



## المركز العلمي المادف دعماسة أساسية للنموض بالعراق



### توظيف أحد نماذج السلاسل الزمنية للتنبؤ بجودة المياه (اعتماد نسبة الدالة الحامضية PH) في قطاع من نهر دجلة

حسين تركي محمود<sup>1</sup> ، مظهر خالد عبد الحميد<sup>2</sup> ، محمود فاضل عبد<sup>1</sup>

<sup>1</sup> قسم علوم الارض التطبيقية ، كلية العلوم ، جامعة تكريت ، تكريت ، العراق

<sup>2</sup> قسم الإدارة العامة ، كلية الإدارة والاقتصاد ، جامعة تكريت ، تكريت ، العراق

#### الملخص

في عالم اليوم، تعد جودة المياه من اهم عوامل رفاهية المجتمعات، لا سيما كونها تمثل عصب الحياة الذي لا غنى للجميع عنه. جاءت هذه الورقة لتحليل السلسلة الزمنية لدالة الحامضية (PH) كونه يمثل مؤشرا مهما لجودة ومقبولية المياه لمختلف الاستخدامات البشرية بصورة عامة، في مقطع معين من نهر دجلة، (تشخيصا وتقديرا واختبارا لملائمة النموذج للتنبؤ)، باستخدام طريقة بوكس-جينكز (Box & Jenkins) من اجل اختيار أفضل نموذج صالح للتنبؤ بجودة المياه في ذلك المقطع، فقد اظهرت نتائج تحليل بيانات السلسلة الزمنية لمركب الـ (PH) للفترة (2010-2020) باستخدام برنامج (E-Views. Ver.10) ملائمة نموذج الانحدار الذاتي المتكامل من الدرجة الثانية (ARIMA(2, 1, 3)، حيث كانت القيم التنبؤ متناسقة تماما مع قيم السلسلة الأصلية، مما يدل على كفاءة النموذج للتنبؤ الشهري بجودة مياه مشروع تكريت الموحد في نهر دجلة ضمن منطقة قيد الدراسة.

**الكلمات المفتاحية:** بوكس-جينكز (Box & Jenkins)، الدالة الحامضية (PH)، جودة المياه، نموذج الانحدار الذاتي المتكامل ARIMA.

#### المقدمة

سيما عند استخدام المواد المشعة او التعمد في تلويث موارد المياه، كأحد استراتيجيات الحرب القذرة، كونها المورد الذي لا يمكن الاستغناء عنه ابدا وإمكانية الحقه بالضرر لأكبر شريحة ممكنة من البشر. في إشارة خاصة الى العراق الذي تعرض في العقود الأخيرة للحروب ومختلف الازمات، وكان اخرها الحرب الامريكية وتدايعتها على وضعه عموما واضعاف موقفه دوليا، واجترأ الدول التي تملك منابع روافده الرئيسية بتحويل مجاري مياهها الى بحرات اصطناعية، او إقامة المشاريع العملاقة او حجزها من خلال إقامة السدود ذات الخزن الهائل على النهر مع الدول المتشاطئة معه، في سبيل المثال، العديد من السدود العملاقة التي اقامتها تركيا في النصف الأخير من القرن المنصرم على مجرى وروافد نهري دجلة والفرات. كل هذه التصرفات غير المنطقية عرفا وشرعا وقانونا، أصبحت مثار قلق عميق على المياه كمصدر لإدامة الحياة، وجعلت جريان مياه النهر كسولا، واستمرار انخفاض مناسيب مياهه والجفاف المستمر، وقد تزامن ذلك مع قلة الامطار، والذي بدوره سيؤدي الى زيادة ملوحة النهر وسهولة تعرضه لمختلف مسببات التلوث ويجعل منه امرا واردا وممكنا لأبسط الأسباب، سواء اكانت كيميائية بشكلها الطبيعي او نتيجة تدخل الانسان بإلقاء النفايات و/ او مخلفات المصانع في مصادر المياه. من

يثير تدخل الانسان اللا مدروس وتقدمة أحيانا، اضرارا جانبية على مختلف مناحي الحياة، وخاصة ما يتعلق بالموارد (المائية) الرئيسة لحياته. فيخشى، انه لا يمكن التكهّن بها او تقدير خطورتها، الا بعد فوات الأوان. او قد يعفى الانسان من تلك الاضرار، لكونها ناتجة عن التفاعل الطبيعي لمكونات البيئة الطبيعية، سواء اكانت، لحكمة اعادة التوازن او كونها ظاهرة طبيعية لها خصوصياتها وسماتها، لذا فهي بحاجة لدراسات تحليلية مستفيضة. بهدف معرفة و معالجة خطورتها على حياة الانسان وإمكانية التنبؤ بمستوياتها الحرجة، بغية محاولة ازالته مسبباتها لإرجاعها الى مستوياتها الطبيعية الصالحة للاستهلاك البشري.

لوحظ في الآونة الأخيرة، ان التدخل البشري غير الممنهج، قد طال الموارد المائية في مختلف اصقاع العالم، كتغيير مجاري الأنهر، والذي بدوره يثير عدة إشكاليات على مختلف مناحي الحياة كالتغيير البيئي والديموغرافي من جهة، بالإضافة للأثار التي تنجم عن التفاعلات مع مكونات المقطع الجديد لمجرى النهر من جهة أخرى. كما يمكن عد الجانب الأكثر بشاعة في سياق السرد، هي الحروب العنيفة التي تثير بظلالها رعبا انيا، قد يزول بنهايتها لكن اشارة الجانبية تبقى لأمد طويل، وخاصة بعد التقدم الهائل في الأساليب الحديثة لالة الحرب ولا

بالمواضيع ذات التأثير الإنساني وخاصة بما يتعلق باستدامة الموارد الطبيعية والحد من تدخلات الانسان غير المسؤولة عن التداعيات المستقبلية على العنصر البشري.

