تقدير القيم العظمى لمقادير الهزات الأرضية في ليبيا باستخدام نظرية القيم القصوى

د. كمال ناجي العباس
د. مصطفى عبد المجيد المصراتي
قسم الإحصاء / كلية العلوم
جامعة الفاتح

الخلاصة :

استخدمت نظرية القيم القصوى لتقدير قيم الزلازل العظمى في ليبيا التي تقع على خطي طول (8° – 26° شرقاً) وخطي عرض (18° – 34° شمالاً) تم إستخدام بيانات الرصد الزلزالي للفترة(**1960– 2000**) لتقدير علاقة مقدار الزلزال بتكرار الحدوث وكذلك تقدير معالم توزيع جمبل للقيم العظمى واستخدام تلك النتائج لتحديد دورة حدوث الزلزال لمقدار زلزالي معين و تقدير مخاطر حدوث مقادير الزلازل التصميمية.

1- المقدمة :– إن الاستخدام الهندسي الرئيسي للبيانات الزلزالية هو إيجاد علاقات إحصائية لتقدير معدل حدوث الزلازل في منطقة جغرافية معينة و كذلك تقدير مخاطر حدوث الزلازل لتصاميم هندسية مختلفة . جمبل (**1956**) أول من استخدم نظرية القيم القصوى لتقدير مخاطر حدوث بعض الظواهر الطبيعية مثل تدفقات المياه و درجات الحرارة القصوى . يعود تطبيق نظرية القيم القصوى لتقدير قيم الزلازل العظمى إلى نورد كوست (**1945**) الذي استطاع جلب اهتمام الباحثين في مختلف مناطق العالم

لإجراء مثل هذه الدراسة و إلى مختلف الفترات الزمنية (**مثل لومنتز 1966 ويوكلالب و كوو 1974 و بورتون 1979 و كمبـــل و يرتون 1982 و فهمي و العباســـي 1990**) . في هذا البحث تم استخدام توزيع جمبل لتقدير توزيع قـــيم الزلزال العظمى والمدة الزمنية الكافية لعودة حدوث الزلزال في المنطقة الجغرافية المحددة والتي تضم الحدود السياسية لليبيا و المناطق المجاورة لها . إن الطريقة المستخدمة ليست جديدة إلا أن النتائج التي تم التوصل إليها تعتبر تقديرات أساسية لتقدير مخاطر الزلازل في ليبيا . إن هذه النتائج تمثل حجر الأساس لمسار تقدير معالم تصميم الهندسة الزلزالية في ليبيا.

2- النشاطات الزلزالية و ملف الهزات الأرضية :

لليبيا موقع مقبول المستوى في نشاط الهزات الأرضية . حيث تم رصد وتسجيل أكثر من 180 هزة أرضية قي المنطقة الجغرافية ($8^{\circ} - 26^{\circ}$ شرقاً) و ($18^{\circ} - 34^{\circ}$ شمالاً) منذ عام 1960 و لغاية عام 2000 . الملف الزلزالي يعتمد في الأساس على تسجيلات الشبكة الدولية للزلازل و يشمل بيانات تمثل تاريخ و وقت حـــدوث الزلازل و عمق و مقـــدار الزلازل. و على الرغم من انه لا توجد محاولة للتأكد من تكامل الملف الزلزالي لليبيا لحد الآن (**هناك محاولة من قبل الباحث و المشكلة قـــيد الدراســـة**) إلا أن الملف يقترب من التكامل للهزات الأرضية ذات المقـــدار $Ms > 3.8$ بـــعد عام 1960 . بسبب قدرة الأجهزة الحديثة على تسجيل الهزات الأرضية ذات المقادير الكبيرة بصورة أساسية و انتشار تلك الأجهزة بشكل واسع منذ عام 1960 من قبـــل شبـــكة الرصد الزلزالي الدولية.

