

التباين المكاني لصلاحية المياه الجوفية لأغراض الاستهلاك البشري والزراعي باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) – منطقة شرق الثرثار العراق، حالة دراسية

Spatial Variation of Groundwater Suitability for Drinking and Irrigation by Using GIS - East of Tharthar Lake Iraq, A Case Study

أحمد السلطاني*، وأسحق العكّام**

Ahmed Al-Sulttani & Isaac Al-Akaam

* كلية التخطيط العمراني، جامعة الكوفة، العراق. ** كلية التربية للبنات، جامعة بغداد، العراق

**الباحث المراسل: alakaam73@yahoo.com

تاريخ التسليم: (2017/6/23)، تاريخ القبول: (2017/10/24)

ملخص

تقع منطقة الدراسة في شرق بحيرة الثرثار وتبلغ مساحتها 4035 كم². يحدها من الشرق نهر دجلة ومن الغرب بحيرة الثرثار وهي منطقة واسعة جدا تعتمد على مياه الابار كمورد رئيس للمياه لأغراض الاستهلاك البشري والزراعي باستثناء المناطق القريبة من نهر دجلة. تم دراسة العناصر الكيميائية المهمة في 42 بئرا موزعة على عموم منطقة الدراسة. شملت هذه العناصر تحليلات الايونات الموجبة والسالبة ومجموع الاملاح المذابة والتوصيلية الكهربائية. تصنيف المياه للاستهلاك البشري اعتمد على المحددات القياسية العراقية ومنظمة الصحة العالمية. اما صلاحية المياه الجوفية ومدى صلاحيتها لأغراض الإرواء الزراعي اعتمد تصنيفين الاول تصنيف Richards (1954) والثاني تصنيف Ayers & Westcot (1985), & Wilcox (1955)، تم استخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS 10.x لأجل تحويل كل العناصر اعلاه والتي مثلت المدخلات Inputs الى سطح Raster باستخدام طريقة Inverse distance weighted (IDW) interpolation. اجري التحليل المكاني لغرض إيجاد خريطة تمثل التوزيع المكاني لصلاحية المياه الجوفية لأغراض الاستهلاك البشري والزراعي. أظهرت النتائج ان مساحة الأماكن التي يحتمل تواجد مياه جوفية فيها لأغراض الاستهلاك البشري هي 11.94 كم² فقط وتقع الى الشرق من نهر دجلة وذلك يعود الى زيادة الاملاح المذابة وارتفاع عناصر الكالسيوم والمغنيسيوم والكبريتات في اغلب المياه الجوفية والنتيجة عن التأثير الجيولوجي في المنطقة. اما المياه الصالحة لأغراض الارواء الزراعي حسب التصنيف الأول فظهر مستوى للمياه المسموح بها من نوع C3S1 بمساحة 90 كم² ونوعين من المياه الرديئة الأول من نوع C4S1 بمساحة 3721 كم² ونوع C4S2 بمساحة 224 كم² اما التصنيف الثاني فقد ظهرت ثلاث مستويات للمياه وهي مياه جيدة بمساحة 451 كم² ومياه متوسطة بمساحة 782 كم² ومياه رديئة بمساحة 2802

كم². تتوزع المناطق التي تضم مياه جوفية صالحة للزراعة في شرق منطقة الدراسة قرب نهر دجلة وشمال بحيرة الثرثار.

الكلمات المفتاحية: المياه الجوفية، نظم المعلومات الجغرافية.

Abstract

The study area is located in the east of Tharthar Lake and covers an area about 4035 Km². Groundwater is the most important source in the area except the area in the east, which is, depended on Tigris River. For studying the suitability of groundwater, chemical analyses for 42 wells have been used. ArcGIS software has been used to build Raster for required chemical elements to calculate the suitability by using Map Algebra (Calculator). For drinking water, WHO and Iraq standards have been entered in a model to calculate the suitability. The suitability for drinking water shows small area (11.94 Km²) in the east of river while the whole area is unsuitable. For irrigation suitability, two ways have been used Richards (1954), and Ayers and Westcot (1985), and Wilcox (1955). Richards (1954) method shows an area (90 Km²) with a permissible water type, while Ayers and Westcot (1985), and Wilcox (1955) method shows an area (451 Km²) with a good water type. The Limitation of the area for suitable water for drinking and irrigation reflects the impact of the river in enhancing the quality of ground water while the whole is with unsuitable. It shows the impact of lithology and arid climate on the quality of groundwater.

Keywords: Groundwater, GIS.

المقدمة

تعد المياه من أعظم الهبات الإلهية الموجودة في الطبيعة، إذ تعد المياه المصدر الرئيس لديمومة حياة البشرية فهي ضرورية للشرب والاستعمال المنزلي ونمو النبات والزراعة والصناعة والطاقة والملاحة وغيرها من الاستعمالات يصعب حصرها.

تعددت مصادر المياه منها ما هو سطحي ومنها ما هو جوفي. تعد المياه الجوفية مصدراً مهماً في المناطق الجافة وشبه الجافة والمناطق ذات المصادر المحدودة من المياه السطحية، لذا تعد المصدر الثاني بعد المياه السطحية التي تغطي احتياجات الإنسان مما شجع على تطوير التقنيات الخاصة باكتشافها ومعالجتها وحمايتها.

تعرف المياه الجوفية (Groundwater) بالمياه المتواجدة تحت سطح الأرض بين مسامات الصخور وشقوقها وتتجمع في مكامن منها ما هو محصور والأخرى غير محصورة ويعرف بعد الماء الجوفي عن سطح الأرض بمستوى الماء الجوفي (Water Table)، تتعدد مصادر المياه الجوفية فمنها الامطار ومصادر المياه السطحية من انهار وبحيرات فضلاً عن مياه الصحارة والمياه التكوينية⁽¹⁾.

تتغير الخصائص الكيميائية للمياه الجوفية من مكان لآخر تبعاً لنوع الصخور المتواجدة فيها واذابة العناصر الموجودة في هذه الصخور لاسيما الاملاح وكذلك ارتشاح وتسرب الملوثات الكيماوية الناتجة عن الأسمدة والمبيدات والملوثات الصناعية والمنزلية الى مكامن المياه الجوفية عبر مياه الامطار او مصادر المياه السطحية مما يسبب تلوثاً لهذه المياه وتغيراً خطيراً في تركيبها الكيميائية⁽²⁾.

يتناول البحث الحالي دراسة الخصائص الكيميائية للمياه الجوفية في منطقة شرق الثرثار، تمثلت مشكلة الدراسة كون هذه المناطق تعاني من محدودية موارد المياه السطحية واعتمادها بشكل كبير على المياه الجوفية لأغراض الاستخدامات المختلفة.

تهدف الدراسة الى تحديد مدى ملائمة المياه الجوفية في منطقة الدراسة للاستهلاك البشري والارواء الزراعي باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لغرض انتاج خرائط لصلاحية المياه تبين التوزيع المكاني لها.

الدراسات السابقة

تم الاطلاع على عدد من الدراسات السابقة التي درست المياه الجوفية سواء في منطقة الدراسة او مناطق أخرى من العراق، ومن هذه الدراسات العاني (1997)⁽³⁾، اذ قام بدراسة الاستثمار الأمثل للمياه الجوفية في حوض الفتحة-سامراء- وهدفت الدراسة الى استنباط واحتساب الاحتياطي الاستثماري ووضع نموذج لشبكة من الابار الازمة للري في المنطقة.

دراسة الجنابي (2007)⁽⁴⁾ والتي تناولت هيدروكيميائية الخزان الجوفي غير المحصور وعلاقته برسوبيات النطاق المشبع في حوض تكريت سامراء (شرق دجلة) والتي اشارت الى تاثر نوعية المياه الجوفية في المنطقة بالطبقات الصخرية في نطاق المياه الجوفية المشبعة بشكل كبير.

(1) Harter, Thomas. Basic concepts of groundwater hydrology. UCANR Publications, 2003, pp: 1-6.

(2) KORTATSI, Benony K., et al. Hydrogeochemical evaluation of groundwater in the lower Off in basin, Ghana. Environmental geology, 2008, 53.8: 1651-1662.

(3) احمد عبد الله رمضان العاني، الاستثمار الأمثل للمياه الجوفية لحوض الفتحة-سامراء، رسالة ماجستير (غير منشور)، قسم علم الأرض، كلية العلوم، جامعة بغداد، 1997.

(4) محمود عبد الحسين جويهل الجنابي، هيدروكيميائية الخزان الجوفي المفتوح وعلاقة مياهه برسوبيات النطاق المشبع في حوض تكريت-سامراء (شرق دجلة)، أطروحة دكتوراه (غير منشور)، قسم علم الأرض، كلية العلوم، جامعة بغداد، 2007.