#### مشكلة البحث

يعد تلوث المياه مشكلة العصر، والذي تعاني منه مختلف دول العالم الثالث، بل حتى دول العالم المتقدم، فقد اعتمدت العديد من المؤشرات لتؤكد صلاحية المياه للاستهلاك البشري ولمختلف أنشطته الزراعية والصناعية كونها من ضرورات الحياة، ومن أولوياته التي تعد اهم عوامل الاستقرار. حيث ان متابعة التلوث عن طريق مؤشر نسبة الدالة الحامضية (PH)، والذي يعد أحد اهم المؤشرات لقياس جودة ومقبولية المياه لمختلف الاستخدامات البشرية بصورة عامة. حيث يعد حيود مستويات نسبة الدالة الحامضية (PH) عن المديات المنصوص عليها في قائمة هذا المؤشر، والذي من خلاله يمكن ان تخرج نوعية المياه من دائرة صلاحية الاستهلاك، والمتمثلة بارتفاع نسبة الدالة الحامضية (PH) في المياه ضمن المؤشر الذي تنتمي اليه. كذلك يمكن تلخيص المشكلة بالتساؤلات الآتية:

- ✓ هل ان نسبة الدالة الحامضية (PH) مقبولة في المياه لمختلف الاستخدامات البشرية في هذا المقطع من النهر؟
- ✓ هل تؤثر زيادة او نقصان نسبة الدالة الحامضية (PH) على مقبولة المياه لاستدامة البشرية في هذا المقطع من النهر؟
- ✓ هل يمكن التنبؤ بنسبة الدالة الحامضية (PH) بناءا على البيانات التاريخية في ذلك المقطع من النهر؟

#### هدف البحث

نظر الأهمية جودة المياه ودورها الرئيس كونها من أولويات حياة الانسان. تعد دراسة جودتها والتنبؤ بذلك في المرحلة اللاحقة سواء كانت أسبوعية او شهرية او سنوية حسب السلسلة الزمنية المدروسة امرا بالغ الأهمية. ان هدف الدراسة الأول يتمثل بالتنبؤ نسبة الدالة الحامضية (PH) بزيادة او نقصان، وبيان دوره في الجزم بصلاحية المياه بناءا على دقة التنبؤ الذي يعتمد من حيث المبدأ على صلاحية النموذج الاحصائي لتمثيل والتعامل مع كافة الجوانب الإحصائية للسلسلة الزمنية، للحصول على افضل نموذج ذو كفاءة احصائية للتنبؤ بالدالة الحامضية (pH) ضمن محطة في مقطع معين من النهر وباستخدام سلسلة بيانات ضمن الفترة (2010-2020)، للحصول على افضل نموذج يناسب تلك السلسلة الزمنية من المعلمات (ARIMA) ومن ثم تقييم اداء وصلاحية هذا النموذج للتنبؤ لعدد من السنوات القادمة.. هذا من جانب. وكذلك بيان أهمية دقة القراءات او بالأصح دقة البيانات التي تمثل السلسلة الزمنية. اضافة لأهمية وضع الباحثين امام مسؤولياتهم، في الكشف عن اهم النقاط ذات العلاقة باستشراف المستقبل وخاصة في استخدام او تطوير النماذج الإحصائية ذات العلاقة بالتنبؤ، وخاصة في مجال جودة المياه، كذلك رفق مكتبتنا العربية والعراقية خاصة بجهد يمكن عده نقطة انطلاق لدراسة هذا الجانب الحيوي من حياتنا العامة.

الجدير بالذكر، لكي المياه صالحة للاستهلاك البشري يجب ان تكون خاضعة لمعايير الصحة العالمية، وعليه.

بناءا على كل ما ذكر من التداعيات المذكورة سلفا، سيتم دراسة سلسلة الدالة الحامضية PH لمعرفة نوعية المياه بناءا على كمية تركيز PH كمؤشر لجودة المياه لكونها من الممكن ان تتأثر بعدة ظروف منها الظروف المائية، والنفايات الصناعية السائلة غير المعالجة، لتنبؤ بجودة المياه اعتمادا على سلسلة زمنية من البيانات ضمن المحطة قيد الدرس، في الواقع ان لأهمية الموضوع وارتباطه بمتطلبات حياة الانسان بشكل عام، فأن ذلك يتطلب جهدا استثنائيا وإضافيا من قبل الباحثين في مختلف التخصصات لتحليل كل مسببات التلوث، ووضع مديات ونقاط حرجة لبيان إمكانية الاستعمال، وإثار تجاوز تلك المديات على الجانب الصحي والزراعي والصناعي، التي تلقي بظلالها على التنمية والاستدامة ومستقبل الحياة بصورة عامة، كان لنا شرف المساهمة في بيان تأثير زيادة نسبة الدالة الحامضية (PH) في أحد مقاطع لنهر دجلة، والتنبؤ به وضع قراءات بياناته المستقبلية الجديدة ضمن المديات التي تم وضعها من قبل الباحثين واعتمادها من قبل المنظمات والجهات الحكومية، لبيان إمكانية بقائه ضمن المديات الصالحة للاستهلاك البشري، ودق ناقوس الخطر لإعطاء متخذي القرار تحذيرا بدخول المياه ضمن دائرة التأثير على حياة الانسان.

وظف نموذج (ARIMA) كأحد نماذج بوكس-جينكز Box & Jenkins)، والذي اقترح لأول مرة من قبل (Gwilyn Jenkins و George Box) عام 1970 سميت Box - Jenkins ، كنموذج للتنبؤ قصير المدى يمكن استخدامه في تحليل السلاسل الزمنية بمرونة جيدة نسبيا يمكنها استيعاب المزيد من معاملات السلاسل الزمنية الأصلية، لقد اثبتت هذا النموذج جدارته في التعامل مع سلاسل بيانات الأرصاد الجوية والإحصاءات البحرية والاقتصادية بالإضافة لمختلف الظواهر التي يمكن تمثيل بياناتها بشكل سلسلة زمنية (charisios,2010). من الجدير بالذكر، ان العديد برامج الحزم الإحصائية الجاهزة كـ (E-Views. Ver.10)، توفر تحليلا شاملا لكل ما نحتاج استنتاجه من السلاسل المتوفرة لدينا، اعتمادا على البيانات التاريخية المؤرخة والتي تمثل توثيقا يمكن من خلالها استشراف المستقبل للظاهرة قيد الدرس.

