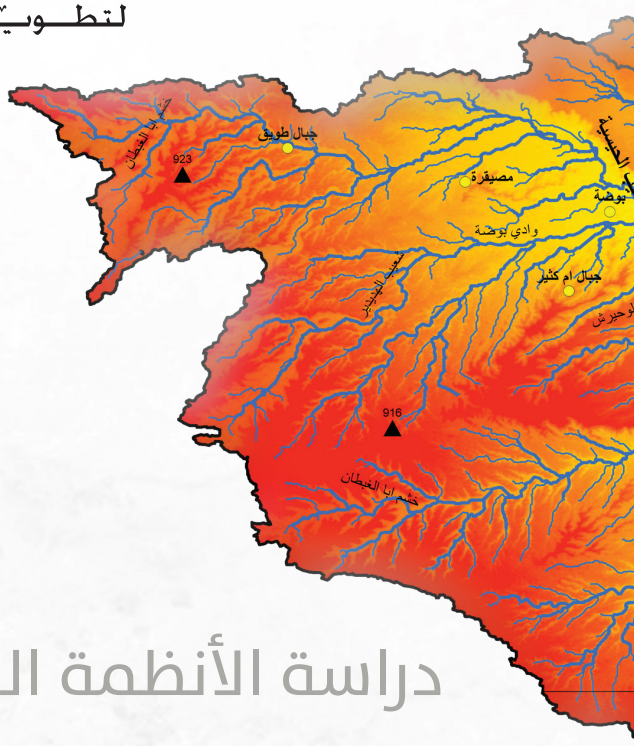
الهَـيـْـئـة العُـلـيـَا
لتطـويـْر مَـدينـة الريـَـاض



دراسة الأنظمة الهيدرولوجية للسيول المتصلة

بمحافظات منطقة الرياض

د. مشاعل بنت محمد آل سعود

1438هـ

﴿ أَنزَلَ مِنَ ٱلسَّمَآءِ مَآءً فَسَالَتْ أَوْدِيَةٌۢ بِقَدَرِهَا فَٱحْتَمَلَ ٱلسَّيْلُ زَبَدًا رَّابِيًا ﴾

صدق الله العظيم

"سورة الرعد، الآية ١٧"

المحتويات

الملخص ٨

أ. المقدمة ١٠

ب. الأهداف ١٢

ت. منطقة الدراسة ١٢

ث. وسائل الدراسة ١٤

ج. طريقة العمل ١٥

ج.١. جمع المعلومات والبيانات: ١٥

ج.٢. إعداد الخرائط الطبوغرافية: ١٥

ج.٣. إنتاج النماذج الأرضية الرقمية (DEMs): ١٧

ج.٤. استخراج المنظومة المائية من الـDEM: ١٨

ج.٥. معالجة الصور الفضائية: ١٨

ج.٦. استخدامات نظم المعلومات الجغرافية: ٢٠

ج.٧. الدراسة الميدانية: ٢١

د. أحواض التصريف المائي ٢٣

ذ. الخصائص الجيومترية ٢٤

ذ.١. الأبعاد الرئيسية للأحواض: ٢٤

ذ.٢. شكل الحوض: ٢٧

ذ.٣. انحدار الأسطح : ٢٩

ر. الخصائص المورفومتـرية ٣١
ر.١. كثافة الشبكة المائية (D): ٣١
ر.٢. انحدار المجرى الرئيسي (Sc): ٣٣
ر.٣. نسب التعّرج (Mr): ٣٣
ر.٤. كثافة التقاء الأودية: ٣٤
ر.٥. رُتب الأودية: ٣٥
ر.٦. حمولة الأودية: ٣٨
ز. المناطق المُعرضة لخطر السيول ٤٠
ز.١. دراسة السيول ٤١
ز.٢. منهجية العمل ٤٢
ز.٣. الأماكن الواقعة تحت خطر السيول في منطقة الرياض ٤٤
هـ. الخلاصة والمناقشة ٥٨
المراجع العربية ٦٢
المراجع الأجنبية ٦٣
الملاحـق ٦٤

الأشكال

شكل رقم ١

خريطة منطقة الرياض ١٢

شكل رقم ٢

مثال عن التطبيقات الطيفية في معالجة الصور الفضائية ١٩

شكل رقم ٣

شكل تمثيلي عن مفهوم اختيار المنظومات المائية لأحواض التصريف المائي ٢٢

شكل رقم ٤

المنظومة المائية لأحواض التصريف المائي

شكل رقم ٥

المنظومة المائية لأحواض التصريف المائي على النموذج الأرضي الرقمي (DEM)

شكل رقم ٦

المنظومة المائية لأحواض التصريف المائي على صورة القمر الصناعي Geo-Eye

شكل رقم ٧

خريطة انحدار الأسطح في المنظومة المائية لأحواض التصريف المائي

شكل رقم ٨

خريطة رتب الأودية في المنظومة المائية لحوض التصريف المائي

شكل رقم ٩

المناطق المُعرضة للسيول

الجداول

جدول رقم ١

الأبعاد الرئيسة لأحواض التصريف المائي..... ٢٥

جدول رقم ٢

المواصفات الرئيسة لشكل أحواض التصريف المائي ٢٨

جدول رقم ٣

النسب المئوية لانحدار الأسطح في أحواض التصريف المائي..... ٣٠

جدول رقم ٤

الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف المائي في منطقة الرياض ٣٢

جدول رقم ٥

جدول يوضح رتب الاودية واطوالها ونسب التفرع في أحواض التصريف المائي في منطقة الرياض..... ٣٦

جدول رقم ٦

حمولة الأودية لأحواض التصريف المائي في منطقة الرياض ٣٨

جدول رقم ٧

المواصفات المكانية للمناطق المعرضة للسيول في منطقة الرياض..... ٥٧

جدول رقم ٨

الخصائص الجيومترية وتأثيرها في حدوث السيول في أحواض التصريف المائي في منطقة الرياض..... ٥٩

جدول رقم ٩

الخصائص المورفومترية وتأثيرها في حدوث السيول في أحواض التصريف المائي في منطقة الرياض ٦٠

الملخص

شهدت مؤخراً مناطق عدة في المملكة العربية السعودية ظاهرة السيول والجريان المائي السطحي الغير منتظم والذي خلف وراءه أضراراً كبيرة جعلت من بعض المناطق أماكن منكوبة. وتتزايد هذه الظاهرة تباعاً وبوتيرة متسارعة حيث يعزي العديد من المتخصصين السبب إلى التغيرات المناخية الحاصلة إضافة إلى التدخل البشري من خلال التعدي على مسارات الأودية المائية. ولم تعد ظاهرة السيول مقتصرة على مناطق مُحددة بل أصبحت تطال العديد من المناطق في المملكة. إلا أن الاهتمام بهذا الموضوع ينحصر في المناطق المأهولة حيث وقعت عدة أحداث بسبب السيول الجارفة والتي وصلت إلى حد تغيير معالم مناطق بأكملها في المملكة. من هنا كان لابد من تركيز الدراسات على هذه الظاهرة الطبيعية والتي هي شكل من أشكال المخاطر الطبيعية في شبه الجزيرة العربية.

لاتزال الدراسات المتعلقة بالسيول في المملكة قليلة وهي في معظمها تتناول العناصر الجيومورفولوجية لبعض المناطق، إلا أن تزايد هذا الخطر الطبيعي أصبح محفز للتركيز على تحليل العناصر التي تتحكم بالجريان السطحي للمياه وآلية تصادمها مع المناطق السكنية التي أصبحت تتمدد دون الأخذ بعين الاعتبار مسارات جريان المياه أو مناطق تجميعها مما زاد من حجم الضرر الذي لحق بالإنسان والبيئة وكذلك المنشآت العمرانية والبُنى التحتية.

