تقييم نوعية مياه نهر العاصي باستخدام طرق التحليل الإحصائي المتعدد المتغيرات

م. لينا خوري[1]

أ.د. محمد بشار المفتي[2]

الملخص

تهدف الدراسة إلى تقييم نوعية مياه نهر العاصي عن طريق إجراء دراسة إحصائية في عدة نقاط مراقبة موزعة على طول النهر، لمعرفة مزايا المتغيرات المؤثرة في نوعية مياه النهر تم تطبيق التحليل الإحصائي المتعدد المتغيرات (العنقودي، العاملي) على نتائج تحليل عينات لمياه النهر من بداية دخوله محافظة حمص وحتى خروجه منها من عام (2007 – 2020)، حيث صنف التحليل العنقودي مجموعة المراصد وفق التشابه في المواصفات إلى عنقودين (منخفض التلوث، ملوث) مما يخفض عدد المواقع اللازمة للاعتيان، وأعطى التحليل العاملي أفضل نسبة تفسير تباين 87.86% من التباين الكلي عند المقارنة بين الأنماط التركيبية للعناقيد وأربع عوامل أساسية بجودة قياس عالية، ويشمل سبع متغيرات أساسية، وهي: (EC, COD,BOD, Na, DO,NO_3, TSS).

الكلمات المفتاحية: التحليل العنقودي، التحليل العاملي، التحليل متعدد المتغيرات، نوعية مياه نهر، تلوث نهر العاصي.

[1] طالبة دكتوراه في كلية الهندسة المدنية /قسم الهندسة الصحية والبيئية / جامعة دمشق

[2] أستاذ مساعد في كلية الهندسة المدنية / قسم الهندسة الصحية والبيئية /جامعة دمشق

Assessment the Orontes water quality using statistical analysis methods

E. Lina Khouri[(1)]

D. Muhammad Bashar AlMufti[(2)]

Abstract

The study aims to assess the water quality of the Orontes River by using a statistical study at several monitoring points distributed along the river. To know the advantages of the variables affecting the quality of river water, multivariate statistical analysis (cluster, factor) was applied to the results of analyzing samples of river water from the beginning of its entry into Homs Governorate until its exit from the year (2007-2020), where the cluster analysis classified the observatories group according to the similarity in the specifications into two clusters (low pollution, polluted), which reduces the number of sites needed for sampling, and the factor analysis gave the best percentage of interpretation of the variance of 87.86% of the total variance when comparing the structural patterns of the clusters And 4 basic factors with high quality measurement, and it includes seven basic variables, which are: (EC, COD, BOD, Na, DO, NO_3, TSS).

Key word: Cluster Analysis, Factor Analysis, Multivariate Statistical Methods, Orontes River Pollution, River Water Quality.

[(1)]PhD student in the Civil Engineering College / Sanitary and Environmental Engineering Department / Damascus University.

[(2)]Assistant Professor at the Civil Engineering College / Sanitary and Environmental Engineering Department / Damascus University.

المقدمة:

تعتبر الموارد المائية من أساسيات التنمية المستدامة، وكان الاهتمام المتزايد منذ القدم بنوعية المياه باعتبارها تشكل عنصراً أساسياً من عناصر وجود الكائنات الحية (Brookfield, 1993)، حيث في الوقت الحاضر تعاني مصادر المياه المختلفة تلوثاً كبيراً نتيجةً للزيادة السكانية وتوزع الصناعات بشكل عشوائي والتوسع الصناعي والزراعي، وما يرافق ذلك من سوء في إدارة الموارد المائية (Ibrahim et al. 2015). في الآونة الأخيرة زاد الاهتمام بالدراسات التي تعنى بإدارة المصادر المائية وتقييم الوضع الحالي لها سواء التقليدية منها كالمياه السطحية أو غير التقليدية، وتحديد طرق المعالجة المطلوبة للاستخدام (Flint, 2004)، من هنا أتت ضرورة النظر في أي مصدر للمياه غير التقليدية من أجل استخدامها بشكل فعال واقتصادي، حيث أن البحث والتطوير أمر حاسم في ضمان كفاءة الاستخدام والوصول للمصادر المائية، وتحديد مصادر التلوث الخاصة بكل مصدر لتحديد إمكانية الاستفادة القصوى منه(Bahous, 2013). تم اختيار نهر العاصي للدراسة والذي يقع تحت تأثير كميات كبيرة من ملوثات المنشآت الصناعية والصرف الصحي للتجمعات السكانية العشوائية، بالإضافة إلى ملوثات الصرف الزراعي الناتج عن استخدامات الأراضي في المنطقة ولذلك تم اختياره للدراسة لتحديد مصادر هذه الملوثات في كل منطقة وحركة هذه الملوثات. وسوف يتم استعراض أهم المتغيرات التي تؤثر على نوعية مياه النهر باستخدام طرق التحليل الإحصائي لتقييم نوعية المياه ومن أهمها (التحليل العنقوديCA ، التحليل العاملي FA). فقد تبين في دراسة أعدت على نهر دجلة في العراق قام بها (Flaieh et al. 2014)، للتقدير التغيرات الزمانية والمكانية في جودة النهر، تم اختيار 18 مؤشر وهي:

