Iraqi National Journal of Earth Science

www.earth.mosuljournals.com

استخدام تقنية المسح المقاومي الاتجاهي في تحديد الكسور التحت سطحية لترسبات العصر الرباعي في جامعة الموصل – شمال العراق

محمود سلمان احمد [1*]، بشار عزيز الجريسي [2]، عدي يونس المشهداني [3]، مروان متعب [4]

[1،4] *قسم هندسة المكامن النفطية, كلية هندسة النفط والتعدين, جامعة الموصل, الموصل, العراق.*

[2] *قسم علوم الارض, كلية العلوم, جامعة الموصل, الموصل, العراق.*

[3] *مركز بحوث السدود والموارد المائية, جامعة الموصل, الموصل, العراق.*

معلومات الارشفة

تاريخ الاستلام: 21– يناير –2024

تاريخ المراجعة: 15– فبراير –2024

تاريخ القبول: 03– مارس –2024

تاريخ النشر الالكتروني: 01– يناير –2025

الكلمات المفتاحية:

شعاعي

امامي

خلفي

نظام

المراسلة:

الاسم: محمود سلمان احمد

Email: mahmood.salman@uomosul.edu.iq

الملخص

تضمنت الدراسة الحالية اجراء مسح مقاومي كهربائي اتجاهي ثنائي البعد (Azimuthal Resistivity Tomography; ART) من اجل الحصول على بعض الصفات الكهربائية تحت السطحية لترسبات العصر الرباعي وكذلك اللاتماثل الاتجاهي في قيم المقاومية الذي يعكس وجود واتجاه الكسور في هذه الترسبات. تضمن المسح موقعين داخل الحرم الجامعي لجامعة الموصل، الاول بجانب ملعب الجامعة ضمن الاحداثيات ("86`13°43,"16`38°36)، اما الثاني فيقع في منطقة القصور الرئاسية قرب مكب النفايات ضمن الاحداثيات ("41`14°43,"85`38°36). استخدم المسح الاتجاهي ثنائي البعد بفاصلة زاوية مقدارها 20° من مركز النشر وبجميع الاتجاهات، وقد تضمن تطبيق نظام متعب والفاضل الاتجاهي للمسوحات بأنواعه الشعاعي والامامي والخلفي في التقاط قيم المقاومية الظاهرية وتمثيل البيانات من خلال الرسومات والمخططات الكارتيزية والقطبية وتحليل النتائج باستخدام برنامج تفسير بيانات المقاومية ثنائية البعد (RES2DINV). اظهرت الدراسة الحالية نتائج جيدة في تطبيق نظام متعب والفاضل الاتجاهي وذلك عن طريق المقارنة بين المسوحات الثلاثة الشعاعي والامامي والخلفي وظهور العديد من الكسور الرئيسة والثانوية الشدية والقصية وباتجاهات مختلفة ضمن ترسبات العصر الرباعي في موقعي الدراسة الحالية والتي تشير الى احتمالية استمرار النشاط التكتوني الى الوقت الحالي وتأثيره على الترسبات الحديثة والاهمية الجيوتكنيكية لهذه النتائج.

DOI: 10.33899/earth.2024.146105.1219, ©Authors, 2025, College of Science, University of Mosul.
This is an open access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) .

Using Azimuthal Resistivity Survey Technique to determining Subsurface Fractures of Quaternary Deposits in the University of Mosul - Northern Iraq

Mahmood Salman Ahmed [1*], Bashar A. Al-Juraisy [2], Auday Y. Al-Mashhadany [3], Marwan Mutib [4]

[1,4]Department of Petroleum Reservoir Engineering, College of Petroleum and Mining Engineering, University of Mosul, Mosul, Iraq.
[2]Departmen of Geology, College of Science, University of Mosul, Mosul, Iraq.
[3]Dam and Water Resources Research Center, University of Mosul, Mosul, Iraq.

Article information

Received: 21- Jan -2024

Revised: 15- Feb -2024

Accepted: 03- Mar -2024

Available online: 01- Jan – 2025

Keywords:
Radial
Forward
Backward
System

Correspondence:
Name: Mahmood Salman Ahmed

Email: mahmood.salman@uomosul.edu.iq

ABSTRACT

The current study includes conducting two-dimensional azimuthal electrical resistivity survey in order to obtain some subsurface electrical characteristics of the Quaternary deposits especially the directional asymmetry in resistivity values, which may reflect the direction of the fractures in these deposits. The survey includes two sites within the campus of the University of Mosul; the first site is located next to the university stadium at longitude and latitude (36º38`16", 43°13`86") respectively, and the second site is in the presidential palaces area near the waste dump at longitude and latitude (36º38`85", 43°14`41") respectively. A two-dimensional resistivity survey is used with an angle interval of 20º from the center of spread and in all directions. The survey includes the application of the Mutib and Al-Fadhel azimuthal system for radial, forward and backward surveys to measure apparent resistivity values and representing the data through drawings in cartesian and polar graphs, analyzing the results using the two-dimensional resistivity data interpretation program (RES2DINV). The current study shows good results in applying the Mutib and Al-Fadhel azimuthal system by the comparison between the three radials, forward and backward surveys. Many major and secondary tensile and shear fractures appeared in different directions within the sediments of Quaternary at the sites of the current study, which indicate the possibility of continuing tectonic activity to the present time and its impact on recent deposits and the geotectonical importance for these results.

DOI: 10.33899/earth.2024.146105.1219, ©Authors, 2025, College of Science, University of Mosul.
This is an open access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) .

المقدمة

تعتمد طريقة المقاومية الكهربائية على اجراء مسوحات سطحية وارسال التيار الكهربائي الى داخل الارض من خلال زوج من الاقطاب تسمى اقطاب التيار وقياس فرق الجهد الناتج من خلال زوج اخر من الاقطاب تسمى اقطاب الجهد وذلك لتحديد الخصائص الفيزيائية الجانبية والعمودية للمواد الصخرية تحت السطحية. ان من أهم التحديات في طريقة الجس ألمقاومي الكهربائي عدم الأخذ بالاعتبار التغيرات الجانبية للمقاومية الكهربائية لما تحت سطح الأرض من خلال ثبات مركز ترتيب الاقطاب وتحريك الأقطاب إلى الخارج من اجل إيجاد الموديل الأكثر دقة لما تحت سطح الأرض.

ومن اجل الحصول على الموديل الجيوفيزيائي الاكثر دقة لما تحت السطح، تم استخدام طريقة تمثيل البيانات بشكل ثنائي البعد (Two dimensional mode:2DM) من خلال تحريك الأقطاب الأربعة بأسلوب متداخل ومتسلسل (Sequential overlapping approach). يتضمن المسح المقاومي ذو البعد الواحد من 10−20 قياس مقارنة مع المسح التصويري ثنائي البعد (2D Imaging) الذي يتضمن من 100−1000 قياس مقارنة مع المسح المقاومي ثلاثي البعد الذي ينفذ ببضعة الاف من القياسات، وبذلك فان معظم الدراسات الجيوفيزيائية تستخدم مسوحات التصوير الكهربائي ثنائي البعد

والتي تكون ذات نتائج مفيدة في تحديد الكسور (Fractures) والتكهفات (Caves) وعدم التجانس الجانبي (Lateral heterogeneities) (Loke, 2018) .

تمكن (Watson and Barker, 1999) باستخدام مسح المقاومة الاتجاهي من التمييز بين اللاتماثل الكهربائي الناتج من الكسور والفواصل والتغايرات الجانبية وميل الطبقات الصخرية، حيث لاحظ الباحثان ان اللاتماثل الكهربائي الناتج بفعل الكسور يعطي ارتفاعا متوافقا (Matching height) في قيم (R_{D1} ,R_{D2}) مع اتجاه مضرب الكسور، بينما في حالة التغايرات الجانبية او ميل الطبقات يفقد سلوك التطابق حيث تتباين القيم ويرافق الانخفاض في قيم (R_{D1}) ارتفاع في قيم (R_{D2}) باتجاه التغايرات الجانبية او ميل الطبقات.

