ISSN: 1994-4217 (Print) 2518-5586(online)

Journal of College of Education

Available online at: https://eduj.uowasit.edu.iq

Ali Hussein Salman

Dr. ABBAS FADIL ABED

University of Wasit/ College of Education for Human Sciences

Email: alialattabi95@gmail.com

Keywords:

Surface water, runoff, water quality

CC BY

Article info

Article history:

Received 4.Apr.2024

Accepted 4.Jun.2024

Published 10.May.2025

Spatial and statistical analysis of surface water in the valley Shor up basin, east of Wasit Governorate

ABSTRACT

This study focused on the most prominent physical and chemical characteristics of the Wadi Shur Ab basin in Wasit Governorate, using geographic information systems, and their role in pollution of the valley stream, which has an area of (474.6) km2. For the purpose of identifying the characteristics of surface water, temporally and spatially, (25) models of (10) Various locations on the basin's course. Chemical analyzes were conducted for the purpose of knowing the hydrochemical properties of the surface water present in the study area, which include positive and negative ions, as well as determining the hydrochemical formula of this water. In light of these data, the results of laboratory analysis showed that there is a spatial variation in surface water concentrations, and this variation is due to the increase in drainage rates and the abundance of suspended materials in the water resulting from rainwater, the sweeping of soil, and its arrival into the riverbed. The statistical methods used in this field are calculating the correlation coefficient. And the factor analysis (Factor analysis), the results of the correlation coefficient showed that no very strong inverse correlation was recorded from the elements, as well as a strong correlation between them for the water of the study area. As for the factor analysis, five factors were reduced and included about (91.01%) of the variance in the original variables, which is the percentage Very high indicates that the majority of the data that entered the analysis was included in the interpretation process.

© 2022 EDUJ, College of Education for Human Science, Wasit University

DOI: https://doi.org/10.31185/eduj.Vol59.Iss1.3891

التحليل المكاني والاحصائي للمياه السطحية في حوض وادي شور أب شرق محافظة واسط

الباحث: علي حسين سلمان مشكور أ.م.د. عباس فاضل عبيد القراغولي
جامعة واسط / كلية التربية للعلوم الانسانية

المستخلص

ركزت هذه الدراسة على ابرز الخصائص الفيزيائية والكيميائية، لحوض وادي شور آب في محافظة واسط باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، ودورها في تلوث مجرى الوادي والبالغة مساحته (474.6) كم^2، ولغرض التعرف على خصائص المياه السطحية زمانياً ومكانياً وتم جمع وتحليل (٢٥) نموذجاً من (١٠) مواضع متباينة على مجرى الحوض، وقد أُجريت التحاليل الكيميائية لغرض معرفة الخصائص الهيدروكيميائية للمياه السطحية الموجودة في منطقة الدراسة والتي تشمل الآيونات الموجبة والسالبة وكذلك تحديد الصيغة الهيدروكيميائية لهذه المياه. وفي ضوء هذه المعطيات أظهرت نتائج التحليل المختبري أن هناك تباين مكانياً لتراكيز المياه السطحية، ويرجع هذا التباين الى زيادة معدلات التصاريف وكثرة المواد العالقة في المياه والناتجة عن مياه الأمطار وجرف التربة ووصولها إلى مجرى النهر، اما الطرق الاحصائية المستخدمة في هذا المجال هي حساب معامل الارتباط والتحليل العاملي (Factor analysis)، فقد أظهرت نتائج معامل الارتباط انها لم تسجل من العناصر اي ارتباط عكسي قوي جدا وكذلك قوي فيما بينها لمياه منطقة الدراسة، اما التحليل العاملي فقد اختزلت خمسة عوامل وشملت حوالي (٩١,٠١%) من التباين في المتغيرات الأصلية وهي نسبة عالية جداً توضح أن غالبية البيانات التي دخلت التحليل قد ضُمنت في عملية التفسير.

الكلمات المفتاحية: المياه السطحية ، الجريان السطحي ، نوعية المياه

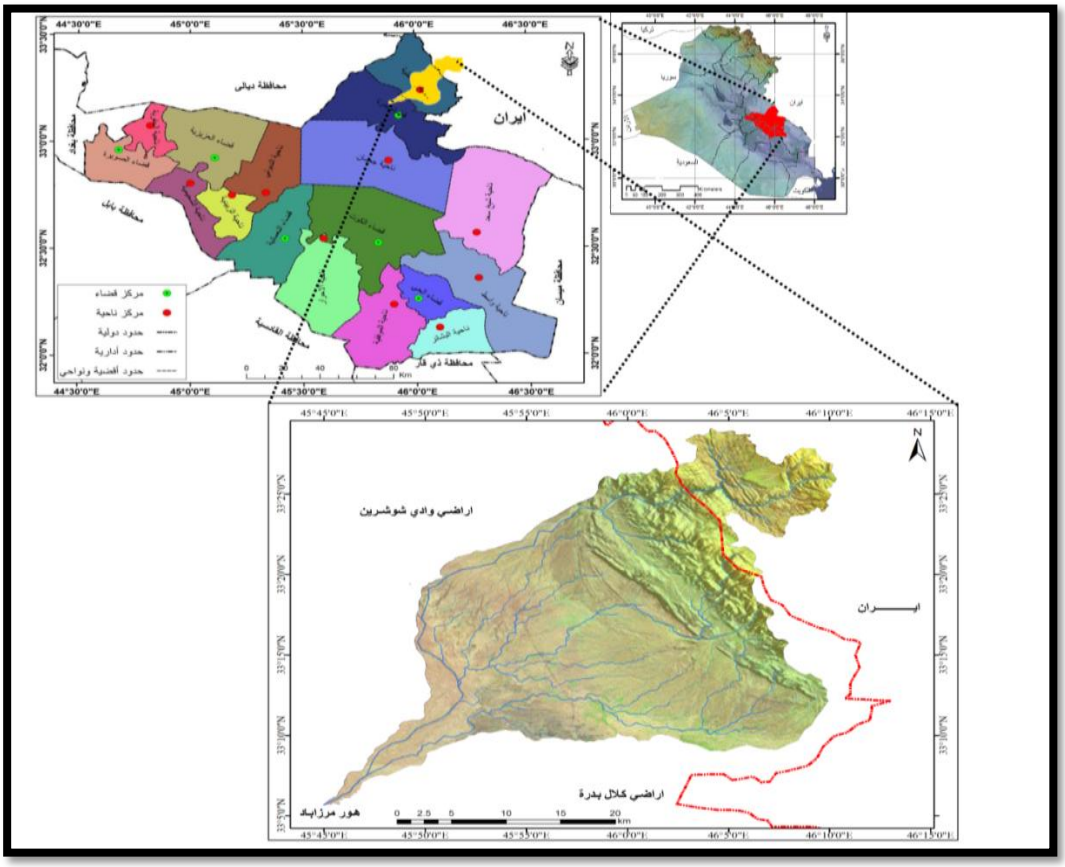
المقدمة:

الماء هبة من الله سبحانه وتعالى، يتكون منه كل شيء حي. وللماء القدرة على تنقية نفسه بنفسه مما يعلق به من شوائب، وبمساعدة العوامل البيئية الأخرى. هذا إذا كانت الشوائب ضمن قدرة المصدر المائي على تحملها ومعالجتها. أما إذا زادت عن حدها المقبول في ذلك المصدر المائي، فإن بوادر التردي في نوعية المياه، تبدأ بالظهور على ذلك المصدر المائي. فتلوث الماء ظاهرة أساسها النشاطات الإنسانية المتعددة فضلًا عن النشاطات الطبيعية التي تحدث مثل الزلازل والبراكين وغيرها، فالتطور الصناعي و الزراعي والمدني أسهم في إيجاد أزمة لتلوث المياه، فمياه بعض الأنهار أصبحت تستقبل آلاف الأمتار المكعبة من مياه الصرف الصحي غير المعالجة أو المعالجة والنفايات المنزلية والصناعية والصرف الزراعي والتي تحتوي على مواد شديدة السمية وأصبح مصير المياه الجوفية يواجه المصير نفسه في معظم مناطق العالم. وَيُعَدّ تلوث المياه المسؤول الرئيس في العديد من حالات الوفيات والأمراض في العالم وله أثر سلبي للثروة السمكية والزراعية.

موقع منطقة الدراسة The location of the study area:

تقع منطقة الدراسة **جغرافياً** ضمن الحدود الإدارية لمحافظة واسط، الواقعة وسط العراق بين خطي طول **(45°45¯10¯E)** **(46°10¯12¯E)**، ودائرتي عرض **(33°16¯24¯N)** **(33°49¯32¯ N)**، تقع ادارياً الى الجنوب الشرقي من محافظة بغداد، يحدها من الشرق الحدود الإيرانية من مدينة مهران، ومن الغرب محافظتي بابل والقادسية، ومن الجنوب الشرقي يحدها محافظة ميسان، وتقع محافظة ذي قار الى الجنوب الغربي منها، بينما تقع محافظة ديالى في شمالها الشرقي، خريطة (١).

خريطة (١) الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة بالنسبة لمحافظة واسط والعراق



المصدر: ١- الباحث باستخدام برنامج (نظم المعلومات الجغرافية) Arc map Gis V 10.8.

الخصائص النوعية للمياه السطحية Qualitative Properties of Surface Water :

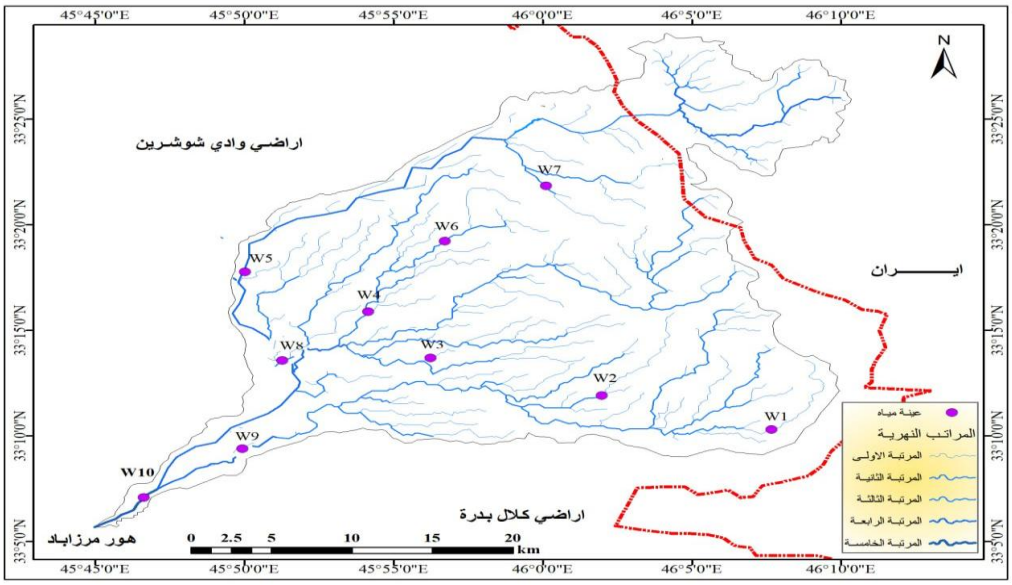
وهي تُمثل الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه وتدل على مدى صلاحيتها للاستخدامات المختلفة. تتفاوت نوعية المياه من مكان لآخر كما تتفاوت تبعاً للتغيرات الموسمية لكمية الجريان والتصريف المائي، والتي ستنحصر دراستنا عليهم لتأثيرهم الواضح في خصائص المياه زمانياً (الوقت) ومكانياً (الموقع) إذ تم اخذ عينات من المياه السطحية لمواقع مختلفة من الحوض كما في الجدول (١) والخريط (٢).

جدول (١) الاحداثيات الجغرافية والفلكية لعينات مياه حوض وادي شور أب

تسلسل العينة	الموقع الجغرافي Geographical Location	الموقع الفلكي Astronomical Location		الارتفاع (متر)
		خط الطول Longitude	دائرة العرض Latitude	
W1	زرباطية القديمة	46° 05¯ 41¯ E	33° 09¯ 34¯ N	126
W2	بداية الوادي	46° 03¯ 55¯ E	33° 09¯ 52¯ N	110
W3	قرب الجسر	46° 02¯ 53¯ E	33° 10¯ 12¯ N	95
W4	الوادي العميق	46° 03¯ 53¯ E	33° 10¯ 23¯ N	112
W5	قبل معمل الجص	46° 03¯ 11¯ E	33° 11¯ 39¯ N	116
W6	قرب معمل الجص	46° 02¯ 38¯ E	33° 13¯ 03¯ N	148
W7	الحدود الايرانية	46° 04¯ 11¯ E	33° 14¯ 17¯ N	178
W8	منطقة علي يثرب	45° 50¯ 55¯ E	33° 11¯ 10¯ N	34
W9	شارع مرزاباد	45° 49¯ 12¯ E	33° 11¯ 41¯ N	30
W10	نهاية الوادي	45° 45¯ 57¯ E	33° 07¯ 06¯ N	28

المصدر: الدراسة الميدانية ٢٠٢٣/٢/٣ واستخدام جهاز (GPS)

خريطة (٢) التوزيع الجغرافي لعينات المياه السطحية في منطقة الدراسة



المصدر : الدراسة الميدانية باستخدام جهاز (GPS) لتحديد مواقع العينات.

تحليل المكونات غير العناصرية للمياه: وتضم الخصائص الكيميائية للمياه كل من :

١- **درجة الحرارة (T) Temperature:** إن درجة الحرارة هي إحدى الخصائص الطبيعية التي توضح الكثير من المعلومات عن مصدر الماء وحالته، والتغيير في درجة الحرارة ربما كان لتغيرات موسمية أو يومية أو من حرارة الهواء وطاقة الاشعاع الشمسي، أو من جراء التخلص من المياه الساخنة أو نتيجة التخلص من الحمئة والفضلات الصناعية أو من المحطات الحرارية مما ينتج معه تلوث حراري، وتقاس درجة حرارة الماء بمحتوى الطاقة الحراري داخلياً حيث تم قياسها بواسطة المحرار الزئبقي (القريشي،٢٠٢٢، ص٩٣). يتبين لنا من الجدول (٣) والخريط (٣) إن هناك اختلاف طفيف في

درجات الحرارة في مياه حوض وادي شور أب، فقد تراوحت بين (17.5، 17.9) مْ، ويرجع الاختلاف الطفيف في درجة حرارة الماء إلى اختلاف وقت أخذ العينات، كما هنالك علاقة طردية فيما بين حرارة الهواء والماء إذ أن حرارة الماء تتبع التغيرات في درجة حرارة الهواء بسبب ضحالة المياه.

٢- **العكورة (NTU) Turbidity:** العكارة هي مقياس وضوح الماء، او قياس المواد العالقة التي تؤثر على مسار حزمة الضوء عبر الماء، يمكن أن يكون سبب تعكر المياه العوالق النباتية أو الرواسب من الطين والغرين العالق في الماء، فضلاً عن المواد العضوية واللاعضوية الدقيقة والهائمات، تنتج العوالق النباتية عادة اللون الأخضر في حين تعطي الرواسب ظلالاً من اللون البني (بنقتون، ستيش، ٢٠١٥، ص١٣١). تبين من الجدول (٣) والخريطة (٣) أن قيم العكورة في مياه الحوض يتباين مكانيا، فقد سجلت اعلى قيمة (2100)ملغم /لتر، واقل قيمة (2.22)ملغم/لتر، وقد اتضح انخفاض العكورة في العينة (W9) بسبب انخفاض التصريف المائي لذلك تميل أغلب مياه منطقة الدراسة إلى الركود تبعاً لطبيعة الانحدار في وادي شور أب، أما ارتفاع نسبة العكورة في العينة (W1) يعود الى زيادة معدلات التصاريف وكثرة المواد العالقة في المياه والناتجة عن مياه الأمطار وجرف التربة ووصولها إلى مجرى النهر.

٣- **الاس الهيدروجيني (PH):** واحد من أهم خواص المحلول التي يجب معرفتها، الرقم الهيدروجيني، وهو مقياس لحموضة المادة الطبيعية (PH <7.0) أو قلويتها (PH >7.0) إذ يوجد الماء النقي بصورة معتدلة لا حامضي، أو قاعدي، مع الرقم الهيدروجيني الذي يساوي (٧,٠) (بنقتون،ستيش، ٢٠١٥، ص١٢٧). وتُعد قيمة الاس الهيدروجيني (PH) مؤشر على نوعية المياه وملائمتها للاستهلاك البشري والزراعي والصناعي ففي حالة انخفاض قيمة (PH) عن (٧,٠) فهي تسبب التأكل في انابيب توزيع المياه مما يؤدي إلى تلوث مياه الشرب كالطعم واللون، وتكون درجة الحموضة في بعض الأحيان سامة للكائنات الحية المائية وتغيرِّ من الذوبان من الملوثات الكيمياوية الأخر (Dede and Mustafa, 2013, p48). ومن ملاحظة التحاليل المختبرية لقيم (PH) تبين إن أغلب العينات لمنطقة الدراسة قاعدية، باستثناء العينات (W1, W6) هي قيم حامضية لأنها أقل من الرقم المعتدل الذي يساوي (٧) فقد بلغت (6.67 ،6.73) ملغم/لتر على التوالي إما القيم الاخرى فكانت كلها قاعدية (قلوية) فقد سُجلت اعلى معدل للقاعدية عينة (W8) وبمقدار (8.15) ملغم/لتر، وإن احد الاسباب لارتفاع القاعدية لهذه العينات مرور المياه بالروافد والمجاري على الصخور الجبسية في المرتفعات الايرانية واغلب المرتفعات الشرقية لمحافظة واسط . ينظر الجدول (٣) والخريطة (٣).