3- العلاقة بين مقدار الزلازل و التردد الزلزالي :

من المعلوم أن الهزات الأرضية ليســـت مستقـــلة و لكن تميل إلى التجمع في المكان والزمان . غوتنبرغ وريختر (**1954**) وجدا أن لوغاريتم عدد الهزات الأرضية مـــن المقدار اكبر من أو يساوي Ms يمثل خطاً مستقـــيماً مع المقـــدار الزلزالي . و النموذج

الرياضي يعبر عنه كما يلي :

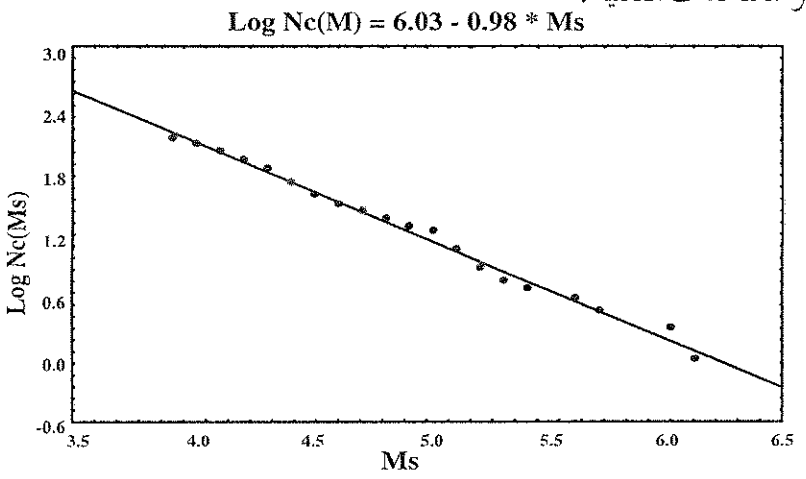
$$\log Nc\ (Ms) = a - b\,Ms \qquad (1)$$

حيث إن قيم الثوابت a,b تمثل نشاط المنطقة الزلزالية .

باستخدام طريقة المربعات الصغرى الإعتيادية تم تقدير علاقة تردد حدوث الهزات الأرضية من المقدار اكبر من أو يساوى المقدارMs والمقدار الزلزالي لمنطقة الدراسة ابتداء من المقدار Ms =3.8 و تساوي :

$$\log Nc\ (Ms) = 6.03 - 0.98Ms \qquad (2)$$

وان معامل التحديد يساوي 0.97 الشكل رقم (1) يوضح نموذج الانحدار الذي تم تقديره و المشاهدات الفعلية .

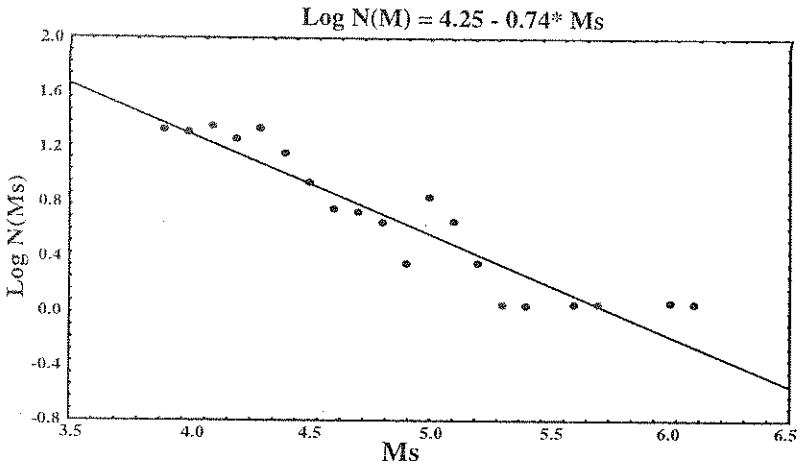


شكل رقم (1) علاقة تكرار الهزات الأرضية التجميعية بالمقدار الزلزالي.

لغرض وضع تصور لدرجة تكامل تسجيل الهزات الأرضية في المنطقة ، باث (**1981**) . أخذ في الاعتبار دراسة علاقة تكرارات الهزات الأرضية المفردة Ms(**N**) من المقدار Ms بدلا من التكرارات المتجمعة Ms(**Nc**) من المقدار أكبر من أو تساوي Ms . الشكل (2) يوضح علاقة التردد المفردة ، و معادلة الانحدار إبتداء من المقدار Ms =3.8.و تساوي :

$$\log N\ (Ms) = 4.25 - 0.74Ms \qquad (3)$$

و إن معامل التحديد يساوى 0.84 حيث تتضح العلاقـــة الخطية في النموذجين مما يعبر عن تكامل الملف الزالزلي ابتداء من Ms =3.8 في المنطقة الجغرافية خلال فترة الدراسة . من المعادلة (1) نستطيع التنبؤ إن أكبر مقدار لهزة أرضية يمكن حدوثها خلال 40 سنة لا يتجاوز a/b=6.1 و هذه القيمة تتفق و مقدار أقصى هزة أرضية تم تسجيلها خلال فترة 40 سنة الماضية و التي تمثل فترة الدراسة.



