Iraqi National Journal of Earth Science

www.earth.mosuljournals.com

رؤية جديدة لاستتباع الخزانات بسيناريوهات مختلفة: دراسة حالة خزان سد حديثة، غربي العراق

بان إبراهيم احمد [1*]، صبار عبد الله صالح القيسي [2]

[2,1] قسم علوم الأرض التطبيقية ، كلية العلوم، جامعة تكريت، تكريت، العراق.

معلومات الارشفة

تاريخ الاستلام: 17- يوليو -2023

تاريخ المراجعة: 18- اغسطس -2023

تاريخ القبول: 21- سبتمبر -2023

تاريخ النشر الالكتروني: 01- يوليو -2024

الكلمات المفتاحية

التصريف الداخل

التصريف الخارج

فرق الخزين

الحجم الخارج

الحجم الداخل

المراسلة:

الاسم: بان إبراهيم احمد

Email: banibrahimahmad@gmail.com

الملخص

تهتم هذا المنهجية الجديدة في الدراسة بإيجاد المنسوب التشغيلي الأمثل للخزان والأكثر أمانا والذي يتوافق مع كمية التصاريف الخارجة من سد حديثة وتحديد المنسوب التشغيلي الأمثل والأكثر أمانا وفي المقابل ينتج مساحات مغمورة اقل واقل اتصالا مع المنكشفات الصخرية للتكاوين الموجودة في منطقة الدراسة. تم وضع مخطط انسيابي لمنهجية الاستتباع وهي منهجية جديدة ومبتكره لاستتباع الفيضان ومن الممكن تطبيقها على كافة أنواع الخزانات في العالم، تمثل عملية الاستتباع في هذه الدراسة أسلوبا مبتكرا جديدا وحديثا لم يستخدم سابقا، وتم اعتماد عدة فرضيات كأساس لعملية الاستتباع، واستخدمت ثلاث نماذج رياضية لغرض عملية الاستتباع هي، معادلة تحديد مقدار الطلب Demand في مؤخر الخزان Downstream وذلك لمعرفة مقدار المياه التي تتعرض للهدر، ومعادلة المنسوب-الخزين في خزان سد حديثة لمعرفة مقدار الخزين المتحقق مقابل كل منسوب، وعلاقة المنسوب-حجم الخزين لسد البغدادي (المفترض) والتي اشتقت نتائجها من التحليل الجيومتري، وحساب فرق الخزين الخاص بعملية الاستتباع بعدة طرق وإيجاد العلاقة بينها وبين فرق المنسوب وإيجاد مصادر التذبذب والتباين في هذه القراءات واقتراح عدة مسببات لها.

DOI: 10.33899/earth.2023.141876.1112, ©Authors, 2024, College of Science, University of Mosul.
This is an open-access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

A New Vision for Reservoir Routing with Different Scenarios: A Case Study of Haditha Dam Reservoir /Western Iraq.

Ban Ibrahim Ahmad [1*], Sabbar Abdullah Saleh Al-Qaisi [2]

[1,2] *Department of Applied Geology, College of Science, University of Tikrit, Tikrit, Iraq.*

Article information

Received: 17- Jul -2023

Revised: 18- Aug -2023

Accepted: 21- Sep -2023

Available online: 01- Jul – 2024

Keywords:
Input Discharge
Output Discharge
Storage Difference
Input Volume
Output Volume

Correspondence:

Name: Ban Ibrahim Ahmad

Email: banibrahimahmad@gmail.com

ABSTRACT

The new methodology in the study is concerned with finding the optimal and safest operating level of the reservoir that corresponds to the number of discharges coming out of the Haditha Dam and determining the optimal and safest operational level and in return produces less submerged areas and less contact with the rock exposure of the formations in the study area. A flowchart has been developed for the follow-up methodology and this new and innovative methodology for flood tracking can be applied to all types of reservoirs in the world. The process of follow-up in this study represents a new and modern innovative method that has not been used previously, several hypotheses were adopted as a basis for the follow-up process, and three mathematical models are used for the follow-up process, namely, the equation for determining the amount of demand in the downstream to find out the amount of water that is wasted, and the equation of the level-storage in a modern dam reservoir to know the amount of storage achieved against each level, and the ratio relationship - the size of the storage of the (assumed) Baghdadi Dam, whose results are derived from the geometric analysis, and the calculation of the storage difference for the process of follow-up in several ways and finding the relationship between them and the level difference and finding sources of fluctuation and variation in these readings and suggesting several causes for them.

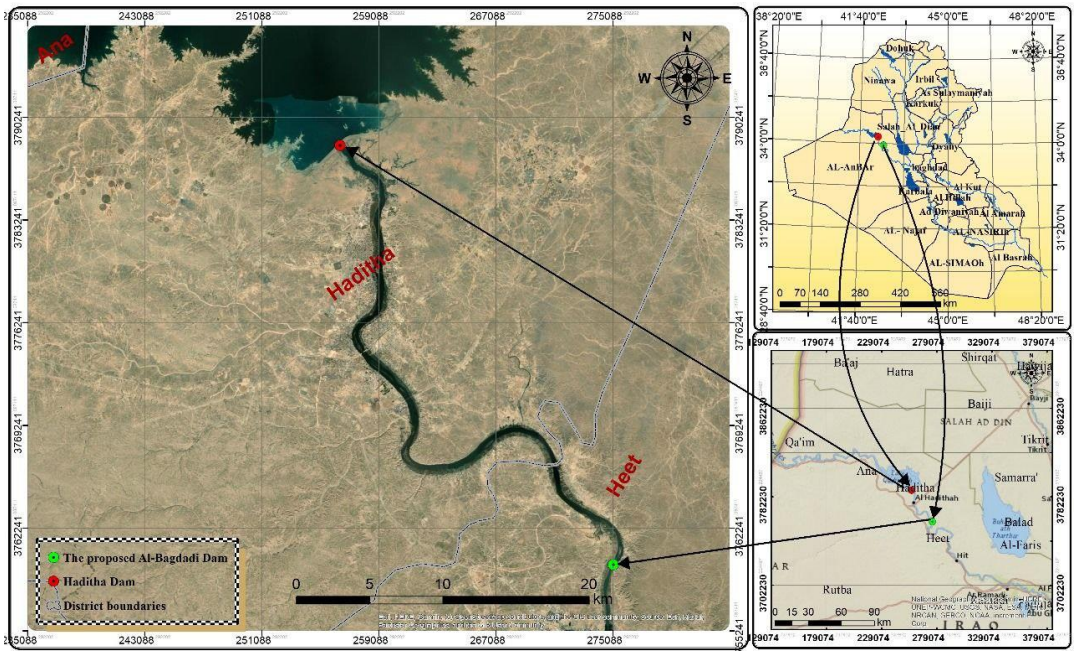
DOI: 10.33899/earth.2023.141876.1112, ©Authors, 2024, College of Science, University of Mosul.
This is an open-access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

المقدمة

تسببت الفيضانات في السنوات الأخيرة في أضرار جسيمة بحياة الناس وممتلكاتهم، وأصبح من المهم تبني حلول بدلاً من الحلول غير هيكلية للتخفيف من الفيضانات ذلك، أو بالإضافة إلى الحلول الهيكلية التي أصبحت أكثر وضوحًا، يعد تطوير نظام قوي للتنبؤ والإنذار بالفيضانات أمرًا ضروريًا في المناطق المعرضة للفيضانات (Ghalkhani, *et al.*, 2012) حيث أصبح من الضروري القيام بعملية تقييم للخزين، أو الطرق الهيدرولوجية لتوجيه الفيضانات، مع التركيز على طرق Muskingum وKalinin-Miljukov (Koussis, 2009). هناك عدة دراسات لاستتباع الفيضان في العالم أو لتوجيه التدفق. وتعد معادلات الموجة الطويلة أحادية البعد نموذجًا بسيطًا جيدًا للميكانيكا المعقدة الخاصة بالتدفقات وموجات الفيضانات في الأنهار، إنها تتضمن دمج السمات المادية الهامة وتعتبر أساس توجيه الفيضانات (Fenton, 2019). تتسرب مياه الفيضانات إلى القنوات سريعة الزوال وهي قنوات متقطعة الجريان (موسمية) ذات طبقات مرشحة، وتعيد تغذية طبقات المياه الجوفية المحلية والإقليمية، وهي مصدر المياه الرئيسية في المناطق شديدة الجفاف، توفر مياه الفيضانات الموارد المائية اللازمة للحفاظ على المستوطنات البشرية والنباتات النهرية والحياة البرية على طول الأنهار بالإضافة إلى ذلك، تتحكم خسائر النقل في هيدرولوجيا الفيضانات في المناطق الجافة، وحتى في البيئات شديدة الجفاف (Morin, *et al.*, 2009). إن مصطلح موارد المياه يستخدم للإشارة إلى إدارة استخدام المياه للصالح البشري في المقام

