------ مجلة علوم الرافدين، المجلد 16، العدد 2 خاص بعلوم الأرض، ص 176-190، 2005 ------

إمكانية استخدام نظام نمذجة المياه الجوفية لإعداد المرتسمات الجيولوجية لمنطقة الحمدانية، شمال العراق

عبدالغني عبو حسن الصادق **يوسف فرنسيس اقليمس**

مركز بحوث السدود والموارد المائية

جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام 2003/10/20 ، تاريخ القبول 2004/6/22)

الملخص

إن هذا البحث يتناول إمكانية بناء نموذج حاسوبي ثلاثي الأبعاد يماثل في شكله وأبعاده شكل وأبعاد الطبقات الجيولوجية في منطقة الحمدانية (جنوب شرق الموصل). وذلك من خلال ربط المعلومات المتوفرة عن سمك الطبقات في نقاط معينة مع بعضها البعض. تم الاستفادة من بيانات الاستكشاف الكهربائي (Electrical sounding) لمنطقة الحمدانية في عملية بناء النموذج الثلاثي الأبعاد لهذه التكوينات مستعينين في ذلك بنظام نمذجة المياه الجوفية (GMS). حيث تم ربط قيم بدايات التكوينات في كل نقطة جس بمثيلاتها في النقاط الأخرى لتكوين شبكة مثلثات تغطي منطقة الدراسة. تم تكوين أربعة شبكات الواحدة فوق الأخرى كل واحدة منها تمثل تكوين جيولوجي مختلف، وربطت هذه الشبكات عموديا من خلال مليء الفراغات فيما بينها لتكوين مجسم يمثل نموذج ثلاثي الأبعاد لهذه التكوينات الجيولوجية. يماثل هذا النموذج في أبعاده وحجمه التكوينات الجيولوجية الحقيقية نسبيا وبدرجة تصغير معلومة. أمكن من خلال النمـوذج الناتج التعرف على الحجم الحقيقي لكل تكويـن داخل حدود منطقة الدراسة بالمتر المكعب، حيـث ظهر مثلا بان حجم تكويـن باي حسن يساوي (21×10^9) متر مكعب وحجم تكويـن انجانة يساوي (136×10^9) متر مكعب.

Using GMS to Formulate the Geological Sections for Hamdania Region, North Iraq

Abdulghani A. Hasan **Yousif F. Eklemis**

Research Centre for Dams and Water Resources

Mosul University

ABSTRACT

Predicting Three dimention solid model for aquifers in any region is one of the most important aims for hydrologists to reach. The Electrical investigation data have been used

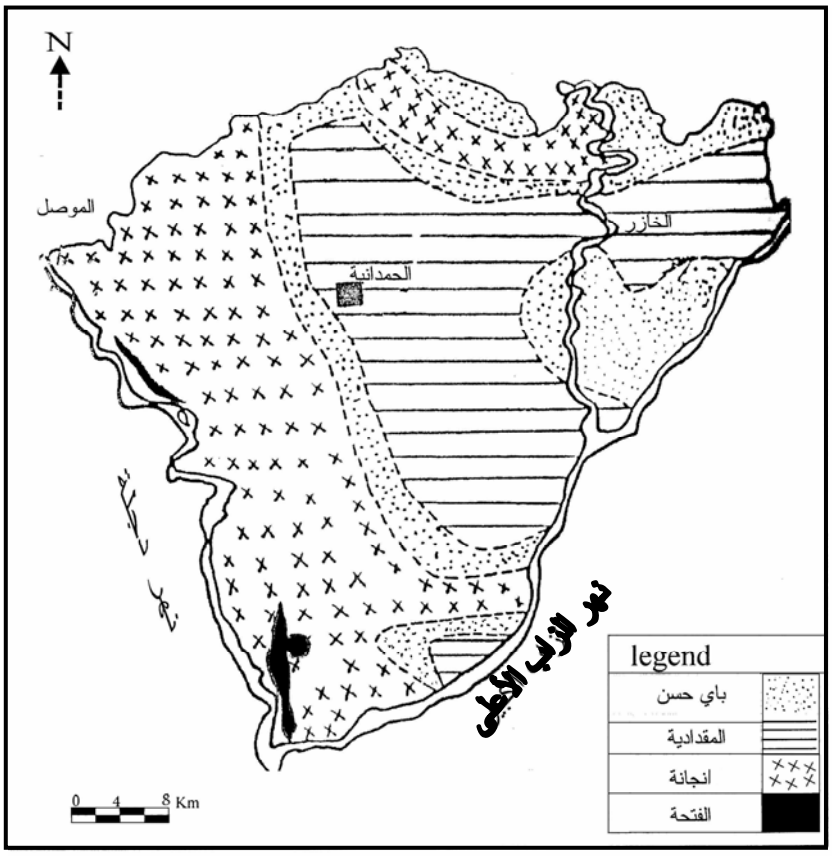
for Hamdania region. This data represent the aquifers thickness in electrical sounding points. AThree dimention computerized solid model was build using the groundwater modeling system (GMS). This has been done by connecting the aquifer upper points to make triangular irregular network (TIN), which is repeated for all aquifers in the study region to make four TINs. By filling between these TINs a 3D solid model was build for geological aquifers in the study region. The size and the dimentions for all aquifers were calculated from this model. The volume for Bi Hasan Formation is (21 x 10^9) m^3 while the volume for Injanah Formation is (136 x 10^9) m^3.

