تطوير أداء تنفيذ الهياكل الخرسانية في قطاع التشييد في العراق باستخدام التقنية الإدارية الحديثة (Six Sigma)

أ. م. د. حاتم خليفة بريسم العجيلي
جامعة بغداد- قسم الشؤون الهندسية
قسم الهندسة المدنية

حسن عبد الصاحب مهدي
جامعة بغداد- كلية الهندسة

الخلاصة

يشير الواقع الميداني للمشاريع الإنشائية في العراق إلى حاجتها لتطوير الأداء لأجل تحسين مستوى الجودة وتقليل العيوب والأخطاء والسيطرة على الوقت والكلفة، لذا فإن هناك حاجة لتطبيق أساليب فعالة في هذا المجال، من الأساليب التي يمكن تطبيقها هو أسلوب ستة سيجما (Six Sigma). يهدف هذا البحث إلى تطوير الأداء وتحسين الجودة بالنسبة للمشاريع الإنشائية من خلال تحسين الأداء في أعمال تنفيذ الهيكل الخرساني اعتمادا على منهجية ستة سيجما، ولغرض تحقيق هدف البحث فقد اعتمد الباحث أولا على الدراسة النظرية الشاملة لمفاهيم الجودة ثم الحديث عن منهجية ستة سيجما كنظام يعمل على تقليل العيوب وتحسين الجودة وثانيا على الدراسة الميدانية التي قام بها الباحث عن طريق أجرائه للاستبيان المفتوح المتمثل بالمقابلات التي أجراها الباحث مع شريحة من المهندسين من ذوي الخبرة في مجال تنفيذ المشاريع الإنشائية استطاع من خلالها تصميم استمارة استبيان مغلق اشتملت على محاور البحث الرئيسة وتم توزيعها على عينه مختارة من المهندسين من ذوي الخبرة في هذا المجال. كما قد قام الباحث بتطبيق منهجية (DMAIC) وهي إحدى الأساليب المعتمدة لتطبيق ستة سيجما على الحالة الدراسية (مشروع مختبر الإنشاءات في جامعة بغداد) لغرض تحديد أهم العيوب التي قد تظهر عند تنفيذ الهيكل الخرساني وتقييم مستوى جودة تنفيذ الهيكل الخرساني ثم تحليل أسباب حدوث هذه العيوب واقتراح إجراءات لتطوير الأداء وتحسين الجودة اعتمادا على المسح الميداني الذي تم إجراءه. توصل الباحث إلى عدد من الاستنتاجات أهمها أن مستوى سيجما للحالة الدراسية التي تم اختيارها هو 2.35 وعدد العيوب لكل مليون فرصة لحدوث العيب هو 211905 ويعتبر مستوى سيجما هذا قليلا جدا ونسبة العيوب كبيرة مما يدل على تدني مستوى الجودة للحالة الدراسية.

الكلمات الرئيسية: الأداء، الهياكل الخرسانية، إدارة الجودة، ستة سيجما.

Performance Improvement of the Implementation of Concrete Structures in the Construction Sector In Iraq Using The Modern Management Technique "Six Sigma"

Asst. Prof. dr. hatem Khalifah breesam Al-Ajeeli
Baghdad University- Engineering Affaires Dep.
Email: dr.hatem2999@yahoo.com

Hassan Abdul-sahib Mehdi
Baghdad University

ABSTRACT

The reality of the field of construction projects in Iraq refers to needing for the development of performance in order to improve quality and reduce defects and errors and to control the time and cost, so there is needing for the application of effective methods in this area, one of the methods that can be applied in this area is the manner of Six Sigma. This research aims to enhance the performance and quality improvement for the construction projects by improving performance in the work of the implementation of the concrete structure depending on the Six Sigma methodology, and for the purpose of achieving the aim of the research, the researcher firstly depends on the theoretical study that include the concepts of quality and the Six Sigma methodology as a system aims to reduce defects and improve the quality and secondly on the field study carried out by the researcher through conducting the open questionnaire that include interviews conducted by the researcher with a slice of engineers experienced in the implementation of construction projects that leads to design closed questionnaire included the

major axes of the research and distributed on a selected sample of engineers with expertise in this area. The researcher applying the (DMAIC) methodology is one of the methods adopted for the application of Six Sigma on the case study (the project of structures laboratory at University of Baghdad) for the purpose of identifying the most important defects that may appear in the implementation of the concrete structure and assess the quality of implementation of the concrete structure and then analyzing the causes of these defects and propose procedures to enhance the performance and quality improvement depending on the field survey was conducted. The most important research conclusions are sigma level for the case study is 2.35 and the number of defects per million opportunities is 211905 and this Sigma level is very small which indicates the low level of quality for the case study.

Keywords : performance, concrete structures, quality management, six sigma,

مقدمة

ازدادت في الآونة الأخيرة أهمية تطبيق مفاهيم الجودة الحديثة ففي ظل المنافسة العالمية والثورة العلمية والتكنولوجية والمعرفية أصبحت المنظمات تتسارع وتتسابق للارتقاء بمستوى المخرجات والخدمات التي تقدمها لعملائها لتحقق مكانة متميزة لها على المستوى المحلى والعالمي ولأن قطاع التشييد يحتل مكانة متميزة بين باقي القطاعات لذا فإن هناك حاجة لتبني مفاهيم الجودة وتطبيق الأساليب المتقدمة لإدارة الجودة وتحسين الأداء في هذا القطاع. إن العديد من أساليب تحسين الجودة قد طبقت في الصناعة الإنشائية من أجل تحسين إدارة أدائها ومن هذه الأساليب التي يمكن تطبيقها هو أسلوب ستة سيجما الذي يعمل على تقليل الانحرافات والتخلص من الأسباب الجذرية لحدوث العيوب، بخلاف أساليب تحسين الجودة الأخرى فإن أسلوب ستة سيجما يعمل على قياس نسبة العيب وتحليل الأداء وتحسين مستوى الجودة في المشاريع الإنشائية.

فرضية البحث

يمكن صياغة فرضية البحث بالصورة الآتية: (هناك ضعف واضح في إدارة المشاريع الإنشائية فيما يخص متابعة ومراقبة وضبط الجودة لأعمال تنفيذ الهيكل الخرساني في المشاريع الإنشائية مما يؤدي إلى ظهور مشاكل وعيوب عديدة بعد التنفيذ وهذا يتطلب العمل على تحسين أداء إدارة المشاريع وتحسين الجودة لمنع حدوث تلك العيوب اعتمادا على تقنيات ومنهجيات إدارية وإحصائية حديثة ومنها منهجية ستة سيجما).

أهداف البحث

يمكن تحديد أهداف البحث بما يلي:

1- تقييم مستوى أداء وجودة تنفيذ الهيكل الخرساني للمشاريع الإنشائية اعتمادا على منهجية (DMAIC) وهي أهم المنهجيات المعتمدة في تطبيق ستة سيجما (مشروع مختبر الإنشاءات في جامعة بغداد في الجادرية كحالة دراسية).
2- تحليل الأسباب الرئيسة المسببة للعيوب التي تظهر عند تنفيذ الهيكل الخرساني اعتمادا على الأدوات الإحصائية التي توفرها منهجية ستة سيجما.
3- اقتراح إجراءات لتحسين الأداء وتحقيق الجودة في أعمال تنفيذ الهيكل الخرساني.

العوامل الرئيسة المؤثرة على أداء المشاريع الإنشائية :

بصورة عامة هناك ثلاث عناصر رئيسة يجب تحقيقها في أي مشروع إنشائي هي (الكلفة الأقل، الانجاز الأسرع، والنوعية الأفضل). حيث من الصعب تحقيق تلك العناصر الثلاث في أن واحد وذلك كون الكلفة الواطئة تعني عادة نوعية عمل بمستوى أقل ووقت إنجاز طويل نسبيا، كما تعني النوعية أو الجودة العالية كلفة عالية ومدة طويلة للانجاز ويعني الإكمال السريع للمشروع عادة كلفة عالية ونوعية عمل بمستوى أوطأ.

الكلفة

تعتبر من العناصر الأساسية في أي مشروع استثماري أو عام ومنها المشاريع الإنشائية. إذ يبدأ الصرف على المشروع منذ مرحلة الدراسات الأولية مرورا بكافة المراحل التي يمر بها المشروع.

إن أي زيادة أو مبالغة في المصروفات خلال أحدى المراحل التي يمر بها المشروع أو التقليل منها سوف تؤثر تأثيرا سلبيا أو إيجابيا على حالة المشروع من حيث الوقت والنوعية (الجودة)، إن التقليل في المصروفات بشكل غير مدروس يؤثر تأثيرا سلبيا على مراحل

تنفيذ المشروع ويكون ذلك على حساب النوعية أو الوقت، كذلك تؤثر الزيادة في المصروفات على النوعية والوقت أيضا لفقرات تنفيذ العمل. فمن الممكن تقليل مدة الإنجاز للمشروع باشتغال ساعات عمل إضافية أو وجبات عمل إضافية **(أمين، 2000).**

الوقت

الوقت هو المدة اللازمة للوصول إلى الهدف، حيث لا يخفى على أحد أهمية وقت القوى العاملة والمكائن والمعدات والتمويل، ولكي تستعمل هذه المتغيرات وفق نظم محددة وكفاءة عالية وبأقل كلفة ممكنة يجب أن يكون الزمن مناسبا وبأقصر ما يمكن **(أمين، 2000).**

الجودة (النوعية)

لقد أصبح موضوع الجودة من أهم الموضوعات التي تم التركيز عليها خلال العقد الأخير من القرن الماضي، ففي ظل المنافسة العالمية والثورة العلمية والتكنولوجية والمعرفية أصبحت المنظمات الآن تتسارع وتتسابق للارتقاء بمستوى المخرجات والخدمات التي تقدمها لعملائها لتحقق درجة التميز.

