المجلة العراقية للعلوم الاحصائية (17) 2010
عدد خاص بوقائع المؤتمر العلمي الثاني للرياضيات-الاحصاء والمعلوماتية
ص ص [239-260]

استخدام انحدار الحرف والإنتروبي العظمى العامة في تحليل التلوث لمعمل اسمنت كركوك

د.صفاء يونس الصفاوي* مزاحم محمد يحيى**

الملخص

تناول البحث توصيف نموذج اقتصادي للتلوث البيئي ممثلا بالنفايات الصلبه والإنبعاثات الغازية لمعمل اسمنت كركوك من خلال المتغيرات الداخلة في العملية الإنتاجية وهي الطاقة الكهربائية،النفط الأسود،التراب والأحجار الكلسية للمدة (1984-2006). نظرا لظهور مشكلة تعدد العلاقات الخطية التام بين المتغيرات التوضيحية للنموذج، فقد تم استخدام طريقتي انحدار الحرف والإنتروبي العظمى العامة، باعتبار أن الطريقة الأولى من الطرائق الشائعة في حل مشكلة تعدد العلاقات الخطية، والثانية باعتبارها من الطرائق الحديثة فضلا عن كونها أكثر مرونة في التعاطي مع هذه المشكلة. تم الاعتماد على مؤشرات عوامل تضخم التباين (Variance Inflation Factors) والدليل الشرطي (Condition Index) فضلا عن نسب التباين (Variance Proprtion) في عملية تشخيص مشكلة تعدد العلاقات الخطية. من خلال التحليل تم التوصل إلى أن تقديرات طريقة الإنتروبي لها أخطاء معيارية اقل، فضلا عن أنها متفقة مع المنطق، إذ تبين أن الأحجار لها الأثر الأكبر في التلوث بالنفايات الصلبه، وان متغيري النفط الأسود والطاقة الكهربائية (المتولدة من الوقود الاحفوري) يقفان في مقدمة المتغيرات المؤثرة في التلوث بالإنبعاثات الغازية.تم استخدام البرنامج الجاهز (SAS.9) في التحليل الاحصائي.

Using Ridge Regression & Generalized Maximum Entropy for the Aanalysis of the Environmental Pollution of Kirkuk Cement Factory

ABSTRACT:

This paper specifies econometric model for environmental pollution such as solid waste and gas emissions of Kirkuk cement factory for the

---

*أستاذ مساعد/ قسم الإحصاء والمعلوماتية/ كلية علوم الحاسبات والرياضيات

**مدرس مساعد/ قسم الإحصاء والمعلوماتية/ كلية علوم الحاسبات والرياضيات

تاريخ التسلم :2009/7/1 ———— تاريخ القبول : 6 /12 /2009

period (1984-2006) the variables used in the production process, which is electric power, black oil, clay and limestone. We used ridge regression and Generalized Maximum Entropy(GME) to solve the multicollinearity problem,because this problem is appeared between the variables of the model. The multicollinearity diagnostic is done by variance inflation factor,condition index and variance proportions. From the analysis, we obtained the GME as the best estimation with respect to standard error of the parameters and logic. The limestone has the largest influence in solid pollution and the black oil and electric power are the variables which affects gas emissions. The (SAS.9) is used in the statistical analysis.

المقدمة:-

تشكل مادة الاسمنت العنصر الرئيس في قطاع الإنشاءات والبناء، وتعود صناعة الاسمنت إلى مطلع القرن التاسع عشر، عندما قام العالم الإنكليزي جوزيف اسبدين في عام 1824 بحرق مزيج من الحجر الكلسي الناعم مع التراب، ليؤسس بذلك صناعة مادة الاسمنت.

تعتبر صناعة الاسمنت من الصناعات الكثيفة الاستهلاك للطاقة، فهي تستهلك الطاقة في عمليات تكسير وطحن المواد الأولية وفي حرق مزيج من الحجر الكلسي والتراب ضمن أفران خاصة وفي درجات حرارة عالية تصل إلى 1450 درجة مئوية، وينتج عن عملية الحرق ملوثات بيئية متنوعة مثل الغبار وغاز ثاني أوكسيد الكاربون الذي يعد الأكثر تأثيرا في البيئة فضلا عن غازات أخرى مثل اكاسيد الكبريت والنتروجين، كما تساهم عملية تكسير المواد الخام وطحنها في إنتاج كميات كبيرة من الأتربة تنبعث من المداخن مسببة تلوثا بيئيا كبيرا (الأمم المتحدة، 2005).

بدأ العمل في معمل اسمنت كركوك في عام 1984 بطاقة إنتاجية فعلية قدرها (1170248 طنا سنويا) وكانت الطاقة المستهلكة من الكهرباء (181.4 ألف ميكا واط) ومن النفط الأسود (152.1 مليون لتر)،وكانت كميات المواد الأولية الداخلة في العملية الإنتاجية (1657320 طن من الأحجار و 966770 طن من التراب)،بينما بلغت الطاقة الإنتاجية الفعلية في عام 2006 (439355 طنا سنويا) وكانت الطاقة المستهلكة من الكهرباء (68.1 ألف ميكا واط) ومن النفط الأسود (57.1 مليون لتر)،وكانت كميات المواد الأولية الداخلة في العملية الإنتاجية (478696 طنا من الأحجار و 279239 طن من التراب).وقد تباينت الطاقة الإنتاجية الفعلية للمعمل للمدة (1984-2006) بين الإنتاجية المتدنية إلى ما هو أعلى بقليل من الإنتاج الفعلي للعام 1984 دون أن يصل إلى الطاقة التصميمية للمعمل والبالغة (2000000 طن سنويا)، ويعود السبب في ذلك إلى تقادم الأجهزة والآلات والمعدات وعدم تحديثها بسب الظروف التي مر بها القطر فضلا عن

انخفاض كفاءة العاملين الفنية والهندسية بسبب ضعف التدريب(الطائي، 2007).مما انعكس سلبا على نظافة البيئة وتسبب في انبعاث الغازات والنفايات الصلبه بشكل اكبر مما هو مسموح به عالميا.

هدف البحث:-

يهدف البحث إلى قياس اثر عوامل الإنتاج لمعمل اسمنت كركوك في التلوث البيئي ممثلا بالنفايات الصلبه والانبعاثات الغازية للمدة (1984-2006).

1- الجانب النظري:-

1-1 التلوث:-

يعرف التلوّث بأنه كل تغير كمي أو كيفي في مكونات البيئة الحية وغير الحية لا تستطيع الأنظمة البيئية استيعابه من دون أن يختل توازنها (محمد، 2001)، كما وتعرف الملوثات بأنها أية مواد صلبه أو سائلة أو غازية وأية ميكروبات أو جزيئات تؤدي إلى زيادة أو نقصان في المجال الطبيعي لأي من المكونات البيئية (عوف، 2005).

2-1 أنواع التلوث البيئي:-

- تلوث الهواء.
- التلوث الضوضائي.
- التلوث المائي.
- تلوث التربة.
- التلوث الإشعاعي.
- التلوث الضوئي .
- التلوث البصري(التورنجي،2008).

