

---

## Modeling the Hazards of Tectonic Activity in Eastern Iraq Using Morphotectonic Indicators and Seismic Foci

Teacher Assistant. Ali Taleb Hamza Al-Tae  
University of Basrah / College of Arts  
E-mail: [Ali.Altae.m1984@gmail.com](mailto:Ali.Altae.m1984@gmail.com)

Prof. Dr. Muhammed Abdullwahab Hassan Al-Assady  
University of Basrah / College of Arts  
E-mail: [Mohammed.Alassady@uobasrah.edu.iq](mailto:Mohammed.Alassady@uobasrah.edu.iq)

### Abstract:

The region is one of the tectonically active regions because it falls within the subduction and collision zone of the Arabian and the Iranian plate. Therefore, it is considered one of the main earthquake zones in the world. The tectonic activity in the region was studied according to the geomorphological indicators of tectonic activity, and it was found that most of the areas of the region are witnessing high and very high tectonic activity according to the classification (Keller and Pinter 2002), with an area of (15061.5) km<sup>2</sup> and a percentage of (٤٣.٩)%.

The seismic activity in the region was studied according to the seismic foci for the period (2010-2020). The number of earthquakes during this period reached (2700) and varied in their geographical distribution, strength, depth, and frequency. Most destructive earthquakes occur near the collision zone between the western Iranian plates and active fault faults.

After studying the region and the various causes of earthquakes and the historical record of earthquakes in the region, and the effects resulting from them, it was possible to know and estimate the recurrence of these earthquakes according to their strength and number, and to determine the locations of their seismic foci. The most likely future seismic activity.

Earthquakes cause varying material and human damage, depending on the severity of the earthquake and the measures taken to confront it. An earthquake of the same degree may occur in two different areas, but the losses are few per second, and this means that the first did not take the necessary measures to confront earthquake disasters. The region witnessed several devastating earthquakes, which left losses in material and human properties.

**Key words:** Tectonic Activity, Geomorphological Indicators, Seismic Foc  
Hazards of Morphotectonic Activity

## نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق

### باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبيور الزلزالية

م.م. علي طالب حمزة الطائي      أ.د. محمد عبد الوهاب حسن الاسدي

جامعة البصرة / كلية الآداب

E-mail: [Mohammed.Alassady@uobasrah.edu.iq](mailto:Mohammed.Alassady@uobasrah.edu.iq) E-mail: [Ali.Altae.m1984@gmail.com](mailto:Ali.Altae.m1984@gmail.com)

#### الملخص:

يعد شرق العراق من المناطق النشطة تكتونياً لوقوعها في نطاق الغورآن والتصادم بين الصفيحة العربية والصفيحة الفارسية ولذلك تعتبر من الأنطقة الرئيسية للزلازل في العالم، تم دراسة النشاط التكتوني في المنطقة على وفق المؤشرات الجيومورفولوجية للنشاط التكتوني ، وتبين أن أغلب مساحة المنطقة تشهد نشاطا تكتونيا عاليا وعاليا جداً بحسب تصنيف (Keller and Pinter 2002)، بمساحة (١٥٠٦١.٥) كم<sup>٢</sup> وبنسبة (٤٣.٩) %.

تم دراسة النشاط التكتوني في المنطقة على وفق البيور الزلزالية وللمدة (٢٠١٠ - ٢٠٢٠) وبلغ عدد الهزات الأرضية خلال هذه المدة (٢٧٠٠) هزة أرضية وتباينت في توزيعها الجغرافي وقوتها وعمقها وتكرارها، وتبين حدوث زلازل مدمرة حسب مقياس رختر في المنطقة واخرى محدودة التأثير، وتبين أن أغلب الزلازل المدمرة تحدث بالقرب من نطاق التصادم بين الصفيحتين الغربية الفارسية والفوالق الأندفاعية النشطة.

ويعد دراسة المنطقة والأسباب المختلفة لحدوث الزلازل والسجل التاريخي لزلازل المنطقة، والآثار الناجمة عنها أمكن معرفة وتقدير تكرارية هذه الزلازل بحسب قوتها وعددها، وتحديد مواقع البيور الزلزالية لها، وبالتالي يمكن تحديد الأماكن التي تكررت بها بشكل كبير، وبناءً على ذلك يمكن أن نحدد هذه الأماكن هي الأكثر احتمالية لحدوث النشاط الزلزالي في المستقبل.

تحدث الزلازل أضراراً متباينة مادية وبشرية، وذلك من خلال شدة الزلزال والاجراءات المتخذة لمواجهة، فقد يحدث زلزال بالدرجة نفسها منطقتين مختلفتين، الا أن الخسائر قليلة في الثانية، وهذا يعني أن الأولى لم تتخذ التدابير اللازمة لمواجهة كوارث الزلازل. وقد شهدت المنطقة عدة زلازل مدمرة وخلفت خسائر في الممتلكات المادية والبشرية.

**الكلمات المفتاحية:** النشاط التكتوني ، المؤشرات الجيومورفولوجية ، البيور الزلزالية ، مخاطر النشاط المورفوتكتوني

## المقدمة:

تعد مخاطر العمليات المورفوتكتونية (Morphotectonic) من أكثر الظواهر الطبيعية خطراً واشدها تأثيراً على الأنسان لما تسببه من آثار تدميرية شديدة، ففي خلال وقت قصير قد لا يتعدى بضعة ثوان تدمر مدن بما عليها من أنسان وحيوان ومباني، كما أنها تحدث في القشرة الارضية الكثير من الأنكسارات والشقوق التي ينجم عنها هزات ارضية. فضلاً عن تدمير الطرق والجسور وغيرها. وتعد دراسة الزلازل والاطار المرتبطة بها من اهم الدراسات المتعلقة بالأخطار الجيومورفولوجية، ويرجع ذلك الى فجائية الزلازل وارتفاع نسبة تكرارها. فلا يمكن توقع أين أو متى تحدث الزلازل وما مقدار قوتها.

كما تعد الزلازل من أكثر الظواهر تكرارية في العالم حيث تقوم اجهزة رصد الزلازل بتسجيل نحو مليون زلزال سنوياً بمعدل ثلاثة الاف هزة في اليوم الواحد. الزلازل (Earthquakes) عبارة عن هزات أرضية تحدث في القشرة الارضية وتتطلق من منطقة البؤرة الزلزالية (Focus of Earthquakes) وتنتشر على هيئة موجات اهتزازية دائرية الشكل تمتد لمسافات بعيدة بحسب قوة الزلزال، وتكون أكثر قوة وأشد تدميراً في مركز الزلزال والاماكن القريبة منه وتقل شدتها كلما ابتعدنا عن مركز الزلزال.

تعد المنطقة من أكثر المناطق احتمالية لحدوث الزلازل حيث تم تسجيل العديد من الزلازل المؤثرة في المدة (٢٠١٠ - ٢٠٢٠) و بصفة خاصة على امتداد الشريط الحدودي، وحدثت هذه الزلازل في المدة الماضية يشير الى أن هناك احتمالية كبيرة لتكرار هذه الزلازل في المستقبل، لاسيما وأن العلماء والمختصين يعتقدون أن هناك احتمالية كبيرة لتكرار هذه الزلازل في المستقبل، إذ انهم يعتقدون العلماء والمختصين يعتقدون أن هناك دورية في حدوث الزلازل تكرارها.

ومع تزايد الأنشاء العمراني واتساعه في المنطقة في الوقت الحاضر وارتفاع الكثافة السكانية بها وبصفة خاصة في المدن مثل مندلي وقرآنية وزيباطية وبدرة وجصان فأن تأثير هذه الزلازل سوف يكون أشد قوة.

## ١ - موقع منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة جغرافياً في الجزء الشرقي من العراق، وتمتد على ست محافظات، وتتمثل في الاجزاء الشرقية للمحافظات ديالى وواسط وميسان في العراق، وتتمثل في الاجزاء الغربية للمحافظات كرمنشاہ وأيلام وعربستان في إيران وكما في الخارطة (١).

## نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية

ويحد منطقة الدراسة من الشمال حوض نهر ديالى، ومن الجنوب حوض نهر الكرخة، ومن الشرق سلسلة جبال زاكروس، ومن الغرب تحدها المنخفضات شرق نهر دجلة والمتمثلة بمنخفضات (الشبجة، الشاعورة، الشويجة، صاروت، السناف، غزيلة).

اما فلكياً فتقع منطقة الدراسة بين دائرتي عرض ( $31^{\circ}.40'.0'' - 34^{\circ}.20'.0''$ ) شمالاً، وبين قوسي طول ( $45^{\circ}.10'.0'' - 48^{\circ}.0'.0''$ ) شرقاً. وهي بذلك تمتد على مسافة ثلاث درجات شمالاً، وتمتد على ثلاث درجات شرقاً.

تبلغ مساحة منطقة الدراسة الكلية (٣٤٢٢٦) كم<sup>٢</sup>، ويقع قسمٌ منها داخل إيران والبالغ مساحته (١٦٢٢٦) كم<sup>٢</sup> ونسبة (٤٧.٤)% من مساحة المنطقة، اما مساحتها داخل العراق فهي (١٨٠٠٠) كم<sup>٢</sup> ونسبة (٥٢.٦)% من مساحة المنطقة.

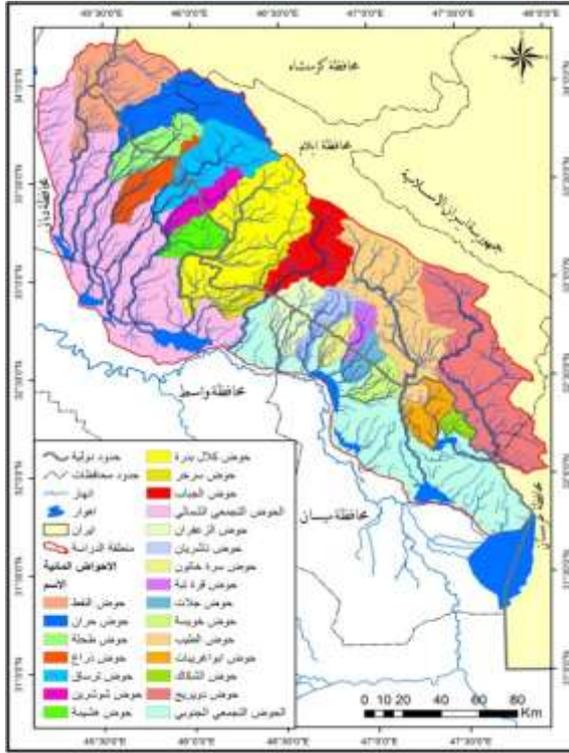
**٢- مشكلة البحث :** ما الخصائص التكتونية والزلزالية للمنطقة وهل نشاطها يشكل خطراً على النشاط البشري وهل يتباين من مكان الى اخر؟

**٣- هدف البحث :** تقييم المنطقة على وفق المؤشرات المورفوتكتونية ودورها في النشاط التكتوني والزلزالي واثره في النشاط البشري.

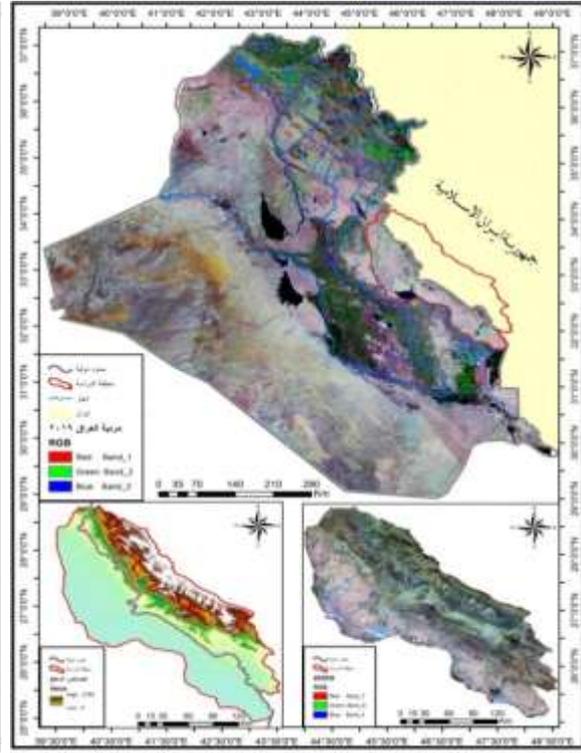
**٤- فرضية البحث :** تعتبر المنطقة غير مستقرة تكتونياً وتشهد نشاطاً زلزالياً وهذا ما يؤدي الى خطر على حياة السكان وممتلكاتهم ونشاطهم وهي تتباين مكانياً تبعاً لنوع وقوته النشاط الزلزالي.

## نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية

خارطة (٢) الأحواض المائية في منطقة الدراسة



خارطة (١) موقع منطقة الدراسة



المصدر :- من عمل الباحث بالاعتماد على المرئية الفضائية (Landsat 8) ومخرجات برنامج Arcgis 10.8

### ١-المؤشرات الجيومورفولوجية للنشاط التكتوني Geomorphological indicators of tectonic activity

شهدت الجيومورفولوجيا البنوية تقدماً واستحداثاً خلال العقود الثلاثة الماضية، مما انعكس على تطور الامكانيات المتزايدة في إجراء المسح الجيومورفولوجي، كبناء موديلات برامجية حاسوبية لأشكال سطح الأرض المختلفة، أو تحديد حجم الشقوق والفواصل على طول الصدعات وإجراء تصنيفات للفعالية التكتونية الحديثة وغيرها، وبناء على ما تقدم يمكن إبراز أهمية الجيومورفولوجيا التكتونية (Tectonic Geomorphology) من خلال ما يأتي:

أ- دراسة الأشكال الأرضية المتشكلة عن طريق العمليات التكتونية (التركيز على أشكال وأصول المظاهر الأرضية كنتيجة للفعاليات التكتونية).

ب- تطبيق مفاهيم علم الأرض لتوضيح التشوهات التكتونية (تحليل الأشكال الأرضية لأجل تقييم تاريخ وحجم ونسبة العمليات التكتونية).

## نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية

تعد المؤشرات الجيومورفولوجية (Geomorphic indices) من الأدوات المهمة في تقييم النشاط التكتوني لأي منطقة، إذ تعطي صورة واضحة عن تطور مورفولوجية أي حوض نهري، وفي ضوء ذلك يمكن تحليل الحركات التكتونية من دراسة المعالم الهيكلية للنهر أو الوادي الذي يعد انعكاساً للتغيرات المناخية والعمليات التكتونية.

يتم تطبيق المؤشرات الجيومورفولوجية (Geomorphic indices) لتوفير بيانات كمية، يمكن الحصول عليها من الخرائط الطبوغرافية والصور الجوية و المرئيات الفضائية لاسيما نموذج الارتفاع الرقمي (DEM)، لما يوفره من معلومات مكانية لازمة لاحتساب قيم هذه المؤشرات فضلاً عما توفره في قلة الوقت والجهد في تفسير الصور مقارنة بالمسوحات الأرضية.

تتضمن عملية تطبيق المؤشرات الجيومورفولوجية للنشاط التكتوني العديد من الوسائل العلمية المعاصرة في عملية تحليل الأشكال الأرضية وشبكات التصريف النهري ومقدمات الجبال، فضلاً عما تقدمه من دلائل مهمة تعطي انعكاساً لتاريخ النشاط التكتوني الحديث. وسيتم تطبيق هذه المؤشرات بما يتناسب مع طبيعة منطقة الدراسة وهي:-

### ١-١- مؤشر عدم التماثل (AF) Asymmetry factor

يعد احد المؤشرات المستخدمة في تقييم وجود ميل في المجرى الرئيسي لنطاق الحوض المائي، إذ يقيس ميل جانبي الحوض بالنسبة للمجرى الرئيسي في الحوض المائي التي نتجت بفعل تأثيرها بالقوى والعمليات التكتونية، ويعبر عنها رياضياً بالمعادلة الآتية:-

$$AF = 100 (AR / AT)$$

إذ أن:

AR = مساحة الحوض في الجهة اليمنى للمجرى الرئيس باتجاه اسفل الحوض

AT = المساحة الكلية لحوض التصريف

توضح قيم المؤشر (AF) طبيعة الأنداد في منطقة الدراسة معتمدة على معيار شدة أو قلة الأنداد، فكلما زادت قيمة المؤشر (AF) عن (٥٠) دلت على أن حوض التصريف المائي سوف يعرض روافده أو قنوات المجرى الرئيس الى تدوير أو تقوس تكتوني (تحذب) وسيكون له تأثيره على اطوال الروافد في جانبي المجرى الرئيس للحوض. وبالنتيجة فإنه يمكن وضع فرض بأن هذه الفعالية للمؤشر سوف تسبب أنحاء ايسر للحوض المائي، اي أن الروافد الى يسار المجرى الرئيس ستكون اقصر مقارنة بالروافد في جانب يمين المجرى الرئيس الذي يعكس عامل عدم التماثل. وقد صنف (Keller 2002) هذا

## نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية

المؤشر الى ثلاثة أصناف يمكن من خلالها عرض نتائجها ومعرفة المناطق الأكثر نشاطاً تكتونياً والمناطق الأقل نشاطاً، وكما في الجدول (١).

