------ المجلة العراقية لعلوم الارض، المجلد ٤، العدد ١، ص ٩٨-١١٠، ٢٠٠٤ ------

التحليل العاملي لنوعية المياه في منطقة هيت - كبيسة غرب العراق

محمد فوزي عمر خطاب
مركز التحسس النائي
جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام ٢٠٠٣/٢/٢٤ ، تاريخ القبول ٢٠٠٣/٨/٢٠)

الملخص

هذه الدراسة تتضمن استخدام تقنية التحليل العاملي في تقيم نتائج القياسات و التحاليـل الكيميائيـة لـ(٥٨) نموذجا مائيا مأخوذا من منطقة هيت التي تقع في الجزء الغربي من العراق ولفترتين . تم تطبيق منهجية تحليل متضمنة أجراء تحليل الارتباط والتحليل العاملي لجميـع المتغيـرات الـ ـ(14) الممثلـة لقياسات وتحاليل النماذج المائية للفترة الأولى والثانية كل على حدى ثم أجراء هذا التحليل علـى نمـاذج الفترتين الأولى والثانية معا.

أظهرت نتائج تحليل الارتباط إن (T) وتأثيرها على قيمة الـ(pH) يؤثر علـى تراكيـز بعـض العناصر ، كما اظهر التحليل ارتباط الـ(TDS) بتراكيز كل مـن (Ca)، (Mg)، (Na) و (Cl) للفتـرة الأولى ،في حين أضيف على هذه التراكيز تركيز كل من (K) و (H_2S) تأثيرا على (TDS) للفترة الثانية أما نتائج التحليل العاملي فقد أظهرت سيادة اثنان من العوامل بنسب مختلفة اعتمادا على الفتـرة الزمنيـة للقياس ويمكن تحديدها بالعامل الممثل لطبيعة الصخور التي هي بتماس مع الماء والعامل الثـاني ممـثلا للوضع البيئي للنماذج إذ اظهر الأخير تباينا متقاربا خلال الفترتين.

نتائج تحليل الارتباط الناتجة عن إجراء التحليل على نماذج الفترتين الأولى والثانية معـا اظهـرا تشابه لنتائج تحليل الفترة الأولى ، في حين نتائج التحليل العاملي في هذه الحالة أظهـرت سـيادة نفـس العاملين السابقين حيث تشير النتائج إلى استقرارية تأثير العامل الثاني على نوعية المياه في المنطقة كمـا يظهر اختفاء تأثير عملية الإذابة الناتجة عن الساقط المطري مما يدل على محدودية تأثير الساقط المطري على نوعية المياه خلال فترة قصيرة بعد سقوط الأمطار.

Factor Analysis of Water Quality in Hit–Cubaisa Area, West of Iraq

Mohammed Faozy Omer Khattab
Remote Sensing Center
Mosul University

ABSTRACT

This study involves the use of factor analysis technique to evaluate the chemical analysis results of (58) water samples taken from Hit-Cubaisa in the western part of Iraq.

The samples were taken for two periods. An analyzing scheme, which includes correlation and factor analysis, is adopted. Fourteen variables representing measurements and chemical analysis of water sample, were considered for each period .The scheme is applied first to the samples of each period separately and then to the samples of both periods together.

When the scheme is applied separately to each period, correlation analysis has shown the effect of (pH) and (T) on the concentration of same element for both period samples. Besides, the analysis has shown that the amount of (TDS) is related to concentration of element (Ca, Mg, Na and Cl) for the first periods samples and it is related to concentration of elements (Ca,Mg,Na,Cl, K,and H_2S) .

The results of factor analysis have shown the domination of two factors have different ratio depend on season of measurements. The first is the rock nature and the second is the environmental condition of the samples.

When the scheme is applied to the samples of both periods, the results of correlation analysis were similar to those of the first period sample. Factor analysis in this case has shown the domination of the same factor. This result indicates to the stability of the environmental condition effect factor and limited effect of rainfall on the water quality through short period of time after rainfall.

المقدمة

يعد التحليل العاملي تقنية إحصائية شائعة التطبيق اكثر من غيرها من التقنيـات الإحصـائية فـي توضيح الغاية الأساسية أو الهدف لقياسات النماذج من الغموض الناتج عن كثرة المتغيرات وخاصة فـي دراسة وتقيم الأنظمة الهيدروكيميائية (Rummel, 1970).

تضمنت الدراسة الحالية استخدام التحليل العاملي في تقيم نتائج التحليل الكيميائي لـ(٥٨) نموذجـا مائيا مأخوذا من منطقة هيت-كبيسة الواقعة في الجزء الغربي من العراق والمحددة جغرافيا بين دائرتـي عرض (َ٠٣ ٤٣ °٣٣ ـً ٠٣ ٣٣ °3٣) شمالا وقوسي طول (َ١٣ ٤٩ °٤٢ ـً 10 32 °42) شرقا (شكل ١).

