جيومورفولوجية منخفضات الاذابة في شمال الاردن
دراسة تطبيقية لمنطقة جور المجادل

سميح عودة*
الجامعة الاردنية

Abstract

The present paper attempts to evaluate the role of solution processes in the development of closed and opened depressions in Jwar Al-Magadil area, Northern Jordan.

Field evidences have shown that solution processes assisted by joint system are the factors in the development of dolines (Sinkholes) and uvalas.

The development of dolines in Jwar Al-Magadil area has been clarified by utilizing field evidences and morphometric analysis Viz: slopes/ density, relief energy, elongation and circularity. Thus it is concluded that these dolines are of soluble origin.

In addition the mechanism of morphological evolution from single dolines to uvala and depression are also discussed. And finally the paper has demonstrated how these depressions are linked by the local streams.

ملخـــص

حاول الباحث من خلال هذه الدراسة، ايضاح الدور الذي لعبته عمليات الإذابة في نشأة المنخفضات في شمال الأردن، سواء كانت منخفضات مقفلة أم مفتوحة، أي تلك التي تتصل بالاودية النهرية.

وقد توفرت في منطقة جور المجادل شواهد عديدة ايدت مثل هذا الرأي، اذ ينتشر بها عدد من الهوات «الأوفالات» التي تدل على أن نوى تلك المنخفضات قد نجمت عن عمليات الإذابة.

وحتى تتضح صورة التأثير هذه، تم دراسه عمليات تطور الهوات في منطقة جول المجادل والمناطق المجاورة ثم تحديد مدى اسهام عامل الإذابة في نموها، وذلك عن طريق الدراسة الميدانية بالاضافة الى استخدام بعض المعاملات المورفومترية التي ترتبط قيمها كما أكدت الدراسات بعمليات الإذابة وهذه المعاملات هي:

الانحدار، وكثافة الهوات، والتقعر، وطاقة التضرس، والاستطالة والاستدارة، كما تم ايضاً دراسة ميكانيكية الانتقال من الهوات المفردة الى الهوات المركبة، هذا الى جانب دراسة كيفية اتصال هذه الهوات المركبة بالاودية النهرية لتصبح أجزاء من قطاعاتها العرضية.

المقدمة: ـ

ينتشر الى الشمال من مدينة اربد العديد من المنخفضات شبه المقفلة والمختلفة الابعاد والتي يمكن ملاحظتها أحياناً من خلال الخرائط الطبوغرافية، ويتصل كل منخفض من هذه المنخفضات، بأحد الاودية العديدة التي تخط سطح المنطقة. ولما كانت هذه المنخفضات جزءاً لا يتجزأ من قطاعات الاودية العرضية الحالية، فقد يتخيل الدارس ان نشأتها مرتبطة بفعل التعرية النهرية، أي انها تطورت ضمن مراحل دورة التعرية التي يمر بها النهر في دورة حياته، لكن مثل هذا التفكير سرعان ما يتغير عند ملاحظة عدد من

*محاضر متفرغ في قسم الجغرافيا بكلية الاداب، دكتوراه في الجغرافيا التطبيقية، جامعة الاسكندرية، جمهورية مصر العربية، عام ١٩٨٠.

الشواهد التي توحي للدارس في مجموعها بأن هذه المنخفضات لم تتطور بفعل المجاري المائية. ولعل ابرز هذه الشواهد هي: اتساع القطاع العرضي للوادي النهري على نحو غير عادي في بعض المناطق دون غيرها بحيث تزيد أبعاد القطاع العرضي للرافد في بعض المناطق عن ابعاد القطاع العرضي للوادي الرئيسي، هذا الى جانب انبساط السطح في قيعان هذه المنخفضات وافتراشه بغطاء رسوبي سميك ذي تكوينات دقيقة الحبيبات.

هدف البحث:

اتجه التفكير للبحث عن أسباب حدوث هذه الظاهرة الى ما يمكن ان تحدثه عملية الاذابة في البنية الصخرية للمنطقة عن طريق نشأة الهُوات[1] Sinkholes or Dolines والتحام بعضها ببعض، اذ أن مثل هذا العامل يمكن أن يؤدي الى تشكل السطح بهذه الطريقة[2]. وعلى ذلك كان الهدف الرئيسي لهذه الدراسة هو التعرف على مدى اسهام عامل الاذابة عن طريق تطور الهوات في نشأة مثل هذه المنخفضات.

اختيار منطقة الدراسة:

على الرغم من كثرة المنخفضات شبه المقفلة في شمال الاردن خاصة في المناطق التي تتوسطها قرى: علعال وحريما وخرجا وحبراص وسما وكفرسوم شكل رقم (١)، والتي تنتشر فوق تكوينات الحجر الجيري والحجر الجيري الطباشيري[3] الا أن قلة من هذه المنخفضات تبدي شواهد على تطورها بفعل عامل الاذابة، يرجع الى ذلك الى كونها حالياً اجزاء من القطاعات العرضية للاودية، لهذا كان لا بد من البحث عن المناطق التي تحتوي على هوات مختلفة الأعمار، لمعرفة فيما اذا كانت المنخفضات تتطور فعلا نتيجة لفعل عمليات الاذابة. ولم تكن هذه العملية بالمهمة السهلة، اذ روجعت الخرائط الطبوغرافية مقياس ١: ٥٠,٠٠٠[4] وكذلك الخرائط الجيولوجية المتوفرة وتم تحديد منطقة جور المجادل لاجراء الدراسة الميدانية، ثم روجعت الخرائط الطبوغرافية مقياس ١: ٢٥,٠٠٠[5] من أجل الحصول على تفصيلات ادق فوجد ان معالم الهوات غير واضحة، ولما كانت المنطقة غير مغطاة بالصور الجوية، أصبحت عملية الاستطلاع الميداني الاولي ضرورة اقتضتها خطوة اختيار منطقة الدراسة.

منطقة جور المجادل: ـ

تقع منطقة جور المجادل الى الغرب من الجزء الاوسط لوادي السجن قبل اتصاله بنهر اليرموك بين قريتي حرثا غرباً وقاراقوش شرقاً شكل رقم (١) وينتشر في هذه المنطقة التي لا تزيد مساحتها على بضعة كيلومترات مربعة، حقل كارستي يحتوي على عدد من الهوات الواضحة المعالم والمختلفة في ابعادها ومراحل تطورها. ونظراً لوضوح معالم هذه الهوات وطريقة اتصالها بعضها ببعض اطلق عليها تعبير محلي هو جور المجادل شكل رقم (٢).

اسلوب الدراسة ومنهجها: ـ

اعتمدت الدراسة على الملاحظة الميدانية التي شملت تتبع النواحي التالية:

---

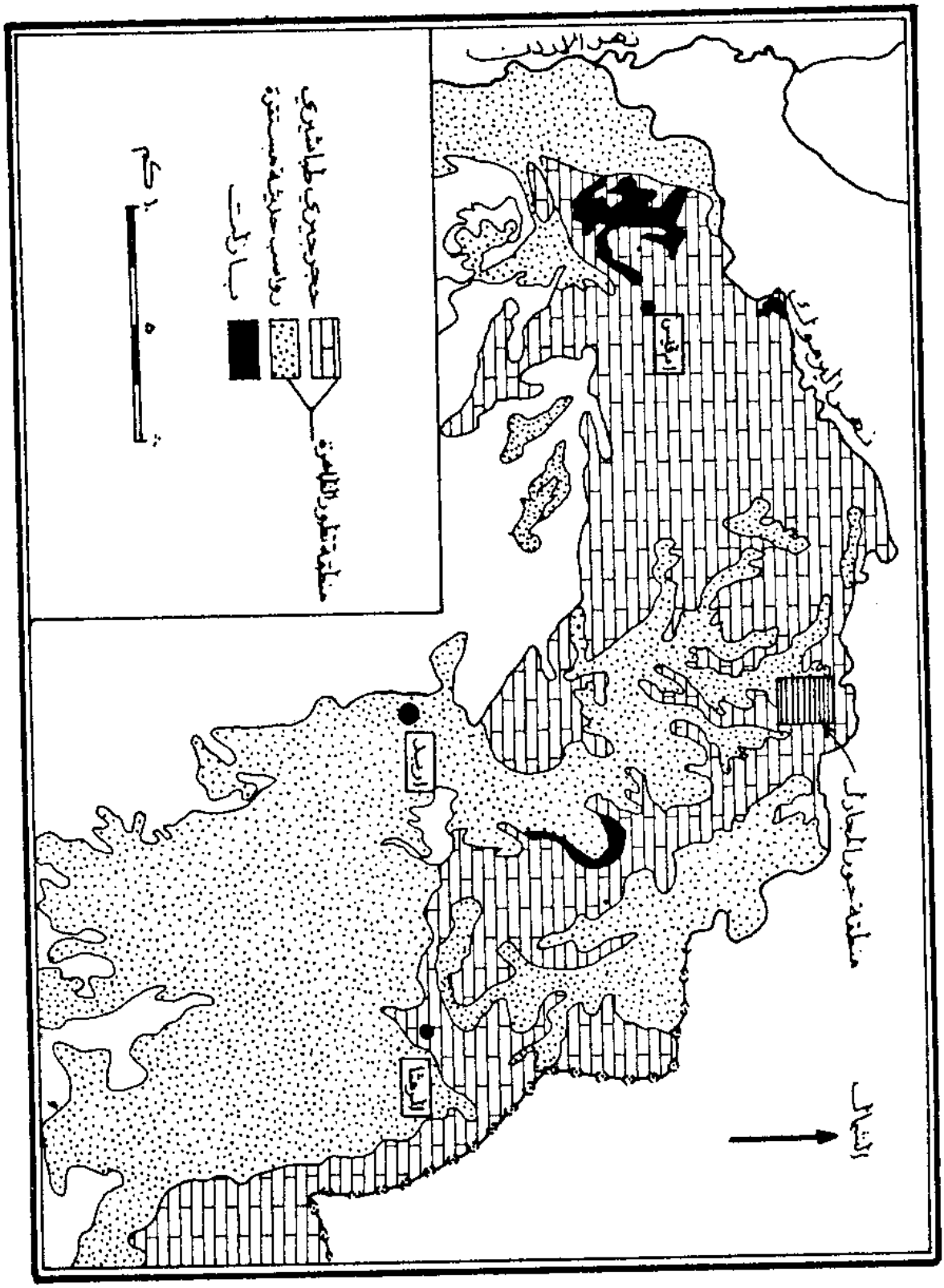
(١) تستخدم في البلاد العربية عدة تعابير محلية للدلالة على تعبير **Sinkhole** أو **Doline** منها جوبة، وغاية في بلاد المغرب ودارة في السعودية وجورة في الاردن وهوى في ليبيا. أما الجيومورفولوجيون العرب فيستخدمون بالاضافة للتعابير السابقة: الحفر الكارستية والحفر البالوعية وفي أحيان اخرى يستخدمون نفس التعبير الاجنبي وهو «دولينا» ويرى الباحث ان انسب مصطلح لهذه الكلمة هو: الهوّة التي تعني في اللغة الوهدة العميقة من الارض والتي لم تنشأ عن الحفر.

(٢) Sweeting M.M. Karst landforms, Macmillan, 1972, London, pp. 48-50.

(٣) انظر خريطة البعثة الجيولوجية الالمانية للاردن، مقياس ١: ٢٥٠,٠٠٠ لوحة عمان اصدار عام ١٩٦٧.

(٤) انظر الخرائط الطبوغرافية للاردن مقياس ١:٥٠,٠٠٠ لوحة إربد اصدار عام ١٩٦٣.

(٥) انظر الخرائط الطبوغرافية للاردن مقياس ١:٢٥,٠٠٠، لوحتا سمر وعمراوه اصدار عام ١٩٤٢



شكل - ١ - حدود المناطق التي تتطور فيها الظاهرة على أساس نوعية الصخور وتركيبها.

اعتمد الباحث في وضع حدود التكوينات على خريطة البعثة الجيولوجية الالمانية

١. ملاحظة الشواهد الميدانية التي تدل على مسار عمليات الاذابة.
٢. قياس الخصائص المورفومترية للهوات وربطها بنوع العملية.
٣. تصنيف الهوات حسب مراحل نشأتها وتطورها وربطها أيضاً بالخصائص المورفومترية.
٤. دراسة ميكانيكية الانتقال من الهوات المنفردة الى الهوات المركبة، والبحث عن كيفية اتصال الهوات المركبة بالمجاري المائية لتصبح أجزاء من القطاعات العرضية للاودية.
٥. محاولة الخروج بنظرية عن تطور مثل هذا النمط من أشكال سطح الأرض وذلك من خلال ما تم اثباته في الميدان.

وقد استخدم في الدراسة بعض وسائل القياس مثل الشريط وميزان ابني وبوصلة برنتون كما امكن اقتطاع عينات من الصخور لتحديد نوعها ومعرفة درجة استجابتها للاذابة.

عوامل تكوين هوات جور المجادل وضوابط توزيعها

تتميز منطقة جور المجادل بظروف طبيعية لاءمت تطور مثل هذا النمط من أشكال سطح الأرض بصورة توزيعه الحالية، ولعل أهم هذه الظروف هي:

١. نوعية الصخور.