يعد تلوث الهواء والتربة فضلا عن التلوث البصري والضوضائي هي حالات متنوعة من التلوث الناتج عن معمل اسمنت كركوك.فالانبعاثات الغازية الناتجة من عملية تكسير الحجر وطحن التراب والتصهير ومن ثم إنتاج الكلنكر وأخيرا الاسمنت، فضلا عن الطاقة المستهلكة في العملية الإنتاجية (الكهرباء والنفط الأسود) تساهم جميعا فيما يعرف بتلوث الهواء.أما تلوث التربة فينتج عن تجريف الأراضي للحصول على الأحجار والتراب مما يؤدي إلى تحويل هذه الأراضي

إلى وديان من الممكن أن تملأ بمياه الأمطار،الأمر الذي يساعد في أن تكون مرتعا للحشرات المسببة للكثير من الأمراض والتي تنقل إلى القرى المجاورة للمعمل.

يعد التلوث البصري احد أنواع التلوث الناتج عن معمل اسمنت كركوك، إذ ينشا من مرحلة إنتاج الكلنكر بعض القلويات التي لا تحترق، مما ينتج عنها نفايات صلبه تنقل خارج المعمل إلى المناطق المجاورة مسببة تشويه الصورة الجمالية للمنطقة (الطائي، 2007).أما التلوث الضوضائي، فهو على أنواع وأخطرها تعرض الفرد للضوضاء بصورة دائمة ومستمرة, مما يسبب ضعفا مستديما في السمع.

3-1 تعريف مشكلة تعدد العلاقات الخطية:-

تحدث مشكلة تعدد العلاقات الخطية (Collinearity or Multicollinearity) عندما تكون العلاقة بين المتغيرات التوضيحية في النموذج اقرب إلى التراكيب الخطية (Linear Combinations)، وتؤدي هذه المشكلة إلى الحصول على تقديرات غير مستقرة (Unstable) ولها أخطاء معيارية (Standard errors) كبيرة (كاظم، 2005).ولغرض معالجة مشكلة تعدد العلاقات الخطية، فانه يتطلب تحديد المتغير (أو المتغيرات) المسبب لهذه المشكلة.

4-1 تشخيص مشكلة تعدد العلاقات الخطية:-

لغرض تشخيص مشكلة تعدد العلاقات الخطية في نموذج يحتوي على متغيرين توضيحيين فأكثر، فانه يتطلب حساب الآتي (Belsley et al., 1980):-

a) عامل تضخم التباين (Variance Inflation Factor) (VIF):-

يقيس هذا العامل التضخم في التباين للمعلمات المقدرة لكل المتغيرات التوضيحية في النموذج، فإذا كانت ($VIF_J>10$ where $J=1,2,\dots,n$) فانه يدل على أن هناك مشكلة التعدد الخطي،وتستخدم الصيغة الآتية في إيجاد قيم (VIF_J):-

$$\mathbf{VIF} = \frac{1}{(1 - R_j^2)} \qquad j = 1,2,\dots,n \qquad \dots(1)$$

إذ أن:-

n :-عدد المتغيرات التوضيحية.

R_j^2 :-معامل التحديد (Coefficient of Determination) للمتغير التوضيحي x_j المستخرج من انحدار x_j على بقية المتغيرات التوضيحية في النموذج.

b) العدد الشرطي (Condition number):-

وتأخذ الصيغة الآتية:-

$$\phi = \sqrt{\frac{\lambda_{max}}{\lambda_{min}}} \qquad \ldots(2)$$

إذ أن (λ_{max}) الجذر المميز الأكبر وان (λ_{min}) الجذر المميز الأصغر للمصفوفة $(X^{/}X)$.

يستفاد من القيم الشرطية في تحديد درجة التعدد الخطي، فإذا كانت ($\phi > 100$) فهذا يعني وجود تعدد خطي عال، أما إذا كانت ($100 > \sqrt{\phi} \geq 30$) فهذا يعني أن التعدد الخطي بدرجة متوسطة.

c) الدليل الشرطي أو ما يسمى نسبة القيم المميزة (Condition Index or Eigenvalue Ratio):-

وتأخذ الصيغة الآتية:-

$$\phi_J = \sqrt{\frac{\lambda_{max}}{\lambda_j}} \qquad \ldots(3)$$

يستفاد من الدليل الشرطي في قياس درجة التعدد الخطي بالاعتماد على قيمة الجذر المميز j.

d) نسب التباين (Variance Proportion):-

تحلل نسب التباين التغير في ($Var(\hat{\beta})$) بالاعتماد على المصفوفة ($X^{/}X$) والتي يمكن كتابتها بالصيغة ($VD^2V^{/}$)،إذ أن V هي مصفوفة متعامدة (Orthogonal Matrix) أعمدتها المتجهات المميزة للمصفوفة ($X^{/}X$) وان D هي مصفوفة قطرية (Diagonal Matrix) قطرها الرئيس يمثل القيم المميزة ،وعليه فانه يمكن كتابة $Var(\hat{\beta})$ بالصيغة الآتية:

$$Var(\hat{\beta}) = \sigma^2 (X^{/}X)^{-1} = \sigma^2 VD^{-2}V^{/} \quad \ldots(4)$$

أو لكل مكون من مكونات $Var(\hat{\beta})$ بالصيغة الآتية:-

$$p_{ji} = \frac{\sigma^2 v_{ij}^2 / \lambda_j}{Var(\hat{\beta}_i)} \quad \ldots(5)$$

إذ أن v_{ij} العنصر i من قيم الجذور المميزة j في المصفوفة $(X^/X)$ والتي تساوي $(VD^2V^/)$.

σ^2:- تباين الخطأ.

يستفاد من نسب التباين في التعرف على أي من الـ $(\hat{\beta}_i)$ تأثرت بالـ (λ_i)(لمزيد من التفاصيل راجع (Interiligator,Bodkin&Haiso,1996).

5-1 انحدار الحرف (Ridge Regression):-

تستخدم طريقة المربعات الصغرى الاعتيادية (Ordinary Least Squares) (OLS) في تقدير نموذج الانحدار الخطي المتعدد الآتي:-

$$\hat{Y} = Xb + e \quad \ldots(6)$$

إذ أن:-

$\hat{Y}$:- متجه مشاهدات متغير الاستجابة المقدرة،أبعاده (Nx1).

X :-مصفوفة مشاهدات المتغيرات التوضيحية ذات أبعاد (NxK).

e :-متجه البواقي العشوائية، أبعاده (Nx1) ،بافتراض أن E(e)=0 و $Var(e)=I\sigma^2$.

b :-متجه المعلمات غير المعلومة، أبعاده (Kx1)،ولغرض تقديرها يتم استخدام طريقة (OLS) وحسب الصيغة الآتية:-

$$\hat{b} = (X^/X)^{-1}X^/Y \quad \ldots(7)$$

في حالة وجود مشكلة تعدد العلاقات الخطية فان مقدرات معلمات النموذج الخطي $(\hat{b})$ وتباينه سيكونان غير ممثلين للظاهرة المدروسة، مما يتطلب المعالجة باستخدام إحدى طرائق معالجة مشكلة تعدد العلاقات الخطية، والتي إحداها طريقة انحدار الحرف.

تتلخص طريقة انحدار الحرف بإضافة عدد موجب صغير إلى القطر الرئيس لمصفوفة $(X^/X)$، إذ تعمل هذه القيمة الموجبة على تقليل تباين المعلمات المقدرة، ولكن على حساب إدخال بعض التحيز (bias)(كاظم، 2005)، إلا أن متوسط مربعات الخطأ(Mean Square

Error) لمقدرات انحدار الحرف اقل من متوسط مربعات الخطأ لطريقة المربعات الصغرى الاعتيادية.

