

استخدام التحليل العاملي في تحديد العوامل المسؤولة عن تباين تراكيز الايونات الرئيسية الذائبة في مياه نهر دجلة من فيشخابور الى بغداد

حازم جمعة محمود
مركز بحوث السدود والموارد المائية
جامعة الموصل

هشام يحيى ذنون
قسم علوم الأرض
كلية العلوم
جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام 2013/3/12 ، تاريخ القبول 2013/9/1)

الملخص

تعتمد الدراسة الحالية على استخدام التقنيات الاحصائية في دراسة وتحديد العوامل المسيطرة على تراكيز العناصر الرئيسية الذائبة في مياه نهر دجلة ضمن مدى واسع من مجرى النهر ابتداء بمنطقة فيشخابور شمالا والى مدينة بغداد جنوبا.

اظهرت نتائج البحث سيطرة المكونات الصخرية لحوض النهر على تراكيز الايونات الرئيسية الذائبة في هذه المياه، مع وجود تأثير محدود لعامل غير طبيعي يتمثل بالنشاطات البشرية، يتحكم بتركيز ايون النترات في مياه النهر. كما اشارت النتائج الى وجود تباين مكاني وزماني في تراكيز الايونات الرئيسية الذائبة في مياه النهر على طول منطقة الدراسة.

الكلمات الدالة: نهر دجلة، التحليل العاملي، الايونات الرئيسية الذائبة.

The Use of Factor Analysis in Defining Factors Responsible for the Variation of the Concentrations of Dissolved Major Ions in Tigris River Water from Fishkabur to Baghdad

Hisham Yahya Dhannoun
Dept. of Geology
College of Science
Mosul University

Hazim Jumaa Mahmood
Dams and Water Resources
Research Center
Mosul University

ABSTRACT

The current study is based on the use of statistical techniques to study and identify factors controlling the concentrations of dissolved major elements in Tigris River water within a wide range of the river course, starting from Fishkabur region in the north to Baghdad city in the south.

The Results show that the rock compositions of the river basin mainly control the concentrations of the dissolved major ions in the river water with limited effect of anthropogenic factor, represented by human activities, that controls the nitrate ion concentration. The results also indicate the presence of spatial and temporal variations in the dissolved major ions concentrations, along the study area.

Keywords: Tigris River, Factor Analysis, Dissolved Major Ions.

المقدمة

تشير البحوث المنشورة عن كيمياء المياه الى ان التركيب الكيميائي لمياه الأنهار يتغير بشكل واضح مع تغير المكان والزمان، وبت من المعروف ان هناك عوامل كثيرة تتحكم بكمياء الانهار. وان من اهم تلك العوامل هي:

جيولوجية حوض النهر: اذ أجرى (Souza and Tundisi, 2000) مقارنة بين نهر Jau (مواد الحوض تتألف من صخور البازلت والتربة البازلتية) ونهر Jacare-Guacu (بمواد حوض تتألف من صخور الحجر الرملي النهري والبازلت والترسبات الحديثة) الواقعين في البرازيل، وقد وجدوا ان تراكيز الايونات الرئيسية والتغير فيها يكون أكبر في نهر Jau نسبة الى نهر Jacare-Guacu، كما اشار الباحثان الى التغير في تركيب مواد حوض النهر كأحد الاسباب الرئيسية للتغير في التركيب الكيميائي بين مياه النهرين. كما تبين في دراسة اخرى اجريت على نهر Kalix في السويد (Ingri et al., 2005) ان كيميائية النهر تعتمد كثيرا على مناطق التغذية. حيث وجدوا ان النسبة Ca/Mg تزداد في مياه النهر خلال تساقط الامطار على مناطق التغذية الجبلية المتكونة من صخور الكربونات وصخور الشست، بينما تزداد النسبة Si/Mg خلال فترات ذوبان الثلوج المغطية لمناطق تتكون من صخور الكرانيت بشكل اساسي. وقد اشار (Chakrapani, 2005) الى مساهمة عدد من العوامل في التأثير على كيميائية نهر الكانج (Ganga River) في الهند وان التعرية الصخرية تكون هي العامل الاقوى، كما حاول حساب مساهمة كل من صخور الكربونات والصخور السليكاتية في تزويد النهر بالعناصر الكيميائية، ووجد ان لنوعية المعادن المكونة للصخور دورا مهما في تزويد النهر بالحمل الذائب.

المناخ والطبوغرافية: وجد (Sabater et al., 1990) ان الخصائص الطبوغرافية لحوض نهر Ter في اسبانيا، تلعب دورا اساسيا في زيادة ملوحة مياه النهر باتجاه المصب، وهذا يحدث جنبا الى جنب مع تأثير ليثولوجية الحوض ونوعية التربة ونوعية استخدامات الارض. اما كل من (Chakrapani, 2005) و (Pittaluga and Suvires, 2006) فقد اشاروا الى دور المناخ في التأثير على تراكيز العناصر في مياه كل من نهر الكانج (Ganga River) ونهر كاستانو (Castano River) في الارجننتين، حيث تبين ان الامطار الموسمية تقلل بشكل كبير من تراكيز العناصر في هذه الانهار نتيجة التخفيف بمياه الامطار.

الغطاء النباتي ونشاطات الاحياء المائية: اشار (Scobee and Prophet, 1967) الى ان تراكيز النتترات والفوسفات في نهر Cottonwood في الولايات المتحدة الامريكية يكون مسيطرا عليها من قبل النباتات المائية التي تستخدمها في عملية التغذية، الامر الذي ادى الى عدم تغير تراكيزها في مياه النهر اعلى وأسفل سد ماريون على الرغم من التغير في المكونات الصخرية. اما (Anderson et al., 1968) فقد وجدوا ان هناك تغييرا واضحا في تراكيز الاوكسجين وثاني اوكسيد الكربون، فضلا عن تغير طفيف في بعض الايونات الرئيسية خلال اليوم الواحد في مياه نهر Patuxent في الولايات المتحدة الامريكية، حيث وجدوا ان تراكيز الاوكسجين تزداد خلال النهار وتقل خلال الليل، بينما كان سلوك CO₂ على العكس من ذلك. واستنتجوا ان سبب هذا التغير هو

الفعاليات الحياتية للنباتات المائية. اما (Ingri et al., 2005) فقد اشاروا الى ان الغابات الموجودة في حوض نهر Kalix لها دور واضح في التأثير على كيميائية النهر.

العوامل غير الطبيعية (نشاطات الانسان): وجد (Scobee and Prophet, 1967) ان الاراضي الزراعية والفعاليات المدنية على نهر Cottonwood اعلى سد ماريون (Marion Dam) تتسبب في زيادة تراكيز بعض الايونات أسفل السد نتيجة لانتشار الاراضي الزراعية والتجمعات السكنية حول خزان السد. بينما اشار (Konhauser et al., 1995) الى تأثير النشاط الصناعي على مياه الانهار في ولاية Orissa الهندية خلال دراستهم لثلاثة انهار في هذه الولاية، وقد تبين لهم عن طريق اختيار محطات لجمع نماذج المياه اعلى وأسفل المناطق الصناعية ان النشاط الصناعي في هذه المنطقة يؤثر بشكل سلبي في تلوث مياه الانهار، وبشكل خاص تلك الانهار التي تمتاز بتصريف منخفض. تطرق (Adekola and Eletta, 2007) الى تلوث الرسوبيات النهرية بشكل واضح لنهر Asa في نيجيريا بتأثير مصادر غير طبيعية (Anthropogenic source). كما اشار (Kucuksezgin et al., 2008) الى ارتفاع تراكيز العناصر الكيميائية وخاصة الثقيلة منها في مياه ورواسب نهر Gediz في تركيا نتيجة لمطروحات النشاطات البشرية التي تطرح في النهر. درس (Moskovchenko et al., 2009) هيدروكيميائية نهر Vatinisky Egan غرب سيبيريا ووجدوا ان كيميائية النهر تتأثر بشكل واضح بتطور حقول النفط في هذه المنطقة، وتبين ان الملوحة في مياه النهر تزداد بشكل مفاجئ خلال عبور النهر لحقل Samotlor النفطي. اشار (Sanayei et al., 2009) الى تلوث مياه نهر Zayandeh Rood في وسط إيران بالعناصر الثقيلة نتيجة لطرح المياه الصناعية والزراعية الى النهر، وتبين ان مياه النهر تعد ملوثة بالكاديوم والنيكل حسب المواصفات القياسية العالمية. وجد (Sundaray et al., 2012) في دراسة مفصلة عن نهر Mahanadi في الهند ان عددا من العناصر الثقيلة في مياه النهر تكون اعلى من المعدل العالمي للأنهار، وقد اشارت الانماط الخاصة بهذه العناصر الى احتمالية وجود مصدر غير طبيعي يزود مياه النهر بهذه العناصر ومن المرجح ان يكون نتيجة لعمليات التسميد والمبيدات المستعملة في الاراضي الزراعية، وهذا ما ادى الى ارتفاع التراكيز خلال تساقط الامطار على هذه الاراضي نتيجة لعمليات الغسل ونقل العناصر الى مياه النهر.