يرجع مفهوم الجودة (Quality) إلى الكلمة اللاتينية (Qualitas) والتي تعني طبيعة الشخص أو طبيعة الشيء ودرجة الصلابة وهي تعني أيضا الدقة والإتقان من خلال التصنيع للآثار التاريخية والتماثيل والقلاع والقصور لأغراض التفاخر **(السلايمة، 2007)** وقد اختلفت الآراء حول تعريف الجودة لكنها في الواقع لم تخرج عن نطاق التعاريف الآتية: "ملائمة المنتوج للاستخدام" ، "تلبية احتياجات الزبائن" ، "أن يعمل المنتوج بصورة صحيحة ومن المرة الأولى لاستخدامه" ، "تقليل التباين" وغيرها من التعاريف الأخرى التي يمكن الأخذ بها جميعاً كونها غير متناقضة **(الحداد، 2009).**

إدارة الجودة الشاملة

تعد فلسفة إدارة الجودة الشاملة أداة رائعة لتحسين العمليات، إذ أنها تساعد على بناء استراتيجيات للتميز، الكلفة الواطئة، والاستجابة السريعة وإن تطبيقها يتطلب مجموعة ناجحة من الأنشطة تبدأ بالبيئة التنظيمية التي ترعى الجودة، متبوعة بفهم مبادئ الجودة ومن ثم بذل الجهد في إشراك العاملين في الأنشطة الرئيسة لتنفيذ الجودة، وعند انجاز تلك الأنشطة بشكل صحيح فإن المنظمة سترضي زبائنها وستحصل على ميزة تنافسية **(الحداد، 2009).**

وقد عرفت إدارة الجودة الشاملة بتعاريف متعددة منها ما عرفها **(Logothetis, 1992)** بأنها ثقافة تعزز مفهوم الالتزام الكامل تجاه رضا العميل من خلال التحسين المستمر والإبداع في كافة مجالات العمل **(الطائي وقدادة، 2008)** وقد عرفها معهد المقاييس البريطاني بأنها فلسفة إدارية تشمل كافة نشاطات المنظمة التي من خلالها يتم تحقيق احتياجات وتوقعات العميل والمجتمع، وتحقيق أهداف المنظمة بأكفأ الطرق وأقلها تكلفة عن طريق الاستخدام الأمثل لطاقات جميع العاملين بدافع مستمر للتطوير **(مجيد والزيادات، 2007)** وقد عرفاها **(Heizer & Render, 2001)** بأنها إدارة المنظمة ككل بحيث تكون ممتازة في كل أوجه المنتجات والخدمات ذات الأهمية للمستهلك **(الطائي وقدادة، 2008).**

مبادئ إدارة الجودة الشاملة

يقوم نظام إدارة الجودة الشاملة على مجموعة من المبادئ المتمثلة في **(Dahlgaard & others, 2007)**:

1) التزام الإدارة العليا
2) التركيز على العملاء والموظفين
3) القرارات المبنية على الحقائق
4) التحسين المستمر
5) مشاركة جميع العاملين في المنظمة

ستة سيجما (Six Sigma)

أطلقت منهجية ستة سيجما من قبل شركة موتورلا عام 1987 وجاءت نتيجة لسلسلة من التغيرات في عالم الجودة ابتدأت من أواخر عام 1970 حيث تم تطوير هذا المنهج من قبل الإدارة العليا للشركة وعلى رأسهم المدير التنفيذي للشركة روبرت غالفن (Robert Galvin) **(Park, 2003)**، حيث قدم المدير التنفيذي للشركة مع مهندسي الشركة يتقدمهم المهندس بيل سمث (Bill Smith) تقريرا حول مستوى الجودة التقليدية يوضح بأن قياس عدد العيوب في الألف فرصة لا يلبي متطلبات وحاجات العميل ولحل هذه المشكلة طلبوا قياس عدد العيوب لكل مليون فرصة، ومن هنا طورت شركة موتورولا هذا المعيار الجديد وأوجدت منهجية لذلك، وعملت على تغيير ثقافة الشركة لتلائم المنهجية الجديدة وبذلك كان لها وللمهندس سمث الفضل في إيجاد ستة سيجما والتي تحمل علامة تجارية باسم موتورولا **(الراوي، 2011)** وكانت النتيجة زيادة مذهلة في مستويات الجودة لعدة منتجات في شركة موتورلا، وحصول الشركة على جائزة مالكولم بالدريج القومية للجودة (Malcolm Baldrige National Quality Award) في عام 1988 **(القزاز وآخرون،**

2009). لقد حققت شركة موتورلا في الفترة ما بين عام 1987 إلى عام 1997 زيادة في حجم المبيعات بمقدار خمسة أضعاف ما كانت عليه سابقا مع تزايد الأرباح بما يقرب من 20% سنويا وقد وفرت موتورلا مبلغا قدره 14 مليار دولار خلال هذه الفترة نتيجة لتطبيق منهجية ستة سيجما **(Khan, 2005)**. ومع حلول العام 2000 كان العديد من شركات القمة العالمية قد بادرت لتطبيق ستة سيجما وبحلول العام 2003 بلغ مجموع المدخرات العالمية بواسطة نظام ستة سيجما أكثر من 100 مليار دولار **(القزاز وآخرون، 2009)**.

مفهوم ستة سيجما

تعد ستة سيجما مفهوم إحصائي يعمل على قياس مستوى الأداء للعمليات اعتمادا على عدد العيوب وهدفها الوصول إلى 3.4 عيب لكل مليون فرصة لحدوث العيب (defects per million opportunities) (DPMO) كما أنها تمثل فلسفة إدارة تركز على التخلص من العيوب عن طريق التركيز على فهم وقياس وتحسين العمليات **(Brue, 2006)**.

عرف هاري و شرودر **(Harry & Schroeder, 2000)** وهما المطوران الرئيسيان لبرنامج ستة سيجما في موتورلا ستة سيجما بأنها طريقة منضبطة وصارمة للغاية تستخدم جمع البيانات والتحليل الإحصائي لتحديد مصادر الأخطاء وسبل القضاء عليها **(Pheng & Hui, 2004)**. كما عرف شودري **(Chowdhury, 2001)** ستة سيجما بأنها مقياس إحصائي وفلسفة إدارة تعلّم الموظفين كيفية تحسين الطريقة التي يعملون بها بشكل علمي ، وكيفية المحافظة على مستوى الأداء الجديد الذي وصلوا إليه وهي تعطي الانضباط والتنظيم والأساس لاتخاذ قرار صائب اعتمادا على إحصاءات بسيطة **(Pheng & Hui, 2004)**. ويرى الباحث إمكانية تعريف ستة سيجما على أنها نظام متكامل يعمل على تحسين الأداء وتقليل الأخطاء من خلال جمع البيانات والتحليل الإحصائي لتحديد مصادر الأخطاء وسبل القضاء عليها، وبالتالي فإنها تؤدي بالمنظمة إلى تقديم خدمات أو سلعا خالية من العيوب تقريبا لانخفاض نسبة العيوب في ستة سيجما إلى 3.4 عيب لكل مليون فرصة لحدوث العيب وهي بذلك تعمل على خفض التكاليف باستمرار وتحسين الجودة وتحقيق رضا الزبائن.

اشتقت فكرة ستة سيجما من توزيع إحصائي يعرف بالتوزيع الطبيعي (standard normal distribution) والذي يمثل بشكل منحني متناظر على شكل جرس كما في **الشكل (1)**. يمثل المنحني المجتمع بأكمله بسلسلة لا متناهية من القطع في كلا الاتجاهين. كل قطعة تسمى سيجما "Sigma" و يرمز لها "σ" و هي انحراف عن الوسط الحسابي بالمفهوم الإحصائي **(Tehrani, 2010)**.

يتضح من **الشكل (1)** بأن منطقة الرفض تقع خارج حدود 6σ والتي تعبر عن المنتجات والخدمات التي تقع خارج المواصفات المحددة وتمثل 3.4 عيب لكل مليون فرصة لحدوث العيب أما منطقة القبول فهي التي تقع داخل حدود 6σ وتمثل المنتجات أو الخدمات التي تقع ضمن المواصفات المحددة. ويوضح **الجدول (1)** مستوى سيجما وما يقابله من عدد العيوب لكل مليون فرصة لحدوث العيب.