طاولت ظاهرة السيول في الآونة الأخيرة معظم محافظات منطقة الرياض كما في مواقع أخرى من المملكة مخلفةً أضراراً جسيمة. ومن هنا تم عمل هذه الدراسة بشكل شامل لكل منطقة الرياض. حيث يتم فيها دراسة

النظم الهيدرولوجية للأحواض التي تصب في المدن الرئيسة لمحافظات الرياض وكذلك تم التركيز على تحديد مواقع خطر السيول ضمن النطاق الجغرافي لهذه المدن اخذاً بالأعتبار التوزيع السكاني فيها. ويشمل هذا التقرير منطقة الرياض والمنظومة المائية التي تصب فيها (حوض التصريف المائي).

تعتمد هذه الدراسة بشكل رئيسي على استخدام التقنيات الفضائية ونظم الجيومعلوماتية، حيث تم استخدام مجموعة من الصور الفضائية التابعة لأقمار إصطناعية مختلفة المواصفات الطيفية والبصرية تمكننا من التعرف على مواصفات سطح الأرض بشكل رقمي ومن ثم يمكن القيام بعمليات الرسم الإلكترونية للأودية المائية وأحواض التجميع وكذلك تحديد أنماط الجريان المائي من خلال التطبيقات النُظمية المختلفة، إضافة إلى القيام بالعمليات الحسابية للصيغ المورفومترية والجيومترية المطلوبة. إن استخدام بعض الصور الفضائية عالية الدقة كان لها دوراً هاماً في مراقبة الأماكن التي تعرضت للسيول وحساب مساحتها وآلية جريان المياه. وتمثل هذه الدراسة نموذجاً للتطبيقات العلمية الحديثة في مجال المخاطر الطبيعية والتي من المفترض تطبيقها في مواقع عدة من المملكة. حيث أن النتائج التي خلصت إليها الباحثة في هذه الدراسة هي ذات أهمية كبيرة يمكن الاعتماد عليها لمعرفة الأماكن الواقعة تحت خطر السيول ، وتعتبر الدراسة كقاعدة بيانات رقمية للعناصر الرئيسة المطلوبة في دراسة السيول، كذلك فهي عنصر مساعدة يمكن الاعتماد عليها في تنفيذ أعمال التخفيف، الحماية والحد من هذا النوع من المخاطر الطبيعية وهذا ما تحتاجه المملكة أكثر من أي وقت مضى.

أ. المقدمة

يوجد في المملكة العربية السعودية معالم جيومورفولوجية مميزة بسبب وجود التراكيب الجيولوجية المُعقدة. ويمكن من خلال الصور الفضائية مشاهدة مظاهر فريدة لسطح الأرض، حيث تمثل الأودية المائية بأشكالها ومقاييسها المختلفة أهم هذه المظاهر (Al Saud, 2007). إلا أن معظم أراضي المملكة واقعة في نطاق الخطر الطبيعي والتي برزت أحداثه بشكل متتالي على فترات زمنية متباينة حسبما تظهر السجلات التاريخية للمنطقة والتي تتضمن العديد من الكوارث الطبيعية والتي من أبرزها مخاطر السيول. ويوجد في المملكة أربعة عشرة وادي مائي من المقاييس الكبيرة جداً، حيث تتوزع في أرجاء المملكة بطول يزيد عن ٤٥٠٠ كيلومتر. كذلك يوجد المئات من الأودية الكبيرة بالإضافة إلى كم كبير من التشعبات والروافد المختلفة المظهر والمقاييس. هذا وقد أولي اهتمام متزايد لهذه الأودية في الآونة الأخيرة بسبب الكوارث التي نتجت عن السيول في مناطق عدة من المملكة.

وإذا ما تمت مراجعة سجل الأحداث الطبيعية للمملكة في السنوات القليلة الماضية، نرى ان السيول والفيضانات أصبحت تتصدر هذه الأحداث سواءاً كانت من ناحية التكرارية ام من ناحية حجم الضرر الناتج عنها وأصبحت السيول حدث سنوي خصوصاً في الآونة الأخيرة، حيث يبُلّغ عن حدوث سيول وانجرافات مع بداية فصل الشتاء وهطول الأمطار التي أصبحت تتميز بوتيرة عالية ليست كما كانت عليه سابقاً. ولعل نمط السيول في المملكة يتسم بطابع خاص حيث أن العديد من المناطق التي تتعرض للسيول ليست هي نفسها المناطق التي تهطل عليها الأمطار ويعود السبب، بالإضافة إلى الأنماط المناخية المحدودة الانتشار، إلى كبر مساحات أحواض التصريف المائي والتي تجمع مياه الأمطار وتنقلها بعيداً إلى مناطق أخرى يتم فيها في معظم الأحيان التقاء الأودية مع مناطق سكنية مُستحدثة أو وجود مظاهر جيومورفولوجية تعمل على فيضان الكم المائي وإرتفاع منسوبه في الأودية.

تتوزع السيول سنوياً في مناطق عديدة من المملكة العربية السعودية، حيث يمكن القول إنها لا تنحصر في أماكن محددة بل تتوزع حسب التوزيع الجغرافي للهاطل المطري وتفاعل عوامل مناخية عدة من أهمها الرياح، إضافة إلى الطبيعة الجيومورفولوجية. وحسب المشاهدات الفضائية فهنالك مناطق عدة في المملكة تتعرض لموجات عارمة من السيول وبوتيرة مرتفعة جداً إلا أن وجودها في أماكن غير مأهولة قلل من أهميتها، في حين ان العديد من المناطق السكنية أصبحت عُرضة للفيض المائي والسيول الجارفة كما بات معروف في مدن كثيرة في المملكة. ولعل منطقتي الرياض وجدة هما إحدى النماذج عن هذا النوع من الكوارث الطبيعية الذي تتعرض له أكبر مدن المملكة.

لقد أصبحت دراسة الكوارث الطبيعية ذات أهمية في العديد من المحافل العلمية وخصوصاً في الدراسات البيئية حيث أخذت الاهتمام على المستويين المحلي والأقليمي، ويتزامن ذلك مع تطور طرق البحث وتحليل البيانات المتعلقة بالنظم الجيومورفولوجية والهيدرولوجية وبخاصة السيول سواءاً كان ذلك لتقييم هذا النوع من الخطر الطبيعي أو من خلال إنتاج الخرائط المطلوبة لتحديد الأماكن الواقعة تحت الخطر. إلا أن الأهم هو الطرق والتقنيات المُتبعه في هذه الدراسات. حيث تطورت حالياً أنظمة جديدة لدراسة المخاطر الطبيعية ومن ضمنها السيول. ولعل من أهمها هي التقنيات الفضائية التي أصبحت تحتل مركزاً متقدماً في دراسة الكوارث الطبيعية وباتت من أهم الوسائل التقنية الفاعلة سواءاً كان ذلك من ناحية التنبؤ بوقوع الخطر أو بعملية تقييم الأضرار الناتجة عنه.