واشار(Asare *et al.*, 2015) إلى أهمية اللاتماثل في حل المشاكل الهندسية والجيوتكنيكية وبيّن ان اللاتماثل الكهربائي تحت السطحي يعكس الظواهر التركيبية المتمثلة بأنظمة الكسور والتطبق والفوالق والفواصل، وبيّن متعب واقليمس (Mutib and Eclimes, 2012) خصائص اللاتماثل (الكسور) والتغايرات الجانبية في ضوء المسح المقاومي الاتجاهي في منطقة سهل القوش. ودرس متعب واخرون (Mutib *et.al*, 2009) بيئية حقل كبريت المشراق باستخدام المسح المقاومي الاتجاهي، وبيّن (Baban *et al.*, 2023) استخدام طريقتي التصوير المقطعي الكهربائي والمعلومات الجيوكهربائية لتقييم المياه الجوفية في منطقة القلليسي شمال غرب مدينة السليمانية، كما قام المشهداني واخرون (Al-Mashhadany, *et.al*, 2024) باستخدام طريقة مسح المقاومة ثنائية البعد في الكشف عن تأثير عمليات ضغط التربة على توزيع المقاومية تحت السطحية لتربة جامعة الموصل

الهدف من الدراسة

تهدف الدراسة الحالية استخدام تقنية المسح المقاومي الاتجاهي وتطبيق نظام متعب والفاضل الاتجاهي بأنواعه الثلاثة الشعاعي والامامي والخلفي في تحديد قيم اللاتماثل الكهربائي للترسبات تحت السطحية عن طريق تسجيل وتحليل قيم المقاومية المقاسة وتمثيلها بالمخططات القطبية والكارتيزية والاستفادة منها في تحديد انواع واتجاهات وامتدادات الكسور في الاعماق المختلفة للترسبات والطبقات تحت السطحية وتطبيقاتها الجيوتكنيكية.

موقع وجيولوجية منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة في الجانب الشرقي لمدينة الموصل شمالي العراق حيث تم تحديد موقعين للمسح داخل الحرم الجامعي لجامعة الموصل، الاول بجانب ملعب الجامعة قرب موقع رئاسة الجامعة الجديد الواقع بين خطي الطول والعرض (36º38`16",43°13`86") والثاني في منطقة القصور الرئاسية قرب مكب النفايات بين خطي الطول والعرض (36º38`85",43°14`41") كما مبين في الشكل (1).

يضم التتابع الطباقي للتكوينات الجيولوجية في منطقة الدراسة الترسبات الآتية من الاقدم الى الاحدث:

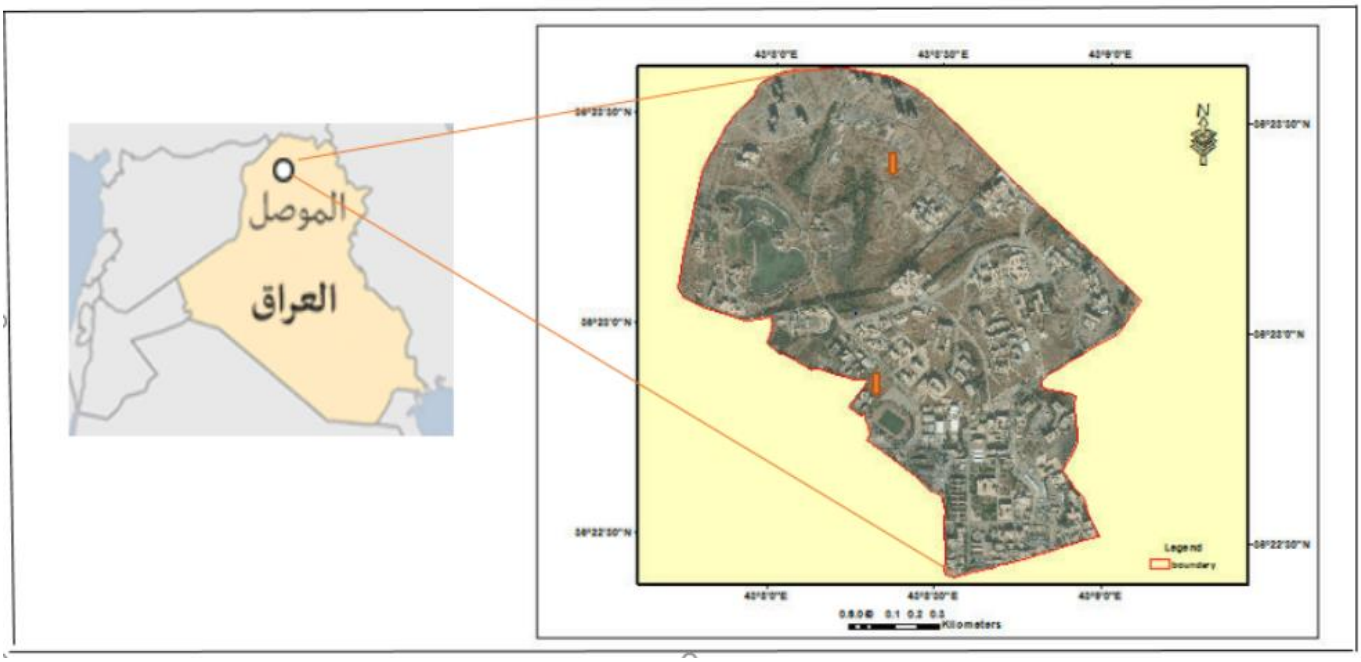
1- ترسبات العصر الثلاثي (Tertiary Deposits)

-تكوين فتحة (المايوسين الاوسط) Fat'ha Formation (Middle Miocen)

ينتشر هذا التكوين في شمالي العراق ويغطي معظم اجزاء الجانب الايسر من مدينة الموصل. يتكون التتابع الطباقي لهذا التكوين من تعاقب صخور الجبس والانهايدرايت متداخلة مع صخور الحجر الجيري بالإضافة الى نسبة عالية من المارل والصخور الفتاتية الناعمة الحبيبات. قد ينكشف التكوين على السطح او قد يكون مغطى بترسبات العصر الرباعي.

- تكوين انجانة (المايوسين الاعلى) Injana Formation (Upper Miocen)

يتكون بصورة رئيسة من المارل والحجر السلتي والحجر الرملي والحجر الرملي المتوسط والخشن الحبيبات والحجر الطيني، يوجد الحجر الجيري والطفل بينم في الجزء السفلي من التكوين (Jassim and Goff, 2006).



الشكل 1. خارطة توضح مواقع منطقة الدراسة.

2- ترسبات العصر الرباعي (البلستوسين – الهولوسين)(Quaternary Deposits(Pleistocene-Holocene

تغطي ترسبات العصر الرباعي التي تتكون من ترسبات المصاطب النهرية والسهل الفيضي والتربة معظم المناطق الواقعة في الجانب الايسر لمدينة الموصل وتكون ترسبات المصاطب النهرية ذات سمك أكبر من بقية الترسبات.

-ترسبات المصاطب النهرية (River Terraces Deposits)

وهي ترسبات من الحصى والغرين والطين التي ترسبها الانهار في قيعانها بعد تغيير مجراها وسرعتها. قام مجموعة من الباحثين منهم الداغستاني واخرون (Al-Daghstani, et.al., 2006) بدراسة ترسبات المصاطب النهرية في مدينة الموصل، بالإضافة الى الدباغ والنقيب (Al-Dabbagh and Al-Naqib, 1991) وتم تقسيم المصاطب النهرية الى اربعة انواع. تقع منطقة الدراسة ضمن النوع الثالث الذي يتكون من سلسلة من المدملكات المتكونة من الحصى والرمل غير المتماسك، ويختلف سمك هذه الرواسب اعتمادا على عوامل التعرية.