أما الوفرة النسبية للعناصر في مياه الأنهار فتعتمد على وفرة العنصر المعين في القشرة الأرضية وقابلية العنصر على الحركة والانتقال إلى البيئة المائية (Gaillardet et al., 2004).

ولما كانت تراكيز العناصر الكيميائية في مياه الانهار تتغير مع الزمان والمكان، لذا يمثل البحث الحالي محاولة استخدام الطرق الاحصائية متعددة المتغيرات (Multivariate) مثل التحليل العاملي (Factor Analysis) والتحليل العنقودي (Cluster Analysis) التي تعد من الطرائق الشائعة في الدراسات الهيدروكيميائية (Bakac and Kumru, 2001; Chen et al., 2007)، وذلك لبيان التباين في تراكيز الايونات الرئيسية من فيشخابور الى بغداد. وهذا ما تقتصر الية العديد من الدراسات عن هيدروكيميائية المياه. ومثال ذلك نهر دجلة الذي يعد أهم مورد من موارد المياه في العراق.

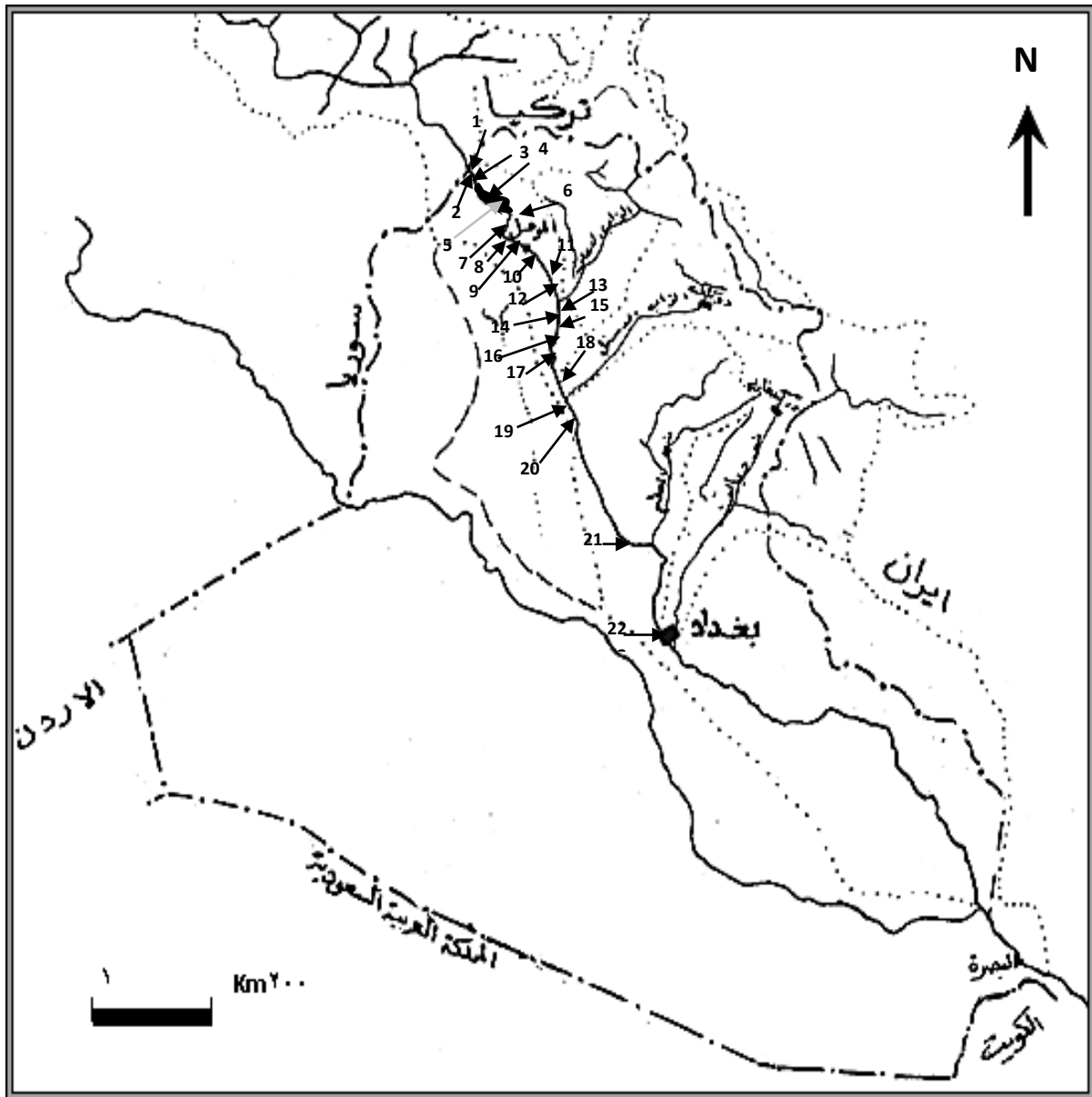
ينبع نهر دجلة من عدة منابع في المرتفعات الواقعة في جنوب شرق تركيا إلى الجنوب الشرقي من منابع نهر الفرات. ويدخل النهر الأراضي العراقية عند قرية فيشخابور، ويستمر في جريانه باتجاه الجنوب الشرقي إلى أن يصب في بحيرة سد الموصل بعد حوالي 42 كم من دخول النهر إلى الأراضي العراقية. يستمر النهر بعد سد

الموصل بالجريان في أراضي متموجة إلى مضيق الفتحة الذي يفصل مرتفعات حميرين عن مرتفعات مكحول. ويكون مجرى النهر في هذا الجزء محاطا بسهل ضيق ويتسع قليلا بين الفتحة وبلد مع ظهور الحافات الصخرية على مجراه أحيانا، خاصة في مدينة سامراء. يجري النهر بعد سامراء وبلد في السهل الرسوبي ويمتاز بكثرة تعرجاته وبطء جريانه بالأخص في جزئه الواقع بين مدينتي بغداد والكوت وذلك بسبب قلة انحدار الأرض. ويغطي حوض نهر دجلة مع روافده معظم الأراضي الواقعة في شمالي وشرقي العراق (الشكل 1).

على الرغم من اجراء العديد من الدراسات المختلفة على نهر دجلة، الا ان المعلومات عن الهيدروكيميائية، والمحتوى الطبيعي للعناصر في مياه النهر، ومدى تأثر مياه النهر بالنشاطات البشرية على مدى واسع من مجرى النهر، لاتزال غير متكاملة وغير دقيقة. وبشكل خاص فان الباحثين لم يلاحظوا وجود دراسات احصائية معتبرة عن علاقات العناصر الذائبة، والعوامل المؤثرة على هيدروكيميائية مياه النهر. لذلك كان هدف البحث الحالي استخدام التحليل الإحصائي لبيان العوامل المؤثرة على هيدروكيميائية العناصر الذائبة في مياه نهر دجلة.

جيولوجية مجرى نهر دجلة:

يقطع نهر دجلة اثناء جريانه في جنوبي تركيا منطقة معقدة جدا من الصخور النارية والمتحولة (Nappe zone)(Nicoll, 2009) ، فضلا عن قطعه لمكونات الحقبة الجيولوجية المتوسطة (Mesozoic) من الترياسي والجوراسي والكريتاسي. وعند دخول النهر الأراضي العراقية يقطع ترسبات المولاس والمتمثلة بتكوين مقدادية (البلايوسين) ثم تكوين انجانة (المايوسين الأعلى) ثم يقطع النهر بعد هذه الترسبات ترسبات تكوين فتحة (المايوسين الأوسط) ويستمر على هذا النحو الى ناحية وانه. ثم يقطع الترسبات النهرية الحديثة ابتداء من وانه فبادوش فالموصل وحتى محل التقاء النهر بالزاب الأعلى جنوب الموصل. ثم تعود طبقات تكوين فتحة بالظهور في مجرى النهر ثم يعود النهر ليقطع الترسبات الحديثة (المرهج، 1979)، يستمر النهر بالسير خلال الترسبات النهرية الحديثة والتي تظهر على طول المجرى خلال مسير النهر في منطقة القيارة والى قرية المسحك أسفل مصب الزاب الأسفل في نهر دجلة بحوالي 4 كم. ثم تظهر مكاشف تكويني فتحة وانجانة في منطقة الفتحة. ثم يستمر النهر ليقطع تكوين مقدادية الذي يمتد على جانبي النهر من منطقة الفتحة وحتى شمال مدينة بلد (5 كم). ثم تظهر بعد ذلك الترسبات النهرية الحديثة التي يقطعها النهر حتى مدينة بغداد (البياتي، 1980).