جدول (١) أصناف المؤشر الجيومورفولوجي (AF)

Ranges	Class	Degree
أكبر من 65	1	High
57 – 65	2	Moderate
أقل من 57	3	Low

Reference: Keller, E. A. and Pinter, N, Active tectonics: Earthquakes uplift and landscape, Second edition, New Jersey, Prentice Hall, 2002, p125.

ومن خلال تطبيق قياسات معادلة (AF) على الأحواض المائية لمنطقة الدراسة والبالغ عددها (٢٢) حوضاً، إذ اتضح بأن هناك ثلاثة أصناف تبعاً لنشاطها التكتوني وكما في الجدول (٢) والخارطة (٢) وهذه الفئات هي:

- ١- أحواض عالية النشاط التكتوني الصنف (١) الذي يمثل القيم التي تزيد عن (٦٥) والتي تعطي نشاطاً تكتونياً عالياً تركز في أحواض دون أخرى بسبب التغيرات المستمرة الناتجة عن التغير في الانحدار أو التغير المفاجئ بطبوغرافية السطح نتيجة اعتراض المجرى النهري فالق نتيجة التنشيط التكتوني الحديث، وتتمثل في الأحواض (طلحة و هشيمة و خويسه و ابو غريبات و الشكاك).
- ٢- أحواض متوسطة النشاط التكتوني الصنف (٢) الذي يمثل القيم التي تتراوح بين (٥٧-٦٥) وتضم الأحواض (كلال بدره و الجباب و سره خاتون).
- ٣- أحواض منخفضة النشاط التكتوني الصنف (٣) الذي يمثل القيم الأقل من (٥٧) وتضم جميع الأحواض الباقية.

جدول (٢) تقييم النشاط التكتوني لمنطقة الدراسة حسب نتائج المؤشر الجيومورفولوجي (AF)

Degree	Class	AF	AR	AT	Name
Low	٣	٤٤,٧	٨٨٤	١٩٧٤,٤	النفط
Low	٣	٤٥,٧	٧٢٠	١٥٨٣,٩	حران
High	١	٧٢,١	٦١٧,٢	٨٥٤,٩	طلحة
Low	٣	٣٠,٦	١٩٦,٧	٦٤٢,٢	ذراع
Low	٣	٤٥	٦٦٩	١٤٨٤	ترساق
Low	٣	٤٤,٣	٢٢٦	٥٠٩,٢	شوشرين
High	١	٦٩,٩	٣٩٢	٥٦٠,٨	هشيمة
Moderate	٢	٥٧,٣	١٨١٠	٣١٥٤	كلال بدره
Low	٣	٣٢,٨	١٢٥,٥	٣٨١,٧	سرخر
Moderate	٢	٥٨	٧٦٨	١٣٢٣,٤	الجباب

## نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية

Low	٣	٢٩,٧	٢٠٤٦	٦٨٧٩,١	الحوض الشمالي
Low	٣	٤٤,٩	٣٧٠,٤	٨٢٣,٥	الزعفران
Low	٣	٤٧,٢	٢٧٢,٤	٥٧٥,٩	ناشريان
Moderate	٢	٥٩,٢	١٩٥,٨	٣٣٠,٢	سره خاتون
Low	٣	٤٨,٦	١٤٣,٣	٢٩٤,٥	قره تبه
Low	٣	٣٤	١١٩	٣٤٩,٧	جلات
high	١	٨٠,٩	٣٥٦,٨	٤٤٠,٥	خويسه
Low	٣	٤٣,٨	١٢٦٨	٢٨٩٢,٧	الطيب
High	١	٦٦,١	٣٩٩,٥	٦٠٤,٢	ابو غريبات
High	١	٨١,٨	١٥٦	١٩٠,٥	الشكاك
Low	٣	٣٣,٦	١٢٠,٨	٣٥٩٤,٣	دويريج
Low	٣	٢٣,٤	١١٢٠	٤٧٨١,٥	الحوض الجنوبي

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على ١- نموذج الارتفاع الرقمي باستخدام Arcgis

2- keller. E. A. and pinter. N, 2002, opcit, p125.

### ١-٢- مؤشر التماثل الطبوغرافي (T) Topographic Symmetry Factor

يعد مؤشر التماثل الطبوغرافي (T) من المؤشرات التي تقيم مقدار انحراف مجرى النهر داخل حوضه، اي يبين مدى نزوح المجرى الرئيس عن محور الحوض، أنعكاساً لوجود نشاط تكتوني أو لوجود صدع تحت سطحية اثرت في نزوح المجرى، وتتمثل بقيم عامل التماثل الطبوغرافي بمديات من (٠-١)، وهذا يعكس حوضاً متماثلاً بشكل تام أو متعرج نسبياً، إذ كلما اتجهت قيمة المؤشر نحو (صفر) اتجهت نحو التماثل وكلما اتجهت نحو (١) اتجهت نحو اللاتماثل ونزوح المجرى عن محور الحوض. ويعبر عن مؤشر (T) رياضياً بالمعادلة الآتية:

$$T = Da/Dd$$

T = مؤشر التماثل الطبوغرافي

Da = المسافة من الخط الوسطي للحوض الى خط المنتصف للمجرى الرئيس المتعرض للحوض.

Dd = المسافة من الخط الوسطي للحوض الى خط الحد الخارجي للحوض عند الوسط وقد صنف (Burban k. D. w, and Anderson. R. S. 2001) هذا المؤشر الى ثلاثة أصناف بحسب النشاط

التكتوني وكما في الجدول (٣).

## نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية

جدول (٣) أصناف المؤشر الجيومورفولوجي (T)

Ranges	Class	Degree
أكبر من 0.6	1	High
0.3 – 0.6	2	Moderate
أقل من 0.3	3	Low

Reference: Burkank, D. W. and Anderson. R. S. (2001) op.cit p56.

ومن خلال تطبيق قياسات مؤشر (T) على الأحواض المائية لمنطقة الدراسة، إذ اتضح بأن هناك ثلاثة أصناف تبعاً لنشاطها التكتوني وكما في الجدول (٤) والخارطة (٣)، وهذه الأصناف هي كما يأتي:

جدول (٤) تقييم النشاط التكتوني لمنطقة الدراسة حسب نتائج المؤشر الجيومورفولوجي (T)

Degree	Class	T	Dd	Da	Name
Moderate	٢	٠,٣١	٢٠,٣	٦,٣	النفط
Moderate	٢	٠,٥٣	٧,٥	٤	حزان
Moderate	٢	٠,٥٣	٩,٤	٥	طلحة
Moderate	٢	٠,٦	٦,٥	٣,٩	ذراع
Low	٣	٠,١٩	١١	٢,١	ترساق
High	١	٠,٨٨	٥,١	٤,٥	شوشرين
Moderate	٢	٠,٥٤	٩	٤,٩	هشيمة
High	١	٠,٨٤	١٢,٥	١٠,٥	كلال بدره
High	١	٠,٨٧	٤,١	٣,٦	سرخر
Moderate	٢	٠,٥٩	١٢	٧,١	الجباب
High	١	٠,٦٤	٢٨	١٨,١	الحوض الشمالي
Moderate	٢	٠,٤٨	٨,٨	٤,٣	الزعفران
High	١	٠,٨٦	٤,٥	٣,٩	ناشريان
High	١	٠,٨	٦,١	٤,٩	سره خاتون
Low	٣	٠,٢٩	٤,٤	١,٣	قره تبه
High	١	٠,٧٣	٦,١	٤,٥	جلات
High	١	٠,٧٥	٦,٩	٥,٢	خويسه
Low	٣	٠,٢٧	١٣,٥	٣,٧	الطيب
High	١	٠,٧٩	٨,٩	٧,١	ابو غريبات
High	١	٠,٦٣	٥,٢	٣,٣	الشكاك
High	١	٠,٦٥	١٩	١٢,٥	دويريج
Moderate	٢	٠,٣٩	١٤,١	٥,٦	الحوض الجنوبي

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على ١- نموذج الارتفاع الرقمي باستخدام Arcgis 10.8

2- Burkank, D. W. and Anderson. R. S. (2001) op cit p.56

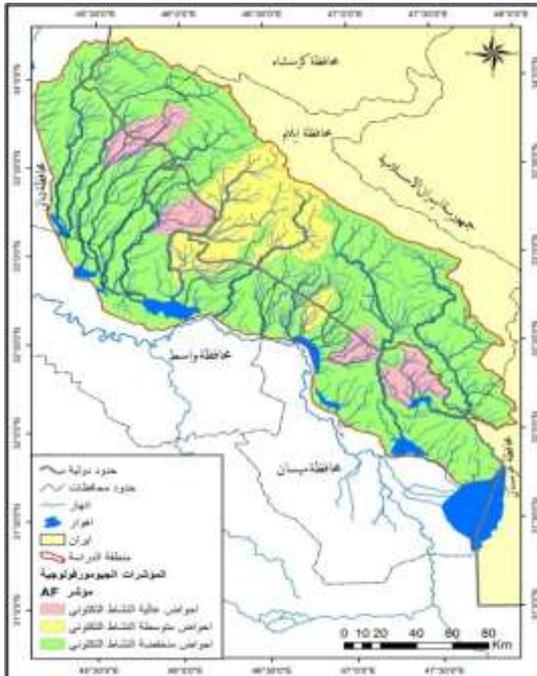
## نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية

١- أحواض عالية النشاط التكتوني الصنف (١) الذي يمثل القيم التي تزيد عن (٠,٦) إذا أعطى هذا الصنف نزوحاً عالياً لمجرى النهر، وشمل (١١) حوضاً، إذ يرجع سبب نزوح المجرى الرئيس للنهر عن محور الحوض الى تأثير التعرج في الطبقة السفلية للحوض نظراً لاعتراض المجرى النهري صدوع تحت السطحية يظهر تأثيرها على السطح وينتج عنه تنشيط تكتوني عالي.

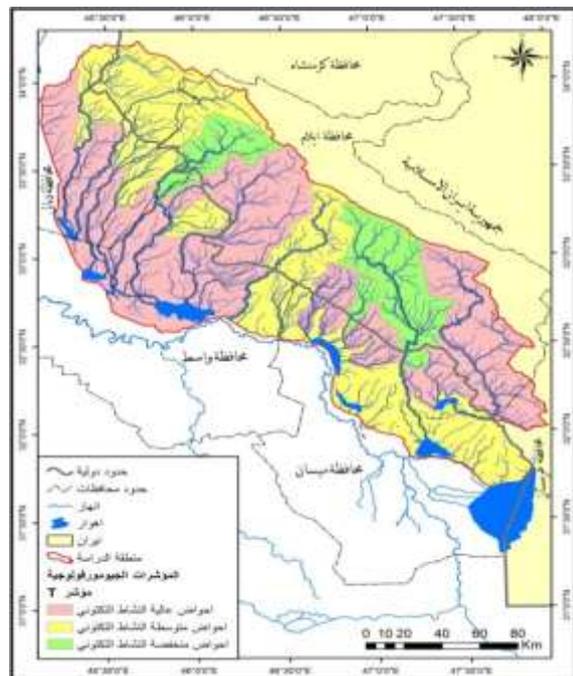
٢- أحواض متوسطة النشاط التكتوني الصنف (٢) الذي يمثل القيم التي تتراوح بين (٠,٣ - ٠,٦)، وتضم (٨) أحواض (النفط و حران و طلحة و ذراع، هشيمة و الجباب و الزعفران و الحوض التجمعي الجنوبي) وهي ذات نشاط تكتوني معتدل وهي اشارة الى التماثل الطبوغرافي المعتدل نسبياً نظراً لتأثير الأودية النهرية الطفيف بالتغيرات الناتجة عن حركة التراكيب الجيولوجية تحت السطحية كالطيّات والصدوع القديمة.

٣- أحواض منخفضة النشاط التكتوني الصنف (٣) الذي يمثل القيم الاقل من (٠,٣) وتضم (٣) أحواض (ترساق و قره تبه و الطيب) وهي اشارة الى التماثل الطبوغرافي نتيجة انخفاض النشاط التكتوني أو عدم تأثر مجاري الأودية بالنشاط التكتوني الفعال أو خضوعها لتأثير مخفض جداً، لعدم وجود صدوع تحت سطحية مما قاد الى عدم انحراف مجاريها عن اتجاهات سيرها المفترض.

خارطة (٤) مؤشر التماثل الطبوغرافي (T)



خارطة (٣) مؤشر عدم التماثل (AF)



المصدر :- من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات الجدولين (2) و(4) ومخرجات برنامج Arcgis 10.8

### ١-٣- مؤشر طول المجرى ودرجة أنحداره (SL) Stream longh – Gradient Index

يمثل مؤشر (SL) حساب طول المجرى، ويستخدم لمعرفة مقاومة الصخور لعمليات التآكل (التعرية المائية) وعلاقتها بفعاليات الأنشطة التكتونية، وأن هذا المؤشر يتأثر بدرجة الأنحدار وتعرج قناة وادي النهر مما يجعله أداة تقييم جيدة.

أن مؤشر (SL) يكون مرتبطاً بقوة السيل، إذ أن قوة السيل الكلية توضح مدى طول أو قصر قناة التصريف، الذي يرتبط بقدره السيل على تعرية وتآكل ارضية القناة ونقل الرواسب، لذلك فإن قوة السيل الكلية تعتبر متغيراً هيدرولوجياً مهماً ويقدر شدة الأنحدار والتصريف المائي، وأن قيم مؤشر (SL) يطبق ليشخص الفعالية التكتونية، وذلك من خلال اجراء تصنيف لقيم المؤشر، حيث تمثل القيم العالية للمؤشر ذات الفعالية التكتونية المرتفعة، التي تبرز وجود صخور صلبة في ارضية القناة النهرية، اما القيم المنخفضة للمؤشر فأنها تميز فعالية تكتونية منخفضة وتعكس وجود أنواع صخرية هشة قليلة المقاومة لعمليات التعرية.

كما أن قيم مؤشر (SL) عندما تكون متقاربة في قيمها، فأنها تمثل كمية تصريف مائي متقارب فيما بينها، اما الشذوذ فيما بين قيم المؤشر سواء كأنت مرتفعة ام منخفضة، فذلك دليل على تغير في كمية التصريف، الذي يعكس تأثير وسيطرة العامل الصخري أو التكتوني على المنحدر وضمن منطقة وادي النهر.

