

استخدام الشبكات العصبية الاصطناعية في تحليل التسرب واستقرارية سفوح

سد القائم المقترح على نهر الخوصر

عبد الوهاب محمد يونس

gazaal@uomosul.edu.iq

كامل علي عبد المحسن

k.almohseen@uomosul.edu.iq

فرح خزعزل سعيد

f.saeed@uomosul.edu.iq

جامعة الموصل - كلية الهندسة - قسم هندسة السدود والموارد المائية

تاريخ القبول: 1/11/2020

تاريخ الاستلام: 29/8/2020

المستخلص:

تطرقنا في الدراسة الحالية الى بناء شبكة عصبية اصطناعية للتنبؤ بمقدار التسرب ومعاملات الأمان لسفوح سد قائم المقترح انشاءه على نهر الخوصر. تم الاخذ بنظر الاعتبار حالتين مهمتين في تشغيل السد، هما الحالة المستقرة لأعلى منسوب للماء في الخزان وحالة الانخفاض السريع لمياه الخزان وذلك بالاستفادة من البيانات التي تم الحصول عليها من دراسة سابقة استخدم فيها برنامج Geo-Studio 2012 لتحليل استقراريه سفحي السد المقترح وكميات التسرب من خلال جسم السد واساسه فقد تم بناء شبكة عصبية لكل حالة، الأولى للحالة المستقرة، تقوم بحساب قيمة التسرب ومعاملات الأمان لسفحي سد قائم ومؤخر السد وقد كانت قيم معامل الارتباط (0.957)، (0.925) على التوالي. بينما تقوم الشبكة الثانية بحساب معامل الأمان لسفوح السد الامامي لحالة الانخفاض السريع بمعامل ارتباط (0.976). تم تحليل حساسية الشبكات لقيم المتغيرات وتبين بان أكثر العوامل تأثيرا على هذه الشبكات هو قيم زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة.

الكلمات الدالة: سد القائم، الشبكات العصبية، استقراريه السفوح

<https://rengj.mosuljournals.com>

Email: alrafidain_engjournal@uomosul.edu.iq

1. مقدمة:

الموارد المائية والهيدرولوجيا كونها لها القدرة على التعلم من التجربة وإعطاء نتائج جيدة اذا دُرِبَت بشكل جيد.

استخدمت الشبكات العصبية في الآونة الأخيرة في العديد من البحوث والدراسات التي تتعلق بالسدود الترابية واستقرارها والتنبؤ بقيمة التسرب او معامل الأمان، ومن الدراسات الحديثة في هذا المجال يمكن ذكر ابرزها، اذ قام Nourani وآخرون عام 2012 [2] بتحليل التسرب خلال سد Sattarkhan الترابي في ايران باستخدام نماذج الشبكات العصبية حيث اعتمد على قراءات البيزومتري المثبتة في لب السد لتكوين الشبكة العصبية. قام الباحثون بتدريب شبكات عصبية فردية ومتكاملة (Single and integrated) باستخدام بيانات البيزومتري الموجودة في لب السد والتحقق من نتائجها اعتماداً على قياسات ارتفاعات المياه مقدم ومؤخر السد. تم تدريب شبكة عصبية من ثلاث طبقات بخوارزمية Back Propagation Levenberg-Marquardt لنموذج الشبكة الفردية بينما استخدمت خوارزمية الانتشار الخلفي للأمام (FFBP) ودالة الاساس الاشعاعي (Radial Basic Function(RBF)) لتدريب الشبكة المتكاملة. تم تحديد عدد عصبونات 5 و7 للخلايا الفردية بينما حددت بـ 6 عصبونات للشبكة المتكاملة. أظهرت النتائج توافقاً جيداً بين قراءات البيزومتري المسجلة والمحسوبة حيث تراوحت معاملات الارتباط من 0.7984 في النمذجة

حظي استخدام الشبكات العصبية الاصطناعية (Artificial Neural Networks) (ANN) في حل المشاكل الهندسية في مجالات الموارد المائية والهيدرولوجية باهتمام كبير خاصة في السنوات الأخيرة بسبب قدرة هذه الشبكات على حل المشاكل المعقدة وبوقت قصير حتى عندما تكون البيانات المتوفرة ذات حجم كبير. تعتبر الشبكة العصبية بمثابة نظام معالجة معلومات قادر على التعلم والتعميم من خلال التجربة وهي مصممة لنموذج الطريقة التي يعمل بها العقل البشري عندما يؤدي مهمة محددة. تمتاز ANN بالقدرة على التعميم والتنبؤ بمجرد التدريب فهي قادرة على التعلم من مجموعة البيانات ذات الخصائص المعروفة حتى لو كان شكل العلاقة التي تربط البيانات غير معرف، ويمكنها بعد ذلك ان تتنبأ بمخرجات مقبولة عندما تتعرض لمدخلات جديدة لم تتعرض لها خلال فترة تدريبها. ان هذه الخاصية جعلت من ANN اوسع استخداماً مقارنة بالطرق التجريبية والاحصائية والتي تتطلب معرفة مسبقة بتوزيع البيانات وطبيعة العلاقة بينها (خطية، غير خطية)[1].

تعد الشبكات العصبية الاصطناعية أداة فعالة لبناء نماذج رياضياتية للعديد من المشاكل التي تكون فيها المتغيرات مرتبطة بعلاقات غير خطية وتستخدم بشكل واسع في مجالات

قدمت Jamal عام 2018 [7] دراسة حول تقدير كمية التسرب من خلال سد ترابي متجانس مع لب باستخدام برنامج SEEP/W لحالات مختلفة من الميول تضمنت ثلاث ميول مختلفة لمقدم ومؤخر السد واربع ميول مختلفة للسد وباستخدام التحليل البعدي وبرنامج SPSS الاحصائي تم استنتاج معادلة وضعية تجريبية لتقدير كمية التسرب من خلال جسم السد ثم استخدمت الشبكات العصبية للتحقق من صحة نتائج كل من SEEP/W والمعادلة المستنتجة حيث تبين ان هنالك توافقا كبيرا بينهما. وبينت النتائج بان التصريف يزداد مع زيادة ميول اللب (الامامي والخلفي) وان اعلى تصريف عندما تكون زاوية اللب هي 90° و اقل تصريف عندما تكون الزاوية 45° وكذلك يزداد التصريف مع زيادة جيب (sin) ميول مقدم ومؤخر السد وان اقل تصريف عندما يكون جيب زاوية ميل مقدم السد يساوي 0.316 وجيب زاوية ميل مؤخر السد يساوي 0.371 بينما اعلى تصريف تم قياسه كان عند جيب ميل مقدم السد 0.406 وجيب ميل مؤخر السد 0.447.