ويمكن توضيح العلاقة بين مقدار سيجما (Sigma) (σ) وعدد العيوب لكل مليون فرصة لحدوث العيب (DPMO) بالمعادلة (1) **(Niaraki, 2010)** وكما يلي:

$$\text{مستوى } (\sigma) = 0.8406 + \sqrt{29.37 - 2.21 \times \ln(DPMO)} \quad \ldots\ldots(1)$$

أهداف ستة سيجما

يمكن تلخيص أهداف ستة سيجما بالنقاط الآتية **(Pande & Holpp, 2002):**

1) زيادة رضا العملاء
2) تقليل دورة الوقت
3) تقليل العيوب والأخطاء

يمثل تحقيق هذه الأهداف توفيراً في الكلف بالنسبة للمنظمة بالإضافة إلى زيادة الفرص للاحتفاظ بالعميل والحصول على أسواق جديدة وبناء سمعة للأداء المتميز للمنتجات والخدمات **(Pande & Holpp, 2002)**.

منهجية تطبيق ستة سيجما

يتم تطبيق منهجية ستة سيجما من خلال منهجية التحسين المستمر المعروفة بإسم (DMAIC) وهي عبارة عن مجموعة من الخطوات تهدف إلى الحد من العيوب في سير العمليات القائمة حيث تشتمل هذه المنهجية على خمس مراحل وهي:

1. تعريف المشكلة Define the problem
2. مرحلة القياس Measure Phase : يتم في هذه المرحلة قياس مستوى الأداء الحالي للعمل.
3. مرحلة التحليل Analyze Phase : تحديد الأسباب الجذرية لحدوث العيوب.
4. مرحلة التحسين Improve Phase : القيام بالتحسين المطلوب على ضوء نتائج المرحلة السابقة.
5. مرحلة المراقبة Control Phase : مراقبة العمل للتأكد من استمرار سير العمل بالمستوى المطلوب.

الدراسة الميدانية

تعرف عملية المسح الميداني بأنها تسجيل الوضع السائد لنظام معين أو مجموعة أنظمة لغرض التحليل والاستنتاج ضمن الوقت المحدد لغرض الحصول على معلومات وبيانات كافية بهدف استنتاج قواعد تصلح للتطبيق في الأعمال المقبلة. يعتبر الاستبيان الميداني جزءاً من عملية المسح الميداني ووسيلة لإنجاز الهدف الجزئي المتعلق بتحديد بعض البيانات والمعلومات وتقويمها. تمثلت الدراسة الميدانية بمراحل الاستبيان الميداني ابتداءً بالاستبيان المفتوح ثم الاستبيان المغلق والتي كان الهدف منها تحديد أهم العيوب التي تظهر في أعمال الهيكل الخرساني وتحديد الأسباب الجذرية لتلك العيوب ودرجة تأثيرها.

الاستبيان الميداني

لغرض تحقيق هدف البحث كان لا بد من إجراء الاستبيان الميداني بطوريه الاستبيان المفتوح والاستبيان المغلق وكالاتي:

الاستبيان المفتوح

يقصد بالاستبيان المفتوح إجراء مقابلات شخصية مباشرة مع خبراء ومهندسين لديهم الخبرة الكافية في موضوع البحث للحصول من خلالها على إجابات لأسئلة معدة مسبقا أو مستحدثة أثناء المقابلة والتحاور بهدف إضافة المزيد من المعلومات وتصحيح الأفكار للباحث قبل إجراء الاستبيان المغلق وهي بمثابة عملية عصف أفكار. خلال هذه الطور تم إجراء عدد من المقابلات الشخصية المباشرة مع عدد من الخبراء والمهندسين من ذوي الخبرة في مجال تنفيذ المشاريع الإنشائية، وظل الهدف من هذه المقابلات تطوير الأفكار والتهيئة والأعداد لتصميم استمارة الاستبيان المغلق بالاستفادة من آراءهم ومقترحاتهم وتقويمهم للأسئلة المقترحة في الاستبيان المغلق.

الاستبيان المغلق

بعد الانتهاء من طور الاستبيان المفتوح تم إعداد وتصميم استمارة الاستبيان المغلق والتي تتضمن محاور عدة تخص موضوع البحث تكون بشكل أسئلة تم إعدادها اعتمادا على المصادر العلمية والمعلومات التي تم جمعها من خلال المقابلات التي تمت خلال الاستبيان المفتوح وقد تم تقسيم استمارة الاستبيان إلى أربعة محاور هي:

المحور الأول/المعلومات الشخصية لأفراد العينة

تضمن هذا المحور الأسئلة الشخصية التي تهدف إلى جمع المعلومات والبيانات عن أفراد العينة وقد تمثلت الأسئلة حول مقر العمل والدائرة أو الشركة التي يعمل بها المستبين والمستوى العلمي من خلال الشهادة الحاصل عليها وتخصصه الهندسي وعدد سنوات الخبرة والموقع الوظيفي الذي يشغله وبعض الأسئلة الأخرى التي توضح تأهيله للاشتراك بالاستبيان.

المحور الثاني/تحسين الأداء وستة سيجما

يتضمن هذا المحور مجموعة من الأسئلة التي تدور حول منهجية ستة سيجما وإمكانية تطبيقها في المشاريع الإنشائية وكذلك أسئلة عن أساليب تحسين الأداء وتحقيق الجودة للمشاريع الإنشائية.

المحور الثالث/الهيكل الإنشائي

يتضمن هذا المحور مجموعة من الأسئلة حول أهم العيوب التي تظهر في أعمال الهيكل الخرساني التي يشخصها المستبين من خلال دراسته العلمية وواقعه التنفيذي وكذلك أسئلة عن تحسين الأداء فيما يتعلق بتنفيذ الهيكل الخرساني. وبعد اجراء التحليل الاحصائي تبين ان اهم العيوب التي تظهر في اعمال الهيكل الخرساني وحسب اهميتها هي :

1. تشققات الانكماش اللدن
2. التفاوت في الأبعاد
3. عدم استوائية صب السقوف
4. انحراف محاور الأعمدة والجسور عن مواقعها الهندسية المحددة في المخططات
5. ظهور تجاويف في الخرسانة
6. عدم شاقولية الأعمدة
7. تشققات إنشائية بسبب أخطاء في التنفيذ
8. ظهور التواءات في الجسور
9. تشققات إنشائية بسبب أخطاء في التصميم

10.حدوث هطول في الجسور
11.ظهور انتفاخ في الجسور
12. حدوث هطول في السقوف
13.تفتت السطح الخرساني
14. صدأ الحديد وتساقط الغطاء الخرساني

المحور الرابع/أسباب ظهور عيوب في أعمال الهيكل الخرساني

يتضمن هذا المحور تقييما لتحديد درجة تأثير كل سبب من الأسباب التي تؤدي إلى حصول العيوب في أعمال الهيكل الخرساني. وبعد اجراء التحليل الاحصائي تبين ان درجة تأثير الاسباب التي تؤدي الى حصول العيوب في اعمال الهيكل الخرساني حسب اهميتها هي :

1. قلة خبرة المهندس المشرف على الصب
2. ضعف إسناد القوالب
3. استخدام قوالب رديئة النوعية
4. عدم وجود مراقبي جودة يتابعون أعمال التنفيذ
5. ضعف تدقيق أبعاد ومناسيب القوالب من قبل المهندس المشرف قبل الصب
6. عدم كفاءة العاملين على الصب
7. تغير في أبعاد القوالب الخشبية بسبب تعرضها للشمس والعوامل الجوية لفترة طويلة
8. حركة الآليات والعربات اليدوية والأشخاص على القالب
9. أخطاء في المخططات
10. حوادث طارئة

وبذلك فقد تم فحص نظرية البحث من خلال محاور الاستبيان وتأكد صحتها من خلال ضعف واضح في إدارة المشاريع الإنشائية فيما يخص متابعة ومراقبة وضبط الجودة لأعمال تنفيذ الهيكل الخرساني في المشاريع الإنشائية مما يؤدي إلى ظهور مشاكل وعيوب عديدة بعد التنفيذ

تطبيق منهجية (DMAIC) على الحالة الدراسية

تهدف منهجية (DMAIC) إلى القضاء على العيوب من خلال التخلص من الأسباب الجذرية لحدوثها وذلك عن طريق تطبيق مراحل المنهجية الخمس. عمل الباحث على تطبيق منهجية (DMAIC) على المشروع المنتخب كحالة دراسية وهو مشروع مختبر الإنشاءات في قسم الهندسة المدنية بجامعة بغداد في الجادرية وهو في مرحلة الهيكل الخرساني بمساحة بناء 1140 م^2 لتقييم وتحسين مستوى الجودة والأداء بالنسبة لأعمال تنفيذ الهيكل الخرساني.

1: مرحلة التعريف (Define Phase)

تعد مرحلة تنفيذ الهيكل الخرساني من أهم المراحل في تنفيذ المشروع والتي تؤثر بشكل كبير على المراحل اللاحقة حيث أن ضعف الأداء والجودة في تنفيذ الهيكل الخرساني يؤدي إلى ضعف الأداء والجودة في المبنى بشكل عام. على هذا الأساس تم اختيار مرحلة تنفيذ الهيكل الخرساني في هذا البحث لتطبيق مبادئ ستة سيجما عليها وذلك لتحسين أداء التنفيذ وجودته ومنع حدوث العيوب التي تؤثر سلبا على المراحل اللاحقة. يحتاج إصلاح بعض عيوب الهيكل الخرساني إلى كلف إضافية ووقت إضافي لذلك فإن منع حدوث هذه العيوب منذ البداية أمر ضروري لتجنب الوقت والكلفة الإضافيين وهذا هو هدف تطبيق منهجية ستة سيجما.