شكل رقم (2) علاقة تكرارات الهزات الأرضية المفردة بالمقدار الزلزالي.

4- إحصاءات القيم القصوى :

يكولالب وكوو (1974) أوضح أنه إذا كانت الفترة الزمنية طويلة بما فيه الكفاية فإن مقدار الهزات الأرضية السنوية القصوى في منطقة جغرافية معينة تتبع توزيع جمبـــل. إذا تم تحديد الهزات الأرضية الســـنوية القـــصوى من الملف الزلزالي قـــيد الدرس فإن الإحصاءة المرتبة لمقدار الهزات الأرضية القصوى

$$M_{(1)} < M_{(2)} < M_{(3)} < \ldots < M_{(n)}$$

وان دالة التوزيع التجريبية للإحصاءة المرتبة من الرتبة i^{th} تساوى:

$$P_{(Ms)}=i/(n+1) \qquad (4)$$

جمبل (1958) توصل إلى ثلاثة توزيعات تقاربية للقيم القـــصوى كل منها ينشـــأ عن

مجموعة من التوزيعات الاحـتمالية. النوع الأول G_I ينشـأ عن التوزيعات غير المحددة و التي تمتلك جميع العزوم والنوع الثاني G_{II} ينشأ عن التوزيعات غير المحددة والتي لا تمتلك بعض أو جميع العزوم . بينما النوع الثالث G_{III} ينشأ عن التوزيعات المحددة.

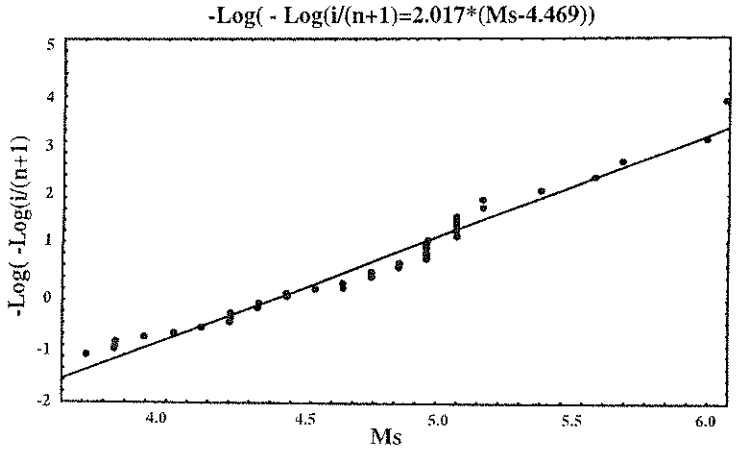
إن توزيع القيم القصوى من النوع الأول يعبر عنة بالعلاقة:

$$G_I(Ms) = EXP(-EXP(-\alpha\ (Ms-\beta))) \qquad (5)$$

حيث α و β معالم التوزيع ويتم تقديرها بإحدى طرق التقدير .ومن هذه الطرق طريقة المربعات الصغرى و طريقة الأرجحية العظمى .و حيث إن طريقـة الأرجحـية العظمى أعطت نتائج جيدة في دراسة الهزات الأرضية القـصوى على مسـتوى الكرة الأرضية وعلى مسـتوى مناطق مختلفة من الكرة الأرضية (**انظر كجكو 1984 و العباسي و فهمي 1991**) فإن الباحثين استخدما طريقة الأرجحية العظمى لتقـدير معالم توزيع جمبل الأول . (**هناك مصادر أخرى لتطبيق طريقة الأرجحـية العظمى في تقدير معلمات توزيع جمبل بالإمكان الرجوع إليها**) .

المعادلة (6) تبين تقديرات الأرجحية العظمى لتوزيع جمبل لمقادير الهزات الأرضية القصوى لمنطقة الدراسة خلال الفترة 1960 - 2000 .

$$G_I(Ms) = EXP(-EXP(-2.016\ (Ms-4.469))) \qquad (6)$$



شكل رقم (3) توزيع جمبل لمقادير الهزات الأرضية القصوى في منطقة الدراسة .

5- جودة التوفيق و التنبؤ الإحصائي:

مسألة جودة التوفيق تتعلق باختيار الفرضية الصفرية .إن عينة من المشاهدات تتبع توزيعاً معيناً مقابل الفرضية البديلة التي تفترض توزيعاً آخراً . وباستخدام اختبار كولموكروف – سميرنوف وجد إن قيمة الإختبار تساوي 0.142 وهي أقل من قيمة كولموكروف–سميرنوف الجدولية بمستوى معنوية 0.05 وحجم عينة 40 ، لذلك تم قبول فرضية إن الهزات الأرضية القصوى لليبيا خلال الفترة 1960 –2000 تتبع توزيع جمبل الأول بمعلمتي α =2.016 وβ =4.469 .