المقدمة

لا يخفى على أحد مدى أهمية العلاقة بين التعرف على التكوينات الجيولوجية بطبقاتها المختلفة في أية منطقة وبين حركة المياه الجوفية وكميتها ونوعيتها. إذ تعد عملية استنباط نموذج ثلاثي الأبعاد للتكوينات المائية في أية منطقة إحدى أهم الغايات التي يأمل الباحثون في موضوع المياه الجوفية الوصول إليها. فلا يمكن بأي حال من الأحوال دراسة المياه الجوفية في منطقة معينة دون التعرف على نوع وحجم وسمك التكوينات والطبقات الجيولوجية فيها. لذا سنحاول من خلال هذا البحث استنباط نموذج ثلاثي الأبعاد يماثل نسبيا في أبعاده المختلفة التكوينات الجيولوجية الموجودة في منطقة الدراسة. الهدف من بناء النموذج هو التوصل إلى إمكانية استخدام نظام نمذجة المياه الجوفية (GMS) (Groundwater Modeling System) في إعداد المرتسمات والمقاطع الجيولوجية مما يساعد في حساب حجم وامتداد التكوينات المائية الموجودة في هذه المنطقة، والذي يقودنا إلى تقدير كميات المياه المتوفرة فيها وكل ما له علاقة مباشرة بموضوع المياه الجوفية كعملية حفر الآبار الجوفية العميقة. يمكن لنا بعد اكتمال النموذج تحديد سمك الطبقات الجيولوجية في أية منطقة مختارة من المناطق المشمولة بالنموذج، مما يقود إلى تسهيل عملية حفر الآبار وعدم ضياع الجهد بالحفر إلى أعماق غير ضرورية. فضلا عن إمكانية الاستفادة من هذه النتائج في مجالات أخرى كثيرة كتعين أماكن تواجد الصدوع الجيولوجية إضافة إلى أن التعرف على حجم وأبعاد الطبقات.

منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة على بعد حوالي (35كم) جنوب شرق مدينة الموصل. ضمن دائرتي عرض (″30 ′20 °36 – ″00 ′00 °36) وخطي طول (″00 ′10 °43 – ″00 ′32 °43)، وتبلغ مساحة المنطقة المدروسة ما يقرب من (950) كم^2 حيث تشتمل على الجزء الأكبر من قضاء الحمدانية . يمثل نهر دجلة حدود المنطقة من جهة الغرب أما الجهة الشرقية فيحدها نهر الزاب الاعلى ومن الشمال طية عين الصفرة وكما موضح في(الشكل 1).



الشكل1: خارطة موقعية و جيولوجية لمنطقة البحث تبين التكاوين المنكشفة في منطقـة الدراسـة (اقليمس، 2000)

جيولوجية منطقة الدراسة

تتكون منطقة الدراسة من ترسبات العصر الثلاثي (Tertiary) والرباعي (Quaternary) وتنكشف على السطح التكاوين التالية من الأقدم إلى الأحدث (العمري وصادق، 1977)، (الجبوري ،1988):

تكوين الفتحة (المايوسين الاوسط): يتألف هذا التكوين من عدة دورات ترسيبية، تمتاز كل دورة بوجود المارل الأخضر والأحمر والحجر الجيري والملح الصخري والجبس والانهايدرات (Al-Mubarak and Yokhanna, 1977).

