

استخدام عملية التطور *EVOP* للتجارب العاملية 2^2 في تطوير العمليات وتحقيق الامثلية بالتطبيق على مصنع الفتاح للاسمنت في مدينة درنة – ليبيا

ميعاد فاضل عليوي¹ عبيد محمود الزويبي²
(¹ قسم الرياضيات, كلية الاداب والعلوم, جامعة عمر المختار, القبة, ليبيا)
(² رئيس قسم ادارة الاعمال, جامعة جيهان, السليمانية, العراق)

الملخص:

يتضمن هذا البحث استخدام عملية التطوير *EVOP* للتجارب العاملية 2^2 لضبط جودة منتج الاسمنت في تحسين قوة مقاومة الانضغاط لهذا المنتج من خلال تحديد افضل تقدير للطور C_2S احد الاطوار الرئيسية المكونة للكلنكر حيث بينت النتائج ان العينة التي تحقق افضل التقدير كانت عند مستويات اوكسيد الكالسيوم ($CaO = 60$) و ثاني اوكسيد السيليكون ($SiO_2 = 23$).

الكلمات المفتاحية: *EVOP*، امثلية العملية، تجربة $2^2, SC_2$.

پوخته :

نهم تويژينه وهيه به كارهيناني پرؤسه ي پهره پيداني (نيقوپ) باس دهكات، بو تاقيردنه وه هاوكولكه يبيه كان 2^2 ، ي بو ريخستني كواليتيي به رهه مي چه مه نتو بو باشتر كرنى هي زي روويه روويونه وه فشار له كاتي فشار خستنه سه ردا، نه ويش له ريگه ي دياريردني باشترين هه نسه نگانده وه بو شيوه ي (C_2S)، كه يه كي كه له شيوه بيكه اته ييه كاني كلينكر،
دهره نجامه كان دهريان خستوه، نهو سامپله ي باشترين هه نسه نگانده ي هيه، نهو هيه ان كه له ناستي نو كسيدي كالسيوم ($CaO = 60$) و دوانو كسيدي سليكونه كه ي شي ($SiO_2 = 23$) بووه

Abstract:

This research involves the use of the development process *EVOP* to the 2^2 factorial experiment to adjust the quality of the cement producer in improving the strength of compressive force of this product by identifying the best estimate of the phase C_2S one of the main components of the clinker where the results showed that the sample that achieve best estimate was at the oxide calcium levels ($CaO = 60$) and silicon dioxide ($SiO_2 = 23$).

المقدمة

ان تطبيق طرق تصميم وتحليل التجارب له دور كبير في تحسين العمليات وما ينعكس ذلك على ضبط جودة المنتجات حيث من المعلوم ان تحسين العمليات الإنتاجية يؤدي إلى ضبط جودة المنتج وتقليل كلف تصنيعه ومن ثم تقليل الضائع من الوقت والجهد وبالتالي اتخاذ القرارات السليمة الخاصة بالإنتاج والتصنيع ويعتبر التصميم العاملية 2^2 من الاساليب الحديثة المستخدمة في ضبط جودة المنتجات الصناعية, هدف البحث تطبيق اسلوب *EVOP(Montgomery,1984)* لتحسين العملية والوصول بها إلى الامتلية فيكفاءة المنتج, تم التطبيق على مصنع الفتائح في درنة- ليبيا لتحسين نوعية الطور *C2S* احد أطوار الكلنكر في منتج الاسمنت .

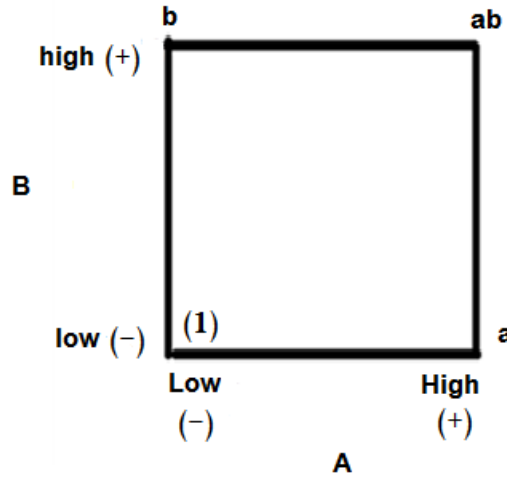
مواد وطرق العمل

التجارب العاملية 2^k

هي من النماذج المهمة في التجارب العاملية التي تستخدم في تحسين تطوير العمليات (*Worthan&Smith 1960*) حيث يكون هنا عاملين لكل منهما مستويان منخفض وعالي تتميز هذه النماذج بتحليل مبسط وتعتبر الأساس لكثير من التصميمات المهمة الأخرى.

