

Interpretation of Values Variations of the Stream Length-Gradient Index (SL) in the North of the Syrian Coastal Mountain Range (Kfariyah and Al-Qadisiyah Sub-basins as a Model)

Dr. Abdulkarim Al-Abdalla *

Dr. Samer Al-Bub **

Razan Hasan ***

(Received 9 / 5/ 2022. Accepted 7 / 11 /2022)

□ **ABSTRACT** □

Stream length gradient index (SL) is widely used in geomorphological studies aimed of detecting and interpreting knickzones along streams and their interpretation within the framework of the geological and morphological evolution of the area. The values of longitudinal gradient were calculated in the Kfariyah and Al-Qadisiyah sub-basins, in the north of the Syrian coastal range, where its values showed wide variance, explained according to geological and structural development of this range. These explanations, supported by field work data, allowed the development of a scenario about evolution of these streams. Initial stage of forming streams in the region is during Messinian when Mediterranean regress and a broad flat surface was formed, in parallel with the process of starting the rise of the coastal range. This was followed by a rapid sea transgression at the base of the Pliocene, which left debris deposits that covered this flat surface and filled streams valleys of Messinian. Continuing uplift of the coastal range and retreat of the sea at the end of Pliocene contributed to reactivation of streams. High values of (SL) were explained by reactivation of streams and the formation of a number of faults at a later stage of streams formation.

Keywords: Coastal Range, kfariyah, Al-Qadisiyah, Stream Length Gradient, morphometric parameters, Neotectonics.

* Associate Professor- Department of Geology - Faculty of Science - Tishreen University- Lattakia- Syria.

**Assistant Professor - Department of Geology - Faculty of Science - Tishreen University- Lattakia- Syria.

*Postgraduate student- Department of Geology - Faculty of Science -Tishreen University- Lattakia- Syria.

تفسير تباينات قيم مؤنشر التدرج الطولي للمجري المائية في شمال السلسلة الساحلية السورية (حوضتي كفرية والقادسية نموذجاً)

د. عبد الكريم العبد الله*

د. سامر البب**

رزان حسن***

(تاريخ الإيداع 9 / 5 / 2022. قُبِلَ للنشر في 7 / 11 / 2022)

□ ملخص □

استخدم مؤنشر تدرج طول المجرى المائي (SL) على نطاق واسع في الدراسات الجيومورفولوجية التي تهدف إلى الكشف على مناطق التغيرات على طول المجرى المائي وتفسيرها في إطار التطور الجيولوجي والمورفولوجي للمنطقة. حُسبت قيم التدرج الطولي للمجري المائي في حوضتي كفرية والقادسية، في شمال السلسلة الساحلية السورية، حيث بيّنت قيمة تباينات واسعة فُسرّت في إطار التطور الجيولوجي والبنوي لهذه السلسلة. سمحت هذه التفسيرات المدعومة بمعطيات العمل الحقلية بوضع نموذج لتطور هذه المجاري. تشكّلت نواة المجاري المائية في المنطقة خلال المسينيان عند انسحاب مياه البحر المتوسط وتشكّل سطح حتى واسع، بالتوازي مع عملية بدء نهوض السلسلة الساحلية. تبعها تجاوز بحري سريع في قاعدة البليوسين خلّفت توضعات حطامية غطّت هذا السطح الحتي ومأّت المجاري المائية للمسينيان. ساهم استمرار نهوض السلسلة الساحلية وانسحاب البحر في نهاية البليوسين بعودة النشاط إلى المجاري المائية. فُسرّت القيم العالية لـ (SL) بإعادة تنشيط المجاري المائية ويتشكل عدد من الفوالق في مرحلة لاحقة لتشكّل المجاري المائية.

الكلمات المفتاحية: السلسلة الساحلية، كفرية، القادسية، مؤنشر التدرج الطولي، المعاملات المورفومترية، التكتونيك الحديث.

* أستاذ مساعد - قسم الجيولوجيا - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** مدرس - قسم الجيولوجيا - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

*** طالبة دكتوراه - قسم الجيولوجيا - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

مقدمة:

تعتبر المؤشرات الجيومورفولوجية أدوات مفيدة في تقييم النشاط التكتوني والتطور الجيومورفولوجي لأي منطقة من سطح الأرض، حيث استخدمت هذه المؤشرات بشكل واسع في السنوات الأخيرة من قبل العديد من الباحثين كأدوات استطلاعية للكشف عن الشذوذات الجيومورفولوجية المرتبطة بالتكتونيك النشط (Han et al, 2020) الذي بدوره يعتبر العامل الأساسي المساهم في نهوض أو هبوط الصخور وخاصة في المناطق الجبلية، حيث يُنظر إلى التضاريس الموجودة في الوقت الراهن على أنها نتيجة للتناقص بين عمليات التكتونيك وعمليات الحث والتعرية. هذا وتعتبر شبكة الأنهار والمسيلات المائية وكذلك الأحواض والحوضات المائية حساسة جداً للعمليات التكتونية مثل الطي والتصدع التي تعتبر مسؤولة عن تسارع عمليات شق الأنهار أو انحراف مساراتها وكذلك مسؤولة عن عدم تماثل الأحواض من الناحية الهندسية. إن أهم المؤشرات الجيومورفولوجية التي يتم عادة الاعتماد عليها في تقييم النشاط التكتوني هي تدرج طول المجرى المائي (SL) والذي يستخدم على نطاق واسع في الدراسات الجيومورفولوجية التي تهدف إلى الكشف على مناطق التغيرات على طول المجرى المائي على اختلاف مسبباتها (Mahmood, 2012). تعد السلسلة الساحلية من المناطق الجبلية الناهضة خلال النيوجين وتحوي على الكثير من المجاري المائية التي تأخذ اتجاهات تتوافق مع بنية السلسلة الساحلية وتمر خلال مسيلها بتشكيلات ليتولوجية متفاوتة التركيب وبنيات فالقية تضع التشكيلات متفاوتة بجانب بعضها البعض، وفي هذا العمل تم اختيار الجزء الشمالي من السلسلة الساحلية على الحدود مع حوض نهر الكبير الشمالي لقياس المؤشرات الجيومورفولوجية التي تدل على النشاط التكتوني وبشكل خاص مؤشر التدرج الطولي للمجرى المائي (SL) Stream length gradient index وذلك بهدف تقييم النشاط التكتوني في منطقة الدراسة.

أهمية البحث وأهدافه:

تعد المجاري المائية من نتائج نهوض سطح الأرض والذي بدوره ناتج عن نشاط تكتوني، وبالتالي إن تحديد زمن تشكلها يساهم بشكل مباشر في تحديد عمر نهوض السلسلة الساحلية المختلف في تقديرها من قبل العديد من الباحثين، ومن ناحية أخرى تدل المؤشرات الجيومورفولوجية لهذه المجاري في مناطق التقائها مع الفوالق على النشاط التكتوني الحديث. تعتبر المجاري المائية أماكن حث ونقل للرسوبات باتجاه الأحواض الرسوبية التي تتجمع فيها مواد حطامية ذات خصائص خزنية عالية للمياه الجوفية وحتى المواد النفطية، كما هو الحال في شرق المتوسط حيث تشكل هذه المجاري المائية وحطامياتها أماكن ملائمة لتجمعات المواد النفطية.

يهدف البحث إلى:

- 1- تحديد المؤشرات الجيومورفولوجية المرتبطة بالنشاط التكتوني وبشكل خاص مؤشر (SL) في شمال السلسلة الساحلية على الحدود مع بنية حوض نهر الكبير الشمالي.
- 2- تحديد عمر تشكل المسيلات المائية ومراحل نضوجها وعلاقتها مع البنيات الفالقية في المنطقة.
- 3- وضع نموذج للتطور التكتومورفولوجي في المنطقة.

طرائق البحث ومواده:

تمت الدراسة وفق عدة مراحل:

- جمع البيانات الطبوغرافية الجيولوجية والتكتونية.
- تحويل المعطيات والبيانات لصيغة رقمية باستخدام برنامج نظام المعلومات الجغرافي (GIS).
- استخدام نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) لمنطقة الدراسة من البيانات المأخوذة من القمر الصناعي Terra-Aster بقدرة تمييز مكانية حوالي 30م لاستنباط مخطط شبكة المجاري المائية وكثافتها والأحواض والحويضات في منطقة البحث.
- دراسة الخصائص المورفومترية للحويضات (تحت الأحواض) والاستدلال بنتائجها عن الوضع الجيومورفولوجي والتكتوني في المنطقة.
- تطبيق أداة استخراج مؤشر تدرج طول المجرى المائي بحسب (Piacentini et al., 2020) لتحديد الشذوذات على طول المجرى المائي ليصار إلى تفسير أسبابها انطلاقاً من الوضع الجيولوجي العام ومن خلال الجولات الحقلية، وسيتم عرض خطوات العمل مع تطبيقاتها ضمن المناقشة.

