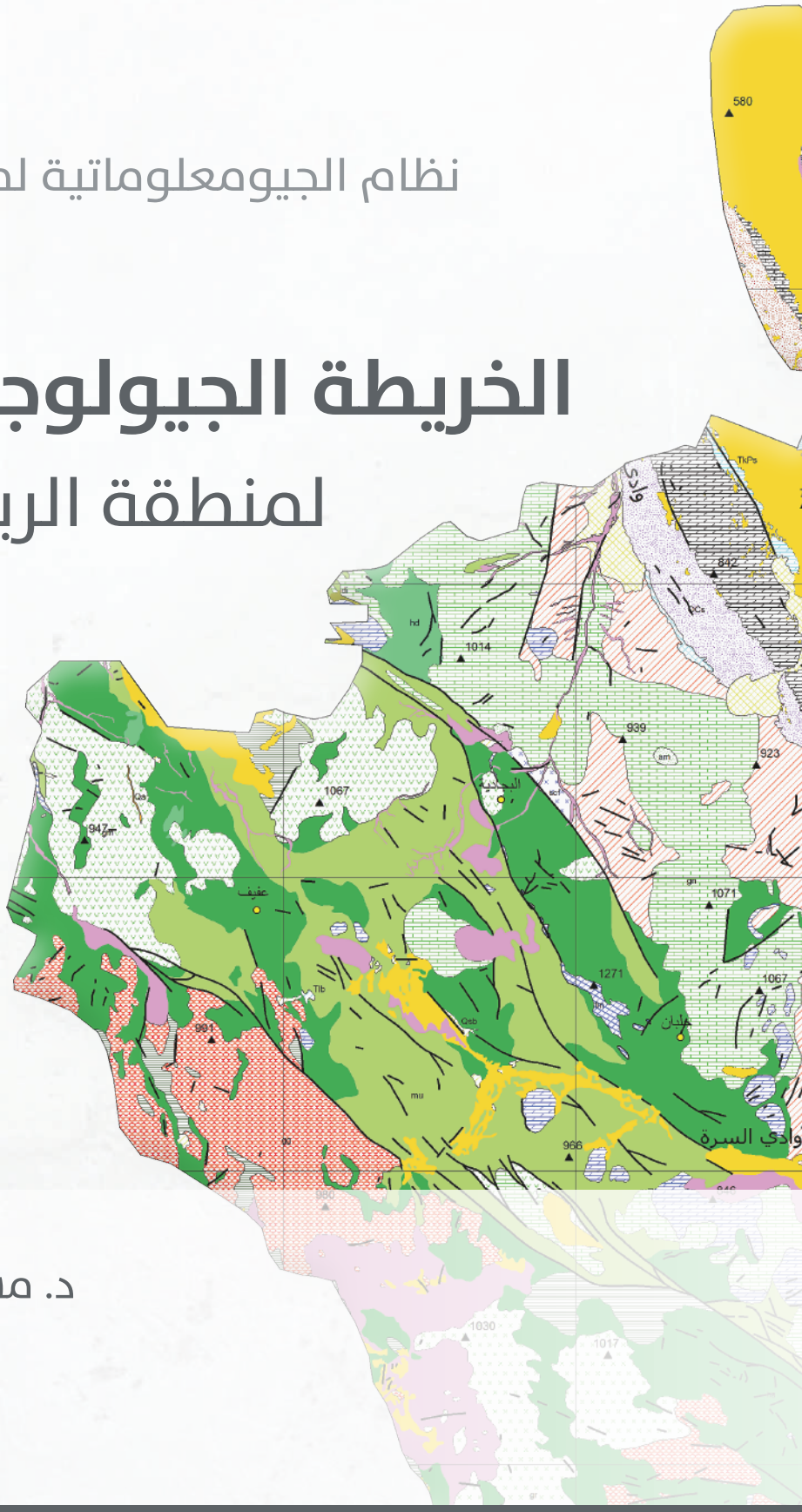
الهَـيـئـة العُـلـيـا
لتطـويـر مَدينـة الريـاض

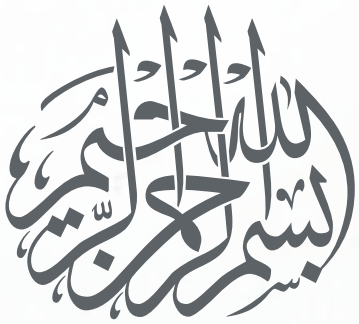
نظام الجيومعلوماتية لمدينة الرياض

الخريطة الجيولوجية الرقمية
لمنطقة الرياض



د. مشاعل بنت محمد آل سعود

شوال 1436هـ


بسم الله الرحمن الرحيم

المحتويات

أ. مقدمة ٧

ب. الأهـداف ١١

ج. وسائل الدراسة ١٥

د. طريقة العمل..... ١٩

د.١. إعداد الخرائط الجيولوجية: ٢٠

د.٢. ترقيم الخرائط الجيولوجية: ٢٠

د.٣. معالجة المرئيات الفضائية: ٢١

د.٤. تطبيق نظم المعلومات الجغرافية: ٢٢

د.٥. العمل الحقلي: ٢٣

هـ. النتائج ٢٥

هـ.١. السلم الجيولوجي لمنطقة الرياض: ٢٦

هـ. ٢. القسمات الطولية (Lineaments): ٣١

هـ.٢, ١. اتجاهات القسمات الطولية: ٣١

هـ.٢, ٢. كثافة القسمات الطولية: ٣٣

هـ.٣. الخريطة الجيولوجية: ٣٤

و. المراجع ٣٧

الأشكال

شكل رقم ١

خريطة الوحدات الليثولوجية المتكشفة في منطقة الرياض ٢٩

شكل رقم ٢

الوحدات الليثولوجية المتكشفة في منطقة الرياض (حسب جدول رقم ١) والتي تزيد مساحتها عن ٥٠٠٠كلم^{٢} ٣٠

شكل رقم ٣

القسمات الطولية (Lineaments) في منطقة الرياض كما استخرجت من المرئيات الفضائية (Aster & Landsat) ٣٢

شكل رقم ٤

شكل مروحي (Rose diagram) يبين اتجاهات القسمات الطولية في منطقة الرياض. ٣٣

شكل رقم ٥

الخريطة الجيولوجية (الرقمية) لمنطقة الرياض. ٣٥

الجداول

جدول رقم ١

الوحدات الليثولوجية المتكشفة في منطقة الرياض. ٢٦

أ. مقدمة

تقع منطقة الرياض في وسط المملكة العربية السعودية وتضم عشرين محافظة بمساحة اجمالية تقدر بحوالي ٣٧٠,٠٠٠ كيلومتر مربع أي ما يعادل ١٧٪ من مساحة المملكة، وبذلك فهي تحتل المركز الثاني في المملكة من حيث المساحة بعد المنطقة الشرقية. حيث ان احداثياتها الجغرافية هي ما بين درجات الطول ٤٢° ٠٠' و ٤٨° ١٧' شرقاً و درجات العرض ١٩° ٠٠' و ٢٧° ٤٥' شمالاً. ويحدها من الشمال منطقة القسيم ومنطقة الصمان، ومن الجنوب منطقتي عسير ونجران ومن الغرب منطقتي مكة والمدينة المنورة وبالتالي المنطقة الشرقية بما فيها الربع الخالي من الشرق.

يسود منطقة الرياض بشكل عام مناخ صحراوي قاري يتميز بالحرارة المرتفعة صيفاً والبرودة شتاءاً مع أمطار قليلة الى متوسطة. حيث يبلغ معدل درجة الحرارة في منطقة الرياض ٢٥ درجة مئوية، ترتفع في الصيف إلى أكثر من ٤٥ درجة مئوية وتنخفض شتاءاً إلى صفر درجة مئوية، ويبلغ معدل الرطوبة ٣٣٪ ومعدل الأمطار السنوي العام حوالي ٨٥ مم. كما تتعرض المنطقة بشكل متكرر للعواصف الرملية.

من الناحية الجيولوجية، يمكن إعتبار منطقة الرياض موقع جغرافي يمثل نموذجاً للقسم الأكبر من جيولوجية شبه الجزيرة العربية عامةً والتي تتميز بوضع جيولوجي مُعقد من الناحيتين الليثولوجية والتركيبية. حيث أن التكاوين الجيولوجية المتكشفة في منطقة الرياض تبدأ من حقبة ما قبل الكمبري وهي الحقبة الأقدم التي تزيد عن حوالي ثلاثة بلايين سنة والتي يتراكم أعلاها سلم من التكاوين الجيولوجية المختلفة والتي تم اختراقها بالعديد من الصهارة والحشوات البركانية وعلى فترات مختلفة من الزمن. وبالتالي فإن هذه التكاوين تعرضت الى عمليات تكتونية كبيرة جعلت منها كُتل متداخلة ومتشوهة بشكل غير منتظم، يكثر فيها التراكيب الجيولوجية العملاقة الناتجة عن عمليات الطي والتصدع واعادة التبّلور وإلى ما هنالك عمليات جيولوجية كبيرة.