فضلا عن أن المؤشرات العالية لقيم المؤشر تشير الى أن عملية الترسيب للمجرى المائي تكون بعيدة عن واجهة الجبل، وتحديداً عند نهاية الوادي، وأن شكل قناة المجرى الرئيس اسفل المنحدر تكون مستقيمة، وتتشكل المراوح الغرينية بعيداً عن المنحدر، وتعتبر مؤشراً لفعالية تكتونية نشطة، وعلى عكس ذلك إذا قل النشاط التكتوني فإن الترسيب للمجرى المائي يتراجع الى الخلف باتجاه المنبع أو المنحدر، وتتشكل المروحة الغرينية عند اسفل واجهة الجبل أو المنحدر. ويعبر عن مؤشر (SL) رياضياً بالمعادلة الاتية.

$$SL = (\Delta H / \Delta L) L$$

إذ أن:

$$\Delta H = \text{الفرق بين اعلى وادنى نقطة في منطقة المصب المحددة.}$$

$$\Delta L = \text{طول المسافة المستقيمة في منطقة المصب المحددة.}$$

$$L = \text{طول القناة الكلية للوادي الى النقطة الوسطية في منتصف المصب}$$

وقد صنف (Hack. J. T. 1973) هذا المؤشر الى ثلاثة أصناف بحسب النشاط التكتوني، وكما في

الجدول (٥)

## نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية

جدول (٥) أصناف مؤشر طول المجرى ودرجة أبحاره (SL)

Ranges	Class	Degree
أكبر من 500	1	High
300 – 500	2	Moderate
أقل من 300	3	Low

Hack, J. T. Stream – profile analysis and stream – gradient index, Journal Research of united States Geological Survery, 1973, p421 – 429.

ومن خلال تطبيق قياسات مؤشر (SL) على الأحواض المائية لمنطقة الدراسة، اتضح أن هناك ثلاثة أصناف تبعاً لنشاطها التكتوني، وكما في الجدول (٦) والخارطة (٤). وهذه الأصناف هي:-

جدول (٦) تقييم النشاط التكتوني لمنطقة الدراسة حسب نتائج المؤشر الجيومورفولوجي (SL)

Degree	Class	SL	L	$\Delta L$	$\Delta H$	Name
Low	٣	١٧٥,٣	١١٥,٧	٣٦,٣	٥٥	النفط
High	١	١٧٢٩,٦	١٤٣,٥	٣٣,٦	٤٥٥	حزان
Low	٣	١٢٣,٨	٦٨,٤	٣٥,٩	٦٥	طلحة
Low	٣	٦٤,٣	٧٣,٢	٣٩,٨	٣٥	ذراع
High	١	٦٨٤	٨٩,٥	٥٨,٢	٤٤٥	ترساق
High	١	٥٢٧,٥	٢٠,٣	١٧,٧	٤٦٥	شوشرين
Low	٣	١٠٣,٢	٣٣,٥	٢٩,٢	٩٥	هشيمة
Moderate	٢	٣٦٣,٣	١١٨,٩	٣٦	١١٥	كلال بندر
Low	٣	٩٨,٥	٥٩,٤	٢١,١	٣٥	سرخر
High	١	٧٣٢	١١٤,٢	٢٣,٤	١٥٥	الجباب
Low	٣	٢٨,٧	١٥١,٣	٥٢,٦	١٥	الحوض الشمالي
Low	٣	١٢٩,٩	٥٠,٦	٢٩,٢	٧٥	الزعفران
Moderate	٢	٤٢٧,٦	٥٦,٢	٢٧,٦	٢١٥	ناشريان
Low	٣	٩٤,٨	٣١,٤	١٨,٢	٥٥	سره خاتون
Low	٣	٢٣٤,٦	٤٨,١	١٦,٤	٨٥	قره تبه
Low	٣	٩٥,٧	٣٩,٤	١١,٢	٢٥,٨	جالت
Low	٣	٤١,٥	٤٤,٦	١٦,١	١٥	خويسه
High	١	٦٩٢,٤	١٣٨	٢٧,٩	١٤٥	الطيب
Low	٣	٥٠,٢	٤٥	١٧,٩	٢٥	ابو غريبات
Low	٣	٩٧,٨	٢٠,٤	٧,٣	٣٥	الشكاك
Moderate	٢	٣٠٨,٥	١٧٤,١	٣٩,٥	٧٥	دوبريج
Low	٣	١٩	٨١,٨	٦٤,٥	١٥	الحوض الجنوبي

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على:- ١- نموذج الارتفاع الرقمي باستخدام Arcgis

2- Hack, J. T. Stream – profile analysis and stream – gradient index, Journal Research of united States Geological Survery, 1973, p421 – 429.

## نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية

- ١- أحواض عالية النشاط التكتوني الصنف (١) الذي يمثل القيم التي تزيد عن (٥٠٠)، وتضم هذه الفئة (٥) أحواض هي (حزان، ترساق، شوشرين، الجباب، الطيب) وتميزت أودية هذه الأحواض بتكوين مراوح فيضية وبعيدة نسبياً عن واجهة الجبل وهذا دليل على نشاطها التكتوني.
- ٢- أحواض متوسطة النشاط التكتوني الصنف (٢) الذي يمثل القيم التي تتراوح بين (٥٠٠ - ٣٠٠)، وتضم (٣) أحواض هي (كلال بدره، ناشريان، دوبريج) وتميزت أودية هذه الأحواض بتكوين مراوح فيضية وقريبة نسبياً على واجهة الجبل وهذا دليل على اعتدال نشاطها التكتوني.
- ٣- أحواض منخفضة النشاط التكتوني الصنف (٣) الذي يمثل القيم التي تقل عن (٣٠٠)، وتضم هذه الفئة باقي الأحواض والبالغة (١٤) حوضاً ماعدا الأحواض السابقة الذكر، وتتميز هذه الأحواض بأنخفاض نشاطها التكتوني.

### ١-٤- مؤشر تعرج مقدمة الجبل (Smf) Sinuosity mountain front index

يعد مؤشر (Smf) من المقاييس الجيومورفولوجية التي تستخدم على نطاق واسع لمعرفة النشاط الزلزالي في المنطقة، إذ يعكس حالة التوازن بين عمليات الرفع من جهة وعمليات التعرية الناتجة من الجداول من جهة أخرى، والتي تؤدي إلى تشكيل شذوذ في طبوغرافية الواجهة الجبلية، ونتيجة التنشيط التكتوني ومع مرور الوقت ينشأ وضع طبوغرافي متعرج، وبذلك يعد مؤشر (Smf) انعكاساً لحالة التوازن بين عمليات التعرية والقوى التكتونية المشكلة لواجهة الجبل. ويعبر عن مؤشر (Smf) رياضياً بالمعادلة الآتية.

$$Smf = Lmf / Ls$$

إذ أن

$$Lmf = \text{طول مقدمة الجبل بشكل متعرج}$$

$$Ls = \text{طول الخط المستقيم لواجهة الجبل}$$

وقد صنف (Bull and Mcfadden 1977) هذا المؤشر إلى ثلاثة أصناف بحسب النشاط التكتوني وكما في الجدول (٧) فإذا كانت قيم المؤشر (Smf) تتراوح بين (٣ - ٥) فأنها تشير إلى عمليات تكتونية نشطة (عمليات تعرية ووعورة وتعرج مقدمة الجبل)، وإذا تراوحت بين (٣ - ١,٦) فأنها تدل على نشاط تكتوني متوسط، أما إذا تراوحت بين (١,٦ - ١) فأنها تدل على عمليات تكتونية منخفضة نسبياً.

## نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية

جدول (٧) أصناف المؤشر الجيومورفولوجي (Smf)

Ranges	Class	Degree
٥ - ٣	١	High
١,٦ - ٣	٢	Moderate
١,٦ - ١	٣	Low

Bull. W. B. and mcfadden, 1977, op.cit, p.120.

ومن خلال تطبيق قياسات المؤشر الجيومورفولوجي (Smf) على الأحواض المائية لمنطقة الدراسة، إذ اتضح بأن هناك ثلاثة أصناف تبعاً لنشاطها التكتوني، وكما في الجدول (٨) والخارطة (٥) وهذه الأصناف هي:-

- ١- أحواض عالية النشاط التكتوني الصنف (١) الذي يمثل القيم التي تتراوح بين (٥ - ٣) وتضم (٩) أحواض هي (النفط و حران و شوشرين و كلال بدرة و الجباب و ناشرين و قره تبه و الطيب و دويريج) وتتميز هذه الأحواض بنشاطها التكتوني الذي يؤدي بدوره الى نشاط عمل الأنهار وتجديد الشباب الناتج عن عمليات الرفع التكتوني الذي يزيد من عمليات التعرية على واجهة الجبل وبمرور الوقت ينشأ وضع تضاريسي متعرج اي تؤدي الى شذوذ طبوغرافي لواجهة الجبل، وهو بذلك يعكس التوازن بين التعرية والقوى التكتونية المشكلة لواجهة الجبل.
- ٢- أحواض متوسطة النشاط التكتوني الصنف (٢) الذي يمثل القيم التي تتراوح بين (٣ - ١,٦) وتضم (٥) أحواض هي (طلحة و ترساق و سرخر و الزعفران و ابو غريبات).
- ٣- أحواض منخفضة النشاط التكتوني الصنف (٣) الذي يمثل القيم التي تتراوح بين (١ - ١,٦) وتضم (٨) أحواض هي (ذراع و هشيمة و الحوض الشمالي و سره خاتون و جلات و خويسه و الشكاك و الحوض الجنوبي).

## نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية

جدول (٨) تقييم النشاط التكتوني لمنطقة الدراسة حسب نتائج المؤشر الجيومورفولوجي (Smf)

Degree	Class	Smf	Ls	Lmf	Name
High	١	٣,٢	٣٠,٥	٩٩,٣	النفط
High	١	٤,٢	١١	٤٦,٨	حران
Moderate	٢	١,٨	١٨,٨	٣٥,٤	طلحة
Low	٣	١,١	١١,٥	١٣	ذراع
Moderate	٢	٢,٢	١١,٢	٢٥,٣	ترساق
High	١	٤,٢	١٠,٧	٤٥,٥	شوشرين
Low	٣	١,٦	١٧,٤	٢٨,٢	هشيمة
High	١	٤	٢٣,١	٩٤,٢	كلال بدره
Moderate	٢	٢,٤	٥,٢	١٢,٦	سرخر
High	١	٣,١	٨	٢٥,٤	الجباب
Low	٣	١,٢	٢٠	٢٥	الحوض الشمالي
Moderate	٢	١,٦	١٨,٩	٣١,٦	الزعفران
High	١	٣,٦	١١,٥	٤١,٧	ناشريان
Low	٣	١,٤	١٠,٨	١٥,٨	سره خاتون
High	١	٣,٢	٦,٢	٢٠,١	قره تبه
Low	٣	١,٣	١٤,٢	١٨,٦	جلات
Low	٣	١,٤	١٣,٥	١٩,٨	خويسه
High	١	٤,٣	١٤	٦٠,٩	الطيب
Moderate	٢	١,٦	١٥,٧	٢٥,٦	ابو غريبات
Low	٣	١,٣	١٨,٨	٢٥	الشكاك
High	١	٤,٥	٣٦,٢	١٦٣,٩	دويريج
Low	٣	١,١	٢,٨	٣,٣	الحوض الجنوبي

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على: ١- نموذج الارتفاع الرقمي باستخدام Arcgis10.8

2- Bull.w.B. and Mcfadden L. D, Tectonic geomorphology north and south of the Garlock fault, California, Ed. D. O. Doehring, 1977, p120.

### ١-٥- مؤشر عرض الوادي الى ارتفاع الوادي (VF) Floor width to valley height ratio valley

يعكس مؤشر (VF) مدى تأثر اشكال الأودية التي تكون على شكل حرف (V) و (U) من خلال التباين في فعالية العمليات التكتونية (Tectonic Process) ، الذي يوضح شدة عمليات التعرية والارساب، ويتم ذلك من معرفة الفرق بين ارضية الأودية التي على شكل حرف (V)، والتي تكونت عندما يكون أنحدار عال للوادي في مرحلة الشباب وتشكلت عال استجابة لارتفاع معدل التنشيط التكتوني لصخور القاعدة (الطبقة التحت السطحية) وقد ابرزت نتائجه من خلال شكل الوادي، وبين ارضية الأودية

## نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية

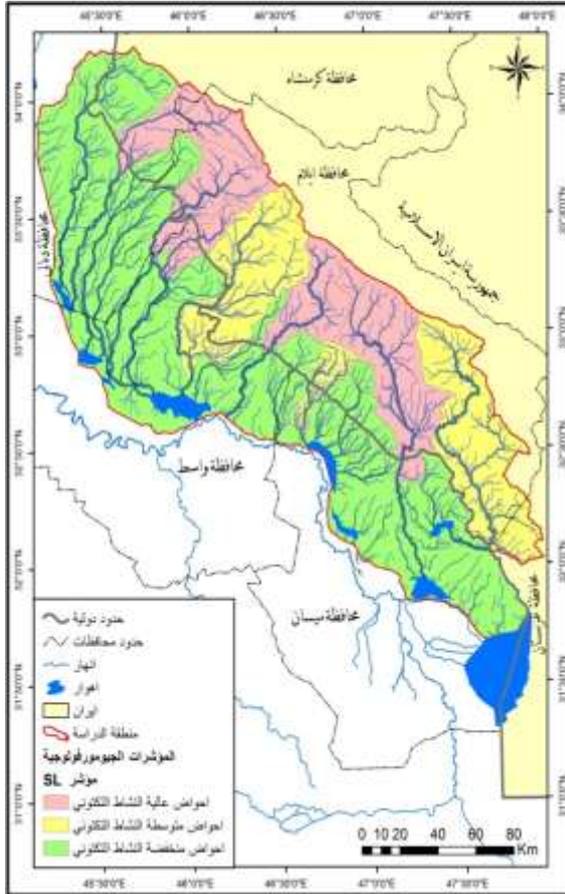
التي على شكل حرف (U) عندما يقل الأندحار وتزداد التعرية الجانبية للأودية المنحدرة أسفل التلال مما يعكس انخفاضاً في شدة النشاط التكتوني، وسيادة العمليات النهرية (التعرية والنقل والارساب). ويعبر عن مؤشر (VF) رياضياً بالمعادلة الآتية:-

$$VF = 2VFw / [(Eld - Esc) + (Erd - Esc)]$$

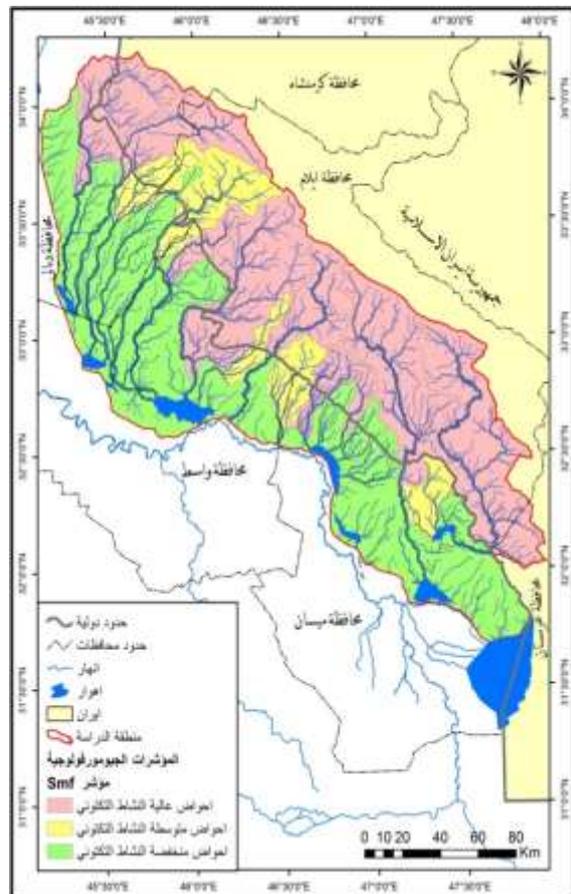
إذ أن:

VFw = عرض ارضية الوادي

خارطة (٦) مؤشر تعرج مقدمة الجبل (Smf)



خارطة (٥) مؤشر طول المجرى ودرجة أنحداره (SL)



المصدر :- من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات الجدولين (٦) و (٨) ومخرجات برنامج Arcgis 10.8

Eld = ارتفاع القسم الايسر للوادي

Erd = ارتفاع القسم الايمن للوادي

## نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية

Esc = ارتفاع ارضية الوادي

وتشير قيم المؤشر (VF) الى مدى فاعلية النشاط التكتوني، فإذا قلت قيمة المؤشر عن (٠,٥) دلت على شدة النشاط التكتوني ومن ثم أنعكاسه على شكل الوادي الذي يقترب من الحرف (V)، اما إذا ارتفعت قيمة المؤشر عن (١) فأنها تشير الى تكتونية ضعيفة ومن ثم تنعكس على شكل الوادي الذي يقترب من الحرف (U). ولأجل الحصول على نتائج دقيقة لهذا المؤشر فقد تم استخراج مقاطع عرضية لجميع المجاري المائية الرئيسية عند نقطة خروجها من المناطق المرتفعة، فضلاً عن استخراج عناصر هذه المعادلة وتطبيقها على جميع الأودية النهرية، ومن الجدير بالذكر أن نتائج هذا المؤشر تعكس طاقة التصريف ومدى مقاومة صخور القاعدة لعمليات التعرية، إذ تزداد قيم المؤشر (VF) كلما تقدمنا نحو منطقة نهاية الأودية (المصب) مما يعكس تكتونية ضعيفة، وتتنخفض قيم المؤشر كلما تقدمنا نحو المنبع مما يعكس تكتونية عالية. وتم الاعتماد على المعيار الذي يستخدم في معرفة نسبة التنشيط التكتوني لأجراء تصنيف لها حسب تصنيف (verrios and kokalas 2004) الذي صنفها الى ثلاثة أصناف وكما في الجدول (٩)

ومن خلال تطبيق قياسات ومعادلة المؤشر الجيومورفولوجي (VF) على الأودية النهرية الرئيسية لمنطقة الدراسة، اتضح أن هناك ثلاثة أصناف تبعاً لنشاطها التكتوني، وكما في الجدول (١٠) والخارطة (٦) وهذه الأصناف هي:-

جدول (٩) أصناف المؤشر الجيومورفولوجي (Vf)

Ranges	Class	Degree
اقل من ٠,٥	١	High
٠,٥ - ١	٢	Moderate
اكبر من ١	٣	Low

Verrios,Z. and kokalas, morphotectonic Analysis in the Eliki fault Zone (Gulf of Corinth, Greece), Bulletin of The Geological Society of Greece international Congress, 2004, p1708.

نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية

جدول (١٠) تقييم النشاط التكتوني لمنطقة الدراسة حسب نتائج المؤشر الجيومورفولوجي (VF)

Degree	Class	VF	Eld(m)	Erd(m)	Esc(m)	VFW(m)	Name
moderate	٢	٠,٥	١٧٠	١٨٠	١٢٥	٢٥	النفط
High	١	٠,٤	٢٥٠	٢٥٠	١٥٠	٤٠	حزان
Moderate	٢	٠,٥	٣٠٠	٢٨٠	٢٢٠	٣٥	طلحة
Low	٣	١,٨	٣٠٠	٣٠٠	٢٨٢	٣٠	ذراع
High	١	٠,٢	٣٩٠	٤٠٠	٣٠٠	٢٥	ترساق
High	١	٠,٣	٣٣٠	٣٤٠	٢٧٠	٢٠	شوشرين
Low	٣	٤,٤	١٧٥	١٨٠	١٦٥	١٠٠	هشيمة
High	١	٠,٢	٥٤٠	٥٥٠	٢٧٠	٥٥	كلال بدره
Low	٣	١,٧	١٠٠	٩٥	٨٠	٣٠	سرخر
High	١	٠,٢	٦٠٠	٦٠٠	٤٤٠	٤٠	الجباب
Low	٣	٥	٧٠	٧٠	٦٠	٥٠	الحوض الشمالي
Low	٣	١,٦	١٣٠	١٤٠	١٠٥	٥٠	الزعفران
Moderate	٢	٠,٨	١٢٠	١٢٠	٧٠	٤٠	ناشريان
Low	٣	٢	١١٥	١١٥	١٠٠	٣٥	سره خاتون
Moderate	٢	٠,٨	١١٠	١٢٠	٨٥	٢٥	قره تبه
Low	٣	١,٧	١٢٠	١٢٥	١٠٠	٤٠	جلات
Low	٣	٢	١١٥	١١٥	٨٠	١٠٠	خويسه
High	١	٠,٣	٤٩٠	٤٨٠	٢٨٠	٧٥	الطيب
Low	٣	٣,٣	٩٠	٩٠	٧٥	٥٠	ابو غريبات
Low	٣	٣,٤	٤١	٤٢	٣٠	٤٠	الشكاك
High	١	٠,٢	٥٠٠	٥٠٠	٣٠٠	٥٠	دويريج
Low	٣	٦	١٨	١٨	١٠	٥٠	الحوض الجنوبي

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على

١- نموذج الارتفاع الرقمي ومخرجات برنامج Arcgis 10.8

2- Verrios.Z. and kokalas, op cit, 2004, p1708.

١- أحواض عالية النشاط التكتوني الصنف (١) الذي يمثل القيم التي تقل عن (٠,٥)، وتضم هذه الفئة (٧) أحواض هي (حزان، ترساق، شوشرين، كلال بدره، الجباب، الطيب، دويريج).

## نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية

٢- أحواض متوسطة النشاط التكتوني الصنف (٢) الذي يمثل القيم التي تتراوح بين (١ - ٠,٥) وتضم (٤) أحواض هي (النفط، طلحة، ناشران، قره تبه).

٣- أحواض منخفضة النشاط التكتوني الصنف (٣) الذي يمثل القيم التي تزيد عن (١) وتضم هذه الفئة (١١) حوضاً هي (ذراع، هشيمة، سرخر، الحوض الشمالي، الزعفران، سره خاتون، جلات، خويسة، ابو غريبات، الشكاك، الحوض الجنوبي).

### ١-٦- مؤشر شكل الحوض (Bs) Basin Shaps index

تميل أحواض الصرف المائي الاحداث نسبياً في المناطق التكتونية النشطة الى أن تكون أكثر استطالة من شكلها الطبيعي في المنحدر الطبوغرافي للجبل إذ يميل الشكل الاستطالي الى أن يتطور أكثر الى الشكل الأكثر استدارة. إذ يعد من المؤشرات المورفومترية التي تستخدم في بيان تأثير الحركات التكتونية على شكل الأحواض المائية ومدى اقترابها من الشكل المستطيل، ويعبر عنه بالمعادلة الآتية:-

$$Bs = BL / BW$$

إذ أن:

$$Bs = \text{شكل حوض التصريف}$$

$$BL = \text{طول الحوض}$$

$$BW = \text{عرض الحوض}$$

يستخدم هذا المؤشر للدلالة عن الاختلافات الشكلية لأحواض منطقة الدراسة، إذ تشير القيم العالية لهذا المؤشر (Bs) على لوجود نشاط تكتوني عالي اي كلما اقترب الشكل من المستطيل، في حين أن انخفاض قيمة المؤشر (Bs) تشير الى عدم حصول نشاط تكتوني اي كلما اقترب الحوض من الشكل الدائري. وتم الاعتماد على التصنيف العالمي لإجراء تصنيف الأحواض منطقة الدراسة بحسب نشاطها التكتوني، وكما في الجدول (١١).

جدول (١١) أصناف المؤشر الجيومورفولوجي (Bs)

Ranger	Class	Degree
أكثر من ٤	١	High
٤ - ٢	٢	Moderate
أقل من ٢	٣	Low

المصدر: محمد نجم خلف، سعد محمد جاسم، مورفوتكتونية حوض وادي شيشين - جنوب غرب تكريت،

مجلة اداب الفراهيدي، جامعة تكريت، العدد (١٢)، ٢٠٢٠، ص ٣٦٦

## نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية

جدول (١٢) تقييم النشاط التكتوني لمنطقة الدراسة حسب نتائج المؤشر الجيومورفولوجي (Bs)

Degree	Class	Bs	BW	BL	Name
Low	٣	٢,٧	٣٠,٥	٨٤,٥	النفط
High	١	٥,٤	١٩,٦	١٠٧	حزان
Moderate	٢	٣,٤	١٧,٥	٦٠	طلحة
High	١	٦,٢	١٠,٩	٦٧,٧	ذراع
High	١	٤,٣	١٨,٥	٨٠,٥	ترساق
High	١	٥,٢	١٠,٢	٥٣,٦	شوشرين
Low	٣	٢,٤	١٥,٢	٣٧,٣	هشيمة
High	١	٤,١	٢٧,٤	١١٣,٨	كلال بدره
High	١	١١,٨	٥	٥٩,٣	سرخر
Moderate	٢	٣,٩	١٨	٧٠,٥	الجباب
Moderate	٢	٣,٢	٤٧,٥	١٥٢,٩	الحوض الشمالي
Low	٣	٢,٦	١٨,٧	٤٩,٥	الزعفران
High	١	٤,٥	١٠,٩	٥٠	ناشريان
Moderate	٢	٣,٧	٩,٨	٣٧,٢	سره خاتون
Moderate	٢	٣,٢	٨,٥	٢٧,٣	قره تبه
Low	٣	٢,٩	١١,٤	٣٤,١	جلات
Low	٣	٢,٤	١٣,٥	٣٣,٦	خويسه
High	١	٤,٧	٢٥,٧	١٢١,٢	الطيب
Moderate	٢	٣,١	١٣,٩	٤٣,٣	ابو غريبات
Low	٣	١,٣	١٢,٣	١٦,٧	الشكاك
High	١	٤,٩	٢٤,٢	١٢٠,٥	دويريج
High	١	٤,٨	٣٢	١٥٦,٣	الحوض الجنوبي

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على: ١- نموذج الارتفاع الرقمي باستخدام برنامج Arcgis 10.8

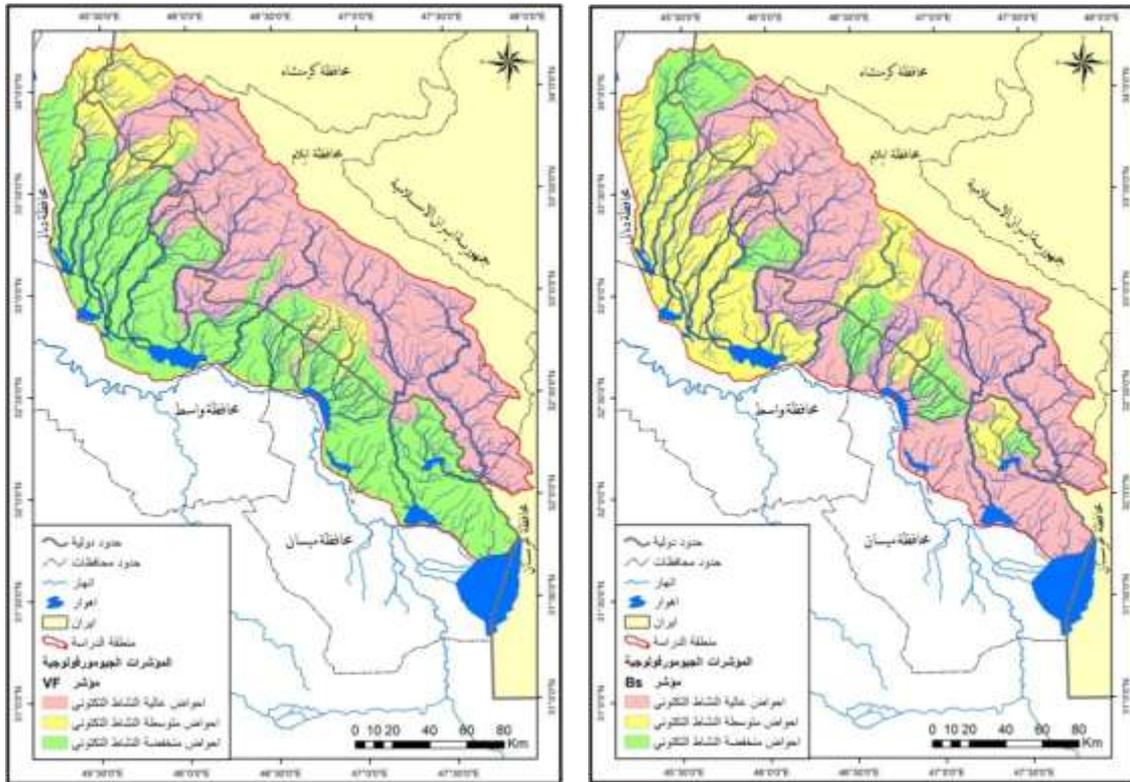
٢- محمد نجم خلف وسعد محمد جاسم، مورفوتكتونية حوض وادي شيشين - جنوب غرب تكريت، مصدر سابق، ص ٣٦٦.

ومن خلال تطبيق القياسات ومعادلة المؤشر الجيومورفولوجي (BS) على الأحواض النهرية لمنطقة الدراسة، إذ اتضح بأن هناك ثلاثة أصناف تبعاً لنشاطها التكتوني، وكما في الجدول (١٢) والخارطة (٧) وهذه الأصناف هي:

## نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية

- ١- أحواض عالية النشاط التكتوني الصنف (١) الذي يمثل القيم التي تزيد عن (٤)، وتضم هذه الفئة (١٠) أحواض هي (حزان، ذراع، ترساق، شوشرين، كلال بدره، سرخر، ناشريان، الطيب، دويريج، الحوض الجنوبي)، وتميزت هذه الأحواض باستطالتها وهذا دليل على نشاطها التكتوني.
- ٢- أحواض متوسطة النشاط التكتوني الصنف (٢) الذي يمثل القيم التي تتراوح بين (٢-٤) وتضم هذه الفئة (٦) أحواض هي (طلحة، الجباب، الحوض الشمالي، سره خاتون، قرة تبه، ابو غريبات).
- ٣- أحواض منخفضة النشاط التكتوني الصنف (٣) الذي يمثل القيم التي تتخفف عن (٢) وتضم هذه الفئة (٦) أحواض هي (النفط، هشيمة، الزعفران، جلات، خويسه، الشكاك) وتتميز هذه الأحواض بقربها من الاستدارة، وهذا دليل على انخفاض نشاطها التكتوني.

خارطة (٧) مؤشر عرض الواد الى ارتفاع الوادي (VF) خارطة (٨) مؤشر شكل الحوض (Bs)



المصدر :- من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات الجدولين (١٠) و(١٢) ومخرجات برنامج Arcgis 10.8

## نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات الجيومورفوتكتونية والبؤر الزلزالية

### ١-٧- مؤشر التصنيف النهائي لمحصلة المؤشرات (RAT) Relative Tectonic Active

يتضمن مؤشر (RAT) تجميع تصانيف المؤشرات الجيومورفولوجية السابقة، إذ يعكس نسبة التنشيط التكتوني لجميع المؤشرات ولجميع أحواض منطقة الدراسة التي تم استنباطها من نموذج الارتفاع الرقمي (DEM)، والتي ستعطي صورة واضحة عن تأثير قيم المؤشرات الجيومورفولوجية بالأنشطة التكتونية، إذ تهدف الى عطاء تصنيف نهائي لجميع المؤشرات التي تمثل المحصلة النهائية لجميع التصانيف السابقة، وذلك من خلال المعادلة الرياضية الآتية:

$$RAT = S / N$$

إذ أن:

RAT = التصنيف النهائي لمحصلة مؤشرات النشاط التكتوني

S = مجموع رقم صنف المؤشر لكل حوض مائي

N = عدد المؤشرات

وقد تم الاعتماد على تصنيف (Keller and Pinter 2002) الذي صنف هذا المؤشر الى اربعة أصناف حسب النشاط التكتوني، وكما في الجدول (١٣)، فإذا تراوحت بين (١,٥ - ١) دلت على نشاط تكتوني عالي جداً، وإذا ارتفعت عن (٢,٥) دلت على انخفاض النشاط التكتوني.

جدول (١٣) درجات التصنيف للمؤشرات التكتونية (RAT)

Ranges	Class	Degree
١ - ١,٥	١	Very high
١,٥ - ٢	٢	High
٢ - ٢,٥	٣	Moderate
أكبر من ٢,٥	٤	Low

Keller. E. A. and Pinter, N, Active tectonics, Earth quakes, uplift and land scape, edition, New Jersey, Prentice, Hall, 2002, p125.