الأول حيث يتضمن هذا المصطلح عدة أجزاء منها إمدادات المياه، والتخلص من النفايات، وتوليد الطاقة، والتحكم في الفيضانات، لكون المياه لها دور كبير في تلبية احتياجات الأنسان (Thompson, 1999). في السنوات السابقة تعرض العراق لموجة جفاف كبيرة أنتجت ردود فعل مؤثرة من اجل القيام بواقع العراق المائي، ومن اجل القيام بعمليات واسعة النطاق لتقليل الهدر في استخدام المياه وفي نفس الوقت الاستفادة من المياه الزائدة عن الحاجة من خلال خزنها في السدود أو غيرها لذلك تعتبر الموارد المائية هي المحور الذي يرتكز عليه توسع المناطق الزراعية والسياحة وتوليد الطاقة الكهربائية والاعتماد على سياسة مائية مثلى تقوم على أساس استثمار هذه الموارد بشكل أمثل (Ministry of Water Resources, 2010). ولكون السدود هي من اهم المنشأت المائية، فيعد انهيارها من أخطر الكوارث المتعلقة بمشاريع الهندسة المدنية لما لها من أضرار مادية وبشرية مع ازدياد ارتفاع السدود وبسبب ضرورة إنشاء سدود وبخاصة في مواقع ذات طبيعة جيولوجية غير مناسبة فأنه يزيد من نسبة المجازفة والخطورة، وذلك عند انهيار السد، فأن ذلك يقود إلى كارثة مرتبطة بخسائر بشرية ومادية كبيرة (Mariam, 2015). لذلك أصبح من الضروري في الوقت الحالي دراسة واستتباع اقصى التصاريف التي تسبب الفيضان لأجل وضع مسار آمن لحماية أرواح السكان وممتلكاتهم بسبب الموجات الفيضانية غير المحسوبة، ويتم ذلك بواسطة عملية استتباع الفيضان، إن عملية الاستتباع هي تقنية تحديد هيدروغراف الفيضان في أجزاء من النهر باستخدام بيانات التدفق في أجزاء مختلفة من المنبع (Subramanya, 2013). يعتبر تحديد مناطق الارتفاع والانخفاض لنهر في أي نقطة على النهر خلال حدث الفيضان أحد المشاكل التي تواجه أعمال الهندسة المدنية، ويتم حل هذه المشاكل من خلال عملية استتباع الفيضان (توجيه الفيضانات) والتي تعتبر عملية استتباع سلوك هيدروغراف الفيضان من المنبع أو في أتجاه مجرى النهر من نقطة إلى أخرى على النهر، (Elizabeth, 2005).

تقع منطقة الدراسة المتمثلة بسد حديثة في الجزء الشمالي الغربي من محافظة الأنبار في العراق على نهر الفرات وتمتد منطقة الدراسة من مدينة القائم باتجاه الجنوب نحو سد حديثة على نهر الفرات والذي يبعد بمسافة 7 كيلو مترات شمال مدينة حديثة، نحو منطقة الشيخ حديد، حيث يبعد عن مدينة القائم بمسافة 200 كيلو متر ويبعد عن منطقة الشيخ حديد بمسافة 2 كيلو متر، حيث يقع سد حديثة بين خطي طول ′00 ″20 °42 و ′30 ″23 °42 شرقا ودائرتي عرض ′11 ″34 °30 و ′30 ″13 °34 شمالا (شكل 1).



الشكل 1. خريطة موقع منطقة الدراسة

تهدف الدراسة إلى إجراء عملية استتباع جديدة ومبتكرة لم تستخدم سابقا من اجل معرفة سلوك الخزان خلال الفيضانات في الظروف الاعتيادية وخلال ظروف الجفاف، إضافة إلى تحديد المنسوب الأمثل للتشغيل واقتراح برنامج تشغيلي من اجل تخفيف الموجات الفيضانية من خلال السيطرة على التصاريف الخارجة من بوابات ومطفح السد وبقية المنافذ.

ناقشت الكثير من الدراسات السابقة سواء المحلية أو العالمية موضوع السدود والخزانات والسيطرة على الفيضانات منها:

1. قيم (Al-Shammari, 2019): التسرب خلال سد حديثة غرب العراق، وتوصلت الدراسة خلال برنامج (SEEP/W2012) محاكاة واقع السد وتشخيص مناطق الضعف، وأثبتت النتائج إن الحاجز الأسفلتي بحالة جيدة ويعمل بكفاءة في الجانبين الأيمن والأيسر من السد ما عدا بعض المناطق والتي تتطلب تكثيف المراقبة عند الوصول إلى المناسيب فوق 144م فوق مستوى سطح البحر.
2. قدم (Salih, 2000): دراسة تقييم الجانب الأيمن لسد حديثة، من اجل تقييم كفاءة الحاجز الأسفلتي وستارة التحشية اعتمادا على المعلومات الحقلية المرصودة.
3. دراسة (Alwan, 2010) استتباع الفيضان بطريقة مسكنجهام الخطية في نهر دجلة باستخدام برامج حاسوبية، حيث تم بناء برامج خاصه الأول منها لإيجاد قيم (K,X,m) والثاني لحساب التصريف الخارج المتوقع من المحطة، وأدخلت النتائج المستحصله في برنامج إحصائي SPSS لحساب معامل الارتباط الخطي، نتائج طريقة مسكنجهام الخطية هي أكثر قبولا وواقعية من الطريقة اللاخطية.
4. قام (Al-Shahri, 2017) بدراسة استتباع الفيضان لنهر دجلة في بيجي وخزان سد مكحول المقترح بتشغيل افتراضي للسد، حيث استخدم نموذج الارتفاعات الرقمية DEM للتحليل الجيومتري لخزان سد مكحول المقترح من اجل عملية الاستتباع للخزان المقترح ولنهر دجلة في محطة بيجي عند المناسيب الافتراضية من 108-160 متر فوق مستوى سطح البحر.
5. صمم (Al-Jumaili, 2020) نموذج لمحاكاة لمخاطر الفيضان الناتجة عن الأحواض الموسمية القريبة من محافظة كركوك وانعكاساتها عليها، ومعرفة أماكن ذروة الفيضان والأماكن التي تتعرض للفيضان باستعمال تقنية GIS&RS.
6. درس (Gali, 2021) إدارة موجة الفيضانات من سد حمرين وقد توصل الباحثان إلى أهمية إدارة اقتراح وتصميم مهرب فيضاني من سد حمرين بعيدا عن نهر ديالى حيث يتفرع المهرب مباشرة من بحير حمرين نحو هور الشويجة.

المواد وطرق العمل

تم الحصول على البيانات الخاصة بالتصاريف الداخلة والخارجة من سد حديثة وكذلك بيانات المناسيب الخاصة بنهر الفرات من محطات القياس في القائم التابعة لإدارة مشروع سد حديثة في محافظة الأنبار. من خلال استخدام نماذج الارتفاعات الرقمية (DEM) ومن خلال نتائج التحليل الجيومتري لخزان سد البغدادي (المفترض) وبدقة 10*10 متر للبيكسل الواحد، واستخدام البرامج لإيجاد قيم العناصر الجيومترية مثل برنامج Global Mapper 21.0 وSurfer و GIS تم بناء برنامج خاص باستتباع الفيضان لخزان سد حديثة وأدرجت نتائجه في جدول (1)، ويوضح الشكل (2) مخططاً انسيابياً لمنهجية الاستتباع المبتكرة، وفي ما يلي توضيح لمنهجية الاستتباع:

1- في برنامج Excel 2013 تمت جدولة البيانات الخاصة بعملية التحليل الجيومتري وكذلك بيانات الأرصاد المائية والجوية لسد حديثة.

2- تضمن العمود الأول التاريخ Date والذي يبدأ من 1-Oct والمتمثلة ببداية السنة المائية إلى 30-Sep في السنة التي تليها والذي يمثل نهاية السنة المائية.

3- العمود الثاني تضمن جدولة أيام السنة الاعتيادية والتي تبدأ من 1 إلى 365 يوماً.

4- تم تحويل زمن القراءات والذي يساوي 1 ساعة إلى الزمن البيني In between time من خلال حاصل ضرب (1*24*60*60) في العمود الثالث.

5- في العمود الرابع أدرجت بيانات المناسيب من الأرصاد المائية والجوية لسد حديثة الخاصة بالخزان قيد الدراسة.

6- في برنامج Grapher تم إنشاء معادلة من اجل الحصول على مقدار حجم الماء في الخزان بدلالة الخزين Storage m3 وأدرجت نتائج المعادلة في العمود الخامس.

7- التصريف الداخل Input Discharge إلى سد حديثة والمسجل في محطة القائم تمت جدولته في العمود السادس.

8- تم الحصول على الحجم الداخل Input Volume من حاصل ضرب (التصريف الداخلInput Discharge في العمود السادس * الزمن البيني In between time في العمود الثالث) وسجلت نتائجه في العمود السابع.

9- من خلال برنامج Grapher تم إنشاء معادلة بدلالة عدد الأيام في العمود الثالث من اجل إيجاد مقدار الطلب (Demand m^3) فيDawn Stream وجدولت نتائجه في العمود الثامن.