دراسة ارزوقي (2008)⁽¹⁾ حول استثمار المياه الجوفية في حوضي بدره وجصان في محافظة واسط وتناولت الدراسة معرفة حجم المياه الجوفية في الحوضين والإجراءات المتخذة لاستغلال مياهما، ودراسة التغيرات في نوعيتها وعلاقتها بالمناخ وتحديد مناطق تلوثها.

دراسة المحسن (1985)⁽²⁾ المياه الجوفية في منطقة سنجار واستثماراتها وكان هدف الدراسة هو توزيع الآبار والعيون في منطقة الدراسة واستثمارها وكمية المياه فيها ونوعيتها ومدى صلاحيتها للاستعمالات المختلفة والمشاكل التي تؤدي الى انخفاض كفاءة الآبار.

دراسة مهدي (2008)⁽³⁾ للمياه الجوفية في قضاء سامراء ومعادلة تحسين نوعيتها بطريقة الترسيب الكيماوي والتبادل الأيوني.

الخصائص الطبيعية للمنطقة

تقع منطقة الدراسة في الجزء الأوسط من العراق والى الشمال من محافظة بغداد بمسافة 120 كم، يحدها نهر دجلة وقضاء سامراء من الشرق وبحيرة الثرثار من الغرب، تبلغ مساحتها 4035 كم²، فلكياً تقع منطقة الدراسة بين دائرتي عرض 38° 00' 35" و 34° 48' 35" شمالاً وخطي طول 12° 04' 43" و 18° 10' 44" شرقاً خريطة (1).

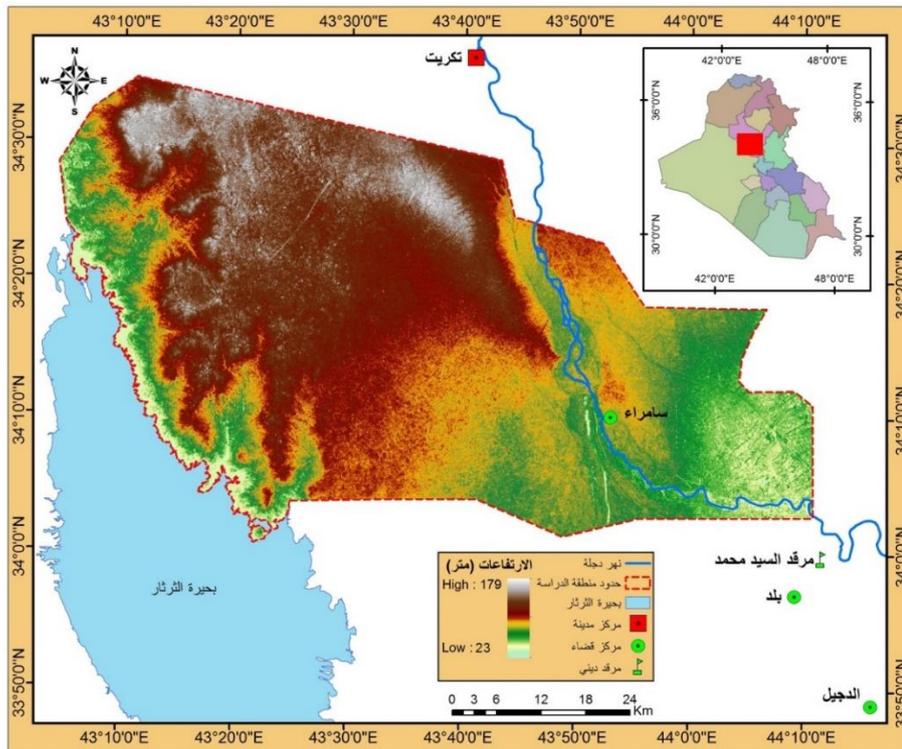
جيولوجياً تتكشف في منطقة الدراسة تكوينات صخرية متنوعة ترجع الى اعمار مختلفة بدءاً من تكوينات الزمن الثلاثي الى الزمن الرباعي، تتكون على شكل طبقات من الحجر الطيني والحجر الجيري والجبس والانهيدرايت بسمك مختلف يصل الى 12م بالنسبة لتكوين انجانة⁽⁴⁾ والى 300-1200م لتكوين المقدادية الذي يكون بأغلب صخوره من الحجر الرملي والحجر الجيري والحجر الطيني بالإضافة الى سمك يصل الى 1900 م من تعاقب المدملكات والحصى الاسمنتي والحجر الطيني الذي يتمثل بتكوين باي حسن⁽⁵⁾.

وتتمثل ترسيبات الزمن الرباعي برواسب المراوح الغرينية والقشرة الجبسية وترسيبات المنحدرات والسهل الفيضي التي تتميز بهشاشتها وعدم تماسكها وذات نفاذية عالية وهي غنية

- (1) هند فاروق ارزوقي، استثمار المياه الجوفية في حوضي بدره وجصان في محافظة واسط، رسالة ماجستير (غير منشور)، قسم الجغرافية، كلية الآداب، جامعة بغداد، 2008.
- (2) اسباهية يونس المحسن، المياه الجوفية في منطقة سنجار واستثماراتها، رسالة ماجستير (غير منشور)، قسم الجغرافية، كلية الآداب، جامعة بغداد، 1985.
- (3) محمد جميل مهدي، دراسة المياه الجوفية في قضاء سامراء ومعادلة تحسين نوعيتها بطريقة الترسيب الكيماوي والتبادل الأيوني، رسالة ماجستير (غير منشورة)، قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة تكريت، 2008.
- (4) حميد سعيد احمد، وحاتم خضير صالح الجبوري، دراسة هيدروجيولوجية وهيدروكيميائية لمنطقة لوحة سامراء (6-38-NI)، مقياس 1:250000، جمهورية العراق، وزارة الصناعة والمعادن، المنشأة العامة للمسح الجيولوجي والتحري المعدني، بيانات غير منشورة، بغداد، 2005، ص7.
- (5) صدام شريف محمود، حميد سعيد احمد، تقرير عن دراسة المياه الجوفية في مشروع حصى النباعي، جمهورية العراق، وزارة الصناعة والمعادن، المنشأة العامة للمسح الجيولوجي والتحري المعدني، بيانات غير منشورة، بغداد، 1986، ص9.

بالجيبس. مناخيا ترتفع في منطقة الدراسة درجات الحرارة وخصوصا في فصل الصيف لتصل في محطة سامراء الى 44 درجة مئوية (عظمى) لشهر تموز يقابلها انخفاض الحرارة يصل الى 4.9 درجة مئوية (صغرى) لشهر كانون الثاني بمعدل سنوي بلغ 30.5 للحرارة العظمى و16.5 للحرارة الصغرى مما جعل المنطقة ذات قيم حرارية مرتفعة يقابلها انخفاض في كمية الامطار الساقطة التي تصل بمجموعها الى 171.5 ملم/السنة، والتي تصبح نادره جدا في فصل الصيف وتزداد بالتدرج وصولا الى فصل الشتاء بكمية امطار تصل الى 86.4 ملم اي 50.3% من كمية الامطار الساقطة. وسجلت قيم التبخر اعلى الدرجات لتصل الى 3085.6 ملم/السنة ترتفع بشكل كبير في فصل الصيف لتصل الى 1376.9 ملم بنسبة 44.6% من كمية التبخر السنوية (1).

خريطة (1): موقع منطقة الدراسة.



المصدر: USGS (2004), Shuttle Radar Topography Mission, 3-Arc Second scenes for IRAQ, Unfilled Unfinished 2.0, Global Land Cover Facility, University of Maryland, College Park, Maryland, February 2000.

(1) الهيئة العامة للأحوال الجوية والرصد الزلزالي، وزارة النقل العراقية، بيانات غير منشورة، بغداد.

البيانات وطريقة العمل

تمثلت البيانات في التحليلات الكيميائية لمجموعة من الابار (42 بئراً) موزعة على عموم منطقة الدراسة جدول (1)، اشتملت التحليلات الكيميائية على التوصيلية الكهربائية (Ec) مقاسة بـ (المايكرموز/سم) وكل من الاملاح المذابة الكلية (TDS)، البوتاسيوم (K)، الصوديوم (Na)، المغنسيوم (Mg)، الكالسيوم (Ca)، الكلورايد (Cl) والكبريتات (SO4) وجميعها مقاسة بـ (المليغرام/لتر) جدول (1).

