الهَـيـْـئـة العُـلـيـَا
لتطـويـْر مَـدينـة الريـَـاض

نظام الجيومعلوماتية لمدينة الرياض

خريطة النفاذية المائية
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. المفهوم العام:..... ٢٠

د.٢. منهجية العمل: ٢٢

د.٣. تقسيم الوحدات الليثولوجية: ٢٣

د.٤. تصنيف القسمات الطولية: ٢٦

د.٥. نمذجة المعلومات المكانية (Geo-spatial data integration):..... ٢٧

هـ. النتائج والمناقشة..... ٣١

و. المراجع ٣٧

الأشكال

شكل رقم ١

الخريطة الجيولوجية (الرقمية ١:١,٠٠٠,٠٠٠) لمنطقة الرياض (المصدر: الباحثة)..... ٢٠

شكل رقم ٢

منهجية العمل لإنتاج خريطة النفاذية المائية لمنطقة الرياض (١,٠٠٠,٠٠٠). ٢٢

شكل رقم ٣

خريطة كثافة القسمات الطولية (Lineaments) في منطقة الرياض. ٢٨

شكل رقم ٤

خريطة النفاذية المائية في منطقة الرياض..... ٣٤

الجداول

جدول رقم ١

الوحدات الليثولوجية المتكشفة في منطقة الرياض وتقسيماتها حسب النفاذيةالمائية. ٢٣

جدول رقم ٢

عدد ومساحة نطاقات كثافة القسمات الطولية (الصدوع) في منطقة الرياض. ٢٧

جدول رقم ٣

القيم الحسابية لنمذجة تقسيمات الوحدات الليثولوجية والقسمات الطولية ٢٩

جدول رقم ٤

التوزيع الجغرافي لأقسام النفاذية المائية مع مساحات الوحدات الجيولوجية ومناطق كثافة الصدوع في منطقة الرياض ٣٣

أ. مقدمة

ان موقع منطقة الرياض في وسط المملكة العربية السعودية يعطيها أهمية كبرى خصوصاً وانها تعتبر نقطة التلاقي لمناطق عدة من المملكة وكذلك من شبه الجزيرة العربية ككل. وتضم منطقة الرياض عشرين محافظة لتكون مساحة اجمالية تُقدر 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 تقع منطقة الرياض ما بين الاحداثيات الجغرافية التالية: خطوط الطول ٤٢° ٠٠' و ٤٨° ١٧' شرقاً وخطوط العرض ١٩' ٠٠° و ٢٧° ٤٥' شمالاً. ويحدها من الشمال منطقتي القسيم والصمان، ومن الجنوب منطقتي عسير ونجران ومن الغرب منطقتي مكة المكرّمة والمدينة المنورة وبالتالي المنطقة الشرقية بما فيها الربع الخالي من الشرق.

يغلب المناخ الصحراوي القاري على موقع منطقة الرياض بشكل عام، وهو يتميز بالحرارة المرتفعة صيفاً والبرودة شتاءاً مع أمطار قليلة الى متوسطة، حيث يبلغ معدل الأمطار السنوي العام حوالي ٨٥مم. أما معدل درجة الحرارة في منطقة الرياض فهو ٢٥ درجة مئوية، لترتفع في الصيف إلى أكثر من ٤٥ درجة مئوية وتنخفض شتاءاً إلى درجة الصفر، بينما معدل الرطوبة هو حوالي ٣٣٪.

في ظل الوضع المناخي القائم وما ينتج عنه من قلة في الموارد المائية، عله من الضروري وجود خريطة رقمية لمنطقة الرياض تبين النطاقات المختلفة للنفاذية المائية. حيث انه هناك نماذج عديدة لهذا النوع من الخرائط في بلدان عدة من العالم لما لها من أهمية لاستخداماتها في مجالات تنموية مختلفة.

وتُعرف النفاذية المائية (Recharge) بأنها قابلية مرور المياه من خلال أسطح الأرض الى الطبقات الجوفية، حيث ان الصخور ومواصفاتها المختلفة هي العامل الرئيسي في هذه العملية. وهناك العديد من التسميات لحركة المياه خصوصاً عند الترجمة للغة الانجليزية. فمثلاً هناك "الرشح المائي" حيث يُترجم الى (Infiltration) وهي مُقتصرة على النفاذية المائية في التربة السطحية، وكذلك هناك تسمية "تغلغل المياه" حيث تُترجم الى (Percolation) وهي مصطلح يُركز على عملية دخول المياه بغض النظر اذا ما كانت من سطح الأرض ام داخلها، بالاضافة الى "تسرب المياه" حيث يُترجم الى (Seepage) وتصف هذه التسمية حركة المياه الأفقية بشكل أخص وتعني التسرب البسيط.

أصبحت حالياً خرائط النفاذية المائية تُستخدم في عدة تطبيقات لما لها من أهمية بالتحكم بنُظم وآلية جريان المياه وما قد تعكسه على عمليات طبيعية اخرى. ويمكن تلخيص تطبيقات استخدام خرائط النفاذية المائية كما يلي:

١. تحديد نطاقات التغذية المائية السطحية والتي منها يبدا تتبع رحلة جريان المياه الجوفية ومن هنا يمكن تقييم آلية تجدد المياه من عدمه. كذلك تستخدم خرائط النفاذية المائية كمفتاح للمعلومات في انتاج خرائط المأمولية المياه الجوفية (Groundwater potentiality) والتي منطقة الرياض بحاجة ماسة لها لتتضمن كل المحافظات.

٢. تحديد الأماكن المؤاتية للتغذية المائية الصناعية (Artificial recharge) حيث يمكن القيام بعمليات الحقن المائي ضمن المناطق ذات الخاصية المرتفعة لناحية النفاذية المائية ومن هنا يمكن الاستفادة في منطقة الرياض من مياه الأمطار والسيول وتجنب تأثيرها السلبي الذي تشهده المنطقة باستمرار.

٣. تدخل خرائط النفاذية المائية أيضاً في الدراسات البيئية المختلفة ومن اهمها تحديد الأماكن المناسبة لإنشاء مواقع للتخلص من النفايات الصلبة والسائلة، حيث انه من المعلوم ان منطقة الرياض تعاني من هذه المشكلة البيئة (مثل بحيرة المياه المبتذلة على وادي السلي) وعليه فيجب ان تكون هذه المواقع في نطاقات النفاذية المائية الضعيفة لمنع مرور الملوثات الى الطبقات الجوفية.

٤. تستخدم أيضاً خرائط النفاذية المائية في عدة تطبيقات زراعية خصوصاً منها ما يتعلق بطرق الري التي يمكن استخدامها وكذلك انواع المزروعات الملائمة لطبيعة الأراضي. وهي ضرورية لمنطقة الرياض حيث تكثر الأنشطة الزراعية المختلفة بطرق ري غير رشيدة مثل (Furrow irrigation) ولمحاصيل قد لا تكون أولوية (مثل البرسيم) في ظل عدم وفرة المياه.