اُستخدمت في هذه الدراسة مجموعة مختلفة من الصور الفضائية ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) لإعداد الخرائط الرقمية الغرضية والتي تلزم لاستخدامها في عمليات الدمج الرقمي (Digital manipulation) للحصول على المعلومات المتعلقة بالسيول في المدن التي تم تحديدها. كذلك لإنتاج خرائط تبين المناطق المعُرضة لخطر السيول. واعتمدت الباحثة في هذه الدراسة،كما تم في دراساتها السابقة، على منهجية جديدة تعتمد على تحديد مواقع خطر السيول التي حدثت ودراسة آلية وصول المياه إليها والتي هي بدورها نفس المواقع التي ستكون عُرضة للسيول مجدداً في حال الأمطار الغزيرة. حيث يتم في هذه الطريقة عملية التقييم العام لحجم الضرر والتوزيع الجغرافي لمناطق الفيض المائي وكذلك التعرف على آلية وأسباب حدوث الكارثة والتي من خلالها يمكن طرح المقترحات العملية المناسبة للتخفيف من حجم الضرر ولتفادي تكرار ما حدث في المدن التي تم دراستها.

يعتبر هذا التقرير جزء من دراسة متكاملة للمناطق المعرضة للسيول في كل المدن الرئيسة لمحافظات منطقة الرياض والتي عددها عشرين مدينة، إذا ما تم دمج مدينة الرياض ومحافظة الدرعية معاً نظراً لتداخلهما المكاني الكبير. وكذلك تم دراسة الأنظمة المائية التي تصب في هذه المدن (أحواض التصريف المائي). ويعرض هذا التقرير تحديداً الخصائص المورفومترية والجيومترية لأحواض التصريف المائي وكذلك المناطق المُعرضة للسيول في النطاق الجغرافي السكني لهذه المدينة.

ب. الأهداف

نظراً لما تعرضت له مدن عدة في منطقة الرياض لسيول عارمة نتج عنها أضراراً كبيرة، كان لابد من القيام بدراسة تشمل الوضع الهيدرولوجي العام لهذه المدن والمنظومات المائية (أودية وأحواض) المرتبطة بها. حيث ان دراسة السيول في هذه المدن باستخدام التقنيات الحديثة سوف تساعد على أخذ القرارات السليمة من ناحية تجنب المواقع المعرضة للخطر أو التعرف على الضوابط المطلوبة للحد والتخفيف منها. ومن الممكن الوصول إلى هذه النتيجة إذا ماتم تحليل كل البيانات والصيغ الجيومورفولجية والهيدرولوجية وكذلك إذا ما تم إنتاج خرائط للمناطق الواقعة تحت الخطر وعليه يمكن تلخيص الأهداف من هذه الدراسة كتالي:

١. تحديد المكونات الرئيسة للمنظومات الهيدرولوجية للحوض المائي الواقع أعلى (Upstream) منطقة الرياض، والتي سيتم استخراجها من الصور الفضائية ونظم الجيومعلوماتية، حيث تتألف هذه المكونات من خرائط غرضية (أودية وتشعبات مائية، DEMs، إلخ) مطلوبة.

٢. دراسة البيانات المكانية وتطبيق الصيغ الرياضية المورفومترية والجيومترية المختلفة وربطها بآلية جريان المياه السطحية وتأثيرها في حدوث السيول والفيضانات.

٣. رسم خرائط تبين المناطق الواقعة تحت خطر السيول واحتمالية حدوثها.

ت. منطقة الدراسة

شكل رقم ١: خريطة محافظات منطقة الرياض.

محافظات منطقة الرياض.

المحافظة		الموقع	المساحة كم٢	السكان نسمة	الحدود				المناخ	درجة الحرارة
					الشمال	الجنوب	الغرب	الشرق		
١	الرياض	شمال شرق منطقة الرياض	٥٩٦١	٦١٧٥٨٥٨	رماح حريملاء	الخرج المزاحمية	ضرما	المنطقة الشرقية	صحراوي حار صيفاً وبارد شتاءاً	٢٦.٢°
٢	الدرعية	شمال شرق منطقة الرياض	٢٠٢٠	٨٦٠٩٨	رماح حريملاء	الخرج المزاحمية	ضرما	المنطقة الشرقية	صحراوي حار صيفاً وبارد شتاءاً	٢٦.٢°
٣	الخرج	شرق منطقة الرياض	١٩٧٩٠	٤٣٦٥٦٥	الرياض	الأفلاج حوطة بنى تميم	المزاحمية الحريق	المنطقة الشرقية	صحراوي حار صيفاً وبارد شتاءاً	٢٦.٢°
٤	الدوادمي	غرب منطقة الرياض	٢٨٠٠٠	٢٥٠٦٠٧	القصيم	القويعية	القصيم عفيف	شقراء مرات	صحراوي حار صيفاً وبارد شتاءاً	٢٣.٦°
٥	المجمعة	أقصى شمال منطقة الرياض	٣٠٠٠٠	١٥٤٧٠١	الزلفي المنطقة الشرقية	ثادق شقراء	الغاط	رماح	صحراوي حار صيفاً وبارد شتاءاً	٢٣.٩°
٦	القويعية	غرب مدينة الرياض	٩٥٠٠٠	١٤٥٧٤١	الدوادمي مرات	وادي الدواسر	عفيف مكة المكرمة	المزاحمية الحريق	صحراوي حار صيفاً وبارد شتاءاً	٢٤.٦°
٧	وادي الدواسر	أقصى جنوب منطقة الرياض	٤٨٩٠٠	١٢٢٨٢٠	القويعية	نجران	عسير مكة المكرمة	السيل الأفلاج	صحراوي حار صيفاً وبارد شتاءاً	٢٦.٧°
٨	عفيف	غرب مدينة الرياض	٢٦٨١٠	٨٩٤٥٩	القصيم	مكة المكرمة	المدينة المنورة	القويعية الدوادمي	صحراوي حار صيفاً وبارد شتاءاً	٢٤.٢°
٩	الزلفي	شمال مدينة الرياض	٥٤٠٠	٧٩٨٧٤	القصيم	الغاط	القصيم	المجمعة	قاري شديد الحرارة صيفاً وبارد شتاءاً	٢٥.٥°
١٠	الأفلاج	جنوب مدينة الرياض	٥٤١٢٠	٧٨٥٦٤	الخرج حوطة بنى تميم	السليل	وادي الدواسر	المنطقة الشرقية	دافئ ومعتدل	٢٥.٣°
١١	حوطة بني تميم	جنوب مدينة الرياض	٧٣٥٠	٥٠٠٢٧	الخرج الحريق	الأفلاج	الحريق	الخرج	دافئ ومعتدل	٢٥.٣°
١٢	المزاحمية	جنوب غرب مدينة الرياض	١٠٠٠٠	٤٦٥٨٥	ضرما	الحريق	القويعية	مدينة الرياض قصور آل مقبل	صحراوي حار صيفاً وبارد شتاءاً	٢٥.٤°
١٣	السليل	أقصى جنوب منطقة الرياض	٤٢٤٢٠	٤١٩١٥	الأفلاج	نجران	وادي الدواسر	المنطقة الشرقية	صحراوي حار صيفاً وبارد شتاءاً	٢٦.٨°
١٤	شقراء	الشمالي الغربي لمنطقة الرياض	٤١١٠	٤٧١١٤	المجمعة الغاط	مرات الدوادمي	الدوادمي القصيم	المجمعة	صحراوي حار صيفاً وبارد شتاءاً	٢٤.٥°
١٥	رماح	شمال مدينة الرياض	١٥٩٠٠	٣٢٤٦٣	المنطقة الشرقية	مدينة الرياض	المجمعة	ثادق حريملاء	صحراوي جاف صيفاً وبارد شتاءاً	٢٦°
١٦	ضرما	غرب مدينة الرياض	٢٠٢٦	٢٨٦٦٦	الدرعية حريملاء	المزاحمية	مرات	الرياض	صحراوي قاري جاف	٢٤°
١٧	ثادق	الشمالي الغربي لمنطقة الرياض	٥٠٠٠	١٩٨٧٩	المجمعة ثادق	حريملاء	شقراء	الحضافة والملتهبة	صحراوي جاف	٢٤.٤°
١٨	الحريق	جنوب منطقة الرياض	٦٧٩٠	١٦٩٥٠	المزاحمية الخرج	حوطة بنى تميم	القويعية	حوطة بنى تميم	دفئ ومعتدل	٢٥.٣°
١٩	حريملاء	شمال منطقة الرياض	١٤٨٠	١٨٠٠٨	المجمعة	الرياض	ثادق مرات	رماح الرياض	صحراوي جاف	٣٠°
٢٠	الغاط	شمال منطقة الرياض	٢٦٩٠	١٧٠٦٩	الزلفي	شقراء	القصيم	المجمعة	صحراوي	٢٤.١°

