جـامعة المـوصل

كليــة الهندســة

# التحليل العددي لمراقبة تأثير السعات المتباينة من الخزين على التسرب واستقرارية الميول في السدود الترابية

# (سد القائم على نهر الخوصر: دراسة حالة)

رسالة تقدمت بها

**فرح خزعل سعيد**

إلى

مجلس كلية الهندسة في جامعة الموصل كجزء من متطلبات نيل شهادة الماجستير علوم في

هندسة السدود والموارد المائية / هيدرولوجي

**بإشراف**

**الأستاذ المساعد الدكتور عبد الوهاب محمد يونس**

**الأستاذ الدكتور كـامل علي عبد المحسـن**

**1442 هـ** **2020 م**

## المســتـخلــص

عنيت الدراسة الحالية باستخدام التقنيات الحديثة في المجالات الهندسية المتمثلة بمجموعة برامج Geo-Studio 2012 التي تختص بتحليل التسرب واستقرارية السفوح للسدود الترابية فضلاً عن استخدام تقنية الشبكات العصبية الاصطناعية (ANN) 0لغرض إيجاد معاملات أمان السدود بطريقة موثوقة وسريعة.

استخدم برنامج SEEP/W لغرض تحليل قيمة التسرب المارة خلال جسم واساس سد القائم المقترح إنشاؤه على نهر الخوصر (أحد روافد نهر دجلة) ومعرفتها وكانت نتيجة التحليل قريبة من القيمة الواردة في التقرير التصميمي المعد من شركة سوكريا الفرنسية (SOGREAH) التي اضطلعت في تصميم السد المذكور. تم كذلك توظيف برنامج SLOPE/W لتحليل استقرارية سفحي السد وحساب معاملات الأمان لثلاث حالات تشغيلية (حالة نهاية الإنشاء، الحالة المستقرة، وحالة الانخفاض السريع لمياه الخزان). بينت نتائج التحليل أن معاملات الأمان المحسوبة بالبرنامج كانت مقاربة للقيم المشار إليها في التقرير التصميمي والمحسوبة بطريقة بشوب (Bishop) لتحليل الاستقرارية. لقد استخدمت طرق تحليل مختلفة لحساب معاملات الأمان وبيان مدى استقرارية سفحي السد وأظهرت طريقة الشرائح الاعتيادية وطريقة جانبو (Janbo) للتحليل قيماً منخفضة لمعامل الأمان كون هذه الطرق تهمل قوى الاحتكاك بين الشرائح. بينت الدراسة أنه وعند وصول ارتفاع الماء في الخزان إلى اقصى منسوب محتمل خلال الفيضان (310m) ستحدث زيادة في قيمة التسرب بنسبة 80% من تلك المقاسة عند المستوى الطبيعي للماء في الخزان (306m) ومع ذلك ستبقى قيمة التسرب ضمن استيعاب المرشح المائل مع زيادة طفيفة في قيم معاملات الأمان لسفحي السد الأمامي والخلفي بنسبة (6%) و (1.1%) على التوالي وتفسير هذه الحالة بان زيادة مستوى الخزين سبب زيادة في ضغط الماء باتجاه جسم السد بمعنى أن القوة المساعدة على تثبيت السد أصبحت أكبر وهذا يزيد من استقرارية السفح الأمامي مع ثبات كافة المتغيرات الأخرى.

نظراً لكون نتائج تحليل التسرب والاستقرارية وقيم معاملات الأمان جاءت أعلى من الحد الأدنى المطلوب لكل حالة تم التفكير في وضع سيناريوهات بميول مختلفة لمقدم السد ومؤخره واجراء التحليلات اللازمة عليها وتبين بان الميل (1:3) لمقدم السد و(1:2.5) للمؤخر هو خيار مفضل مقارنة بالميول التصميمية (1:3.5 و 1:3) لمقدم ومؤخر السد على التوالي، إن هذا التعديل البسيط في الميول سيؤدي إلى توفير في حجم الاملائيات الترابية ما يقارب 10% مما ينعكس على الكلفة الكلية لإنشاء السد. لابد من ذكر

أن هذا التعديل أدى إلى زيادة في قيمة التسرب بحدود 0.33% وانخفاض بقيم معاملات الأمان للحالات الثلاث ولكن بنسب قليلة تقدر ما بين (6.85% إلى 9.5%).

أجريت العديد من عمليات التحليل بتبني أربع حالات لميول سفحي السد ولارتفاعين مختلفين لمنسوب الماء في الخزان (المنسوب الاعتيادي والمنسوب الأقصى) عند قيم مختلفة لتماسك التربة وزاوية الاحتكاك الداخلي بالإضافة إلى سيناريوهات مختلفة في تفريغ السد وذلك للاستفادة من نتائج هذه التحليلات في توفير بيانات كافية لبناء شبكات عصبية اصطناعية لحالتي السد المستقرة والانخفاض السريع ومن ثم استخدام هذه الشبكات لغرض التنبؤ بقيم التسرب ومعاملات الأمان بدقة مقبولة وبوقت قصير نسبياً.