ب. الأهـداف

يهدف هذا التقرير الى تقديم الوسائل والطرق المطلوبة لانتاج خريطة النفاذية المائية الرقمية لمنطقة الرياض مع البيانات والمعلومات ذات الصلة، ويمكن تلخيص الأهداف العامة للموضوع كما يلي:

١. انتاج خريطة النفاذية المائية 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 (USGS, 1963).

٣. تصنيف وانتاج خريطة الوحدات الليثولوجية حسب النفاذية المائية بمقياس ١:١,٠٠٠,٠٠٠.

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

٥. تصنيف وانتاج خريطة كثافة الصدوع الرقمية لمنطقة الرياض بمقياس ١:١,٠٠٠,٠٠٠.

٦. عرض البيانات الحسابية والاحصائية ذات الصلة بالخرائط المُنتجة لمنطقة الرياض.

ج. وسائل الدراسة

تم استخدام عدة وسائل لانتاج خريطة النفاذية المائية الرقمية لمنطقة الرياض. وهي أساساً مبنية على الخرائط الجيولوجية المتوفرة والتي تم زيادة بعض الاضافات عليها من خلال الاستعانة بالمرئيات الفضائية كمصدر معلومات اضافي وبالتالي استخدام وسائل الجيومعلوماتية والجيوماتيكية (Geomatic) لعمليات تخزين البيانات وتحليلها وكذلك في عمليات الترقيم الألكتروني.

تعتبر الخريطة الجيولوجية الرقمية لمنطقة الرياض (١,٠٠٠,٠٠٠)، وما تبعها من خرائط أساسية اخرى (خرائط الوحدات الليثولوجية والقسمات الطولية) والتي انتجتها الباحثة، هي قاعدة البيانات الرئيسة لخريطة النفاذية المائية الرقمية. ويمكن تلخيص الوسائل التي استخدمت في الدراسة كما يلي:

١. خريطة الجيولوجية الرقمية لمنطقة الرياض بمقياس ١,٠٠٠,٠٠٠ (شكل رقم ١).

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

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

٤. خريطة كثافة الصدوع الرقمية لمنطقة الرياض بمقياس ١:١,٠٠٠,٠٠٠.

٥. مرئيات فضائية عالية الدقة للتوابع الصنعية التالية:

- التابع الصنعي Aster (١٤ موجة) بدقة ١٥متر (للموجات المرئية) و بدقة ٩٠ متر (للموجات ماتحت الحمراء-الحرارية).
- التابع الصنعي Landsat 7ETM+ (٧ موجات) بدقة ٣٠متر (للموجات المرئية) و بدقة ١٢٠ متر (للموجات الحرارية).

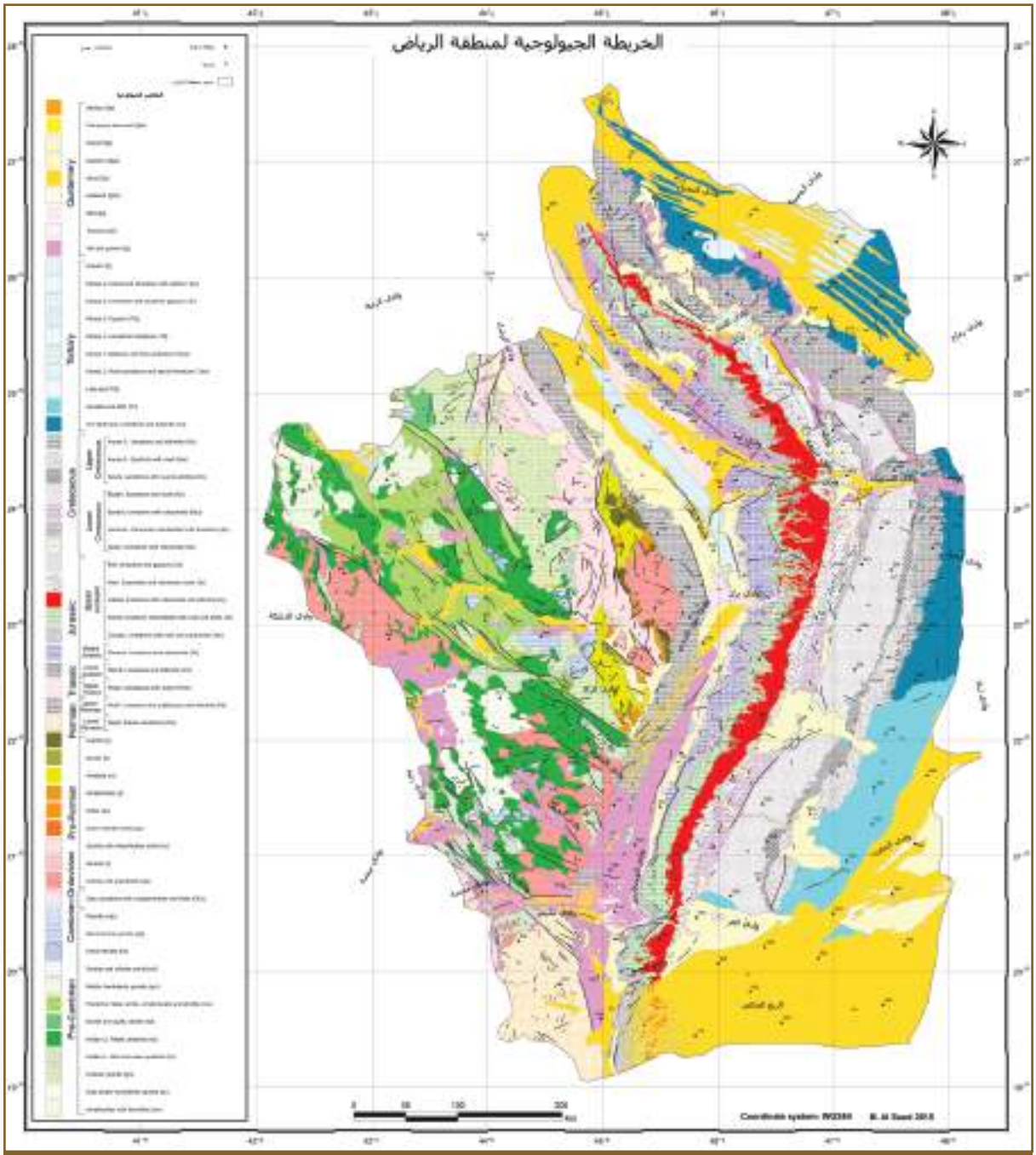
٦. برمجية ERDAS-Imagine-11 (Leica product) لمعالجة المرئيات الفضائية.