الإطار الجيولوجي العام:

تتألف منطقة الدراسة من ثلاث وحدات بنيوية رئيسية وهي السلسلة الساحلية، منطقة البايير - بسيط وحوض نهر الكبير الشمالي. يحد هذه الوحدات الثلاث من الشرق منظومة الفالق المشرقي وانهدام الغاب.

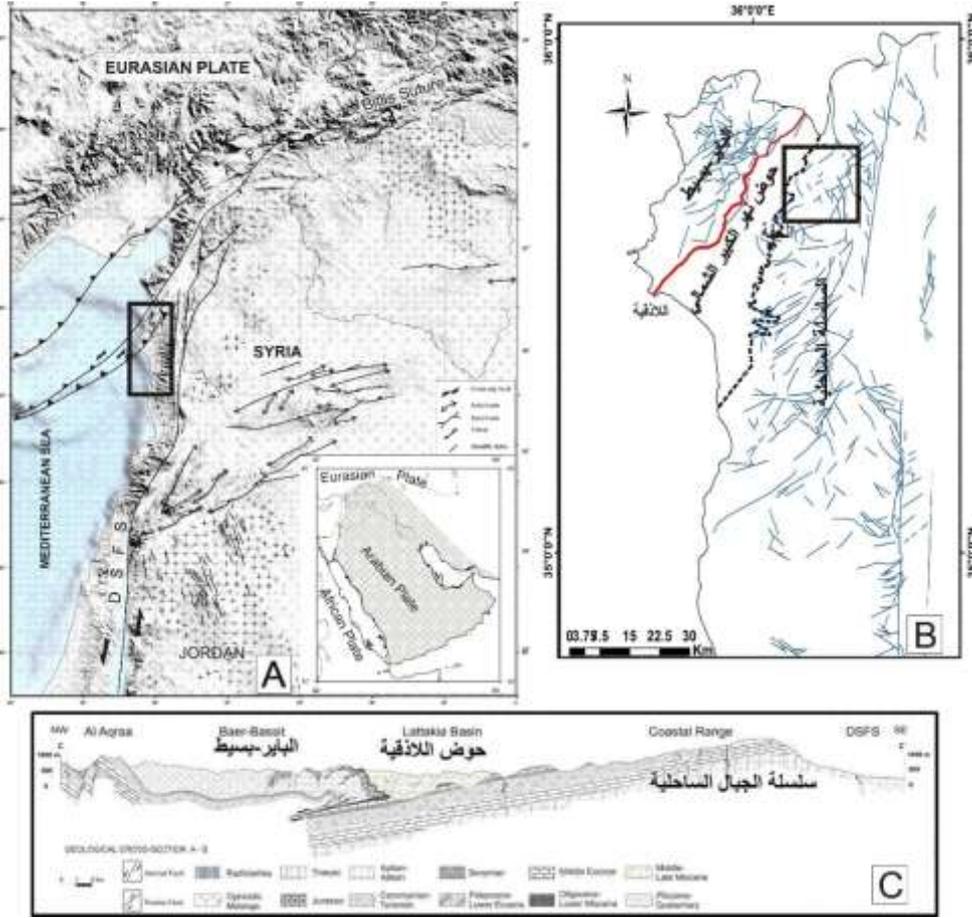
السلسلة الساحلية: وهي عبارة عن محدب غير متناظر اتجاهه N-S غير متناظر مقطوع من الشرق بالفالق المشرقي وانهدام الغاب. في شمال السلسلة الساحلية قرب منطقة الدراسة تكون البنية عبارة عن محدب وحيد الميل تميل تشكيلاته الجيولوجية نحو الغرب والشمال الغربي بميول تتراوح من 10-20 درجة وتكون أغلب الفوالق ذات اتجاهات NE-SW بشكل مواز لحوض نهر الكبير الشمالي. تعد السلسلة الساحلية، ستراتغرافياً، صفيحة رسوبية مكونة من صخور أعمارها تعود للميزوزوي والسينوزوي ومؤلفة من تشكيلات كبريتاتية عموماً تتراوح بين الكلس والدولوميت والمارل.

كتلة البايير - بسيط: وتتميز بوجود صخور المعقد الأفيوليتي المعتلي على شمال الصفيحة الرسوبية العربية وذلك خلال زمن الماستريختيان وجذورها تقع في تركيا شمالاً. تكون صخور هذا المعقد في منطقة الدراسة محصورة بين سلسلتين رسوبيتين: الكتلة الكلسية ذات العمر جوراسي-كريتاسي (حتى الماستريختيان الأدنى) لجبل الأقرع في الشمال ومجموع رسوبي تجاوزي يبدأ من الماستريختيان الأعلى حتى النيوجين في الجنوب. تقطع صخور المعقد الأفيوليتي شبكة معقدة من الفوالق والشقوق ونطاقات الزحف والتخلع (Parrot, 1977).

حوض نهر الكبير الشمالي: وهو عبارة عن حوض نيوجيني رسوبي يتوضع بعدم توافق على الوحدتين السابقتين، حيث تصل سماكة الرسوبيات الكلسية المارلية والحطامية فيه أكثر من 2000 م. تتميز منطقة البحث، من الناحية التكتونية، بوجود نطاق فالق يقع في جنوب شرق منطقة البايير - بسيط ويعرف باسم فالق اللاذقية - كلس، الذي يعد بنية رئيسية في غرب سورية. كما يعتبر هذا النطاق نطاق قص جبهي رئيسي مترافق مع وجود طيات ذات محاور SW-NE و NNE-SSW وهو ذو عمر ميوسين أسفل وإن رسوبيات الميوسين الأوسط لحوض اللاذقية تغطي هذه التشوهات بعدم توافق زاوي. يمثل هذا الفالق نطاق تراكب منطقة البايير - بسيط على الصفيحة الرسوبية للسلسلة الساحلية (Al Abdalla, 2008) (الشكل 1).

الستراتغرافيا:

تتكشف في المنطقة صخور رسوبية تراوحت أعمارها الجيولوجية بين الكريتاسي والرباعي مروراً بالبايوجين والنيوجين. قسم الكريتاسي في السلسلة الساحلية إلى وحدات ليتوستراتغرافية (Mouty, 1967)، وكل وحدة قسّمت إلى تحت وحدات (Filak, 2002):



(الشكل 1): A- موقع منطقة الدراسة على الخارطة البنوية لشمال غرب الصفيحة العربية. B- خارطة جيولوجية تظهر التكتونيك في منطقة الدراسة. C- مقطع جيولوجي يوضح بنية منطقة الدراسة (Al Abdalla, 2008).

-تشكيلة باب جنة: 10-30 م من عمر الأبيسيان الأسفل وتتكون أساسياً من مارل وكلس مارلي أخضر اللون، قسمت إلى قسمين: قسم أسفل BJ₁ كربوناتي مميز لوسط ترسيب قاري بحيري وقسم أعلى BJ₂ غضاري يحدد وسط ترسيب لاغوني بحري هامشي.

-تشكيلة عين البيضاء: 100-120 م من عمر الأليبيان مكونة من تعاقب كلس غضاري ومارل ودولوميت ومارل دولوميتي، وفي جنوب الساحلية يوجد فيها مستوي بازليتي بسماكة 50 م، قسمت إلى قسمين: قسم أسفل AB₁ كلسي بيوكلاستي مميز لوسط ترسيب شاطئي علوي قليل العمق، وقسم أعلى AB₂ ذو وسط ترسيب أقل عمقاً من القسم السابق مكون من الكلس والدولوميت.

-تشكيلة صلنفة: من عمر السنومانيان أسفل-أوسط وهي بسماكة 150-200 م ومؤلفة من مستوي مارلي مع جيودات سيليسية ومستوي كلسي مارلي غني بمستويات سيليسية ومستوي آخر كلسي غني بالروديست. قسمت من قبل معطي إلى قسمين مارل صلنفة وجدار صلنفة، و قسمت إلى أربع أقسام: قسم سفلي SL₁ مارلي (مارل صلنفة) غني بالبلانكتون الطافي مميز لتعمق رئيسي في الحوض الرسوبي، القسم SL₂ مكون من كلس حطامي ذو سيليس، قسم SL₃ مكون من كلس غضاري ذو سيليس، وقسم علوي SL₄ مكون من كلس حطامي (جدار صلنفة). إن المرور السريع من كلس ذو سيليس في القسم SL₂ إلى كلس غني بالبلانكتون القاعي يميز تناقص عمق وسط الترسيب تدريجياً.