(pH, EC, TSS, T, TUR, TA, TH, Ca^{+2}, Mg^{+2}, $SO4^{-2}$, TS, Fe^{+2}, Al^{+3}, NO_3^{-1}, NH_3, Si, NO_2^{-1}, PO_4^{-3}.)، حيث استخدم التحليل العاملي من أجل استخلاص المتغيرات الأكثر تأثيراً في تغير نوعية مياه النهر، واستخدم التحليل العنقودي من أجل دراسة التغيرات الزمانية والمكانية في مياه النهر، حيث أعطى التحليل العنقودي ثلاثة عناقيد للمناطق المدروسة، أما التحليل العاملي فحدد 4 عوامل مسؤولة عن 70.742% من التغاير في النهر. وقد أجريت على نهر غوميت (et Singh, al 2004) قام بها الباحث بتقييم التغيرات الزمانية والمكانية لنوعية مياه النهر باستخدام الطرق الإحصائية، حيث تم اختيار \24\ مؤشر: (EC, TDS, BOD, COD, TH, TA, Ca, Mg, Na, K, HCO3, Cl, SO_4, NO_3,TSS, FC, NH_4, NO_2, pH, Fe, SAR,DO, PO_4, TUR)، وبتطبيق التحليل التمييزي بين أن 88% من التباين تعود إلى التغيرات الزمانية و91% تعود إلى تغيرات مكانية في ثلاث مناطق مختلفة، وهذه الطرق الإحصائية تساعد بصورة أساسية في إدارة جودة المياه بصورة فعالة. وفي دراسة (Muangthong et al. 2015) تم تطبيق التقنيات الإحصائية المتعددة المتغيرات لتقييم الاختلافات الزمانية والمكانية لنهر نامبونج (Nampong) في تايلند، تم استخدام عدد من المؤشرات في الدراسة أخذت على مدى عشر سنوات وهي:(T, pH, TUR, Cond, DO, BOD, TC, FC, TP, NO_3, $N0_2$, NH3, TS, TDS, SS)، وأعطت النتائج من أجل التحليل العاملي خمسة عوامل بنسبة تباين 69.32%، وثلاثة مجموعات من أجل التحليل العنقودي(CA).

– تأتي أهمية الدراسة من المكانة الاقتصادية الكبيرة لنهر العاصي، باعتباره مورد مائي ضخم حيث يستخدم لتأمين المياه اللازمة للمنشآت الصناعية وري الأراضي الزراعية ومورد للشرب لمدينتي حمص وحماه (يوسف،2009)، لكن لم تجر حتى الآن دراسة شاملة

لتقييم نوعية مياه النهر، إنما يوجد بعض نتائج التحليل التي تدل على مؤشرات غير كاملة، بالإضافة إلى أنه لا توجد حتى الآن أي تحديد لمستويات نوعية مياه النهر وفق المواصفات السورية التي تساعد في معرفة إمكانية استثمار مياهه للأغراض المتعددة.

أهداف البحث:

يهدف إلى تحليل مؤشرات التلوث لمياه نهر العاصي وفقاً لأسلوب إحصائي معياري يفيد في تحديد أكثر العوامل تأثيراً على نوعية المياه مع دراستها إحصائياً (التغيرات المكانية والزمانية) ومعرفة مدى ارتباطها مع بعضها البعض وتحديد مدى مساهمة الأنشطة الصناعية والبشرية المختلفة بالتغيرات الحاصلة في نوعية المياه، بالإضافة إلى تقليص عدد مناطق أخذ العينات لتقليل الجهد والكلفة والوقت المبذول لأخذ وتحليل العينات (Mfonka, 2021).

الدراسة النظرية:

– يعتبر نهر العاصي المصدر الرئيسي لتأمين المياه اللازمة لمعظم المنشآت الصناعية في المنطقة الوسطى حيث يستجر منه سنوياً حوالي /12/ مليون م^3 (يوسف 2009)، كما أنه مصدر مياه الشرب لمدينة حمص وحماه، والمصدر الرئيسي للري في المنطقة الوسطى إذ يروي مساحة إجمالية تقدر /49000/ هكتار (نجار وآخرون، 2003)، ويرفده أنهار موسمية الجريان هي نهر الساروت – نهر البارد – نهر سلحب.

