Journal of Water Resources and Geosciences
Vol. 2, No. 1 , 2023

دراسة بحثية مقارنة : تحليل وتقييم الارصاد الجيوديسية لمراقبة التحرّفات في سد الموصل

شيماء لطيف حسين *
وزارة الموارد المائية، الهيأة العامة للمساحة ، قسم التدريب والتطوير المساحي
*المؤلف المراسل: shaim.dulami@gmail.com

الخلاصة :

تعتبر السدود من المنشآت الهيدروليكية المهمة للحياة عموما والبشر بشكل خاص ، الامر الذي يتطلب معه مراقبة دورية منهجية عالية الدقة لضمان سلامة الهياكل الانشائية فيها والحفاظ على رصانة البنى التحتية لتلك المنشآت .

ولغرض توضيح فكرة هذا البحث ، أعتمدت في هذه الدراسة سد الموصل ليكون نموذج لتحليل وتقييم طبيعة الارصاد الحقلية في الشبكة الجيوديسية لمراقبة جسم السد والمنطقة المحيطة به خلال حقبة زمنية منتخبة في هذا البحث ، لقد واكبت عملية المراقبة الجيوديسية Geodetic Monitoring لسد الموصل التطور العلمي والتقني العالمي كجزء من الحداثة في انجاز العمل بدقة عالية وبسرعة يمكن من خلالها تجنب الكوارث التي قد تحصل لاسامح الله ، ركزت هذه الدراسة على شبكة المراقبة الافقية لسد الموصل بسبب تغيير التقنيات المستخدمة في الرصد الى منظومة الاقمار الصناعية GNSS مع عدم وضوح في آلية تحديد منهاج الرصد او النقاط المرجعية للرصد هذا من جانب ، ومن جانب أخر نوع البرمجات المعتمدة في حل الشبكة الجيوديسية وعزل الخطأ عن الحركة او الازاحة الحقيقية .

كلمات مفتاحية: سلامة السدود ، التحرفات ، جيوديسيا السدود ، شبكات الضبط الجيوديسي ، الازاحة الافقية للسد .

Comparative research study: Analysis and Evaluate Geodetic Observation for Deformation Monitoring in Mosul Dam

Shaimaa L. Hussein*

Ministry of Water Resources, State Commission of Survey, Department of Survey Training and Development.

*corresponding author's email : shaim.dulami@gmail.com

Abstract

In general, Dams consider as important hydraulic constructors in particular for life and humans, which requires periodic, systematic with high-accuracy monitoring to ensure the safety of the structures in them and to maintain the integrity of the infrastructure. To explain Concept of this research, Mosul Dam was adopted to be a case study in analyzing and evaluating the nature of field observations in the geodetic network for monitor deformation in the dam's body and the surrounding area at selected epochs of observation. As accompany to The development in Geomatics techniques to get high accuracy and speed through which disasters can be avoided. This study focused on the Horizontal Monitoring Network of the Mosul Dam due to the change of the Techniques monitoring uses the GNSS with no clear own Manner to enhance Geometry of Geodetic Network or determining Fix Points That use a reference station to get solutions of Network like that software adopted in solving the geodetic network to isolating the error from the movement or real displacement.

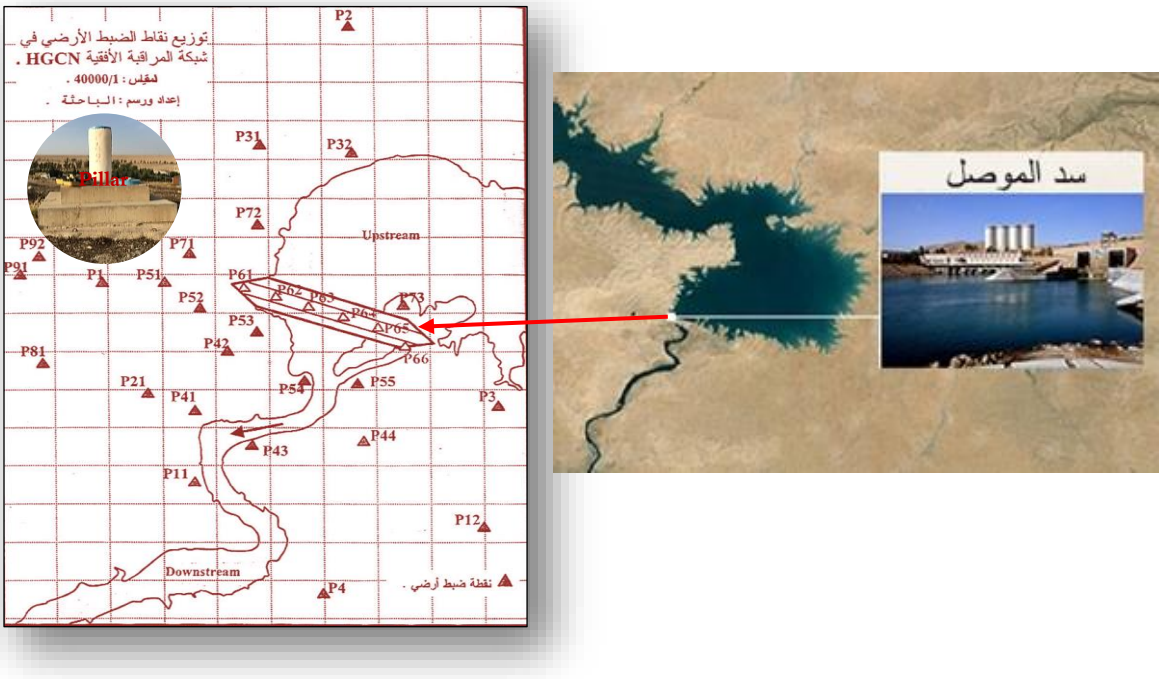
Keywords : Dam Safety, Distortions, Dam Geodesy, Geodetic Control Networks, Dam Horizontal Displacement .