تتميز صخور منطقة جور المجادل بكونها من الحجر الجيري الطباشيري الذي يزيد سمكه بالقرب من وادي السجن الغربي على ٢٠٠م. وتتداخل تكوينات الحجر الجيري الطباشيري مع طبقات اوراقات صوانية يزيد سمك الواحدة منها على ١٠ سم وهي تبتعد عن بعضها بمسافات تتذبذب بين ١-٤م. وعلى الرغم من أن نوعية الحجر الجيري الطباشيري، لا تعد بيئة مثلى للتشكل بالظاهرات الكارستية عامة، بسبب طبيعتها الهشة القوام والتي لا تحتفظ بالمعالم التي تشكلت بها[٦] الا انها مع ذلك عرضة لنشاط الاذابة التي تؤدي الى خلق أنماط كارستية خاصة بها، ابرزها هوات الاذابة[٧].

٢. التركيب الصخري ونظم الفواصل والشقوق.

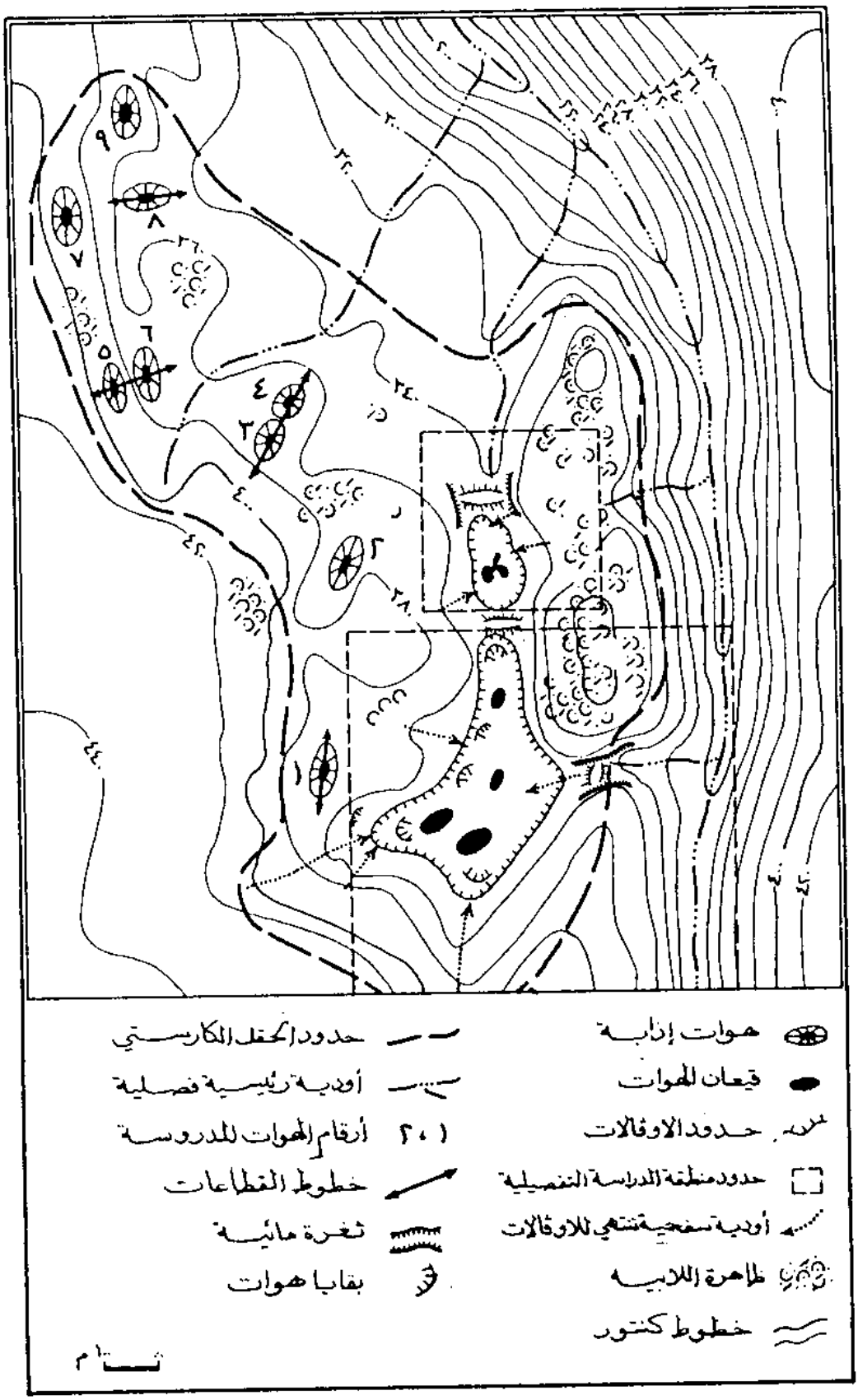
تتركب صخور منطقة جور المجادل التي أمكن تمييزها من خلال بعض جوانب الهوات ذات السفح الحر وجوانب وادي السجن، من طبقات مختلفة السمك. الامر الذي أدى الى كثرة اسطح الانفصال بين الطبقات والتي ساعدت بدورها على تركيز جريان الماء بها ومن ثم تنشيط عمليات الاذابة صورة رقم (٢) وقد دلت الملاحظة الميدانية أيضاً على كثرة الفواصل الرأسية والمائلة في الطبقات الصخرية صورة رقم (٣).

ويعتقد الباحث أن الفواصل الرأسية والمائلة قد قامت بدور رئيسي في تطور هوات جور المجادل كما أنها احد أهم العوامل التي ضبطت توزيعها. ويرجع ذلك الى أنه طالما كانت هناك ظروف طبيعية متجانسة فوق المنطقة فكيف يمكن اذن تفسير نشأة الهوات في مواضعها الحالية شكل رقم (٢)، ولم تتطور في مناطق اخرى، لهذا يفترض أن نوى الهوات الحالية كانت تمثل فواصل رأسية عميقة، سمحت بتركز الاذابة من خلالها فتطورت الهوات.

وتميل الطبقات الصخرية في منطقة جور المجادل ميلاً يقدر باربع درجات تقريباً نحو الجهة الشمالية، الأمر الذي ساعد على استطالة الهوات باتجاه ميل الطبقات.

(٦) Fairbridge. R.W, Ed.: The Encyclopedia of Geomorphology, Reinhold Book Corporation,1968, New York P. 582.

(٧) انظر:
Jennings, J.N.; Karst, The MIT Press 1971, London, pp. 10-22
Sweeting, M.M. Op. Cit., p. 47



شكل - ٢ - جيومورفولوجية منطقة جور المجادل

٣. التساقط.

تعد المياه العامل الرئيسي في تطور الأشكال الكارستية عامة، لهذا يندر أن تتطور الهوات في المناطق الجافة، ومع ذلك فان الجفاف الحالي لا ينفي وجودها، لأنها قد تكون تطورت في ظروف سابقة كانت تتمتع المنطقة بها بقدر من التساقط. وتستقبل منطقة جور المجادل كمية من التساقط تتراوح بين ٣٠٠-٥٠٠ ملم سنوياً[٨]. وهي كمية كافية لتنشيط فعل المياه في الصخور الجيرية.

٤. الغطاء الحيوي.

اذا استثنيت المناطق التي تنتشر فيها ظاهرة «اللابيية» شكل رقم (٢) فان منطقة جور المجادل تتمتع بغطاء حيوي قوامه التربة والنباتات الطبيعية ممثلة بالحشائش، الأمر الذي أدى الى تركيز حامض الكربونيك في الماء[٩] وبالتالي زيادة فعالية الاذابة.

عمليات تطور هوات جور المجادل.

على الرغم من أن الاذابة هي المسؤولة عن نشأة كل أنواع الهوات كما رأى سيفيجيش Cvijic [١٠] الا ان هناك أنواعاً مختلفة منها يتم تحديدها بمدى تضافر كل من عاملي الانهيار Collapse والهبوط Subsidence الى جانب عامل الاذابة، اذ اصبح بالامكان التمييز بين مجموعتين رئيسيتين من الهوات يندرج في قائمتيهما «أنواع اخرى وهما مجموعة هوات الاذابة ومجموعة هوات الانهيار[١١]. ولا شك أن الصلة وثيقة بين نوع العملية ونوع الهوة، لهذا اتجهت الدراسة اولا الى تحديد أنواع الهوات من خلال العملية التي ادت الى نشأتها.

لوحظ من خلال تتبع هوات جور المجادل ان نقطة البداية في تشكلها هو عامل الاذابة، بحيث تتعرض الصخور أسفل قطاع التربة مباشرة لتأثير الماء المكربن، وتنصرف هذه التكوينات الى الباطن من خلال مسام الصخور والشقوق، أما دلالة عامل الاذابة فتتمثل بالكهوف المختلفة الأبعاد وركامات الترافرتين Travertine التي تتجمع باشكال مختلفة، أظهرها تلك التي تنتشر في قاع وادي السجن ووادي الحبيس قبيل اتصالهما بنهر اليرموك. ويتبع عملية الاذابة هبوط في منسوب سطح الارض الخاص بالمناطق التي نشطت فيها عملية الاذابة.

ويتم هبوط سطح الأراضي التي نشطت الاذابة فوقها بطريقتين كما يوضحهما الشكل رقم (٣) وهما:

١. عمليات الهبوط البطيئة المتزامنة مع الاذابة:

ينتشر في منطقة جور المجادل عدد من الهوات السطحية التي تتخذ الشكلين الدائري والبيضوي تتراوح اقطارها بين ٢٠-٤٠٠م أما عمق الواحدة منها فلا يزيد أحياناً على مترين. وتغطي قيعان هذه المقعرات تكوينات دقيقة، غالباً ما تكون تربة التراروسا. ويدل خلو قيعان هذه المقعرات من أي كتل صخرية على

(٨) التقدير من متوسط محطات: حرثا، وكفرسوم، وسمر، وخرجا، انظر:

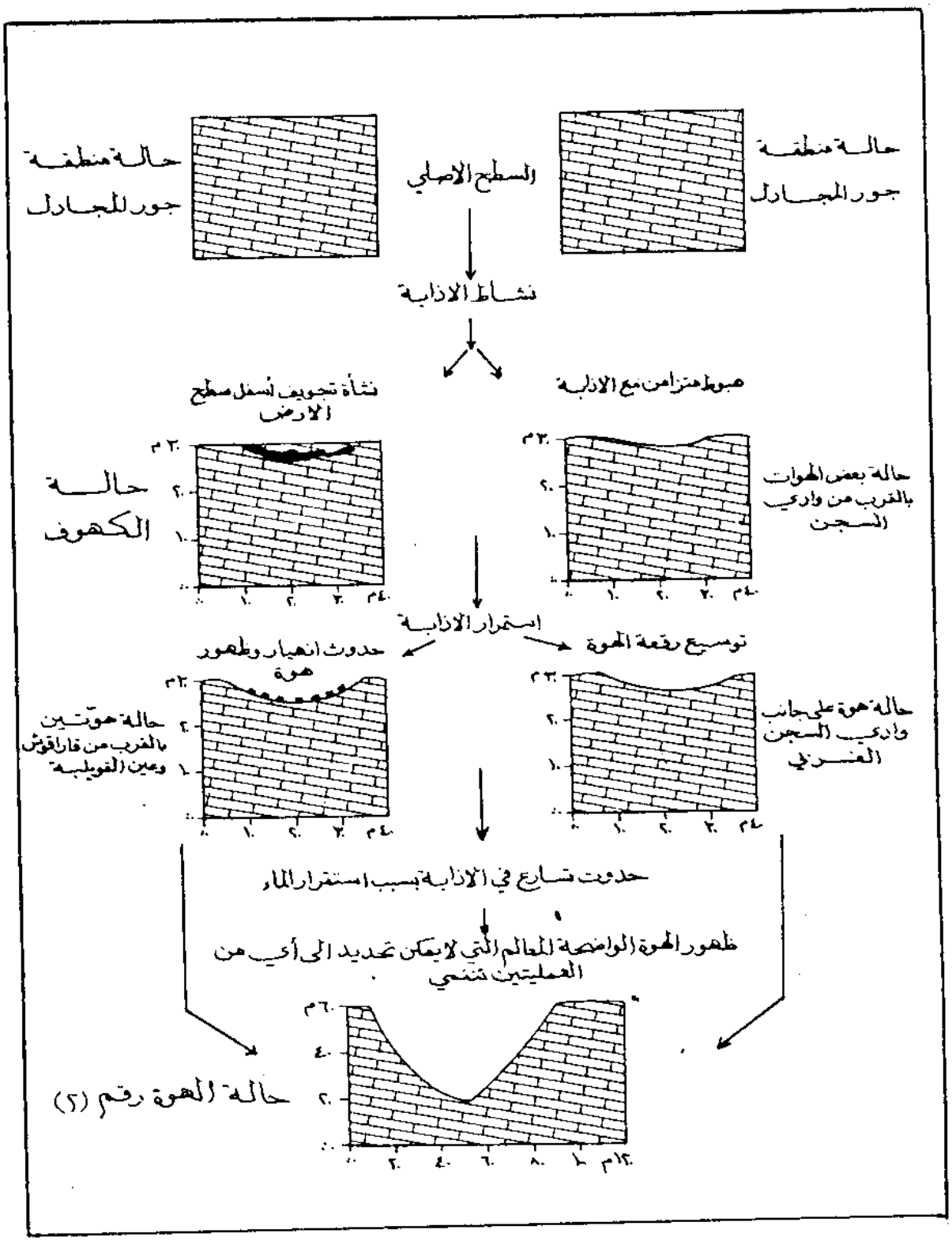
N.R.A.,: National Water Master Plan of Jordan, Surface Water Resources Hanover, 1977. Vol. III

(٩) يعمل الغطاء الحيوي على امداد الماء بغاز ثاني اكسيد الكربون بكمية تزيد على خمس عشرة مثلا قدر الكمية التي يمده الغلاف الغازي بها. انظر:

(١٠) Swinnerton, A.C., Origin of Limestone Caverns, Buil. Geol. Soc. Am. 43 1932. pp. 663-93
Quoted in Sweeting, M.M. Op. Cit. p. 46

(١١) حول انواع الهوات التي يتم تحديدها بناء على الاذابة والانهيار والهبوط وكذلك التراكيب الصخرية المجاورة للحجر الجيري انظر:

Thornbury, W.D.,: Principles of Geomorphology, John Wiky & sons, Inc, 1954, New York p. 322.
- Jenning, J.N., Op. Cit., pp. 121-127
- Sweeting, M.M. Op. Cit. pp. 44-74



شكل - ٣ - مراحل تطور هوات جور المجادل من خلال الحالات المشاهدة ونوع العملية

تزامن حدوث الاذابة مع الهبوط، ففي الوقت الذي يتعرض السطح فيه للاذابة يبدأ بالهبوط. أما أسباب هذا التزامن فيعود الى طبيعة الصخور الهشة، والتي لا تهيء الفرصة لحدوث تجاويف باطنية ذات سقوف قوية تسمح بابتعاد قيعانها عن السطح، لتتعرض فيما بعد للانهيار، كما هي الحال في هوات الانهيارات. صورة رقم (١).