تصميم 2^2

هذا النوع من التجارب بعاملين (A,B) كل منهما له مستويين عالي و منخفض (+ -) على التوالي يمكن تمثيل هذه التجربة بشكل مربع كما في الشكل (1) التالي :



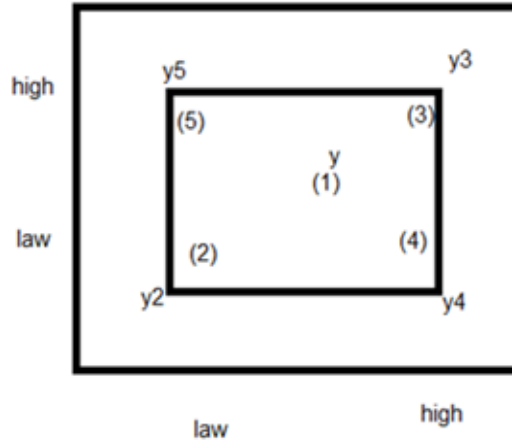
شكل (1) تصميم عاملي 2^2

يمكن تمثيل المقارنات لهذه التجربة باستخدام الحروف الصغيرة للعوامل فإذا كان الرمز موجود يعني أن العامل موجود في مستواه العالي وإذا كان غير موجود فالعامل في مستواه المنخفض (*Yates,1937*) مثلا الرمز *a* يشير إلى أن العامل *A* في مستواه العالي *b* في مستواه المنخفض وعندما يكون العاملين *A, B* في مستواهم المنخفض فيكون الرمز (1) وهكذا تطبق هذه الملاحظة على كل تجارب 2^k , الرموز (1), *a*, *b*, *ab*) تمثل مجموع المشاهدات المأخوذة من التجربة لتقدير التأثيرات ل *A, B* نحسب متوسط المشاهدات ثم نقوم بأخذ متوسط المشاهدات في مستوى العامل العالي نطرح منها متوسط المشاهدات عندما يكون العامل في مستواه المنخفض (*Boston& McColl,2013*), وذلك أن تحدث تغيرات صغيرة منظمة في مستويات متغيرات تشغيل العملية باعتبار كل متغير له مستويين عالي *High* ومنخفض *low* بشكل لا يمكن أن يؤثر سلبا على خاصية الجودة في المنتج بعد ذلك نلاحظ تحسين كبير في العملية سوف يحدث (*Montgomery,1997*)...

لمتغيرين X_1, X_2 الترتيب الأربعة الممكنة للمستويين العالي والمنخفض لهما مابين في الشكل (2) مع نقطة إضافية في المركز , عمليا تصميم 2^2 سيتمركز حول أفضل تقدير موجود في شروط التشغيل المثلى للعملية , نقاط التصميم 2^2 ترقم ب (1, 2, 3, 4) و (5) التي هي المركز, لتكن y_1, y_2, y_3, y_4, y_5 القيم المشاهدة لمتغير الاستجابة المتوافقة *Corresponding* لهذه النقاط بعد تدوير (تشغيل) مشاهدة واحدة عند كل نقطة من النقاط الأخرى تكون الدورة قد اكتملت , علما أن التأثير الرئيسي للعامل هو متوسط التغير في الاستجابة الناتج عن التغير من المستوى المنخفض إلى العالي للعامل (*Welch& Kwan,1989*) تأثير X_1 هو متوسط الفرق بين الاستجابة من الجانب الأيمن التصميم في الشكل (2) والاستجابة في الجانب الأيسر أو :

$$X_1 \text{ effect} = 1/(2) [(y_3 + y_4) - (y_2 + y_5)]$$

$$= 1/(2) [y_3 + y_4 - y_2 - y_5]$$



شكل (٢) تجربة 2²

وبنفس الطريقة بحسب تأثير X₂ بمتوسط الفرق في الاستجابة في الجانب الأعلى للتصميم والجانب الأسفل أي:

$$X_2 \text{ effect} = 1/(2) [(y_3 + y_5) - (y_2 + y_4)]$$

$$= 1/(2) [y_3 + y_5 - y_2 - y_4] \dots \dots (2)$$

فإذا كانت التغيرات في المستوى العالي إلى المنخفض لل X₁ ينتج تأثير مختلف عن الفرق بين مستويات X₂ فسيكون هناك تفاعل بين X₂X₁ :

$$(X_1 * X_2) \text{ interaction} = 1/(2) [y_2 + y_3 - y_4 - y_5] \dots \dots (3)$$

أو هو الفرق بين مجموع الأقطار في الشكل السابق (Noordin & Abdulla, 2004) ...

بعد n من الدورات تكون هناك n من المشاهدات عند كل نقاط التصميم الخمسة تأثيرات X₁, X₂ وتفاعليهما بحسب إبدال المشاهدات yi في المعادلات السابقة بالمتوسط (ȳi), ل n من المشاهدات لكل نقطة بعد إكمال عدد من الدورات, سيكون هناك واحد أو أكثر من متغيرات العملية أو تفاعلاتهم ستكون في المستوى الذي يحقق معنوية y عند حدوث ذلك لا بد من إجراء تغيير في شروط التشغيل السابقة لتحسين منتج العملية و يقال أن المرحلة phase أنجزت (Montgomery, 1999).

في اختبار معنوية متغيرات العملية و تفاعلاتهم لا بد من تقدير قيمة الخطأ التجريبي حيث يحسب من بيانات الدورة بمقارنة الاستجابة في النقطة المركزية بنقاط التصميم 2^k في التجارب العاملية, إذا كانت العملية تركزت عند القيمة الأعظم فستكون الاستجابة في المركز أكثر معنوية من الاستجابة عند نقاط التجربة الخارجية, تبرز أهمية EVOP في التغذية العكسية للمعلومات المتولدة منها الى مشرفي ومصممي العمليات في المصانع, داخل لوحة معلومات EVOP (Montgomery, 1999).

الحسابات في EVOP

معظم المقادير في حساب EVOP تتبع مباشرة تحليل التجارب العاملية 2² مثلا تبين أي تأثير للعوامل مثلا X₂;

$$V[1/2 ((y_3)^- + (y_5)^- - (y_2)^- - (y_4)^-)]$$

$$= 1/n [\langle \sigma^2 \rangle_{(y_3)^-} + \langle \sigma^2 \rangle_{(y_5)^-} + \langle \sigma^2 \rangle_{(y_2)^-} + \langle \sigma^2 \rangle_{(y_4)^-}] = 1/n (4 \langle \sigma^2 \rangle_{(y)^-})$$

$$= \sigma^2/n \dots \dots (4)$$

حيث σ^2 تبين مشاهدات (y) وهكذا انحرافين معياريين ل 95% لحدود الخطأ لأي تأثير سيكون (Montgomery, 1997)

$$2 S = \pm 2 \sigma / \sqrt{n}$$

و التباين للتغير في المتوسط (CIM) يكون :

$$V(CIM) = V[1/4 ((y_2)^- + (y_3)^- + (y_4)^- + (y_5)^- - 4(y_1)^-)]$$

$$= 1/25 (4 \langle \sigma^2 @ y \bar{y} \rangle + 16 \langle \sigma^2 @ y \bar{y} \rangle)$$

$$= 20/25 \sigma^2/n \dots \dots (5)$$

$$2S(CIM) = \pm 2\sigma\sqrt{((20/25)n)}$$

$$= \pm 1.78 S/(\sum n) \tag{6}$$

و التباين للفرق هو

$$D = [y_i(n) - \bar{y}_i(n-1)]V [y_i(n) - y_1(n-1)]$$

$$\equiv \sigma^2 [n/(n-1) (n-1)] \tag{7}$$

و مدى الفروق R_D بالنسبة لتقدير توزيع الفروق ب σ_D^2 حيث

$$\sigma_D^2 = RD/d_2 \Rightarrow RD/d_2 = \sigma^2 \sqrt{(n/(n-1))}$$

لذلك سيكون

$$\sigma^2 = \sqrt{((n-1)/n)} \quad RD/d_2 = f_{(k,n)} R_D \equiv S \tag{8}$$

تستخدم لتقدير الانحراف المعياري للملاحظات حيث K تمثل عدد النقاط المستخدمة في التصميم هنا $K=5$ لتجربة مع نقطة المركز...قيم(Myer's & Montgomery, 1995) $f_{(K,n)}$ يمكن حسابها من الجدول الخاص بعملية التطور.

