الاشكال الجيومورفولوجية الناتجة عن الحمولة النهرية في مياه شط الحلة

الباحثة هدى جاسم عباس الجبوري

جامعة بابل/كلية التربية للعلوم الإنسانية

أ.م.د أفراح إبراهيم شمخي الحلاوي

جامعة بابل/كلية التربية للعلوم الإنسانية

hudaj9662@gmail.com

2025 م

Abstract

The fluvial load is one of the most influential elements in shaping the morphology of mature river channels, particularly in low-gradient alluvial rivers, as it represents a key indicator of the hydrological balance and the interaction between discharge and hydraulic energy. The Shatt Al-Hillah River in Iraq serves as a clear applied model for the geomorphological changes resulting from the variation in the characteristics of the fluvial load, especially under the continuous changes in water discharge and land cover, which influence the sediment dynamics.

This study aims to analyze the three main types of fluvial load—dissolved, suspended, and bed load—in the waters of Shatt Al-Hillah, and to interpret their transport mechanisms and influences on the formation and evolution of geomorphological features, focusing on bank erosion and deposition, the growth of river islands, and the dimensional changes of meanders over the past four decades.

The research relies on documented field data and contemporary measurements to determine flow velocity and water discharge, in addition to analyzing satellite imagery from the years 1985 and 2024. Furthermore, fluvial load estimation equations and geospatial and morphometric analysis software were employed.

The results revealed significant spatial and temporal transformations in channel behavior and sediment distribution, reflecting a decline in the river's hydraulic energy and an increase in lateral deposition processes, accompanied by distinct morphodynamic changes. The study concludes that managing the sedimentary system of Shatt Al-Hillah has become a strategic necessity to mitigate geomorphological hazards and ensure the sustainability of This water resource.

Keywords

Shatt al-Hillah, sediment load, geomorphological processes, morphodynamic change.

المستخلص

تُعد الحمولة النهرية أحد أهم العناصر الفاعلة في تشكيل مورفولوجية المجاري النهرية الناضجة، ولا سيما الأنهار السهلية ذات الانحدار الواطئ، إذ تمثل المؤشر الرئيسي على توازن الجريان وتفاعله مع الطاقة الهيدرولوجية ويعتبر شط الحلة نموذجاً تطبيقياً واضحاً للتغيرات الجيومورفولوجية الناتجة عن تباين خصائص الحمولة النهرية، لا سيما في ظل التغير المستمر في التصريف المائي والغطاء الأرضي المؤثر في الديناميكية الرسوبية. تهدف هذه الدراسة إلى تحليل الأنواع الثلاثة للحمولة (الذائبة، العالقة والقاعية) في مياه شط الحلة، وتفسير آليات نقلها وتأثيراتها في نشوء وتطور الأشكال الجيومورفولوجية، مع التركيز على ظواهر الحت والترسيب الجانبي ونمو الجزر النهرية وتغير أبعاد المنعطفات خلال أربعة عقود. اعتمدت الدراسة على توثيق البيانات والقياسات الميدانية المعاصرة لتحديد سرع التيار وتصريف

الاشكال الجيومورفولوجية الناتجة عن الحمولة النهرية في مياه شط الحلة

الباحثة هدى جاسم عباس الجبوري أ.م.د أفراح إبراهيم شمخي الحلاوي

المياه، بالإضافة إلى تحليل صور الأقمار الصناعية للأعوام 1985 و2024، فضلاً عن الاحتكام إلى معادلات تقدير الحمولة النهرية، وبرمجيات التحليل الجغرافي والمورفومتري. وقد أظهرت النتائج وجود تحولات مكانية وزمانية متقدمة في سلوك المجرى وتوزيع الرواسب، بما يعكس تراجع الطاقة الهيدروليكية للنهر، وتزايد فعالية الترسيب الجانبي، وما يرافقه من تغير مورفوديناميكي واضح. وتؤكد الدراسة على أن إدارة النظام الرسوبي في شط الحلة باتت ضرورة استراتيجية ملحة للحد من المخاطر الجيومورفولوجية وضمان استدامة هذا المورد المائي.

الكلمات المفتاحية

شط الحلة، الحمولة النهرية، العمليات الجيومورفولوجية، التغير المورفوديناميكي.

المقدمة

الحمولة النهرية أحد أهم المكونات الديناميكية الفاعلة في النظام النهري، إذ تمثل المحصلة الرسوبية الناتجة عن عمليات التجوية، والتعرية، والنقل، والترسيب داخل القناة النهرية، مما يجعلها عنصراً رئيساً في تفسير تطور المظاهر الجيومورفولوجية وتغيرها عبر الزمن. وتبرز أهمية دراسة الحمولة النهرية في شط الحلة نظراً لوقوعه ضمن بيئة رسوبية سهلية منخفضة الانحدار، تتفاعل فيها العناصر الهيدرولوجية والمناخية والبشرية بصورة مباشرة، وتؤثر في شكل المجرى وتوازنه وتوزيع رواسبه. ومن خلال تباين حجم، ونوعية، ومصادر هذه الحمولة، تتشكل أنماط رسوبية مختلفة تسهم في بناء الجزر النهرية، ونمو الألسنة الإرسابية، وتطور المنعطفات، وتقهقر الضفاف أو استقرارها، وهي جميعها أنماط جيومورفولوجية

وثقها التحليل المكاني على امتداد مسار النهر خلال العقود الأربعة الماضية. وفي ظل ما يواجهه شط الحلة من تغيرات هيدروموناخية، وانخفاض في التصريف المائي، وتوسع في الاستخدامات البشرية للأرض والمياه، بات تحليل الحمولة النهرية والآثار الجيومورفولوجية المترتبة عنها شرطاً علمياً لفهم استجابات النهر، وتحديد مناطق الخطر الرسوبي، وبناء أسس إدارة مستدامة للبيئة النهرية بما يضمن توازن تدفقي ورسوبي مستقبلي.

منطقة الدراسة :

يقع شط الحلة ضمن الحدود الإدارية لمحافظة بابل، وهو يمثل أحد الفروع الرئيسة المتفرعة من نهر الفرات عند سدة الهندية الكيلو (602)، وتتحدد إحداثياته بدائرة عرض (7ˉ°32 – 8ˉ°33) شمالا وخط طول شرقي (42ˉ°43 – 50ˉ°45) ويمتد بطول يبلغ نحو (104 كم^2) باتجاه الجنوب والجنوب الشرقي ضمن نطاق السهل الرسوبي المنخفض الانحدار والذي يتراوح بين (20 – 55 م) فوق مستوى سطح البحر. تتكون الترسبات السائدة في منطقة الدراسة من رواسب العصر الرباعي (الهولوسين) ذات الطبيعة الغرينية والطينية والرملية المتفاوتة، والتي تمثل خزان الرسوبيات الرئيسي المؤثر في تطور المسار النهري وتغيراته.

تتمحور مشكلة الدراسة حول التساؤل الرئيسي وهو: هل تتباين الحمولة النهرية في مياه شط الحلة؟ وماهي تأثيراتها الجيومورفولوجية؟

الفرضية الرئيسية: 1. تتباين الحمولة النهرية (كماً ونوعاً) مكانياً وزمانياً في مياه شط الحلة.

2. تعد الحمولة النهرية عامل محوري في تشكيل المظاهر الجيومورفولوجية لمجرى شط الحلة.

وقد اعتمدت الدراسة منهجية : تحليلية تطبيقية لقياس الأنواع الثلاث للحمولة النهرية في مياه شط الحلة، وشملت منهجية التحليل ما يأتي:

1- مصادر البيانات

• القياسات الميدانية لسرعة التيار المائي والتصريف باستخدام جهاز ADCP ضمن خمس محطات قياس رئيسية موزعة طولياً على المجرى.

• التحاليل المختبرية لعينات الرواسب والمياه لتحديد تراكيز الأملاح الذائبة والعالقة والقاعية.

• تحليل صور الأقمار الصناعية للعامين 1985 و2024 لتحديد التغيرات المورفومترية للمنعطفات والالتواءات.