مصادر التلوث على نهر العاصي:

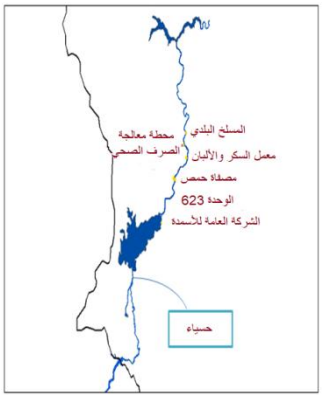
a. **<u>الصرف الصحي:</u>**

يوجد في محافظة حمص بحدود 800 تجمع سكني (قرى، بلديات، تجمعات صغيرة) يقع معظمها ضمن حوض العاصي وجزء من حوض الساحل.

b. **<u>الصرف الصناعي:</u>**

حيث يزداد تدهور نوعية المياه بعد مخرج بحيرة قطينة بسبب مياه الصرف الصناعي لمعمل الأسمدة غير المعالج المحمل بالملوثات والتي تصرف بشكل مباشر على نهر العاصي وهذه المنشآت موضحة بالشكل (1) (المديرية العامة لحوض العاصي 2001–2002)، المنشآت الصناعية هي:

- **الشركة العامة للأسمدة:** الملوثات الناجمة عن تصنيع الأسمدة الآزوتية.
- **المدينة الصناعية في حسياء:** الصرف الصناعي غير المعالج الناتج عن بعض المنشآت الصناعية.
- **الشركة العامة لمصفاة حمص:** ملوثات منصرفات المصفاة الحاوية على (زيوت– نفط – بترول).
- **الرحبة العسكرية:** مستويات متباينة من الشحوم والزيوت والمعادن الثقيلة.
- **معمل شركة ألبان حمص:** منصرفات المعمل غير المعالجة بشكل جيد إلى النهر.
- **شركة سكر حمص:** منصرفات الشركة غير المعالجة بشكل جيد.
- **المسلخ البلدي:** المنصرفات الحاوية على مستويات عالية من ملوثات المسلخ التي تصرف بدون معالجة جيدة.



الشكل (1) نقاط الصرف الصناعي على نهر العاصي

نوعية المنصرفات على مجرى النهر:

ينبع نهر العاصي من منطقة بعلبك والهرمل في لبنان، يدخل الأراضي السورية عند محافظة حمص في منطقة العميري وربلة (مديرية البيئة حمص، 2018)، حيث أن:

1-**مرصد العميري**: يرصد مواصفات مياه النهر في نقطة دخوله محافظة حمص.

2-**مرصد ربلة**: الغرض منه رصد مواصفات مياه النهر بعد دخوله الأراضي السورية.

3-**مرصد القناطر**: يرصد مواصفات مياه نهر العاصي بعد تعرضه لملوثات المنشآت السياحية في المنطقة.

4-**مرصد تل النبي مندو**: يرصد تغيرات المياه الناتجة عن ملوثات شبكة مجاري القصير وملوثات أحواض تربية الأسماك.

5-**مرصد بحيرة قطينة**: يتم في هذا المرصد مراقبة تغيرات مواصفات المياه ومصادر التلوث في المنطقة الناتجة عن النشاطات الصناعية مثل الرحبة العسكرية والشركة العامة للأسمدة، ويلاحظ انخفاض كبير في قيم pH.

6-**مرصد مخرج بحيرة قطينة**: يرصد نوعية المياه الخارجة من البحيرة بعد تعرضها لكميات كبيرة من ملوثات الشركة العامة للأسمدة حيث أن كمية المياه المصروفة تقدر بحدود 270 m^3/h، ويلاحظ هنا ارتفاع لقيم بعض المؤشرات مثل: EC، PO_4، SO_4 ، SS ، NH_4.

7-**مرصد طريق الشام**: يرصد تغيرات مواصفات نهر العاصي بعد صبيب الشركة العامة للأسمدة وقبل مصفاة حمص، ويلاحظ ارتفاع لقيم NH_4 الناتج عن منصرفات الرحبة العسكرية (الوحدة 623).

8-**مرصد طريق طرابلس**: لرصد المياه بعد صبيب المصفاة وقبل ملوثات مدينة حمص، يلاحظ ارتفاع لقيم COD ، NH_4 ، EC الناتجة عن منصرفات المصفاة وكمية المياه المصروفة إلى النهر 1460 m^3/h.

9-**مرصد الدوير**: لرصد الملوثات الناتجة عن منصرفات محطة معالجة مياه الصرف الصحي لمدينة حمص، والتي تتضمن: (مياه شبكة الصرف الصحي، مياه معمل السكر، مياه معمل الألبان، مياه معمل الغزل والنسيج) وتقدر كمية المياه المصروفة بحوالي 3830 m^3/h، ويلاحظ انخفاض في قيم DO وارتفاع في قيم NH_4 ، PO_4 ، COD ، EC ، SS.