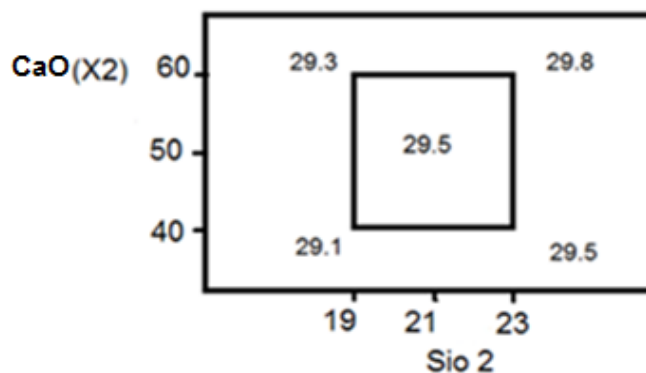
النتائج والمناقشة

اخترنا تطبيق عملية التطوير على مستوى العامل C_2S سيليكات ثنائي الكالسيوم احد الأطوار الأربعة المكونة للكانكر حيث تم اختيار ٥ عينات مسحوبة للطور C_2S عند المستويين العالي والمنخفض لكل من CaO سيليكات ثلاثي الكالسيوم و SiO_2 ثاني أكسيد السليكون من سجلات مختبر الجودة ولأيام مختلفة تم اختيار خمس عينات من سجلات مختبر الجودة عند المستويين العالي والمنخفض للمركبين المذكورين C_2S كما في الجدول (١):

جدول (١) عينات الطور C_2S

CaO/SiO2	١٩	٢١	٢٣
٤٠	٢٩,١		٢٩,٣
٥٠		٢٩,٨	
٦٠	٢٩,٣		٣٠,٨

كما في الشكل التالي (هذه القيم تمثل نسب مئوية لأوزان العينات المسحوبة) :



شكل (٣) تصميم 2^2 للطور C_2S

المطلوب أن نصل إلى أفضل عينة التي تعطي أفضل تقدير ل C_2S كأحد الأطوار الرئيسية المكونة للاسمنت و حسب المعادلات من (١) ... (٨) في الجانب النظري هنا القيمة (٢٩,٣) تمثل تركيز العامل C_2S عند الحد الاعلى ل CaO

والحد الأدنى لـ SiO_2 وهكذا لبقية العينات ولان الطور C_2S من الاطوار المهمة المكونة للاسمنت فحاول هنا ايجاد افضل تركيز له عند مستويات مختلفة للعاملين المذكورين , فكرة العمل هنا :
 احداث تغيرات طفيفة على مستويات المتغيرات الداخلة في العملية (العالي والمنخفض) بحيث لا تحدث أي إرباك للعمل وبتتابع العمل نصل لاحقا الى نتائج مرضية في تحسين سير العملية .

تبدأ الدورة الاولى بالعينات الخمسة المسحوبة باعتبارها اساس لانطلاق العملية , حيث تمثل متوسطات العملية الابتدائية (المفترضة) , هنا حسابات الانحراف وحدود الخطأ تمثل هنا بالرموز فقط وستحسب البيانات لاحقا ... وهكذا تحسب التأثيرات للعوامل S الذي يمثل SiO_2 و العامل C الذي يمثل C_3S حسب المعادلة (٢) وحساب تفاعل هذين العاملين والتغير في مستوى التأثير في الجدول (١) حيث كان تأثير العامل S كما يلي :

$$S = 1/2 (29.8+29.5 - 29.1 -29.3) = 0.45$$

وهكذا تأثير C :

$$C = 1/2 (29.8+29.1 - 29.3 - 29.5) = 0.25$$

أما تأثير تفاعل العاملين فيحسب بنفس الطريقة حيث يساوي (0.05).