الشكل 1: خارطة حوض نهر دجلة وروافده (الخفاجي 1985) موضح عليه مقاطع النمذجة (1-22)

رغم أن المجرى الرئيس لنهر دجلة يمر خلال عدد قليل من التكوينات، إلا أن حوض النهر داخل العراق والمتمثل بروافد وأحواض الروافد المغذية للنهر تغطي معظم الأراضي في شمالي وشمالي شرقي العراق (شكل 1)، والتي ينكشف فيها عدد كبير من التكوينات. ولا يتسع المجال هنا للتطرق إلى جميع التكوينات المكشوفة ضمن حوض نهر دجلة. والذي يضم جميع التكوينات المنكشفة في شمالي وشمالي غربي العراق. وبإمكان القارئ العودة إلى تفاصيل هذه التكوينات في مصادر عديدة. إلا أنه من المهم هنا أن نشير إلى أن أغلب المكاشف الصخرية في حوض نهر دجلة داخل العراق تتألف بشكل رئيس من صخور الكربونات والمتبخرات والمارل والصخور الطينية والرملية، فضلاً عن انتشار ترسبات العصر الرباعي المتمثلة بالمصاطب النهرية وترسبات السهل الفيضي ورواسب المنحدرات والمراوح الفيضية بشكل واسع ضمن حوض النهر.

طرائق التحليل والنتائج

تضمنت بيانات البحث نتائج تحليل العناصر الرئيسية في 34 نموذجاً من مياه نهر دجلة تم جمعها من وسط النهر موزعة على 22 موقعا ضمن منطقة الدراسة الممتدة من بداية دخول النهر الى الاراضي العراقية في منطقة فيشخابور شمالا والى مدينة بغداد جنوبا (شكل 1). وبواقع 22 نمودجا خلال شتاء 2011 (جدول 1). ولغرض ملاحظة التغيرات الموسمي في هيدروكيميائية النهر، فقد تم اختيار 12 موقعا من المواقع السابقة لإعادة جمع النماذج خلال صيف 2011 (جدول 2).

تم تحليل كل من العسرة الكلية (TH) والبيكربونات (HCO_3^-) باستخدام طرق التسحيح حسب (عباوي وحسن، 1990). وتم تحليل النترات (NO_3^-) باستخدام مطياف الاشعة فوق البنفسجية وحسب الطريقة المذكورة في (APHA, 1998). وقد تم تحليل بقية الايونات (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ , SO_4^{-2} , Cl^-) باستخدام تقنية البلازما مزدوجة الحث - قياس الطيف الكتلي (ICP-MS). المستخدم في مختبرات شركة اكمي في كندا (Acme Analytical Laboratories Ltd. Vancouver, Canada).

الجدول 1: نتائج تحليل الايونات الرئيسية الذاتية (0.45μ filtered) في مياه نهر دجلة خلال فصل الشتاء (جميع التراكيز بوحدت ppm). 4W و 5W هي معدل لثلاثة نماذج من اعماق مختلفة في بحيرة سد الموصل

Elements Sample	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Na^+	K^+	HCO_3^-	SO_4^{-2}	Cl^-	NO_3^-	TH
1M W	79.14	24.87	15.14	2.43	239	96	9	0.72	300.2
2M W	78.1	24.69	14.86	2.27	239	87	13	0.72	296.9
3M W	69.73	24.57	15.12	2.56	231	90	14	0.71	296.9
4 W (Average)	70.78	21.38	16.8	2.38	212.37	88	10.7	0.6	275.4
5 W (Average)	65.39	19.68	13.53	2.16	191.93	89	9.3	0.26	275.4
6M W	64.66	18.92	12.01	2.05	195	84	8	0.25	239.5
7M W	67.25	20.24	14.62	2.5	200	84	9	0.25	251.4
8M W	68.64	19.96	13.48	2.57	200.1	93	8	0.22	253.7
9M W	73.25	22.13	16.99	2.44	206	105	12	0.21	274.2
10M W	75.33	23.21	18.66	2.54	208	114	13	0.21	283.8
11M W	76.19	23.04	19.75	2.73	213	120	14	0.32	285.3
12M W	76.46	22.59	20.83	3.15	215	117	15	0.34	284.1
13M W	76.75	21.65	17.87	2.85	219	102	13	0.49	281.0
14M W	80.43	22.77	18.15	2.32	229	102	14	0.51	294.8
15M W	82.43	23.27	20.22	2.55	248	99	14	0.55	301.8
16M W	83.31	23.75	20.61	3.06	249	102	15	0.52	306.0
17M W	82.96	23.75	19.52	2.24	246	102	15	0.54	305.1
18M W	84.32	23.21	22.19	2.81	248	105	16	0.55	306.3
19M W	84.75	24.7	21.92	2.51	248.9	114	17	0.59	313.5
20M W	79.02	22.29	18.74	2.15	257	81	13	0.43	289.3
21M W	82.69	27.24	32.69	4.15	260	147	25	0.28	318.8
22M W	171.58	48.3	105.61	3.95	298	469	81	0.3	627.7
Average	80.60	23.92	22.24	2.65	229.70	117.73	16.27	0.44	302.8

الجدول 2: نتائج تحليل الايونات الرئيسية الذائبة (0.45μ filtered) في مياه نهر دجلة خلال فصل الصيف (جميع التراكيز بوحدة ppm). 4S و 5S هي معدل لثلاثة نماذج من اعماق مختلفة في بحيرة سد الموصل

Elements Sample	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	TH
1M S	60.51	16.92	11.53	1.81	194.00	54.00	12.00	0.40	220.90
4 S (Average)	46.98	11.51	7.75	1.79	160.00	35.00	5.67	0.56	164.81
5 S (Average)	48.96	13.06	10.00	1.99	162.67	48.00	7.67	0.29	176.14
7M S	52.73	12.28	8.21	1.87	155.00	48.00	7.00	0.12	182.36
8M S	52.77	12.59	8.98	1.85	155.00	51.00	7.00	0.16	183.74
9M S	55.09	12.70	9.92	1.83	157.00	54.00	9.00	0.22	189.99
10M S	58.30	13.15	10.78	1.93	165.00	57.00	11.00	0.32	199.87
12M S	56.35	13.82	11.95	2.11	160.00	63.00	11.00	0.28	197.75
13M S	53.74	14.83	12.14	1.99	159.00	72.00	12.00	0.35	195.38
14M S	57.25	14.80	12.82	2.02	167.00	69.00	12.00	0.37	204.03
16M S	56.65	14.95	12.33	1.83	165.00	66.00	12.00	0.42	203.15
20M S	56.91	15.35	16.68	2.12	164.00	81.00	18.00	0.46	205.44
Average	54.69	13.83	11.09	1.93	163.64	58.17	10.36	0.33	193.63

تم إدخال بيانات التحاليل الكيميائية للأيونات الرئيسية لمياه نهر دجلة (الجدولان 1، 2) في البرنامج الإحصائي (SPSS). اذ تم استخدام التحليل العاملي (Factor Analysis)، طريقة المركبات الأساسية (Principal Component)، والتدوير (Varimax Rotation)، لتحديد العوامل المؤثرة على تراكيز الايونات. ويعد التحليل العاملي واحدا من التقنيات الاحصائية الشائعة الاستخدام في التعامل مع البيانات الكيميائية لتحديد العلاقة بين عدد من المتغيرات في الوقت نفسه (Bakac and Kumru, 2001)، وهو أسلوب احصائي يستهدف تلخيص العديد من المتغيرات لعدد أقل تعرف بالعوامل (Factors) بحيث ان كل مجموعة من المتغيرات ترتبط بشكل قوي مع عامل واحد فقط.