ومن خلال تطبيق نتائج المؤشرات ومعادلة المؤشر الجيومورفولوجي (RAT) على جميع الأحواض المائية لمنطقة الدراسة، اتضح أن هناك اربعة أصناف حسب نشاطها التكتوني، وكما في الجدول (١٤) والخارطة (٨). وهذه الأصناف هي:-

## نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية

جدول (١٤) التصانيف النهائية لمعادلات المؤشرات الجيومورفولوجية (RAT)

Degree	Class	Dd	Da	Name
Moderate	٣	٢,٣	١٤	النفط
Very high	١	١,٥	٩	حران
High	٢	٢	١٢	طلحة
Moderate	٣	٢,٣	١٤	ذراع
High	٢	١,٨	١١	ترساق
Very High	١	١,٣	٨	شوشرين
Moderate	٣	٢,٥	١٥	هشيمة
Very High	١	١,٣	٨	كلال بدره
Moderate	٣	٢,١	١٣	سرخر
Very high	١	١,٥	٩	الجباب
Low	٤	٢,٥	١٥	الحوض الشمالي
Low	٤	٢,٦	١٦	الزعفران
High	٢	١,٦	١٠	ناشريان
Moderate	٣	٢,٣	١٤	سره خاتون
Moderate	٣	٢,٣	١٤	قره تبه
Low	٤	٢,٦	١٦	جلات
Moderate	٣	٢,٣	١٤	خويسه
Very high	١	١,٣	٨	الطيب
High	٢	٢	١٢	ابو غريبات
Moderate	٣	٢,٣	١٤	الشكاك
Very high	١	١,٥	٩	دويريج
Low	٤	٢,٥	١٥	الحوض الجنوبي

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على:- ١- جداول المؤشرات السابقة.

2- keller. E. A, and pinter.N, 2002, op.cit, p125.

- ١- أحواض عالية النشاط التكتوني جداً الصنف (١) الذي يمثل القيم التي تتراوح بين (١,٥ - ١) وتضم هذه الفئة (٦) أحواض هي (حران، شوشرين، كلال بدره، الجباب، الطيب، دويريج).
- ٢- أحواض عالية النشاط التكتوني الصنف (٢) الذي يمثل القيم التي تتراوح بين (٢ - ١,٥) وتضم هذه الفئة (٤) أحواض هي (طلحة، ترساق، ناشريان، ابو غريبات).
- ٣- أحواض متوسطة النشاط التكتوني الصنف (٣) الذي يمثل القيم التي تتراوح بين (٢,٥ - ٢) وتضم هذه الفئة (٨) أحواض هي (النفط، ذراع، هشيمة، سرخر، سره خاتون، قره تبه، خويسه، الشكاك).

## نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية

٤- أحواض منخفضة النشاط التكتوني الصنف (٤) الذي يمثل القيم الأكبر من (٢,٥) وتضم هذه الفئة (٤) أحواض هي (الحوض الشمالي، الزعفران، جلات، الحوض الجنوبي).

### ١-٨- نمذجة المؤشرات الجيومورفولوجية النهائية (RAT)

بعد اجراء التصنيف النهائي لمؤشرات التنشيط التكتوني (RAT) تم اجراء نمذجة لها، لمعرفة الأنطقة التكتونية النشطة والأنطقة التكتونية المنخفضة النشاط، وقد تبين أن هناك اربعة أصناف لأنطقة النشاط التكتوني، وكما في الجدول (١٥) وكما في الخارطة (٩).

واتضح أن أنطقة النشاط التكتوني تتطابق مع الأنطقة البنيوية بشكل كبير، بالاضافة الى تطابقها مع الوحدات التضاريسية الرئيسية في المنطقة بشكل كبير، وهذا دليل على وجود علاقة بين الأنطقة البنيوية والأنطقة التكتونية والأنطقة التضاريسية، إذ أن نتيجة لعمليات النشاط التكتوني الرفع والأندفاع أدى الى تكوين نطاق الطيات العالية ذات النشاط التكتوني المرتفع جداً. وهذه الأصناف هي:-

جدول (١٥) مساحات ونسب وأصناف أنطقة النشاط التكتوني

النطاق	الصنف	المساحة كم <sup>٢</sup>	النسبة %
جداً عالي النشاط	١	٩٢٩٩,٩	٢٧,١
عالي النشاط	٢	٥٧٦١,٦	١٦,٨
متوسط النشاط	٣	٦٨٥٨,٧	٢٠
منخفض النشاط	٤	١٢٣٠٥,٩	٣٥,٩
المجموع	-	٣٤٢٢٦	٩٩,٩

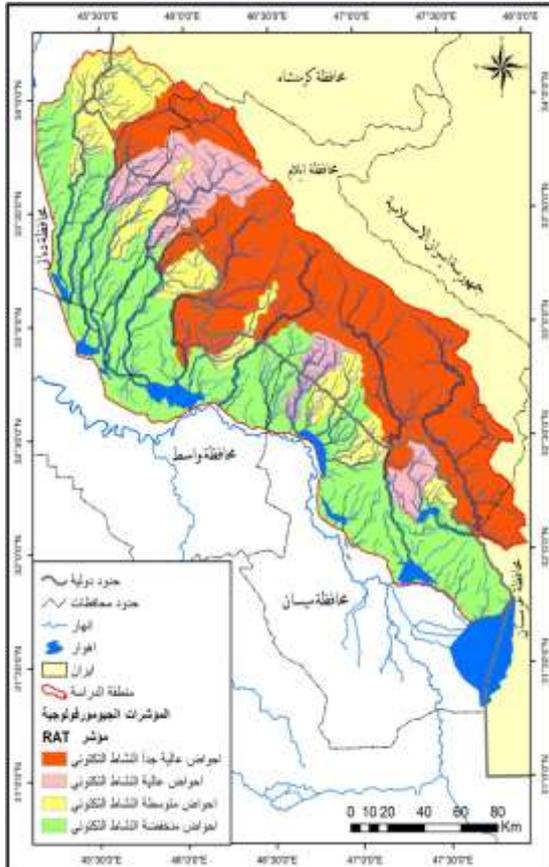
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج Arc gis 10.8

- ١- نطاق النشاط العالي جداً الصنف (١) وتبلغ مساحته (٩٢٩٩,٩) كم<sup>٢</sup> وبنسبة (٢٧,١)% من مساحة منطقة الدراسة، ويتمثل في نطاق الطيات العالية، وضمن حزام السليمانية - زاخو وحزام سنجار.
- ٢- نطاق النشاط التكتوني العالي الصنف (٢) وتبلغ مساحته (٥٧٦١,٦) كم<sup>٢</sup> وبنسبة (١٦,٨)% من مساحة منطقة الدراسة، ويتمثل في نطاق الطيات الواطئة، وضمن حزام حميرين.
- ٣- نطاق النشاط التكتوني المتوسط الصنف (٣) وتبلغ مساحته (٦٨٥٨,٧) كم<sup>٢</sup> وبنسبة (٢٠)% من مساحة منطقة الدراسة، ويتمثل ضمن نطاق الاراضي السهلية، وضمن حزام تكريت عمارة.
- ٤- نطاق النشاط التكتوني المنخفض الصنف (٤) وتبلغ مساحته (١٢٣٠٥,٩) كم<sup>٢</sup> وبنسبة (٣٥,٩)% من مساحة منطقة الدراسة ويتمثل ايضاً ضمن نطاق الاراضي السهلية، في ضمن حزام تكريت عمارة.

## نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية

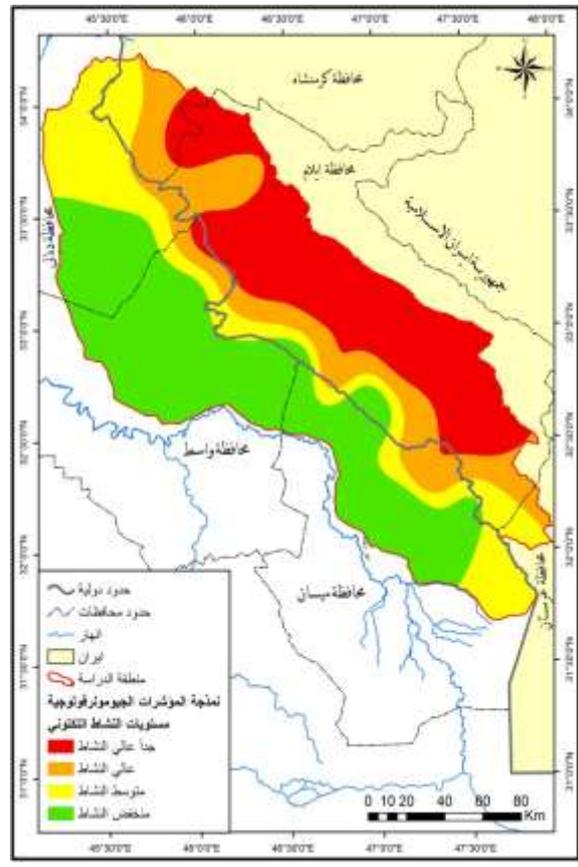
خارطة (١٠)

نمذجة التصنيف النهائي لمحصول المؤشرات (RAT)



خارطة (٩)

مؤشر التصنيف النهائي لمحصول المؤشرات (RAT)



المصدر :- من عمل الباحث بالاعتماد عل بيانات الجدول (١٤) ومخرجات برنامج Arcgis 10.8

### ٢- النمذجة المكانية للأنشطة الزلزالية

تعد الزلازل احد المخاطر الطبيعية التي تسبب حركة المواد الارضية وتدمير الشبكات المائية وتحطم طرق المواصلات وتقطع وتخرب الجسور، وتسبب تداعي المنازل والمنشآت العمرانية، إذ شهدت السنوات الاخيرة هزات ارضية يرصد بعضها في الصفيحة العربية وبعضها الاخر قريب منها في ضمن الحدود التركية والايرونية.

الهزة الارضية Earthquakes هي عملية اهتزاز سطح الارض نتيجة لتحرر طاقة الاجهاد المتجمعة في الصخور على شكل موجات مرنة والنتيجة من العوامل الطبيعية المختلفة في داخل الارض وينعكس تحرر هذه الطاقة بشكل يتراوح بين اهتزازات خفيفة لا يتحسها سوى جهاز حساس جداً (Seismograph) وبين اهتزازات عنيفة تسبب مختلف الاضرار والدمار. تنطلق تلك الموجات الاهتزازية

## نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية

من بؤرة الزلازل العميقة، إذ تتحرك تلك الموجات عمودياً نحو سطح الارض من منطقة بؤرة الزلازل، وتختلف زاوية تلك الامواج بالابتعاد عن تلك البؤرة اي تزداد بزيادة المسافة، فقد تكون حركة الارض في البؤرة حركة رأسية أو عمودية، في حين تكون الحركة تموجية في المناطق البعيدة عن البؤرة اي تقل الحركة الاهتزازية بالابتعاد عن بؤرة الزلازل.

أن دراسة الزلازل والقيام بالقياسات الضرورية لمعرفة مكان حدوث الزلازل وقوته ودراسة اثاره المدمرة والتعرف على خصائص الامواج الاهتزازية كلها امور حيوية واسباسية للإنسان، لأنها تعطينا الصورة الحقيقية عن شدة الزلازل ودرجة مخاطرها وما يجب أن يعمل للتخفيف من اضرارها.

كما تعد دراسة الزلازل والاطار المرتبطة بها من اهم الدراسات المتعلقة بالأخطار الجيومورفولوجية، ويرجع ذلك الى فجائية الزلازل وارتفاع نسبة تكرارها. فلا يمكن توقع أين ومتى تحدث الزلازل وما مقدار قوتها، وعلى الرغم من وجود العديد من الدراسات الا أنها غير قادرة على تحديد موقع أو وقت حدوث الزلازل بدقة.

وقد بلغ عدد الهزات الارضية في منطقة الدراسة (٢٧٠٠) هزة ارضية خلال (١١) سنة الماضية من (٢٠١٠ - ٢٠٢٠) وهذا ناتج عن وقوعها على خط زلزالي رئيسي نشط.

وقد تباينت في قوتها إذ تراوحت بين (١ - ٧.٣) على مقياس رختر، وكذلك تباينت في اعماق بؤرها الزلزالية إذ تراوحت بين (٣ - ٣٥) كم. ولذلك سوف يتم دراستها بشكل تفصيلي.

### ٢-١- تحليل ونمذجة الزلازل على اساس شدتها

لدراسة الزلازل والقيام بالقياسات الضرورية لمعرفة مكان حدوث الزلازل وقوته ودراسة اثاره المدمرة والتعرف على خصائص الامواج الاهتزازية كلها جوانب حيوية واسباسية للإنسان، لأنها تعطينا الصورة الحقيقية عن شدة الزلازل ودرجة مخاطرها وما يجب أن يعمل للتخفيف من اضرارها.

لذا ظهر العديد من المقاييس لتحديد مقدار القوة الزلزالية واثارها التدميرية على الإنسان والمنشآت البشرية والظواهر الطبيعية، وذلك عن طريق تحديد وتقدير كل من مقدار الزلازل والشدة الزلزالية:-

### ١- مقدار الزلازل Earthquake magnitude

هو مقياس لكمية الطاقة المنطلقة في جميع الاتجاهات من البؤرة الزلزالية، ومن اشهر مقاييس قوة الزلازل هو المقياس الذي وضعه العالم الامريكي تشارلز ريختر (Rechter) سنة ١٩٣٥، إذ تحدد الطاقة المنبعثة بارتفاع اعلى موجه يتم تسجيلها على ورقة السيزموغراف. وتتراوح درجات مقياس رختر بين (٠ - ٩) وكما في الجدول (١٦)، وتباينت القوة الزلزالية في منطقة الدراسة إذ سجل اعلى زلزال خلال

## نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية

المدة (٢٠١٠ - ٢٠٢٠) قوة (٧.٣) على مقياس ريختر بتاريخ (٢٠١٧/١١/١٢) الذي حدث في محافظة كرمشاه غرب إيران وضمن منطقة الدراسة قرب مدينة كيلان غرب، وصنفت الزلازل في منطقة الدراسة على اساس مقياس ريختر وكما في الجدول الآتي:

### جدول (١٦)

تصنيف المقادير الزلزالية Magnitude في منطقة الدراسة حسب مقياس ريختر للفترة (٢٠١٠-٢٠٢٠)

ت	تصنيف الزلازل	المقدار الزلزالي (M)	عدد الزلازل	نسبة %
١	زلزال كارثي	أكثر من ٨	-	صفر
٢	زلزال مدمر جداً	٧ - ٧,٩	١	٠,٠٣
٣	زلزال مدمر	٦ - ٦,٩	٦	٠,٢
٤	زلزال مخرب	٥ - ٥,٩	٢١	٠,٧
٥	زلزال محدود التأثير	٤ - ٤,٩	١٢٣	٤,٥
٦	زلزال ضعيف غير مؤثر	٣ - ٣,٩	٨٩٥	٣٣,١
٧	زلزال لا يحس به احد	اقل من ٣	١٦٥٤	٦١,٢
	مجموع	-	٢٧٠٠	٩٩,٩

**المصدر:** من عمل الباحث بالاعتماد على مقياس ريختر وبيانات وزارة النقل ، الهيئة العامة للأتواء الجوية والرصد الزلزالي، وحدة الرصد الزلزالي، بيانات الهزات الارضية، بيانات غير منشورة، للفترة (٢٠١٠ - ٢٠٢٠).  
وبعد تصنيف الزلازل في منطقة الدراسة حسب تصنيف ريختر يمكن تصنيف الزلازل الى ثلاث فئات حسب تأثيرها:-

أ- الزلازل المدمرة جداً، وتضم هذه الفئة القدرة الزلزالية التي تتراوح بين (٥-٨)، والبالغ عددها (٨) هزات ارضية وبنسبة (١)% وتنتشر هذه الزلازل في المناطق (شرق خأنقين، كيلان غرب، جنوب قصر شيرين، شرق مندلي، ايلام، جنوب ابدأنان، جنوب مورموي).

ب- الزلازل المحدودة التأثير، وتضم هذه الفئة القدرة الزلزالية التي تتراوح بين (٤.٩ - ٤)، والبالغ عددها (١٢٣) هزة ارضية وبنسبة (٤,٥)% وتنتشر هذه الزلازل في المناطق (شرق خأنقين، جنوب قصر شيرين، جنوب شرق مندلي، جنوب بدره، دهلران، مورموي، جنوب سراب باغ) وكما في الخارطة (١٠) والجدول (١٧).