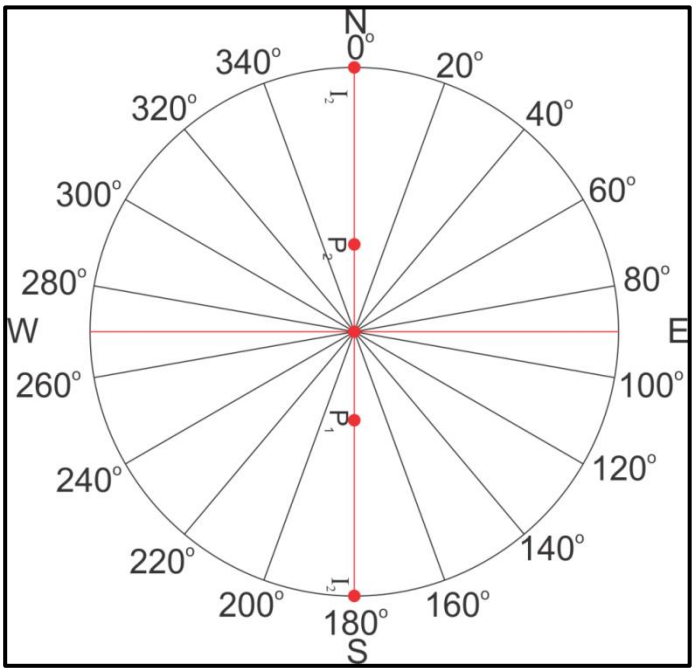
-ترسبات التربة (Soil Deposits)

تشمل جميع الترسبات السطحية الناتجة من عمليات تفتيت وتجوية الصخور والتي تنقل بفعل عمليات التعرية والنقل بواسطة الانهار والرياح.

منهجية البحث وجمع البيانات الحقلية

بعد القيام بالعديد من الجولات الاستطلاعية الحقلية لمنطقة الدراسة لتحديد مواقع العمل، تم اجراء مسح مقاومي كهربائي اتجاهي وبعدها تم جمع البيانات الحقلية للمقاومية الكهربائية باستخدام جهاز معدل الاشارة (Signal Averaging System: SAS 4000) وهي طريقة معدلية يتم فيها حساب القراءات المتتالية بطريقة الانعكاس الآلي التكراري في ازالة الترددات المتناوبة العالية من تأثير الجهود الطفيلية بالإضافة الى التخلص من تأثير الجهود الذاتية. ويمتاز الجهاز بقابليته على تسجيل البيانات بسرعة ودقة وموثوقية عالية ومستقرة، وتم استعمال 41 قطباً فولاذياً غير قابل للصدأ لتأمين افضل اتصال كهربائي بين الارض والاقطاب (ABEM Instruction Manual, 2010).

استخدم اسلوب قياسات مقاطع التصوير المقاومي الاتجاهي (ART) بزاوية مقدارها 20° حول النقطة المركزية (M.P). وابتدأ القياس لجميع المقاطع التصويرية من الاتجاه شمال جنوب (S-N) وتم تحديد نقطة بداية المسار ونشر قابلو البكرة الاولى وربط نهايتها مع وحدة المفاتيح وتنصيب جهاز القياس وتحديد النقطة الوسطية، ثم نشر قابلو البكرة الثانية وربط بدايتها مع وحدة المفاتيح الذي يربط مع الجهاز بواسطة قابلو خاص وتشغيل الجهاز واخذ قياسات (ART) لتسعة اتجاهات وهي(0° /180°), (20°/200°) (40°/220°), (60°/240°), (80°/260°), (100°/280°), (120°/300°), (140°/320°), (160° /340°), حيث تمثل (I_2,I_1) مواقع اقطاب التيار بينما تمثل (P2,P1) مواقع اقطاب الجهد على طول خط المسح وكما مبين في الشكل (2).



الشكل 2.النمط الهندسي لمقاطع التصوير المقاومي الكهربائي في مواقع الدراسة الحالية.

بعد اجراء عمليات المسح المقاومي الكهربائي والحصول على البيانات الحقلية تم استخدام برنامج المقاومية الكهربائية ثنائي البعدRES2DINV وإجراء مجموعة من العمليات لغرض معالجة البيانات وهو برنامج حاسوبي يحدد تلقائيا موديل المقاومية ثنائي البعد للطبقات تحت السطحية للبيانات التي تم الحصول عليها من المسوحات التصويرية ويشمل البرنامج التفسير الامامي (Forward Interpretation) والمحاكات العكسية (Inversed Simulations) في معالجة وتفسير بيانات المقاومية ثنائية البعد. يتميز البرنامج بقابليته على معالجة وتفسير مجموعة كبيرة من البيانات الحقلية تتراوح مابين (200–21000) نقطة قياس باستخدام نظام يحتوي على عدد كبير من الاقطاب (25–16000) على طول خط المسح، ويستخدم البرنامج في معالجة وتفسير البيانات الناتجة من استخدام انواع النشر المختلفة التقليدية وغير التقليدية (Non-Conventional arrays) المستخدمة في المسح التصويري ألمقاومي (Loke, 2018).

مسوحات المقاومية الاتجاهية (Azimuthal Resistivity Surveys : ARS)

ان الهدف الاساسي من مسح المقاومية الاتجاهي هو تحديد قيم اللاتماثل الكهربائي (Electric anisotropy) للطبقات الصخرية والكسور وميل الطبقات بالاتجاهات المختلفة عن طريق تسجيل وتحليل قيم المقاومية المقاسة وتمثيلها بالأساليب القطبية والبيانية (Polar and Cartesian graph) (Watson and Barker, 2005,2010).

مسح واتسن وباركر الاتجاهي (Azimuthal Watson-Barker Survey)

يعتمد المسح على مفهوم مسح الجس احادي البعد في قياس المقاومة الكهربائية وذلك بتحوير ترتيب ونر الازاحي المكون من خمسة أقطاب مع تحريك الاقطاب بفاصلة مسافية متساوية (a) ومضاعفاتها (1a,2a,3a,4a… etc.) ويشترط في هذا النظام الثبات ألدائمي لموقع قطب الجهد الثالث (P_3) والذي يمثل النقطة الوسطية الدورانية وتمثل القياسات للأقطاب الأربعة الأولى الواقعة إلى يسار النظام قيم المقاومة الأولى (R_{D1}) أما الأقطاب اليمينية الأربعة، فتعكس قيم المقاومة (R_{D2}) وتكون مواقع القيم المقاسة خطوطا شعاعية مائلة تلتقي على سطح الارض وتمثل قاعدة دائرية عندما تكون فاصلة النشر في اقصى قيمة تغاير مواقع النقاط الوسطية المقاسة (Watson and Barker, 1999,.2005, 2010).

مسح متعب واقليمس الاتجاهي (Azimuthal Mutib- Eclimes Survey)

يعتمد هذا المسح على التطبيق الذي قام به متعب واقليمس (Mutib and Eclimes, 2012a) في تسجيل قيم المقاومة (R_{D0}) باستخدام ترتيب ونر الجسي التقليدي بتحريك الأقطاب اليسارية الأربعة بفاصلة متساوية (a) ومضاعفاتها (1a,2a,3a,4a…etc.) مع ثبات مركز الترتيب، أما المقاومة (R_{D2}) فتمثل قياس الأقطاب اليمينية الأربعة بإزاحة الترتيب بالفاصلة القطبية للمستويات الاختراقية المطلوبة (Mutib and Eclimes, 2012b).

نظام متعب والفاضل الاتجاهي Azimuthal Mutib and Al-Fadhel System AMAS

تم تطبيق هذا النظام في الدراسة الحالية وذلك بالتقاط قيم المقاومية الظاهرية (ρ_{D0}, $\rho_{D1}$and ρ_{D2}) من المقطع التصويري الكاذب (Pseudo tomography) إذ تمثل المقاومية المقاسة (ρ_{D0}) تحت مركز خط النشر للأقطاب الاربعة المحيطة والذي يمثل النقطة الوسطية المقروءة (OMP) والنقطة الوسطية الدورانية (RMP) وبمستويات متعددة بينما تعكس المقاومية الظاهرية (ρ_{D2}andρ_{D1}) القيم اليسارية واليمينية بثبات القطب الثالث ولفواصل متعددة (1a,2a,3a,etc) بنظام مسح واتسن باركر.

وبتدوير المقطع التصويري المقاومي حول النقطة الوسطية الدورانية يتم الحصول على قيم المقاومية الظاهرية المذكورة اعلاه بهيئة مخروط راسه المدبب في النقطة الوسطية الدورانية والقاعدة الدائرية في اعمق مستوى من المقاطع التصويرية الاتجاهية (Azimuthal tomography) للمستوى الأعمق للجس المقاومي ثنائي البعد (2D-Resistivity sounding) (Al-Fadhel, 2020).