لغرض تحديد أهم العيوب التي يمكن أن تظهر عند تنفيذ الهيكل الخرساني فقد اعتمد الباحث على المقابلات الشخصية مع عدد من المهندسين ذوي الخبرة في مجال تنفيذ المشاريع الإنشائية والزيارات الميدانية التي قام بها الباحث لبعض المشاريع الإنشائية وعلى الاستبيان الميداني الذي تم إجراؤه، لذا فإن العيوب التي تم تحديدها هي:

1) التفاوت في أبعاد (مقاسات) المقاطع الخرسانية للعناصر الإنشائية (الأعمدة، الجسور، السقوف) عمّا هو موجود في المخططات. ويؤثر هذا العيب إنشائيا عند نقصان أبعاد المقطع عمّا موجود في المخططات التصميمية ومعماريا عند نقصان أو زيادة أبعاد المقطع. اعتمد الباحث على المواصفات الأمريكية (ACI) لتحديد مقدار التفاوت المسموح به في الأبعاد حيث يعتبر العنصر الإنشائي الذي يحتوي على مقدار تفاوت في الأبعاد خارج حدود هذه المواصفات معيبا وهذا التفاوت عيب (Defect) وكما موضح في **الجدول (2).**

2) انحراف محاور الأعمدة والجسور عن مواقعها الهندسية المحددة في المخططات: لقد تم الاعتماد على المواصفات الأمريكية أيضا لتحديد مقدار الانحراف المسموح به ويوضح **الجدول (2)** ذلك.
3) عدم شاقولية الأعمدة: تؤثر عدم شاقولية الأعمدة إنشائيا وعلى قوة تحمل العمود إذا زاد الانحراف عن الحد المسموح به كما تؤثر تأثيرا معماريا أيضا إذ تؤثر على شكل المبنى وفي كلتا الحالتين قد يكون هناك حاجة لهدم العمود وإعادة صبه من جديد وهذا يؤدي إلى زيادة الكلفة وخسارة الوقت بسبب إعادة الصب. وقد اعتمدت المواصفات الأمريكية في **الجدول (2)** لتحديد المقدار المسموح للانحراف الشاقولي للأعمدة.
4) ظهور التواءات في الجسور.
5) عدم استوائية صب السقوف.
6) ظهور تشققات في الخرسانة: وهي كثيرة الأنواع إلا إن أهم أنواعها التي تم اعتمادها كعيب (Defect) هي :

- تشققات الانكماش اللدن: تحدث هذه التشققات خلال الساعات الأولى بعد عملية صب الخرسانة وتنتج بسبب الجفاف السريع نتيجة تعرض الأسطح الخرسانية لتيارات هوائية شديدة أو بسبب ارتفاع درجات الحرارة مما يؤدي إلى تبخر الماء بدرجة أعلى من معدل خروج مياه النزف في الخرسانة وينتج عن ذلك إجهادات شد تؤدي إلى التشققات
- تشققات إنشائية: تظهر هذه التشققات في الخرسانة بعد تصلدها وهي التشققات الناشئة بفعل إجهادات الشد الداخلية المتولدة في العناصر الخرسانية المختلفة عند تعرضها لأسباب مختلفة وذلك عندما تصل هذه الإجهادات إلى الحد الأقصى المسموح به والذي لا تتحمله الخرسانة، وعندما تكون هذه التشققات واسعة ومنتشرة تتسبب عادة في إحداث عيوب في الشكل وتؤدي إلى نقص في كفاءة وأداء هذه العناصر الإنشائية لوظيفتها والذي يمكن أن يؤدي إلى انهيار كامل لهذه العناصر وبالتالي يؤثر على أمان المنشأ ككل. إن هذا النوع من التشققات له أسباب متعددة لكن من أهم أسبابه هو حصول أخطاء في التصميم مثل حصول أخطاء حسابية أو استعمال حديد تسليح غير كافي وغيرها أو بسبب أخطاء في التنفيذ مثل التخزين غير المناسب للمواد أو عدم فحص المواد المكونة للخرسانة وغيرها.

7) ظهور تجاويف في الخرسانة (Honeycomb & Segregation): إن انفصال مكونات الخرسانة بحيث يصبح توزيع مكوناتها غير منتظم وهو ما يطلق عليه (Segregation) يؤدي إلى حدوث ظاهرة ال (Honeycomb) أي أن يكون سطح الخرسانة بشكل خلية النحل وحصول تجاويف فيها وقد يحدث ال (Honeycomb) لأسباب أخرى غير الانفصال الحبيبي (Segregation). إن من أهم المشاكل التي تسببها ظاهرة ال (Honeycomb) أنها تؤدي إلى نقص مقاومة الخرسانة وبالتالي عدم قدرة ذلك الجزء الخرساني على مقاومة الأحمال التي صمم لمقاومتها. وعند زيادة الأحمال على أي جزء خرساني بحيث لا يستطيع مقاومتها سوف يؤدي ذلك إلى أضرار كبيرة قد تصل إلى انهيار ذلك الجزء الخرساني.

2: مرحلة القياس (Measure Phase)

إن أهم ما يميز أسلوب ستة سيجما هو القياس حيث يعتبر من صميم عمل ستة سيجما بينما لا يوجد في أسلوب آخر حيث يعمل أسلوب ستة سيجما على قياس مستوى الأداء الحالي عن طريق قياس نسبة العيوب (Defect Rate) ثم إيجاد مستوى السيجما (σ) (Sigma Level) والذي يعطي تصورا عن مستوى الأداء الحالي وتقييما لمستوى الجودة. لغرض تقييم مستوى الأداء والجودة لتنفيذ الهيكل الخرساني للحالة الدراسية التي تم اختيارها (مشروع مختبر الإنشاءات) أي حساب مقدار السيجما (σ) فقد عمل الباحث ومن خلال الزيارات الموقعية للمشروع على تسجيل العيوب الظاهرة في الهيكل الخرساني للمشروع على استمارة تدقيق (Check Sheet). يحتوي المشروع على (31) عموداً (Column) و (45) جسراً (عتب) (Beam) و(10) سقوف (Slab) وقد تم فحص كل من هذه العناصر الإنشائية بدقة لمعرفة فيما إذا كانت تحتوي على العيوب التي تم تعريفها وتحديدها في مرحلة التعريف أم لا فقد تم قياس الأبعاد للعناصر الإنشائية عن طريق شريط القياس كما تم تحديد الشاقولية للأعمدة عن طريق القبّان ذو الفقاعة الهوائية فمثلا للعيب الأول الذي تم تعريفه وهو التفاوت في أبعاد المقاطع الخرسانية للعناصر الإنشائية فقد تم قياس أبعاد هذه الأعمدة والجسور والسقوف ومقارنتها بالأبعاد المؤشرة في المخططات فإذا كان التفاوت في الأبعاد خارج الحدود المسموح بها بحسب المواصفة الأمريكية (ACI) والمذكورة في **الجدول (2)** لأي من هذه العناصر الإنشائية يتم تسجيل ذلك كعيب (Defect) ويتم وضع علامة (×) في استمارة التدقيق مقابل العنصر الإنشائي المفحوص وإذا كان التفاوت في الأبعاد ضمن الحدود المسموح بها يتم وضع علامة (√) في استمارة التدقيق وهكذا تم تدقيق بقية العيوب المذكورة سابقا ويبين **الجدول (3)** جزء من استمارة التدقيق المستخدمة (Check Sheet) والنتائج المؤشرة عليها.

بعد جمع البيانات حول المشروع يجب حساب مستوى (σ) للمشروع ككل وكذلك يمكن حساب مستوى (σ) لكل من العناصر الإنشائية الثلاثة (الأعمدة، الجسور، والسقوف) التي تم تدقيقها كل على حدة وكما يلي:

1) الأعمدة (Columns):

من خلال ملاحظة استمارة التدقيق يمكن حساب عدد علامات (×) بالنسبة للعيوب التي يمكن أن تظهر في الأعمدة وهي (التفاوت في الأبعاد، انحراف محاور الأعمدة، عدم شاقولية الأعمدة، تشققات الخرسانة، وظهور تجاويف في الخرسانة) وحساب عدد علامات (√ و

×) الكلية للأعمدة والتي تمثل عدد الفرص لحدوث العيوب ثم إيجاد عدد العيوب لكل مليون فرصة لحدوث العيب (Defects Per Million Opportunities) والذي يطلق عليه اختصارا (DPMO) لأجل إيجاد مستوى (σ) وكما مبين أدناه:

عدد العيوب (عدد علامات ×) للأعمدة = 38

عدد التدقيقات (عدد علامات √ و ×) (عدد الفرص لحدوث العيوب) للأعمدة =155

$$(DPMO) = 1000000 \times \frac{\text{عدد العيوب}}{\text{عدد الفرص لحدوث العيوب}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

$$(DPMO) \text{ للأعمدة} = 1000000 \times \frac{38}{155} = 245161$$

ثم يمكن حساب مستوى (σ) عن طريق المعادلة (1) والتي توضح العلاقة بين مستوى (σ) و(DPMO) وكالاتي:

$$(\sigma) \text{ مستوى} = 0.8406 + \sqrt{29.37 - 2.21 \times \ln(DPMO)}$$

$$(\sigma) \text{ مستوى} = 0.8406 + \sqrt{29.37 - 2.21 \times \ln(245161)}$$

$$= 2.24$$

2) الجسور(Beams):