10-**مرصد الغنطو**: يرصد الملوثات الناتجة عن الصرف الصحي للتجمعات السكانية التي تصرف إلى النهر بشكل مباشر ودون معالجة ويلاحظ انخفاض في قيم DO.

11-**مرصد غجر أمير**: يرصد مواصفات المياه الداخلة إلى بحيرة الرستن.

ويبين الجدول(1) نوعية الملوثات التي يتعرض لها النهر

جدول (1) يبين الملوثات المنصرفة على نقاط المراصد

التسلسل	المرصد	الملوثات
1	العميري	
2	ربلة	
3	القناطر	ملوثات منشآت سياحية
4	تل النبي مندو	شبكة مجاري القصير + ملوثات أحواض تربية الأسماك
5	مدخل بحيرة قطينة	صرف صحي
6	مخرج بحيرة قطينة	منصرفات المنيدة الصناعية حسياء + صرف صحي
7	طريق الشام	صرف صناعي (الوحدة 623) + الشركة العامة للاسمدة
8	طريق طرابلس	صرف صناعي
9	الدوير	صرف صناعي + منصرفات محطة الدوير
10	الغنطو	صرف صناعي + صرف صحي للتجمعات السكانية
11	غجر أمير	صرف صناعي + صرف صحي للتجمعات السكانية

الدراسة الإحصائية:

تتضمن عملية التحليل الإحصائي جمع البيانات وتقييمها ثم تلخيص البيانات في نموذج رياضي محدد. توفر أنظمة تحليل البيانات متعددة المتغيرات فحصاً متزامناً للعديد من المتغيرات في المكان والزمان، وقد أصبح علم الإحصاء أساسي في مجال الدراسات البحثية

المختلفة لتساعده في تفسير الظواهر وتحليل البيانات والتطبيق العددي للنتائج (Mousa, 2005).

مراحل العملية الإحصائية:

- ❖ تجميع البيانات.
- ❖ التصنيف.
- ❖ تحليل البيانات.
- ❖ صياغة المعلومات (جداول، مخططات..).
- ❖ شرح وتفسير البيانات (Ali, 2019).

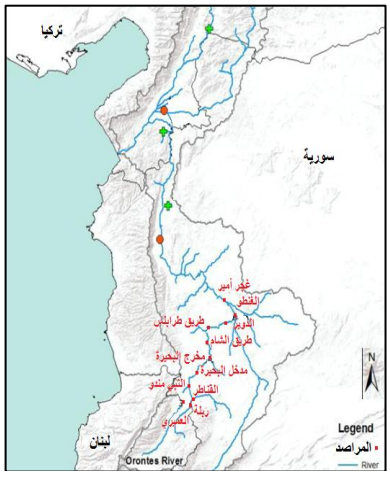
الطرق الإحصائية متعددة المتغيرات:

تهتم بدراسة سلوك الظواهر وتفسيرها، حيث تستخدم الطرق الإحصائية في تحليل البيانات ومصفوفات الارتباط، الهدف منها توضيح العلاقات بين المتغيرات (Shiker, 2012)، ومن أهم طرق التحليل الإحصائي:

- **التحليل العنقودي** Cluster Analysis (CA): يعتمد أسلوب هذا التحليل على كشف السلوك لمجموعة من البيانات ويعمل على تجميعها في مجموعات (عناقيد) بالاعتماد على مدى التشابه في صفات البيانات، حيث يشمل كل عنقود على كافة المتغيرات المتشابهة في سلوكها مع بعضها في مجموعة ومختلفة عن السلوك في المجموعة الثانية (Qian, 2007).
- **التحليل العاملي** factor analysis: يهدف لتخفيض عدد المتغيرات المدروسة وتلخيصها في عدد أقل من العوامل التي تفسر الظاهرة، حيث يوضح علاقة الارتباط بين المتغيرات، ويستخدم لاستخلاص العوامل الأكثر تأثيراً عن طريق تحليل معامل الارتباط بين المتغيرات (Field, 2009).

مواد وطرق البحث:

اعتمد البحث إجراء دراسة إحصائية لنتائج العينات المأخوذة من نقاط الرصد على طول مجرى نهر العاصي من عام (2007 – 2020) ابتداءً من منطقة العميري وحتى غجر أمير، حيث تم اختير مجموعة مؤشرات مؤلفة من 21 مؤشر وهي: (T, EC, pH, DO, COD, BOD, TUR, NH4, NO3, Na, SAR, PO4, Cl, SS, K, Ca, Mg, TH, TDS, TSS, FC,) (مديرية الموارد المائية، 2007–2019)، واستخدمت طرق التحليل الإحصائي لدراسة علاقات الارتباط بين المؤشرات المدروسة (Matejicek 2002)، حيث يدرس التحليل العنقودي سلوك مجموعة البيانات وتجميعها ضمن عناقيد، والهدف منه تقليل عدد المواقع اللازمة للاعتيان، أما التحليل العاملي يقوم بتحويل العدد الكبير من المؤشرات المترابطة ولو بشكل جزئي إلى مجموعة أقل من المؤشرات المستقلة (Yakoub, 2017)، تم الحصول على البيانات من مديرية الموارد المائية ومديرية البيئة بحمص من عام 2007 وحتى عام 2019، وتم إجراء تحاليل للمؤشرات لعام 2020 في مخبر البيئة حيث أخذت العينات من نقاط المراقبة الموزعة على طول مجرى النهر وهي موضحة في الشكل (2).



الشكل (2) توزع نقاط الرصد على طول نهر العاصي

ويبين الجدول رقم (2) إحداثيات المواقع التي تم أخذ العينات منها GPS.

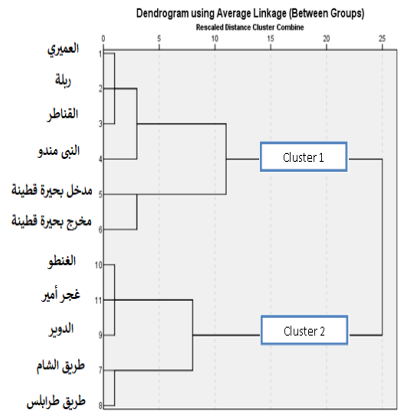
جدول (2) إحداثيات نقاط الرصد على طول نهر العاصي

GPS

Observatory	Latitude	Longitude
العميري	36.500	34.458
ربلة	36.600	34.459
قناطر	36.534	34.521
تل النبي مندو	36.523	34.560
مدخل البحيرة	36.524	34.607
مخرج البحيرة	36.617	34.664
طريق الشام	36.628	34.672
طريق طرابلس	36.628	34.689
الدوير	36.659	34.702
الغنطو	36.693	34.82
غجر أمير	36.670	34.884

النتائج والمناقشات:

تم تطبيق طريقة التحليل العنقودي الهرمي على مجموعة البيانات لنهر العاصي لتجميع محطات المراقبة المتماثلة في صفاتها على شكل عناقيد لدراسة إمكانية تخفيض عدد المواقع اللازمة للاعتيان، حيث تم الحصول على عنقودين: /cluster 1 , cluster 2/ ويضم كل عنقود مجموعة من المراصد المتشابهة في صفاتها وفق المخطط الشجري (1):



المخطط (1) المخطط الشجري للتحليل العنقودي

Dendogram

تفسير المخطط العنقودي:

العنقود الأول Cluster 1: يعتبر قليل التلوث ويضم 6 مراصد هي: (العميري، ربلة، القناطر، النبي مندو، مدخل بحيرة قطينة ومخرج بحيرة قطينة)، حيث تقع هذه المحطات عند بداية دخول النهر إلى محافظة حمص وتصنف بأنها قليلة التلوث بسبب قلة كمية الملوثات التي تصب بها وتكون نقية تقريباً.

العنقود الثاني Cluster 2: يصنف هذا العنقود بأنه ملوث ويضم (طريق الشام، طريق طرابلس، الغنطو، الدوير، غجر أمير) وتعتبر هذه المحطات ملوثة بسبب تلقيها كميات كبيرة من الملوثات من عدة مناطق صناعية حيث ترمى المياه الملوثة بدون معالجة إلى النهر، بالإضافة إلى الصرف الصحي لبعض التجمعات السكانية والقرى القريبة من النهر.

بالنسبة إلى نتائج التحليل العاملي:

لمقارنة الأنماط التركيبية للعناقيد تم تطبيق التحليل العاملي وفق نتائج التحليل العنقودي، وحيث أظهرت النتائج قيمة اختبار جودة القياس بدرجة KMO = 85.7% > 50% أي تعتبر جودة الاختبار جيدة، وذلك ويوضح ذلك بالجدول رقم /3/:

جدول/**3**/ درجة جودة القياس

KMO and Bartlett's Test		
Kaiser-Meyer-Olkin	Measure of Sampling Adequacy	.857
Bartlett's Test	Approx. Chi-Square	4008.200
	df	136
	Sig.	.000

دراسة الأنماط التركيبية وفق العناقيد:

- أظهرت النتائج "للعنقود 1" وجود /3/ عوامل رئيسية مسؤولة عن 76.2% من التباين الكلي في نوعية المياه، ويضم كل عامل مجموعة المتغيرات التي تؤثر به ونسبة التباين لكل عامل من مجموع التباين الكلي، ويوضح الجدول /4/ نسبة التباين:

جدول /4/ نسبة التباين الكلي للعوامل العنقود 1

العامل	حمولة العوامل الذاتية		
	المجموع	نسبة التباين %	% التباين التراكمي
1	9.639	48.197	48.197
2	3.778	18.891	67.088
3	1.817	9.085	76.173

يشكل العامل الأول نسبة 48.2% ويضم المتغيرات (COD, NO3, TUR, NH4, PO4, BOD, K, TSS)،

ويعود وجودها إلى بعض الأنشطة البشرية (صرف زراعي، صرف صحي)، والعامل الثاني بنسبة تباين 18.9% والثالث بنسبة تباين 9.1% حيث تضم المتغيرات (EC,TDS,DO) وهي تعود إلى الأنشطة الصناعية لبعض المنشآت، وبالتالي بالنسبة للعنقود الأول بالنسبة لمجموع 21 متغير تعتبر نسبة تفسير جيدة وتضم 11 متغير أساسي وهي: (COD, EC, PO4, K, NH4, TUR, TSS, NO_3, TDS, BOD, DO)، يوضح ذلك الجدول /5/:

جدول (5) نسبة العوامل المؤثرة للعنقود 1

الرقم	المتغيرات	العوامل 1 48.2%	2 18.9%	3 9.1%
1	NO_3	.980		
2	COD	.935		
3	PO_4	.932		
4	BOD_5	.924		
5	K	.911		
6	NH_4	.858		
7	tur	.847		
8	TSS	.838		
9	EC		.957	
10	TDS		.940	
11	DO			.926

- وعند تطبيق التحليل العاملي على العنقود الثاني، أظهرت النتائج "للعنقود 2" وجود /4/ عوامل رئيسية مسؤولة عن نسبة تفسير 87.86% من التباين الكلي، ويضم كل عامل مجموعة من المتغيرات التي تؤثر به بالإضافة إلى نسبة التباين لكل عامل، ويوضح ذلك الجدول / 6 /:

جدول(6) نسبة التباين الكلي للعوامل العنقود 2

العامل	حمولة العوامل الذاتية		
	العامل الذاتي	نسبة التباين %	% التباين التراكمي
1	8.589	42.945	42.945
2	3.703	18.517	61.462
3	3.397	16.987	78.449
4	1.883	9.415	87.864

حيث يشكل العامل الأول نسبة 42.945% وتضم (EC, Na) ووجود هذه المؤشرات دلالة على وجود تلوث بالصرف الصناعي، والعامل الثاني يشكل نسبة 18.52% وتضم (BOD, COD, DO) وتعود لوجود تلوث بالصرف الصحي، العامل الثالث والرابع يضم (NO_3, TSS) دلالة على وجود منصرفات زراعية وصناعية)، ويوضح الجدول /7/ نسبة تأثير كل مؤشر في العامل:

جدول (7) نسبة العوامل المؤثرة للعنقود 2

الرقم	المتغيرات	العوامل 42.95% 1	18.52% 2	16.99% 3	9.42% 4
1	EC	.965			
2	Na	.957			
3	BOD_5		.949		
4	COD		.944		
5	DO		.920		
6	NO_3			.962	
7	TSS				.982

وبالمقارنة بين نتائج التحليل العاملي بين العنقودين الأول والثاني، كانت أفضل نتيجة عند التطبيق لمجموع المتغيرات للعنقود الثاني حيث أعطت/4/ عوامل أساسية وتشمل /7/ متغيرات رئيسية وهي: (EC, DO, BOD,COD, NO_3,Na, TSS)، وكانت أفضل نسبة لتفسير نسب التباين لمجموع العوامل هي 87.864% من التباين الكلي، وتعتبر هذه النسبة جيدة جداً لتفسير التباين بالنسبة لمجموع المتغيرات الكلي.

والنتائج تدل على أهمية استخدام الطرق الإحصائية المتعددة المتغيرات في تحديد نوعية التلوث في المسطحات المائية ومصدرها، حيث أن:

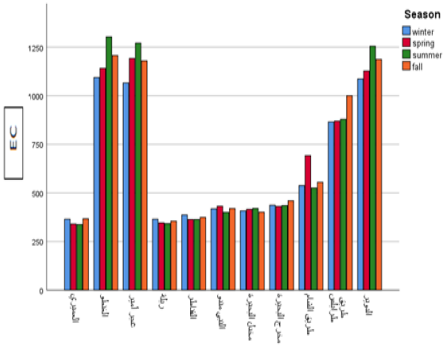
التحليل العنقودي صنف أماكن الاعتيان في المنطقة المراد دراستها نسبة إلى التشابه في مواصفاتها، وساعد في تقليل عدد المواقع اللازمة للاعتيان، وبالتالي التخفيف من تكاليف الاعتيان وتوفير الجهد والوقت اللازم لها.