ولغرض ملاحظة مدى الترابط بين النماذج المختلفة وامكانية تقسيم نماذج منطقة البحث الى مجاميع ثانوية تعبر عن مناطق محددة ضمن منطقة الدراسة اعتمادا على بيانات الايونات الرئيسية، فقد تم استخدام التحليل العنقودي التراتبي (Hierarchical Cluster Analysis) طريقة (Word's Method). الذي يعد أحد اهم التقنيات الاحصائية المستخدمة في مجال علوم الارض، والتي تساعد في تقسيم البيانات لعدد من المتغيرات الى مجاميع محددة. وتساعد في ترتيب النماذج بشكل مجاميع حقيقية. وتعرض النتائج بشكل مبسط حسب التقارب بين النماذج ومجاميع النماذج (Danielsson et al., 1999; Chen et al., 2007). ومن اجل اعطاء اهمية متوازنة لجميع المتغيرات (Variables) في هذا التحليل (التحليل العنقودي) فقد تم اعتماد البيانات الخاصة بقيم العوامل (Factor Scores) الناتجة من التحليل العاملي للأيونات الرئيسية، والتي تعد قيما قياسية (Standardized) تعبر بشكل متوازن عن المتغيرات الاصلية الخام (بيانات الايونات الرئيسية). ولكي تكون نتائج العملية الاحصائية بشكل اوضح وتكون المجاميع أكثر تمثيلا لواقع نماذج البحث الحالي، فقد تم استثناء نموذجي بحيرة سد الموصل من هذا التحليل على اعتبارهما معدلات لثلاثة نماذج من اعماق مختلفة وتتأثر بعوامل خاصة بالبحيرة فضلا عن العوامل الاخرى المؤثرة على النهر.

التحليل الاحصائي والمناقشة

تبين من خلال إجراء التحليل العاملي (Factor Analysis) لنماذج كل فصل على حدة، وجود عاملين رئيسيين يؤثران على تراكيز الايونات الرئيسية خلال فصل الشتاء. ووجود ثلاث عوامل مؤثرة على تراكيز الايونات الرئيسية خلال فصل الصيف.

وقد تبين من خلال اجراء التحليل العنقودي (Cluster Analysis) ان نماذج مياه نهر دجلة تتجمع مع بعضها في خمسة عناقيد (Clusters) موزعة على طول منطقة الدراسة.

التحليل العاملي لنماذج فصل الشتاء

اشارت نتائج التحليل العاملي لنماذج فصل الشتاء الى وجود عاملين رئيسيين يمثلان أكثر من 91% من التباين (Variance). حيث يمثل العامل الأول 74.607% من التباين بينما يمثل العامل الثاني 16.435%، لاحظ الجدول (3).

الجدول 3: الحمل (loading) ومقدار التباين (Variance) و (Eigen values) و (Communalities) للعامل الأول والثاني لنماذج فصل الشتاء

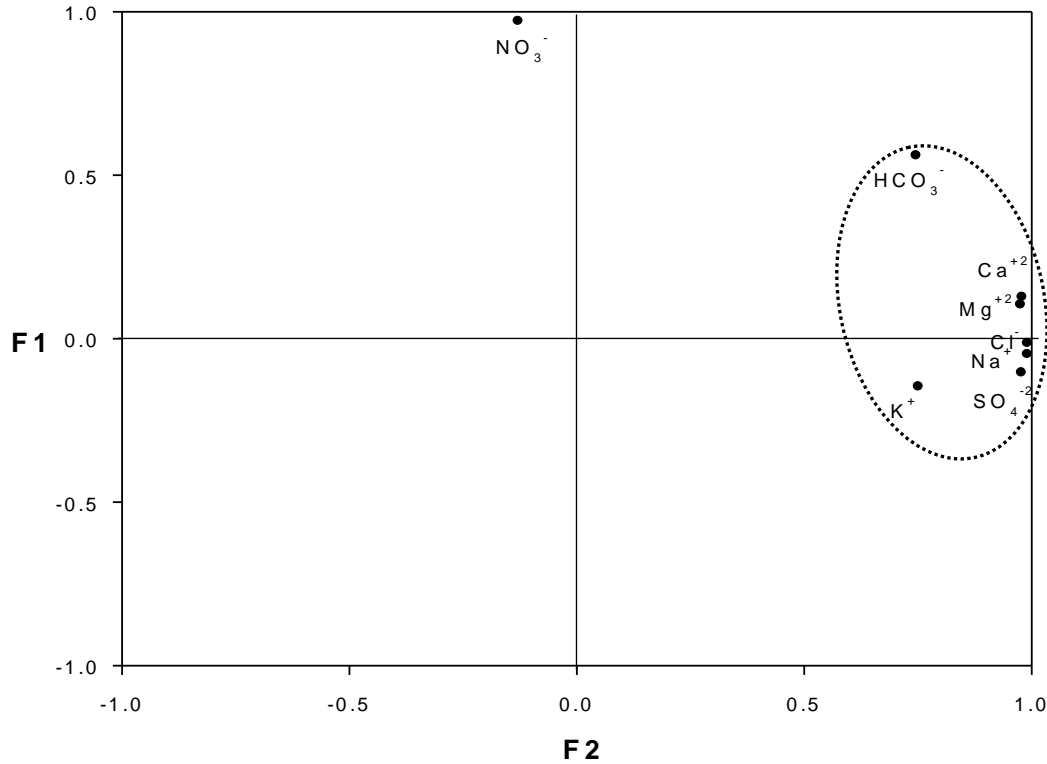
Ions	Factor 1	Factor 2	Communalities
Ca ⁺²	0.976	0.103	0.963
Mg ⁺²	0.979	0.126	0.974
Na ⁺	0.991	-0.049	0.984
K ⁺	0.751	-0.148	0.586
HCO ₃ ⁻	0.746	0.559	0.868
SO ₄ ⁻²	0.978	-0.105	0.968
Cl ⁻	0.991	-0.015	0.983
NO ₃ ⁻	-0.129	0.97	0.957
Eigen values	5.981	1.303	
Variance(%)	74.607	16.435	
Cumulative(%)	74.607	91.042	

العامل الاول:

يشكل هذا العامل نسبة كبيرة من مجموع التباين (74.607%) (الجدول 3)، وهو عامل أحادي القطب ويتمثل بالتحميل الموجب للمتغيرات التالية (Ca⁺², Mg⁺², Cl⁻, Na⁺, K⁺, HCO₃⁻, SO₄⁻²)، لاحظ الشكل (2). ويمثل هذا العامل التجوية الكيميائية للمكونات الصخرية وعلى نطاق واسع في حوض نهر دجلة، حيث يؤدي الساقط المطري خلال الشتاء الى نقل نواتج التجوية من مختلف انواع الصخور ومن جميع انحاء الحوض الى نهر دجلة، فضلا عن تأثير تماس النهر مع مواد القعر. ان عملية نقل الحمولة الذائبة والمعلقة على نطاق واسع وضمن طبقات صخرية مختلفة (صخور نارية و متحولة في اعالي الحوض في تركيا، فضلا عن الصخور الكربوناتيية، ثم صخور رسوبية متمثلة بشكل اساس بالصخور الكربوناتيية والجبسوم والمارل وفتاتيات من مختلف انواع الصخور ضمن الاراضي العراقية) لا تسمح بتكون نمط عاملي مميز لكل نوع من الصخور، وانما تشير الى وجود عامل رئيس مزود لهذه الايونات بشكل عام، وهو عامل طبيعي متمثل بتجوية المكونات الصخرية لحوض النهر.

العامل الثاني:

يشكل هذا العامل (16.435%) من مجموع التباين، ويعد ذا تأثير محدود نسبة الى العامل الاول، وينحصر تأثيره بشكل رئيس على التحميل الموجب لأيون النترات (الشكل 3)، وعليه فانه من المرجح ان يكون هذا العامل هو عامل غير طبيعي (Anthropogenic Factor) متمثل بما يطرح في النهر من فضلات ومياه مجاري ومياه الاراضي الزراعية، وهو عامل مستمر في التأثير ومتغير حسب مواقع المصبات في النهر (وليس حسب التكوينات الجيولوجية).



الشكل 2: مساقط نقاط العامل الأول والثاني لفصل الشتاء

التحليل العاملي لنماذج فصل الصيف

تبين من التحليل العاملي لنماذج فصل الصيف ان هناك ثلاث عوامل رئيسية تمثل أكثر من 92% من التباين (Variance). حيث يمثل العامل الأول 59.374% من التباين، ويمثل العامل الثاني 20.654%، بينما يمثل العامل الثالث 12.659% من التباين (الجدول 4).

العامل الاول:

يشكل هذا العامل نسبة 59.374% من مجموع التباين (الجدول 4)، وهو عامل أحادي القطب ويتمثل بالتحميل الموجب للأيونات (Cl^- , Na^+ , K^+ , SO_4^{-2}) (الشكل 3). يتضح من الايونات المحملة على هذا العامل انه يمثل التجوية الكيميائية لصخور المتبخرات، والتي تعود بشكل رئيس الى تكوين فتحة، حيث تمتد مكاشف صخور هذا التكوين على مساحات واسعة من حوض وقاع نهر دجلة.