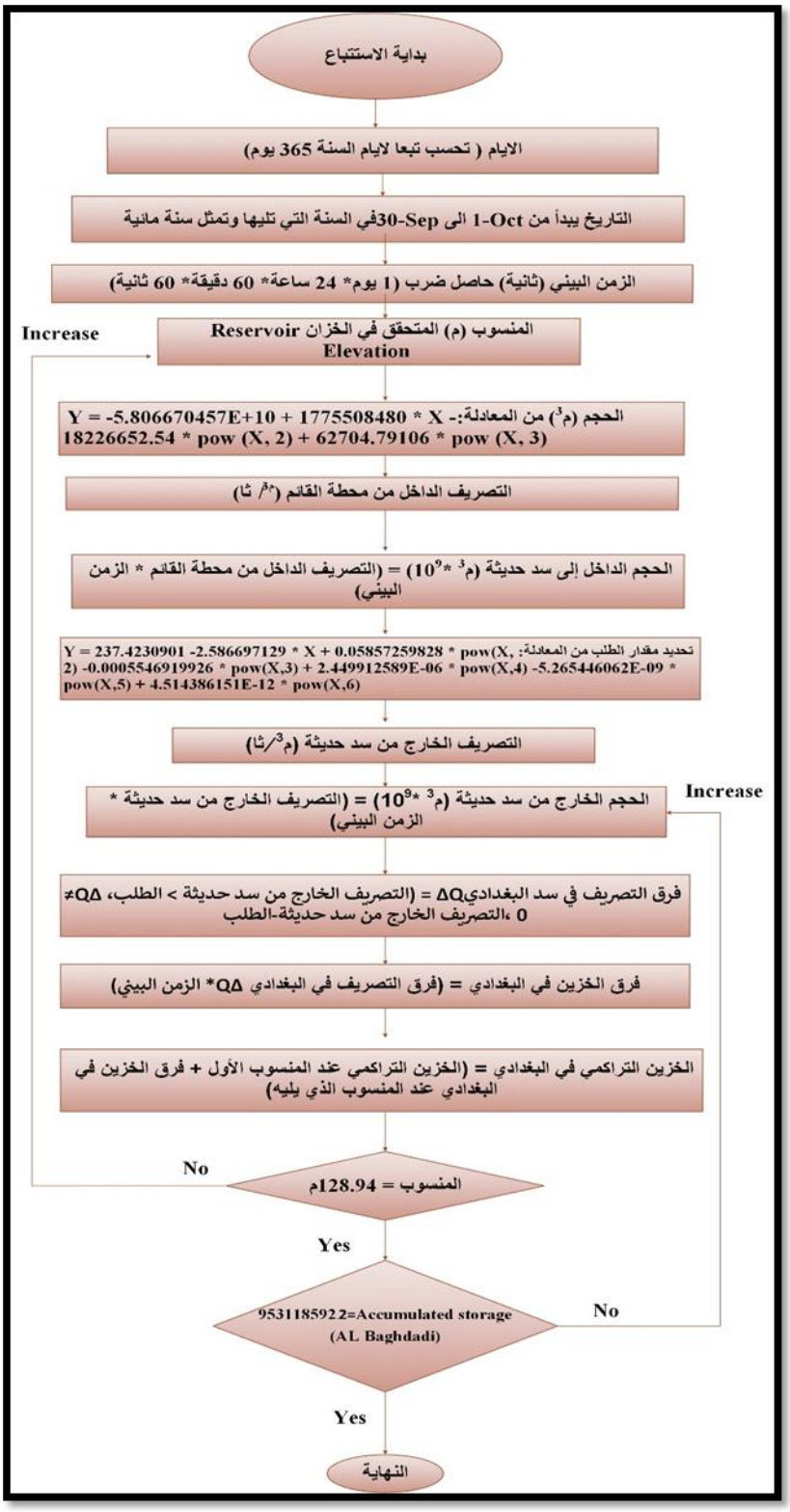
10- بيانات الأرصاد المائية والجوية الخاصة بالتصريف الخارج Output Discharge من سد حديثة أدرجت في العمود التاسع.

11- تم إيجاد الحجم الخارج Output Volume من بوابات السد والمطفح من خلال حاصل ضرب (التصريف الخارج Output Discharge في العمود التاسع * الزمن البيني In between time في العمود الثالث) وثبتت نتائجه في العمود العاشر.

12- ومن اجل إيجاد فرق التصريف ΔQ في سد البغدادي (المفترض) والذي يعتمد على مقدار الطلب Demand فأن (ΔQ= التصريف الخارج من سد حديثة Output Discharge-مقدار الطلب Demand). إذا كان الطلب Demand أكبر من الحجم الخارج Output Discharge فأن ΔQ تساوي صفراً، أي لا يتم التخزين في خزان سد البغدادي (المفترض)، بينما إذا كان التصريف الخارج من سد حديثة Output Discharge أكبر من مقدار الطلب Demand فيتم التخزين في خزان سد البغدادي (المقترح) ويتم حسابΔQ الفرق في التصريف في العمود الحادي عشر.

13- فرق الخزين ΔS في سد البغدادي يحسب من خلال حاصل ضرب (فرق التصريف ΔQ* الزمن البيني In between time في العمود الثالث) وجدولت نتائجه في العمود الثاني عشر.

14- الخزين التراكمي Accumulated storage في خزان سد البغدادي تم حسابهة في حالة كون التصريف الخارج من منافذ سد حديثة Output Discharge أكبر من مقدار الطلب Demand وبالتالي يؤدي إلى وجود فرق خزين داخل خزان سد البغدادي، وينتج عنه خزين تراكمي داخل الخزان أدرجت نتائجه في العمود الثالث عشر، يوضح شكل (2) المخطط الانسيابي لمنهجية الاستتباع.



الشكل 2. المخطط الانسيابي لمنهجية الاستتباع

النتائج والمناقشة

إن نتائج عملية الاستتباع أدرجت في جدول رقم (1)، وجدول (2)

الجدول 1. نتائج منهجية الاستتباع لسنة (2014-2015) الجافة

date	days	In between Time sec	Elevation m	Volume m^3	Input $Q(m^3/sec)$	Input vol. m^3*10^9	Demand m^3/sec	Output Q (m3/sec)	Output vol. m^3*10^9	Δ Q (AL Baghdadi)	(AL Baghdadi)	Accumulated storage (AL Baghdadi)
1-Oct	1	0	132.12	0.00	401	0	234	600	0	365.11	0	0
2-Oct	2	86400	132.01	2940648248.71	341	29462400	232	600	51840000	367.52	31753764	31753764
3-Oct	3	86400	131.92	2918965890.25	314	27129600	230	600	51840000	369.82	31952848	63706611
28-Sep	364	86400	119.66	847509455.66	209	18057600	166	24	2073600	0	0	3459286366
29-Sep	365	86400	119.83	865827724.49	324	27993600	170	59	5097600	0.00	0	3459286366
30-Sep	366	86400	120.07	892113846.94	428	36979200	173	65	5616000	0.00	0	3459286366

الجدول 2. نتائج منهجية الاستتباع لسنة (1992-1993) الفيضانية

date	days	In between Time sec	Elevation m	Volume m^3	Input $Q(m^3/sec)$	Input vol. m^3*10^9	Demand m^3/sec	Output Q (m^3/sec)	Output vol. m^3*10^9	Δ Q (AL Baghdadi)	Δ (AL Baghdadi)	Accumulated storage (AL Baghdadi)
1-Oct	1	0	142.73	0	216	0	234	314	0	79.11	0	0
2-Oct	2	86400	142.72	6362015605	284	24537600	232	288	24883200	55.52	4796963	4796963.62
3-Oct	3	86400	142.71	6357970525	407	35164800	230	305	26352000	74.82	6464847	11261811.43
28-Sep	363	86400	144.08	6928366832	303	26179200	163	351	30326400	187.10	16165111	5646206234
29-Sep	364	86400	144.08	6928366832	299	25833600	166	402	34732800	235.05	20308106	5666514341
30-Sep	365	86400	144.06	6919802557	315	27216000	170	407	35164800	236.90	20468098	5686982440

النماذج الرياضية الخاصة بالاستتباع

تم استخدام العديد من النماذج الرياضية لتوظيفها من اجل بناء برنامج الاستتباع، وذلك لأجل الحصول على برنامج متكامل يمكن تطبيقه على السدود بمختلف أنواعها، من هذه النماذج:

معادلة تحديد مقدار الطلب Demand في مؤخر الخزان Down Stream

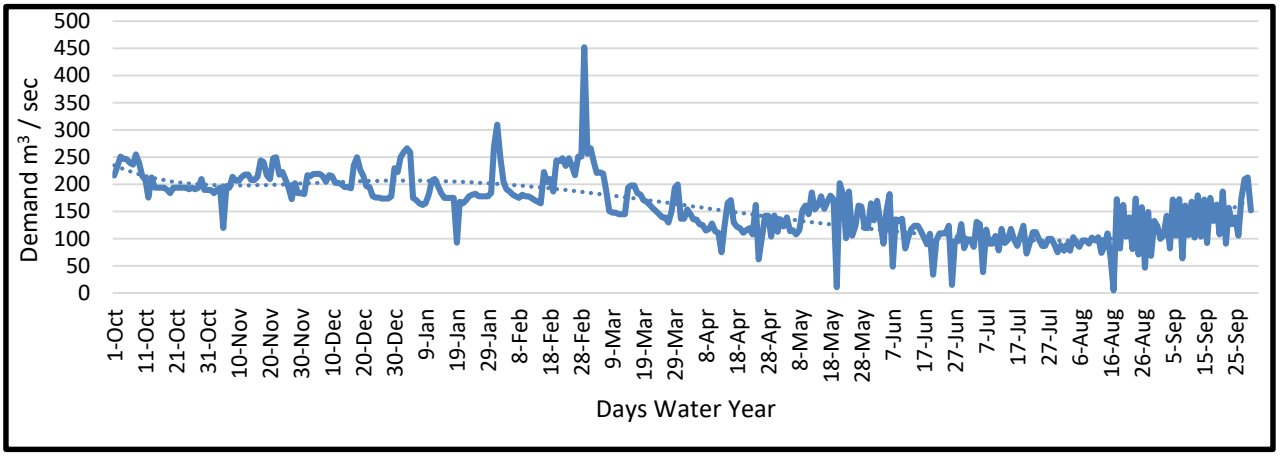
هي معادلة تم إنشاؤها في برنامج Grapher13 من اجل حساب مقدار الطلبDemand عند Down Stream وهي من العلاقات متعددة الحدود وتعتمد على متغيري الـ X الذي يمثل تسلسل أيام السنة المائية والـ Y الذي يمثل مقدار الطلب(شكل 3) وذلك من اجل معرفة هل يوجد هدر في استهلاك المياه عند Down Stream، ونلاحظ إنه في شهري تموز وأب هناك طلب اقل على المياه ويعود السبب في ذلك السياسة المتبعة للإطلاقات الخارجة من سد حديثة، حيث تكون الإطلاقات فقط على قدر الحاجة لمياه الشرب وذلك لعدم وجود خطة صيفية للإطلاقات على نهر الفرات خلال موسم الصيف، معادلة (1).

$$y = 237.4230 – 2.5866 * X + 0.0585 * pow (X, 2) – 0.0005 * pow (X,3) + 2.4499E – 06 * pow (X, 4) – 5.2654E – 09 * pow (X,5) + 4.514386151E – 12 * pow (X,6) \ldots\ldots 1$$

حيث ان:

X: تسلسل أيام السنة المائية.

Y: مقدار الطلب (demand m^3/sec).



الشكل 3. علاقة مقدار الطلب Demand m^3 مع أيام السنة المائية Days Water Year

علاقة المنسوب – الخزين في خزان سد حديثة

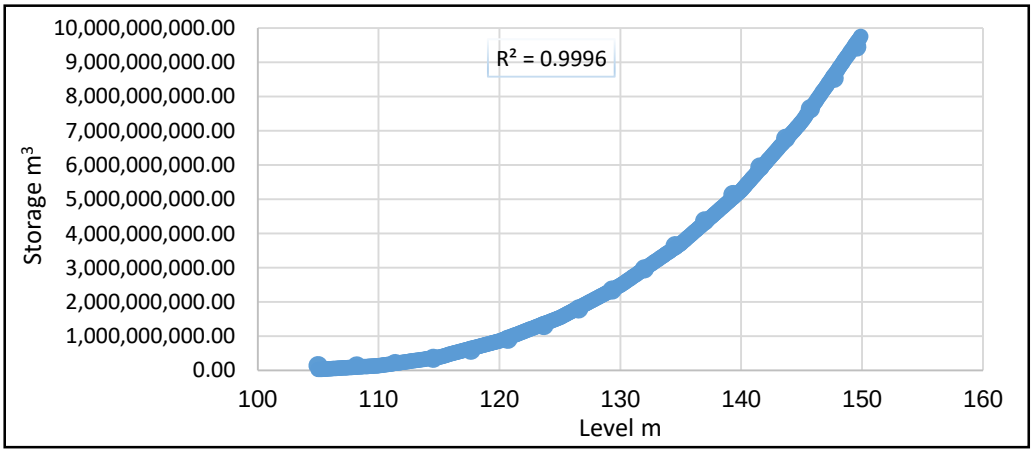
هي من المعادلات التي تم إنشاؤها في برنامج Grapher13 واشتقت بدلالة منسوب الخزان Reservoir Elevation والخزين المتحقق في الخزان Storage m^3 . يوضح الشكل (4) الصيغة البيانية للمعادلة حيث يوضح الشكل مرور الخزان بثلاث مراحل، الأولى تبدأ من منسوب 105م وتنتهي عند منسوب 125م حيث يكون النهر في مجراه الطبيعي، وتبدأ المرحلة الثانية من منسوب 126م وتنتهي عند 135م حيث يخرج النهر من مجراه الطبيعي نحو السهل الفيضي، بينما المرحلة الثالثة تبدأ من منسوب 136م وتنتهي عند منسوب 150م حيث يخرج النهر نحو الشرفات النهرية. وتدل قيمة الترابط العالية على إن درجة تواصل زيادة الخزين مع زيادة المنسوب وهي علاقة قوية جدا ومتماسكة، وتوضح المعادلة (2) الصيغة المشتقة بدلالة المنسوب وهي علاقة متعددة الحدود بدلالة متغيري الـ X الذي يمثل المنسوب بوحدة م، والـ Y الذي يمثل مقدار الخزين بوحدة $م^3$.

الصيغة الحسابية:

$$y = - 5.8066E + 10 + 1775 * X – 18226652.54 * pow (X, 2) + 62704.7910 * pow (X,3) \ldots\ldots 5.5$$

حيث إن:

X= المنسوب بوحدات م Y = مقدار الخزين بوحدات $م^3$.



الشكل 4. يبين علاقة منسوب الماء (m) ومقدار الخزين (m^3) المتحقق في الخزان

فرضيات الاستتباع

تم اعتماد هذه الفرضيات كأساس لبناء برنامج خاص وجديد بعملية الاستتباع من خلال بيانات واقعية تم قياسها في محطة القائم الواقعة في Up Stream وهي بيانات تمثل التصاريف الداخلة والخارجة من السد وبيانات المناسيب ويمكن من خلال هذه البيانات استنتاج بيانات عديدة وفق المنهجية المبتكرة الجديدة ومسندة بأساس علمي.

الفرضية الأولى:

إن التصريف Discharge المسجل في محطة القائم هو نفس التصريف الداخل إلى خزان سد حديثة مع إهمال مقدار التبخر على التصاريف الداخلة والخارجة من السد، لكون نسب التبخر التي تشير اليها الدراسات السابقة متضاربة ولم تعتمد في الدراسة الحالية، وهي بحاجة لدراسة تفصيلية، لكن في هذه الدراسة اعتبر التبخر سبب من أسباب تضارب فرق الخزين المحسوب بطرق مختلفة.

الفرضية الثانية:

إهمال كمية المياه التي يتم استهلاكها ما بين محطة القائم وسد حديثة لأغراض الزراعة وغيرها وذلك لان عمليات الاستهلاك الخاصة بالزراعة والمصانع تتوقف خلال الفيضان لعدم الحاجة لها وذلك جاء من صعوبة

تشغيل المضخات الخاصة بها خلال فترة الفيضان وعكوره الماء وبالتالي يصعب معالجتها لاحقا، بالإضافة إلى إن كمية الماء المستهلك من قبلها قليل جدا مقارنة بطاقة تصريف النهر.

الفرضية الثالثة:

مقدار التصريف الداخل إلى المحطات في Downstream مساوي تقريبا للتصريف الخارج من بوابات السد gates، والمطفح spillway، وممرات الأسماك، والتسرب Seepage ومناطق التصريف الأخرى في السد..

الفرضية الرابعة:

تم افتراض إن مقدار الطلب Demand.كان اقل قيمة عند جميع المناسيب وفي جميع الإطلاقات

الفرضية الخامسة:

في حالة كون مقدار الطلب Demand أكبر من التصريف المطلق من سد حديثة Output Discharge في هذه الحالة لا يتم التخزين في سد البغدادي.

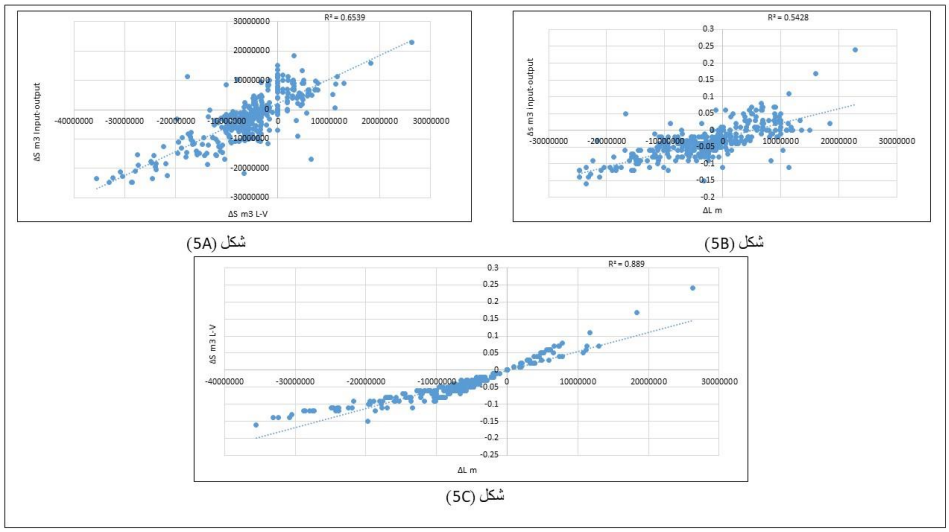
الفرضية السادسة

استنادا إلى عمليات التحليل الجيومتري الخاص بخزان سد البغدادي (المفترض) وبرنامج الاستتباع الذي تم بناؤه، فأن الوصول إلى الخزين التراكمي الأقصى داخل السد يتحقق عند المنسوب 128.94م ويتم خلال 37 يوم.