تم تحويل وحدات القياس للعناصر بوتاسيوم (K)، الصوديوم (Na)، المغنسيوم (Mg)، الكالسيوم (Ca)، الكلورايد (Cl) والكبريتات (SO4) الى (الملي مكافئ/لتر) باستخدام برنامج Aquachem 4.0 وذلك لتلبية متطلبات معادلة حساب امتزاز الصوديوم (Sodium Soluble Sodium) وكذلك النسبة المئوية للصوديوم (Absorption Ratio SAR) فضلاً عن تحديد نوعية المياه (Water Type) جدول (2).

تم اسقاط مواقع الابار حسب احداثياتها في الجدول (1) في برنامج ArcGIS 10.x على شكل نقاط وتم بعد ذلك دمج التحليلات الكيميائية وبناء قاعدة بيانات لها (Geo database) خريطة (2).

أ. صلاحية المياه لأغراض الاستخدام البشري

اعتمد في حساب صلاحية المياه لأغراض الاستخدام البشري على المواصفات القياسية العالمية والعراقية جدول (3).

يظهر الشكل (1) طريقة رسم خريطة توزيعات للمناطق المحتملة لتواجد المياه الجوفية الصالحة للاستهلاك البشري، إذ تم تحويل كل عنصر من العناصر الكيميائية الى خريطة شبكية (GRID) او سطح بما يعرف بـ (Raster) في برنامج ArcGIS باستخدام طريقة (IDW Interpolation) وبمساحة خلية (Cell Size) ثابتة (100م×100م) في جميع خرائط العناصر، خريطة (3، 4، 5، 6، 7، 8) وذلك لغرض اجراء عملية حساب الخلايا باستخدام (Map Algebra) والتي يمكن خلاله تحديد وحساب قيم الخلايا التي تحمل قيم محددة والتي في هذا الموضوع هي المواصفات القياسية للمياه للاستهلاك البشري وتكون النتيجة خريطة تبين توزيع المناطق التي تكون فيها طبيعة المياه مساوية للمواصفات القياسية بحددها الأعلى او اقل منها.

جدول (1): العناصر الكيميائية في ابار منطقة الدراسة.

| مليغرام/لتر | | | | | | | مايكروموز سم | دائرة العرض | خط الطول | رقم البنر |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-----|------|-----------------|----------------|-------------|--------------|
| SO4 | CI | Ca | Mg | Na | K | TDS | Ec | | | |
| 319 | 567 | 180 | 118 | 160 | 8.1 | 1500 | 2270 | 34.26 | 43.88 | 1 |
| 688 | 213 | 124 | 54 | 298 | 5.5 | 1514 | 2260 | 34.21 | 43.93 | 2 |
| 760 | 515 | 220 | 104 | 360 | 3 | 2084 | 3110 | 34.35 | 43.81 | 3 |
| 198 | 314.2 | 179.1 | 98 | 204 | 5 | 2092 | 3122 | 34.30 | 43.86 | 4 |
| 386 | 155 | 130 | 82 | 123 | 2 | 1329 | 1984 | 34.26 | 43.93 | 5 |
| 519 | 567 | 180 | 118 | 260 | 3.2 | 1521 | 2270 | 34.14 | 43.54 | 6 |
| 306 | 591 | 195.5 | 274.5 | 494.5 | 8.2 | 5313 | 7930 | 34.20 | 43.99 | 7 |
| 241 | 367 | 185.7 | 225.4 | 328.8 | 6.8 | 3584 | 5350 | 34.26 | 44.00 | 8 |
| 193 | 310 | 180 | 40 | 115 | 7.8 | 1272 | 1899 | 34.17 | 43.91 | 9 |
| 1978 | 788 | 488 | 75 | 426 | 5.5 | 3698 | 5520 | 34.13 | 43.93 | 10 |
| 2016 | 117 | 512 | 150 | 184 | 6.6 | 2732 | 4077 | 34.19 | 43.56 | 11 |
| 2131 | 198 | 472 | 102 | 522 | 6.8 | 2945 | 4396 | 34.13 | 43.59 | 12 |
| 1833 | 275 | 468 | 144 | 649 | 6.3 | 2412 | 3600 | 34.28 | 43.53 | 13 |
| 1912 | 125 | 345 | 90 | 152 | 4.7 | 3781 | 5644 | 34.17 | 43.83 | 14 |
| 3730 | 423 | 600 | 132 | 152 | 6 | 5816 | 8680 | 34.23 | 43.29 | 15 |
| 2297 | 557 | 598 | 193 | 275 | 6.8 | 3059 | 4566 | 34.18 | 43.38 | 16 |
| 1798 | 533 | 599 | 94 | 623 | 7.3 | 2680 | 4000 | 34.24 | 43.44 | 17 |
| 1949 | 186 | 584 | 154 | 414 | 7.2 | 3203 | 4781 | 34.14 | 43.47 | 18 |
| 1762 | 207 | 574 | 135 | 187 | 6.9 | 3269 | 4879 | 34.11 | 43.36 | 19 |
| 3100 | 664 | 489 | 125 | 245 | 6.5 | 2090 | 3120 | 34.06 | 43.83 | 20 |
| 1747 | 149 | 616 | 176 | 147 | 5.8 | 2137 | 3190 | 34.25 | 43.74 | 21 |
| 226 | 409 | 651 | 345 | 175 | 3.6 | 3069 | 4580 | 34.12 | 44.10 | 22 |
| 226 | 410 | 574 | 321 | 179 | 3.4 | 3182 | 4750 | 34.10 | 44.10 | 23 |
| 306 | 591 | 695.7 | 274.5 | 494.5 | 3.2 | 5313 | 7930 | 34.15 | 43.95 | 24 |
| 282 | 282 | 200 | 132.6 | 132 | 3.1 | 1500 | 2380 | 34.16 | 43.98 | 25 |
| 590 | 520 | 156 | 223 | 181 | 3.7 | 3060 | 4567 | 34.12 | 44.03 | 26 |
| 623.2 | 518 | 405.4 | 211 | 182 | 3.1 | 3028 | 4520 | 34.09 | 44.00 | 27 |
| 262 | 208 | 317.4 | 200.9 | 217.5 | 8.2 | 3028 | 4520 | 34.11 | 43.97 | 28 |

...تابع جدول رقم (1)

| مليغرام/لتر | | | | | | | مايكرموز سم | دائرة العرض | خط الطول | رقم البنر |
|-------------|------|-----|-----|------|------|------|----------------|----------------|-------------|--------------|
| SO4 | Cl | Ca | Mg | Na | K | TDS | Ec | | | |
| 520 | 211 | 109 | 337 | 10 | 7.16 | 2372 | 3540 | 34.09 | 44.05 | 29 |
| 478 | 208 | 345 | 433 | 8 | 7.22 | 2191 | 3270 | 34.12 | 44.14 | 30 |
| 1344 | 330 | 432 | 135 | 212 | 7.8 | 2405 | 3589 | 34.12 | 44.05 | 31 |
| 1830 | 200 | 619 | 63 | 287 | 8.9 | 2412 | 3600 | 34.32 | 43.38 | 32 |
| 1565 | 43 | 608 | 44 | 250 | 8.8 | 1722 | 2570 | 34.40 | 43.30 | 33 |
| 1766 | 160 | 320 | 121 | 403 | 9.5 | 2352 | 3510 | 34.49 | 43.49 | 34 |
| 1455 | 145 | 406 | 150 | 1120 | 8.4 | 1608 | 2400 | 34.42 | 43.18 | 35 |
| 1689 | 167 | 420 | 166 | 412 | 10.2 | 2178 | 3250 | 34.51 | 43.26 | 36 |
| 2269 | 781 | 432 | 254 | 713 | 12.7 | 3676 | 5486 | 34.47 | 43.58 | 37 |
| 2350 | 1100 | 520 | 200 | 874 | 10.4 | 4348 | 6490 | 34.44 | 43.48 | 38 |
| 2420 | 1491 | 336 | 185 | 1389 | 11.8 | 5233 | 7810 | 34.48 | 43.17 | 39 |
| 1725 | 284 | 600 | 83 | 311 | 11 | 2398 | 3579 | 34.17 | 43.86 | 40 |
| 1574 | 142 | 560 | 80 | 120 | 11.4 | 2124 | 3170 | 34.38 | 43.59 | 41 |
| 1800 | 165 | 590 | 95 | 122 | 12 | 3655 | 5455 | 34.37 | 43.49 | 42 |

المصدر: ضمياء ادهم الجبوري، التحليل المكاني للمياه الجوفية في قضاء سامراء واستثماراتها، جامعة بغداد، كلية التربية للبنات، رسالة ماجستير غير منشورة، 2015، ص ص 72-115.

جدول (2): العناصر الكيميائية (ملي مكافئ/لتر) ونوعية المياه في ابار منطقة الدراسة.