كان الدافع العلمي متأنيا من أهمية السلامة العامة للعنصر البشري، من خلال دور الدالة الحامضية (PH) وتأثيره المباشر على جودة المياه بإيجاد قراءات مستقبلية. اضافة لدق ناقوس الخطر قبل فوات الأوان، لإمكانية معالجة التداعيات الخطيرة لهذه الزيادات والتحضيرات المستقبلية التي من شأنها الحد من تلك الزيادات في المياه ان وجدت، كتحذيرات لبيان خطورتها على حياة الانسان.

تم تقسم هذه الورقة الى: ملخصا بين مختصرا لما جأت به ورقتنا، ومقدمة لبيان عام وخاص موضوعنا البحثي، ثم أهمية هذه الورقة ودورها في بيان الخطوط العريضة للمشكلة قيد الدرس... وقد خرجنا كباحثين بنتائج نتمنى لدقتها ان توفر منهجا للباحثين للاهتمام

### أهمية البحث

تتطلب أهمية ورقتنا البحثية، من إمكانية التنبؤ بتلوث المياه، من خلال قياس نسبة الدالة الحامضية (PH)، حيث ان قياس التلوث حسب ذلك المقياس، وكذلك اثبات ان طريقة بوكس-جينيكرز (Box & Jenkins) لدراسة السلاسل الزمنية بهدف تشخيصا وتقديرا واختبارا لملائمة النموذج للتنبؤ من اجل اختيار أفضل نموذج صالح للتنبؤ بجودة المياه في ذلك المقطع.

### فرضية البحث

ينطلق البحث من فرضية رئيسة مفادها

$H_0$ : لا يمكن التنبؤ بجودة المياه عن طريق نسبة مركب الـ (PH) باستخدام نموذج (ARIMA)  
 $H_1$ : يمكن التنبؤ بجودة المياه عن طريق نسبة مركب الـ (PH) باستخدام نموذج (ARIMA)

### الدراسات السابقة

درس (Papamichail et al., 2000) فحص النماذج العشوائية للتنبؤ بالتدفق الشهري وبعض معلمات جودة المياه في نهر Strymon (الجزء اليوناني) في محاولة لتقليل الآثار السلبية التي يتعرض له المستهلك باستخدام النهر. على وجه الخصوص ، قاموا بتطوير نموذج ARIMA الموسمي وغير الموسمي لنهر Strymon باستخدام السلسلة الزمنية من القياسات الشهرية للتدفق وبعض معلمات جودة المياه.

أنجز (Ahmed et al., 2001) دراسة لتحليل بيانات جودة المياه التي تم جمعها من نهر الجانج في الهند. تم تطبيق ثلاثة أساليب للنمذجة العشوائية مثل: نموذج ARIMA المضاعف ، ونموذج DeseStondized ونموذج Thomas، وظهرت النتائج ان افضل نموذج للتنبؤ بجودة المياه هو نموذج ARIMA المضاعف له مكونات غير موسمية وموسمية .

طبق (Zhang et al., 2003) مجموعة هجينة من نموذج ARIMA و ANN لاتخاذ مزايا نماذج ARIMA و ANN في النمذجة الخطية وغير الخطية. أظهرت النتائج أن النموذج المشترك كان قادرًا على التنبؤ بمجموعات البيانات الحقيقية بشكل أكثر دقة مقارنة بالطرق المطبقة بشكل منفصل لـ ANN و ARIMA.

درس (Hahn et al., 2010) تأثير المناخ والهيدرولوجيا على جودة المياه في نهر الميكونج السفلي في كمبوديا، تم تحليل بيانات المراقبة طويلة الأجل (من 1985 إلى 2004 ) من المتغيرات المناخية والهيدرولوجية وجودة المياه. بشكل عام ، كانت جودة المياه "جيدة" أو "جيدة جدًا" بالنسبة لمعظم الفيزيوكيميائية جودة المياه التي تم فحصها بما في ذلك DO ، والدالة الحامضية، الموصلية الكهربائية ، والنترات ، والفوسفات والفوسفور ، وكذلك معظم معلمات جودة المياه موسميا على مدار 18 عامًا. أظهرت النتائج ان نماذج ARIMA لجميع العناصر المناخية والهيدرولوجية لمعظم معلمات جودة المياه موسميا

على مدار 18 عامًا، و يمكن التنبؤ بجودة المياه بشكل فعال من بيانات تدفق التصريف وهطول الأمطار .

درس (Valipour et al., 2013) مقارنة بين ARMA و ARIMA والشبكة العصبية الاصطناعية ذات الانحدار الذاتي في التنبؤ بالتدفق الشهري لخزان سد ديزي في ايران ، وتم استخدام التصريفات الشهرية من 1960 إلى 2007 وطرق معالجة البيانات الإحصائية المتعلقة بـ 42 عامًا.

درس (Tizro et al., 2014) جودة نهر هور رود في محطة كاكاريزا باستخدام تحليل السلاسل الزمنية. يتم دراسة (9) معلمات لجودة المياه مثل: (TDS ، EC ،  $HCO_3^-$  ،  $SO_4^{2-}$  ،  $Mg^{2+}$  و  $Ca^{2+}$  ،  $Na^+$  و pH و SAR). يُظهر التحقيق في السلاسل الزمنية المرصودة أن هناك اتجاهًا متزايدًا لجميع المعلمات ما لم يكن  $Na^+$  و درجة الحموضة ومعدل الامتصاص النوعي. تم تحديد ترتيب النموذج لكل معلمة باستخدام وظيفة الارتباط التلقائي (ACF) ووظيفة الارتباط التلقائي الجزئي (PACF) للسلسلة الزمنية. تم العثور على نموذج ARIMA (الانحدار التلقائي والمتكامل والمتوسط المتحرك) مناسبًا لتوليد والتنبؤ بجودة مياه النهر. تم استخدام معايير  $R^2$  و AIC و RMSE و VE٪ لتقييم نتائج التوليد والتنبؤ. تظهر النتائج أن نمذجة السلاسل الزمنية قادرة تمامًا على التنبؤ بجودة المياه. لجميع المعلمات التي تم إنشاؤها والمتوقعة كانت قيمة  $R^2$  أكبر من 0.66 باستثناء  $SO_4$