وبالنسبة للتحليل العاملي عبر دراسة العلاقة بين المتغيرات قلل من العدد اللازم لتحديد نوع التلوث في مياه النهر بالاعتماد على علاقة الارتباط بين المتغيرات ولو

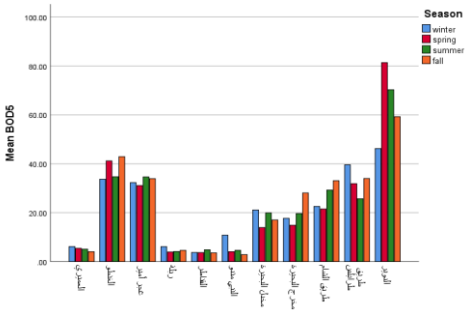
ضمنياً، ومن هنا يمكن القول بأنه تم انتقاء مجموعة محددة من المتغيرات والتي تؤثر بشكل أكبر في التحكم بنوعية مياه نهر العاصي بسبب علاقة الارتباط القوية بين بقية المتغيرات مما يقلل من أثرها.

مخططات التغيرات الفصلية بالنسبة لمواقع الاعتيان:

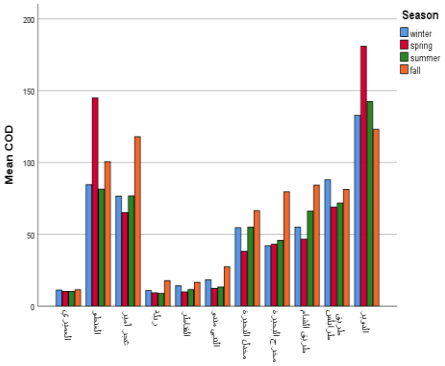
مخطط (2) الناقلية الكهربائية EC:



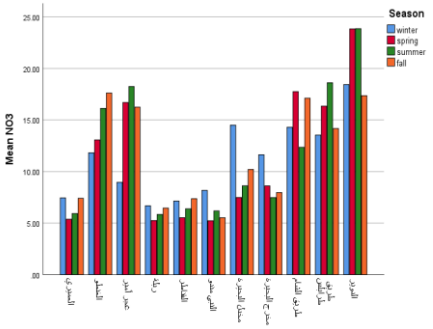
مخطط (3) الاحتياج الحيوي للأوكسجين BOD:



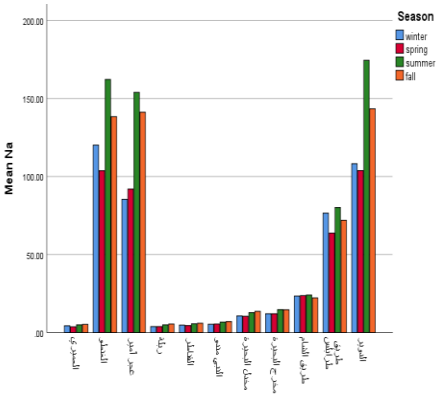
مخطط (4) الاحتياج الكيميائي للأوكسجين COD:



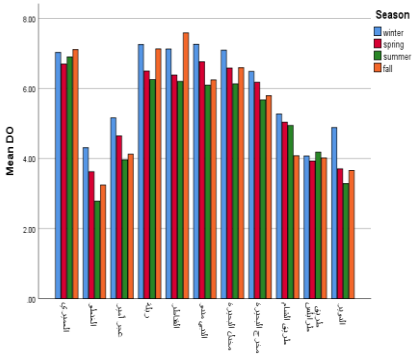
مخطط (5) النترات NO3:



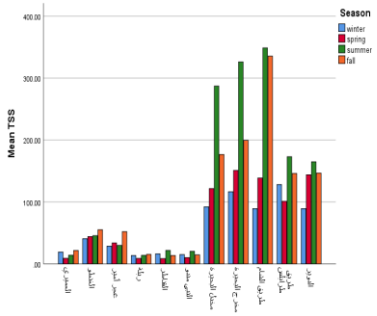
مخطط (6) الصوديوم Na:



مخطط (7) الأوكسجين المنحل DO:



مخطط (8) المواد الصلبة العالقة TSS:



وبالنتيجة تبين المخططات مدى تأثير التغير الفصلي على المتغيرات الـ 7 التي تم الحصول عليها من تطبيق التحليل العاملي والذي استخدم درجة ارتباط المتغيرات مع بعضها من أجل تخفيض عدد المتغيرات التي تدل على نوعية مياه النهر.

التوصيات:

1-يمكن تطبيق الطرق الإحصائية متعددة المتغيرات في تخفيض عدد مواقع الاعتيان المطلوبة لمعرفة نوعية مياه النهر وتكاليف الاعتيان، ويقلل من الجهود المبذولة.