٢. عمليات الهبوط المفاجئة:

لوحظ أيضاً وجود هوتين تطورتا بفعل الاذابة أولا، ثم الهبوط المفاجيء ثانياً، اي الهبوط غير المتزامن مع الاذابة. وتقع الهوة الاولى الى الغرب من قرية قراقوش أما الثانية بتقع بالقرب من عين القويلبة الى الجنوب من منطقة الدراسة بنحو ١٠ كم. وتدل خصائص هاتين الهوتين على نشاط عمليات الاذابة أسفل سطح الأرض، وفيما بعد تكونت تجاويف باطنية أسفل سقوف سطحية، ثم انهارت هذه الاسقف لتكشف عن هاتين الهوتين. وهناك شواهد كثيرة تدل على هذا الترتيب في العملية ابرزها:

- ظهور بقايا حطام السقف في قاعي الهوتين على هيئة كتل صخرية أمكن رسم حدودها، صورة رقم (٢) شكل رقم (٤).
- ظهور بقايا تجاويف صخرية على هيئة كهوف مختلفة الابعاد.

وتتميز هوتا القويلبة وقراقوش بعدم كبر العمق فهو لا يزيد على اربعة أمتار، وذلك بخلاف هوات الانهيار عامة التي تتميز بكبر العمق بحيث يصل الى مئتي متر أحياناً[١٢]، الى جانب مميزات اخرى مثل درجة انحدار الجوانب والعلاقة بين السفح الثابت والحر من المنحدر[١٣]. لهذا لا يميل الباحث الى تصنيف هذه الهوات كهوات انهيار. أما أسباب عدم العمق والذي ترتب عليه عدم اعتبار هوتا القويلبة وقاراقوش كهوات انهيار فيرجع الى ناحيتين:

الاولى:

تداخل تكوينات صوانية تمتد على هيئة طبقات مختلفة السمك (١٠-٣٠ سم) بين تكوينات الحجر الجيري الطباشيري وذلك على مسافات تتذبذب بين ١-٤م شكل رقم (٤) وقد أدى هذا الوضع الى توقف عمليات الاذابة عند حدود الطبقات الصوانية التي لا تستجيب لعمليات الاذابة بأي حال من الاحوال[١٤]. ولا يعني هذا الوضع توقف دائم بل قد تنشط الاذابة مرة اخرى اسفل التكوينات الصوانية في الحجر الجيري الطباشيري الأمر الذي يؤدي الى تحطم الاسقف الصوانية، ويدل على ذلك بقايا حطام الصوان في قيعان الهوات، حتى في هوات الاذابة.

الثانية:

فهي ضعف الصخور التي تسمح بنشأة التجاويف الصخرية بابعاد محدودة لا تتعداها، ويختلف هذا الوضع عن صخور الحجر الجيري الماسيف Massive أو الدولوميت التي تسمح بنشأة تجاويف عظيمة الابعاد تبعاً لصلابتها النسبية[١٥].

يتضح مما سبق تضافر عمليتين رئيسيتين تسهمان معاً في نشأة مقعرات سطحية محدودة الأبعاد وبصفة خاصة الابتعاد في الاتجاه الرأسي، وتعد هذه المقعرات السطحية النوى الاولية للهوات، وهي تستمر في التطور بعد ذلك عن طريق الاذابة بمعدل أسرع مما كانت تسير فيه ويرجع ذلك الى عدد من

(١٢) سميح احمد عودة، جيومورفولوجية الهوات في الجبل الاخضر، منشورات وحدة البحث والترجمة، العدد ٦٣، الكويت ١٩٨٤ ص ١٥

وسيشار لهذا المرجع عند وروده فيما بعد: سميح، هوات

(١٣) Jennings, J.N. Op. Cit. pp. 120-122

(١٤) Holms, A.: Principles of Physical Geology, Nelson, 1966, pp. 132-136

(١٥) انظر: Jennings, J.N., Op. Cit pp. 10-23 Sweeting, M.M. Op. Cit. pp. 10-21

الأسباب، ويأتي على رأسها:

- استقرار الماء فوق صخور القاعدة لهذه المقعرات السطحية لفترة أطول مما كان عليه الوضع سابقاً، وحيث أن هذه المقعرات هي منخفضات تنصرف اليها المياه من المناطق المجاورة فان ذلك يؤدي أيضاً الى كبر كمية المياه التي تصيب السطح.
- ساعدت المقعرات السطحية على تطور ونمو قطاع التربة الى جانب نمو النباتات الحولية التي عملت على زيادة تركيز حامض الكربونيك في الماء.

وقد انعكست صورة التسارع في عملية الاذابة بشكل جلي في عدد من الهوات التي ازداد اتساعها كمنخفضات مقفلة فوصلت اعماق بعضها في جور المجادل الى اربعين متراً أما اقطارها القصوى فتزيد أحياناً على مائة متر.

ارتباط عنصر الانحدار في هوات جور المجادل بنوع العملية

تتخذ منحدرات جوانب هوات الاذابة خصائص معينة في الانحدار تميزها عن هوات الانهيار وذلك من حيث: درجة الانحدار، وشكله، ونوعية المواد المؤلفة له. وتقود هذه الخصائص في جملتها الى تحديد نوع الهوة دون دراسة العملية احياناً.

وقد تبين من خلال دراسة القطاعات العرضية والطولية لعدد من هوات جور المجادل يوضحها الشكل رقم (٥) ما يلي:

١- درجة الانحدار: -

تتذبذب درجات انحدار جوانب هوات جور المجادل بين ٥-٤٠° وهي قيم تتفق مع قيم درجات انحدار هوات الإذابة عامة، والتي تقل بدورها كثيراً عن قيم منحدرات هوات الانهيار التي تتراوح بين ٤٥° الى ما يزيد على ٩٠° اي أن المنحدر يتخذ احياناً الشكل القمعي[١٦].

ويعود سبب تذبذب درجة الانحدار في هوات المجادل الى عمر العملية ذاتها، فمن الواضح ان تقادم عمر العملية يؤدي الى تزايد قيمة الانحدار تبعاً لتزايد عمق الهوة. وتسير هذه الناحية في عكس اتجاه هوات الانهيار التي درس الباحث عدداً منها في الجبل الاخضر، (ليبيا) اذ تكون منحدرات جوانب هوات الانهيار بادىء عمرها حادة الانحدار ثم يبدأ انحدارها في التناقص تبعاً لتقادم عمر الهوة.

٢- شكل الانحدار: -

لوحظ أن أهم ما يميز منحدرات جوانب هوات جور المجادل، كونها منحدرات منتظمة، بحيث لا يوجد على امتداد المنحدر بين الفتحة والقاع أي تغير في قيمة الانحدار.

٣- نوعية المواد المؤلفة لسطح المنحدر: -

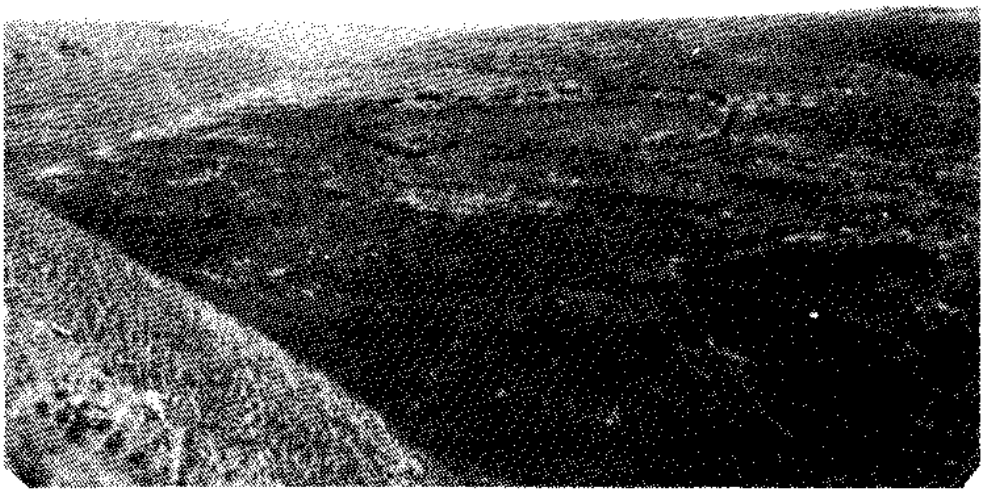
ترتبط نوعية مواد السطح المؤلفة لمنحدر جانب الهوة بنوع العملية التي اسهمت في تطور الهوة نفسها ففي حين لا يظهر السطح عارياً عن من غطاء المفتتات Residual Overburden في منحدرات هوات الاذابة، يبدو السطح مختلفاً عن ذلك في هوات الانهيار، وذلك حسب عمر الهوة، اذ يكون المنحدر في بداية عمر هوة الانهيار حراً، اي لا يظهر عليه غطاء المفتتات ولا يستقر تبعاً لحدة الانحدار، وبعد ذلك يبدأ السفح الثابت Constant Slope في النمو عقب تساقط المفتتات وتراكمها عند حضيض المنحدر. وبناء على ذلك تختلف نسبة طول السفح الثابت من منحدر الهوة الى جملة طول المنحدر حسب العمر فهي تتراوح من صفر في الهوات الحديثة الى اقل من ١٠٠٪ في الهوات الاقدم عمراً[١٧].

(١٦) Fairbridge, R.W. Op. Cit. p. 582

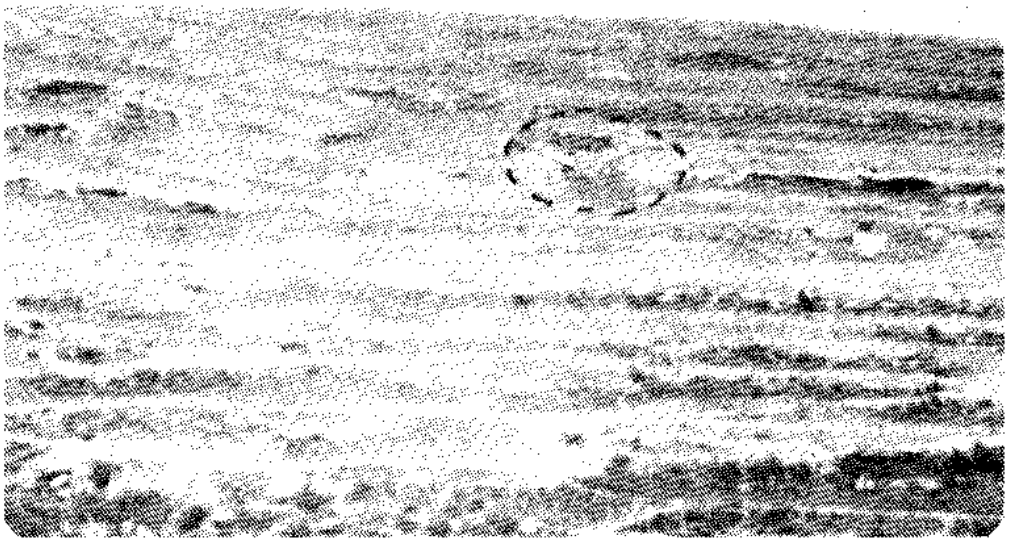
(١٧) انظر: سميح، هوات، ص ١٢

Jennings J.N. Op. Cit. p.122

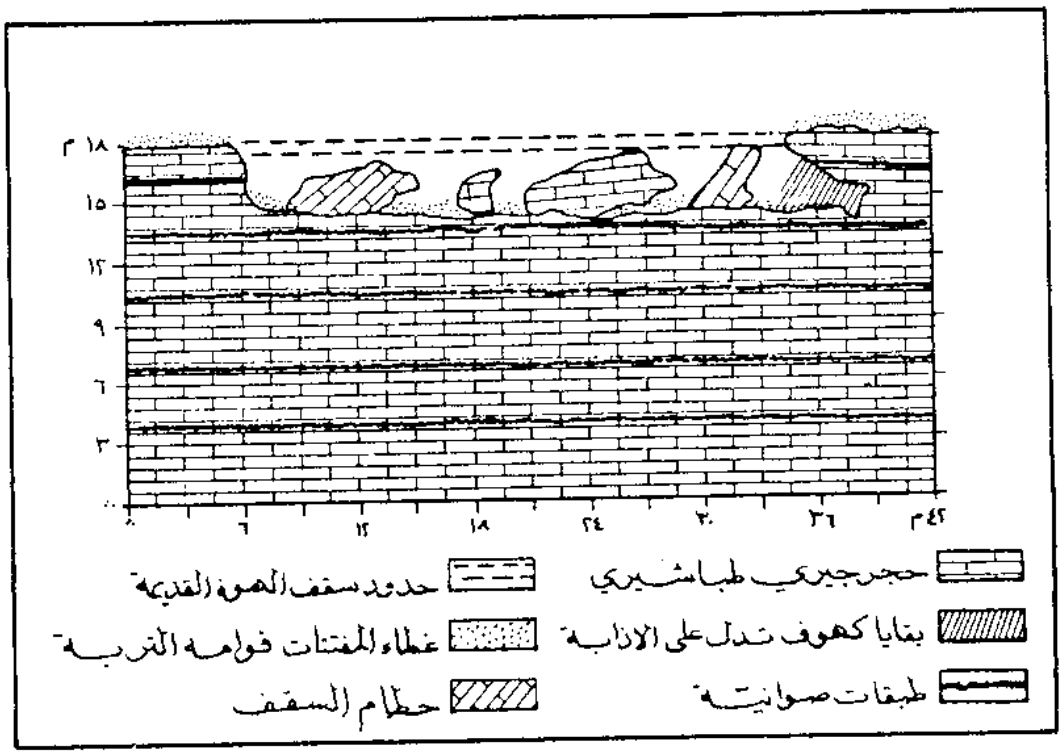
Aubert, D.,: Structure Activite et evolution d'une Doline. Bull. Soc. Neuchateloise Sci. Nut. 89. 1966 pp. 113-120



صورة رقم (١) نموذج لواحدة من الهوات التي تتزامن فيها عمليات الاذابة والهبوط فينخفض السطح عن المنطقة المجاورة وتعلوه تكوينات رسوبية دقيقة.