إن الصيغة العامة لمقدرات انحدار الحرف هي:-

$$\hat{\mathbf{b}}_{\mathbf{k}} = (\mathbf{X}^{/}\mathbf{X} + \mathbf{kI})^{-1}\mathbf{X}^{/}\mathbf{Y} \qquad \ldots(8)$$

إذ أن I مصفوفة الوحدة (Identity matrix) وان $0 \le k \le 1$ ،فعندما تكون قيمة k=0 فان مقدرات $\hat{\mathbf{b}}$ ستؤول إلى مقدرات طريقة (OLS).

يلاحظ من المعادلة (8) أن قيمة k تضاف إلى القطر الرئيس في مصفوفة المعلومات ($\mathbf{X}^{/}\mathbf{X}$)،ولغرض اختيار قيمة k فهناك عدة طرائق ومنها الطريقة التكرارية (Iterative Method) التي تم اعتمادها في هذا البحث،وبموجبها يتم تحديد القيمة الابتدائية لـ k باستخدام الصيغة الآتية (Chattefuee,S.&Hadi,A.,2006):-

$$\mathbf{k_1} = \frac{\mathbf{p}\hat{\sigma}^{2}\mathbf{(0)}}{\sum_{\mathbf{j=1}}^{\mathbf{p}} [\hat{\theta}_{\mathbf{j}}(\mathbf{k_0})]^{2}} \qquad \ldots(9)$$

إذ أن:-

p :-عدد المتغيرات التوضيحية في النموذج.

$\hat{\sigma}^{2}\mathbf{(0)}$:-تباين الخطأ لطريقة (OLS).

$\hat{\theta}_{\mathbf{j}}(\mathbf{k_0})$:-المعلمات المقدرة للنموذج بطريقة (OLS).

وتستخدم الصيغة (9) في حساب k_2 وحسب الصيغة الآتية:-

$$\mathbf{k_2} = \frac{\mathbf{p}\hat{\sigma}^{2}\mathbf{(0)}}{\sum_{\mathbf{j=1}}^{\mathbf{p}} [\hat{\theta}_{\mathbf{j}}(\mathbf{k_1})]^{2}} \qquad \ldots(10)$$

وبتكرار هذه العملية لغاية الوصول إلى ثبات المعلمات المقدرة،فإذا استقرت المعلمات المقدرة على الرغم من اختلاف قيم k فضلا عن أن قيمة عوامل تضخم التباين كانت قريبة من الواحد،عند ذاك يتم اعتماد قيمة k عند نقطة الاستقرار (Freund&Wilson,1998).

6-1 طريقة الإنتروبي العظمى العامة(Generalized Maximum Entropy)(GME):

تعد طريقة (GME) تعميما لمقياس الإنتروبي المقدم من قبل شانون، وكذلك تعميم لمبادئ الإنتروبي العظمى المطورة من قبل (Jaynes 1957)، كما أنها طريقة بديلة لطريقة (OLS) لتقدير معلمات النموذج الخطي العام في حالة وجود مشكلة تعدد العلاقات الخطية، القيم الشاردة (Outliers)، عدد المعلمات المراد تقديرها أكثر من عدد المشاهدات، كما أنها اقل تحسسا تجاه الاضطرابات (noices) في المشاهدات الفردية لمتغيرات النموذج، لذا فهي حصينة (robustness) تجاه محدودية البيانات أو عدم اكتمالها جزئيا.

تعمل طريقة (GME) على توليد توزيع لكل معلمة من معلمات نموذج الانحدار بالاعتماد على نقاط الدعم (Support Points) المعرفة من قبل الباحث، وان متوسط المجتمع لكل توزيع سوف يستخدم لتقدير المعلمات، هذه التقديرات تميل إلى التحيز، إلا أنها اقل تباينا من نظرائها باستخدام طريقة (OLS).

لغرض توضيح هذه الطريقة، لنفرض أنه لدينا النموذج الخطي العام الآتي(Eruygur,2005):-

$$y=XB+e \qquad \ldots(11)$$

إن طريقة (GME) تستند الى إعادة صياغة (re-formulation) النموذج الخطي العـام من خلال إعادة كتابة المعلمات (re-parameterization) غير المعلومة والأخطاء غير المعلومة على شكل صيغة احتمالية، إذ سيتم تعيين مجموعة من نقاط الدعم لكل من المعلمـات والأخطـاء غير المعلومة باستخدام الإنتروبي العظمى لتقدير الاحتمالية غير المعلومة مستندة في ذلـك إلـى نقاط الدعم (يمكن أن تكون نقاط الدعم عبارة عن معلومات مسبقة (priori Information)).

لغرض تقدير معلمات الانحدار باستخدام مبادئ الإنتروبي العظمى، فانه يتطلب كتابة المعلمـات بالصيغة الاحتمالية.

إذا كانت (Z_{km}) تمثل نقاط الدعم، وان P_{km} تمثل الاحتمالية، فانه يمكن كتابة المعلمـات بالصيغة الاحتمالية وبالشكل الآتي():-

$$\beta_k = \sum_{m=1}^{M} Z_{km} P_{km} \quad \text{for } k = 1,2,\ldots,K \quad \text{where } M \geq 2 \qquad \ldots(12)$$

كما يمكن كتابة المعلمات بالصيغة الاحتمالية على شكل مصفوفة وكالاتي:-

$$\beta = ZP = \begin{bmatrix} z_1^{/} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & z_2^{/} & \dots & 0 \\ . & . & . & \\ . & . & . & \\ . & . & & . \\ 0 & 0 & \dots & z_k^{/} \end{bmatrix} . \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ . \\ . \\ . \\ p_k \end{bmatrix} \quad \dots(13)$$

إذ أن (β) متجه المعلمات غير المعلومة، وان (Z) مصفوفة قطرية تمثل نقـاط الـدعم أبعادها (KxKM)، وان (P) متجه الاحتمالية غير المعلومة أو الأوزان المرتبطة بنقاط الـدعم. وان($\mathbf{P_k^{/}}$) هو M من متجهات الاحتمالية، أي أن $\mathbf{P_K^{/}} = [\mathbf{p_{k1}, p_{k2}, ..., p_{kM}}]$، وان $\mathbf{Z_k^{/}}$ هو M من متجهات نقاط الدعم،أي أن $\mathbf{Z_K^{/}} = [\mathbf{z_{k1}, z_{k2}, ..., z_{kM}}]$.

يلاحظ مما سبق أن تطبيق صيغة الإنتروبي العظمى يتطلب من الباحث مجموعة من نقاط الدعم مستندة الى معلومات مسبقة عن قيمة المعلمات المطلوب تقديرها، إلا انه في معظم الأحيان، فان الباحث لا يمكنه معرفة نوع الإشارة (sign) وقيمة المعلمة، لذا يتطلب تحديد نقاط الدعم بحيث تكون متماثلة حول الصفر فضلا عن أنها تنتهي بقيم كبيرة فمثلا إذا كانت M=5 فان $\mathbf{Z_K^{/}} = [\mathbf{-C, -C/2, 0, C/2, C}]$، إذ أن C قيمة عددية (Scalar).