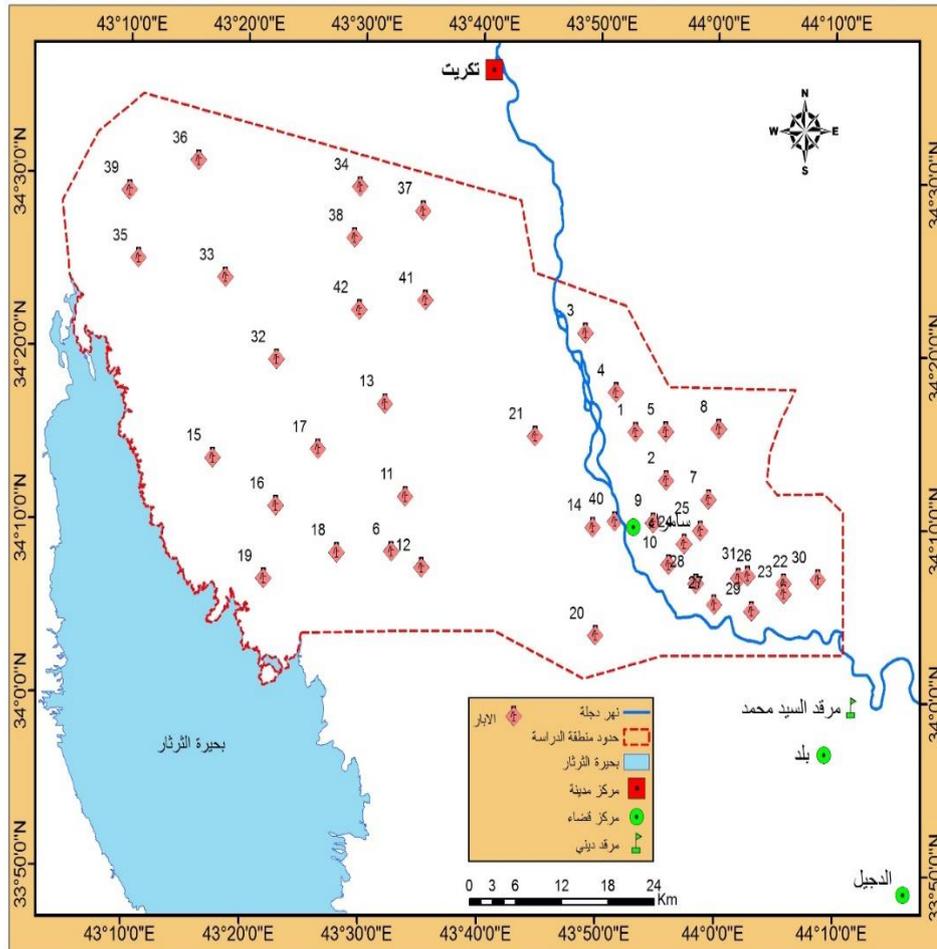
| نوعية المياه | ملي مكافئ/لتر | | | | | رقم البنر |
|---------------------|---------------|------|-------|-------|------|--------------|
| | SO4 | Ca | Mg | Na | K | |
| Na-Mg-Ca-Cl-SO4 | 10.81 | 9 | 9.83 | 11.3 | 0.21 | 1 |
| Na-Ca-SO4-Cl-CO3 | 14.33 | 6.2 | 4.5 | 12.96 | 0.14 | 2 |
| Na-Ca-Mg-SO4-Cl-CO3 | 15.83 | 11 | 8.67 | 15.65 | 0.08 | 3 |
| Ca-Na-Mg-Cl-CO3 | 4.13 | 8.96 | 8.17 | 8.87 | 0.13 | 4 |
| Mg-Ca-Na-SO4-CO3-Cl | 12.21 | 6.5 | 6.83 | 5.35 | 0.05 | 5 |
| Na-Mg-Ca-Cl-SO4-CO3 | 10.81 | 9 | 9.83 | 11.3 | 0.08 | 6 |
| Mg-Na-Cl-CO3 | 6.38 | 9.78 | 22.88 | 21.5 | 0.21 | 7 |
| Mg-Na-Ca-Cl | 5.02 | 9.29 | 18.78 | 14.3 | 0.17 | 8 |
| Na-Ca-Cl-CO3 | 4.02 | 9 | 3.33 | 9.35 | 0.2 | 9 |
| Ca-Na-SO4-Cl | 41.21 | 24.4 | 6.25 | 18.52 | 0.14 | 10 |
| Ca-Mg-SO4 | 42 | 25.6 | 12.5 | 8 | 0.17 | 11 |
| Ca-Na-SO4 | 44.4 | 23.6 | 8.5 | 22.7 | 0.17 | 12 |

...تابع جدول رقم (2)

| نوعية المياه | ملي مكافئ/لتر | | | | | رقم البنر |
|------------------|---------------|-------|-------|-------|------|--------------|
| | SO4 | Ca | Mg | Na | K | |
| Na-Ca-Mg-SO4 | 38.19 | 23.4 | 12 | 28.22 | 0.16 | 13 |
| Ca-SO4 | 39.83 | 17.25 | 7.5 | 6.61 | 0.12 | 14 |
| Ca-SO4 | 77.71 | 30 | 11 | 6.61 | 0.15 | 15 |
| Ca-Mg-SO4-Cl | 47.85 | 29.9 | 16.08 | 11.96 | 0.17 | 16 |
| Ca-Na-SO4-Cl | 37.46 | 29.95 | 7.83 | 27.09 | 0.19 | 17 |
| Ca-Na-Mg-SO4 | 40.6 | 29.2 | 12.83 | 18 | 0.18 | 18 |
| Ca-Mg-SO4 | 36.71 | 28.7 | 11.25 | 8.13 | 0.18 | 19 |
| Ca-SO4-Cl | 64.58 | 24.45 | 10.42 | 10.65 | 0.17 | 20 |
| Ca-Mg-SO4 | 36.4 | 30.8 | 14.67 | 6.39 | 0.15 | 21 |
| Ca-Mg-Cl | 4.71 | 32.55 | 28.75 | 7.61 | 0.09 | 22 |
| Ca-Mg-Cl | 4.71 | 28.7 | 26.75 | 7.78 | 0.09 | 23 |
| Ca-Mg-Na-Cl | 6.38 | 34.79 | 22.88 | 21.5 | 0.08 | 24 |
| Ca-Mg-Na- | 5.88 | 25.07 | 19.38 | 14.43 | 0.08 | 25 |
| Mg-Cl-SO4-CO3 | 12.29 | 7.8 | 18.58 | 7.87 | 0.09 | 26 |
| Ca-Mg-Cl-SO4-CO3 | 12.98 | 20.27 | 17.58 | 7.91 | 0.08 | 27 |
| Mg-Ca-Na- | 5.46 | 15.87 | 16.74 | 9.46 | 0.21 | 28 |
| Mg-CO3-SO4-HCO3 | 10.83 | 5.45 | 28.08 | 0.43 | 0.18 | 29 |
| Mg-Ca-SO4 | 9.96 | 17.25 | 36.08 | 0.35 | 0.19 | 30 |
| Ca-Mg-Na-SO4-Cl | 28 | 21.6 | 11.25 | 9.22 | 0.2 | 31 |
| Ca-Na-SO4 | 38.13 | 30.95 | 5.25 | 12.48 | 0.23 | 32 |
| Ca-Na-SO4 | 32.6 | 30.4 | 3.67 | 10.87 | 0.23 | 33 |
| Na-Ca-Mg-SO4 | 36.79 | 16 | 10.08 | 17.52 | 0.24 | 34 |
| Na-Ca-Mg-SO4 | 30.31 | 20.3 | 12.5 | 48.7 | 0.22 | 35 |
| Ca-Na-Mg-SO4 | 35.19 | 21 | 13.83 | 17.91 | 0.26 | 36 |
| Na-Ca-Mg-SO4-Cl | 47.27 | 21.6 | 21.17 | 31 | 0.33 | 37 |
| Na-Ca-SO4-Cl | 48.96 | 26 | 16.67 | 38 | 0.27 | 38 |
| Na-SO4-Cl | 50.42 | 16.8 | 15.42 | 60.39 | 0.3 | 39 |
| Ca-Na-SO4 | 35.94 | 30 | 6.92 | 13.52 | 0.28 | 40 |
| Ca-SO4 | 32.79 | 28 | 6.67 | 5.22 | 0.29 | 41 |
| Ca-SO4 | 37.5 | 29.5 | 7.92 | 5.3 | 0.31 | 42 |

المصدر: جدول (1) باستخدام برنامج Aquachem 4.0 .

خريطة (2): ابار المياه الجوفية في منطقة الدراسة.