لقد تم جمع النماذج على مرحلتين المرحلة الأولى (٣٠) نموذجا جمعت قبل نهاية شهر أيلول مـن عـام (١٩٨٨) قبل موسم سقوط الأمطار أما المرحلة الثانية فقـد كانت (٢٨) نموذجا مائيا لنفـ ـس مواقـ ـع العينات السابقة جمعت في نهاية شهر نيسان (١٩٨٩) بعد نهاية موسم سقوط الأمطـار وذلـك لمراقبـة

التغيرات في تراكيز العناصر خلال السنة (الحديثي، ١٩٨٩) شملت تحاليل النماذج المائية على قياس الصفات الفيزيائية المتمثلة بـ(درجة الحرارة ،الأس الهيدروجيني والأيصالية الكهربائية) والتحاليل الكيميائية المتمثلة بـ(كمية الأملاح الكلية، العسرة الكلية ، غاز كبريتيد الهيدروجين ،الكالسيوم ،المغنيسيوم ،الصوديوم ،البوتاسيوم ، الكلوريدات ،الكبريتات، البيكاربونات و الكاربونات)، لاحظ الجدول (١) (الحديثي،١٩٨٩).

شكل ١: خارطة توضح موقع منطقة الدراسة موضحا عليها مواقع اخذ النماذج المائية محورة عن (الحديثي، ١٩٨٩).

جدول ١: المتغيرات المستخدمة ورموزها.

المتغيرات	رمزها
درجة الحرارة	T
الأسس الهيدروجيني	PH
الايصالية الكهربائية	EC
كمية الأملاح الذائبة	TDS
العسرة الكلية	TH
كبريتيد الهيدروجين	H_2S
الكالسيوم	Ca^{++}
المغنيسيوم	Mg^{++}
الصوديوم	Na^{+}
البوتاسيوم	K^{+}
الكلوريدات	Cl^{-}
الكبريتات	$SO_4^{=}$
البيكاربونات	HCO_3^{-}
الكاربونات	$CO^{3=}$

جيولوجيا تغطى المنطقة بترسبات تكوين الفرات (Euphrates Formation) الذي يشغل معظم أجزاء المنطقة الجنوبية والوسطى ، لاحظ الشكل (٢)، ويشمل التكوين على طبقات سميكة من صخور جيرية ، دلوماتية وصخور الحجر الجيري الطفلي (Al-Hashimi and Amer, 1985) إضافة إلى ترسبات تكوين الفتحة (Fat'ha Formation) المتميز بترسبات غير منتظمة من صخور الطفل ، حجر الكلس وصخور الجبس(Buday, 1980) والذي يظهر في منطقة الدراسة بشكل محدود . فضلا عن ترسبات العصر الرباعي والمتميزة بوجود ترسبات السبخة حيث تغطي الأخيرة مساحات كبيرة تمتد بين هيت وكبيسة (الحديثي،١٩٨٩). أما التكاوين غير المنكشفة على السطح والتي تكون ضمن نطاق المياه الجوفية هما تكوين بابا (Baba Formation) والذي يتالف من صخور كلسية صلبة وتكوين عانة (Anah Formation) والذي يضم أنواعا مختلفة من حجر الكلس المتكسر والمعاد التبلور إضافة إلى وجود مدملكات متكسرة (سعيد، ١٩٨٣).

شكل ٢: خارطة جيولوجية لمنطقة الدراسة محورة عن (بارسون، ١٩٥٧).

تم تطبيق منهجية تحليل متضمنة إجراء تحليل الارتباط والتحليل العاملي للنتائج التحاليل الكيميائية والقياسات والفيزيائية للنماذج المائية على ثلاثة مراحل ،الأولى طبقت على نتائج التحليل والقياسات للفترة الأولى والمرحلة الثانية طبقت على نتائج التحليل والقياسات للفترة الثانية أما المرحلة الأخيرة فطبقت على نتائج التحليل لكلا الفترتين مجتمعة.

تحليل الارتباط

إن العديد من المتغيرات والعوامل المؤثرة على الأنظمة الطبيعية تكون مترابطة فيما بينها بدرجة معينة وان تحديد معامل الارتباط بين هذه المتغيرات سوف يوفر مقياسا لتحديد درجة الترابط بين هذه المتغيرات (Eriksson, 1981).

تضمنت هذه الدراسة تحديد معامل الارتباط بين جميع المتغيرات الـ(١٤) المستخدمة فيما بينهما وتم استخدام معامل المضاهاة بيرسن في تحديد معامل الارتباط بين هذه المتغيرات والذي يحسب وفق المعادلة الأتية (Naiman et al., 1983).

$$r = \frac{n\sum xy - \left(\sum x\right)\left(\sum y\right)}{\sqrt{n\sum x^2 - \left(\sum x\right)^2}\sqrt{n\sum y^2 - \left(\sum y\right)^2}}$$

حيث إن x = أحد المتغيرات المختارة .

y = المتغير الأخر.

n = عدد المشاهدات.

r = قيمة معامل الارتباط.

من خلال ملاحظة الجدول (٢) الذي يظهر مصفوفة الارتباط لنماذج الفترة الأولى يظهر إن درجة الحرارة ترتبط بشكل عكسي نوعا ما مع قيمة الاس الهيدروجيني (pH) أما المجموع الكلي للأملاح الذائبة فانه يرتبط ارتباطا إيجابيا مع قيمة الايصالية الكهربائية لهذه النماذج وتركيز أيونات الكالسيوم ،المغنيسيوم ،الصوديوم والكلور فضلا عن كمية العسرة الكلية لهذه النماذج كما أن تركيز البيكاربونات يرتبط بدرجة عكسية ضعيفة مع قيمة الـ(pH) أما تركيز أيون (K) فقد اظهر ارتباطا إيجابيا قويا مع تركيزالـ(CO_3).