-تشكيلة باب عبد الله: من عمر سينومانيان أوسط-أعلى بسماكة 150-250 م، مكون من تعاقب مستويات مارلية كلسية تحوي الأمونيت والسيليس وجدارين من الكلس الكتلي الغني بالروديست. قسمت من قبل معطي وفيلاك إلى أربع أقسام: قسم سفلي BA₁ كلسي غضاري (مارل باب عبد الله) ذو أمونيت مميز لتعمق جديد في الحوض الرسوبي، القسم BA₂ مكون من كلس حطامي على شكل جدار بارز في الطبيعة يميز نقص عمق حوض الترسيب، القسم BA₃ مكون من مارل ذو سيليس عقدي عموماً مشيراً لتعمق جديد في الحوض الرسوبي، والقسم العلوي BA₄ مكون من كلس حطامي (جدار علوي). إن المرور السريع من مارل ذو سيليس في القسم BA₃ إلى كلس حطامي يميز تناقص جديد في عمق وسط الترسيب حتى قمة القسم BA₄ حيث تلاحظ شبكة من جذور النباتات محددة مرحلة من الطفوف.

-تشكيلة عين التينة: تم تسميتها من قبل فيلاك من عمر التورونيان أسفل-أوسط بسماكة متغيرة وتتكون من وحدة غضارية كلسية AT₁ غنية بالأمونيت والبلاكتون ووحدة كلسية حطامية غنية في قمتها بالروديست AT₂ والتي تميز وسط قليل العمق.

-تشكيلة السخنة: تم استخدام هذه التسمية من قبل فيلاك وهي من التسميات المستخدمة من قبل جيولوجيو البترول، وهي غائبة محلياً في بعض مناطق السلسلة الساحلية، سماكتها العظمى 40 م من عمر الكونياسيان - سانتونيان - كامبانيان وهي مكونة من كلس وكلس فوسفاتي. قسمت إلى قسم سفلي كلسي بيوكلاستي S₁ ينتهي بسطح حتى قد يسبب محلياً غياب هذا الجزء من التشكيلة وقد يطال الحث التورونيان وحتى السينومانيان، وقسم علوي كلسي حطامي فوسفاتي. إن وسط ترسيب هذه التشكيلة هو وسط بحري مفتوح.

-تشكيلة شيرانيش: تم استخدام هذه التسمية من قبل فيلاك وهي من التسميات المستخدمة من قبل جيولوجيو البترول، من عمر كامبانيان-ماسترختيان، بسماكة 100 م حتى 200 م وقد تصل إلى أكثر من 400 م مكونة من مارل متورق غني بالمستحاثات الطافية، تميز وسط بحري مفتوح عميق نسبياً.

يتألف **الباليوجين** من وحدتين: سفلية من عمر باليوسين-أيوسين أسفل وعلوية من عمر أيوسين أوسط-أعلى. تتكون الوحدة السفلية من حوار مع مستويات كلسية مارلية في الأسفل ليصبح كلسيا مارلياً في الأعلى. أما الإيوسين الأوسط فهو بسماكة أكثر من 150 م مكون من كلس قاسي حاوي على النموليت والمستويات الصوانية كما في وادي قنديل. يتكون الأيوسين الأعلى من 60 م تقريباً من الكلس المارلي.

تتكشف رسوبيات **النيوجين** في القسم الغربي من خارطة الحفة ويمكن تقسيمها إلى رسوبيات الميوسين والبليوسين. الميوسين: تتطور رسوبيات الميوسين في منخفض وادي نهر الكبير الشمالي ويمكن تقسيمها على رسوبيات الميوسين الأسفل والتي تضم طبقي الأكويتانيان والبورديجاليان والميوسين الأوسط والتي تضم طبقي الهلفيتان والتورتونيان والميوسين الأعلى.

الميوسين الأسفل (أكويتانيان-بورديجاليان): تتكشف رسوبيات الميوسين الأسفل على شكل شريط ضيق في قسمي الخارطة الشمالي والجنوبي، وفي بقعة واحدة بالقرب من قرية تلا، ونظراً للتماثل الليتولوجي لرسوبيات الميوسين الأسفل، ونظراً لعدم وجود أي طبقة دالة فيها، لذا لا يمكن تقسيم هذه الرسوبيات إلى طبقي الأكويتانيان والبورديجاليان، التي دلت على وجودهم الدراسة المستحاثية للمقاطع المرفوعة في هذه التشكيلة.

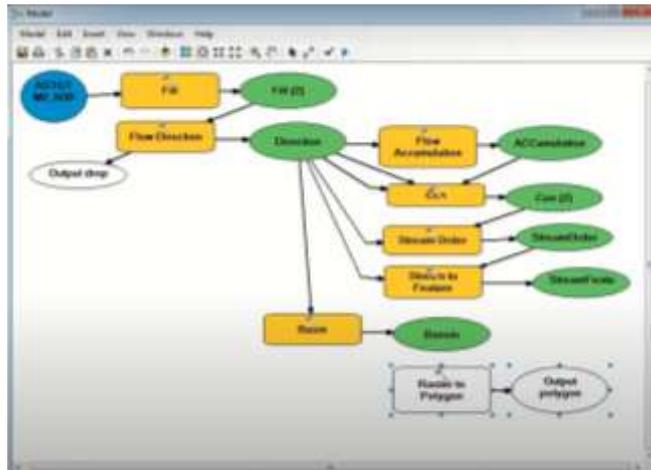
الميوسين الأوسط (هلفيتان-تورتونيان) تشكيلة السفكون: صخور الهلفيتان-تورتونيان تتوضع بعدم توافق حاد على الصخور الأقدم منها، حيث تتكشف في القسم الشمالي من المنخفض، بينما تتغطي برسوبيات البليوسين في القسم

الجنوبي. تتألف رسوبيات الميوسين من تناوب من الكونغلوميرا، والحجر الرملي ذو الحبيبات متعددة المنشأ، وحجر كلسي حطامي عضوي، ومارل كلسي رملي. تبلغ السماكة الكلية للميوسين الاوسط الغير متميز 410 م. الميوسين الأعلى: تتألف رسوبيات الميوسين الأعلى من توضعات لاغونية تتمثل بالرسوبيات الجصية تتكشف هذه الرسوبيات بشكل رئيس حول الحفة، وهي عبارة عن طبقات جصية خفية التبلور رقيقة التطبق إلى صفائحية التطبق، مع تداخلات من مستويات رقيقة من السيلت الرملي وجص خشن التبلور (جص ثانوي معاد تبلوره) يجمعه أحياناً ملاط سيلتي. البليوسين: تتكشف رسوبيات البليوسين في القسم الغربي من خارطة الحفة، وهي تتألف من المارل، الحجر السيلتي البحري، الكونغلوميرا والبازلت. تتجاوز صخور البليوسين البحرية على الصخور الأقدم منها (من السينومانيان حتى الميوسين الأعلى) وتصل سماكتها حوالي 200 م شمال غرب قرية بابنا، وتدفن تحتها التضاريس الحثية المتوضعة في بنيات الوديان القديمة. يصعب ايجاد تكشفات لرفع مقاطع في بليوسين منطقة الحفة وذلك لتغطيتها بركام المنحدرات. يتوضع البليوسين أحياناً بشكل طبيعي فوق الجص العائد لأعلى الميوسين (لم تلاحظ طبقات كونغولوميرائية وذلك لوجود ركام المنحدرات). يتوج البليوسين بالقرب من بلدة الحفة ما يشبه الجدار مؤلف من السيلت المارلي المتداخل مع المارل الكلسي القاسي يعود هذا الجدار إلى أعلى البليوسين الاسفل.

النتائج والمناقشة:

أنجز العمل من خلال تطبيق تحليل مؤشر التدرج الطولي في شمال غرب السلسلة الساحلية على الحدود مع بنية حوض نهر الكبير الشمالي وذلك على مجريين مائتين يجتازان بنيتي السلسلة الساحلية وحوض نهر الكبير الشمالي لما في ذلك من أهمية في إيضاح التغيرات في قيم هذا المؤشر ومدلوله التكتوني. يقع هذان المجريان على الطرف الجنوبي الشرقي للحوض الصباب لنهر الكبير الشمالي، ولحساب هذا المؤشر نتبع الخطوات التالية:

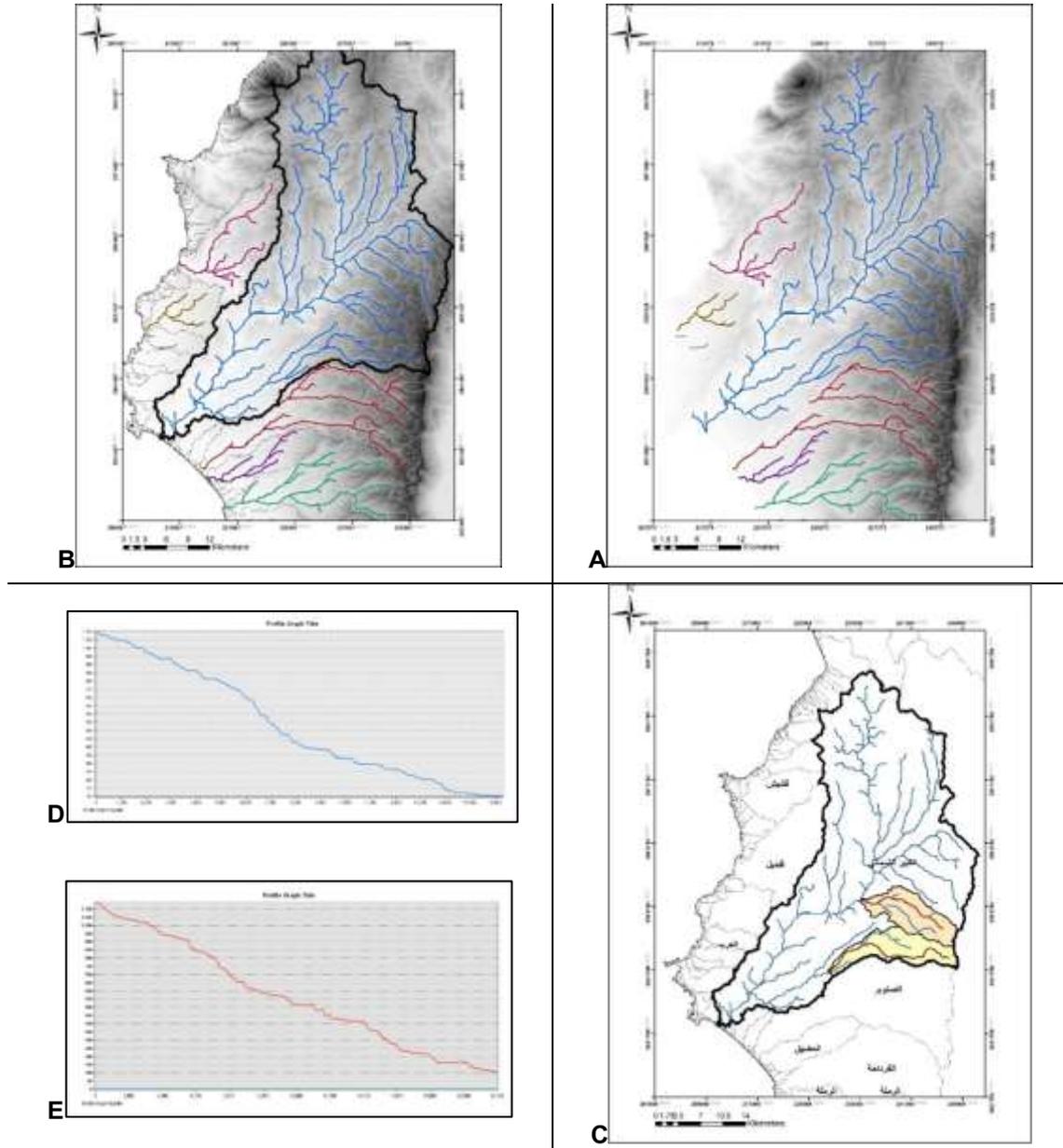
المرحلة الأولى: تتضمن تطبيق النموذج من بيئة عمل برنامج ArcMap Gis الذي يقوم باستخراج المجاري المائية ورتبها واشتقاق الأحواض النهرية وفقاً لنموذج الارتفاع الرقمي DEM، يتم لاحقاً اشتقاق الحوضات والمجاري المائية ضمن الحوضات المدروسة وبروفيلاتها الطبوغرافية ليتم لاحقاً حساب المؤشر (SL) على طولها (الشكل 2):



(الشكل 2): نموذج اشتقاق المجاري المائية ورتبها واشتقاق الأحواض في بيئة عمل برنامج ArcMap GIS10.5.

تتضمن المرحلة الأولى ما يلي:

- 1- استخراج الشبكة المائية: رسم الشبكة المائية بطريقة آلية من نموذج الارتفاع الرقمي مع تحديد الرتب النهرية (Drawing or extract the water network automatically from DEM) وفق تصنيف (Strahler,) (الشكل 3-A).



- (الشكل 3): A- المجاري المائية المشتقة في المنطقة. B- اشتقاق حوض نهر الكبير الشمالي. C- حوضنا كفرية والقادسية المستخرجتان ضمن حوض نهر الكبير الشمالي. D- البروفيل الطولي لمجرى كفرية الشمالي. E- البروفيل الطولي لمجرى القادسية. (الباحث، 2022).
- 2- تحديد الأحواض النهرية بطريقة آلية من نموذج الارتفاع الرقمي (الشكل 3-B) (Extract a watershed automatically from the DEM)
 - 3- خطوات اشتقاق الحوضات ورسم البروفيل النهرية:

- نستخدم DEM لكل حوض على حده ونقوم بعملية Fill.
 - Flow Direction.
 - Basin.
 - نقوم بتحويل Basin إلى Vector Polygon.
 - Conversion Tools- From Raster- Raster To Polygon
 - للعمل على جزء دون الآخر نستخدم الأداة clip من قائمة Geoprocessing من شريط الأدوات.
 - Flow accumulation من أجل اشتقاق الشبكة النهرية.
 - القيام بعملية حساب من
 - Spatial Analyst Tools- Map Algebra- Raster Calculate accumulation>2000
 - نقوم بتحويل الشبكة النهرية الناتجة إلى Polyline layer transform باستخدام Raster to polyline
 - نقوم بإنشاء شريحة نقطية point shapefile مع مراعاة أن يكون لها نفس نظام الإسقاط.
 - نقوم بتفعيل Snapping و Start Editing.
 - باستخدام الأداة Watershed نقوم باشتقاق الحوض المراد دراستها ضمن الحوض (الشكل 3-3-C).
 - يتبعها رسم البروفيل الطولي للنهر من خلال انشاء شريحة shape file من نوع Polyline لكل مجرى مائي، ونقوم برسم النهر يدوياً ثم Save Edites ثم Stop Editing.
 - نقوم بعملية Interpolate Shape من
 - Arc Toolbox- 3D Analyst Tools- Functional Surface- Interpolate Shape وذلك من أجل مقاطعة البروفيل النهري مع نموذج الارتفاع الرقمي.
 - تنتج شريحة Shape File جديدة نقوم من خلال الأداة 3D Analyst بعمل Profile Graph، (الشكل 3-3-D).
- المرحلة الثانية:** تحليل الخصائص المورفومترية المساحية والشكلية للحوضتين:
- تعد الخصائص المورفومترية ذات أهمية في الدراسات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية، إذ تعبر عن العلاقات بين عوامل وعمليات الحت والظواهر الأرضية المرتبطة بها والناتجة عنها وتعد من الخصائص الجيومورفولوجية الكمية بمفهومها العام، وهذه أساليب تحليلية تعتمد في أساسها على البيانات المأخوذة من الخرائط الكنتورية والمرئيات الفضائية والدراسة الحقلية للأحواض والحوضات (Lone, 2017)، ليتم توظيفها في حساب هذه المعاملات عبر تطبيق العلاقات الرياضية الموضحة في (الجدول 1):

(الجدول 1): تعريف بآلية حساب المعاملات المورفومترية

المعاملات المورفومترية (Morphometric Parameters)	الصيغة (Formula)	المراجع (References)
مساحة الحوض (A)	A	(Schumm, 1956)
طول الحوض (Lb)	Lb	(Schumm, 1956)
عرض الحوض (Wb)	$Wb=A/Lb$	(Horton, 1932)
معامل الشكل (Ff)	A/Lb^2	(Horton, 1932)
معامل الاستطالة (R)	$Re=2/Lb*(A/\pi)^{0.5}$	Schumm(1956)
معامل الاستدارة (Rc)	$Rc=4\pi(A/P^2)$	(Miller, 1953)
معامل الانبعاث (K)	$K=Lb^2/4A$	(Chorley, 1957)
معامل تماسك الحوض المائي (Cc)	$Cc=0.2841*(P/A^{0.5})$	(Gravelius, 1914)

-معامل الشكل: يوضح العلاقة بين مساحة الحوض وطوله مقارنة مع شكل المربع الهندسي. تشير القيم المنخفضة التي تقل عن 0.33 الموافقة للنتائج المبينة في (الجدول 2) لهذا المعامل إلى عدم التناسق بين أجزاء حوض التصريف حيث يكون الحوض واسعاً عند المنابع وضيق عند المصب ومن ثم يكون شكل حوض التصريف مقارباً للشكل المثلث.

(الجدول 2): قيم المعاملات المورفومترية المساحية والشكلية لحوضتي كفرية والقادسية (الباحث، 2022).

الحوض	المعامل	الطول كم	العرض كم	المساحة كم ²	المحيط كم	معامل الشكل	معامل الاستطالة	معامل الاستدارة	معامل الانبعاث	معامل تماسك الحوض
كفرية	القيم	16	6	67	46	0.26	0.57	0.39	0.9	1.6
القادسية		21	5.7	73	51	0.16	0.45	0.35	1.51	1.7

-معامل الاستطالة: ويتم حساب هذا المتغير المورفومتري من حاصل قسمة قطر دائرة مساحتها مساوية لمساحة الحوض على أقصى طول للحوض المائي، تتراوح قيمة هذا المعامل بين (0-1) بحيث إذا ما كان معامل الاستطالة أصغر من 0.5 يكون شكل الحوض أقرب إلى المستطيل، أما إذا اقتربت القيمة أن الواحد الصحيح، فإن شكل الحوض يقترب من الشكل الدائري، تميل الرتب الدنيا إلى زيادة أطوالها وتقليل عددها في حالة انخفاض نسبة الاستطالة، في حين تقلل من أطوال الرتب الدنيا وتزيد من أعدادها ومن طول المجرى الرئيسي مع ارتفاع نسبة الاستطالة.

