



دليل المياه (NDWI) لدراسة تغير المساحة السطحية لبحيرة حديثة

للمدة (١٩٨٧ – ٢٠١٨) باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد

أ.د. احمد سلمان حمادي ١ د. مشتاق احمد غربي ٢

جامعة الانبار – كلية التربية للعلوم الانسانية ١

جامعة الانبار – مركز دراسات الصحراء ٢

المستخلص

تعد المصادر المائية من اهم عوامل الثروة الوطنية الحيوية. فللمياه دوراً اساس في نمو وتطور أشكال الحياة على الكرة الارضية باستخدامها في مختلف الانشطة الزراعية والصناعية وتوليد الكهرباء والسياحة، ومراقبة مصادر المياه بالطرق التقليدية عملية صعبة وتحتاج إلى وقت وكلفة. نفذت الدراسة على بحيرة حديثة الواقعة على نهر الفرات على بعد ٧ كم شمال مدينة حديثة من مقدمة السد وتمتد الى الشمال الغربي باتجاه قضاء راوة. بهدف معرفة دراسة تغير المساحة السطحية للبحيرة من عام ١٩٨٧ حتى ٢٠١٨ اعتماداً على تقانة الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، باعتماد انموذج دليل اختلاف الماء الطبيعي (NDWI) Normalized Difference Water Index كمؤشر للجفاف وبعض المؤشرات الهيدرولوجية ومدى تأثيرها في التغير في المساحات السطحية للمدة الزمنية التي أعقبت إنشاء البحيرة عام ١٩٨٥ وتغاير المساحة السطحية لبحيرة حديثة المتمثلة مساحتها حوالي (٥٠٣) كم^٢، إذ تم تمثيل التغير في المساحة برسم بياني ممثلاً للخسارة الكبيرة في المسطح المائي والمساحة التي تعرضت لها البحيرة. أظهرت النتائج أن تغير المساحة السطحية للبحيرة كانت كبيرة في هذه المدة، إذ انخفضت المساحة السطحية من (٣٤١) و (٤٣٢) كم^٢ مربعاً عام ١٩٨٧ و ١٩٩٠ بالتتابع وانخفضت المساحة إلى (١٤٨) كم^٢ عام ٢٠١٨ وتشير نتائج التحليل الإحصائي للانحدار كل زيادة بمنسوب المياه بمقدار (١ م) فان مساحة البحيرة تزداد بمقدار (١٨.٠٧) كم^٢ وهناك ارتباط معنوي بين مساحة البحيرة والمنسوب بقيمة ارتباط 0.973^{**} .



**Water index NDWI to study the Variance of surface area of
Haditha Lake from 1987 to 2018 duration Using RS Data
Prof.Dr. Ahmed S. Hamadi¹ Dr. Mushtak A. Gharbi²**

¹ University of Al-Anbar, College of Art.

² University of Al-Anbar, Center of Desert Studies

²dr.mushtak.a.gharbi@uoanbar.edu.iq

Abstract

Water resources considered as one of most important vital national resources factors. Thus, water possesses necessary role to grow and develop the life and city by exploiting for different agricultural, industrial, electrical and tourist activities. Monitoring the water resources by traditional methods is difficult and needs cost and time. Haditha lake is located on Euphrates 7 KM north in front of dam extended to western north up to Rawah. Water storing in lake began 1985-1986 with area of 503KM². The study objected to investigate the changes of the surface area of the lake form 1987 up to 2018 depending on RS and GIS using Normalized Difference Water Index (NDWI) index for drought and using hydrological indices and its effect on surface area variation after lake establishment during 1985. Thus, the variation was represented in area using histogram which revealed that lake subjected to big losses in area at water. Results showed that the surface area possesses high variation. Thus, the surface areas was reduced from 341 and 432 KM² in 1987 and 1990, respectively to 148 KM² in 2018. Regression analysis indicated that each increase of water level about 1m caused increase of lake area of 18.07 KM². Significant positive correlation between lake area and lvel was observed of 0.973^{**}.

أولاً: المقدمة

تعود فكرة انشاء سد وخزان بحيرة حديثة على نهر الفرات في محافظة الانبار لتأثر نهر الفرات بالطاقات التخزينية لدول اعالي الحوض، اذ تقوم تركيا وسوريا بتخزين المياه فقد انجزوا مجموعة من السدود والخزانات التي تؤثر على كميات المياه الواردة في نهر الفرات الى العراق وفي حال قلة الواردات المائية يصبح هناك عجز مائي. تكمن اهمية انشاء سد حديثة والبحيرة



في عمل موازنة مائية والمحافظة على المحاصيل الشتوية من خطر الفيضان وتوفير المياه للمحاصيل الصيفية عن طريق خزن المياه والتحكم في كمية المياه حسب الحاجة عن طريق السد، إضافة الى توليد الطاقة الكهرومائية الملازمة للتطور الصناعي والتجاري والحضاري بالنسبة للإنسان.

ان رصد انحسار المسطحات المائية باستخدام الوسائل التقليدية مكلفاً يستغرق مدة زمنية كبيرة، لذا تعد التقانات الحديثة احد الوسائل التي توفر وتحلل المعلومات ونقل البيانات المهمة لدعم متخذي القرار في القرارات التي يتطلب تنفيذها دقة وسرعة ومصداقية البيانات والمعلومات الخاصة بأي دراسة أو مشروع، واستخدمت هذه التقنيات في البحث لدراسة وتقدير انخفاض نسبة المساحة السطحية لبحيرة حديثة للمدة من ١٩٨٧ حتى ٢٠١٨، لأهمية تلك التقانات في دراسة الموارد المائية وسهول متابعة التغيرات فضلاً عن تطوير قاعدة البيانات الخاصة بالموارد المائية.

اشارة دراسة (حسن، ٢٠١٤) ان بيانات الاستشعار عن بعد تعد مصادر اساسية استخدمت على نطاق واسع لكشف التغير في العقود الاخير بعد التصنيف واعتمادا على طريقة المقارنة لتمييز ثلاث اصناف للغطاء الارضي وهي نباتات ومياه وارض مبنية، واعتمادا على دليل (NDWI) شهدت منطقة الدراسة تغيرات واضحة ضمن فترة الدراسة (٢٠٠٦-٢٠٠١) وظهر زيادة واضحة في عرض نهر الكوفة بسبب التغيرات الكبيرة في كميات تساقط الامطار.

اما دراسة (صايل واخرون، ٢٠١٢) استنتجت وجود خطر حقيقي يهدد بيئة المسطحات المائية من خلال رصدها بوسائل الاستشعار عن بعد ، اذ انحسرت المياه في خزان بحيرة حديثة الى ثلث المساحة المغمورة خلال المدة (٢٠٠٥-٢٠٠٠) وانحسرت مساحة البحيرة من ٣٨٥ كم^٢ الى ٢٧٥ كم^٢ على التوالي.

واظهر نتائج دراسة (Abdulwahhab واخرون، ٢٠١٢) انخفاض المساحة السطحية لبحيرة الرزازة من ١٦٢١ كم^٢ في عام ١٩٩٠ إلى ٢٧٠ كم^٢ في عام ٢٠١٢ من خلال تحليل صور الأقمار الصناعية.

تتضمن مشكلة البحث بالتساؤل الآتي: هل يمكن اعتماد بيانات الاستشعار عن بعد مصدراً رئيسياً للبيانات في رصد انحسار بحيرة حديثة ؟

