

## استخدام المسح الراداري والكهربي للكشف عن التكهفات الكارستية تحت السطح في متكون الجبيلة، غرب الرياض

خالد بن فرج المطيري، وناصر بن سعد العريفي\*

معهد بحوث الفلك والجيوفيزياء، مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية، ص.ب. ٦٠٨٦، الرياض ١١٤٤٢  
\* قسم الجيولوجيا، كلية العلوم، جامعة الملك سعود، المملكة العربية السعودية (٢٠٠٦م)  
(قدم للنشر في ٢٧/٣/١٤٢٩هـ؛ وقبل للنشر في ١١/١/١٤٢٩هـ)

الكلمات المرشدة: متكون الجبيلة، المسح الراداري، الكهربي، الحفر الاختباري، القطاع، البروفایل - التكهفات

ملخص البحث. تم استخدام المسح الراداري والمسح الكهربي للكشف عن التكهفات الكارستية تحت السطح في متكون الجبيلة، غرب مدينة الرياض، نظراً لما قد تسببه من مخاطر بيئية أو جيولوجية على المنشآت والمباني. وتهدف الدراسة إلى معرفة الخواص الفيزيائية لتلك التكهفات، ومعرفة مدى استجابة المتكون للطرق الجيوفيزيائية المستخدمة للكشف عنها، وكذلك تقييم مدى استخدامها بصورة رئيسة في الدراسات الهندسية.

كما خلصت الدراسة إلى قدرة المسح الراداري على تحديد التغيرات في الخصائص الكهربية للتركيب تحت سطحية، القريبة من السطح حتى العمق ٦ م بكل وضوح، مع إمكانية رؤية التراكمات الصخرية حتى العمق ٨ م، باستخدام التردد ٢٥٠ ميغاهرتز. حيث يوجد تشابه كبير بين المقاطع الرادارية تتمثل في بعض الانعكاسات الموجية القوية والمتماثلة فيما بينها، من حيث موقع وعمق كل منها في بعض الأجزاء العليا، حيث تصل أعماقها إلى ٧٥، ٤ م، وتمتد بشكل أفقي على طول خطوط المسح، وتوضح أن التركيب الصخري يظهر على هيئة طبقات أفقية، كما تتميز بأن لها مقاومة كهربية تتراوح ما بين ١٨٠-٣٠٠ أوم.متر.

كما أن المقاطع الرادارية لم تعطي أي مؤشر على استمرارية وجود التكهف داخل الطبقات، وإنما دلت على تجانس التركيب الصخري في الأعماق السفلى، ويدعم ذلك نتائج المسح بطريقة المقاومة الكهربية، والتي أعطت تحديد جيد للطبقات الأفقية مع ظهور أجزاء تتوزع فيها المقاومة الكهربية على شكل شبه دائري، اتضح بعد الحفر الاختباري أنها تمثل جزء من الطبقة الجيرية يتميز بتغير سحني ذو صلابة عالية، وتصل مقاومتها إلى ٢٨٠ أوم.متر، بينما الوسط المحيط تبلغ مقاومته الكهربية ١٢٠ أوم.متر. كما تم دعم هذه النتيجة باستخدام الاختبارات الجيوتقنية والتي أعطت توافق مع المعطيات الرادارية والكهربية.

## المقدمة

حدثت في السنوات الأخيرة بعض الانهيارات الأرضية في مدينة الرياض، بسبب حدوث ترشيح للسوائل في الصخور القابلة للذوبان أو سحب المياه السطحية بشكل متكرر في الصخور الكلسية ذات المجاري الجوفية (Karst)، مما أدى إلى تكون فجوات تحت السطح ذات آثار سلبية. حيث تحدث الظواهر الكارستية في المناطق التي تحتوي على صخور قابلة للإذابة مثل الحجر الكلسي أو الجيري والدولومايت والرخام والجبس والهاليت والإنهيدرايت نتيجة لإذابة المحاليل لبعض تلك الصخور بفعل المياه.

ولوجود تهديد حقيقي يكمن في انهيار أسطح الكهوف الكارستية الموجودة في الصخور الجيرية، ولما يتميز به متكون الجبيلة غرب الرياض من وجود بعض القنوات أو الممرات المليئة بالرواسب الطينية والرملية تحت الأرض، فمن الضروري القيام بدراسات جيوفيزيائية تساعد على الكشف المبكر عن الكهوف تحت سطحية وتحديد أعماقها تحت السطح وأبعادها الجانبية، لمنع حدوث الانهيارات وتجنب الآثار الاقتصادية والبيئية بعد وأثناء مراحل التخطيط والتصميم لأي مشروع حيوي (Al-Mutari-2006). حيث تهدف هذه الدراسة إلى تقييم استجابة متكون الجبيلة-غرب الرياض، للطرق الرادارية والكهربية ومدى فعاليتها في تحديد التراكيب تحت سطحية، والكشف عن الكهوف من خلال دراسة أحد المواقع التي تحتوي على تكهف كارستي، ومعرفة بعض الخصائص الفيزيائية للصخور الكربونية التي تحتوي على الكهوف الكارستية، مثل السرعات الرادارية التقريبية للمتكون وقيم المقاومة

الكهربية للطبقات، ودعم النتائج باختبارات الحفر الهندسي.

الجيرية المشبعة (El-Sayed and Al-Abd,1998).

كما تم استخدام الرادار البثري والمقاومية الكهربية لاستكشاف كهوف الحجر الجيري في موقع لبناء جسر لأحد الطرق السريعة في كوريا، لتحديد الكهوف تحت موقع الجسر، وتحديد حجمها وامتدادها، وقد وجد العديد من التكهفات ضمن منطقة الحجر الجيري، وتمتد بشكل متصل لدرجة أنها تشكل خطر الانهيارات والانزلاقات لقواعد الجسر (Seong and Jong, 2004).

## موقع الدراسة

يقع على بعد ٢ كم من الجسر المعلق باتجاه الشرق على الطريق الدائري الغربي لمدينة الرياض (الشكل رقم ١)، وتم تحديد إحداثيات الموقع باستخدام نظام تحديد المواقع عند النقطة: ٤٦° ٣٥' ٢٤" شرقاً، ٢٤° ٣٨' ٢٧" شمالاً، بارتفاع ٥٨٦ م. ويقع ضمن متكون الجبيلة (Jubaila Formation) التابع للعصر الجوراسي المتأخر، ويتميز بصخور جيرية شبه كتلية مهشمة تحتوي على الكثير من التكهفات الضحلة، حيث يوجد كهف ملئ ببعض الرواسب الطينية مع قليل من الرمل على عمق ٧,٦ م، ويظهر ذلك من خلال القطاع الرأسي للتركيب الصخري (الشكل رقم ٢).

## الوضع الجيولوجي

تم وصف حجر جير الجبيلة بواسطة الجيولوجي بورز وآخرون (Powers et al.,1966) ثم قام بعض الجيولوجيين بدراسة القطاع النموذجي لمتكون الجبيلة

بالمقاومية الكهربائية في بُعدين، وكانت الطريقتين قادرتين على رسم خرائط لما تحت السطح وتأكيد وجود طبقة شبه متماسكة متغيرة السمك من الحجر الجيري والرواسب الرملية وكذلك الطين، وتحتوي على عدة شقوق صغيرة (Yuhr,2003).