درس Emami واخرون عام 2018 [8] التنبؤ بقيم التسرب من السدود الترابية باستخدام نماذج Radial Basis Function Network (RBF) و Feed-Forward Neural Network (FFN) Boukan سد Shahid Kazemi في إيران لهذه الدراسة. استخدموا 864 حالة من البيانات البيزومترية لغرض بناء الشبكة المقترحة، استخدم 80% منها للتدريب و 20% لاختبار ووجدوا توافق كبير بين البيانات المرصودة والمتوقعة واستنتجوا بان نموذج (RBF) لديه قدرة عالية في تقدير التسرب باستخدام أربع طبقات مخفية حيث كانت قيمة كل من R^2 و RMSE هي 0.81 و 33.12 على التوالي.

قدم Komasi واخرون عام 2019 [9] دراسة حول تحسين ابعاد المرشح الافقي في السدود الترابية غير المتجانسة باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية حيث قام بنمذجة حالة سد Marvak الترابي في إيران بواسطة برنامج Geo-Studio باستخدام خصائص التربة الحقيقية عن طريق تغيير ابعاد المرشح ومواد جسم السد والميول للحصول على الحد الأدنى من معامل الأمان للسد. تم استخدام نتائج البرنامج في حالات مختلفة لشبكة عصبية ثنائية الطبقة وتم حساب الحد الأدنى من معامل الأمان للمرشح الافقي من خلال تدريب الشبكة العصبية بالبيانات التي تم الحصول عليها من نمذجة السد. أظهرت النتائج ان عاملي زاوية الاحتكاك الداخلي لمادة المرشح وميل السد لهما الأثر الأكبر في تحديد الحد الأدنى لمعامل امان السد.

في عام 2019 درست Majeed واخرون [10] التنبؤ باستقرار المنحدرات للسدود الترابية المتجانسة باستخدام الشبكات العصبية حيث قامت بتحليل 243 حالة باستخدام برنامج SLOPE/W لحالات مختلفة من معلمات التربة وارتفاعات الماء مقدم السد. تم استخدام ارتفاع الماء وتماسك التربة وزاوية الاحتكاك الداخلي وزاوية ميل المنحدر ووزن التربة كقيم ادخال مع تثبيت ارتفاع السد (10 متر) بينما تم استخدام معامل الأمان كدالة هدف. تم تدريب شبكة متعددة الطبقات عن طريق برنامج SPSS واستخدام 70% من الحالات للتدريب و 30% لاختبار النموذج. أظهرت النتائج انه في حالة استخدام 70% للاختبار و 30% للتدريب (أي عكس الحالة الأولى) مع طبقة واحدة مخفية هو خيار افضل من السابق حيث حقق معامل ارتباط 0.901.

2. دوافع الدراسة:

المفردة الى 0.87 و 0.67 في النمذجة المتكاملة لكل من خوارزمية (FFBP) وخوارزمية (RBF) على التوالي. تمت مقارنة نتائج الشبكات العصبية مع نتائج النموذج الفيزيائي باستخدام طريقة العناصر المتناهية المحسوبة بطريقة Galerkin solution وكشفت نتائج النموذج المتكامل المدرب على شبكتين مختلفتين ان النموذج القائم على شبكة RBF يمكن ان يتنبأ بقراءات البيزومترات بدقة مماثلة لطريقة [2].FFBP

اجرى Vasantha واخرون عام 2012 [3] دراسة حول تحليل استقراره الميول باستخدام الشبكات العصبية حيث قاموا بتحليل 15 حالة مختلفة لسد ترابي افتراضي من ناحية عرض القمة وميول المقدم والمؤخر وارتفاع السد ومنسوب الماء وزاوية الاحتكاك الداخلي وتماسك وكثافة التربة وتم حساب معامل الأمان يدوياً بالطرق التقليدية. تم تشكيل شبكة عصبية وتدريبها على المعلومات المتوفرة ومقارنة نتائجها مع القيم التي حصلوا عليها يدوياً وكانت متوافقة بنسبة كبيرة حيث وصل معامل الارتباط الى 0.99 مما يدل على ان الشبكات العصبية تعطي نتائج جيدة لحساب معاملات الأمان وكذلك توفر الوقت والمجهود..

قدم Rashed عام 2014 [4] أطروحة دكتوراه حول بناء نموذج للتنبؤ بتحليل استقراره الميول عن طريق الشبكات العصبية متعددة الطبقات واعتمد في دراسته على بيانات نهر Po في إيطاليا. بالاعتماد على سيناريوهات مختلفة لكل من حالة النهر والمياه الجوفية وتم حساب معامل الأمان بطرق العناصر المحددة وبالاعتماد على المعلمات الهندسية المؤثرة من اجل الحصول على قاعدة بيانات شاملة. استخدم في هذه الدراسة نماذج عددية مختلفة (SLOPE/W software , SLIDE software and) اشارت النتائج التي تم الحصول عليها الى ان نماذج الشبكات العصبية الاصطناعية المقترحة هي أدوات اكثر فعالية وتوفقا في تقييم وتحليل استقراره المنحدرات على غيرها من النماذج العددية.