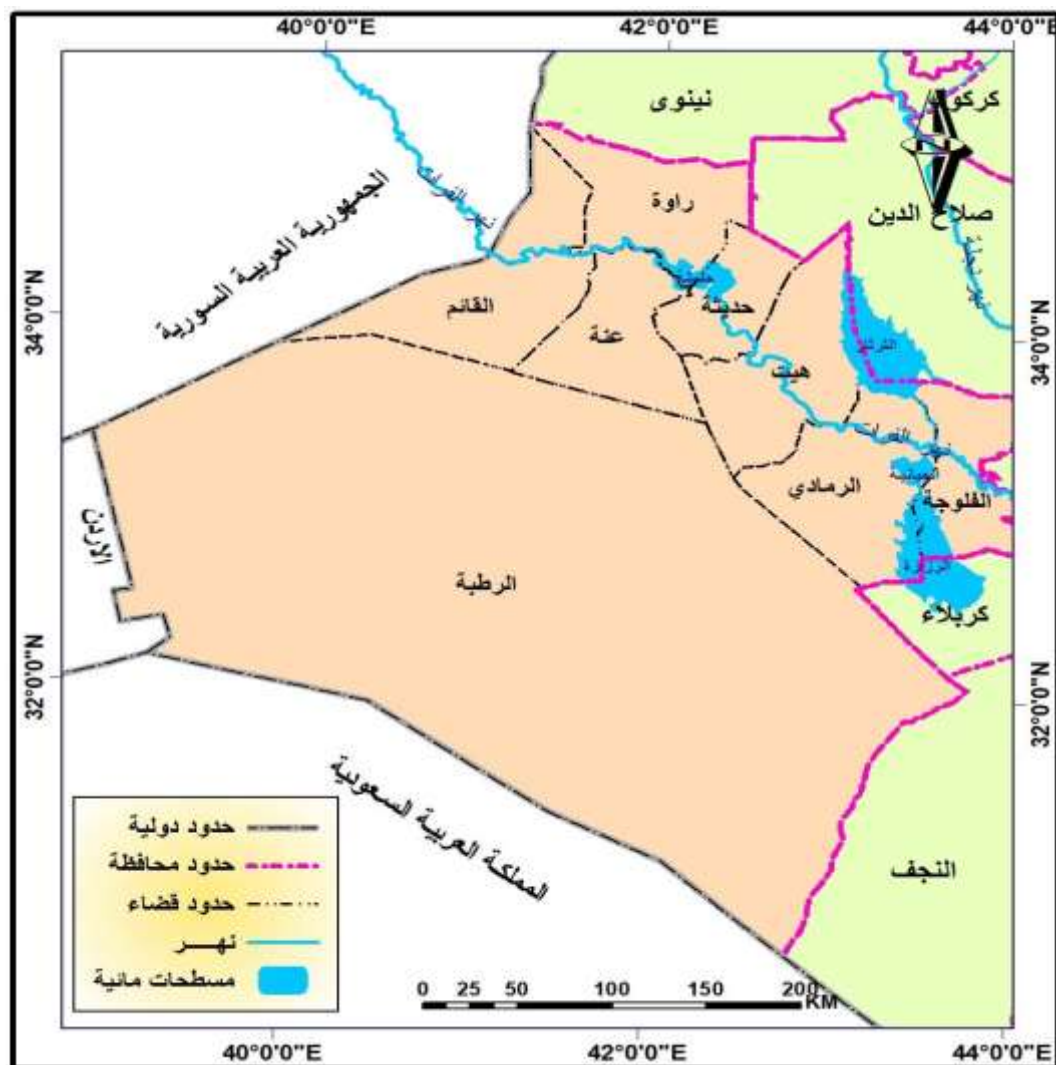


فيما يهدف البحث الى دراسة تغير المساحة السطحية لبحيرة حديثة بين عامي ١٩٨٧ - ٢٠١٨ اعتماداً على تطبيقات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، وبالاعتماد على دليل (NDWI) دليل اختلاف الماء الطبيعي كمؤشر للجفاف وبعض المؤشرات الهيدرولوجية ومدى تأثيرها في التغير في المساحات السطحية للبحيرة.
ثانياً: مصادر ومواد البحث

١- منطقة الدراسة

تمثل منطقة الدراسة بالحدود المكانية لخزان سد حديثة الواقع على نهر الفرات في الجزء الغربي من العراق على بعد (٧كم) من مقدمة سد حديثة شمال غرب المدينة الى الشمال الغربي باتجاه قضاء راهو، المحصور بين الاحداثيات الفلكية (- ٤٠ ° ٣٤ - - ١٣ ° ٣٤) دائرتي عرض شمالاً و وخطي طول و (- ٢٧ ° ٤٢ - - ٥٥ ° ٤١) شرقاً، شكل (١).

تعود فكرة انشاء سد حديثة إلى عام ١٩٥٩ و طرحت هذه الفكرة من لدن شركة (تكنوبروم اكسبورت السوفيتية) بالتنسيق مع وزارة الري العراقية، بعد اجراء العديد من الدراسات آخرها الدراسة المعدة في عام ١٩٧٥، وشملت دراسة الجوانب الفنية والتفصيلية والتصاميم التي تخص المشروع، وبدأ العمل الفعلي للمشروع عام ١٩٧٨، وأنجزت أعمال مشروع سد حديثة في ١/١/ ١٩٨٦، وبدأ الخزن الفعلي للمياه قبل هذا التاريخ . جاءت ضرورة إنشاء سد حديثة بعد قيام تركيا وسوريا بالتحكم في مياه نهر الفرات عن طريق بناء السدود على هذا النهر، كسد كيبان في تركيا، والطبقة في سوريا مما عرض مياه نهر الفرات الواصلة إلى العراق للنقص الكبير ولاسيما في فترة الصيهدود (وزارة الري، ١٩٨٧).



المصدر: جمهورية العراق، وزارة الموارد المائية، المديرية العامة للمساحة، خريطة محافظة الانبار الادارية، مقياس

١: ٥٠٠٠٠٠، لسنة ٢٠١٠.

٢- مواصفات البيانات الفضائية والبرامج المستخدمة:

أ- البيانات الفضائية

استخدمت في البحث البيانات الفضائية لسلسلة اقمار لاندسات Landsat الامريكية والشامل لعدة مستشعرات على متته، وتشمل نظم كامرات تسمى BRV ونظم مساحات متعدد الاطيف MSS في Landsat 1,2,3 وبدا العمل بالقمر Landsat 1 عام ١٩٧٢. اضيف الماسح الموضوعي TM لمستشعرات Landsat 4,5 وبدأ العمل به عام ١٩٩٢، متضمناً عدة متحسسات لكل نطاق ١٦ متحسس مما زاد من تحسين الوضوح



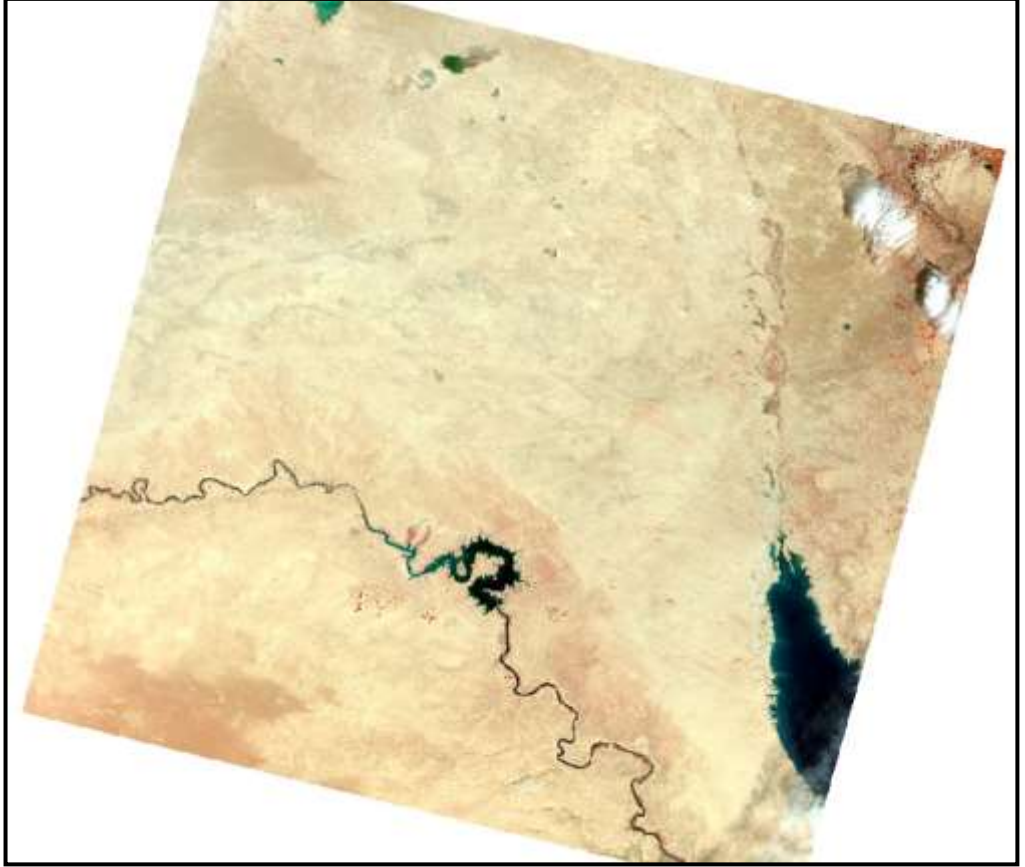
الهندسي والراديومترى للبيانات وتبلغ درجة الوضوح المكاني للماسح الموضوعي ٣٠ متر، وتستخدم بيانات المستشعرات في عدد كبير من تطبيقات الاستشعار عن بعد كإدارة الموارد واكتشاف المتغيرات (جمعة، ٢٠٠٥). وفي نيسان العام ١٩٩٩ اطلق Landsat 7 ويمثل جيلا جديدا من الاقمار الصناعية ويحمل نوعاً جديداً من المتحسسات ETM+ وحسنت به الدقة المكانية وتحديدًا للقناة الحرارية Band 6 ، ويعمل بـ (٨ حزم) طيفية واستخدام لمسح الكرة الأرضية والتزويد ببيانات صورية عالية الدقة لسطح الأرض (Tom,2003). وفي العام ٢٠١٣ اطلقت احدث اقمار سلسلة لاندسات Landsat ٨ ، ويتم من خلاله مسح الكرة الأرضية كاملاً كل ١٦ يوم متضمناً مستشعرات OLI ومستشعر الأشعة تحت الحمراء TIR ، بدقة تميز مكانية ٣٠ متر للنطاق (Band 1-11) عدا الـ (Band ٨) بدقة مكانية ١٥ متر (جمعة، ٢٠٠٥).