العامل الثاني:

يشكل هذا العامل نسبة 20.656% من مجموع التباين، وهو عامل أحادي القطب ويتمثل بالتحميل الموجب الايونات (Ca^{+2} , Mg^{+2} , HCO_3^-) (الشكل 3). يتضح من الايونات المحملة على هذا العامل انه يمثل التجوية الكيميائية لصخور الكربونات، والتي تتكشف بشكل واسع ضمن المناطق العليا من حوض ومجرى النهر.

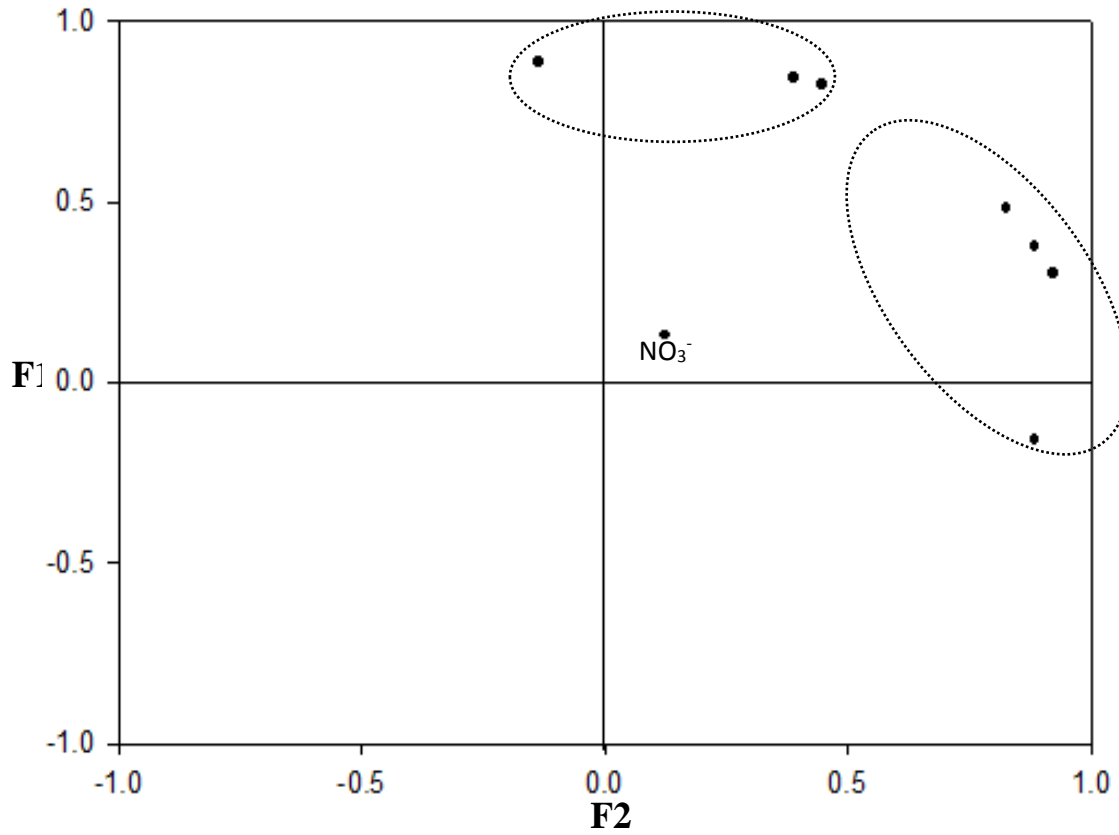
الجدول 4: الحمل (loading) ومقدار التباين (Variance) و (Eigen values) و (Communalities) للعامل الأول والثاني والثالث لنماذج فصل الصيف

Ions	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Communalities
Ca^{+2}	0.39	0.842	-0.214	0.918
Mg^{+2}	0.447	0.824	0.217	0.916
Na^{+}	0.884	0.376	0.239	0.952
K^{+}	0.885	-0.159	-0.029	0.766
HCO_3^-	-0.136	0.884	0.342	0.927
SO_4^{-2}	0.922	0.3	-0.007	0.912
Cl^-	0.827	0.482	0.217	0.966
NO_3^-	0.124	0.13	0.97	0.967
Eigen values	4.750	1.652	1.013	
Variance(%)	59.374	20.656	12.659	
Cumulative(%)	59.374	80.030	92.689	

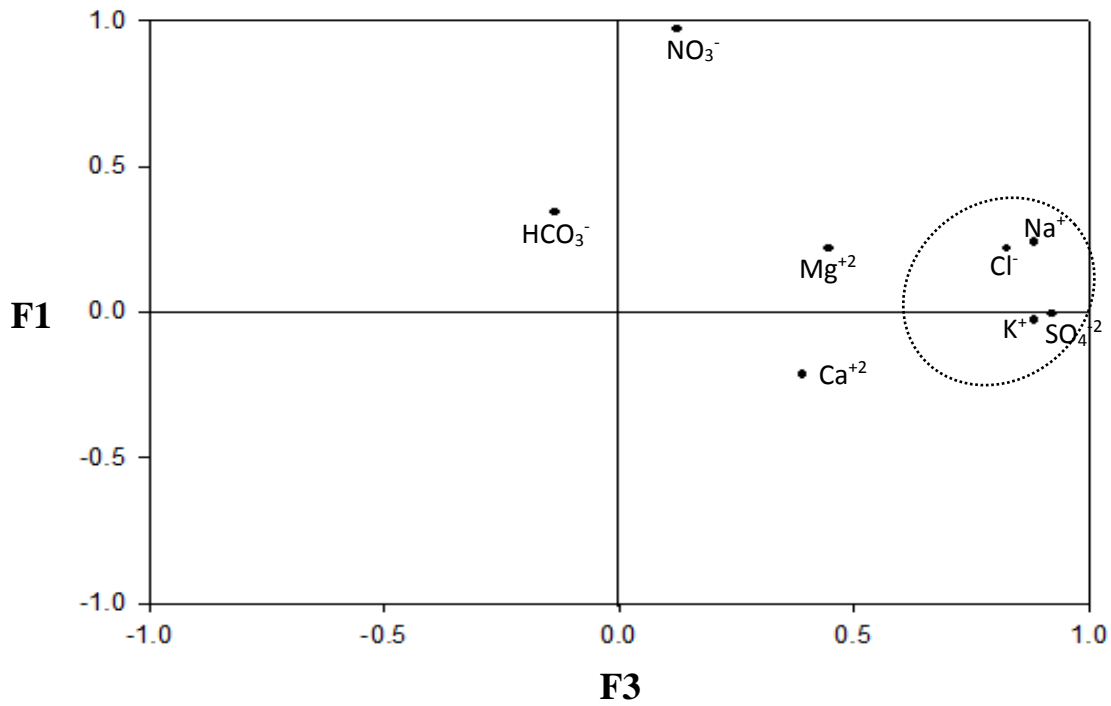
العامل الثالث:

يشكل هذا العامل (12.659%) من مجموع التباين، ويعد ذا تأثير محدود نسبة الى العاملين الاول والثاني، وينحصر تأثيره بشكل رئيس على التحميل الموجب لأيون النترات (الشكل 4). من الواضح ان هذا العامل هو نفسه العامل الثاني في التحليل الاحصائي لنماذج الشتاء. وعليه فان هذا العامل هو عامل غير طبيعي (Anthropogenic Factor) متمثل بما يطرح في النهر من فضلات ومياه مجاري ومياه الاراضي الزراعية. على العموم، يمكن تلخيص نتائج التحليل العاملي لبيانات نهر دجلة ضمن منطقة الدراسة خلال فترتي النمذجة، بان هناك عاملا رئيسا يتحكم بهيدروكيميائية العناصر الرئيسية في مياه النهر باستثناء النترات، وهذا العامل هو عامل طبيعي يتمثل بالمكونات الصخرية المنتشرة ضمن حوض النهر. اما العامل المسيطر على تراكيز النترات في منطقة الدراسة فهو عامل غير طبيعي يتمثل بما يطرح من فضلات في مياه النهر من المدن والاراضي الزراعية المجاورة.

11 استخدام التحليل العائلي في تحديد العوامل المسؤولة عن تباير تراكيز الايونات الرئيسية الذائبة.....