٤- **المواد الصلبة الذائبة Total Dissolved Solids (TDS):** تعرف المواد الصلبة بأنها تلك المواد الكلية الذائبة في الماء ذوباناً حقيقياً تبقى مع الماء بعد عملية الترشيح والتجفيف، وتشمل المواد الصلبة الذائبة مجموع الايونات الموجبة والسالبة في المحاليل المتأنية وغير المتأينة ولا تتضمن المواد العالقة والغرويات والغازات الذائبة، وان ارتفاع كمية الأملاح الصلبة TDS تعد من أهم ملوثات المياه (الكربولي، ٢٠١٧، ص١٣٠). ويتضّح من الجدول(٣) والخريطة (٣)، أن قيمة المواد الصلبة المذابة الكلية (TDS) لعينات مياه وادي شور أب تراوحت، بين (١١٢٦٦،٣٨٦) ملغم/لتر ويعزى التباين في قيم (TDS)، إلى أن قيم المواد الصلبة الذائبة الكلية "تزداد عند زيادة كمية المياه في المجرى المائي بسبب زيادة التماس بالصخور.

وهناك خمسة مراتب لقياس كمية المواد المذابة بالملغم، فقد كانت منطقة الدراسة ضمن المرتبة المتوسطة والمرتفعة جداً كما مبين في جدول (٢).

جدول (٢) مراتب قياس كمية المواد المذابة في الماء

الفئة ملغم /لتر	النسبة
٠ – ٥٠	منخفضة جداً
٥٠ – ٢٥٠	منخفضة
٢٥٠ – ٨٠٠	متوسطة
٨٠٠ – ١٥٠٠	مرتفعة
اكثر من ١٥٠٠	مرتفعة جداً
المصدر: (القراغولي، ٢٠١٤).	

جدول (٣)

تراكيز العناصر الكيمياوية والفيزياوية (ملغم/لتر) للموارد المائية السطحية في حوض وادي شور أب

تسلسل العينة	المكونات غير العناصرية							الأيونات الموجبة الأساسية				الأيونات السالبة الأساسية						الأيونات الثانوية						
	T	NTU	pH	TDS	TH	Ec	ALK	Ca	Mg	Na	K	CO_3	HCO_3	SO4	Cl	NO3	PO4	Mn	Zn	Fe	Cd	Cu	Pb	B
W1	17.9	2100	6.73	3756	1903	5009	116	488	167	236	7.5	4	248	1683	286	27.17	21.88	1.87	2.71	2.72	1.19	2.50	1.48	1.93
W2	17.8	25.5	7.09	6050	3055	8079	130	637	430	250	11.25	4.4	290	2736	390	31.47	15.16	0.05	0.10	0.08	0.03	0.96	0.08	1.29
W3	17.7	4.22	7.15	11266	5663	15021	110	1181	661	1001	11.2	6.8	395	4463	1200	35.21	14.25	0.09	0.33	0.40	0.15	0.19	0.05	1.48
W4	17.8	6.04	7.51	5278	2669	7028	122	544	319	366	11.25	6	247	2561	386	26.21	5.39	0.19	0.62	0.72	0.31	1.47	0.65	0.74
W5	17.8	2.32	7.30	982	516	1512	160	119	53	126	13.12	4.1	211	415	74	16.3	22.5	0.24	0.75	0.80	0.42	1.66	0.68	0.81
W6	17.5	4.79	6.67	2884	1172	3046	112	356	69	239	13.75	4.9	310	952	221	26.69	4.28	0.76	1.14	1.28	0.81	2.41	1.12	1.91
W7	17.9	5.59	7.24	386	210	665	50	91	5	25	16.05	2.4	165	120	30	4.43	5.88	1.33	2.04	2.16	1.14	1.73	0.49	0.79
W8	17.9	9.67	8.15	1534	797	9045	116	219	61	203	12.5	4.3	205	590	199	8.69	21.55	2.24	2.91	2.96	1.87	1.98	1.32	1.32
W9	17.9	2.22	7.95	1052	551	1619	150	126	58	185	10	3.3	227	431	181	0.88	12.92	1.83	2.59	2.64	1.32	1.02	2.20	1.15
W10	17.9	3.34	7.35	5282	2671	7043	128	499	323	358	10.63	3.9	389	1699	483	31.35	11.92	2.13	3.54	3.68	1.98	2.94	2.72	1.73
WHO (PL)		5	6.5 - 8.5	100-500	< 35	400		75	30	< 20	10 – 12	0.05	١٢٥	10-50	200	< 25	0.4	0.1	٣	0.1-0.3	٠.٠٠١	0.05	٠.٠١	٠.٣
WHO (MCL)		< 25	< 9.5	< 1500	500	1250		200	150	<200	٢٠		٣٥٠	< 200	600	<50		0.5	3	٠.٣	٠.٠٠٥	1.3	٠.٠١	٠.٥
IRQ S1996-2011		5	6.5-8.5	1500	500	١٠٠٠		١٥٠	50	200	10		٥٠٠	250	250	40	0.4	0.1	0.05	0.3	٠.٠٠١	1.5	٠.٠١	0.5

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على قيم التحاليل للمياه في مختبر فدك المركزي للتحليلات، العتبة العلوية المقدسة، النجف الاشرف. و مختبر مديرية الموارد المائية في واسط

ملاحظة ١/ الأرقام الحمراء (MCL) تشير الى أعلى مستوى للتلوث، أما الارقام الزرقاء (PL) تشير الى الحد المسموح للتلوث، (ARQ) تشير الى المواصفات العراقية.

ملاحظة ٢/ جميع المؤشرات تُقاس بوحدة (ملغ/ لتر) عدا PH بدون وحدات .E بوحدة (ملكروسيمنز/ سم)، العكورة (NTU) (Nephelometric Turbidity Units) حيث ان كل (١NUT=2 mg).

٥- العسرة الكلية Total Hardness (TH): يعرف عسر الماء بعدم قابلية الماء لتكوين رغوة مع الصابون وعسر الماء تسببه أيونات العناصر الموجبة ثنائية التكافؤ، (Ca^{++}, Mg^{++} وبدرجة أقل Sr^{++}, Mn^{++}, Ba^{++}). وتكون هذه العناصر مرتبطة بكل من (HCO^{-}_{3}, $CO^{=}_{3}$, OH^{-}, $Po^{=}_{4}$) والتي تمثل القلوية وهي مفتاح عسر الماء، وتقع المشكلة في المنازل باستخدام هذه النوعية من الماء في السخانات أو الغلايات حيث يترسب كل من ($MgCO_3$) أو($CaCO_3$) داخل الغلايات والسخانات مما يقلل من فعالية السخانات ويزيد من استهلاك الكهرباء، كما يمكن ملاحظتها في غليان الماء المستخدم للشاي (العمران، وأخرون،٢٠١٦، ص٧٨). وبحسب تصنيف (Tood,2005) من خلال الجدول (٤) صنِّفت المياه الى أربعة أصناف بحسب العسرة الكلية.

جدول (٤) تقييم نوعية المياه بحسب العسرة الكلية

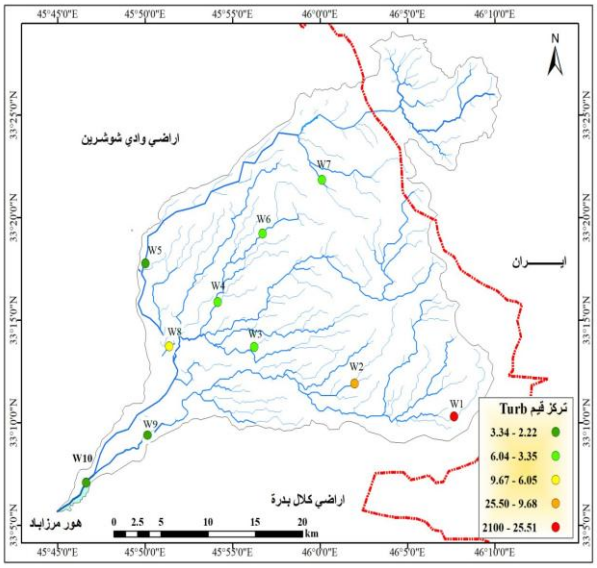
Total Hardness mg/L	المصطلحات	نوعية المياه
أقل من ٧٥	soft water	مياه يسرة
٧٥ – ١٥٠	Moderate H	مياه متوسطة العسرة
١٥٠ – ٣٠٠	Hard water	مياه عسرة
أكثر من ٣٠٠	Very high H	مياه عسرة جداً
المصدر: (Tood,2005,p636)		

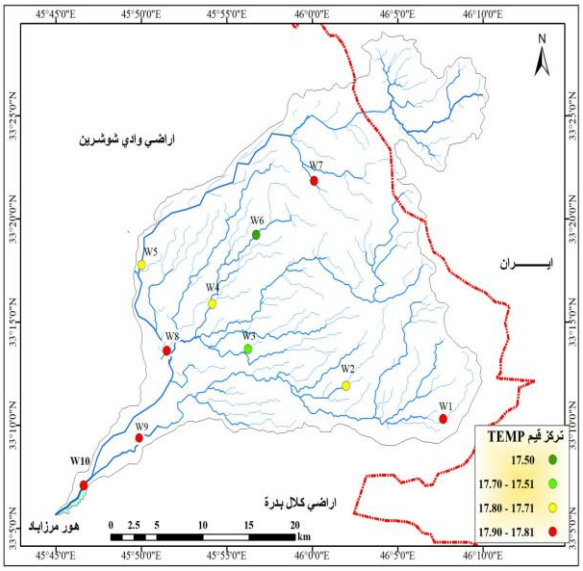
ومن خلال الجدول (٣) تراوحت قيم العسرة الكلية بين قيمة (٢١٠،5663) ملغم/لتر، وبحسب تصنيف (Tood) أن معظم عينات مياه حوض وادي شور أب جاءت ضمن صنف المياه عسرة جداً. وإن هذا التباين في قيم (TH) يعود الى الاختلاف في قيم ايونات الكالسيوم والصوديوم فإذا ارتفعت قيم هذين العنصرين ارتفعت العسرة وإذا انخفضا انخفضت العسرة ينظر الخريطة (٣).

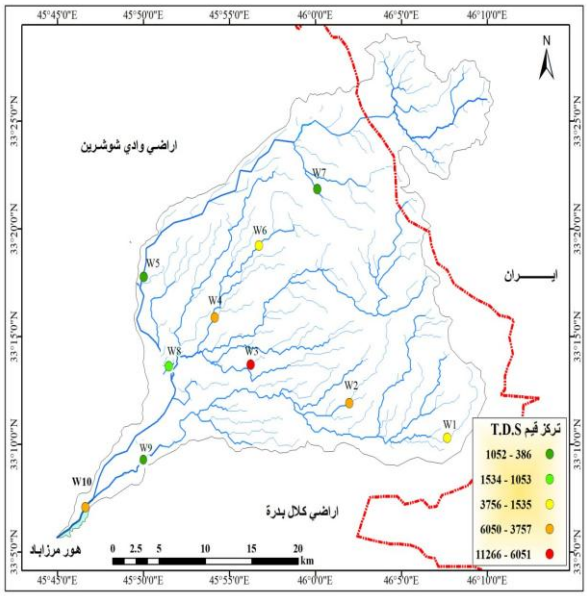
٦- **التوصيلة الكهربائية Electrical Conductivity (EC):** يقيس التوصيل الكهربائي قدرة المحلول على توصيل الكهرباء، ويقاس التوصيل الكهربائي عند درجة حرارة قياسية بحيث يمكن مقارنة القيم زمانياً (الوقت)، ومكانياً (الموقع)، عند درجة حرارة ٢٥°م (٧٧°ف)، ويعبر عنها بوحدات ميكروسمنز لكل سنتيمتر (mS/cm)، والماء النقي لا يقوم بالتوصيل الكهربائي (بنقتون،ستيش،٢٠١٥ص١٢٨). ويتضِح من جدول (٣) والخريطة (٣) أن قيم التوصيلية الكهربائية تراوحت تراكيزها بين (٦٦٥، ١٥٠٢١) مايكروسمنز/سم، وسبب هذا التباين الكبير يعود الى نوع التربة وكذلك الاختلاف في نوع العناصر فضلاً عن اعتماد التوصيلة الكهربائية على عدة متغيرات وهذه المتغيرات تتغير لكل موقع ومن هذه المتغيرات مجموع المواد الصلبة وتركيز الايونات وتكافئ الايونات ودرجة حرارة المياه.

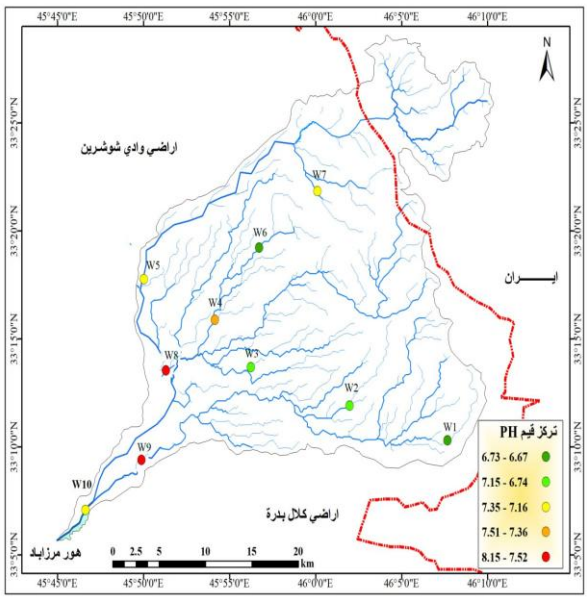
٧- **القاعدية الكلية Alkalinity (ALK. AS):** هي قدرة الماء للتفاعل مع الهيدروجين، أو هي قدرة المحلول لمعادلة الحامض، والقاعدية في المياه تتوقف على وجود الكاربونات والبيكاربونات وأيون الهايدروكسيد وتتأثر بدرجات الحرارة وتركيز بعض الأيونات الذائبة، علماً أن تركيز الكاربونات والبيكاربونات تدل على قاعدية المياه (الموسوي، ٢٠١٨، ص١٧٤). ويتضّح من الجدول (٣) والخريطة (٣)، ارتفاع قيم القاعدية في حوض منطقة الدراسة إذ سجلت معدلاتها بين (٥٠،١٦٠)ملغم/ لتر، إن ارتفاع قيم القلوية بشكل عام ناتج من تحلل المواد العضوية بسبب الحرارة والذي ينتج عنه تركيز عالٍ من ثاني أوكسيد الكربون، أما انخفاضها فهو بسبب استهلاك ثاني أوكسيد الكربون من قبل الطحالب أثناء عملية البناء الضوئي (الساعدي، ٢٠١٤،ص١٦٧).

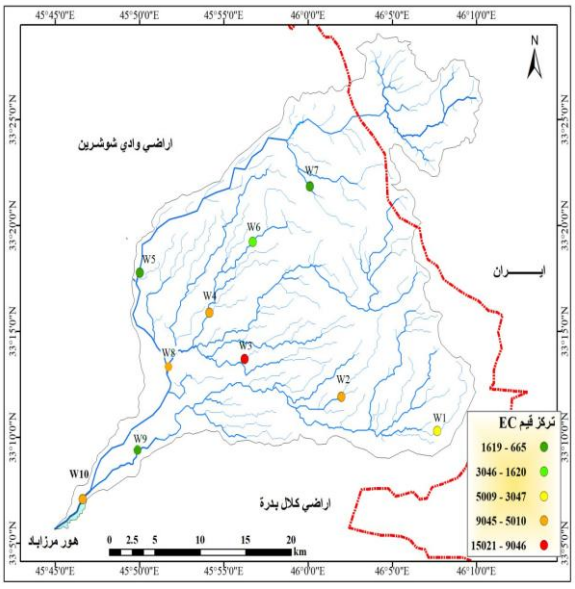
خريطة (٣) التوزيع الجغرافي للمكونات غير العناصرية لعينات المياه في منطقة الدراسة

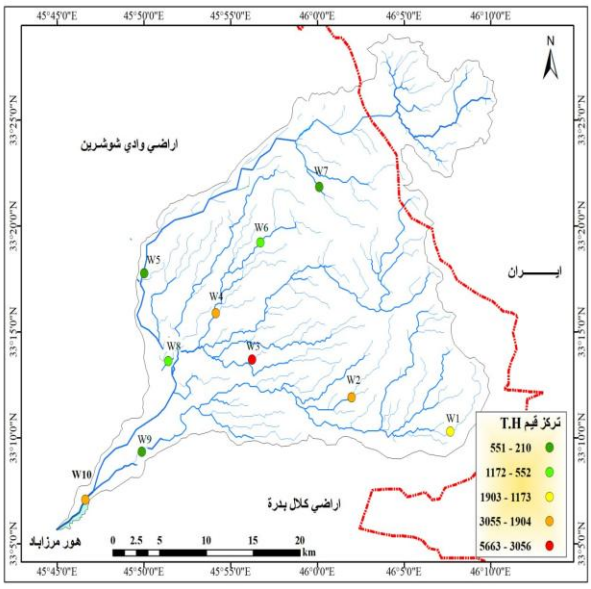


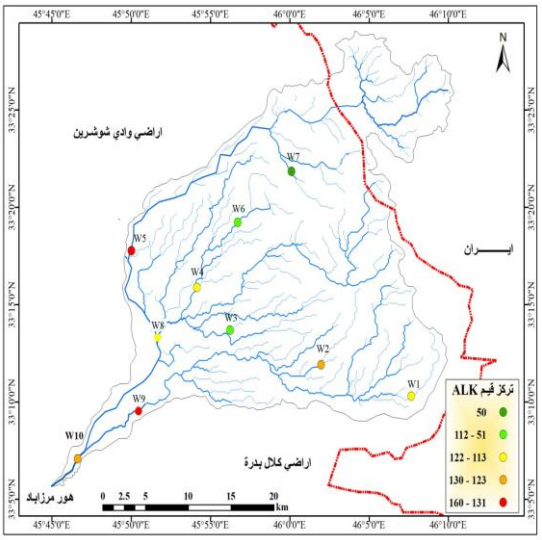












المصدر: ١- الباحث باستخدام برنامج (نظم المعلومات الجغرافية) Arc map Gis V 10.8.
٢- اعتماداً على بيانات الجدول (٣).