إن نتائج تحليل الارتباط لنماذج الفترة الثانية ، لاحظ الجدول (٣) ، قد أظهرت إن (T) ترتبط بشكل اقل عكسية مع قيمة الـ(pH) أما الـ(TDS) فأنها ترتبط إيجابيا مع قياس الـ(EC) وقيم تراكيز الـ(Ca)، (Mg)، (Na)، (K)، (Cl)، (H_2S) وكمية الـ(TH).

من الملاحظ أن تركيز الـ(HCO_3) له نفس درجة الارتباط العكسية السابقة مع قياس الـ(pH) كما يلاحظ الترابط الإيجابي القوي للـ(HCO_3) مع تركيز الـ(H_2S). حيث يظهر الأخير ترابط إيجابي آخر مع كل من تركيز الـ(Na) والـ(K).

إن مصفوفة الارتباط لنتائج المرحلة الثالثة التي طبقت على نتائج التحليل للفترتين الأولى والثانية معا، لاحظ الجدول (٤)، أظهرت إن الـ(T) ترتبط بعلاقة عكسية متوسطة مع قياس الـ(pH) أما الـ(TDS) فقد اظهر ترابطا إيجابيا مع كل من الـ(TH)، (Ca)، (Mg)، (Na)، (K) والـ(Cl).

محمد فوزي عمر خطاب

محمد فوزي عمر خطاب

أما تركيز غاز الـ(H_2S) فانه اظهر ترابطا إيجابيا قويا مع تركيز الـ(HCO_3) فقط وكذلك تركيز الـ(K) الذي اظهر ترابطا إيجابيا مع تركيز الـ(CO_3) وتم تفسير بعض هذه العلاقات في فقرة النتائج.

التحليل العاملي

إن التحليل العاملي يوفر تقنية إحصائية جيدة التطبيق في توضيح الهدف الأساسي للمتغيرات المحسوبة بافتراض أن لدينا قياسات لعدد من المتغيرات في أي مكان من ثلاثة إلى عدة مئات من المتغيرات (عادة بين١٠ إلى ١٠٠) فان أجراء التحليل العاملي سيكشف نمط توزيع النماذج اعتمادا على علاقة المتغيرات مع بعضها (Mc Cammon,1975).

إن نتائج التحليل العاملي الذي طبق على جميع المتغيرات الـ(١٤) وباستخدام مصفوفة الارتباط لهذه المتغيرات التي تمثل قياسات وتحاليل النماذج المائية للفترة الأولى قد أظهرت سيادة اثنان من العوامل يمثلان (٧٠.٣٩ %) من التباين بعد أجراء التدوير ، لاحظ الجدول (5 A) ، شكل العامل الأول (٤٥.٩٢ %) من التباين وقد شمل هذا العامل على متغيرات الـ(TDS، EC، TH، Ca، Mg، Na وCl) على قطبه الموجب .

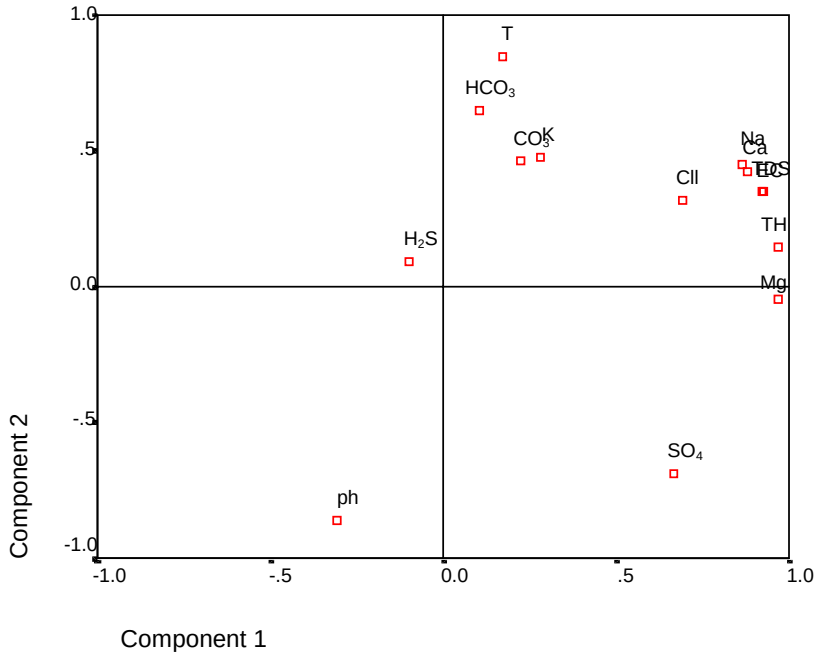
جدول رقم ٥: قيم التباين للمركبات العامل الأول والثاني بعد إجراء التدوير.