ان السماكة الكبيرة والتميز الليثولوجي للتكاوين الجيولوجية التى تأثرت بالانخسافات والنشوء في صخور الغطاء التابعة لدهر الحياة الظاهرة في شبه الجزيرة العربية دوراً هاما في تكوين المصائد النفطية والتي تُعد من الأهم على المستوى العالمي وما أسهمت فيه من تنمية اقتصادية في المملكة العربية السعودية. كذلك فان الوضع الجيولوجي التركيبي المُعقّد وما تزامن معه من عمليات الصهر واعادة التبلور واندماج الكتل الصهيرة خصوصاً

في حقبة ما قبل الكمبري نتج عنها وجود الرواسب المعدنية وغير المعدنية (Metallic and non-metallic) بشكل كبير في المملكة مثل الذهب، والفضّة، والنحاس، والزنك، والحديد، والماغنسيوم، ورواسب البوكسايت والفوسفات، والطين، والحجر الجيري، ورمل السيليكا، بالاضافة الى مجموعة كبيرة من الرخاميات.

بدأت الدراسات الجيولوجية في المملكة العربية السعودية منذ مطلع الخمسينات من القرن التاسع عشر والتي كانت تُركز في معظمها على مواضيع جيولوجية بحثية متفرقة مثل دراسة Bramkamp وآخرون (١٩٥٦) ودراسة Filed (١٩٥٨). ومن ثم بعد الاستكشافات النفطية بدأ التوجه العام للدراسات الجيولوجية ذات الصلة بترسبات الهيدروكربون (النفط) مثل دراسة Tralls و Hasson (١٩٥٨). إلا ان المفاهيم الجيولوجية الموثوقة وكذلك الدراسات وما يتبعها من استكشاف للثروات الطبيعية لم تكن لتكتمل من دون انتاج الخرائط الجيولوجية المفصّلة للمملكة. من هنا قامت هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS) في العام ١٩٦٣م بانتاج الخرائط الجيولجية الأولى للمملكة بمقياس ١:٥٠٠,٠٠٠ لتشمل ٢١ لوحة (خريطة). ليتم بعدها تحديث هذه الخرائط في العام ١٩٧٩م من قبل وزارة البترول والثروة المعدنية في المملكة.

وفي العام ١٩٨٥م وحتى العام ١٩٩١م أوكلت وزاة البترول والثروة المعدنية بتحديث الخرائط الجيولوجية والعمل على اضافة بعض التفاصيل لناحية تصغير مقياس الرسم. حيث شارك فى الاعداد مجموعة كبيرة من الباحثين أهمهم: Manivit, Pellaton, Al-Muallem, Vaslet, Berton Brosse, Le Nindre, Al-Madah Fourniguet، وتم انتاج لوحات بمقياس ١:٢٥٠,٠٠٠.

يقدم هذا التقرير ملحق توضيحي للخرائط الجيولوجية التي أنتجتها الباحثة لمنطقة الرياض والتي تمت بالطرق والنُظم الجيومعلوماتية والجيوماتيكية (Geomatic) وكذلك من خلال استخدام التقنيات الفضائية. حيث ان خريطة منطقة الرياض في هذا التقرير تم انتاجها بشكل رقمي (Digital) الكتروني مما يمكن من التطبيقات الحسابية والاحصائية المختلفة. كذلك فقد تم القيام ببعض التعديلات على التكاوين الجيولوجية التي تم ترقيمها من الخرائط الجيواوجية السابقة الذكر، اضافة الى إعادة رسم الصدوع من خلال المرئيات الفضائية لتغني الخرائط المُنتجة بكم وفير من المعلومات.

ب. الأهـداف

يهدف هذا التقرير بشكل أساسي الى تقديم شرح مفصل عن الخريطة الجيولوجية الرقمية لمنطقة الرياض والخرائط المكملة لها من خرائط التكاوين الجيولوجية (Lithologies) والقسمات الطولية (Lineaments)، والتي تمثل خريطة غرضية (Thematic maps) يمكن استخدامها في التطبيقات المختلفة (هيدروجيولوجية، بيئية، الخ). ويمكن تلخيص الأهداف العامة للموضوع كما يلي:

١. انتاج الخريطة الجيولوجية الرقمية لمنطقة الرياض بمقياس ١:١,٠٠٠,٠٠٠.

٢. انتاج خريطة الوحدات الليثولوجية الرقمية لمنطقة الرياض بمقياس ١:١,٠٠٠,٠٠٠ بناءاً على المرئيات الفضائية المُعالجة والخرائط الجيولوجية المتوفرة.

٣. انتاج خريطة القسمات الطولية (الصدوع) الرقمية لمنطقة الرياض بمقياس ١:١,٠٠٠,٠٠٠.

٤. تصنيف وترتيب المعلومات والبيانات الجيولوجية المختلفة (ترتيب السلم الستراتيغرافي، الخ) لمنطقة الرياض.

٥. تقديم البيانات الحسابية والاحصائية الجيولوجية المختلفة (مساحة التكاوين الجيولوجية، الخ) لمنطقة الرياض.

ج. وسائل الدراسة

تم اكمال هذا العمل من خلال إعادة رسم الخرائط الجيولوجية المتوفرة التي تم الأتيان على ذكرها آنفاً. حيث تم أيضاً الاستعانة بالوثائق ذات الصلة بالموضوع. اضافة الى اعتماد المرئيات الفضائية كمصدر اضافي للمعلومات الجيولوجية وبالتالي استخدام وسائل الجيومعلوماتية والجيوماتيكية (Geomatic) لعمليات تخزين البيانات وتحليلها وكذلك في عمليات الرسم الرقمي لها. ويمكن تلخيص الوسائل التي استخدمت في الدراسة كما يلي:

١. وثائق ودراسات جيولوجية ستراتيغرافية (Stratigraphic) وتكتونية (Tectonic) عن شبه الجزيرة العربية، وعن المملكة العربية السعودية وكذلك عن منطقة الرياض تحديداً.

٢. الخرائط الجيولوجية بمقياس: ١:٥٠,٠٠٠ (USGS) والخرائط الجيولوجية بمقياس ١:٢٥٠,٠٠٠ (وزارة البترول والثروة المعدنية).

- مرئيات فضائية عالية الدقة للتوابع الصنعية التالية:

- التابع الصنعي Aster (١٤ موجة) بدقة ١٥ متر (للموجات المرئية) و بدقة ٩٠ متر (للموجات ماتحت الحمراء - الحرارية).

٣. التابع الصنعي Landsat 7ETM + (٧ موجات) بدقة ٣٠ متر (للموجات المرئية) و بدقة ١٢٠ متر (للموجات الحرارية).

٤. المجسم الأرضي الرقمي (GDEM) ثلاثي الأبعاد المُستخرج من التابع الصنعي Aster بقدرة تمييز ٣٠ متر.

٥. خرائط طوبوغرافية (١:٥٠,٠٠٠) بفاصل كونتوري ٢٥ متر، لإستخدامها كخرائط أساس يتم رسم البانات الجيولوجية عليها.

٦. برمجية ERDAS-Imagine-11 (Leica product) لمعالجة المرئيات الفضائية.

٧. برمجية Arc-GIS-10.2 (Esri product) لتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية.

٨. تجهيزات جيولوجية حقلية مختلفة (Inclino-meter, GPS, Laser-meter, etc.).