الايونات الموجبة الاساسية (Major Cations): وتتضمن كل من :

١- **أيون الكالسيوم (Calcium (Ca^{+2})**: يعد ايون الكالسيوم من اهم الايونات الموجبة الشحنة والمذابة في المياه وهو الاوسع انتشاراً بسبب تعدد مصادره خاصة الصخور الرسوبية الحاوية على معدن الكلسايت مثل الدولومايت والجبسم والانهيدرايت، كما يوجد في المياه الجوفية ومياه السقي والأمطار وفي محطات تصفية المياه (السعدي، ٢٠٠٤ ،ص٧١). يتبن من الجدول (٣) إن هناك تباين كبير بين مواقع عينات الوادي، فقد كانت اعلى قيمة هي (١١٨١)ملغم/لتر، وادنى قيمه له (91) ملغم/لتر، وتدرجت باقي القيم بين بين هذين المؤشرين. وأن سبب ارتفاع تراكيز أيون الكالسيوم في المياه يعود الى وجود عيون مياه الكبريت، وكذلك وجود طبقات من أحجار الكلس ضمن تربة الوادي، خريطة (٤).

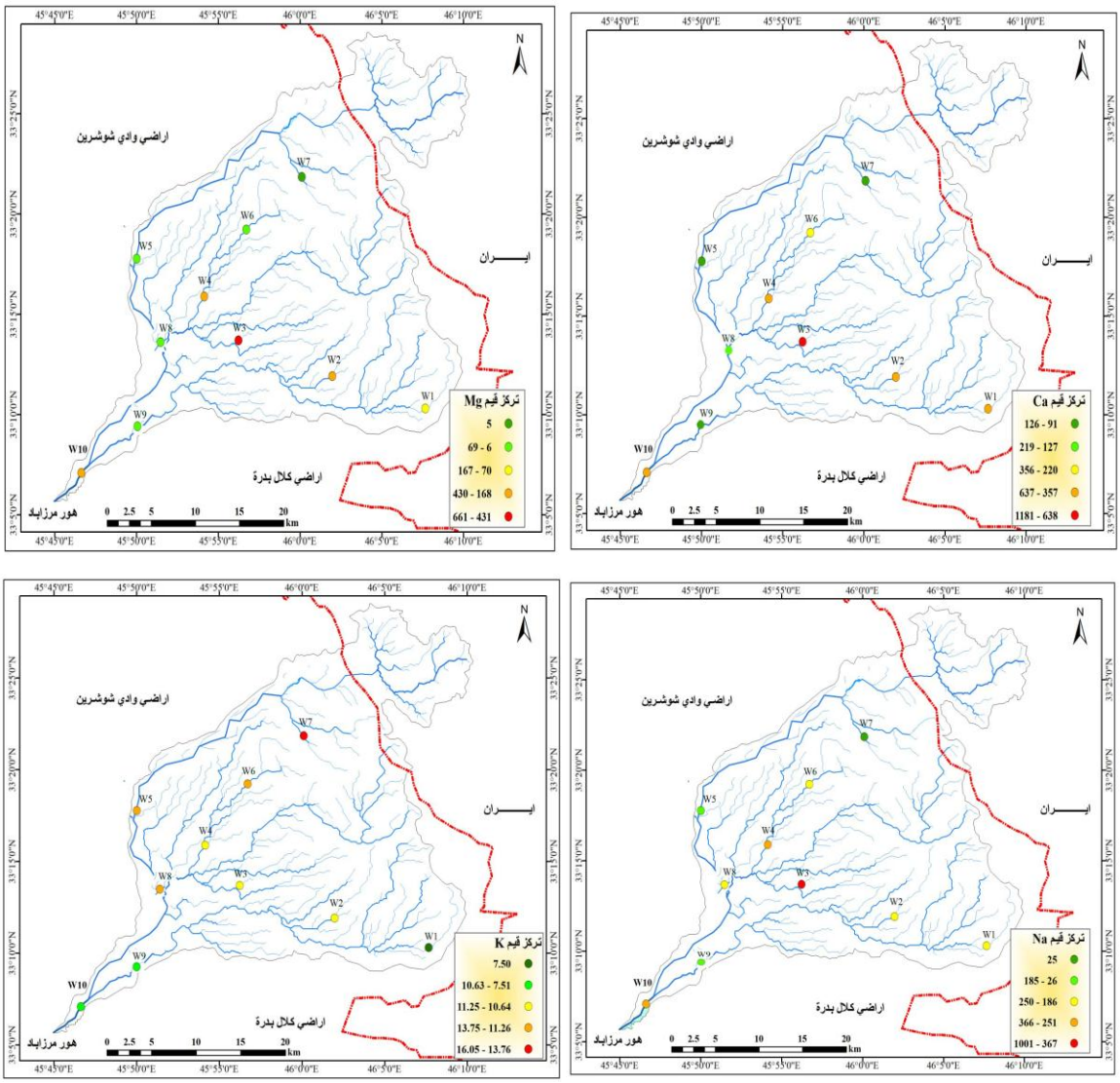
٢- **المغنسيوم (Magnesium (Mg^{+2})**: المغنيسيوم هو من العناصر الشائعة في المياه الطبيعية، جنبا إلى جنب مع عنصر الكالسيوم، ويتواجد على شكل أيون موجب ثنائي الشحنة (Mg^{+2})، إن مصدر المغنيسيوم في مياه الأنهار هو ذوبان الأيونات المكونة لبعض أنواع الصخور لاسيما الدولمايت والصخور الكربونية، فضلاً عن تقدم المياه البحرية واختلاطها بمياه الأنهار في المناطق الساحلية، وأن القيم الطبيعية للمغنسيوم في المياه الطبيعية تكون متباينة ما بين (١-٥٠) ملغم/لتر، والمعدل العالي للمغنسيوم في النهر يكون (٥-٦) ملغم/لتر (الاسدي، ٢٠١٢، ص٩٩-١٠٠). ومن خلال الجدول (٣) نجد تباينا في تراكيز المغنسيوم، إذ تذبذبت قيمته بين (٥، 661)ملغم/لتر. وكما نلاحظ إن معدلات تركيز المغنيسيوم اتخذت نفس سلوك أيوم الكالسيوم، حيث امتازت بالارتفاع والارتباط بمياه عيون الكبريت في الوادي والتي تنتشر في مناطق متعدد من الوادي ينظر الخريطة (٤).

٣- **الصوديوم (Sodium (Na^{+})**: الصوديوم ينتمي إلى المعادن المسماة بالمعادن القاعدية (Alkali Metals) والتي تشمل عنصر البوتاسيوم، والمعادن القاعدية لها سمات كيماوية واحدة، وهو الوحيد الموجود بكميات كبيرة في المياه، وتعد مياه البحار والمحيطات الأكثر إحتواءاً لأيون الصوديوم، ويعد الفلسبار المتوفر في الصخور النارية وبعض المعادن الطينية من مصادره الرئيسية (العمران، وآخرون،٢٠١٦، ص٤٣). أظهرت نتائج التحليل من خلال الجدول (٣) والخريطة (٤)، أن قيم الصوديوم (Na) في حوض وادي شور أب تراوحت ما بين أدنى قيمة (٢٥) ملغم/لتر، وأعلى قيمة (1001) ملغم/ لتر، ويعود هذا التباين الى كمية التدفق المائي وكذلك نوع التربة ومصدر المياه للوادي.

٤- **أيون البوتاسيوم (Potassium (K^{+})**: النشاط الكبير للبوتاسيوم يجعله يتفاعل مع الاكسجين في الماء أو الهواء إذ لا يوجد على شكله العنصري في الطبيعية، ويعود أصله من معدن الارثوكلاز (فلسبار البوتاسيوم) ومن الغرانيت ايضاً

والبوتاسيوم يدخل في تكوين العديد من العناصر مثل (السيلفيت، الكارناليت، الكاينيت، اللانغبانيت)، ويعد البوتاسيوم ثاني اقل الفلزات كثافة بعد الليثيوم. يمتاز أيون البوتاسيوم بانخفاض نسبته الإذابة في المياه على الرغم من وفرته في صخور القشرة الارضية ونادراً ما يتواجد بتراكيز عالية بالماء وتركيزه اقل من أيون الصوديوم. والسبب في ذلك مقاومته العالية لعوامل التجوية الكيميائية، ويتواجد ايون البوتاسيوم بكميات اكبر في الصخور الرسوبية وتقل تراكيزه في المياه السطحية (Collins,1975, p496). يتبن من الجدول (٣) إن هناك تباين كبير بين مواقع عينات الوادي، فقد كانت اعلى قيمة للبوتاسيوم هي (١٦,٠٥) ملغم/لتر، وادنى قيمه له (٧,٥) ملغم /لتر، وأن سبب التبيان يعود نوع التربة واختلاف مصادر المياه وكذلك كمية التدفق المائي للوادي، ينظر خريطة (٤).

خريطة (٤) التوزيع الجغرافي للأيونات الموجبة لعينات المياه في منطقة الدراسة



المصدر: ١- الباحث باستخدام برنامج (نظم المعلومات الجغرافية) Arc map Gis V 10.8.

٢- اعتماداً على بيانات الجدول (٣).

الأيونات السالبة الأساسية (Major Anions): وتضمنت الايونات التالية :

١- **الكاربونات Carbonate (CO_3^{-2}) والبيكاربونات Bicarbonate (HCO_3^-)**: ان ذوبان الصخور الكاربونية بفعل التجوية وثنائي أوكسيد الكاربون (CO_2) الموجود في الغلاف الجوي مع ماء المطر يعدان مصدراً أساسياً للكاربونات والبيكاربونات الموجودة في المياه، وتزداد كمية هذه الايونات إذا كانت المياه تحتوي على غاز ثنائي أوكسيد الكاربون وتركيز أيون الهيدروجين (pH)، الذي يساعد على تحويل الكاربونات إلى بيكربونات في الماء (داردكة،٢٠٠٦،ص٤٩٢).

ويمكن تحديد أيون الكاربونات و أيون البيكاربونات في المحاليل ذات الأس الهيدروجيني من خلال قيمة الـ (pH) فعندما تكون قيمة الـ (pH) أكبر من (٨,٣) يكون أيون الكاربونات، أما أذا كانت أقل من (٨,٣) يكون آيون البيكاربونات وهو سائداً في المياه وتتحول عندها الكاربونات جميعها إلى بيكاربونات (سدخان، ٢٠٠٧، ص١٧٩). يتضح من الجدول (٣) أن الكاربونات كانت نسبها عالية جدا إذ تراوحت بين (٦,٨٠، ٢,٤٠)، أما البيكاربونات فكانت نسبها قليلة إذ تراوحت بين (١٦٥،٣٩٥) ملغم/لتر، خريطة (٥).

٢- **الكبريتات (SO_4^{-2}) Sulfate:** الكبريتات هي النوع المذاب السائد وأكثر شكل مؤكسد للكبريت (S) وانتشارا في المياه الطبيعية، إذ توجد الكبريتات (So_4) بشكل طبيعي في البيئة، وعلى نطاق واسع في رواسب المتبخرات، وهناك مصدر هام آخر للكبريت في التربة والمياه هو ترسب الكبريتات من الغلاف الجوي من مصادر بركانية أو بشرية وتؤدي الثورات البركانية، واحتراق الوقود، وصهر الخام إلى انبعاث ثاني أوكسيد الكبريت (SO) الذي يتأكسد بسهولة إلى حامض الكبريتيك (HS)، وهو المركب الرئيسي لهباء الكبريتات في الغلاف الجوي (الجميلي، أحمد، ٢٠١٨، ص١٤٩). إن تراكيز الكبريتات تباينت في قيمها وتراوحت بين اعلى قيمة (٤٤٦٣)مغم/لتر، إلى ادنى قيمة لها (١٢٠)ملغم/لتر، وهذا الارتفاع العالي في قيم الكبريتات يعود إلى عيون الكبريت في الوادي فتزيد من تراكيز الكبريت في مياه الوادي. جدول (٣) والخريطة (٥).

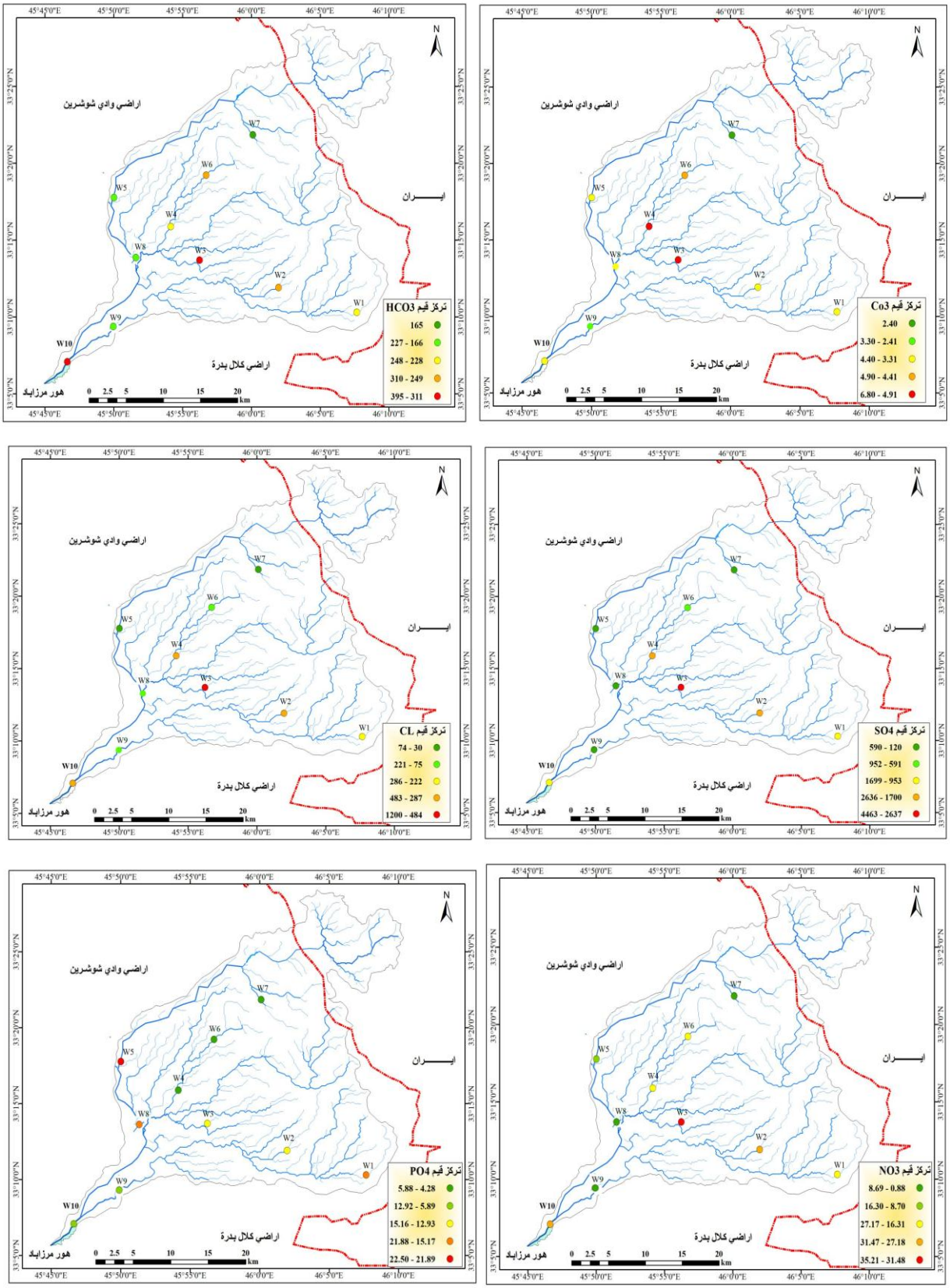
٣- **الكلوريدات (Cl^-) Chloride:** إن أيون الكلوريد أصله من عنصر الكلور الذي يعد من العناصر الحرة النادرة في الطبيعة، ويتواجد في المياه على شكل أيون سالب أحادي الشحنة(Hem, 1989, p30)، يتولد أيون الكلورايد في تكوينات الصخور الأرضية بنتاج التجوية وتكوينات التربة والمياه الجوفية والجداول والبحيرات، ويوجد أيضا في مياه المجاري المدنية والصناعية ومياه البزل، أو قد يضاف بشكل رئيس في مياه الشرب بغرض التعقيم للقضاء على الكائنات الحية الدقيقة والضارة (حياتي، ٢٠٢٢،ص١٨٠)، يبين الجدول (٣) والخارطة (٥) قيم أيون الكلورايد، حيث بلغ معدل تركزه بين (30 ،١٢٠٠) ملغم/لتر. ويرجع سبب الارتفاع في بعض المواقع الى تركيز الصوديوم بالمرتبة الاولى والكالسيوم والمغنيسيوم بالمرتبة الثانية لان سبب الملوحة ترجع الى هذه العناصر.