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

د. طريقة العمل

د.1. المفهوم العام:

لانتاج خريطة النفاذية المائية يجب اولاً فهم الآلية العامة لحركة المياه من سطح الأرض الى جوفها، كذلك تحديد الخصائص التي تتميز بها الوحدات الليثولوجية المختلفة. وهنالك عدة عوامل تتحكم في النفاذية المائية، وتختلف هذه العوامل من منطقة الى اخرى حسب العناصر الطبيعية والبشرية المؤثرة.



شكل رقم ١: الخريطة الجيولوجية (الرقمية ١:١,٠٠٠,٠٠٠) لمنطقة الرياض (المصدر: الباحثة).

ان استخدام هذه العوامل يتوقف على البعد المكاني للخريطة المطلوبة. بمعنى آخر يكون عدد العوامل المؤثرة في النفاذية المائية كبير اذا ما كان الهدف هو انتاج خريطة بمقياس رسم صغير (١:٥٠,٠٠٠ مثلاً)، ولكن لا ينطبق ذلك على الخرائط بمقاييس رسم كبير (١:١,٠٠٠,٠٠٠ مثلاً) كما هو الحال الآن في خريطة النفاذية الرقمية لمنطقة الرياض. ويعود السبب لأنه هناك عدة عوامل ليس لها تأثير مكاني كبير بل تؤثر فقط بشكل موضعي (Locally) ومن ثم تكون فاعليتها في الخرائط بمقاييس الرسم الكبيره ضئيل جداً.

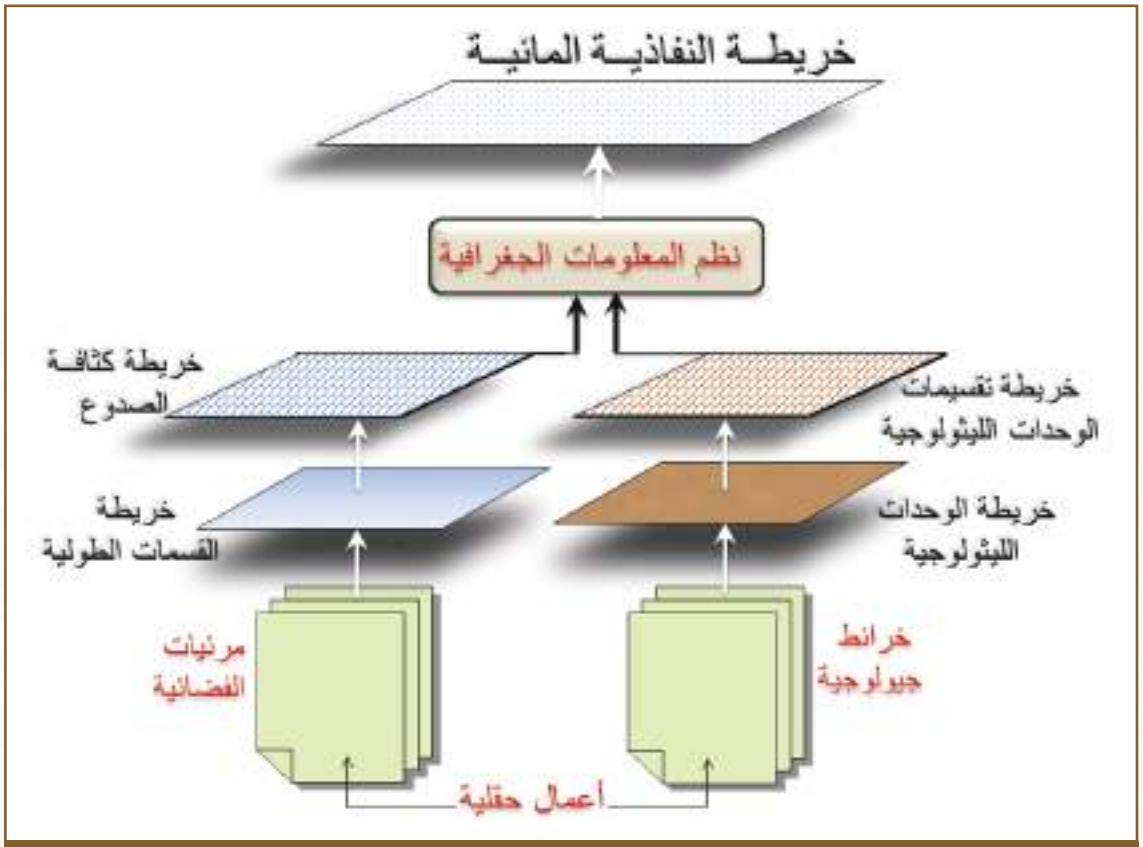
فعلى سبيل المثال أنواع التربة أو الانحدارات هي متغيرة بشكل كبير ضمن البقع الجغرافية المختلفة، لذلك فان تأثيرها يكون موضعي، وسوف لن يظهر تأثيرها على خريطة النفاذية بسبب مساحتها الصغيرة نسبياً الا اذا كانت بمقياس رسم صغير. وعليه فان خريطة النفاذية بمقياس رسم ١:١,٠٠٠,٠٠٠ (كما هو الحال في هذا التقرير) تعتمد فقط على عاملين رئيسيين هما: الوحدات الليثولوجية للصخور وكذلك كثافة التصدعات الصخرية اوالتي يتم وصفها بالقسمات الطولية.

لقد تم الاعتماد بشكل اساسي على الخريطة الجيولوجية الرقمية لمنطقة الرياض التي انتجتها الباحثة والتي منها يمكن التعرف على الوحدات الليثولوجية المتكشفة. حيث ان كل نوع من أنواع الصخور يتميز بقابلية معينة للنفاذية المائية. ويعتمد ذلك على الخصائص الهيدرو-ليثولوجية لكل نوع منها، وهنا يجب الاخذ بعين الاعتبار الخصائص الصخرية لناحية المسامية (Porosity) والنفوذية (Permeability). حيث ان وجود المواد الطينية (Clayey) وما يتداخل معها هو من اهم العناصر الهيدرولوجية من حيث عدم تمرير المياه، وعلية فان الطبقات التي يدخل في تركيبها الطين ومرادفاته هي ذات خاصية عالية لإستيعاب المياه (High porosity) ولكن خاصية منعدمة جداً لناحية تمرير المياه (Low permeability). ومن هنا يتم التعامل مع هذه الخاصية كمعيار للنفاذية المائية حسب وجودها في كل مكون ليثولوجي.