حسابات فرق الخزين

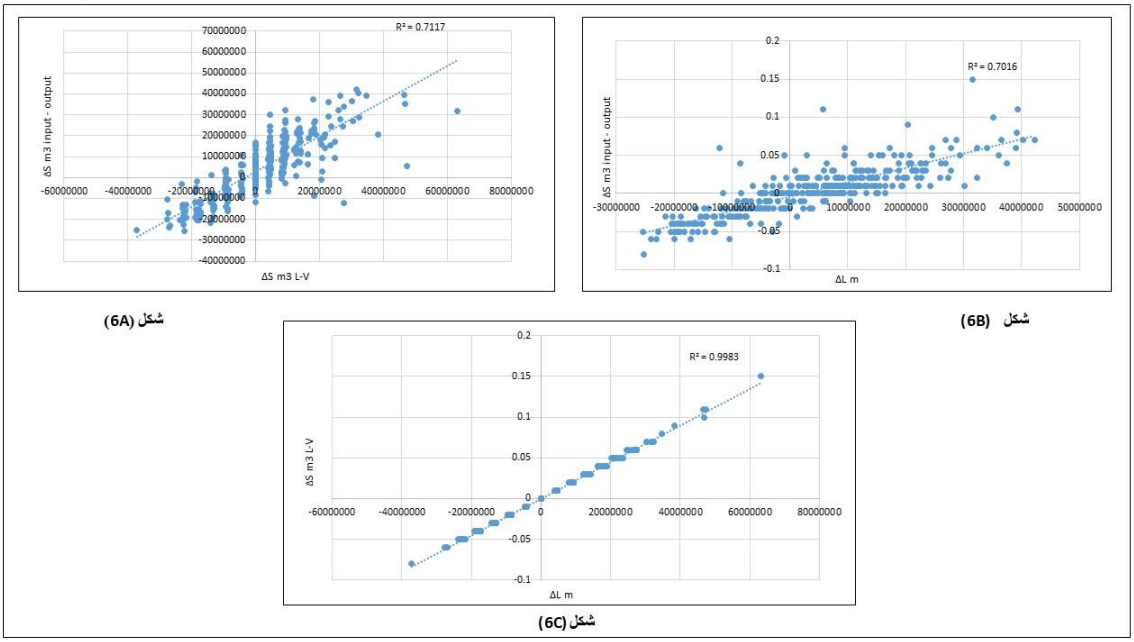
لقد تم حساب فرق الخزين ΔS بطرق مبتكرة وجديدة تمكن من القيام بعملية سيطرة على الموجات الفيضانية وتقليل الزخم الحاصل منها، ومن اجل إكمال عملية الاستتباع تم اختيار سنتين أحدهما فيضانية والأخرى جافة اعتمادا على التغاير في التصاريف خلال سنوات المراقبة، وكذلك مقدار الساقط المطري خلال السنة الرطبة والسنة الجافة، وهذه السنوات وهي سنة (2014–2015) التي تعتبر جافة و تم اختيار هذه السنة على أساس مقدار الفرق ما بين التصريف الداخل Input discharge والتصريف الخارج من بوابات السد Output discharge، ففي حالة كون التصريف الداخل أكبر من التصريف الخارج سوف تتركز قيم ال ΔS في القيمة السالبة، وهذا يعطي دليلاً على كون السنة جافة، والسنة الفيضانية (1992–1993) حيث يكون مقدار Input discharge اقل من Output discharge، وبهذه الحالة تكون قيم ΔS متركزة في القيم الموجبة. ومن اجل إنجاز عملية الاستتباع تم حساب ΔS بطريقتين: الأولى من خلال معادلة تم بناؤها في برنامج Grapher بدلال المنسوب– الحجم، والثانية من حاصل طرح (Input volume-Output volume) ومن خلال القيم الخاصة بكل ما ذكر تم إيجاد العلاقة ما بين الـ ΔS بكلتا الطريقتين وكذلك العلاقة ما بين كل من هذه الـ ΔS مع فرق المنسوب ΔL للسنة الجافة (2014–2015) في شكل (5A, 5B, 5C)، بينما الشكل (6A, 6B, 6C) يوضح علاقة فرق الخزين ΔS في السنة الفيضانية (1992–1993).

يوضح الشكل (5A) علاقة فرق الخزين ΔS المحسوبة بدلالة المنسوب– الحجم (L-V) والـ ΔS المحسوبة من حاصل طرح Input volume-output volume حيث يتم ملاحظة عدم تركز البيانات على خط مستقيم وتذبذبها نتيجة التباين، وهذا التباين ناتج عن عدة أسباب؛ بينما يوضح الشكل (5B) علاقة ΔS المحسوبة بطريقة input vol.- output vol. مع الفرق في المنسوب ΔL، وفي حالة إيجاد العلاقة مع المنسوب L فسوف تعطي القيم نفسها. إن تركيز القيم على الخط المستقيم يكون قليل جداً، ويعود السبب وراء هذا التذبذب هو تباين القيم بسبب عدة عوامل وإحدى هذه الأسباب هو عدم السيطرة على قيم Input volume الداخلة إلى الخزان بسبب الفيضانات غير المتوقعة أو بسبب تغير العوامل الجيومترية الخاصة بمقطع الخزان، ويوضح الشكل (5C) علاقة ΔS الناتجة من المعادلة الخاصة بـL-V مع الفرق في المنسوب ΔL التي توضح تركيزاً أكبر للقيم على خط مستقيم بشكل أكبر من العلاقات السابقة، ويعود السبب في ذلك إلى كون الـ ΔL عامل مؤثر استخدم في إيجاد الـΔS بدلالة معادلة المنسوب–حجمL-V، هذه النتائج تساعد في إيجاد الأسباب الخاصة بالتباين والتي تعتبر السبب الرئيس في عدم تطابق نتائج الـΔS التي تم حسابها بطريقتين.



الشكل 5A. علاقة ΔS m^3 L-V مع ΔS m^3 input vol –output vol، (5B) علاقة ΔS m^3 input vol-0utput vol مع الفرق في المنسوب ΔL m، (5C) علاقة ΔS m^3 L-V مع فرق المنسوب ΔL m للسنة (2014–2015).

علاقة الـ $\Delta S\ m^3$ L-V مع الـ $\Delta S\ m^3$ input vol.-output vol. للسنة الفيضانية توضح تذبذباً كبيراً للقيم على جانبي الخط المستقيم مع ملاحظة وجود قيم تتركز بشكل خط مستقيم عند قيمة 0 ويعود السبب إلى كون القيم الناتجة من معادلة L-V تساوي 0 بسبب عدم تغير المنسوب (شكل 6A)، وفي علاقة $\Delta S\ m^3$ input vol.-output vol. مع الفرق في المنسوب $\Delta L\ m$ نلاحظ تذبذب القيم بشكل واضح مع ملاحظة شذوذ بعض القيم بعيدا عن الصفر (شكل 6B)، علاقة فرق الخزين ΔS المقاس من معادلة المنسوب–حجم مع فرق المنسوب ΔL تعطي قبولا أكثر لكون القيم تتركز على خط مستقيم وتقاطعها يكون عند الصفر ويعود سبب في ذلك إلى وجود المنسوب كعامل مؤثر في المعادلة التي تم بناؤها في برنامج Grapher وإيجاد فرق الخزين منها (شكل 6C).



الشكل 6A. $\Delta S\ m^3$ L-V مع $\Delta S\ m^3$ input vol –output vol، (6B) علاقة $\Delta S\ m^3$ input vol-0utput vol مع الفرق في المنسوب $\Delta L\ m$، (6C) علاقة $\Delta S\ m^3$ L-V مع فرق المنسوب $\Delta L\ m$ للسنة (1992-1993).

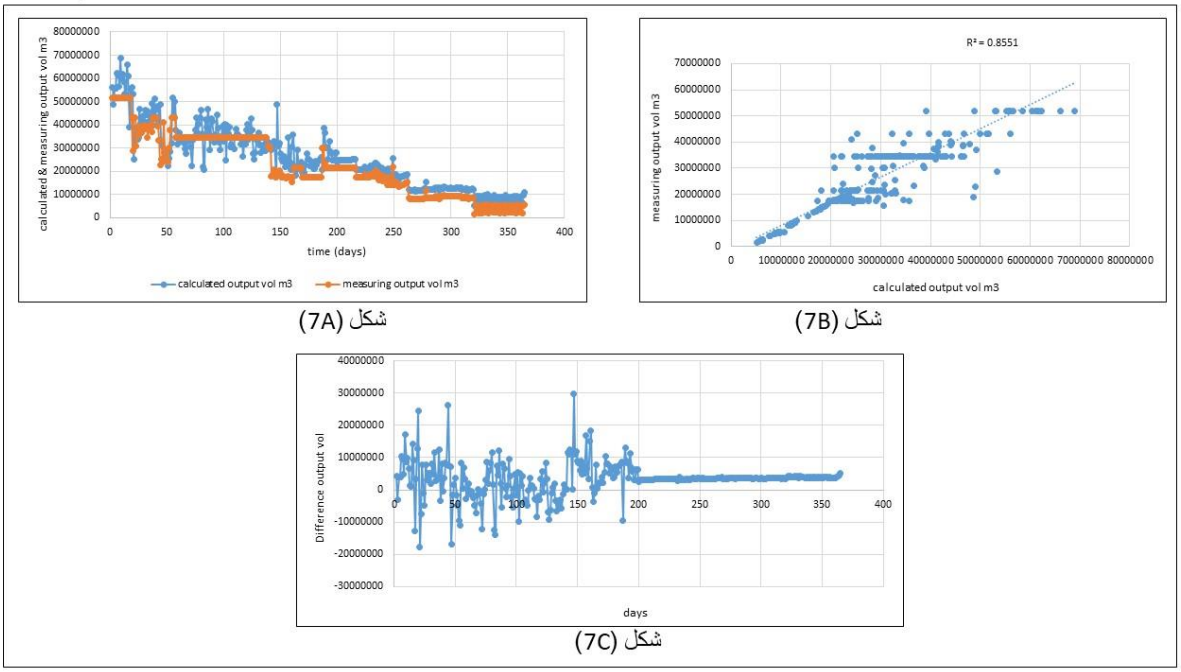
إيجاد الحجوم الخارجة Output Volume بدلالة الحجوم الداخلة للسنة الجافة (2014-2015) والسنة الفيضانية (1992-1993).