المقدمة

سد الموصل من أهم المشاريع الإستراتيجية لإدارة وتنظيم موارده المياه في العراق ، بدأ بناء السد في 25 كانون الثاني 1981 في حين بدأ العمل بتاريخ 7 تموز 1986 ويعتبر مشروع متعدد الأغراض حيث يستخدم لتوفير مياه الري ومكافحة الفيضانات وتوليد الطاقة الكهرومائية . يبلغ الطول الكلي للسد 3650 شاملاً قناة تصريف المياه وبأرتفاع أجمالي يصل الى 113 متراً ، أما ارتفاعة فوق مستوى سطح الارض فيصل الى 49 متر وعرض القمة 10 أمتار عند المنسوب 341 متر .

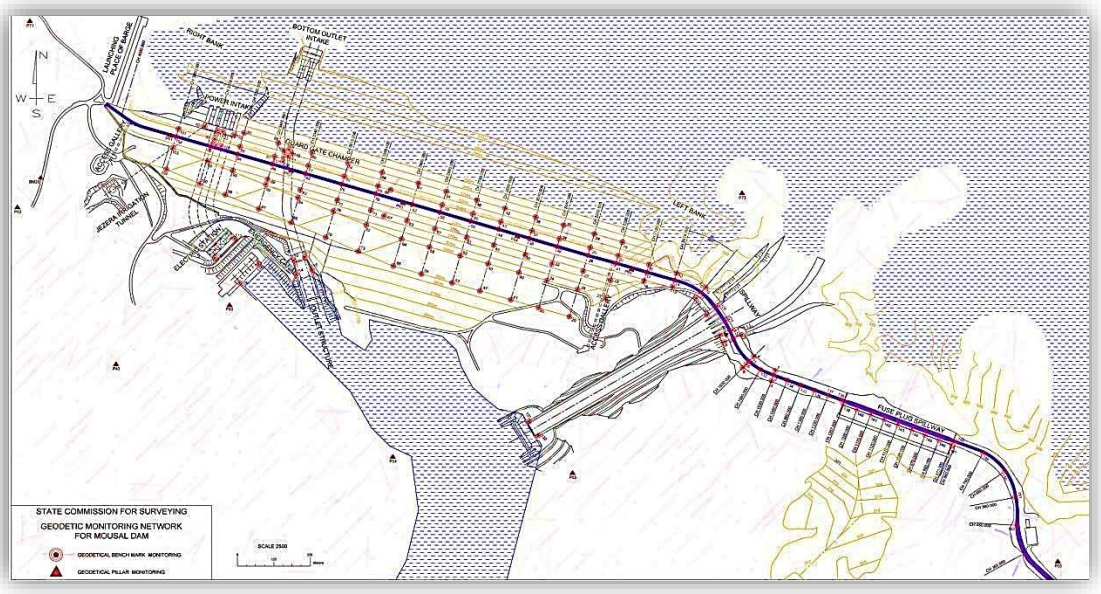
تتم مراقبة الحركة الافقية لتحديد الازاحة Displacement والحركة العمودية Settlement لجسم السد من خلال مجموعة نقاط ضبط أرضي (P) وروقم تسوية (B.M) بمسارات محدده Loops تتوزع على جسم السد Dam Site والمنطقة المحيطة به وفق معايير واسس هندسية تضمن قوة ومتانة الشكل الهندسي لنقاط الشبكة المرصودة .

تتالف شبكة المراقبة الجيوديسية الافقية Horizontal Geodetic Network لسد الموصل من 30 دعّامة (Pillar) الشكل (1) .



الشكل (1) :شكل سد الموصل وتوزيع نقاط شبكة المراقبة الجيوديسية الافقية على جسم السد والمنطقة المحيطة به .

أما الشبكة الرأسية Vertical Geodetic Network فانها تتالف من 150 راقم تسوية Bench Mark موزعة على جسم السد والمنطقة المحيطة به و 175 راقم تسوية B.M داخل نفق التحشية Gallery الذي يقع تحت جسم السد الشكل (2) .