Stage	Factor	Variance of %	Cumulative %
A	١	٤٥.٠٢	٤٥.٠٢
	٢	٢٥.٣٦	٧٠.٣٩
B	١	٦١.٢٨	٦١.٢٨
	٢	٢٧.٧٤	٨٩.٠٢
C	١	42.50	42.50
	٢	٢٦.٦٤	٦٩.١٤

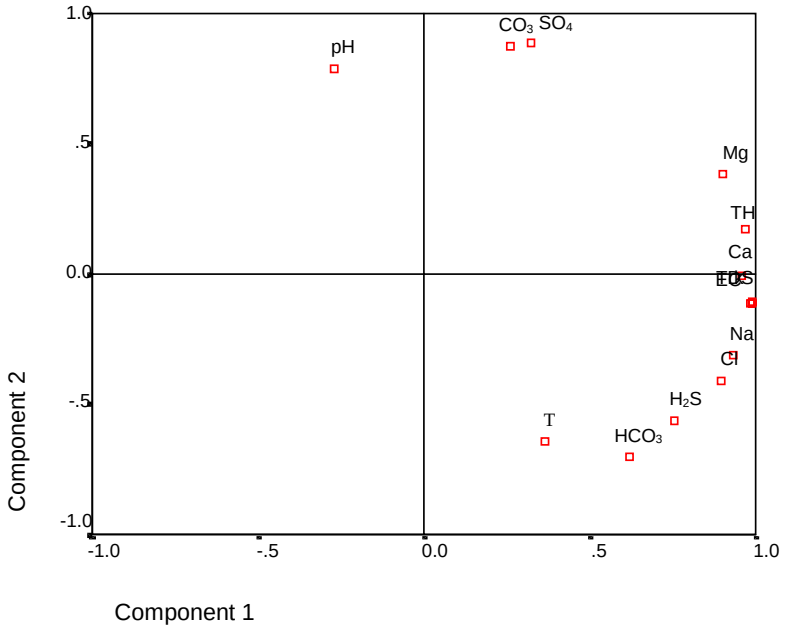
أما العامل الثاني فقد شكل (٢٥.٣٦%) من التباين واشتمل هذا العامل على متغيرات الـ (CO_3 ، HCO_3،K،T) على القطب الموجب والـ(pH) على قطبه السالب،لاحظ الشكل (٣)، أما نتائج التحليل العاملي لنتائج القياسات والتحاليل للنماذج المائية للفترة الثانية قد اظهرت سيادة اثنان من العوامل يمثلان (٨٩.٠٢١%) بعد اجراء التدوير، لاحظ الجدول (5B) ، شكل العامل الاول (٦١.٢٨ %).

من التباين وقد شمل هذا العامل متغيرات الـ(H_2S،Cl،K،Na،Mg،Ca،TH،EC،TDS)على قطبه الموجب أما العامل الثاني فقد شكل(٤27.7) وشمل هذا العامل على متغيرات (SO_4،CO_3،pH) على قطبه الموجب أما كل من (T وHCO_3) فقد كانت محملة على قطبه السالب لاحظ الشكل (٤). في حين

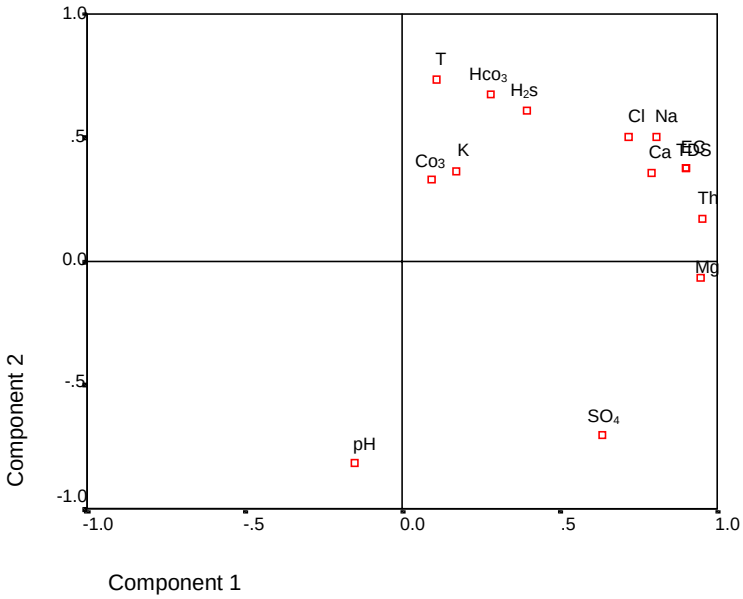
أظهرت نتائج التحليل عند استخدام مصفوفة الارتباط لجميع النماذج سويا أي الـ ـ(٥٨) نموذجـا معـا سيادة اثنان من العوامل أيضا يمثلان (٦٩.١٤%) من التباين بعد إجراء التدوير ، لاحـظ الجـدول (٥)، شكل العامل الأول (٤٢.٥٠%) من التباين وقد شمل هذا العامل على متغيـرات (TDS،HCO_3، H_2S) على قطبه الموجب أما (pH،SO_4) فقد كان محملا على قطبه السالب ، لاحظ الشكل (٥).



شكل ٣: مساقط مواقع المركبات الأساسية (العوامل) بعد التدوير في مجال ثنائي الأبعاد للفترة الأولى.



شكل ٤: مساقط مواقع المركبات الاساسية (العوامل) بعد التدوير في مجال ثنائي الأبعاد للفترة الثانية.



شكل ٥: مساقط مواقع المركبات الاساسية (العوامل) بعد التدوير في مجال ثنائي الأبعاد للفترة الأولى والثانية معا.