كما تم استخدام طرق المقاومة الكهربائية لدراسة التغيرات في التراكيب الجيولوجية القريبة من السطح، وتحديد عدم التجانس الجانبي في التراكيب السطحية وبعض الطبقات بالقرب من مدينة الرياض. ويعلو حجر جير الجبيلة متكون حنيفة بعلاقة توافق، وتبلغ سماكة متكون الجبيلة ١١٦ م في القطاع المقاس على طول وادي لحية بالقرب من الحاير، كما أن سماكة المتكون ثابتة نوعاً ما في جميع القطاعات الموجودة ضمن الخريطة الجيولوجية لمربع الرياض. كما أن حجر جير الجبيلة يشكل الجزء العلوي من جبل طويق والجزء العلوي من المتكون يشكل الميل الخلفي لجرف طويق، وفي الغرب من مدينة الرياض نجد أن متكون الجبيلة يشكل هضبة كبيرة ومعظم الأحياء الغربية من مدينة الرياض (البديعة-العريجاء) تقع ضمن حدود هذه الهضبة. وهناك عدة أودية عميقة مثل وادي حنيفة، وادي جبل، وادي نهار، وادي لحية، والتي تخترق صخور متكون الجبيلة حيث تظهر منكشفات كاملة لهذا المتكون بشكل رأسي. وفي الجنوب الغربي تتشكل هضبة مماثلة في منطقة العليا، ونظراً لوجود تشابه بين الوحدتين السفلية والعلوية، فإنها لم تمثل على الخرائط (Vaslet, et al.,1991).

#### الوحدة الأولى (السفلية)

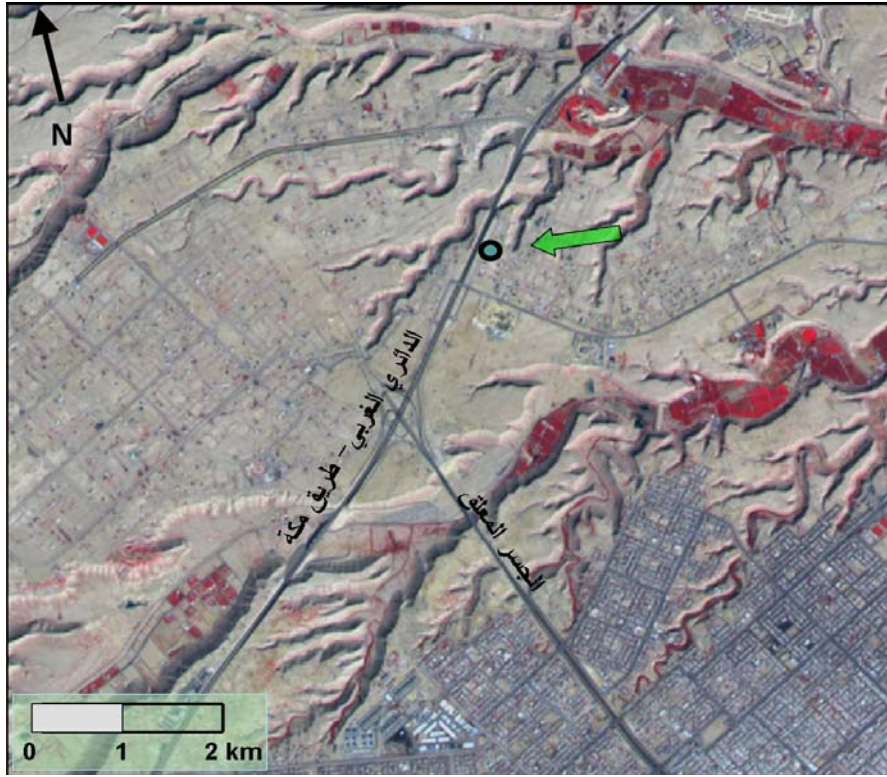
تبلغ سماكتها حوالي ٥٦ م وتتكون كلياً من صخور جيرية مضغوطة تتعاقب مع طبقات غنية

والذي يبعد بضعة كيلومترات غرب الرياض بالقرب من قرية الجبيلة، وقاموا بتقسيم المتكون إلى وحدتين رئيسيتين الوحدة الأولى (السفلية) الوحدة الثانية (العلوية)، كما درست التراكيب الصخرية والرسوبية لحجر جير الجبيلة.

#### خلفية البحث

استخدمت الطرق الجيوفيزيائية لإجراء بعض الدراسات المتعلقة بالتراكيب الصخرية والتكهفات، حيث استخدم المسح الراداري لتصوير الشقوق القريبة من السطح خلال قبة الدمام بالمنطقة الشرقية من المملكة، وتم الحصول على نتائج دقيقة وتحديد العديد من السمات الجيولوجية القريبة من السطح في المناطق الجافة (Makkawi,2003). كما أثبت المسح الراداري أنه من أكثر الطرق فعالية في الكشف عن المواد والتراكيب تحت سطحية في الصخور الجيرية مثل الفراغات والكهوف الممتلئة بالرسوبيات من خلال المنكشفات الصخرية لحجر الجير، وكانت التجارب التي تم إجراؤها ناجحة بحيث استطاعت الكشف عن التراكيب التحتية (Conyers and Goodman,1997). كما تم استخدام المسح الراداري في وسط غرب فلوريدا لدراسة المنكشفات الصخرية للكارست التي تشمل الكهوف والشقوق ومناطق الانهيارات، والتي كانت تستخدم كمعمل لتكرير الفوسفات، حيث يقع الموقع في تجويف أرضي على مستوى إقليمي. ولتقييم المخاطر الناتجة عن الكارست تم استخدام الرادار الأرضي المخترق، وتصوير

المواد الجيولوجية الأعمق باستخدام بيانات التصوير



الشكل (١). صورة فضائية بالقمر الصناعي سبوت (معهد بحوث الفضاء)، توضح موقع الدراسة على الدائري الغربي لمدينة الرياض. حيث أن إحداثيات الموقع عند النقطة:  $35^{\circ}46'$   $24.2''$  شرقاً،  $24^{\circ}38'02.96''$  شمالاً.

طبقات ما بين ٢٠-٥٠ سم، كما أن النصف العلوي من الوحدة العلوية يُظهر زيادة في الطبقات المصمتة بسماكة ما بين ٠.٥٠-١ م (Vaslet, et al., 1991).

بالتفات الحيوي وطبقات من الفتات الجيري وتتابع هاتين الوجدتين تتابع دقيق، في سماكة ما بين ١-٣ م خلال المقطع، والتي تقطع بالأرضيات الصلبة (Vaslet, et al., 1991).