صور رقم (٢) هوة القويلبة التي لم تتزامن فيها عملية الاذابة مع الهبوط فانهار السقف على هيئة حطام صخري ضمن حدود الهوة.



شكل ـ ٤ ـ قطاع رأسي على امتداد احدى الهوات التي لا تتزامن فيها عملية الاذابة مع الهبوط ـ قرب قاراقوش

ارتباط الخصائص المورفومترية لهوات الاذابة بنوع العملية

بعد تحديد نوع العملية التي تطورت الهوة بتأثيرها ودراسة مدى ارتباطها بعنصر الانحدار ، جرى التثبت من مدى ارتباط الخصائص المورفومترية لهوات جور المجادل بنوع العملية ، ومن خلال القياس الميداني لاقطار فوهات وقيعان هوات جور المجادل وكذلك حساب مساحاتها واعماقها ، اختبرت العناصر المورفومترية التالية : ـ

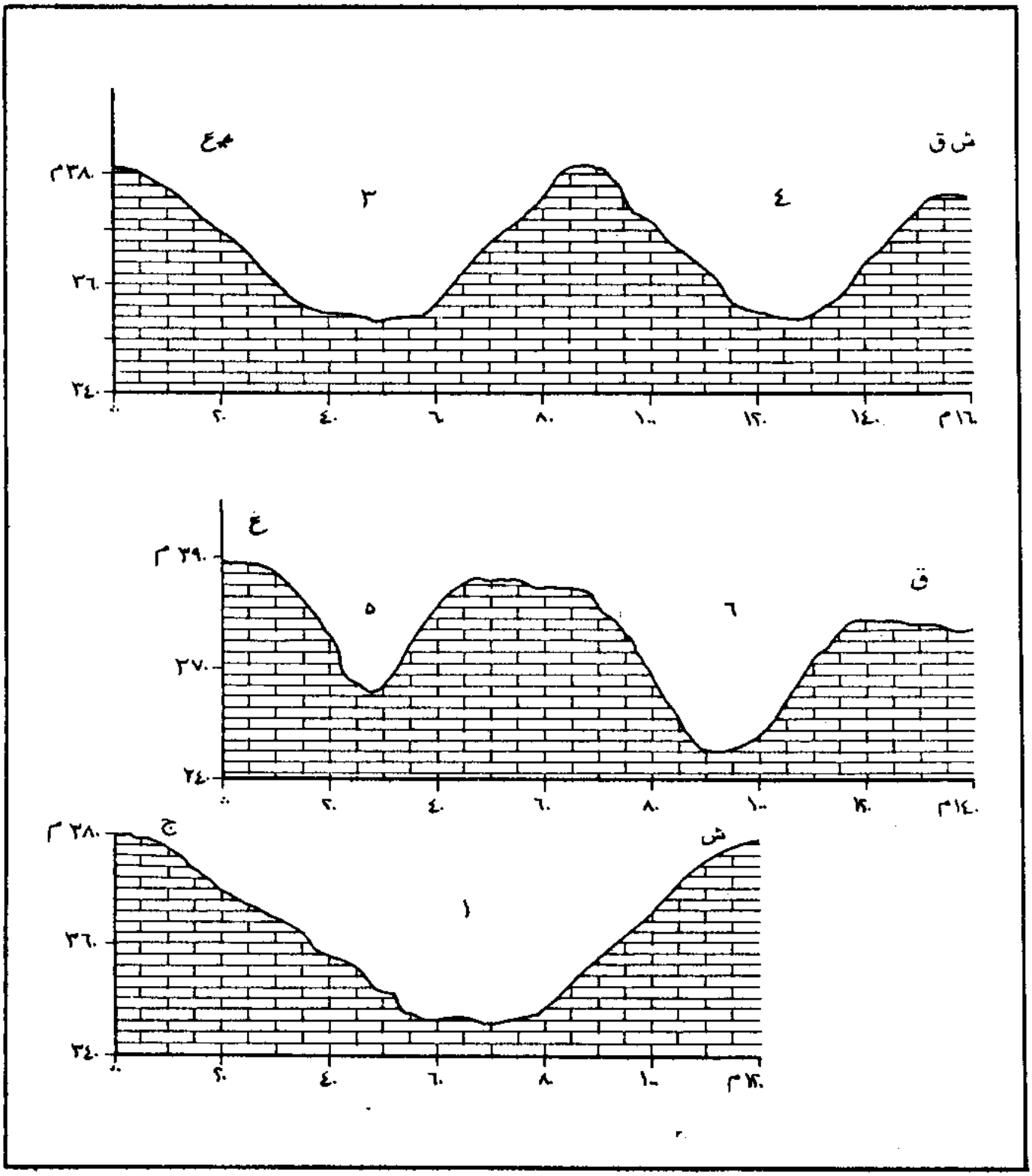
١ . مدلول الكثافة في هوات جور المجادل .

حاول كرامر Cramer (١٩٤١) ايجاد صلة بين تطور ونوع العملية التي تشكلت الهوة بها من جهة وبين مدلول الكثافة من جهة اخرى ، ولتحقيق ذلك حدد مفهوم الكثافة بنوعين من المعلومات هما :

- عدد الهوات في وحدة المساحة
- مساحة الهوات في وحدة المساحة ، اي حساب جملة مساحة الهوات في المنطقة ثم تقسيمه على مساحة المنطقة لمعرفة ما يخص الكم٢ من أمتار مربعة . وانتهى كرامر من دراسته الى عدم وجود صلة للارتباط بين مدلول الكثافة ونوع العملية التي تطورت الهوة بتأثيرها[١٨] .

وعند محاولة دراسة مدلول الكثافة في هوات جور المجادل واجه الباحث صعوبة في تحديد عددها ، لعدم وفرة الصور الجوية ثم لكثرة انتشار اشباه الهوات ، اي الهوات التي قوضت عوامل التعرية أحد جوانبها فبدت على هيئة منخفضات غير مقفلة ، وقد يتطور مثل هذا المظهر بفعل عوامل اخرى غير

(١٨) Quoted in Jennings, Op. Cit. p. 125



شكل ـ ٥ ـ قطاعات على امتداد الهوات في مختلف الاتجاهات

الاذابة كما هي الحال مثلاً بالنسبة للعدسات التي تنشأ بفعل الانزلاق الأرضي، اضف الى ذلك أن هناك عدداً من الهوات المركبة، فاذا اخذ عنصر العدد في وحدة المساحة قد تكون الصورة خاطئة لانها ستعتبر هوة واحدة بغض النظر عن ابعادها. ومن خلال تتبع الهوات المقفلة تماماً والمقوضة الجانب التي تبدي شواهد على حدوثها بفعل الإذابة وكذلك الهوات المركبة، تبين أن كثافتها هي ٩/كم^2 أما على أساس المساحة فكانت ١٦كم^2/ كم^2. ويتضح من هذا ان المدلول الثاني للكثافة اكثر وقعا في تحديد مدى تشكل سطح المنطقة بفعل الهوات اذ أن ما يزيد على ١٥٪من جملة سطح المنطقة مشغول بالهوات.

ولايجاد صلة الارتباط بين مدلول الكثافة ونوع العملية، اقترح الباحث في دراسة سابقة لهوات الانهيار في الجبل الاخضر معاملا مورفومتريا اطلق عليه تعبير معامل التقعر، ويمكن الحصول عليه من تقسيم مساحة فوهة الهوة على قاعها.

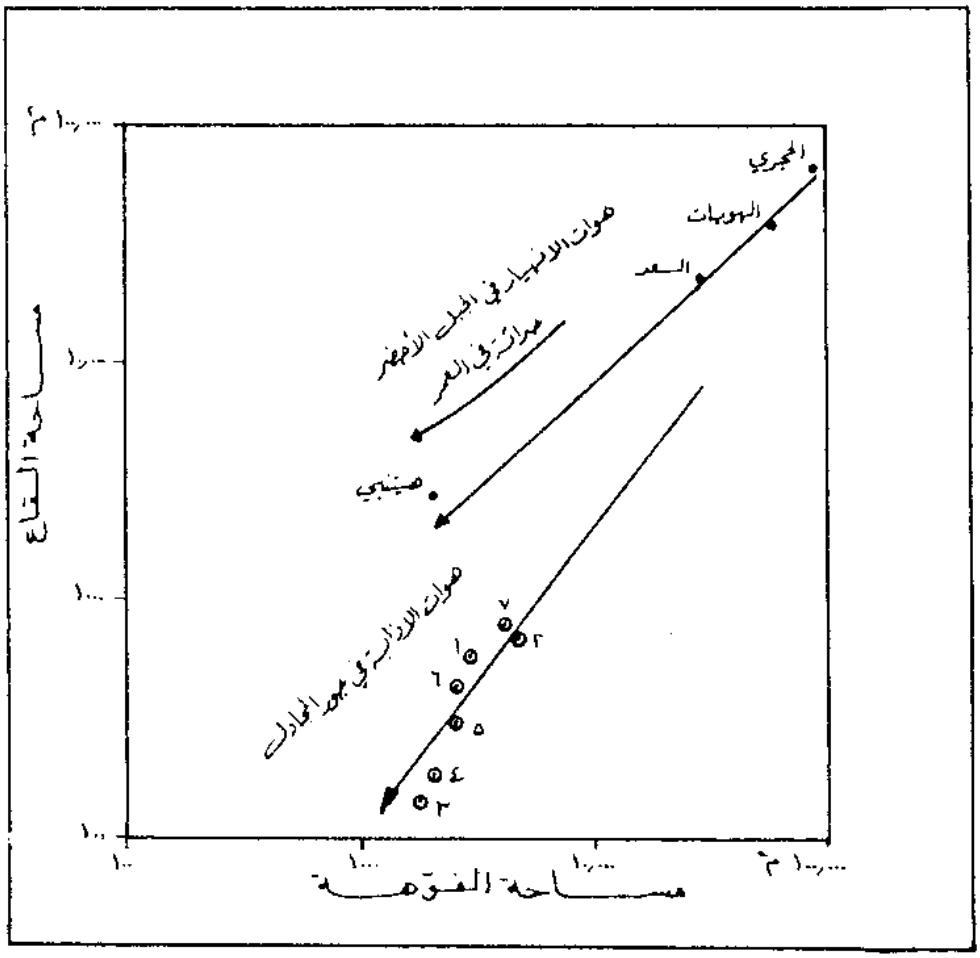
وقد وجد أن مثل هذا المعامل يسهم في تمييز هوات الاذابة عن هوات الانهيار فكما يتضح من الجدول رقم (١) الشكل رقم (٦)، تبدي قيم معامل التقعر في هوات الاذابة تطرفاً أكبر، وهي تزيد بصفة عامة على القيمة ٥ كما أن قيمها لا يمكن أن تقل بحال من الأحوال عن القيمة ١. أما قيم معامل التقعر في هوات الانهيار فهي صغيرة واكثر اقتراباً من بعضها هذا فضلاً عن أنها تقل عن القيمة ١ في بادىء عمرها أي أن مساحة قاعها تكون اكبر من مساحة فوهتها. وقد لوحظ ايضاً انه بازدياد قيم معامل التقعر في كل من هوات الاذابة وهوات الانهيار يكون ذلك دلالة على قدم عمر الهوة.