د. طريقة العمل

اعتمدت طريقة العمل بشكل اساسي على تصنيف وترتيب البيانات الجيولوجية المعتمدة المصدر ومقارنتها مع المعلومات المُستقاة من المرئيات الفضائية ليتم رسمها باستخدام نظم الجيومعلوماتية والجيوماتيكية. وتم ذلك مع القيام بأعمال حقلية مختلفة للتحقق من نوعية الصخور المتكشفة وتحديد التراكيب الموجودة ضمنها من أجل القيام بأعمال التصحيح والتعديل اللازمة. ومن هنا تم اتباع طرق وأساليب مختلفة يمكن تلخيصها كما يلي:

د.1. إعداد الخرائط الجيولوجية:

بدأت خطوات اعداد هذا التقرير بتحضير الخرائط الجيولوجية لمقياس ١:٥٠٠,٠٠٠ لكي تتضمن كل المواقع التابعة لمنطقة الرياض، وعليه تم استخدام ستة لوحات لخرائط جيولوجية يمكن من خلالها تغطية كامل منطقة الرياض كما يلي:

- لوحـة: GM-206A
- لوحـة: GM-207A
- لوحـة: GM-211A
- لوحـة: GM-218A
- لوحـة: I-212A
- لوحـة: I-218A

تم القيام بنسخ الكتروني (Scanning) لهذه الوحات (الخرائط) ليتم بعدها عملية الربط الجغرافي الموزاييكي (Mosaicking) ضمن الاحداثيات الجغرافية الموجود في كل خريطة حتى تتموضع كل لوحة في مكانها الجغرافي السليم. حيث استخدمت برمجية Arc-GIS لهذا الغرض للحصول على لوحة متكاملة لكل الخرائط المتضمنة منطقة الرياض. الا انه تبين وجود فوارق في امتدادات الوحدات الليثولوجية وكذلك التراكيب الجيولوجية ما بين اللوحات المختلفة مما الزم الاستعانة بالخرائط الأكثر دقة (١:٢٥٠,٠٠٠) وكذلك المرئيات الفضائية لتحديد الامتدادات الصحيحة عند الضرورة.

د.2. ترقيم الخرائط الجيولوجية:

بعد الحصول على لوحة موحدة ومُصححة لجيولوجيا منطقة الرياض تم ادخال هذه اللوحة في برنامج نظام المعلومات الجغرافية (Arc-GIS-10.2) للقيام بعملية الترقيم الالكترونية وتحديداً في برنامج Arc-Map والذي يمّكن من القيام بعملية التتبع الرقمي (Digital tracing) بأسلوب يسير. وسبق عملية الترقيم وضع اطار حدود منطقة الرياض العقارية كملف معلوماتي (Shape-file) أولاً حتى يتم الترقيم ضمن هذه المنطقة فقط. اما التتبع الرقمي للمعلومات الجيولوجية المكانية فتم من خلال طريقتين:

- التتبع الرقمي للمعلومات الجيولوجية المكانية المغلقة (Polygons).
- التتبع الرقمي للمعلومات الجيولوجية الخطية (Linears).

حيث ان التتبع الرقمي للمعلومات الجيولوجية المكانية المغلقة تشمل الوحدات الليثولوجية المتكشفة وتداخلاتها ضمن بعضها البعض، أي الحدود ما بين التكاوين المختلفة. أما المعلومات الجيولوجية الخطية فتشمل بشكل أساسي امتدادات الصدوع مختلفة المقاييس والانماط. هذا وتم وضع كل مكون للتتبع الطبقي (مغلق وخطي) على ملف Shape-file منفرد تم حفظه الكترونياً في منظومة الـGIS.

د.3. معالجة المرئيات الفضائية:

قبل إعتماد المعلومات الجيولوجية المختلفة والتي تم ترقيمها الكترونياً كان لابد من استخدام المرئيات الفضائية من اجل عمليات التصحيح والاضافة لإمتدادات بعض الوحدات الليثولوجية الموجودة في الخرائط الجيولوجية. اضافة الى ضرورة الاستعانة بهذه المرئيات لتحديد كل الفوالق الموجودة في المنطقة والتي هي غير ظاهرة في الخرائط الجيولوجية أو ان امتدادها لم يكن بشكل مكتمل.

وعلية فقد تم معالجة المرئيات الفضائية للتابع الصنعي Aster والتابع الصنعي Landsat 7ETM+.

استخدمت لهذا الغرض برمجية ERDAS-Imagine-11 وهذه البرمجية تحتوي على مجموعة من التطبيقات الرقمية والطيفية مثل: تحسين الرؤية الطيفية (Enhancement) من خلال التمثيل البياني، تصنيف للأطياف، الكثافة الطيفية (Density slicing)، تدرج الألوان (Coloring)، تمييز الجوانب (Edge detection)، ودمج الموجات الطيفية (Band combination)، وإلى ما هنالك من تطبيقات رقمية وبصرية مختلفة.

بالاضافة للتميز الطيفي ما بين نوعيات الصخور، فلقد كان للموجات الحرارية في كلا التابعين الصنعيين دوراً هاماً لناحية تمييز درجات الحرارة ضمن الصخور وهو دليل على نسبة التشبع المائي (Wetness) الذي تحتوية نوعية كل صخر حسب المسامية (Porosity) والنفاذية (Permeability) الموجودة، وهذا بدوره مكّن من تحديد الامتدادات الجيولوجية المختلفة.

أما الفوالق الصخرية والتي تظهر بشكل قسمات طولية (Lineaments) في المرئيات الفضائية خصوصاً مع استخدام الموجات الحرارية، فلقد تم تحديدها بدقة حيث ان تميز الفوارق الحرارية لسطح الأرض والتي تظهر بشل طولي في المرئيات الفضائية لهو دليل على وجود كسور طولية (صدوع). هذا وقد تم القيام بعمليات التدقيق الحقلي للعديد من القسمات الطولية المُستخرجة من المرئيات الفضائية للتأكد من صحتها وأثبتت النتائج على الأرض مدى صحة العمل لناحية استخراج هذه المظاهر الجيولوجية من المرئيات الفضائية عبر الموجات الحرارية التي تم تطبيقها.

د.4. تطبيق نظم المعلومات الجغرافية:

تعتبر برمجية Arc GIS 10.2، التي استخدمت في إنتاج الخرائط الجيولوجية والخرائط ذات الصلة المختلفة، من اهم وأحدث برمجيات الـ GIS حالياً. فمن خلالها تم القيام بعمليات رسم المظاهر الجيولوجية المتكشفة على سطح الارض والتي تشمل أشكال مغلقة لنطاقات التوزيع الجغرافي للصخور المختلفة وكذلك الأشكال الطولية للصدوع بدقة عالية وباعتماد طرق اخراج وتعديل مُبسّطة.

ان دور نظم المعلومات الجغرافية (GIS) تمثل في حفظ المعلومات والبيانات المكانية (Geo-spatial data) التي تم الحصول عليها من الخرائط الجيولوجية المرقمّة ومن المرئيات الفضائية وكذلك ما تم الحصول عليه من معلومات وبيانات حقلية. وبالتالي تم تسجيل هذه المعلومات المكانية في عدة ملفات (طبقات - Layers) منفصلة أو مجتمعة. وكذلك فان لهذه النظم دوراً في عمليات الرسم والاخراج لكل العناصر الموجود على الخريطة وبأنماط مختلفة تتناسب مع المفاهيم الجيولوجية العالمية من تصنيف لنوعيات الصخور وأعمارها وكذلك الرموز المتبعة، الخ. اضافة الى القيام بالاعمال الحسابية والاحصائية المطلوبة. حيث ان كل عنصر موجود على الخريطة مرتبط الكترونيا بجدول حسابي (Attribute tables) يبين المقاييس والخصائص المطلوبة. ومن هنا فتعتبر نظم المعلومات الجغرافية قاعدة بيانات يمكن استخدامها عند الطلب وبالطرق المناسبة لأي موضوع متعلق بجيولوجيا المنطقة.

د.5. العمل الحقلي:

يتضم العمل الحقلي في اعداد الخرائط الجيولوجية والخرائط ذات الصلة بالموضوع للقيام بالاعمال التحقّقية للتأكد من صحة البيانات والمعلومات الجيولوجية المكانية (Geo-spatial and geological data) التي تم وضعها في الخرائط المختلفة. فهنالك العديد من المغالطات الفنية والعلمية موجودة في الخرائط الجيولوجية المتوفرة. اضافة الى ان الصدوع الموجودة على الخرائط الجيولوجية لم تكن مكتملة سواءً من ناحية العدد او من ناحية الأبعاد.

تم العمل الحقلي على عدة فترات لتشمل مواقع مختلفة في محافظات الرياض، حيث تم ذلك خلال/او بعد استخراج البيانات الجيولوجية المختلفة. وتم الاعتماد على صور لمواقع من المرئيات الفضائية والخرائط المنتجة للمنظومات للتحقق الميدان وبالتالي فكل موقع تمت زيارته، وبعد التدقيق وتدوين البيانات سُجلت احداثياته ليتم لاحقا انزال المعلومات الجديدة او المُعدّلة على الخرائط النهائية.