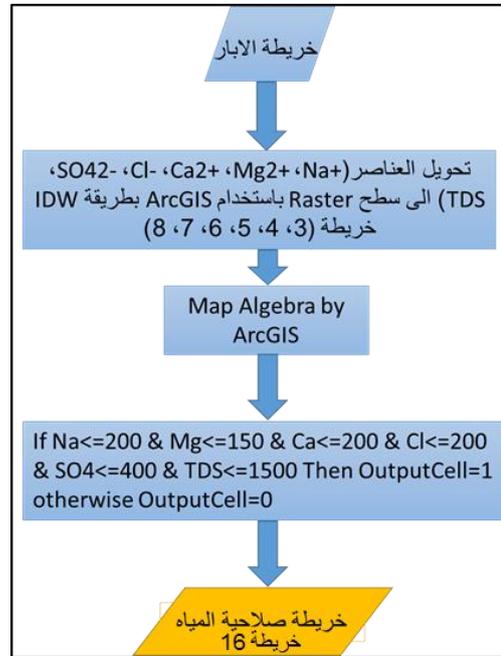
المصدر: جدول (1) باستخدام برنامج ArcGIS 10.x

جدول (3): المواصفات القياسية لصلاحية المياه للاستخدام البشري.

| المواصفات العراقية | المواصفات العالمية (WHO) | | العناصر (مليغرام/لتر) |
|--------------------|--------------------------|-------------|-------------------------------|
| | الحد الاعلى | الحد الادنى | |
| 200 | - | - | Na ⁺ |
| 150 | 150 | 20 | Mg ²⁺ |
| 200 | 200 | 75 | Ca ²⁺ |
| 600 | 600 | 200 | Cl ⁻ |
| 400 | 400 | 200 | SO ₄ ²⁻ |
| 1500 | 1500 | 500 | TDS |

المصدر: WHO, International Standard for Drinking Water, 3rd Ed., Geneva, Switzerland, 1971, p.36.

عبد العالي الدباج، وشهلة نجم الخشاب، دراسة هيدروجيولوجية وهيدروكيميائية لمنطقة السلطان (NH-38-6)، مقياس 1:250000، جمهورية العراق، وزارة الصناعة والمعادن، المنشأة العامة للمسح الجيولوجي والتحري المعدني، بيانات غير منشورة، بغداد، 2001، ص13.



شكل (1): مخطط انموذج حساب ورسم خريطة صلاحية المياه لاستهلاك البشري.

ب. صلاحية المياه لأغراض الزراعة

تم اعتماد طريقتين لحساب صلاحية المياه لأغراض الارواء الزراعي وهي كالآتي:

1. طريقة Richards (1954) (1)

تعتمد هذه الطريقة على حساب معدل امتزاز الصوديوم (SAR) والتوصيلية الكهربائية (EC) مقاسة بالمليموز/سم، يتم حساب نسبة امتزاز الصوديوم من المعادلة الآتية (2):

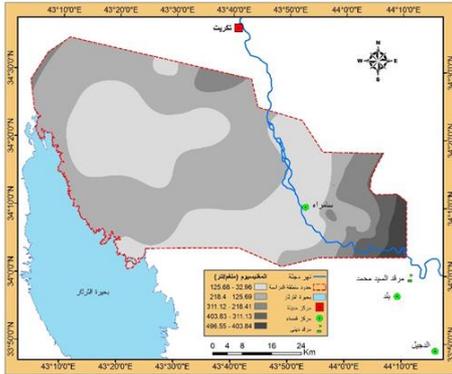
$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{(Ca^{2+} + Mg^{2+})/2}}$$

العناصر المستخدمة في معادلة امتزاز الصوديوم يجب ان تكون بـ (ملي مكافيء/لتر).

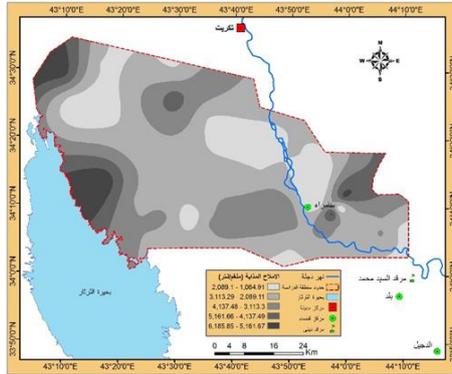
(1) Richards, L.A., Diagnosis and improvement of saline and alkali soils, U.S. Department of Agricultural Handbook, Vol. 60, Washington D.C., U.S.A., 1954, pp. 72-81.

(2) Ibid, p.72.

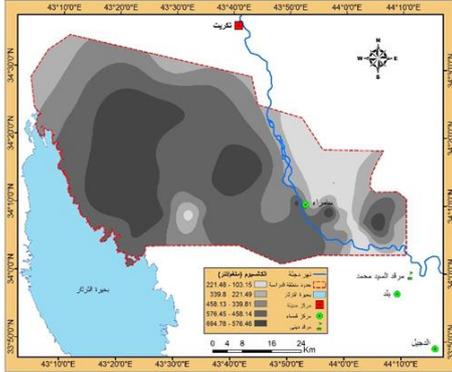
خريطة (4): توزيع المغنيسيوم (ملغم/لتر)



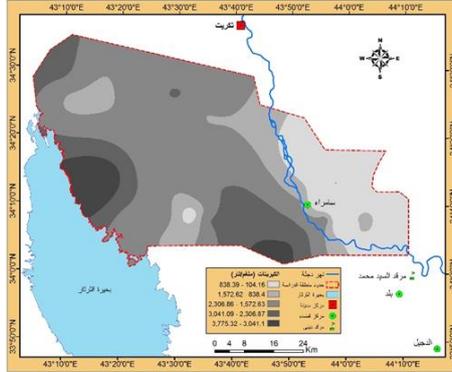
خريطة (3): توزيع الاملاح المذابة (ملغم/لتر)



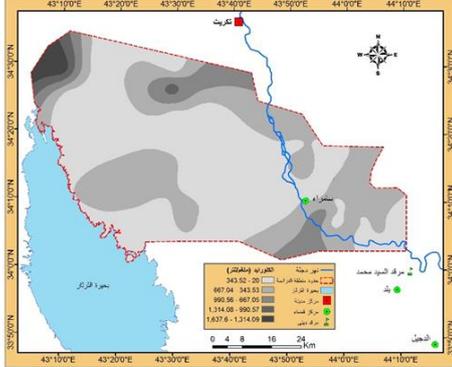
خريطة (6): توزيع الكالسيوم (ملغم/لتر)



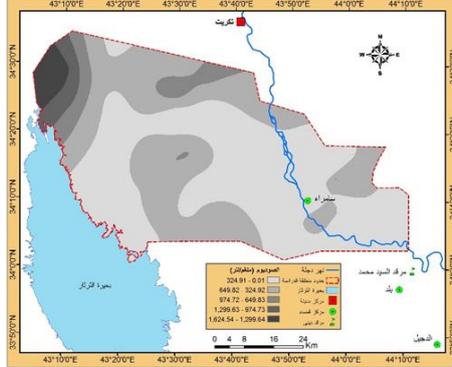
خريطة (5): توزيع الكبريتات (ملغم/لتر)



خريطة (8): توزيع الكلورايد (ملغم/لتر)



خريطة (7): توزيع الصوديوم (ملغم/لتر)



المصدر: جميع الخرائط جدول (1) خريطة (2)، باستخدام برنامج ArcGIS بطريقة IDW.

يتم تحديد رمز المياه حسب التوصيلة الكهربائية ونسبة امتزاز الصوديوم من الجدول (4):
جدول (4): تحديد رمز المياه الجوفية.

| الدليل | Ec مايكروموز/سم | الدليل | SAR |
|--------|-----------------|--------|-----------|
| C1 | <250 | S1 | <10 |
| C2 | >250 - <750 | S2 | >10 - <18 |
| C3 | >750 - <2250 | S3 | >18 - <26 |
| C4 | >2250 | S4 | >26 |

المصدر: Richards, L.A. Op.cit, pp. 79-80.

بعد تحديد الرمز للعينة يتم استخراج مدى صلاحيته المياه للإرواء الزراعي وقد صنف Richards المياه حسب صلاحيتها الى خمس أصناف جدول (5).

جدول (5): صلاحية المياه للإرواء الزراعي حسب الرموز.

| نوع المياه | صنف المياه |
|------------------------------|----------------------|
| C1S1 | ممتاز Excellent |
| C1S1, C2S1, C2S2 | جيد Good |
| C1S3, C3S1 | مسموح به Permissible |
| C2S3, C3S2, C3S3 | هامشي Marginal |
| C1S4, C2S4, C3S4, C4S1, C4S2 | رديء Poor |
| C4S3, C4S4 | رديء جداً Very Poor |

المصدر: Richards, L.A. Op.cit, pp. 79-80.