كذلك فيجب الأخذ بعين الاعتبار أيضاً خاصية المسامية والنفوذية الثانوية (Secondary porosity and permeability) وهي خاصية تكتسبها الصخور بعد تكوينها حيث تتمثل بشكل رئيسي في الفجوات والتشققات الصخرية الناتجة عن العمليات التكتونية. فعلى سبيل المثال هناك صخور صماء وكاتمة وليس من طبيعتها احتواء المياه فيها نسبة لمساميتها الضيقة جداً مثل الصخر الدولوميتي (Dolomite) وصخر الغرانيت (Granite) الا ان وجود التشققات فيها بسبب الحركات التكتونية تجعل منها صخور ذات مسامية ونفوذي مرتفعة نسبياً. كذلك فان الصدوع وما ينتج عنها من تشققات صخرية كبيرة هي أيضاً من العوامل الرئيسة التي تلعب دوراً هاماً في نفاذية المياه، ومن هنا كان لابد تحديد كثافة هذه الصدوع في نطاقات جغرافية محددة للحصول على تقييم مكاني لكثافتها وبالتالي اعدادها كعامل من العوامل الرئيسة التي تتحكم في النفاذية المائية.

د.2. منهجية العمل:

اعتمدت منهجية رسم خريطة النفاذية المائية على جمع المعلومات الجيولوجية المختلفة والتي لها تأثير مباشر في النفاذية المائية. وهذا يشمل، كما ذكرنا سابقاً، أنواع الصخور (الليثولوجيا) وكذلك التراكيب الجيولوجية ذات الصلة بحركة المياه. واذا ما تم ترقيم هذه المعلومات ومن ثم تقسيمها الى عدة أقسام حسب نفاذيتها للمياه وبالتالي دمجها معاً بطريقة نُظمية (Systematic) في نظام المعلومات الجغرافية فسوف يكون المُنتج هو خريطة النفاذية المائية.ويبين الشكل رقم ٢ الإطار العام لمنهجية العمل.



شكل رقم ٢: منهجية العمل لإنتاج خريطة النفاذية المائية لمنطقة الرياض (١,٠٠٠,٠٠٠).

د.3. تقسيم الوحدات الليثولوجية:

تتألف الوحدات الليثولوجية في منطقة الرياض من ٦٥ وحدة، من ضمنها ٢٣ تكوين جيولوجي رئيسي. وبعد عملية الفرز التي قامت به الباحثة للتكاوين المتكررة ضمن الحقبة الجيولوجية الرباعية، أصبح عدد هذه الوحدات ٥٨ وحدة ليثولوجية حسب الخريطة الجيولوجية الرقمية لمنطقة الرياض (١:١,٠٠٠,٠٠٠) حيث تحمل هذه الوحدات مواصفات هيدرولوجية مختلفة (آل سعود، ٢٠١٥).

و وفقاً للمعايير الهيدرو - ليثولوجية التي ذكرناها، وبعد الأخذ بعين الاعتبار عدد الوحدات الليثولوجية الموجودة، فلقد تم تقسيم الوحدات الليثولوجية الى خمسة أقسام رئيسة حسب الجدول رقم ١. وهذة الأقسام تصف خاصية الوحدات الليثولوجية من حيث النفاذية العالية جداً حتى النفاذية الضعيفة جداً. ويبين الجدول رقم ١ ان ١٥٦٩٢١ كلم^2 من الصخور المتكشفة في منطقة الرياض (اي حوالي ٤٢,٥٪) هي ذات خاصية عالية جداً للنفاذية المائية ويتبعها ٣٣,٤٪ للنفاذية العالية، أي ان ما يزيد عن ٣/٤ منطقة الرياض تتميز بنفاذية مرتفعة لناحية الخصائص الليثولوجية.

جدول رقم ١ : الوحدات الليثولوجية المتكشفة في منطقة الرياض وتقسيماتها حسب النفاذية المائية.

أقسام النفاذية المائية	الوحدات الليثولوجية	الرمز*	المساحة (كلم^2)	المساحة الكلية (كلم^2)	نسبة المساحة**
عالية جداً	Gravel	(Qg)	32052.92	156921.0	42.5%
	Sand	(Qs)	65880.21		
	Sandstone with quartz pebbles	(Kw)	3673.47		
	Gravel	(Tg)	267.14		
	Nubian sandstone	(Pw)	8608.15		
	Granite	(g)	1002.69		
	Diorite	(d)	242.19		
	Andesite	(m)	3246.27		
	Amphibolites	(a)	727.76		
	Granite and grandiorite	(gg)	14365.67		
	Red and pink granite	(gp)	3101.77		
	Biotitic-hornblende granite	(gm)	5331.30		
	Diorite and quartz diorite	(hd)	832.90		
	Gneissic granite	(gn)	12462.58		
	Gray biotitic-hornblende granite	(gr)	5125.94		

أقسام النفاذية المائية	الوحدات الليثولوجية	الرمز*	المساحة (كلم٢)	المساحة الكلية (كلم٢)	نسبة المساحة**
عالية	Silt	(Qsi)	2280.15	123222.4	33.4%
	Terraces	(Qt)	26.84		
	Silt and gravel	(Qu)	24050.22		
	Siltstone and sandstone	(Tkps)	523.99		
	Limestone and dolomite	(Tu)	14568.65		
	Limestone and dolomite	(Ka)	14400.39		
	Limestone and dolomite	(Jm)	1877.28		
	Limestone with calcarenite	(Kbu)	3221.17		
	Calcarenite with limestone	(Ky)	941.58		
	Limestone with calcarenite	(Ks)	3357.66		
	Limestone with calcarenite	(Jj)	11859.46		
	Limestone and calcarenite	(Jd)	665.98		
	Limestone and dolomite	(Pk)	9533.35		
	Sericite with Amphibolites schist	(sc)	9921.57		
	Sericite	(s)	145.17		
	Sandstone with conglomerates	(OCs)	1880.23		
	Marble	(fm)	357.64		
	Felsitic andesite	(ha)	23551.69		
	Amphibolites with Xenoliths	(am)	59.37		

أقسام النفاذية المائية	الوحدات الليثولوجية	الرمز*	المساحة (كلم٢)	المساحة الكلية (كلم٢)	نسبة المساحة**
متوسطة	Gypsum	(Qgy)	68.48	61339.07	16.6%
	Gravel and limestone	(Tcg)	1384.05		
	Limestone and gypsum	(Tk)	126.99		
	Gypsum	(Tkj)	3444.24		
	Lacustrine limestone	(Tkl)	4.82		
	Marly sandstone and limestone	(Tsm)	3293.13		
	Sandstone and shale	(Kb)	18588.46		
	Sandstone and marl	(Tn)	11353.84		
	Anhydrite and gypsum	(Jhi)	166.74		
	Evaporates and calcareous rocks	(Ja)	5050.71		
	Sandstone with shale	(JTRm)	3983.94		
	Sericite and chlorite schist	(scf)	161.58		
	Schist	(as)	254.88		
	Green chlorite schist	(gs)	15.13		
	Rhyolite	(rtp)	9.74		
	Slate, schist, conglomerate	(mu)	13432.34		
خفيفة	Aeolian	(Qa)	9.17	14079.42	3.8%
	Calcareous duricrust	(Qdc)	13.14		
	Sabkhah	(Qsb)	120.41		
	Limestone with marl	(Jtm)	7525.73		
	Marl and wake quartzite	(hc)	6410.97		
خفيفة جداً	Lake bed	(Tlb)	12.74	13681.89	3.7%
	Quartzite with marl	(Kas)	4740.45		
	Limestone with marl and shale	(Jh)	8928.70		