يتألف نظام متعب والفاضل الاتجاهي من ثلاثة انماط لترتيب الاقطاب (Electrode arrangement pattern)، الاول هو مسح باركر واتسن الاتجاهي الذي يطلق عليه مسح المقاومة الشعاعي الاتجاهي (Azimuthal Radiation Resistance Survey) الذي يشمل قياسات المقاومية الظاهرية (ρ_{D1}& ρ_{D2})، والثاني مسح متعب واقليمس الاتجاهي الذي يطلق عليه مسح المقاومة الاتجاهي الامامي (Azimuthal Forward Resistance Survey) والمتضمن قياسات المقاومية الظاهرية (ρ_{D0} & ρ_{D2}) والثالث مسح المقاومة الاتجاهي الخلفي (Azimuthal Backward Resistance Survey) لقياسات المقاومية الظاهرية (ρ_{D0} & ρ_{D1}) (Al-Fadhel and Mutib, 2020a).

آلية التقاط البيانات الحقلية (Field data picking mechanism)

تم استخدام بيانات مقاطع التصوير المقاومي الاتجاهي المقاسة حقليا بتسعة اتجاهات حول النقطة المركزية وتطبيق نظام اتجاهي خماسي الاقطاب احادي البعد (1D five electrode azimuthal system) ابتداءً من اتجاه شمال جنوب، وتم استعمال البرنامج الحاسوبي RES2DINV باختيار ايقونة ملف قراءة البيانات (Reading of data file) الذي يحدد موقع الملف المراد قراءته متضمنا مجوعة البيانات المقاسة حقليا.

تشمل البيانات مواقع الاقطاب لواحد واربعين قطبا بفاصلة مسافية (0.5) متر اضافة الى قيم المقاومية الظاهرية المحسوبة من حاصل ضرب العامل الهندسي (Geometric factor; $2\pi a$) مع قيم المقاومة الكهربائية (Electric resistance) وبترتيب ونر الاعتيادي.

في عملية التقاط البيانات وفق الالية (Resistivity picking mechanism) في موقعي الدراسة الحالية بلغ عدد قيم بيانات المقاومية الظاهرية المقاسة (3410) مع تسجيل مواقع اقطاب التيار.

تم حساب قيم R_{D1} , R_{D0} وR_{D2} التي تمثل النسب المئوية للمقاومة المعدلية (Resistance Percentage Mean) وفق (Watson and Barker, 1999) لكافة الفواصل (0.5,1.0,1.5,2,3,4,5) مترا بالاتجاهات الثمانية عشر في الموقعين المذكورين .

استخدام البرنامج الحاسوبي Excel في تقسيم البيانات السابقة وتصنيفها اعتمادا على سبعة مستويات (5,4,3,2,1.5,1.0,0.5 متر) لثمانية عشر اتجاها ابتداء من الشمال ومع عقرب الساعة من اجل رسم المخططات والمنحنيات (Plots and Graphs) باستخدام اليات المسح المقاومي الاتجاهي (الشعاعي والامامي والخلفي) للموقعين في منطقة الدراسة الحالية.

استخدمت كافة البيانات المصنفة للمواقع المذكورة في رسم المنحنيات القطبية الاتجاهية (Azimuthal Polar Plots) والمخططات الكارتيزية الاتجاهية (Azimuthal Cartesian Graphs) وفق نفس الاليات المستخدمة في البحوث المحلية ومنها (Mutib *et.al*, 2009: Mutib and Eclimes, 2012a,b) .

واستخدمت البيانات في رسم وتصنيف المنحنيات وفق الدراسات والبحوث العالمية منها

(Ben and Onwuemesi, 2009; Abdullahi *et al.*, 2012; Okpoil and Igwe, 2013; Bayewe, *et al.*, 2014; George and Abong, 2014; Asare *et al.*, 2015; Udosen and George, 2018).

النتائج

موقع نقطة المسح الاتجاهي الاولى (ARS1)

تقع نقطة المسح الاتجاهي الاولى في جامعة الموصل مقابل رئاسة جامعة الموصل قرب ملعب الجامعة، والتي تمثل ترسبات حديثة بعمر البلستوسين، ويوضح الشكل (3) التمثيل الكارتيزي والقطبي لنظام متعب والفاضل الاتجاهي بالمسوحات الثلاثة الشعاعي والامامي والخلفي وبفواصل مسافية مختلفة حيث تبين الاشكال (a, b, c ,d ,e ,f -3) التمثيل القطبي والكارتيزي للمستوى العمقي الاول الذي يمثل الفاصلة القطبية (0.5) متر ظهور ثلاثة سعات لمنحنيات نسب المقاومة منطبقة الاطوار اذ تبرز الاتجاهات°020/200 °080/260 وبسعات متوسطة في المسوحات الثلاثة تصل الى (140%) في المسح الشعاعي مع ظهور افضل تماثل كهربائي (λ_R) بمقدار (2.28)، بينما يلاحظ وجود سعة قلية تصل الى (20%) في الاتجاه °180/000 في جميع المسوحات والتي يمكن تفسيرها بانها كسور ثانوية مملوءة بالمياه، وعدم تراكب المنحنيات بشكل كلي يعزى الى تأثير مكونات التربة السطحية الثلاثة كما مبين في الجدول(1).

الجدول1: معاملات واتجاهات اللاتماثل الكهربائي للمسوحات الاتجاهية (الشعاعي والامامي والخلفي) المحسوبة من الدراسة الحالية في موقع (ARS1) وفق الدراسة الحالية.

a(m)	λ_R	Aniso.Dir	λ_F	Aniso.Dir	λ_B	Aniso.Dir
0.5	2.28	000°/180° 020°/200° 080°/260°	2.27	000°/180° 020°/200° 080°/260°	2.27	000°/180° 020°/200° 080°/260°
1.0	1.44	020°/200° 160°/340°	1.29	020°/200°	1.34	020°/200° 160°/340°
1.5	1.58	020°/200° 080°/260° 160°/340°	1.63	020°/200° 080°/260° 160°/340°	1.63	020°/200° 080°/260° 160°/340°
2.0	1.95	000°/180° 020°/200° 160°/340°	1.93	000°/180° 020°/200° 160°/340°	1.87	000°/180° 020°/200° 160°/340°
3.0	1.93	000°/180° 020°/200° 160°/340°	1.88	000°/180° 020°/200° 160°/340°	1.93	000°/180° 020°/200° 160°/340°
4.0	1.81	000°/180° 020°/200° 160°/340°	1.77	000°/180° 020°/200° 160°/340°	1.83	000°/180° 020°/200° 160°/340°
5.0	1.66	000°/180° 020°/200° 160°/340°	1.63	000°/180° 020°/200° 160°/340°	1.64	000°/180° 020°/200° 160°/340°