-معامل الاستدارة: تتراوح قيمة هذا المعامل بين (0-1) حيث تدل نسبة الاستدارة على النسبة بين مساحة الحوض إلى مساحة الدائرة التي لها محيط الحوض نفسه وتعد نسبة الاستدارة معكوس مورفولوجيا لنسبة الاستطالة، تشير القيم الأقل من 0.5 إلى استطالة شكل الحوض.

-معامل الانبعاث: يعد من القياسات المورفومترية الدقيقة في التعبير عن شكل الحوض، إذ أنه يعالج بعض سلبيات معامل الاستدارة، لأن الأحواض لا تميل لاتخاذ الشكل الدائري تماماً، وإنما تأخذ شكل الكمثرى تتراوح قيمة هذا المعامل بين (0-6) وتدل القيم المنخفضة ما بين 0-2 الموافقة للنتيجة التي حصلنا عليها ضمن كلتا الحوضتين، على تفلطح الحوض (انفتاح) في أعاليه غالباً مقارنة بوسطه وأدناه نتيجة لكثرة مجاري الأودية ذات الرتب الأقل في أعلاه وأطوالها في مكان ما منه دون سواه، على أحد جانبيه أو كليهما، مما يدل على إن الحوض قد قطع شوطاً متقدماً من دورته الحثية، في حين تشير القيم التي تزيد عن 4 أن الحوض مازال في مرحلة الشباب ولم يقطع شوطاً كبيراً في مرحلة التعرية.

-معامل تماسك الحوض: وهو مؤشر آخر يدل على ابتعاد أو اقتراب شكل الحوض من الشكل الدائري، فإذا كانت قيمة معامل التماسك أكبر من قيمة العدد واحد صحيح ابتعد شكل الحوض عن الشكل الدائري وكان أكثر استطالة. جميع قيم المعاملات في كل من حوضتي كفرية والقادسية يؤثر عليها بشكل كبير البنية الجيولوجية لشمال السلسلة الساحلية والتي تميل تشكيلاتها نحو الغرب والشمال الغربي الأمر الذي أدى إلى تطاول هاتين الحوضتين وفق نفس الاتجاهات مع تغير في اتجاه التطاول قليلاً نحو الجنوب الغربي عند حدود بنية حوض نهر الكبير الشمالي النيوجيني، مما يدل على أن الحوضتين تطورتا بعد نهوض السلسلة الساحلية وميل تشكيلاتها في الميوسين الأعلى/البليوسين الأسفل (Al (Abdalla, 2008).

المرحلة الثالثة: مؤشر تدرج طول المجرى المائي (SL) Stream Length Gradient Index

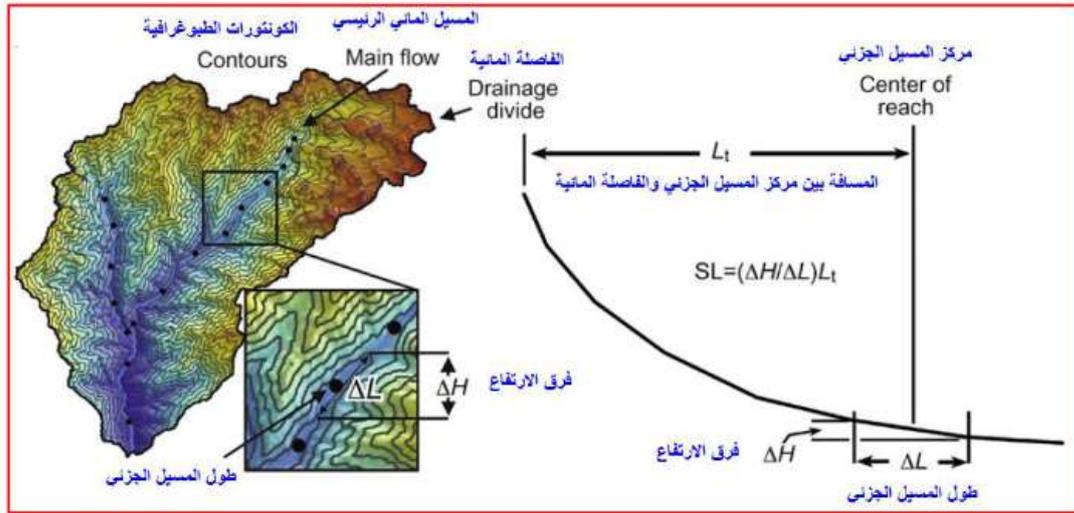
إن التضاريس الحالية الموجودة على سطح الأرض هي نتيجة التوازن الديناميكي بين عمليات الحت والتعرية للصخور ذات القساوة المختلفة وبين عمليات النهوض التكتوني: التعرية = النهوض (erosion = uplift)، حيث تشكل الأنهار والمسيلات المائية بروفييلات (مقاطع) طولية مقعرة (Schumm *et al.*, 2000)، هذا وإن إي تشوه أو انحراف في هذه البروفييلات يمكن أن يعزى إلى التكتونيك أو الليثولوجيا أو بدرجة أقل إلى العوامل المناخية. تمت دراسة مؤشر تدرج طول المجرى المائي (SL) من قبل (Hack, 1973) لمناقشة تأثير التغيرات التضاريسية على البروفييلات الطولية للمسيلات المائية، ولمعرفة فيما إذا كانت المسيلات المائية قد وصلت إلى مرحلة التوازن (التعادل الديناميكي Dynamic Equilibrium) أم لا. تشير القيم العالية لهذا المؤشر إلى نشاط تكتوني حديث، وتُعطى معادلة استخراج هذا المؤشر بالعلاقة التالية: (Hack, 1973)

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

حيث: ΔH : هو التغير في الارتفاع (أعلى وأخفض نقطة من المجرى المائي الجزئي/ قطعة من المجرى المائي الكلي متقاطعة مع الكونتورات الطبوغرافية).

ΔL : طول المجرى المائي الجزئي المحدد بنقاط التقاطع مع الكونتورات الطبوغرافية.

L_t : الطول الأفقي (الفاصلة المائية) Watershed Divide من خط الفصل المائي إلى منتصف المجرى المائي الجزئي (الشكل 4).

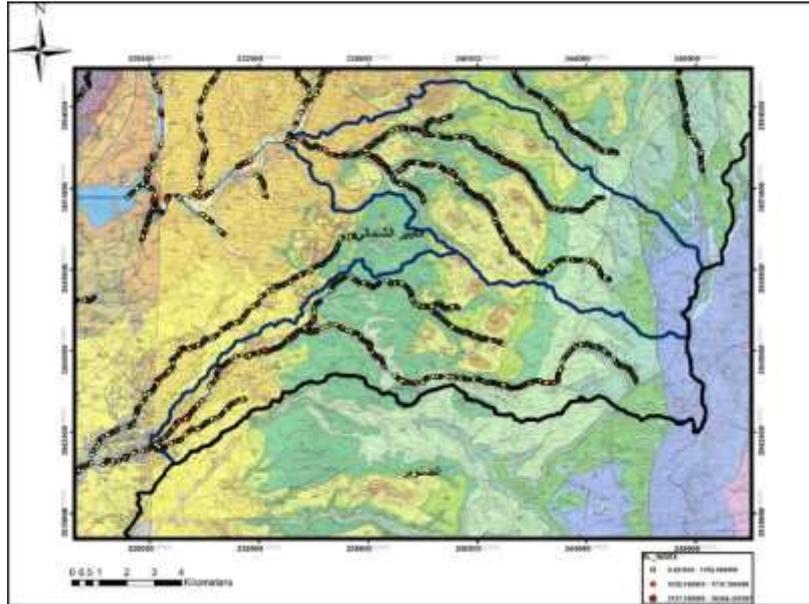


(الشكل 4): آلية حساب مؤشر تدرج طول المجرى المائي SL وفق طريقة (Hack, 1973)

تطبيق الأداة slix والتي تتضمن ثلاث خطوات:

- 1- Stream network extraction لتقوم الأداة باشتقاق المسيلات المائية في المنطقة المدروسة.
- 2- تطبيق الأداة slix على الشريحة الناتجة بالخطوة السابقة.
- 3- تطبيق الأداة SL-HCA والتي تساهم في إعطاء نظرة أوضح عن تغير كثافة الشوادات الناتجة عن الأداة Slix، وفق تصنيف Kernel.