النتائج

إن تطبيق منهجية التحليل العاملي المتضمنة أجراء تحليل الارتباط بين المتغيرات الـ (١٤) والتحليل العاملي للنماذج المائية المأخوذة من منطقة هيت – كبيسة غرب العراق وعلى مراحل قد أظهرت العديد من النتائج ، فقد اظهر تحليل الارتباط علاقة مهمة بين قيمة الآس الهيدروجيني (pH) وقيمة درجة الحرارة (T) وخاصة خلال الفترة الأولى حيث إن فعالية الكاربون تزداد كلما انخفضت قيمة الأس الهيدروجيني كذلك فان درجة الحرارة العالية تؤدي ألي زيادة الانتشار داخل مسامات الكاربون وبدورها تعمل على زيادة امتصاص الهيدروجين (Mc Ghee,1991) هذا إذا علم إن معظم الصخور التي هي بتماس مع الماء في منطقة الدراسة تكون صخور كاربوناتية. كما أن المجموع الكلي للأملاح المذابة خلال الفترة الأولى يرتبط بتراكيز كل من(Ca, Mg ,Na ,Cl) يضاف إلى هذه التراكيز في الفترة الثانية تركيز كل من الـ(K) و(H_2S)ارتباطا خلال الفترة الثانية مع المجموع الكلي للأملاح وفي المرحلة الأخيرة فان تركيز الـ(H_2S) يزال ارتباطه بـ(TDS)، كما يظهر ارتباط تركيز الـ(K) مع تركيز كل من الـ(CO_3) و(H_2S) وخاصة تركيز (CO_3) فان هذا الغاز يذوب من الغلاف الجوي أو من نواتج المواد العضوية أو من الفعالية الجيوكيميائية لبعض المواد وهو سريع الذوبان في الماء مشكلا حامض الكاربونيك والذي يعمل على زيادة ذوبان المعادن التحت سطحية ويؤدي هنا إلى زيادة تركيز الـ (K) (Mc Ghee,1991) . كما ان تركيز (HCO_3) قد اظهر ارتباطا عكسيا ضعيفا مع قيمة (pH) حيث أن زيادة قيمة (pH) تؤدي إلى زيادة تركيز (CO_3) وتناقص كمية (HCO_3).(عباوي و حسن، ١٩٩٠)

ويظهر هذا بوضوح على زيادة تركيز غاز (H_2S) مع زيـادة (HCO_3) والـذي يعكـس البيئـة الحامضية للمياه.

أما نتائج التحليل العاملي أظهرت سيادة اثنان من العوامل بنسب مختلفة اعتمادا على الفترة الزمنية للقياس، إذ يمكن تحديد هذين العاملين بالعامل الممثل لطبيعة الصخور المتواجدة في المنطقة والتي يكـون المياه بتماس معها والعامل الثاني يمثل الموقع البيئي لفترة القياس حيث أن الموقع البيئي لدرجة الحـرارة وقيمة (pH) المتأثرة تأثرا شديدا بالبيئة تلعب دورا هاما في تفاعل المياه مـع الصـخور المحيطـة بهـا (Grasby et al., 2000). يلاحظ إن هذا العامل كان له نفس التـأثير علـى النمـاذج المائيـة حـوالي (٢٦.٦٤%) من التباين خلال فترتي القياس أما العامل الأول فقد اظهر اختلافا في التأثير علـى النمـاذج المائية من (٤٥.٠٢%) من التباين خلال الفترة الأولى للقياس والى (٦١.٢٨%) من التباين خلال الفتـرة الثانية للقياس وبعد سقوط الأمطار. كما اظهر التحليل العاملي ارتباط تركيز(SO_4) بالعامل البيئي وذلـك لشدة ارتباط تركيز الأخير بالنشاط البكتيري والذي يتأثر بشـكل كبيـر بدرجـة الحـرارة(T) و الأس الهيدروجيني(pH) اللاذان يؤثران على كمية غاز (H_2S) المتحررة (Grasby and Lepitzki, 2002).

إن نتائج التحليل أظهرت أن الـ(TDS) هي ناتجة من تركيز أيونات Ca، Mg، Na،Cl في المياه لنتائج تحليل الفترة الأولى أما الفترة الثانية فقد أضيف ألي هذه التراكيز كل من (K، H_2S) إضافة إلى زيادة في نسبة التباين لهذا العامل خلال هذه الفترة (16.26%) من التباين أي زيـادة تراكيـز الأيونـات السابقة في حين عند تطبيق التحليل على نتائج النماذج خلال الفترتين معا يظهر عدم تـأثير (K)و(H_2S) على الـ(TDS).

الاستنتاج

إن إجراء المعالجات الإحصائية على نتائج القياسات والتحاليل للنماذج المائية يوفر تقنية جيدة فـي فهم النظام الطبيعي لهذه النماذج خاصة إذا تم تطبيق هذه المعالجات بصورة نظامية وغير عشوائية .

إن نتائج تحليل المضاهاة التي طبقت على جميع المتغيرات (١٤) الممثلة لقياسات وتحليل النمـاذج المائية المأخوذة من منطقة (هيت-كبيسة) غرب العراق على ثلاث مراحل أظهـرت إن (T) وتأثيرهـا على قيمة الـ(pH) يؤثر على تراكيز بعض العناصر (H_2S، HCO_3، CO_3، K) فضـلا عـن ارتبـاط (TDS) في الفترة الأولى بتراكيز كل من (Ca)،(Mg)،(Na)،(Cl) بينما في الفترة الثانية يضاف إلى هذه التراكيز كل من (K) ،(H_2S) تأثيرا على (TDS) والذي قد يعزى إلى الموقع البيئي الذي يعمـل علـى زيادة قابلية ذوبان (K) وتحرير غاز (H_2S) ، بينما لايظهر هذا التأثير للتركيز (K) و (H_2S) عند إجراء تحليل الارتباط للنماذج معا.