درس Shahrbanouzadeh واخرون عام 2015 [5] التسرب خلال أساس سد Shahid Abbaspour في إيران من خلال اجراء محاكاة ثلاثية الابعاد للتسرب عبر أساس السد باستخدام طريقة العناصر المتناهية في برنامج (SEEP 3D) وكذلك نماذج الشبكات العصبية الاصطناعية حيث استخدموا طريقة Galerkin للحصول على معادلة التسرب خلال أوساط مسامية غير متجانسة ومتباينة الخواص (Heterogeneous and anisotropic). تم تكوين شبكة عصبية اصطناعية من أربع طبقات ذات تغذية امامية ودالة سيكمويد اللوغارتمية للتفعيل وخوارزمية الانتشار الخلفي لتدريب الشبكة، واستخدام بيانات ارتفاع الماء مقدم السد ومؤخره كمتغيرات ادخال وقراءات البيزومترات كخرجات (هدف). تمت مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها من الشبكة والبرنامج مع بيانات البيزومترات للسد أعلاه وظهرت النتائج المحسوبة توفقاً جيداً مع القراءات المتوفرة مما يؤكد على فعالية ودقة الطرق المستخدمة.

بحث Chakraborty واخرون عام 2017 [6] في موضوع التنبؤ باستقراره المنحدرات باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية في منطقة Guwahati-shillony highway وتم تحليل 110 حالة مختبرياً للحصول على خصائص التربة باستخدام طريقة Bishop. استخدم 100 حالة لتدريب الشبكة باستخدام خوارزمية تدريب الانتشار العكسي وتم التحقق من صحة النموذج من خلال مقارنة نتائجه مع نتائج العشر حالات المتبقية حيث بينت النتائج ان قيمة معامل الارتباط R تساوي 0.98 وبالتالي يمكن القول بان نتائج التنبؤ على علاقة وثيقة مع النتائج الفعلية ويمكن اعتماد الشبكة كأداة تنبؤ جيدة لتحليل استقرار المنحدرات قيد البحث.

بالنظر لشحة الدراسات التي تم اجراؤها على مشروع سد القائم المقترح انشاؤه على نهر الخوصر على الرغم من اكتمال التحريات والدراسات التصميمية الاولية له الا انه لم ينفذ لحد الان. وبناءً على ذلك فإن القيام بدراسة او بحث حول هذا السد يعد امراً مفيداً في مرحلة ما قبل التنفيذ وذلك لتلافي او التقليل من الاخطار التي قد يواجهها السد بعد الانشاء ومعرفة أي العوامل الأكثر تأثيراً على سلامة واستقرارية السد اذ لازال الوقت متاحاً لإعادة النظر في معطيات التصميم المقترح.

3. هدف الدراسة:

تهدف الدراسة الحالية الى بناء شبكة عصبية اصطناعية قادرة على حساب كميات التسرب ومعاملات امان استقرارية سفوح سد القائم للمقطع المقترح من قبل الشركة المصممة وكذلك اختبار ميول أخرى للسفوح من خلال هذه الشبكة وتخمين المقطع الأنسب وحالتين مهمتين من حالات السد وهما الحالة المستقرة لمياه الخزان عند منسوب معين وحالة الانخفاض السريع للمياه عند تفريغ الخزان بالاستفادة من البيانات التي تم الحصول عليها من دراسة سابقة استخدم فيها برنامج Geo-Studio 2012 لتحليل استقرارية سفحي السد المقترح وكميات التسرب من خلال جسم السد واسباسه [11].

الشبكات العصبية الاصطناعية (خلفية نظرية):

يمكن وصف الشبكات العصبية الاصطناعية على انها هيكل رياضي قادر على تمثيل الانظمة المعقدة وغير الخطية على الاغلب والتي تربط بين المدخلات والمخرجات في أي نظام. ان الشبكة العصبية الاصطناعية هي نظام معالجة للبيانات يتكون من عناصر مترابطة وبسيطة تسمى الخلايا العصبية او العصبونات (Neurons) يتم ترتيبها بشكل طبقات داخل الشبكة بحيث ترتبط الخلايا العصبية للطبقة واحدة بتلك الموجودة في الطبقة التي تليها بروابط قوى تسمى الاوزان (Weights) التي تحاكي قوة الاشارات في الشبكة العصبية البيولوجية. ومن خلال عملية التعلم او التدريب يتم تعديل الاوزان لغاية الحصول على المخرجات المطلوبة من مدخلات النموذج قيد البحث. ان من اكثر نماذج الشبكات شيوعاً واستخداماً هو نظام الشبكة المتعددة الطبقات (Multi Layers Perceptron) وهو عبارة عن شبكة تتكون من ثلاثة أنواع من الطبقات هي طبقات الادخال والطبقات المخفية وطبقات الإخراج. يتم ادخال البيانات الى الشبكة عن طريق طبقة الادخال وتتم معالجة البيانات في الطبقات المخفية ثم يتم ارسال النتيجة الى طبقة الإخراج [12] والشكل (1) يوضح بنية الشبكة العصبية الاصطناعية.

الشكل (1) بنية الشبكة العصبية الاصطناعية (ANN)

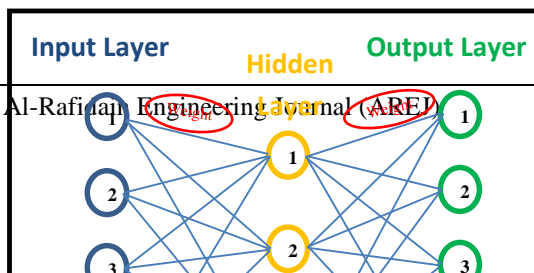
ولغرض التعرف بشكل مفصل على الية عمل الشبكات الاصطناعية والمعادلات التي تربط بين اجزاءها يرجى مراجعة المصادر [12]، [13]، و [14] نظراً لضيق الفضاء المتاح لسرد هذه التفاصيل.