2. طريقة (1) Wilcox (1955) & (2) Ayers, Westcot (1985)

تعتمد هذه الطريقة على ثلاث عناصر وهي التوصيلية الكهربائية (Ec) وامتزاز الصوديوم (SAR) و النسبة المئوية للصوديوم (SSP)، يتم حساب النسبة المئوية للصوديوم من المعادلة الآتية⁽³⁾: والتي تتطلب ان تكون العناصر ايضاً بوحدات (ملي مكافئ/لتر).

- (1) Wilcox, L.V., Classification and use of irrigation water, U.S. Department of Agriculture, Circular No. 969, Washington D.C. U.S.A., 1955, pp. 1-19.
- (2) Ayers, R.S. and Westcot, D.W., Water quality for agriculture. irrigation and drainage, Paper No. 29, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 1985, p. 8.
- (3) Todd, D.K., Groundwater hydrology, John Wiley and Sons Inc., New York, U.S.A., 1980, p. 347.

$$SSP = \frac{Na^{+} + K^{+}}{Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^{+} + K^{+}} \times 100$$

يتم بعد ذلك تحديد نوع المياه ومدى ملائمتها للإرواء الزراعي من الجدول (6)، وقد حدد ويلكوكس وايرس وزميله أربع أصناف لنوعية المياه للأغراض الزراعية.

جدول (6): ملائمة المياه الجوفية للإرواء الزراعي حسب Ayers, Westcot (1985), & Wilcox (1955)

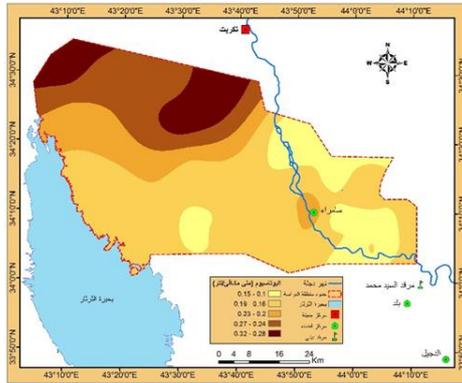
| الملائمة للإرواء الزراعي | SSP | SAR | Ec مايكروموز/سم |
|--------------------------|--------|--------|-----------------|
| ممتاز Excellent | <20 | <10 | <700 |
| جيد Good | >20-40 | >10-18 | >700-3000 |
| ضعيف Fair | >40-80 | >18-26 | >3000 |
| رديء Poor | >80 | >26 | - |

المصدر: Wilcox, L.V., Classification and use of irrigation water, U.S. Department of Agriculture, Circular No. 969, Washington D.C. U.S.A., 1955, pp. 1-19.

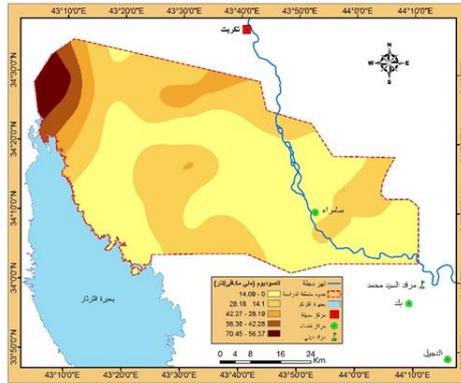
-Ayers, R.S. & Westcot, D.W., Water quality for agriculture. irrigation and drainage, Paper No. 29, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 1985, 8.

تم تحويل العناصر الكيميائية التي تطلبها معادلة امتزاز الصوديوم SAR ونسبة امتزاز الصوديوم SSP إلى خرائط شبكية (Raster) بنفس الطريقة المستخدمة في حساب صلاحية المياه للاستهلاك البشري وهي عناصر الصوديوم، البوتاسيوم، المغنسيوم والكالسيوم مقاسة بوحدات (ملي مكافئ/لتر) خريطة (9، 10، 11، 12) وذلك لغرض رسم خريطة لكل منهما خريطة (13)، (14) كما تم رسم خريطة للتوصيلية الكهربائية خريطة (15) لإدخالها في نموذج تحديد صلاحية المياه بالطريقتين المذكورتين.

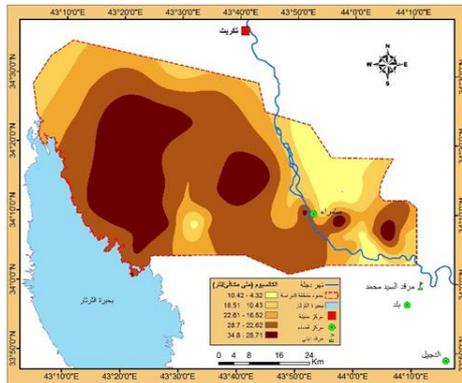
خريطة (10): توزيع البوتاسيوم (ملي مكافئ/لتر)



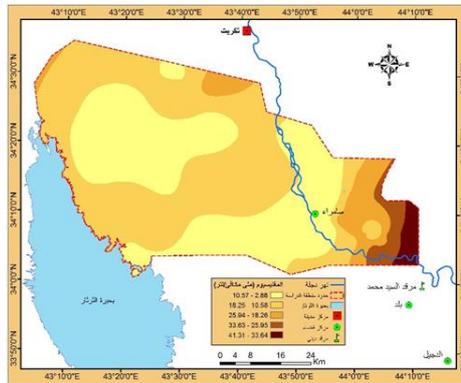
خريطة (9): توزيع الصوديوم (ملي مكافئ/لتر)



خريطة (12): توزيع الكالسيوم (ملي مكافئ/لتر)

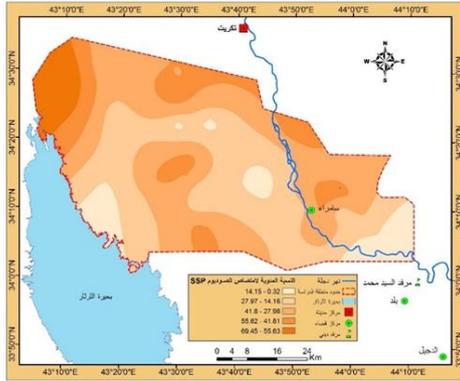


خريطة (11): توزيع المغنيسيوم (ملي مكافئ/لتر)

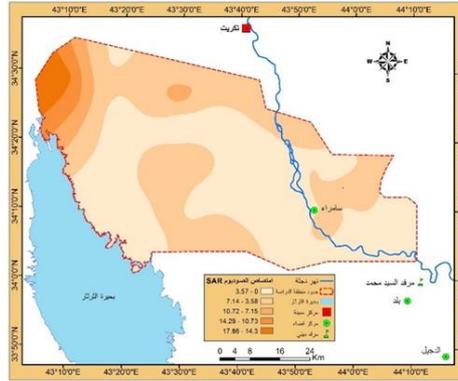


المصدر: جميع الخرائط جدول (2) خريطة (2)، باستخدام برنامج ArcGIS بطريقة IDW.

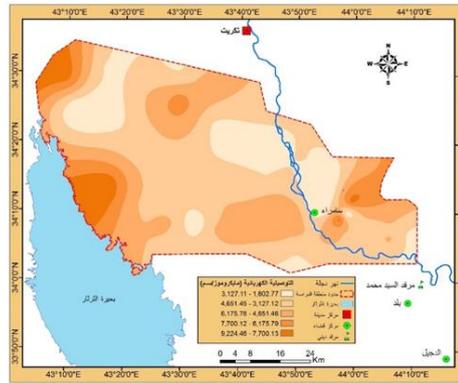
خريطة (14): توزيع النسبة المئوية للصوديوم SSP