اما الدورة الثانية في الجدول (٣) فتبدأ بنفس العينات باعتبارها مجموع ومتوسط الدورة السابقة اما المشاهدات الجديدة فهي عبارة عن تغيير بسيط في قيم العينات السابقة زيادة او نقصان بشكل عشوائي ثم حساب الانحراف S الجديد بضرب قيمة المدى (٢) في قيمة $f(n,k)$ الجدولية عند $K = 5$ و $n = 2$ في الجدول (٣) كانت تساوي (٠,٣٠) والمدى يحسب من الفروق بين المشاهدات الأصلية والمشاهدات الجديدة [1- (-1)] حيث يساوي (٢) , اما المجاميع الجديدة فتحسب بجمع المشاهدات الأصلية والجديدة ثم تقسم المجاميع على ٢ حيث $(n=2)$ لنحصل على المتوسطات الجديدة , اما الانحراف المعياري للمتوسطات الجديدة فيحسب بقسمة S الجديد على (2-1) ..

اما بالنسبة لحساب حدود الخطأ والتأثيرات فتطبق المعادلات السابقة الذكر , حيث حد الخطأ للمتوسط الجديد يكون بضرب ٢ في S الجديد مقسوم على \sqrt{n} حيث يساوي ٠,٨٥ , وب نفس الطريقة لحساب الخطأ للتأثير الجديد فكان = ٠,٨٥ , أيضا , اما الخطأ للتغير في المتوسط فيحسب بضرب ١,٧٨ في S الجديد مقسوم على \sqrt{n} والنتيجة = ٠,٧٦ , أما التأثيرات فتحسب من المعادلة (٢) حيث تأثير X_1 الذي يمثل (S) كما يلي :

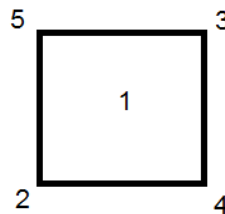
$$S = 1/2 (30.3 + 29-29.25 -28.95) = 0.55$$

اما تأثير X_2 الذي يمثل C يحسب:

$$C = 1/2 (30.3 + 28.95 - 29.25 - 29) = 0.5$$

وكذا التفاعل للعاملين = ٠,٨ نجد في هذه الدورة أن تأثيرات C و S اقل من حدود الخطأ لكل منهما وبالتالي لا يوجد تأثير حقيقي للعملية ولا يوجد تغيير في ظروف العملية , وبالتالي نبدأ الدورة الثالثة في الجدول (٤).

جدول (٢) حسابات $EVOPn = 1$

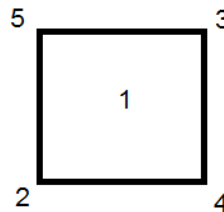


الدورة $n = 1$ Phase (1)

ظروف التشغيل	(١)	(٢)	(٣)	(٤)	(٥)	حساب الانحراف المعياري
مجموع الدورة السابقة (i)						
متوسط الدورة السابقة (ii)	٢٩,٥	٢٩,١	٢٩,٨	٢٩,٥	٢٩,٣	$S = \dots$

(iii) المشاهدات الجديدة						S = المتوسط السابق
(iv) [(ii) - (iii)] الفروق						S=R* f(k,n) الجديد
(v)[(i) + (iii)] المجموع الجديد						R =... المدى
(vi) $\bar{y}_i = \frac{v}{n}$ المتوسط الجديد						S =... المجموع الجديد
					$s = \frac{\text{الجديد المجموع}}{n-1}$ المتوسط الجديد	
حساب التأثيرات				حساب حدود الخطأ		
S تأثير = $\frac{1}{2}(\bar{y}_3 + \bar{y}_4 - \bar{y}_2 - \bar{y}_5) = 0.45$				المتوسط الجديد = $\frac{2}{\sqrt{n}} s = ..$		
C تأثير = $\frac{1}{2}(\bar{y}_3 + \bar{y}_5 - \bar{y}_2 - \bar{y}_4) = 0.25$				للتاثيرات الجديدة $\frac{2}{\sqrt{n}} s = ..$		
$C * S$ تفاعل = $\frac{1}{2}(\bar{y}_2 + \bar{y}_3 - \bar{y}_4 - \bar{y}_5) = .05$						
متوسط التغير في $\frac{1}{5}(\bar{y}_2 + \bar{y}_3 + \bar{y}_4 + \bar{y}_5 - 4 \bar{y}_1) = -.06$ التأثير				للتغير في المتوسط = $\frac{1.78}{\sqrt{n}} s = ...$		