سد القائم المقترح (دراسة حالة):

يقع سد القائم المقترح على نهر الخوصر (الذي يعد من الروافد الموسمية التي تصب في الجهة اليسرى من نهر دجلة) على بعد 18 كم شمال مدينة الموصل، والشكل (2) يبين الموقع الجغرافي للسد. يبلغ ارتفاع السد 31 متر من منسوب 280 متر فوق مستوى سطح البحر وطوله 1750 متر وهو من النوع ترابي املائي متجانس من المواد المتوفرة في المنطقة مع وجود مرشح مائل لتسهيل عملية مرور المياه التي تخترق جسم السد ويقدر حجم الخزين للسد بـ 150 مليون متر مكعب واعلى فيضان محتمل (بفترة عودة مقدارها 10000 سنة) هو 3400 m³/s بينما تم اعتماد فترة عودة لغرض تصميم المسيل المائي مقدارها 1000 سنة (وبتصريف مقدارها 2400m³/s) [15]. ان الهدف من انشاء هذا السد وكما ورد في تقرير الشركة المصممة هو تخفيف حدة الفيضان وحماية الأراضي الزراعية ومدنية الموصل عند حصول فيضان في وادي الخوصر كذلك خزن كمية من المياه لأغراض الري بالإضافة الى تغذية منطقة الشلالات السياحية بالمياه [15].

تحليل التسرب واستقرارية سفوح سد القائم المقترح:

قامت الشركة الفرنسية SOGREAH عام 1982 باجراء دراسة لصالح وزارة الموارد المائية العراقية لانشاء سد القائم على نهر الخوصر تضمنت هذه الدراسة الناحيتين الجيولوجية والهيدرولوجية وتم تحديد موقع السد والمواد التي سيتكون منها جسم السد بالإضافة الى مواقع اخذ التربة حيث ان التربة من نوع طينية غرينية (Silty clay) هي التربة المتوفرة بكثرة في المنطقة وهي التي سوف ينشأ منها جسم السد وبينت نتيجة فحص العينات المأخوذة عن طريق عمل حفر في الأرض (boreholes) بان غالبية العينات كانت رملية طينية (Clayey sand (SC) وطين عالي اللدونة (Inorganic clays of high plasticity (CH) وطين واطى اللدونة (Inorganic clays of medium plasticity (CL) بالإضافة الى رملية غرينية (Silty sand (SM) والتي تكون مناسبة لانشاء سد متجانس.



99 Farah K. Saeed: The Use of Artificial Neural Networks In The Analysis

والجدول (1) يلخص نتائج تلك الفحوصات التي اعتمدت في التصميم والتحليل. (اخذت معلومات هذا الجدول من التقارير التصميمية للشركة (SOGREAH).

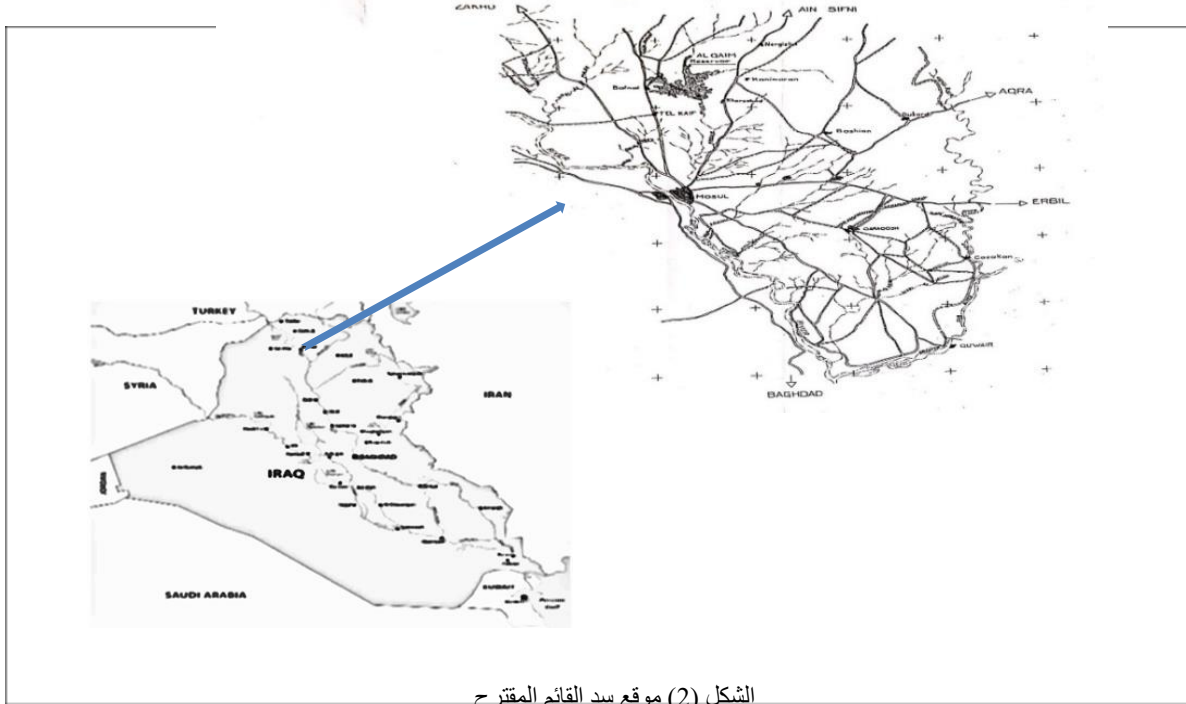
قامت الشركة باخذ عينات مختلفة لتربة الموقع وأجريت عليها الفحوصات المختبرية اللازمة للحصول على مواصفات الترب المستخدمة في انشاء السد واساساته حيث أخذ معدل النتائج التي تم الحصول عليها وتم اعتمادها للتصميم

الجدول (1) خصائص التربة المزعم انشاء السد بها [15]

Material	Total unit weight (kN/m ³)	Saturated unit weight (kN/m ³)	Shear strength parameters		Effective shear strength parameters		k (m/s)
			C (kPa)	Ø (°)	C (kPa)	ø (°)	
Embankment	19.8	20.3	37	17	13	24.8	1×10 ⁻⁹
Drain system	19	21	---	35	---	35	5×10 ⁻⁵
Riprap	17	20.5	---	35	---	35	---
Foundation	19.8	20	29	19.5	12	26.8	1×10 ⁻¹⁰

للتربة (التماسك (c) وزاوية الاحتكاك الداخلي (θ)) وكذلك اعتماد عمقين لعمود الماء مقدم السد (26,30) لورودهما في التقرير التصميمي كأعلى مناسيب محتملة وكذلك تغيير ميل سفحي مقدم ومؤخر السد. كما وتم اجراء تحليلات إضافية متعددة ولحالاتي السد المستقرة والانخفاض السريع واعتماد نتائج هذه التحليلات لبناء شبكات عصبية اصطناعية لكل حالة من هذه الحالة للحصول على قيم التسرب ومعاملات الأمان (انظر المصدر [11]).