2- حساب الحمولة النهرية

• الحمولة الذائبة وفق الصيغة: $TD = (CD \times Q) / 1000$

TD = نقل الحمولة الذائبة الكلية(كغم/ثا)

CD = تركيز المواد الذائبة الكلية (ملغم/لتر)

Q = تصريف المياه (م³/ثا)

$T\text{-}TOTAL = (TD \times 60 \times 60 \times 24 \times N) / 1000000000$

كمية الموسم الإجمالي (طن/مليون) = تصريف الحمولة (كغم /ثا) × 60 ثا×60 د× 24 س× عدد أيام الموسم / 1000000000 وتنطبق هذه المعادلة على الحمولة العالقة والقاعية.

• الحمولة العالقة : $TS = (CS \times Q) / 1000$

• الحمولة القاعية : $TB = (CB \times Q) / 1000$

3- التحليل المورفومتري والجيومورفولوجي: حساب معامل الانعطاف والانتشار الطولي للمنعطفات والالتواءات لتحديد درجات التشوه الرسوبي في مسار النهر، وتم مقارنة القيم بين سنتي الأساس 1985 و 2024 لتقييم تغير المسار الجيومورفولوجي.

المبحث الاول

اولاً: الخصائص الكمية

1- تراكيز وكمية الحمولة الذائبة الكلية Total Dissolved Solids Concentrations (TDS)

اظهرت نتائج التحليل في الجدول (1) أن متوسط تراكيز الحمولة الذائبة الكلية سجلت تبايناً ملحوظاً بين المواسم، حيث سجل الربيع أعلى معدل موسمي بمقدار (900 ملغم/لتر) يليه الصيف ثم الشتاء بمقدار (893، 871 ملغم/لتر) على التوالي، اما الخريف فقد سجل أدنى معدل بين المواسم بمقدار (856 ملغم/لتر) وتدعم الخريطة (1) هذه النتائج بصرياً، اذ تراوحت القيم بين 761 ملغم/لتر كأدنى قيمة في محطتي St2 وSt5 خلال موسمي الصيف والخريف، و988 ملغم/لتر كأعلى قيمة في St1 صيفاً، كما سجل أعلى معدل إجمالي موسمي لنقل الحمولة الذائبة في فصل الربيع بمقدار (9.3716 مليون طن) يليه الصيف (8.4470 مليون طن) ثم الخريف (7.8743 مليون طن) في المقابل سجل الشتاء أدنى القيم بأجمالي قدره (7.0438 مليون طن) وتوضح هذه النتائج أن ارتفاع التركيز لا يقود إلى أعلى إجمالي موسمي، حيث يتحدد الحمل الكلي من خلال التفاعل بين تركيز الأملاح وحجم التصريف المائي في كل موسم، وبذلك فقد بلغ الاجمالي السنوي نحو 32.740 مليون طن من الحمولة الذائبة التي نقلها المجرى بكامله خلال السنة الهيدرولوجية.

الجدول (1)

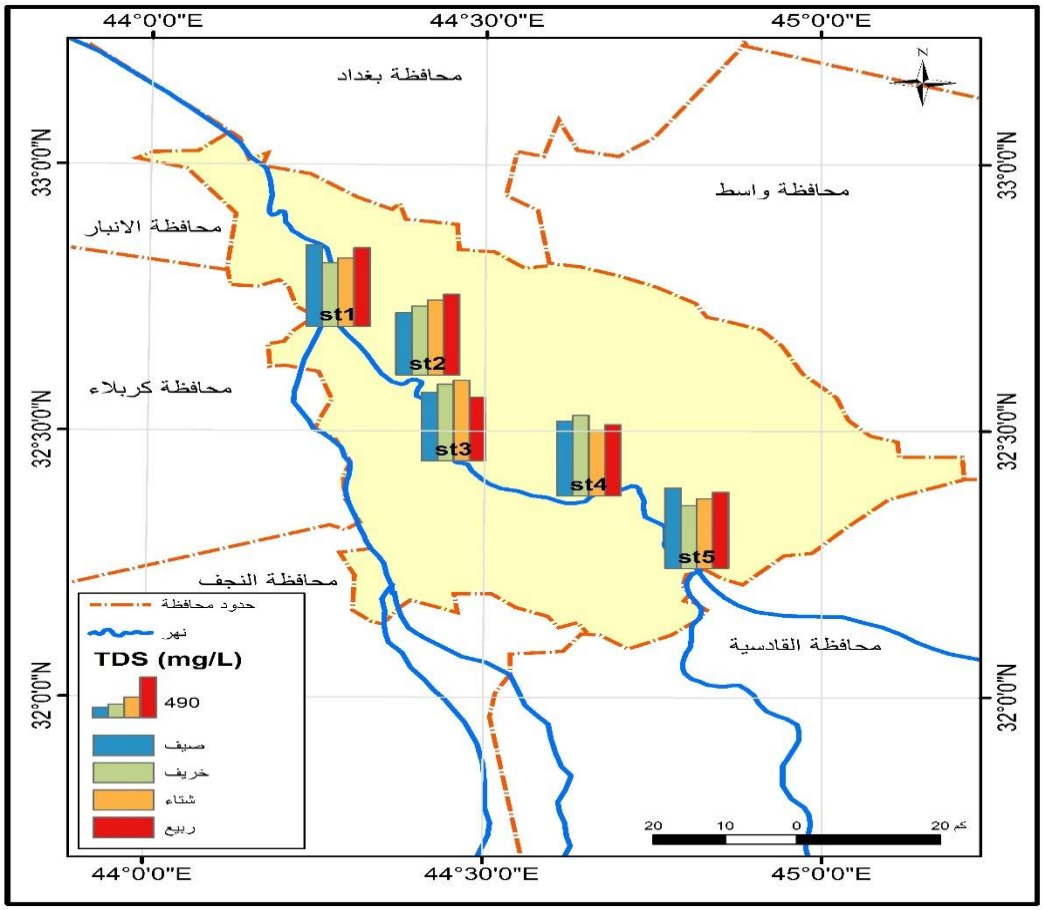
القيم الموسمية لتراكيز وكمية الحمولة الذائبة الكلية TDS في محطات الدراسة على مجرى شط الحلة

محطات القياس	الموسم N	التصريف Q (م³/ثا)	معدل تركيز الحمولة الذائبة CD (ملغم/لتر)	معدل نقل الحمولة الذائبة TD (كغم/ثا)	الإجمالي الموسمي (مليون/طن)
St1	الصيف 2024\7\28	124	988	122.512	9.7382339
St2		120	761	91.32	7.2588442

St3		118	829	97.822	7.7756751
St4		115	913	104.995	8.3458426
St5		117	976	114.192	9.0768937
المعدل		119	893	106.267	8.4469513
St1	الخريف 2024\10\15	120	773	92.76	7.2931622
St2		117	839	98.163	7.7179677
St3		115.4	928	107.0912	8.4199385
St4		116	981	113.796	8.9470967
St5		116.5	761	88.6565	6.9705287
المعدل		117	856	100.152	7.8743508
St1	الشتاء 2025\1\20	106	829	87.874	6.8330822
St2		104.5	913	95.4085	7.418965
St3		103	976	100.528	7.8170573
St4		102.5	796	81.59	6.3444384
St5		103.5	842	87.147	6.7765507
المعدل		104	871	90.584	7.0438118
St1	الربيع 2025 \4\5	135	955	128.925	10.24799
St2		133	981	130.473	10.371038
St3		130	770	100.1	7.9567488
St4		128	867	110.976	8.8212603
St5		129	925	119.325	9.4849056
المعدل		131	900	117.9	9.3716352

المصدر: التحاليل المختبرية في جامعة القاسم الخضراء، قسم التلوث البيئي، ومعادلة كمية الرواسب.

الخريطة (1) تراكيز الحمولة الذائبة (TDS) في محطات الدراسة على مجرى شط الحلة



المصدر: [1] بالاعتماد على جدول (1).