تم تحليل 1880 حالة استخدم 1850 منها لتدريب شبكات عصبية مختلفة للحالة المستقرة أما 30 حالة المتبقية فقد استغلت لاجراء عملية المحاكاة والتأكد من دقة مخرجات الشبكات المستخدمة وذلك بمقارنتها مع تلك التي لم تعرض على الشبكة في طور التدريب. أظهرت النتائج أن الشبكة العصبية ذات الهيكلية (3–7–5) كانت الأفضل في حساب التسرب واستقرارية السفوح للحالة المستقرة بمعدل مربع خطأ (0.000305) ومعامل تحديد ($R^2$=0.988)، كما تم تحليل 1080 لتدريب شبكات مختلفة لحالة الانخفاض السريع وتبين بان الشبكة العصبية ذات الهيكلية (1–10–6) هي الافضل لحساب معامل امان السفح الامامي للسد بمعدل مربع خطأ (0.0000677) ومعامل تحديد ($R^2$=0.976).

أظهرت نتائج تحليل حساسية الشبكات العصبية ونتائج التحليل الاحصائي باستخدام برنامج SPSS-23 ان العامل الأكثر تأثيراً على حساب معاملات الأمان لسفحي السد هو زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة، في حين كان ميل السفح الخلفي للسد ومنسوب الماء في الخزان هما العاملان المؤثران على حساب قيمة التسرب من خلال جسم السد.

# Abstract

In this study, a modern technique Geo-Studio 2012 program in addition to Artificial Neural Networks (ANN) was implemented to analyze the seepage and the stability of slopes for an earth embankment dam as well as safety factors.

The proposed Al- Qaim Dam, which was suggested to be built across Al- Khosr River (a tributary of Tigris River), was used as a case study to apply this technique. Firstly, SEEP/W program (in Geo-Studio-12 platform) was used to analyze the seepage passing through the body and foundation of the dam. SLOPE/W program (another module of Geo-Studio-12 program) was also used to study the slope stabilities of the dam and to calculate the factors of safety for three operational states viz. end of construction, steady state, and rapid drawdown condition. The results of the analyses reveal that acceptable values have been obtained which are in agreement with those obtained from previous study. Various analysis methods were utilized to calculate the factors of safety and ultimately, indicate the slope stability of the dam. However, Ordinary and Janbo methods showed a low values for the factor of safety due to the fact that these methods neglect the friction forces between the adjacent slices.

The study concluded that when the height of the water in the reservoir raises to the maximum level during the flood season ( i.e. 310m a.s.l.), 80% increase in the seepage rate was noted comparing to that occur when the reservoir was at stage of 306m (i.e. Normal level).

As the results of analysis, the factor of safety values were higher than the minimum required for each case, various scenarios were developed to explore the most economical upstream and downstream slopes with acceptable factors of safety. It was found that the slope (1:3) for the upstream and (1:2.5) for the downstream is preferred over that recommended in the design phase i.e. (1:3.5 and 1:3) for the upstream and downstream of the dam respectively. Making such slight modification in the slopes would lead to a substantial reduction in the quantity of materials of around 10%. This is of course would be reflected positively on the total cost of the

embankment. However, it must be mentioned that such modification increases the value of the seepage rate by 0.33% and decreases the safety factors for the aforementioned three cases, between (6.85% to 9.5%).

Secondly, an artificial neural networks has been built and applied making use of the outcomes emerged from the application of Geo-Studio software to test the reliability of the parameters and variables dominant the seepage process and the stability factor of safety.In order to provide a sufficient database to build a neural network, 1880 runs were performed. These included the adoption of four cases of dam's slopes, two different water levels (i.e. normal level and maximum level), different values of soil cohesion, and internal friction angle, additionally; different scenarios for emptying the reservoir have been suggested. The results of these analyses were used to feed artificial neural networks for both steady state and drawdown cases. Consequently, these networks were employed to predict seepage values and factors of safety with acceptable accuracy and in a relatively short time.The results indicated that the neural network of the structure (5-7-3) surpass its counterparts in calculating the seepage and slope stability of the steady state with a mean square error of (0.000305) and $R^2$=0.988, and the neural network of the structure (6-10-1) for sudden drawdown with MSE=0.0000677 and $R^2$=0.976.

Lastly, a sensitivity analysis has also been conducted to indicate the most influential factors affecting the stability of factors of safety. It is found that the angle of internal friction of the soil has the prominent effect, while the seepage rate through the dam has mainly effected by the downstream slope and the water level in the reservoir.

**University of Mosul**

**Collage of Engineering**

# Numerical Analysis for The Detection of the Effects of Different Storage Capacity on Seepage Quantity and Slopes Stabilities of Earth Dams

## (Al-Qaim dam on Al- Khosar River:case study)

A thesis submitted by the student

**Farah Khazaal Saeed**

To the Council of the Faculty of Engineering at the University of Mosul as a Partial Fulfillment of the Requirements for the degree of Master of Science

In

Dams and Water Resources Engineering / Hydrology

Supervised by

**Assist. Prof. Dr. Abdulwahab Mohammad Younis**

**Prof. Dr. Kamel Ali Abd Al-Mohsen**

**2020 A.D** **1442 A.H**