#### الوحدة الثانية (العلوية)

تم عمل المسح الجيوفيزيائي على هذه الوحدة حيث تبلغ سماكتها ٦٠ م وهي مصمتة وكتلية أكثر من الوحدة الأسفل منها، وتبدأ هذه الوحدة بأكاسيد حديد بين الحبيبات وفتات حيوي وفتات جيري فيه تطبق متقاطع يشق له قنوات محلية في الوحدة السفلية، أما النصف السفلي من الوحدة العلوية أيضاً يُظهر لنا التعاقب بين حجر الجير العضوي الفتاتي الرمادي اللون، والفتاتي الجيري، والعقد الجيرية الغنية بأكاسيد الحديد بسماكة

#### الطرق المستخدمة والأجهزة العلمية

##### الرادار الأرضي المخترق GPR

يعتبر المسح الراداري طريقة جيوفيزيائية غير متلفة طورت خلال الثلاثة عقود الماضية للاستكشاف الضحل وبدقة عالية، وتعتمد على إرسال موجات كهرومغناطيسية عالية التردد (10-1000 ميغاهرتز) تحت سطح الأرض، حتى تعترضها أهداف جيولوجية أو أجسام مختلفة من ناحية الخصائص الكهربائية أو المغناطيسية، ثم تنعكس وترتد إلى السطح ويتم استقبالها

وتختلف الطرق الكهربائية عن بعضها البعض فمنها ما يعتمد المجال الكهربائي والكهرومغناطيسي الطبيعي الموجود في باطن الأرض، ومنها ما يعتمد على إرسال تيار كهربائي أو كهرومغناطيسي في الأرض مثل طرق المقاومة الكهربائية. وتعتمد الخصائص الكهربائية للصخور القريبة من السطح على كمية المياه الموجودة داخل المسام، ومدى تجانس الوسط ونسبة تواجد الفراغات. وتمتاز الصخور المشبعة بالماء بمقاومتها الكهربائية المنخفضة، كما أن وجود صخور الطفل والطين والمعادن ذات التوصيلية الكهربائية العالية يقلل من مقاومة الصخور لمرور التيار خلالها. لذا فدراسة التوصيلية الكهربائية للطبقات تحت السطحية لقياس الجهد الكهربائي الناتج عن إمرار تيار كهربائي ثابت إلى داخلها سوف يكشف العديد من خصائص الطبقات مثل درجة تشبع الطبقات. وتستخدم الطرق الكهربائية في عدة مجالات، منها مجال الجيولوجيا الهندسية (Dobrin, 1988).

ومن أكثر الطرق الكهربائية استخداماً في الاستكشافات الجيوفيزيائية والأعمال الهندسية طريقة المقاومة الكهربائية (Electrical Resistivity) وهي خاصية كهربية أساسية من خصائص الصخور ترتبط مع التراكيب الصخرية. وقد تم استخدام نظام (-ISYSCAL R) من شركة (IRIS) الفرنسية لجمع البيانات (الشكل رقم ٣).

#### الحفر الاختباري Geotechnical Drilling

تم إجراء حفر اختباري للحصول على عينة لينة باستخدام ماكينة الحفر موديل موبيل ب-٥٣ ورأس الحفر المستخدم هو الثلاثية-الماسية (الشكل رقم ٣).

في نفس الجهاز، ويتم تحليل ومعالجة هذه الموجات بواسطة برامج التحليل للحصول على صورة للوسط الذي مرت فيه هذه الموجات. وتتأثر هذه الموجات بالخصائص الكهربائية والمغناطيسية المختلفة وتعتمد على مدى التباين في تلك الخصائص، حيث ينعكس جزء منها ويتم تسجيلها بواسطة جهاز الاستقبال والجزء الآخر ينكسر أو يتشتت.

وتتقل الموجات الكهرومغناطيسية بسرعة معينة وتعتمد الخصائص الكهرومغناطيسية للمواد على طبيعة تركيبها ومحتواها المائي وهذين العنصرين يتحكمان في سرعة انتشار الموجات الكهرومغناطيسية وفي خاصية التعقيم للموجات الرادارية في المواد والذي يحدد بواسطة نفاذيتها الكهربائية. حيث أن خاصية نفاذية العزل تصف قدرة المادة على تخزين الطاقة الكهربائية بتوزيع شحنات القطبية الموجبة، أما نفاذية العزل النسبية (ثابت العزل) فهي نسبة نفاذية المادة إلى نفاذية المساحة (Reynolds, 1990). وتكون الطريقة فعالة عندما يكون الوسط منخفض التعقيم (يتميز بتوصيلية كهربية منخفضة) مثل الرمل وصخور القاعدة (إذا لم تكون محتوية على أكاسيد الحديد أو معادن ذات خواص مغناطيسية) والماء النقي. وتكون قليلة الفعالية عندما يكون الوسط عالي التعقيم مثل الطين والغرين والماء المالح. وتم استخدام نظام RAMAC من شركة Geoscience السويدية بتردد ٢٥٠ ميغاهرتز (الشكل رقم ٣).

#### المقاومة الكهربائية Electrical Resistivity

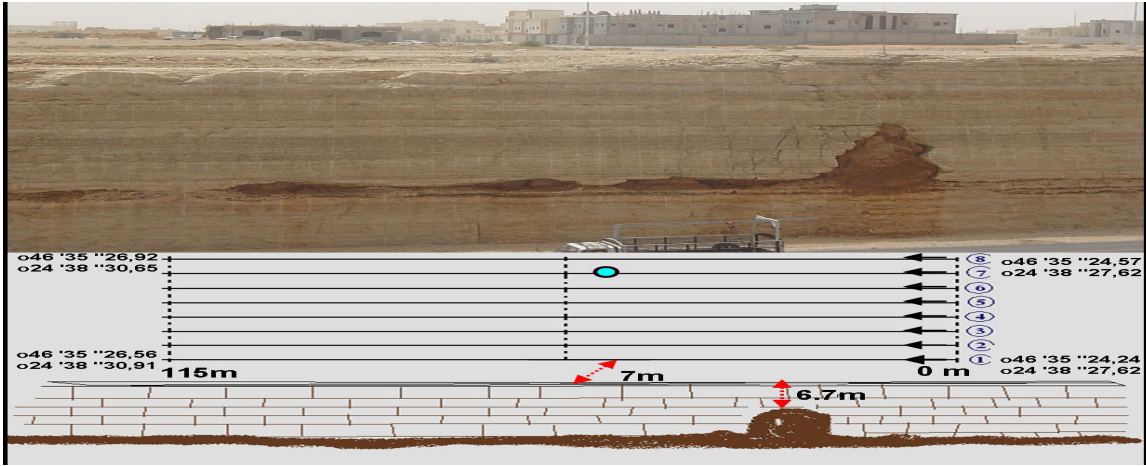
تُعد الطرق الكهربائية من الطرق الجيوفيزيائية التي تستخدم في الكشف عن التكهفات تحت سطحية، وقد أثبتت فعاليتها في الاستكشاف الضحل

