جامعة الموصل

كلية التربية للعلوم الصرفة

تطبيق النظام الذكي (ANFIS) لتقييم المياه الجوفية في قضاء تلكيف ومعالجتها باستخدام الزيولايتات (المعالجة- المصنعة)

الاء جاسم محمد ايوب الطائي

أطروحة دكتوراه

الكيمياء

بإشراف

الاستاذ المساعد	الاستاذ المساعد
الدكتور رغيد يوسف غزال	الدكتور محمد حازم صبري

١٤٤٧هـ ٢٠٢٦ م

الخلاصة

هدفت هذه الأطروحة إلى تقييم نوعية المياه الجوفية في قضاء تلكيف باستخدام مجموعة من القياسات الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية، وتوظيف نماذج تقييم تقليدية وحديثة قائمة على الذكاء الاصطناعي، فضلًا عن دراسة إمكانية تحسين نوعية هذه المياه باستخدام طرائق معالجة اقتصادية وصديقة للبيئة. ولتحقيق ذلك، جمعت عينات المياه الجوفية من عدد من الآبار الموزعة في القضاء، وتم تحليلها مختبريا وفق الطرائق القياسية المعتمدة. شملت القياسات الفيزيائية تحديد درجة الحرارة، والتوصيلية الكهربائية، والأس الهيدروجيني، والعكارة، في حين تضمنت القياسات الكيميائية تقدير العسرة الكلية وعسرتا الكالسيوم والمغنيسيوم، وتراكيز الأيونات الرئيسة الموجبة والسالبة مثل الصوديوم والبوتاسيوم والكلوريد والكبريتات والنترات والفوسفات، فضلاً عن القاعدية الكلية وأيونات البيكاربونات. كما أُجريتُ الفحوصات البكتريولوجية لتحديد العدد الكلي للبكتريا وبكتريا القولون البرازية، لما لها من أهمية في تقييم السلامة الصحية للمياه الجوفية.

أظهرت نتائج القياسات تباينا ملحوظا في نوعية المياه الجوفية بين الآبار المدروسة، حيث تراوحت قيم الأس الهيدروجيني (7.1–8.2) ضمن المجال المتعادل إلى القلوي الخفيف، بينما أظهرت التوصيلية الكهربائية (366 – 7351) مايكروسيميز/سم قيماً متوسطة إلى مرتفعة في بعض الآبار والذي يعكس القيم المرتفعة الى زيادة تركيز الأملاح الذائبة. سجلت بعض الآبار تراكيز مرتفعة نسبيًا من الصوديوم (10–910) ملغم/لتر، وتراوح العدد الكلي للبكتريا وبكتريا القولون الكلية بين (0–490) $\times 10^2$ خلية. مل$^{-1}$ و (3–1100) خلية. مل$^{-1}$ على التوالي يعود وجود البكتريا في بعض الآبار إلى قربها من مصادر التلوث السطحي ومناطق تربية الحيوانات.

أظهر نموذج المنطق العصبي الغامض التكيفي (ANFIS) كفاءة عالية في نمذجة سلوك جودة المياه للشرب، إذ تمكن من التقاط العلاقات غير الخطية المعقدة بين المتغيرات المؤثرة، وقدم نتائج تنبؤية متوافقة بدرجة كبيرة مع تصنيفاتCCME ، مع تقليل واضح في عدم اليقين الإحصائي. ويؤكد هذا التوافق أن ANFIS لا يمثل مجرد أداة داعمة، بل نموذجا تنبؤيًا متقدما قادرا على تعزيز موثوقية قرارات إدارة مياه الشرب، ولا سيما في البيئات التي تتسم بتداخل التأثيرات الجيولوجية والبشرية. اما نتائج مؤشر جودة المياه للري (WQI) ، فقد بينت أن مياه الآبار المدروسة تتباين في ملاءمتها للري، حيث تراوحت بين رديء إلى ممتاز،

أظهرت نتائج المعالجة تحسنا واضحا في نوعية المياه الجوفية، تمثل بانخفاض قيم مؤشرات الجودة وانتقال عدد كبير من الآبار إلى فئات جودة أعلى. وقد تبين أن الزيولايت المعالج بحامض الهيدروكلوريك(Z-F-HCl) كان أكثر كفاءة في تحسين نوعية المياه مقارنة بطريقة ($Z-F-AlCl_3$) التي كانت من المفروض ان تكون نتائجها افضل لكن صغر احجام المسام نتيجة ارتباط الالمنيوم بالشبكة البلورية ادى نتائج اقل في ازالة الملوثات ، حيث حقق (Z-F-HCl) انخفاضا أكبر في قيم المؤشرات وتحسنا أوضح في تصنيف نوعية المياه. في حين كانت افضل نسبة ازالة باستخدام النموذج المعامل بكلوريد الصوديوم (Z-F-NaCl) هي لازالة العسرة التي وصلت الى (35.8%) وازالة المغنسيوم التي وصلت الى نسبة (48.9%) ،كما عكس نموذج ANFIS هذا التحسن بدقة عالية، مؤكدًا فعالية دمج تقنيات المعالجة مع نماذج الذكاء الاصطناعي في تقييم الأداء.كما اظهرت نتائج الدراسة كفاءة الزيولايت المصنع(Z-ARM) في ازالة الملوثات وبخاصة ازالة عسرة المياه التي وصلت الى نسبة ازالة (73%) في حين وصلت نسبة ازالة الكالسيوم لوحده (97.1%) ، في حين وصلت ازالة الكبريتات الى ما نسبته (74%) . وفيما يخص الزيولايت المصنع المعامل بكلوريد الالمنيوم ($Z-ARM-AlCl_3$)ينطبق نفس الكلام المذكور اعلاه على الزيولايت ($Z-F-AlCl_3$) .