درس (Arya and Zhang., 2015) تحليل السلاسل الزمنية لجودة المياه لأربعة محطات في نهر ستيلاجواميش الواقع في ولاية واشنطن ، للتنبؤ بالأوكسجين المذاب ودرجة الحرارة ، تم تطبيق نماذج AR (I) و MA لدراسة السلسلة الزمنية الثابتة وغير الثابتة ، وتطبيق نموذج المتوسط المتحرك لدالة الارتباط الذاتي والجزئي وأظهرت النتائج وجود ثلاث هياكل لسلاسل زمنية للتنبؤ بجودة المياه واختار افضل نموذج لكل سلسلة زمنية للتنبؤ .

درس (Gairaa et al., 2016) وآخرون اقترح نموذجين مشتركين من المتوسطات المتحركة دالة الانحدار الذاتي (ARIMA) ونموذج من الشبكة العصبية الاصطناعية (ANN) من أجل تقدير الإشعاع الشمسي العالمي اليومي تم تطوير الطريقة المدمجة واختبارها باستخدام بيانات الإشعاع الشمسي العالمي المسجلة خلال عامين ( ) 2012-2013 لموقعين مناخيين مختلفين في الجزائر أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها تحسنًا في النموذج المشترك على نماذج ARMA و ANN في المدى المتوسط للخطأ المطلق (MPE) حوالي 18.1% و 2.7% ، للموقع الأول ، حوالي 27.26% و 1.39% للموقع الثاني. علاوة على ذلك ، مقارنة بنماذج ARMA و ANN ، فقد لوحظ انخفاض في قيم RMSE حوالي 17.1% و 3.59% مقارنة بنماذج ARMA و ANN.

استخدم (Rafiemanzelat et al., 2017) نماذج السلاسل الزمنية أيضًا للتدفقات الشهرية إلى سد جيروفت. أظهرت نتائج هذه الدراسة

✓ مؤشر (WQI) لجودة المياه والذي يعد أكثر المؤشرات فعالية في قياس جودة المياه لأغراض الشرب، وتعتمد قيمته على نتائج تحليل تراكيز الأيونات الرئيسية الموجبة والسالبة في العينة والحدود المسموح بها لتراكيز تلك الأيونات وفق منظمة الصحة العالمية.

جدول 2: مؤشر نوعية المياه (WQI)

| Water Quality           | WQI    |
|-------------------------|--------|
| ممتازة                  | 25>    |
| جيدة                    | 50-26  |
| رديئة                   | 75-51  |
| رديئة جدا               | 100-76 |
| غير مرغوبة لأغراض الشرب | 100<   |

المصدر: (House,1989)

✓ ومؤشر (DWQI) لنفس الغرض) لكنه يعطي دليلا على تلوثا لمياه بالمعادن الثقيلة، ويعطي معلومات مهمة لأصحاب القرار عن ملائمة المياه للشرب عاكسا تأثير كل من الخواص الفيزيائية، وكيميائية، وقصد صنفه (Thivya,2014) جودة مياه الشرب كما في جدول رقم (3) ستركز جهدنا البحثي على المؤشر الأول فقط في هذه الورقة.

جدول رقم 3: مؤشر المعادن الثقيلة في المياه.

| جودة المياه | قيمة DWQI |
|-------------|-----------|
| ممتازة      | < 1000    |
| جيدة        | 2000-1000 |
| متوسطة      | 3000-2000 |
| متوسطة جدا  | 4000-3000 |
| غير ملائمة  | > 4000    |

المصدر: Thivya,2014

#### تقدير السلاسل الزمنية

تحليل السلاسل الزمنية بمنهجية بوكس جينكيز يعتمد بشكل اساسي على وفرة البيانات الحالية لتقديم صوره عن مستقبل البيانات التي تتبأنا بها، ان المنهجية التي عمل بها كل من (Gwilyn Jenkins) و (George Box) عام 1970 سميت Box – Jenkins والتي قدمت حلول كثيرة للسلاسل الزمنية ودقة التنبؤ، يعتبر طيف من الاحصائيين ان نماذج (ARIMA) هي الطريقة الأمثل لتحليل البيانات والحصول على أفضل نموذج من الحد الأدنى من الاخطاء (السلطوري، الهيتي، 2010:3)، حيث يعتبرون منهجية بوكس – جينكز من افضل النماذج لتحليل السلاسل الزمنية، وعند بناء نموذج اعتمادا على السلسلة الزمنية التي لا يفترض ان تقل بياناتها 50 مشاهدة (غافل 1998: 2013)، يوضح الشكل (1)، هيكلية خطوات نموذج بوكس- جينكز المتكونة من اربع خطوات رئيسية: (مجد، 2012:238) تنطلق من مرحلة التحديد (Identification)، تتبعها مرحلة التقدير (Estimation)، ثم تليها مرحلة الفحص (Diagnostic)، وصولا لمرحلة التنبؤ (Prediction).

التنبؤ هو التوقع ما سيحدث في المستقبل من تغيرات وفق المعايير الإحصائية، ويعتمد على المديات القصيرة والمتوسطة لتحديد نماذج البيانات التاريخية، وان هذه البيانات عادة ما تظهر الخمول ولا تتغير

أن نمذجة السلاسل الزمنية قادرة على تحديد وتتنبؤ نمط الدفع الشهري وإدارة موارد المياه المتكاملة.