بنفس الطريقة، يمكن تحويل الأخطـاء غيـر المعلومـة إلـى الـصيغة الاحتماليـة وبالـشكل الآتي(Eruygur,2005):-

$$\mathbf{e_i = \sum_{j=1}^{J} v_{ij} w_{ij} \quad for\ i = 1,2,...,n \ \ where\ \ j \ge 2} \qquad \dots(14)$$

لغرض تحويل الأخطاء غير المعلومة إلى الصيغة الاحتماليـة، فقـد افتـرض كـولان (Golan et al., 1996) أن الأخطاء تقع بين الصفر والواحد [0,1] من خلال مجموعة من نقاط الدعم المتقطعـة $\mathbf{V_i^{/} = [v_{i1}, v_{i2}, ..., v_{ij}]}$ والتـي تتـوزع توزيعـا منتظمـا (Uniform Distribution) حـول الـصفر ويقابـل نقـاط الـدعم هـذه، الاحتماليـة غيـر المعلومـة ($\mathbf{W_i = [w_{i1}, w_{i2}, ..., w_{ij}]^{/}}$ where $\mathbf{j \ge 2}$).

يمكن كتابة المعادلة (14) بصيغة المصفوفات وكالاتي:-

$$e = VW = \begin{bmatrix} v_1^{/} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & v_2^{/} & \dots & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot\cdot \\ 0 & 0 & & v_N^{/} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_N \end{bmatrix} \quad \dots(15)$$

إذ أن (e) متجه الأخطاء العشوائية أبعاده (Nx1)، (V) مصفوفة نقـاط الـدعم أبعادهـا (NxNJ)، وان (W) متجه الاحتمالية غير المعلومة أو الأوزان المرتبطة بنقاط الدعم (V).

إن عملية وضع حدود على نقاط الدعم للأخطاء يعد من المسائل الصعبة في التطبيق.عليه فقد اقترح (كولان) مجموعة من نقاط الدعم لكل خطأ (عندما ($J \geq 2$))، والتي يجب أن تكـون متماثلة حول الصفر وان تكون الأخطاء غير المعلومة محـددة، فمـثلا إذا كانـت (j=5) فـان $V_i^{/} = (-3\sigma_y, -1.5\sigma_y, 0, 1.5\sigma_y, 3\sigma_y)$، إذ أن ($\sigma$) تمثـل الانحـراف المعيـاري (standard deviation) لـ (e)،ولغرض التطبيق فانه يتطلب تقدير قيمة (σ) من العينة.

يمكن إعادة كتابة النموذج العام (6) بالصيغة الاحتمالية وبالشكل الآتي(Eruygur,2005):-

$$y = XZp + Vw \quad \dots(16)$$

إذ أن:-

y,X,Z,V معلومة،وان هدفنا هو تقدير المتجهين p,w باستخدام انتروبي شانون لغرض تعظـيم الدالة ($H(P,W) = -p.\ln p - w \ln w$) وفقا للمعادلات الآتية:-

$$\left.\begin{aligned} y &= XZp + Vw \\ 1_K &= (I_K \otimes 1_M^{/})p \\ 1_T &= (I_T \otimes 1_J^{/})w \end{aligned}\right\} \quad \dots(17)$$

إذ أن:-

$1_J, 1_M, 1_T, 1_K$:- متجهات عناصرها الواحد الصحيح أبعادها M، T، k و Jعلى الترتيب.

$\otimes$:-مضروب كرونيكر(Kronecker product).

I_k, I_T:-مصفوفات أحادية (Identity matrix).

يمكن الوصول إلى حل للمعادلات (17) باسـتخدام طريقـة لاكـرانج (Lagrangeian method) التي تأخذ الصيغة الآتية:-

$$\xi = H(p,w) + \lambda^{/-}[y - XZp - Vw] + \theta^{/}[1_k - (I_k \otimes 1_M^{/})p] + T^{/}[1_T - (I_T - (I_T - (I_T \otimes 1_J^{/})w] \quad \ldots(18)$$

إذ أن كلا من λ,θ,T هي عبارة عن متجهات مضروب لاكرانج (Lagrangian multipliers) أبعادها $(T\times 1, K\times 1, T\times 1)$ على الترتيب.

وبأخذ المشتقة الجزئية للمعادلة (18) بالنسبة لكل من (p,λ,θ,T) ومساواتها بالصفر وفقا لشروط الامثلية (لمزيد من التفاصيل انظر Wu,2009) نحصل على :-

$$\hat{p}_{km} = \frac{\exp(z_{km}X_k^{/}\hat{\lambda})}{\Omega_k(\hat{\lambda})} \quad \ldots(19)$$

$$\hat{w}_{tj} = \frac{\exp(v_{tj}\hat{\lambda})}{\Psi_t(\hat{\lambda})} \quad \ldots(20)$$

إذ أن:-

$$\Omega_k(\hat{\lambda}) = \sum_{m=1}^{M}\exp(z_{km}X_k^{/}\hat{\lambda})$$ وان $$\Psi_t(\hat{\lambda}) = \sum_{j=1}^{J}\exp(v_{tj}\hat{\lambda})$$

وعليه يمكن الوصول إلى مقدرات طريقة الانتروبي العظمى العامة وذلك بالضرب المسبق للمعادلة (16) بـ $(X^{/})$ نحصل على:-

$$X^{/}y = X^{/}XZp + X^{/}Vw \quad \ldots(21)$$

وبالتعويض عن (p,w) بمقدراتها $(\hat{p},\hat{w})$ نحصل على :-

$$X^{/}y = X^{/}XZ\hat{p} + X^{/}V\hat{w} = X^{/}X\hat{\beta} + X^{/}\hat{e} \quad \ldots(22)$$

وان مقدرات طريقة الإنتروبي العظمى العامة يمكن تقديرها بوساطة الصيغة الآتية:-

$$\hat{\beta}_{GME} = (X^{/}X)^{-1}X^{/}y - (X^{/}X)^{-1}X^{/}\hat{e} = (X^{/}X)^{-1}X^{/}(y - \hat{e}) \quad \ldots(23)$$

2- الجانب العملي:-

تم في هذا البحث بناء نموذج قياسي للمتغيرات المؤثرة في التلوث البيئي (النفايات الصلبه والإنبعاثات الغازية) الناتجة من العملية الإنتاجية لإنتاج الاسمنت في معمل كركوك للمدة

من(1984-2006)، إذ أن إنتاج الاسمنت يتطلب مجموعة من المراحل، وان كلا منها يساهم في تلوث البيئة.

يتكون الاسمنت من مادتي الحجر والتراب، إذ يبدأ إنتاج الاسمنت بمرحلة تكسير الحجر وطحن التراب ومن ثم المزج لهذه المكونات وصهرها، وبعدها يتم إنتاج الكلنكر(وهي قطع سوداء صغيرة الحجم تنتج من تعريض المادة المنصهرة من درجة حرارة 1400^0 م إلى حدود 400^0 م)، الذي يتم طحنه فيما بعد ليصبح مادة الاسمنت.