جدول رقم (١)
مساحات الفوهة والقاع وقيم معامل التقعر في هوات جور المجادل مقارنة بنظائرها في الجبل الاخضر

هوات الاذابة في جور المجادل *			هوات الانهيار في الجبل الاخضر **	
رقم الهوة	مساحة الفوهة م^2	مساحة القاع م^2	معامل التقعر	اسم الهوة
١	٣١١٠	٥٨٧	٥,٢	١,٦٣ الحجري
٢	٤٥٣٣	٧٠٨	٦,٤	١,٥٦ الهويات
٣	١٨٨٠	١٤١	١٣,٣	١,٢ السعد
٤	٢١٢٠	١٨١	١١,٧	,٦ هيتيني
٥	٢٥٧٦	٢٩٦	٨,٧	
٦	٢٦٧٠	٤٨٠	٥,٥	
٧	٤٤٠٦	٧٧٥	٥,٦	

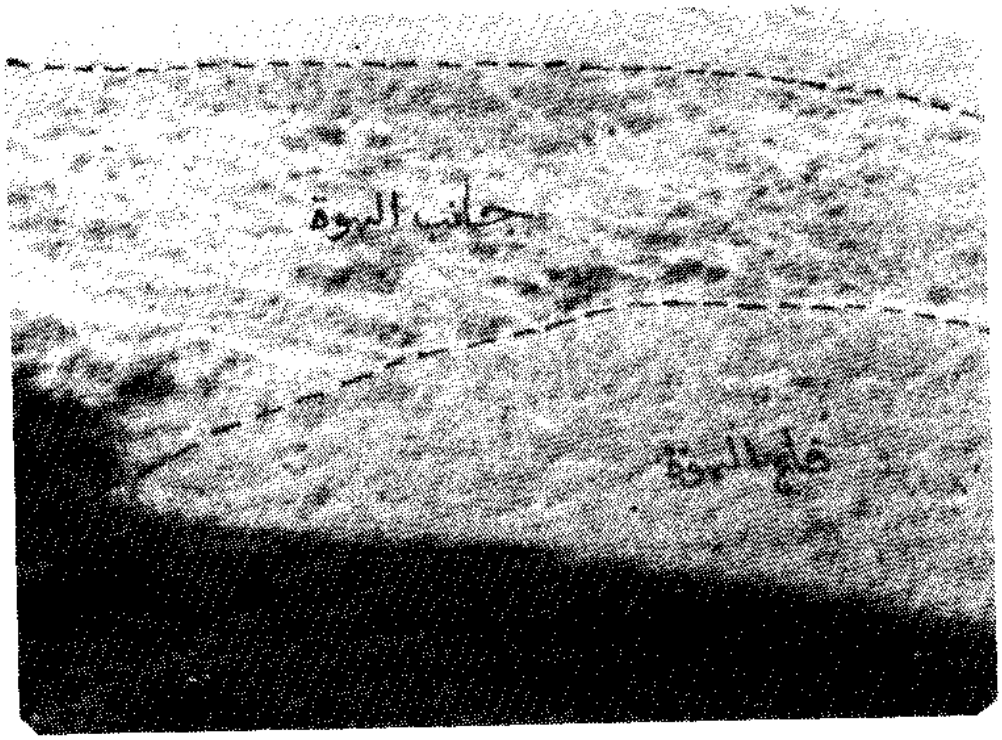
* حسبت مساحة الفوهة والقاع بقياس اقطار الهوات الموجودة في جدول رقم ٢ وذلك بتطبيق علاقة مساحة القطع الناقص.

** لمزيد من التفاصيل انظر دراسة الباحث عن هوات الانهيار في الجبل الاخضر المشار اليها سابقا.



شكل ـ ٦ ـ العلاقة بين مساحة الفوهة ومساحة القاع لهوات الاذابة والانهيار

صورة رقم (٣) أحد جوانب هوة قراقوش وقاعها الارسابي لاحظ بقايا الكهوف التي تدل على عملية الاذابة.



صورة رقم (٤) احد جوانب منحدرات هواة جور المجادل يوضح انتظام الانحدار وانبساط سطح القاع وافتراشه بالرواسب.

طاقة التضرس Relief Energy

رأى «كولمان» و «بولشين» Colman and Balchin (١٩٥٩)، أن هناك علاقة وثيقة بين معامل طاقة التضرس، الذي ينشأ من حاصل تقسيم عمق الهوة على قطرها وبين العملية التي كونت الهوة[١٩]، فقد اوضحا ان المنحنى الذي ينشأ بمعلومية احداثيي العمق والقطر، يكون خطاً مستقيماً ذا اتجاه واحد في هوات الاذابة. أما في هوات الانهيار فيكون هذا المنحنى خطاً مضطرباً. وقد جرى اختبار هذا المعامل على هوات الاذابة في جور المجادل، فوجد أن المنحنى الذي يرسم هذا المعامل كما يتضح من الشكل رقم (٧) والجدول رقم (٢) هو خط مستقيم ومنتظم، وذلك بخلاف المنحنى الذي يرسم معامل التضرس في هوات الانهيارات. أما سبب هذا الانتظام في هوات الاذابة وعدمه في هوات الانهيارات. فيعود بالضرورة الى اختلاف نظم تطور الانحدارات في كل منهما. فالمنحدرات على جوانب هوات الاذابة تكون كما سبق الذكر، منحدرات ثابتة Constsnt على عكس الحال من منحدرات هوات الانهيار التي يمثل كل قطاعها بادىء عمرها وجهاً حراً. ويرى الباحث ان هناك علاقة قوية ايضاً بين قيم معامل التضرس وعمر الهوة، ففي هوات الانهيار في الجبل الاخضر يدل تناقص قيم معامل التضرس على تقادم عمر الهوة، بينما يدل تزايد قيم معامل التضرس في هوات الاذابة على تقادم عمر الهوة، ويرجع سبب ذلك، الى أنه في الحالة الاولى يتزايد قطر الهوة ويبقى العمق مستقراً بينما يتزايد عمق الهوة على حساب قطرها في الحالة الثانية.

معامل الاستطالة والاستدارة في هوات جور المجادل.

تتخذ الهوات عموماً، وبغض النظر عن نوع العملية التي اسهمت في نشأتها اشكالاً تتذبذب بين الدائرة والشكل البيضوي. ولقياس معامل الاستطالة الذي يبتعد فيه شكل الهوة عن الاستدارة يمكن تقسيم اكبر

(١٩) Colman, A. and Balchin, W.G.V., The Origin and Development of Surface Depressions in Mindip Hills. Proc. Geol. Ass. 1959. 70 pp. 291-309

قطر تتخذه فتحة الهوة على اصغر قطر لنفس الهوة[٢٠]. وقد طبق هذا المعامل على هوات جور المجادل الى جانب معامل الاستدارة المستخدم في التطبيق على أحواض التصريف المائية[٢١] وهو نسبة بين مساحة فتحة الهوة الى مساحة دائرة لها طول محيط الهوة، فوجد كما يتضح في الجدول رقم (٣) شكل رقم (٨) ان هناك استطالة في اشكال الهوات من الشمال الى الجنوب. غير أن مثل هذين المعاملين لم يصلحا لتحديد نوع العملية اذ أن الاستطالة ترتبط بمقدار ميل الطبقات الصخرية فهي تزيد، بزيادتها، وتأخذ اتجاه الميل نفسه، كما أنها ترتبط بدرجة نقاء الحجر الجيري فضلاً عن ارتباطها بدرجة انحدار تصريف الماء الجوفي[٢٢]. وتتفق استطالة الهوات في جور المجادل مع ميل الطبقات الصخرية من الجنوب الى الشمال.

جدول رقم (٢)
قيم معامل التضرس وعناصر اشتقاقه في جور المجادل مقارنة بنظائرها في الجبل الاخضر

جـــور المجـــادل					
الهوة	القطر الاكبر م	القطر الاصغر م	متوسط م العمق	طاقة التضرس	طاقة التضرس * في الجبل الاخضر
١	٩٠	٤٨	٦٦,٥	٣٦	,٧٢	٠,٣ الحجري
٢	١٠١	٥٤	٧٧,٥	٤١	,٥٢	٤, الهويات
٣	٦٣	٣٨	٥٠,٥	٢٥	,٤٩	٧, السعد
٤	٦٠	٤٥	٥٢,٥	٢٧	,٥١	٣,١ هيتيني
٥	٨٢	٣٣	٥٧,٥	٢٨	,٤٨	
٦	٩٥	٤٠	٦٧,٥	٣٠	,٤٤	
٧	١١٠	٥١	٨٠,٥	٤٢	,٥٢	

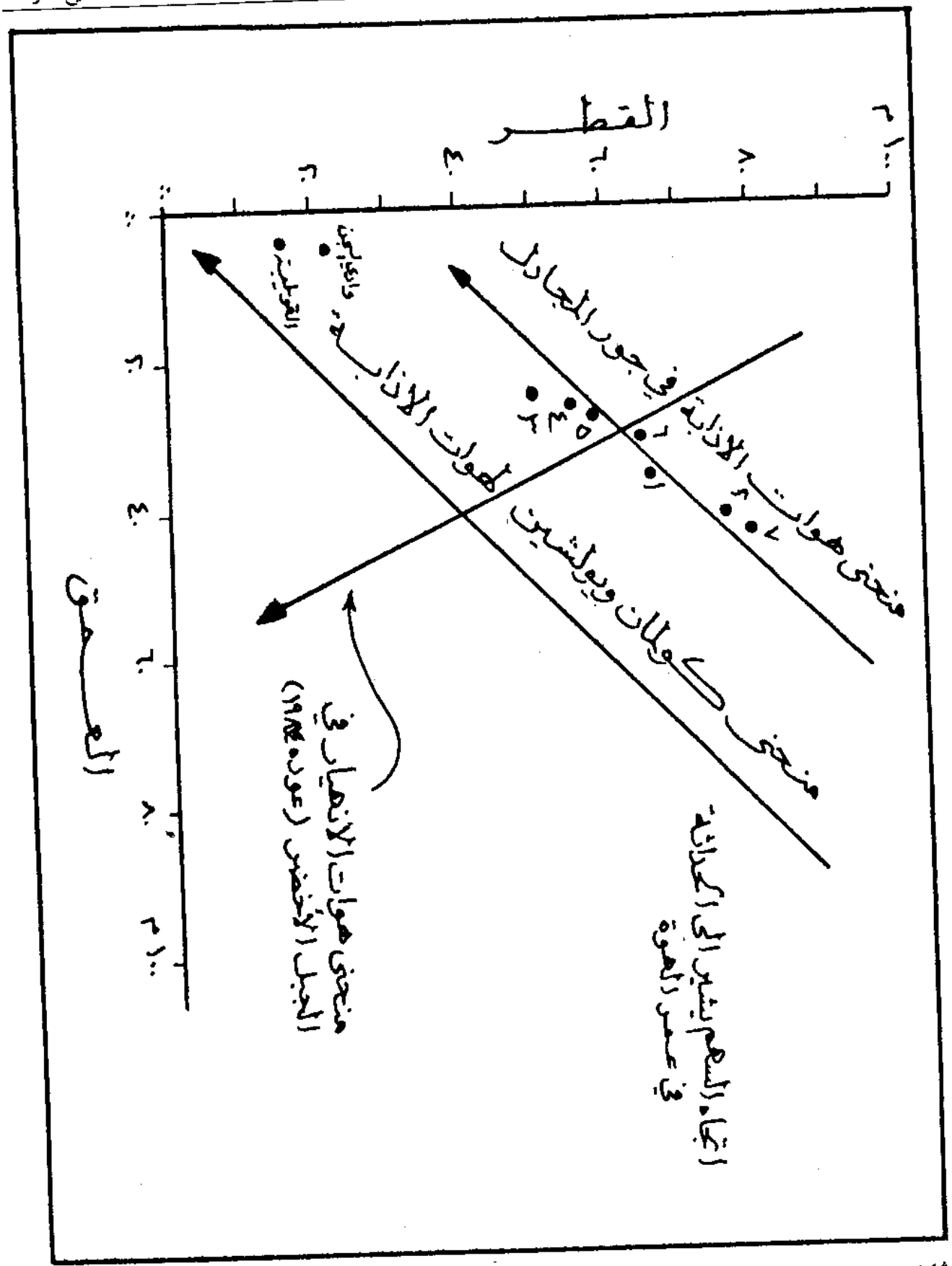
* انظر دراسة الباحث هوات الانهيار في الجبل الاخضر المشار اليها سابقاً.

جدول رقم (٣)
معامل الاستطالة والاستدارة في هوات جور المجادل

رقم الهوة	معامل الاستطالة	معامل الاستدارة
١	١,٨٧	,٦١
٢	١,٨٧	,٩١
٣	١,٦٥	,٧٢
٤	١,٣٣	,٦٧
٥	١,٣٣	,٥٩
٦	٢,٤٨	,٤٣
٧	٢,١	,٥٥

(٢٠) la Valle, P: Some Aspects of linear Karts Depressions Development in South Central Kentucky, Ann. Ass. Am. Geog. 1967, pp. 49-71

(٢١) Doornkamp, J.C., and King, C.A.M., Numerical Analysis in Geomorphology, An Introduction, Arnold, 1971, London p. 7.