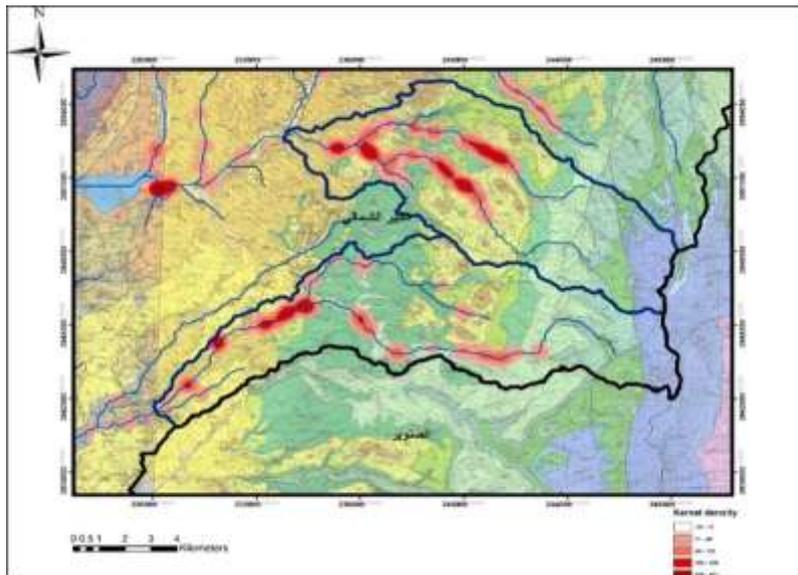
بنطبق الخطوات المذكورة على منطقة الدراسة، (حوض كفرة وحوض القادسية) تم حساب قيم SL على ثلاث مجاري مائية بخطوة أفقية L تقدر بـ 50 متر (أي حساب SL كل 50 متر وتمثله بنقطة ضمن المجرى، (الشكل 5)، وتعتبر هذه المسافة دقة كبيرة في إظهار التغيرات المورفومترية على طول المجاري المائية الثلاث.



(الشكل 5): يبين حوضتي كفرية والقادسية موضح عليه توزع نقاط قيم SL (الباحث، 2022)

تراوحت قيم SL المحسوبة في المجريين التابعين لحوضه كفرية وسطياً بين (10-7000) أما في القادسية فتراوحت القيم وسطياً بين (10-6000) مع تغيرات هامة قد تتعلق بالليتولوجيا وبتأثير الفوالق كما سنناقش لاحقاً. وقد تم فرز القيم ضمن ثلاث مجالات يعبر عنها بدوائر ذات ألوان متدرجة من الأصفر إلى الأحمر (الشكل 5) ولإعطاء نظرة أوضح عن تغير كثافة الشواذات في قيم SL قمنا بتصنيفها إلى خمس مجالات وفق Kernel كما هو مبين في (الشكل 6).

ظهرت القيم العالية الشاذة في المنطقة المدروسة في الثلث الثاني من المجاري وعلى ارتفاعات متقاربة تقدر وسطياً بحدود (700-800 م) وذلك ضمن تشكيلات الكريتاسي الأعلى وتستمر حتى تشكيلات الميوسين على الحدود بين بنيتي السلسلة الساحلية وحوض نهر الكبير الشمالي النيوجيني، وتكون القيم العالية جداً عند هذه الحدود، وبعض النقاط الفالقية.

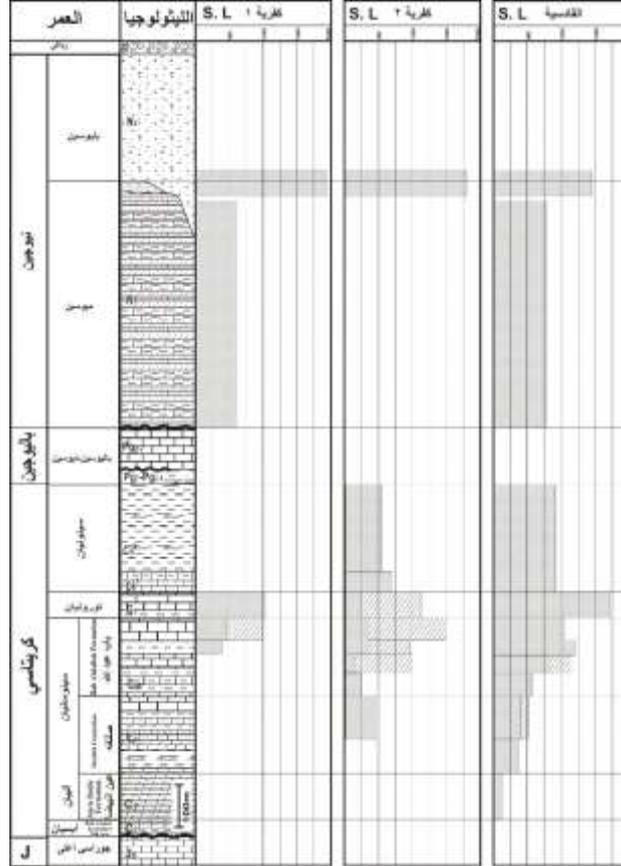


(الشكل 6): كثافة التوزع وفق تصنيف kernel (الباحث، 2022).

ولعزل تأثير العامل الليتولوجي عن العامل التكتوني لا بد من إظهار تغيرات قيم SL في التشكيلات الجيولوجية للمنطقة.

تأثير الليتولوجيا على تغير قيم SL:

تم عزل تأثير العامل الليتولوجي عن العامل التكتوني بإظهار تغيرات قيم SL في التشكيلات الجيولوجية للمنطقة. لذلك حُسبت القيم الوسطية لهذا المؤشر في كل تشكيلية وقسم من تشكيلية تُبدي تغيرات ليتولوجية واضحة وبمتابعة المجاري المائية (كفرية 1-كفرية 2-القادسية) أثناء عبورها هذه التشكيلات (الشكل 7).



(الشكل 7): تغير القيم الوسطية لمؤشر الدرج الطولي SL بالتوازي مع التغيرات الليتولوجية على طول المجاري المائية (كفرية 1-2، القادسية) (الباحث، 2022).

تبدو التغيرات واضحة زيادة أو نقصان عند المرور من تشكيلات يسيطر فيها المارل أو تشكيلات يسيطر فيها الكلس، والكلس الحاوي على عقد أو مستويات صوانية، فمثلاً في تشكيلية صلنفة نلاحظ ازدياد قيم SL الوسطية بمقدار 100، أثناء الانتقال ما بين مارل صلنفة وجدار صلنفة في مجرى القادسية، كما نلاحظ ازدياد القيم الوسطية للمؤشر بمقدار 700 عند الانتقال من تشكيلية صلنفة إلى تشكيلية باب عبدالله وذلك بسبب وجود كميات أكبر من الصوان والمستويات الصوانية في تشكيلية باب عبدالله عما هو عليه في تشكيلية صلنفة.

يُبدي التورونيان قيم مشابهة لتشكيلية باب عبدالله في بدايته وتكون الزيادة كبيرة وواضحة كما في مجرى القادسية حيث يكون التورونيان على شكل جدار كلسي بارز في الطبيعة. باختصار نلاحظ تزايد واضح في قيم SL اعتباراً من تشكيلية صلنفة باتجاه تشكيلية باب عبدالله والتورونيان وبخاصة في مجرى القادسية.

تُبدى التشكيلات المارلية والحوارية المارلية التابعة للسينونيان بشكل عام تناقص ملحوظ في قيم SL الوسطية بمقدار ما بين (150-350) عما هو عليه في التورونيان، كما يُبدى النيوجين قيم SL وسطية مقارنة لقيمه في السينونيان كون التوضعات حطامية رملية مارلية هشة.

يكون التغيير الواضح على كامل العمود الليتولوجي عند الحد الفاصل ما بين البليوسين من جهة والتوضعات الأقدم من الكريتاسي وحتى الميوسين من جهة أخرى على الرغم من التشابه الليتولوجي نوعاً ما ما بين البليوسين والميوسين، فقد تراوحت الزيادة في قيم SL الوسطية عند قاعدة البليوسين (700-1200)، وهذا يعود لوجود السطح الحثي في قاعدة البليوسين.