[2] باستخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية ARS GIS.10.8

2- تراكيز وكمية المواد العالقة Total Suspended Solids (Tss)

من ملاحظة الجدول (2) يتبين التفاوت الموسمي الواضح في قيم المادة الصلبة العالقة، حيث سجل موسم الصيف أعلى معدل للحمولة العالقة (295.96 ملغم/لتر) يليه موسم الربيع ثم الشتاء بتركيز مقداره (285.25 ملغم \ لتر، 189.83 ملغم/لتر) على التوالي وفي المقابل سجل أدنى معدل في موسم الخريف (168.51 ملغم/لتر) وتدعم الخريطة (2) هذه النتائج بصرياً، اذ تراوحت القيم بين 304.46 ملغم/لتر كأعلى قيمة في محطة St1 صيفاً و165.2 ملغم/لتر كأدنى قيمة في St3 خريفاً.

الجدول (2)

القيم الموسمية لتراكيز وكمية الحمولة العالقة (TSS) في محطات الدراسة على مجرى شط الحلة

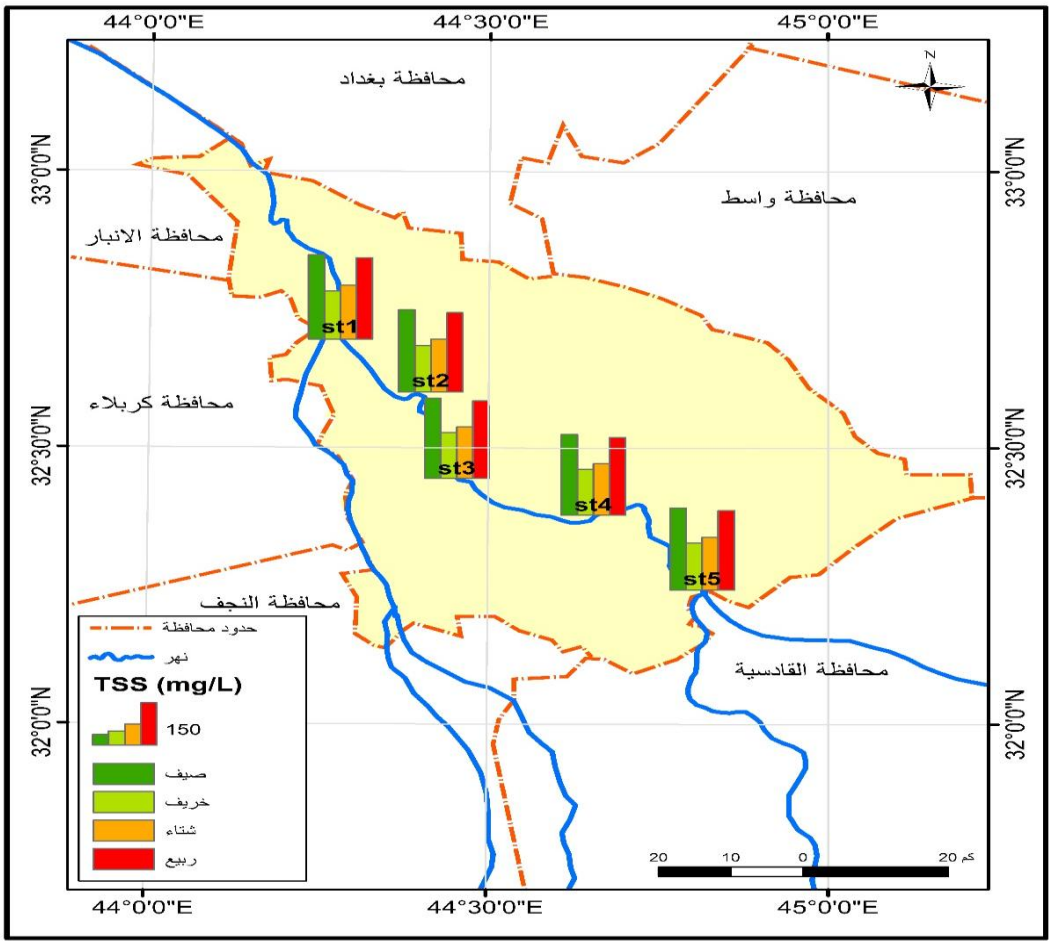
محطات القياس	الموسم N	التصريف Q (م³/ثا)	معدل تركيز الرواسب المعلقة CS(ملغم \لتر)	معدل نقل الرواسب المعلقة TS(كغم/ثا)	كمية الإجمالي الموسمي (مليون/ طن)
St1	الصيف	124	304.46	37.753	3.00091

St2	2024\7\28	120	296.72	35.606	2.83025
St3		118	290.23	34.247	2.722226
St4		115	291.13	33.48	2.661258
St5		117	297.28	34.782	2.764752
المعدل		119	295.96	35.174	2.79588
St1	الخريف 2024\10\15	120	173.58	20.83	1.637738
St2		117	168.4	19.697	1.548657
St3		115.4	165.2	19.064	1.498888
St4		116	165.83	19.236	1.512411
St5		116.5	169.57	19.755	1.553217
المعدل		117	168.51	19.716	1.550182
St1	الشتاء 2025\1\20	106	195.29	20.701	1.60971
St2		104.5	189.83	19.837	1.542525
St3		103	186.27	19.186	1.491903
St4		102.5	186.65	19.038	1.480395
St5		103.5	191.12	19.781	1.538171
المعدل		104	189.83	19.709	1.53254
St1	الربيع 2025 \4\5	135	293.54	39.628	3.14995
St2		133	285.57	37.981	3.019034
St3		130	279.58	36.345	2.888991
St4		128	280.55	35.91	2.854414
St5		129	287.02	37.026	2.943123
المعدل		131	285.25	37.378	2.971102

المصدر: التحاليل المختبرية في جامعة القاسم الخضراء، قسم التلوث البيئي، ومعادلة كمية الحمولة العالقة.

كما سجل الربيع أعلى كمية أجمالي موسمي بمعدل (2.9711 مليون طن) نتيجة زيادة التصريف بفعل ذوبان الثلوج والنشاط الزراعي، تلاه الصيف بمعدل (2.7958مليون/ طن)، أما الخريف فانخفض إلى (1.5502 مليون طن) في المقابل سجل الشتاء أدنى القيم بمعدل (1.5325 مليون/ طن) وبذلك بلغ الاجمالي السنوي نحو 8.850 مليون طن من الحمولة العالقة التي نقلها المجرى بكامله خلال السنة الهيدرولوجية.

الخريطة (2) تراكيز الحمولة العالقة (TSS) في محطات الدراسة على مجرى شط الحلة



المصدر: [1] بالاعتماد على جدول (2).

[2] باستخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية ARS GIS.10.8.

3- تراكيز وكمية المواد القاعية Concentrations Of Bedload (Cb)

أظهرت النتائج الميدانية في الجدول (3) لتراكيز الحمولة القاعية في مجرى شط الحلة تبايناً واضحاً بين المواسم الا ان التوزيع المكاني عبر المحطات أتسم بدرجة عالية من التجانس داخل كل موسم، حيث سجل الربيع أعلى متوسط بمقدار (960.8 غ) يليه الصيف (832.8 غ) ثم الشتاء (883.6 غ) في حين سجل الخريف أدنى القيم بمقدار (797.4 غ) وتدعم الخريطة (3) هذه النتائج بصرياً، حيث شهدت المحطات ذات التصريف الأعلى (St1 بحدود 124–135 م^3\اثا) إجمالي نقل قاعي يفوق مثيلاتها في المحطات ذات التصريف الأضعف، وهو ما يؤكد العلاقة الطردية العامة بين النقل والتصريف، وسجل الربيع أعلى قيمة اجمالي موسمي بمعدل بلغ (44.33973 مليون/طن) نتيجة زيادة التصريف بفعل ذوبان الثلوج والأمطار تلاه الصيف بمعدل (37.07718مليون/طن)لاستمرار حركة الرواسب أما الشتاء فانخفض (22.768136مليون/طن) بسبب تراجع الطاقة الهيدروليكية في حين سجل الخريف أدنى القيم

(20.71742 مليون طن) ومن خلال ذلك بلغت كمية الإجمالي السنوي من الحمولة القاعية التي نقلها المجرى 87.825 مليون طن خلال السنة الهيدرولوجية.