شكل - ٧ - معامل طاقة التضرس في هوات جور المجادل مقارناً بهوات أخرى، وارتباط ذلك بعمر الهوة

تطور هوات جور المجادل الى اشكال المنخفضات

اتخذت هوات جور المجادل المقفلة من خلال ما سبق ذكره كدليل على اسهام عامل الاذابة في نشأتها، ولا شك انه بغير هذا الدليل يصعب على الباحث تقدير الدور الذي تلعبه عملية الاذابة في تطور المنخفضات في شمال الاردن عامة، ومنطقة الدراسة خاصة. ولتحديد فيما اذا كان هذا العامل قد اسهم في نشأة المنخفضات رأى الباحث معالجة ناحيتين قد تلقيان الضوء على ميكانيكية الانتقال من شكل الهوة الى الهوة المركبة ثم الى شكل المنخفض وذلك من خلال ما أمكن ملاحظته من شواهد ميدانية، وهي: معدل التباعد بين الهوات في جور المجادل ومدلوله، ثم خصائص الهوات المركبة والمقفلة الحالية:

اولا: معدل التباعد بين الهوات في جور المجادل ومدلوله:

يعطي معدل التباعد الحالي بين هوات جور المجادل دليلاً ذا اهمية كبيرة على ايضاح تطور عملية اتحاد الهوات، ويعني الباحث بمدلول التباعد هنا اقصر مسافة بين حافتين من حواف هوتين منفصلتين ومقفلتين. وتختلف هذه المسافة من منطقة لاخرى في جور المجادل، اذ انها تتذبذب بين ٤٠٠م كحد أقصى وبضع عشرات من السنتيمترات، بل يكاد يكون الحد الفاصل بين هوتين متجاورتين على هيئة خط كما هي الحال في الحد الذي يفصل بين الهوتين ٤،٣ شكل رقم (٣) صورة رقم (٥،٦).

وقد لوحظ أيضاً ان حافة الاتصال بين الهوتين ٤،٣ قد ابتدأت في الهبوط لمسافة رأسية تدنو من ثلاثة امتار عن مستوى حوافها الاخرى وهو أمر ينم عن بداية اتحاد الهوتين شكل رقم (٤)، لهذا يمكن الاستنتاج من خلال دراسة عنصر معدل التباعد، ان الهوات في الحقل الكارستي تنشأ منفصلة، ثم تبدأ المسافات بين حوافها بالتناقص حتى تتحد، ويشترط ان تكون هذه المسافة ذات بعد معقول لان مقدار تراجع حواف الهوات وتوسع فتحاتها محدودة ايضاً.

وهناك مجموعة من الأسباب التي تؤدي الى تراجع منحدرات جوانب الهوات وبالتالي توسع فتحاتها، قد يرتبط بعضها بالنظريات التي عالجت موضوع تطور المنحدرات[٢٣]، غير أن مثل هذه النظريات قد لا يصدق تطبيقه على منحدرات جوانب هوات الاذابة، وسبب ذلك يعود الى ان تلك النظريات تفترض نشأة المنحدر الاصلي بحيث يكون فرق المنسوب بين القمة والحضيض واحداً خلال مراحل تطور المنحدر، أما في حالة هوات الاذابة فالوضع مختلف، اذ ان الفارق في المنسوب بين حضيض المنحدر (قاع الهوة) وقمته (فتحة الهوة) متغير وذلك بسبب توالي عمليات الاذابة وهبوط القاع، ولما كانت منحدرات جوانب هوات الاذابة تصنع سفحاً ثابتاً، لا يظهر فيه الصخر عارياً من غطاء المفتتات فان الوضع سيؤدي الى المحافظة على درجة انحدار جوانب الهوة وبالتالي لا بد أن تتسع فتحة الهوة بتزايد العمق[٢٤].

ثانيا: الهوات المركبة والمقفلة في جور المجادل:

دلت الملاحظة الميدانية على أن عملية اتحاد الهوات، استمرت لتكون الظاهرة المعروفة باسم الاوفالا Uvala اي الهوات المركبة، وتضم منطقة جور المجادل، هوتين مركبتين واضحتي المعالم، احداهما حديثة العمر والاخرى قديمة.

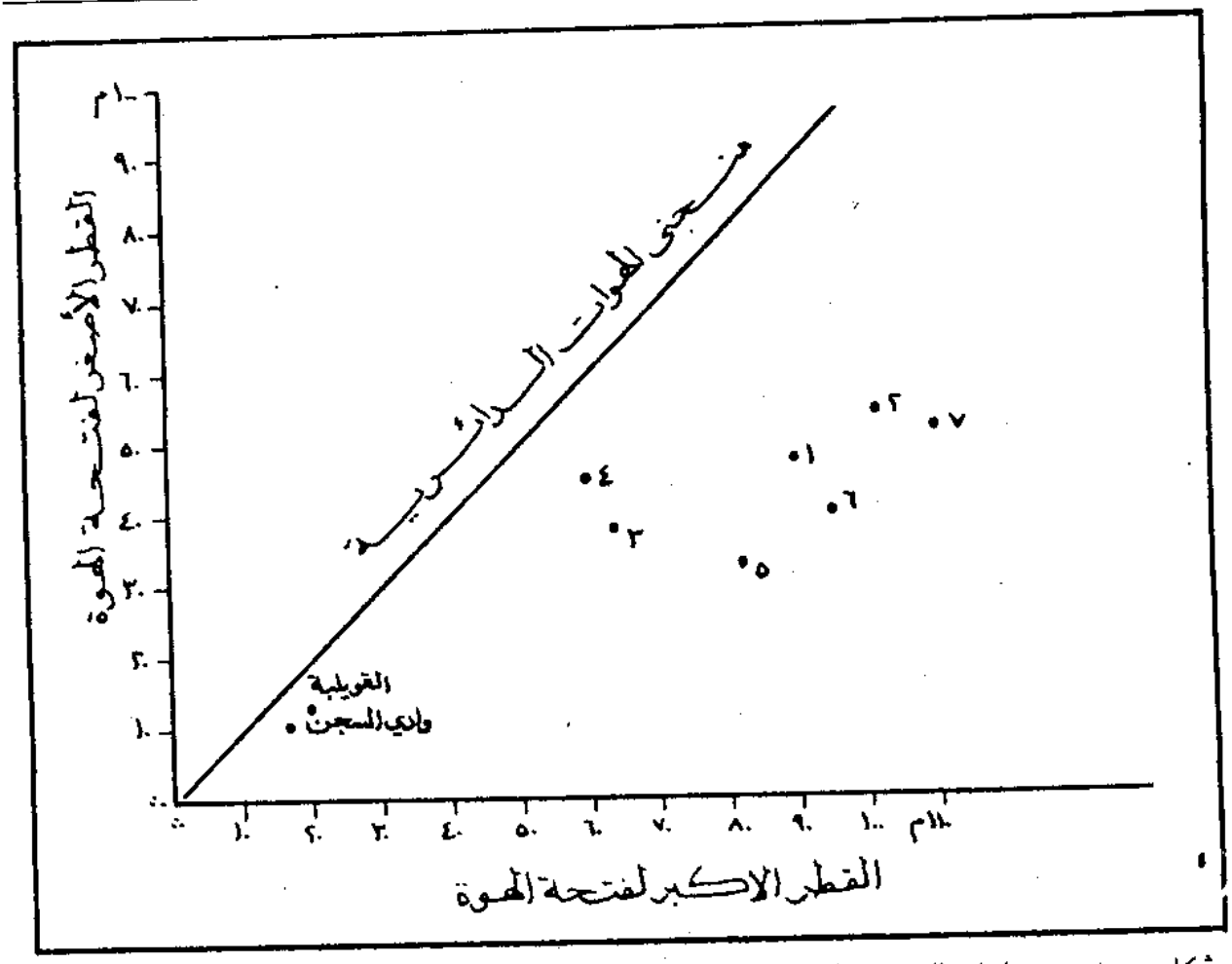
الهوة المركبة الحديثة العمر: -

تقع الهوة المركبة الحديثة العمر غربي وادي السجن مباشرة. وهي تمتد من الشمال الى الجنوب بطول يزيد على ٤٥٠م، أما امتدادها من الشرق الى الغرب فيقرب من ٣٠٠م شكل رقم (٩). ولعل اسباب

(٢٢) La Valle, P. Op. Cit. pp. 49-71.

(٢٣) يحيى فرحان، مورفولوجية المنحدرات في مناطق مختارة من وسط الاردن، مطابع الدستور ١٩٨٢، عمان، ص ٩١-١٠٠

(٢٤) Doornkamp, J.C. and King, C.A.M. Op. Cit pp. 181-187
Jennings, J.N. Op. Cit. pp. 131-132



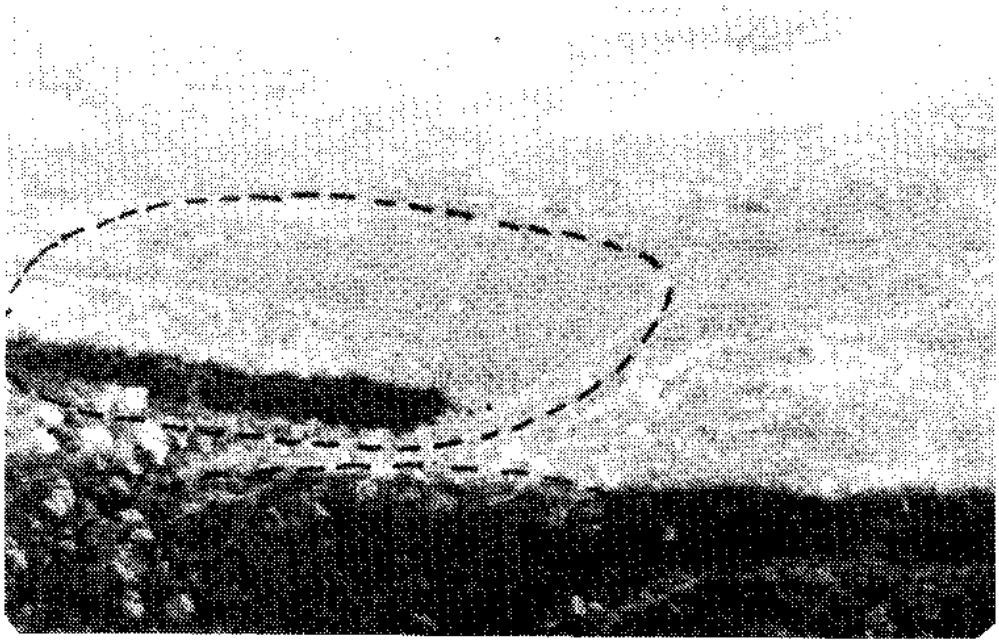
شكل - ٨ - معامل الاستطالة ومدى انحرافه عن الشكل الدائري لهوات جور المجادل.

الاستطالة في هذه الهوة تعود الى ميل الطبقات الصخرية التي يتفق اتجاه ميلها مع أكبر طول تتخذه الهوة المركبة، ويبلغ اقصى عمق لهذه الهوة عند الجزء الجنوبي منها وهو يقرب من ٥٠م.

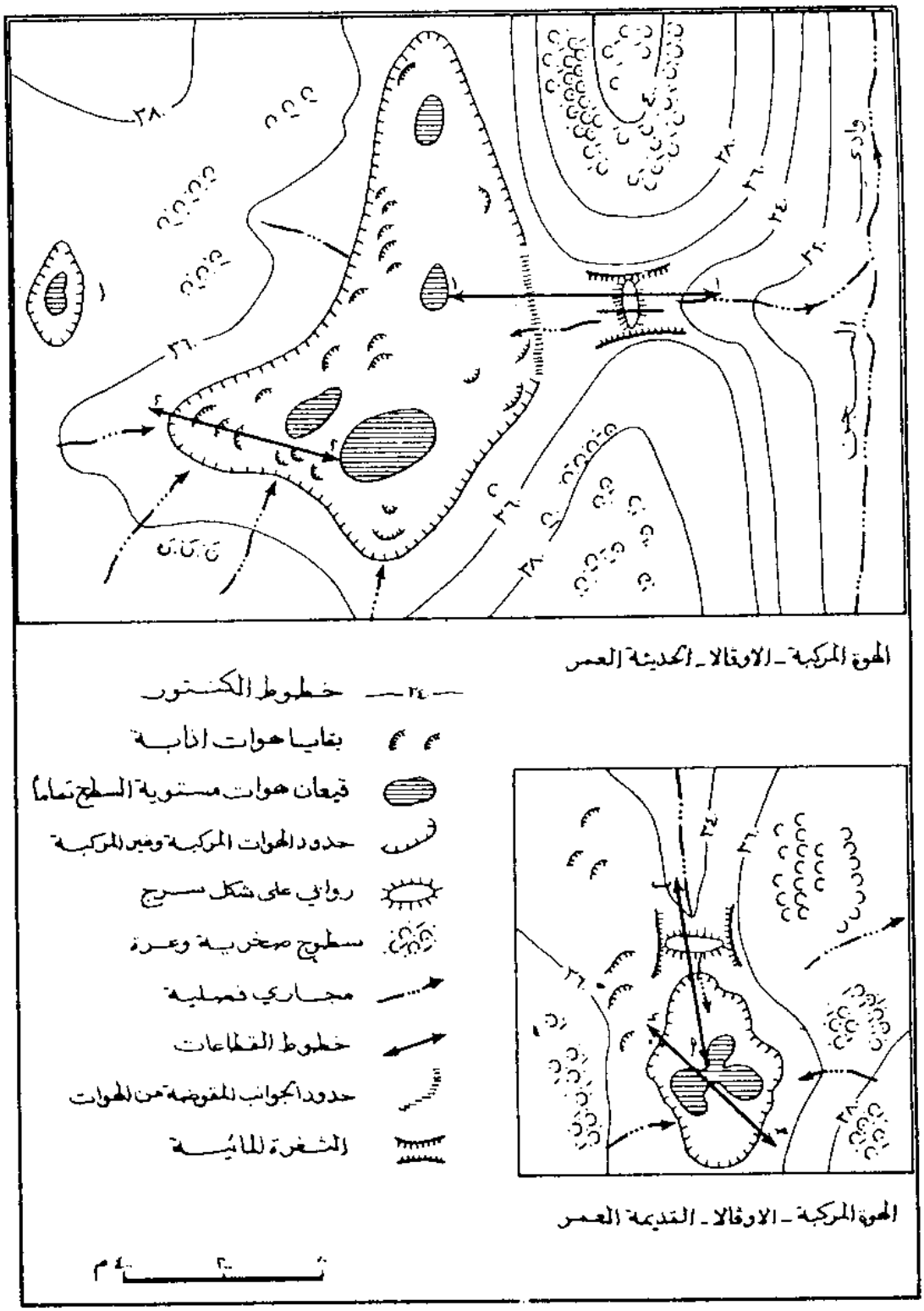
وتمثل هذه الهوة المركبة نموذجاً متميزاً من أشكال سطح الأرض في جور المجادل لا لوضوح معالمها وكبر ابعادها فحسب، بل للمرحلة التي وصلت اليها دورة التعرية الكارستية، والتي تلقي الضوء على كيفية الانتقال لمظهر المنخفض الذي يخطه أحد الاودية في مرحلة لاحقة. ويتركب قاع هذه الهوة من اربعة قيعان لهوات سابقة امكن تمييزها بوضوح شكل رقم (٩) صورة رقم (٧) هذا الى جانب بقايا جوانب هوات تطورت على مستويات مختلفة تدل على استمرار نشاط فعل الاذابة. ويعكس هذا الوضع اشكال منحدرات جوانب الهوة المركبة التي تتميز بعدم الانتظام شكل رقم (١١) الى جانب عدم اتسام قاع الهوة المركبة بانبساط السطح، يستثنى من ذلك بقايا قيعان الهوات الاربع التي حافظت على استواء سطحها.