*الرمز حسب الخريطة الجيولوجية (شكل رقم ١)

**نسبة المساحة بالنسبة لمساحة منطقة الرياض.

د.4. تصنيف القسمات الطولية:

تبين خرائط القسمات الطولية عادةً التوزيع الجغرافي للصدوع الصخرية، الا انه من الضروري تحديد نطاقات تركيز وجود هذه الصدوع والتي لا يمكن تميزها مباشرةً بالعين المجردة الا عند تقسيم منطقة الدراسة الى نطاقات كثافة القسمات الطولية والتي يمكن ابرازها بشكل كونتوري (Contour lines) للنطاقات المختلفة. ومن هنا تم اعتماد خريطة القسمات الطولية التي انتجتها الباحثة لمنطقة الرياض للقيام بعمليات تقسيم امنطقة لنطاقات كثافة.

ورغم ان العديد من الدراسات تعتمد كثافة القسمات الطولية من خلال حساب مجموع أطوالها ضمن مساحة (إطار) مُحددة (Gustafsson, 1994; Teeuw, 1995)، الا ان البعض يرى ان حساب هذه الكثافة هو أكثر فاعلية اذا ما تم حساب عدد القسمات ضمن المساحة المُحددة (Al Saud, 2008) والتي هي حسب المعادلة التالية:

$$Ld = \sum Ln / A$$

حيث ان Ld هي كثافة القسمات الطولية، $\sum Ln$ مجموع عدد القسمات الطولية و A هي المساحة والتي تم تحديدها وفقاً للمساحة الكلية للمنطقة والعدد الكلي للقسمات ضمنها. حيث انه في هذه الدراسة تم اعتماد ٥٠ كلم^2 كمساحة مُحددة (إطار مكاني معروف الطول والعرض) لحساب كثافة القسمات الطولية. وللعلم فان حساب المقاييس المختلفة تم من خلال استخدام النُظم الجيومعلوماتية والجيوماتيكية وتحديداً برمجية Arc-Map (شكل رقم ٣).

وفي هذا التقرير تم تقسيم كثافة القسمات الطولية الي ستة نطاقات حسب الوحدة الحسابية (قسمة/٥٠كلم^2). وهي تتوزع من الأعلى الى الأقل كثافة كما يلي: أكبر من ٢٥، ٢٥- ٢٠، ٢٠- ١٥، ١٥- ١٠، ١٠- ٥، و أقل من قسمات/٥٠كلم^2. ومن الطبيعي فهناك بعض الصدوع التي لها امتدادات كبيرة ما بين المناطق المختلفة حيث يتم فقط حساب طولها ضمن الإطار المحدد (٥٠كلم^2) ويُحسب باقي امتدادها عبر الأطر المساحية الأخرى لينتج عنه توزيع جغرافي متجانس لكثافة القسمات الطولية.

ان العدد الكُلي للقسمات الطولية التي تم التعرف عليها في منطقة الرياض هو ١٤٣٣ قسمة. ويبين الجدول رقم ٢ النطاقات الستة لكثافة القسمات الطولية والذي يتضمن العدد والمساحة لكل نطاق. حيث يتضح ان أعلى مجموع للقسمات هو للكثافة الواقعة ما بين ٢٠-٢٥ قسمة/٥٠كلم^2، بينما أعلى مساحة هي للكثافة ما بين ٥- ١٠ قسمة/٥٠كلم^2.

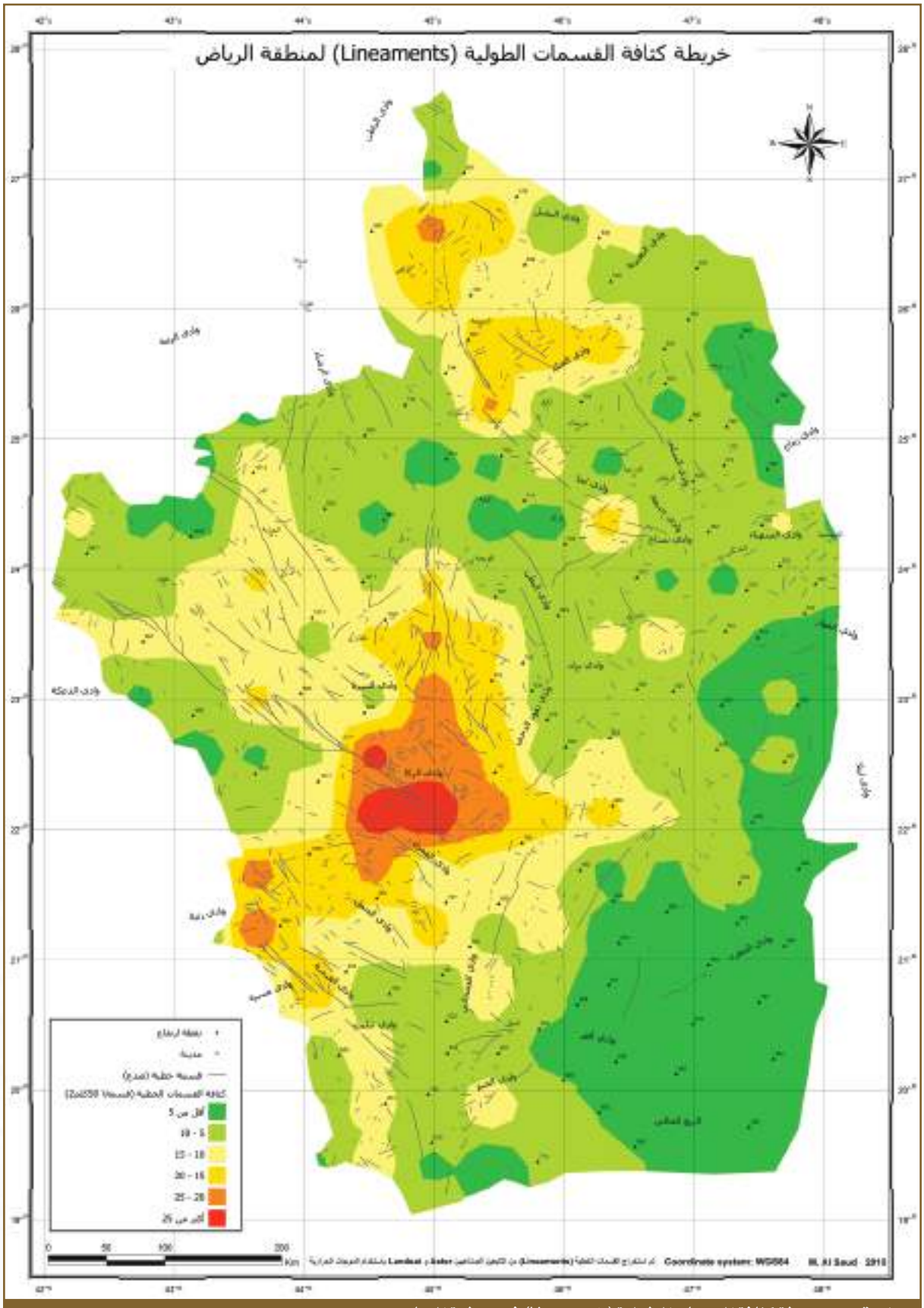
جدول رقم ٢ : عدد ومساحة نطاقات كثافة القسمات الطولية (الصدوع) في منطقة الرياض.