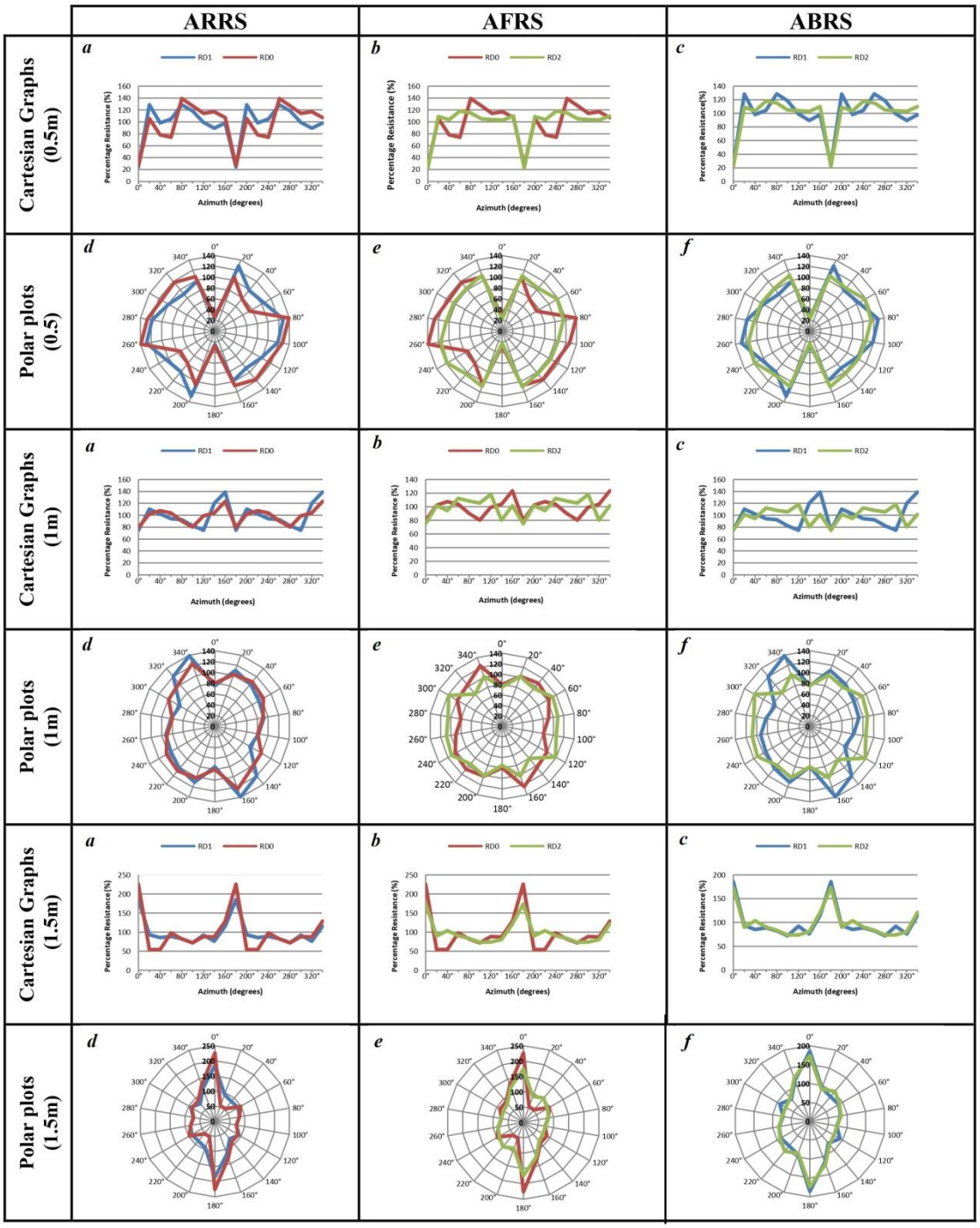
اما في الاشكال (a,b,c,d,e,f-3) للمستوى العمقي الثاني (1) متر، فيلاحظ وجود عدم انسجام في سلوك المنحنيات مع وجود لاتماثل كهربائي بالاتجاه (°200/°020) وبسعات متوسطة تصل الى (110%) في جميع المسوحات الثلاثة، بينما بروز لاتماثل كهربائي في الاتجاه (°340/°160) وبسعات عالية تصل الى (170%) في المسح الخلفي والمسح الشعاعي وبمقدار(1.44) وكما مبين في الجدول (1).

توضح الاشكال (a,b,c,d,e,f-3) للمستوى العمقي الثالث (1.5) مترا ظهور تشابه التصرف الطوري للمنحنيات والمخططات الكارتيزية والقطبية واستمرار وجود اللاتماثل الكهربائي في الاتجاهات (°020/ °200)، (°080/ °260) وبسعات متوسطة تصل الى (120%) مع استمرار ظهور اللاتماثل الكهربائي بالاتجاه (°340/°160) وبسعات قليلة تصل الى (40%) بالمسوحات الثلاثة وافضل تطابق في المسح الشعاعي وبمقدار(1.58) وكما مبين في الجدول (1).

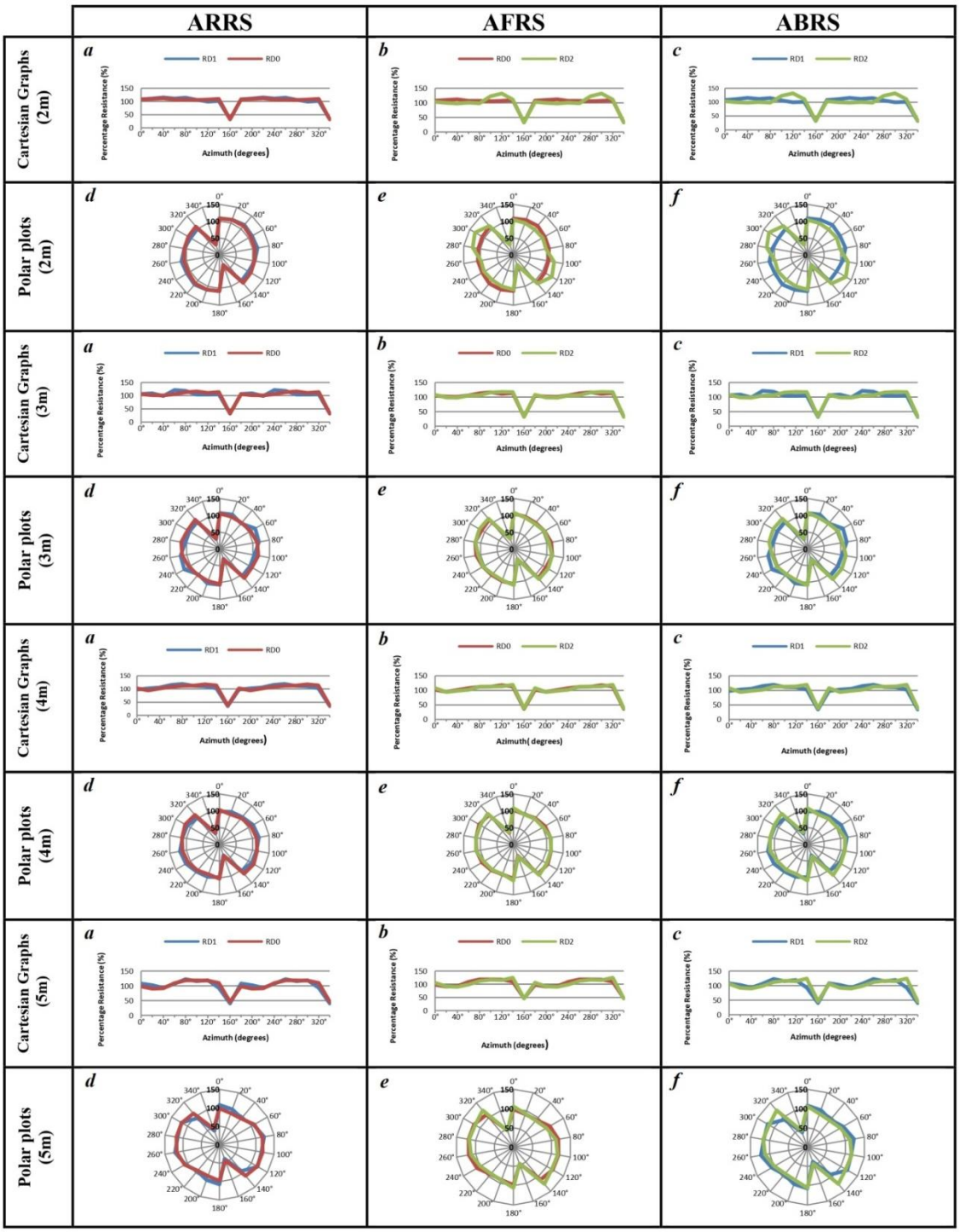
بينما تبين الاشكال (a,b,c,d,e,f-3) للمستويات العمقية (2,3,4,5) امتار انطباقاً وتقارباً في السعة والطور في اغلب الاتجاهات مع استمرار وجود لاتماثل كهربائي في الاتجاهات (°180/°000) ، (°260/°080) وبسعات متوسطة (100%) مع وجود لاتماثل كهربائي في الاتجاه °340/°160 وبقيمة 50% في المسوحات الثلاثة، وان افضل تطابق في المسح الشعاعي كان بمعامل لاتماثل بمقدار يتراوح مابين (1.63−1.95).

وبناء على ما تقدم، نلاحظ وجود بروز لاتماثل كهربائي في الاتجاهات (°180/°000) (°200/°020) ، (°260/°080) في المستوى العمقي الاول، بينما المستوى العمقي الثاني وبفاصلة (1 متر) نلاحظ استمرار ظهور الاتجاه (°200/°020)، وبروز الاتجاه (°340/°160) في المسح الشعاعي والخلفي.

اما في المستويات العمقية (2,3,4,5) امتار، تبين استمرار ظهور الاتجاهات (°180/°000) (°200/°020) (°340/°160) ويمكن ان يعزى هذا السلوك الى التغير في اتجاه اللاتماثل الكهربائي وتناقص القيم الى تباين خصائص وعمر ومكونات الترسبات الرباعية الحديثة والمتمثلة بالمصاطب النهرية.