تكوين الانجانة (المايوسين العلوي): يتألف هذا التكوين من تعاقبات حجر الرمل وحجر الغرين وحجر الطفل ويشكل هذا التكوين الجزء الواسع من الترسبات تحت السطحية في المنطقة، ويختلف سمكه من منطقة إلى أخرى حيث يصل في أقصاه إلى (200) متر في الجهة الشرقية (اقليمس،2000).

تكوين المقدادية (البلايوسين العلوي): يتألف هذا التكوين من تعاقب حجر الرمل وحجر الطفل وحجر الغرين مع وجود أفاق من حجر الرمل الحاوي على الحصى. ويشغل مساحات واسعة من المنطقة وخاصة في الجهة الشمالية الشرقية.

تكوين باي حسن (البليوسين العلوي): يتألف هذا التكوين من تعاقب حجر المدملكات مع حجر الرمل وحجر الغرين وحجر الطفل ويكون غالبا مغطى بالرسوبيات الحديثة.

ترسبات العصر الرباعي: تتألف هذه الترسبات من المصاطب النهرية وتتكون من (المدملكات والحصى الحاوية على عدسات رملية وغرينية) إضافة إلى التربة وهي هوائية ونهرية منقولة قهوائية وناعمة النسيج ونسبة الكربونات والكبريتات فيها عالية (Al-Dabagh, and Al-Naqib, 1991).

البيانات المعتمدة في بناء النموذج الحاسوبي

لبناء نموذج ثلاثي الأبعاد للطبقات الجيولوجية باستخدام برنامج GMS ولاية منطقة لابد من توفر البيانات الخاصة بسمك الطبقات الجيولوجية في نقاط متعددة تغطي تلك المنطقة , يمكن الحصول على مثل هذه البيانات بطرائق متعددة منها المجسات البئرية حيث يتم تحديد سمك ونوع الطبقات الجيولوجية عند حفر الآبار، كذلك طريقة المسح الزلزالي للمنطقة أو باستخدام طريقة الاستكشاف الكهربائي وهي الطريقة التي تم اختيارها لإكمال متطلبات هذا البحث. حيث تم اعتماد بيانات الاستكشاف الكهربائي لمنطقة الحمدانية (الجدول 1) بعد التفسيرات النهائية من قبل (اقليمس ، 2000).

تم الحصول على بيانات هذه الدراسة باستخدام الاستكشاف الكهربائي العمودي باستخدام جهاز (ABEM SAS 300). أنجز الاستكشاف الكهربائي باستخدام ترتيب (Schlumberger) للأقطاب وبمسافات لاقطاب التيار AB=1500 ، ويعد هذا الترتيب ملائما لاغراض الاستكشاف العمودي من أجل تحديد سك الطبقات, (Griffiths and King , 1981). تم تحويل قراءات المقاومية الكهربائية إلى أعماق الطبقات المختلفة عند كل نقطة استكشاف من خلال تفسير نتائج المسح الكهربائي بطرائق معروفة لتحديد سمك الطبقات المختلفة في أية نقطة فضلا عن تصحيح تلك التفسيرات بالاعتماد على المجسات البئرية الموجودة في المنطقة(الشكل 2) وكما موضح في (الجدول 1)، الذي يبن عدد نقاط الاستكشاف المعتمدة ومواقعها بالنسبة للاحداثين السيني والصادي. كل نقطة قياس في الجدول يقابلها قيم سمك الطبقات المختلفة عند تلك النقطة.

بناء النموذج الحاسوبي

تم اختيـار البرنـامج الحاسوبي (Groundwater Modeling System) (GMS) لاستخدامه كأداة في عملية استنبـاط نموذج ثلاثي الأبعاد للطبقات الجيولوجية الموجودة في منطقة الدراسة، حيث يعتمد هذا البرنامج الحاسوبي على الطرائق العددية ومنها أسلوب العناصر المحددة (Finite Elements). يتم بموجب هذا النموذج تسقيط نقاط الاستكشاف الكهربائي المعدة سابقا (الجدول 1) والمعتمدة لأغراض البحث الحالي وعددها (41) نقطة جس كهربائي على خارطة منطقة الدراسة وكما موضح في (الشكل 3)، اذ يمكن لنا رؤية سمك كل تكوين وعند أية نقطة من نقاط الاستكشاف حيث تم رسم النقاط على شكل اسطوانة يتناسب طولـها مع العمـق الحقيقي للتكويـنات في تلك النقطة. يمـكن التعرف على أسمـاء

الجدول 1: مواقع نقاط الاستكشاف الكهربائي مع قياسات لسمك الطبقات المحددة عند كل نقطة.