تم في العمل الحقلي الاستعانة ببعض الأجهزة الحقلية اللازمة مثل جهاز تحديد المواقع العالمي (GPS)، وجهاز قياس السماكات والمسافات عن بعد (Laser-meter)، (جهاز ميل الطبقات Inclino-meter)، حمض هيدرولك (Hcl)مخفف ١٠٪ وغيرها من التجهيزات المطلوبة.

هـ. النتائج

تم تقسيم مكونات انتاجية العمل الى ثلاثة أقسام رئيسة لتشمل:

١. ترتيب السلم الجيولوجي والتكاوين الجيولوجية المختلفة

٢. تحديد الصدوع في المنطقة

٣. وبالتالي انتاج الخريطة الجيولوجية الرقمية لمنطقة للرياض بمقياس ١:١,٠٠٠,٠٠٠.

هـ.1. السلم الجيولوجي لمنطقة الرياض:

يتألف السلم الجيولوجي للمملكة العربية السعودية من ١٠٧ وحدة ليثولوجية تشمل صخور رسوبية، نارية ومتحولة اضافة الى العديد من الحشوات للصهير البركاني. حيث ان البعض منها مُعرف ضمن تكاوين جيولوجية (Rock Formations) رئيسية ومُحددة بأسماء مكانية (مثل تكاوين: الجبيلة، عُرمة، طويق، منجور، الخ) والتي هي عددها ٢٩ تكوين جيولوجي رئيسي، حيث تتوزع من حقبة ما قبل الكمبري حتى الحقبة الرباعية وبسماكة اجمالية تزيد عن ٦٤٠٠متر (Powers et al.,1963).

أما في منطقة الرياض فهناك ٦٥ وحدة ليثولوجية حسب الخرائط المتوفرة، من ضمنها ٢٣ تكوين جيولوجي رئيسي. وبعد عملية الفرز للتكاوين المتكررة ضمن الحقبة الجيولوجية الرباعية، أصبح عدد هذه الوحدات هو ٥٨ وحدة ليثولوجية (الجدول رقم ١ والشكل رقم ١). كذلك فان بعض التكاويين الجيولوجية مقسمة الى وحدات (مثل تكوين الخرج -١ والخرج - ٢) نظراً الى اختلاف المكون الليثولوجي ضمن كل وحدة.

جدول رقم ١ : الوحدات الليثولوجية المتكشفة في منطقة الرياض.

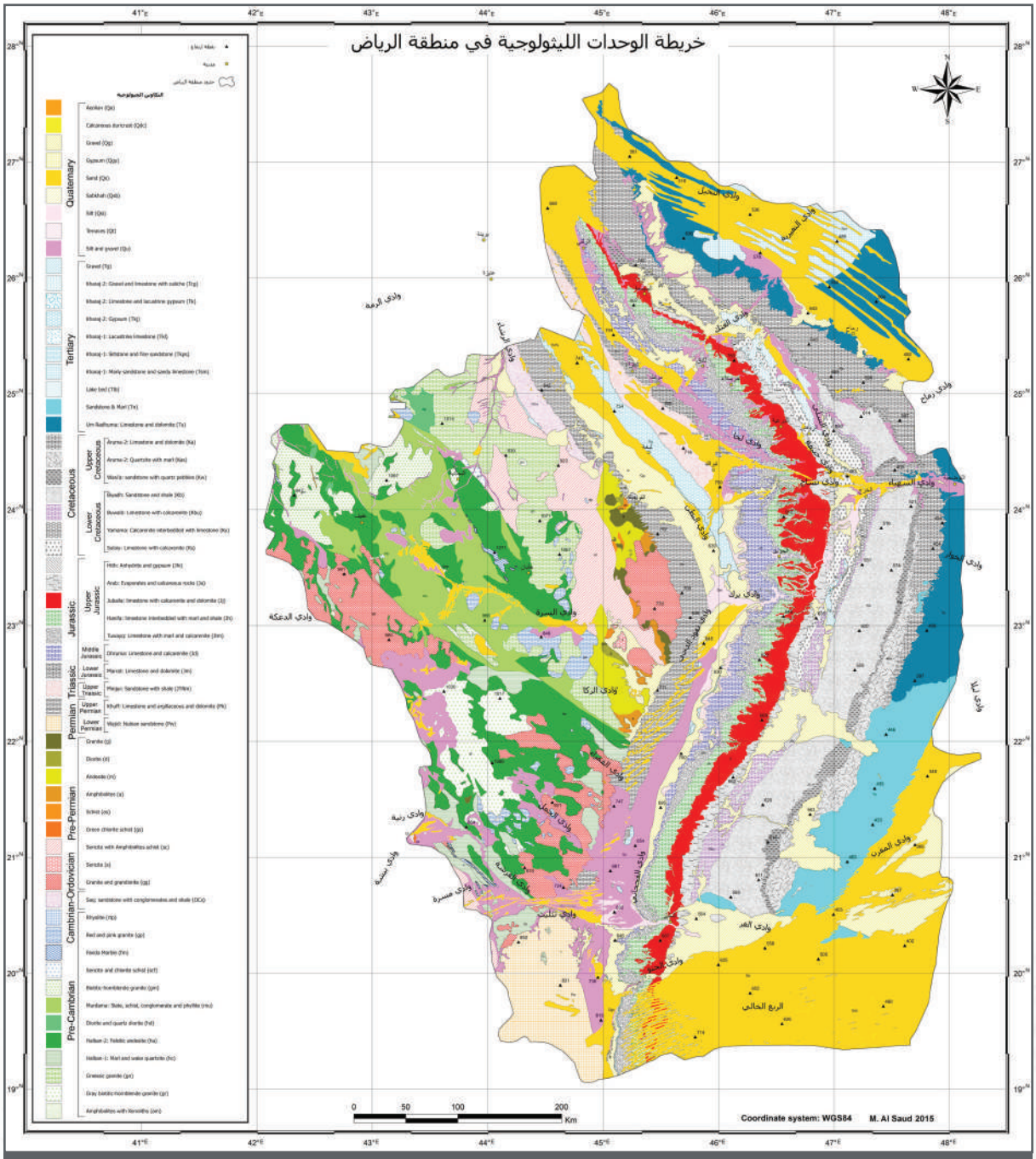
العمر الجيولوجي	التكوين الجيولوجي	الوحدات الليثولوجية	الرمز	المساحة (كلم٢)	السماكة* (م)
Quaternary		Aeolian	(Qa)	٩,١٧	>١٠
		Calcareous duricrust	(Qdc)	١٣,١٤	٣
		Gravel	(Qg)	٣٢٠٥٢,٩٢	م
		Gypsum	(Qgy)	٦٨,٤٨	م
		Sand	(Qs)	٦٥٨٨٠,٢١	م
		Sabkhah	(Qsb)	١٢٠,٤١	م
		Silt	(Qsi)	٢٢٨٠,١٥	م
		Terraces	(Qt)	٢٦,٨٤	م
		Silt and gravel	(Qu)	٢٤٠٥٠,٢٢	م