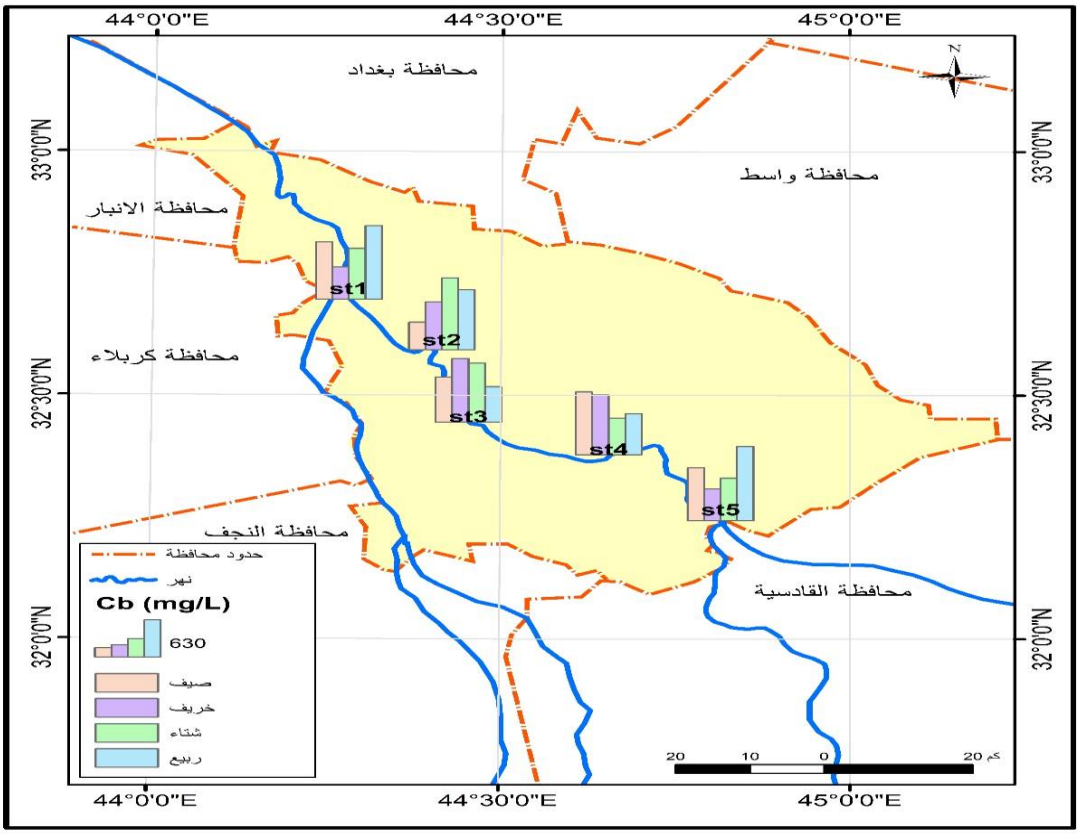
الجدول (3)

القيم الموسمية لكمية وتراكيز الرواسب القاعية Cb في محطات الدراسة على مجرى شط الحلة

محطات القياس	الموسم N	التصريف Q (م³/ثا)	كتلة الحمولة القاعية بعد التجفيف M(غ)	تركيز الحمولة القاعية Cb(ملغم/لتر)	معدل نقل الحمولة القاعية Tb(كغم/ثا)	كمية الاجمالي الموسمي (مليون/ طن)
St1	الصيف 2024\7\28	124	974	37.404	4638	36.866534
St2		120	466	35.595	4271	33.949325
St3		118	764	40.88	4824	38.345011
St4		115	1063	41.491	4771	37.923725
St5		117	897	41.188	4819	38.305267
المعدل		119	832.8	39.311	4664	37.077972
St1	الخريف 2024\10\15	120	545	18.492	2219	17.446666
St2		117	812	22.182	2595	20.402928
St3		115.4	1077	22.283	2571	20.214230
St4		116	1013	25.287	2933	23.060419
St5		116.5	540	24.525	2857	22.462877
المعدل		117	797.4	22.553	2635	20.717424
St1	الشتاء 2025\1\20	106	863	34.322	3638	28.289128
St2		104.5	1215	37.002	3867	30.069792
St3		103	1002	39.898	411	31.95936
St4		102.5	616	33.707	3438	26.733888
St5		103.5	722	31.746	3286	25.551936
المعدل		104	883.6	35.335	3668	22.768136
St1	الربيع 2025 \4\5	135	1246	37.496	5062	40.236826
St2		133	1012	38.561	5129	40.769395
St3		130	600	44.505	5786	45.991757
St4		128	690	46.354	5933	47.160230
St5		129	1256	46.364	5981	47.541773
المعدل		131	960.8	42.656	5578	44.339996

المصدر: التحاليل المختبرية في جامعة القاسم الخضراء، قسم التلوث البيئي، ومعادلة كمية الحمولة القاعية.

الخريطة (3) تراكيز الحمولة القاعية (CB) في محطات الدراسة على مجرى شط الحلة



المصدر:[1] بالاعتماد على جدول (3).

[2] استخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية ARS GIS.10.8.

ومن ملاحظة الجدول (4) الذي يدعم نتائج الجدول السابق (3) أن محطات St3، St4 وSt5 تميزت بغلبة النسجة الرملية حيث تجاوزت 84% من مكوناتها، ما يعني انخفاض تماسكها وهي خصائص ترفع من كفاءة نقل الرواسب القاعية، أما المحطتان St1 وSt2 أظهرتا نسبا أعلى من الطين (4.8،12%) والغرين (32.4، 39.2%) على التوالي لتمثلان بيئة أكثر تماسكا تحد من حركة الرواسب القاعية نسبياً.

الجدول (4)

نتائج تحليل النسجة الحبيبية لعينات التربة القاعية في محطات الدراسة

المحطات	طين (%)	غرين (%)	رمل (%)	النسجة	مثلث النسجة

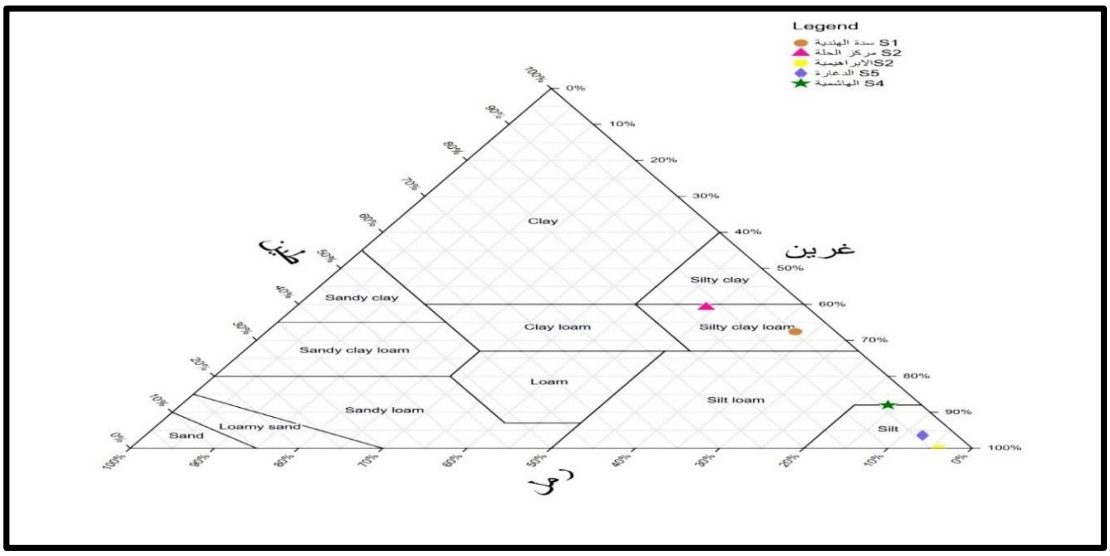
St1	4.8	32.4	62.8	Loamy	غرينية رملية
St2	12	39.2	48.8	Loamy	غرينية رملية
St3	4	0	96	Sandy	رملية
St4	4	12	84	Sandy	رملية
St5	4	3.6	92.4	Sandy	رملية
المعدل	5.76	17.44	76.8	Loamy	غرينية رملية

المصدر: التحاليل المختبرية في جامعة القاسم الخضراء، كلية الزراعة، قسم علوم التربة والموارد المائية، 2024\12\19 .