شكل 3: مساقط نقاط العامل الأول والثاني بعد التدوير لنماذج فصل الصيف

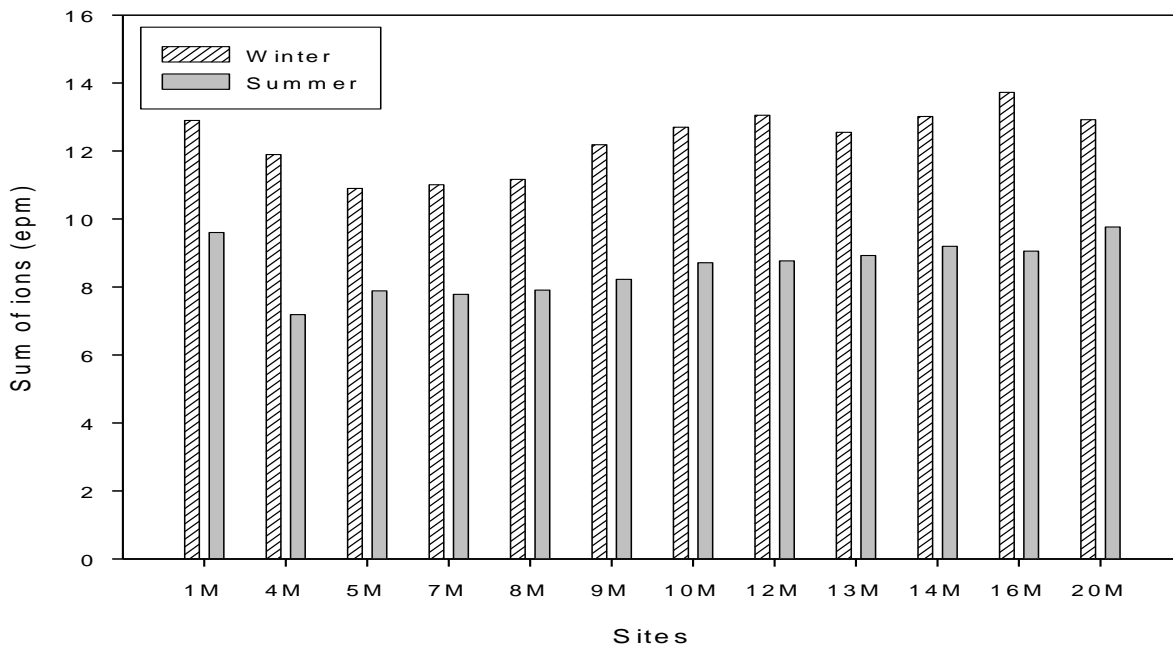


شكل 4: مساقط نقاط العامل الأول والثالث بعد التدوير لنماذج فصل الصيف

التغيرات في تراكيز الايونات الرئيسية

يلاحظ من معدلات تراكيز الايونات الرئيسية في الجدولين (1 و 2) ان هناك تغييرا موسميا في تراكيز الايونات الرئيسية، اذ تكون التراكيز خلال الشتاء اعلى منها خلال الصيف، وهذا يظهر بشكل واضح من تمثيل مجموع تراكيز الايونات لكل نموذج بوحدات الـ (epm) (الشكل 5).

ومن المرجح ان هناك عددا من الاسباب وراء ازدياد التراكيز خلال الشتاء، ومن اهمها عمليات الغسل والاذابة، وهذا ايضا ما اشار اليه كل من (Al-Kattan, 1989; Rabee et al, 2011) في تفسيرهم لوجود زيادة نسبية للعناصر الثقيلة وكمية الاملاح الذائبة في مياه نهر دجلة خلال الشتاء نسبة الى الصيف ضمن مدينة الموصل ومدينة بغداد. كذلك زيادة عمليات تجوية الصخور في حوض النهر نتيجة لتساقط الامطار خلال الشتاء، ونقل نواتج التجوية الى النهر عن طريق الاودية والروافد الموسمية والدائمة. وهذا يتفق مع ما استنتجه البيوزيكي والبننا (2008) ; النعيمي (2010) من حيث وجود زيادة نسبية في تراكيز الايونات الرئيسية خلال الشتاء في عدد من الابار المحيطة بنهر دجلة. هذا فضلا عن زيادة تأثير عملية تغذية النهر من المياه الجوفية خلال موسم الامطار. خاصة وان كمية المياه المطلقة من سد الموصل الذي يعد واحدا من اقوى العوامل المتحكمة بمنسوب النهر كانت اقل خلال فترة جمع نماذج الشتاء نسبة الى الصيف، حيث بلغ التصريف المطلق من سد الموصل $237 \text{ m}^3/\text{sc}$ و $201 \text{ m}^3/\text{sc}$ خلال شهري كانون الاول وشباط 2011 على التوالي (فترة جمع نماذج الشتاء)، بينما بلغ التصريف $409 \text{ m}^3/\text{sc}$ خلال شهر اب (فترة جمع نماذج الصيف)، ومن المعروف ان اغلب المياه الجوفية تكون ذات تراكيز ايونية اعلى من مياه الانهار.



الشكل 3: مجموع الازان المكافئة (epm) للأيونات الرئيسية في مياه نهر دجلة ضمن منطقة الدراسة، لموسمي الشتاء والصيف

ومن اجل ملاحظة التباين المكاني في تراكيز الايونات الرئيسية على طول منطقة الدراسة، وامكانية تقسيم منطقة الدراسة الى مجاميع ثانوية اعتمادا على هذا التباين، فقد تم استخدام التحليل العنقودي.

التحليل العنقودي (Cluster Analysis)

اظهرت نتائج هذا التحليل انقسام نماذج كل فصل الى مجاميع ثانوية تحوي نماذج متقاربة في الخصائص الهيدروكيميائية. اذ يلاحظ تجمع نماذج منطقة البحث في خمسة مجاميع (شكل 5). تبدا بالمنطقة الواقعة قبل وصول النهر الى بحيرة سد الموصل (النماذج 1MW, 2MW, 3MW لفصل الشتاء، والنموذج IMS خلال الصيف خلال الصيف). وتتميز هذه المنطقة بسيادة العسرة المؤقتة في مياه النهر والتمثلة بوجود املاح البيكربونات الذائبة. نتيجة للتأثير الرئيس لصخور الكربونات على هيدروكيميائية النهر. اما العنقود الثاني من النماذج فتضم نماذج المنطقة المحصورة بين سد الموصل ومصب الزاب الاعلى في نهر دجلة خلال الشتاء. اما خلال فصل الصيف فان هذه المنطقة تنتهي عند بداية مدينة الموصل (الشكل 5). في هذه المنطقة يبدأ تكوين فتحة بالتأثير على كيميائية النهر، حيث يقطع النهر التكوين في هذه المنطقة، وتزداد العسرة الدائمة في مياه النهر، وهذا واضح خاصة في المنطقة الواقعة بين مدينة الموصل ومصب الزاب الاعلى.