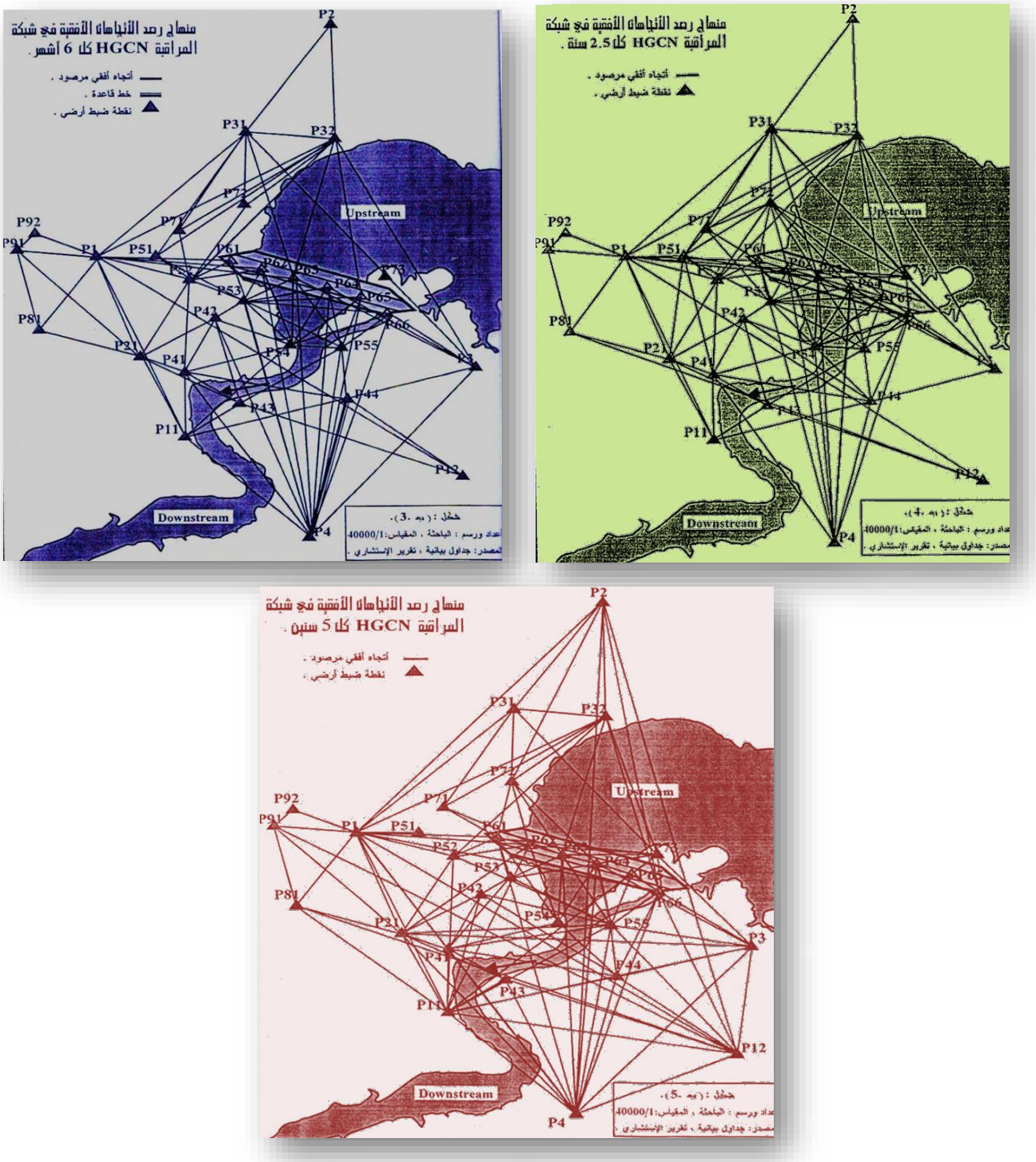


الشكل (2) . توزيع خطوط التسوية للشبكة المراقبة الجيوديسية لسد الموصل .

- منهاج رصد الشبكة الجيوديسية لسد الموصل GNMD.

تنفذ اعمال الرصد الحقلي وجمع البيانات موقعياً لنقاط الشبكة الجيوديسية بجزئيها (الأفقي HGNMD والرأسي VGNMD) وفق منهاج رصد أُعد مسبقاً من قبل فريق الإستشاريين السويسري ، يعرف هذا المنهاج علمياً بانه متعدد التغاير والتباين Multivariate Design لشبكة الرصد الهجين أو المختلط Hybrid Network والتي تتميز بالاتي :

- هي شبكة تثليث مختلط Hybrid : بعّدي Trilateration وتثليث زاوّي Triangulation في آن واحد .
- ذات 3 مناهج رصد تنفذ كل ستة أشهر وهي على التوالي : منهاج رصد كل ستة أشهر ، منهاج رصد كل 2.5 سنة ، منهاج رصد كل 5 سنوات شكل (3) .
- يوفر هذا التصميم بمناهجة الثلاثة تغطية شاملة للرقعة الجغرافية التي من المحتمل ان تكون فيها حركة ثؤثر في سلامة السد بمعنى أخر توفير بيانات جيومكانية – Geospatial Data لمنطقة جسم السد والمنطقة المحيطة به حيث تصنف بحسب القرب من جسم السد على التوالي الى : نطاق ضغط الماء ، نطاق غير المستقر ، النطاق المستقر وهي المنطقة الابعد عن جسم السد .