كما يدعم مثلث التصنيف النسجي هذه النتائج الشكل (1) اذ وقعت المحطات St3، St4 وSt5 ضمن المنطقة الرملية، بينما وقعت محطتي St1 وSt2 ضمن الغرينية رملية وهو ما يعزز العلاقة الوثيقة بين التركيب النسجي وفعالية الحمولة القاعية.

الشكل (1)

المثلث النسجي للعينات الرسوبية القاعية في محطات الدراسة لعام (2024–2025)



المصدر: [1] بالاعتماد على جدول (4).

[2]United States Department Of Agriculture, Soil Survey Manual, Usda Handbook No. 18, Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1993, Pp. 141–144.

[3] برنامج Ternaryplot.Com

ثم يأتي جدول الوصف المورفولوجي (5) ليظهر تطابقاً مع هذا الاتجاه، حيث تميزت المحطتين St1 و St2 بتربة ذات صلابة شديدة Very Hard وتماسك قوي (لزجة لاصقة) ولدانة عالية مع بنية

كتلية شبه زاوية قوية، ما يمنحها مقاومة عالية لقوى الجريان، وبالتالي تنخفض معدلات التفكك والجرف القاعي، اما المحطات St3 و St4 و St5 فقد أظهرت تربتها تماسك ضعيف إلى متوسط وصلابة قليلة Slightly Hard قابلة للتفتت أضافة الى لدونة منخفضة – معدومة مع بنية حبيبية معتدلة الى ضعيفة، و تشير هذه الصفات إلى بيئة قاعية مفككة يسهل على الجريان النهري تحريك جزيئاتها وهو ما يفسر ارتفاع تركيز الحمولة القاعية في المقاطع الدنيا من الشط خصوصاً في فترة ذروة الجريان (الربيع) ، كما أن لون التربة القاعية المصنف وفق نظام Munsell يميل إلى الرمادي الداكن أو الداكن جداً الناتج عن عمليات الاكسدة وهو دلالة أخرى على ضعف البنية وقابليتها للتفتت والنقل . وبذلك فأن الخصائص المورفولوجية تمثل مؤشراً حاسماً في تفسير سلوك الحمولة القاعية، حيث تتفاعل صفات الصلابة والبنية واللدانة مع خصائص النسجة والجريان لتشكل ديناميكية النقل القاعي في مجرى شط الحلة.

الجدول (5) الخصائص المورفولوجية لعينات الرواسب القاعية لمحطات الدراسة

المحطة	لون التربة جافة	لون التربة رطبة	التركيب البنيوي للتربة	المسامية	القوامية
St1	Light Brown (10yr6/2) D بني فاتح	Brown (10yr5/3) M بني	Strong, Fine Subangular Blocky كتلي غير حاد الزوايا قوي ودقيق	Many Fine كثيرة ودقيقة	Very Hard, Firm, Sticky And Plastic صلبة جداً، متماسكة، لزجة ولدنة
St2	Very Pale Brown (10yr/3) D بني شاحب جداً	Brown (10yr5/3) M بني	Strong, Fine Subangular Blocky كتلي غير حاد الزوايا قوي ودقيق	Many Fine كثيرة ودقيقة	Very Hard, Firm, Sticky And Plastic صلبة جداً، متماسكة، لزجة ولدنة
St3	Gray (10yr5/1) D رمادي	Very Dark Gray (10yr3/1) M رمادي داكن جداً	Weak Medium Subangular Blocky كتلي غير حاد الزوايا ضعيف ومتوسط الحجم	Many Fine كثيرة ودقيقة	Slightly Hard, Friable, Slightly Sticky/ Non-Plastic قليلة الصلابة، هشة، قليلة اللزوجة وغير لدنة

St4	Light Gray (10yr6/1) D رمادي فاتح	Dark Gray (10yr 4/1) M رمادي غامق	Moderate Medium Subangular Blocky كتلي غير حاد الزوايا ومعتدل ومتوسط الحجم	Many Fine كثيرة ودقيقة	Slightly Hard, Friable, Slightly Sticky/Plastic قليلة الصلابة، هشة، قليلة للزوجة واللدنة
St5	Gray (10yr5/1) D رمادي	Dark Gray (10yr 4/1) M رمادي غامق	Moderate Medium Subangular Blocky كتلي غير حاد الزوايا ومعتدل ومتوسط الحجم	Many Fine كثيرة ودقيقة	Slightly Hard, Friable, Slightly Sticky/Plastic قليلة الصلابة، هشة، قليلة للزوجة واللدنة

المصدر: التحاليل المختبرية في جامعة القاسم الخضراء، كلية الزراعة، قسم علوم التربة والموارد المائية، 2024\12\19.

ثانياً: الخصائص النوعية :

من ملاحظة الجدول (6) أظهرت نتائج التحليل النوعي للعينات المأخوذة من محطات شط الحلة الخمس (St1–St5) خلال المواسم الأربعة (الصيف، الخريف، الشتاء، الربيع) تبايناً واضحاً في الخصائص الفيزيائية والكيميائية، مما يعكس التفاعل الديناميكي بين العوامل الهيدرولوجية والمناخية والنشاط البشري، وهو ما يؤثر بصورة مباشرة في حجم وتركيب الحمولة النهرية، حيث بلغت قيم الأس الهيدروجيني (pH) بين (6.43–23.8) بمتوسط (7.34)، وهي ضمن المجال القاعدي المعتدل. ويلاحظ ارتفاع القيم في الربيع والشتاء (7.91–8.12) يعود إلى زيادة النشاط الحيوي وتكون الكربونات نتيجة التمثيل الضوئي للنباتات المائية، في حين ينخفض في الصيف (6.43–7.54) بسبب ارتفاع درجات الحرارة وزيادة تحلل المواد العضوية، ويؤدي ارتفاع الأس الهيدروجيني إلى ترسيب الكربونات

الجدول (6) الخصائص النوعية للحمولة النهرية في مياه شط الحلة

الخاصية	المحطة	الصيف	الخريف	الشتاء	الربيع
pH	St1	6.43	6.76	7.43	8.12
	St2	7.29	6.68	7.29	8.01
	St3	7.54	6.86	7.46	8.23
	St4	7.32	6.66	7.38	7.99
	St5	7.45	6.59	7.51	7.91
	المعدل الموسمي	7.21	6.71	7.41	8.05

0.093	0.069	0.078	0.088	St1	Salinity (%)
0.095	0.068	0.079	0.078	St2	
0.091	0.064	0.076	0.098	St3	
0.094	0.071	0.079	0.081	St4	
0.091	0.071	0.076	0.087	St5	
0.093	0.069	0.078	0.086	المعدل الموسمي	
303	275	253	295	St1	Ca. Hardness
279	207	233	289	St2	
240	218	200	288	St3	
246	257	203	281	St4	
228	227	190	279	St5	
259	237	216	286	المعدل الموسمي	
49.72	44.58	40.91	44.57	St1	Mg. Hardness
46.12	36.08	38.44	39.12	St2	
41.19	37.42	34.33	39.45	St3	
43.68	41.90	34.74	40.79	St4	
39.71	37.86	33.10	39.89	St5	
44.08	39.57	36.30	40.76	المعدل الموسمي	
1468	1162	1224	1562	St1	E.C (µS/cm)
1437	1107	1198	1451	St2	
1429	1131	1191	1329	St3	
1497	1138	1248	1302	St4	
1398	1186	1165	1298	St5	
1446	1145	1205	1388	المعدل الموسمي	
560	442	466	521	St1	Total Hardness
511	323	426	502	St2	
433	342	360	511	St3	
440	404	366	519	St4	
408	347	340	509	St5	
470	372	392	512	المعدل الموسمي	
171.42	154.35	142.88	154.34	St1	Alkalinity
162.78	147.74	135.58	147.74	St2	
174.54	157.00	145.31	151.79	St3	
188.94	146.47	157.47	149.97	St4	
164.16	170.68	136.80	150.23	St5	
172.37	155.25	143.61	150.81	المعدل الموسمي	
1296	725	780	539	St1	Phosphate
1175	530	600	530	St2	
972	558	600	551	St3	
993	558	630	548	St4	
912	589	570	545	St5	
1070	592	636	543	المعدل الموسمي	
2.64	5.64	4.33	4.96	St1	Nitrate
2.34	4.17	3.33	5.67	St2	
2.04	4.91	3.33	5.79	St3	
2.11	4.39	3.53	5.89	St4	
1.89	4.50	3.17	5.53	St5	