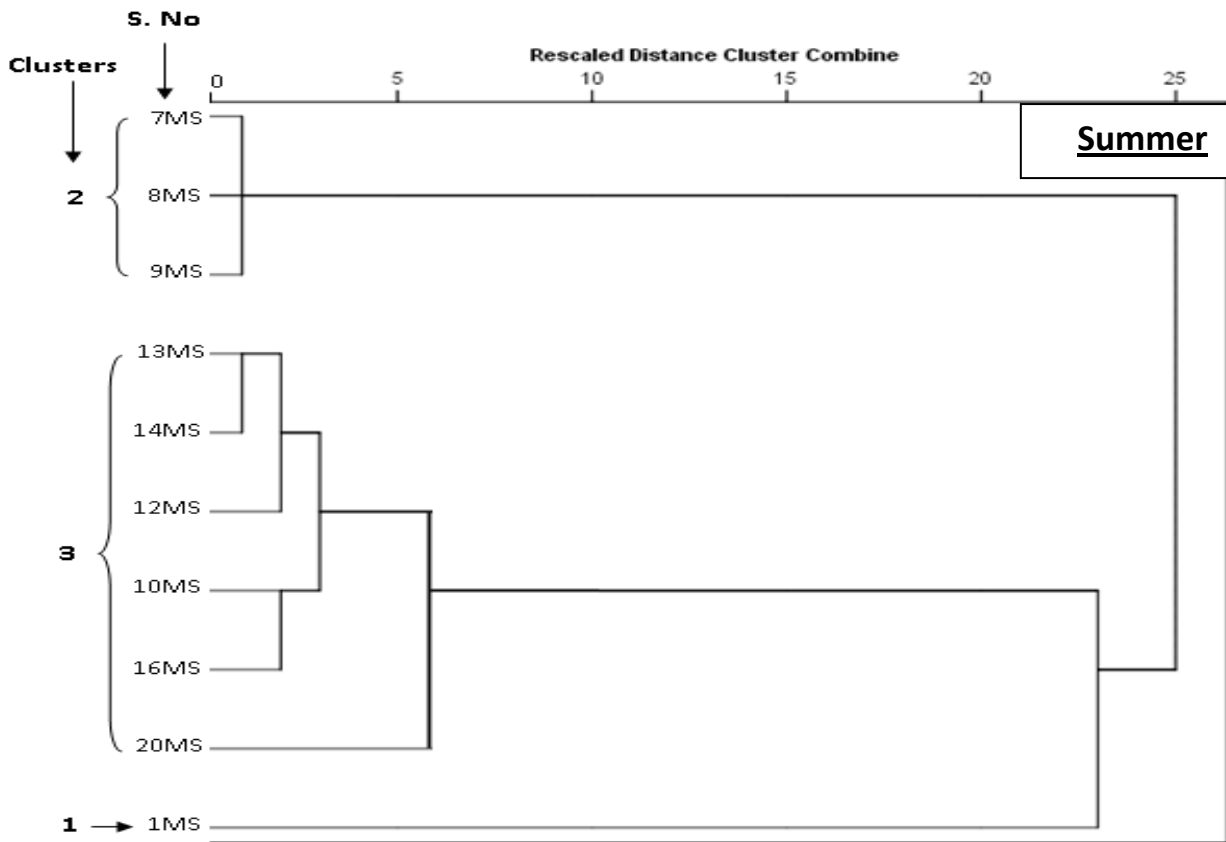
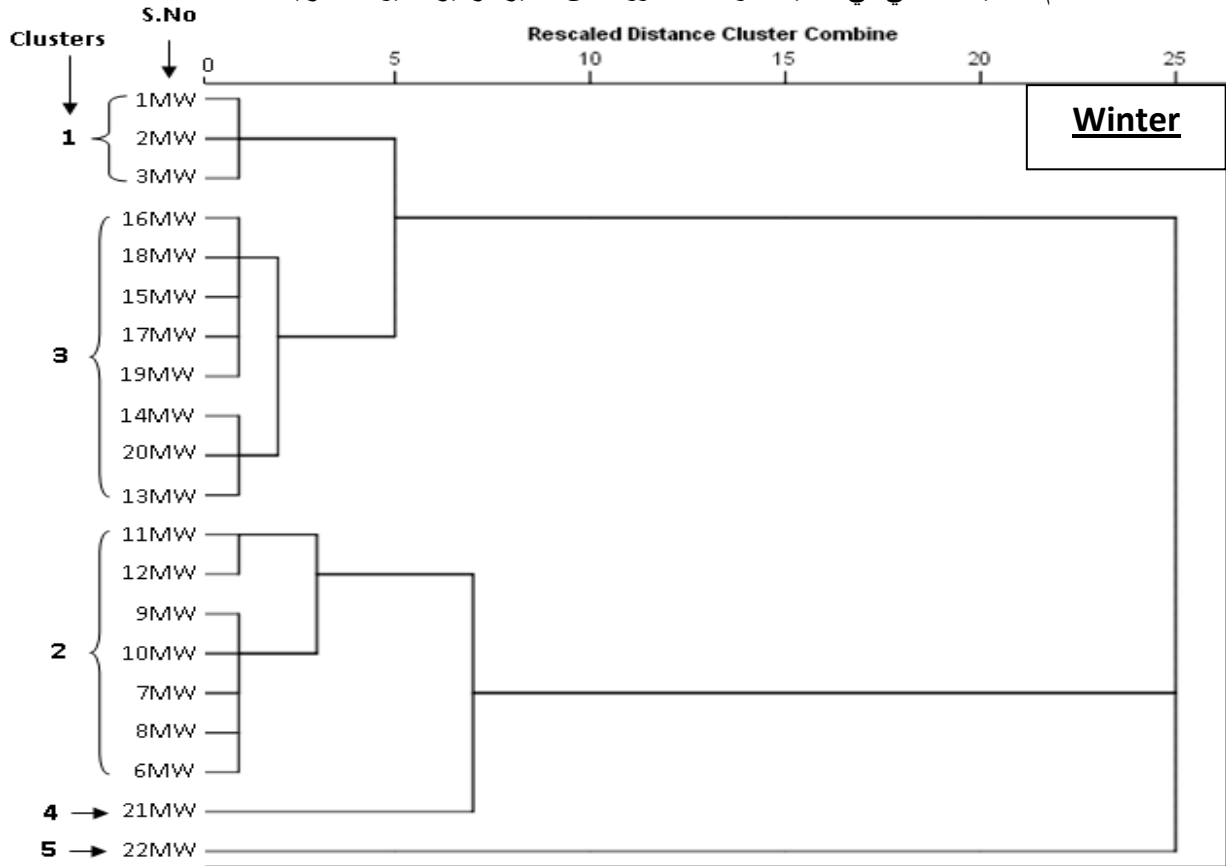
نتيجة لتأثير صخور المتبخرات والعيون الكبريتية ومنطقة كبريت المشراق على تراكيز العناصر في مياه النهر ضمن هذه المنطقة. والمجموعة الثالثة من النماذج تعود الى نماذج المنطقة الممتدة بين مصب الزاب الاعلى والى جنوب قرية المسحك قبل ان يدخل النهر الى ببجي. في هذه المنطقة تتشارك املاح البيكربونات واملاح الكبريتات في التأثير على كيميائية مياه النهر. وهذا نتيجة لتداخل تأثير كل من صخور الكربونات المنكشفة بشكل واسع ضمن حوض الزاب الاعلى ونهر دجلة وصخور المتبخرات لتكوين فتحة ومنطقة العيون الكبريتية على نهر دجلة. ويلاحظ وجود تداخل للنموذجين 10MS و 12MS بين المنطقة الثانية والثالثة خلال فصل الصيف. وخلال سريان النهر باتجاه الجنوب يزداد تركيز الكبريتات والكلوريدات والصوديوم، بسبب زيادة الملوحة في ترب هذه المنطقة نتيجة لارتفاع درجات الحرارة وانخفاض الساقط المطري وارتفاع منسوب المياه الجوفية وزيادة ملوحتها كلما اتجهنا نحو الجنوب (الجواهري والشمري، 2009) الامر الذي يتسبب في عملية تملح التربة التي باتت من المشاكل البيئية في وسط وجنوب العراق (صالح، 2010).

فضلا عن زيادة تأثير عمليات الغسل والاذابة وتراكمها بشكل ذائب في مياه النهر كلما زادت مسافة النقل، الامر الذي تسبب في انفصال نموذج منطقة الضلوعية (21M) عن المجموعة السابقة ليشكل مجموعة خاصة بهذه المنطقة. وبالاتجاه نحو مدينة بغداد تزداد تراكيز الايونات الرئيسية بشكل كبير وتزداد العسرة الدائمة في مياه النهر. اذ يلاحظ زيادة كبيرة في تراكيز الكبريتات والايونات الرئيسية المكونة لأملاح الكلوريدات (جدول 6). نتيجة لزيادة ملوحة التربة والتأثير الكبير للمبازل ومياه مجاري الصرف الصحي لمدينة بغداد على مياه نهر دجلة (Rabee et al, 2011). وكذلك نتيجة لتأثير المياه القادمة من بحيرة التثرار الى نهر دجلة والتي تكون ذات محتوى عالٍ من الكبريتات والكلوريدات والصوديوم، الامر الذي يؤدي الى ابتعاد نموذج مدينة بغداد (22M) عن بقية المجاميع بشكل واضح. ليشكل هذا النموذج منطقة خاصة به (شكل 5).

الجدول 1: معدلات تراكيز الايونات الرئيسية الذائبة (0.45μ filtered) لكل عنقود من عناقيد التحليل العنقودي على طول منطقة الدراسة في مياه نهر دجلة خلال فصلي الشتاء والصيف (جميع التراكيز بوحدة ppm).

Elements Clusters	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	TH
فصل الشتاء									
1 (نهر دجلة قبل دخول بحيرة سد الموصل)	75.63	24.73	15.03	2.43	236.33	91.00	12.00	0.70	298.00
2 (بين سد الموصل والزاب الاعلى)	71.70	21.43	16.63	2.57	205.30	102.43	11.29	0.26	267.43
3 (بين الزاب الاعلى والاسفل)	81.75	23.20	19.90	2.58	243.11	100.88	14.63	0.53	299.73
4 (منطقة الضلوعية)	82.70	27.20	32.70	4.20	260.00	147.00	25.00	0.30	318.80
5 (نهر دجلة وسط مدينة بغداد)	171.60	48.30	105.60	4.00	298.00	469.00	81.00	0.30	627.70
فصل الصيف									
1 (نهر دجلة قبل دخول بحيرة سد الموصل)	60.51	16.92	11.53	1.81	194.00	54.00	12.00	0.40	220.90
2 (بين السد ومدينة الموصل)	53.53	12.52	9.04	1.85	155.67	51.00	7.67	0.17	185.36
3 (بين مدينة الموصل والزاب الاسفل)	56.53	14.48	12.78	2.00	163.33	68.00	12.67	0.37	200.94

15 استخدام التحليل العائلي في تحديد العوامل المسؤولة عن تغيير تراكيز الايونات الرئيسية الذائبة.....