درس (Machekposhti et al., 2018) اقتراح النماذج العشوائية (نماذج السلاسل الزمنية) كتنقية لإنشاء سيناريوهات لتغير المناخ في المستقبل والتي تشمل هطول الأمطار ودرجة الحرارة والتبخر وتعتبر المؤشرات الرئيسية في دراسة المناخ ، تم استخدام بيانات هطول الأمطار التي مدتها 40 عامًا وبيانات 37 عامًا من درجة الحرارة والتبخر في محطة جيلوجير ماحين (منبع خزان سد الكرخة) في غرب إيران، في هذه الدراسة واستنادا إلى نموذج ARIMA تم الحصول على النماذج المناسبة للتنبؤ بهطول الأمطار السنوي ودرجة الحرارة والتبخر. بعد التحقق من صحة النموذج ، وتم إجراء التنبؤ للسنوات العشر المقبلة (2006 – 2015) في ضوء التنبؤات التي تم إجراؤها. درس (Boulariah et al.,2019) دراسة مقارنة بين النماذج المفاهيمية ونموذج Box-Jenkins ، وهو ABCD ، GR2M ، والمتوسط المتحرك للانحدار التلقائي (ARIMA) ، تم تطبيق النماذج الثلاثة على ثلاثة مستجمعات في الشمال الغربي الجزائري. واختيار الأحواض وفقًا لتوافر سلسلة طويلة من البيانات الهيدرولوجية والمناخية (أكثر من 30 عامًا) ، مع مراعاة المتغيرات المناخية والسلوك العشوائي لتدفق الطبيعي. اظهرت النتائج أن نموذج GR2M كان أداء أفضل من ABCD.

درس (Than et al., 2021) تصنيف وتوقع جودة مياه النهر دونغ ناي في أوقات مختلفة ، باستخدام الشبكة العصبية ونماذج ARIMA ، للفترة من 2012-2019 ، وظهرت النتائج التنبؤ المختلط توقعات أكثر قبولاً .

#### مؤشرات جودة المياه

تم وضع العديد من المؤشرات لبيان مدى صلاحية المياه للاستهلاك البشري ولمختلف جوانب حياته اليومية ومن أهمها:

✓ مؤشر الـ(pH): ان مؤشر نسبة الدالة الحامضية (pH) يتكون من مديات توشر جودة المياه، فاذا كانت نسبته ضمن المدى (6.8--7.2)، فهي مؤشر على ان نسبة الدالة الحامضية (pH) معتدلة، وتصنف المياه على هذا الاساس بشديدة الحموضة، ونسبته ضمن المدى (7.2---8.5) توشر نسبته كضعيفة القلوية لتصف المياه بالحمضية، في حين تصنف المياه بالقلوية، إذا كانت نسبته ضمن المدى (8.5 >) كونها ضعيفة الحموضة، وهنالك تصنيف للمياه حسب قيمة pH (Davis and Dewiest,1966) كما موضحة في الجدول (1)

جدول 1: مؤشر الدالة الحامضية (pH) لجودة المياه

| نوع الماء     | pH        | نوع الماء     | pH        |
|---------------|-----------|---------------|-----------|
| معتدلة        | 6.8 – 7.2 | لحمية الحموضة | < 3.5     |
| ضعيفة القلوية | 7.2 – 8.5 | حمضية         | 3.5 - 5.5 |
| قوية          | 8.5 <     | ضعيفة الحموضة | 5.5 – 6.8 |

المصدر: (Davis and Dewies,1996) .



شكل 1: المؤشر الشهري لدالة الحامضية (pH)

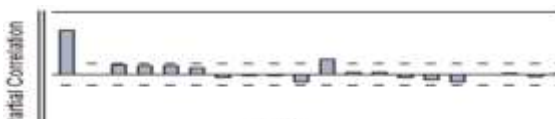
تتمثل مرحلة التعرف أو التحديد (Identification) بخطوتين، في الأولى تم متابعة استقرار السلسلة للتعرف على استقرارية أو عدم استقرارها، فبها تكون مستقرة إذا كانت منتشرة حول وسط ثابت وتكون في حالة غير مستقرة إذا كان اتجاه السلسلة يعبر عنه باتجاه النمو، ويتم التعرف على ذلك من خلال رسم كل من دالة الارتباط الذاتي والجزئي لهما. في الخطوة الثانية يتم تشخيص النموذج في إشارة إلى اختيار أفضل نموذج من بين نماذج  $ARMA(p, q)$  أو  $ARIMA(p, d, q)$  من خلال تشخيص دالتي الارتباط الذاتي والجزئي وكما موضح في شكل (2) ومنه يتبين أن دالة الارتباط الذاتي للسلسلة الزمنية غير مستقرة، نها تتجه نحو الصفر ومعاملات الارتباط الذاتي (ACF) غير معنوية.



المصدر مخرجات برنامج Eviews.ver.10

الشكل 2: دالة الارتباط الذاتي (ACF) سلسلة مؤشر الدالة الحامضية (pH)

ومن شكل (4) يتضح أن الارتباط بعد المتأخر (الابطاء) الأول ذو دلالة احصائية لأنه أكبر من (0.05) ويتضح أنه فقط المتأخر (الابطاء) الأول ذو دلالة احصائية أما بقية الارتباطات عند التأخيرات (الابطاءات) الأخرى غير معنوية بسبب أنها تتلاشى وتهبط باتجاه الصفر ومن خلال الارتباط الذاتي والجزئي نستنتج أن السلسلة غير مستقرة.



المصدر مخرجات برنامج Eviews.ver.10

شكل 3: دالة الارتباط الذاتي الجزئي (PACF) سلسلة مؤشر الدالة الحامضية (pH)

ولحل مشكلة استقرار السلسلة الزمنية بناءً على شروط استقرارها، حيث أن عدم استقرار السلسلة الزمنية تؤدي إلى الحصول على نتائج غير دقيقة ومضللة عند التنبؤ بالقيم اللاحقة. هنا، يجب أن تتحول السلسلة الزمنية إلى أكثر استقراراً لنحصل على نتائج أقرب للواقع، ولتطبيق استقرار السلسلة الزمنية، يتم أخذ عدد من الفروقات لنصبح السلسلة أكثر استقراراً بعد أخذ (d) من الفروقات (طعمه، 375:2012). ومن الواضح أن السلسلة ليست مستقرة في الوسط والتباين وعليه، يتم أخذ الفرق الأول والثاني من أجل الحصول على

بسرعة، لذلك فإن الأساليب الأحصائية المستخدمة للتنبؤ تكون مفيدة للمدىات القصيرة والمتوسطة، والتنبؤ يعتبر من الأحداث المهمة ويعد فاصلاً في العديد من عمليات التخطيط والقرارات الجازمة (DOUGLAS C.2008:1-2) MONTGOMERY لهذا الغرض نموذج ARMA بشكله العام للنموذج  $(p, d, q)$ ، كما ينطبق أيضاً نموذج ARIMA العام على السلاسل الزمنية غير الثابتة التي لها بعض الاتجاهات التي يمكن تحديدها بوضوح. فعادةً ما يستخدم هذا النموذج باعتباره  $(p, d, q)$  حيث  $P$  و  $q$  هي أعداد صحيحة غير سالبة تتوافق مع ترتيب أجزاء متوسط الانحدار التلقائي والمتكامل والمتحرك من النموذج، على التوالي.