وقد استطاع أحد روافد وادي السجن ان يقوض جزءاً من الجانب الشرقي لهذه الهوة وذلك بتوالي عمليات النحت التراجعي أو التصابي ويقابله من الجهة المعاكسة احد المسيلات المائية التي تنتهي الى الهوة. ويؤكد هذان الشاهدان حقيقة سير عملية اسر نهر خطي سيستحوذ فيها رافد وادي السجن على هذه الهوة المركبة ويخضعها بالتالي الى حوض تصريفه. ولعل وضوح ظاهرة الثغرة المائية Water gap التي يجتهد النهران الاسر والمأسور فيها بعملية النحت الرأسي[٢٥] لدليل على اقتراب زمن حدوث هذه العملية اذ أن عمق هذه الثغرة يكاد يدنو من ٣٠ متراً الشكلان «١٠، ١٢» صورة رقم (٧).

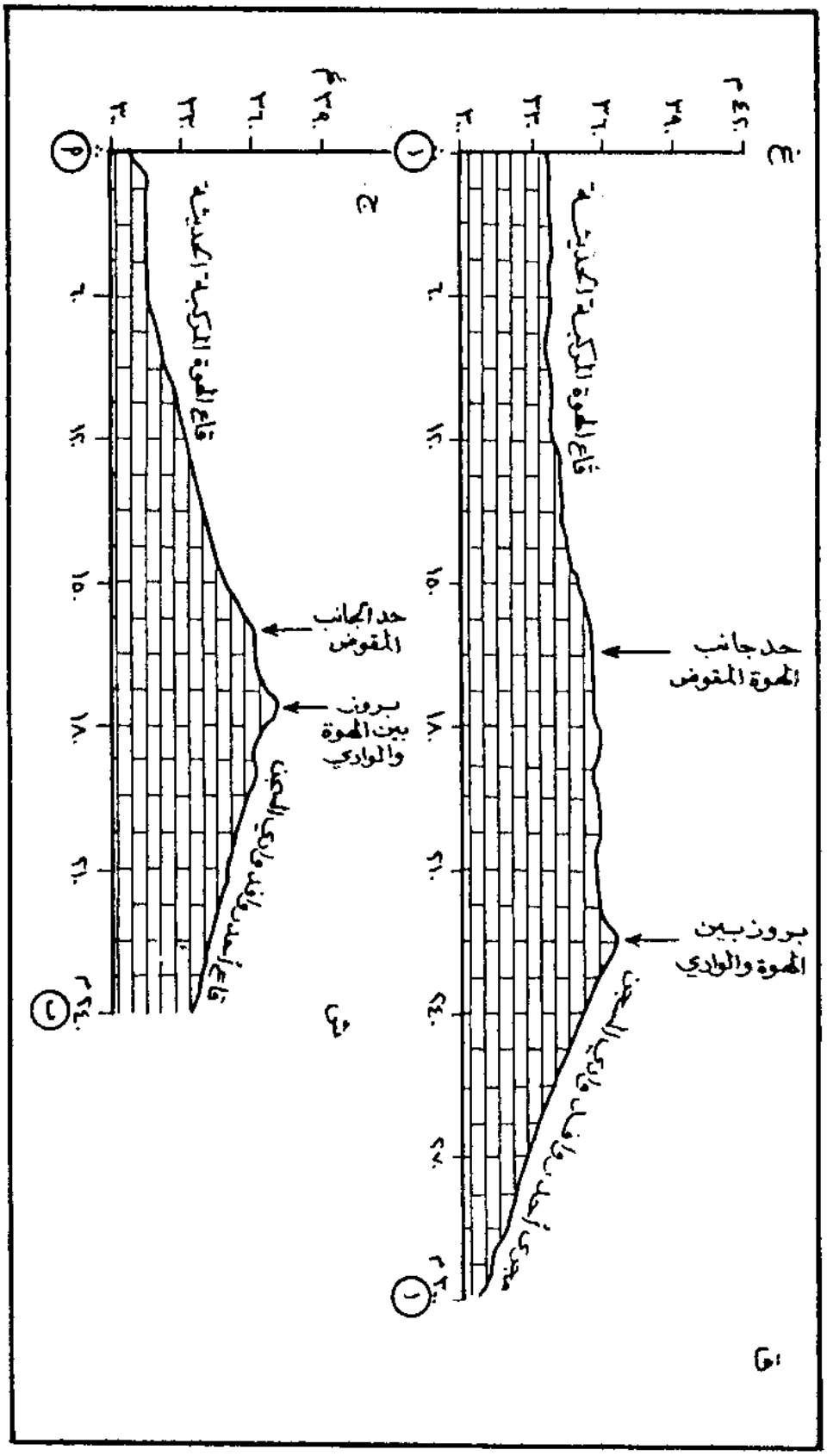
(٢٥) علي شاهين، مقالات في الجيومورفولوجيا، مطابع عابدين، الهيئة العامة للتأليف والنشر، ١٩٧٠، الاسكندرية ص ١٣٢-١٤٣



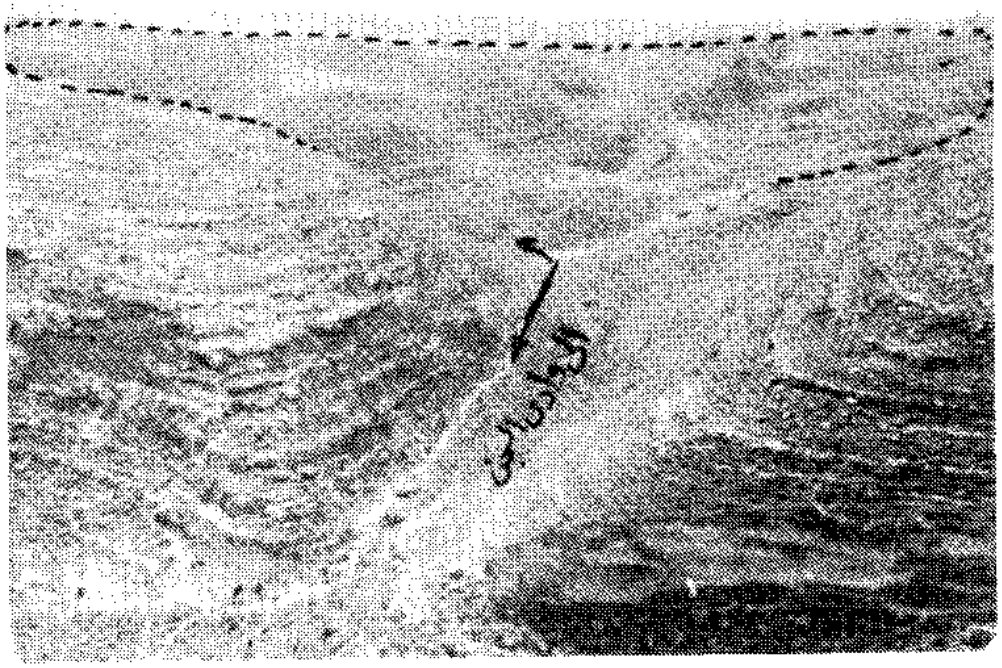
الصورتان رقم (٥) و(٦) توضحان اختلاف التباعد بين الهوات وسير العملية نحو اتحادهما.



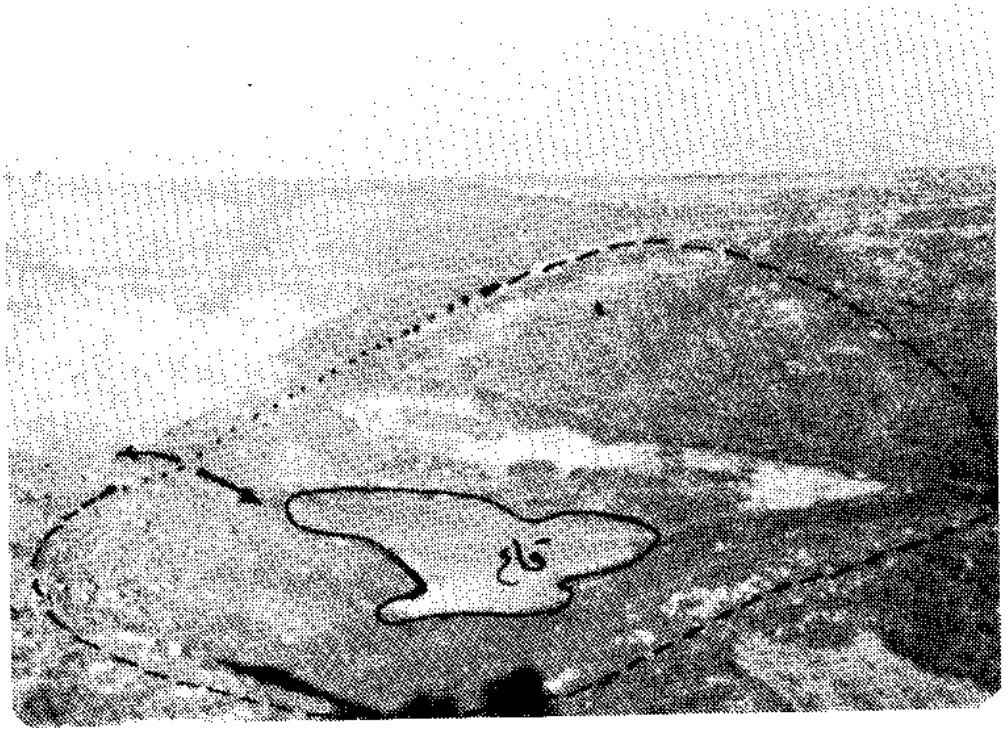
شكل - ٩ - هوتا جور المجادل المركبتين والمختلفتي العمر، الحديثة والقديمة



شكل ـ ١٠ ـ قطاعان تضاريسيان يوضحان البروزين الذين يفصلان قيعان الهوتين المركبتين عن حوض تصريف وادي السجن



صورة رقم (٧) الهوة الحديثة العمر توضح عدم انتظام منحدرات الجوانب ومقدار التقويض الذي احدثه احد روافد وادي السجن في جدار الهوة.