أظهرت نتائج التحليل العاملي فعالية كبيرة في تحديد الموقع الهيدروكيميائي لمنطقة الدراسـة فقـد أظهرت نتائج التحليل سيادة اثنان من العوامل بنسب مختلفة اعتمادا على الفترة الزمنية التـي تـم اخـذ

النماذج فيها ويمكننا تحديد هذين العاملين بالعامل الممثل لطبيعة الصخور المتواجدة في تماس مع المـاء والموقع البيئي لفترة القياس (pH،T) . حيث اظهر العامل الأخير تأثيرا متقاربا على تراكيـز العناصـر خلال الفترتين الزمنيتين (٢٦.٦٤%) من التباين أما العامل الأول فقـد اظهـر خـلال الفتـرة الأولـى (٤٥.٠٢%) من التباين أي قبل سقوط الأمطار أما بعد سقوط الأمطار فقد اظهر هذا العامل (٦١.٣٠%) من التباين أي زيادة حوالي (١٦.٢٦%) من التباين وهو ناتج عن عملية الإذابـة التـي حصـلت علـى الصخور بفعل الأمطار الساقطة كما اظهر التحليل إن كمية غاز (H_2S) المتحررة تحدث نتيجـة عمليـة الإذابة للصخور الجبسية خلال هذه الفترة وتلعب دورا مهما مع تركيز (K) فـي زيـادة كميـة (TDS) للنماذج حيث أظهرت نتائج التحليل العاملي إن أعلى زيادة في تراكيز العناصر تحصل خلال هذه الفتـرة بعد سقوط الامطار وحصول عملية الإذابة ، في حين أظهرت نتائج التحليل المطبقة على العينات المائيـة معا إزالة تأثير هذه الإذابة الحاصلة نتيجة لسقوط الأمطار مما يدل على محدودية هـذا التـأثير وعـدم استمراره خلال السنة على نوعية المياه في المنطقة.

المصادر العربية

الحديثي، خالد إبراهيم مخلف، ١٩٨٩. هيدروجيولوجية منطقة هيت-كبيسـة، رسـالة ماجسـتير غيـر منشورة، كلية العلوم، قسم علوم الأرض، جامعة الموصل، ٢٠٤ صفحة.

سعيد، حميد، ١٩٨٣. دراسة اقليمية للمياه الجوفية في هيت، المنشاة العامة للمسح الجيولوجي والتحـري المعدني، بغداد.

عباوي، سعاد و حسن، محمد سليمان، ١٩٩٠ .الهندسة العملية للبيئة (فحوصـات المـاء). مطـابع دار الحكمة للطباعة والنشر، ٢٩٦ صفحة.

المصادر الاجنبية

Al-Hashimi, H.A and Amer, R.M., 1985. Tertiary microfacies of Iraq. D.G.S.M.I. (Geosurv). National library, Baghdad, 56p.

Buday,T., 1980. The Regional Geology of Iraq. stratigraphy and paleontology, Geol. surv. and Miner Investigation, Baghdad, 445p.

Eriksson, E., 1981. Hydrochemistry, chemical process in the water cycle. Technical documents in hydrology, Unesco, Paris, 100p.

Grasby, S.E. and Lepitzki, A.W., 2002. Physical and chemical properties of the sulphur mountain thermal springs, Banff National Park, and implications for endangered snails. Can. J. Earth Sci., Vol 39, pp 1349-1367

Grasby, S.E., Hutcheon, I. and Krouse, H.R., 2000. The influence of water–rock interaction and the chemistry of thermal springs in western Canada. Applied Geochemistry, Vol. 15, pp 439-454.

McCammon, Richard,B.,1975.Concepts in geostatistics.Springer-Verlag New York,168p.

McGhee,T.J., 1991.Water supply and sewerage. McGraw-Hill, 602 p.

Naiman,A.,Rosenfeld,R.and Zirkel,A.,1983.Understanding statistics.McGraw–Hill, 355p.

Rummel, R.J., 1970. Understanding factor Analysis, Dimensions al Democtide, power, violence, and Nations, 79p.

جدول ٢: مصفوفة الارتباط لقياسات الفترة الاولى.

	T	pH	TDS	EC	TH	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO_4	HCO_3	CO_3	H_2S
T	1.000	-.742	.440	. 438	. 304	469.	. 165	**. ٥٠١**	**. ٤٤٠**	**. ٣٣٠**	**-. ٣٣٠**	. 474	. 417	**.٠٠٠**
pH	-.742	1.000	-.555	-.548	-.455	-.649	. 305	**-. ٦٠٢**	**-. ٤١٥**	**-. ٤٤٠**	**. ٣٤٩**	-.665	-.384	**.٠٣٩**
TDS	. 440	-.555	1.000	1.000	. 919	. 951	. 854	**. ٩٩٠**	**. ٤١٥**	**. ٧٨٣**	**. ٣٦٣**	. 339	. 356	**-.٠٤٢**
EC	. 438	-.548	1.000	1.000	. 915	. 947	. 849	**. ٩٩١**	**. ٤١٦**	**. ٧٧٩**	**. ٣٦٣**	. 334	. 357	**-.٠٤٠**
TH	. 304	-.455	.919	. 915	1.000	. 928	. 971	**. ٨٦٢**	**. ٣٤٠**	**. ٦٧٢**	**. ٥٥٥**	. 194	. 286	**-.٠٧٤**
Ca	. 469	-.649	.951	. 947	. 928	1.000	. 839	**. ٩٣٤**	**. ٤٤٧**	**. ٧٢٩**	**. ٢٨٢**	. 385	. 393	**.٠١١**
Mg	. 165	-.305	.854	. 849	. 971	. 839	1.000	**. ٧٧٤**	**. ٢٥٦**	**. ٦٠٢**	**. ٦٩٨**	. 067	. 204	**-.١٠٧**
Na	. 501	-.602	.990	. 991	. 862	. 934	. 774	1.000	**. ٤٤١**	**. ٧٩٧**	**. ٢٤٥**	. 398	. 383	**-.٠٣١**
K	. 440	-.415	.415	. 416	. 340	. 447	. 256	**. ٤٤١**	1.000	**-. ٠٨١**	**. ٠٦٩**	-.223	. 998	**-.٠٨٣**
Cl	. 330	-.449	.783	. 779	. 672	. 729	. 602	**. ٧٩٧**	**-. ٠٨١**	1.000	**-. ١٢١**	. 622	-.140	**.٠٥١**