٤- **النترات (NO_3^-) Nitrates:** يعد أيون النترات هي إحدى أشكال النتروجين في المياه وهو عنصر مهم في الدورة البايوجيوكيميائية في الطبيعة التي يكون فيها النتروجين أما بشكل غاز (N_2) أو كأيون النترات أو كأيون الأمونيوم (NH_4^+)، وغاز النتروجين غاز خامل قليل الذوبان في الماء حيث يذوب منه (٠,٠١٨) غرام من (N_2) في كل لتر من الماء في درجة حرارة (٢٥°م) أما النترات والأمونيوم فهي أكثر أذابه في الماء بتحولهما إلى مركبات نتروجينية ذائبة وهما يعتمدان في عملية التحول على تفاعلات الأكسدة والاختزال في الماء (سدخان، ٢٠٠٧، ص١٨٣). تتكوَّن النترات في المياه من المصادر الطبيعية والبشرية على حد سواء، ومنها المصدر الطبيعي ناتج من تحلل المواد العضوية في الماء ولكن نسبتها تكون ضعيفة جداً، لكن النسبة العظمى للنترات توجد في المياه السطحية القادمة من استعمال الاسمدة والمبيدات ومياه الصرف الصحي (شبوط، ٢٠١٣، ص٨١). ومن خلال الجدول (٣) يبيِّن تراكيز النترات تراوحت بين (٠,٨٨،٣٥,٢١)ملغم/لتر، ينظر الخريطة (٥)، ويعزى سبب التباين إلى كمية مياه الصرف الزراعي والفضلات المطروحة، وتختلف تراكيزها باختلاف كثافة السكان والتنوع الزراعي وكذلك نوعية الأسمدة وطبيعة الصخور ونوع التربة (Bonya,2004,P27).

٥- **الفوسفات (PO_4^{+2}) Phosphate:** الصورة الهامة لعنصر الفسفور في الماء هو الفوسفات أي الصورة المؤكسدة لهذا العنصر (PO4). ومعرفة تركيز هذا العنصر في المياه الطبيعية له أهمية كبيرة؛ لأن توفره بكثرة في الماء يعمل على زيادة نمو الطحالب والنباتات المائية. كما أن نقص هذا العنصر في مياه الصرف الصحي أثناء المعالجة يؤدي على خفض كفاءة عملية المعالجة البيولوجية. والفسفور يحدث بشكل طبيعي في المياه السطحية من ترسيب الغلاف الجوي، والانحلال الطبيعي من المعادن والصخور، والتجوية من المواد غير العضوية القابلة للذوبان، والجريان السطحي، والترسيب، (العمران، وأخرون،٢٠١٦، ص٤١٤). ومن خلال الجدول (٣) يبيِّن تراكيز الفوسفات، التي تراوحت بين (٤,٢٨، 22.5) ملغم/لتر،

ويعزى سبب ارتفاع تراكيز الفوسفات في عينات مياه منطقة الدراسة إلى طبيعة التربة، فضلا عن مياه المبازل من الأراضي الزراعية، يلاحظ الخريطة (٥).

خريطة (٥) التوزيع الجغرافي للأيونات السالبة الأساسية لعينات المياه في منطقة الدراسة



المصدر: ١- الباحث باستخدام برنامج (نظم المعلومات الجغرافية) Arc map Gis V 10.8.

٢- اعتماداً على بيانات الجدول (٣).

الأيونات الثانوية (Minor Ions):

١- **المنغنيز (Mn^{+2}) Manganese** :المنغنيز هو فلز انتقالي وكيميائيته تشبه كيميائية الحديد، يمكن أن يتواجد المنغنيز في ثلاث حالات تأكسد (Mn^{+2}) (Mn^{+3}) (Mn^{+4}) في الكائنات الحية، و بسبب حالات تأكسده الثلاث يمكن للمنغنيز تشكيل مجموعة واسعة من اكاسيد مختلطة التكافؤ، إذ يوجد المنغنيز كمكون ثانوي في العديد من معادن الصخور النارية، مثل الاوليفين والبايروكسين والأمفيبول، وفي الحجر الجيري الرسوبي والدولومايت، اما المصادر البشرية للمنغنيز في مياه الانهار هو تصريف مياه المناجم الحامضي والنفايات السائلة الصناعية والمسطحات المائية المستقبلة للملوثات (الجميلي، احمد، ٢٠١٨،ص١٣٥). يبيّن الجدول (٣) والخريطة (٦) أن تراكيز المنغنيز بعينات مياه الوادي تراوحت ما بين (٠,٠٥ ، ٢,٢٤)ملغم/لتر، وتعود القيم الواطئة للمنغنيز الذائب إلى امتلاكه قوى امتصاص عالية مما تمكنه من الترسيب في قاع المجاري المائية (جبريل، ٢٠٠٦،ص٧٥)، أما الزيادة الملحوظة في بعض العينات تعود الى زيادة عنصر الحديد، كذلك الاختلاف في خصائص التربة.

٢- **الزنك (zn^{+2}) Zinc** : يُعد الزنك من المعادن الثقيلة ويوجد في الطبيعة بتراكيز واطئة ويبلغ معدل تركيزه في القشرة الأرضية حوالي (٧٥) ملغم/لتر، حيث يدخل في التركيب البلوري لبعض المعادن الكبريتيدية أو يكون على شكل معدن كاربوناتي، أو يكون ممتزا على أسطح المعادن الطينية، ويعد الزنك من العناصر المهمة للإنسان ولكن إذا ازداد تركيزه عن احتياجات الجسم فان يؤدي إلى أعراض مرضية منها ضعف النمو وفي التراكيز العالية يؤدي إلى التقيؤ والإسهال كما يؤثر على أداء الكبد والكلية (السنجري،واخرون،٢٠٠٨،ص٤٤). ويستخدم الزنك بشكل واسع في المنتجات المحلية مثل منتجات العناية بالبشرة (مستحضرات التجميل، كريمات الطفل، الشامبو). لقد تبين من الجدول (٣) تباين قليل في القيم الضئيلة لأيون الزنك بين مواقع العينات فقد تراوحت بين (٠,١٠،٣,٥٤)ملغم/لتر. ويعزى سبب ارتفاع تراكيزه إلى وجود العديد من المبازل الزراعية، وكذلك مياه الصرف الصناعي والصرف الصحي، التي تصب في الحوض ينظر الخريطة (٦).

٣- **الحديد (Fe^{+2}) Iron** :الحديد هو فلز انتقالي، والعنصر الثاني اكثر وفرة في القشرة الخارجية للأرض بعد الالمنيوم، يتواجد بكميات كبيرة نسبيا في مجموعة واسعة من المعادن الصخرية النارية، بما في ذلك معادن (البايروكسين، الأمفيبول، البايوتايت، الماغنتايت، والاوليفين)، ومع ذلك فإن تراكيز الحديد في المياه الطبيعية قليلة عموما في أنظمة المياه الطبيعية (الجميلي،واحمد،٢٠١٨،ص١٣١)، ويرجع السبب في انخفاض تركيزه في المياه إلى سهولة أكسدته في المياه المعرضة للجو مباشرة (نسيم،٢٠٠٧). ويبّين الجدول (٣) والخريطة (٦)، تراكيز الحديد في مياه الحوض، تراوحت تراكيزها ما بين (٠,٠٨،٣,٦٨)ملغم/لتر. أن تباين تراكيزه في المياه إلى الاختلاف في خصائص التربة التي تمر من خلالها المياه فتغير في تراكيز العناصر الكيميائية بحسب خصائص التربة لأن الحديد يتشكل في الترسبات الأرضية، وكذلك كمية وسرعه التدفق المائي التي تقوم بحمل ايونات الحديد وخلطها مع المياه.

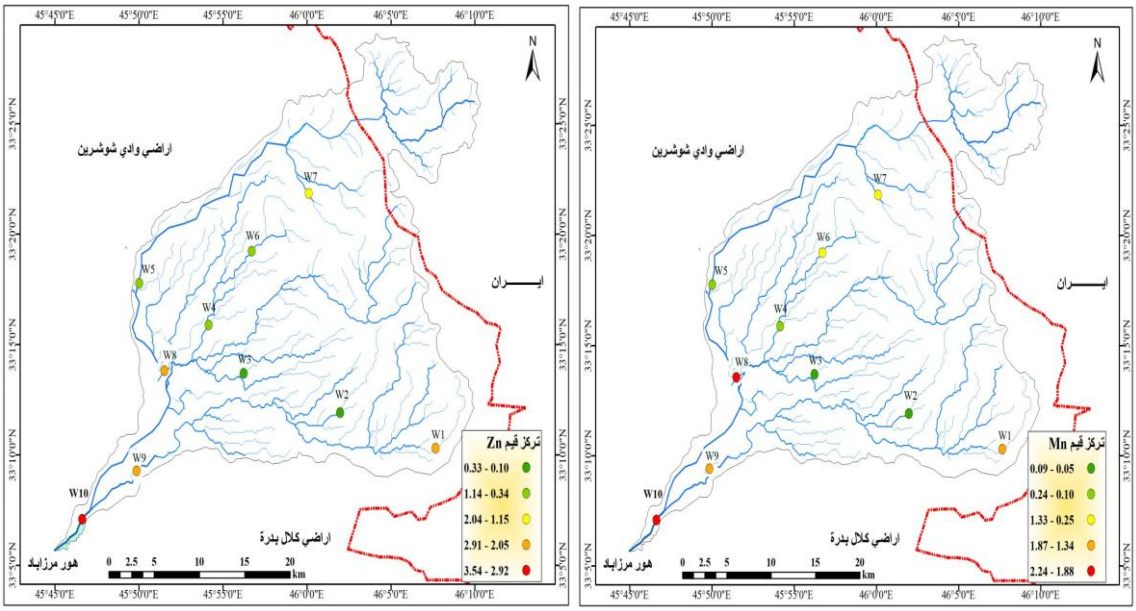
٤- **الكادميوم (Cd^{+2}) Cadmium**: يعد الكادميوم من العناصر القلية الانتشار في الطبيعة، ويكون عنصر الكادميوم طبيعياً كأحد مكونات المعادن في القشرة الأرضية بمتوسط تركيز يبلغ نحو (٠,١٨) جزءاً في المليون، وفي المياه الطبيعية يصل تركيزه إلى أقل من (٠,١) ملغم/لتر، إلا أنه في البيئات المتأثرة بالنشاطات البشرية، قد يصل تركيز الكادميوم في المياه الطبيعية إلى عدة ميكرو غرامات في اللتر الواحد. وتتمثل المصادر الرئيسية للكادميوم بفعل النشاط البشري الصناعي في مصانع تنقية الزنك، وعمليات حرق الفحم الحجري، ونفايات التعدين ومصانع الحديد والصلب ومصانع الأصباغ، والمفاعلات النووية، والمخصبات الزراعية والمبيدات الحشرية. (الحايك،٢٠١٧، ص١٢٣-١٢٤). يتضح من الجدول (٣) والخريطة (٦) تباين تراكيز الكادميوم لعينات مياه منطقة الدراسة فكانت ما بين (٠,٠٣، ١,٩٨) ملغم/لتر. ويعزى سبب ارتفاع تراكيز الكادميوم في المياه السطحية لمنطقة الدراسة إلى وجود العديد من المبازل الزراعية وخاصتا في نهاية الوادي، وكذلك مياه الصرف الصحي التي تصب في حوض منطقة الدراسة.

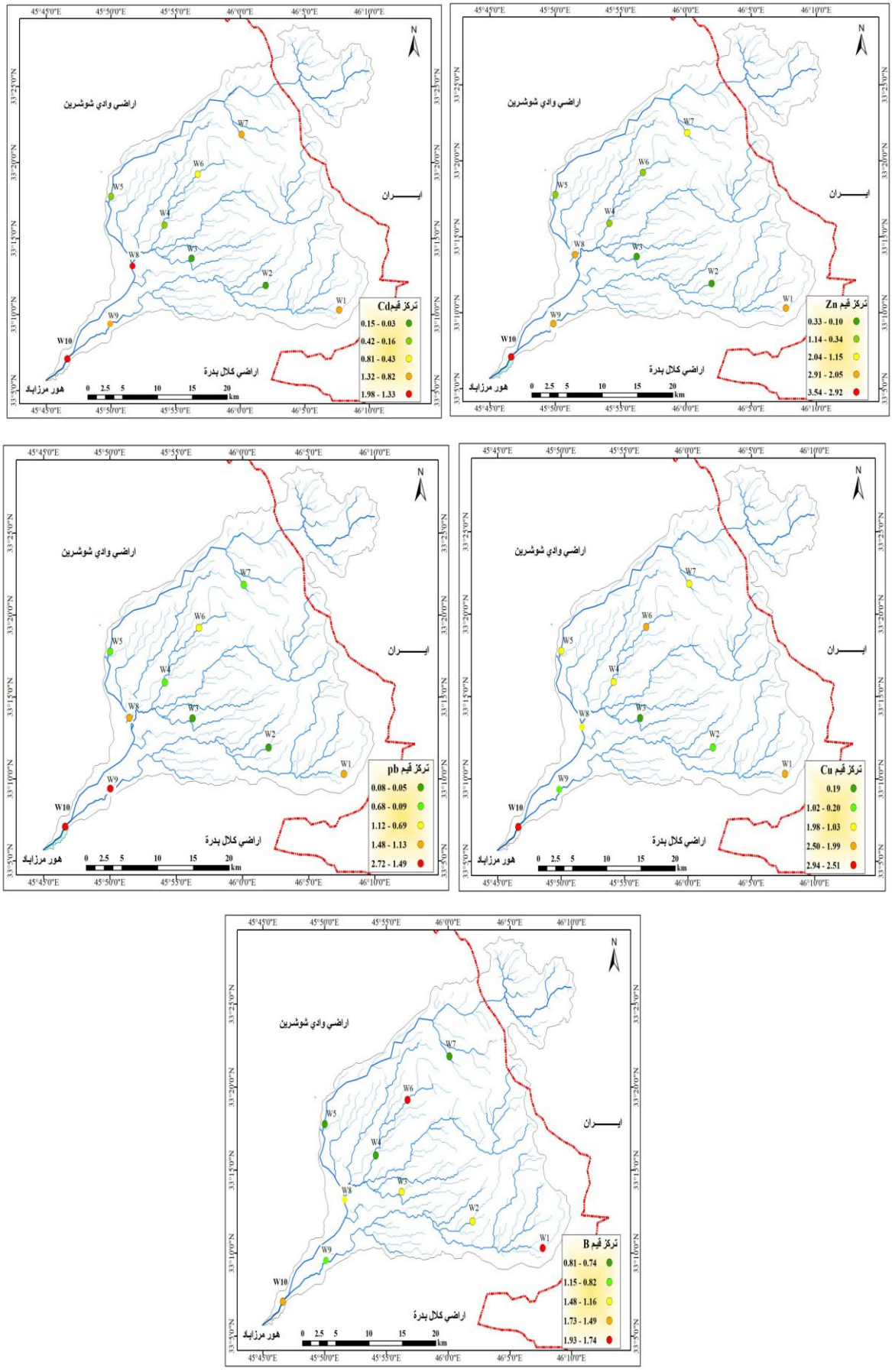
٥- **النحاس (Copper (Cu^{+2})** : يتواجد النحاس في صخور قشرة الأرض كفلز طبيعي حر أو في حالات الاكسدة كأكسيد النحاس والنحاس الخام او على شكل كبريتات، وغالباً ما يدخل في المياه على شكل أملاح ذائبة (الزبيدي، ٢٠١٨، ص١١٤)، ومن خلال ملاحظة الجدول (٣) والخريطة (٦) إن قيم ايون النحاس قد تراوحت بين (٠,١٩، ٢,٩٤) ملغم/لتر، ويعد ارتفاع تراكيز النحاس في هذا الوادي إلى تعدد عيون الكبريت في مجرى الوادي التي تزيد من تراكيز العديد من العناصر الكيميائية ومنها النحاس.

٦- **الرصاص (Lead (Pb^{+2})** : الرصاص معدن ثقيل لونه رمادي مائل إلى الزرقة مع نقطة انصهار منخفضة، سُمية الرصاص من الدرجة الأولى (القريشي،٢٠٢٣،ص١٣٩) يوجد الرصاص (Lead) في الطبيعة في بعض المعادن الكبريتيدية والكاربوناتية مثل معدن الـ (Caleena)(PbS) ومعدن الـ ($PbCO_3$) وغيرها، واهم مصادره غير الطبيعية تتمثل بالنفايات الصناعية، خاصة صناعة البطاريات والأصباغ، والمبيدات ومياه الصرف الصحي والتعدين (السنجري، واخرون، ٢٠٠٨، ص٤٥)، ان تراكيز الرصاص لعينات مياه وادي شور أب تراوحت بين (٠,٠٥، 2.72) ملغم/لتر كما مبين في الجدول(٣) والخريطة (٦). وارتفاع تراكيز الرصاص يعود إلى عناصر التربة، فضلا عن وجود عيون الكبريت التي تطرح كميات مختلفة من المعادن مما زادت تراكيزه ضمن مياه الوادي.

٧- **البورون (Boron (B^{-3})** : يوجد البورون بكميات صغيرة جداً في المياه الطبيعية، وعادة يحدد في المناطق الجافة وشبه الجافة مدى استخدام المياه في الري، حيث يحتاجه النبات بكميات قليلة جداً وإذا وجد بكميات أكبر من احتياجات النبات يصبح ساماً لبعض المحاصيل، وإن كمية بمقدار (٠,٢) ملغم/لتر من البورون في ماء الري ضرورية بينما (٢,١) تكون سامة، والمياه السطحية عادة لا تحتوي تراكيز مرتفعة من البورون بينما قد نجد المياه الجوفية هي التي تحتوي على تراكيز مرتفعة لا سيما في الطبقات الصخرية التي تحتوي على الصخور النارية أو غيرها من الطبقات التي تحتوي على البورون، وكذلك التربة التي تحتوي على بورات والبورسليكات (Dede, and Mustafa,2013)، ومشاكل السمية للبورون مصدرها دائما ماء الري وليس التربة نتيجة لإدخال النفايات الصناعية واستخدام حامض البوريك وأملاحه في مركبات التنظيف (Bartram and Richard,1996,p135)، ومن خلال الجدول (٣) والخريطة (٦)، فان تراكيز البورون في مياه الوادي تباينت في قيمها، إذ تراوحت بين (٠,٧٤، ١,٩٣)ملغم/لتر، وان هذا التباين يعود إلى الاختلاف في خصائص التربة للوادي، فضلا عن التنوع في مصادر مياه الوادي والزيادة في كمية الاملاح الذائبة (TDS).