النطاق (قسمة/٥٠كلم٢)	مجموع القسمات الطولية	% للعدد الكُلي	المساحة (كلم٢)	% للمساحة الكلية
اكبر من ٢٥	٤٥	٣,١	٣١٧٩	٠,٨٦
٢٥ – ٢٠	٤٥٧	٣١,٩	١١٦٩٣	٣,١٧
٢٠ – ١٥	٣١٩	٢٢,٣	٣٧٧٦٧	١٠,٢٣
١٥ – ١٠	١٤٦	١٠,٢	٨٤٧٧٥	٢٢,٩٥
١٠ – ٥	٤٠١	٢٨,٠	١٥٥٠٢٣	٤١,٩٨
أقل من ٥	٦٥	٤,٥	٧٦٨٠٣	٢٠,٨٠
المجموع الكُلي				

د.5. نمذجة المعلومات المكانية (Geo-spatial data integration):

وفقاً لمنهجية العمل المُقررة لإنتاج خريطة النفاذية المائية لمنطقة الرياض بمقياس ١:١,٠٠٠,٠٠٠ حسب الشكل رقم ٢، فلقد تم انتاج المكونين الرئيسين لهذ الخريطة واللذان يمثلان العوامل الأساسية التي لها تاثير في خاصية النفاذية المائية. حيث اعتمد العمل بشكل أساسي على خرائط الوحدات الليثولوجية والقسمات الطولية المرقمتين الكترونياً لتمثل المعلومات المكانية المطلوبة، ليُصار بعدها الى تقسيم كل خريطة الى عدة أقسام يدل كلٍ منها على فاعلية مُحددة لناحية مرورية المياه الى الطبقات الجوفية.

ان دمج هذه المعلومات المكانية بشكل نُظمي (Systematic) سوف يعمل على تحديد نطاقات التركيز (زيادة او نقصان) لعملية النفاذية. وهذا الدمج الالكتروني (Overlapping) سوف ينتج عنه تطابق التقسيمات المكانية الموجودة في كلتا الخريطتين (الوحدات الليثولوجية والقسمات الطولية). وبالتالي فسوف يكون هناك مواقع تطابق ما بين التقسيمات (النطاقات) المختلفة والتي تعمل على زيادة أو نقص خاصية النفاذية المائية. وعليه فلقد تم نمذجة هذا التطابق الكترونيا في برمجية Arc-Map بعد اعطاء كل نطاق قيمة حسابية لناحية فاعليتة في خاصية النفاذية المائية كما في الجدول رقم ٣.



شكل رقم ٣: خريطة كثافة القسمات الطولية (Lineaments) في منطقة الرياض.

جدورقم ٣: القيم الحسابية لنمذجة تقسيمات الوحدات الليثولوجية والقسمات الطولية.

الوحدات الليثولوجية			القسمات الخطية		
النطاق	الوصف	القيمة الحسابية	النطاق	الوصف (قسمة/كلم٢)	القيمة الحسابية
١	عالية جداً	١٠	١	اكبر من ٢٥	١٠
٢	عالية	٧,٥	٢	٢٥ – ٢٠	٨
٣	متوسطة	٥	٣	٢٠ – ١٥	٦
٤	خفيفة	٢,٥	٤	١٥ – ١٠	٤
٥	خفيفة جداً	١	٥	١٠ – ٥	٢
			٦	أقل من ٥	١

ويبين الجدول ان أعلى قيمة هي ١٠٠ حيث انها تنتج اذا ما تم التطابق المكاني الالكتروني ما بين النطاقات العُليا للوحدات الليثولوجية والقسمات الطولية، أي رقم ١ من كلٍ منهما كما يلي:

رقم (١) من الوحدات الليثولوجية x رقم (١) من القسمات الطولية = ١٠ x ١٠ =١٠٠

أما اقل قيمة فهي ١ x ١ = ١ وهي ناتجة عن تطابق اقل نطاقات في كل مكون وعليه فيمكن تقسيم فاعلية التطابق ما بين ١ و١٠٠ لتصبح:

- ما فوق ٨٠ = فاعلية عالية جداً للنفاذية المائية
- ٨٠-٦٠ = فاعلية عالية
- ٦٠-٤٠ = فاعلية متوسطة
- ٤٠-٢٠ = فاعلية خفيفة
- أقل من ٢٠ = فاعلية خفيفة جداً

فعلى سبيل المثال اذا تم التطابق المكاني ما بين النطاق رقم ٢ للوحدات الليثولوجية مع النطاق رقم ٢ للقسمات الطولية، فسيكون الناتج هو ٧,٥ x ٨ =٦٠ أي ان الفاعلية هي عالية.

أما اذا كان التطابق ما بين النطاق رقم ٢ للوحدات الليثولوجية مع النطاق رقم ٥ للقسمات الطولية، فسيكون الناتج هو ٧,٥ x ٢ =١٥ أي ان الفاعلية هي خفيفة جداً، وهكذا. وبناءاً على هذا المفهوم الحسابي تم نمذجة البيانات المكانية لانتاج خريطة النفاذية المائية لمنطقة الرياض.

هـ. النتائج والمناقشة

وفقاً للهدف من هذا التقرير فقد تم انتاج خريطة النفاذية المائية الرقمية (١:١,٠٠٠,٠٠٠) لمنطقة الرياض كما في الشكل رقم ٥ مع تقديم شرح مفصل عن كل ما يلزم من الوسائل وطرق العمل المطلوبين. ويضمن التقرير أيضاً خريطتين غرضيتين رقميتين للوحدات الليثولوجية والقسمات الطولية والتي من الممكن أيضاً استخدامهما في تطبيقات اخرى ليمثلا مكوناً ما في احدى التطبيقات البحثية سواءاً كانت في الدراسات المائية، البيئية، التكتونية أو غيرها.