يهدف برنامج الاستتباع في الدرجة الأساس إلى درء مخاطر الفيضانات والتوصل إلى برنامج تشغيلي خاص بالسدود يكون أكثر أماناً، ويمكن من خلال هذا البرنامج معرفة التصريف وما يقابله من فرق الخزين الذي يحقق المنسوب الأمثل في داخل خزان السد. من خلال البيانات الخاصة بتصاريف السد تم إيجاد الحجوم الداخلة اعتمادا على التصاريف الخاصة بالسنوات (2014–2015 الجافة) و (1992–1993 الفيضانية)، بينما توضح العلاقة بين كل من calculated and measured output vol. مع الوقت time (days) مدى الفرق بين الحجم الخارج المحسوب والحجم الخارج المقاس، ونلاحظ حصول تناغم فيما بين الحجم الخارج المقاس والمحسوب، وتتم ملاحظة إن القيم السالبة تكون نادرة جدا، ونلاحظ إن الحجم الخارج المحسوب يكون متذبذباً بشكل كبير على خلاف الحجم الخارج المقاس الذي يكون بالعادة smooth، ولذلك لكون التسرب seepage يعتبر ضمن الـ Calculated Q m^3/s بينما الـ Measured Q m^3/s لا تتضمن قياس التسرب seepage. يوضح (شكل 7A) في القيم الأخيرة وجود استقرار وعدم وجود تذبذب في الحجم الخارج بمعنى استقرار الخزان. وللتأكد من مقدار صحة النتائج الصادرة عن القيم السابقة، تم رسم علاقة فيما بين الحجم الخارج المحسوب.calculated output vol والحجم الخارج المقاس measured output vol. لمعرفة مدى توافق القيم مع بعضها. توضح العلاقة في الشكل(7B) النقاط التي تتوافق عندها هذه القيم والتذبذب الحاصل في بعض النقاط ومدى التوافق بين قيم كل من الحجم المحسوب والمقاس. إن هذا التذبذب ناتج عن مصادر عدة من التباين تم ذكرها سابقا، ولعل

اهم أسبابه هو التسرب الحاصل خلال جسم السد والذي لا يخضع لقوانين القياس، وبالتالي يعطي قيماً متباينة بشكل واضح (جدول 3)، ومن اجل إيجاد الفرق الحاصل بالتباين أو مقدار التذبذب الذي يحصل ما بين كل من calculated output vol. و measured output vol. تم إيجاد الفرق بينهما difference output vol. من خلال رسم علاقة ما بين القيم الناتجة من حاصل طرح الحجم المحسوب calculated output vol. – الحجم المقاس measured output vol. موضحا في الشكل (7C).

الجدول 3. بيانات الحجم الخارج المقاس measured output vol. والحجم الخارج المحسوب calculated output vol. بدلالة الحجم الداخل input vol. للسنة (2014-2015).

Days	Time (sec)	Input Discharge(m^3/s)	Input volume m^3	Reservoir level (m)	Volume (m^3) L-V	ΔS m^3	Calculated output vol m^3	Output Discharge (m^3/s)	Measured output vol m^3	Calculated Q m^3/s	Measured Q m^3/s	Vol Diff
1	0	401	0	132.12	2967294276		0	600	0	0	0	1
2	86400	341	29462400	132.01	2940648249	-26646027	56108427	600	51840000	649	600	4268427
3	86400	314	27129600	131.92	2918965890	-21682358	48811958	600	51840000	565	600	-3028041
364	86400	209	18057600	119.66	847509455.7	11720961	6336638	24	2073600	73	24	4263038
365	86400	324	27993600	119.83	865827724.5	18318268	9675331	59	5097600	112	59	4577731
366	86400	428	36979200	120.07	892113846.9	26286122	10693077	65	5616000	124	65	5077077



شكل (7A)

شكل (7B)

شكل (7C)

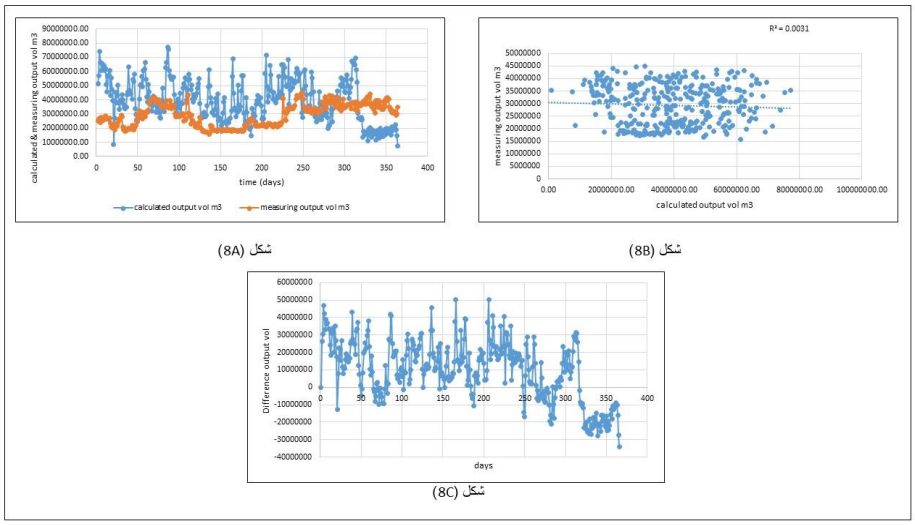
الشكل 7A. علاقة الحجم الخارج المحسوب calculated output vol. والمقاس measured output vol. مع الزمن time(days)، (7B) علاقة الحجم الخارج المحسوب Calculated output vol. مع الحجم الخارج المقاس measured output vol.، (7C) علاقة فرق الحجم الخارج Difference output Vol. مع الزمن (أيام) للسنة (2014–2015).

وبينت العلاقة بين الحجم الخارج المقاس measured output vol والحجم الخارج المحسوب calculated output vol مع الزمن time(days) للسنة (1992–1993) مدى التذبذب الكبير في الحجم الخارج المحسوب ولذلك

لكون الحجم المحسوب يضاف اليه حجم التسرب seepage الخارج من الخزان، ولكونه لا يخضع لقوانين القياس الخاصة في بوابات السد ولا يتم قياسه مع الحجم المقاس الخارج من البوابات (جدول 4)، ومن ملاحظة العلاقة بينهما في شكل (8A) نجد إن الحجم الخارج المحسوب اعلى بكثير من المقاس، وهذا يدل على عدم استقرار الخزان خلال هذه الفترة وتعرضه لعدة موجات فيضانية ولكون التسرب يحسب فنلاحظ ارتفاع كبير في قيم الحجم الخارج المحسوب، وهذه هي احدى الأدلة التي تثبت كون هذه السنة فيضانية، بينما الحجم الخارج المقاس يتذبذب في قيم منخفضة جدا اقل بكثير من الحجم المحسوب ما عدا في القيم الأخيرة نلاحظ انخفاض الحجم المحسوب ويقابله ارتفاع في الحجم المقاس، وهذا يدل على انتهاء الموجات الفيضانية واستقرار الخزان. بينما علاقة كل من الحجم الخارج المحسوب والمقاس مع بعضهما توضح تبايناً غريباً جداً، حيث تتركز القيم في المنتصف على شكل دائري وعدم إتباعها سياق الخط المستقيم، مما يعطي تأثيراً كبيرً لعوامل التباين (شكل 8B). ومقدار الفرق بين الحجم الخارج المقاس measured output vol. والحجم الخارج المحسوب calculated output vol. توضحه العلاقة في الشكل (8C) حيث هناك فرق كبير في قيم كل منهما، ونلاحظ وجود قيم في الاتجاه السالب لكن بنسب قليلة جداً، أي ان الحجم المقاس أكبر من الحجم المحسوب.

الجدول 4: بيانات الحجم الخارج المقاس measured output vol. والحجم الخارج المحسوب calculated output vol. بدلالة الحجم الخارج input vol. للسنة (1992-1993).