خريطة (13): توزيع امتزاز الصوديوم SAR

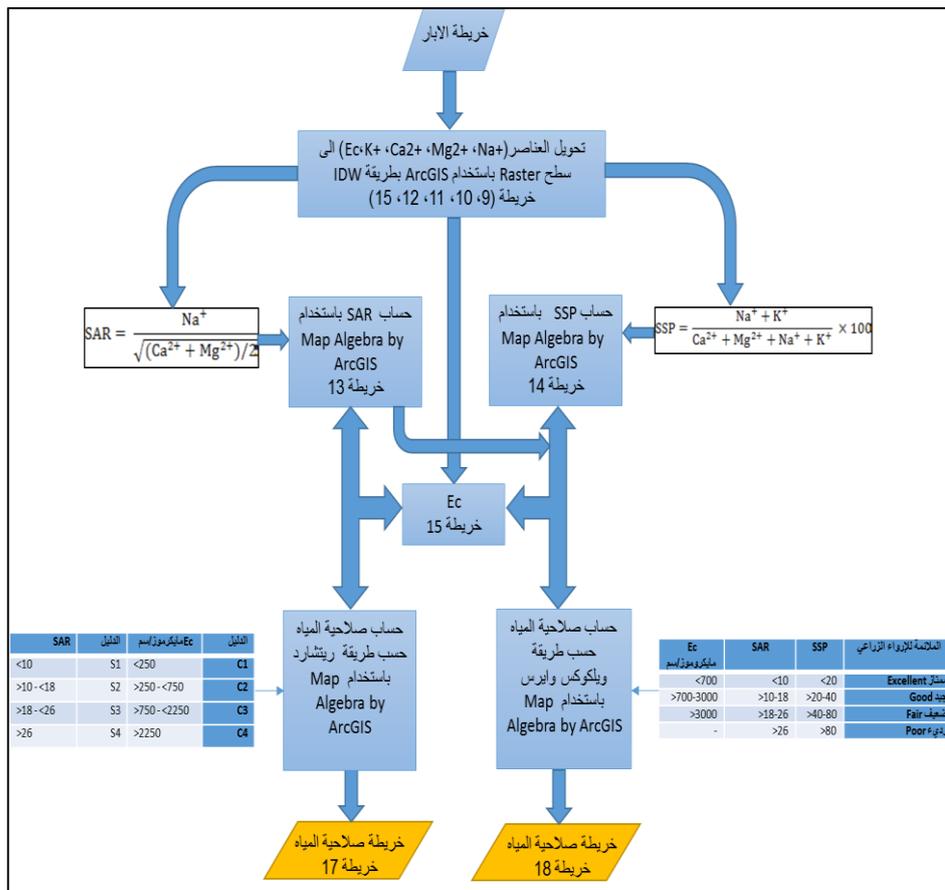


خريطة (15): توزيع التوصيلية الكهربائية



المصدر: جميع الخرائط جدول (1) خريطة (9، 10، 11، 12)، باستخدام برنامج ArcGIS بطريقة IDW و Map Algebra.

تم بناء انموذج لحساب ورسم خريطتين تبين التباين المكاني لصلاحية المياه الجوفية في منطقة الدراسة لأغراض الارواء الزراعي شكل (2)، باستخدام Map Algebra في برنامج ArcGIS 10.x.



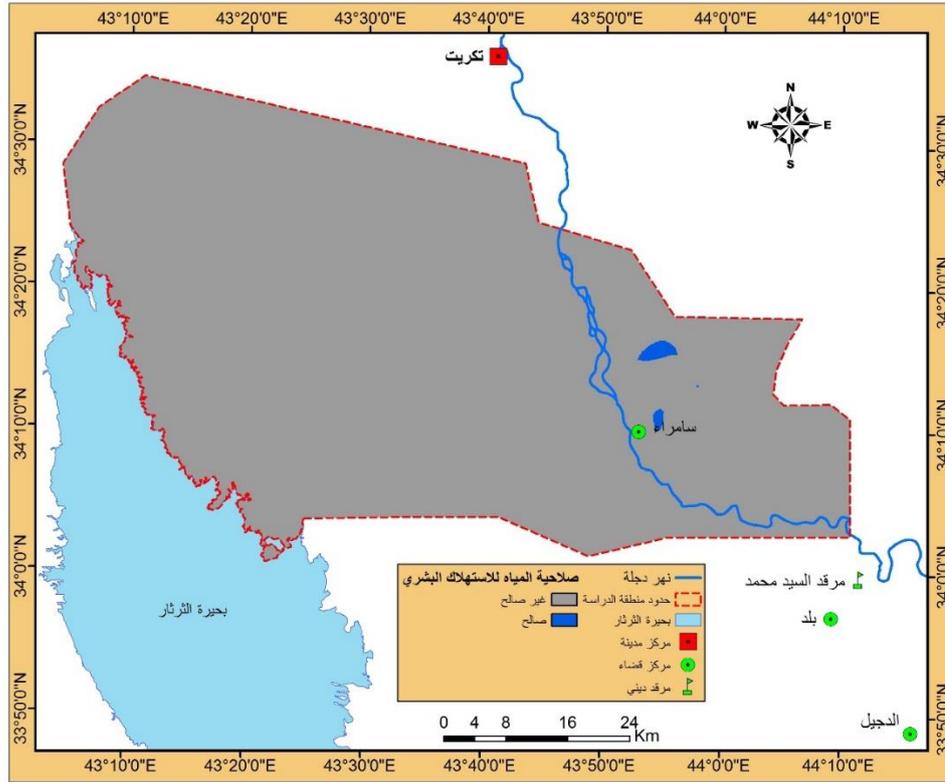
شكل (2): مخطط نموذج حساب ورسم خريطة صلاحية المياه للإرواء الزراعي حسب طريقة ريتشارد وطريقة ويلكوكس وايرس.

النتائج والمناقشة

ظهر من خلال حساب نوعية المياه جدول (2) ان غالبية المياه الجوفية في منطقة الدراسة يسود فيها عناصر الكالسيوم، المغنسيوم، الكبريتات والصوديوم ويعكس ذلك تأثير التركيب الصخري لمكامن المياه الجوفية على تركيز هذه العناصر بفعل اذابة المياه للصخور الجيرية والجسبية المتكونة من الكالسيوم والمغنسيوم والكبريتات بشكل رئيس والعائدة الى تكوينات العصر الثلاثي.

من خلال تطبيق الانموذج شكل (1) لحساب صلاحية المياه الجوفية لأغراض الاستخدام البشري ورسم خريطة توضح التباين المكاني لاحتمالية صلاحية المياه خريطة (16)، ظهر ان المناطق لاحتمالية تواجد مياه جوفية صالحة للاستهلاك البشري محدودة جدا وتقدر مساحتها 11.94 كم^2 فقط وتقع الى الشرق من نهر دجلة وقرب قضاء سامراء ويعود ذلك الى ارتفاع نسب العناصر الكيميائية ومجموع الاملاح المذابة عن الحدود المسموح بها والناجمة من الامدادات المستمرة للاملاح المذابة في الصخور التي تتواجد فيها هذه المياه.

خريطة (16): التباين المكاني لصلاحية المياه الجوفية للاستهلاك البشري.

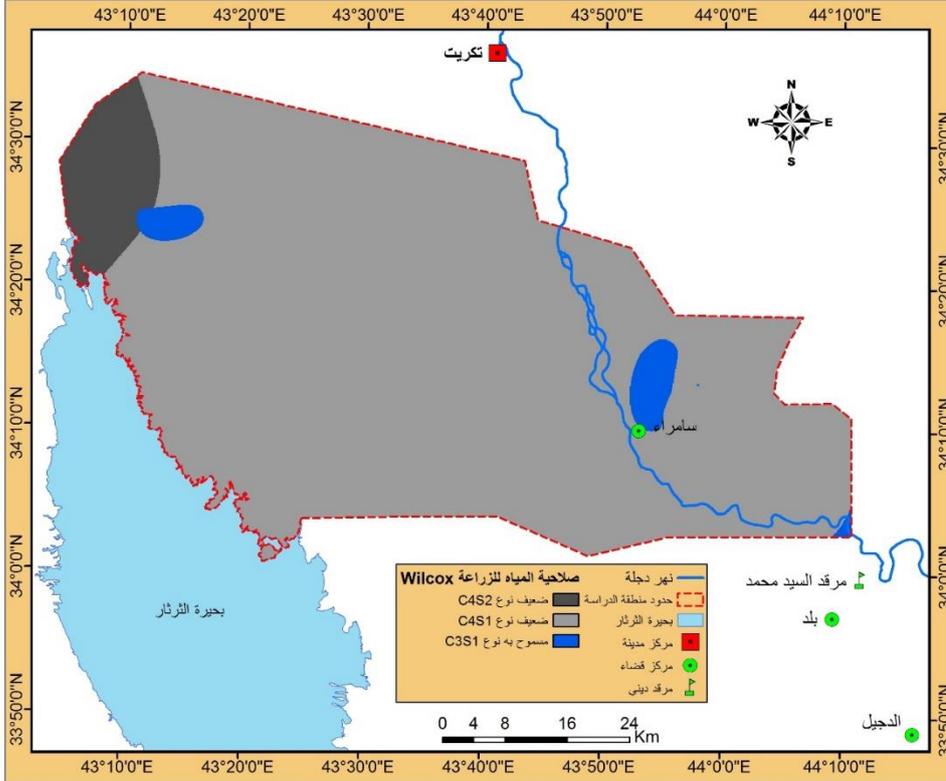


المصدر: خريطة (3، 4، 5، 6، 7، 8) باستخدام برنامج ArcGIS 10.x.