## العمل الحقلّي وجمع البيانات

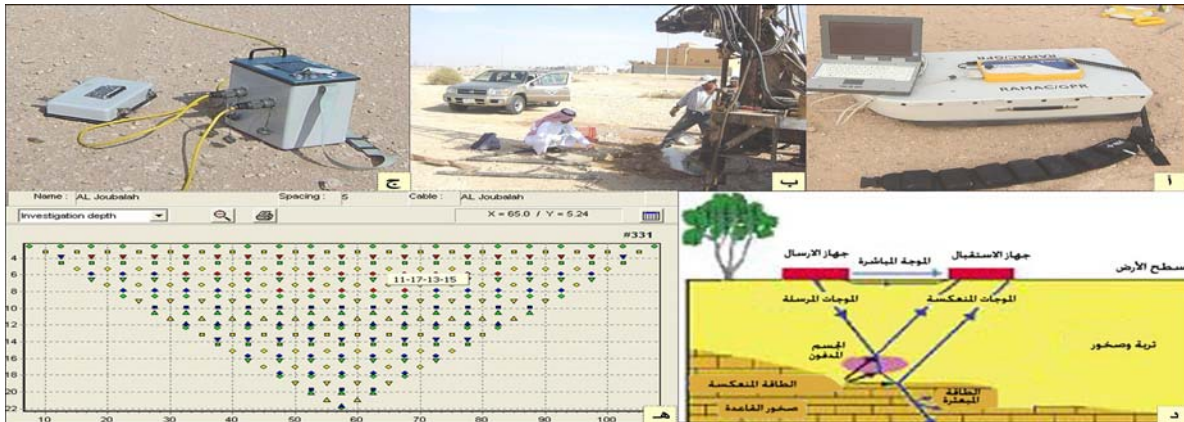
## المسح الراداري

تم عمل المسح الراداري في نفس الاتجاه على هيئة ٨ خطوط متوازية بطول ١١٥ م، حيث أن المسافة الفاصلة بينها ٢ م، وتم سحب الهوائي بشكل متصل (٤٠ إشارة/م). ويعد الخط الأول مسافة ٧ م من حافة الطريق، علماً بأن الكهف

يقع مقابل المسافة ٣٠ م من جميع خطوط المسح الراداري (الشكل رقم ٢). كما أن معاملات المسح الراداري التي استخدمت مع التردد ٢٥٠ ميغاهرتز هي (تردد العينة ٢٥٤٨ ميغاهرتز، وعدد العينات ٥٠٥ عينة، نافذة الإشارة ١٩٨ نانوثانية، وعدد التكوين للإشارات ٤).



الشكل رقم (٢). الرواسب الطينية التي تملأ التكهف بموقع الدراسة، مع مخطط لشبكة المسح الراداري والكهربي، ونقطة الحفر الاختباري (●).



الشكل رقم(٣). الأجهزة المستخدمة والطرق العلمية (Al-Mutairi,2006) حيث أن (أ): نظام المسح الراداري بتردد ٢٥٠ ميغاهرتز، (ب): ماكينة الحفر الاختباري للحصول على عينة لبية باستخدام رأس الحفر الثلاثية-الماسية، (ج): جهاز التصوير الكهربي ثنائي البعد، (د): نظرية المسح الراداري، (هـ): توزيع نقاط القياس الكهربي (٣٣١ نقطة) مقابل كل من العمق المتوقع (بالمتر) والمسافة السطحية (بالمتر).

## المسح الكهربى

معالجة بسيطة كنوع من الترشيح للبيانات، ثم استخدام برنامج المعالجة (dinv2Res) الذي يقوم بعمل (Inversion) للبيانات، حيث يحتوي على خطوات معالجة متقدمة حتى يتم الحصول منها على القطاع الكهربى الذى يمثل مقاومة الطبقات للتركيب الجيولوجى فى منطقة الدراسة.

## نتائج المسح الرادارى والكهربى

تم الحصول على مقاطع التصوير الرادارى الموضحة فى (الأشكال أرقام ٤ - ٦) والتي تمثل نتائج خطوط المسح الرادارى لموقع الدراسة على الترتيب حيث لم يتم عمل التصحيح السطحي لانبساط الموقع، أما المسح الكهربى فبعد معالجة البيانات تم الحصول على مقاطع التصوير الكهربى كما فى (الأشكال أرقام ٧ - ٩).

## تفسير البيانات الجيوفيزيائية

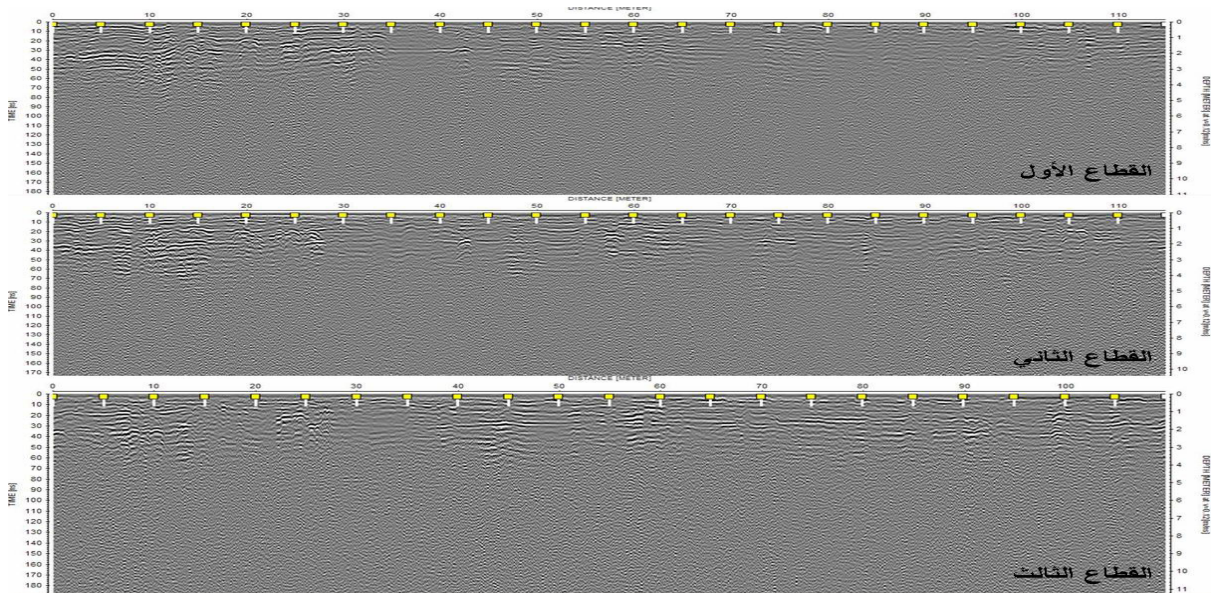
## تفسير البيانات الرادارية

يهدف تفسير البيانات إلى ربط معطيات التصوير

تم عمل ٤ مقاطع كهربية بمسافة بينية م ٤ على نفس خطوط المسح الرادارى رقم ١، ٣، ٥، ٧، كما فى (الشكل رقم ٢)، حيث يقع مركز الجهاز عند المسافة م ٥٥ من نقطة البداية، بينما يقع مركز الكهف عند المسافة م ٣٥ من المقاطع الكهربية. كما تم عمل مقطع كهربى خامس بحيث يقع الكهف عند مركز المسح، حيث أن طول الكيبل المستخدم فى جمع البيانات يبلغ م ١١٥، والمسافة بين الإليكترودات م ٥، وتم استخدام تنظيم وينر-شلمرجير معاً.

## معالجة البيانات الرادارية والكهربية

تم تكرار الكثير من خطوات المعالجة للبيانات الرادارية عند معاملات مختلفة باستخدام برنامج (REFLEX)، وتم اعتماد الخطوات الأفضل والتي أعطت تحسين أفضل لبيانات القطاع الرادارى. أما بيانات المسح الكهربى فقد تم استخدام برنامج (PROSY I) لعمل



الشكل رقم (٤). نتائج المسح الرادارى للخط الأول والثانى والثالث باستخدام السرعة التقريبية (١٢، ٠ م/ن ث) (المحور الأيمن)

حيث أن موقع الكهف الفعلى يقابل المسافة م ٣٥ من المسافة السطحية للمقاطع الرادارية وعلى عمق م ٧,٦.