إن كل مرحلة من مراحل إنتاج الاسمنت تساهم في إحداث التلوث بالنفايات الصلبه والانبعاثات الغازية، فالتلوث بالنفايات الصلبه، هي بعض القلويات الناتجة من عدم الاحتراق الكامل للأحجار والأتربة التي تدخل في عملية إنتاج الكلنكر.أما الانبعاثات الغازية فتبدأ من مرحلة إنتاج الطاقة الكهربائية المستهلكة في معمل الاسمنت، فهذه الطاقة تنتج من الوقود الأحفوري(وهو وقود يتم استعماله لإنتاج الطاقة الكهربائية ويستخرج من المواد الأحفورية كالفحم الحجري، الفحم النفطي الأسود،الغاز الطبيعي) الذي يعدّ من العوامل الرئيسة لتلوث الهواء.فضلا عن الطاقة الكهربائية هناك النفط الأسود الذي يستخدم في معظم مراحل الإنتاج وبالأخص منها مرحلة صهر المواد الأولية (الحجر والتراب)، كما أن مرحلة تكسير الحجر وطحن التراب، فضلا عن طحن الكلنكر تساهم جميعا في الانبعاثات الغازية.

مما سبق يمكن تكوين معادلتين، الأولى تعبر عن النفايات الصلبه، والثانية تعبر عن الإنبعاثات الغازية وكالاتي:-

$$\hat{Y}_1 = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_4X_4 \qquad \ldots(24)$$

$$\hat{Y}_2 = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4 \qquad \ldots(25)$$

إذ أن:-

$\hat{Y}_2 , \hat{Y}_1$:- القيم التقديرية لمتجهي مشاهدات النفايات الصلبه والإنبعاثات الغازية على الترتيب.

X_1 :الطاقة الكهربائية ، X_2 النفط الأسود ،X_3 الأحجار،X_4 التراب.

$(a_0\text{-}a_4)$، $(b_0\text{-}b_4)$:- المعلمات المطلوب تقديرها.

<u>2-1 الكشف عن مشكلة تعدد العلاقات الخطية:-</u>

يلاحظ من الاجدول (1) عدم معنوية المعلمات المقدرة لمعادلتي النفايات الصلبه والإنبعاثات الغازية لمتغيرات كل من النفط والكهرباء والأحجار (تم استبعاد التراب من التحليل بسبب التعدد الخطي التام بين المتغيرين التراب والأحجار)، فضلا عن أن عوامل تضخم التباين

تبدو مرتفعة جدا ولجميع المتغيرات، إذ بلغت (30.1،15580،15812) لكل من (الكهرباء،النفط ،الأحجار) على الترتيب، ومن الالجدول (2) يلاحظ أن قيمة معامل التحديد (R^2) بلغت (100%) للمعادلة الأولى و (35.88%) للمعادلة الثانية.

الجدول (1):تقدير معادلتي النفايات الصلبه والإنبعاثات الغازية باستخدام طريقة المربعات الصغرى الاعتيادية

Model	Variables	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > |t|	VIF
$\hat{Y}_1$	Intercept	B(8)	-0.36089	0.10793	-3.34	0.0034	
	X_1	B	0.09114	0.11318	0.81	0.4306	15812
	X_2	B	-0.11413	0.13383	-0.85	0.4044	15580
	X_3	B	0.03750	6.21041E-7	60383.1	<.0001	30.1
	X_4		.	.	.	.	.
$\hat{Y}_2$	Intercept	B	1678.58	111.013	15.12	<.0001	0.0
	X1	B	-67.68	116.414	-0.58	0.5678	15812
	X2	B	73.12	137.656	0.53	0.6014	15580
	X3	B	0.00043	0.00063	0.68	0.5073	30.1
	X4	0	0.00	.	.	.	.

(*) (B) تعني أن التقديرات متحيزة. تعذر تقدير معلمات النموذج لكون العلاقة بين المتغيرين (x_3,x_4)علاقة خطية تامة،لذا تم حذف المتغير (x_4) من التحليل لنتمكن من تقدير المعلمات.

الجدول (2):تحليل التباين ومعامل التحديد

Source		DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
$\hat{Y}_1$	Model	3	10280567424	3426855808	3.66E10	<.0001

	Error	19	1.77969	0.09367		
	Corrected Total	22	10280567426	Root MSE 0.30605 R-Square 1.0000 Adj R-Sq 1.0000		
$\hat{Y}_2$	Model	3	1053463	351154	3.54	0.0343
	Error	19	1882807	99095		
	Corrected Total	22	2936270	Root MSE 314.79374 R-Square 0.3588 Adj R-Sq 0.2575		

يلاحظ من الجدول (3) ولكلتا المعادلتين،أن القيمة الأخيرة للجذور المميزة صغيرة جدا وقد بلغت (1E-12)، وقد اقترنت هذه القيمة بالدليل الشرطي المقابل لها والبالغة (2154216)، كما أن القيمة الأخرى للجذور المميزة والتي كانت قريبة من الصفر هي (0.00001219) وقد اقترنت بالدليل الشرطي المقابل لها والبالغة (616.975)، وهذه القيم تعكس الاعتماد المتبادل بين المتغيرات التوضيحية.

الجدول (3):الجذور المميزة والدليل الشرطي

Collinearity Diagnostics			
variables	Number	Eigenvalue	Condition Index
$\hat{Y}_1$	1	4.64065	1.00000
	2	0.34554	3.66473
	3	0.01380	18.33613
	4	0.00001219	616.975
	5	1E-12	2154216
$\hat{Y}_2$	1	4.64065	1.00000
	2	0.34554	3.66473
	3	0.01380	18.33613
	4	0.00001219	616.975
	5	1E-12	2154216

لغرض تحديد أي من المتغيرات التوضيحية المسببة لمشكلة التعدد الخطي فيستفاد من نسب تحلل التباين،إذ يلاحظ من الالجدول (4) بان المتغيرين (x_4,x_3) لهما نسب تباين مساوية للواحد مقترنة بالقيمة المميزة (1E-12) والدليل الشرطي (2154216) (اكبر من 30)،مما يعني أن العلاقة بين المتغيرين (x_4,x_3) علاقة خطية تامة،كما أن هناك علاقة خطية شبه تامة بين المتغيرين (x_2,x_1)،إذ بلغت نسب التباين لهذين المتغيرين(0.99807 ,0.99812) وبالقيمة المميزة

(0.00001219) وبدليل شرطي (616.975)،عليه يمكن القول أن المتغيرات الأربعة هي المسببة لمشكلة تعدد العلاقات الخطية.

الجدول (4)

نسب تحال التباين

Variables	Number	Intercept	X_1	X_2	X_3	X_4
$\hat{Y}_1$	1	0.01126	0.0000011	0.00000113	9.0853E-14	9.0853E-14
	2	0.83431	0.0000017	0.00000180	3.0905E-13	3.0905E-13
	3	0.11235	0.0004513	0.00047257	3.4165E-11	3.4165E-11
	4	0.02056	0.99807	0.99812	1.0400E-12	1.0527E-12
	5	0.02152	0.00148	0.00140	1.00000	1.00000
$\hat{Y}_2$	1	0.01126	0.0000011	0.00000113	9.0853E-14	9.0853E-14
	2	0.83431	0.0000017	0.00000180	3.0905E-13	3.0905E-13
	3	0.11235	0.0004513	0.00047257	3.4165E-11	3.4165E-11
	4	0.02056	0.99807	0.99812	1.0400E-12	1.0527E-12
	5	0.02152	0.00148	0.00140	1.00000	1.00000

2-2 استخدام طريقة انحدار الحرف في تقدير معادلتي النفايات الصلبه و الإنبعاثات الغازية:-

لغرض معالجة مشكلة تعدد العلاقات الخطية، تم اللجوء إلى طريقة انحدار الحرف في تقدير معلمات معادلة التلوث بالنفايات الصلبه والإنبعاثات الغازية.