ث. وسائل الدراسة

للتعرف على آلية وأسباب حدوث السيول، يجب أولاً دراسة المنظومة الهيدرولوجية للأودية والروافد المائية التي تصب/أو تتقاطع في المنطقة المطلوب دراستها. من هنا كان لابد من الاعتماد على مجموعة من الأدوات والطرق بغية الحصول على أدق النتائج. حيث تم استخدام تقنيات تحليل مختلفة كان من أهمها التقنيات الفضائية ونظم الجيومعلوماتية اللتان أثبتتا جدوى كبيرة في تقييم مخاطر السيول حسب التقارير والدراسات التي أنتجتها الباحثة لمناطق أخرى من المملكة. وهذه الأساليب والطرق ساعدت في إنتاج الخرائط الرقمية للأودية والروافد المائية وكذلك في حساب مقاييس أسطح الأرض وآلية جريان المياه عليها ومن ثم تحديد الأماكن التي تعرضت للسيول في الفترات الماضية، ومن هنا تم في هذه الدراسة استخدام ما يلي:

١. خرائط طبوغرافية تتضمن كل روافد أحواض التصريف المائي وذلك بمقياس ١:٢٥٠,٠٠٠ وبفاصل كونتوري (Contour interval) ٢٥ متر، وهي من إنتاج وزارة البترول والثروة المعدنية، إدارة المساحة الجوية في العام ١٩٨٣م.

٢. صور فضائية مُحسّنة (Enhanced) للقمر الإصطناعي Geo-Eye بقدرة تمييز ٠,٥ متر، ومقياس تصوير ١٥ x ١٥ كلم (مركز بحوث الفضاء - مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية) ملتقطة في أوقات مختلفة من الأعوام ٢٠١٢م - ٢٠١٥م، حيث تتألف هذه الصور من نطاقين طيفيين.

٣. صور فضائية للقمر الإصطناعي Aster بقدرة تمييز ٣٠ متر ومقياس تصوير ٦٠ x ٦٠ كلم والملتقط في العام ٢٠٠٩م من أجل استخراج المجسم الأرضي الرقمي (GDEM) ثلاثي الأبعاد. وتتألف هذه الصور من أربعة عشرة نطاق طيفيي منها ثلاثة نطاقات حرارية.

٤. برمجية ERDAS-Imagine-11 إنتاج (Leica product) لمعالجة الصور الفضائية المستخدمة.

٥. برمجية Arc-GIS-10.2 إنتاج (Esri product) لتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية. حيث يتألف هذا البرنامج من ثلاث تطبيقات رئيسة هي: أ) برنامج Arc-Map الذي يقوم بتحرير الخرائط وعرض البيانات الرقمية، والتعامل مع الطبقات وعمليات إخراج الخريطة، ب) برنامج Arc-Catalogue وهو يساعد على تنظيم وإدارة البيانات والتصفح والبحث، ويقوم بتسجيل وعرض المعلومات، ج) برنامج Arc-Toolbox: وهو برنامج يحتوي على أدوات مساعدة في نظام المعلومات الجغرافية.

٦. وثائق وبيانات ودراسات ذات صلة بالموضوع من مصادر مختلفة.

٧. المخطط الإقليمي لمنطقة الرياض، الهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض ٢٠١٥.

ج. طريقة العمل

لازالت الدراسات عن السيول في المملكة غير كافية، أو قد تتناول احدى مكونات هذا النوع من الخطر الطبيعي مما يحفّز عمل هذه الدراسة خصوصاً باستخدام التقنيات الحديثة المتطورة. ويتضح أيضاً ان معظم المعلومات عن المشاريع القائمة بهذا الخصوص يتم تداولها في المواقع الإلكترونية المختلفة، التي لا تستند إلى مفاهيم علمية متخصصة يمكن الأخذ بها (آل سعود، ٢٠١٤).

ركزت خطوات العمل الرئيسة في هذه الدراسة على تحليل الصور الفضائية والتي منها تم استنتاج القيم الحسابية للصيغ المورفومترية والجيومترية وكذلك التعرف على التوزيع الجغرافي للسيول. حيث تم تنفيذ العمل عبر مراحل متتالية ومتداخلة لناحية الوقت ونوعية تحليل البيانات والصور الفضائية.

وعليه أعتمدت منهجية العمل بشكل أساسي على الدراسات المكتبية لتحليل البيانات والخرائط وكذلك عمليات المعالجة للصور الفضائية وتطبيقات نظم الجيومعلوماتية والجيوماتيكية ونماذج الارتفاعات الرقمية. وتزامن مع هذه الأعمال القيام بمسوحات ميدانية للتحقق من مصداقية النتائج التي تم الحصول عليها من الصور الفضائية من أجل القيام بأعمال التصحيح اللازمة. حيث تم تطبيق مراحل العمل التالية:

ج.١. جمع المعلومات والبيانات:

من الضروري الحصول على البيانات والمعلومات ذات الصلة بموضوع الدراسة، ويشمل ذلك مجموعة من السجلات المناخية، الدراسات والوثائق وكذلك الأخبار المتداولة في وسائل الاعلام حول السيول في المناطق التي تم اختيارها. و هناك مجموعة من الدراسات والأبحاث التي تناولت بعض المعلومات عن الموضوع وان كان بشكل غير مباشر أو تكون قد تطرقت إلى بعض العناصر المتعلقة بموضوع الجيوموفولوجيا، الأودية والسيول ومنها على سبيل المثال، ٢٠١٣؛ الشمراني، ٢٠٠٦؛ الحربي، ٢٠١١ ;Sue et al., 2008; Al-Momani and Shawaqfah, 2012; Hegras et la., 2013.

ج.٢. إعداد الخرائط الطبوغرافية:

استخدمت في هذه الدراسة الخرائط الطبوغرافية بمقياس ١:٢٥٠,٠٠٠ والتي تغطي حوض التصريف المائي للرياض. حيث أنه من هذه الخرائط يتم التعرف على مسارات الروافد والأودية المائية والتي سوف تكون مساندة لتلك التي سيتم استخراجها من المجسمات ثلاثية الأبعاد (DEMs). وكذلك يمكن من خلالها التعرف على أسماء وتضاريس المنطقة، بالإضافة إلى معرفة الوضع القائم لامتداد معظم الأودية لناحية انفصال أجزاء منها بسبب التمدد السكاني والأنشطة البشرية التي طرأت مؤخراً. وهذه الخرائط تم تحديثها في العام ١٩٨٣م من قبل وزارة البترول والثروة المعدنية - إدارة المساحة الجوية.