أي مؤشر على استمرارية وجود التكهف داخل الطبقات حيث لم نلاحظ أي انعكاسات عميقة، وإنما دلت على تجانس التركيب الصخري في الأعماق السفلى.

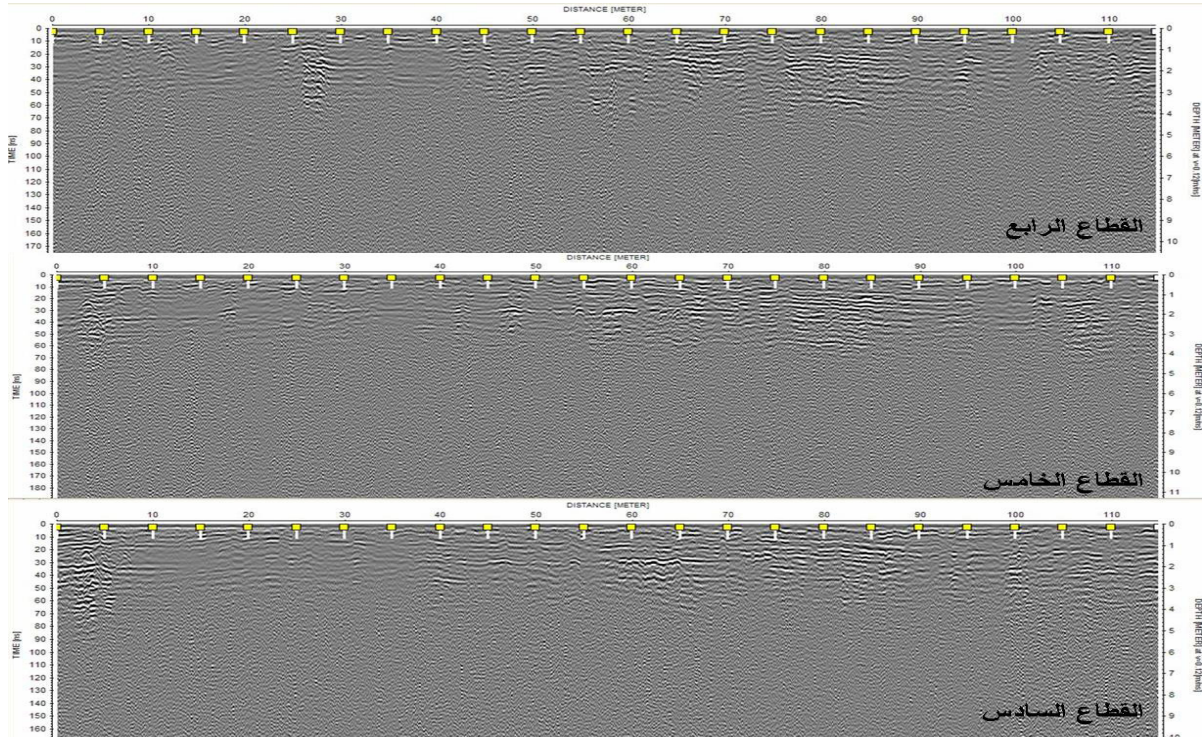
#### تفسير البيانات الكهربية

نلاحظ وجود تطابق قوي بين المقطع الكهربي الأول والثاني، وتراوح قيم المقاومة الكهربية ما بين ٤٠ إلى ٣٠٠ أوم. متر، حيث يوجد طبقة قريبة من السطح ذات مقاومة كهربية حوالي ٣٠٠ أوم. متر، وبسمك حوالي ٥م، تمتد ما بين المسافة ٧-٤٥م من خط المسح، ثم يحدث نوع من الغير في التركيب الصخري لتتخفف قيم المقاومة الكهربية ١٠٠-١٤٠ أوم. متر حتى نهاية المقطع. وفي منتصف القطاع الكهربي يوجد نطاق شبه دائري يعطي تغير بسيط في زيادة قيم المقاومة الكهربية من ١٠٠ أوم. متر لتصل إلى ٢٠٠ أوم. متر، ولم تعطي أي مؤشر على وجود التكهف تحت المسافة ٣٥م حيث أن الكهف يقع مقابل تلك المسافة في جميع المقاطع. ونلاحظ أنه بناء على قيم المقاومة الكهربية فإن التركيب الصخري يظهر على هيئة طبقات أفقية، وهذا يتطابق مع المسح الراداري.

أما المقطع الكهربي الثالث والرابع، فنلاحظ أن قيم المقاومة الكهربية تقل تدريجياً مع العمق ويوجد نطاقين على شكل شبه دائري، ذات مقاومة ٢٦٠ أوم. متر، وبعد عمل الحفر الاختباري تبين أنها تمثل صخور جيرية مختلفة الخصائص، حيث تتميز بصلاب أعلى لوجود تغير سحني في نفس الطبقة. كما أن تدرج قيم المقاومة الكهربية تدل على أن التركيب الصخري يظهر على هيئة طبقات أفقية. أما المقطع الكهربي الخامس نلاحظ عدم وجود أي مؤشر لوجود التكهف الملى بالطين (الشكل رقم ٩). حيث أن مادة الطين تتميز بقيم مقاومة كهربية منخفضة،

الراداري مع التركيب الصخري الفعلي واستنتاج المعاملات الفيزيائية، مثل تحديد سرعة الموجات الكهرومغناطيسية والتي تعطي العمق الفعلي للتركيب البنائي كالصدوع والطبقات أو التشققات. وبعد معالجة البيانات تم الحصول على (الشكل رقم ٤)، الذي يمثل التصوير الراداري للقطاع الأول والثاني والثالث على الترتيب، حيث نجد قدرة التصوير الراداري على رسم الطبقات تحت سطحية حتى العمق حوالي ٦م، من حيث خاصية التطبيق وكذلك ميلان الطبقات. ونلاحظ أن هذه الانعكاسات تقل قوتها مع زيادة العمق، وهذا ناتج عن أن التركيب الصخري للحجر الجيري في موقع الدراسة عبارة عن عدة طبقات رقيقة جداً، وبسمك حوالي سنتيمترات، وكل من هذه الطبقات الصغيرة تعمل على انعكاس جزء من الطاقة، وبالتالي تقل الطاقة مع العمق، مع وجود عدة انعكاسات عند العمق ٩م وإن كانت غير قوية. كما نلاحظ التشابه القوي بين عمق وموقع تلك الانعكاسات، وكذلك الحال بالنسبة للقطاع الرابع مع اختلاف مواقع الانعكاسات (الشكل رقم ٥).

أما المقاطع الرادارية لخط المسح الخامس والسادس (الشكل رقم ٥) وكذلك التصوير الراداري للقطاع السابع والثامن نلاحظ وجود تشابه كبير بينهما (الشكل رقم ٦) من حيث موقع الطبقات التي أعطت تلك الانعكاسات القوية، وكذلك ميلان الطبقات، مع ملاحظة أن الجزء الأيسر من التصوير الراداري لا يوجد به أي انعكاسات قوية وهذا قد يكون ناتجاً عن حدوث امتصاص للطاقة نتيجة لوجود رواسب طينية تتميز بمقاومة كهربية منخفضة. وجميع المقاطع الرادارية في هذا الموقع لم تعطي



الشكل رقم (٥). نتائج المسح الراداري للخط الرابع والخامس والسادس، ونلاحظ ميلان بسيط للطبقات القريبة من السطح في الجانب الأيسر.