ج- الزلازل لغير مؤثرة، وتضم هذه الفئة القدرة الزلزالية التي تقل عن (٣.٩)، والبالغ عددها (٢٥٤٩) هزة ارضية وبنسبة (٩٤.٤)% وتنتشر هذه الزلازل في جميع الاماكن وتتركز في (شرق خأنقين و مندل و بدره وشرق علي الغربي قرب الحدود و مورموي).

## نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية

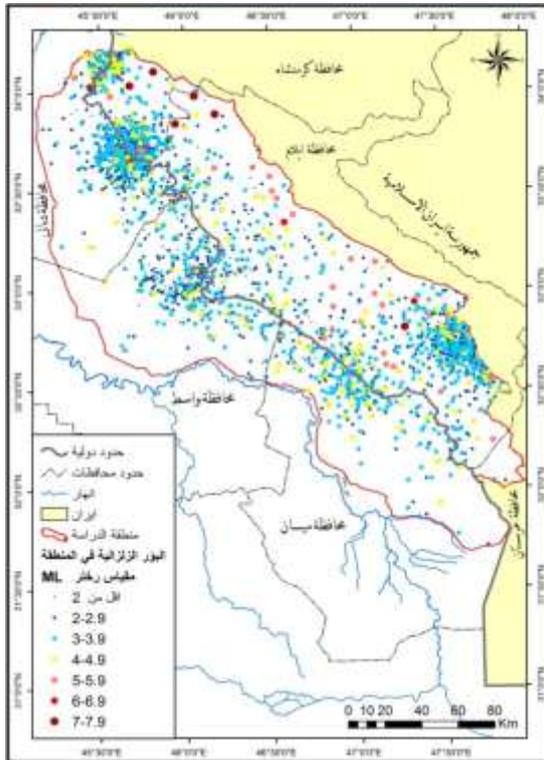
جدول (١٧) أصناف واعدادها الزلازل في المنطقة

تصنيف الزلازل	المقدار الزلزالي	عدد الزلازل	النسبة %	الموقع
المدمره جداً	٥ - ٨	٢٨	١	شرق خانتقين - كيلاّن غرب - قصر شيرين - شرق مندلي - ايلام - جنوب ابدأنان - جنوب مورموي
المحدودة التأثير	٤ - ٤,٩	١٢٣	٤,٥	شرق خانتقين - جنوب قصر شيرين - جنوب شرق مندلي - جنوب بدره - دهلران - مورموي - جنوب سراب باغ
الغير مؤثرة	اقل من ٣,٩	٢٥٤٩	٩٤,٤	شرق خانتقين - مندلي - بدره - شرق علي الغربي قرب الحدود - مورموي

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للأتواء الجوية والرصد الزلزالي، وحدة الرصد الزلزالي، الهزات الارضية، بيانات غير منشورة، (٢٠١٠ - ٢٠٢٠).

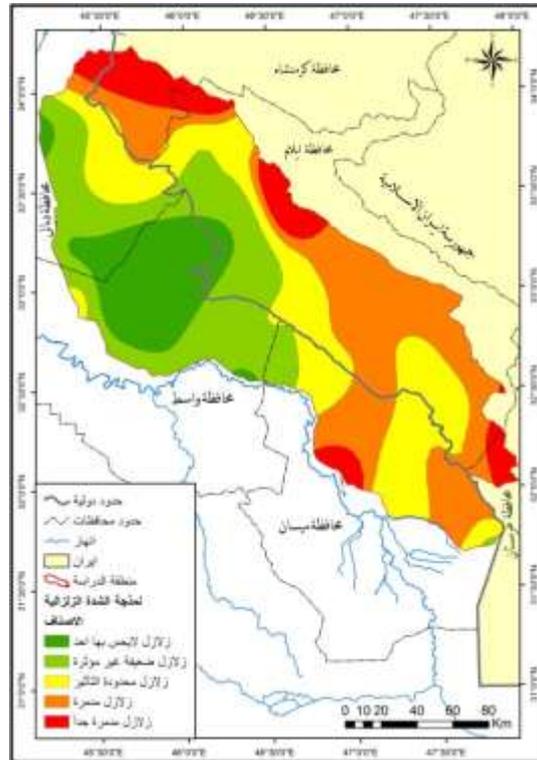
خارطة (١٢)

نمذجة البؤر الزلزالية حسب مقياس ريختر



خارطة (١١)

تصنيف البؤر الزلزالية حسب مقياس ريختر



المصدر :- من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للأتواء الجوية والرصد الزلزالي، وحدة الرصد الزلزالي، الهزات الارضية، بيانات غير منشورة، (٢٠١٠ - ٢٠٢٠). ومخرجات برنامج Arcgis 10.8

## نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية

### ٢- الشدة الزلزالية Earthquake Intensity

شدة الهزة الارضية هي تعبير رقمي وصفي لمدى تأثير الزلازل على الأنسان ومنشأته، وبعبارة اخرى هي مقدار الضرر البشري والمادي الذي يخلفه الزلزال. واشهر هذه المقاييس الوصفية وأكثرها استخداماً مقياس ميركالي (Mercalli) الذي وضعه عام ١٩١٧م ولقد تم تعديل هذا المقياس، وهو يحدد شدة الزلزال بعدد من الدرجات تصل الى (١٢) درجة، وتختلف شدة الزلزال حسب القرب أو البعد عن البؤرة الزلزالية فكلما ابتعدنا عن بؤره أو مركز الزلزال تقل الشدة الزلزالية والعكس صحيح، فالأمواج الزلزالية تبدأ صغيرة القطر شديدة التدمير في المركز ثم تزداد اتساعاً وتندني طاقتها تدريجياً الى أن تتلاشى تماماً. وكما في الجدول (١٨) .

جدول (١٨) شدة الهزات الارضية حسب مقياس مركالي المعدل مع مقارنتها الزلزالي بمنطقة الدراسة

ض ١	تأثر الاشخاص	تأثر البنائيات الضعيفة	تأثر البنائيات القوية	التأثيرات الاخرى	المقدار الزلزالي	عدد الزلازل	النسبة %
١	لا يشعر بها الا عدد قليل جداً وتحت ظروف خاصة	لا تتأثر	لا تتأثر	-	اقل من ١	١٤	٠,٥
٢	يشعر بها عدد قليل وفي حالة السكون	لا تتأثر	لا تتأثر	تأرجح الاجسام الرقيقة المعلقة	اقل من ٢	٢٠٦	٧,٦
٣	يشعر بها بوضوح الموجودين في البنائيات	لا تتأثر	لا تتأثر	يمكن حساب المدة التي تستغرقها الهزة	٢,٨	١٠٠٥	٣٧,٢
٤	ايقاض الاشخاص النائمون في البنائيات	سقوط طلاء المنازل	لا تتأثر	تأرجح العريبات، صرير الشبابيك والابواب	٤,٣	١٣٨٢	٥١,١
٥	يشعر بها بصورة عامة	تحطيم المداخل وسقوط طلاء الجدران	لا تتأثر	تكسر الأواني وزجاج الشبابيك وتوقف الساعات البندولية	٥	٦٥	٢,٤
٦	يشعر بها الجميع وفي كل الحالات	تدمير متوسطة	لا تتأثر	تحرك الاثاث وسقوط بعض الاشياء	٥,٢	١٢	٠,٤
٧	الجميع يخرجون خارج البنائيات ويشعر بها في العريبات المتحركة	تهديم كبير تخريب عام	لا تتأثر	يمكن ملاحظة الامواج في البرك المائية وسقوط ضفاف الأنهار شديدة الانحدار	٥,٨	٨	٠,٣

## نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية

٠,١	٥	٦,٢	سقوط النصب التذكارية والجدران، وأنقلاب الاثاث، قذف الرمل والطين تغيرات في مستوى الماء	تخريب بسيط	تدمير تام وشامل	رعب عام	٨
٠,٠٧	٢	٦,٨	تحطيم بعض التأسيسات، تكسر الأنابيب الموجودة تحت الارض تشقق الارض	تخريب هام	تدمير تام وشامل	رعب وهلع	٩
٠,٠٣	١	٧,٢	تشقق الارض بكترة أحناء سكك القطارات، المياه تعبر فوق الضفاف، أنهارات ارضية كبيرة	تحطيم البنايات	تدمير تام وشامل	رعب وهلع	١٠
-	-	٧,٨	تشققات ارضية واسعة وظهور أهدارات الصدوع الموجودة تحت الارض	بنايات قليلة جداً تستطيع الصمود	تدمير تام وشامل	رعب وهلع	١١
-	-	٨	السرعة في حركة الموجات الزلزالية يتغلب على جاذبية الارض يمكن مشاهدة الموجات الزلزالية	تدمير تام وشامل	تدمير تام وشامل	رعب وهلع	١٢

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على: ١- سهل السنوي، مقدمة في الزلازل، سلسلة الموسوعة الصغيرة،

العدد ١٥٣، ١٩٧٢، ص. ١٠٤.

٢- بيانات الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي، وحدة الرصد الزلزالي، الهزات الارضية، بيانات غير منشورة، (٢٠١٠ - ٢٠٢٠).

## نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية

وبعد تصنيف الشدة الزلزالية حسب تصنيف مركالي في منطقة الدراسة يمكن تصنيفها الى ثلاث فئات حسب تأثير الشدة الزلزالية الى:-

- ١- زلازل منخفضة التأثير وتضم هذه الفئة المقدار الزلزالي الذي يتراوح بين (١-٥) وتضم درجات الشدة (٤,٩ - ١) وتضم هذه الفئة (٢٦٠٧) هزة ارضية وبنسبة (٩٦,٥)% من مجموع الزلازل في المنطقة.
- ٢- زلازل متوسطة التأثير وتضم هذه الفئة المقدار الزلزالي الذي يتراوح بين (٦-٥) وتضم درجات الشدة (٧,٩ - ٥) وتضم هذه الفئة (٨٥) هزة ارضية وبنسبة (٣,١)% من مجموع الزلازل في المنطقة، ولها تأثيرات على البنايات الضعيفة وتكسر زجاج الشبابيك والاثاث وغيرها.
- ٣- زلازل عالية التأثير وتضم هذه الفئة المقدار الزلزالي الذي يتراوح بين (٨ - ٦) وتضم درجات الشدة (١٢ - ٨) وتضم هذه الفئة (٨) هزات ارضية وبنسبة (٠,٣)% من مجموع الزلازل في المنطقة، ولها تأثيرات كبير على المباني وطرق النقل وغيرها.

### ٢-٢- تحليل ونمذجة الزلازل على اساس اعماقها

يعد تحديد عمق البؤرة الزلزالية الباطنية قضية أكثر تعقيداً من تحديد مكان البؤرة السطحية، كما انه يمكن تحديد العمق وبدرجة عالية الدقة اعتماداً على معطيات محطات زلزالية عديدة موثوقة، وتحليل الاشكال البيانية السيموغرافية لدى هذه المحطات ثم دراسة أنتشار خطوط الاهتزاز المتساوية (Isoseist) اي الخطوط التي تصل النقاط والمراكز ذات الشدة الزلزالية الواحدة.

كذلك يمكن قياس مدى عمق مركز الزلزال بواسطة القياسات التي تجري على الفترات الزمنية للموجات الزلزالية ومرور الأنواع الثلاثة من الموجات الزلزالية، اضافة الى معرفة مرتبة هذه الموجات. وتصنف الزلازل من حيث اعماق بؤرها الى ثلاثة أنواع:

- أ- الزلازل الضحلة Shallow focus Earthquakes ، وهي الزلازل التي تقع بؤرها بين سطح الارض و(٧٠) كم في باطن الارض. وتتميز هذه النوعية من الزلازل بأنها تحدث دماراً على السطح اكبر من الدمار الناتج عن الزلازل الأكثر عمقاً.
- ب- الزلازل متوسطة العمق Intermediate Earthquakes، وهي الزلازل التي تحدث بين الاعماق التي تتراوح بين (٧٠ - ٣٠٠) كم.
- ج- الزلازل العميقة Deep focus Earthquakes، وهي الزلازل التي تحدث بين الاعماق التي تتراوح بين (٣٠٠ - ٧٠٠) كم، وتحدث على الاجزاء السفلية من نطاق (بينيوف) وذلك عند نطاقات الأندساس للوشاح السفلي.

## نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية

تميزت الهزات الارضية في منطقة الدراسة بتباين اعماقها إذ تتراوح بين (٣ - ٣٥) كم، وتتميز هذه الاعماق جميعها بأنها من نوع الزلازل الضحلة *Shallow focus Earthquakes*، وهي بذلك من نوع الزلازل الخطرة التي تخلف دماراً على السطح، لأنها تقع في اعلى نطاق (بينيوف) المندس في طبقات الوشاح السفلي. ولذلك تميزت المنطقة بنشاطها الزلزالي الذي ينتمي الى الأنطقة الزلزالية الرئيسية في العالم.

ويمكن تصنيف الزلازل في المنطقة حسب عمقها البؤري الى خمسة أصناف وكما في الجدول (١٩) والخارطة (١٢)

زلازل ضحلة جداً العمق البؤري (٣ - ٧) كم وتضم (٣٣٢) هزة ارضية وبنسبة (١٢,٣)% من مجموع الزلازل في المنطقة، وتنتشر في جميع المناطق.

زلازل ضحلة العمق البؤري (٨ - ١٣) كم وتضم (١٤٦٨) هزة ارضية وبنسبة (٥٤,٣)% وتنتشر في جميع المناطق ولاسيما شمال غرب المنطقة.

زلازل متوسطة العمق البؤري (١٤ - ٢٠) كم وتضم (٧٧٤) هزة ارضية وبنسبة (٢٨,٦)%، وتنتشر في جنوب شرق خأنقين ومندلي، بدره، علي الغربي قرب الحدود الايرانية.

زلازل عميقة البؤر (٢١ - ٢٧) كم وتضم (١١٢) هزة ارضية وبنسبة (٤,٢)% وتنتشر في بدره، ايلام، مورموري.

زلازل عميقة جداً (٢٨ - ٣٥) كم وتضم (١٤) هزة ارضية وبنسبة (٠,٥)% وتنتشر في ايلام، ابدأنان، مورموري، جنوب غرب الطيب . وبعد نمذجة الهزات الارضية على اساس اعماقها وتحليلها تبين أن البؤرة الزلزالية الضحلة تنتشر في شمال غرب المنطقة وغربها. وكما في الخارطة (١٣)، ويزداد عمقها كلما اتجهنا جنوب شرق المنطقة إذ تنتشر الهزات الارضية العميقة والعميقة جداً شرق وجنوب شرق المنطقة في ايلام وكنداب وابدأنان ومورموري وجنوب الطيب عند هور السناف.