Days	time (sec)	Input Discharge(m^3/s)	input volume m^3	Reservoir level (m)	Volume (m^3) L-V	ΔS m^3	calculated output vol m^3	Out Put Discharge (m^3/s)	measured output vol m^3	calculated Q m^3/s	measured Q m^3/s	Vol Diff
1	0	216	0	142.73	2967294276	0	0.00	314	0	592	0	0
2	86400	284	24537600	142.72	2940648249	-26646027	51183627	288	24883200	658	288	26300427
3	86400	407	35164800	142.71	2918965890	-21682358	56847158	305	26352000	857	305	30495158
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
364	86400	305	26352000	144.08	835788493	7405056	18946944	335	28944000	167	335	-9997056
365	86400	303	26179200	144.08	847509455	11720962	14458238	351	30326400	87	351	-15868162
366	86400	299	25833600	144.08	865827724	18318269	7515331	402	34732800	11	402	-27217469



شكل (8A)

شكل (8B)

شكل (8C)

الشكل 8A. علاقة الحجم الخارج المحسوب calculated output vol. والمقاس measured output vol. مع الزمن time(days)، (8B) علاقة الحجم الخارج المحسوب Calculated output vol. مع الحجم الخارج المقاس measured output vol.، (8C) علاقة فرق الحجم الخارج Difference output Vol. مع الزمن (أيام) للسنة (1992-1993).

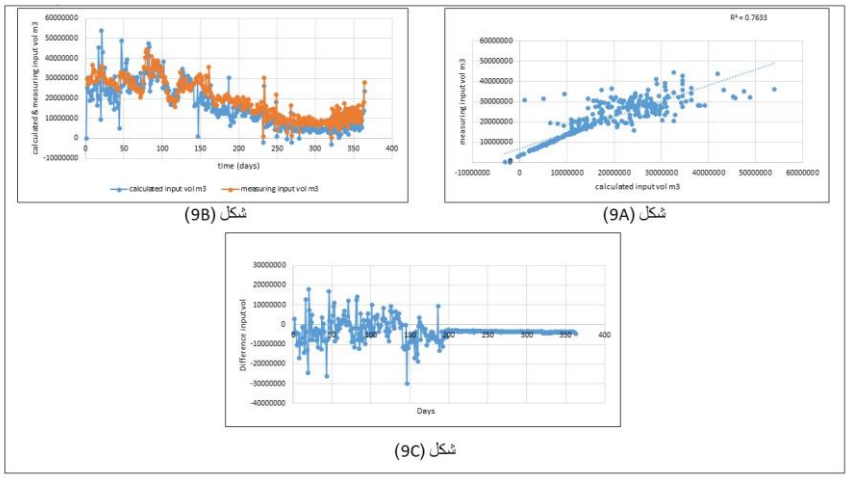
إيجاد الحجوم الداخلة Input Volume بدلالة الحجوم الخارجة للسنة الجافة (2014-2015) والسنة الفيضانية (1992-1993).

أوضحت العلاقة ما بين ألزمن time(days) مع الحجم الداخل المحسوب .calculated input vol والحجم الداخل المقاس .measured input vol وجود تذبذب كبير في نتائج الحجم الداخل المحسوب مقارنة بالمقاس ويعود ذلك إلى كون الحجوم الداخلة إلى خزان السد تكون غير مسيطر عليها ولا تخضع لعمليات قياس كما هو الحال بالنسبة للحجوم الخارجة من بوابات السد، لذلك تكون متباينة بشكل كبير، بينما الحجم الداخل المحسوب يكون منخفضاً في اغلب النقاط ما عدا في القيم الأخيرة نلاحظ انخفاضاً في قيم الحجم الداخل المقاس، ويعود سبب ذلك إلى عوامل التباين، وأدرجت بيانات الحجوم الداخلة لسنة (2014–2015) في جدول (5) وشكل (9A). ومن اجل معرفة مقدار التباين الحاصل في قيم الحجم الداخل سواء المحسوب أو المقاس، تم رسم علاقة بين الحجم الداخل المحسوب .calculated input vol والحجم الداخل المقاس .measured input vol مع ملاحظة إن القيم تتركز على الخط المستقيم بشكل كبير وتعطي معامل ارتباط كبير، وبعض القيم الأخرى تتركز على جوانب الخط المستقيم بشكل عشوائي، هذه العشوائية هي أحد أسباب التباين الناتجة سواء عن التسرب seepage أو تغير العناصر الجيومترية الخاصة بالخزان وغيرها (شكل 9B). لمعرفة مقدار الفرق ما بين الحجم الداخل المقاس والمحسوب .Diff input vol، تم رسم علاقة توضح مقدار الفرق بينهما، ويلاحظ تركز القيم في الاتجاه الموجب، وهذا دليل على كون الحجم الداخل المحسوب أكبر من الحجم الداخل المقاس (شكل 9C).

كما تم رسم علاقة بين الحجم الداخل المقاس والمحسوب مع الزمن time(days) الخاص في السنة المائية (1992–1993) (جدول 6)، وعلى غرار الحجم الخارج فأن الحجم الداخل المقاس يعطي نتائج مرتفعة جدا اعلى بكثير من نتائج الحجم الداخل المحسوب يتوضح في شكل (10A) إن مقدار التذبذب في الحجم الداخل كبير جدا مقارنة مع الحجم الخارج المشار اليه سابقا، وهذا يدل على إن التسرب seepage يحصل به تأخير delay وتظهر نتائج مختلفة كليا عن الحجم الخارج المحسوب والمقاس لنفس السنة المائية، وتظهر علاقة الحجم الداخل المحسوب calculated input vol. مع الحجم الداخل المقاس .measured input vol عدم استقرار وتركز للقيم بعيدا عن الخط المستقيم وبشكل عشوائي، (شكل 10B)، وتظهر علاقة الفرق في الحجم .difference input vol تركزاً للقيم في الاتجاه السالب وبنسبة كبيرة وذلك بسبب كون الجم الداخل المقاس أكبر بكثير من المحسوب، ويعود سبب ذلك إلى تعرض الخزان لفترات عدم استقرار وعوامل أدت إلى حصول تباين كبير في العلاقة بين الحجم الداخل المقاس والمحسوب(شكل 10C).

الجدول 5. بيانات الحجم الداخل المقاس .measured input vol والحجم الداخل المحسوب .calculated input vol بدلالة الحجم الخارج .output vol للسنة (2014-2015).

Days	time (sec)	Out Put Discharge(m^3/s)	output volume m^3	Reservoir level (m)	Volume (m^3)	ΔS m^3	calculated input vol m^3	Input Discharge(m^3/s)	measured input vol m^3	calculated Q in m^3/s	measured Qin m^3/s	Vol Diff
1	0	600	0	132.12	2967294276		0	401	0		0	0
2	86400	600	51840000	132.01	2940648249	-26646027	25193972	341	29462400	292	341	-4268427.101
3	86400	600	51840000	131.92	2918965890	-21682358	30157641	314	27129600	349	314	3028041.539
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
363	86400	24	2073600	119.66	847509455	11720961	13794561	209	18057600	160	209	-4263038.292
364	86400	59	5097600	119.83	865827724	18318268	23415868	324	27993600	271	324	-4577731.17
365	86400	65	5616000	120.07	892113846	26286122	31902122	428	36979200	369	428	-5077077.551



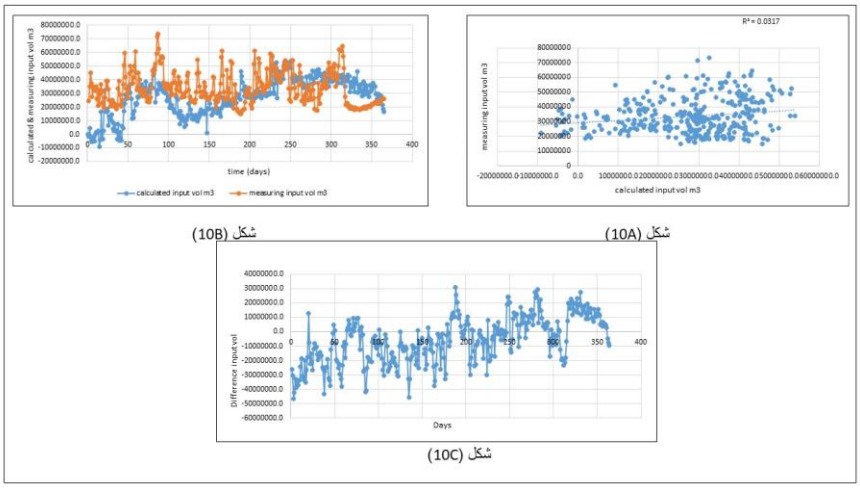
شكل (9B) شكل (9A)

شكل (9C)

الشكل 9A. علاقة الحجم الداخل المحسوب .calculated input vol والمقاس .measured input vol مع الزمن (time(days، (9B) علاقة الحجم الداخل المحسوب .Calculated input vol مع الحجم الداخل المقاس .measuring input vol، شكل (9C) علاقة فرق الحجم الداخل .Difference input Vol مع الزمن (أيام) للسنة (2014–2015).

الجدول 6. بيانات الحجم الداخل المقاس .measured input vol والحجم الداخل المحسوب .calculated input vol بدلالة الحجم الخارج .output vol للسنة (1992-1993).