تم استخدام لوحات من الخرائط الطبوغرافية لدراسة أحواض التصريف المائي في منطقة الرياض وهي:

	المحافظة	اللوحة
١	الرياض الدرعية	لوحة الرياض: رقم (NG38-11) • لوحة بريدة: رقم (NG38-6) • لوحة القويعية: رقم (NG38-15) • لوحة المجمعة: رقم (NG38-11) • لوحة رماح: رقم (NG38-12) • لوحة الرين: رقم (NF38-3) • لوحة الدوادمي: رقم (NG38-14)
٢	الخرج	لوحة الرياض: رقم (NG38-16) • لوحة القويعية: رقم (NG38-15) • المجمعة: قم (NG38-11) • لوحة المذنب: رقم (NG38-10) • لوحة الدوادمي: رقم (NG38-14) • لوحة حلبان: رقم (NF38-2) • لوحة الرين: رقم (NF38-3) • لوحة الأحمر الأفلاج: رقم (NF38-7) • لوحة ليلى: رقم (NF38-8)
٣	الدوادمي	لوحة الدوادمي: رقم (NG38-14)
٤	المجمعة	لوحة المجمعة: رقم (NG38-11) • لوحة الارطاوية: رقم (NG38-7) • لوحة بريدة: رقم (NG38-6) • لوحة المذنب: رقم (NG38-10)
٥	القويعية	لوحة القويعية: رقم (NG38-15) • لوحة الدوادمي: رقم (NG38-14) • لوحة حلبان: رقم (NF38-2) • لوحة الريان: رقم (NF38-3)
٦	وادي الدواسر	لوحة وادي الدواسر: رقم (NF38-15) • لوحة الهدار: رقم (NF38-11) • لوحة أبا الأكوان: رقم (NF38-10) • لوحة وادي الدواسر: رقم (NF38-14)
٧	عفيف	لوحة عفيف: رقم (NF38-1) • لوحة ضرية: رقم (NG38-13)
٨	الزلفي	لوحة بريدة: رقم (NG38-6) • لوحة الارطاوية: رقم (NG38-7) • لوحة المذنب: رقم (NG38-10)
٩	الأفلاج	لوحةليلى: رقم (NF38-8) • لوحة الأحمر الأفلاج: رقم (NF38-7) • لوحة الرين: رقم (NF38-3) • لوحة حلبان: رقم (NF38-2)
١٠	حوطة بني تميم	لوحة حوطة بني تميم: رقم (NF38-4) • لوحة الرين: رقم (NF38-3)
١١	المزاحمية	لوحة القويعية: رقم (NG38-15) • لوحة المجمعة: رقم (NG38-11) • لوحة المذنب: رقم (NG38-10)
١٢	السليل	لوحة السليل: رقم (NF38-15) • لوحة الهدار: رقم (NF38-11) • لوحة أبا الأكوان: رقم (NF38-10) • لوحة وادي الدواسر: رقم (NF38-14)
١٣	شقراء	لوحة المجمعة: رقم (NG38-11)
١٤	رماح	لوحة رماح: رقم (NG38-11)
١٥	ضرما	لوحة القويعية: رقم (NG38-15)
١٦	ثادق	لوحة المجمعة: رقم (NG38-11)
١٧	الحريق	لوحة حوطة بني تميم: رقم (NF38-4) • لوحة الرين: رقم (NF38-3)
١٨	حريملاء	لوحة المجمعة: رقم (NG38-11) • لوحة القويعية: رقم (NG38-15)
١٩	الغاط	لوحة الارطاوية: رقم (NG38-7) • لوحة بريدة: رقم (NG38-6) • لوحة المذنب: رقم (NG38-10) • لوحة المجمعة: رقم (NG38-11)

تمت عمليات الربط الفسيفسائي (Mosaicking) لهذه اللوحات (الخرائط) بإستخدام نظم المعلومات الجغرافية (برمجية Arc-GIS) وذلك بعد تحديد الموقع الجغرافي المُعرف (Geo-referencing) لكل خريطة. ويتم ذلك بعد انتقاء على الأقل أربعة نقاط أو أكثر (معرفة الإحداثيات) في كل لوحة.

ج.٣. إنتاج النماذج الأرضية الرقمية (DEMs):

أصبح نموذج الارتفاع الرقمي (DEMs) من أهم الوسائل المتبعة في استخراج مظاهر سطح الأرض وبالتالي في التطبيقات الحديثة المستخدمة ضمن برنامج نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والذي يتيح رؤية ثلاثية الأبعاد للتضاريس الأرضية من الفضاء بشكل مُجسّم حيث يمكّن من مشاهدة الإرتفاعات والأعماق بمقاييسها المختلفة. ويستخرج نموذج الارتفاع الرقمي بشكل رئيسي من الصور الفضائية والصور الجوية والخرائط الطبوغرافية (الكونتورية) المرقمّة والتي تهيئ قياسات وتحاليل ونتائج دقيقة للارتفاعات.

ولعله من أهم إنتاجية الـDEMs هي خرائط الأودية المائية والنظم الهيدرولوجية التي تُستخرج بدقة عالية وذلك بالطرق الإلكترونية الرقمية. وكما ذكرنا آنفا فلقد أصبحت الخرائط الطبوغرافية أداة مساندة لها. ولا تقتصر البيانات والمعلومات المستخرجة من النماذج الرقمية على رسم الأودية والتشعبات المائية بل أصبحت تدخل في إنتاج مجموعة كبيرة من الخرائط الغرضية، مثل خرائط الانحدار (Slope) والمظهر (Aspect) والخرائط الكنتورية وتحديد مدى الرؤية (View shade) وغيرها من الخرائط التي ينتج عنها الحسابات المورفومترية والجيومترية اللازمة. ويعتمد نظام الـDEMعلى البيانات الرقميةالتي تكون على شكل Raster يتألف من مجموعة من الأطر "بكسل" أو الـ Pixels ولكل منها قيمة رقمية تمثل متوسط ارتفاع سطح الأرض في مساحة هذا الإطار.

تتم عملية بناء النموذج الأرضي الرقمي إما من الخرائط الكونتورية التي يتم ربطها بشبكة إحداثيات للارتفاعات المختلفة لكل خط من خطوط الكنتور وتحويلها إلى صورة نقطية أو شبكة تعكس اختلاف الارتفاعات للمنطقة، أو تتم من خلال الصور الفضائية الستريوسكوبية أو الرادارية. والتي يجب اولاً بناء ما يسمى بالشبكة المثلثية الغير منتظمة "Triangulated Irregulated Network" الـ TIN وهي تركيبة ارتفاعات رقمية تدخل في نظام المعلومات الجغرافية. ويمكن تمثيل الـTINs في برمجية Arc-GIS باستخدام 3D-Analyst Toolbar.

تم في هذه الدراسة استخدام النموذج الرقمي GDEM (Global DEM)، للمنظومات المائية التي تصب على المواقع التي تم اختيارها، من القمر الإصطناعي Aster باستخدام طريقة الستريوسكوبي بقدرة تمييز ٣٠ متر للبيكسل، والذي مكّن من إنشاء مجسم رقمي للمنطقة تم من خلاله حساب المعايير الجيومترية للأسطح ومن ثم القدرة على نمذجة الأودية والروافد المائية (Drainage system) ليتم بعدها التطبيقات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية المختلفة.