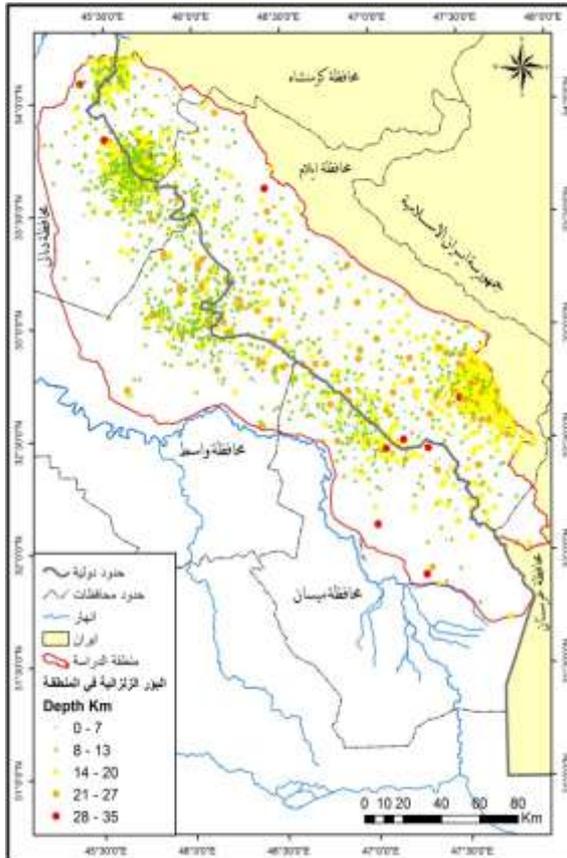
## نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية

جدول (١٩) تصنيف اعماق البؤرة الزلزالية في منطقة الدراسة

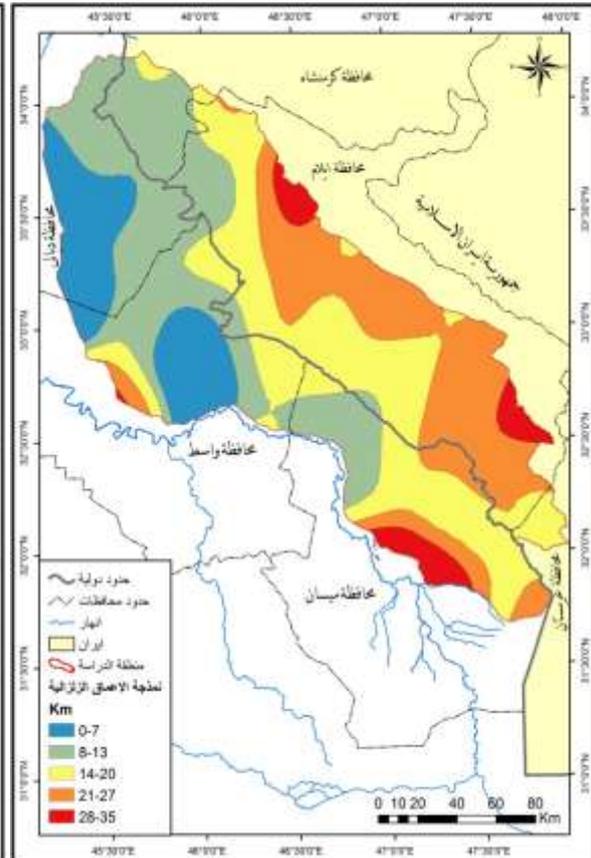
الموقع	النسبة %	عدد الهزات	العمق البؤري /كم	الصف
جميع المناطق	١٢,٣	٣٣٢	٧ - ٣	ضحلة جداً العمق البؤري
جميع المناطق	٥٤,٣	١٤٦٨	١٣ - ٨	ضحلة العمق البؤري
مراكز تجمع البؤر الزلزالية	٢٨,٦	٧٧٤	٢٠ - ١٤	متوسط العمق البؤري
بدره - مورموري	٤,٢	١١٢	٢٧ - ٢١	عميقة البؤر
يلام - ابدانأن - مورموري	٠,٥	١٤	٣٥ - ٢٨	زلزال عميقة جداً
المجموع	٩٩,٩	٢٧٠٠		

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الهيئة العامة للأنتواء الجوية والرصد الزلزالي، وحدة الرصد الزلزالي، بيانات غير منشورة، (٢٠١٠ - ٢٠٢٠)

خارطة (١٤) نمذجة اعماق البؤر الزلزالية



خارطة (١٣) تصنيف اعماق البؤر الزلزالية



المصدر :- من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للأنتواء الجوية والرصد الزلزالي، وحدة الرصد الزلزالي، الهزات الارضية، بيانات غير منشورة، (٢٠١٠ - ٢٠٢٠). ومخرجات برنامج Arcgis 10.8

## ٢-٣- تحليل ونمذجة الزلازل على اساس تكرارها

تفيد الدراسات التي تهتم بتكرار الزلازل وتوزيعها الزمني والمكاني في تقييم النشاط الزلزالي لأية منطقة، إذ توضح هذه الدراسات احتمالية تحديد المناطق التي يمكن أن تتعرض الى مخاطر زلزالية كبيرة، تنجم عن حدوث الزلازل المستقبلية لذا فإن هذه الدراسات يمكن أن تساعدنا في التنبؤ عن حدوث الزلازل المستقبلية في المواقع المحتملة للحد من المخاطر الزلزالية (Seismic Risk) المحتملة للتقليل من الخسائر الاقتصادية والاجتماعية المترتبة نتيجة لحدوث زلازل معينة سوف تسأوي أو تتجاوز قيم محددة في مكان ما، أو في منطقة معينة في مدة محددة.

إذ أن من الضروري عند تحديد المخاطر الزلزالية هو معرفة اماكن تكرار الزلازل الذي يمكن أن يتكرر وقوع الزلازل والزمان الذي يحتمل حدوثها. إذ أن الهزات الارضية ظواهر ترتبط بأسباب طبيعية لا دخل للإنسان فيها لذا فإن للفعالية الزلزالية في المنطقة تتغير مع الزمان والمكان، إذ نجدها في فترات زمنية تمتاز بارتفاع النشاط الزلزالي خلالها وفترات اخرى يقل فيها النشاط الزلزالي، وأن ذلك يعود الى فترات الاستقرار التي تمر فيها المنطقة. ولذلك سوف يتم دراسة الزلازل في المنطقة على اساس تكرارها الزمني والمكاني.

من الناحية الزمانية تم دراسة المدة من (٢٠١٠ - ٢٠٢٠) لمدة (١١) عاماً وتبين أن هناك سنوات تزداد فيها النشاط الزلزالي وسنوات اخرى يقل فيها النشاط الزلزالي. وكما في الجدول (٢٠) إذ سجل عام ٢٠١٨ اعلى نشاط زلزالي خلال المدة المدونة إذ سجل (٥١٤) هزة ارضية، وسجل عام ٢٠١٣ اقل نشاط زلزالي خلال المدة المدروسة. وهذا يعود الى فترات الاستقرار والنشاط التكتوني في حركة الصفحة العربية.

اما على اساس تكرارها وتوزيعها المكاني فإنه ايضاً هناك تباين مكاني ذو كثافة عالية في تكرارها ومناطق ذات كثافة منخفضة في تكرارها المكاني، وكما في الجدول (٢١) والخارطة (١٤) وهذا يعود الى توزيع الفوالق النشطة تكتونياً ومناطق الازاحة على امتداد هذه الصدوع. وبعد نمذجة وتحليل البؤر الزلزالية في منطقة الدراسة تبين أن هناك خمس فئات لأصناف الكثافة حسب البؤرة الزلزالية وتباين هذه الأصناف من حيث عدد الهزات الارضية، وكما يلي:

## نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية

جدول (٢٠) التباين الزمني للهزات الارضية

النسبة %	عدد الهزات الارضية	العام
٣	٨١	٢٠١٠
٢.٨	٧٨	٢٠١١
٩.٢	٢٥٠	٢٠١٢
٢.٥	٦٥	٢٠١٣
١١.٩	٣٢٣	٢٠١٤
١٠.٣	٢٨٠	٢٠١٥
١٠.٩	٢٩٥	٢٠١٦
٩	٢٤٤	٢٠١٧
١٩	٥١٤	٢٠١٨
١٠.٥	٢٨٦	٢٠١٩
١٠.٥	٢٨٤	٢٠٢٠
٩٩.٦	٢٧٠٠	المجموع

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي، وحده الرصد الزلزالي، الهزات الارضية، بيانات غير منشورة، ٢٠١٠ - ٢٠٢٠.

- ١- مناطق جداً شديدة الكثافة، وتبلغ مساحتها (١٣٢٨,٧) كم<sup>٢</sup> وبنسبة (٣,٨)% وتنتشر في جنوب شرق مدينة خأنقين وعند مدينة مندلي على الشريط الحدودي وجنوب شرق مدينة بدره وعند مدينة مورموري الايرانية.
- ٢- مناطق شديدة الكثافة، وتبلغ مساحتها (١٥٩٦) كم<sup>٢</sup> وبنسبة (٤.٦)% وتنتشر قرب المناطق السابقة الذكر ويصل اقصى اتساع لها عند مدينة بدره.
- ٣- مناطق متوسطة الكثافة، وتبلغ مساحتها (٦٧٨٧,٥) كم<sup>٢</sup> وبنسبة (١٩.٨)% وتنتشر على شكل شريط متقطع يسير بموازاة الحدود العراقية الايرانية ويبلغ اقصى اتساع له شرق محافظة واسط وشمال شرق محافظة ميسان قرب الحدود العراقية الايرانية.
- ٤- مناطق قليلة الكثافة، وتبلغ مساحتها (١٤٣٢٩.٩) كم<sup>٢</sup> وبنسبة (٤١.٨)% واحتلت هذه الفئة المرتبة الأولى من حيث المساحة إذ تغطي مساحات واسعة من منطقة الدراسة.
- ٥- مناطق جداً قليلة الكثافة، وتبلغ مساحتها (١٠١٨١,٢) كم<sup>٢</sup> وبنسبة (٢٩.٧)% وتنتشر شمال غرب منطقة الدراسة في ضمن محافظتي ديالى وواسط وكذلك جنوب منطقة الدراسة محافظة ميسان.

## نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية

جدول (٢١) أصناف ومساحة تكرار الهزات الارضية

ت	الصنف	المساحة /كم <sup>٢</sup>	النسبة %
١	مناطق جداً شديدة الكثافة	١٣٢٨.٧	٣.٨
٢	مناطق شديدة الكثافة	١٥٩٦	٤.٦
٣	مناطق متوسطة الكثافة	٦٧٨٧.٥	١٩.٨
٤	مناطق قليلة الكثافة	١٤٣٣٠	٤١.٨
٥	مناطق جداً قليلة الكثافة	١٠١٨١	٢٩.٧
	المجموع	٣٤٢٢٦	٩٩.٧

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج Arcgis 10.8 وبيانات الهيئة العامة للأبناء الجوية والرصد الزلزالي، وحدة الرصد الزلزالي، بيانات الهزات الارضية، بيانات غير منشورة، ٢٠١٠ - ٢٠٢٠.

وقد تبين أن هناك مناطق ذات كثافة عالية في تكرار الهزات الارضية وهي تظهر على الخارطة على شكل تجمعات للبؤر الزلزالية وهذا ناتج عن النشاط التكتوني في المنطقة والقوق النشطة تكتونياً.

### ٢-٤- تحليل ونمذجة الزلازل على اساس مخاطرها

تعد المنطقة من أكثر المناطق احتمالية لحدوث الزلازل حيث تم تسجيل العديد من الزلازل المؤثرة في المدة (٢٠١٠ - ٢٠٢٠) وخاصة على امتداد الشريط الحدودي، وحدثت هذه الزلازل في المدة الماضية يشير الى أن هناك احتمالية كبيرة لتكرار هذه الزلازل في المستقبل، لاسيما أن العلماء والمختصين يعتقدون أن هناك احتمالية كبيرة لتكرار هذه الزلازل في المستقبل، خاصة وأن العلماء والمختصين يعتقدون أن هناك دورية في حدوث الزلازل وتكرارها .

ومع تزايد الأتشاء العمراني واتساعه في المنطقة في الوقت الحاضر وارتفاع الكثافة السكانية بها وخاصة في المدن مثل مندلي وقزانية وزرباطية وبدره وجصان فإن تأثير هذه الزلازل سوف يكون اشد. وبعد دراسة الوضع التكتوني والتركيبي للمنطقة والاسباب المختلفة لحدوث الزلازل والسجل التاريخي لزللازل المنطقة، والاثار الناجمة عنها امكن معرفة وتقدير تكرارية هذه الزلازل حسب قوتها وعددها، وتحديد مواقع البؤر الزلزالية لها، وبالتالي يمكن تحديد الاماكن التي تكررت بها بشكل كبير، وبناءً على ذلك يمكن أن نحدد هذه الاماكن هي الأكثر احتمالية لحدوث النشاط الزلزالي في المستقبل.

لذا تم عمل نمذجة مكانية لتمثيل المقادير الزلزالية في منطقة الدراسة بالاعتماد على الشدة الزلزالية والكثافة التكرارية للبؤر الزلزالية المعتمدة في منطقة الدراسة وللمدة (٢٠١٠ - ٢٠٢٠) في خريطة واحدة من اجل تحديد الاماكن الأكثر خطورة، وقد تبين أن منطقة الدراسة تضم خمسة أصناف لأنواع الخطورة الزلزالية وكما في الجدول (٢٢) والخريطة (١٥) وكما يلي:

## نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية

- ١- مناطق جداً قليلة الخطورة، تشكل هذه الفئة مساحة (٣٩٥٥,٥) كم<sup>٢</sup> وبنسبة (١١,٥) %، وتنتشر هذه الفئة في شرق محافظة واسط ومحافظة ديالى وتمثل مناطق امانة من النشاط الزلزالي الخطر.
- ٢- مناطق قليلة الخطورة، تشكل هذه الفئة مساحة (٨١٢٨,٣) كم<sup>٢</sup> وبنسبة (٢٣,٧) %، وتنتشر هذه الفئة في مناطق واسعة شرق محافظة ديالى وشرق محافظة واسط وشمال مدينة مهران الايرانية وفي اجزاء متفرقة في جنوب منطقة الدراسة.
- ٣- مناطق متوسطة الخطورة، تشكل هذه الفئة مساحة (١٠٨٦٨,٧) كم<sup>٢</sup> وبنسبة (٣١,٧) % وتشكل هذه الفئة اعلى نسبة من مساحة منطقة الدراسة وتنتشر في مناطق عديدة وعلى شكل اشربة تفصل بين المناطق القليلة الخطورة والشديدة الخطورة، ويظهر في مدينة بدره وبلاد ومنطقة الزبيدات.
- ٤- مناطق شديدة الخطورة، وتشكل هذه الفئة مساحة (٨٢٦١,٨) كم<sup>٢</sup> وبنسبة (٢٤,٢) % وتنتشر شمال مندلي وجنوب كيان غرب ومدينة بهلة ودهلران.
- ٥- مناطق شديدة الخطورة جداً، وتشكل هذه الفئة مساحة (٣٠١١,٧) كم<sup>٢</sup> وبنسبة (٨,٨) %، وهي اقل نسبة من حيث المساحة وأكثرها خطورة، وتمتد من قصر شيرين وكيان غرب وبلاد، وتظهر ايضاً في مناطق متفرقة في جنوب منطقة الدراسة.