تعتمد طريقة انحدار الحرف على اختيار قيمة (k)، والتي تعمل على ثبات المعلمات التقديرية للنموذج فضلا عن تقليل عوامل تضخم التباين لهذه المعلمات لقيم قريبة من الواحد.عليه تم استخدام الطريقة التكرارية في استخراج (10) قيم من قيم k بمقدار زيادة قدرها (0.01)، (أي أن ($0 \le k \le 0.1$)) ومقابل كل قيمة من قيم (k) تم إيجاد الانحراف المعياري للمعلمات المقدرة وقيم (t) فضلا عن (VIF) وكما موضح ذلك في الالجدول (5) ،كما تم رسم المعلمات المقدرة للمتغيرات التوضيحية مجتمعة مقابل قيم (K) ورسم قيم (VIF) وكما موضح ذلك في الأشكال (1-4).

من الشكلين (1) و (3) اللذين يمثلان المعلمات المقدرة لمعادلتي النفايات الصلبه والإنبعاثات الغازية عند كل قيمة من قيم (K)، يلاحظ عدم الاستقرار للمعلمات المقدرة عندما (K=0) (تمثل المعلمات المقدرة بطريقة (OLS))، وبعدها تتحرك المعلمات المقدرة نحو الاستقرار بدء" من (K=0.01) ، مما يدل على أن العلاقة بين المتغيرات التوضيحية تقترب من التعامد ما بعد (0.01) ويعزز هذا الاستنتاج أن قيم (VIF) تنخفض بشكل كبير وتقترب من الواحد عندما (K=0.06) للمتغيرين ($\hat{Y}_2, \hat{Y}_1$) وكما موضح ذلك في الشكلين (2) و (4) ،عليه سيتم اختيار هاتين القيمتين باعتبارهما القيمتين المثلتين.

من الالجدول (5) يلاحظ أن المعلمات المقدرة للمعادلة الأولى معنوية تحت مستوى (1%) كما أنها متفقة مع المنطق.أما المعلمات المقدرة للمعادلة الثانية فيلاحظ أنها غير معنوية، فضلا عن أنها غير متفقة مع المنطق، ذلك أن زيادة وحدة واحدة من الطاقة الكهربائية يؤدي إلى انخفاض بالإنبعاثات الغازية بمقدار (1.54) وحدة،وان زيادة وحدة واحدة من النفط الأسود،يؤدي إلى انخفاض بالإنبعاثات الغازية بمقدار (1.76) .كما يلاحظ أيضا أن المعلمات المقدرة للمتغيرين (x_4,x_3) مساوية للصفر.

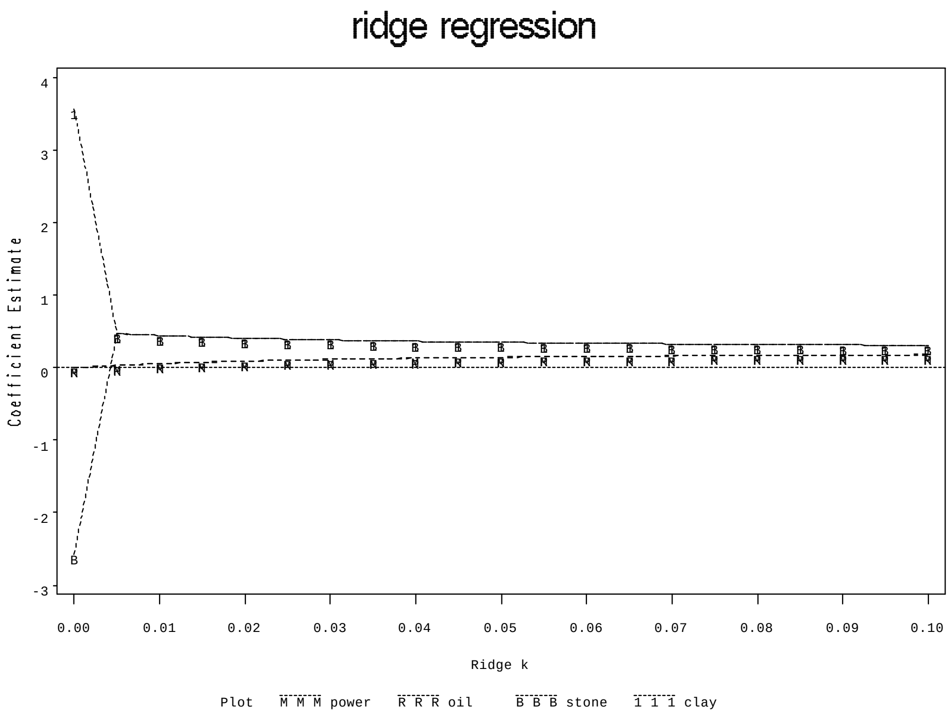
الجدول (5):التقديرات بطريقة انحدار الحرف

Model	Variables	K	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > |t|	VIF
$\hat{Y}_1$	Intercept	0.6	-298.799	478.755	-0.624	0.01	-
	X_1		46.42	4.31	10.77	0.01	1.02
	X_2		54.80	5.21	10.51	0.01	1.05
	X_3		0.01266	0.00054	23.44	0.01	1.03
	X_4		0.02170	0.00093	23.33	0.01	1.03
$\hat{Y}_2$	Intercept	0.6	1645.84	108.28	15.2	0.01	-
	X1		-1.54	0.97	-1.58	*	1.02
	X2		-1.76	1.18	-1.49	*	1.05
	X3		0.00	0.00	0.00	*	1.03
	X4		0.00	0.00	0.00	*	1.03

(*) المعلمات غير معنوية تحت مستوى (5%).

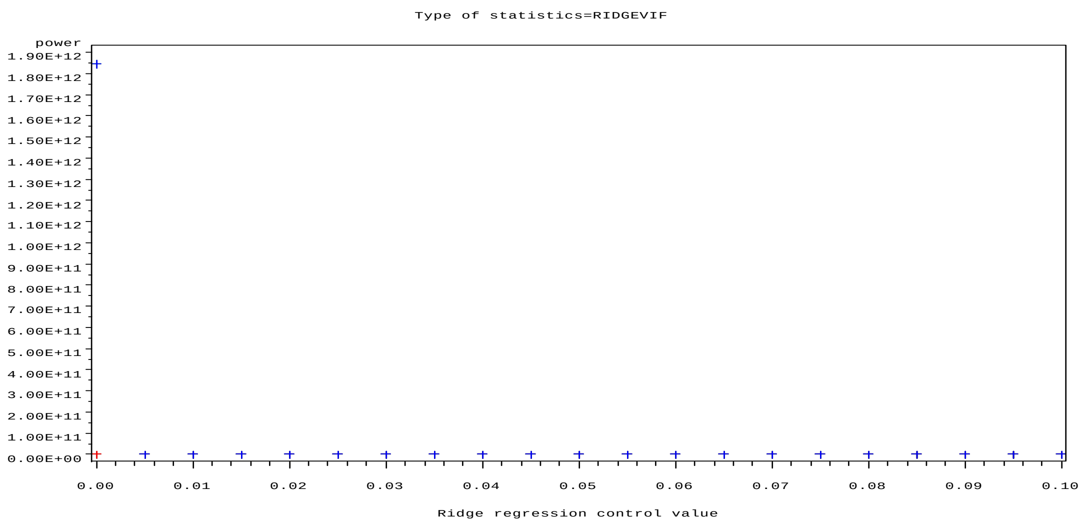
الشكل (1)