من خلال الجدول (١) يلاحظ انواع المرئيات الفضائية المستخدمة في البحث للقمر الصناعي Landsat 4,5,7,8 عبر سلسلة زمنية تمتد بين عام ١٩٨٤ - ٢٠١٨ لدراسة التغيرات في المساحة السطحية لبحيرة حديثة والشكل (٢) يوضح مرئية فضائية لمنطقة الدراسة والمناطق المجاورة لها لعام ٢٠١٨ ملتقطة بواسطة القمر Landsat ٨.

جدول رقم (١)

المرئيات الفضائية المستخدمة في البحث للقمر الصناعي Landsat

القمر الصناعي (SPACECRAFT_ID)	نوع المستشعر (SENSOR_ID)	تاريخ المرئيات الفضائية
Landsat-5	TM	09/08/1984
Landsat-5	TM	11/03/1987
Landsat-4	MSS	27/03/1990
Landsat-7	ETM+	03/02/2000
Landsat-٧	ETM+	14/04/2011
Landsat-8	OLI_TIRS	21/03/2018



شكل (٢) مرئية فضائية ، للقمر الصناعي الامريكي (Landsat 8) ، دقة ٣٠ متر ، امتداد (JPEG)
(2000) ، بتاريخ ٣١ - ٣ - ٢٠١٨ .

ب- البرامج المستخدمة في البحث:

- برنامج إيرداس 2014 .ERDAS IMAGINE
- برنامج الارك جي أي أس 10.4.1 .Arc GIS
- برنامج 23 IMB SPSS Statistic

٣- البيانات الهيدرولوجية

تم استخدام البيانات الهيدرولوجية التصريف والواردات المائية ومنسوب المياه كأحد مصادر ومواد البحث لما يوفره من اهمية في معرفة كميات المياه الواردة الى بحيرة حديثة والمطلقة منها فضلاً عن تحديد منسوب المياه في البحيرة ,ويعد المتأثر الرئيس من تغير المساحة السطحية لمياه بحيرة حديثة.

٤- بيانات التحليل الاحصائي



استخدمت البيانات الواردة في الجدول (٢) للإجراء التحليل الاحصائي الانحدار الخطي والارتباط اعتمادا على متغير ثابت (تابع) وممثل بمساحة البحيرة المستخرج مساحتها من المرئيات الفضائية والآخر متغير (مستقل) وهي بيانات منسوب البحيرة والتصريف والواردات المائية لبيان مدى تأثير البيانات المتغيرة على مساحة البحيرة.

جدول رقم (٢)
البيانات المدروسة احصائياً

السنوات	مساحة البحيرة كم ^٢ X المتغير الثابت	المنسوب / متر Y1 متغير	التصريف م ^٣ /ثا Y2 متغير	الواردات م ^٣ /ثا Y3 متغير
١٩٨٧	341	139.5	510	629
١٩٩٠	432	140.9	354	293
2000	368	140.3	385	545
2011	281	134.8	410	462
2018	148	127.1	382	360

٥- طريقة العمل

أ- تطبيق مؤشر NDWI

• تحديد منطقة الدراسة التي تقع في مسار path-170 والصف Row-36، نتج عن هذه العملية مرئيات لمنطقة الدراسة لفترات مختلفة ولنفس الاحداثيات وتم اجراء عملية دمج الباندا و عمل الموزائيك ببرنامج (ERDAS)، واجريت انتاج الخرائط والتطبيقات العملية في برنامج (Arc GIS 10.4.1) ضمن ملحقاته الداخلية، كبرنامج (Arc Map) وهو عبارة عن تطبيق لعمل الخرائط وتحليل المعلومات وعرض النتائج، اضافة الى التطبيقات الاخرى ضمن البرنامج .

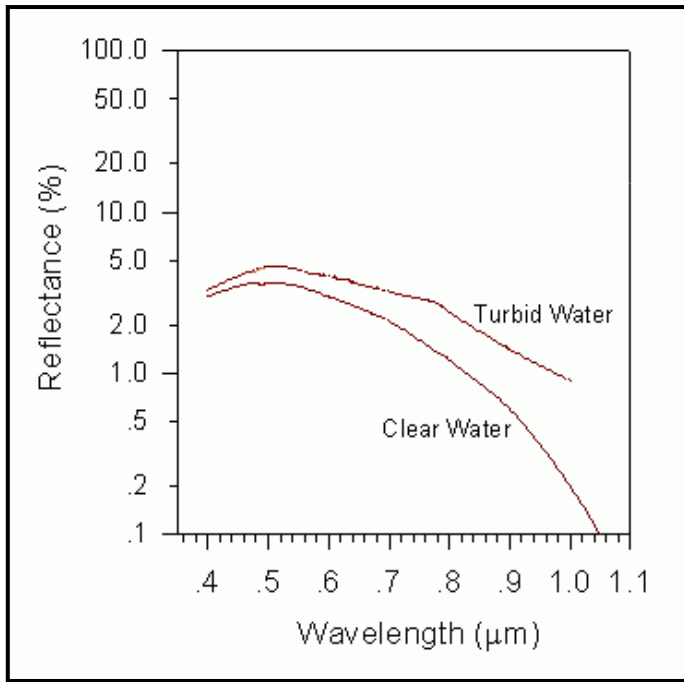
• تحليل أرشيف الصور الفضائية من نوع Landsat للفترة ١٩٨٤-٢٠١٨ لمنطقة البحث، وذلك لمعرفة تغاير المساحة السطحية للبحيرة حديثة باستخدام وتطبيق مؤشر (Index Normalized Difference Water (NDWI خلال تطبق المعادلة التالية: (McFeeters, 1996) (Hanqiu,2006) و (حسن، ٢٠١٤)

$$NDWI = \frac{\text{Band (Green)} - \text{Band (NIR)}}{\text{Band (NIR)} + \text{Band (Green)}} \dots \dots \dots \text{المعادلة رقم (١)}$$



استنتج دليل المياه من خلال الانعكاسية الطيفية للماء تكون عالية في مدى الطول الموجي الاخضر (0.52-0.60) μm وقليلة جدا في مدى الطول الموجي تحت الاحمر القريب (0.76-0.90) μm ، (شكل ٣) كما ان الانعكاسية العالية للنبات والتربة في مدى الطول الموجي تحت الاحمر تجعل قيم الـ (NDWI) موجبة فيما يخص المناطق المائية وعليه تبدو مناطق مضيئة في المرئيات اما المناطق الخضراء تبدو داكنة ومظلمة وذات قيم سالبة او صفر. (حسن، ٢٠١٤).

شكل (٣) المنحنى الطيفي للمياه الصافية والمياه المعكوسة



ب- تطبيق التحليل الاحصائي

تم اجراء أسلوب التحليل الاحصائي وفق الاتي:

١- تحليل الانحدار

- مفهوم الانحدار : وهو العلاقة الخطية التي تربط بين أي متغيرين ويعبر عن مقدار التغير في عامل معين Y والذي يسمى بالعامل التابع نتيجة تغير وحدة واحدة او اكثر من المتغيرات التوضيحية للعامل الثاني المستقل X . (الساهاوكي ١٩٩٠). كما يمكن تعريف الانحدار بانه مجموعة من الطرق الاحصائية التي تتعامل مع الصيغ المختلفة للنماذج الرياضية التي



تصف العلاقات بين المتغيرات بحيث يمكن استخدام نماذج هذه العلاقة لأغراض التنبؤ بالاستنتاجات الاحصائية الاخرى . ويمكن الثول ان تحليل الانحدار يخدم ثلاث اغراض رئيسة هي الوصف والسيطرة والتنبؤ (عبد الاحد وسليم ٢٠٠٨).

