبط الجودة لقيم المقاومة الكهربائية للنواقل النحاسية المرنة للكابلات (0.5 mm2)

2.1.5.3.4. استخدام التوزع التكراري لتصنيف قيم المقاومة الكهربائية:

التي تمت دراستها في فقرة خرائط التحكم، حسب تكرارها ومراقبتها للكشف عن التغيرات الحاصلة في عملية الجدل (الشعري):



الشكل رقم 23 ترتيب البيانات الخاصة (الجدل الشعري) حسب تكرارها

الجدول17 القيم المستخلصة من المخطط

الوسط الحسابي	الوسيط	المنوال
37.979625	37.76975	37.35

$$\text{Sk(معامل الالتواء المنوالي)} = \frac{\bar{\bar{X}} - M}{\sigma} = \frac{37.979625 - 37.35}{0.5887} = 1.07 > 0$$

$$\text{Sk (معامل الالتواء الوسطي)} = \frac{3*(\bar{\bar{X}} - \ddot{X})}{\sigma} = \frac{3*(37.979625 - 37.76975)}{0.5887} = 1.07 > 0$$

معامل الالتواء موجب، وهذا يعني ان المنحنى ملتوي نحو اليمين، أي ان القيم متراكمة نحو اليمين بشكل أكبر.

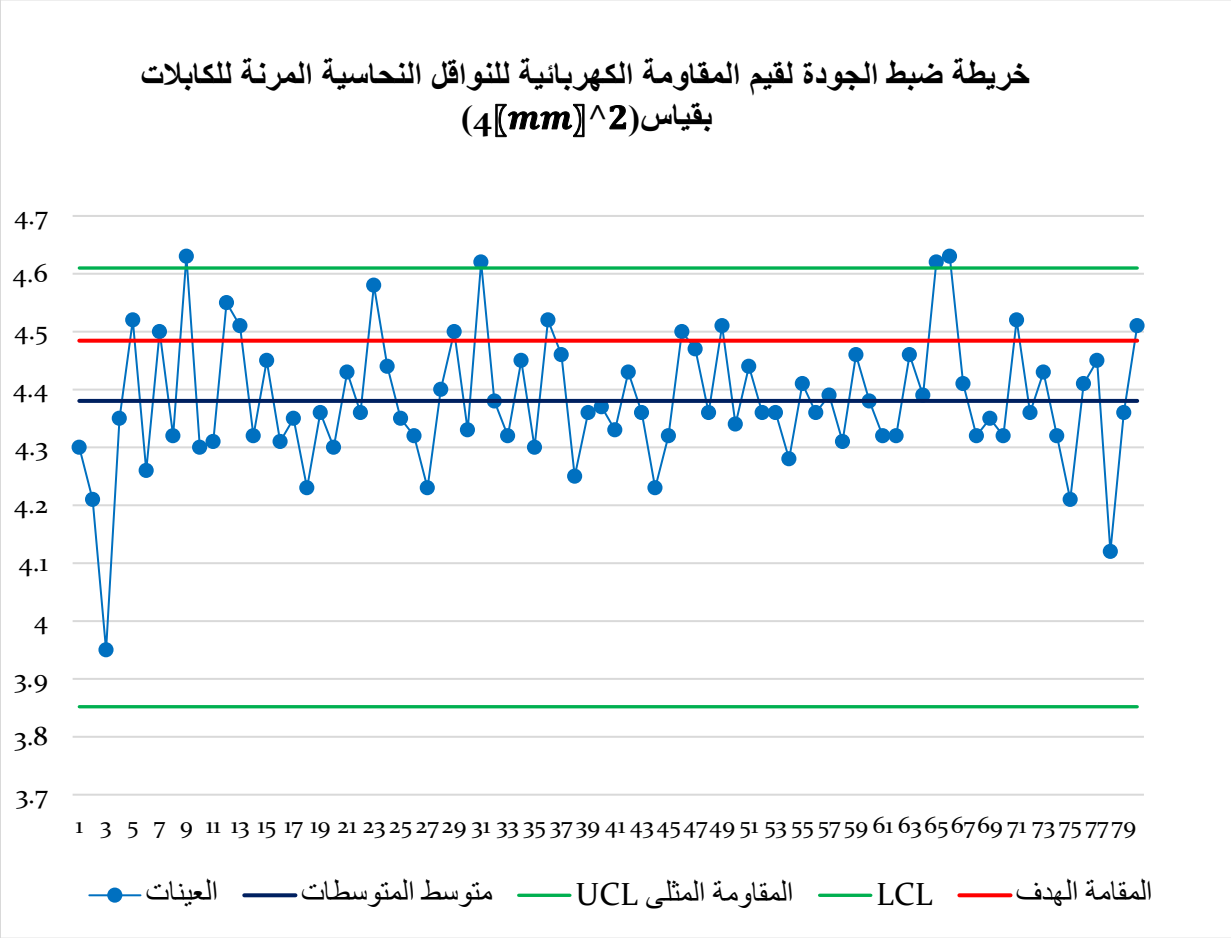
2.5.3.4. الجدل المنتظم: تم اخذ عينات للكبل بقياس mm^2 (4):

الجدول 18 نتائج قياس المقاومة الكهربائية للعينات المجدولة جدل منتظم بعد التحسين

العينة	1	2	3	4	5	6	7	8	متوسط قيم العينة
X1	4.3	4.31	4.43	4.62	4.33	4.44	4.32	4.52	4.40875
X2	4.21	4.55	4.36	4.38	4.43	4.36	4.32	4.36	4.37125
X3	3.95	4.51	4.58	4.32	4.36	4.36	4.46	4.43	4.37125
X4	4.35	4.32	4.44	4.45	4.23	4.28	4.39	4.32	4.3475
X5	4.52	4.45	4.35	4.3	4.32	4.41	4.62	4.21	4.3975
X6	4.26	4.31	4.32	4.52	4.5	4.36	4.63	4.41	4.41375
X7	4.5	4.35	4.23	4.46	4.47	4.39	4.41	4.45	4.4075
X8	4.32	4.23	4.4	4.25	4.36	4.31	4.32	4.12	4.28875
X9	4.63	4.36	4.5	4.36	4.51	4.46	4.35	4.36	4.44125
X10	4.3	4.3	4.33	4.37	4.34	4.38	4.32	4.51	4.35625
متوسط جميع العينات									4.380375
الانحراف المعياري للقيم									0.11355003
الحد الأعلى للقيم المسموح بها المقاومة المثلى للكبل (UCL)									4.61
الحد الأدنى للقيم المسموح بها للمقاومة (LCL)									3.851973