جدول (٣) حسابات EVOPn = 2

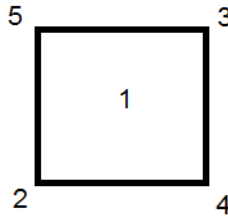


الدورة phase I n = 2

ظروف التشغيل	(١)	(٢)	(٣)	(٤)	(٥)	
(i) مجموع الدورة السابقة	٢٩,٥	٢٩,١	٢٩,٨	٢٩,٥	٢٩,٣	= المجموع السابق
(ii) متوسط الدورة السابقة	٢٩,٥	٢٩,١	٢٩,٨	٢٩,٥	٢٩,٣	= المتوسطات السابقة
(iii) المشاهدات الجديدة	٣٠	٢٩,٤	٣٠,٨	٢٨,٥	٢٨,٦	S=2*0.30=0.60 الجديد
(iv) [(ii) - (iii)] الفروق	-0.5	-0.3	-0.1	0.1	0.07	R= 2.0
+ (iii) [(v)] [(i)] المجموع الجديدة	٥٩,٥	٥٨,٥	٦٠,٦	٥٨	٥٧,٩	S= 0.60 المجموع الجديد
$\bar{y}_i = \frac{v}{n}$ المتوسطات الجديدة (vi) $\frac{v}{n}$	٢٩,٧٥	٢٩,٢٥	٣٠,٣	٢٩	٢٨,٩٥	$s = \frac{\text{المجموع الجديد}}{n-1}$ = المتوسطات الجديدة $\frac{0.60}{2-1} = 0.60$

تأثير $s_{10} = 0.55$	$\frac{2}{\sqrt{n}} s = \frac{2}{\sqrt{2}} 0.60 = 0.85$ للمتوسط الجديد
تأثير $s_3 = 0.5$	$\frac{2}{\sqrt{2}} 0.60 = 0.85$ للتأثير الجديد
$S^*c = 0.8$ تأثير التفاعل	
تغير في متوسط التأثير	$\frac{1.78}{\sqrt{2}} 0.60 = 0.76$ للتغيير من المتوسط

جدول (4) حسابات EVOP عند $n = 3$

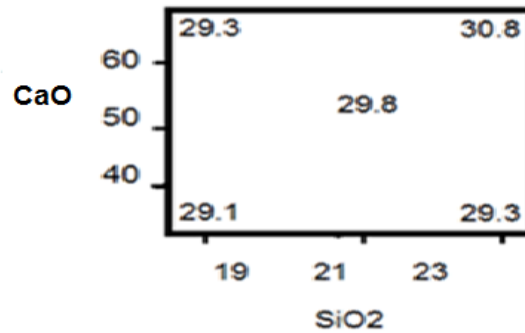


الدورة $n = 3$ Phase I

ظروف التشغيل	(١)	(٢)	(٣)	(٤)	(٥)	
مجموع الدورة السابقة (i)	٥٩,٥	٥٨,٥	٦٠,٦	٥٨	٥٧,٩	$S = 0.60$ المجموع القديم
متوسط الدورة السابقة (ii)	٢٩,٧٥	٢٩,٢٥	٣٠,٣	٢٩	٢٨,٩٥	$S = 0.60$ المتوسط القديم
المشاهدات الجديدة (iii)	٣٠	٢٩	٣١,٨	٢٩,٩	٣٠,٩	$S = 0.77$ الجديد
الفروق [(ii) - (iii)] (iv)	-0.25	٠,٢٥	-١,٥	-0.9	-١,٩٥	$R = 2.2$
المجاميع الجديدة [(i) + (iii)] (v)	89.5	87.5	92.4	87.9	87.9	$S = 1.37$ المجموع الجديد
المتوسطات الجديدة $\bar{y} = \frac{v}{n}$ (vi)	٢٩,٨	٢٩,١	٣٠,٨	٢٩,٣	٢٩,٣	$S = 0.68$ المتوسطات الجديدة
حساب حدود الخطأ						
$S_{\text{تأثير}} = 1.17$	$\frac{2}{\sqrt{3}} * 0.68 = 0.78$ للمتوسط الجديد					