رمز النقطة	الاحداثي السيني	الاحداثي الصادي	منسوب سطح الأرض	قياس سمك الطبقات (متر)			
				طبقة التربةالسطحية	تكوين باي حسن والمقدادية	تكوين انجانة	جزء من تكوين الفتحة
P1	29100	45800	324	6	14	168	26
P3	33000	43400	310	7	3	190	60
P4	20400	47000	290	10	0	80	30
P6	19200	44300	290	8	4	108	20
P7	25300	43500	300	8	24	168	40
P8	29150	41450	304	12	8	140	30
P9	35550	38400	280	8	10	78	26
P10	34900	34100	292	3	29	68	35
P12	26400	38900	308	8	12	140	28
P13	21400	42750	280	10	12	140	22
P14	12850	42350	268	9	12	149	40
P15	17300	40500	270	10	10	148	30
P16	24700	36800	280	10	0	110	20
P17	29850	33550	300	8	9	123	35
P18	32900	32150	300	5	8	117	18
P19	30200	30100	288	2	18	140	22
P21	21500	35300	280	10	5	135	25
P22	20550	34600	280	10	12	70	32
P23	14550	37800	300	8	12	140	28
P24	8400	39800	250	8	0	88	8
P25	16700	34800	280	9	1	87	10
P27	31700	26650	260	8	18	58	34
P28	26800	26650	260	4	22	134	30
P30	8000	35100	260	12	0	22	2
P31	2500	37700	214	6	0	26	6
P32	4250	32900	235	5	0	12	0
P33	10650	31300	260	4	2	68	4
P35	23100	26450	260	6	54	112	72
P35	27750	22600	246	6	34	68	46
P37	34600	20250	260	4	16	214	24
P38	33550	15150	242	9	2	189	20
P39	17900	24050	274	10	0	130	20
P42	16750	21600	260	2	6	72	10
P43	21100	19600	256	5	35	160	45
P44	25300	16400	228	8	12	52	28
P46	31200	8900	250	10	4	170	24
P48	12600	20000	198	5	0	20	4
P49	16350	13450	196	2	26	92	70
P50	29600	6500	224	6	14	140	26
P52	17950	5700	218	2	8	120	22
P53	25450	3200	200	2	0	154	31

الشكل 2: خارطة موقعية لمنطقة البحث تبين حدود منطقة الدراسة إضافة إلى مواقع نقاط الاستكشاف الكهربائي المعتمدة (اقليمس،2000).

التكوينات (الطبقات) وهي مرتبة من الأحدث، فالأولى هي طبقة التربة السطحية والطبقة التي تليها هي طبقة تكوين باي حسن أما الطبقة التي تأتي بعدها هي طبقة تكوين انجانة (الفارس الأعلى) وأخيرا طبقة تكوين الفتحة (الفارس الأسفل).