المقاومة التي تهدف الدراسة إلى التوصل إليها R_{target}	4.484438

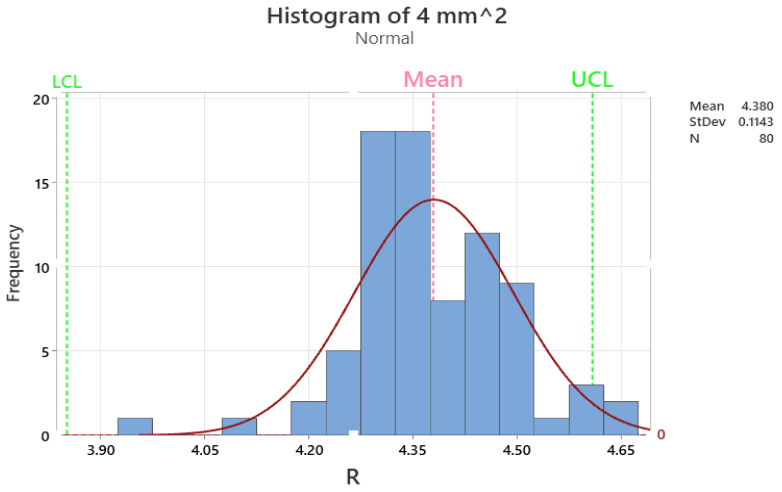
1.2.5.3.4. خريطة ضبط الجودة لقيم المقاومة الكهربائية للنواقل النحاسية المرنة للكابلات بقياس ($4mm^2$):



الشكل رقم 24 خريطة ضبط الجودة لقيم المقاومة الكهربائية للنواقل النحاسية المرنة للكابلات (4 mm2)

2.2.5.3.4. استخدام التوزع التكراري لتصنيف قيم المقاومة الكهربائية:

التي تمت دراستها في فقرة خرائط التحكم، حسب تكرارها ومراقبتها للكشف عن التغيرات الحاصلة في عملية الجدل (المنتظم):



الشكل رقم 25 ترتيب البيانات الخاصة (الجدل المنتظم) حسب تكرارها

الجدول19 القيم المستخلصة من المخطط

الوسط الحسابي	الوسيط	المنوال
4.380375	**4.36**	**4.32**

$$\textbf{(معامل الالتواء المنوالي)}\ Sk = \frac{\bar{\bar{X}} - M}{\sigma} = \frac{4.380375 - 4.32}{0.11355} = 0.54 > 0$$

$$\textbf{(معامل الالتواء الوسطي)}\ Sk = \frac{3*(\bar{\bar{X}} - \ddot{X})}{\sigma} = \frac{3*(4.380375 - 4.36)}{0.11355} = 0.54 > 0$$

معامل الالتواء موجب، وهذا يعني ان المنحنى ملتوي نحو اليمين، أي ان القيم متراكمة نحو اليمين بشكل أكبر.

أولاً: الجدل الغير منتظم (الشعري):

- تعتبر العملية مستقرة حيث أن جميع العينات المأخوذة تقع ضمن حدود المراقبة. (تحقيق هدف الدراسة)
- تم رفع قيمة معامل الالتواء بشكل كبير من 0.04 الى 1.07 ← ان قيم المقاومة أصبحت متراكمة بشكل أكبر نحو اليمين ← ارتفعت قيمة المقاومة الكهربائية للعينات ← تخفيض وزن النحاس المستخدم بنسبة كبيرة (تحقيق هدف الدراسة)
- تم رفع قيمة المتوسط الحسابي للمقاومة الكهربائية من R= 37.618925 [ohm/km] إل

R= 37.98213 [ohm/km] أي تحسين قيمة المقاومة ← تخفيض وزن النحاس المستخدم (تحقيق هدف الدراسة)

- الفرق بين متوسط المقاومات والمقاومة الهدف

ΔR2= 38.309463−37.98213 =0.327333

النسبة المئوية للتغير في المقاومة الكهربائية للموصلات النحاسية، حيث ΔR_1 تمثل الفرق بين متوسط المقاومات والمقاومة الهدف قبل التحسين، ΔR_2 تمثل الفرق بين متوسط المقاومات والمقاومة الهدف قبل التحسين.

$$= \frac{\Delta R_1 - \Delta R_2}{\Delta R_1} * 100$$

$$= \frac{0.690538 - 0.327333}{0.690538} * 100 = 52.5974\%$$

ثانياً: الجدل المنتظم:

- تعتبر العملية غير مستقرة حين أن بعض العينات تقع خارج حدود المراقبة

- تم رفع قيمة معامل الالتواء بشكل بسيط من 0.46 الى 0.54 ← ان قيم المقاومة أصبحت متراكمة بشكل أكبر نحو اليمين ← تخفيض وزن النحاس المستخدم **بنسبة قليلة** (تحقيق هدف الدراسة)

- تم رفع قيمة المتوسط الحسابي للمقاومة الكهربائية من R= 4.358875 [ohm/km] إلى R=4.380375[ohm/km] أي تحسين بسيط قيمة المقاومة وبالتالي تخفيض وزن النحاس المستخدم.

- الفرق بين متوسط المقاومات والمقاومة الهدف

ΔR2= 4.484438−4.380375 =0.104063

النسبة المئوية للتغير في المقاومة الكهربائية للموصلات النحاسية

$$= \frac{\Delta R_1 - \Delta R_2}{\Delta R_1} * 100$$

$$= \frac{0.125563 - 0.104063}{0.125563} * 100 = 17.12288\%$$

إن إجراءات التحسين التي تم تطبيقها في المعمل ساهمت في تحسين عملية الجدل وخفض تكاليف الجودة الناتجة عن جدل الموصلات المجدولة جدل شعري بنسبة أكبر من الموصلات المجدولة جدل نظامي.

ومن اجل زيادة التحسين لعملية جدل الموصلات جدل منتظم سيتم امثلة بارامترات عملية الجدل على برنامج اكسل *excel*

4.4. أمثلة بارامترات عملية الجدل:

خلال عملية التصميم سوف يتم حساب بارامترات الموصل وفقاً للمقاومة وعدد الأسلاك (عدد الطبقات)، سوف يتم التصميم وفقاً لموصل بطول 1 كم واستخدام المقاومة المكافئة.

بالتالي من المهم الحصول على البارامترات كتوابع لهذه المدخلات، والقيم الثابتة في العلاقات ستكون:

الجدول 20 ثوابت عملية الجدل

الثابت	الرمز	القيمة	الواحدة
المقاومة النوعية للنحاس	$\rho_{electric}$	$1.7241*10^{-11}$	[Ω*km]
الكتلة الحجمية للنحاس	ρ_{cu}	$8.89*10^{12}$	[kg/km3]
طول الكبل	L	1	[km]

بارامترات عملية الجدل نوعين:

- بارامترات خاصة بالموصل الكهربائي: مساحة مقطع الموصل وقطره، وزن الوصل .
- بارامترات خاصة بكل طبقة جدل للموصل: زاوية الجدل، خطوة الجدل، عدد الجذلات، الطول الحقيقي للأسلاك المجدولة في الطبقة.