صورة رقم (٨) الهوة المركبة القديمة العمر توضح انتظام الانحدار وبقايا الهوات القديمة الى جانب عملية التقويض الكبيرة في جانبها الشمالي بفعل احد روافد وادي السجن

الهوة المركبة القديمة العمر : ـ

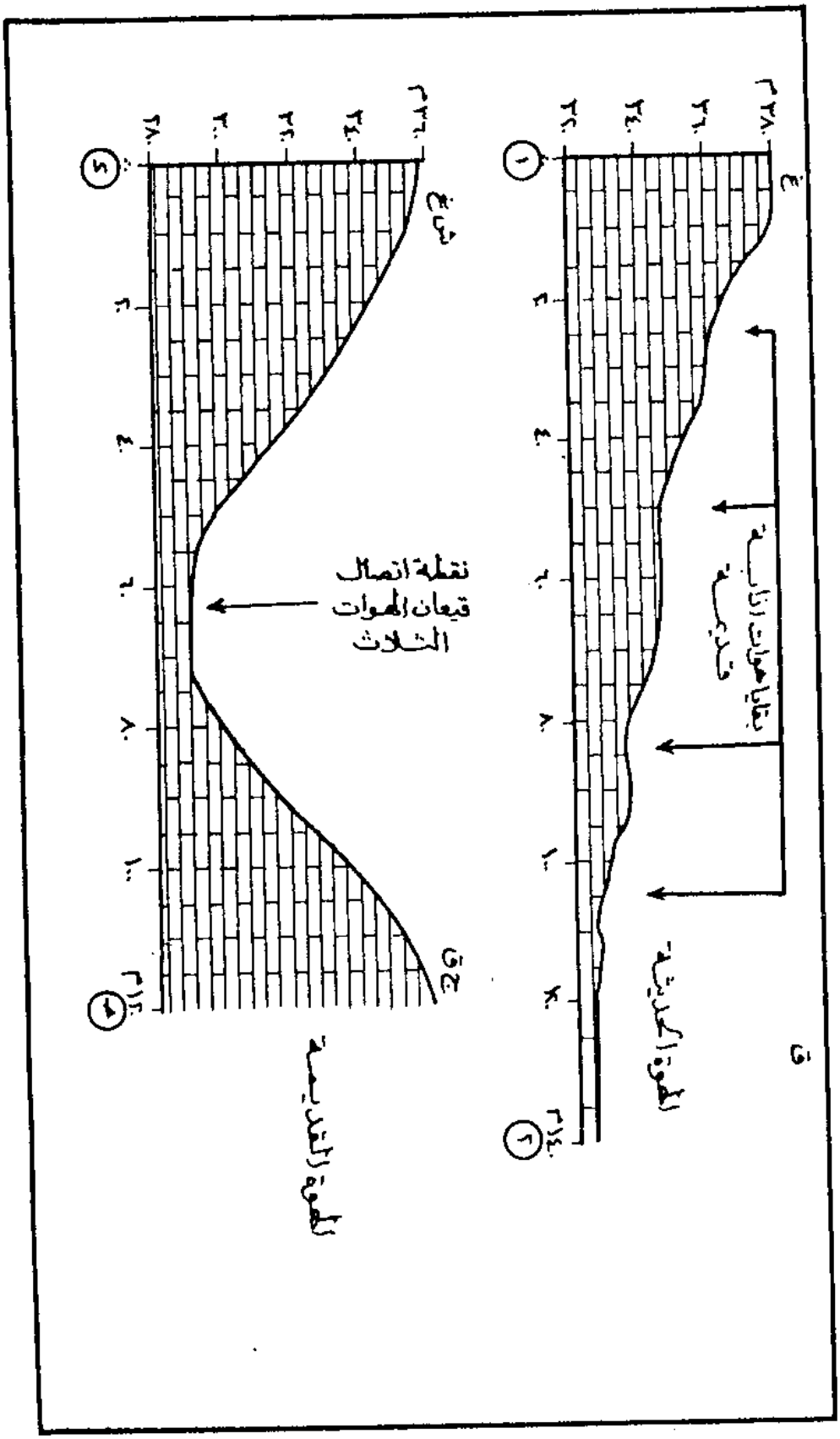
تقع هذه الهوة الى الشمال من الهوة السابقة الذكر ، ويبلغ قطرها الأكبر الذي يمتد ايضاً من الشمال الى الجنوب متفقاً مع ميل الطبقات الصخرية نحو ٢٥٠م ، أما قطرها الاصغر فلا يزيد على ٢٠٠م. ويتركب قاعها الذي يزيد عمقه عن فتحة الهوة بخمسين متراً من ثلاثة هوات واضحة المعالم صورة رقم (٨). وقد اتخذ للدلالة على قدم هذه الهوة المركبة عدة مؤشرات اهمها ، انتظام منحدرات جوانبها ، بخلاف ما سبق ذكره عن منحدرات الهوة المركبة الحديثة العمر ، اذ أن المنحدر هنا قد اكتسب خاصية الانتظام والثبات النسبي تبعاً لقدم عمره شكل رقم (١٢). هذا فضلاً عن انبساط سطح القاع وافتراشه بغطاء رسوبي سميك قوامه التكوينات الدقيقة اهمها الصلصال والسلت. ويدل هذا الوضع على استقرار عملية الاذابة ربما مؤقتاً وبسبب وجود عقبة صوانية. وقد تمكن ايضاً أحد روافد وادي السجن من تقويض معظم الجانب الشمالي من هذه الهوة وذلك على امتداد قطاع رأسي يزيد سمكه على ٤٠ متراً مخلفاً بالتضافر مع أحد اودية الهوة التي تنصرف الى مركزها ثغرة مائية حادة. غير أن عمليات التقويض هذه ـ على حدتها ـ لم تمكن رافد وادي السجن من بلوغ قاع الهوة ليصرف مياهها ، فما زالت هناك عقبة تحول دون وصول مجرى الوادي للقاع ولا يتعدى ارتفاعها بضعة أمتار.

وعند ازالة هذه العقبة بفعل عمليات التصابي تصبح هذه الهوة جزءاً لا يتجزأ من حوض تصريف الوادي الذي يكون فيه القطاع العرضي ذو ابعاد أكثر اتساعاً من القطاعات العرضية الاخرى التي نتجت عن التعرية المائية.

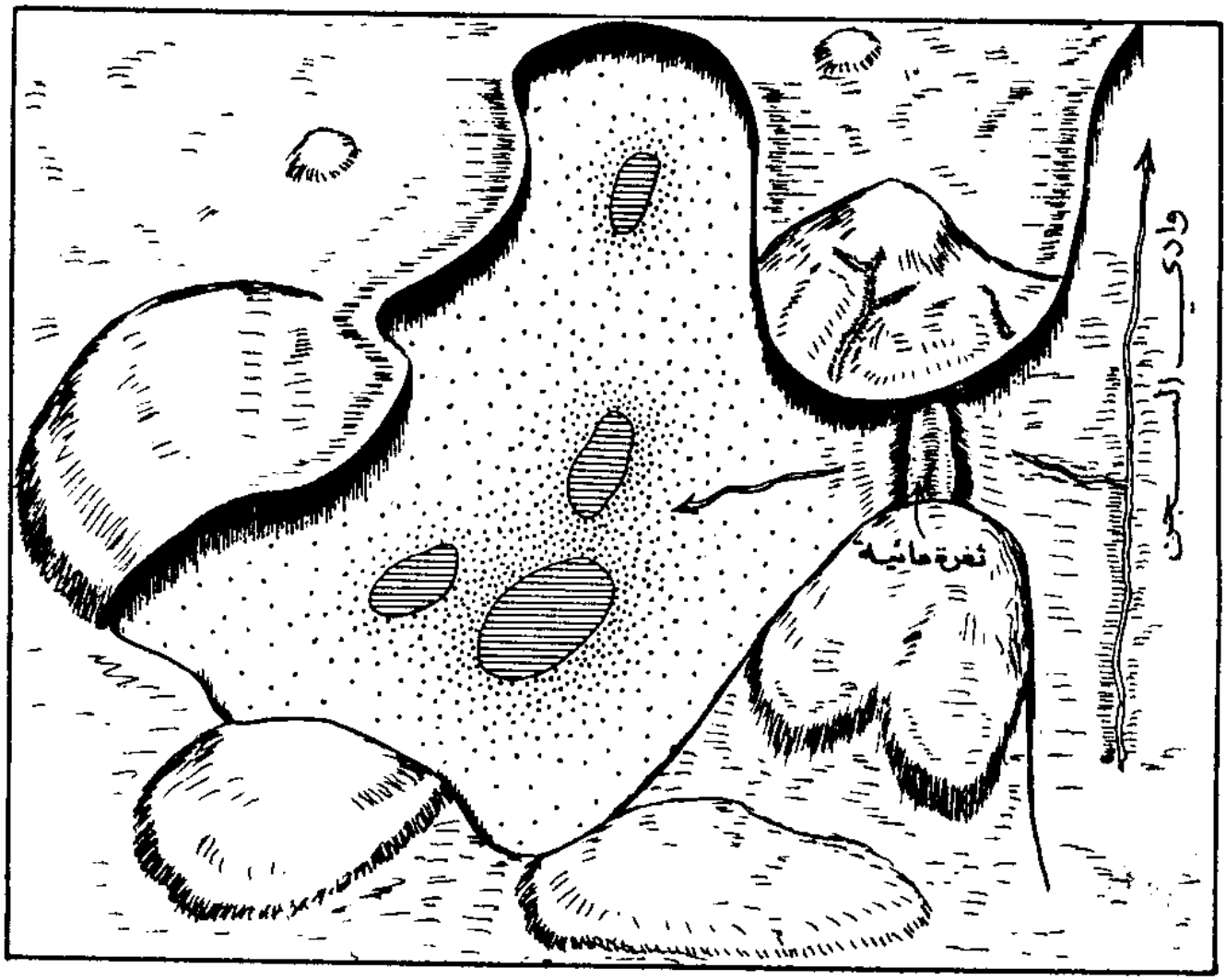
الخلاصة :ـ

مما سبق اتضحت صورة تطور احدى الظواهر التضاريسية الواسعة الانتشار في المنطقة الشمالية من الأردن ، وهي صورة المنخفض الذي يحدث تفرطحاً غير طبيعي في قطاع الوادي النهري العرضي. ولئن كانت مسألة تفسير أسباب حدوث هذه الظاهرة من خلال العملية تمثل مشكلة حقيقية بالنسبة للجيومورفولوجي لعدم وجود مؤشرات تدل عليها ، فان الدراسة الراهنة لمنطقة جور المجادل ، قد اعطت تفسيراً لها يستند في حيثياته على الشواهد الميدانية. وتؤكد الدراسة على امكانية تطبيق هذا التفسير لنظائر اخرى لهذه الظاهرة على سطح الأرض شريطة أن تتركب بنيتها من صخور تقبل الإذابة الى جانب توفر قدر من التساقط.

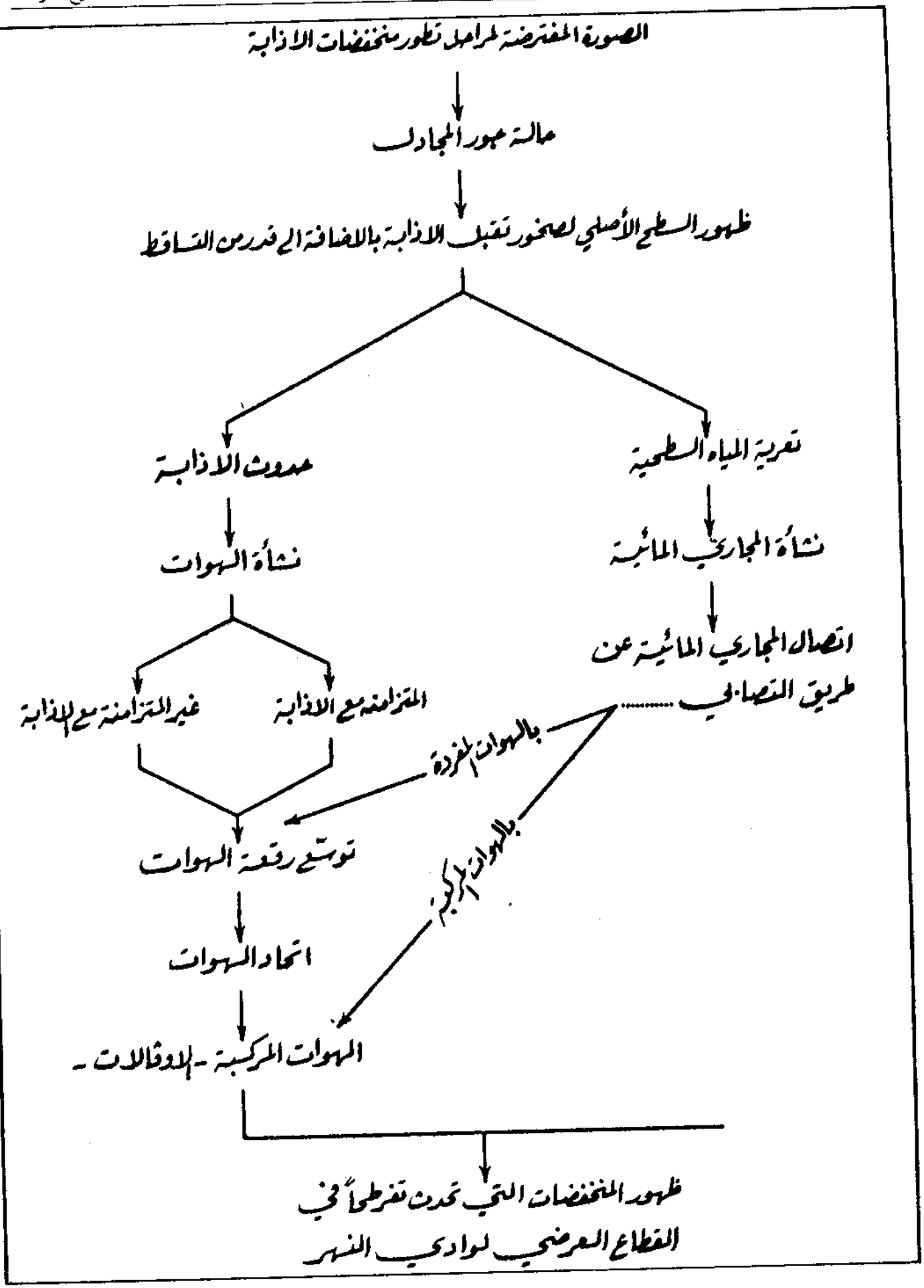
ويوضح الشكل رقم (١٣) مراحل الانتقال والتطور التي تبدأ فيها هذه الظاهرة التضاريسية بالتطور ابتداء من ظهور السطح الأصلي وانكشافه على الغلاف الغازي حتى مرحلة الوصول الى المنخفض المفتوح أو المقفل.



شكل - ١١ - مقارنة بين أشكال منحدرات الهوتين الحديثة والقديمة العمر



شكل ـ ١٢ ـ الهوة المركبة الحديثة العمر وكيفية اتصالها لتصبح جزءاً من القطاع العرضي لأحد روافد وادي السجن



شكل - ١٣ - مراحل تطور منخفضات الاذابة