بنفس الطريقة السابقة يمكن إيجاد مستوى سيجما (σ) للجسور حيث إن العيوب التي يمكن أن تظهر في الجسور هي (التفاوت في الأبعاد، انحراف محاور الجسور، ظهور التواءات في الجسور، تشققات الخرسانة، وظهور تجاويف في الخرسانة) وبحساب عدد علامات (×) وعدد علامات (√ و ×) الكلية للجسور يمكن إيجاد مستوى سيجما (σ) وكما يلي:

عدد العيوب (عدد علامات ×) للجسور= 44

عدد التدقيقات (عدد علامات √ و ×) (عدد الفرص لحدوث العيوب) للجسور =225

$$(DPMO) \text{ للجسور} = 1000000 \times \frac{44}{225} = 195556$$

$$(\sigma) \text{ مستوى} = 0.8406 + \sqrt{29.37 - 2.21 \times \ln(195556)}$$

$$= 2.40$$

3) السقوف (Slabs):

إن العيوب التي يمكن أن تظهر في السقوف هي (التفاوت في الأبعاد، عدم استوائية صب السقوف، تشققات الخرسانة، وظهور تجاويف في الخرسانة) وبحساب عدد علامات (×) وعدد علامات (√ و ×) الكلية للسقوف يمكن إيجاد مستوى سيجما (σ) وكما يلي:

عدد العيوب (عدد علامات ×) للسقوف = 7

عدد التدقيقات (عدد علامات √ و ×) (عدد الفرص لحدوث العيوب) للسقوف = 40

$$(DPMO) \text{ للسقوف} = 1000000 \times \frac{7}{40} = 175000$$

$$(\sigma) \text{ مستوى} = 0.8406 + \sqrt{29.37 - 2.21 \times \ln(175000)}$$

$$= 2.48$$

يتضح مما سبق بأن أقل مستوى سيجما (σ) كان للأعمدة وهو 2.24 ثم يليه 2.4 للجسور ثم 2.48 للسقوف أي أن نسبة العيوب التي ظهرت في الأعمدة أكثر من الجسور والجسور أكثر من السقوف.
ثم يمكن حساب مستوى (σ) للمشروع ككل بحساب عدد علامات (×) الكلية وعدد علامات (√ و ×) الكلية وبتطبيق نفس المعادلات السابقة وكما يلي:
عدد العيوب (عدد علامات ×) =89
عدد التدقيقات (عدد علامات √ و ×) (عدد الفرص لحدوث العيوب) = 420

$$(DPMO) = 1000000 \times \frac{89}{420} = 211905$$

$$(\sigma) \text{ مستوى} = 0.8406 + \sqrt{29.37 - 2.21 \times \ln(211905)}$$

$$= 2.35$$

وبهذا يتضح إن مستوى سيجما للمشروع ككل هو 2.35σ وعدد العيوب لكل مليون فرصة لحدوث العيب هو 211905 ويعتبر عدد العيوب كبيرا لذلك نحتاج إلى رفع مستوى سيجما وتحسين الأداء والجودة.
يفترض الباحث بأن مستوى سيجما المستهدف للحالة الدراسية هو 3.5σ أي أن عدد العيوب ينخفض من 89 عيب إلى 10 عيوب وذلك حسب المعادلات السابقة لذا يجب العمل على التخلص من أسباب العيوب وتحسين الأداء للوصول مستوى سيجما المستهدف وهذا ما سيتابعه الباحث في الفقرة اللاحقة.

3: مرحلة التحليل (Analyze Phase)

إن المهمة الأساسية في هذه المرحلة هي تحديد متى وأين ولماذا حصل العيب (Defect) في المشروع الإنشائي، مما يستوجب في هذه المرحلة تحديد الأسباب الحقيقية الجذرية لحدوث العيب. عمل الباحث على معرفة أسباب حدوث العيوب من خلال إجراء المقابلات الشخصية مع عدد من المهندسين المشرفين الذين لديهم خبرة في مجال تنفيذ المشاريع الإنشائية وعليه تم التعرف على الأسباب الجذرية لحدوث كل نوع من أنواع العيوب التي تم تحديدها في مرحلة التعريف ثم أعاد الباحث ذكر هذه العيوب في استمارة الاستبيان التي وزعت على مجموعة من المهندسين لتحديد أكثر الأسباب تأثيرا في حدوث العيوب.
لغرض دراسة وتحليل الأسباب الجذرية لمشاكل الهيكل الخرساني في هذه المرحلة فقد تم استخدام أداتين من أهم أدوات ستة سيجما وهما مخطط السبب والنتيجة (Cause and Effect Diagram) ومخطط باريتو (Pareto Diagram) لكل نوع من أنواع عيوب الهيكل الخرساني التي تم ذكرها في مرحلة التعريف.

أولا: مخطط السبب والنتيجة (Cause and Effect Diagram)

يستخدم مخطط السبب والنتيجة لتشخيص الأسباب التي تؤدي إلى ظهور مشكلة ما. ويقوم المخطط بتصنيف الأسباب المتعلقة بمشكلة رداءة الجودة وعدم مقبوليتها إلى فئات معينة وهي: المواد الأولية (Materials)، المكائن والمعدات (Machines and Equipments)، ظروف وطرق العمل (Conditions and Methods of Work) والعامل البشري (People).
يوضح **الشكل (2)** مخطط السبب والنتيجة للعيوب المتعلقة بالتفاوت في الأبعاد وانحراف محاور الأعمدة والجسور عن مواقعها الهندسية المحددة في المخططات وعدم شاقولية الأعمدة وظهور التواءات في الجسور وعدم استوائية صب السقوف وأهم الأسباب التي تؤدي إلى حصول تلك العيوب والتي تم استيضاحها وتحديدها في الاستبيان الميداني.

ثانيا: مخطط باريتو (Pareto Diagram)

يعتبر مخطط باريتو أداة توضح نسبة مشاركة كل سبب من الأسباب في حصول المشكلة أو العيب حيث يضع تلك الأسباب بشكل صفوف من الأعمدة من اليسار إلى اليمين في ترتيب تنازلي. إن الفائدة من مخطط باريتو هي تركيز الاهتمام على الأسباب الأكثر تأثيرا في حدوث المشكلة من أجل معالجتها أولا، استعرض الباحث من خلال الاستبيان الميداني الأسباب التي تؤدي حدوث كل نوع من أنواع عيوب الهيكل الخرساني، وقد أوضحت عينة الاستبيان درجة تأثير كل سبب من الأسباب المذكورة في حصول العيب المذكور اعتمادا على مقياس موحد من 1 إلى 5 حيث يمثل الرقم 1 السبب قليل التأثير جدا و يمثل الرقم 5 السبب عالي التأثير جدا وقد تم احتساب معدل

التأثير لكل سبب من الأسباب المذكورة والذي يمثل المتوسط الحسابي (معدل التكرار) للإجابات ويوضح **الشكل (3)** مخطط باريتو لمعدل تكرار الإجابات.
يتضح من **الشكل (3)** بأن أكثر سبب يؤدي إلى حصول العيوب المذكورة هو قلة خبرة المهندس المشرف ثم يليه ضعف إسناد القوالب ويشكلان 22.9% من المجموع الكلي أي أن هذان العاملان هما العاملان الرئيسان في حصول العيوب ثم استخدام قوالب رديئة النوعية وبعدها عدم وجود مراقبين لضبط الجودة حيث إن هذه العوامل الأربعة تشكل 44.7% من المجموع الكلي لأسباب رداءة الجودة.

4: مرحلتي التحسين والمراقبة (Improve and Control Phase)
إن الهدف الأساس من هذه المرحلة بطوريها التحسين والمراقبة هو القضاء على العيوب التي تم تعريفها اعتماداً على المعلومات التي تم الحصول عليها من مرحلة التحليل. إن التخلص من الأسباب الجذرية لحدوث العيوب يؤدي إلى التخلص من العيوب ورفع مستوى سيجما وتحسين الأداء والجودة.
يمكن القيام بهذه المرحلة من خلال اقتراح عدد من الإجراءات والسلوكيات لإدارة وضبط الأداء والجودة اعتماداً على المعلومات التي تم جمعها وتحليلها من خلال الاستبيان الميداني وما سبقه وما تلاه ثم مرحلة التحليل. إن الإجراءات المقترحة التي ينبغي الالتزام بها لتحسين الأداء وتحقيق الجودة المطلوبة تبدأ بإنشاء قسم خاص بإدارة الجودة.

قسم إدارة الجودة
إن الخطوة الأولى للوصول إلى تحسين الأداء والحصول على الجودة المطلوبة في شركات المقاولات الإنشائية المنفذة هي إنشاء قسم متخصص بإدارة الجودة كأحد الأقسام الأساسية في الشركة يكون ارتباطه بالإدارة العليا للشركة ويحتوي على مجموعة من الشعب والوحدات المحددة الوظائف بهدف تحقيق الجودة المطلوبة وتعمل الشعب على إعداد التقارير إلى الإدارة العليا للقسم في الشركة ويوضح **الشكل (4)** الهيكل التنظيمي لقسم إدارة الجودة المقترح الذي تقع عليه مسؤولية تطبيق الإجراءات المقترحة لتحسين الأداء.