العمر الجيولوجي		التكوين الجيولوجي	الوحدات الليثولوجية	الرمز	المساحة (كلم٢)	السماكة* (م)
Tertiary			Gravel	(Tg)	٢٦٧,١٤	م
		Kharaj-2	Gravel and limestone	(Tcg)	١٣٨٤,٠٥	غ.م
		Kharaj-2	Limestone and gypsum	(Tk)	١٢٦,٩٩	غ.م
		Kharaj-2	Gypsum	(Tkj)	٣٤٤٤,٢٤	غ.م
		Kharaj-1	Lacustrine limestone	(Tkl)	٤,٨٢	غ.م
		Kharaj-1	Siltstone and sandstone	(Tkps)	٥٢٣,٩٩	٢٠٠
		Kharaj-1	Marly sandstone and limestone	(Tsm)	٣٢٩٣,١٣	٣٠
			Lake bed	(Tlb)	١٢,٧٤	٨٠٣
			Sandstone & Marl	(Tn)	١١٣٥٣,٨٤	٣٢٠
			Sandstone and marl	(Tn)	١١٣٥٣,٨٤	م
		Um Radhuma	Limestone and dolomite	(Tu)	١٤٥٦٨,٦٥	٨٧
		Aruma-2	Limestone and dolomite	(Ka)	١٤٤٠٠,٣٩	١٢٠
		Aruma-2	Quartzite with marl	(Kas)	٤٧٤٠,٤٥	غ.م
		Wasi'a	Sandstone with quartz pebbles	(Kw)	٣٦٧٣,٤٧	٥٢
	Lower Cretaceous	Biyadh	Sandstone and shale	(Kb)	١٨٥٨٨,٤٦	٤٠١
		Buwaib	Limestone with calcarenite	(Kbu)	٣٢٢١,١٧	٤٦
		Yamama	Calcarenite with limestone	(Ky)	٩٤١,٥٨	٥٧
		Sulaiy	Limestone with calcarenite	(Ks)	٣٣٥٧,٦٦	١٥٥
Jurassic	Upper Jurassic	Hith	Anhydrite and gypsum	(Jhi)	١٦٦,٧٤	٩٠
		Arab	Evaporates and calcareous rocks	(Ja)	٥٠٥٠,١٧	٣٢
		Jubaila	Limestone with calcarenite	(Jj)	١١٨٥٩,٤٦	٨٧
		Hanifa	Limestone with marl and shale	(Jh)	٨٩٢٨,٧٠	١٢٥
		Tuwayq	Limestone with marl	(Jtm)	٧٥٢٥,٧٣	١٩٢
	Middle Jurassic	Dhruma	Limestone and calcarenite	(Jd)	٦٦٥,٩٨	٣٧٥
	Lower Jurassic	Marrat	Limestone and dolomite	(Jm)	١٨٧٧,٢٨	١٢٦
Triassic	Upper Triassic	Minjur	Sandstone with shale	(JTRm)	٣٩٨٣,٨٤	٢٢٧
	Upper Permian	Khuff	Limestone and dolomite	(Pk)	٩٥٣٣,٣٥	١٩٠
	Lower Permian	Wajid	Nubian sandstone	(Pw)	٨٦٠٨,١٥	~٦٠٠

العمر الجيولوجي		التكوين الجيولوجي	الوحدات الليثولوجية	الرمز	المساحة (كلم٢)	السماكة* (م)
Pre-Permian			Granite	(g)	١٠٠٢,٦٩	ع
			Diorite	(d)	٢٤٢,١٩	ع
			Andesite	(m)	٣٢٤٦,٢٧	ع
			Amphibolites	(a)	٧٢٧,٧٦	ع
			Schist	(as)	٢٥٤,٨٨	غ.م
			Green chlorite schist	(gs)	١٥,١٣	~٦٠٠
			Sericite with Amphibolites schist	(sc)	٩٩٢١,٥٧	~٨٠٠
			Sericite	(s)	١٤٥,١٧	غ.م
			Granite and grandiorite	(gg)	١٤٣٦٥,٦٧	ع
Cambrian - Ordovician	Saq	Sandstone with conglomerates	Sandstone with conglomerates	(OCs)	١٨٨٠,٢٣	٦٠
		Rhyolite	Rhyolite	(rtp)	٩,٧٤	ع
		Red and pink granite	Red and pink granite	(gp)	٣١٠١,٧٧	ع
		Farida	Marble	(fm)	٣٥٧,٦٤	~١١٠
			Sericite and chlorite schist	(scf)	١٦١,٥٨	غ.م
			Biotitic-hornblende granite	(gm)	٥٣٣١,٣٠	ع
		Murdama	Slate, schist, conglomerate	(mu)	١٣٤٣٢,٣٤	غ.م
Pre-Cambrian			Diorite and quartz diorite	(hd)	٨٣٢,٩٠	ع
		Halban-2	Felsitic andesite	(ha)	٢٣٥٥١,٦٩	ع
		Halban-1	Marl and wake quartzite	(hc)	٦٤١٠,٩٧	غ.م
			Gneissic granite	(gn)	١٢٤٦٢,٥٨	ع
			Gray biotitic-hornblende granite	(gr)	٥١٢٥,٩٤	ع
			Amphibolites with Xenoliths	(am)	٥٩,٣٧	ع

* السماكة ضمن منطقة الرياض، م: متغيرة، غ.م: غير مُحددة، ع: عرقية ممتدة من أعماق جوفية كبيرة.

ويتبين ان السلم الجيولوجي لمنطقة الرياض هو من حقبة ما قبل الكمبري وحتى الحقبة الرباعية الحديثة للرسوبيات المختلفة مع ملاحظة عدم وجود بعض التكاوين التابعة لحقبات جيولوجية اخرى (على سبيل المثال: Silurian وMiddle Cretaceous). أن سماكة بعض الوحدات ليست مُحددة اما بسبب صعوبة القياس، أو ان سماكتها متغيرة مثل بعض تكاوين الحقبة الرباعية، أو تابعة لوحدات الصخور المنبثقة من أعماق كبيرة مثل الصهير البركاني.

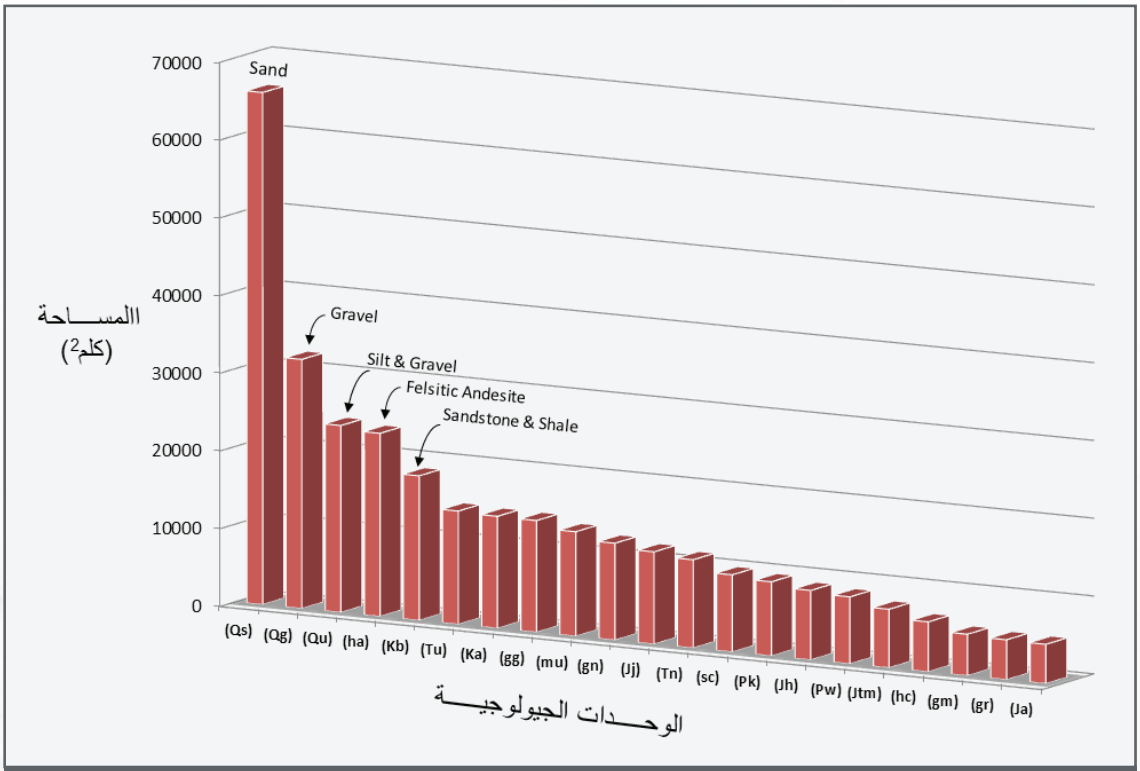


شكل رقم ١: خريطة الوحدات الليثولوجية المتكشفة في منطقة الرياض.

ويبين الجدول رقم ١ مساحات الوحدات الليثولوجية المختلفة كما تم حسابها في نظم المعلومات الجغرافية (Arc-Map). وتتوزع الصخور المتكشفة في منطقة الرياض بالنسب التالية:

- صخور رسوبية = ٧٣,١٧٪
- صخور نارية = ٢٠,٢٥٪
- صخور متحولة = ٦,٥٨٪

ويبين الشكل رقم ٢ الوحدات الليثولوجية ذات المساحات الكبيرة والتي تزيد عن ٥٠٠٠ كلم^2، حيث يظهر ان الرمل بوحداته المختلفة يشكل المساحة الكبرى، يليه الحصى (Gravel) ومن ثم رواسب السيلت (Silt) المتداخل مع الحصى وجميعهم يتبعون للحقبة الرباعية حيث انهم بسماكة قليلة جدا لا تزيد عن عشرة أمتار في معظم الأحيان. وياتي الأنديسايت الفلسي في المرتبة الرابعة لناحية المساحة وهو يتبع لتكوين حلبان-٢ من حقبة ما قبل الكمبري والغير مُحدد العمق، ثم ياتي في المرتبة الخامسة الحجر الرملي المتداخل مع الطين الصفائحي (Shale) التابع لتكوين البيضة من حقبة الدهر الطباشيري السفلي، والتي سماكته تفوق ٤٠٠ متر حسب البيانات المتوفرة.