إن متوسط عدد السنوات الكافية لحدوث زلزال واحد من المقدار Ms أو فترة عودة حدوث الزلزال **يمكن تقديرها باستخدام العلاقة :**

$$T(Ms) = 1/(1-F(Ms)) \qquad (7)$$

باستخدام معادلة (7) وتوزيع جمبل في المعادلة (6) تم تقدير الفترات السنوية المطلوبة لحدوث زلزال من المقدار Ms في منطقة الدراسة و الجدول رقم (1) يبين النتائج التي تم التوصل إليها .

جدول رقم (1) متوسط الفترات الزمنية الكافية لحدوث زلزال من المقدار (Ms>)

مقدار الزلزال (Ms)	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
فترة الحدوث (Yr) سنة	1.1	1.6	3.4	9.8	22.4

إن احتمال حدوث زلزال من المقدار Ms خلال فترة الدراسة T سنة R_T **يتم حسابه باستخدام العلاقة:**

$$R_T(Ms) = 1-EXP(-EXP(-T^*\alpha(Ms-\beta))) \qquad (8)$$

و بالمثل فإن احتمال حدوث زلزال من المقدار Ms خلال فترة تصميمية مقدارها

R_D سنة D $(D \leq T)$ يتم حسابه باستخدام العلاقة :

$$R_D(Ms) = 1 - EXP(-EXP(-D^* \alpha(Ms - \beta))) \quad (9)$$

ومن العلاقتين (8) و (9) نحصل على العلاقة:

$$R_D(Ms) = 1 - EXP(D/T \ln(1 - R_T)) \quad (10)$$

تم حساب مخاطر حدوث الزلازل من المقدار Ms و إلى فترات تصميمية D مختلفة في منطقة الدراسة . و الجدول رقم (2) يبين النتائج .

جدول رقم (2) مخاطر حدوث زلزال من المقدار (Ms>) لفترات تصميمية مختلفة .

مقدار الزلزال التصميمي Ms	الفترة التصميمية D سنة		
	10	20	40
4.5	0.96	1.00	1.00
5.0	0.91	0.85	1.00
5.5	0.58	0.69	0.79
6.0	0.20	0.28	0.42

6- الخلاصة :

في هذا البحث وضعنا الخطوط الأساسية لتقدير مخاطر حدوث الزلازل في ليبيا من خلال استخدام نظرية القيم القصوى. و علاقة مقدار الزلزال بتكرار حدوثه. و تبين ملاءمة استخدام هذين الأسلوبين من خلال دقة التنبؤات و الاختبارات الإحصائية.

المصادر:

1- Al Abbasi, J.N.& Fahmi K.J.,1991,GEMPAK:A fortran-77 program for calculating Gumbel's distribution employing maximum likelihood estimation.

2- Bath,M.,1981,Earthquake magnitude -recent research

and Current trends, Earth. Sci. Rev. 17 , 315-398.

3- Burton,F.W.199,Seismic risk in southern Europe through to India examined using Gumbel's distributions of extreme values, Geophysics.J.R.estr.Soc. 59,249-280.

4- Fahmi K.J.& Al Abbasi, J.N.,1990, Application of mixture distribution of extreme values to earthquakes magnitudes in Iraq, Geophys.Jour,,Int. ,107,209-217.

5- Gumbel ,E.1958 . Statistics of extremes. Columbia University Press.

6- Gutenberg, R.& Richter, C.F. ,1954,seismicity of the earth and associated phenomena, Princeton University Press.

7- Kijko,A.,1984. Is it necessary to construct empirical distribution of maximum earthquake magnitudes? ,Bull Seism. Soc. Am. 74,339-347.

8- McGonigle,R.& Burton, P., W., 1982, Maximum likelihood. An alternative approach to Gumbel II parameter estimation?, Inst. Geol Sci. GSU Rep, No. 170, 14pp.

9- Norrduist,J,M.,1945. Theory of largest values applied to earthquake magnitudes Trans. Am.geophys Un.,26,29-31.

10- Yegulalp, T.,M.Kuo, J.T.,1974 .Statistical prediction of the occurrence of maximum magnitude earthquakes, Bull.seism.Am.,64,393-414.