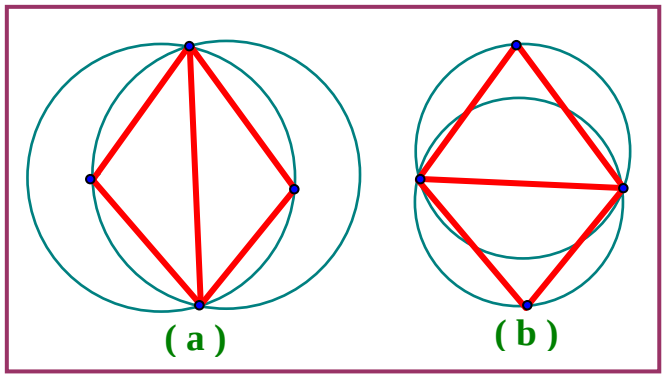
طريقة بناء شبكات المثلثات

للبدء ببناء شبكة المثلثات الخاصة بكل تكوين يجب أولا تحديد نقطة بدء التكوين من أحد الاتجاهين ولكل نقاط الاستكشاف الكهربائي حيث سنبدأ هنا من الأعلى إلى الأسفل لذا نقوم أولا بتحديد النقطة العليا لطبقة التربة السطحية ولكل نقاط الاستكشاف الكهربائي الموجودة، نقوم بعد ذلك بإيصال هذه النقاط مع بعضها البعض لتشكيل شبكة من المثلثات التي تربط كل نقطة جس بالنقاط التي حولها فضلا عن ربط تلك النقاط بنقاط تمثل الحدود الخارجية لمنطقة البحث وذلك من أجل إكمال بناء شبكة المثلثات الخاصة بهذه الطبقة وكما موضح بالشكل (4).

الشكل 3 : شكل ثلاثي الأبعاد لتوضيح مواقع ونتائج نقاط الاستكشاف الكهربائي.

الشكل 4 : تكوين شبكة المثلثات الخاصة بالطبقة الأولى

يتم الحصول على القيم الخاصة بالنقاط الممثلة للحدود الخارجية الوهمية عن طريق حسابها من خلال عملية التقدير الاستقرائي (Extrapolation) وهي العملية التي يتم من خلالها تحديد قيمة لنقطة معينة بالاعتماد على قيم النقاط القريبة منها. تعتمد عملية بناء شبكة المثلثات على معيار (Delauney) حيث لتحقيقه يجب ضمان عدم وقوع أية نقطة من النقاط داخل محيط الدوائر التي تربط بين كل ثلاثة نقاط وكما موضح في(الشكل5). يبين هذا الشكل بوضوح أن الجزء (a) يخالف القاعدة بينما الجزء (b) يحقق تلك القاعدة. تبعا لذلك يتم تحاشي المثلثات الطويلة والرفيعة فضلا عن اعتماد المثلثات التي تحقق اكبر قدر ممكن في مقدار مجموع الزوايا الداخلية لها، (GMS, 1996).



الشكل5: يوضح قاعدة Delauney في رسم شبكة المثلثات الجزء (a) يخالف القاعدة بينما الجزء (b) يحققها.

بعد ذالك ومن أجل توخي الدقة ولكي يكون التغير في منسوب الطبقات تدريجيا من نقطة إلى أخرى يتم تقسيم شبكة المثلثات إلى مثلثات أصغر وكما في (الشكل 6). الذي يبين بوضوح شبكة المثلثات التي تصل بين النقاط العليا لطبقة التربة السطحية وأن المثلثات أصبحت أصغر وزاد عددها كثيرا.

بعد إكمال بناء شبكة المثلثات الخاصة بطبقة التربة السطحية نقوم بتكرار نفس الخطوات في عملية بناء شبكات المثلثات ولبقية التكوينات حيث نقوم ببناء شبكة مثلثات تربط بين النقاط المختلفة لتكوين باي حسن وشبكة مثلثات أخرى لتكوين انجانة وأخيرا شبكة مثلثات تربط نقاط الجزء الأعلى من تكوين الفتحة، مع ملاحظة عدم بناء شبكة مثلثات للجزء الأسفل من ذلك التكوين وذلك لان عملية الاستكشاف الكهربائي لم تحدد السطح السفلي من هذا التكوين، وكما موضح في (الشكل 7).

بناء الأشكال المجسمة

تتم عملية بناء الأشكال المجسمة للتكوينات بالاعتماد على شبكات المثلثات المعدة سابقا حيث لإيجاد شكل أي من التكوينات نقوم بعملية مليء للفراغ الموجود بين شبكتي المثلثات اللتان تمثلان الحدين الأعلى والأسفل لذلك التكوين. تتألف شبكات المثلثات من أعداد كبيرة جدا من مثلثات صغيرة والتي بتغيرمستويات الميل فيها يمكن تمثيل التغير في شكل الطبقة (سمك التكوين). تتم العملية بوساطة ربط مثلث من الشبكة العليا مع مثلث من الشبكة السفلى لتكوين عنصر محدد.

الشكل 6: تقسيم شبكة المثلثات إلى مساحات أصغر لتحقيق دقة أكبر

الشكل 7: شكل ثلاثي الأبعاد يمثل شبكات المثلثات ولجميع التكاوين في المنطقة.