SO_4	-. 397	-.349	.363	. 363	. 555	. 282	. 698	**. ٢٤٥**	**-. ٠٦٩**	**. ١٢١**	1.000	-. 449	-. 091	**-.١١٦**
HCO_3	. 474	-.665	.339	. 334	. 194	. 385	. 067	**. ٣٩٨**	**-. ٢٢٣**	**. ٦٢٢**	**-. ٤٤٨**	1.000	-. 257	**.١٥٩**
CO_3	. 417	-.384	.356	. 357	.286	. 393	. 204	**. ٣٨٣**	**-. ٩٩٨**	**-. ١٤٠**	**-. ٠٩١**	-. 257	1.000	**-.٠٨٣**
H_2S	**.٠٠٠**	**.٠٣٩**	**-.٠٤٢**	**-.٠٤٠**	**-.٠٧٤**	**.٠١١**	**-.١٠٧**	**-.٠٣١**	**-.٠٨٣**	**.٠٥١**	**-.١١٦**	**.١٥٩**	**-.٠٨٣**	1.000

جدول رقم ٣: مصفوفة الارتباط لقياسات الفترة الثانية.

	T	**pH**	**TDS**	**EC**	**TH**	**Ca**	**Mg**	**Na**	**K**	**Cl**	**SO_4**	**HCO_3**	**CO_3**	**H_2S**
T	١.٠٠٠	-.٥٦٥	.٤١٣	.٤٠٧	.٢٤٥	.٣٣٠	.١١٤	.٥٠١	.٤٢٩	.٥٥٠	-.٤١٦	.٥٦٠	-.٣٨	.٥٨٩
PH	-.٥٦٥	١.٠٠٠	-.٣٤٤	-.٣٣٥	-.١٦١	-.٢٧٦	.٠٠٤	-.٤٦٧	-.٣٥٣	.٥٢٤	.٥٠٥	-.٦٧٦	.٦٤٦	-.٥٥١
TDS	.٤١٣	-.٣٤٤	١.٠٠٠	.٩٩٩	.٩٢٩	.٩٣٧	.٨٣٨	.٩٧٢	.٩٨٩	.٩٤٥	.٢١٤	.٦٧٨	.١٥٢	.٧٩٦
EC	.٤٠٧	-.٣٣٥	.٩٩٩	١.٠٠٠	.٩٢٨	.٩٣٥	.٨٣٧	.٩٧٢	.٩٨٧	.٩٤٣	.٢١٧	.٦٧٠	.١٦٠	.٧٩٧
TH	.٢٤٥	-.١٦١	.٩٢٩	.٩٢٨	١.٠٠٠	.٩٧٠	.٩٥٠	.٨٢٤	.٩١٩	.٧٨٠	.٤٩٣	.٤٧٩	.٣٦١	.٦١٢
Ca	.٣٣٠	-.٢٧٨	.٩٣٧	.٩٣٥	.٩٧٠	١.٠٠٠	.٨٤٦	.٨٦٤	.٩٢١	.٨٤٠	.٣٤٣	.٥٩٥	.١٥٨	.٧٠٧

Mg	.١١٤	.٠٠٤	.٨٣٨	.٨٣٧	.٩٥٠	.٨٤٦	١.٠٠٠	.٧٠٠	.٨٣٦	.٦٣٥	.٦٤٢	.٢٨٨	.٥٨٩	.٤٣٧
Na	.٥٠١	-.٤٦٧	.٩٧٢	.٩٧٢	.٨٢٤	.٩٦٤	.٧٠٠	١.٠٠٠	.٩٦٤	.٩٩١	-.٠٠٢	.٧٨١	-.٠٢٤	.٨٨١
K	.٤٢٩	-.٣٥٣	.٩٨٩	.٩٨٧	.٩١٩	.٩٢١	.٨٣٦	.٩٦٤	١.٠٠٠	.٩٣٧	.٢٠٩	.٦٧٩	.١٦٥	.٧٩١
Cl	.٥٥٠	-.٥٢٤	.٩٤٥	.٩٤٣	.٧٨٠	.٨٤٠	.٦٣٥	.٩٩١	.٩٣٧	١.٠٠٠	-.١١٥	.٨٣٦	-.١١٦	.٩١٨
SO_4	-.٤١٦	.٥٠٥	.٢١٤	.٢١٧	.٤٩٣	.٣٤٣	.٦٤٢	-.٠٠٢	.٢٠٩	-.١١٥	١.٠٠٠	-.٤٤٦	.٧٩٤	-.٣١٦
HCO_3	.٥٦٠	-.٦٧٦	.٦٧٨	.٦٧٠	.٤٧٩	.٥٩٥	.٢٨٨	.٧٨١	.٦٧٩	.٨٣٦	-.٤٤٦	١.٠٠٠	-.٤٤٣	.٨٩٥
CO_3	-.٣٨٠	.٦٤٦	.١٥٢	.١٦٠	.٣٦١	.١٥٨	.٥٨٩	-.٠٢٤	.١٦٥	-.١١٥	.٧٩٤	-.٤٤٣	١.٠٠٠	-.٢٤٧
H_2S	.٥٨٩	-.٥٥١	.٧٩٦	.٧٩٧	.٦١٢	.٧٠٧	.٤٣٧	.٨٨١	.٧٩١	.٩١٨	-.٣١٦	.٨٩٥	-.٢٤٧	١.٠٠٠