خريطة (٦) التوزيع الجغرافي للأيونات الثانوية لعينات المياه في منطقة الدراسة





المصدر: ١- الباحث باستخدام برنامج (نظم المعلومات الجغرافية) Arc map Gis V 10.8.

٢- اعتماداً على بيانات الجدول (٣).

المؤشرات الاحصائية للمياه السطحية:

إن الهدف من استخدام الجغرافية للأساليب الإحصائية هو الوصول إلى أربعة أهداف هي، الوصف والاستنتاج وقياس الأهمية أو المعنوية والإسقاط أو التنبؤ بحدوث الظاهرة في المستقبل استنادا" إلى ماضيها أو وضعها الراهن وفي ظل ظروف محددة، وبشكل عام يعرف الإحصاء بأنه مجموعة من الإجراءات الرياضية المستعملة لتنظيم البيانات وتلخيصها وتفسيرها وتحليلها للوصول إلى قرار سليم (العتبي،الهيتي،٢٠١١،ص١٣١). واستخدمت في الدراسة الحالية تقنيات عدة لتحليل وتفسير وتقييم ملائمة المياه لأغراض الشرب والري لاحقاً، وذلك بالاستعانة بالأشكال البيانية والمخططات ذات العلاقة. اذ أُستخدم مخطط بابيلوت (Biplot) ومخطط سكري (Scree plot) لتصنيف المياه، وأُستخدم التحليل الاحصائي (PCA) المتمثل بالانحراف المعياري، معامل الارتباط، معامل التحديد فضلاً عن استخدام التحليل العاملي (Factor analysis) لاختزال البيانات في عوامل محددة وبيان مواقع تركزها جغرافياً وعلاقتها بالترب والصخور التي تتواجد فيها، فضلاً عن العوامل المناخية ذات العلاقة.

١- الانحراف المعياري Standard Deviation:

إن هذا المقياس يعد من أهم مقاييس التشتت وأكثرها شيوعاً واستعمالاً؛ لدقته وقابليته للعمليات الجبرية فضلاً عن انه يدخل في حساب كثير من المقاييس الإحصائية الأخرى، ويستخدم الانحراف المعياري لتفادي العيوب التي يعاني منها التباين ومدى التبعثر الاحصائي، والانحراف المعياري هو الجذر التربيعي الموجب لمتوسط مربعات انحرافات القيم عن وسطها الحسابي، ويرمز له بالحرف الاغريقي الصغير (**Ó**)، ويتم حساب الانحراف المعياري باستخدام المعادلة الاتية: (العتبي، الطائي، ٢٠١٢، ص١١٥).

$$Ó = \sqrt{\frac{\sum(xi+\mu)^2}{N}}$$

حيث أن:

Ó= الانحراف المعياري، xi=القيم المشمولة في الدراسة، μ=المتوسط الحسابي للقيم،N= عدد القيم.

تم حساب لانحراف المعياري للمياه السطحية بتطبيق المُعادلة واستخدام برنامج XLSTAT، حيث نجد ان أعلى قيم مُتباعدة او المتطرفة سُجلت في قيمة التوصيلية الكهربائية E.C بقيمة (٤٤٠٠,١١٩)، يليها T.D.S بقيمة (٣٣٠٤,٦٤٦)، يليها العسرة الكلية T.H بقيمة (١٦٦٧,١٢٢)، أما أدنى قيمة سُجلت في درجة الحرارة بقيمة (٠,١٢٩). لتقارب القيم بينها. جدول (٥). شكل (١).

جدول (٥) معامل الانحراف المعياري للمياه السطحية في منطقة الدراسة

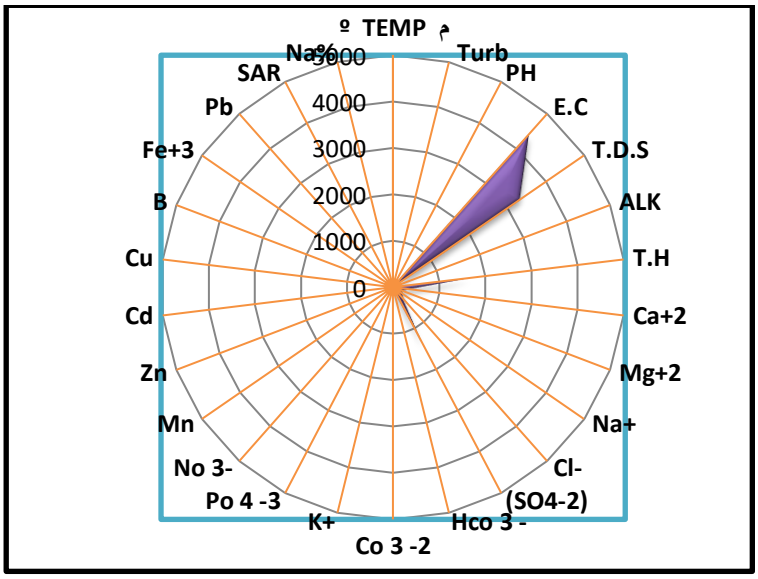
العناصر (ملغ/لتر)	ادنى قيمة	اعلى قيمة	المعدل	مُعامل الانحراف المعياري (Ó)
م° TEMP	17.500	17.900	17.810	0.129
NTU	2.100	25.500	6.579	7.034
PH	6.670	8.150	7.314	0.469
E.C	665.000	15021.000	5806.700	4400.119
T.D.S	386.000	11266.000	3847.000	3304.646
ALK	50.000	160.000	119.400	29.364
T.H	210.000	5663.000	1920.700	1667.122
Ca^{+2}	91.000	1181.000	426.000	330.297
Mg^{+2}	5.000	661.000	214.600	213.424
Na^{+}	25.000	1001.000	298.900	266.242
Cl^{-}	30.000	1200.000	345.000	332.250
(SO_4^{-2})	120.000	4463.000	1565.000	1366.927
Hco_3^{-}	2.400	6.800	4.410	1.260
Co_3^{-2}	165.000	395.000	268.700	77.001
K^{+}	7.500	16.050	11.725	2.312
Po_4^{-3}	4.280	22.500	13.573	6.920
No_3^{-}	0.880	35.210	20.840	12.333
Mn	0.050	2.240	1.073	0.903
Zn	0.100	3.540	1.673	1.229
Cd	0.030	1.980	0.922	0.693
Cu	0.190	2.940	1.686	0.824
B	0.740	1.930	1.315	0.450
Fe^{+3}	0.080	3.680	1.744	1.242
Pb	0.050	2.720	1.079	0.877
SAR	0.690	5.790	2.887	1.300
Na%	13.890	41.571	26.684	8.696

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على ١- بيانات الجدول (٣) ٢- وتطبيق مُعادلة معامل الانحراف المعياري $Ó=\sqrt{\frac{\sum(xi+\mu)^2}{N}}$

٣- واستخدام برنامج XLSTAT

شكل (١)

معامل الانحراف المعياري للمياه السطحية في منطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على بيانات جدول (٥).

٢- معامل الارتباط (ارتباط بيرسون) Correlation Coefficient :

يعد معامل ارتباط بيرسون من أكثر الطرق وافضلها استخداماً لقياس درجة الارتباط بين ظاهرتين جغرافيتين، وهو يصف قوة العلاقة بين المتغيرات المتعددة في تفسير بعضها، لتحديد مدى تأثير هذه المتغيرات بعضها ببعض ليحدد بذلك او ليصف العلاقة (الترابطية) بين المتغيرات، لذا فالارتباط هو وصف درجة تأثير احد المتغيرين بالأخر وبيان مدى العلاقة الواقعة بين هذين المتغيرين، والمقياس الاساس لهذه العلاقة يدعى معامل الارتباط (Correlation Coefficient) وهو مقياس كمي لقياس قوة هذه العلاقة، ومعامل ارتباط بيرسون الخطي البسيط (r) يقيس اتجاه وقوة العلاقة بين متغيرين فقط، وتتراوح قيمة معامل الارتباط بين (+١) ارتباط موجب تام و(صفر) لا يوجد ارتباط إلى (−١) ارتباط سالب تام كما موضح في جدول (٤−٣)، فالارتباط يكون موجباً اذا ما كانت قيمة معامل الارتباط فوق الصفر، ويزداد الارتباط قوة كلما اقتربت قيمة معامل الارتباط من (١)، ويكون الارتباط سالباً اذا ما كانت قيمة معامل الارتباط دون الصفر واكثر قوة عكسية كلما اقترب من (−١)، يتم حساب معامل ارتباط بيرسون الخطي من خلال المعادلة الاتية (الجبوري، ٢٠١٧، ١٦٠):

$$r=\frac{n\sum xy-\sum x\sum y}{\sqrt{[n\sum x2]-[n\sum y-(\sum y)2]}}$$

من خلال بيانات الجدول (١−٦)، والجدول (١−٧) للمياه السطحية في حوض وادي شور أب نجد الآتي:

- لم يُسجل اي من العناصر اي ارتباط عكسي قوي جدا وكذلك قوي فيما بينها لمياه منطقة الدراسة.
- E.C لديه ارتباط طردي قوي مع كل من (T.D.S ، Na+، TH، SO_4^{-2}، Ca^{+2}، Mg^+، Cl−، Co_3^{-2}، SAR)
- T.D.S لديه ارتباط طردي قوي جداً مع كل من (SO_4^{-2} ، Ca^{+2}، Mg^+، Na^+، TH، Cl). وتباينت باقي العناصر فيما بينها، كما في الجدول (٨) يُبين ذلك. والشكل (٢).

جدول (٦) درجات قوة معامل الارتباط

ارتباط موجب					ارتباط سالب				
قوي جداً	قوي	متوسط	ضعيف	ضعيف جداً	ضعيف جداً	ضعيف	متوسط	قوي	قوي جداً
١	٠,٩	٠,٧	٠,٥	٠,٣	٠	-٠,٣	-٠,٥	-٠,٧	-٠,٩	-١
ارتباط طردي تام					لا يوجد ارتباط			ارتباط عكسي تام		

المصدر: (العتبي، الطائي، ٢٠١٢، ص١١٥).

جدول (٧) معامل ارتباط بيرسون للمياه السطحية لعينات حوض وادي شور أب

Variables	TEMP	NTU	PH	E.C	T.D.S	ALK	T.H	Ca	Mg	Na	CL	SO4	Co3	HCO3	K	PO_4	NO_3	Mn	Zn	Cd	Cu	B	Fe	Pb	SAR	Na%
TEMP	1	-0.028	0.542	-0.129	-0.307	-0.016	-0.257	-0.327	-0.190	-0.328	-0.267	-0.276	-0.549	-0.403	-0.280	0.41	-0.445	0.570	0.588	0.498	0.112	-0.308	0.568	0.367	-0.341	-0.077
NTU	-0.028	1	-0.012	0.276	0.199	-0.014	0.203	0.194	0.310	-0.072	0.028	0.268	0.047	0.016	0.076	0.03	0.226	-0.339	-0.416	-0.365	-0.292	-0.081	-0.434	-0.456	-0.266	-0.496
PH	0.542	-0.012	1	0.053	-0.295	0.225	-0.265	-0.338	-0.206	-0.128	-0.158	-0.281	-0.154	-0.342	0.045	0.19	-0.621	0.378	0.342	0.409	-0.205	-0.482	0.335	0.289	0.131	0.541
E.C	-0.129	0.276	0.053	1	0.871	0.015	0.877	0.875	0.856	0.858	0.881	0.855	0.766	0.651	-0.312	0.17	0.620	-0.225	-0.247	-0.220	-0.404	0.265	-0.252	-0.284	0.714	-0.146
T.D.S	-0.307	0.199	-0.295	0.871	1	0.027	0.998	0.993	0.979	0.926	0.960	0.984	0.801	0.819	-0.359	-0.06	0.819	-0.461	-0.435	-0.465	-0.444	0.301	-0.434	-0.333	0.689	-0.319
ALK	-0.016	-0.014	0.225	0.015	0.027	1	0.033	-0.015	0.075	0.043	0.014	0.042	0.205	0.176	-0.508	0.47	0.123	-0.116	-0.091	-0.116	-0.078	0.039	-0.106	0.296	0.331	0.527
T.H	-0.257	0.203	-0.265	0.877	0.998	0.033	1	0.990	0.986	0.923	0.960	0.986	0.788	0.803	-0.374	-0.03	0.804	-0.451	-0.423	-0.458	-0.458	0.273	-0.423	-0.331	0.682	-0.324
Ca	-0.327	0.194	-0.338	0.875	0.993	-0.015	0.990	1	0.959	0.924	0.955	0.982	0.806	0.787	-0.372	-0.03	0.815	-0.452	-0.439	-0.474	-0.443	0.342	-0.439	-0.369	0.683	-0.326
Mg	-0.190	0.310	-0.206	0.856	0.979	0.075	0.986	0.959	1	0.872	0.924	0.977	0.738	0.771	-0.356	-0.02	0.777	-0.488	-0.457	-0.492	-0.506	0.178	-0.459	-0.351	0.616	-0.366
Na	-0.328	-0.072	-0.128	0.858	0.926	0.043	0.923	0.924	0.872	1	0.987	0.885	0.826	0.766	-0.289	-0.02	0.627	-0.366	-0.348	-0.359	-0.512	0.258	-0.343	-0.264	0.878	-0.004
CL	-0.267	0.028	-0.158	0.881	0.960	0.014	0.960	0.955	0.924	0.987	1	0.918	0.774	0.804	-0.320	-0.01	0.672	-0.346	-0.326	-0.346	-0.498	0.292	-0.323	-0.256	0.818	-0.117
SO4	-0.276	0.268	-0.281	0.855	0.984	0.042	0.986	0.982	0.977	0.885	0.918	1	0.820	0.721	-0.390	-0.04	0.800	-0.532	-0.516	-0.558	-0.508	0.210	-0.518	-0.420	0.635	-0.361
Co3	-0.549	0.047	-0.154	0.766	0.801	0.205	0.788	0.806	0.738	0.826	0.774	0.820	1	0.589	-0.230	-0.07	0.683	-0.585	-0.582	-0.552	-0.418	0.138	-0.576	-0.410	0.773	0.025
HCO3	-0.403	0.016	-0.342	0.651	0.819	0.176	0.803	0.787	0.771	0.766	0.804	0.721	0.589	1	-0.333	-0.13	0.804	-0.181	-0.119	-0.118	-0.052	0.593	-0.108	0.117	0.663	-0.130
K	-0.280	0.076	0.045	-0.312	-0.359	-0.508	-0.374	-0.372	-0.356	-0.289	-0.320	-0.390	-0.230	-0.333	1	-0.43	-0.366	-0.223	-0.230	-0.077	-0.034	-0.463	-0.206	-0.386	-0.356	-0.051
PO_4	0.418	0.034	0.195	0.170	-0.063	0.473	-0.035	-0.034	-0.029	-0.021	-0.015	-0.048	-0.076	-0.137	-0.436	1	-0.045	0.216	0.182	0.133	-0.004	0.120	0.149	0.066	0.086	0.251
NO_3	-0.445	0.226	-0.621	0.620	0.819	0.123	0.804	0.815	0.777	0.627	0.672	0.800	0.683	0.804	-0.366	-0.04	1	-0.450	-0.394	-0.422	0.014	0.499	-0.391	-0.221	0.388	-0.481
Mn	0.570	-0.339	0.378	-0.225	-0.461	-0.116	-0.451	-0.452	-0.488	-0.366	-0.346	-0.532	-0.585	-0.181	-0.223	0.21	-0.450	1	0.984	0.969	0.601	0.350	0.980	0.809	-0.167	0.264
Zn	0.588	-0.416	0.342	-0.247	-0.435	-0.091	-0.423	-0.439	-0.457	-0.348	-0.326	-0.516	-0.582	-0.119	-0.230	0.18	-0.394	0.984	1	0.975	0.656	0.331	0.999	0.860	-0.167	0.231
Cd	0.498	-0.365	0.409	-0.220	-0.465	-0.116	-0.458	-0.474	-0.492	-0.359	-0.346	-0.558	-0.552	-0.118	-0.077	0.13	-0.422	0.969	0.975	1	0.668	0.307	0.979	0.829	-0.152	0.285
Cu	0.112	-0.292	-0.205	-0.404	-0.444	-0.078	-0.458	-0.443	-0.506	-0.512	-0.498	-0.508	-0.418	-0.052	-0.034	-0.00	0.014	0.601	0.656	0.668	1	0.435	0.666	0.628	-0.427	-0.089
B	-0.308	-0.081	-0.482	0.265	0.301	0.039	0.273	0.342	0.178	0.258	0.292	0.210	0.138	0.593	-0.463	0.12	0.499	0.350	0.331	0.307	0.435	1	0.329	0.389	0.291	-0.027
Fe	0.568	-0.434	0.335	-0.252	-0.434	-0.106	-0.423	-0.439	-0.459	-0.343	-0.323	-0.518	-0.576	-0.108	-0.206	0.14	-0.391	0.980	0.999	0.979	0.666	0.329	1	0.864	-0.163	0.231
Pb	0.367	-0.456	0.289	-0.284	-0.333	0.296	-0.331	-0.369	-0.351	-0.264	-0.256	-0.420	-0.410	0.117	-0.386	0.06	-0.221	0.809	0.860	0.829	0.628	0.389	0.864	1	0.016	0.394
SAR	-0.341	-0.266	0.131	0.714	0.689	0.331	0.682	0.683	0.616	0.878	0.818	0.635	0.773	0.663	-0.356	0.08	0.388	-0.167	-0.167	-0.152	-0.427	0.291	-0.163	0.016	1	0.454
Na%	-0.077	-0.496	0.541	-0.146	-0.319	0.527	-0.324	-0.326	-0.366	-0.004	-0.117	-0.361	0.025	-0.130	-0.051	0.25	-0.481	0.264	0.231	0.285	-0.089	-0.027	0.231	0.394	0.454	1