شكل رقم ٢: الوحدات الليثولوجية المتكشفة في منطقة الرياض (حسب جدول رقم ١) والتي تزيد مساحتها عن ٥٠٠٠كلم^2.

هـ. 2. القسمات الطولية (Lineaments):

أصبح التعرف على الصدوع الصخرية (Faults) من الفضاء وما يتعلق بها من مظاهر تكتونية طولية الشكل من الامور الهامة في دراسة الجيولوجيا التركيبية (Structural geology) لما لها من دورا هاما في تطبيقات عدة من اهمها الدراسات المائية. وتُسمى هذه الصدوع ومظاهرها المختلفة بالقسمات الطولية نسبة الى شكلها الطولي (Linears) كما يتم التعرف عليه من المرئيات الفضائية.

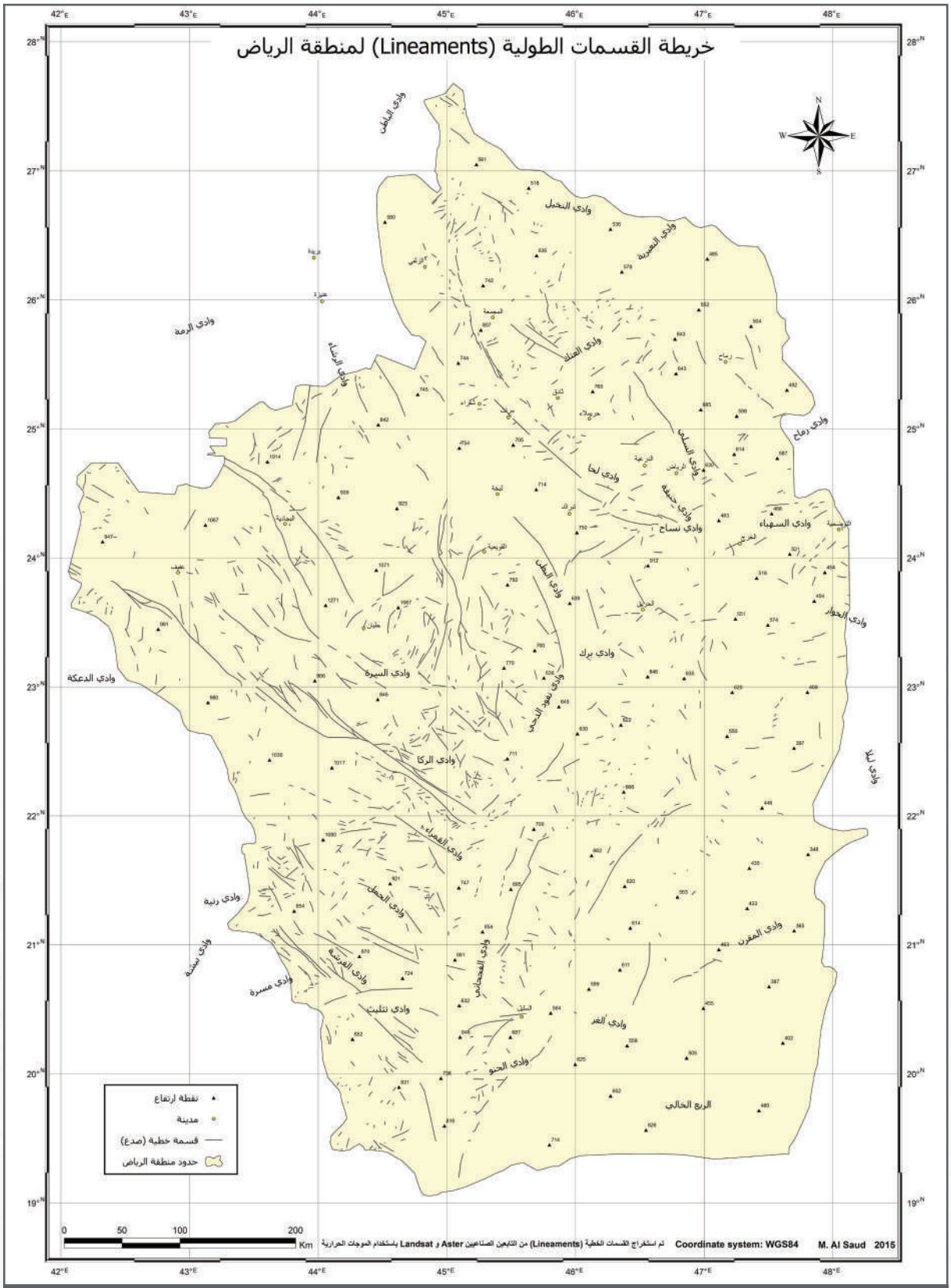
ان التراكيب الجيولوجية، والصدوع بوجه اخص، هي من العناصر الضرورية في انتاج الخرائط الجيولوجية لذلك يتم وضع هذه التراكيب على النطاقات الجغرافية للوحدات الليثولوجية المختلفة للحصول على خريطة جيولوجية متكاملة، وهذا هو احدى المكونات الرئيسة في انتاج الخريطة الجيولوجية الرقمية لمنطقة الرياض، حيث ان الخرائط الجيولوجية المتوفرة لم تكن وافية في تحديد الصدوع الصخرية بوجه تام خصوصاً وانتها اعتمدت فقط على الصور الجوية. في حين انه اصبح من الممكن اعتماد المرئيات الفضائية ذات القدرة على التعرف على المظاهر الخطية على سطح الأرض من خلال التطبيقات الرقمية والالكترونية التي اتينا على ذكرها في متن هذه الدراسة.

وتبين خريطة القسمات الطولية (شكل رقم ٣) التوزيع الجغرافي لهذه القسمات في منطقة الرياض، حيث ان هناك بعض القسمات (الصدوع) يزيد طولها عن ٢٠٠ كيلومتر واخرى لا يتعدى طولها بضعة كيلومترات، اما متوسط طول هذه القسمات فتم حسابه رقمياً ليتبين انه ٢٨ كيلو متر طول.

هـ.1,2. اتجاهات القسمات الطولية:

هنالك اختلاف في الاتجاهات العامة للقسمات الطولية في منطقة الرياض وهي غير مرتبطة بأطوال هذه القسمات، الا انه من الواضح وجود نطاقات لإتجاهات معينة وعلى وجه التحديد في اتجاه: شمال غرب-جنوب شرق الذي هو الاتجاه السائد للصدوع في منطقة الرياض كما هو في الشكل رقم ٣. كذلك فان معظم أنماط هذه القسمات هو من النوع المستقيم نسبياً مع إنحناءات قليلة في حين ان القسمات الطولية الشبه مستديرة غير ظاهرة ضمن منطقة الدراسة.

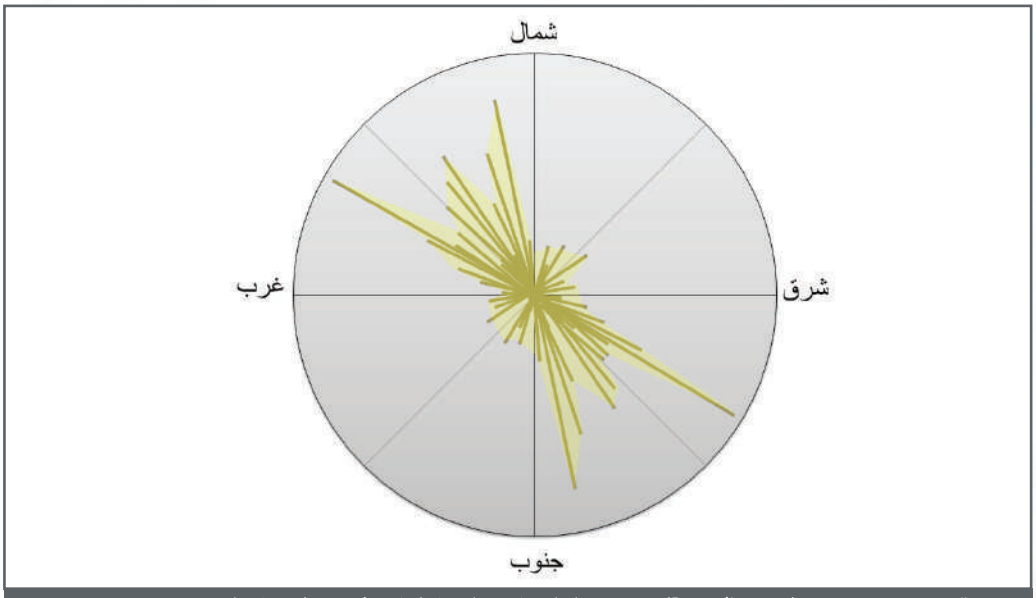
وتبين بعض الأشكال المروحية (Rose diagrams) التي تم بناؤها لمناطق نموذجية من خريطة القسمات الطولية المُستنتجة ان الأتجاه الأكثر تكراراً يقع في نطاق ما بين شمال ١٠- ٦٠ غرب وجنوب ١٠- ٦٠ شرق وهو للقسمات الطويلة نسبياً (الشكل رقم ٤). حيث ان تعمييم هذا الاتجاه لهو دليل قاطع على وجود قوة تكتونية مؤثرة في المنطقة، خصوصاً وان معظم القسمات الطولية التي تم التعرف عليها هي تابعة لصدوع ذات ازاحة طولية (Strike-slip faults) مما يدل على وجود طاقة شديدة باتجاهات معاكسة وهي على الارجح تعود الى طاقة شد تباعدية (Tensile stress) في المنطقة.