اثر استخدام انحدار الحرف في المعلمات المقدرة لمعادلة التلوث بالنفايات الصلبه



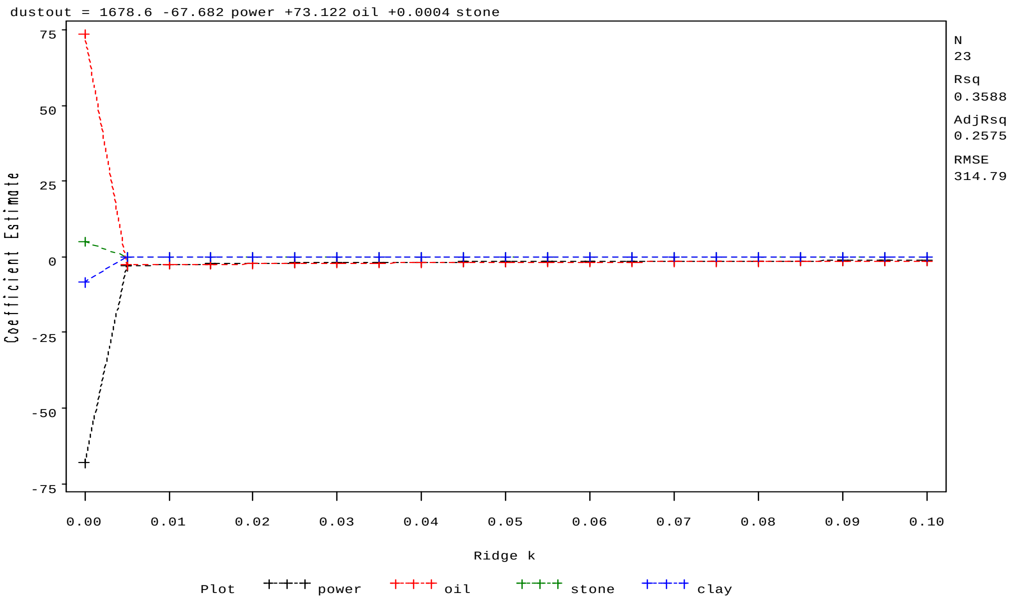
الشكل (2)

اثر استخدام انحدار الحرف في تصغير عوامل تضخم التباين للمتغيرات التوضيحية لمعادلة التلوث بالنفايات الصلبه

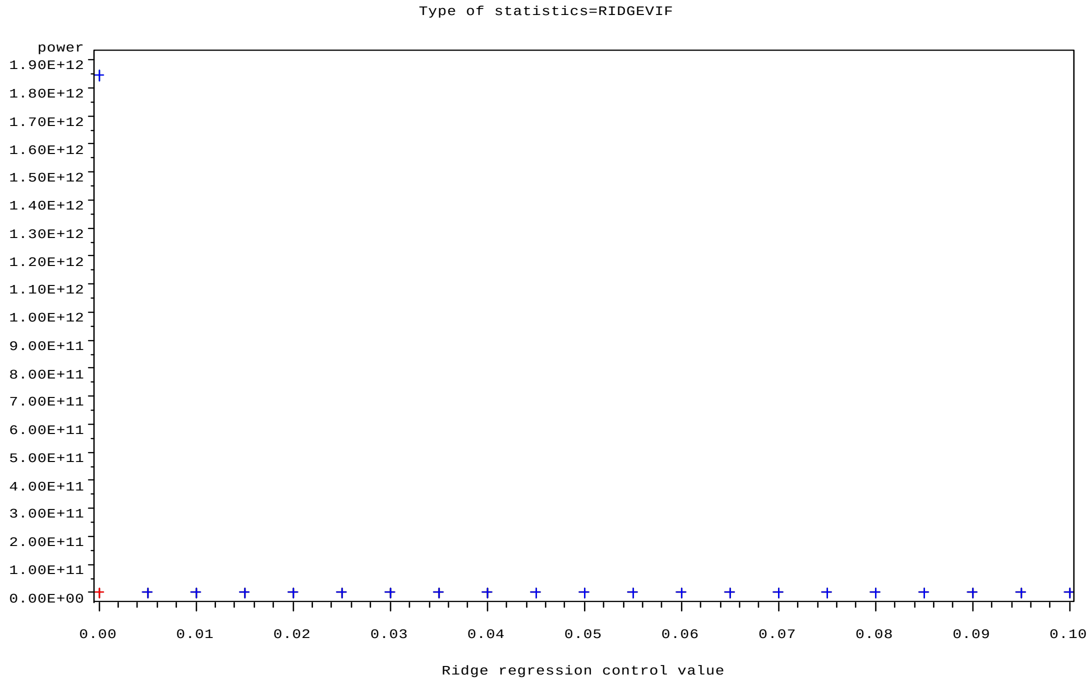


الشكل (3)

اثر استخدام انحدار الحرف في المعلمات المقدرة لمعادلة التلوث بالإنبعاثات الغازية



الشكل (4):اثر استخدام انحدار الحرف في تصغير عوامل تضخم التباين للمتغيرات التوضيحية لمعادلة التلوث بالإنبعاثات الغازية



3-2 استخدام طريقة الانتروبي العظمى العامة في تقدير معادلتي النفايات الصلبه و الإنبعاثات الغازية:-

مما تقدم يتضح عدم إمكانية الوصول إلى تمثيل حقيقي لمعادلة التلوث بالإنبعاثات الغازية باستخدام طريقتي انحدار الحرف والمربعات الصغرى الاعتيادية،عليه تم استخدام طريقة الإنتروبي العظمى العامة في أيجاد التقديرات لكلتا المعادلتين،وكما موضح ذلك في الالجدول (6).
من الالجدول (6) يلاحظ أن المعلمات معنوية تحت مستوى (0.01) فضلا عن أنها متفقـة مـع المنطق ولكلتا المعادلتين ،إذ ظهـر أن زيـادة وحـدة واحـدة مـن الطاقـة الكهربائيـة،النفط الأسود،الأحجار والتراب يؤدي إلى زيادة في التلـوث بالنفايـات الـصلبه بمقـدار (0.0003) ، (0.000365) ، (0.033202) و (3.51E-12) على الترتيب.
أما المعادلة الثانية، فتبين أن زيادة وحدة واحدة من الطاقة الكهربائية، النفط الأسـود، الأحجـار والتراب تؤدي إلى زيادة في التلوث بالإنبعاثات الغازية بمقـدار (4.189) ،(4.71)، (1.03E-6) و (5.54E-14) على الترتيب.