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على ١- بيانات الجدول (٣). ٢- وعلى معادلة بيرسون

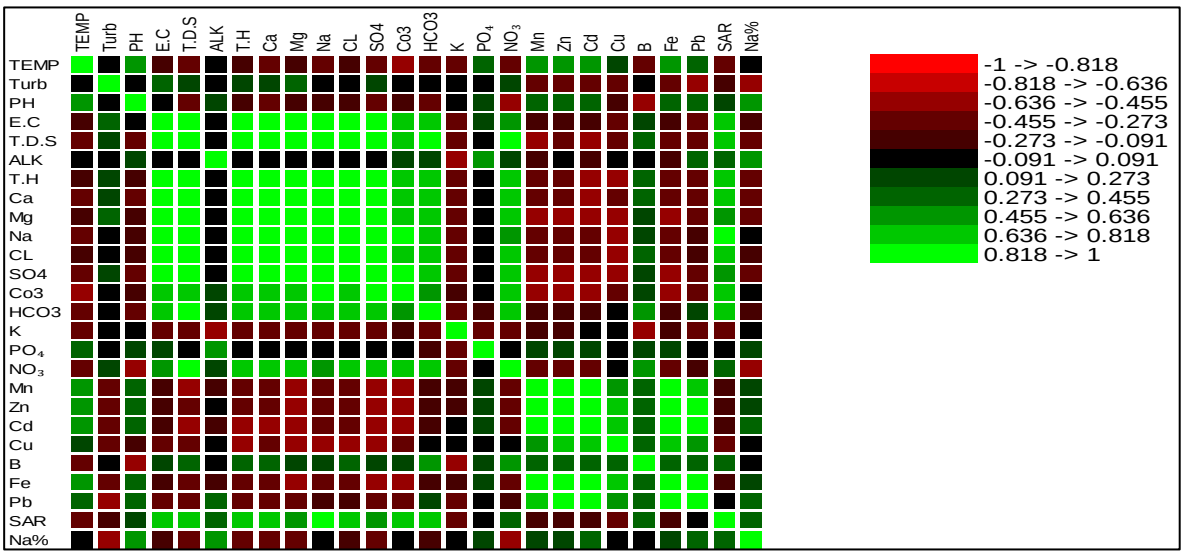
$$r = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n\sum x2] - [n\sum y - (\sum y)2]}}$$

جدول (٨) مدى ارتباط العناصر للمياه السطحية في حوض وادي شور أب

العنصر	ارتباط طردي قوي جداً	ارتباط طردي قوي
E.C		TH, Na+ , T.D.S, Mg^{+}, Ca^{+2}, (SO_4^{-2}), SAR, Co_3^{-2} ,Cl-
T.D.S	TH, Na+ , Mg^{+}, Ca^{+2}, (SO_4^{-2}), Cl-	, E.C, Co_3^{-2} HCO_3
TH	T.D.S ,Na+ , Mg^{+}, Ca^{+2}, (SO_4^{-2}), Cl-	E.C , Co_3^{-2}, No_3^{-},HCO_3
Ca^{+2}	T.D.S, TH, Mg^{+}, Ca^{+2}, (SO_4^{-2}), Cl-	E.C , Co_3^{-2} , No_3^{-}, HCO_3
Mg^{+2}	T.D.S, TH, Ca^{+2}, (SO_4^{-2}), Cl-	E.C , Na^{+}, Co_3^{-2} HCO_3, No_3^{-},
Na^{+}	T.D.S, TH, Ca^{+2}, Cl-	E.C , Mg^{+2}, (SO_4^{-2}), SAR, Co_3^{-2} HCO_3,
Cl^{-}	T.D.S, TH, Ca^{+2}, Mg^{+2}, Na^{+} (SO_4^{-2}),	E.C , Co_3^{-2} HCO_3, SAR
(SO_4^{-2})	T.D.S, TH, Ca^{+2}, Mg^{+2} , Cl-	HCO_3, No_3^{-}, E.C , Na^{+}, Co_3^{-2}
Co_3^{-2}		E.C , T.D.S, TH, Ca^{+2}, Mg^{+2}, Na^{+},, Cl- , (SO_4^{-2}), SAR
Hco_3^{-}		T.D.S, TH, Ca^{+2}, Mg^{+2}, Na^{+},, Cl- , (SO_4^{-2}), No_3^{-}
No_3^{-}		TH, Ca^{+2}, Mg^{+2},
Mn	Zn, Cd , Fe	Pb
Zn	Mn , Cd, Fe	Pb
Cd	Mn , Zn , Fe	Pb
Fe	Mn , Zn , Cd	Pb
Pb		Mn , Zn , Cd
SAR		Na^{+}, Cl- , Co_3^{-2}

المصدر: : من عمل الباحث اعتمادا على بيانات الجدول (٧). ومُقارنتها مع بيانات الجدول (٦).

شكل (٢) معامل ارتباط بيرسون للمياه السطحية لعينات حوض وادي شور أب



المصدر: من عمل الباحث اعتمادا على ١- بيانات الجدول (٧). ٢- و بتطبيق برنامج XLSTAT .

٣- معامل التحديد (التفسير) Determination Coefficient :

يمثل معامل التفسير (R2) نسبة التباين في المتغير التابع الذي يمكن التنبؤ به من خلال المتغير أو (المتغيرات) المستقلة، يستخدم في النماذج الإحصائية التي يكون هدفها الرئيس التنبؤ بالنتائج المستقبلية، هو مقياس لتقدير دقة معامل الانحدار ويرمز له R2 وذلك لأنه يساوي مربع معامل الارتباط البسيط ويأخذ هذا المعامل قيم بين(٠ -١)، وكلما اقتربت قيمة معامل التحديد من واحد فان ذلك يدل على قلة قيمة الخطأ العشوائي. مثال ذلك لو كانت قيمة معامل التحديد لمتغيرين تساوي (٠,٨٦) فهذا يفسر (يدل) على أن معادلة الانحدار تفسر(٨٦%) من التغير الحاصل في المتغير التابع y حدثت بسبب التغير الحاصل في المتغير المستقل x والباقي من التغير البالغ (١٤%) حدث بسبب عوامل أخرى غير المتغير المستقل x. وفي حالة تعذر استخدام دالة غير خطية لتلائم البيانات (العناصر) عندئذ نحصل على قيم السالبة لمعامل التحديد. ويمكن حسابه وفقا للمعادلة الاتية (شحادة، ٢٠٠٢، ٣٨٣).

$$^2 = SSR/SSTR$$

حيث ان:

R^2 = معامل التحديد (التفسير). SSR= مجموع مربعات التحديد. SST = مجموع المربعات الكلية.

وتم حساب معامل التحديد للمياه السطحية في حوض وادي شور أب ، حيث نلاحظ ان قيمة معامل التحديد اقتربت الى قيمة الواحد (0.998) بين (Zn, Fe)، بمعنى آخر النسبة المئوية للعلاقة بين المُتغيرين بلغت (٩٩,٨%)، أما النسبة المئوية (٠,٢%) للعناصر المُتبقية التي تشترك في تغيير الحاصل في قيمة العنصر وبشكل تنازلي، وهذا يدل على قلة قيمة الخطأ العشوائي، فضلاً عن تأثر القيمتين مع بعضهما البعض بشكل تام، في حين نلاحظ عدم تأثر قيمة العكورة (NTU) بالعناصر بشكل كبير وذلك لأن العكورة تتأثر بسرعة حركة الجريان السطحي للمياه، فضلا عن وجود الهائمات النباتية في المياه. حيث ان أعلى قيمة سُجلت لمعامل التحديد مع (Na%) بقيمة (٠,٢٤٦)، أما قيمة الدالة الحامضية فقد تأثرت بقيمة النترات (NO_3) بقيمة (٣٨,٦%). وتفاوتت العناصر فيما بينها البعض بالبعض الاخر. أما نسبة امتزاز الصوديوم (SAR) فقد تأثرت بقيمة أيون الصوديوم (Na^+) بنسبة (٧٧%). كما في الجدولين (٩) و (١٠). والشكل (٣).

جدول (٩) معامل التحديد R^2 للمياه السطحية لعينات حوض وادي شور أب

Variables	TEMP	NTU	PH	E.C	T.D.S	ALK	T.H	Ca	Mg	Na	Cl	SO4	Co3	HCO3	K	PO_4	NO_3	Mn	Zn	Cd	Cu	B	Fe	Pb	SAR	Na%
TEMP	1	0.001	0.294	0.017	0.094	0.000	0.066	0.107	0.036	0.107	0.072	0.076	0.301	0.163	0.078	0.175	0.198	0.325	0.346	0.248	0.012	0.095	0.323	0.134	0.116	0.006
NTU	0.001	1	0.000	0.076	0.039	0.000	0.041	0.038	0.096	0.005	0.001	0.072	0.002	0.000	0.006	0.001	0.051	0.115	0.173	0.133	0.085	0.007	0.188	0.208	0.071	0.246
PH	0.294	0.000	1	0.003	0.087	0.051	0.070	0.114	0.042	0.016	0.025	0.079	0.024	0.117	0.002	0.038	0.386	0.143	0.117	0.167	0.042	0.233	0.113	0.084	0.017	0.292
E.C	0.017	0.076	0.003	1	0.758	0.000	0.769	0.765	0.733	0.736	0.776	0.732	0.587	0.424	0.097	0.029	0.385	0.051	0.061	0.048	0.163	0.070	0.064	0.081	0.511	0.021
T.D.S	0.094	0.039	0.087	0.758	1	0.001	0.997	0.987	0.959	0.857	0.922	0.968	0.642	0.671	0.129	0.004	0.670	0.213	0.189	0.216	0.197	0.091	0.188	0.111	0.475	0.102
ALK	0.000	0.000	0.051	0.000	0.001	1	0.001	0.000	0.006	0.002	0.000	0.002	0.042	0.031	0.258	0.224	0.015	0.013	0.008	0.014	0.006	0.002	0.011	0.088	0.110	0.278
T.H	0.066	0.041	0.070	0.769	0.997	0.001	1	0.980	0.972	0.852	0.922	0.971	0.621	0.644	0.140	0.001	0.646	0.203	0.179	0.210	0.210	0.074	0.179	0.109	0.466	0.105
Ca	0.107	0.038	0.114	0.765	0.987	0.000	0.980	1	0.920	0.853	0.912	0.965	0.649	0.619	0.138	0.001	0.664	0.204	0.193	0.224	0.196	0.117	0.193	0.137	0.467	0.106
Mg	0.036	0.096	0.042	0.733	0.959	0.006	0.972	0.920	1	0.760	0.853	0.954	0.544	0.595	0.127	0.001	0.604	0.238	0.209	0.242	0.256	0.032	0.211	0.123	0.379	0.134
Na	0.107	0.005	0.016	0.736	0.857	0.002	0.852	0.853	0.760	1	0.975	0.783	0.682	0.587	0.084	0.000	0.393	0.134	0.121	0.129	0.262	0.067	0.117	0.069	0.770	0.000
Cl	0.072	0.001	0.025	0.776	0.922	0.000	0.922	0.912	0.853	0.975	1	0.844	0.599	0.647	0.103	0.000	0.452	0.120	0.106	0.120	0.248	0.085	0.104	0.065	0.668	0.014
SO4	0.076	0.072	0.079	0.732	0.968	0.002	0.971	0.965	0.954	0.783	0.844	1	0.672	0.520	0.152	0.002	0.640	0.283	0.266	0.312	0.258	0.044	0.269	0.177	0.404	0.130
Co3	0.301	0.002	0.024	0.587	0.642	0.042	0.621	0.649	0.544	0.682	0.599	0.672	1	0.347	0.053	0.006	0.467	0.342	0.339	0.305	0.175	0.019	0.332	0.168	0.598	0.001
HCO3	0.163	0.000	0.117	0.424	0.671	0.031	0.644	0.619	0.595	0.587	0.647	0.520	0.347	1	0.111	0.019	0.646	0.033	0.014	0.014	0.003	0.351	0.012	0.014	0.440	0.017
K	0.078	0.006	0.002	0.097	0.129	0.258	0.140	0.138	0.127	0.084	0.103	0.152	0.053	0.111	1	0.190	0.134	0.050	0.053	0.006	0.001	0.215	0.042	0.149	0.127	0.003
PO_4	0.175	0.001	0.038	0.029	0.004	0.224	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.002	0.006	0.019	0.190	1	0.002	0.046	0.033	0.018	0.000	0.014	0.022	0.004	0.007	0.063
NO_3	0.198	0.051	0.386	0.385	0.670	0.015	0.646	0.664	0.604	0.393	0.452	0.640	0.467	0.646	0.134	0.002	1	0.203	0.155	0.178	0.000	0.249	0.153	0.049	0.151	0.232
Mn	0.325	0.115	0.143	0.051	0.213	0.013	0.203	0.204	0.238	0.134	0.120	0.283	0.342	0.033	0.050	0.046	0.203	1	0.968	0.939	0.361	0.123	0.960	0.655	0.028	0.070
Zn	0.346	0.173	0.117	0.061	0.189	0.008	0.179	0.193	0.209	0.121	0.106	0.266	0.339	0.014	0.053	0.033	0.155	0.968	1	0.951	0.430	0.110	0.998	0.740	0.028	0.053
Cd	0.248	0.133	0.167	0.048	0.216	0.014	0.210	0.224	0.242	0.129	0.120	0.312	0.305	0.014	0.006	0.018	0.178	0.939	0.951	1	0.447	0.094	0.957	0.687	0.023	0.081
Cu	0.012	0.085	0.042	0.163	0.197	0.006	0.210	0.196	0.256	0.262	0.248	0.258	0.175	0.003	0.001	0.000	0.000	0.361	0.430	0.447	1	0.189	0.443	0.394	0.183	0.008
B	0.095	0.007	0.233	0.070	0.091	0.002	0.074	0.117	0.032	0.067	0.085	0.044	0.019	0.351	0.215	0.014	0.249	0.123	0.110	0.094	0.189	1	0.108	0.151	0.085	0.001
Fe	0.323	0.188	0.113	0.064	0.188	0.011	0.179	0.193	0.211	0.117	0.104	0.269	0.332	0.012	0.042	0.022	0.153	0.960	0.998	0.957	0.443	0.108	1	0.746	0.026	0.053
Pb	0.134	0.208	0.084	0.081	0.111	0.088	0.109	0.137	0.123	0.069	0.065	0.177	0.168	0.014	0.149	0.004	0.049	0.655	0.740	0.687	0.394	0.151	0.746	1	0.000	0.156
SAR	0.116	0.071	0.017	0.511	0.475	0.110	0.466	0.467	0.379	0.770	0.668	0.404	0.598	0.440	0.127	0.007	0.151	0.028	0.028	0.023	0.183	0.085	0.026	0.000	1	0.206
Na%	0.006	0.246	0.292	0.021	0.102	0.278	0.105	0.106	0.134	0.000	0.014	0.130	0.001	0.017	0.003	0.063	0.232	0.070	0.053	0.081	0.008	0.001	0.053	0.156	0.206	1

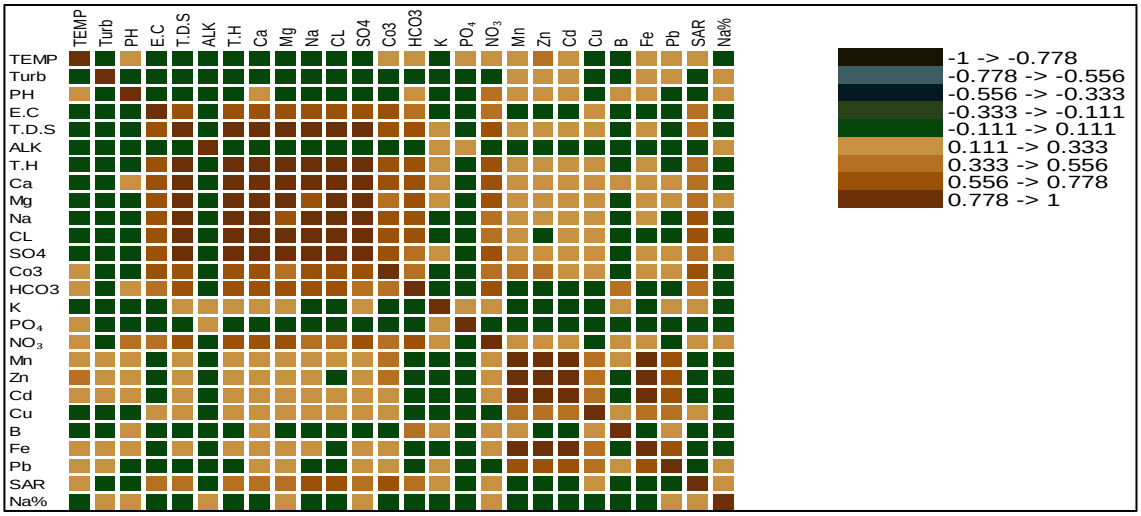
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على ١- بيانات الجدول (٣). ٢- و تطبيق معادلة $R^2 = SSR/SSTR$

جدول (١٠) النسبة المئوية لمعامل التحديد بين العناصر للمياه السطحية في حوض وادي شور أب

العنصر	العنصر الرئيس الذي يؤدي الى تغيير الحاصل في قيمة العنصر	معامل التحديد R^2	النسبة المئوية (%)
TEMP	Zn	0.346	34.6
NTU	Na%	0.246	24.6
PH	NO_3	0.386	38.6
E.C	Cl^-	0.776	77.6
T.D.S	TH	0.997	99.7
ALK	Na%	0.278	27.8
TH	T.D.S	0.997	99.7
Ca^{+2}	T.D.S	0.987	98.7
Mg^{+2}	TH	0.972	97.2
Na^+	Cl^-	0.975	97.5
Cl^-	Na^+	0.975	97.5
(SO_4^{-2})	TH	0.971	97.1
Co_3^{-2}	Na^+	0.682	68.2
Hco_3^-	T.D.S	0.671	67.1
K^+	ALK	0.258	25.8
PO_4^{-3}	ALK	0.224	22.4
No_3^-	T.D.S	0.670	67
Mn^{+2}	Zn	0.968	96.8
Zn	Fe^{+3}	0.998	99.8
Cd	Fe^{+3}	0.957	95.7
Cu	Cd	0.447	44.7
B	Hco_3^-	0.351	35.1
Fe^{+3}	Zn	0.998	99.8
Pb	Fe^{+3}	0.646	64.6
SAR	Na^+	0.770	77
Na%	PH	0.292	29.2

المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على ١- بيانات الجدول (٩). ٢- و تطبيق معادلة $R^2 = SSR/SST$

شكل (٣) معامل التحديد R^2 للمياه السطحية لعينات حوض وادي شور أب



المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات الجدول (٩).