1.4.4. البارامترات الخاصة بالكبل:

1.1.4.4. مقطع الموصل:

وفقا للعلاقة: (4−1)

$$R_C = \boldsymbol{\rho}_{(cu)} \frac{L}{\boldsymbol{A_C}}$$

حيث:

$\boldsymbol{A_C}$	L	$\boldsymbol{\rho}_{(cu)}$	$\mathbf{R_C}$
مساحة مقطع الموصل [m^2]	طول الموصل [m]	المقاومة الكهربائية النوعية للنحاس المخمر	المقاومة الكهربائية للموصل [Ω]

نجد أن:

$$A_C = \rho \frac{1}{\left(\frac{R_{DC}}{L}\right)} \ [Km^3]$$

من اجل جعل مساحة المقطع ب [mm^3]

$$\boldsymbol{A_C = \rho \frac{1}{\left(\frac{R_{DC}}{L}\right)} \times 10^{12} \ [mm^3]}$$

2.1.4.4. قطر الموصل المجدول:

$$\boldsymbol{A_C = \frac{\pi D^2}{4} \Rightarrow D_C = \sqrt{\frac{4A_C}{\pi}} \ [mm]}$$

حيث: D_C قطر الموصل المجدول

3.1.4.4. قطر السلك الواحد المجدول: من العلاقة (3−3)

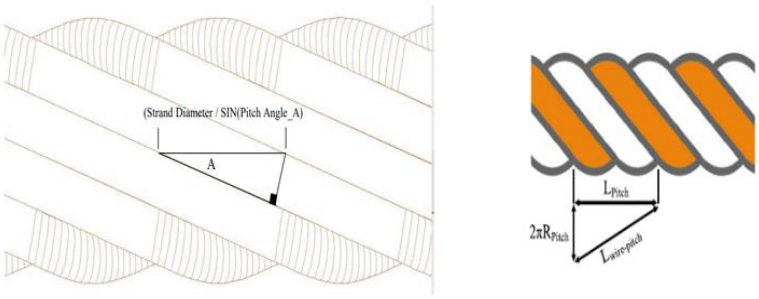
$$d = \frac{D_i}{(2S-1)} \text{ [mm]}$$

D_i	d	S	N
قطر الموصل عند الطبقة المدروسة **[mm]**	قطر السلك الواحد المجدول **[mm]**	عدد طبقات الجدل	عدد الاسلاك المجدولة التي تشكل الموصل

2.4.4. البارامترات الخاصة بكل طبقة من الموصل:

1.2.4.4. خطوة الحلزون (T_p):

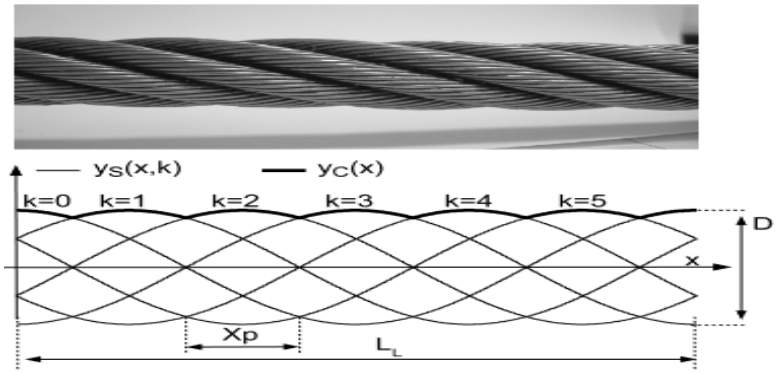
هو المسافة المحورية المطلوبة التي يكمل فيها السلك دورة واحدة حول قطر الموصل الآخر ويعود إلى موضعه النسبي الأصلي في كبل مجدول**(ZAREI & HADIDI, 2020)** .



الشكل رقم 26 المسافة المحورية المطلوبة التي يكمل فيها السلك دورة واحدة

خطوة الجدل عند الطبقة i = عدد العقد أو اللفات ضمن الخطوة × قطر اللفة / جيب زاوية اللف **من العلاقة (3−4)**

$$\boldsymbol{T_{pi}} = K \times \frac{\boldsymbol{d}}{\boldsymbol{\sin{(\alpha i)}}}$$



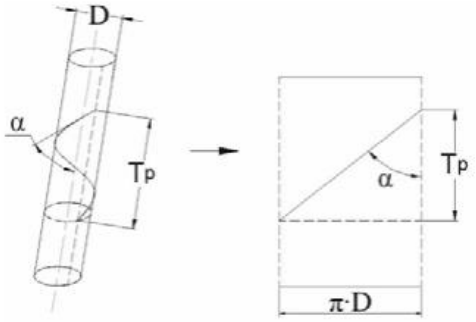
الشكل رقم 27 خطوة الجدل

$\boldsymbol{\alpha_i}$	$\boldsymbol{K}$	$\boldsymbol{T_{pi}}$
زاوية اللف (الانحناء)	اللفات ضمن الخطوة عدد العقد أو	خطوة الجدل عند الطبقة i **[mm]**

كما تعطى خطوة الجدل بالعلاقة:

يمكن حساب خطوة الجدل من الشكل أدناه، **من العلاقة (3-5)**

$$T_{pi} = \pi\, D_i \times tan(\boldsymbol{\alpha_i})$$



الشكل رقم 28 حساب خطوة الجدل

لإيجاد خطوة الجدل في الطبقة (i) لابد من إيجاد زاوية الميل:

نجد من **(3−4):** تعطى خطوة الجدل بالعلاقتين:

$$T_{pi} = K \times \frac{d}{\sin(\boldsymbol{\alpha_i})}$$

حيث أن k هي عدد اللفات ضمن الخطوة، وهي مساوية لعدد الأسلاك المشكلة على محيط الموصل عند الطبقة (i)

أي $K = N_i$ وهي عدد الاسلاك المجدولة عند الطبقة i.

ومنه فان العلاقة (3−4) تصبح:

$$\boldsymbol{T_{pi} = N_i \times \frac{d}{\sin(\alpha_i)}} \qquad \textbf{(العلاقة رقم 4−5)}$$

بمساواة العلاقتين (4−5) و(4−3) $T_{pi} = \pi D_i \times tan(\boldsymbol{\alpha_i})$

$$N_i \times \frac{d}{\sin(\boldsymbol{\alpha_i})} = \pi D_i \times tan(\boldsymbol{\alpha_i})$$

$$\frac{N_i \times d}{\sin(\boldsymbol{\alpha_i})} = \pi D_i \times \frac{\sin(\boldsymbol{\alpha_i})}{Cos(\boldsymbol{\alpha_i})}$$

$$\frac{N_i \times d}{\pi D_i} = \frac{Sin^2(\boldsymbol{\alpha_i})}{Cos(\boldsymbol{\alpha_i})} = \frac{1 - cos^2(\boldsymbol{\alpha_i})}{Cos(\boldsymbol{\alpha_i})}$$

$$\left(\boldsymbol{cos^2(\alpha_i)} + \left(\frac{N_i \times d}{\pi D_i}\right) \boldsymbol{Cos(\alpha_i)} - \mathbf{1} = \mathbf{0}\right)$$