تم اجراء تحليل للتسرب واستقرارية سفوح السد أولاً باستخدام برنامج Geo-Studio 2012 ببرنامجه الفرعيين SLOPE/W و SEEP/W على التوالي للحصول على نتائج ممكن مقارنتها مع نتائج التقرير التصميمي للشركة وجاءت نتائج تحليل التي رشحت من البرنامج مقارنة للنتائج التي وردت في التقرير مما يدل على ان التحليل كان مقتنعاً ويمكن اعتماد نتائجه في اجراء تحليلات إضافية. بتثبيت قيم الايصالية الهيدروليكية (k) ووحدة الوزن الكلية (γ) لجسم السد وتغيير قيم معاملات القص



الشكل (2) موقع سد القائم المقترح

الشبكة العصبية الاصطناعية للحالة المستقرة:

لغرض التنبؤ بمعاملات الأمان وقيمة التصريف حيث تم ادخال قيم الميول مقدم ومؤخر السد وارتفاع الماء في الخزان وقيم \hat{c} و \hat{d} لـ 1850 تجربة أجريت باستخدام برنامجي SEEP/W و SLOPE/W كمدخلات للشبكة العصبية لاستخدامها في تدريب الشبكة وتم اقتراح هيكليات مختلفة بدوال تدريب وتعلم مختلفة واستخدام الـ 30 تجربة المتبقية لغرض اجراء محاكاة (simulation) والتأكد من دقة حسابات الشبكة بعد اجراء معالجة لقيم التصريف كونها قليلة جدا حيث تم ضربها في 10^8 أي اجراء عملية scaling للبيانات لكي تكون اكثر تجانساً. تم اختيار عدد مكررات (epoch) مساوي 1000 وحساب نسبة الخطأ بطريقة معدل مربع الخطأ (MSE) والجدول (2) يوضح تفاصيل هذه المحاولات لانشاء الشبكة.

اجري 1880 تحليل للحالة المستقرة بميول مختلفة مقدم ومؤخر السد وارتفاع الماء للمستويين المعطيين في التقرير التصميمي للسد (26,30) متر وقيم مختلفة للتماسك وزاوية الاحتكاك الداخلي وضمن المدى المقبول لتربة السد بالاعتماد على نتائج التقرير التصميمي والتي كانت فيها قيمة $\hat{c} = 13$ kPa و $\hat{d} = 24.8$.

بعد اجراء التحليل لمتغيرات مختلفة لهذه الحالة (steady state) بثبات بقية المتغيرات (الايصالية الهيدروليكية، الكثافة، وعرض قمة السد (k, γ , top width)) والحصول على نتائج معاملات الأمان لمقدم ومؤخر السد وكذلك كمية التصريف الكلي المار خلال جسم السد والاساس تم استخدام الشبكات العصبية

الجدول (2) الشبكات التي تم انشاؤها واختبارها

اسم الشبكة	دالة التدريب	دالة التعلم	هيكلية الشبكة	معدل مربع الخطأ	عدد الدورات التي تم التوصل بها الي الحل
Network1	TRAINLM	LEARNGDM	5-10-3	0.0014284	69
Network2	TRAINGDA	LEARNGD	5-5-3	0.014312	126
Network3	TRAINGDX	LEARNGDM	5-10-5-3	0.0047068	155
Network4	TRAINR	LEARNGD	5-7-3	0.00081245	142
Network5	TRAINLM	LEARNGD	5-7-3	0.00030547	58

الجدول (4) مقارنة نتائج الشبكات العصبية بنتائج التقرير والبرنامج

	معامل الامان لميل السفح الامامي	معامل الامان لميل السفح الخلفي	E-8 التسرب (m ³ /s/m)
SOGREAH	2.08	1.79	2.0
SLOPE/W	2.33	1.82	2.118
Network1	2.426	1.7982	2.1211
Network2	2.3709	1.7188	2.0988
Network3	2.4945	1.7883	2.0914
Network4	2.4208	1.8043	2.1137
Network5	2.4323	1.801	2.1201

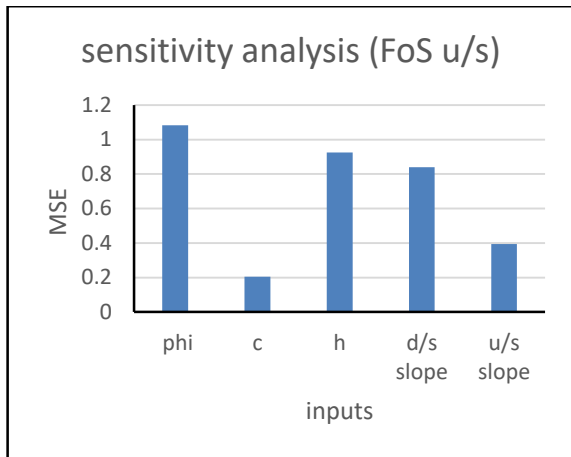
من خلال ملاحظة هذه النتائج وتقييم أداء الشبكة للـ 30 حالة التي لم تعرض عليها تكون الشبكة رقم 5 هي افضل شبكة من ناحية اقل خطأ وكذلك أعطت قيم جيدة لمعامل الارتباط R^2 للنتائج أي ان الشبكة ذات الهيكلية 5-7-3 بدالة تدريب TRAINLM ودالة تعلم LEARNGD وكما موضحة بالشكلين (3,4) ادناه.