بمعنى ذات توصيلته عالية للتيار الكهربائي، وهذا لم يتم ملاحظته، حيث يقع الكهف عند المركز (مقابل المسافة ٥٥ م من القطاع الكهربائي).

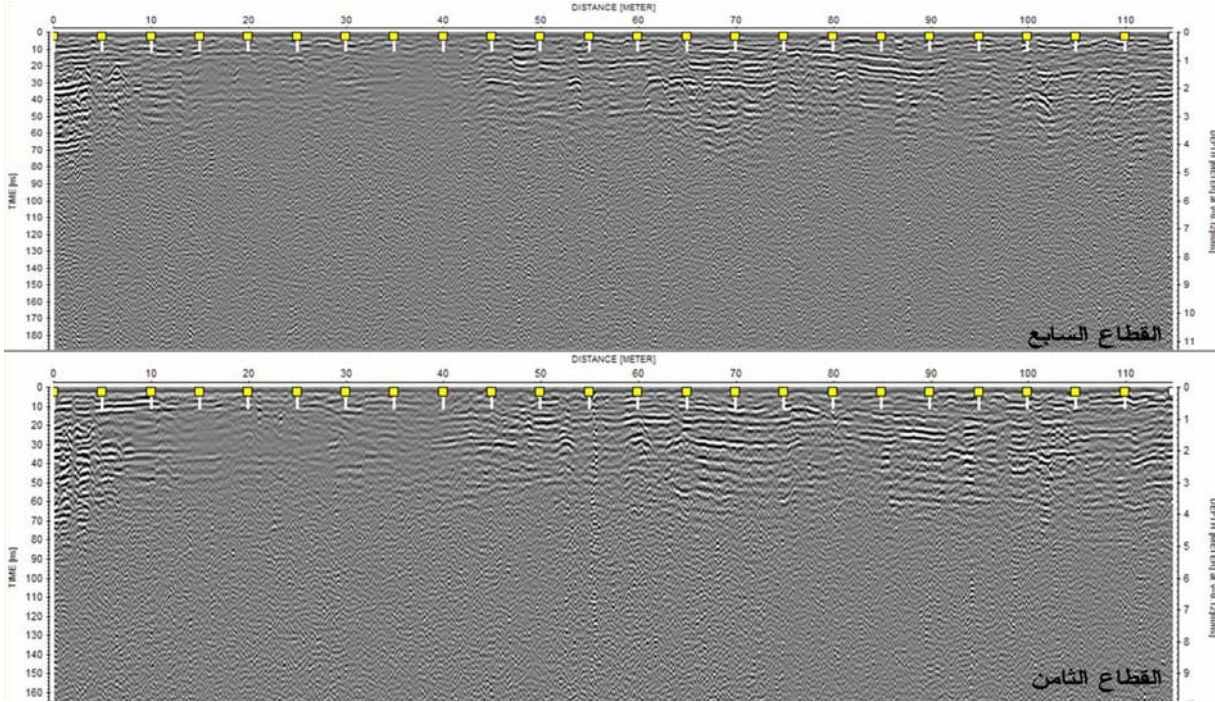
#### الحفر الاختباري

تم عمل حفر اختباري عند المسافة ٤٥,٧٥ م على طول المقطع الكهربائي الرابع وبعمق ٧ م بناء على عمق النطاق الذي أعطى اختلاف كبير في قيم المقاومة عن الوسط المحيط (الشكل رقم ٨)، حيث يوضح (الشكل رقم ١٠) نتيجة الحفر الاختباري حيث لم تعطي مؤشر لوجود أي كهف وإنما دلت على أن التغير الكبير في قيم المقاومة الكهربائية والتي ظهرت على شكل بقع دائرية الشكل، تدل على التغير في الخصائص الميكانيكية للطبقة الجيرية، مثل خاصية الصلابة، والتي لوحظ أنها تزداد مع العمق أثناء عملية الحفر.

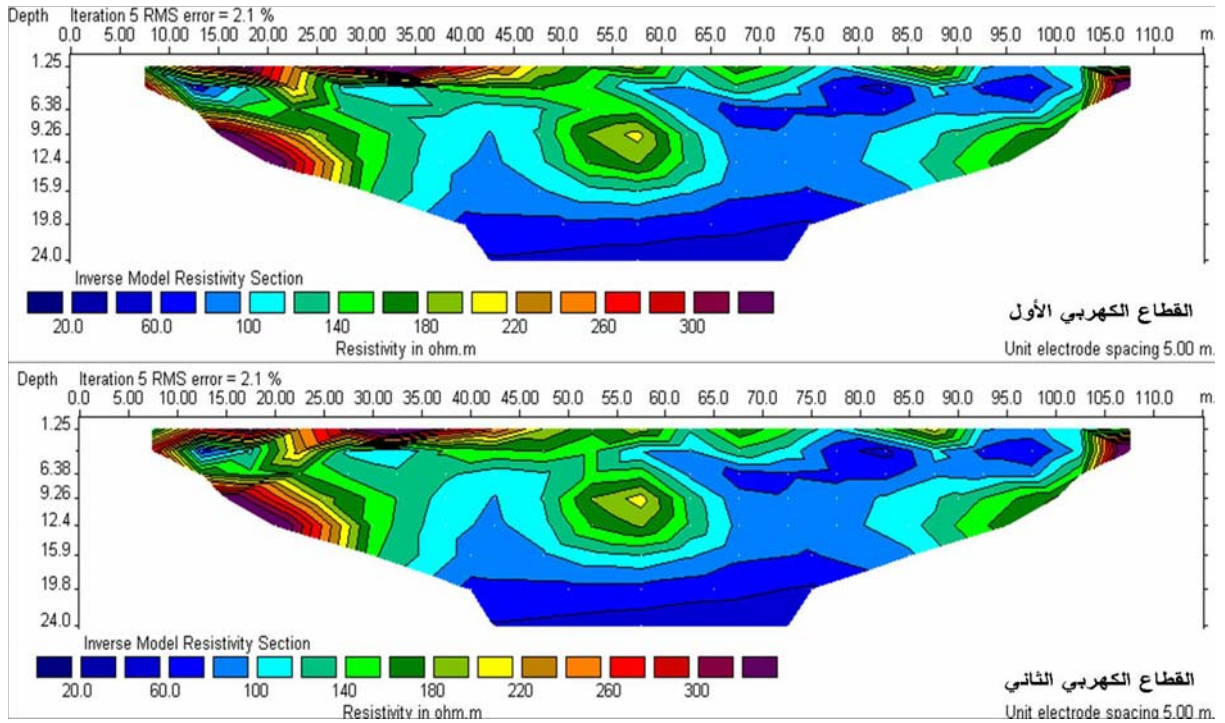
#### نتائج المسح الراداري والكهربي والحفر الاختباري