وهي معادلة من الدرجة الثانية من الشكل

$$\boldsymbol{aX^2} + \boldsymbol{bX} + \mathbf{C} = \mathbf{0}$$

يحتاج حلها إلى إيجاد قيمة Δ

$$\Delta = \mathbf{b^2} - \mathbf{4.a.c}$$

A	B	C
1	$\frac{N_i \times d}{\pi D_i}$	-1

$$\Delta = \left(\frac{N_i \times d}{\pi D_i}\right)^2 + 4$$

$$\sqrt{\Delta} = \sqrt{\left(\frac{N_i \times d}{\pi D_i}\right)^2 + 4}$$

$$Cos(\boldsymbol{\alpha_i}) = \frac{-\mathrm{b} + \sqrt{\Delta}}{2\mathrm{a}} = \frac{-(\frac{N_i \times d}{\pi D_i}) + \sqrt{\left(\frac{N_i \times d}{\pi D_i}\right)^2 + 4}}{2} > 0$$

$$Cos(\boldsymbol{\alpha_i}) = \frac{-\mathrm{b} - \sqrt{\Delta}}{2\mathrm{a}} = \frac{-\left(\frac{N_i \times d}{\pi D_i}\right) - \sqrt{\left(\frac{N_i \times d}{\pi D_i}\right)^2 + 4}}{2} < 0 \text{ مرفوض}$$

$$\boldsymbol{\alpha_i} = Cos^{-1}\left(\frac{-\left(\frac{N_i \times d}{\pi\, D_i}\right) + \sqrt{\left(\frac{N_i \times d}{\pi\, D_i}\right)^2 + 4}}{2}\right)$$

وهي العلاقة رقم (4-6)

من علاقة زاوية الميل (4-6) يمكن إيجاد خطوة الجدل بتعويضها بالعلاقة (4-5)

2.2.4.4. عدد الجلدات عند طول معيّن ضمن الطبقة المدروسة:

وتكون خطوة اللف T_{pi} مساوية لطول الكابل مقسوماً على عدد الجدلات $T_{pi} = \frac{L}{n}$ بالتالي لحساب عدد الجدلات ضمن الطبقة i هو $I_i = \frac{L}{T_{pi}}$

$$\boldsymbol{I_i = \frac{L}{T_{pi}}} \qquad \textbf{(العلاقة رقم 4-7)}$$

3.2.4.4. الطول الحقيقي للأسلاك:

للحصول على موصل مجدول بطول $\boldsymbol{L}$ نحتاج إلى أسلاك بطول أكبر لأنه يتم فقدان جزء من طول الأسلاك في عملية الجدل، وهذه الأسلاك تختلف أطوالها من طبقة إلى أخرى.

إن الطول الفعلي للأسلاك خلال خطوة واحدة من الجدل، ضمن الطبقة i، ومن الشكل السابق يعطى بالعلاقة:

$$\boldsymbol{l_{wire-pitch(i)} = \sqrt{P_i^{\,2} + (\pi D_i)^2}} \qquad \textbf{(العلاقة رقم 4-8)}$$

بالتالي أطوال الأسلاك المطلوبة في عملية اللف هي:

$$l_{wire} = I * \sqrt{P_i{}^2 + (\pi D_i)^2}$$ (العلاقة رقم 4-9)

4.4.2.4 وزن الموصل:

$$W_c = L_c * A_c * K_{copper}$$ (العلاقة رقم 4-10)

حيث $K_{copper} = 8960\ kg/m^3$ كثافة مادة النحاس

K_{copper}	W_c	$l_{wire-pitch(i)}$	I_i
كثافة مادة النحاس	وزن الموصل	الطول الفعلي للأسلاك ضمن طبقة واحد من الجدل *i*	عدد الجدلات عند طول معين

حيث تم عملية امثله بارامترات عملية جدل الموصلات المنزلية جدل منتظم على برنامج على برنامج *excel* لإعطاء البارامترات الأمثل لكل موصل وفقاً للقيم المثلى للمقاومة الكهربائية (الذي يقابل حل اقتصادي بأقل كتلة للنحاس)، ووفقاً لعدد الأسلاك الداخلة بعملية الجدل والتي يتم تحديدها بمرحلة السحب.

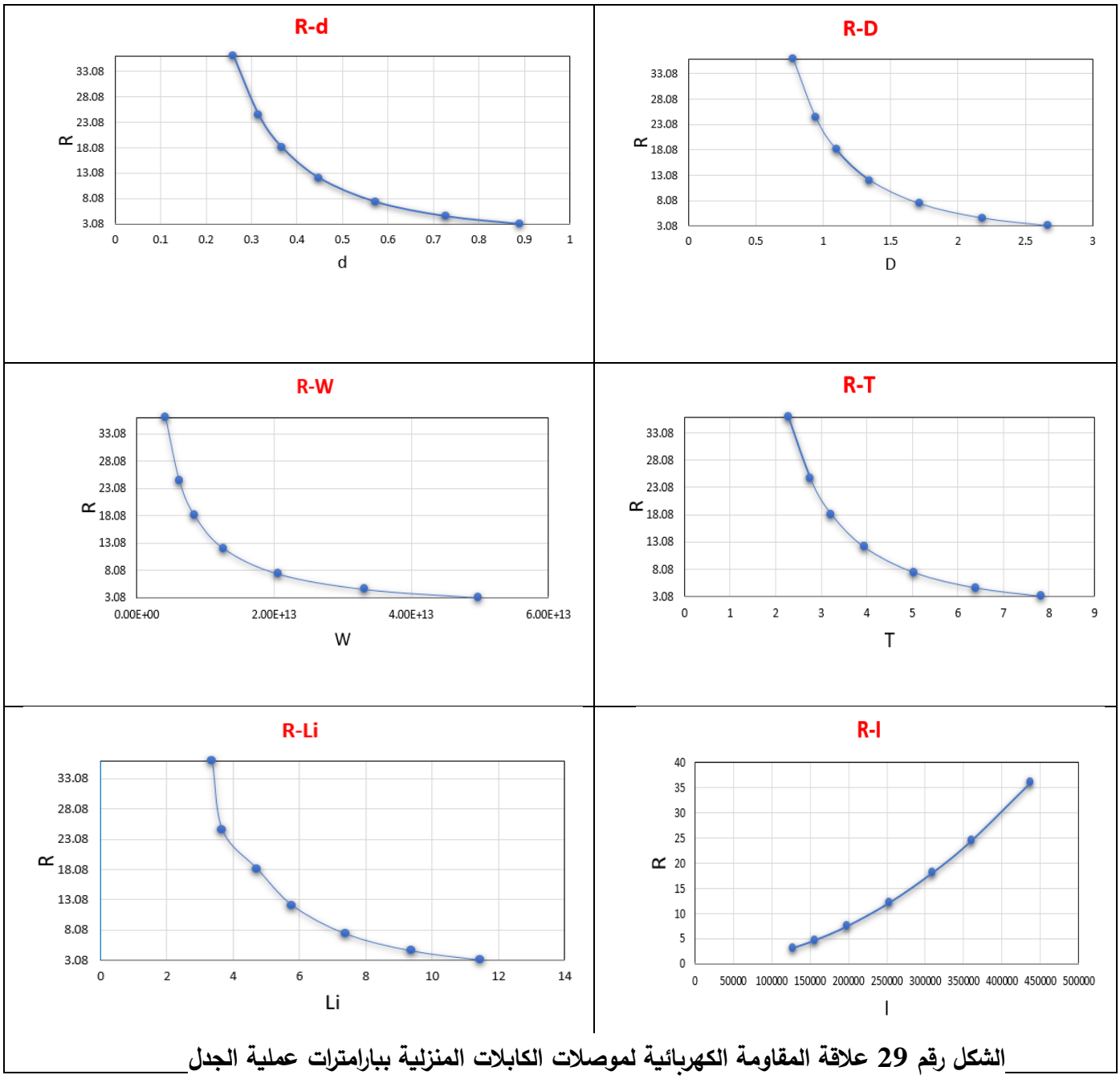
5.2.4.4. علاقة المقاومة الكهربائية لموصلات الكابلات المنزلية ببارامترات عملية الجدل حسب القيم الحدية للمواصفة (حالة خاصة):