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_t - q + a_t$$

وحيث أن

$(Z_t)$  تمثل نماذج الانحدار.  $Z_{t-1}, Z_{t-2}, \dots$  هذا بدلالة الانحرافات اما الصيغة الرياضية لنموذج الانحدار الذاتي (p) تأخذ الشكل التالي:

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + a_t \quad (2)$$

حيث أن الأصل

$\phi_1, \phi_2, \dots$  تمثل المعاملات، وهي معاملات المتغيرات المستقلة

$Z_{t-1}, Z_{t-2}$  تمثل الميول

at: تمثل الخطأ العشوائي

في هذا النموذج لا يوجد مقطع لأنها كتبت بطريقة الانحرافات، وهو يمر بنقطة والذي يسمى عادة في هذه النماذج بحد الضوضاء أو التشويش الأبيض اما الاوساط المتحركة (MA) فالصيغة الرياضية هي (q)

$$Z_t = \theta_1 a_t - 1 - \theta_2 a_{t-2} - \theta_3 a_{t-3} + \dots + \theta_q a_t - q + a_t \quad (3)$$

$\theta_2, \theta_1$ : معلومات النماذج

$a_t - 2, a_t - 1$ : تمثل الأخطاء

الجانب العملي

يتمثل الجانب العملي في احتساب الدالة الحامضية (pH) لمحطة تكريت الموحدة الواقعة على ضفاف نهر دجلة، وتطبيق نماذج بوكس - جينكز لغرض التنبؤ بالدالة الحامضية لنهر ضمن المقطع قيد الدراسة.

الشكل العام لنموذج السلسلة

توضح رسم السلاسل الزمنية لدالة الحامضية (pH) وجود الاتجاه العام بالزيادة السالبة كما أن بيانات السلاسل لا تتذبذب عن متوسط ثابت والتي تدل على عدم الاستقرار في الوسط والتباين. يختلف تركيز الدالة الحامضية (pH) حسب الزمن بين ارتفاع المؤشر إلى 8.5 في ايار لسنة 2010 وهي تمثل أعلى قيمة في السلسلة الزمنية، وانخفاضه إلى 7.8 في نيسان لسنة 2014 وذلك لتأثرها بمختلف الظروف البيئية، يبين الشكل (1) تمثيل لسلسلة الدالة الحامضية (pH) مبينا تذبذبها مع الزمن ووضوح الاستمرار في الانخفاض.

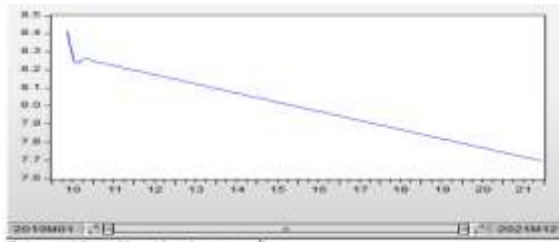
بعد تحليل السلسلة تم استخراج افضل نموذج مناسب نموذج (ARIMA2,1,3) , ويمثل افضل نموذج تم الحصول عليه وقد استخدم هذه النموذج لعملية التنبؤ للفترة من كانون الثاني 2021 الى كانون الاول 2021، ويوضح الجدول رقم (5) التنبؤ لأثنى عشر شهرا اللاحقة.

جدول 5: التنبؤ بالدالة الحامضية (pH)

| جودة المياه | التنبؤ بدالة الحامضية سنة 2021 |         |
|-------------|--------------------------------|---------|
| معتدل       | 7.74                           | 2021M1  |
| معتدل       | 7.73                           | 2021M2  |
| معتدل       | 7.73                           | 2021M3  |
| معتدل       | 7.72                           | 2021M4  |
| معتدل       | 7.72                           | 2021M5  |
| معتدل       | 7.72                           | 2021M6  |
| معتدل       | 7.71                           | 2021M7  |
| معتدل       | 7.71                           | 2021M8  |
| معتدل       | 7.7                            | 2021M9  |
| معتدل       | 7.7                            | 2021M10 |
| معتدل       | 7.7                            | 2021M11 |
| معتدل       | 7.69                           | 2021M12 |

المصدر: اعداد الباحث بالاعتماد على نتائج التنبؤ

ويتضح من رسم السلسلة الزمنية مع القيم اللاحقة التي تم التنبؤ بها كما موضح في الشكل (6) للفترة من 2020-2021 ان قيم الدالة الحامضية (pH) كانت اقل من قيم السلسلة السابقة وهذا يعتمد في الأساس على دقة او عدم دقة قراءات بيانات السلسلة الزمنية.