١- قدرة المسح الراداري على تحديد التغيرات في الخصائص الكهربائية للتراكيب تحت سطحية، القريبة من السطح حتى العمق ٦ م بكل وضوح، مع إمكانية رؤية التراكيب الصخرية حتى عمق ٨ م باستخدام التردد ٢٥٠ ميغاهرتز حيث يوجد تشابه قوي بين جميع المقاطع الرادارية، تتمثل في بعض الانعكاسات الموجية القوية في بعض الأجزاء العليا منها، وتتماثل تلك الانعكاسات فيما بينها، من حيث الموقع والعمق، حيث تصل أعماقها إلى ٤,٧٥ م، وتمتد بشكل أفقي على طول خطوط المسح، كما تم تقدير سرعة الموجات الرادارية لهذه الطبقات بـ ١٢٠,٠ م/نانوثانية بناء على

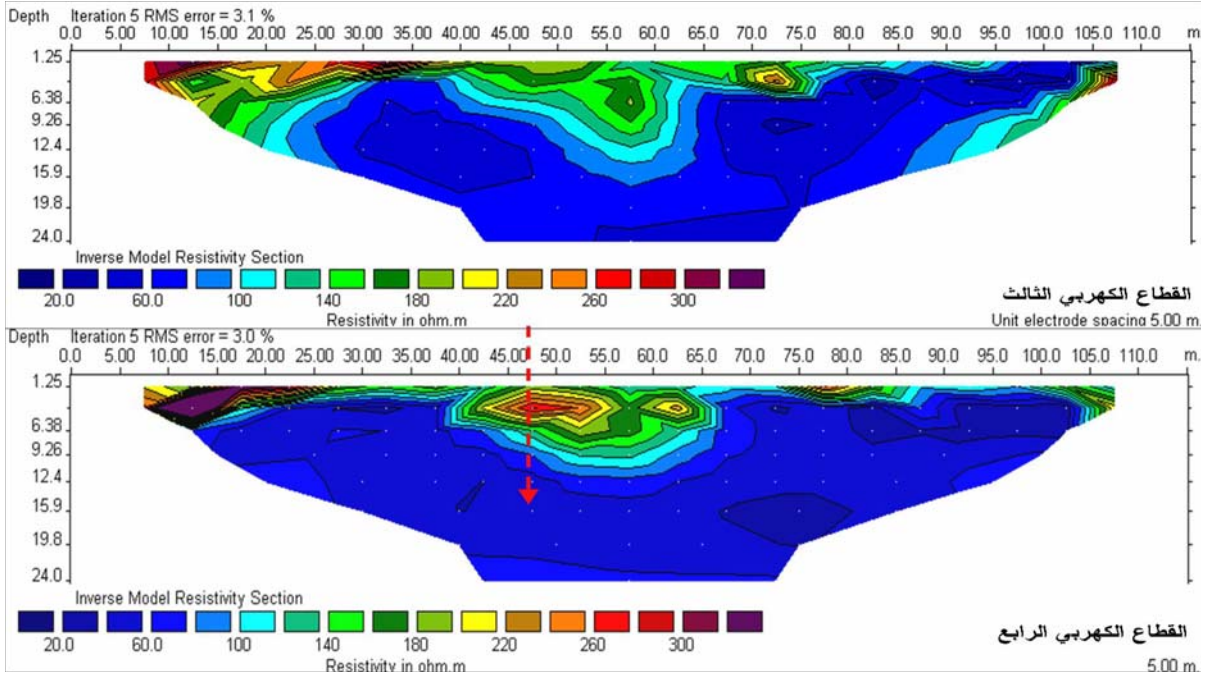
خالد بن فوج المطيري ، ناصر بن سعد العريفي : استخدام المسح الراداري والكهربي.....



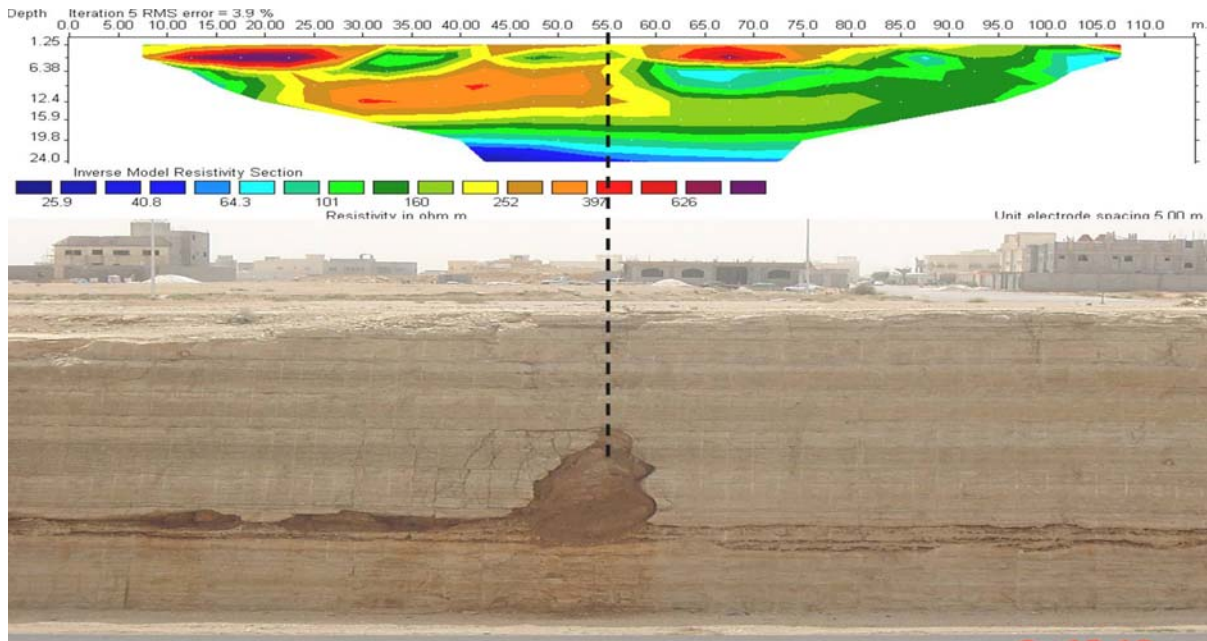
الشكل رقم (٦). نتائج المسح الراداري للخط السابع والثامن.



الشكل رقم (٧). المقطع الكهربي لخط المسح الأول والثاني.



الشكل رقم (٨). المقطع الكهربى لخط المسح الثالث والرابع ويشير السهم إلى موقع الحفر الاختبارى.



الشكل رقم (٩). المقطع الكهربى الخامس حيث يقع الكهف مقابل المسافة ٥٥م من القطاع الكهربى، حيث لم نلاحظ تغير كبير للمقاومية .



الشكل الرقم (١٠). نتيجة الحفر الاختباري عند المسافة ٤٧,٧٥ م من المقطع الكهربي الرابع وبع عمق ٧ م، حيث أن البداية من أسفل اليمين.

بعض الانعكاسات الناتجة عن التغير في صلابة الصخور، وتتميز بأن مقاومتها الكهربية تتراوح ما بين ١٨٠-٣٠٠ أوم. متر.

٥- الحفر الاختباري لم يعطي مؤشر لوجود أي

تكهف، وإنما التغير الكبير في قيم المقاومة الكهربية التي ظهرت على شكل بقع دائرية الشكل، يدل على التغير في الخصائص الميكانيكية للطبقة الجيرية، مثل خاصية الصلابة.

٦- أن متكون الجبيلة يتميز بتكهفات كارستية مليئة بالرواسب الطينية مع القليل من الرمل، وتوجد على شكل بقع تحت السطح تستمر وتنقطع، بمعنى أن الحفر الاختباري غير مجدي لمعرفة مواقعها.