الجدول 21 بارامترات عملية الجدل المنتظم وفقاً لقيم المواصفة الحدية (R/L max, AT) (حالة خاصة) عند إدخالها إلى برنامج الأمثلة (excel)

W (kg/km)	Li (Km)	I	T(mm)	A	d [mm]	D [mm]	R/L (max) [ohm/km]	AT [mm^2]
4.26E+12	3.355040922	436806	2.289346251	43.02835048	0.260359778	0.781079334	36	0.5
6.26E+12	3.670462961	360347	2.775106729	43.02835048	0.315603711	0.946811132	24.5	0.75
8.47E+12	4.731619192	309726	3.228668416	43.02835048	0.367185781	1.101557344	18.1	1
1.27E+13	5.787038704	253239	3.94884464	43.02835048	0.449089041	1.347267124	12.1	1.5
2.07E+13	7.395030476	198174	5.046074158	43.02835048	0.573873326	1.721619978	7.41	2.5
3.32E+13	9.375590049	156310	6.397529099	43.02835048	0.727569827	2.182709481	4.61	4
4.98E+13	11.47027193	127766	7.826856554	43.02835048	0.890122511	2.670367534	3.08	6

تم ادخال البيانات على برنامج (Excel) للحصول على علاقة المقاومة الكهربائية لموصلات الكابلات المنزلية ببارامترات عملية الجدل حسب القيم الحدية للمواصفة (R/L max, AT) (حالة خاصة)

6.2.4.4. علاقة المقاومة الكهربائية لموصلات الكابلات المنزلية ببارامترات عملية الجدل حسب القيم الحدية للمواصفة (R/L max, AT) (حالة خاصة) عند إدخالها إلى برنامج الأمثلة (excel)



الشكل رقم 29 علاقة المقاومة الكهربائية لموصلات الكابلات المنزلية ببارامترات عملية الجدل

الفصل الخامس: النتائج والتوصيات

1.5. النتائج والتوصيات ومقترحات البحث المستقبلية:

1.1.5. نتائج البحث:

1- ان علاقة المقاومة الكهربائية للموصل النحاسي، بكتلة النحاس هي علاقة عكسية، أي ان ارتفاع المقاومة الكهربائية يعني تخفيض وزن الموصلات.

2- ان نظام القياس في الشركة يعتبر مثالي، حيث ان قيمة Total Gage (R&R) = 6.13% وهي اقل من 10، وهذا يعني ان جميع بيانات الشركة تعتبر صحيحة.

3- ان تطبيق منهجية (DMAIC)، من خلال استخدام أداوت ضبط الجودة قد ساهم في تحديد أسباب ارتفاع تكاليف الجودة في قسم جدل الكابلات المنزلية، وإيجاد الحلول لبعض المشكلات الموجودة في القسم.

4- معالجة مشكلة تحديد أفضل بارامترات عملية الجدل في قسم الكابلات المنزلية، والتي تحقق اقل تكاليف للجودة.

5- تم استخدام العلاقات الرياضية لإيجاد القيم المثلى لبارامترات عملية الجدل في قسم الكابلات المنزلية، من خلال تصميم برنامج Excel يعطي افضل قيم لبارامترات عملية جدل الموصلات النحاسية وذلك حسب المقاومة الكهربائية وعدد الإسلاك التي ترغب الشركة في جدلها.

2.1.5. التوصيات:

توصلت الباحثة إلى عدة توصيات وهي كآلاتي:

- **فيما يخص الشركة:**

1. العمل على تطبيق مفهوم "**Six Sigma** " **بشكل** كامل على أقسام الشركة.
2. ضرورة تأهيل عدد من العمال بمختلف وظائفهم ودرجاتهم لحمل مختلف أنواع الأحزمة.
3. العمل على منح المكافآت حيث تبين أن لها دور فعال في تحفيز العمال وخفض الهدر.

- **توصيات عامة:**

1. تشجيع المنشآت السورية على تطبيق مفهوم "**Six Sigma** " في جميع المجالات الصناعية والخدمية.
2. نشر ثقافة الجودة وتقليل الهدر لما لها من أهمية تعم بشكل رئيسي على الشركات ومن ثم الأفراد لتصل إلى حدود الدولة في مشاريع التصدير.

- **توصيات عامة:**

1. التعامل مع شركات تستطيع وترغب بالإفصاح عن الأسعار والتكاليف التي تواجهها.
2. دراسة مقدرة العمليات بكافة مؤشراتها وربطها مع المفهوم الرياضي لـ "Six Sigma ".
3. دراسة تطبيق مفهوم "Six Sigma " على شركة بكامل أقسامها.

قائمة المراجع

المراجع الأجنبية:

1. Mittal, Ankesh. Gupta, Pardeep. 2023. ***The performance improvement analysis using Six Sigma DMAIC methodology: A case study on Indian manufacturing company***. longowal, Punjab, India
2. Wassan, Rano Khan. Hulio, Zahid Hussain. 2022. ***Practical application of six sigma methodology to reduce defects in Pakistan manufacturing***. Department of Industrial Engineering and Management, Dawood university of Engineering and Technology, Karachi, Pakistan
3. Yoho, J. & Riad, S., 2021. ***Measurement and causal modelling of twisted pair copper cables***. IET journal, 15(8), pp. 645-652.
4. AL-Otaibi, S.A. (2021). ***Implementation of Six Sigma Methodology to achieve a competitive edge in Saudi university***. Studies of Applied Economici.
5. Cudney, E., Venuthurumilli, S.S.J., Materla, T., &Antony, J. (2020). ***Systematic review and Lean and Six Sigma approaches in higher education***. Total Quality Management & Business Excellence.
6. Sony, M. Naik, S., & Antony, J. (2020). ***Lean Six Sigma and social performance: A review and synthesis of current evidence***. Quality Management jour

7. Brito, J.P. Costa, J.P. Lopes, I.S.2020 . ***Six Sigma application for quality improvement of the pin insertion process.*** Manufacturing Engineering department, Bosch Car Multimedia Portugal, Braga, Portugal.

8. Zarei, M. & Hadidi, K., 2020. ***Design Analysis and Evaluation of a W-ElementModel for a Twisted-Pair Cable***. *IEEE Access,* Volume 8, pp. 188981-188992.