الشكل (3) . مناهج رصد الشبكة الجيوديسية الافقية لسد الموصل المعدة من قبل الاستشاري

- يتجانس هذا النوع من الشبكات مع التغيرات التي قد تحدث في المواقع الجغرافية لنقاط الشبكة الجيوديسية المرصودة بالاعتماد على النقاط الاكثر استقرارية من خلال تطبيق منهاج الرصد الذي وضعة الاستشاري في حينه مع أمكانية "اهمال القيم الشاذة anomalous values من الرصدات" كما جاء في تقرير الاستشاري .
- امكانية الانتقال لتنفيذ أعمال الرصد الجيوديسي بالتقنيات الحديثة انسجاماً مع التقدم العلمي والتطور التكنولوجي باستخدام نظم تحديد المواقع الجغرافية GNSS بشكل تكاملي Integral ممنهج اعتماداً على النقاط المستقره Stable Point خارج منطقة السد والتي تنسجم مع أمتداد خطوط القاعدة Base Line لتحقيق الدقة الموقعية Positional Accuracy المطلوبة.
- كما ورد في تقرير الاستشاري العديد من الملاحظات التي تعطي مرونه في أيجاد الحلول المناسبة للشبكة الجيوديسية وتكون خارطة طريق مستقبلية : منها استبعاد النقاط التي قد تشذ في قيمتها عن باقي الارصاد ، استخدام برامجيات تعديل الارصاد Adjustment تعتمد طريقة المربعات الصغرى ، اعتماد الحلول الرياضية الجزئية كمحدد للخطأ التراكمي Cumulative error أضافة الى بعض الشروط الهندسية التي تساعد في التحقق من قوة الشكل الهندسية Strength of Figure للشبكة الجيوديسية .. الخ .

- الوصف الجيولوجي لمنطقة السد Dam Site .

يسبق تنفيذ اي مشروع دراسات أولية وتحريات جيولوجية لمعرفة مدى ملائمة التربة التي سيقام عليها ذلك المشروع ولاسيما السدود ، ولهذا أجريت الكثير من الدراسات والتحريات الجيولوجية على موقع السد لتحديد ملائمة الموقع جيولوجياً لتنفيذ سد الموصل ومن هذه الشركات شركة هوجفيلد Hochtief والشركة الفرنسية سول سيلف Solseif وعدة دراسات اخرى كلها جاءت متوافقة مع تقرير فريق الاستشاريين السويسري حول وجود تكوينات جبسية في طبقات التربة تحت جسم السد وتحديداً في منطقة F-bade .

ولكن يبقى السؤال هنا ؟ حول الهدف من انشاء السد على ارض فيها كل هذه المخاطر الفنية ، ولكن ورد في العديد من الدراسات العلمية والبحوث أنه بالمقارنة مع الفوائد التي حققها السد مثل التوسع في الأراضي الزراعية ، وتلبية متطلبات البلدية ، وتوفير التخزين الاستراتيجي خاصة في الأعوام 1999 و 2000 و 2001 و 2018 التي كانت مرتبطة بمواسم الجفاف ، وبعد ثلاثة عقود من تشغيل السد ، يمكن القول بأن وجود سد الموصل ساهم في ابعاد كوارث بيئية كانت ستكون وخيمة العواقب للقطاع الزراعي وحتى للمتطلبات البلدية كما اشارت بعض المصادر العلمية التي اعتمدها هذا البحث .

- اجهزة المسح التقليدية Conventicle Survey المستخدمة في رصد الشبكة الجيوديسية لسد الموصل .

تباينت الاجهزة المستخدمة في أعمال الرصد الحقلي التقليدي لشبكة المراقبة الجيوديسية في سد الموصل من تاريخ تنفيذ دورة الرصد المرجعية (Epoch 9) في 1989 التي انجزت تحت اشراف الاستشاري السويسري ، حيث استخدم فيها اجهزة ثيودوليت T3 ، T2 عالية الدقة مع ملحقاتها اضافة الى آلة قياس المسافات دستومات (الكتروني – بصري) للشبكة الافقية ، اما الشبكة العمودية فقد استخدم جهاز التسوية الدقيقة Precise Level واستمر العمل بها لغاية نهاية تسعينات القرن الماضي ثم

استخدمت استخدم النوع الرقمي من تلك الاجهزه في ايجاد المناسيب ثم توالت سلسلة من جهاز المحطة المتكاملة Total Station عالية الدقة للحفاظ على مستوى الدقة المطلوبة في أعمال رصد السدود والحرص التام على الاخذ بعين الاعتبار ملاحظات المهندس الاستشاري وفق منهاج الرصد المعتمد Plan of observation .