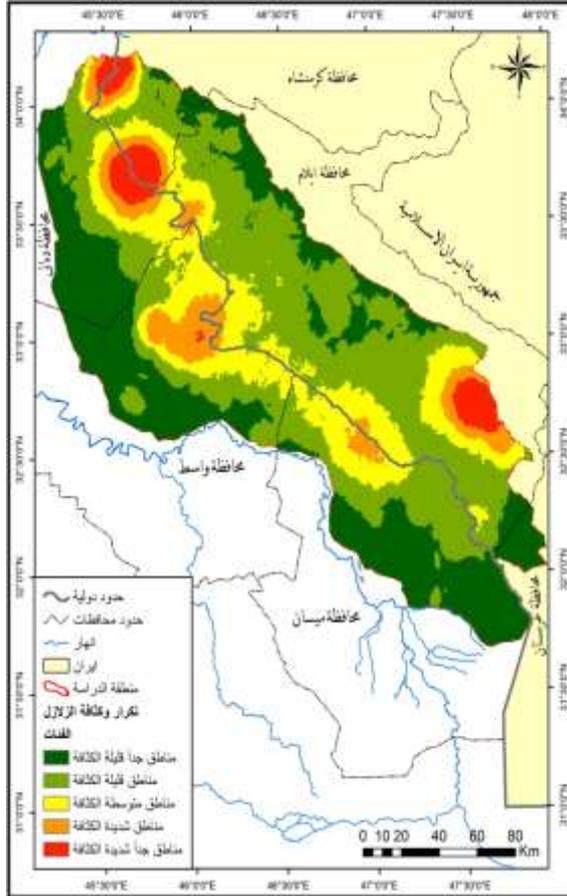
جدول (٢٢) أصناف ومساحة مخاطر الهزات الارضية

ت	الصف	المساحة/ كم <sup>٢</sup>	النسبة %
١	مناطق جداً قليلة الخطورة	٣٩٥٥.٥	١١.٥
٢	مناطق قليلة الخطورة	٨١٢٨.٣	٢٣.٧
٣	مناطق متوسطة الخطورة	١٠٨٦٨.٧	٣١.٧
٤	مناطق شديد الخطورة	٨٢٦١.٨	٢٤.٢
٥	مناطق جداً شديد الخطورة	٣٠١١.٧	٨.٨
	المجموع	٣٤٢٢٦	٩٩.٩

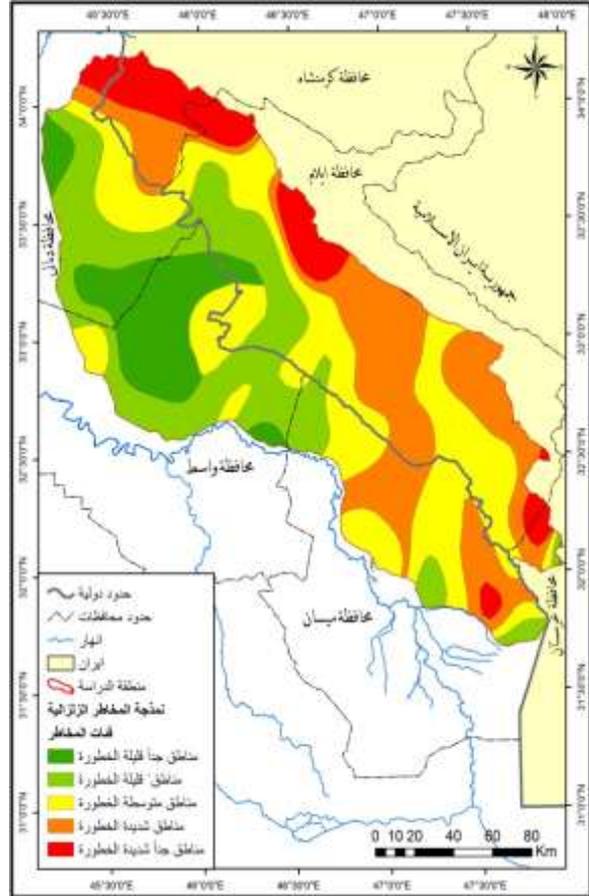
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على خارطة (٢-٢٠) ومخرجات برنامج Arcgis 10.8

## نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية

خارطة (١٦) نمذجة المخاطر الزلزالية



خارطة (١٥) نمذجة تكرار وكثافة البؤر الزلزالية



المصدر :- من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للأشياء الجوية والرصد الزلزالي، وحدة الرصد الزلزالي، الهزات الأرضية، بيانات غير منشورة، (٢٠١٠ - ٢٠٢٠). ومخرجات برنامج Arcgis 10.8

### الاستنتاجات

تبين من خلال المؤشرات المورفوتكتونية أن المنطقة نشطة تكتونياً ويزداد هذا النشاط بالاتجاه نحو الشمال الشرقي نحو جبال زاكروس ونطاق التصادم. تعد المنطقة نشطة زلزالياً، إذ تبين أن هناك حوالي (٢٧٠٠) هزة أرضية خلال المدة (٢٠١٠ - ٢٠٢٠) وهي تعتبر من أنطقة الزلازل الرئيسية في العالم لأنها غير مستقرة تكتونياً وتمثل نطاق التقاء الصفيحة العربية بالصفيحة الآيرانية.

## نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية

اتضح من خلال البؤر الزلزالية أن المنطقة خطرة تكتونياً بسبب النشاط الزلزالي، واغلب هذه البؤر الزلزالية تنتشر قرب المناطق الحدودية، ومن ثم تعرض المدن القريبة منها الى الخطر مثل (خأنقين، مندلي، قرأنية، زرباطية، بدره).

### المقترحات:

- ١- معرفة مناطق الصدوع النشطة تكتونياً ، ومعرفة المناطق الحساسة للاهتزازات الزلزالية.
- ٢- تطوير برنامج للتنبؤ بالزلازل قبل وقوعها، وأنشاء محطات عديدة للرصد الزلزالي في المنطقة.
- ٣- حقن السوائل في مناطق الصدوع للتقليل من الاحتكاك.
- ٤- استخدام التصاميم المناسبة في المنشآت والمباني.
- ٥- نشر الوعي لمواجهة مخاطر الزلازل.
- ٦- زيادة عدد المحطات الزلزالية في المنطقة لاسيما التي أظهرت تكراراً للنشطة الزلزالية.

### الهوامش:

- (1) Keller. E. A. and pinter. N, Active tectonics: Earthquakes, Uplift and landscape, edition 2nd, New Jersey, prentie Hall, 2002, p123.
- (2) Bhat. F. A, Hamid. S, mohd. I, Identification of geomorphic signatures of active tectonics in the west Lidder watershed, Kashmir Himalayas: Using RS and Gis, International Journal of geomatics and geosciences, vol4, No1, 2013, p.164.
- (3) G. Sarp, R. Gecen, V. Toprak, S. Duzgun, Morphotectonic properties of yenicagabasin area in Turkey a METV, Geodetic and Geographic Information Technologies, Turkey, 6531, p2.
- (4) K. S. Jayappa, v. J. Markose, Identification of geomorphic signatures of Neotectonic activity Using DEM in the Precambrian terrain of western ghats India, University Mangalagangothri, 2012, p.217.
- (5) S. Bahrami, Analyzing the drainage System anomaly of Zagros basins: Implications Active tectonic, University Sabzevar, Iran, 2013, p. 918.
- (6) Shahram Bahrami, 2013, op. cit, p918.
- (7) احمد عيادة خضير، العمليات والمؤشرات المورفوتكتونية للمنطقة المحصورة بين حوض وادي عنه الغربي وسبخه البوغارس، مجلة مداد الاداب، العدد الخاص بالمؤتمرات، ٢٠١٩، ص٤٨٣.
- (8) Burbank. D. W. and Anderson. R. S., Tectonic Geomorphology, Malden, Massachusetts, Black well Science, 2001, p56.
- (9) Luay. D. y. and Raad. M. d., Morphometric assessment of tectonic activity Gala Al – Dure drainage Basin East of Iraq, Iraq Geological Survey, No986, Baghdad, 2016, p.22.

## نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية

- (١٠) نجم عبد الله كامل خطاب الكراعي، اثار الظواهر الخطية ودلالاتها الجيومورفولوجية في قبة علاس/ طية حميرين الشمالي، رسالة ماجستير، كلية التربية، جامعة تكريت، ٢٠١٣، ص ٥٨.
- (١١) منال شاكر علي الكبيسي، مورفوتكتونية نهر دجلة وروافده ضمن نطاق الطيات في العراق، رسالة ماجستير، جامعة بغداد، كلية العلوم، ٢٠٠٠، ص ٩٥.
- (12) Kleython. D. A., Ronaldo. M. and Antonio. C. B, Application of the Hack index – or stream length – Gradient index (SL – index) to the Tracunhaem river watershed pernambuco, Brazil, Unesp, v.29, 2010, p536.
- (١٣) طه ياسين عبد الله نجم الحلبوسي، دور العمليات المورفوتكتونية في تشكيل المظهر الجيومورفولوجي لمنطقة الجزيرة/ جنوب وجنوب غرب الطيات الواطئة وتنميتها في العراق، اطروحة دكتوراه، كلية التربية، جامعة تكريت، ٢٠١٩، ص ٨٤.
- (14) Bull. W. B. and Mcfadden. L. D, Tectonic geomorphology north and south of the Garlock fault, California, Ed. D. O. Doehring, 1977, p116.
- (١٥) زينب ابراهيم حسين، اعتماد الخصائص المورفومترية في تقييم النشاط التكتوني في حوض سرجاؤه في محافظة السليمانية، مجلة الجغرافي العربي، العدد (٣٨)، ٢٠١٨، ص ٢٠٦.
- (١٦) سعد محمد جاسم محمد الجبوري، بناء أنموذج لمخاطر التعرية المائية لحوض كفري باستخدام المنطق المضرب، اطروحة دكتوراه، كلية التربية، جامعة تكريت، ٢٠١٩، ص ٢٥.
- (١٧) فؤاد عبد الوهاب محمد العمري واخرون، التحليل الجيومورفولوجي البنيوي ودلالاته التكتونية لقبه قادر كرم/ جنوب غرب السليمانية باستخدام Gis.RS، مجلة جامعة تكريت للعلوم الأنسانية، العدد (٢٣)، ٢٠١٦، ص ٨.
- (١٨) محمد نجم خلف وسعد محمد جاسم، مورفوتكتونية حوض وادي شيشين – جنوب غرب تكريت، مجلة اداب الفراهيدي، جامعة تكريت، العدد (١٢)، ٢٠٢٠، ص ٣٦٤.
- (١٩) طه ياسين عبد الله نجم الحلبوسي، مصدر سابق، ص ٩٢.
- (٢٠) مشاعل بنت محمد آل سعود، الوضع الزلزالي بمنطقة القيصم المملكة العربية السعودية، مجلة الجمعية الجغرافية الكويتية، العدد (٢٥١)، ٢٠٠١، ص ٥.
- (٢١) سهل عبد الله السنوي، اساسيات علم الزلازل، مركز عبادي للدراسات والنشر، صنعاء، ١٩٩٧، ص ١٢٢.
- (٢٢) خلف حسين علي الدليمي، الكوارث الطبيعية والحد من اثارها، دار صنعاء للنشر والتوزيع، عمان، ط١، ٢٠٠٩، ص ٤٩.
- (٢٣) شاهين جمال اغا، الزلازل (حقيقتها واثارها) سلسلة الكتب الثقافية، المجلس الوطني للثقافة والفنون، الكويت، ١٩٩٥، ص ٥٩.
- (٢٤) امينة عبد الحميد حسن محمود الخطيب، مصدر سابق، ص ١٨٢.
- (٢٥) مشاعل بنت محمد ال سعود، مصدر سابق، ص ٥.
- (٢٦) امينة عبد الحميد حسن محمود الخطيب، مصدر سابق، ص ١٨٣.

## نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية

- (٢٧) شاهر جمال اغا، الزلازل حقيقتها واثارها، سلسلة عالم المعرفة، الكويت، ١٩٩٥، ص ٩٠.
- (٢٨) ارثر أن ستريلر، ترجمة وفيق حسين الخشاب، اسس علم الارض، مطبعة جامعة بغداد، ١٩٨٥، ص ١٥٣.
- (٢٩) فريال بوربيع وامثال الاحمد الجابر الصباح، الزلازل وتقليل مخاطرها في دولة الكويت، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، الطبعة الأولى، ٢٠٠٢، ص ٥٠.
- (٣٠) سهل عبد الله السنوي، مصدر سابق، ص ١٩٤.

### المصادر:

- ١- خضير، احمد عيادة، العمليات والمؤشرات المورفوتكتونية للمنطقة المحصورة بين حوض وادي عنه الغربي وسبخه البوغارس، مجلة مداد الاداب، العدد الخاص بالمؤتمرات، ٢٠١٩.
- ٢- الكراعي، نجم عبد الله كامل خطاب، اثار الظواهر الخطية ودلالاتها الجيومورفولوجية في قبة علاس/ طية حميرين الشمالي، رسالة ماجستير، كلية التربية، جامعة تكريت، ٢٠١٣.
- ٣- الكبيسي، منال شاكر علي، مورفوتكتونية نهر دجلة وروافده ضمن نطاق الطيات في العراق، رسالة ماجستير، جامعة بغداد، كلية العلوم، ٢٠٠٠.
- ٤- الحلبوسي، طه ياسين عبد الله نجم، دور العمليات المورفوتكتونية في تشكيل المظهر الجيومورفولوجي لمنطقة الجزيرة/ جنوب وجنوب غرب الطيات الواطنة وتنميتها في العراق، اطروحة دكتوراه، كلية التربية، جامعة تكريت، ٢٠١٩.
- ٥- حسين، زينب ابراهيم، اعتماد الخصائص المورفومترية في تقييم النشاط التكتوني في حوض سرجاوه في محافظة السليمانية، مجلة الجغرافي العربي، العدد (٣٨)، ٢٠١٨.
- ٦- الجبوري، سعد محمد جاسم محمد، بناء نموذج لمخاطر التعرية المائية لحوض كفري باستخدام المنطق المضبيب، اطروحة دكتوراه، كلية التربية، جامعة تكريت، ٢٠١٩.
- ٧- العمري، فؤاد عبد الوهاب محمد واخرون، التحليل الجيومورفولوجي البنيوي ودلالاته التكتونية لقبه قادر كرم/ جنوب غرب السليمانية باستخدام Gis.RS، مجلة جامعة تكريت للعلوم الأنسانية، العدد (٢٣)، ٢٠١٦.
- ٨- خلف، محمد نجم وسعد محمد جاسم، مورفوتكتونية حوض وادي شيشين - جنوب غرب تكريت، مجلة اداب الفراهيدي، جامعة تكريت، العدد (١٢)، ٢٠٢٠.
- ٩- آل سعود، مشاعل بنت محمد، الوضع الزلزالي بمنطقة القيصم المملكة العربية السعودية، مجلة الجمعية الجغرافية الكويتية، العدد (٢٥١)، ٢٠٠١.
- ١٠- السنوي، سهل عبد الله، اساسيات علم الزلازل، مركز عبادي للدراسات والنشر، صنعاء، ١٩٩٧.
- ١١- الدليمي، خلف حسين علي، الكوارث الطبيعية والحد من اثارها، دار صنعاء للنشر والتوزيع، عمان، ط١، ٢٠٠٩.

## نمذجة مخاطر النشاط التكتوني شرقي العراق باستخدام المؤشرات المورفوتكتونية والبؤر الزلزالية

- ١٢- اغا ، شاهين جمال، الزلازل (حقيقتها واثارها) سلسلة الكتب الثقافية، المجلس الوطني للثقافة والفنون، الكويت، ١٩٩٥.
- ١٣- الخطيب ، امينة عبد الحميد حسن، الاخطار الجيومورفولوجية الرئيسية في منطقة خليج العقبة بسيناء، رسالة ماجستير، كلية الدراسات الأنسانية، جامعة الازهر، ٢٠٠٧.
- ١٤- ستريبلر ، ارثر أن، ترجمة وفيق حسين الخشاب، اسس علم الارض، مطبعة جامعة بغداد، ١٩٨٥.
- ١٥- بوربيع ، فرياد وامثال الاحمد الجابر الصباح، الزلازل وتقليل مخاطرها في دولة الكويت، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، الطبعة الأولى، ٢٠٠٢.
- 16- Bhat. F. A, Hamid. S, mohd. I, Identification of geomorphic signatures of active tectonics in the west Lidder watershed, Kashmir Himalayas: Using RS and Gis, International Journal of geomatics and geosciences, vol4, No1, 2013.
- 17- Bull. W. B. and Mcfadden. L. D, Tectonic geomorphology north and south of the Garlock fault, California, Ed. D. O. Doehring, 1977.
- 18- Burbank. D. W. and Anderson. R. S., Tectonic Geomorphology, Malden, Massachusetts, Black well Science, 2001.
- 19- G. Sarp, R. Gecen, V. Toprak, S. Duzgun, Morphotectonic properties of yenicagabasin area in Turkey a METV, Geodetic and Geographic Information Technologies, Turkey, 6531.
- 20- Hack, J. T. Stream – profile analysis and stream – gradient index, Journal Research of united States Geological Survery, 1973.
- 21- K. S. Jayappa, v. J. Markose, Identification of geomorphic signatures of Neotectonic activity Using DEM in the Precambrian terrain of western ghats India, University Mangalagangothri, 2012.
- 22- Keller. E. A. and pinter. N, Active teactonics: Earthquakes, Uplift and landscape, edition 2nd, New Jersey, prentie Hall, 2002.
- 23- Kleython. D. A., Ronaldo. M. and Antonio. C. B, Application of the Hack index – or stream length – Gradient index (SL – index) to the Tracunhaem river watershed pernambuco, Brazil, Unesp, v.29, 2010.
- 24- Luay. D. y. and Raad. M. d., Morphometric assessment of tectonic activity Gala Al – Dure drainage Basin East of Iraq, Iraq Geological Survey, No986, Baghdad, 2016.
- 25- S. Bahrami, Analyzing the drainage System anomaly of Zagros basins: Implications Active tectonic, University Sabzevar, Iran, 2013.
- 26- Verrios,Z. and kokalas, morphotectonic Analysis in the Eliki fault Zone (Gulf of Corinth, Greece), Bulletin of The Geological Society of Greece international Congress, 2004.