الجدول (6):التقديرات بطريقة الإنتروبي العظمى العامة

		Variable	Estimate	Std Err	t Value	Approx Pr > |t|
Entropy (7.812875)	$\hat{Y}_1$	Intercept	7.05E-6	1.93E-7	36.52	0.01
		X_1	0.0003	8.24E-6	36.40	0.01
		X2	0.000365	0.000010	36.5	0.01
		X3	0.033202	0.000754	44.05	0.01
		X4	3.51E-12	9.65E-14	36.37	0.01
Entropy (8.04708)	$\hat{Y}_2$	Intercept	1.268	0.3027	4.189	0.01
		X1	4.189	1.001	4.184	0.01
		X2	4.71	1.12	4.205	0.01
		X3	1.03E-6	2.47E-7	4.290	0.01
		X4	5.54E-14	1.32E-14	4.196	0.01

الاستنتاجات:-

إن من أهم الاستنتاجات التي تم التوصل إليها:-

1. أظهرت نتائج التحليل تفوق طريقة الإنتروبي العظمى العامة في تمثيل الظاهرة قيد الدرس على طريقتي انحدار الحرف والمربعات الصغرى الاعتيادية من ناحيتي الانحراف المعياري للمعلمات المقدرة فضلا عن الإشارات الجبرية والتي كانت متفقة تماما مع المنطق ولكلتا المعادلين.
2. اظهرت نتائج التحليل باستخدام طريقة انحدار الحرف أن الإشارات الجبرية لمتغيرات نموذج التلوث بالنفايات الصلبه متفقة تماما مع المنطق فضلا عن أنها معنوية وتحت مستوى المعنوية (1%)، أما التلوث بالإنبعاثات الغازية فتبين أن المعلمات المقدرة غير معنوية فضلا عن أنها غير متفقة مع المنطق، إذ ظهر أن الزيادة في استخدام الطاقة الكهربائية والنفط الأسود يؤدي إلى انخفاض التلوث بالإنبعاثات الغازية وهذا يتناقض تماما مع المنطق.كما يلاحظ أن الأحجار والتراب لم يكن لها اثر في التلوث بالإنبعاثات الغازية،وهذا أيضا يتناقض مع المنطق ذلك أن الإنبعاثات الغازية في جزء منها ناتج عن تكسير الأحجار وطحن التراب.
3. اظهرت نتائج التحليل باستخدام طريقة الإنتروبي العظمى العامة أن الإشارات الجبرية لمتغيرات نموذج التلوث بالنفايات الصلبه والانبعاثات الغازية متفقة تماما مع المنطق فضلا عن أنها معنوية وتحت مستوى المعنوية (1%)،

التوصيات:-

1. ضرورة إجراء دراسة جدوى اقتصادية للمعمل نتيجة للاستخدام المفرط للطاقة الكهربائية فضلا عن النفط الأسود واللذين يعتبران من المواد الأولية عالية التكاليف، فضلا عما يسببانه من آثار سلبية تلحق بالبيئة.

2. مراقبة نسب التلوث في العملية الإنتاجية والعمل على أن تتناسب مع النسب المسموح بها عالميا.

الجدول (7):بيانات التلوث بالنفايات الصلبه وانبعاث الغازات والمواد الأولية الداخلة في العملية الإنتاجية لمعمل اسمنت كركوك للمدة 1984-2006

الطاقة الكهربائية (الف ميكا واط)	النفط الأسود (مليون لتر)	الأحجار (طن)	التراب (طن)	النفايات الصلبه (طن)	الانبعاثات الغازية (طن)	السنة
181.4	152.1	1657320	966770	62149	884	1984
253.2	212.4	1883306	1098595	70623	920	1985
189.9	159.3	1349714	787333	50614	968	1986
99.1	83.9	461412	269157	17302	971	1987
158.6	132.1	1074979	627071	40311	1018	1988
199.3	167.1	1605938	936797	60222	984	1989
200.1	168.6	1563425	911998	58628	1031	1990
24.2	20.3	15949	9304	598	1154	1991
42.9	35.1	300241	175141	11259	1254	1992
36.9	30.1	197870	115424	7420	1350	1993
30.6	25.7	214073	124876	8027	1356	1994
13.3	11.2	156446	91260	5866	1339	1995
19.1	16.8	134804	78636	5055	1380	1996
31.2	26.2	198493	115788	7443	1763	1997
25.1	21.0	204695	119405	7676	1913	1998
57.0	47.9	413092	240970	15490	1854	1999
76.8	64.3	646470	377108	24242	2040	2000
98.7	82.8	682344	398034	25587	1947	2001
134.3	112.8	944585	551008	35421	1592	2002
42.7	35.8	320730	187093	12027	1734	2003
33.3	27.1	310013	180841	11625	1350	2004
57.1	48.6	340870	198841	12782	1602	2005
68.1	57.1	478697	279240	17951	1556	2006

المصدر:(الطائي،2007).

المصادر:-

1. الأمم المتحدة (2005)، ""تحسين كفاءة الطاقة واستخدامات الوقود الأحفوري الأنظف في قطاعات مختارة في بعض بلدان الإسكوا" اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، نيويورك.
2. التورنجي، عبدالوهاب عبدا قاســـــم(2008)، " التكاليف المالية للتلوث الضوضائي وآثارها الإجتماعية على الوحدات الاقتصادية (معمل أسمنت سرجنار العراق نموذجا)،رسالة ماجستير، كلية الإدارة والاقتصاد،الأكاديمية العربية المفتوحة في الدانمارك.
3. الطائي،محمد فتحي شاكر (2007)، "آثار مستويات التلوث البيئي لمعمل اسمنت كركوك وتوقعاته المستقبلية)،رسالة ماجستير غير منشورة،كلية الإدارة والاقتصاد،جامعة الموصل،العراق.
4. عوف،احمد محمد(2005)، "المفسدون في الأرض:رؤية معاصرة للمشاكل البيئية والسكانية"،ويكبيديا الموسوعة الحرة.
5. كاظم، أموري هادي (2005)، " مقدمة في القياس الاقتصادي"، الطبعة الأولى، مطبعة جامعة الموصل، العراق.
6. محمد, صباح محمود (2001)، " تلوث البيئة " ,مؤسسة الوراق للنشر, الطبعة الأولى , دمشق.

7. Belsley, D A. Kuh, E and Welsch, R E (1980) Regression Diagnostics. John Wiley. New York.
8. Chattefuee ,S.& Hadi,A.(2006):"Regression Analysis by Example" , 4th edition, John Wiley & Sons, Inc New York.
9. Eruygur H. Ozan,2005”Generalized Maximum Entropy(GME) Estimator : Formulation and a Monte Carlo Study ”, Middle East Technical University Ankara Turkey, www.ekonometridernegi.org/bildiriler/o4s3
10. Freund R.J & Wilson W.J.,(1998)”Regression analysis: Statistical modeling of a response variable. Academic press, San Diego, California ,USA.

11. Golan, A., Judge, G., Miller, D. (1996), Maximum Entropy Econometrics: Robust Estimation with Limited Data, Chichester, England: John Wiley & Sons.

12. Interiligator M.D., Bodkin R.G. & Haiso C.(1996)"Econometric Models, Techniques,& Applications", Prentice-Hall, Inc. USA.

13. Jaynes, E.T. (1957), "Information of Theory and Statistical Mechanics," Physics Review, 106, 620-30.

14. Wu, Ximing ,2009:" A Data-Driven Weighted Generalized Maximum Entropy Estimator", **www.be.wvu.edu/divecon/econ/douglas/seminar/wuMaxEntropy.pdf**