تغير قيم SL وفق المجرى:

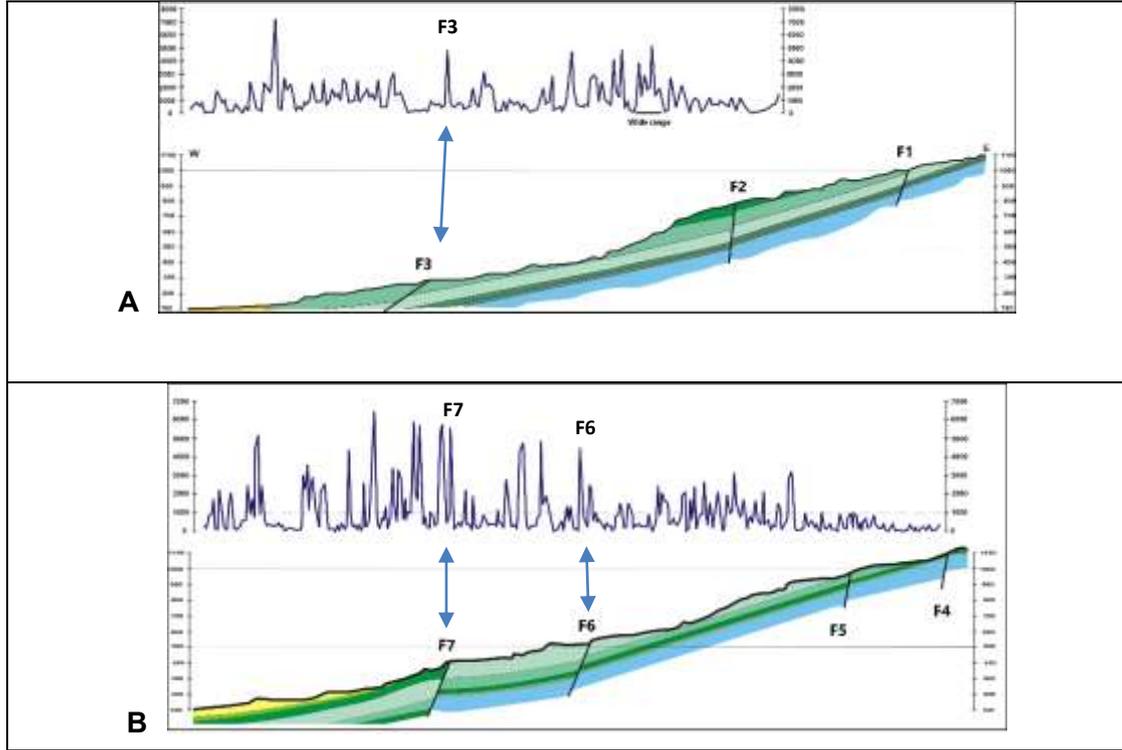
لإظهار تغيرات قيم SL على طول المجرى المائي تم رسم مقطع جيولوجي وفق المجرى و إظهار قيم تغيرات هذا المؤشر بشكل موافق للمقطع في مجري كفرة الشمالي والقادسية، وهنا ننوه إلى أن مجرى كفرة الجنوبي يُشابه بقيم تغيراته إلى حد كبير مجرى كفرة الشمالي لذلك تم الاكتفاء بإظهار التغيرات على مجرى كفرة الشمالي، مع العلم أن كلا المجرين يلتقيان ليشكلا مجرى واحد.

مجرى كفرة الشمالي: مجرى بطول 16 كم يبين المقطع الجيولوجي وفق هذا المجرى تشكيلات تعود في غالبيتها إلى الكريتاسي الأعلى، والتي تُظهر ميلاً نحو الغرب والشمال الغربي بمقدار 10-15 درجة وسطياً، وتُظهر قيم ارتفاع قاعدة المجرى (البروفيل الطبوغرافي لقاعدة المجرى) انحداراً لطيفاً نحو الغرب من ارتفاع 1100 م وحتى 100 م مع وجود بعض التغيرات الحادة نسبياً نعتقد أنها ناتجة عن تغيرات ليتولوجية في تشكيلة باب عبد الله والتورونيان أو عند وجود بعض الفوالق كما هي الحال في الفالق F3 (الشكل 8-A).

تُظهر تغيرات قيم SL الموافقة للمقطع الجيولوجي تباينات كبيرة، و يُفسر المدى الواسع (Wide Range) في التغيرات حسب (Hack, 1957) بوجود صخور ذات درجات مقاومة متفاوتة لعمليات الحث والتي ترتبط بالعامل الليتولوجي، أما التغيرات المفاجئة فتُعزى إلى عمليات إعادة تجديد المجرى المائي في عدة مراحل وإلى تأثير العامل التكتوني وهو الأمر الملاحظ في قيم (SL) عند الفالق F3 وعند الحد بين بنية السلسلة الساحلية وبنية حوض نهر الكبير الشمالي النيوجيني الذي بلغت عنده قيمة (SL) 7000 وهي أعلى قيمة مسجلة على طول مجرى كفرة، وبلغت 5000 عند الفالق F3.

مجرى القادسية: مجرى بطول 16 كم يبين المقطع الجيولوجي وفق هذا المجرى تشكيلات تعود في غالبيتها إلى الكريتاسي الأسفل والأعلى، والتي تُظهر ميلاً نحو الغرب بمقدار 8-10 درجات وسطياً، وتُظهر قيم ارتفاع قاعدة المجرى (البروفيل الطبوغرافي لقاعدة المجرى) انحداراً لطيفاً نحو الغرب من ارتفاع 1150 م وحتى 100 م.

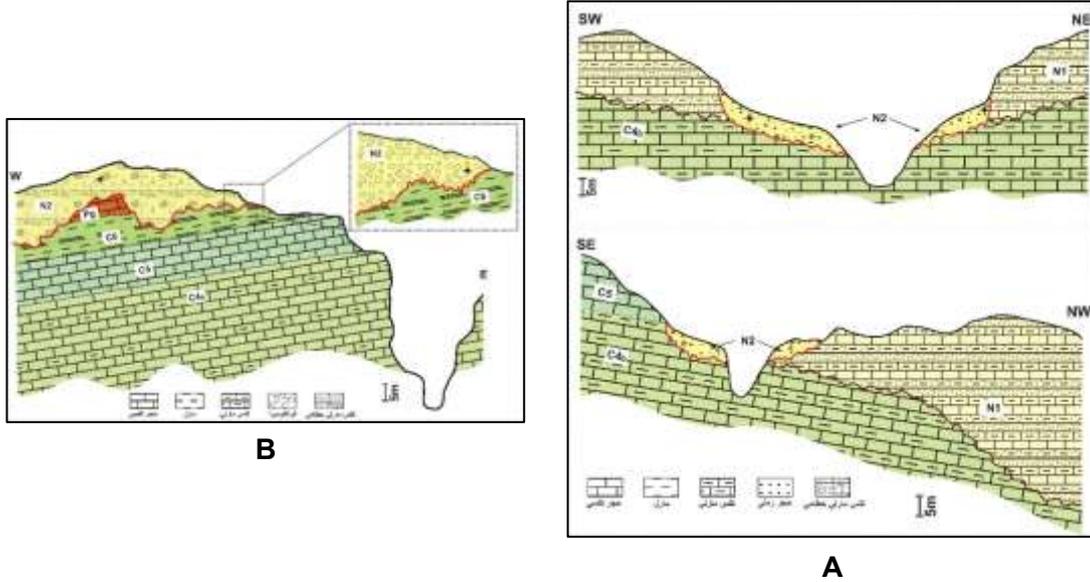
تُظهر تغيرات قيم SL الموافقة للمقطع الجيولوجي المبنية في (الشكل 8-B) تباينات كبيرة، ترتبط بوجود صخور ذات درجات مقاومة متفاوتة لعمليات الحث، بعض التغيرات الكبيرة تُعزى إلى تأثير بعض الفوالق وهو الأمر الملاحظ في قيم (SL) عند الفالق F6 و F7 بقيم تجاوزت 5000. عند الحد بين بنية السلسلة الساحلية وبنية حوض نهر الكبير الشمالي النيوجيني تجاوزت قيمة (SL) 6000 وهي أعلى قيمة مسجلة على طول مجرى القادسية، وهنا تُعزى القيمة إلى إعادة تجديد المجرى المائي على عدة مراحل.



الشكل رقم (8): A- مقطع جيولوجي وفق البروفيل الطولي لمجرى كفرية الشمالي (A)، ومجرى القادسية (B) بالتوازي مع تغير قيم SL (الباحث، 2022).

التحقق من البيانات:

تم القيام بجولات حقلية في المناطق التي شهدت أعلى قيم لـ (SL) بالنسبة للمجريين، تم في حوض كفرية وعند النقاء المجريين عند الحدود مع توضعات نيوجين حوض نهر الكبير الشمالي دراسة طبيعة الحد حتي بين توضعات النيوجين والتوضعات الكريتاسية الأقدم، حيث تغيب توضعات الباليوجين، ونتيجة إقامة مقطعين لبيتولوجيين شمال شرق-جنوب غرب، و شمال غرب-جنوب شرق تبين أن هذا السطح حتي أقدم من المجري المائية في منطقة كفرية، حيث أن هذا السطح حتي يميل نحو الشمال الغربي دون أي تغيرات تشير إلى تطور مجرى كفرية بشكل مزامن لهذا السطح، وبالعكس فإن مجرى كفرية يقطع هذا السطح حتي، لكن ما يؤثر الانتباه وجود سطح حتي ثانٍ ضمن توضعات النيوجين نفسها، ويقطع توضعات الكريتاسي أيضاً، وهذا السطح متوافق مع المجرى المائي وينتشر على جانبيه بشكل مشابه للمصاطب النهرية (الشكل 9-A). تم سحب عينات لتحديد عمر هذه التوضعات التي توافق عمر تشكل المجرى المائي. تتكون التوضعات فوق السطح حتي الثاني من صخور حطامية مارلية كلسية مع بعض المستويات الرملية والتي تعطي عمر البليوسين الأسفل بنتيجة التحليل المستحاثي، وهو عمر غير مذكور على الخارطة الجيولوجية في هذه المنطقة، وبالتالي فإن تشكل المجري المائية في منطقة كفرية يعود إلى ما قبل البليوسين الأسفل تماماً (أي المسيانيان)، وهذا يتوافق مع مرحلة حثية كبيرة على كامل حوض المتوسط رافقت جفاف البحر وتحول قاعه إلى أراضٍ مكشوفة وعرضة لعمليات الحث القاري، تطورت خلالها نواة المجري المائية. أُعيد استخدام المجري في منطقة كفرية في مرحلة لاحقة لتوضعات البليوسين بعد نهوض السلسلة الساحلية وهي مستمرة حتى الوقت الحالي، ذلك أن مجرى كفرية حالياً يقطع السطح حتي البليوسيني.