وتجدر الاشارة هنا الى ان التغير في نوع الاجهزة لم يؤثر في طبيعة البيانات المرصودة والكميات المقيسة من الناحية الفنية لان اعمال الرصد كانت تنفذ على نفس محطات ونقاط الشبكة الاساسية للسد في بعض الحالات التي يكون فيها التغير بسيط ومدروس بشكل لايؤثر في النتائج النهائية للشبكة هذا من ناحية ، ومن ناحية اخرى فان مخرجات عملية الرصد هي : الزوايا ، مسافات ، اتجاهات . اي ان التغيير كان متجانس الى حد ما ، ولهذا فان البرامجيات التي كانت تستخدم في ايجاد الحلول للشبكة الجيوديسية تعتمد على فرضية التوزيع الطبيعي Normal Distribution للأخطاء العرضية Random error بطريقة المربعات الصغرى Least Square الرياضية . إذ يمكن من خلالها تحديد مقدار أخطاء الرصد في الكميات المقيسة والتحقق من وجود الازاحة الحقيقية وعزلها عن الخطأ بواسطة اختبارات احصائية عالمية معتمدة في هذا المجال .

- أيجاد حلول شبكة الرصد الجيوديسي الافقية لسد الموصل HGNMD .

ركزت هذه الدراسة على شبكة المراقبة الافقية لسد الموصل بسبب تغيير التقنيات المستخدمة في الرصد الى منظومة الاقمار الصناعية GNSS مع عدم وضوح في آلية تحديد منهاج الرصد او النقاط المرجعية للرصد هذا من جانب ، ومن جانب أخر نوع البرمجات المعتمدة في حل الشبكة الجيوديسية وعزل الخطأ عن الحركة او الازاحة الحقيقية .

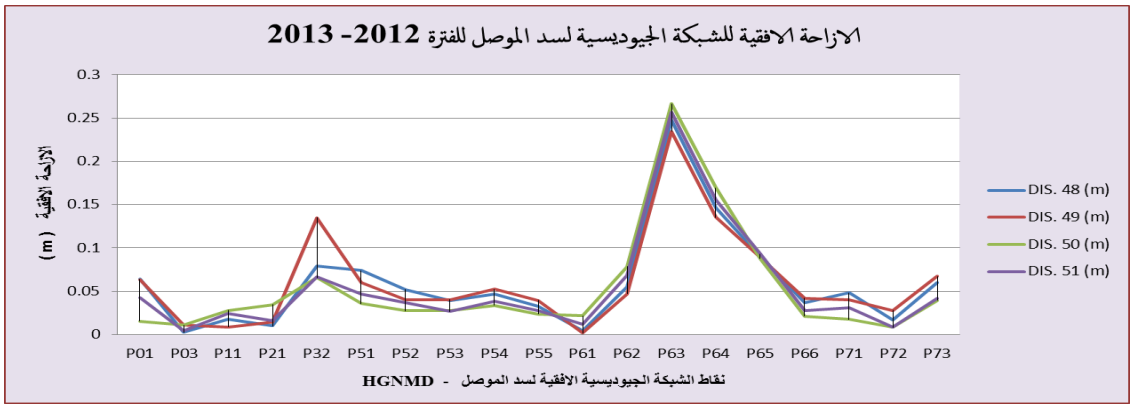
بداءً يعتمد ايجاد حلول الشبكة الجيوديسية لمراقبة الازاحة أو التشُّرفات الحقيقية Real Deformation في سد الموصل بالطريقة التقليدية باسلوب المربعات الصغرى على طبيعة البيانات الحقلية Field Data ، منهاج الرصد Plan of Observation ونسبة فائض الارصاد Redundancy Value ومواقع النقاط الثابتة Fixed Points في الشبكة الجيوديسية لانها ستؤثر لاحقاً في دقة النتائج النهائية للحل والرصانة الداخلية للشبكة Inner Reliability التي يمكن من خلالها تحديد نسبة أخطاء الرصد في الكميات المقيسة . لذا فان اعتماد منهاج رصد يتميز بقوة شكله الهندسي Strength of figure ويحقق رصانة الشبكة الداخلية ذو موديل رياضي Mathematical Model قائم على معادلات شرطية هندسية تحد من تاثير أخطاء الرصد العرضية او العشوائية بالرغم من كون هذا الخطأ مقبول .

لقد تبنت هذه الدراسة تحليل النتائج النهائية للرصدات الجيوديسية المنفذه من قبل الهيئة العامة للمساحة بعد أدخال منظومة الاقمار الصناعية GNSS اليها كجزء من أسلوب الرصد الحقلي وهي الرصدات : (48 ، 49 ، 50 ،51) التي نُفذت وعلى التوالي بالتواريخ (2012/6 ، 2012/11 ، 2013/6 ، 2013/11) ووقد تم حساب حركة النقاط في الشبكة الجيوديسية بالمقارنة مع الرصدة المرجعية رقم (9) المنفذه باشراف وتوجيه المهندس الاستشاري كما توضح النتائج في الجدول (1) ادناه .