شكل 3. التمثيل الكارتيزي والقطبي لنظام متعب والفاضل الاتجاهي في الموقع (ARS1) للفواصل القطبية (0.5,1,1.5) م .



شكل 4. التمثيل الكارتيزي والقطبي لنظام متعب والفاضل الاتجاهي في الموقع (ARS1) للفواصل القطبية (2,3,4,5) م .

موقع نقطة المسح الاتجاهي الثانية (ARS2)

تقع نقطة المسح الاتجاهي الثانية في داخل جامعة الموصل في مجمع القصور الرئاسية بالقرب من مكب النفايات والتي تمثل ترسبات بعمر الهولوسين. ويوضح الشكل (4) التمثيل الكارتيزي والقطبي لنظام متعب والفاضل الاتجاهي بالمسوحات الثلاثة الشعاعي والامامي والخلفي وبفواصل مسافية (0.5,1,1.5,2,3,4,5) م، حيث تبين الاشكال (a, b, 4 - c,d,e,f) التمثيل الكارتيزي والقطبي للمستوى العمقي الاول الذي يمثل الفاصلة القطبية 0.5 م ظهور ثلاث سعات لمنحنيات المقاومة منطبقة الاطوار والسعات متوسطة القيم تصل الى (140%) في اتجاهات اللاتماثل الكهربائي (200°/020°) والاتجاه (260°/080°) والاتجاه (340°/160°) وبمقدار (λ_R) (2.29) في المسح الشعاعي, بالإضافة

الى ظهور اتجاه لاتماثل كهربائي (°180/000°) منطبقة الاطوار وبسعة قليلة تصل الى (20%) في المسوحات الثلاثة والتي يمكن ان تمثل اتجاهات كسور مملوءة بالماء ذات قيم مقاومية قليلة وتمثل التربة السطحية.

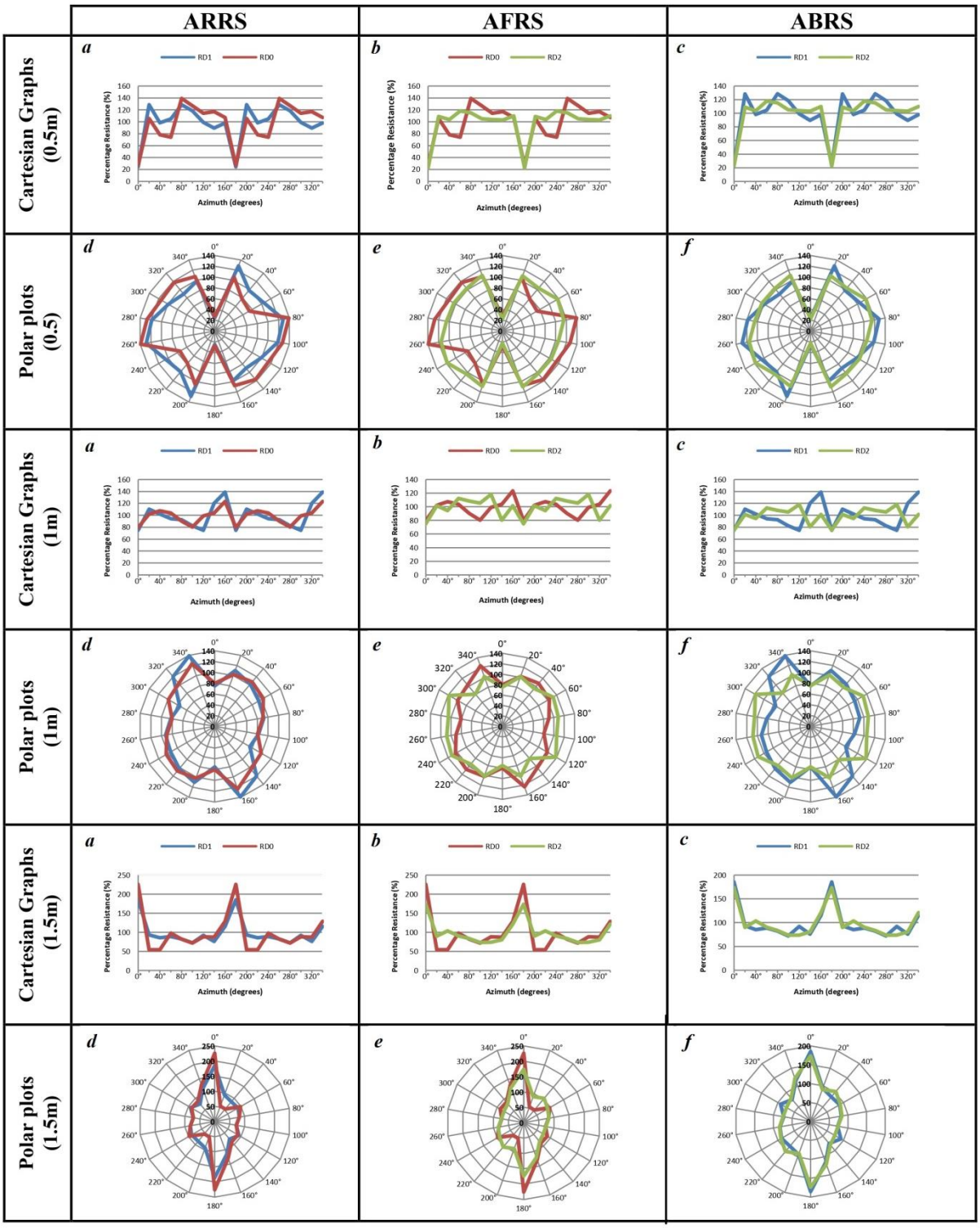
اما الاشكال (a,b,c,d,e,f-4) للمستوى العمقي الثاني الذي يمثل الفاصلة القطبية (1) متر فيلاحظ عدم انسجام في تصرف وتطابق المنحنيات والمخططات ونقصان في قيم السعة مع وجود اتجاهات اللاتماثل الكهربائي وسعات متوسطة تصل الى (130%) في الاتجاهات (°160,060°020°,000) واستمرار التطابق في الطور بسعات متوسطة وليست قليلة في الاتجاه (°180/000°) وافضل تطابق في المسح الشعاعي (λ_R) بمقدار (1.31).

اما الاشكال (a,b,c,d,e,f-4) للمستويات العمقية التي تمثل الفواصل(1.5, 2,3,4,5) م فنلاحظ وجود تطابق في الطور والسعة في الاتجاه (20,60,80) وبسعات كبيرة و قليلة وظهور اتجاه اللاتماثل الكهربائي (°180/000°) الذي يمثل كسر رئيسي وبسعات عالية في جميع المسوحات الثلاثة، ويكون المسح الشعاعي افضل تطابق وبقيم تتراوح بين (1.57−1.90)، مع ملاحظة ظهور اتجاه لاتماثل كهربائي (°240/060°) في المستوى العمقي السادس الذي يمثل الفاصلة القطبية (4) م وبسعات عالية القيم في المسوحات الامامي والشعاعي كما موضح في الجدول (2).