الإجراءات المقترحة لتحسين الأداء
يمكن توضيح الإجراءات المقترحة لتحسين الأداء وتحقيق الجودة والتي تقوم بتطبيقها شعب ووحدات قسم إدارة الجودة فيما يلي:

أولا: ضبط التصميم
تقع مسؤولية ضبط التصميم على عاتق شعبة ضبط التصميم مما يستوجب وجود مجموعة من الضوابط والإجراءات المطلوبة لضمان مطابقة التصميم لاحتياجات العميل مع ارتفاع جودتها لأقصى حد ممكن بعيدا عن أي أخطاء تحدث في التصميم أو في رسم المخططات أو في حركة المعلومات والبيانات. إن من أهم مسؤوليات وواجبات شعبة ضبط التصميم هو مراجعة التصميم وتدقيقه والتأكد من مطابقته للمواصفات والمعايير المتفق عليها من أجل تلافي حصول أخطاء في التنفيذ بسبب أخطاء في المخططات وغيرها من مستندات التصميم.

ثانيا: المشتريات
تمثل المشتريات جانبا حيويا ومهما في حياة أي طرف سواء كان مقاولا أو صاحب عمل لأن شراء المواد جزء من عملية تجهيز الموارد للشركة وهو يؤثر على نوعية أعمالها وعلى مواردها المالية. إن مسؤولية شعبة المشتريات هي ضمان شراء مواد (أجهزة، معدات، ومواد أولية) مطابقة للمواصفات المعتمدة وذلك من خلال ما يأتي:
1- تحديد دقيق لبيانات الشراء من خلال المخططات والمواصفات وإعداد جداول الكميات.
2- وضع معايير محددة لتقييم المجهزين أهمها قدرة المجهز على تجهيز مواد وفقا لمتطلبات العقد وأن يكون تسليم المواد متوافقا مع الجدول الزمني للمشروع وكذلك ينبغي مراجعة تأريخ المجهز لتحديد القدرة الفنية له وبالتالي تحديد أهليته للتجهيز.
3- يجب وضع سجلات خاصة بتقييم المجهزين والاحتفاظ بهذه السجلات.
4- تحليل العروض والأسعار المقدمة.
5- التحقق من مطابقة المادة المشتراة للمواصفات وإجراء الفحوصات اللازمة لها.

ثالثا: التخزين
تبقى مسؤولية إدارة المخازن من أهم المسؤوليات في الموقع الإنشائي والتي تناط بوحدة إدارة المخازن التابعة لشعبة المشتريات لاعتماد جودة العمل الإنشائي والهندسي على الحفاظ على المواد بصورة جيدة حيث يجب ضبط حركة المواد الأولية داخل المخزن والتأكد من عدم تلفها أو تعرضها لظروف تؤدي إلى تدهور جودتها كما إن عملية توثيق أوقات دخول المواد الأولية إلى المخزن وخروجها منه ضرورية للسيطرة على عدم تأخر المواد في المخازن. يجب أن يكون هناك نظام لمعرفة مكان أي قطعة في المخزن

وذلك لتسهيل تحديد مكانها وتوزيعها وخريطة أرضية تحدد موقع كل الموجودات تساعد على الحركة داخل المخزن وذلك للتأكد من أن المواد موضوعة في مكانها المناسب.

رابعا: التنفيذ

تعتبر عملية ضبط التنفيذ من أهم الأمور التي تؤدي إلى تحقيق الجودة المطلوبة والتي يجب أن تناط بشعبة متخصصة لذلك والتي تتألف من فريق عمل مسؤوليته الأساسية هي متابعة التقنيات الفنية وطرق العمل وضبط الجودة أثناء التنفيذ حيث يجب أن يكون هذا الفريق متواجدا في الموقع خلال مراحل تنفيذ الهيكل الخرساني ابتداءً من عملية تخطيط المحاور وتسقيط الإحداثيات وانتهاءً بعملية معالجة الخرسانة ورفع القوالب ويتألف هذا الفريق من مهندسين لديهم الخبرة الكافية في مجال التنفيذ.

خامسا: الأجهزة والمعدات

إن مسؤولية وحدة المعدات التابعة لشعبة التنفيذ هو ضمان استخدام أجهزة ومعدات معتمدة وموثوق بها تعمل على إنجاز العمل بشكل مناسب مع مستوى الدقة المطلوبة وذلك عن طريق معايرة جميع الأجهزة والمعدات وفحصها دوريا للتأكد من صلاحيتها للاستخدام. تعتمد فترة المعايرة على نوع الجهاز وعدد مرات استخدامه ويجب تحديد الجهاز الذي تمت معايرته عن طريق وضع علامة تشير إلى ذلك مكتوب عليها وقت المعايرة السابقة.

سادسا: ضبط الفحوصات المختبرية

يجب تعيين فريق متخصص مسؤول عن ضبط جودة المواد الأولية الداخلة في العمل الهندسي والمتمثل بوحدة الفحوصات التابعة لشعبة التنفيذ يعمل على:

1- أخذ العينات التي يراد فحصها وإرسالها إلى المختبر.
2- استلام نتائج الفحوصات من المختبر.
3- توثيق ملاحظات المختبر أو الاستشاري حول المواد المرفوضة في الموقع.

سابعا: التحليل الإحصائي

تقع على عاتق هذه الوحدة التابعة لشعبة التنفيذ مسؤولية توظيف الأدوات الإحصائية لغرض تحليل البيانات وتحديد أسباب المشاكل التي قد تحدث ومن أهم تلك الأدوات هي مخطط السبب والنتيجة ومخطط باريتو وغيرها من الأدوات التي يمكن استخدامها في هذا المجال حيث باستخدام الأساليب الإحصائية يمكن تحديد الإجراءات الوقائية المناسبة لمنع حدوث العيوب وكذلك الإجراءات العلاجية المناسبة لتصحيح الأعمال غير المطابقة للمواصفات.

ثامنا: التدريب

تعد مشكلة انخفاض كفاءة وخبرة المهندسين والأيدي العاملة من أهم المشاكل التي تؤدي إلى تدهور جودة العمل مما يستوجب تهيئة شعبة متخصصة بالتدريب والتأهيل تعمل على رفع الكفاءة والقدرة الفنية لجميع الأفراد العاملين والمحافظة على المستوى العلمي والعملي الجيد والقدرة الكافية على أداء وظائفهم بكفاءة عالية ويتم ذلك عن طريق تهيئة الدورات والتدريب المناسبين لهم كل حسب وظيفته.

الاستنتاجات

1) عدم معرفة العاملين في قطاع التشييد بمنهجية ستة سيجما ودورها في الحد من الأخطاء والعيوب وقدرتها على تحسين الأداء وتحقيق الجودة.
2) ضعف استخدام الأساليب الإحصائية في الشركات الإنشائية العاملة في قطاع التشييد والتي تهدف إلى ضبط الجودة وتحسين الأداء.
3) مستوى سيجما (Sigma Level) للحالة الدراسية التي تم اختيارها هو 2.35 وعدد العيوب لكل مليون فرصة لحدوث العيب (DPMO) هو 211905 ويعتبر مستوى سيجما هذا قليلا جدا ونسبة العيوب كبيرة مما يدل على تدني مستوى الجودة للحالة الدراسية.
4) بحساب مستوى سيجما للعناصر الإنشائية الثلاثة التي تم فحصها للحالة الدراسية (الأعمدة، الجسور والسقوف) كل على حدة فإن مستوى سيجما للأعمدة كان 2.24 ومستوى سيجما للجسور هو 2.40 ومستوى سيجما للسقوف هو 2.48 وبهذا يتضح أن أقل مستوى سيجما وأعلى نسبة عيوب كان للأعمدة ثم الجسور بالمرتبة الثانية وأما السقوف فلها أعلى مستوى سيجما وأقل

نسبة عيوب مما يدل على أن الأعمدة تمثل أكثر العناصر الإنشائية تعرضا للعيوب والأخطاء والسقوف أقلها تعرضا للعيوب والأخطاء.

التوصيات

1) اعتماد منهجية (DMAIC) لتحسين الأداء في العمليات الإنشائية المختلفة حيث أنها منهجية فعالة لها القدرة على علاج المشاكل ومنع حدوثها.
2) تعريف المهندسين العاملين في قطاع التشييد بمنهجية ستة سيجما وأهميتها عن طريق إقامة دورات تدريبية في هذا المجال.
3) ضرورة استخدام الأساليب الإحصائية في الشركات الإنشائية من أجل تحليل أسباب المشاكل ومنع حدوثها في المستقبل.