أولاً: بناء تكوين الفتحة

ينطبق الكلام أعلاه على جميع التكوينات عدا تكوين الفتحة الموجود أسفل بقية التكوينات حيث يعامل هذا التكوين معاملة خاصة وهي أن نقوم بمليء الفراغ بين شبكة المثلثات التي تمثل الجزء الأعلى من هذا التكوين وبين سطح مستو بمنسوب معين يقع أسفل الشبكة العليا وذلك لان الشبكة التي تمثل الجزء الأسفل غير موجودة بسبب أن قياسات الاستكشاف الكهربائي لم تصل إلى أسفل عمق التكوين. لذا تم تحديد منسوب المستوي الذي يمثل أسفل التكوين بـ (-20) متر تحت مستوى سطح البحر وهو أوطأ من مستوى أي نقطة في الشبكة العليا من هذا التكوين، وكما مبين في (الشكل 8). (في الحقيقة إن الشكل المجسم للتكوين في هذه الحالة يمثل فقط جزء من التكوين وليس الكل).

ثانياً: بناء تكوين انجانة

للبدء ببناء الشكل المجسم لهذا التكوين تم تحديد الشبكة العليا له ومن ثم تحديد الشبكة السفلى ليتم بعدها مليء الفراغ بينهما للحصول على الشكل المجسم لهذا التكوين وقد حدد باللون الأحمر وكما موضح في (الشكل9). بالاستعانة بطرائق حسابية خاصة بحساب حجم العناصر المحددة تم حساب الحجم التقريبي لهذا التكوين والمحدد بمنطقة الدراسة فقط ويساوي (136×10^9) متر مكعب.

ثانياً: بناء تكوين باي حسن والتربة السطحية

يعامل بناء هذا التكوين معاملة خاصة أيضا وذلك لان مساحة تواجده لا تغطي كافة أجزاء منطقة الدراسة خاصة في المنطقة المجاورة لنهر دجلة (الجهة الغربية من منطقة الدراسة) حيث يختفي هذا التكوين فيحصل أن تغطي طبقة التربة السطحية تكوين انجانة مباشرة. نقوم أولا بعمل شكل مجسم للمنطقة المحصورة بين الشبكة التي تمثل الحد العلوي لتكوين انجانة وبين الشبكة التي تمثل الحد العلوي للتربة السطحية وذلك للحصول على شكل مجسم بصورة مؤقتة وإهمال وجود تكوين باي حسن، بعدها نقوم ببناء شكل مجسم لتكوين باي حسن عن طريق مليء الفراغ بين الشبكات التي تمثل الحد الأعلى والأسفل له وكما موضح في (الشكل 9). بالاستعانة بعملية طرح الأشكال المجسمة نقوم بعمل فراغ داخل التكوين المؤقت أعلاه يساوي حجم تكوين باي حسن ومن ثم وضع الشكل المجسم لتكوين باي حسن فيه. تم حساب الحجم التقريبي لهذا التكوين ليساوي (21×10^9) متر مكعب. وقد تم أيضا حساب الحجم التقريبي للتربة السطحية ليساوي (9.7×10^9) متر مكعب. وبهذا يكتمل بناء الشكل المجسم الذي يمثل التكوينات الجيولوجية في منطقة الدراسة (الشكل 9).

الشكل 8: شكل ثلاثي الأبعاد لتوضيح عملية بناء تكوين الفتحة

الشكل 9: شكل ثلاثي الأبعاد للتكوينات الجيولوجية في منطقة الدراسة.

المقاطع الطولية

بعد اكتمال بناء النموذج الثلاثي الأبعاد للمنطقة يمكن بعد ذلك التعرف على سمك الطبقات والمكامن المائية في أية نقطة مختارة من منطقة الدراسة، يتم ذلك بوساطة عمل مقطع طولي في تلك النقطة ومن ثم مشاهدة شكل الطبقات وسمكها عند تلك النقطة، لتوضيح ذلك تم عمل أربعة مقاطع طولية بشكل أفقي وثلاث مقاطع طولية بشكل عمودي وبأماكن عشوائية وكما موضح في (الشكل 10). ومن أجل توضيح التغير في سمك الطبقات عند أية نقطة من هذه المقاطع تم رسم الشكل (11) والشكل (12) حيث يمكن الاستفادة من هذه الأشكال في التعرف على سمك أي تكوين وعند أية نقطة موجودة ضمن هذه المقاطع. رسمت المقاطع العمودية، (الشكل 11) على محورين الأول (Y) ويمثل طول المقطع بالكيلومتر والثاني (Z) ويمثل سمك الطبقات بالمتر فضلا عن تعيين الموقع الأفقي لهذا المقطع من خلال حساب المسافة (X) والموضحة عند كل جزء من أجزاء هذا الشكل. كذلك تم رسم المقاطع الأفقية (الشكل 12) وعلى محورين أيضا الأول (X) ويمثل طول المقطع بالكيلومتر والثاني (Z) ويمثل سمك الطبقات (م) وكذلك تعيين المسافة العمودية لموقع المقطع من خلال قيمة (Y)الموضحة عند كل جزء من أجزاء هذا الشكل.