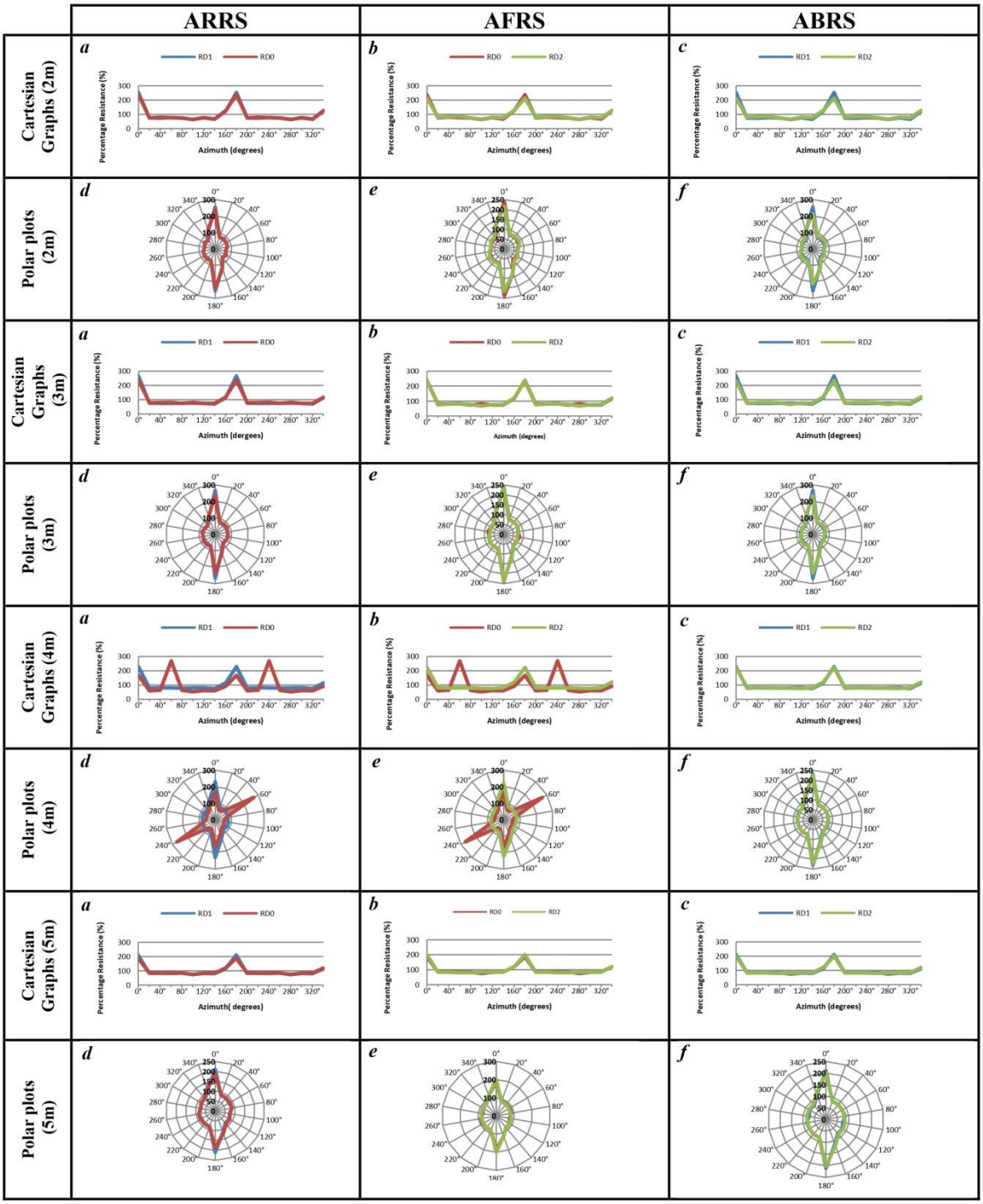
الجدول 2: معاملات واتجاهات اللاتماثل الكهربائي للمسوحات الاتجاهية (الشعاعي والامامي والخلفي) المحسوبة من الدراسة الحالية في الموقع الثاني (ARS2) وفق الدراسة الحالية.

a(m)	λ_R	Aniso.Dir	λ_F	Aniso.Dir	λ_B	Aniso.Dir
0.5	2.29	000°/180° 020°/200° 080°/260° 160°/340°	2.28	000°/180° 020°/200° 080°/260° 160°/340°	2.28	000°/180° 020°/200° 080°/260° 160°/340°
1.0	1.31	000°/180° 020°/200° 060°/260° 160°/340°	1.25	000°/180° 020°/200° 060°/260° 160°/340°	1.30	000°/180° 020°/200° 060°/260° 160°/340°
1.5	1.57	000°/180° 020°/200° 060°/240° 080°/260°	1.79	000°/180° 020°/200° 060°/240° 080°/260°	1.82	000°/180° 020°/200° 060°/240° 080°/260°
2.0	1.89	000°/180° 020°/200° 060°/240° 080°/260°	1.86	000°/180° 020°/200° 060°/240° 080°/260°	1.96	000°/180° 020°/200° 060°/240° 080°/260°
3.0	1.90	000°/180° 020°/200° 060°/240° 080°/260°	1.83	000°/180° 020°/200° 060°/240° 080°/260°	1.87	000°/180° 020°/200° 060°/240° 080°/260°
4.0	1.72	000°/180° 020°/200° 060°/240° 080°/260°	1.99	000°/180° 020°/200° 060°/240° 080°/260°	1.99	000°/180° 020°/200° 060°/240° 080°/260°
5.0	1.63	000°/180° 020°/200° 060°/240° 080°/260°	1.58	000°/180° 020°/200° 060°/240° 080°/260°	1.63	000°/180° 020°/200° 060°/240° 080°/260°

نلاحظ في الموقع الاول وجود مجاميع من الكسور المنفردة ذات الميل الشديد وابرزها كسر منفرد باتجاه W-E وN10°W وكذلك كسرور قصية مقترنة بالاتجاه N70°E وN70°W والتي تخترق ترسبات العصر الرباعي، بينما اظهر الموقع الثاني اتجاهات كسور وابرزها كسر منفرد باتجاه W-E و N10°W وكذلك كسور قصية مقترنة بالاتجاه N70°E وN70°W ولكن ترددات وسعات اكبر مع ظهور كسور رئيسة وثانوية تخترق ترسبات المصاطب النهرية. مما تقدم بينت الدراسة الحالية وجود ثلاثة اتجاهات لمضارب كسور ثانوية ورئيسة في الموقع الاول تخترق رواسب العصر الرباعي المتمثلة بالمصاطب النهرية، بينما اظهرت الدراسة وجود اربعة اتجاهات للكسور في الموقع الثاني والتي تخترق ترسبات العصر الرباعي المتمثلة بالرواسب الطموية (Alluvial deposits) وكما مبين في الشكلين (5) و(6).



شكل 5. التمثيل الكارتيزي والقطبي لنظام متعب والفاضل الاتجاهي في الموقع (ARS2) للفواصل القطبية (0.5,1,1.5) م.



شكل 6. التمثيل الكارتيزي والقطبي لنظام متعب والفاضل الاتجاهي في الموقع (ARS2) للفواصل القطبية (2,3,4,5) م.

المناقشة

بعد اجراء التحليل المتكامل لجودة التطابق الطوري للمنحنيات الكارتيزية والمخططات القطبية باستعمال المسوحات الاتجاهية الثلاثة الشعاعي والامامي والخلفي ولكافة الفواصل القطبية في مواقع الدراسة الحالية لوحظ وجود اعلى نسبة للتطابق الجيد والمتوسط في المسح الامامي وبمقدار(65%) وتبلغ اعلى نسبة للتطابق الضعيف بمقدار (35%)، اما في المسح الشعاعي فكانت اعلى نسبة للتطابق الطوري الجيد والمتوسط بمقدار(45.3%) واعلى نسبة للتطابق الضعيف

(54.7%)، بينما في المسح الخلفي اعلى نسبة للتطابق الجيد والمتوسط وبمقدار (41.5%) والتطابق الضعيف بمقدار (48.5%).

وبحساب عدد افضلية جودة التطابق الطوري في موقعي الدراسة الحالية للمسوحات الامامي والشعاعي والخلفي عن طريق عمل تحليل احصائي متكامل للبيانات وتحليلها بينت النتائج ان تقنية المسح الامامي افضل النتائج بمقدار (66%) مقارنة مع تقنية المسح الشعاعي وبمقدار (21%) وتقنية المسح الخلفي بمقدار(13%).

وظفت البيانات الجيوفيزيائية في الدراسة الحالية وفق نظام متعب والفاضل بتحويلها الى معطيات مفهومة في تحليل الكسور التركيبية وتحديد اتجاهات مضارب كسور رئيسة وثانوية شدية وقصية للطبقات تحت السطحية في مواقع الدراسة الحالية.

الاستنتاجات

1- اظهرت الدراسة الحالية امكانية تشخيص اتجاهات الكسور الرئيسة والثانوية بشكل دقيق باستخدام المسح المقاومي الاتجاهي نظام متعب والفاضل الاتجاهي والتي يصعب تحديدها باستخدام تقنية المقاطع التصويرية الكهربائية الاتجاهية.