- النموذج الرياضي
- يمكن استخدام معادلة خط الانحدار والتي تسمى معادلة الخط المستقيم وهي (زراك ٢٠١٥).

$$y = a + b x \dots\dots\dots \text{المعادلة رقم (2)}$$

حيث ان :

متغيران X & y

=

ثوابت a & b

=

٢- معامل الارتباط

- مفهوم الارتباط : هو العلاقة الرياضية التي تربط بين متغيرين (X, Y) او اكثر. او هو قوة العلاقة بين متغيرين، وهي قيمة حقيقية كمية خالية من الوحدات (وحدات القياس) ويرمز له بالرمز (r). (زراك ٢٠١٥) كتاب تقاس درجة الارتباط بعدد يتراوح مقداره بين (+ ١ , ٠ , - ١)، وفي الارتباط ليس شرطاً ان يتغير احد المتغيرين دائما بتغير الاخر.

- النموذج الرياضي

- يمكن حساب معادلة معامل الارتباط وفق العلاقة الرياضية الاتية (زراك ٢٠١٥) و (طبية ٢٠٠٨).



$$r = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sqrt{\sum x^2 - n\bar{x}^2} \times \sqrt{\sum y^2 - n\bar{y}^2}} \dots\dots\dots \text{المعادلة رقم (٣)}$$

حيث ان :

n = عدد القيم (X) أو (y) التي تمثل (أزواج القيم)

 \bar{X} = الوسط الحسابي لقيم الظاهرة (X)

X = قيم الظاهرة X

y = قيم الظاهرة y

 \bar{y} = الوسط الحسابي لقيم الظاهرة y S_x = الانحراف المعياري للظاهرة X S_y = الانحراف المعياري للظاهرة y

ثالثاً: النتائج والمناقشة

١ - نتائج تحليل المرئيات الفضائية وحساب تغير مساحة بحيرة حديثة.

استخرجت طبقات (Layers) لمياه البحيرة من تحليل المرئيات الفضائية واعتمدت خرائطها لحساب مساحة بحيرة حديثة من خلال تطبيق مؤشر (NDWI) Normalized Difference Water Index دليل اختلاف الماء الطبيعي لتقدير نسبة الجفاف الذي يهدد البحيرة باستخدام برنامج Arc GIS 10.4.1. والمعروضة نتائجه في الجدول (٢).

جدول رقم (٢)

مساحة ونسب الغطاء المائي لبحيرة حديثة للمدة ١٩٨٤-٢٠١٨

النسبة (%) من مساحة الحوض	مساحة الغطاء المائي (كم ^٢)	التاريخ
7.2	36	1984
67.7	341	1987
85.9	432	1990
73.2	368	2000
55.9	281	2011
36.6	184	2018
100.0	503	الطاقة الاستيعابية لمساحة الحوض

المصدر: تحليل ارشيف المرئيات الفضائية ١٩٨٤-٢٠١٨ باستخدام برنامج الارك جي أس Arc GIS 10.4.1.

- حسبت مساحة المياه لنهر الفرات عام ١٩٨٤ قبل ملئ الخزان عام ١٩٨٥-١٩٨٦ وقدرت كمية المياه بحوالي ٣٦ كم^٢ ، كما مبين في الشكل (٤ أ) ممثلة مرئية لاندسات TM 5 والشكل (٤ ب) يمثل خارطة طبقة المياه المستخرجة للمياه ضمن حوض بحيرة حديثة قبل سنة الملى.

شكل ٤ خريطة

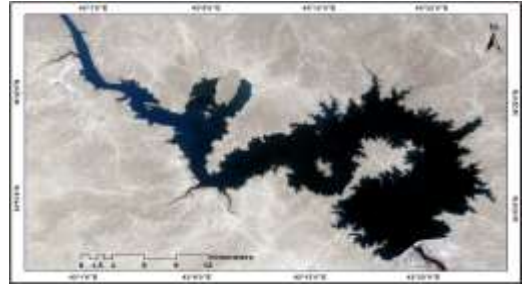
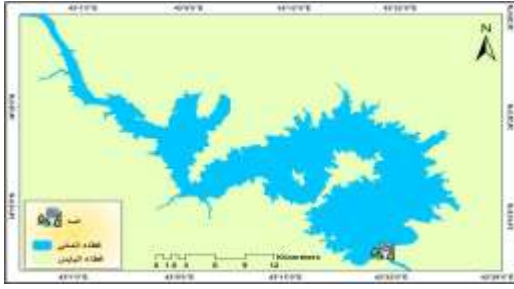


(٤ ب) خارطة طبقة المياه لعام ١٩٨٤

(٤ أ) مرئية لاندسات TM 5 عام ١٩٨٤

المصدر : بالاعتماد على مرئية فضائية للقمر لاندسات TM5، دقة ٣٠ متر ، امتداد (JPEG 2000) ، بتاريخ ٩-٨-١٩٨٤. تطبيق مؤشر (NDWI) وباستخدام برنامج Arc GIS 10.4.1.

- بنفس الطريقة من خلال تطبيق مؤشر (NDWI) وباستخدام برنامج Arc GIS 10.4.1 تم حساب مساحة المياه الصافية لبحيرة حديثة لعام ١٩٨٧ وتمثل مساحة حدود البحيرة حوالي ٣٤١ كم^٢ بنسبة مياه صافية ٦٧.٧ % من مساحة البحيرة الكلية البالغة ٥٠٣ كم^٢. شكل (٥ أ-ب).



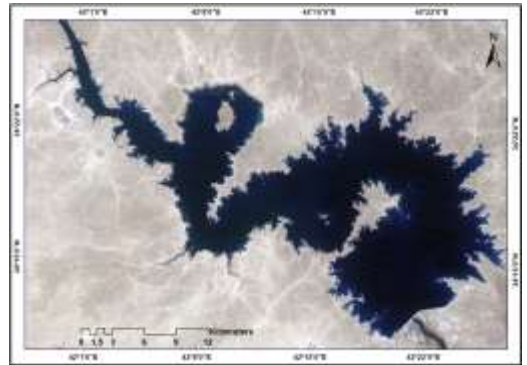
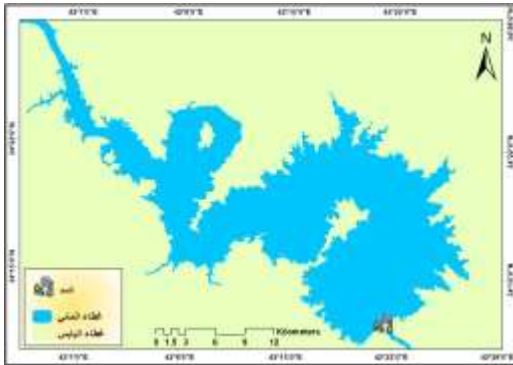
شكل ٥ خريطة

(ب) خارطة طبقة المياه لعام ١٩٨٧

(أ) مرئية لاندسات TM 5 ١٩٨٧

المصدر : بالاعتماد على مرئية فضائية للقمر لاندسات TM5 ، دقة ٣٠ متر ، امتداد (JPEG 2000) ، بتاريخ ١١ - ٣ - ١٩٨٧ . تطبيق مؤشر (NDWI) وباستخدام برنامج Arc GIS 10.4.1 .

- الشكل (٦ أ) يظهر مرئية فضائية للقمر لاندسات MSS لعام ١٩٩٠ وصلت مساحة البحيرة ومياهها اعلى مساحة سجلت حوالي ٤٣٢ كم^٢ كما موضح في الشكل (٥ ب) خارطة مساحة المياه في بحيرة حديثة.
- انخفضت مساحة وكمية المياه في بحيرة حديثة بن عامي ٢٠٠٠ و ٢٠١١ بمساحة قدرت ٣٦٨ و ٢٨١ كم^٢ على التتابع شكل (٧ و ٨).