9. Fang, L., Feng, L. & Chao, C., 2020. ***Comparison and Analysis of Twist Pitch Length Test Methods for ITER Nb3Sn and NbTi Strands,*** China: Chinese Academy of Science (ASIPP).

10. Liu, J. et al., 2020. ***Study on mechanical characteristics of conductors with three-dimensional finite-element models***. *royal society*.

11. Alamoudi, Mohammed . 2019. ***Implementing Lean Methodology in a Power Cable Factory: A Case Study of a Low Voltage Cable*** . King Abdulaziz University, Jeddah, Saudi Arabia

12. Ali, Murad. Shastri, Rajesh Kumar. 2010. ***Implementation of Total Quality Management in Higher Education***. Asian Journal of Business Management. India

13. Suresh, S.2015. ***Defects Reduction in Manufacturing of Automobile Piston Ring Using Six Sigma.*** Malaysia: Journal of Indu.

14. Balog, M. A., 2015. ***Cable Selection and Termination.*** Baltimore: Morrison Hershfield.

15. Tony, Ansell.1993. **Managing for quality in the financial service industry**. Champman and hall. London.

16. Stolberger, 2017. *Stranding.* Available at: https://www.stolberger.com/en/solutions/stranding

17. https://www.techtarget.com/searchcio/definition/Six-Sigma

18. https://study.com/academy/lesson/six-sigma-techniques.html

19. https://www.techtarget.com/searchcio/definition/Six-Sigma

20. https://www.managementstudyguide.com/total-quality-management.htm

المراجع العربية:

1. عبد الستار، ايمان طه حسين. (2024). **تطبيق 6 سيجما (Six Sigma) لقياس جودة المكتبات. المجلة المصرية لعلوم المعلومات**. ع1.
2. محمد، فيصل يونس. (2024). **إدارة الجودة الشاملة في المؤسسات التربوية**. مجلة كلية التربية الأساسية. المجلد20. العدد82. بغداد
3. الهيف، عالية مذكر هيف. (2023). **تطبيق منهجية الستة سيجما في اقسام المكتبات وعلم المعلومات في جامعة المملكة العربية السعودية– دراسة تحليله**. مجلة الدراسات المعلوماتية والتقنية. العدد2.
4. أبو الليل، امل شرف. (2022). **إدارة الجودة في المكتبات ومراكز المعلومات باستخدام أسلوب SIX SIGMA**. المجلة العربية الدولية لإدارة المعرفة.
5. قديد، فوزية. (2021). **إدارة الجودة**. جامعة الجزائر. كلية العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير
6. نور، علي صاحب. (2021). **دور منهج الحيود السداسي الرشيق (Lean Six Sigma) في تخفيض تكلفة المنتج**. جامعة القادسية.
7. الأمين، سي بشير محمد. (2020). **دور قياس تكاليف الجودة في تحسين تنافسية المؤسسة**. المركز الجامعي بلحاح بوشعيب– عين تموشنت. الجزائر.
8. زكي، داليا عبد القادر. (2020). "**أثر استخدام منهجية 6 سيجما على مراحل تشغيل الملابس الرياضية في إنتاج التيشيرت**". القاهرة.
9. العياشي، زرزار. كريمة، غيادة. (2019). **إدارة الجودة الشاملة في التعليم: تاطير مفاهيمي من منظور إسلامي**. المجلة العربية للدراسات الإسلامية والشرعية

10. محمد عبد الفتاح، حازم.(2019). **التكاليف الخفية للجودة** . مؤسسة حورس الدولية للنشر والتوزيع. الإسكندرية . جمهورية مصر العربية

11. الطائي، بسام منيب علي محمد. (2019). "**تحسين جودة التصميم باستخدام منهجية الحيود السداسي الرشيق: دراسة تحليلية آراء المدراء في الشركة العامة للصناعات الجلدية – بغداد**". جامعة الموصل

12. إبراهيم، محمد عبد المنعم محمد. (2019). "**استخدام منهجية ستة سيجما كمدخل للميزة التنافسية للصناعات الوطنية بالمملكة العربية السعودية**". جامعة المجمعة المملكة العربية السعودية.

13. جلال، قروات. حمودي، لعلالي. (2019). **ستة سيجما ودورها في تحقيق جودة الخدمة التعليمية– دراسة حالة: المركز الجامعي عبد الحفيظ بوالصوف ميلة**. الجزائر.

14. خليل، حوراء احسان. (2018). **مدى إمكانية تطبيق مفاهيم ستة سيجما في تقييم وتحسين مستوى الأداء – بحث تطبيقي في عينة من المصارف الاهلية العراقية في النجف الاشرف**. مجلة مركز دراسات الكوفة. العدد49.

15. عنب، اماني نبيل عبد العزيز. (2018). "**دراسة تحليلية للعلاقة بين تحليل سلسلة القيمة ومنهج 6 سيجما كمدخل لترشيد التكلفة**". كلية التجارة – جامعة مدينة السادات

16. حامد، محمد سعيد، (2017). **تصميم واختبار القوى**، ط1

17. بلعقون، كوثر. (2016). "**أهمية تخفيض تكاليف الجودة في تحقيق الميزة التنافسية بالمؤسسة الاقتصادية**". كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير. جامعة محمد خيضر. الجزائر.

18. العليج، أنس. (2014). **تعزيز القدرة التنافسية لمنشأة صناعية من خلال تطبيق مفهوم"Six Sigma"**. رسالة ماجستير. جامعة دمشق.

19. الفضل، مؤيد محمد علي. (2012). "**تأثير محاسبة تكاليف الجودة في تحقيق الميزة التنافسية: دراسة تحليله لعينة من المنظمات الصناعية العراقية**". جامعة الكوفية. المجلد8. العدد23.

20. البر واري، نزار عبد المجيد. باشيوة، حسن عبد الله. (2011). "**إدارة الجودة مدخل للتميز والريادة مفاهيم وأسس وتطبيقات**". مؤسسة الروق للنشر والتوزيع. ط1. عمان.

21. ريشو، بديع الدين. (2010). "**إدارة التكاليف**". دار التعليم الجامعي للطباعة والنشر والتوزيع. ط1. الإسكندرية.

22. بدير، باسمة أمجد المرسي. (2010). " **الإنتاج محدود الفاقد كمدخل لتطوير منتجات قطاع البترول بجمهورية مصر العربية**" . كلية التجارة. جامعة المنصورة.

23. علوان، قاسم نايف. (2009). "**إدارة الجودة الشاملة ومتطلبات الآيزو 9001:2000**". الطبعة الأولى. دار الثقافة للنشر والتوزيع. عمان. الأردن

24. النعيم، محمد عبدالعال. (2009). **إدارة الجودة المعاصرة**. دار البازوري. الأردن

25. البتانوني، علاء محمد. (2009). "**دراسة تحليله مقارنة بالعلاقة التبادلية بين عناصر تكاليف الجودة وحجم المنشأة في بيئة الأعمال الصناعية**". مجلة كلية التجارة للبحوث العلمية. جامعة الإسكندرية. العدد2. المجلد 46

26. محمد، فاطمة جاسم. (2008). "**أثر تكاليف الجودة في تحسين الأداء المالي: دراسة حالة في شركة المشروبات الغازية– شركة مساهمة خاصة**". مجلة العلوم الاقتصادية. جامعة البصرة. كلية الإدارة والاقتصاد. العدد20.