المصادر

- Brue, Greg, 2006 *(Six Sigma for Small Business)*, CWL Publishing Enterprises, Inc., Entrepreneur Media, Inc.
- Dahlgaard, Jens J. & Kristensen, Kai & Kanji, Gopal K., 2007 *(Fundamentals of Total Quality Management)*, Taylor & Francis Group.
- Khan, Obaidullah Hakeem, 2005 *(A Study of Critical Success Factors for Six Sigma Implementations in UK Organizations)*, A MSc Thesis Submitted to the School of Management, Bradford University.
- Niaraki, Seyed Ali Mousavi, 2010 *(Six Sigma Approach to Real Time Cast In-Situ Slab Concreting Process Improvement)*, A MSc Thesis Submitted to the Faculty of Civil Engineering, University Teknology Malaysia.
- Pande, Pete & Holpp, Larry, 2002 *(What is Six Sigma)*, McGraw-Hill companies, Inc., USA.
- Park, Sung H., 2003 *(Six Sigma for Quality and Productivity Promotion)*, Asian Productivity Organization (APO), Tokyo, Japan.
- Pheng, Low Sui & Hui, Mok Sze, 2004 *(Implementing and Applying Six Sigma in Construction)*, Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 130. No. 4, pp. 482-489, ASCE.
- Tehrani, Maryam Dabbaghi, 2010 *(Performance Improvement in Construction Project based on Six Sigma Principles)*, A MSc Thesis Submitted to the Department of Quality and Environmental Management, School of Engineering, University of Borås.
-

- أمين، رعد منيب محمد، 2000 *(أسس لنظام مقترح لتقييم مشاريع الأبنية)*، رسالة ماجستير مقدمة إلى قسم هندسة البناء والإنشاءات، الجامعة التكنولوجية.
- الحداد، عواطف إبراهيم، 2009 *(إدارة الجودة الشاملة)*، الطبعة الأولى، دار الفكر، عمّان، الأردن.
- الراوي، سينا أحمد عبد الغفور، 2011 *(استخدام منهج سيجما ستة Six Sigma في ضبط جودة التدقيق الداخلي: دراسة ميدانية على المستشفيات الخاصة الحائزة على جائزة الجودة والتميز في محافظة عمّان)*، رسالة ماجستير مقدمة إلى قسم المحاسبة، كلية الأعمال، جامعة الشرق الأوسط.
- الريدي، محمد عبد الله، 2005 *(إدارة وضبط الجودة لمشروعات الخرسانة المسلحة)*، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، القاهرة.
- السلايمة، نضال حلمي، 2007 *(إمكانية استخدام سيجما ستة لتحسين الأداء الصحي في المركز العربي الطبي (عمّان الأردن))*، رسالة ماجستير مقدمة إلى كلية الدراسات الإدارية والمالية العليا، جامعة عمّان العربية للدراسات العليا.
- الطائي، رعد عبد الله وقدادة، عيسى، 2008 *(إدارة الجودة الشاملة)*، دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع، عمّان، الأردن.
- القزاز، إسماعيل إبراهيم والحديثي، رامي حكمت وكوريل، عادل عبد المالك، 2009 *(Six Sigma وأساليب حديثة أخرى في إدارة الجودة الشاملة)*، الطبعة الأولى، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة، عمّان، الأردن.
- مجيد، سوسن شاكر والزيادات، محمد عواد، 2007 *(إدارة الجودة الشاملة تطبيقات في الصناعة والتعليم)*، الطبعة الأولى، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمّان، الأردن.

جدول (1) العلاقة بين مستوى سيجما وعدد العيوب لكل مليون فرصة **(Park, 2003)**

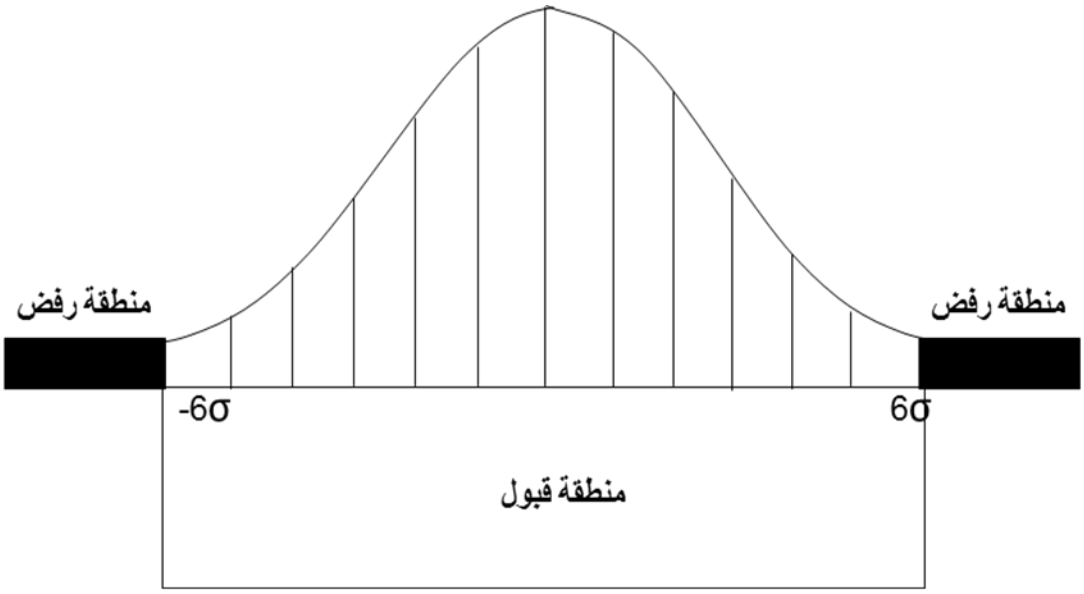
مستوى سيجما	العيب لكل مليون فرصة	المنتوج غير المعاب (%)
1	697,672	30.2328
2	308,770	69.1230
3	66,811	93.3189
4	6,210	99.3790
5	233	99.97674
6	3.4	99.99966

جدول (2) التفاوت المسموح به في الأبعاد طبقا للمواصفة الأمريكية ACI **(الريدي، 2005)**

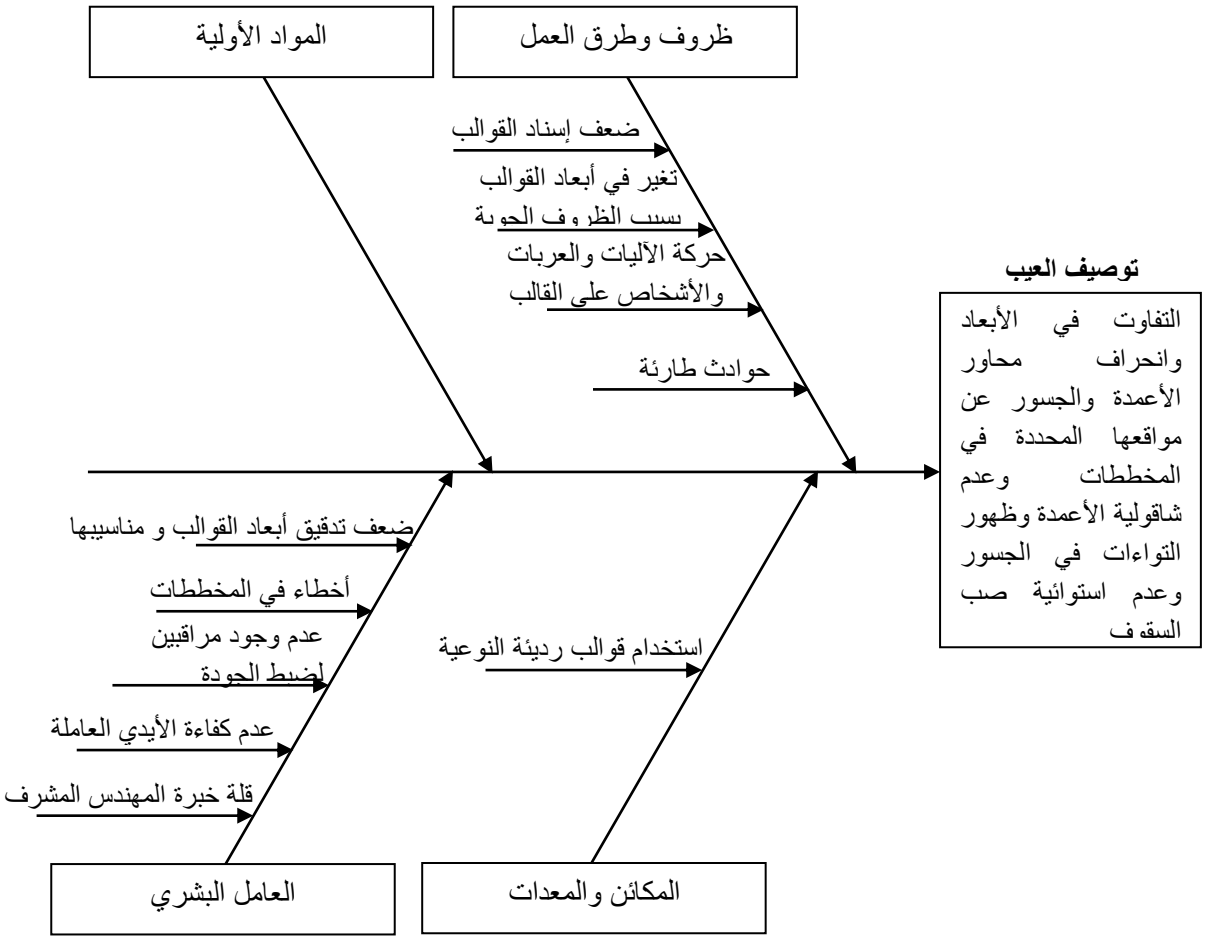
البند	التوصيف	التفاوت	
		انج	ملم
1	التفاوت المسموح به في مقاسات الأعمدة والجسور والميدات والسقوف والجدران		
	للمقاسات حتى 12 انج	+0.375 أو - 0.25	+10 أو -6
	أكبر من 12 انج	+0.5 أو - 0.375	+13 أو -10
2	أقصى تفاوت لأبعاد محاور الأعمدة والجسور والجدران		
	في أي باكية أو كل 20 قدم في أي اتجاه	$\pm$ 0,5	$\pm$ 13
	البعد الكلي للمنشأ	$\pm$ 1	$\pm$ 25
3	الاستقامة الرأسية (الشاقولية) لأسطح الأعمدة والجدران وخط تقاطع الأسطح مع بعضها		
	لكل 10 قدم ارتفاع	0.25	6
	ارتفاع المبنى بالكامل (بحد أقصى 100 قدم)	1	25