٤- تحليل المركبات الأساسية PCA (Principal component analysis):

تم اختراع هذه الطريقة من قبل عالم الرياضيات (كارل بيرسون) سنة ١٩٠١، التي تتمثل في تحويل عدد من المتغيرات المتداخلة والمترابطة إلى عدد أقل من المتغيرات غير المترابطة ومرتبة من حيث الاهمية ترتيباً تنازلياً، بينما يبقي التباين حاضراً قدر الامكان من مجموعة البيانات (Koklu et al., 2009)، والمتغيرات الناتجة عن عملية التحويل تسمى بالمركبات أو (المكونات أو المحاور) الرئيسية (PCA) وهو تطبيق إحصائي لتحليل العينة الواحدة ذات المتغيرات العديدة، ويطبق على بيانات غير مقسمة الى مجموعات فرعية، وأن القيمة المضافة للعملية هي تسهيل وتأويل المعطيات المعقدة، التي تمكين الباحث والإحصائي من تحقيق أمثل توافق بين التقليل من عدد المتغيرات الواصفة للمعطيات (الجراش، ٢٠١٩، ص٣٤٧). **يشتمل تحليل المركبات (PCA) على الخطوات الرئيسة الاتية :**

١- حساب مصفوفة الارتباط والتغايير إذا كان ذلك ضرورياً.
٢- التخلص من أي المتغيرات التي تفسر نسبة صغيرة من التباين في مجموعات البيانات.
٣- اجراء تدوير فاري ماكس varimax rotation على مصفوفة حمولة العامل (*Factor Loading*) لاستنتاج المتغيرات الرئيسية (Song et al., 2011).

❖ **حمولة العوامل وتدوير فاري ماكس Factor loadings after varimax rotation:**

تعد عمليات المطبق على المكونات الاصلية مع قيم ذاتية اكبر من عمليات التدوير الهامة، وذلك من اجل الحصول على مجموعات جديدة من المتغيرات تدعى عمليات (Factor loadings) فهي القيم التي تمثل مقادير الارتباطات بين المتغيرات الأصلية والعوامل المشتقة، وهي بهذا تمثل الأسس التي تحدد تبعية المتغير للعوامل المشتقة، فكلما كبرت قيمة التشبع كان ذلك بمثابة دلالة على قرب التصاق المتغير بعامله، ان عدد العوامل التي تم الحصول عليها بواسطة عمليات (Factor loadings) هو عدد مساوٍ لعدد المتغيرات وفقاً للخصائص المشتركة (شبوط، ٢٠١٣، ص٨٥)، ومن شروط المتغيرات المفرزة من قبل التحليل العاملي أن تكون القيمة الذاتية أكبر من واحد (القيمة الذاتية >١) لأنه يعد مهماً للقياس وفقاً لمعايير كاتل Cattell وياسبرز Cattell (1967) (Zhao et al, 2011).

ووفقا لتصنيف كل من (Liu et al., 2003; koklu et al., 2009) قد صنف العامل او تشبع العامل الى قوي ومعتدل و ضعيف تبعاً لقيم التشبع المطلقة، وتعد العوامل التي تظهر المتغيرات ارتباطاً اكبر من (0.75) حمولة عوامل قوية، والتي تظهر ارتباطاً يتراوح بين (0.75–0.50) حمولة عوامل معتدلة، والتي لها ارتباط بين (0.50 – 0.30) حمولة عوامل ضعيفة (Liu et al, 2003 ؛Juahir et al., 2011).

- **تحليل المركبات الاساسية لعينات المياه السطحية في حوض وادي شور أب :**

للوقوف على نتائج الخصائص المكانية لعناصر المياه السطحية في تحليل المكونات الرئيسية (PCA) على أساس القيم الذاتية الأكبر من واحد(F1= 12.1502, F2= 5.0131, F3= 2.7726, F4=2.O126, F5=1.7141) كما في الجدول (١١)، حيث تم استبعاد العوامل الاحدى والعشرون الأخيرة لأنها غير مستوفية لشرط التفسير الذي يجب أن يبلغ (٥%) على الأقل من التباين الكلي مع الأخذ في الاعتبار أن يشتمل كل عامل من العوامل المشتقة على ثلاثة متغيرات كحد أدنى، ومخطط سكري (Scree plot) شكل (٤) يُبين مقدار التباين الذي يمثلهُ كل مكون رئيسي من البيانات، بالإضافة إلى قياس العلاقة بين العامل أو المتجه ونسبة الاشتراكات بالمتغيرات الكيميائية الاخرى. أن العوامل الخمسة(F1 لغاية F٥) المشتقة قد فسرت مجتمعة (٩١,٠١%) من التباين في المتغيرات الأصلية وهي نسبة عالية جداً توضح أن غالبية البيانات التي دخلت التحليل قد ضُمنت في عملية التفسير.

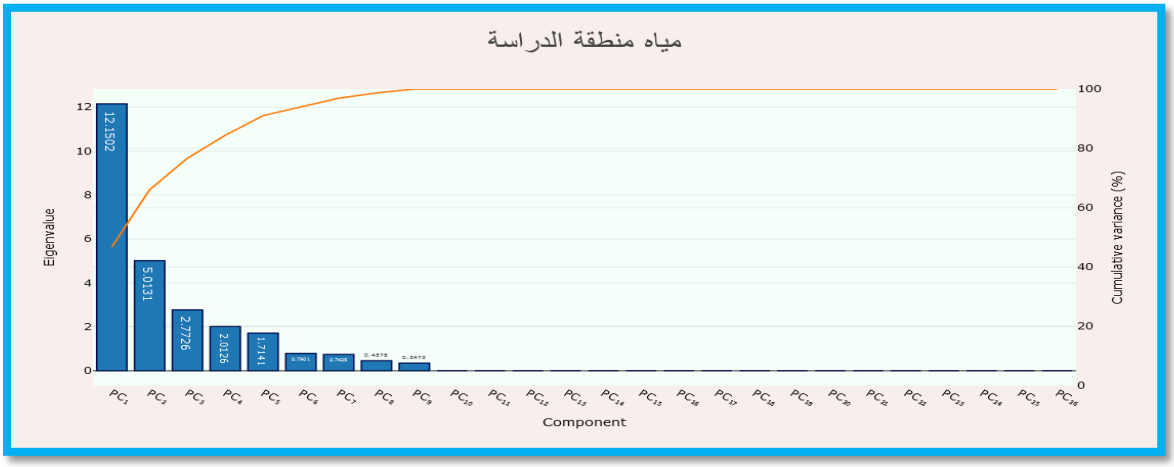
جدول (١١) القيمة الذاتية (Eigenvalues) لحساب عدد العوامل المعتمدة لعينات المياه السطحية

Factor	القيمة الذاتية (التحاليل الكيميائية النهائية) Eigenvalues (final-chemical analysis)		
	استخراج: المركبات الاساسية Extraction: Principal components		
رقم العامل	Eigenvalue القيمة الذاتية	% Total Variance (التباين الاجمالي)%	Cumulative %
F1	12.1502	46.7314	46.7314
F2	5.0131	19.2811	66.0125
F3	2.7726	10.664	76.6766
F4	2.0126	7.7406	84.4172
F5	1.7141	6.5928	91.01

المصدر: من عمل الباحث اعتمادا على ١- بيانات الجدول (٣). ٢- و بتطبيق برنامج XLSTAT .

شكل (٤) مخطط سكري (Scree plot)

لحساب عدد المركبات الاساسية المعتمدة لعينات المياه السطحية (الاكبر من واحد).



المصدر: من عمل الباحث اعتمادا على ١- بيانات الجدول (١١). ٢- و بتطبيق برنامج XLSTAT .

ولتفسير نتائج تحليل المركبات الأساسية (PCA) للمياه السطحية وفقاً لقيم ارتباط حمولة العوامل جدول (١٢)، فهي تعبر عن مدى إرتباط المتغيرات بالعوامل المشتقة وتتراوح قيمتها بين (+١، −١) وتمثل درجة ارتباط كل متغير من المتغيرات مع كل عامل من العوامل ويساعد ذلك في تسمية العوامل إذ أن تسمية العوامل تعتمد على مزايا المتغيرات المرتبطة مع العامل المحدد بمعاملات ارتباط قوية.

العامل F_1 : يعد العامل الأول *F1* أهم العوامل المشتقة من حيث نسب التفسير إذ فسر نسبة تباينً (٤٦,٧٣١٤ ٪) من البيانات التي اشتملت عليها المتغيرات ذات التشبع الموجب العالي والمتوسط فقد اظهرت العناصر كما موضح في جدول (٤-١٣) متضمنًا قيمة العوامل الإيجابية التي لها تأثير قوي مثل (*TEMP* ،*PH* ،K^+ ،PO_4^{-3} ، *Mn* ، *Zn* ،*Cd* ، *Cu* ، *Fe* ، *Pb* ، *%Na*) .

العامل F_2 : يغطي العامل الثاني *F2* نسبة تباينً (١٩,٢٨١١ ٪) متضمنة جميع العناصر الاربعة والعشرون الموجبة كلها التي لها تأثير قوي ما عدا (*K* ، *NTU*) فهي خارج هذا التضمين.

العامل F_3 : يتضمن العامل F3 نسبة تباينً (١٠,٦٦٤٪) من مجموع القيم الداخلة ذات التشبع الموجب العالي والمتوسط ، فقد اظهرت العناصر (NTU، *T.D.S* ،*T.H* ،*Ca*،*Mg* ،$SO4^{-3}$ ،*HCO3* ،*K* ،NO_3 ،*Mn*،*Zn*،*Cd*،*Cu*،*B*،*Fe*،*Pb*).

العامل F_4 : فسر العامل الرابع نسبة تباينً (٧,٧٤٠٦٪) من مجموع كميات القيم المدخلة ذات التشبع الموجب في حين أظهرت العناصر (*TEMP*، NTU، *ALK*، *SO4*، PO_4، NO_3، *Cu*، *B*، *Pb*).

العامل F_5 : *فسر العامل الخامس* F5 *نسبة تباينً (٦,٥٩٢٨ ٪) من مجموع كميات القيم المدخلة ذات التشبع الموجب متضمنة العناصر (*PH ، NTU ، E.C، ALK ، Mg ، Co3 ، HCO3 ، K ، NO_3 ، Mn ، Cd ، Cu ، B، Pb ، SAR ، %Na *)*. جدول (١٢).

جدول (١٢) نتائج حساب حمولة العامل(Factor loading)

بعد تدوير(Varimax rotation) لعينات المياه السطحية في حوض وادي شور أب

Variable المتغير	Factor Loadings (Varimax raw) (final-chemical analysis) Extraction: Principal components (Marked loadings are >.700000)				
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
TEMP	0.134	0.127	-0.138	0.526	0.047
Turb	-0.074	-0.178	0.077	0.362	0.232
PH	0.099	0.078	-0.452	0.214	-0.196
E.C	-0.234	0.146	-0.084	0.198	-0.098
T.D.S	-0.277	0.096	0.039	0.082	-0.047
ALK	-0.023	0.098	-0.321	-0.208	0.521
T.H	-0.275	0.098	0.024	0.112	-0.043
Ca^{+2}	-0.276	0.092	0.052	0.078	-0.040
Mg^{+2}	-0.270	0.069	0.003	0.176	-0.009
Na^{+}	-0.256	0.135	-0.099	-0.035	-0.191
CL^{-}	-0.260	0.142	-0.052	0.043	-0.163
SO_4^{-3}	-0.278	0.051	0.014	0.124	0.002
Co_3^{-}	-0.250	0.021	-0.112	-0.169	-0.034
HCO_3	-0.211	0.219	0.141	-0.133	-0.021
K^{+}	0.072	-0.281	0.065	-0.100	-0.415
PO_4	0.022	0.130	-0.237	0.185	0.455
NO_3	-0.231	0.079	0.259	-0.051	0.212
Mn	0.189	0.311	0.043	0.121	-0.102
Zn	0.185	0.325	0.066	0.104	-0.104
Cd	0.189	0.305	0.054	0.067	-0.168
Cu	0.158	0.176	0.348	-0.132	0.116
B	-0.057	0.291	0.297	-0.192	0.161
Fe	0.185	0.324	0.073	0.089	-0.126
Pb	0.147	0.344	0.016	-0.111	0.040
SAR	-0.193	0.206	-0.266	-0.218	-0.147
Na%	0.079	0.125	-0.434	-0.381	-0.040

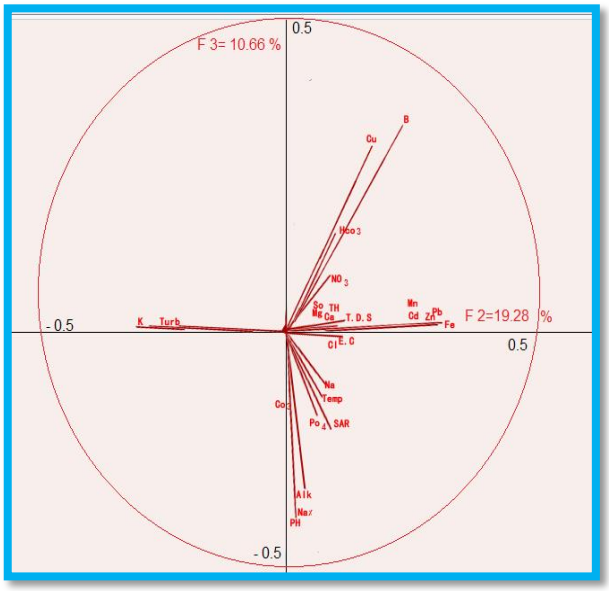
المصدر: من عمل الباحث اعتمادا على ١- بيانات الجدول (٣). ٢- و بتطبيق برنامج XLSTAT .

- **مخطط بابيبلوت biplot :**

إن مخطط بابيلوت يعمل على تفسير الزوايا بين المتغيرات لأنها ترتبط ارتباطاً مباشراً بالارتباطات التي توجد بين المتغيرات، و طول المتجه هو الجذر التربيعي لمجموع مساهمات العنصر، حيث يقترب المتغير من حافة الدائرة في الشكل، وهذا دليل على أن له مساهمة وأهمية أكبر، وتمثل الزاوية بين المُتغيرات قيمة معامل الارتباط بينهما كما ان المُغيرات التي يتم فصلها بزوايا حادة هي صفات يوجد بينها ارتباط طردي موجب والعكس بالعكس، والتي تعتمد على الزاوية بين المتجهات ($\cos \phi$). (Kassambara, 2017, p44).

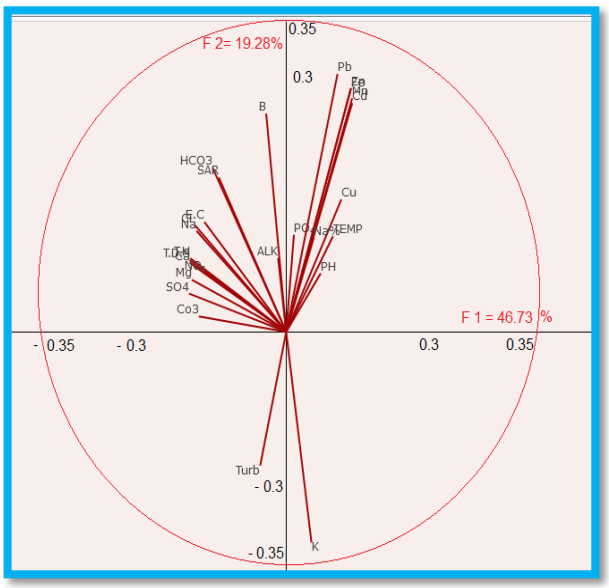
كما هو الحال بين المؤشرات (E.C،TSD ، TH، So4)، في حين أن العناصر التي يفصل بينها أسهم متعامدة أو قريبة من العمودية (أي أن الزاوية بينهما قريبة من ٩٠ درجة)، فإنها تشير إلى ان العناصر لا ترتبط ببعضها البعض، كما هو الحال بين العلاقة بين كل من (TEMP، PH) مع (Mg+2، SO4 −3) في المياه السطحية، وكذلك عدم تأثر قيمة العكورة (Turb) بالعناصر بشكل كبير وذلك لان العكورة تتأثر بسرعة حركة الجريان السطحي للمياه، أما اذا كانت الزاوية منفرجة (اكبر من ٩٠) فأنها تُشير الى أن الارتباط هو ارتباط عكسي يتمثل في العلاقة بين كل من (TDS Ec، TH، $So4^{-2}$) مع كل من (Turb، K^{+}) شكل (٥). وتفاوتت قيم تشبعات العامل FACTOR LOADING (الارتباطات بين المتغيرات والعوامل) اعتمادا على تفاوت قيم مدى ارتباط المتغيرات بالعوامل المشتقة. كما في الاشكال (٦)، (٧)، (٨).