2- ابرزت الدراسة الحالية باستعمال نظام متعب والفاضل الاتجاهي بالتقنيات الشعاعية والامامية والخلفية ظهور اتجاهات لاتماثل كهربائي رئيسة وثانوية والتي تمثل اتجاهات ومضارب كسور في مواقع الدراسة، مع ملاحظة وضوح تام للتطابق في السعة والطور للمرتسمات والمخططات الكارتيزية والقطبية في المسح الامامي وبمقدار اعلى من المسح الشعاعي والخلفي.

3- تعرضت منطقة الدراسة ما قبل العصر الرباعي الى قوى تكتونية ادت الى وجود العديد من الكسور والفواصل وفق الدراسات الهندسية والجيولوجية السابقة، ولازالت تلك القوى مستمرة في العصر الرباعي المتمثل بعمري البلستوسين والهولوسين ومستمرة بالنشاط والخطورة حيث اكدت الدراسة الحالية وجود ثلاثة اتجاهات لمضارب كسور ثانوية ورئيسة في الموقع الاول تخترق رواسب العصر الرباعي المتمثلة بالمصاطب النهرية، بينما اظهرت الدراسة اربعة اتجاهات للكسور في الموقع الثاني والتي تخترق ترسبات العصر الرباعي المتمثلة بالرواسب الطموية.

المصادر

Abdullahi, N. K., Batu, M. A. and Masanawa, A. A., 2012. Fracture determination using azimuthal, schlumberger and offset wenner array in basement complex of Northern Nigeria. Research Journal of Environment and Earth Sciences. 4(7) pp.747-755.

ABEM Terrameter SAS 4000 / SAS 1000, 2010. ABEM Instrument AB, Instruction Manual.148p. www.abem.se

Al-Daghstani, H.S., Hussein, M.F., Al-Ta'ai, B.Y. 2006. Study and Analysis of Landforms and its Application in the area Between Tiara and Allan anticline,North of Iraq using Remote Sensing Data, Iraqi National Journal of Earth Science, Volume 6, Issue 1, Pages 1-16. (In Arabic).

Al-Fadhel, M, S., 2020. Delineation of Shallow Fractures Near Mosul Dam Using New Azimuthal Resistivity Technique, Ph.D. Thesis (Unpublish), 123 p. (In Arabic).

Al-Fadhel, M.S., Mutib, M., 2020a. New Azimuthal Resistance Techniques in the Study of Fractures of the Recent Deposition for Selected Sites near Mosul Dam. Iraqi National Journal of Earth Science, Volume 20, Issue 1, Pages 127-146. (In Arabic).

Al-Fadhel, M.S., Mutib, M., 2020b. Study of the Quaternary Deposits at the East and West Shoulders of Mosul Dam Using Azimuthal 2D Resistivity Imaging Iraqi National Journal of Earth Science, 2020, Volume 20, Issue 2, Pages 1-17 (In Arabic).

Alile, O.M., Aigbogun C.O., Enoma, N., Abraham, E.M. and Ighodalo, J. E., 2017. 2D and 3D Electrical Resistivity Tomography (ERT) Investigation of Mineral Deposits in Amahor, Edo State, Nigeria. Nigerian Research Journal of Engineering and Environmental Sciences, 2(1), pp. 215-231.

Al-Mashhadany, Auday Y., Al-Juraisy, Bashar A., Ahmed, Mahmood S., 2024. Detecting the effect of soil compaction processes on the distribution of subsurface resistivity using 2D resistivity imaging. Iraqi National Journal of Earth Science, Vol. 24, No. 2, (62-71), DOI: 10.33899/earth.2023.142652.1131.

Asare, V. S., Gyasi, E. and Okyere, B. F., 2015. Azimuthal resistivity sounding with the symmetric schlumberger and the alpha wenner arrays to study subsurface electrical anisotropy variation with depth. International Journal of Scientific and Research Publications, ISSN2250-3153, Volume 5, Issue 5 https://www.researchgate.net/publication/293651758

Bayewu, O. O., Oloruntola M. O., Mosuro G. O., Folorunso, I. O. and Kolawole, A. 2014. Evaluation of Resistivity Anisotropy of Parts of Ijebu Igbo, Southwestern Nigeria Using Azimuthal Resistivity Survey (ARS) Method. Journal of Geography and Geology; Vol. 6, No. 4, DOI:10.5539/jgg.v6n4p140

Ben, O.I. and Onwuemesi A. G., 2009. Estimation of Anisotropic Properties of Fractures in Presco Campus of Ebonyi State University Abakaliki, Nigeria Using Azimuthal Resistivity Survey Method. Journal of Geology and Mining Research Vol. 1(8) pp.172-179.

Eclimes, Y.F., 2010. Deep Azimuthal Apparent Resitivity Survey to Study Electrical Anisotropy in Alqosh- Ain-Sfni Plain- North Iraq, Ph.D. Thesis (Unpuplish), 146 p.

Ezzadin N. Baban, Abdulla K. Amin, Kwestan M. Ahmed., 2023. Combined Electrical Tomography (ERT/IP) Methods and Geoelectrical Parameters to Evaluate Groundwater in Qularaisi Area NW Sulaimani City - Kurdistan Region-IRAQ. Iraqi National Journal of Earth Science, Vol. 23, No. 1, 2023 (1-34, DOI: 10.33899/earth.2023.135144.1024.

George, A. M and Abong, A.A., 2014. DC Resistivity Investigation of anisotropy and lateral effect using azimuthal Offset Wenner Array. A case Study of the University of Calabar, Nigeria. Journal of Environment and Earth Science, ISSN 2225-0948 (Online) Vol.4, No.1: https://www.researchgate.net/publication/267153896.

Greggio, N., Giambastiani, B.M.S., Amaini, CE.B.C. and Antonellini, M., 2018. High-Resolution Electrical Resistivity Tomography (ERT) to Characterize the Spatial Extension of Freshwater Lenses in a Salinized Coastal Aquifer. Water, 10(1016)., doi.org/10.3390/w10081067

Loke, M.H., 2018. Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys.213p. www.geotomosoft.com

Mutib. M., Eclimes Y.F., 2012a. Study of The Subsurface Fractures in Ayn-Sfni Plain/North Iraq from Azimuthal Resistivity Data. Iraqi National Iraqi National Journal of Earth Science, 2012, Volume 12, Issue 3, Pages 35-55 (In Arabic).

Mutib. M., Eclimes Y.F., 2012b. Fracture Anisotropy Characterization and Lateral Effects from Azimuthal Resitivity Survey in Alqosh Plain- North Iraq. Iraqi National Journal of Earth Science, 2012, Volume 12, Issue 1, Pages 35-58 (In Arabic).

Mutib M. Mahder-Bashi, T.D., Al-Juraisy B.A., 2009. Environmental Study in Mishraq-1 Sulphur Field from 2DRI and ARS. Iraqi National Journal of Earth Science, 2009, Volume 9, Issue 2, Pages 1-16 (In Arabic)

Nordiana, M.M., Bery, A.A., Taqiuddin, Z.M., Jinmin. M., and Abir, I.A. (2018). 2-D Electrical Resistivity Tomography (ERT) Assessment of Ground Failure in Urban Area. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 995., DOI 10.1088/1742-6596/995/1/012076.

Okpoli, C.C. and Igwe, O., 2013. Electrical Resistivity Anisotropy in Delineation and Characterization: A Case Study Area, Southwestern Nigeria. The Pacific Journal of Science and Technology, 14(2).

Udosen, N. I., and George, N. J. (2018). Characterization of electrical anisotropy in North Yorkshire England using square arrays and electrical resistivity., Geomech. Geophys. Geo-energ. Geo-resour. 4(3):215-233, doi.org/10.1007/s40948-018-0087-5

Watson, K. A. and Barker, R. D., 1999. Differentiation Anisotropy and Lateral Effects Using Azimuthal Resistivity Offset Wenner Soundings. Geophysics, 64, pp. 739-74., http://dx.doi.org/10.1190/1.1444583

Watson, K. A. and Barker, R. D., 2005. Modeling Azimuthal Resistivity Sounding over a Laterally Changing Resistivity Subsurface. Near Surface Geophysics, 3, pp. 3-11., DOI:10.3997/1873-0604.2004024

Watson, K. A. and Barker, R. D., 2010. Tank modelling of azimuthal resistivity surveys over anisotropic bedrock with dipping overburden. Near Surface Geophysics, 8, pp. 297-309., https://doi.org/10.3997/1873-0604.2010019