ج.٤. استخراج المنظومة المائية من الـDEM:

بعد استخراج النموذج الأرضي الرقمي (بدقة تمييز ٣٠ متر) تم في هذه الدراسة استخدام تطبيق Arc-Map D8 من خلال ملف Spatial Analyst الموجود في نظام المعلومات الجغرافية والذي يحتوي على قسم متعلق بالتطبيقات الهيدرولوجية. ويمكن من خلال هذا التطبيق رسم الأودية المائية الرئيسة والروافد التابعة لها التي تصب على المواقع التي تم اختيارها. وتعتمد طريقة الرسم على مبدأ ان جميع المنخفضات هي مناطق تصريف للمياه السطحية وبالتالي يتم تحديد نقاط بداية ظهور التشعبات المائية المختلفة (Channel initiation points) حولها من خلال المصادر الإلكترونية لارتفاعات التضاريس والتي تعتمد بشكل أساسي على تحديد اتجاه الجريان المائي السطحي الأولي (Incipient flow direction) حيث تنتج أشكال شبكات الأودية بطريقة التتبع الحركي الأولي للمياه (Headwater tracing method).

ويمكّن قسم التطبيقات الهيدرولوجية في هذا الملف من استنباط العلاقات المطلوبة والتي من أهمها تحديد اتجاه الجريان وتجمع نقاط الاتجاه وكذلك رتب الأودية (Stream order). حيث ان تحديد اتجاه الجريان واستنتاج شبكة الأودية المائية يعتمد على قيم الانحدارات القصوى (Maximum slope). ويمكن تمثيل عملية استخراج النماذج الأرضية الرقمية بأشكال ومظاهر مختلفة. ومن خلال رسم الأودية والروافد المائية يمكن تحديد نقاط القاسم المائي (Water divide) ومن ثم نطاق حوض التصريف المائي والذي يمثل وحدة هيدرولوجية مستقلة يمكن من خلالها حساب عدة معايير هيدرولوجية وكذلك تقييم خطر السيول في هذا الحوض.

ومن خلال الاساليب والطرق الآنفة الذكر للحصول على شبكات الأودية والروافد المائية، تم بعدها تتبع مسار المناطق العلوية المتاخمة تماماً لمناطق التصريف لتحديد القاسم المائي (Water divide) والتي منها يمكن رسم حدود الأودية المائية الرئيسية والفرعية لأحواض التصريف المائي في منطقة الرياض.

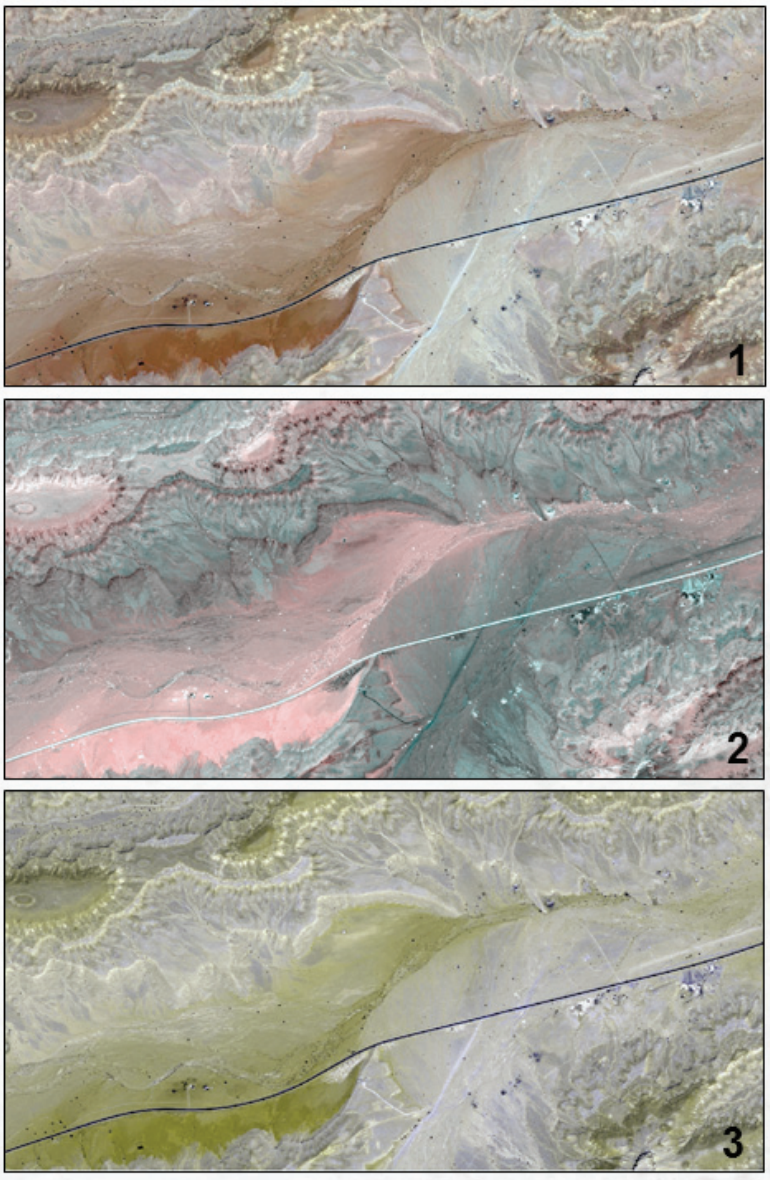
ج.٥. معالجة الصور الفضائية:

تم في هذه الدراسة تحديد العناصر المورفومترية والجيومترية للأودية المائية التي تصب في منطقة الرياض وتحليلها لناحية حدوث السيول في المناطق وكذلك بُغية تحديد المناطق التي يظهر فيها دلائل على حدوث سيول فيها سابقاً، عليه تم استخدام نوعين من الصور الفضائية وهي:

- صور فضائية للقمر الإصطناعي Aster (دقة ٣٠ متر)، لاستنتاج المجسمات ثلاثية الأبعاد (GDEMs).
- صور فضائية للقمر الإصطناعي Geo-Eye (دقة ٠,٥ متر) ليتم استخدامها للتعرف على أماكن حدوث سيول سابقة في مناطق الدراسة.

لكلٍ من هذه الصور مواصفات طيفية وبصرية مختلفة من أهمها قدرة التمييز (Spatial resolution) وعدد الموجات الطيفية وزمن الرجوع للتصوير (Re-visit time)، الخ، وبالتالي فان لكلٍ منها دوراً

محدداً في إستقاء المعلومات والبيانات المطلوبة للدراسة.وبالتالي فان عملية معالجة هذه الصور تمت باستخدام برمجيات إلكترونية متخصصة وذات قدرة على تحليل المعلومات الرقمية في الصور الفضائية. حيث استخدمت في هذه الدراسة برمجية ERDAS-Imagine-11. وهذه البرمجية تحتوي على مجموعة من التطبيقات الرقمية والطيفية مثل: تحسين الأطياف المرئية (Enhancement) والتمثيل البياني، تمييز الأطياف، الكثافة الطيفية (Density slicing)، تدرج الألوان (Coloring)، إبراز الجوانب (Edge detection)، ودمج الموجات الطيفية (Band combination)، وإلى ما هنالك من تطبيقات طيفية (spectral) مختلفة. يوضح الشكل رقم ٢ مثال عن هذه التطبيقات.



شكل رقم ٢: مثال عن التطبيقات الطيفية في معالجة الصور الفضائية. حيث تظهر المواد المنقولة بواسطة السيول باللون البُني في المرئية رقم ١، واللون الزهري في المرئية رقم ٢ واللون الزيتوني في المرئية رقم ٣.