الاستنتاج

من خلال ربط المعلومات المتوفرة عن سمك الطبقات في نقاط معينة مع بعضها البعض بطريقة(العنصر المحدد) يمكن بناء نموذج حاسوبي ثلاثي الأبعاد يماثل في شكله وأبعاده شكل وأبعاد الطبقات الجيولوجية تحت السطحية . حيث يمكن الاستفادة من هذا النوع من النماذج في مجالات متعددة وواسعة ذات علاقة بموضوع المكامن المائية الحاوية على المياه الجوفية والتحري الجيوفيزيائي فغي البنية التركيبية غير المعقدة كما في الدراسة الحالية. حيث تم حساب حجم التكوينات الجيولوجية الموجودة ضمن حدود المنطقة فضلا عن إمكانية الاستفادة من النموذج الناتج في التعرف على سمك الطبقات الجيولوجية ولاية نقطة داخل حدود منطقة الدراسة الحالية وباستخدام النموذج الحاسوبي. من المعروف بأن عملية إيجاد مثل هذه النتائج يعد ذات أهمية وفائدة كبيرتين في التعرف على حجم الثروة المائية في أية منطقة فضلا عن فائدتها في التعرف على حجم الثروات المعدنية التي قد تكون موجودة في هذه المنطقة أيضا.

الشكل10: شكل ثلاثي الأبعاد توضيح المقاطع العرضية والطولية في منطقة

الشكل 11: توضيح المقاطع العمودية الطولية في منطقة الدراسة.

الشكل 12 : شكل ثلاثي الأبعاد توضيح المقاطع العمودية العرضية في منطقة الدراسة.

المصادر العربية

الجبوري، منهل عبد السلام، 1988. جيولوجية منطقة الموصل شرق نهر دجلة. أطروحة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل، 133 صفحة.

العمري، فاروق صنع الله، صادق، علي، 1977. جيولوجية شمال العراق. اصدارات جامعة الموصل، 199 صفحة.

اقليمس، يوسف فرنسيس، 2000. تحديد أفضل خزان جوفي في منطقة الحمدانية في ضوء الاستكشاف الكهربائي. اطروحة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل،.126 صفحة.

المصادر الأجنبية

Al-Dabagh, T.H. and Al-Naqib, S.Q., 1991. Tigris River terraces mapping in northern Iraq and the geotechnical properties of the youngest stage. Quaternary Engineering Geology, 25th annual conf. of Eng. Group, Geol. Soc.., Heriot-Watt Univ., Sept. 10-12, 1989, Spec. Publ., pp. 603-609.

Al-Mubarak, M.A.R. and Yokhanna, R.Y., 1977. Report on the regional geology mapping at Al-Fha, Mosul, S.O.M. library, Baghdad, Iraq.

Domenico, P.A., 1972. Concept and Models in Groundwater Hydrology. John Wiley and Sons, New York, USA, 431p.

Griffiths, D.H. and King, R.F., 1981. Applied Geophisical for geologists and Engineers. Pergamoon press, Second Edition, 230p.

Groundwater Modeling System (GMS 2.0), 1996. Engineering Computer Graphics Laboratory, Reference Manual Brigham Young University, Utah. USA, 574p.

Groundwater Modeling System (GMS 3.1), 2001. Engineering Computer Graphics Laboratory, Reference Manual Brigham Young University, Utah. USA, 624p.

Sharma, O.P.V., 1976. Geophysical Method in Geology. Elsvier Scientific Publishing Company, Netherlands, 530p.