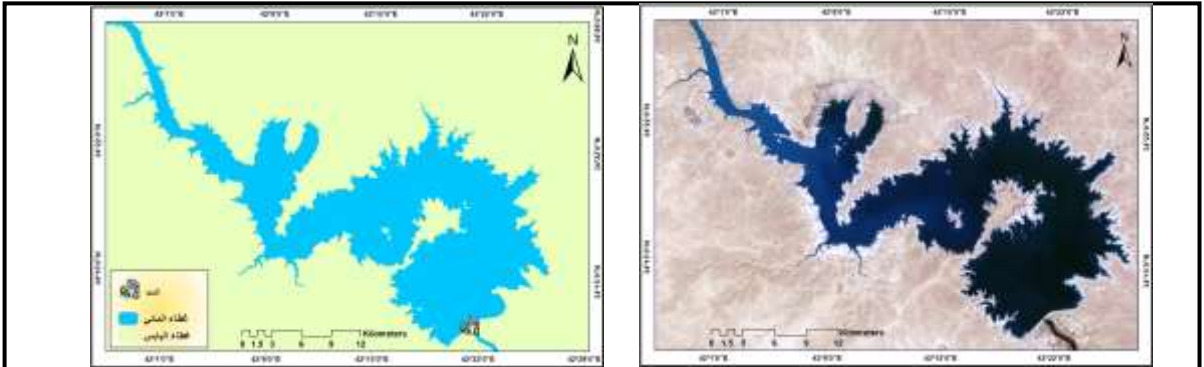


شكل ٦ خريطة

(ب) خارطة طبقة المياه لعام ١٩٩٠

(أ) مرئية لاندسات MSS4 ١٩٩٠

المصدر : بالاعتماد على مرئية فضائية للقمر لاندسات MSS4 ، دقة ٣٠ متر ، امتداد (JPEG 2000) ، بتاريخ ٢٧ - ٣ - ١٩٩٠ . تطبيق مؤشر (NDWI) وباستخدام برنامج Arc GIS 10.4.1 .

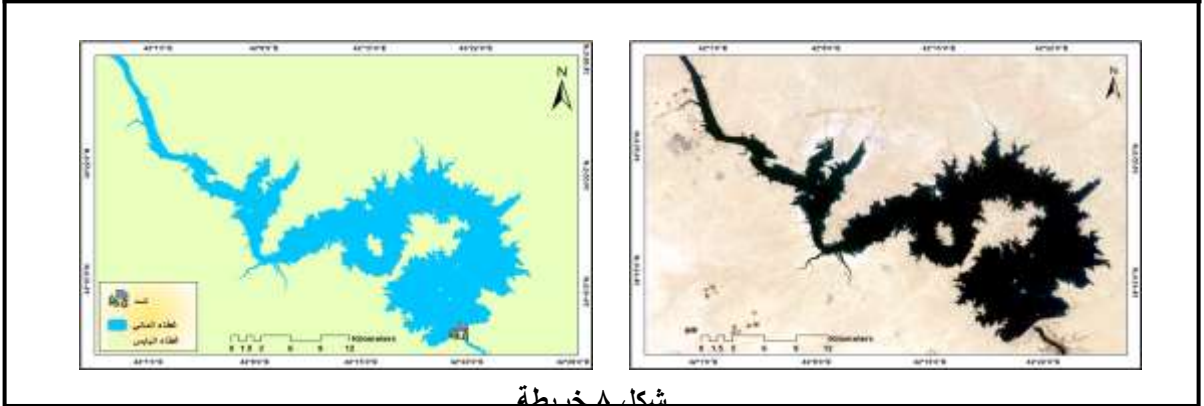


شكل ٧ خريطة

(ب) خارطة طبقة المياه لعام ٢٠٠٠

(أ) مرئية لاندسات ETM+7 ٢٠٠٠

المصدر: بالاعتماد على مرئية فضائية للقمم لاندسات ETM+7، دقة ٣٠ متر، امتداد (JPEG 2000)، بتاريخ ٣-٢-٢٠٠٠. تطبيق مؤشر (NDWI) وباستخدام برنامج Arc GIS 10.4.1.



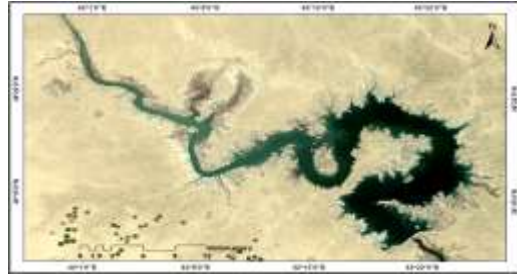
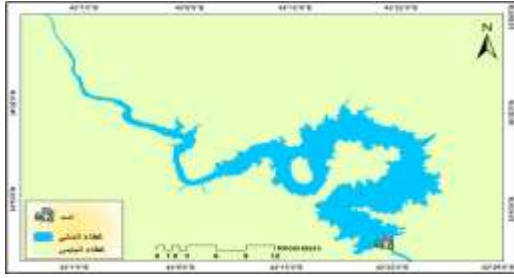
شكل ٨ خريطة

(ب) خارطة طبقة المياه لعام ٢٠١١

(أ) مرئية لاندسات ETM+7 ٢٠١١

المصدر: بالاعتماد على مرئية فضائية للقمم لاندسات ETM+7، دقة ٣٠ متر، امتداد (JPEG 2000)، بتاريخ ١٤-٤-٢٠١١. تطبيق مؤشر (NDWI) وباستخدام برنامج Arc GIS 10.4.1.

- في عام ٢٠١٨ واجهت البحيرة جفافا حقيقيا حيث قدرت مساحتها بحوالي ١٨٤ كم^٢ واستخرجت المساحة من خلال المرئية الفضائية لاندسات OLI - 8 شكل (٩).



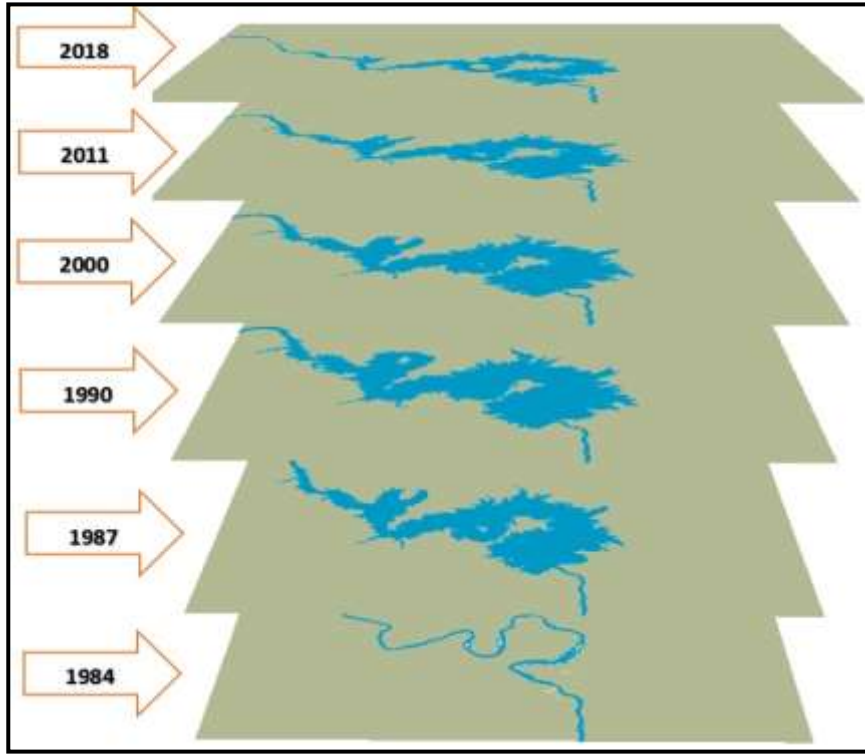
شكل ٩ خريطة

(٩ ب) خارطة طبقة المياه لعام ٢٠١٨

(٩ أ) مرئية لاندسات ٨ OLI ٢٠١٨

المصدر : بالاعتماد على مرئية فضائية للقمر لاندسات ٨ OLI، دقة ٣٠ متر ، امتداد (JPEG 2000) ، بتاريخ ٢١-٣-٢٠١٨. تطبيق مؤشر (NDWI) وباستخدام برنامج Arc GIS 10.4.1.