ج.٦. استخدامات نظم المعلومات الجغرافية:

استخدمت في هذه الدراسة تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وتحديداً برمجية Arc GIS 10.2 التي كان لها دوراً متوازياً مع تنفيذ مرحلة معالجة الصور الفضائية. فمن خلال هذه النظم يمكن حفظ وترتيب المعلومات والبيانات المكانية (Geo-spatial data) ضمن ملفات رقمية مُعرفة (Layers) وبالتالي استخراج هذه الملفات حسب المطلوب ودمجها إن لزم الأمر للحصول على بيانات غرضية مثل خرائط السيول.

لقد أسهمت تطبيقات تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في إخراج الخرائط المختلفة بشكل رقمي "إلكتروني". والتي تم حفظها كخرائط موضوعية (Thematic maps) ضمن الحاسب الآلي مع إنتاج جداول حسابية (Attribute tables) لكل نطاق جغرافي تم تحديده وبالتالي يمكن استعراض البيانات المكانية المختلفة في آنٍ واحد ودمجها معاً بطرق رقمية وتطبيق عمليات المقارنة إذا لزم الأمر. ومن هنا مكنّت منظومة المعلومات الجغرافية القيام بعمليات حسابية مختلفة تشمل، بالإضافة إلى قياس الأطوال والمسافات والمساحة، تطبيق الصيغ الرياضية المورفومترية والجيومترية المطلوبة وبالتالي إخراج البيانات بطرق يسهل التعاطي معها وفهمها وقراءتها. كذلك فمن خلال الـGIS يمكن الحصول على أشكال المنحدرات وأنماط اتجاهها وكل المقاييس المورفومترية الأخرى (مثل أطوال الأودية وعددها وكثافتها، رسومات كنتورية، إلخ).

ج.٧. الدراسة الميدانية:

تعتبر الأعمال الحقلية من المراحل الهامة في دراسة السيول والفيضانات خصوصاً لناحية التدقيق في الأماكن التي تعرضت للسيول وبالتالي معرفة العناصر التي أدت إلى حدوث هذه العمليات الهيدرولوجية وكذلك لتقدير حجم الأضرار الناتجة. وفي هذه الدراسة تم القيام بأعمال حقلية على فترات متلاحقة لتغطي كل المواقع التي كانت عُرضة للسيول في فترات سابقة وكذلك تم التحقق من إمتداداتها ضمن المنظومات المائية (الأودية والتشعبات). وتم خلال الدراسات الحقلية أيضاً الاستعانة ببعض أجهزة القياس الميدانية اللازمة مثل جهاز تحديد المواقع العالمي (GPS)، وجهاز قياس أعماق الأودية والمسافات عن بعد (Range-meter).

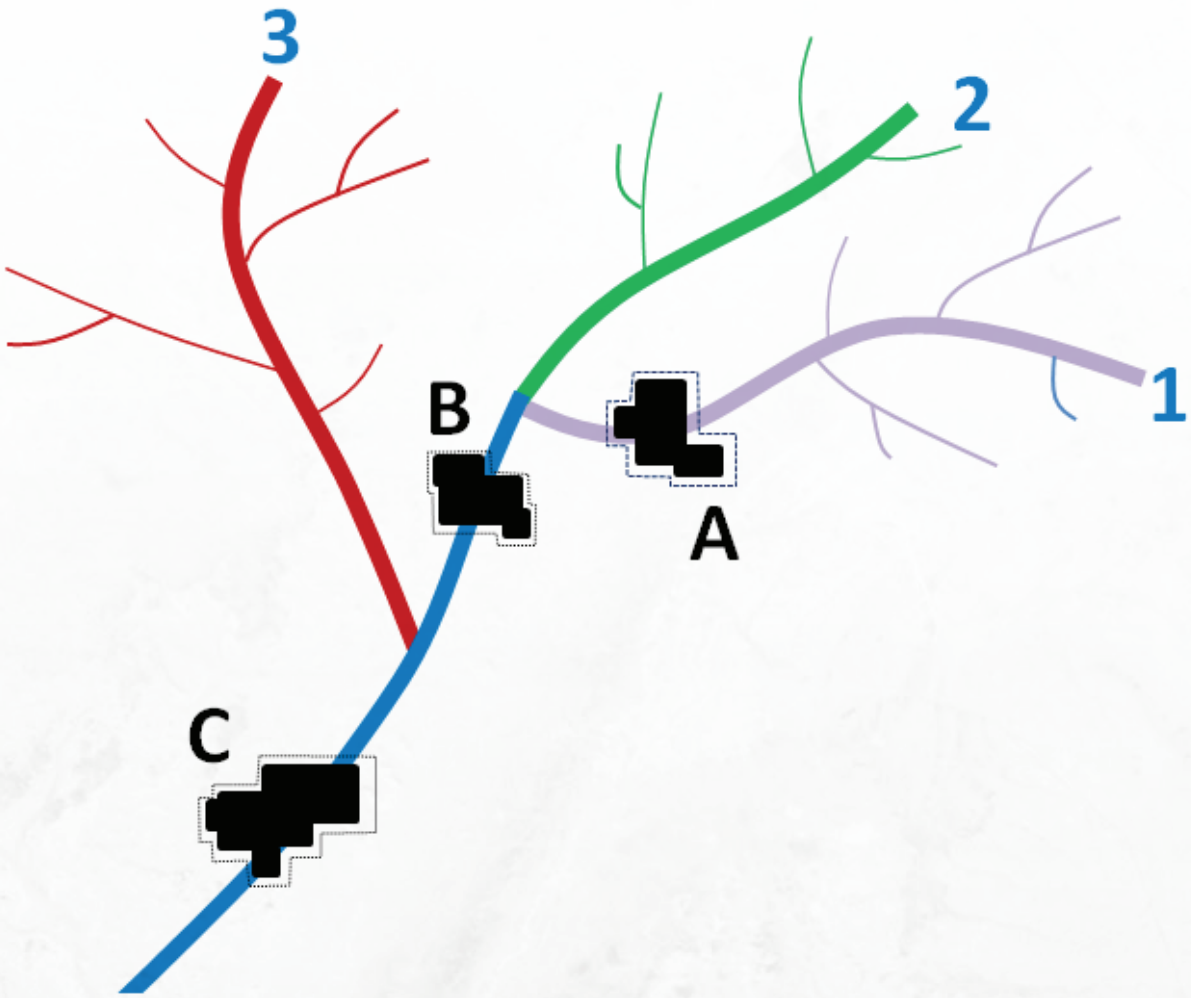
لقد اعتمدت منهجية الدراسة الحقلية على الصور الفضائية المُعالجة، خصوصاً المواقع التي تعرضت للضرر من جراء السيول، وكذلك على خرائط المنظومات المائية التي تم إنتاجها. وكان التركيز في الدراسات الحقلية على:

١) التحقق من وجود التشعبات الصغيرة للأودية المستخرجة من النموذج الأرضي للارتفاعات وكذلك الأمر للأودية الموجودة في الخرائط الطبوغرافية.

٢) قياس بعض أعماق الأودية وعرض المقاطع المختلفة لها.

٣) تحديد الأماكن المتضررة وتقييم حجم الضرر.

٤) التعرف على أعمال الحماية من السيول بأشكالها المختلفة وتقييم الجدوى منها.



شكل رقم ٣: شكل تمثيلي عن مفهوم اختيار المنظومات المائية لأحواض التصريف المائي بالنسبة للمناطق المطلوب دراستها. على سبيل المثال؛كي يتم دراسة المنطقة A يجب اعتبار الجزء العلوي (Upstream) للمنظومة المائية رقم ١، اما لدراسة المنطقة فيجب اعتبار المنظومتين المائيتين ١و ٢. في حين انه لدراسة المنطقة C يجب اعتبار المنظومات ١ و٢ و٣.