جدول ٤: مصفوفة الارتباط لقياسات النماذج خلال الفترتين معا.

	T	**pH**	**TDS**	**EC**	**TH**	**Ca**	**Mg**	**Na**	**K**	**Cl**	**SO4**	**HCO_3**	**CO_3**	**H_2S**
T	١.٠٠٠	-.٦٣٦	.٤٢١	.٤١٧	.٢٠٩	.٢٠٣	.١٦٢	.٥٠١	.٣٦٧	.٤٠٤	-.٣٨٦	.٢٤١	.٣٣١	.٢٧٢
pH	-.٦٣٦	١.٠٠٠	-.٤٥٩	-.٤٤٨	-.٢٨٩	-.٣٦١	-.١٥٣	-.٥٣٦	-.٣٠٩	-.٤٨٧	.٤١٩	-.٤٩٧	-.٢٦٩	.٣٦٨
TDS	.٤٢١	-.٤٥٦	١.٠٠٠	.٩٩٩	.٨٨٦	.٧٧٢	.٨٤٣	.٩٨١	.٣٤٩	.٨٥٦	.٢٩٨	.٤١٤	.٢٦٢	.٤٩٦
EC	.٤١٧	-.٤٤٨	.٩٩٩	١.٠٠٠	.٨٨٤	.٧٧١	.٨٤٠	.٩٨١	.٣٥٠	.٨٥٤	.٣٠٠	.٤١٠	.٢٦٣	.٤٩٧
TH	.٢٠٩	-.٢٨٩	.٨٨٦	.٨٨٤	١.٠٠٠	.٩١٣	.٨٩٦	.٧٩٠	.٢٢٠	.٧٢٩	.٤٨٨	.٤٤٢	.١٤١	.٥٢٢
Ca	.٢٠٣	-.٣٦١	.٧٧٢	.٧٧١	.٩١٣	١.٠٠٠	.٦٤٤	.٦٩٨	.١٦٨	.٧١٦	.٢٤٠	.٦٦٩	.٠٩٨	.٦٨٧
Mg	.١٦٢	-.١٥٣	.٨٤٣	.٨٤٠	.٨٩٦	.٦٤٤	١.٠٠٠	.٧٤١	.٢٣٦	.٦٠٢	.٦٧٢	.١٠٩	.١٦٢	.٢٣٧
Na	.٥٠١	-.٥٣٦	.٩٨١	.٩٨١	.٧٩٠	.٦٩٨	.٧٤١	١.٠٠٠	.٣٧٩	.٨٧٦	.١٤٢	.٤٤٢	.٢٩٣	.٥١٧

K	.٣٦٧	-.٣٠٩	.٣٤٩	.٣٥٠	.٢٢٠	.١٦٨	.٢٣٦	.٣٧٩	١.٠٠٠	-.٠٢٠	-.٠٣٧	-.٠٧٥	.٩٩٦	.٠٠٤
Cl	.٤٠٤	-.٤٨٧	.٨٥٦	.٨٥٤	.٧٢٩	.٧١٦	.٦٠٢	.٨٧٦	-.٠٢٠	١.٠٠٠	.٠٠٦	.٦٢١	-.١٠٦	.٦٥٠
SO_4	-.٣٨٦	.٤١٩	.٢٩٨	.٣٠٠	.٤٨٨	.٢٤٠	.٦٧٢	.١٤٢	-.٠٣٧	.٠٠٦	١.٠٠٠	-.٣٢٥	-.٠٦٢	.٢٠٥
HCO_3	.٢٤١	-.٤٩٧	.٤١٤	.٤١٠	.٤٤٢	.٦٦٩	.١٠٩	.٤٤٢	-.٠٧٥	.٦٢١	-.٣٢٥	١.٠٠٠	-.١٢١	.٨٧٧
CO_3	**.٣٣١**	-.٢٦٩	.٢٦٢	.٢٦٣	.١٤١	.٠٩٨	.١٦٢	.٢٩٣	.٩٩٦	-.١٠٦	-.٠٦٢	-.١٢١	١.٠٠٠	-.٠٤٧
H_2S	**.٢٧٢**	-.٣٦٨	.٤٩٦	.٤٩٧	.٥٢٢	.٦٨٧	.٢٣٧	.٥١٧	.٠٠٤	.٦٥٠	-.٢٠٥	.٨٧٧	-.٠٤٧	١.٠٠٠