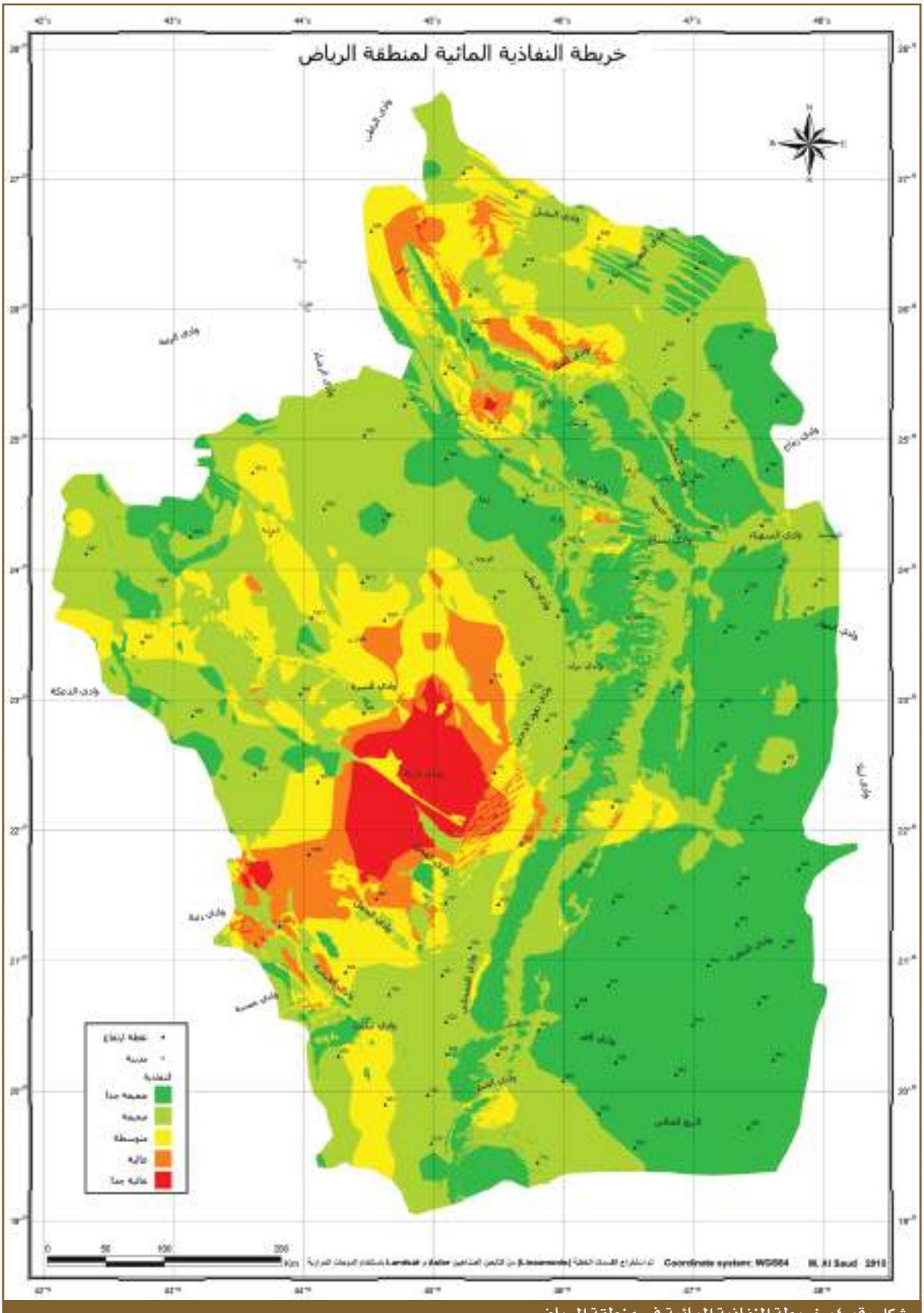
وتبين الخريطة المُنتجة التوزيع الجغرافي للمناطق حسب قابليتها لتمرير المياه (Recharge) من سطح الأرض الي جوفها، حيث ان الخريطة تحتوي على خمسة أقسام كل منها يمثل خاصية للنفاذية المائية بشكل وصفي يتدرج ما بين قابلية عالية جداً الى خفيفة جداً. تشمل خاصية النفاذية المائية هنا متغير (Variable) عن سرعة مرور المياه وعن كميتها. ولعله من المُجدى القيام بعمل مرادف مستقبلاً لحساب هذين المتغيرين باستخدام تقنيات قياس أرضية.

ويتضح من الخريطة (شكل رقم ٤) وجود توزيع جغرافي مُحدد لمناطق النفاذية بأقسامها المختلفة، حيث ان خاصية النفاذية المرتفعة تحتوي على المساحة الأصغر في منطقة الرياض والتي هي حوالي ٣١٨١٢ كلم^{٢} أي ما يعادل ٨,٦٪ من المساحة الكُلية للمنطقة. وفي المقابل فان خاصية النفاذية الخفيفة تمثل حوالي ٧٦,٥٪ (جدول رقم ٤). وتبين الخريطة أيضاً ان التوزيع الجغرافي للمناطق عالية النفاذية هو في الناحية الغربية لمنطقة الرياض مما يدل على فاعلية الوضع التكتوني المتأثر بالدرع العربي لشبه الجزيرة العربية والذي نتج عنه تراكيب جيولوجية معقدة من تصدع وطّي صخري وكذلك انبثاقات لصخور القاعدة (Basement rocks) العميقة والتي تتميز بصلابة عالية.

جدول رقم٤ :

التوزيع الجغرافي لأقسام النفاذية المائية مع مساحات الوحدات الجيولوجية ومناطق كثافة الصدوع في منطقة الرياض.