	المعدل الموسمي	5.57	3.54	4.72	2.20
Nitrite	St1	21.48	16.91	20.29	20.29
	St2	16.82	14.21	14.82	17.05
	St3	19.45	13.25	15.91	15.92
	St4	18.33	13.66	17.53	16.32
	St5	19.39	12.35	16.38	14.82
	المعدل الموسمي	19.09	14.08	16.99	16.88
Sulphate	St1	1.98	2.17	2.84	5.19
	St2	1.81	1.97	1.74	3.99
	St3	1.89	1.67	1.84	3.96
	St4	1.51	1.77	2.64	4.72
	St5	1.75	1.58	1.95	3.84
	المعدل الموسمي	1.79	1.83	2.20	4.34
Chloride	St1	823	1080	896	936
	St2	798	979	722	720
	St3	789	810	770	720
	St4	789	827	930	756
	St5	791	760	786	684
	المعدل الموسمي	798	891	821	763

المصدر: التحاليل المختبرية في جامعة القاسم الخضراء، قسم التلوث البيئي.

والكالسيت ضمن الحمولة العالقة، بينما يسبب انخفاضه زيادة ذوبان المعادن الدقيقة مما يعزز الحمولة الذائبة.أما الملوحة (Salinity) فتراوحت بين (0.064–0.098%) بمتوسط (0.081%)، وسجلت أعلى القيم في الصيف نتيجة التبخر العالي وضعف التصريف المائي، مما يرفع تركيز الأملاح الذائبة، تساهم هذه الزيادة في رفع كثافة المياه وتقليل طاقة الجريان، الأمر الذي يؤدي إلى ترسيب الحمولة الدقيقة وتثبيت الرواسب في قاع القناة، بينما في الشتاء ومع زيادة التصريف، تنخفض الملوحة، فتزداد قدرة النهر على نقل الرواسب المعلقة.

قيم عسر الكالسيوم (Ca Hardness) تراوحت بين (190–303 ملغم/لتر) بمتوسط (249.6 ملغم/لتر)، في حين بلغت قيم عسر المغنيسيوم (Mg Hardness) بين (33.10–49.72 ملغم/لتر) بمتوسط (40.18 ملغم/لتر)، هذه القيم المرتفعة تعكس نتاج ذوبان الصخور الجيرية والكلسية المنتشرة في حوض الفرات، خصوصاً في المناطق الواقعة شمال الحلة. ويؤدي هذا الارتفاع إلى زيادة تكوين الرسوبيات الكربونية، ما يرفع نسبة الحمولة القاعية مقارنة بالحمولة المعلقة.

أما التوصيلية الكهربائية (E.C) فتراوحت بين (1107–1562 µS/cm) بمتوسط (1296 µS/cm)، وهي مؤشّر مباشر على تركيز الأملاح الذائبة الكلية، يزداد هذا المؤشر في الصيف بسبب ارتفاع درجة الحرارة والتبخر، مما يزيد من تراكم الأيونات الذائبة مثل الكالسيوم والصوديوم والكلوريد، كمايؤدي إلى زيادة الحمولة الذائبة وتقليل كفاءة النقل الميكانيكي للحمولة الصلبة.

كما بلغت قيم العسرة الكلية (Total Hardness) بين (323–560 ملغم/لتر) بمتوسط (436.5 ملغم/لتر)، وهي ضمن فئة المياه العسرة، مما يعكس ارتفاع معدلات الذوبان المعدني في الحوض النهري الذي يزيد من ترسيب الكربونات في المناطق ذات التيار البطيء، مما يرفع معدل الإرساب داخل المجرى ويقلل من كفاءة الجريان.

بلغت القاعدية (Alkalinity) بين (135.58–188.94 ملغم/لتر) بمتوسط (155.5 ملغم/لتر)، التي تعزى إلى وفرة أيونات البيكربونات والكربونات الناتجة عن تفاعل المياه مع الصخور الجيرية، اذ ان ارتفاعها يؤدي إلى استقرار كيميائي للمياه وتشكيل ترسيبات كلسية دقيقة تزيد من الحمولة العالقة في فترات الهدوء الهيدروليكي.

أما الفوسفات (Phosphate) فقد تراوح بين (530–1296 µغ/لتر) بمتوسط (710 µغ/لتر)، وهي قيم مرتفعة نسبياً وتشير إلى تأثر المياه بالمخلفات الزراعية والمبازل والصرف المنزلي حيث تؤدي زيادتها إلى تنشيط النمو الطحلبي (Eutrophication)، مما يزيد من الحمولة العضوية الدقيقة التي ترفع عكارة المياه وتقلل من عمق الاختراق الضوئي مسسبباً اضرار عدة على الموائل المائية ابرزها طمر المواطن الحياتية للاسماك فيقل التنوع الاحيائي داخل النظام النهري.

وسجلت النترات (Nitrate) بين (1.89–89.5 ملغم/لتر) بمتوسط (4.00 ملغم/لتر)، والنتريت (Nitrite) بين (12.35–21.48 µغ/لتر) بمتوسط (16.76 µغ/لتر)، وكلاهما ناتج عن تحلل المواد العضوية والسماد الزراعي ارتفاعهما يؤدي إلى زيادة المواد العضوية الدقيقة في الحمولة العالقة، ويعزز عمليات الأكسدة داخل عمود الماء.

أما الكبريتات (Sulphate) فقد تراوحت بين (1.51–5.19 ملغم/لتر) بمتوسط (2.54 ملغم/لتر)، والكلوريد (Chloride) بين (684–1080 ملغم/لتر) بمتوسط (818 ملغم/لتر). وتشير هذه القيم إلى التأثير المباشر للتبخر والتصريف الزراعي في زيادة الأيونات الذائبة، يزيد تراكمهما من لزوجة المياه وكثافتها، مما يقلل من طاقة الجريان ويعزز الإرساب الكيميائي للحمولة الدقيقة العالقة.

وبشكل عام تظهر البيانات أن الخصائص الكيميائية ترتفع في الصيف والخريف، بينما تنخفض في الشتاء والربيع. ويعكس هذا التباين الموسمي علاقة عكسية بين التصريف المائي وتركيز الخصائص الكيميائية، حيث يؤدي انخفاض التصريف وارتفاع التبخر إلى زيادة الملوحة والعسر والتوصيلة، وبالتالي زيادة الحمولة الذائبة والإرسابات الكيميائية، أما في فصل الوفرة المائية (الربيع) يهيمن النقل المعلق أذ أن زيادة الجريان تعمل على نقل الحمولة المعلقة والصلبة بشكل أكبر وتقليل تراكم الرواسب القاعية، مما يُظهر أن الحمولة النهرية في شط الحلة تخضع لديناميكية موسمية توازن بين الاذابة والترسيب تبعا للخصائص الكيميائية والهيدرولوجية للنظام النهري.

المبحث الثاني

الاثار الجيومورفولوجية الناتجة عن الحمولة النهرية :

أظهرت نتائج التحليل الطوبوغرافي والمورفومتري للمرئيات الفضائية بين سنتي الأساس 1985 و 2024 وجود تغيّر جيومورفولوجي واضح في مسار شط الحلة، يعكس تفاعل النظام النهري مع تغيرات الحمولة النهرية والانحدار والطاقة الهيدروديناميكية، وقد تم توثيق هذه التحولات في عدة أشكال جيومورفولوجية رئيسة أبرزها : المنعطفات والالتواءات*، وهي تمثل نواتج مباشرة للتفاوت الزمني في الحت والترسيب.