شكل رقم 6: الرسم البياني للتنبؤ بدالة الحامضية (pH)

#### الاستنتاجات والتوصيات

بناء على دراسة السلسلة الزمنية الدالة الحامضية pH في (مشروع تكريت الموحدة) ضمن مقطع في نهر دجلة، تم تحليل البيانات الشهرية لتلك السلسلة ، وجد انها غير مستقرة، وقد استخدمت طريقة الفروق لتحويل السلسلة غير المستقرة الى سلسلة اكثر استقرارا من خلال اخذ الفرق الأول، باستخدام معايير المفاضلة بين عدة نماذج وهي (الاختبارات الأحصائية وتشمل الارتباط الذاتي (AM) والارتباط الذاتي الجزئي (RA) واقل قيمة لتباين النموذج ) وجد ان النموذج الملائم للتنبؤ بالبيانات اللاحقة للدالة الحامضية pH هو نموذج الانحدار الذاتي المتكامل من الرتبة الثانية (ARIMA(2,1,3)، وباستخدام هذا النموذج تم لتنبؤ بقيم الدالة الحامضية pH كمعيار لبيان نوعية المياه ، للفترة (2020-2021) اظهرت القيم التنبؤ تتناسق (قريبة نوعا ما) مع القيم الاصلية للسلسلة. وبناءا على تلك النتائج نستنتج ان المياه في ذلك المقطع معتدل في العموم. من خلال ما تم التوصل اليه يوصي الباحثون بقيام دراسات معمقة للتنبؤ بالسلسلة

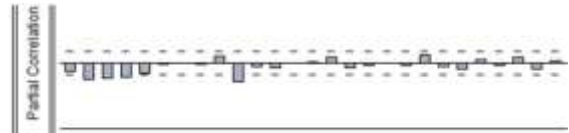
سلسلة زمنية اكثر استقرارا ، بعد ذلك يرسم الارتباط الجزئي والتلقائي للسلسلة الجديدة كما موضح في الشكل (4)(5).



المصدر مخرجات برنامج Eviews.ver.10

الشكل 4 : دالة الارتباط الذاتي بعد اخذ الفرق الاول

يتضح من خلال دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الجزئي كما في الشكل (4) (5) ان اغلب القيم تقع داخل حدود الثقة ، وعليه يمكننا اختيار افضل نموذج من خلال اختبار النماذج .



المصدر مخرجات برنامج Eviews.ver.10

الشكل 5: دالة الارتباط الذاتي الجزئي بعد اخذ الفرق الاول

بعد معرفة استقرار السلسلة الزمنية من خلال ما تم توضيحه انفا، يمكننا الانتقال الى مرحلة تقدير النموذج وذلك بتحليل (ARIMA) على السلسلة الزمنية، وذلك وفق معطيات دالة الانحدار الذاتي والجزئي للحصول على افضل نموذج يلائم بيانات السلسلة الزمنية، وبعد ان تم تحليل النماذج باستخدام الحزمة الاحصائي (Eviews.ver.10) وجد ان افضل نموذج هو نموذج ARIMA (2,1,3) وهو نموذج من الرتبة الثانية بعد اخذ الفرق الاول للسلسلة الزمنية ، وحيث ان النموذج المستحصل للدالة الحامضية (pH) يتم تقدير النموذج باستخدام برنامج Eviews.

بعد ان حقق النموذج شرطي الاستقرار والانعكاس والذي يدل على كفاءة النموذج المقترح، وكذلك سنلاحظ ان سلسله الانحدار الذاتي قابلة للانعكاس (محمد، 2007: 3).

جدول رقم 4: نتائج اختبار نموذج ARIMA

| Dependent Variable: D(PH)                                        |             |            |             |        |
|------------------------------------------------------------------|-------------|------------|-------------|--------|
| Method: ARMA Maximum Likelihood (OPG - BHHH)                     |             |            |             |        |
| Date: 06/18/22 Time: 10:12                                       |             |            |             |        |
| Sample: 2010M02 2020M02                                          |             |            |             |        |
| Included observations: 121                                       |             |            |             |        |
| Convergence achieved after 18 iterations                         |             |            |             |        |
| Coefficient covariance computed using outer product of gradients |             |            |             |        |
| Variable                                                         | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob.  |
| AR(3)                                                            | -0.231998   | 0.086917   | -2.669163   | 0.0087 |
| MA(2)                                                            | -0.335909   | 0.069127   | -4.859269   | 0.0000 |
| SIGMASQ                                                          | 0.040566    | 0.004525   | 8.965358    | 0.0000 |

المصدر: مخرجات برنامج Eviews

ومن جدول رقم (4) يتضح ان الوصول لشرط استقرارية، بوصول قيمة الانحدار الذاتي لأقل من واحد، الاضافة الى ان قيمة المتوسطات المتحركة (MA)، ومعامل الانحدار (Coefficient) اقل من واحد أيضا.

وفي المرحلة الأخيرة (مرحلة التنبؤ)، تضمنت المشاهدات الشهرية للدالة الحامضية (pH) خلال الفترة الزمنية، والتي تشمل من كانون الثاني (2010) ولغاية شباط (2020) ، ومن خلال هذه الفترة الزمنية

كما يقترح الباحثون استخدام نماذج تعلم الآلة والذكاء الصناعي للحصول على تنبؤات أكثر دقة لنوعية المياه بهدف تلافي مشاكل التلوث المهدد للحياة.

quality parameters. *Journal of Applied Research in Water and Wastewater*, 1(1), 43-54.

14- Davis, S. N., & DeWiest, R. J. M. (1966). *Hydrogeology* John Wiley Sons New York NY.

15- Montgomery, D. C., Jennings, C. L., & Kulaichi, M. (2008). *Introduction Analysis and to Forecasting Time Series*. Canada: John Wiley & Sons.

17- Gairaa, K., Khellaf, A., Messlem, Y., & Chellali, F. (2016). Estimation of the daily global solar radiation based on Box-Jenkins and ANN models: A combined approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, 238-249. and NN

18- Hanh, P. T. M., Anh, N. V., Ba, D. T., Sthiannopkao, S., & Kim, K. W. (2010). Analysis of variation and relation of climate, hydrology and water quality in the lower Mekong River. *Water science and technology*, 62(7), 1587-1594.

19- House, M. A. (1990). Water quality indices as indicators of ecosystem change. *Environmental Monitoring and Assessment*, 15(3), 255-263.

20- Rafiemanzelat, R., Emadi, M. I., & Kamali, A. J. (2017). City sustainability: the influence of walkability on built environments. *Transportation research procedia*, 24, 97-104.