Days	time (sec)	Out Put Discharge(m^3/s)	output volume m^3	Reservoir level m	Volume m^3	ΔS m^3	calculated input vol m^3	Input Discharge(m^3/s)	measured input vol m^3	calculated Q in m^3/s	measured Qin m^3/s	Vol Diff
1	0	314	0	142.73	2967294276		0	216	0	0	0	0
2	86400	288	24883200	142.72	2940648249	-26646027	-1762827	284	24537600	-20	284	-26300427
3	86400	305	26352000	142.71	2918965890	-21682358	4669641	407	35164800	54	407	-30495158
364	86400	351	30326400	144.08	847509455	11720961	18605438	303	26179200	215	303	-7573761
365	86400	402	34732800	144.08	865827724	18318268	16414531	299	25833600	190	299	-9419068
366	86400	407	35164800	144.06	892113846	26286122	8878677	315	27216000	103	315	-18337322



شكل (10B) شكل (10A)

شكل (10C)

الشكل 10A. علاقة الحجم الداخل المحسوب .calculated input vol والمقاس .measured input vol مع الزمن (time(days، (10B) علاقة الحجم الداخل المحسوب .Calculated input vol مع الحجم الداخل المقاس .measuring input vol، الشكل (10C) علاقة فرق الحجم الداخل .Difference input Vol مع الزمن (أيام) للسنة (1992-1993).

أسباب التباين والتذبذب في قيم فرق الخزين ΔS

1- اختلال معادلة المنسوب–حجم مع الزمن بسبب تراكم رواسب الغرين والطين داخل الخزان مع مرور الزمن مما يؤدي إلى تغير الخواص الجيومترية للخزان.

2- لكون الـ ΔS inputvol-output vol. ناتجة من حاصل طرح الحجم الخارج من الحجم الداخل ولكون الحجم الخارج مسيطر عليه من قبل البوابات بينما الحجم الداخل غير مسيطر عليه بسبب الفيضانات أو تغير في الخصائص الجيومترية مثل (انهيار الضفاف) الخاصة بالخزان.

3- يعتبر التسرب Seepage أحد أسباب التباين وذلك لكون التسرب لا يتم قياسه من البوابات وإنما بطرائق غيرها.

4- وجود جوابي أو خزانات تحت سطحية بالقرب من النهر في الDownstream قد يكون أحد الأسباب حيث يعمل على إخلال الحجم الخارج المقاس مما يعطي fluctuation واضحاً خلال الهيدروغراف

الاستنتاجات

من خلال الدراسة الحالية والتي تتضمن منهجية جديدة لاستتباع خزان سد حديثة تحت ظروف مختلفة، وإمكانية التخزين في سد البغدادي المقترح، دراسة هيدرولوجية– جيومترية على الخزانين، غربي العراق تم التوصل إلى النتائج التالية:

1- يظهر اختلاف طوبوغرافية منطقة الدراسة والعناصر الجيومرفولوجية بشكل واضح التأثير على شكل الخزان عند مناسيب مختلفة حيث يتغاير شكل الخزان تبعا لطوبوغرافية الأرض المغمورة.

2- من خلال آلية الاستتباع التي تم تطبيقها على السنة الجافة (2014-2015) تبين إن التصريف الأمثل هو ما بين 400-500 m^3/sec اعتمادا على ما ينتجه من خزين تراكمي في سد البغدادي (المفترض) والذي يقدر بحوالي (953,118,592 م^3).

3- من خلال نتائج العلاقات ما بين فرق الخزين المحسوب بطريقتين مع فرق المنسوب تم التوصل إلى وجود تباين وتذبذب معين في القيم، ويعود ذلك إلى عدة أسباب منها اختلال معادلة المنسوب–الحجم ويعود السبب في ذلك إلى تراكم الترسبات مع مرور الزمن في الخزان مما يؤدي إلى تغير العناصر الجيومترية التي على أساسها اشتقت المعادلة لحساب فرق الخزين في خزان السد وبالتالي اختلال المعادلة، بالإضافة إلى ذلك عند اشتقاق معادلة لمقطع جريان فأن توسع هذا المقطع مع مرور الزمن أو ظهور جزر جديدة يؤدي إلى تغير الخواص الجيومترية للمقطع مما يسبب اختلال المعادلة أو بسبب التسربseepage .

4- أثبتت نتائج الحجم الخارج Output volume المحسوب بدلالة الحجم الداخل Input volume لكل من السنة المائية الجافة (2014-2015) والسنة المائية الفيضانية (1992-1993) إلى وجود كمية كبيرة من التصاريف لا تتعرض لعمليات قياس من خلال البوابات وبالتالي تؤثر على دقة قراءة التصاريف في المحطات أسفل السد downstream.

5- تمثل كل منهجية تم اعتمادها ووضعها واستخلاص قيمتها كقاعدة بيانات يستخدمها المخطط أو المصمم الذي يسند اليه التصميم النهائي لمشروع وموقع السد وكذلك تحديد المنسوب الأمثل وتقليل الضائعات المائية.

6- من خلال قيم حجم الخزين لسد البغدادي (المقترح) تبين انه لا يمكنه من استيعاب الكميات الكبيرة عند موسم الفيضان التي تقدر بـ (5 مليار م3) من المياه، لذلك يجب اعتماد سدود أخرى عند مؤخر سد البغدادي (المقترح).

شكر وتقدير

أتقدم بجزيل الشكر والعرفان إلى وزارة الموارد المائية والهيئة العامة للسدود والخزانات وإدارة مشروع سد حديثة على ما قدموه من مساعدة لإنجاز هذا البحث.

المصادر

Al-Jumaili H.A., et al., 2020. Designing a Simulation Model for Flood Risks and Their Environmental Repercussions on Kirkuk District Using (GIS & RS) Technology, Al-Midan Journal for Sports, Social and Human Studies, Volume 2, Issue 5. (in Arabic) https://www.asjp.cerist.dz.

Al-Shahri, Gh.Sh., 2017. Flood Routing of the Tigris River in Baiji and the Makhoul Dam Reservoir Proposed for Virtual Operation of the Dam, Faculty of Science, Department of Applied Earth Sciences, Tikrit University, Tikrit Journal of Pure Sciences, 22 (1). (in Arabic) https://www.researchgate.net/publication/350328001.

Al-Shammari, A.M., 2019. Assessment of Leakage During the Haditha Dam in Western Iraq, Department of Applied Geosciences, Faculty of Science, University of Tikrit, MSc. Thesis. (In Arabic)

Alwan, H.H., 2010. Flood Routing by Linear Maskingham Method in the Tigris River Using Computer Programs, College of Engineering, Department of Civil Engineering, University of Karbala, University of Karbala Scientific Journal, Vol. 8, No. 1. (in Arabic).

Elizabeth M.S., 2005. Hydrology in Practice, Formerly of the Department of Civil Engineering Imperial College of Science, Technology and Medicine, 419 P. http://www.ebookstore.tandf.co.uk/.

Fenton J.D., 2019. Flood Routing Methods, Institute of Hydraulic Engineering and Water Resources Management, Vienna University of Technology, Karlsplatz, Austria, Journal of Hydrology. https://DOI.org/10.1016/j.jhydrol.2019.01.006.

Gali, H.M., et al., 2021. Managing the Flood Wave from the Hamrin Dam, College of Engineering, Department of Water Resources Engineering, University of Baghdad, Journal of the College of Engineering, Volume 27, Issue 7. (in Arabic). https://DOI.org/10.31026/j.eng.2021.07.04.

Ghalkhani, H., Golian, S., Saghafian, B., Farokhnia A., and Shamseldin A., 2012. Application of Surrogate Artificial Intelligent Models for Real-Time Flood Routing, Water and Environment Journal ISSN 1747-6585. DOI:10.1111/j.1747-6593.2012. 00344.x.

Iraqi Ministry of Resources, 2010. Reports Water Resources Reports on Iraq. (in Arabic)

Koussis A.D., 2009. Assessment and Review of the Hydraulics of Storage Flood Routing 70 years after the presentation of the Muskingum method, Hydrological Sciences Journal, 54:1: https://DOI.org/10.1623/hysj.54.1.43.

Mariam, A.M., 2015. Study of a Flood Wave Caused by the Collapse of a Dam Using the Hec-Ras Program, Faculty of Civil Engineering, Department of Water Engineering, Damascus University, MSc. Thesis (in Arabic).

Morin, E., Grodek, T., Dahan, O., Benito, G., Kulls, Ch., Jacoby, Y., Van Langenhove, G., Seely, M., and Enzel, Y., 2009. Flood Routing and Alluvial Aquifer Recharge Along the Ephemeral Arid Kuiseb River, Namibia, Journal of Hydrology, pp. 262-275. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2009.02.015.

Salih, R.A., 2000. Performance of the Right Side of Al-Qadisiya Dam. M.Sc. Thesis, Tikrit University, Tikrit, Iraq.

Subramanya, 2013. Engineering Hydrology, Published by McGraw Hill Education, Privet Limited, New Delhi, pp, 340. http://www.mhhe.com/subramanya/eh4.

Thompson S.A.,1999. Hydrology for Water Management, Department of Geography, Millersville University, Pennsylvania, USA, PP 1. http://taylorandfrancis.com