### التوصيات

١- الطرق الرادارية أكثر دقة في تحديد الموقع الفعلي للتراكيب تحت سطحية، بينما طرق المقاومة الكهربية تستطيع تحديد تلك التغيرات على شكل نطاق دون تحديد المساحة أو الحجم الفعلي لتلك التغيرات، ولذلك نوصي بالاعتماد على نتائج المسح الراداري أكثر من الكهربي.

٢- جميع المقاطع الرادارية لم تعطي أي مؤشر على استمرارية وجود التكهف داخل الطبقات، حيث لم نلاحظ أي انعكاسات عميقة، وإنما دلت على تجانس التركيب الصخري في الأعماق السفلى، وبدعم ذلك نتائج المسح بطريقة المقاومة الكهربية.

٣- بناء على قيم المقاومة الكهربية فإن التركيب الصخري يظهر على هيئة طبقات أفقية، وهذا يتطابق مع نتائج المسح الراداري، أما الأجزاء السفلى من القطاعات الرادارية فلم يظهر فيها أي انعكاسات موجية، وهذا يدل على تجانس الوسط في الأعماق السفلى، كما تم دعم هذه النتيجة باستخدام الاختبارات الجيوتقنية والتي أعطت توافق مع المعطيات الرادارية والكهربية.

٤- التدرج في تغير قيم المقاومة الكهربية خلال نفس الوسط، لا يعني بالضرورة وجود تكهفات، وإنما قد يكون ناتجا عن التغير السحني، وتغير في درجة

- fractures in the Rus Formation, Dammam Dome, Eastern Saudi Arabia”, International Geology Review, Vol. 46, p.91-96.
- Conyers LB., Goodman D., (1997):** ‘Ground Penetrating Radar. An Introduction for archaeologists’. Altimira Press, Walnut Creek.
- Dobrin, M.B., and Savit C.H.** “Introduction Geophysical Prospecting”, Fourth Edition, Printed in Singapore.(1988).
- El-Sayed A. S. and AL-Abd Y., (1998):** ‘Electrical Resistivity Investigation for Subsurface Exploration along the Right of Way of the Sewage Flow Conveyance System in Alexandria, Egypt’.
- Makkawi. (2003),** ‘Used GPR to map the ground water. **AL-Shuhail et al.(2004)** used GPR to map fractures and caves in Dammam dome”. International Geology Review, Vol. 46, p.91-96.
- Powers. R.W., Ramirez. L.F., Redmond, C.D., and Elberg, E.L.,(1966).** ‘Geology of the Arabian peninsula., Sedimentary geology of Saudi Arabia’. U.S, Geological Survey Professional Paper, 560-D,147p.
- Reynolds. J.M.,(1990);** ‘An introduction to applied and Environmental geophysics’, Geo-science Ltd, UK.
- Seong J.K. and Jong C.M.,(2004):** ‘Borehole radar survey to explore limestone cavities for
- ٢- توصي الدراسة باعتماد المسح الراداري في الدراسات الجيوتقنية كبديل لاختبارات الحفر، لقدرة العالية في إعطاء صورة دقيقة للطبقات والتراكيب تحت سطحية والاكتفاء بحفر اختباري واحد.
- ٣- يجب معرفة ظروف الموقع الجيولوجية قبل إجراء المسح الراداري أو الكهربائي، وخصائص التكهفات (فارغة، ممتلئة، تشققات، كسور)، ونوعية المواد الجيولوجية التي تملأ الكهوف (رواسب رملية أو طينية) لأن هذا يساعد في تفسير النتائج.
- ٤- توصي الدراسة بالإشراف المباشر من قبل الجيوفيزيائي على عملية الحفر، وخاصة للمساحات الكبيرة.
- ٥- عدم الاعتماد بصورة رئيسية على التصوير الكهربائي بصورة مستقلة لتفادي تأثير التغير السحني بالوسط.
- ٦- لا يمكن الاعتماد بقوة على منشورات معظم الشركات المصنعة للأجهزة حيث تعطي مقاطع رادارية أو كهربية لمواقع مثالية، وبالتالي يجب الأخذ بالاعتبار اختلاف الظروف البيئية.

## المراجع

- AL-Mutari, K.,(2006)** “ Utilizing Ground Penetrating Radar and Electrical Methods to Detect the Subsurface Cavities in Riyadh Area, Saudi Arabia, Ms. Thesis p.310 ,Geology Department, Faculty of Science, King Saud University , Riyadh, Saudi Arabia.
- AL-Shuhail, A. , Makkawi, M. , (2004)”** Using Ground Penetrating Radar to determinate

the construction of a highway bridge',  
Exploration Geophysics (2004) 35,80-87,  
Butsuri-Tansa (Vol.57,No.1), Mulli-Tansa  
(Vol.7,No.10).

**Vaslet**, D., Al-Muallem, M.S., Maddah, S.S., Brosse,  
J.M., Fourniguet, J., Breton, J.P. and Le  
Nindre, Y.M.,(1991): 'Geologic map of Ar  
Riyad quadrangle', sheet 241, Kingdom  
of Saudi Arabia (with text): Saudi Arabian  
Directorate General of Mineral Resources,  
Jiddah, Geoscience Map, GM-121A.

**Yuhr**, L.; Benson, R. C.; Kaufmann, R.; Casto, D. and  
Jennings, J. 2003. 'A case history of a large  
karst investigation'.

## Using GPR and Resistivity methods to Detect subsurface karst cavities in Joubalah Formation, west of Riyadh city

\*Khaled F. ALMutairi, Nasser S.ALArifi

*Astronomy & Geophysics Research Institute, King Abdulaziz City For Science and Technology,*

*P.O BOX 6086, Riyadh 11442*

*\* Geology Department, Faculty of Science, King Saud University , Riyadh, Saudi Arabia*

(Received 27/3/1428H.;accepted for publication 11/1/1429H.)

**Keywords :** Jubaila Formation, GPR Survey, Resistivity, Geotechnical drilling, Section, Profile, cavities

**Abstract.** GPR and Resistivity methods have been used to detect subsurface karst cavities in Jubaila formation, west of Riyadh city; These features may cause geological or environmental hazards to buildings and constructions. The aims of this study is to understand the physical properties of subsurface cavities, the response of formation structure to these techniques and to evaluate them in geotechnical and engineering studies. In this study, GPR have a good ability to detect changes in the shallow subsurface electrical properties of structure up to 6m depth and  $\Delta m$  with low resolution by 250MHz frequency. GPR images detected strong and continuous reflections from to horizontal layers with similarity in the position and depth at a depth 4.75 m, which have an electrical resistivity .value between 180–300 ohm-meter

The GPR sections did not detect any caves in the layers; i.e. the caves are not continuous or extensive, but rather showed a homogenous structure in the lower section. The GPR results were improved-upon by the electrical resistivity method. This method detected the horizontal layers, which in parts showed zoning of the resistivity. The zones show a distributed field with a semi-circular gradient and a sharp value in the center. Based on drilling, the central point was found to be a limestone layer with facies change, hardness or indurations. The resistivity of the central point reached 280 ohm-meter, while the surrounding media's resistivity is 120 ohm-meter. The results of GPR and resistivity methods are supported with geotechnical drilling, which were in agreement with the results .interpretation