21- Macheuposhti, K. H., Sedghi, H., Telvari, A., & Babazadeh, H. (2018). Modeling climate variables of rivers basin using time series analysis (case study: Karkheh River basin at Iran). *Civ Eng J*, 4(1), 78-92.

22- Boulariah, O., Meddi, M., & Longobardi, A. (2019). Assessment of prediction performances of stochastic and conceptual hydrological models: monthly stream flow prediction in northwestern Algeria. *Arabian Journal of Geosciences*, 12(24), 1-14.

23- Papamichael, C. M., Lekakis, J. P., Stamatelopoulos, K. S., Papaioannou, T. G., Alevizaki, M. K., Cimponeriu, A. T., ... & Stamatelopoulos, S. F. (2000). Ankle-brachial index as a predictor of the extent of coronary atherosclerosis and cardiovascular events in patients with coronary artery disease. *The American journal of cardiology*, 86(6), 615-618.

24- Than, N. H., Ly, C. D., & Van Tat, P. (2021). The performance of classification and forecasting Dong Nai River water quality for sustainable water resources management using neural network techniques. *Journal of Hydrology*, 596, 126099.

25- McKerchar, A. I., & Delleur, J. W. (1974). Application of seasonal parametric linear stochastic models to monthly flow data. *Water Resources Research*, 10(2), 246-255.

26- Thivya, C., Chidambaram, S., Thilagavathi, R., Nepolian, M. & Adithya, V.S. (2014). Evaluation of

الزمنية للدالة الحامضية pH استخدام نماذج بوكس جينكز في مختلف مقاطع نهر دجلة عند القيام بتحليل السلاسل الزمنية لما وجد فيها من دقة لقراءة المشاهدات الشهرية والحصول على أفضل نموذج للتنبؤ،

#### المصادر

1- الساطوري، الهيتي، خيرى خليل سليم، بلال محمد أسعد. (2010)

"استخدام نماذج ARIMA في التنبؤ بعرض النقد لدولة قطر" مجلة جامعة الأنبار للعلوم الاقتصادية والإدارية، المجلد 3، الأصدار 5.

2- كاظم، أبراهيم جواد، (2011) "الأرقام القياسية ومنهجية تطبيقها في الأنشطة الاقتصادية (العراق أنموذجاً)"، جامعة ديالى - مديرية البحث والتطوير والمتابعة.

3- الشكرجي، تاج الدين، بشار ذنون محمد، ميادة صلاح الدين. (2008) "علاقة مؤشر الأسهم في السوق المالية بالحالة الاقتصادية، دراسة تحليلية لسوق الرياض للأوراق المالية"، مجلة تنمية الرافدين، 89(30) ض ص 71-90.

4- طعمه، سعيدة عبد الكريم (2012) "استخدام تحليل السلاسل الزمنية للتنبؤ بأعداد المصابين بالأورام الخبيثة في محافظة الأنبار"، مجلة جامعة الأنبار للعلوم الاقتصادية والإدارية، المجلد 4، العدد 8.

5- محمد، سالم بدر. (2007) "أساليب الكشف عن الشوارد في السلاسل الزمنية ذات الدرجات الدنيا (دراسة تجريبية)"، مجلة التقني، المجلد 21، الأصدار 6.

6 - غافل، أمل علي، (2013) "استخدام نماذج بوكس جينكز في التنبؤ بإنتاج الطاقة الكهربائية"، مجلة جامعة كربلاء، المجلد 11، الأصدار 2.

7- Ahmad, S., Khan, I. H., & Parida, B. P. (2001). Performance of stochastic approaches for forecasting river water quality. *Water research*, 35(18), 4261-4266.

8- Antonopoulos, V. Z., Papamichail, D. M., & Mitsiou, K. A. (2001). Statistical and trend analysis of water quality and quantity data for the Strymon River in Greece. *Hydrology and Earth System Sciences*, 5(4), 679-692.

9- Arya, F. K., & Zhang, L. (2015). Time series analysis of water quality parameters at Stillaguamish River using order series method. *Stochastic environmental research and risk assessment*, 29(1), 227-239.

10- Box George, E. P., Jenkins Gwilym, M., Reinsel Gregory, C., & Ljung Greta, M. (1976). Time series analysis: forecasting and control. *San Francisco: Holden Bay*.

11- Christodoulos, C., Michalakelis, C., & Varoutas, D. (2010). Forecasting with limited data: Combining ARIMA and diffusion models. *Technological forecasting and social change*, 77(4), 558-565.

12- Chow, V. T., & Kareliotis, S. J. (1970). Analysis of stochastic hydrologic systems. *Water Resources Research*, 6(6), 1569-1582.

13- Tizro, A., Ghashghaie, M., Georgiou, P., & Voudouris, K. (2014). Time series analysis of water

forecasting the monthly inflow of Dez dam reservoir. J Hydrol 476:433–441

28- Zhang, G. P. (2003). Time series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model. *Neurocomputing*, 50, 159-175.

drinking water quality index (DWQI) and its seasonal, Vol (2).

27-Valipour M, Banihabib ME, Behbahani SMR (2013) Comparison of the ARMA, ARIMA, and the autoregressive artificial neural network models in

## Employment of a time series model to predict water quality (dependence of the pH ratio) in a Reach of the Tigris River

### Abstract

In today's world, water quality is one of the most important factors for the well-being of societies, especially as it represents the indispensable lifeblood for all. This paper came to analyze the time series of the pH function, as it represents an important indicator of the quality and acceptability of water for various human uses in general, in a specific section of the Tigris River, (a diagnosis, an estimate, and a test of the suitability of the model for prediction), using the method of Box-Jenkins) from In order to choose the best valid model for predicting water quality in that section, the results of analyzing the time series data for the compound (PH) for the period (2010-2020) using the (E-Views. Ver.10) program showed the suitability of the second-order integrated autoregressive model. (2, 1, 3) ARIMA, where the prediction values were completely consistent with the values of the original series, which indicates the efficiency of the model for monthly forecasting of the water quality of the Tikrit Consolidated Project in the Tigris River within the area under study

**Keywords:** Box and Jenkins, pH, water quality, ARIMA integrated autoregressive model.