تم اخذ نتائج المحاكاة simulation التي أجريت على الـ 30 تجربة التي لم يتم عرضها (سابقاً في طور التدريب) على الشبكة ومقارنتها مع النتائج الاصلية من SLOPE/W وتم تحليلها عن طريق الرسم ويجاد معاملات الارتباط بين القيم والجدول (3) ادناه يبين قيم معامل الارتباط بين نتائج الشبكات العصبية ونتائج SLOPE/W

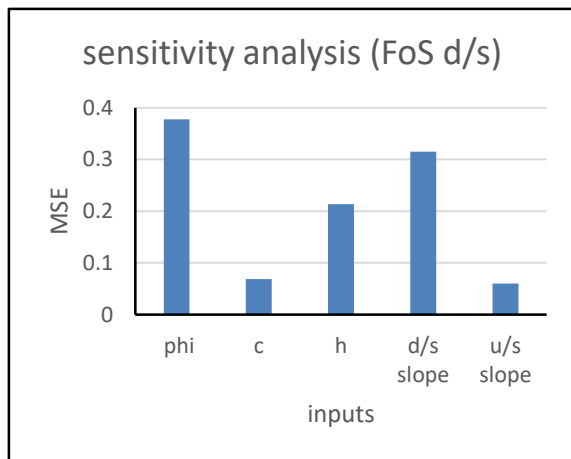
الجدول (3) قيم معاملات الارتباط بين الشبكات العصبية و SLOPE/W

اسم الشبكة	معامل R^2 الارتباط بين نتائج الشبكة ونتائج البرنامج لحساب التسرب q	معامل R^2 الارتباط بين نتائج الشبكة ونتائج البرنامج لحساب FoS D/S	معامل R^2 الارتباط بين نتائج الشبكة ونتائج البرنامج لحساب التسرب q
Network 1	0.9627	0.997	0.9271
Network 2	0.3894	0.3921	0.9853
Network 3	0.9048	0.6504	0.9857
Network 4	0.9371	0.8837	0.992
Network 5	0.9573	0.9238	0.9966

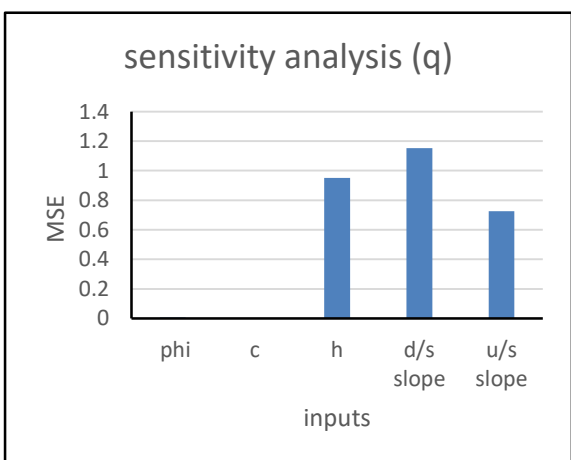
تمت مطابقة نتائج التقرير التصميمي مع النتائج التي تم الحصول عليها من الشبكات العصبية أعلاه وكذلك مقارنتها مع النتائج التي تم الحصول عليها من SLOPE/W وحسب ما موضح بالجدول (4) ادناه.



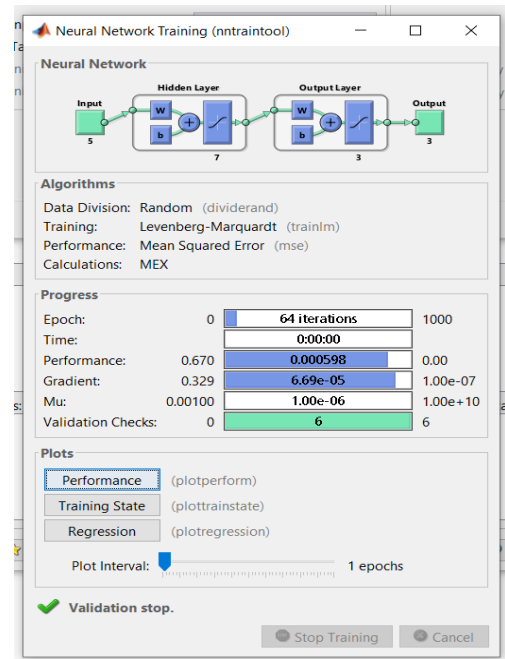
الشكل (5) حساسية الشبكة المقترحة للمتغيرات في حساب معامل الأمان مقدم السد



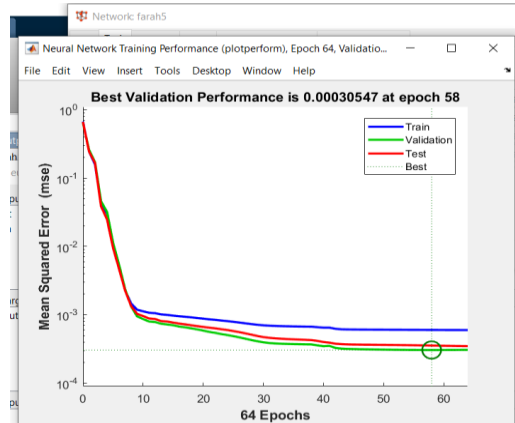
الشكل (6) حساسية الشبكة المقترحة للمتغيرات في حساب معامل الأمان مؤخر السد



الشكل (7) حساسية الشبكة المقترحة للمتغيرات في حساب قيم التصريف



الشكل (3) هيكلية الشبكة المقترحة



الشكل (4) حسن أداء الشبكة المقترحة

تحليل حساسية الشبكة المقترحة للمتغيرات:

تم اجراء تحليل لاختبار تأثير المتغيرات الداخلة في تكوين الشبكة على مخرجاتها واجري هذا التحليل بفحص تأثير غياب أي متغير من المتغيرات على أداء الشبكة في الحسابات وتبين الاشكال (5)،(6)،(7) التالية تأثير كل متغير من المتغيرات الداخلة في الحسابات على كل من معامل الأمان مقدم السد، معامل الأمان مؤخر السد، وقيمة التسرب على التوالي.