خلصت الدراسة إلى أن الجمع بين المؤشرات التقليدية لتقييم نوعية المياه وتقنيات الذكاء الاصطناعي، ولاسيما نموذج ANFIS ، يوفر إطارا علميا متقدما وموثوقا لتقييم المياه الجوفية وتحليل تأثير طرائق المعالجة المختلفة. كما أكدت النتائج أن استخدام الزيولايت الطبيعي المعالج بالحامض يمثل خيارا عمليا واقتصاديا لتحسين نوعية المياه الجوفية وبخاصة ذات المحتوى الكبريتي العالي، ولاسيما في المناطق التي تعاني من شح المياه وتدهور نوعيتها.

Abstract

This thesis aimed to evaluate the groundwater quality in the Telkaif district using a range of physical, chemical, and bacteriological measurements. It employed both traditional and modern assessment models based on artificial intelligence and explored the possibility of improving groundwater quality using economical and environmentally friendly treatment methods. To achieve this, groundwater samples were collected from several wells distributed throughout the district and analyzed in the laboratory according to established standard methods. Physical measurements included determining temperature, electrical conductivity, pH, and turbidity. Chemical measurements included estimating total hardness, calcium and magnesium hardness, and the concentrations of major positive and negative ions such as sodium, potassium, chloride, sulfate, nitrate, and phosphate, as well as total alkalinity and bicarbonate ions. Bacteriological tests were also conducted to determine the total bacterial count and fecal coliform bacteria, given their importance in assessing the health and safety of the groundwater.

The measurements revealed significant variations in groundwater quality among the studied wells. pH values ranged from 7.1 to 8.2, within the neutral to slightly alkaline range, while electrical conductivity (366–7351 µS/cm) showed moderate to high values in some wells, reflecting higher concentrations of dissolved salts. Some wells recorded relatively high sodium concentrations (10–910 mg/L), and the total bacterial count and total coliform count ranged from 0–490 × 10^2 cells/ml and 3–1100 cells/ml, respectively. The presence of bacteria in some wells is attributed to their proximity to surface pollution sources and livestock farming areas. The Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) demonstrated high efficiency in modeling drinking water quality behavior. It was able to capture complex nonlinear relationships between influencing variables and provided predictive results that were highly consistent with CCME classifications, with a significant reduction in statistical uncertainty. This consensus confirms that ANFIS is not merely a supporting tool, but an advanced predictive model capable of enhancing the reliability of drinking water management decisions, particularly in environments characterized by overlapping geological and human influences. The results of the Water Quality Index for Irrigation (WQI) showed that the well water studied varied in its suitability for irrigation, ranging from poor to excellent. The treatment results demonstrated a clear improvement in groundwater quality, reflected in lower quality index values and the upgrading of a significant number of wells to higher quality categories. The zeolite treated with hydrochloric acid (Z-F-HCl) proved more effective in improving water quality than the (Z-F-$AlCl_3$) method which was supposed to have better results, but the small pore sizes resulting from the bonding of aluminum to the crystal lattice led to less effective results in removing pollutants, (Z-F-HCl) achieving a greater reduction in index values and a more pronounced improvement in water

quality classification, the best removal rate using sodium chloride-treated zeolite (Z-F-NaCl) was for hardness removal, which reached (35.8%), and magnesium removal, which reached (48.9%). The ANFIS model accurately reflected this improvement, confirming the effectiveness of integrating treatment technologies with artificial intelligence models in performance evaluation. The study results also demonstrated the efficiency of the manufactured zeolite (Z-ARM) in removing pollutants, particularly water hardness, achieving a removal rate of 73%, while calcium alone achieved a removal rate of 97.1%. The elimination of sulfates amounted to 74% , The same holds true for the synthetic zeolite that has been treated with aluminum chloride (Z-ARM-$AlCl_3$) and the zeolite (Z-F-$AlCl_3$).

The study concluded that combining traditional water quality assessment indicators with artificial intelligence technologies, especially the ANFIS model, provides an advanced and reliable scientific framework for groundwater evaluation and analyzing the impact of different treatment methods. The results also confirmed that using acid-treated natural zeolite is a practical and economical option for improving groundwater quality, particularly for water with high sulfur content, especially in areas suffering from water scarcity and deteriorating water quality.

University of Mosul

College of Education

For Pure Science

Applying The Intelligent System (ANFIS) for Assessment and Treating Groundwater in the District of Telkaif Using Treated and Synthetic Zeolites

Alaa Jassem Mohammed Ayyub Al-Taiy

Ph.D. Thesis

Chemistry

Supervised by

Assist. Prof. **Assist. Prof.**

Dr. Raghed Yousif Ghazal **Dr. Mohammed Hazim Sabry**

2026 A.D. **1447 A.H**