$S = 0.78$ للتأثيرات الجديدة	$C = 0.85$ تأثير
$0.69 =$ للتغيير في المتوسط	$S * C = 0.69$ تأثير
	$-0.76 =$ التغيير في متوسط التأثير

النتائج في الدورة الثالثة مبينة في الجدول (٤) , تأثير العامل S و العامل C تزيد عن حدود الخطأ لهما ,نتوقف هنا والتغيير الذي حصل في ظروف العملية كان مقنع ومبرر,و من الممكن أن نبدأ دورة تطوّر جديدة حول النقطة (٣) باعتبارها مركز للدورة الجديدة ($C_3S = 60$) و ($SiO_2 = 23$) , يمكن الاستفادة من المعلومات المتحصلة من التغييرات التي أجريت على العملية في تطور العملية الانتاجية وتحقيق الامثلية.



شكل (٤) لوحة معلومات $EVOP$ – الدورة الثالثة

الاستنتاجات

- 1- عملية التطوير الطريقة المناسبة لدفع عملية الانتاج نحو الامثلية لتجنب حدوث الانحرافات فيها واتخاذ الاجراءات التصحيحية المبكرة مع ضمان عدم حدوث اي خلل في عملية التشغيل .
- 2- بينت عملية التطوير ان العينة التي تعطي افضل تقدير ل C_2S احد الاطوار الرئيسية للكلنكر كانت عند اوكسيد الكالسيوم ($CaO = 60$) وثاني اوكسيد السيليكون ($SiO_2 = 23$).
- 3- أدى تطبيق هذه العملية الى تحسين سير العملية الانتاجية وزيادة جودة المنتج من تحقيق وتطوير قوة مقاومة الانضغاط للاسمنت من خلال الطور C_2S كاحد الاطوار الاربعة الرئيسية المكونة للكلنكر.

التوصيات

من خلال ماتقدم نوصي بما يلي :

- 1- استخدام طريقة التطوير في جميع المراحل الانتاجية للحصول على الامثلية مبكرا من المراحل الاولى للتصنيع وبالتالي انتاج منتج مطابق للمواصفات.
- 2- استخدام اساليب الضبط الاحصائية في المصانع ووضع برامج تدريبية متخصصة في مجال الجودة يساهم في تحسين نوعية المنتج وتحقيق المنافسة المطلوبة في سوق الانتاج.

المصادر والمراجع

- 1) Montgomery, D.C. (1984), Design & Analysis of Experimental , Second Edition , John Wiley & Sons Inc.
- 2) Montgomery, D.C. (1997), Introduction to statistical quality control, Third edition, New York : John Wiley and Sons. INC .
- 3) Montgomery ,D.C.(1997), Design & Analysis of Experiments , 4th ed., John Wiley & Sons, New York.
- 4) Montgomery ,D.C. and Ranger, G.C. (1999), Applied statistics and probability for engineers, second edition, New York : John Wiley and Sons. INC.

- 5) Montgomery, D.C.(1999), experimental design for product and process design and development, The statistician No.48,Part2,PP.(159-170).
- 6) Myers ,R.& Montgomery ,D.C.(1995), Response Surface methodology: process and product optimization using designed experiment ,John Wiley & Sons.*INC*.
- 7) Noordin ,M.Y.& Abdullah .A. (2004), Application of response surface methodology in describing the performance of coated carbide tools when turning AISI 1045 steel ,Journal of Material Processing Technology,145.
- 8) Valerie .J. Boston& John. H. McColl,(2013),Design of experiments &ANOVA, Statistics Glossary,V1.1 ,STEPS.
- 9) Welch, w.& Tat- Kwan Yu. (1989) computer experiments for quality control by parameter design - IIQP research report - RR-(6-89).
- 10) Wrotham, A.W.&T.E. Smith (1960), Practical Statistics in Experimental Design – Dallas: Dallas Publishing House.
- 11) Yates,F. (1937),The Design and Analysis of Factorial Experiment Imperial Bureau of Soil Sciences. Tech. Comm. , 35.