الشبكة العصبية الاصطناعية لحالة الانخفاض السريع:

تم تحليل 1080 حالة لوضع السد في حالة الانخفاض السريع وبعده ايام تفريغ مختلفة (3،7،10) وارتفاعي مستوى الماء قبل التفريغ (30،26) متر واربعة ميول مختلفة لمقدم ومؤخر السد وكذلك مواصفات تربة من تماسك وزاوية احتكاك داخلي مختلفة. ومن نتائج هذا التحليل تم انشاء عدة شبكات عصبية لغرض حساب معامل الأمان لمقدم السد كونه الحالة الأخطر عند التفريغ السريع وحساب معدل الخطأ للشبكات بدوال تدريب وتعلم وهيكلية مختلفة وحساب معاملات الارتباط بين معطيات الشبكة ونتائج البرنامج وكانت الشبكات المقترحة كما مبينة بالجدول (5) ادناه:

توضح الاشكال أعلاه تأثير غياب المتغيرات على أداء الشبكة في الحسابات وبيبين التحليل بان معامل الأمان لمقدم السد يتأثر بصورة كبيرة بزواوية الاحتكاك الداخلي وارتفاع الماء في الخزان.

اما بالنسبة لمعامل الأمان مؤخر السد فهو بصورة عامة اقل حساسية منه في مقدم السد واكثر عامل مؤثر فيه هو زاوية الاحتكاك الداخلي. بينت نتائج تحليل قيم التصريف بان ميل مؤخر السد هو العامل الأكثر تأثيرا في الحسابات في حين ان قيم التماسك وزاوية الاحتكاك الداخلي يكاد يكون تأثيرها معدوما.

الجدول (5) معطيات الشبكات المقترحة لحالة الانخفاض السريع (ملاحظة: 1-5-5-6 تعني 6 مدخلات 5 عصبونات في الطبقة المخفية الاولى و5 عصبونات في الطبقة المخفية الثانية و عصبون واحد في طبقة المخرجات)

عدد الدورات	معدل الخطأ	هيكلية الشبكة	دالة التعلم	دالة التدريب	اسم الشبكة
121	0.01977	6-5-5-1	LEARNGD	TRAINGDA	Network1
185	0.00379	6-7-3-1	LEARNGD	TRAINGDX	Network 2
70	0.0002106	6-5-1	LEARNGDM	TRAINLM	Network 3
247	4.2e-5 (without validation)	6-10-1	LEARNGD	TRAINBR	Network 4
24	0.000175	6-5-3-1	LEARNGD	TRAINLM	Network 5
120	0.0001314	6-5-1	LEARNGD	TRAINLM	Network 6
45	0.0000888	6-7-1	LEARNGD	TRAINLM	Network 7
72	0.0000677	6-10-1	LEARNGDM	TRAINLM	Network 8
50	0.0000747	6-15-1	LEARNGDM	TRAINLM	Network 9
21	0.00026	6-5-1	LEARNGD	TRAINLM	Network 10

SLOPE/W وحساب قيمة معامل الارتباط ومقارنة نتائج الشبكات مع نتائج SOGREAH وكما مبين في الجدول (6).

تم اجراء محاكاة لـ 30 تحليل لم يدخلوا ضمن التدريب للشبكات العصبية أعلاه ومقارنة نتائجها مع النتائج المحسوبة عن طريق

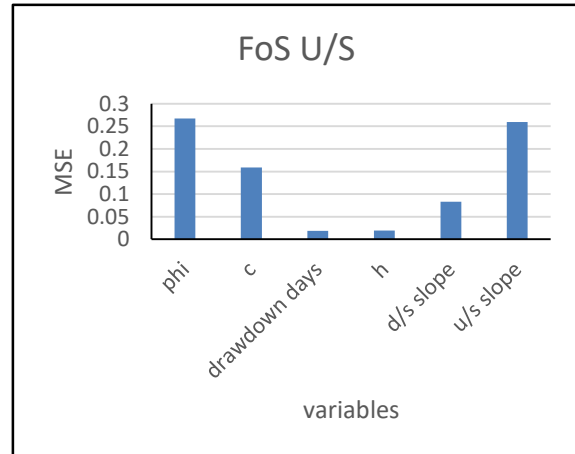
الجدول (6) نتائج الشبكات مقارنة مع نتيجة شركة SOGREAH المصممة ومعاملات ارتباطها مع نتائج SLOPE/W

معامل الارتباط R ²	معامل الامان للسفح الامامي بتفريغ يستغرق 10 ايام
	SOGREAH
	SLOPE/W
0.786	Network1
0.85	Network2
0.967	Network3
0.889	Network4
0.968	Network5
0.955	Network6
0.943	Network7
0.976	Network8
0.9706	Network9
0.9702	Network10

- [2] V. Nourani, E. Sharghi, and M. H. Aminfar ; “Integrated ANN model for earthfill dams seepage analysis : Sattarkhan Dam in Iran” ; Artificial Intelligence Research ; vol. 1; pp. 22–37; 2012.
- [3] D. Vasantha, T.A SriRamaRao, G.B.S. Keerthi; “Complex Finite Slope Stability Analysis Of Cohesive Soil Made By ANN”; National Conference On Contemporary Civil Engineering Research And Practices; April 2012.
- [4] A. Rashed ; “A New Prediction Model for Slope Stability Analysis”; PhD thesis; Department of Civil, Environmental and Materials Engineering; Italy; 2014.
- [5] M. Shahrbanouzadeh, G. A. Barani, and S. Shojaee ; “Analysis of flow through dam foundation by FEM and ANN models Case study: Shahid Abbaspour Dam”; Geomechanics and Engineering, vol. 9, no. 4, pp. 465–481, 2015.
- [6] A. Chakraborty, D. Goswami ; “Slope Stability Prediction using Artificial Neural Network (ANN)” ; International Journal of Engineering and Computer Science; vol. 6 ; pp. 8–12, 2018.
- [7] A.A. Jamel ; “Investigation and Estimation of Seepage Discharge Through Homogenous Earth Dam with Core by Using SEEP / W Model and Artificial Neural Network” ; Diyala Journal of Engineering Science; vol. 11, no. 3, pp. 54–61, 2018.
- [8] S. Emami, Y. Choopan, and J. Parsa ; “Dam Seepage Prediction Using RBF and GFF Models of Artificial Neural Network ; Case Study: Boukan Shahid Kazemi’s Dam” ; Journal of Rehabilitation in Civil Engineering; vol. 3, pp. 15–32, 2019.
- [9] M. Komasi, A. Mohammadzadeh, and B. Beiranvand ; “Optimization Of Horizontal Drain Dimensions In Heterogeneous Earth Dams Using Artificial Neural Network (ANN): A Case Study On Marvak Dam” ; Journal of Applied Research in Water and Wastewater ; vol. 12, pp. 109–116, 2019.