اما صلاحية المياه لأغراض الارواء الزراعي وفق طريقة Richards خريطة (17)، فظهر مستوى للمياه المسموح بها من نوع C3S1 بمساحة 90 كم² في منطقة شرق نهر دجلة وشمال غرب منطقة الدراسة ونوعين من المياه الرديئة الأول من نوع C4S1 في اغلب منطقة الدراسة بمساحة 3721 كم² ونوع C4S2 بمساحة 224 كم² في الشمال الغربي من منطقة الدراسة وشمال

بحيرة الثرثار. ويعكس ذلك محدودية المناطق المحتملة لتواجد مياه صالحة للإرواء الزراعي حسب هذا التصنيف.

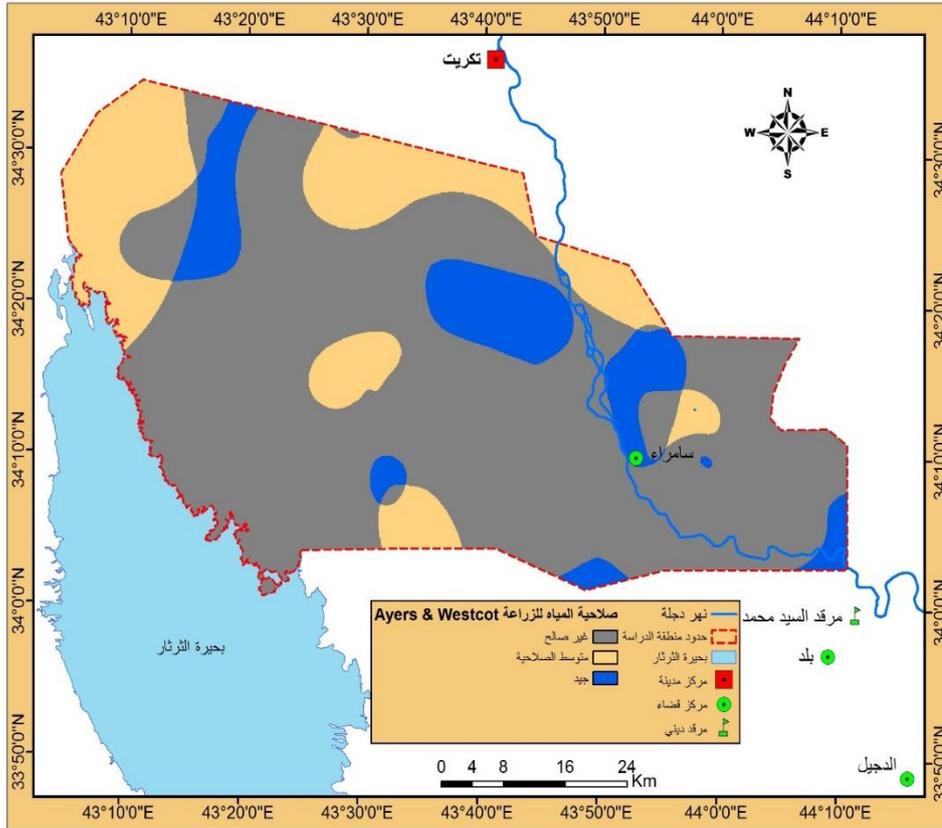
خريطة (17): التباين المكاني لصلاحية المياه الجوفية للإرواء الزراعي (Richards 1954).



المصدر: خريطة (13، 15) باستخدام برنامج ArcGIS 10.x.

في حين صلاحية المياه للإرواء الزراعي حسب طريقة Ayers, Westcot (1985) & Wilcox (1955) خريطة (18)، فقد ظهرت ثلاث مستويات للمياه وهي مياه جيدة بمساحة 451 كم² توزعت في شرق وغرب نهر دجلة ومياه ضعيفة بمساحة 782 كم² في شمال وغرب منطقة الدراسة ومياه رديئة بمساحة 2802 كم².

خريطة (18): التباين المكاني لصلاحية المياه الجوفية للإرواء الزراعي Ayers, Westcot (1985), & Wilcox (1955).



المصدر: خريطة (13، 14، 15) باستخدام برنامج ArcGIS 10.x.

الاستنتاجات

ظهر من خلال دراسة صلاحية المياه الجوفية لأغراض الاستهلاك البشري والزراعي محدودية المناطق المحتملة لتواجد مياه صالحة لتلك الأغراض ويعود ذلك لأسباب أهمها اذابة المياه للأملاح الموجودة في الصخور المكونة لمكامن هذه المياه لاسيما وأنها تتواجد في مكامن من الصخور الجيرية والجبسية المكونة في تركيبها الكيماوية من عناصر الكالسيوم، المغنسيوم، الكبريتات، والكاربونات والتي تتميز بقدرتها العالية على الإذابة في المياه وهذا يستدعي اجراء معالجة لهذه المياه سواء بطريقة الترسيب الكيماوي او طريقة التبادل الايوني. كما ظهر أيضاً ان تركز المناطق ذات الاحتمالية العالية على تواجدها مياه صالحة هي في شرق نهر دجلة قرب قضاء سامراء مما يعكس تأثير مياه نهر دجلة على تحسين نوعية المياه في هذه المناطق على العكس من المناطق المرتفعة الواقعة الى الغرب او يمين نهر دجلة باتجاه بحيرة الثرثار اذ ينعدم تأثير النهر بسبب الارتفاع. أيضاً قلة الامطار عامل اخر في زيادة تراكيز الاملاح وانخفاض نوعية المياه.

References (Arabic & English)

- Ahmed, H.S. & Al-Jiburi, H.K. (2005). *Hydrogeological and hydrochemical study of Samarra Quadrangle (NI-38-6)*, scale 1: 250 000. int. rep. no. 2949 (unpublished). GEOSURV, Baghdad, Iraq.
- Al-Dabbaj, A.A. & Al-Khashab, S.N. (2000). *Hydrogeological and hydrochemical study of Al-Salman Quadrangle*, sheet NH-38-6, scale 1: 250 000. int. rep. no. 2701(unpublished). GEOSURV, Baghdad, Iraq.
- Ayers, R.S. & Westcot, D.W. (1985). *Water quality for agriculture. irrigation and drainage*, Paper No. 29, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, p. 8.
- Harter, Thomas. (2003). *Basic concepts of groundwater hydrology*, UCANR Publications, pp: 1-6.
- Islam, M. S. & Shamsad, S. Z. K. M. (2009). Assessment of irrigation water quality of Bogra district in Bangladesh. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 34(4), 507-608.
- Joshi, D. M., Kumar, A., & Agrawal, N. (2009). Assessment of the irrigation water quality of river Ganga in Haridwar district. *Rasayan J Chem*, 2(2), 285-292.

- KORTATSI, Benony K. et al. (2008). *Hydrogeochemical evaluation of groundwater in the lower Offin basin*, Ghana, Environmental geology, 53.8: 1651-1662.
- Mahmoud, S.S. & Ahmed, H.S. (1986). *A study of groundwater in Al-Nebaai gravels project*. GEOSURV's report (unpublished). Baghdad, Iraq.
- Ministry of Transportation. (2014). Climatological Data (unpublished). Iraqi Meteorological Organization & Seismology. Dept. of Climate. Baghdad, Iraq.
- MOWR (Ministry of Water Resources). (2016). *Chemical analysis of Groundwater in Samarra Area*. Commission of Groundwater, Dept. of Studies and Investigations, Baghdad, Iraq.
- Phocaidés, A. (2007). *Technical handbook on pressurized irrigation techniques*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Chapter 7.
- Richards L.A. (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. U.S. Department of Agricultural Handbook, Vol. 60, Washington D.C., U.S.A.
- Todd, D.K. (1980). *Groundwater hydrology*. John Wiley and Sons Inc., New York, U.S.A., pp. 10-138.
- USGS. (2004). *Shuttle Radar Topography Mission, 3-Arc Second scenes for IRAQ*, Unfilled Unfinished 2.0, Global Land Cover Facility, University of Maryland, College Park. Maryland. February, 2000.
- Vasanthavigar, M. Srinivasamoorthy, K. Vijayaragavan, K. Ganthi, R. R. Chidambaram, S. Anandhan, P. Manivannan & Vasudevan, S. (2010). *Application of water quality index for groundwater quality assessment: Thirumanimuttar sub-basin, Tamilnadu, India*. Environmental monitoring and assessment, 171(1-4), 595-609.
- WHO. (1971). *International Standard for Drinking Water*, 3rd Ed., Geneva, Switzerland.

- Wilcox, L.V. (1955). *Classification and use of irrigation water*, U.S., Department of Agriculture, Circular No. 969, Washington D.C. U.S.A., 1-19.