- في الجدول رقم ٢، يظهر معدل ونسبة تغاير مساحة البحيرة من خلال تطبيق مؤشر (NDWI) ويمكن ان يتضح الجفاف الذي اصاب البحيرة وتغاير مساحتها وقلة نسبة المياه للمدة الزمنية ١٩٨٤ - ٢٠١٨. الشكل (١٠) يوضح جميع مناطق بحيرة حديثة التي تغيرت مساحة المياه من ١٩٨٤ إلى ٢٠١٨، في شكل واحد من أجل رؤيتها بطريقة واضحة وجعل المقارنة بين تلك السنوات أكثر سهولة.



شكل ١٠ نموذج 3D لطبقات مياه البحيرة خلال المدة ١٩٨٤- ٢٠١٨

المصدر : بالاعتماد على الاشكال ٤- ٩ وباستخدام برنامج Arc GIS 10.4.1.

٢- نتائج التحليل الهيدرولوجي.

ابرز المواصفات الهيدرولوجية لخزان بحيرة حديثة يتمثل بمساحة الخزان نحو (٥٠٣ كم^٢) عند منسوب (١٤٧ م) فوق مستوى سطح البحر وبطول (١٥٥ كم) وعرض يتراوح بين (١ كم) في أضيق نقطة جنوب عنه الى (١٦ كم) في الجزء المقابل لقرية الخسفة الجنوبية ويأخذ خطا مستقيما بالاتجاه شرقاً (Mutib,1990). تقدر السعة الخزنية للخزان ٨.٢٨ مليار م^٣ منها ٨.٠٥ مليار م^٣ خزنا حيا عند منسوب ١٤٧ م منسوب التشغيل الاعتيادي، اما الخزن الميت يقدر ب ٠.٢٣ مليار م^٣ عند منسوب ١١٢ م، ويغطي قاع الخزان رواسب نهريّة حديثة منتشرة بصورة تتكون من الرمل والغرين والطين والترسبات الجبسية وتحيط بالخزان مرتفعات تشكل حدوده الرئيسية (النعيمي، ٢٠٠٥).



التصارييف الواردة والمطلقة من سد حديثة .

تؤثر الاطلاقات المائية (التصريف) او الوارد المائي للبحيرة على المساحة السطحية لبحيرة حديثة وتقرن كمية الاطلاقات المائية مع مقدار الكميات الواردة والسعة الخزن للبحيرة مما يؤمن منسوب المياه التشغيل الاعتيادي لمحطة سد حديثة الكهربائية، ومن خلال تفسير نتائج جدول (٣) يتضح أعلى التصارييف الشهرية في المحطة سجلت خلال المدة (١٩٨٦ - ٢٠١٨) كانت في المدة الممتدة من شهر (تشرين الثاني الى نهاية شهر آذار) والتي تتطابق مع الفترة المطيرة في المنطقة، اما اقل التصارييف فتكون في الأشهر الجافة وخاصة شهر (تموز وأب وايلول).

ومن خلال متابعة جدول (٣) و (٤) لكميات التصارييف الواردة والمطلقة لسد حديثة منذ أنشائه ولغاية ٢٠١٨ أقصى معدل تصريف سنوي وارد إلى خزان سد حديثة فقد سجل في السنة (١٩٨٨) إذ بلغ (٣م١٥٠٣/ثا) بينما سجل أدنى معدل سنوي وارد في سنة (٢٠١٥) إذ بلغ (٣م٢١٣/ثا) ليكون الفرق بينهما هو (٣م٢٩٠/ثا) وهذه الفرق واسعة جداً بين أقصى وأدنى تصريف سنوي وارد. أما أقصى معدل تصريف سنوي مطلق من سد حديثة فقد سجل في السنة المائية (١٩٨٨) إذ بلغ (٣م٥٧٤/ثا) وأدنى معدل سنوي مطلق في (٢٠٠٢) إذ بلغ (٣م٢٣٧/ثا) لنجد أن الفرق بينهما هو (٣م٣٣٧/ثا).

منسوب مياه بحيرة حديثة

استثمرت البحيرة لخزن المياه في مايس عام ١٩٨٥ ، ثم بدأ منسوب الخزن بالزيادة التدريجية الى أن وصل المنسوب الى (٤٠.٩م) فوق مستوى سطح البحر في عام (١٩٩٠) بسبب زيادة تدفق الوارد المائي من الاراضي السورية الى الاراضي العراقية جدول (٥) . وتذبذب مستوى المياه في خزان حديثة بين (٣٨.٨م) في سنة (١٩٩٩) و(٣٧.٤م) في سنة (٢٠٠١) وخفض الى (١٢٢م) سنة ٢٠٠٩، وسجل المنسوب في عام (٢٠١٨) حوالي (١٢٧.١م) جدول (٥).

وتختلف المناسيب الشهرية من شهر الى اخر واعلاها تسجل في شهر شباط وفي نهاية شهر تموز بسبب زيادة الوارد المائي من دول الجوار تركيا نتيجة ذوبان الثلوج بالدرجة الاساس وسوريا لما يفوق حاجتها من توليد الكهرباء وري الاراض الزراعية



جدول رقم (٣)
المعدلات الشهرية والسنوية للتصارييف محطة حصيبة الوارد الى خزان سد حديثة (م٣ / ثا) للمدة
من (١٩٨٦ - ٢٠١٨)

المعدل السنوي	ك١	ت٢	ث٣	ابول	اب	تموز	حزيران	أيار	نيسان	اذار	شباط	ك٢	السنة / الاشهر
563	752	610	572	652	630	608	530	479	387	573	457	507	1986
629	675	647	522	702	730	916	785	468	411	692	427	572	1987
1503	889	726	452	979	753	1120	2457	2990	2509	1930	1756	1475	1988
804	1483	1091	913	238	201	266	278	344	565	1273	1286	1750	1989
293	207	328	284	331	390	523	359	224	246	191	241	191	1990
391	562	351	295	345	434	410	387	427	194	381	399	510	1991
348	547	277	2774	221	247	280	343	293	296	351	552	496	1992
387	468	405	340	256	366	408	401	497	337	392	358	414	1993
480	527	427	432	733	517	418	356	3334	458	442	626	486	1994
790	1232	1150	950	528	513	376	296	351	704	861	1235	1286	1995
948	920	1083	590	663	743	696	502	815	1497	1411	1309	1142	1996
874	903	873	750	493	586	809	771	732	1037	1127	1345	1056	1997
819	1220	989	713	644	675	589	580	865	817	1443	1350	1132	1998
591	1045	832	698	303	258	262	310	370	429	623	945	1013	1999
545	751	611	355	250	262	339	336	343	366	802	1187	934	2000
305	303	285	285	281	606	331	153	231	214	287	377	310	2001
337	613	247	238	287	273	335	303	229	299	216	391	616	2002
508	825	582	348	487	308	282	288	367	548	796	635	663	2003
793	546	742	515	650	569	349	554	1207	665	1789	1214	710	2004
615	903	700	648	339	525	495	465	358	493	665	859	925	2005
763	537	731	625	979	873	809	603	574	512	623	1331	934	2006
680	953	643	382	584	821	716	379	621	555	581	751	1173	2007
489	532	374	386	548	542	403	355	307	343	436	758	879	2008
299	402	312	344	305	288	310	293	263	225	259	278	310	2009
389	385	386	349	333	741	461	315	314	337	288	405	350	2010
462	493	466	282	455	551	475	457	475	312	423	577	592	2011
683	919	686	464	480	728	636	735	560	428	806	937	819	2012
463	629	495	383	396	369	356	509	622	330	282	422	761	2013
484	397	377	377	345	408	370	401	559	662	691	678	545	2014
213	364	331	355	71	56	79	64	171	186	257	323	299	2015
443	449	552	330	362	283	314	306	432	504	507	590	722	2016
313	450	377	340	303	256	256	257	271	250	350	323	331	2017
360	—	—	295	320	280	275	460	355	270	510	490	350	2018
—	683	583	532	450	478	462	472	619	526	674	751	734	المعدل الشهري

المصدر / وزارة الموارد المائية، المديرية العامة للسدود والخزانات، إدارة مشروع سد حديثة، قسم المدلولات المائية (بيانات غير منشورة)



جدول رقم (٤)

المعدلات الشهرية والسنوية للتصارييف والاطلاقات المائية من خزان سد حديثة (م / ٣ / ثا) للمدة من (١٩٨٦ - ٢٠١٨)