27. الطائي، رغد عبد الله. (2008). "**إدارة الجودة الشاملة**". عمان: دار اليازوري للنشر والتوزيع

28. حمود، خضير كاظم. (2007). "**إدارة الجودة وخدمة العملاء**". الطبعة الثانية. دار الميسرة. عمان.

29. حبشي، فتحية. (2007). "**إدارة الجودة الشاملة مع دراسة تطبيقية في وحدة– فرمال– لإنتاج الأدوية بقسنطينة**". أطروحة دكتورا. نخصص اقتصاد كمي. جامعة متنوري قسنطينة. الجزائر. ص:26

30. عبد الله، حسن صادق. (2006). "**إدارة الجودة الشاملة في ظل اقتصاديات الأعمال**". جامعة البحرين. المؤتمر العلمي الثاني لكلية الاقتصاد والعلوم الإدارية بعنوان: الجودة الشاملة في ظل إدارة المعرفة وتكنولوجيا المعلومات، أيام 26-27 أبريل 2006، ص:11

31. علوان، قاسم نايف. (2005). "**إدارة الجودة الشاملة**". الأردن: دار الثقافة للنشر والتوزيع.

32. حرب، بيان هادي. (2000). "**مدخل إدارة الأعمال**". الأردن: عمان: الدار العلمية الدولية ودار الثقافة للنشر والتوزيع.

33. كريمة، سلطان. (بلا تاريخ). "**طرق تحسين جودة المنتج الصناعي وأثرها في تخفيض التكاليف**". الجزائر: كلية العلوم الاقتصادية وعلوم التيسير.

34. كمرجي، حسام. (2005). "**الاحتمال والاحصاء**". كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية. جامعة دمشق.

35. الشنواني، صلاح. (2000). "**إدارة الإنتاج**". الإسكندرية: مركز الإسكندرية للكتاب.

36. الشبلي، طارق. الدرادكة، مأمون. (2002). "**الجودة في المنظمات الحديثة**". (المجلد ط1). الأردن: عمان: دار الصفاء للنشر والتوزيع.

37. محروس، احمد. (2000). "**تكاليف الجودة مدخل إلى التطور والتحسين المستمر SO9000/TQM**". مركز نور الايمان للكتابة والطباعة. القاهرة.

38. هاني حرب، بيان. (2000). "**مدخل إدارة الاعمال**". الدار العلمية الدولية ودار الثقافة للنشر والتوزيع، الأردن. ص:180

39. خضيري، كاظم حمود. (2000). "**إدارة الجودة الشاملة**". عمان: دار الميسرة للنشر والتوزيع والطباعة.

40. أبو ليلي، حسن محمد. (1998). "**إدارة الجودة الشاملة دراسة ميدانية لاتجاهات أصحاب الوظائف الاشرافية نحو مستوى تطبيق إدارة الجودة الشاملة في شركة الاتصالات**". رسالة ماجستير. جامعة اليرموك. الأردن.

41. السامرائي. مهدي صالح. **إدارة الجودة الشاملة في القطاعين الإنتاجي والخدمي**. دار جرير. الأردن.

قائمة الملاحق

ملحق رقم (1)

مواصفة IEC228 الجدول الخاص بجدل الموصلات المجدولة جدل غير منتظم (شعري)

Table 3 – Class 5 flexible copper conductors for single core and multi-core cables

1	2	3	4
Nominal cross-sectional area	Maximum diameter of wires in conductor	Maximum resistance of conductor at 20 °C	
		Plain wires	Metal-coated wires
mm^2	mm	Ω/km	Ω/km
0,5	0,21	39,0	40,1
0,75	0,21	26,0	26,7
1,0	0,21	19,5	20,0
1,5	0,26	13,3	13,7
2,5	0,26	7,98	8,21
4	0,31	4,95	5,09
6	0,31	3,30	3,39
10	0,41	1,91	1,95
16	0,41	1,21	1,24
25	0,41	0,780	0,795
35	0,41	0,554	0,565
50	0,41	0,386	0,393
70	0,51	0,272	0,277
95	0,51	0,206	0,210
120	0,51	0,161	0,164
150	0,51	0,129	0,132
185	0,51	0,106	0,108
240	0,51	0,0801	0,0817
300	0,51	0,0641	0,0654
400	0,51	0,0486	0,0495
500	0,61	0,0384	0,0391
630	0,61	0,0287	0,0292

ملحق رقم (2)

مواصفة IEC228 الجدول الخاص بجدل الموصلات المجدولة حدل منتظم

Table 2 – Class 2 stranded conductors for single-core and multi-core cables

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nominal cross-sectional area	Minimum number of wires in the conductor						Maximum resistance of conductor at 20°C		
	Circular		Circular compacted		Shaped		Annealed copper conductor		Aluminium or aluminium alloy conductor[c]
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Plain wires	Metal-coated wires	
mm²							Ω/km	Ω/km	Ω/km
0,5	7	-	-	-	-	-	36,0	36,7	-
0,75	7	-	-	-	-	-	24,5	24,8	-
1,0	7	-	-	-	-	-	18,1	18,2	-
1,5	7	-	6	-	-	-	12,1	12,2	-
2,5	7	-	6	-	-	-	7,41	7,56	-
4	7	-	6	-	-	-	4,61	4,70	-
6	7	-	6	-	-	-	3,08	3,11	-
10	7	7	6	6	-	-	1,83	1,84	3,08
16	7	7	6	6	-	-	1,15	1,16	1,91
25	7	7	6	6	6	6	0,727	0,734	1,20
35	7	7	6	6	6	6	0,524	0,529	0,868
50	19	19	6	6	6	6	0,387	0,391	0,641
70	19	19	12	12	12	12	0,268	0,270	0,443
95	19	19	15	15	15	15	0,193	0,195	0,320
120	37	37	18	15	18	15	0,153	0,154	0,253
150	37	37	18	15	18	15	0,124	0,126	0,206
185	37	37	30	30	30	30	0,0991	0,100	0,164
240	37	37	34	30	34	30	0,0754	0,0762	0,125
300	61	61	34	30	34	30	0,0601	0,0607	0,100
400	61	61	53	53	53	53	0,0470	0,0475	0,0778
500	61	61	53	53	53	53	0,0366	0,0369	0,0605
630	91	91	53	53	53	53	0,0283	0,0286	0,0469
800	91	91	53	53	-	-	0,0221	0,0224	0,0367
1 000	91	91	53	53	-	-	0,0176	0,0177	0,0291
1 200	[b]						0,0151	0,0151	0,0247
1 400 [a]	[b]						0,0129	0,0129	0,0212
1 600	[b]						0,0113	0,0113	0,0186
1 800 [a]	[b]						0,0101	0,0101	0,0165
2 000	[b]						0,0090	0,0090	0,0149
2 500	[b]						0,0072	0,0072	0,0127