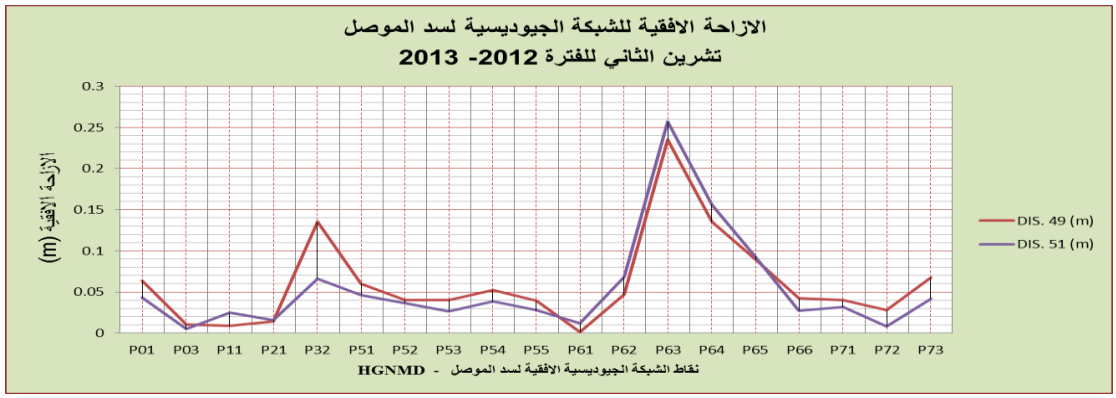
جدول (1) :الازاحة الافقية لمحطات الرصدالرئيسية Pillars في الشبكة الجيوديسية على جسم السد والمنطقة المحيطة به .

P.N	DIS. (48) m	DIS. (49) m	DIS. (50) m	DIS. (51) m
P01	0.0641	0.0634	0.0153	0.0429
P03	0.0026	0.0107	0.0107	0.0048
P11	0.0177	0.0088	0.0277	0.0247
P21	0.0101	0.0142	0.0345	0.0157
P32	0.0788	0.1350	0.0656	0.0663
P51	0.0738	0.0602	0.0359	0.0464
P52	0.0521	0.0402	0.0273	0.0364
P53	0.0394	0.0403	0.0275	0.0268
P54	0.0466	0.0523	0.0338	0.0385
P55	0.0325	0.0393	0.0237	0.0276
P61	**0.0044**	**0.0017**	**0.0215**	**0.0117**
P62	**0.0550**	**0.0468**	**0.0786**	**0.0681**
P63	**0.2477**	**0.2347**	**0.2665**	**0.2568**
P64	**0.1462**	**0.1352**	**0.1694**	**0.1558**
P65	**0.0902**	**0.0893**	**0.0875**	**0.0930**
P66	**0.0368**	**0.0421**	**0.0214**	**0.0273**
P71	0.0481	0.0398	0.0175	0.0314
P72	0.0172	0.0277	0.0084	0.0082
P73	0.0602	0.0674	0.0393	0.0420

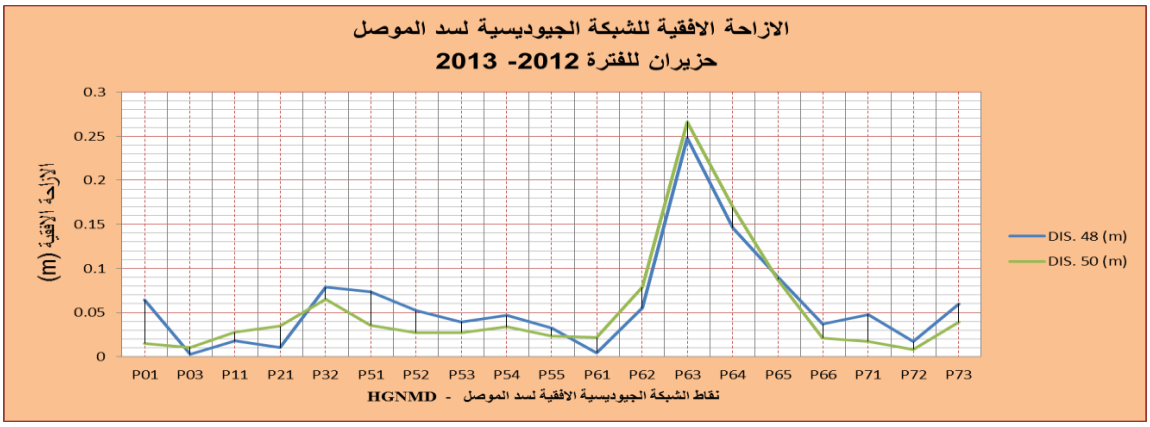
وللتوضــيح اكثر تم تمثيل مقدار الازاحة الافقية لنقاط الشــبكة الجيوديســية في الجدول اعلاه بشــكل مخططات وعلى ثلاث حالات هي : حالة التتابع الزمني ، حالة افراغ السد ، حالة أملاء السد كما توضح الاشكال في أدناه .