يتضح من النتائج أعلاه بان الشبكة العصبية الثامنة كانت افضل من البقية حيث كان معدل الخطأ لتدريب الشبكة هو 0.0000677 ومعامل ارتباط نتائج المحاكاة مع النتائج المستحصلة من SLOPE/W كان 0.976.

تم اجراء تحليل لحساسية هذه الشبكة للمتغيرات الداخلة في حساب معامل الأمان وكانت نتيجة التحليل كما مبين بالشكل (8) ادناه.



الشكل (8) يبين حساسية الشبكة لغياب احد المتغيرات

يتضح من نتائج هذا التحليل بان اقل تأثير هو لاياام التفريغ وكذلك لارتفاع الماء حيث كانت المتغيرات الأخرى اكثر تأثيرا على معامل الأمان لمقدم السد والسبب في ذلك انه حالة السد قيد الدراسة لا تتأثر كثيرا بايام التفريغ كون معامل النفاذية قليل جدا وكذلك فان ارتفاع السد غير كبير نسبيا.

4. الاستنتاجات:

من مقارنة نتائج الشبكة العصبية مع نتائج التقرير التصميمي الذي وضعته SOGREAH وكذلك نتائج برنامجي SEEP/W و SLOPE/W نستطيع القول بان الشبكات العصبية المقترحة كان أدائها جيد ويمكن اعتمادها في حساب التسرب ومعاملات الأمان لاي مقطع لسد القائم عن طريق ادخال خمس متغيرات في الحالة المستقرة (ميل سفح مقدم السد، ميل سفح مؤخر السد، ارتفاع الماء في الخزان، التماسك، وزاوية الاحتكاك الداخلي) وستقوم الشبكة بحساب قيمة التسرب وقيم معاملات الأمان مقدم ومؤخر السد، في حالة الانخفاض السريع يضاف متغير اخر هو عدد ايام التفريغ لتقوم الشبكة المصممة لهذه الحالة بحساب معامل الأمان لسفح السد الامامي كونه الحالة الحرجة. بينت نتائج تحليل حساسية هاتين الشبكتين العصبيتين بان اكثر العوامل تأثيرا في حساب معاملات الأمان هي زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة في حين كان العامل الأكثر تأثيرا على حساب قيم التسرب هو ميل سفح السد الخلفي وارتفاع الماء في الخزان.

المصادر:

- [1] P.Tsangaratos, A. Benardos ; “Applying Artificial Neural Networks In Slope Stability Related Phenomena” ; Bulletin of the Geological Society of Greece; vol. 3; 2013.

- A Review” ; vol. 4, 2015.
- [13] M.T. Hagan, H.B. Demuth and M.H. Beale; “NN Design 2nd Edition ” ; Book; ISBN 1846283027.
- [14] I. A. Al-Aani, K. A. Al-Mohseen, and A. Y. Al-Dabbagh; “Estimating Daily Reference Evapotranspiration for Mosul Area Using Artificial Neural Networks ”; Al-Rafidain Engineering Journal; vol. 15, pp. 16-27; 2007.
- [15] SOGREAH, Consulting Engineering; “Al-Qaim Dam Planning Report” ; Vol. 1&2; 1982
- [10] M. Q. Majeed, M. K. Hussein, and M. Mohammed ; “Slope Stability Prediction of Homogenous Earth Dam Caused by Fluid Particles Seeps by Using Artificial Neural Networks” ; Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Science, vol. 63, 2019.
- [11] F. K. Saeed, K. A. Al-Mohseen, and A. M. Yunis; “Slope Stability Study of Al-Qaim Dam that Proposed to be Constructed on Khosar River – Case Study ” ; Accepted for publishing in Al-Rafidain Engineering Journal;2020
- [12] R. Tanty, Dr. T.S. Desmukh ; “Application of Artificial Neural Network in Hydrology-

The Use of Artificial Neural Networks In The Analysis of Seepage and Slope Stability for The Proposed Qaim Dam on The Khosar River

Farah K. Saeed
f.saeed@uomosul.edu.iq

Kamel A. Al-Mohseen
k.almohseen@uomosul.edu.iq

Abdulwahab M. Yunis
gazaal@uomosul.edu.iq

Dams and Water Resources Engineering Department, Collage of Engineering, University of Mosul

Abstract:

In this study, two Artificial Neural Networks (ANN) were built to predict the amount of seepage and the factor of safety for the upstream and downstream slopes of the Qaim Dam, which was proposed to be constructed on the Khosar River. Two cases have been taken into consideration to analyze the operation of the dam, making use of previous study used Geo-Studio 2012 program studying the stability and the seepage through dam body and its foundation. Thus, two neural networks have been proposed, the first one was for the steady-state case of the reservoir water level and the second was for the rapid drawdown of the reservoir water level. The first ANN gave a coefficient of determination for the seepage process of (0.996), while these coefficients for upstream and downstream slopes were (0.957), and (0.925) respectively. The second ANN deals with calculation of the factor of safety for the upstream slope in a rapid drawdown case, which was (0.976). Sensitivity analyses were also conducted to figure out the most effective variables. It is shown that the most effective factor was the angle of internal friction for the soil.

Keywords:

ANN, Qaim Dam, Slope stability.