النفاذية المائية	المساحة (كلم٢)	نسبة المساحة ٪	التوزيع الجغرافي
عالية جداً	١١٣٥٠	٣,٠٧	منطقة حصاد قحطان وكذلك بعض مناطق المجمعة، شقرا والزلفي
عالية	٢٠٤٦٢	٥,٥٤	منطقة الرين - لجع ومنطقة جبال بدوة
متوسطة	٥٥١٠٦	١٤,٩٢	معظمها في الجهة الغربية لمنطقة الرياض والبعض في الجهة الشمالية
خفيفة	١٤٨١٠٢	٤٠,٢٠	متوزعة في مناطق مختلفة من منطقة الرياض
خفيفة جداً	١٣٤٢٢٠	٣٦,٣٥	معظمها في المنطقة الجنوب-شرقية والبعض شمال شرق منطقة الرياض



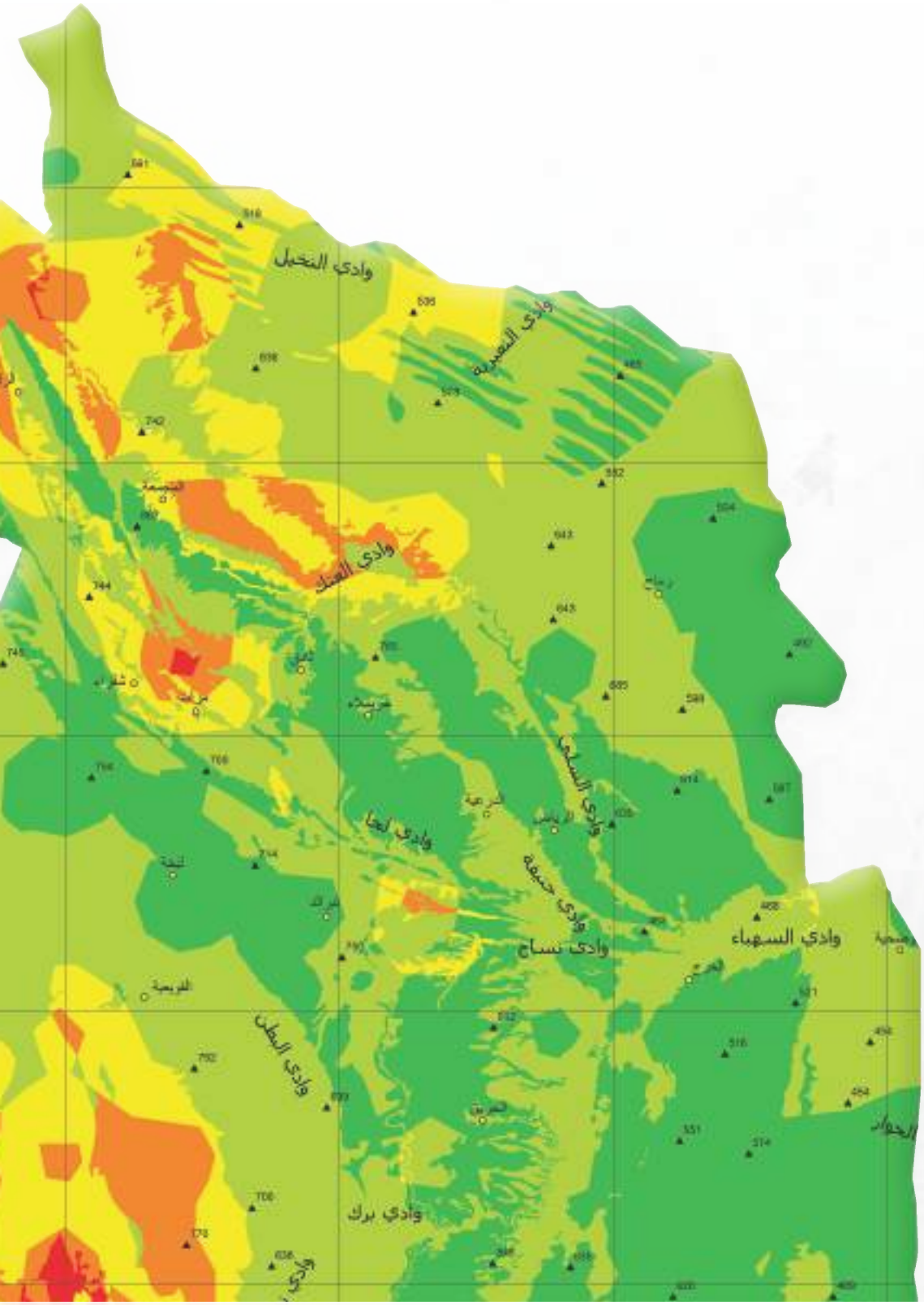
شكل رقم ٤: خريطة النفاذية المائية في منطقة الرياض.

تعتبر هذه الخريطة مُنتج هام يمكن البدء من خلالها وضع الاعتبارات المطلوبة في التطبيقات المختلفة، ولعله من الضروري العمل على انتاج خرائط أدق لناحية مقياس الرسم ولمواقع مُحددة سواءاً كان في منطقة الرياض او غيرها من مناطق المملكة لتكون دليل يمكن العتماد عليه في اختيار المواقع عند البدأ بالمشاريع التنموية المختلفة.

تستخدم دول عدةً خرائط النفاذية المائية قبل البدء بتحديد مناطق عمل مشاريع تنفيذية مثل استخدام هذه الخرائط في الولايات المتحدة الأمريكية وكندا اليابان وغيرها (Miller, 1996) وعليه فان وجود خرائط النفاذية المائية بمقاييس رسم صغيرة هي ضرورية لمنطقة الرياض وبشكل أخص في الدراسات المائية المختلفة حيث انها تشكل مكوناً هاماً لناحية تحديد مناطق التغذية المائية وبالتالي العمل للمحافظة على هذه المناطق من الأنشطة البشرية الغير رشيدة وخصوصاً منها عمليات التخلص من النفايات الصلبة والسائلة. كذلك تعتبر هذه الخرائط هي الاساس في دراسات التغذية المائية الصناعية،حيث ان ذلك يحتاج الى مناطق ذات نفاذية مائية عالية. وكما هو معلوم فهناك عدة دول تستخدم طرق تقنية حديثة لزيادة فوذية الصخور (Permeability enhancement techniques) من أجل تغذية الطبقات الصخرية خصوصاً منها في مسارات الأودية وبالتالي التخفيف من أثر السيول.

و. المراجع

- Al Saud, M. 2008. Using ASTER Images to Analyze Geologic Linear Features in Wadi AurnahBasin, Western Saudis Arabia. The Open Remote Sensing Journal, 2008, 1, 7-16
- Gustafsson, P., 1994. SPOT satellite data for exploration of fractured aquifers in a semi-arid area in Botswana. Hydrogeology Journal, Springer-Verlag, 2, 2, 9-18.
- Miller, R. 1996. Artificially-Induced or Blast-Enhanced Fracturing. Technology. Ground-Water Remediation Technologies Analysis Center. Overview Report. GWRTAC Series. 9pp.
- Teeuw, M. 1995. Groundwater exploration using remote sensing and a low-cost geographic information system. Hydrogeology Journal Springer-Verlag, 3(3), 21-30.
- 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.
- آل سعود، ٢٠١٥. الخريطة الجيولوجية الرقمية لمنطقة الرياض. تقرير فني. الهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض. ١٨ صفحة.



الهَـيـْـئـة الـعُـلـيـَا
لتطـويـْـر مَـدينـة الـريـَـاض