(الشكل 9): A-مقطع ليتولوجي في حوضه كفريه، B- مقطع ليتولوجي في حوضه القادسيه (الباحث، 2022).

في حوضه القادسيه وبشكل مشابه لحوضه كفريه تم تحديد السطح الحثي البليوسيني في أماكن القيم العليا لمؤشر التدرج الطولي للمجرى المائي (SL)، حيث أقيم المقطع الليتولوجي (الشكل B-9) ليبين وجود سطح حثي يقطع توضعات الكريتاسي والقليل من توضعات الباليوجين، يميل هذا السطح الحثي عموماً نحو الغرب باتجاه مجرى نهر الحفة. لوحظت توضعات حطامية على جانب واحد من المجرى المائي، وهي توضعات مشابهه إلى حد كبير لتوضعات كفريه، وهي عبارة عن توضعات حطامية كلسية مارلية تتخللها سويات رملية، تم سحب عينات منها وأعطت عمر قاعدة البليوسين تماماً وفقاً لنتائج التحليل المستحاثي مما يشير أن هذا السطح الحثي مقطوع بالوادي الحالي لمجرى القادسيه، بالتالي يوجد مرحلتين من الحث، حث قاعدة البليوسين، والحث الحالي بعد نهوض السلسله الساحليه.

الاستنتاجات والتوصيات:

بناءً على حساب قيم التدرج الطولي في حوضتي كفريه والقادسيه وشواذاتها، وعلى معطيات العمل الحثي نستنتج مراحل تطور المجاري المائية وفق السيناريو الآتي:

- 1- تشكل نواة المجاري المائية في المنطقه خلال المسينيان عند انسحاب مياه البحر المتوسط والذي دام فترة تقدر بـ 600 ألف عام (Clauzon et al, 2005, Krijgsman et al, 1999, Roveri et al, 2001)، وتشكل سطح حثي واسع، بالتوازي مع عملية بدء نهوض السلسله الساحليه المتزامنه مع تشكل الفالق المشرقي (Alabdalla, 2008).
- 2- تجاوز بحري سريع في قاعدة البليوسين خلفت توضعات حطامية غطت هذا السطح الحثي وملأت المجاري المائية للمسينيان (Roveri et al, 2008, Garcia-Castellanos et al, 2009).
- 3- ساهم استمرار نهوض السلسله الساحليه وانسحاب البحر في نهاية البليوسين بعودة النشاط إلى المجاري المائية وتطورها حيث قطعت هذه المجاري السطح الحثي للمسينيان كما في كفريه والقادسيه. إن إعادة تنشيط المجاري المائية

يُفسر القيم العالية لـ (SL) عند التقاء المجري المائي، الذي يعبر توضعات الكريتاسي، بتوضعات البليوسين الأسفل والسطح الحثي في قاعدته.

4- تشكل عدد من الفوالق بعد تطور المجاري المائية والذي يدل على النشاط التكتوني الحديث خلال البليوسين-حالي، كما في حالة الفوالق شمال شرق-جنوب غرب التي تقطع حوضتي كفرة والقادسية، والتي تراكفت بقيم عالية نسبياً لـ (SL) في نطاقاتها.

يوصي البحث بما يلي:

- 1- توسيع رقعة الدراسة لتشمل جميع المجاري المائية في أحواض وحوضات السلسلة الساحلية.
- 2- دراسة علاقة (SL) مع جميع الفوالق التي تقطع المجاري المائية في السلسلة الساحلية وتحديد النشطة منها.
- 3- متابعة المجاري المائية من خلال البروفيلات السيسمية في شرق المتوسط لما لها من أهمية خزنية نفطية لترافقها مع توضعات حطامية من عمر البليوسين الأسفل.

References:

- 1-Al Abdalla, A. *Evolution Tectonique de la Plate-forme Arabe en Syrie depuis le Mésozoïque*. Thèse Doct. Université de Paris6, 2008.302.
- 2- LONE, A. *Morphometric and Morphotectonic Analysis of Ferozpur Drainage Basin Left Bank Tributary of River Jhelum of Kashmir Valley, NW Himalayas,India*. Journal of Geography & Natural Disasters, 2017.
- 3-Chorley, R. J. *A new standard for estimating basin shape*. Am.J. Sci, 255, 1957, 138-41.
- 4-Clauzon, G, Suc, J.P, Popescu, S.M. *Influence of the Mediterranean sea-level changes over the Dacic Basin (Eastern Paratethys) in the Late Neogene. The Mediterranean Lago Mare facies deciphered*. Bassin Research, 17, 2005, P 437-462.
- 5-Filak J. M. *Les plates-formes carbonates d'âge crétacé moyen à supérieur de la Chaîne Côtière de Syrie*. Thèse Doct, Université de Provence-Aix Marseille I, 2002, 323.
- 6-Graveliush. *FluBkunde. Gosche'sche Verlagshandlung*, Berlin, 1914.
- 7-Garcia-Castellanos, D, Estrada, F, Jime'nez-Munt, I. *Catastrophic flood of the Mediterranean Messinian salinity crisis*. Nature Vol 462, 2009, 779-784.
- 8-Hack, J. T. *Studies of longitudinal stream profiles in Virginia and Maryland*. USGS, 1957, P 294-B.
- 9-Hack, J.T. *Stream-profiles analysis and stream-gradient index*. Journal of Research of the (U.S) Geological Survey 1, 1973, 421e429.
- 10-Han, L. Du, Chengyan. *Neotectonic significance revealed by stream length – gradient index of the daxi river basin in the southern margin of ordos,china*, International Conference on Geomatics in the Big Data Era (ICGBD). Vol XLII-3/W10, 2020.
- 11-Horton, R E. *Drainage basin characteristics*. Trans, Am, Geophys Union, 13, 1932, 350-61.
- 12-Krijgsman, W, Hiigeni, F.J, Raffi, I, Sierro, F.J, Wilson, S. *Chronology, causes and progression of the Messinian salinity crisis*. Nature-London 400 (6745), 1999, 652–655.
- 13- Mahmood, A, Gloaguen, R. *Appraisal of active tectonics in Hindu Kush: Insightsfrom DEM derived geomorphic indices and drainageanalysis*. Geoscience Frontiers 3(4), (2017).
- 14-Miller, V. C. *A quantitative geomorphic study of drainage-basin characteristics in the Clinch Mountain area, Virginia and Tennessee*. Off, Nav, Res, (U.S),1953.
- 15-Mouty M. *Results of the stratigraphical study of the Alaouite Mountains*. Rapport inédit du Ministère des pétroles, 1967.

- 16-Parrot, J.F. *Assemblage ophiolitique du Baer-Bassit et termes effusifs de volcano-sédimentaire*. Travaux et documents de l'O.R.S.T.O.M, 1977, 72.
- 17-Piacentini ,D, Troiani, F, Servizi, T. *SLiX: A GIS Toolbox to Support Along-Stream Knickzones Detection through the Computation and Mapping of the Stream Length-Gradient (SL) Index*. ISPRS Int. J. Geo-Inf, 2020, 9, 69.
- 18-Roveri, M, Bassetti, M.A. *TheMediterranean Messinian Salinity Crisis: an Apennine foredeep perspective*. Sedimentary Geology 140, 2001,201–214.
- 19-Roveri, M, Bertini, A, Cosentino, D, Di Stefano, A. *A high-resolution stratigraphic framework for the latest Messinian events in the Mediterranean area*. Stratigraphy 5, 2008,323–342.
- 20-Schumm, S.A. *Evolution of Drainage system and slopes in Badies at peath Amboy New Jersey*. Bull.Geol.soc America, vol.67, 1956.,p597-646.
- 21-Schumm, S.A., Dumont, J.F, Holbrook, J.M. *Active Tectonics and Alluvial Rivers*. Cambridge University Press, Cambridge, 2000, P 276.
- 22-Strahler, A.N. *Quantitative Analysis of watershed Geomorphology*. Am, Geophys, union vol. 33, 1957.