الشكل (4) : التمثيل البياني للازاحة الافقية لنقاط الشبكة HGNMD (حالة التتابع الزمني) .



الشكل (5) : التمثيل البياني للازاحة الافقية لنقاط الشبكة HGNMD (حالة مليء خزان السد) .



الشكل (6) : التمثيل البياني للازاحة الافقية لنقاط الشبكة HGNMD (حالة تفريغ خزان السد) .

- تحليل النتائج النهائية للرصدات الجيوديسية لشبكة HGNMD .

يعتمد تحليل النتائج النهائية لحلول شبكات المراقبة الجيوديسية للسدود على مبداء الكشف عن التحرفات الحقيقية Detect Deformation التي يمكن من خلالها تكوين تصوُّر واضح عن سلامة المنشأ الهيدروليكي وفي هذه الدراسة هو (سد الموصل) ومن ثم تحديد نقاط الضعف لايجاد الحلول المناسبة لاسيما مع وجود مشاكل جيولوجية لمنطقة السد والتي لايكاد يخلو منها سد في العالم .

ومن خلال تفسير التمثيل البياني لمقدار واتجاه للازاحة الافقية في الاشكال (4) ، (5) ، (6) يمكن ادراج بعض الملاحظات كما يلي :

1. تم حساب مقدار الازاحة بشكل محصلة نهائية بدلالة مركبتي الاحداثيات (Y, X) لكل نقطة في الشبكة الجيودسيسة .
2. تتزايد قيمة الازاحة في مجموعة نقاط الشبكة التي تقع على جسم السد : P61 ، P62 ، P64 ، P65 ، P66 وتزداد بشكل ملحوظ عند النقطة P63 لتصل الى 0.2568 متر والتي تقع في اعلى منتصف جسم السد مقابل المسيل المائي Dam Downstream.
3. تشابه أتجاه محصلة الحركة الافقية للنقاط في الشبكة مع اختلاف حالة السد من حيث التفريغ والاملاء وتوزيع النقاط في مناطق متباينة في الاستقرارية ونطاق تأثير جهد وضغط الماء على المنشأ الهيدروليكي .
4. اعتمدت عملية ايجاد الحلول للشبكة الجيوديسية واحتساب الازاحة على نقطتين مرجعيتين هما : P42 ، P44 دون ان يتم التحقق من استقرارية نطاق موقعهما .
5. نسبة فائض الارصاد المعتمد في منهاج الرصد داخل الشبكة تؤثر كثيراً في النتائج النهائية كونها مصدر أضافي للخطأ أحياناً لذلك لابد من انتقائها بعناية .
6. الاختبارات الاحصائية تحدد بشكل علمي واضح قيمة وموضع أخطاء الرصد في الكميات المرصودة التي يجب عزلها بأسلوب رياضي رصين لكي لا تفسر خطأً على انها ازاحة .

- الاستنتاجات والتوصيات Conclusions & Recommendations .

من خلال ماتقدم في هذا البحث من دراسة للشبكة الجيوديسية لمراقبة سد الموصل التي وضعها الاستشاري من ثمانينيات القرن الماضـــي والتي تقترب نقاطها من حوالي 70 محطة رصـــد و مايزيد عن 250 نقطة تســـوية آخذاً بعين الاعتبار المشـــاكل الجيولوجية (الجبسم) في منظقة السد وحولة يمكن ان أدرج اهم الاستنتاجات مع التوصيات بالشكل الآتي :