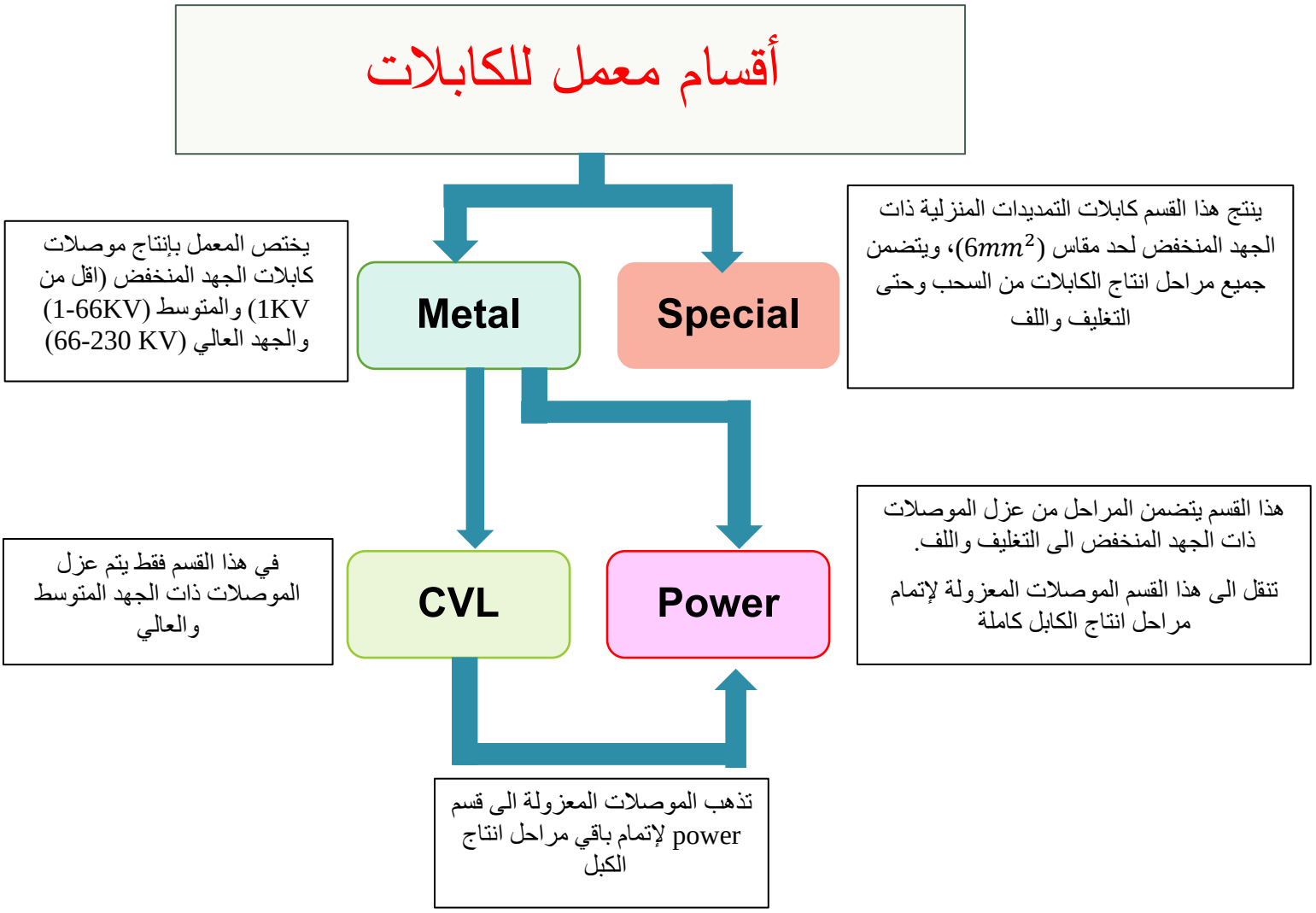
[a] These sizes are non-preferred. Other non-preferred sizes are recognized for some specialized applications but are not within the scope of this standard.

[b] The minimum number of wires for these sizes is not specified. These sizes may be constructed from 4, 5 or 6 equal segments (Milliken).

[c] For stranded aluminium alloy conductors having the same nominal cross-sectional area as an aluminium conductor the resistance value should be agreed between the manufacturer and the purchaser.

ملحق رقم (3)

اقسام معمل الكابلات



ملحق رقم (4)

برنامج امثلة بارامترات عملية الجدل Excelالجدول الخاص ببارامترات الموصل

البارامترات الخاصة بالموصل عند طول (١) كم			المدخلات
	وصف البارامتر	الرمز	القيمة
عدد الطبقات في الموصل	The size of the conductor (layer)	S	10
عدد الاسلاك الكلية المجدولة	The total number of strands (wires)	N	271
عدد الاسلاك في الطبقة الخارجية من الكبل	The number of strands for the outer layer i	N′	54
طول الموصل	conductor length (Km)	L (Km)	1
مقاومة الموصل بالنسبة للطول	Resistance by Length	R/L (Ohm.Km)	4.5
المقاومة النوعية للنحاس	Resistivity for copper	(Ohm/m)	1.72E-11
الكتلة الحجمية للنحاس	specific gravity of conductor copper	G (kg/Km3)	8.89E+12
مقطع الموصل	conductor area (Cross Section)	mm^2	3.83E+00
قطر الموصل	conductor diameter (Overall Diameter)	D(mm)	2.209225974
قطر السلك	single sire (strand) diameter (with gabs)	d(mm)	0.116275051
وزن الموصل	conductor weight per KM	W (kg/km)	3.41E+13

ملحق رقم (5)

برنامج امثلة بارامترات عملية الجدل Excel الجدول الخاص ببارامترات كل طبقة من الموصل

D	E	F G H	I	J	K
	وزن الموصل	conductor weight per KM	W (kg/km)	3.41E+13	
	البارامترات الخاصة بكل طبقة من الموصل				المدخلات
		وصف البارامتر	الرمز	القيمة	
	ترتيب الطبقة	The size of the conductor (layer)	S	2	
	عدد الاسلاك في الطبقة المدروسة i	The number of strands for the outer layer i	Ni	6	
	طول الموصل	conductor length (Km)	L (Km)	1	
	قطر الكبل عند الطبقة المدروسة i	conductor diameter at the outer layer i	Di(mm)	0.348825154	
	ثوابت إيجاد زاوية الجدل	$\frac{N_i \times d}{\pi D_i}$		0.636942675	
		$\left(\frac{N_i \times d}{\pi D_i}\right)^2$		0.405695971	
	زاوية الجدل	stranding angle	α	43.02835048	
	خطوة الجدل	pitch-length	T(mm)	1.022407742	
	عدد الجدلات خلال ١ كم من طول الكبل	The number of stranders per 1 km	l	978083.3602	
	الطول الحقيقي للاسلاك المجدول في الطبقة	The actual length of the wires twisted in the layer	Li (Km)	1.498340329	