الشكل 5: المخطط الشجري للتحليل العنقودي التراتبي (Dendrogram of the hierarchical cluster)
(analysis using the Ward method)

الاستنتاجات

- 1- اظهرت نتائج التحليل العاملي للأيونات الرئيسية ان العامل الرئيس المتحكم بكمياء مياه نهر دجلة هو نوعية الصخور المنتشرة ضمن حوض النهر. حيث تتشارك كل من صخور الكربونات والمتبخرات في التأثير الاكبر على كيميائية نهر دجلة ضمن منطقة الدراسة. ويلاحظ ايضا وجود تأثير محدود للعوامل غير الطبيعية التي ينحصر تأثيرها على ايون النترات والتأثير قليلا على كل من الكلوريد والصوديوم.
- 2- تكون تراكيز الايونات الرئيسية في مياه نهر دجلة خلال فصل الشتاء اعلى من تراكيزها خلال الصيف، نتيجة لزيادة عمليات التعرية والتغذية من المياه الجوفية بفعل تساقط الامطار.
- 3- اشارت نتائج التحليل العنقودي الى تأثير العوامل الجيولوجية التي ساهمت في تقسيم نماذج كل فصل الى مجاميع ثانوية على طول مسار النهر نتيجة لتغاير تراكيز الأيونات الرئيسية على طول منطقة الدراسة.

المصادر العربية

- البياتي، هشام جاسم، 1980. هيدروكيميائية وجيوكيميائية نهر دجلة والتلوث المحتمل من القيارة الى بغداد، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة بغداد، 211 صفحة.
- الجواهري، عماد احمد عبد الصاحب، الشمري، رضا عبد الجبار 2009. مشكلات المياه في العراق الواقع والحلول المقترحة، مجلة القادسية للقانون والعلوم السياسية، العدد الاول، المجلد الثاني، ص 9-61.
- الخفاجي، جبار اللايج علي، 1985. دراسة الحمولة الذائبة في نهر دجلة داخل مدينة بغداد، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة بغداد، 182 صفحة.
- المرهج، زهير جاسم، 1979. هيدروكيميائية وجيوكيميائية والتلوث المحتمل لنهر دجلة، منطقة منجم كبريت المشراق، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة بغداد، 179 صفحة.
- صالح، وليد محمود، 2010. الاثار البيئية لتملح التربة (منطقة الدراسة ناحية اليوسفية) ، بحث مقدم للحصول على الدبلوم عالي، المعهد العالي للتخطيط الحضري والإقليمي للدراسات العليا، جامعة بغداد.
- عباوي، سعاد عبد وحسن، محمد سليمان، 1990. الهندسة العملية للبيئة، فحوصات الماء، دار الحرية للطباعة والنشر، 296 صفحة.
- النعمي، حازم جمعة محمود، 2010. هيدروكيميائية ونوعية المياه لمجموعة من الآبار المنتشرة في منطقة وانة شمال العراق. المجلة العراقية لعلوم الأرض، المجلد 10، العدد 2، ص 45-62.
- اليوزيكي، قتيبة توفيق والبناء، نبيل يوسف، 2008. التقييم النوعي للمياه الجوفية في آبار مختارة من منطقتي الطوافة والجوسق في الجانب الأيمن لمدينة الموصل. وقائع المؤتمر العلمي الدوري السادس لمركز بحوث السدود والموارد المائية، جامعة الموصل، تشرين الأول، 2008. صفحة 91-103.

المصادر الاجنبية

- Adekola, F. A. and Eletta, O. A. A., 2007. A study of heavy metal pollution of Asa River, Ilorin, Nigeria; trace metal monitoring and geochemistry. *Environ Monit Assess*, Vol. 125, pp.157–163.
- Al-Kattan, D. M. D., 1989. Trace element in Tigris River and their impact on drinking water. M. Sc. Thesis, College of Engineering, University of Mosul, 106 p.
- APHA, 1998. Standard method for the examination of water and wastewater. 18th ed. APHA, AWWA WDGE, United States of America.
- Anderson, R. R., Brown, R. G., and Rappleye, R. D., 1968. Water Quality and Plant Distribution along the Upper Patuxent River, Maryland. *Chesapeake Science*, Vol. 9, No. 3, pp. 145-156. Published on line by JSTOR.
- Bakac, M and Kumru, M. N., 2001. Factor analysis in the geochemical studies along the Gediz River, Turkey. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 249, No. 3, pp. 617–624.
- Chakrapani, G.J., 2005. Major and trace element geochemistry in upper Ganga River in the Himalaya, India. *Environ. Geol.* Vol.48, pp.189–201.
- Chen, K. Jiu J. Jiao, J. J., Huang, J. and Huang, R., 2007. Multivariate statistical evaluation of trace elements in groundwater in a coastal area in Shenzhen, China. *Environmental Pollution*, Vol. 147 pp.771-780.
- Danielsson, A., Cato, I., Carman, R., Rahm, L., 1999. Spatial clustering of metals in the sediments of the Skagerrak/Kattegat. *Applied Geochemistry*, Vol. 14, pp. 689-706.
- Gaillardet, J., Viers, J. and Dupre, B., 2004. Trace element in river water. In: Holland, H.D. and Turekian, K.K. (Eds.). *Treatise on Geochemistry, Surface and Ground Water, Weathering, and Soils*, Elsevier Pergamon, Amsterdam, Vol. 5, pp. 225-272.
- Ingri, J. Widerlund, A. and Land, M., 2005. Geochemistry of Major Elements in a Pristine Boreal River System; Hydrological Compartments and Flow Paths. *Aquatic Geochemistry*, Vol. 11, pp. 57–88.
- Konhauser, K. O., Powell, M. A., Fyfe, W. S. Longstaffe, F. J. S. Tripathy., 1995. Trace element chemistry of major rivers in Orissa State, India. *Environmental Geology*, Vol. 29, pp. 132-141.
- Kucuksezgin, F., Uluturhan, E., and Batki, H., 2008. Distribution of heavy metals in water, particulate matter and sediments of Gediz River (Eastern Aegean). *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol.141, pp. 213– 225.
- Moskovchenko, D. V., Babushkin, A. G. and Artamonova, G. N., 2009. Surface water quality assessment of the Vatinsky Egan River catchment, West Siberia. *Environ Monit Assess*, Vol. 148, pp. 359–368.
- Nicoll, K., 2009. Landscape development within a young collision zone: implications for post-Tethyan evolution of the Upper Tigris River system in southeastern Turkey. *International Geology Review*, Vol. 00, No. 0, pp. 1–19.
- Pittaluga, M.A. and Suvires, G. M., 2006. Chemical Composition and Water Quality of the Castano River Calingasta, San Juan Province, Argentina. *Multequina*, Vol. 15, pp. 17-26.

- Rabee, A. M., Abdul-Kareem, B. M. and Al-Dhamin, A. S., 2011. Seasonal Variations of Some Ecological Parameters in Tigris River Water at Baghdad Region, Iraq. *Journal of Water Resource and Protection*, Vol. 3, pp. 262-267.
- Sabater, F., Sabater, S. & Armengol, J., 1990. Chemical characteristics of a Mediterranean river as influenced by land use in the watershed. *Water Research*, Vol. 4(2), pp. 143-155.
- Sanayei, Y., Ismail, N., & Talebi, S. M., 2009. Determination of heavy metals in Zayandeh rood river, Isfahan- Iran. *World Applied Sciences Journal*, Vol. 6 pp. 1209–1214.
- Scobee, E. R. and Prophet, C. W., 1967. Chemical Conditions in the Cottonwood River during the 1965 summer. *Kansas Academy of Science*, Vol. 70, No. 3, pp. 371-378. Published on line by JSTOR.
- Souza, A. D. and Tundisi, J. G., 2000. HidroGeochemical Comparative Study of the Jau and Jacare-Guacu River Watersheds Sao Paulo, Brazil. *Rev. Brasil. Biol.*, Vol. 60(4), pp. 563-570.
- Sunday, S. K., Nayak, B. B., Kanungo, T. K. and Bhatta, D., 2012. Dynamics and quantification of dissolved heavy metals in the Mahanadi river estuarine system, India. *Environ Monit Assess*, Vol. 184, pp.1157–1179.