شكل (٥) مخطط biplot الارتباطات بين المتغيرات والعوامل (F1=46.73% & F2= 19.28%) للمياه السطحية في منطقة الدراسة



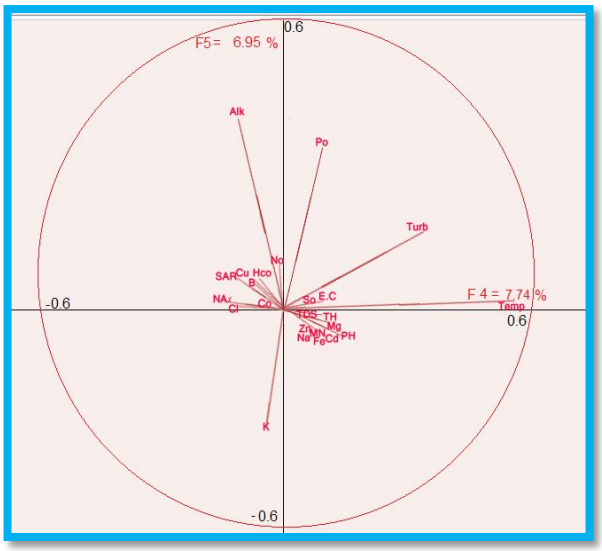
المصدر: من عمل الباحث اعتمادا على ١- الجدول (١٢).
٢- و برنامج XLSTAT .

شكل (٦) مخطط biplot الارتباطات بين المتغيرات والعوامل(F2=19.28% & F3= 10.66%) *للمياه السطحية في منطقة الدراسة*



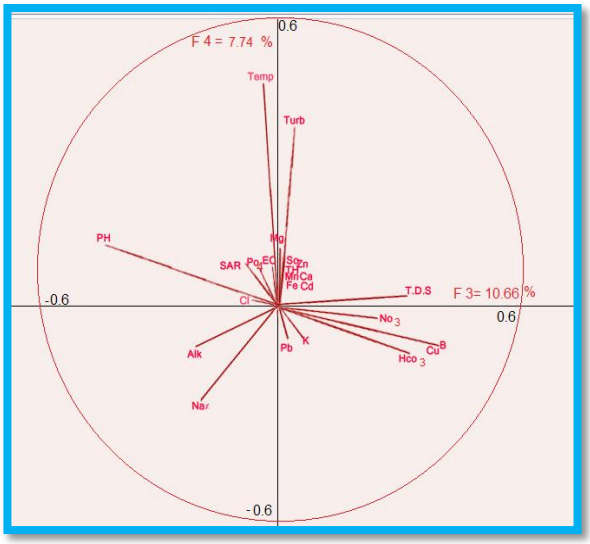
المصدر: من عمل الباحث اعتمادا على ١- الجدول (١٢).
٢- و برنامج XLSTAT .

شكل (٧) مخطط biplot الارتباطات بين المتغيرات والعوامل (F3= 10.66% & F4= 7.74%) للمياه السطحية في منطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحث اعتمادا على ١- الجدول (١٢).
٢- و برنامج XLSTAT .

شكل (٨) مخطط biplot الارتباطات بين المتغيرات والعوامل (F4= 7.74% & F5= 6.95%) للمياه السطحية في منطقة الدراسة



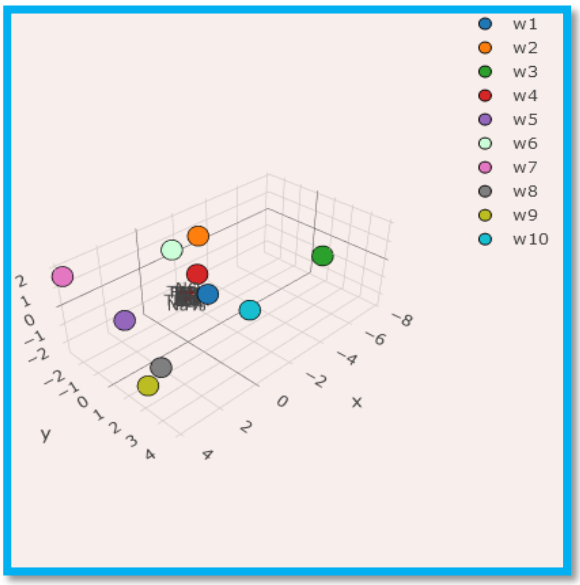
المصدر: من عمل الباحث اعتمادا على ١- الجدول (١٢).
٢- و برنامج XLSTAT .

- **مخطط بابيبلوت biplot الثنائي:**

يُستخدم مخطط بايبلوت الثنائي لتحليل المركبات الأساسية *biplot* (*PCA*) لمعرفة التباين لعينات المياه المدروسة (المُتمثلة بالدوائر الملونة في المخطط) ومدى ارتباطها مع قيمة العناصر المدروسة (المُتمثلة بالخطوط السوداء في المخطط)، شكل (٩) أما المُخطط الثلاثي يُبين المواقع بشكل واضح جدا للتباين، شكل (١٠)، بحيث كلما ابتعدت هذه العناصر اي الخطوط المستقيمة عن احداثيات نقطة الاصل فهذا يعني ان تأثيرها اكبر من باقي العناصر المدروسة ضمن عينة المياه التي تم تحليلها. تشير الزاوية الصغيرة بين العناصر(الخطوط المستقيمة حمراء اللون) إلى ارتباط إيجابي، كما هو الحال بين المؤشرات (TDS، *Ec*، *TH*، So_4^{-2})، وتشير الزاوية الكبيرة (اكبر من ٩٠ درجة) إلى وجود ارتباط سلبي، و تشير الزاوية ٩٠ درجة إلى عدم وجود علاقة بين العنصرين.

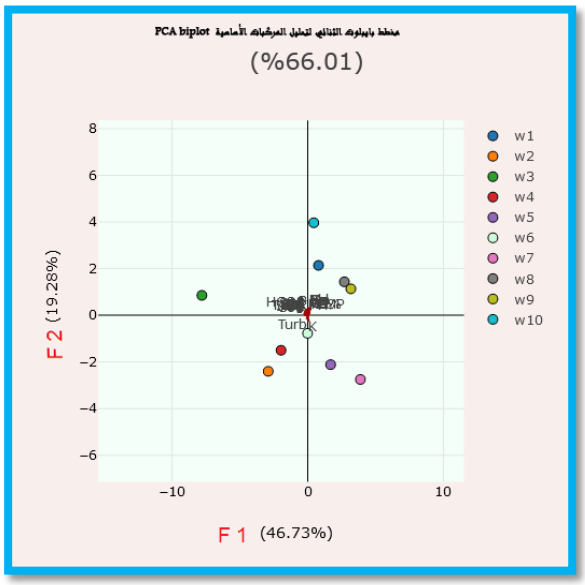
كما ان لمواقع العينات العشرة من المياه التي تقع على طول أو في اتجاه أحد الأسهم تعني أن هذا الموقع المقابل له قيمة تتجاوز متوسط قيمة العنصر ذات الصلة المرتبطة بالسهم الذي نقارنه (هو يزداد كلما تحركت النقطة أكثر فأكثر من مركز الإحداثيات نحو حافة المخطط الثلاثي)، حيث يكون لعينات المياه ال أعلى قيمة ضمن القيمة الموجبة للعوامل (F1 و F2)، متمثلة بمياه المواقع (الاول، الثاني، الرابع، السادس)، بالمقابل النقاط الموجودة في الاتجاه المعاكس لسهم الخاصية المدروسة خلف مركز الإحداثيات إلى أن هذا النموذج المعني بهذه النقطة له قيمة أقل من المعدل العام لهذه الخاصية مقارنة بجميع العناصر في عينة البيانات المدروسة، متمثلة ببقية المواقع الستة الاخرى، كما نُلاحظ تطرف الموقع الثالث (الدائرة الخضراء اللون) عن مركز الاحداثيات (نقطة الاصل) مما يدل على ان قيم هذا الموقع مرتفعة جدا واعلى من بقية المواقع.

شكل (٩) مخطط بايبلوت الثنائي لتحليل المركبات الأساسية (F1=46.73% & F2= 19.28%) PCA biplot لعينات المياه السطحية في منطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحث اعتمادا على ١- الجدولين (٣) (١٢). ٢- و برنامج XLSTAT .

شكل (١٠) مخطط بايبلوت الثلاثي لتحليل المركبات الأساسية (F1=46.73% & F2= 19.28%) (PCA) لعينات المياه السطحية لمنطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحث اعتمادا على ١- الجدولين (٣) (١٢). ٢- و برنامج XLSTAT .

الاستنتاجات: Conclusions :

١- للعوامل الطبيعية والبشرية أثر واضح في خصائص المياه، كما تتأثر خصائص المياه السطحية بخصائص التربة والمخلفات الزراعية في منطقة الدراسة.

٢- هنالك علاقة طردية ما بين قيم التوصيلة الكهربائية والاملاح الذائبة في المياه مثل ايونات المغنيسيوم والكالسيوم والكبريتات

٣- اكثر العينات ارتفاعاً لأغلب العناصر هو الموقع (W1, W3. W7)، ويرجع سبب هذا الى زيادة معدلات التصاريف وكثرة المواد العالقة في المياه والناتجة عن مياه الأمطار وجرف التربة ووصولها إلى مجرى النهر.

٤- أظهرت النتائج التحليل العاملي اختزال العناصر الكيميائية لعينات المياه السطحية في خمسة عوامل وشملت حوالي (٩١,٠١%) من التباين في المتغيرات الأصلية وهي نسبة عالية جداً توضح أن غالبية البيانات التي دخلت التحليل قد ضُمنت في عملية التفسير.

التوصيات Recommendations:

١- معالجة المخلفات الزراعية والمنزلية ومنع ترسبها إلى الحوض إلا بعد إجراء المعالجات اللازمة عليها.

٢- إنشاء عدة محطات ومختبرات لمراقبة ثابتة لتقييم نوعية المياه للحوض لقياس نوعية المياه وإصدار نشرة دورية .

٣- تنظيم حملات توعوية للمواطنين بهدف التعرف على أهمية الأحواض المائية وما تحويه من معالم طبيعية وسياحية.

المصادر:

١- الاسدي، صفاء عبد الامير رشم، الحمولة النهرية في شط العرب وآثارها البيئية، أطروحة دكتوراه (غير منشورة)، كلية التربية للعلوم الانسانية، جامعة البصرة، ٢٠١٢م.

٢- بنقتون، كاري لين، توماس ستيش، مقدمة لموارد المياه والقضايا البيئية، ترجمة عبد رب الرسول موسى العمران، دار جامعة الملك سعود للنشر، الرياض، ٢٠١٦م.

٣- جبريل، نادية محمود توفيق، دراسة بيئية لنوعية بعض المياه الجوفية لمدينة الحلة، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية العلوم، جامعة بابل، ٢٠٠٦م.

٤- الجبوري، احمد ماجد عباس، أثر موقع واتجاه محور الاخدود وارتفاعه في شدة المنخفضات الجبهوية في العراق، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية التربية – ابن رشد للعلوم الانسانية، جامعة بغداد، ٢٠١٧م.

٥- الجراش، محمد بن عبدالله، التطبيقات الاحصائية في الجغرافيا حاسوبياً، مكتبة الملك فهد الوطنية، ط١، الرياض، السعودية، ٢٠١٩م.

٦- الجميلي، محمود فاضل، سلوى هادي احمد، تلوث التربة والمياه، دار الكتب والوثائق، بغداد، ٢٠١٨م.

٧- الحايك، نصر، مدخل الى كيمياء المياه، (تلوث – معالجة –تحليل)، منشورات المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا، الجمهورية العربية السورية، ٢٠١٧م.

٨- حياتي، احمد الصديق، دليل جمع بيانات المياه وطرق قياسها، مركز ابحاث المياه، جامعة الخرطوم، ٢٠٢٢م.

٩- داردكة، حليفة عبد الحافظ، المياه السطحية وهيدرولوجيا المياه الجوفية، دار حنين للنشر والتوزيع، الطبعة الأولى، عمان، ٢٠٠٦م.

١٠- الزبيدي، علي حميد دهش، تقييم خصائص الموارد المائية السطحية في محافظة واسط باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، اطروحة دكتوراه (غير منشورة)، كلية التربية، جامعة واسط، ٢٠١٨م.

١١- الساعدي، حسين كريم حمد، هيدرولوجية أهوارالشويجة والسعدية والدلمج وبيئاتها الحيوية(دراسة مقارنة)، أطروحة دكتوراه (غير منشورة)، كلية الآداب، جامعة بغداد، ٢٠١٤م.

١٢- سدخان، احمد ميس، تلوث مياه نهر الفرات في محافظة ذي قار دراسة، جغرافية بيئية، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية التربية للعلوم الانسانية، جامعة البصرة، ٢٠٠٧م.

١٣- السعدي، محمود عبد الامير سلمان، التقييم البيئي للمياه الجوفية، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية العلوم، جامعة بغداد، ٢٠٠٤م.

١٤- السنجري، مازن نزار، محمد فوزي عمر خطاب، حازم جمعة النعيمي، التأثيرات السلبية لمياه نهر الخوصر على نهر دجلة في منطقة المصب، المجلة العراقية لعلوم الأرض، العدد (١)، المجلد (٨)، ٢٠٠٨م.

١٥- شبوط، استبرق كاظم، الخصائص البيئية لمياه نهر دجلة في محافظة واسط، اطروحة دكتوراه (غير منشورة)، كلية التربية، جامعة المستنصرية، ٢٠١٣م.

١٦- شحادة، نعمان، الأساليب الكمية في الجغرافية باستخدام الحاسوب، الامارات العربية المتحدة، جامعة الامارات، الطبعة الثانية، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان، ٢٠٠٢م.

١٧- العتبي، سامي عزيز عباس، إياد عاشور الطائي، الإحصاء والنمذجة في الجغرافية، مطبعة أكرم للطباعة، بغداد، ٢٠١٢م.

١٨- العتبي، سامي عزيز عباس، محمد يوسف حاجم الهيتي، منهج البحث العلمي، المفهوم والأساليب والتحليل والكتابة، مطبعة الأصدقاء، بغداد، ٢٠١١م.

١٩- العمران، عبد رب الرسول بن موسى، علي محمد ابراهيم العتر، محمود السيد علي نديم، جودة مياه الري وطرق تحليلها، دار جامعة الملك سعود للنشر، الرياض، ٢٠١٦م.

٢٠- القره غولي، عباس فاضل عبيد، التحليل المكاني للمياه الجوفية واستخداماتها في محافظة القادسية، اطروحة دكتوراه (غير منشورة)، كلية التربية، جامعة المستنصرية، ٢٠١٤م.
٢١- القريشي، فاطمة عبد علي، تقييم الخصائص النوعية لمياه مشروع بدرة- جصان في محافظة واسط باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS، رسالة (غير منشورة)، كلية التربية للعلوم الانسانية، جامعة واسط، ٢٠٢٢م.
٢٢- الكربولي، علي سليمان ارزيك عباس، تقييم الخصائص النوعية للمياه الجوفية واثره في الاستخدامات البشرية في قضاء كركوك، اطروحة دكتوراه (غير منشورة)، كلية التربية للعلوم الانسانية، جامعة الانبار، ٢٠١٧م.
٢٣- الموسوي، مجيد علي شناوة، المياه الجوفية واستثماراتها في محافظة ذي قار (دراسة في جغرافية الموارد المالية)، اطروحة دكتوراه (غير منشورة)، كلية التربية، جامعة واسط، ٢٠١٨م.
٢٤- نسيم، ماهر جورجي، تحليل وتقويم جودة المياه، منشأة المعارف بالإسكندرية-جمهورية مصر العربية، ٢٠٠٧م.

1- Bartram, Jamie, and Richard Ballance, eds. Water quality monitoring: a practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes. CRC Press, 1996.
2- Bonya'Johnson, C. (2004). Capacity of Freshwater Marsh to Process Nutrients in Diverted Mississippi River Water.
3- Collins, A.G. (1975): Geocheminstry of Oil – Fild Water. Develoment in Petroleum Science, No.1, Elesevier , Amsterdam , Holland.
4- Dede, Ozlem Tunc, Ilker T. Telci, and Mustafa M. Aral.(2013) "The use of water quality index models for the evaluation of surface water quality: a case study for Kirmir Basin, Ankara, Turkey." Water Quality, Exposure and Health 5.1: 41-56.
5- Hem, J. (1989) Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water, third edition, USA
6- Juahir, II., S. M. Zain, M. K. Yusoff, T. I. hanidza, A. S. Armi, M. E. Toriman, and M. Mokhtar, (2011). Spatial water quality assessment of Langat River Basin (Malaysia) using environmetric techniques: Environ Monit Assess, v. 173, p. 625-641.
7- KASSAMBARA Alboukadel (2017): Practical Guide To Principal Component Methods in R: PCA.
8- Koklu, R., B. Sengorur, and B. Topal, 2009, Water Quality Assessment Using Multivariate Statistical Methods—A Case Study: Melen River System (Turkey): Water Resources Management, v. 24.
9- Song, M. W., P. Huang, F. Li, H. Zhang, K. Z. Xie, X. H. Wang, and G. X. He, 2011, Water quality of a tributary of the Pearl River, the Beijiang, Southern China: implications from multivariate statistical analyses: Environ Monit Assess, v. 172.
10- Tood, D.K and Mays, L. (2005) Groundwater Hydrology. 3rd. ed., John – wiley, and Sons, lns.
11- Zhao, G., J. Gao, P. Tian, K. Tian, and G. Ni, 2011, Spatial–temporal characteristics of surface water quality in the Taihu Basin, China: Environmental Earth Sciences, v. 64, p. 809-819.