1. المنعطفات والالتواءات النهرية Meanders & River Bends

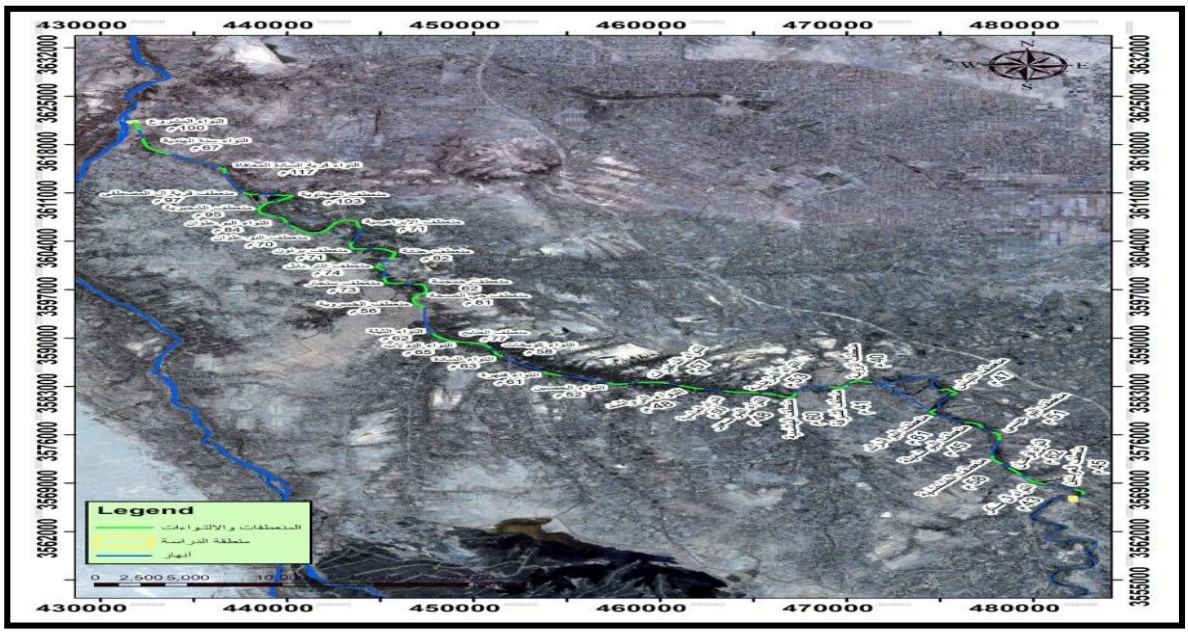
أن التحليل الطولي لعرض المجرى عبر المنعطفات والالتواءات يعتبر مؤشر دقيق جدا على نشاط العمليات النهرية، ويساعد في تفسير مواضع التوسع والانكماش في مجرى شط الحلة المرتبطة بالتغيرات المستمرة في كميات الحمولة النهرية وهو الأساس لفهم التطور المستقبلي وتحديد مناطق الخطر الجيومورفولوجي.

ولتقييم التغيرات المورفومترية على مدى العقود الأخيرة تُعرض الخريطة (4) و(5) أبعاد المنعطفات والالتواءات النهرية في شط الحلة لعام 1985 والذي يمثل خط الأساس للتحليل المقارن عبر العقود الأربعة وعام 2024، كما ويوضح الجدول (7) تفاصيل الأبعاد للالتواءات والانعطافات في شط الحلة، حيث أظهرت المقارنة بين صور عام 1985 وصور عام 2024 أن عدد المنعطفات والالتواءات بقي ثابتاً من حيث العدد، إلا أن أبعادها تطورت بشكل واضح، هذا النمط من التطور يُعد اختباراً دقيقاً

لمعادلة الانعطاف التي سجلت للمجرى بقيمة 1.8 وهو ما يعني انتقال شط الحلة إلى مرحلة التواء عالي التطور.

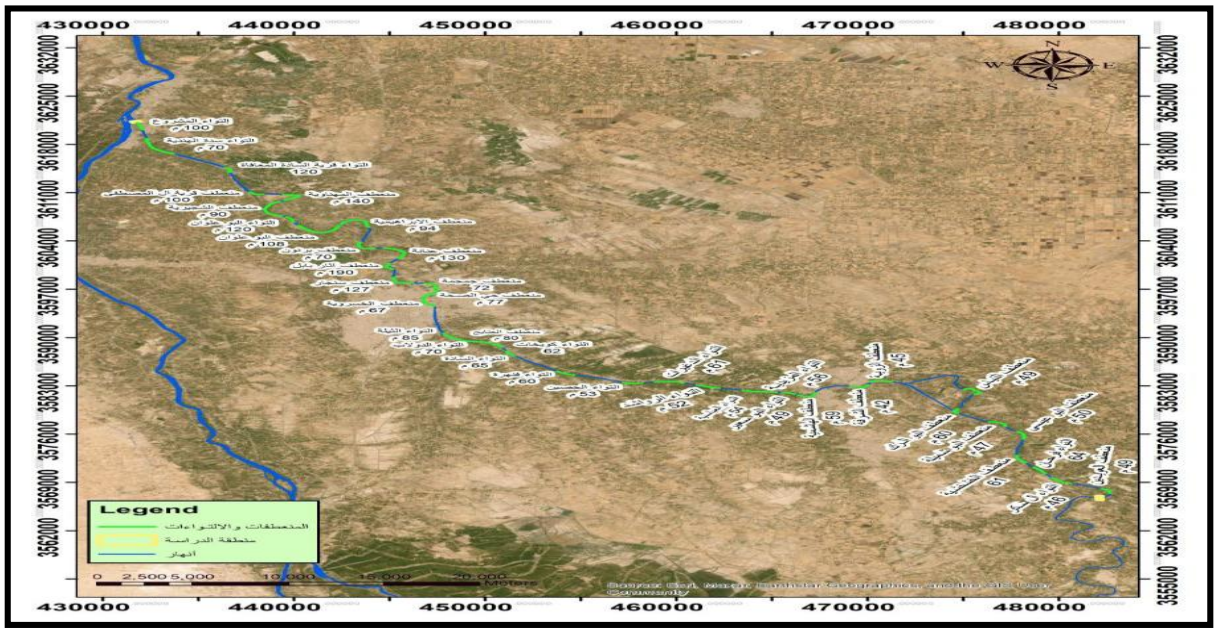
(*) للاستزادة مراجعة المصدر

الخريطة (4) أبعاد المنعطفات والالتواءات النهرية في مجرى شط الحلة عام (1985)



المصدر: بالاعتماد على الصورة الفضائية لسنة 1985 المأخوذة من القمر الصناعي الأمريكي LANDSAT-5 بدقة 30م.

الخريطة (5) أبعاد المنعطفات والالتواءات النهرية في مجرى شط الحلة لعام (2024)



المصدر: بالاعتماد على الصورة الفضائية لسنة 2024 المأخوذة من القمر الصناعي الأوربي SENTINEL-2 وبدقة 10 متر.