المعدل السنوي	ك١	ت٢	ت١	ايلول	اب	تموز	حزيران	أيار	نيسان	اذار	شباط	ك٢	السنة / الاشهر
430	512	435	446	452	455	555	420	268	260	381	473	508	1986
510	383	378	367	611	647	807	569	391	369	642	433	527	1987
1574	1706	1244	1003	1036	713	881	2090	2451	2401	2035	1915	1422	1988
595	235	265	263	293	316	303	293	370	599	1182	1292	1735	1989
354	510	332	278	378	980	319	359	237	230	227	202	202	1990
362	219	318	344	342	304	224	205	247	195	217	804	926	1991
295	432	279	291	314	311	367	373	260	233	259	230	198	1992
345	403	325	347	408	432	437	406	347	256	218	233	329	1993
539	1062	893	687	572	440	494	485	304	325	346	470	395	1994
682	829	725	478	564	465	339	523	504	679	815	1163	1100	1995
852	789	688	521	732	988	837	715	691	1519	1088	838	825	1996
781	783	684	734	704	918	990	722	593	643	776	1044	783	1997
788	697	441	576	746	1019	855	830	769	683	1123	930	787	1998
537	380	405	400	606	655	797	813	366	353	429	574	673	1999
385	219	460	415	442	447	458	444	332	386	423	370	233	2000
284	211	387	411	327	360	329	289	209	160	296	262	174	2001
237	237	290	255	290	386	326	223	130	161	233	185	134	2002
407	330	292	258	320	470	457	446	367	338	515	543	559	2003
553	537	472	501	537	538	512	587	633	577	1132	344	272	2004
520	389	400	401	472	598	629	486	407	531	571	654	706	2005
564	433	609	636	631	685	664	557	399	401	506	882	365	2006
589	527	609	615	684	700	633	555	569	438	443	666	639	2007
470	371	414	546	650	612	600	459	400	353	419	409	416	2008
314.5	247	377	369	400	400	372	278	205	250	276	300	300	2009
339	405	515	470	488	435	363	283	200	200	203	299	209	2010
410	435	669	515	557	446	442	350	256	296	335	243	387	2011
510	629	528	596	142	700	650	650	366	375	565	489	432	2012
493	379	450	450	450	450	484	520	313	292	441	1159	539	2013
565	400	490	558	656	890	1119	723	377	396	459	367	356	2014
260	350	350	250	200	200	200	200	208	248	200	325	400	2015
385	419	479	400	400	400	400	350	350	350	350	382	350	2016
453	419	465	517	503	550	550	513	296	284	441	536	367	2017
382	-	-	354	350	312	351	261	173	199	1212	262	353	2018
-	496	489	462	492	552	537	501	423	453	568	584	533	المعدل الشهري

المصدر / وزارة الموارد المائية، المديرية العامة للسدود والخزانات، إدارة مشروع سد حديثة، قسم المدلولات المائية (بيانات غير منشورة)



جدول رقم (٥)

معدل المناسيب الشهرية والسوية لبحيرة خزان سد حديثة متر فوق مستوى سطح البحر للمدة من (١٩٨٦ - ٢٠١٨)

المعدل السنوي	ك١	ت٢	ت١	ايلول	اب	تموز	حزيران	ايار	نيسان	اذار	شباط	ك٢	السنة / الاشهر
132.9	138	136.5	136.4	135	134	133.1	133.6	131.7	130.1	129.3	128.9	129	1986
139.5	143.5	141.4	140.1	139.9	139.8	139.8	138.4	138.3	138.3	138.3	138.3	138.2	1987
145.2	146.4	146.7	146.8	147	147	146.7	146.2	144.4	143.2	143.5	144.3	140.3	1988
145.2	143.8	143.6	143.9	144.1	144.5	145.8	146.4	146.6	146.3	146.1	145.9	146.1	1989
140.9	137.4	137.3	137.2	137.3	140.9	142.2	142.5	143	143.5	143.6	143.3	143.4	1990
134.6	137.4	136.1	136.7	137	136.9	135.8	134.2	132.4	130.9	130.5	130.7	137.1	1991
143.3	144.2	143.8	142.9	142.9	143.3	143.8	144.2	144.2	143.9	143.7	142.5	140.2	1992
145.2	145	144.5	144	144.4	145.5	145.8	146.5	146.4	145.8	145.5	144.9	144.6	1993
145	144.8	144.7	144	143.9	144	144.7	145.7	146.3	146.2	145.8	145.7	145.2	1994
143.7	143.3	142.2	141.1	141.3	142	142.3	143.5	145.1	145.9	146.2	146.1	145.4	1995
143.5	141.4	140.9	139.8	139.7	141.8	143.9	146.1	146.8	146.9	147.1	145.1	143.4	1996
143.3	142.2	140.1	138.9	140.6	143.1	145.6	146.7	146.9	146.2	144.4	143.5	142.2	1997
143.1	141.7	139.2	138.3	138.5	141.1	143.7	146	147.1	146.9	146.4	145.4	143.6	1998
138.8	132.1	128.3	128.4	131.3	135.6	140	144.4	146.1	146.3	145.8	144.7	143.5	1999
140.3	133.7	135	136.5	142	140.5	142.2	143.6	144.5	144.6	144.4	141.1	135.8	2000
137.4	131	129.7	132.4	167.6	133.7	133.1	134.6	135.8	135.8	136.2	136	143.7	2001
138.9	140.6	138.5	137.4	137.7	138.9	140	140.1	140	139.4	139.6	139.1	135.8	2002
139.9	139.3	137.9	136.4	135.6	137.1	139.5	141.4	142.8	142.9	142.6	142	142.3	2003
144.4	144.8	143.9	143.6	143.5	144	145.1	146.6	146.2	146.2	145.9	143.4	140.5	2004
143.5	141.6	141.2	139.7	140.7	142.3	143.5	144.6	145.3	146	146.3	146	145.9	2005
144.8	142.6	141.9	143.2	144.5	145.4	145.7	146.5	146.3	146.4	146.1	145.9	143.3	2006
144.2	138.8	139.9	142	143.7	144.5	144.9	145.9	146.8	146.7	146.5	146.1	145.4	2007
137.1	127.2	128.5	131.6	135.1	136.4	138.3	140.1	141.2	142.1	143	142.2	139.7	2008
122.2	119	116.3	116.3	118.5	121	123.3	123.8	123.8	124.5	125.6	126.9	127.5	2009
128	128.1	129	129.7	131.5	130.4	128.6	129.1	129	127.8	126.9	125.5	121.5	2010
134.8	134.8	132.6	133.8	135.6	136.6	136.2	136.6	136.1	135.1	135.4	133.8	131.4	2011
142.5	140.7	139.7	141	142.8	143.9	144.1	144.8	144.7	144.7	144	141.2	138.7	2012
142.7	141.9	142.2	142.2	142.5	142.9	143.5	144.3	142.9	142	142.4	143	143	2013
139	127.5	128.5	130.5	134.1	138.3	142.2	145.8	146	145.4	144.4	143.5	142.3	2014
123.1	127.6	124.7	124.8	118.3	118.3	119.5	120.7	122.5	124.1	125.1	125.5	126.8	2015
136.4	136	135.5	136	136.8	137.1	138.7	138.6	138.5	137.6	135.9	134.8	131.8	2016
134.9	125	126.6	129.5	132	134.5	137.1	138.5	138.7	139.8	140.4	139.6	137.7	2017
127.1	—	—	128.8	128.4	128	127.2	128.3	127.6	126.3	126.8	125.7	124.1	2018
—	137.5	136.7	136.7	138.6	138.5	139.5	140.5	140.7	140.5	140.4	144	138.7	المعدل الشهري

المصدر / وزارة الموارد المائية، المديرية العامة للسدود والخزانات، إدارة مشروع سد حديثة، قسم المدلولات المائية (بيانات غير منشورة).



٣- نتائج التحليل الاحصائي.

تحليل الانحدار

استخدم تحليل الانحدار لتحديد نوع ومقدار العلاقة التي تربط مساحة البحيرة مع الواردات وتصريف ومنسوب المياه، كمحاولة لتوقيع مقدار مدى تأثير تلك المتغيرات على مساحة البحيرة.

اوضح نتائج تحليل الانحدار العلاقة الموجبة المعنوية بين مساحة البحيرة والمنسوب جدول (٦)، اما بقية العلاقات فكانت غير معنوية بالنسبة للواردات والتصريف مع مساحة البحيرة.