شكل رقم ٣: القسمات الطولية (Lineaments) في منطقة الرياض كما استخرجت من المرئيات الفضائية (Aster & Landsat).

هـ.2,2. كثافة القسمات الطولية:

بما ان القسمات الطولية هي كناية عن صدوع صخرية كما يتم التعرف عليها من المشاهدات الفضائية وبما ان لوجود دورا في التحكم بعدة عمليات جيولوجية مثل ثبوتية الأراضي، رشح المياه من سطح الأرض الى جوفها وكذلك في جريان وتخزين المياه الجوفية، لذلك فمن الطبيعي ان تكون كثافة هذه الصدوع هو عنصر هام يجب أخذه بعين الاعتبار. ومن هنا فهنالك عدة طرق تستخدم لمعرفة التوزيع الجغرافي لكثافة القسمات الطولية. ورغم ان العديد من الدراسات تعتمد كثافة القسمات الطولية من خلال حساب مجموع أطوالها ضمن مساحة مُحددة (إطار)، الا ان البعض يرى ان حساب هذه الكثافة هو أكثر فاعلية اذا ما تم حساب عدد القسمات ضمن مساحة محددة (Al Saud, 2008).



شكل رقم ٤: شكل مروحي (Rose diagram) يبين اتجاهات القسمات الطولية في منطقة الرياض.

ان عدد القسمات الطولية (الصدوع) التي تم التعرف عليها من المرئيات الفضائية والخرائط الجيولوجية في منطقة الرياض هي ١٤٣٣ قسمة. ويبين الشكل رقم ٣ الصدوع المختلفة في منطقة الرياض حيث ان كثافة هذه الصدوع ظهر بشكل واضح ضمن مناطق (نطاقات) مُحددة. حيث يمكن ملاحظة تركيز هذه الكثافة في المنطقة الواقعة تقريباً وسط-غرب منطقة الدراسة وبمساحة قليلة نسبياً لا تزيد عن ٤٪ بالنسبة لمساحة المنطقة ككل.

يتضح أيضاً من خريطة القسمات الطولية (الشكل رقم ٣) مدى التطابق ما بين كثرة او قلة وجود الصدوع الصخرية بالنسبة للوحدات الليثولوجية المختلفة. حيث ان كثافة الصدوع تتركز بشكل اساسي في مناطق وجود الصخور النارية والمتحولة والتي تتميز بصلابة عالية لتصبح متوسطة في مناطق وجود الصخور الرسوبية وتقل الى حدٍ ادنى في المناطق الرملية وترسبات الحقبة الرباعية والتي قد تعمل على تغطية المظاهر الطولية للصدوع بسبب الرسوبيات والكثبان الرملية.

هـ.3. الخريطة الجيولوجية:

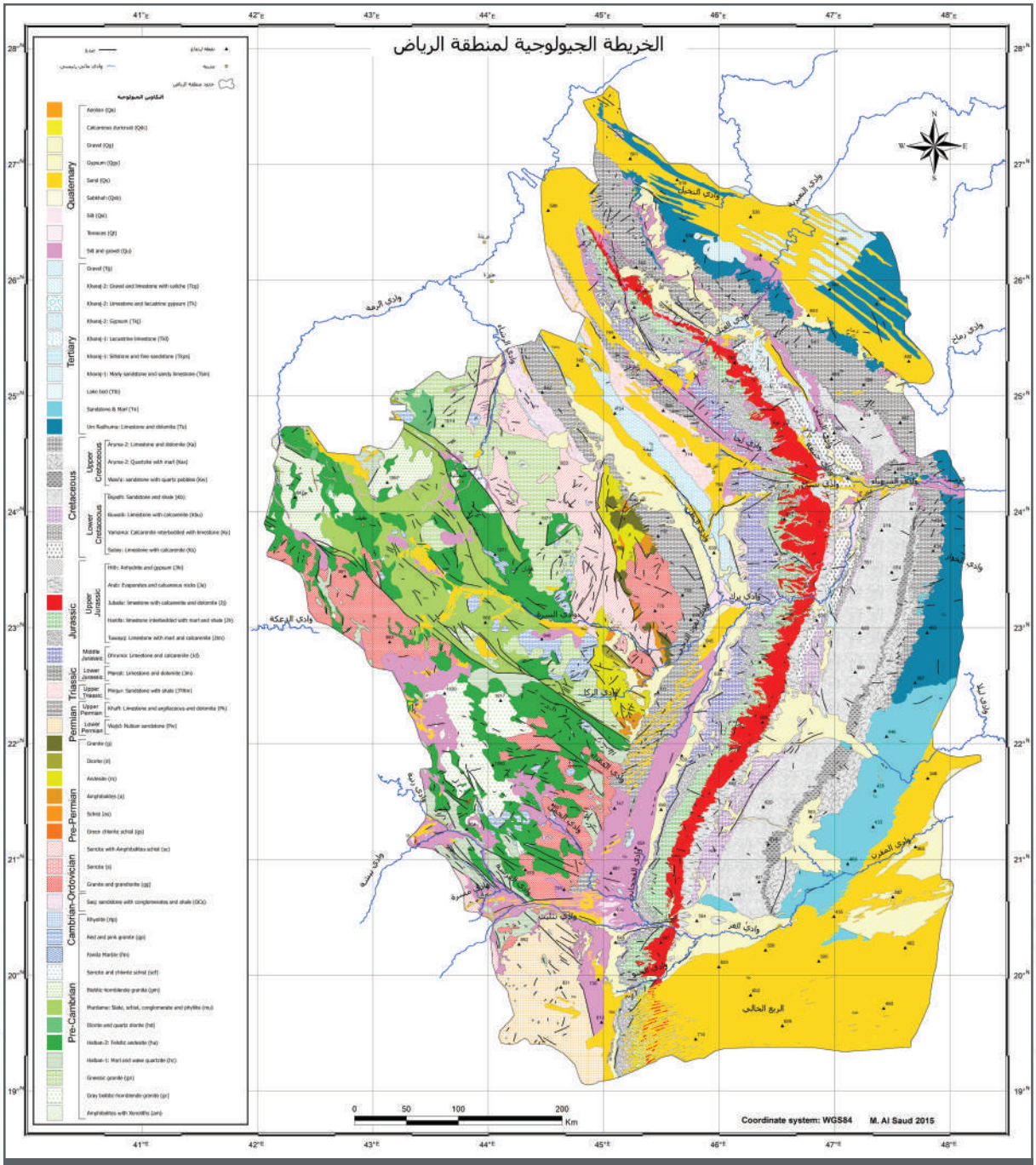
ان مكونات الخريطة الجيولوجية الرقمية لمنطقة الرياض (مقياس ١:١,٠٠٠,٠٠٠) تم اعدادها من خلال تحديد التوزيع الجغرافي للوحدات الليثولوجية المختلفة والتي أُسقط عليها التراكيب الجيولوجية الرئيسة والمتمثلة هنا بالصدوع الصخرية. حيث ان كلا المكونين كان قد تم العمل عليهما باستخدام المرئيات الفضائية والنظم الجيوماتيكية لتحديث وتعديل البيانات والمعلومات الجيولوجية التي كانت موجود على الخرائط الجيولوجية (١:٥٠٠,٠٠٠) والتي انتجتها هيئة المساحة الجيولوجية الامريكية (USGS, 1963) وكذلك التي عملت على تعديلها وزاة البترول والثروة المعدنية في المملكة بمقياس ١:٢٥٠,٠٠٠ في عدة مراحل ولمناطق مختلفة ما بين ١٩٨٥م وحتى ١٩٩١م.