1. ان شـبكة المراقبة الجيوديســة لسـد الموصـل متعددة التغاير والتباين وهذا يعطيها مرونة Flexible في مواكبة التقدم العلمي باستخدام تقنيات حديثة تنسجم مع دقة العمل في مراقبة السدود على ان يتم دراستها بشكل موضوعي وفني من حيث السلبيات والايجابيات مع مقارنة النتائج في الحالتين .
2. فكرة منهاج الرصد Plan of observation الذي وضعة الاستشاري تعتمد على اجراء رصدات دورية لكل :(5 سنوات ، 2.5 سـنة ، 6 اشـهر) تهدف بالاسـاس الى التحقق من اسـتقرارية Stability منطقة جسـم السـد بالاعتماد على المنطقة الابعد كونها الاكثر استقرارية علمياً والابعد عن مجال ضغط الماء مع تعزيز ذلك الامر بشروط هندسية رصينة تضمن قوة الشكل الهندسـي للشبكة وتحجيماً لأخطاء الرصد قدر الامكان من خلال المحافظة على الرصـانة الداخلية Inner Reliability لذات الشـبكة . وهذا يفسـر ان أجراء اي تغيير في آلية الرصـد او الحسـابات سـيؤثر بشـكل سـلبي في النتائج النهائية مالم يكون ذلك التغيير مدروساً بشكل جيد مع تحديد نقط الضعف والقوة في الحالتين .
3. من خلال مراجعة الشـكل البياني لمخرجات الرصـد النهائية في الاشـكال (6،5،4) فيما تقدم ، نجد أن اتجاه محصـلة الحركة الافقية في جميع الاحوال تأخذ اتجاه واحد بالرغم من أفتراضـــية أن عملية الرصـــد تمت في وقتي املاء من عامي 2012 ،2013 والذي يتمثل (تحليلياً بحركة اندفاع لجسـم السـد) ثم وقتي تفريغ من عامي2012 ، 2013 الذي يتمثل (تحليلياً بحركة انحسـار لجسم السد) ، وهذا مالا يتجانس مع طبيعة الشكل الرسومي للمخطط البياني الذي يفسر أحد الامرين : اما ان السبب هو وجود اخطاء رصد اثرت بشكل سلبي على النتائج النهائية أو ان طريقة الرصد الحالية غير كفوءه في تحديد حجم ومقدار الحركة الحقيقية في سد الموصل بعد عزل الخطأ عن النتائج .
4. لايمكن باي حال من الاحوال اعتماد تقنية حديثة مجتزئه Partial Techniques في اعمال الرصـــد الجيوديســـية لمراقبة السدود لاسيما مع وجود مشاكل جيولوجية تحتاج الى معالجة مستمرة لان التطور العلمي بكل مستوياته ساهم في ايجاد التكامل التكنولوجي والتقني Integral Techniques من حيث التقنيات وملحقاتها والبرامجيات المتوافقة معها باســـلوب علمي يعمل على ازالة اثار الاخطاء العرضـية Accidental errors او العشـوائية Random المقبولة الناجمة عن عملية الرصـد في المخرجات النهائية .
5. في حالة أسخدام منظومة الاقمار الصناعية GNSS في مراقبة السدود لابد من التحقق من كون النقاط المرجعية تقع في منطقة الاكثر استقراراً من جهة مع الاخذ بعين الاعتبار ما ورد في تقرير فريق المسح التابع للجيش الامريكي الذي أشرف على بناء محطات الرصـد المسـتمرة CORS في العراق والذي أشـار فيه الى ان النموذج الرياضـي المسـتخدم لقياس الحركة التكتونية للصـفائح الارضـية لا يناسـب منطقة العراق ولا يعطي الدقة المطلوبة لكون العراق يقع على حافتي الصـفيحة التكتونية العربية والاوراسية ، لولغرض الحصول على نتائج دقيقة يجب اعتماد برامجيات اخرى تحقق الغرض .

6. أخيراً ان اعتماد اسلوب رصد موقعي لنقاط الشبكة الجيوديسية رصين وفق منهجية محدد تتوائم مع طبيعة سد الموصل يساهم في تحديد مقدار واتجاه الازاحة الحقيقة ويكشف التحرفات التي قد تحصل في جسم السد وحولة في وقت مبكر يعطي فرصة اكبر في تحجيم الاضرار في حالة تضرر السد او وصولة الى نهاية العمر الافتراضي للمنشأ منعاً لحدوث الكوارث البيئية .

المصادر.

Addulamy shaimaa L., Geodetic Treatment for monitoring of heavy structure (Mosul Dam) , MSC Thesis , *University of Baghdad , engineering college* , 2003 .

Dr. shaimaa L. , Iraqi CORS and Earthquakes Effect on its Accurate , *University of Technology* , scientific conference Baghdad , 2018.

Nadhir A. Al-Ansari , Management of Water Resources in Iraq : Perspectives and Prognoses, Luleå University of Technology, Luleå, Sweden , 2013 .

The American Surveyor, " Development of Iraqi Geospatial Reference System " , Nov. 2005 . www.theamericansurveyor.com.

Volker Schwieger And Others , " GNSS CORS - Reference Frames and Services " Germany, Sweden, Australia , International Federation of Surveyors , Dec. 2009 .

Nadhir Al-Ansari and others , Mosul Dam: Is it the Most Dangerous Dam in the World? , may /2020 .

Zainab N. J. and Oday Y. M., Investigation The Arabian Tectonic Plate Motion Using Continuously Operating Reference Stations, University of Baghdad , Iraq , 2018 .

Dr. Rasheed S. A., Investigation into Deformation Monitoring of Mosul Dam , Remote Sensing Center, University of Mosul/Mosul , *Eng. & Tech. Journal* ,Vol.32, Part (A), No.9, 2014.

محمود العيسوي ، " علامات «الشيخوخة» تهدد السدود الكبيرة " ، المجلة العلمية الامريكية ، كانون الثاني ، 2021 .
https://www.scientificamerican.com/arabic/articles/news/ageing-dams-pose-growing-threat/