2-إمكانية إجراء الدراسات على مساحات أكثر اتساعاً وبدقة أكبر.

3-إمكانية تقليل عدد المتغيرات المقاسة لمعرفة نوعية ملوثات مياه النهر.

4-يمكن استخدام طرق التحليل الإحصائي في مراقبة نوعية المياه وانتقال الملوثات.

الشكر: الهيئة العليا للبحث العلمي المساهمة في دعم البحث، مديرية البيئة في حمص ومديرية الموارد المائية إغناء البحث بنتائج التحاليل العلمية.

المصطلحات:

التحليل العاملي	factor analysis	FA
التحليل العنقودي	Cluster Analysis	CA
الأوكسجين المنحل	Dissolved Oxygen	DO
العوالق الصلبة الكلية	Total Suspended Solids	TSS
الاحتياج الحيوي للأوكسجين	Biological Oxygen Demand	BOD
المواد الصلبة القابلة للترسيب	settleable solids	SS
الاحتياج الكيميائي للأوكسجين	Chemical Oxygen Demand	COD

References المراجع

Ali, Z., Bhaskar, B. S., 2016. Basic statistical tools in research and data analysis. Indian J Anaesth. Vol. 60(9): 662–669.

Bahous, S. 2013. Water Governance in the Arab Region. United Nations Development Program.

Brookfield, H., Byron, Y. 1993. South-East Asia´s Environmental Future. United Nations University Press, Tokyo, New York, Paris, 452.

Field, A. (2009). Discovering Statistics Using SPSS third edition, (3 Ed.). London: SAGE Publication.

Flaieh, H, M., Mohammed, M. J., Abdul, M, Y. (2014). Assessing Tigris River Water Quality in Baghdad City Using Water Quality Index and Multivariate Statistical Analysis. International Journal of Engineering Sciences & Research (IJESR), 3(7), 678-699.

Flint, W. (2004). The Sustainable Development of Water Resources. Water Resources Update, Issue. 127, pp. 41-51, Feb.

Ibrahim, A., Juahir, H., Toriman, M, E., Khairul, M., Kamarudin, A., Isiyaka, H, A. (2015). Surface Water Quality Assessment of Terengganu River Basin Using Multivariate Techniques. Advances in Environmental Biology. 8 (24) December 2014, Pages: 48-58.

Matejicek, L., 2002. Modeling of Water Pollution in Urban Areas with GIS and Multivariate Statistical Methods. Paper presented at the 1 st Biennial Meeting of iEMSs, Lugano, Switzerland, June 24-7, pp.60-65.

Mfonka, Z., Kpoumié, A., Ngouh, A. Mouncherou, O., Rakotondrabe, F., Zammouri, M. Ngoupayou, J., Ndjigui, P. 2021. Water Quality Assessment in the Bamoun Plateau, Western-Cameroon: Hydrogeo- chemical Modeling and Multivariate Statistical Analysis Approach. Journal of Water Resource and Protection. Vol. 13 No. 2, Feb.

Mousa, A., 2005. Statistical Data Analysis. Center for Advancement of Postgraduate Studies and Research in Engineering sciences, Faculty of Engineering - Cairo University, Vol., No.2372.

Muangthong, S., Shrestha, S., 2015. Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: case study of the Nampong River, Thailand. Environ Monit Assess 187:548.

Qian, Y., Migliaccio, K. W., Wan, Y., Li Y. (2007). Surface Water Quality Evaluation sing Multivariate Methods and a New Water Quality Index in The India River Lagoon, Florida. Sharing Science, 43(8), 21.

Shiker, M.A.K., 2012. Multivariate Statistical Analysis. British journal of science, vol.6 No 1, pp. 55, July.

Singh, K, P., Malik, A, Sinha, S., Mohan, D. (2004). Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gometi River (India)—a case study. Water Research, 38, 3980–3992.

Yakoub, A. A., 2017. Cluster and Discriminate analysis on some Iraq banks. Kalije economic journal. Vol. 31.

بيانات التحاليل المخبرية، مديرية الموارد المائية – حمص – سوريا.

مديرية الري العامة لحوض العاصي 2001 -2002. وزارة الري.

مديرية البيئة حمص. 2018. دراسة نوعية مياه نهر العاصي. وزارة الإدارة المحلية والبيئة.

نجار، ك. قيس، أ. عرواني، ع. 2003. تقييم جودة المياه في حوض العاصي للدورتين الهيدرولوجيتين.

يوسف، ض. 2009. نمذجة تلوث مياه نهر العاصي – سوريا – باستخدام برنامج نظام المعلومات الجغرافية GIS. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية. سلسلة العلوم الهندسية المجلد (31) العدد (1).

إيداع البحث	2020/11/22	Received
قبول البحث للنشر	2021/8/15	Accepted for Publ.