الجدول (7) تحليل التغيرات المورفومترية لمجرى شط الحلة بين عامي (1985 و2024)

ت	مسمى الشكل	X	Y	الطول(م)	عرض المجرى (م) 1985	عرض المجرى (م) 2024	نسبة التغير
1	إلتواء المشروع	431972	3620669	1049	100	100	0.0000
2	إلتواء سدة الهندية	432632	3617496	2781	67	70	0.0429
3	إلتواء قرية السادة المعافاة	436673	3614378	836	117	120	0.0250
4	منعطف قرية آل مصطفى	437964	3610815	839	97	100	0.0300
5	منعطف المهناوية	440249	3610500	1853	103	140	0.2643
6	منعطف الشجيرية	438468	3608603	2828	95	90	0.0556
7	إلتواء البو علوان	439861	3607164	857	84	120	0.3000
8	منعطف البو علوان	441342	3605237	3144	70	108	0.3519
9	منعطف الابراهيمية	443422	3607040	2457	71	94	0.2447
10	منعطف برنون	443494	3603089	1582	71	70	0.0143
11	منعطف عنانة	445663	3602482	2223	82	130	0.3692
12	منعطف آثار بابل	444820	3600291	1040	74	190	0.6105

13	منعطف سنجار	445407	3597999	1593	73	127	0.4252
14	منعطف الجمجمة	447315	3597652	1109	62	72	0.1389
15	منعطف حي الصحة	447392	3596574	729	81	77	0.0519
16	منعطف الخسروية	446786	3595340	1984	56	67	0.1642
17	التواء الثيلة	448245	3590031	1434	62	85	0.2706
18	منعطف العتايج	449234	3589464	597	77	80	0.0375
19	التواء الدولاب	449962	3589337	661	65	70	0.0714
20	التواء كويخات	450687	3588888	638	58	62	0.0645
21	التواء السادة	451263	3587671	750	63	65	0.0308
22	التواء فنهرة	454177	3584791	1028	61	60	0.0167
23	التواء الحصين	457693	3583316	1021	52	53	0.0189
24	التواء الدغيرات	459636	3583612	1489	57	61	0.0656
25	التواء الرواشد	461643	3582866	1213	48	52	0.0769
26	التواء العباسية	463861	3582219	787	50	54	0.0741
27	التواء المزيدية	464808	3582128	797	53	56	0.0536
28	التواء البو سعير	465877	3581975	683	48	49	0.0204
29	منعطف الهاشمية	466967	3581480	1247	60	59	0.0169
30	منعطف الشرفة	469650	3582821	1068	41	42	0.0238
31	منعطف الزوية	470693	3583824	1202	40	45	0.1111
32	منعطف التياس	475605	3582325	1508	47	49	0.0408
33	منعطف البو ركك	474519	3579334	759	61	60	0.0167
34	منعطف البو شميلة	476938	3577610	1140	45	47	0.0426
35	منعطف البو عيسى	478186	3575876	1163	51	50	0.0200
36	منعطف الخشخشية	477915	3572343	1159	58	61	0.0492
37	التواء قوجان	479023	3570769	1084	62	64	0.0313
38	التواء ال شكر	480053	3569156	1271	43	46	0.0652
39	منعطف العويديين	482610	3567841	845	45	49	0.0816

المصدر: بالاعتماد على بيانات المرئيات الفضائية لعامي (1985،2024).

ان التباين في نسب التغير يعكس الفروق المكانية في ديناميكية العمليات الجيومورفولوجية وتفاوت استجابة كل موقع للعوامل الطبيعية والبشرية، فقد سجل التواء المشروع ارتفاعا في العرض من 70متراً عام 1985 إلى 130م عام 2024 بنسبة زيادة 86% بينما بقي عرض منعطف الزوية شبه مستقر عند 40 متر خلال الفترة ذاتها، وكما اتضح أن متوسط عرض النهر عند الالتواءات ارتفع من 87 مترا عام 1985 إلى 99 مترا عام 2024، بينما بلغ متوسط عرض النهر عند الانعطافات 69 متر في 1985

مقابل 87 مترا في 2024. تشير هذه النتائج إلى وجود اتجاه إحصائي واضح نحو توسع المجاري النهرية خلال العقود الأخيرة، وتجدر الإشارة الى أن الالتواءات الأكثر تفرعاً وأعقد في التكوين الهندسي أبدت استجابة أكبر لموجات الجريان العالية المتذبذبة، خاصة مع انخفاض مقاومة الضفاف وتراجع الغطاء النباتي في حين أن المواقع التي شهدت استقرار أو انخفاض طفيف في العرض في الغالب ارتبطت بتدخلات بشرية فعالة كمشاريع تثبيت أو تقنين الضفاف التي نفذت في بعض القطاعات لعدة كيلومترات، او بخصائص تربة متماسكة في أماكن أخرى.

اما بالنسبة لطول الجزء المتعرج المحسوب للمجرى بين عامي المقارنة فقد سجل زيادة بمقدار 21.213 متر، اذ بلغ الطول التراكمي للالتواءات والمنعطفات في عام 1985 (101.285.76) ازداد ليبلغ عام 2024 (97. 498. 101) وبذلك يكون الفرق المتبقي 2.5 كيلومتر للمقاطع المستقيمة غير المتضمنة في التحليل الهندسي ليبلغ الطول الكلي للمجرى 104 كم ، اما عرضه فقد أرتفع بمتوسط عام من(65 مترا الى 77 مترا) في عام 2024 نتيجة لتقدم المنعطفات، كما أظهرت حسابات التغيرات القصوى والدنيا في العرض أن التواء قرية السادة المعافاة كان أعرض مقطع في عام 1985 بلغ (117متر) بينما سجل منعطف آثار بابل أقصى عرض في 2024عام بلغ (190 متر) هذا التوسع الشديد بفعل النحت الجانبي و تغير المسارات الهيدرولوجية بحسب الانحدار الذي يكون أعلى نسبيا هنا من بقية المناطق والذي يعمل على تقوية شدة الجريان، أما أدنى القيم سجلت في المقاطع الجنوبية فظلت مستقرة نسبياً وهي دلالة على ان هناك حدود طبيعية لمدى التوسع في بعض القطاعات الرسوبية شديدة التماسك.

النتائج:

1. الحمولة النهرية المعلقة (TSS) ترتبط بقوة مع التصريف المائي ($r > 0.9$)، حيث تزداد مع ارتفاع الجريان، بينما تنخفض الحمولة القاعية في مواسم الذروة، وهو ما يشير إلى انتقال المواد من الحمل القاعي إلى المعلق وهيمنته على حمولة المجرى.

2. أظهرت التحليلات الفيزيائية والكيميائية للمياه ان بعض المؤشرات وخصوصاً (pH، درجة الحرارة، EC، العسرة، النترات) تؤدي دوراً مباشرا في التحكم بتركيب الحمولة الذائبة، وتبلد وتكتل الحمولة العالقة وترسيبها الى القاع لتشكل طبقات صفائح درعية تقاوم الجرف والجريان، ما يعكس التداخل بين العمليات الطبيعية والتأثيرات البشرية.

3. طول المجرى تغير بشكل طفيف بين 1985 و2024، لكن درجة التعريج ارتفعت في بعض المقاطع، كما ازداد العرض الوسطي للالتواءات من 92 م عام 1985 إلى103 م عام 2024، أي بزيادة نسبية بلغت 11.4%، مما يعكس اتساع المجرى نتيجة النحت الجانبي والتوسع الرسوبي المتعاقب.

المصادر

1. الأسدي، صفاء عبد الأمير رشم، الحمولة النهرية في شط العرب وآثارها البيئية، رسالة ماجستير، كلية التربية، جامعة البصرة، 2012.

2. الدايم، فريد عبد، الأنهار: دراسة جيومورفولوجية تطبيقية، دار الفكر، القاهرة، 2012.

3. الدليمي، خلف حسين، التضاريس الأرضية دراسة جيومورفولوجية عملية تطبيقية، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان، 2011.

4. Binh, D. V., Kantoush, S. A., & Sumi, T. (2020). Impact Of Hydropower Development on Sediment Dynamics in The Mekong River Basin. Sustainability, 12(7), 2932. Https://Doi.Org/10.3390/Su12072932.
5. Brierley, Gary J., and Kirstie A. Fryirs. Geomorphology and River Management. Blackwell Publishing, 2005.
6. Charlton, Ro. Fundamentals of Fluvial Geomorphology. Routledge, 2008.
7. Huggett, Richard J. Fundamentals of Geomorphology. Routledge, 2017.
8. Julien, Pierre Y. River Mechanics. Cambridge University Press, 2018.
9. Knighton, David. Fluvial Forms and Processes: A New Perspective. Arnold Publishers, London, 1998.
10. Kondolf, G. Mathias, and Hervé Piégay. Tools in Fluvial Geomorphology. Wiley Blackwell, 2016.
11. United States Department of Agriculture, Soil Survey Manual, Usda Handbook No. 18, Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1993, Pp. 141–144.

12. Wang, Zhao-Yin, Joseph H.W. Lee, and Charles S. Melching. River Dynamics and Integrated River Management. Springer, 2016.