لقد تم اسقاط البيانات على الخريطة الجيولوجية الرقمية لمنطقة الرياض (شكل رقم ٥) باستخدام احداثيات نظام الجيودي العالمي (The World Geodetic System -WGS) وتحديدا النسخة الحديثة لهذا النظام والمُعرفّة بـWGS-85 ذات الدقة العالية في عمليات الرسم. أما رموز (Symbols) للوحدات الليثولوجية فهي مشابهة لتلك الموجودة في خرائط هيئة المساحة الجيولوجية الامريكية، بينما ألوان الوحدات الليثولوجية تم انتقائها لتكون متمايزة قدر الامكان. ونظراً لوجود مجموعة كبيرة من الوحدات الليثولوجية (٥٨ وحدة) لذلك تم استخدام الألوان المتدرجة المختلفة اضافة الى الأشكال الرسمية مع الألوان كما هو في الشكل رقم ٥.

تبين الخريطة الجيولوجية لمنطقة الرياض وجود نطاقين جغرافيين رئيسيين منفصلين بشكل قوس وهو ما بين الصخور الرسوبية والترسبات المختلفة مقابل الصخور النارية والمتحولة. النطاق الأول (الرسوبي)

هو أكبر، ويتمركز في الجهة الشرقية للمنطقة بينما النطاق الثاني فيتمركز في الجهة الغربية (شكل رقم ٥). حيث ان النطاق الثاني هو جزء من الدرع العربي لشبه الجزيرة العربية وتحديداً الجزء الشرقي للدرع. كذلك يُلاحظ تأثر الوحدات الليثولوجية المختلفة في النطاق الشرقي بقوة الدفع الناتجة من حركة الدرع العربي، حيث يظهر بوضوح إلتواء التكاوين الجيولوجية في المنطقة وتحديداً من صخور حقبة الترياسي (Triassic) فما فوق الى التكاوين الأقل عمراً. أما منطقة الربع الخالي فتبقى البقعة الجغرافية المتميزة في الخريطة لناحية وجود مكون ليثولوجي منفرد وغياب اي دليل للقسمات الطولية.

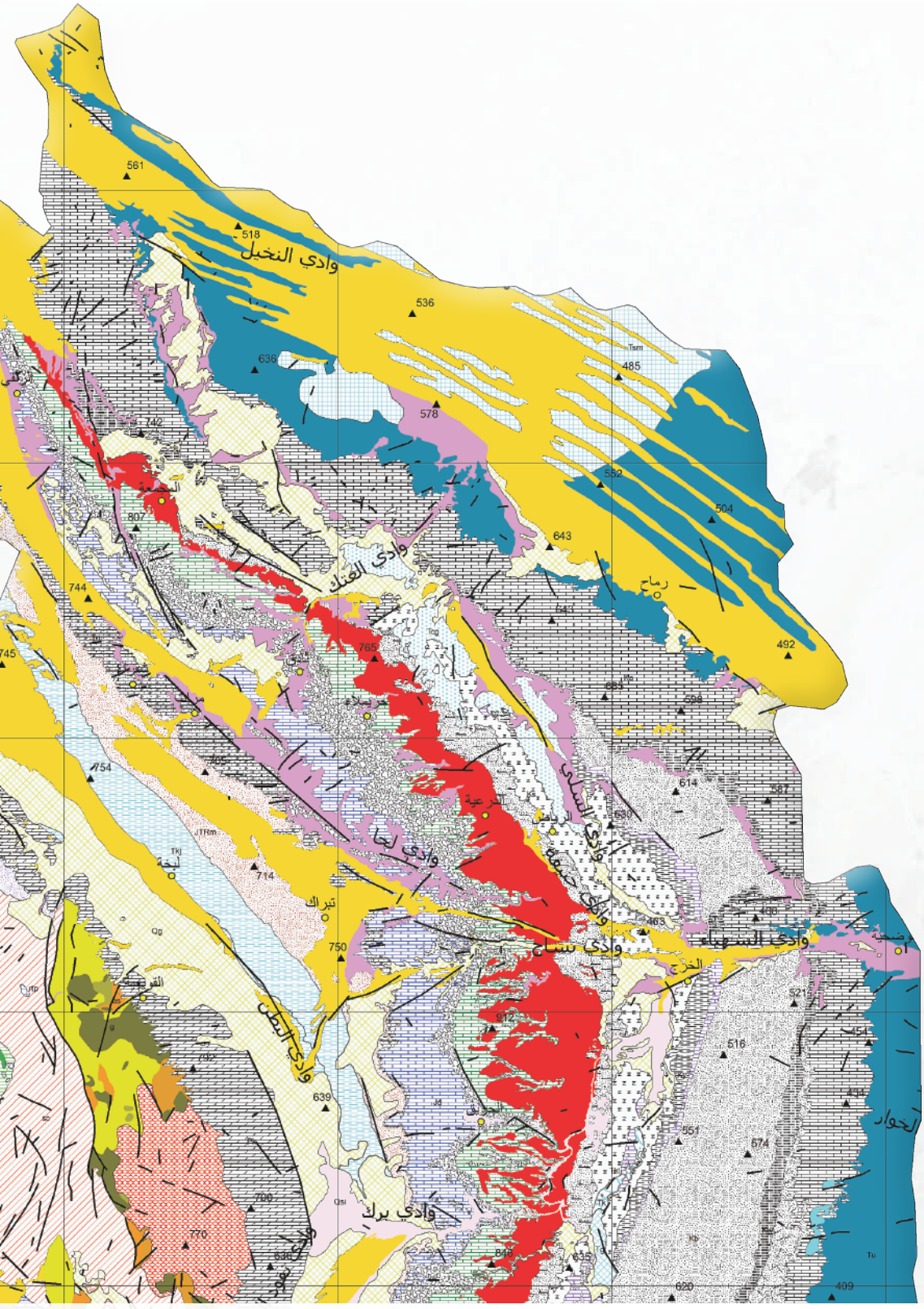
أما بالنسبة للقسمات الطولية وحسب الخريطة المُنتجة فتلعب الصدوع دوراً هاماً في التوزيع الجغرافي في عدة نطاقات ليثولوجية، حيث يتبين تطابق حدود بعض التوزيعات الجغرافية للوحدات الليثولوجية مع امتداد بعض الصدوع. اضافة الى ذلك فهناك العديد من الصدوع التي ينتهي امتدادها مع وجود كتل الصخور النارية والمتحولة والتابعة للدرع العربي بوجه أخص كما هو واضح في مناطق وادي الركا، وادي القمراء، وادي الحمل ووادي الفرشة (الشكل رقم ٥).



شكل رقم ٥: الخريطة الجيولوجية (الرقمية) لمنطقة الرياض.

و. المراجـع

- Al Saud, M. 2008. Using ASTER Images to Analyse Geologic Linear Features in Wadi AurnahBasin, Western Saudis Arabia. The Open Remote Sensing Journal, 2008, 1, 7-16
- Bramkamp, R. A., Gierhart, R. F., Brown, G. F., and Jackson, R. O. 1956. Geology of the southern Tuwayq quadrangle, Kingdom of Saudi Arabia: U.S. Geol. Survey Misc. Geol. Inv. Map 1-212 A.
- Field, Henry C. 1958. Stone implements from the Rub' al Khali, Southern Arabia: Man, v. 58, no. 121, p. 93-94.
- Powers, R., Ramirez, L., Redmond, C., Elberg, L. 1963. Geology of the Arabian Peninsula: Sedimentary Geology of Saudi Arabia. U.S. Geological Survey. Professional Paper 560-D. 147p.
- Thralls, H. W., and Hasson, R. C. 1956. Geology and oil resources of eastern Saudi Arabia: Internat. Geol. Cong., 20th, Mexico, Symposium Sobre Yacimentos do Petroleo y Gas, v. 2, p. 9-32.
- U.S. Geological Survey-Arabian-American Oil Company.1963. Geologic map of the Arabian Peninsula: U.S. Geol. Survey Misc. Geol. Inv. Map 1-270 A.



الهَـيـْـئـة الـعُـلـيـَا
لتطـويـْـر مَـدينـة الـريـَـاض