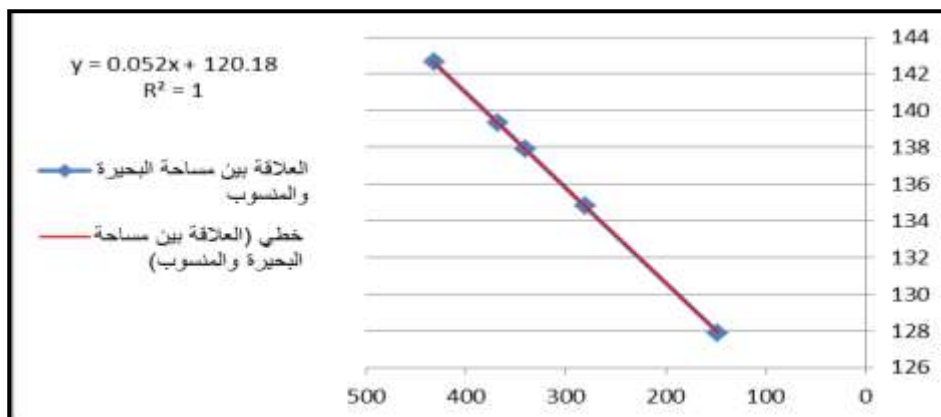
توضح معادلة الخط المستقيم ان كل زيادة بمنسوب المياه بمقدار (١ م) فان مساحة البحيرة تزداد بمقدار (٢١٨.٠٧ كم^٢) يوضحها شكل (١١).

جدول رقم (٦)
قيم متوسطات المربعات الناتجة عن تحليل الانحدار

مصادر الاختلاف S.O.V	درجات الحرية df	قيم متوسطات المربعات MS		
		مساحة البحيرة مع المنسوب	مساحة البحيرة مع التصريف	مساحة البحيرة مع الواردات
الانحدار Regression	1	124.962**	7.81 ^{NS}	769.047 ^{NS}
المتبقي Residual	3	30.28	4540.33	24295.25
المجموع Total	٤	—	—	—

المصدر: تحليل جدول (٢) باستخدام برنامج SPSS.

شكل (١١) العلاقة الخطية بين مساحة البحيرة والمنسوب



تحليل الارتباط

اوضح نتائج التحليل جدول (٧) ان قيمة الارتباط بين مساحة البحيرة والمنسوب موجبة ذات معنوية عالية وهذا يشير الى انه كلما زادت منسوب البحيرة ازدادت مساحة البحيرة (كمية المياه)، وتعد هذه الميزة ايجابية يمكن الاستفادة منها كمؤشر للتنبؤ بمساحة البحيرة او معرفة الزيادة او النقصان فيها. والمتضح كذلك بوجود ارتباط موجب بين التصريف والواردات المائية جدول (٧) مقترن ذلك بين كمية الواردات المائية الى بحيرة سد حديثة والاطلاقات المائية وتأمين الخزن الميت للبحيرة. اما قيمة الارتباط بين مساحة البحيرة والتصريف والواردات المائية والارتباط بين المنسوب والواردات المائية والاطلاقات جميعها علاقة غير معنوية.

جدول رقم (٧) قيم نتائج تحليل الارتباط

المتغيرات	الواردات	التصريف	المنسوب
مساحة البحيرة	0.102 ^{N.S}	0.123 ^{N.S}	0.973 ^{**}
المنسوب	0.328 ^{N.S}	0.159 ^{N.S}	—
التصريف	0.822 [*]	—	—
$r = 0.958$ على مستوى ١% $r = 0.811$ على مستوى ٥%			

** تشير الى المعنوية عند ١% و * تشير الى المعنوية عند ٥%
المصدر: تحليل جدول (٢) باستخدام برنامج SPSS.



الاستنتاجات والتوصيات

استنتجت الدراسة انخفاض مساحة البحيرة من خلال تطبيق مؤشر (NDWI) والجفاف الذي اصاب البحيرة وتغاير مساحتها وقلة نسبة المياه للمدة الزمنية ١٩٨٧ و ١٩٩٠ الى ٢٠١٨ بنسبة ٦٧.٧ و ٨٥.٩ الى ٣٦.٦ على التوالي يعد مؤشر خطير لانخفاض كمية المياه في البحيرة وبالتالي يؤثر على نوعية المياه والتنوع الحيوي والمساحات الزراعية المروية وكذلك على كميات الانتاج الكهربائي من سد حديثة. فضلا عن اهمية تطبيق الطرق الاحصائية لدعم الدراسة وتفسير النتائج . والاشكال ٤ - ١٠ تعد جانب من استنتاجات الدراسة.

توصي الدراسة بضرورة الرصد المستمر لمساحة البحيرة لتوفر البيانات الفضائية وسهولة استخدام التطبيقات الخاصة بها لوضع السياسات الخاصة بالنظام الهيدرولوجي والبيئي للمنطقة في حال نقص الكميات الواردة من المياه لدرء حدوث أي مشكلة بيئية او التأثير على منظومة خزان بحيرة وسد حديثة.

قائمة المصادر

- ١- حسن، ابتهال تقي، ٢٠١٤. استخدام ادلة ((NDVI و ((NDBI و ((NDWI لكشف التغيرات في غطاء الارض لمناطق مختارة من محافظة النجف للحقبة بين (٢٠٠٦-٢٠٠١) باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد، مجلة جامعة الكوفة، المجلد ٦، العدد ٢، ص ١٢-١٨.
- ٢- داود، جمعة محمد، ٢٠٠٥. أسس وتطبيقات الاستشعار عن بعد، القاهرة، جمهورية مصر العربية، ص ٤٤-٤٧.
- ٣- زراك، غازي عطية ٢٠١٥. مبادئ علم الاحصاء التطبيقي لغير الاختصاص، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة تكريت، كلية العلوم، الطبعة الاولى، ص ١٤٠-١٥٢.
- ٤- الساهوكي، د. مدحت، و وهيب كريمة محمد، ١٩٩٠. تطبيقات في تصميم وتحليل التجارب، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة بغداد، ص ١٤٦-١٤٧.
- ٥- سلسلة اقمار لاندسات Landsat الامريكية، ٢٠١٨-١٩٨٤ أرشيف الصور الفضائية ، دقة ٣٠ متر.



- ٦- صايل، خميس نبع واخرون ،٢٠١٢. ، رصد انحسار المياه في البحيرات وخزانات السدود باستخدام تقنيات التحسس النائي ونظم المعلومات الجغرافية، المجلة العراقية لدراسات الصحراء، المجلد ٤، العدد ٢، ص ٦٣-٧١.
- ٧- طبية، د. احمد عبد السميع،٢٠٠٨. مبادئ الاحصاء،دار البداية، عمان - الاردن، ص١١٩.
- ٨- عبد الاحد، علاء فريد، وسليم، بان متي ،٢٠٠٨. استخدام اسلوب تحليل الانحدار وتحليل التباين للانحدار في قياس الطاقة الضريبية في العراق، مجلة جامعة ذي قار، مجلد ٤، العدد ١، ص ٤٥-٤٩.
- ٩- النعيمي، احمد سعود محمد خضر،٢٠٠٥. إمكانية تقانات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية GIS في التقييم الهيدروكيميائي لخزان سد حديثة، رسالة ماجستير، جامعة الانبار، كلية الهندسة، غير منشورة، ص ٥-١٠.
- ١٠- وزارة الري، ١٩٧٨. تخطيط إقليم أعالي الفرات وإعادة إسكان أهالي خزان حديثة ، التقرير الرئيسي، المرحلة الأولى، ص ١١١.
- ١١- وزارة الموارد المائية، المديرية العامة للسدود والخزانات، إدارة مشروع سد حديثة، قسم المدلولات المائية، بيانات هيدرولوجية عن الواردات والاطلاقات المائية والمنسوب، غير منشورة.

١٢- Abdulwahhab R A,et.al, 2012, The Study Of The Surface Area Change Of Lake Al-Razzaza Using Geographic Information System (GIS) And Using Remote Sensing Technology, Iraqi Journal of Science, Vol. 53, No. 4, Pp. 1025-1031.

١٣- Hanqiu X.2006, Modification of normalized difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. International Journal of Remote Sensing. Vol. 27, No. 14 , Pp. 3026.



-
- ١٤ Mutib, Mahmood, I. 1990 . Water Balance and Irrigation Development in Euphrates rivers Basin in Iraq . M phil Dissertation, CSRD,SSS, Jawaharlal Nehru University , India.
- ١٥ McFeeters, S.K. (1996) The Use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the Delineation of Open Water Features. International Journal of Remote Sensing, 17, , Pp. 1425-1432.