جدول (3) جزء من استمارة التدقيق المستخدمة (Check Sheet) لجمع البيانات مؤشر عليها نتائج التدقيق

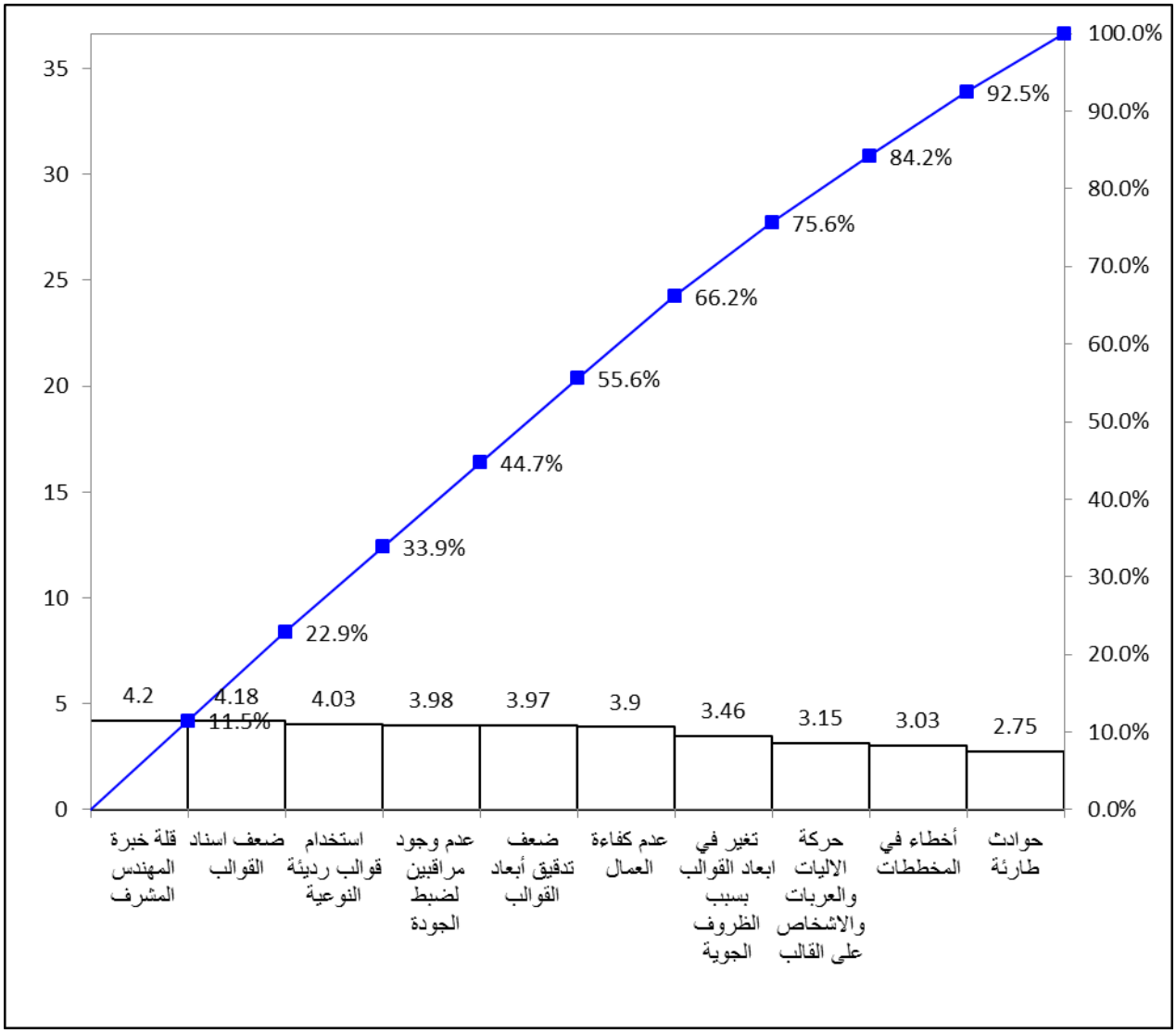
الأعضاء الإنشائية	التفاوت في الأبعاد	انحراف محاور الأعمدة والجسور	عدم شاقولية الأعمدة	ظهور التواءات في الجسور	عدم استوائية صب السقوف	تشققات الخرسانة	ظهور تجاويف في الخرسانة
عمود1	√	√	√			√	×
عمود2	√	√	√			√	×
عمود3	×	√	√			√	√
عمود4	×	√	×			√	√
جسر1	√	√		√		√	√
جسر2	√	√		√		√	√
جسر3	×	√		√		√	√
جسر4	×	√		√		√	√
سقف1	√				√	√	√
سقف2	×				√	√	×



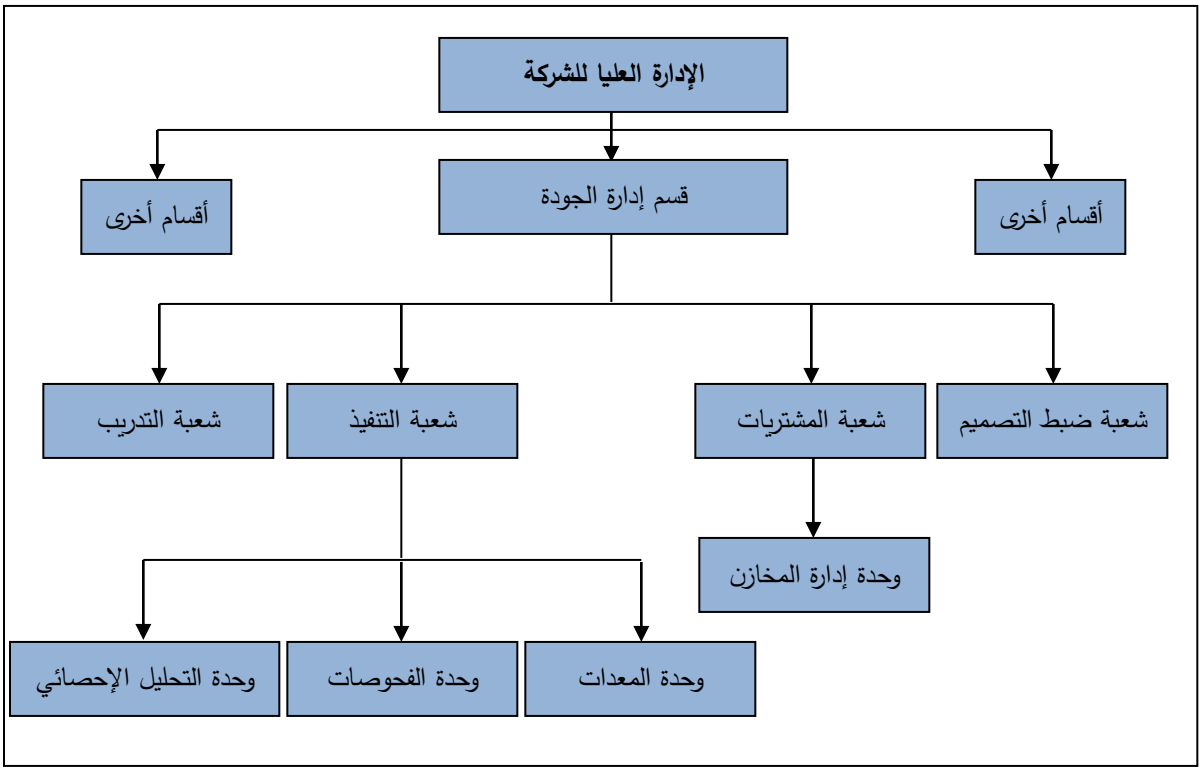
شكل (1) منحني التوزيع الطبيعي



شكل (2) مخطط السبب والنتيجة لمشاكل التفاوت في الأبعاد وانحراف محاور الأعمدة والجسور عن مواقعها الهندسية المحددة في المخططات وعدم شاقولية الأعمدة وظهور التواءات في الجسور وعدم استوائية صب السقوف



شكل (3) مخطط باريتو لأسباب عيوب التفاوت في الأبعاد وانحراف محاور الأعمدة والجسور عن مواقعها الهندسية المحددة في المخططات وعدم شاقولية الأعمدة وظهور التواءات في الجسور وعدم استوائية صب السقوف



الشكل (4) الهيكل التنظيمي لقسم إدارة الجودة المقترح الذي تقع عليه مسؤولية تطبيق الإجراءات المقترحة لتحسين الأداء