د. أحواض التصريف المائي

المنظومات المائية (Drainage System) هي عبارة عن وحدات مكانية لأسطح الأرض تترابط فيها الأودية المائية والتشعبات المختلفة لتشكل شبكة تصريف للمياه السطحية لتكون نطاق جغرافي مُحدد (آل سعود، ٢٠١٤). ورغم ان مواقع التصريف (Outlets) تكون عادةً وحدات جغرافية تتجمع فيها المياه كالبحار والبحيرات، إلا انه قد تتغير هذه القاعدة الهيدرولوجية من خلال ظهور عوائق طبيعية أو من صنع الانسان تعمل على عدم سهولة الجريان السطحي للمياه. وقد تكون هذه الظاهرة من أهم العوامل التي تسبب السيول والفيضانات في المملكة وتحديداً العوائق البشرية المتمثلة بالمناطق السكنية الموجودة في مسارات الأودية المائية. لذلك من الضروري أخذ هذه المفاهيم بعين الاعتبار وتحديداً المواقع الجغرافية للمناطق المطلوب دراسة السيول فيها والتي يمكن وصفها بـ"أحواض التصريف المائي "، حيث تصب حمولتها عند التصادم مع المناطق السكنية.

وعليه فلقد تم في هذه الدراسة تحديد نطاقات الأحواض المائية للمناطق المطلوب دراستها (المدن الرئيسة لمحافظات الرياض). ويوضح الشكل رقم ٣ مبدأ اختيار المنظومات. حيث تعتمد بشكل أساسي على عملية تفريغ الحمولة المائية من الروافد من أعلى الحوض إلى أسفله، وعند وجود أي منطقة سكنية (مثل المدن) يتم الأخذ بعين الاعتبار المنظومة المائية لحوض التصريف المائي الواقع قبل هذه المنطقة.

لقد تم رسم المنظومة المائية لحوض التصريف المائي في منطقة الرياض من المجسم الأرضي GDEM المستخرج من التابع الصنعي Aster (شكل رقم ٤ - ملحق رقم ١) والذي تم اخراجه أيضاً بشكل نموذج رقمي ثلاثي الأبعاد (شكل رقم ٥ - ملحق رقم ٢) وكذلك على صورة القمر الإصطناعي Geo-Eye (شكل رقم ٦ - ملحق رقم ٣). وهذي المنظومة تمثل كل الاودية و الروافد الواقعة ضمن حوض محدد يصب في منطقة الرياض، وأيضا لمدينة الرياض ومحافظة الدرعية تشمل منظومتين مائيتين رئسيتين هما:

- حوض وادي السلي: ويضم امتداد أودية بنبان والبويب ووادي السلي في الجهة الشرقية للرياض.
- حوض وادي حنيفة: ويضم امتداد وادي حنيفة والذي يقطع جزء كبير من مدينة الرياض وكذلك محافظة الدرعية من الجهة الغربية.

ذ. الخصائص الجيومترية

تمثل الخصائص الجيومترية للأحواض المائية الأبعاد الهندسية ،وأشكالها لحدود الحوض المائي السطحي بغض النظر عن تشكيلة الأودية والروافد (شبكات التصريف المائية) الموجودة ضمنه. في حين ان النطاق الجغرافي لهذا الحوض يتم رسمه من خلال تحديد المناطق الأكثر ارتفاعاً حول شبكة التصريف. وهذه المناطق هي التي يبدأ منها جريان المياه إلى الروافد. ومن هنا فان الحوض المائي هو وحدة مساحية لها خصائصها التي يمكن قياسها وبالتالي تقدير الكم المائي الذي يمر فيها وذلك من مفهوم (Input/output) أي انه نظام تدخله كمية الامطار ثم تخرج منه كتصريف مائي. وكلاهما يمكن حسابهما. و يبقى الاهتمام الأكبر هو على قدرة وآلية استيعاب المياه في الأحواض المائية وذلك عند الوصول إلى مستوى يكون فيه التصريف أقل من كميات المياه المتدفقة ضمن الأودية والروافد والتي ينتج عنها سيول وفيضانات.

ذ.١. الأبعاد الرئيسية للأحواض:

١. مساحة حوض التصريف: تعتبر المساحة الجغرافية للحوض هي من أحدى الخصائص التي تتحكم في كميات المياه المتساقطة وكذلك في حجم التصريف، فكلما كانت مساحة الحوض كبيرة زادت بشكل عام كمية متساقطات الأمطار وبالتالي تزيد حمولة الأودية، مع الأخذ بعين الاعتبار المتغيرات الأخرى مثل كمية الهطول المطري، التكاوين الليثولوجية وشكل شبكة التصريف، إلخ. ومن ثم فان هناك علاقة طردية بين مساحة الحوض وحجم التصريف المائي.

وفي هذه الدراسة تم حساب مساحة أحواض التصريف المائي والتي تم دراسة السيول فيها. ويبين الجدول التالي الأبعاد الرئيسة في أحواض التصريف المائي منطقة الرياض:

جدول رقم ١. الأبعاد الرئيسة لأحواض التصريف المائي:

المحافظات		مساحة حوض التصريف المائي (كلم^2)	أقصى طول (كلم)	عرض الحوض (كلم)	طول/عرض	محيط الحوض (كلم)	مساحة/محيط
الرياض الدرعية	حوض وادي السلي	٢٤٧٨١	١٥٢	١٩,٨٥	٧،٦٦	٩٢٥	٠,٣٧
	حوض وادي حنيفة	٢٧٧٤	٩٤	٤١	٢،٣	٣٥٧	٧,٧٧
الخرج		٤٩	٧	١٠	٠,٧	٣٠	١,٦٣
الدوادمي		٧٠	١٨	٥	٣،٦	٤٩,٥	١,٤١
المجمعة		٨٠٧	٤٤,٥	٣١,٥	١,٤	٢٠٤	٣,٩٥
القويعية		٢٧٥	٣٠،٥	١١,٥	٢,٧	٨٢	٣,٤
وادي الدواسر		٩٣٣١٥	٣٢٥	٤٦٤	٠,٧	٢٠٦٦	٤٥,١٦
عفيف		٧٣	١٠,٥	٩,٥	١,١	٤٢	١,٧
الزلفي		٢٣٨٧	١٠٩	٢٤,٥	٤,٤	٣٦٦	٦,٥٢
الأفلاج		١٤٦٦	٨٢	٢٢	٣,٧	٢٤٣	٦,٠
حوطة بني تميم		٢٣٩٧	٨٥	٥٣	١,٦	٢٩١	٨,٢٣
المزاحمية		٣٠٠١	١٠٥	٤٣	٢,٤٤	٢٦٥	١١,٣٢
السليل		١١٧١٩٧	٤١٠	٤٦٤	٠,٩	٢٢٣٠	٥٢,٥٥
شقراء		٦٨	١٣,٥	٨	١,٦٩	٤٢	١,٦٢
رماح		١١٣١	٦٦	٣٦	١,٨	٣٠٣	٣,٧٣
ضرما		٢٤٦٠	٨٤	٥٢	١,٦١	٢٥٢	٩,٧٦
ثادق		٤٩	٧	١٠	٠,٧	٣٠	١,٦٣
الحريق		١٣٣٧	٤٣	٤٢	١,٠	٢٠١	٦,٦٥
حريملاء		٣٥٠	٢٢	١٦	١,٤	٧٦	٤,٦٠
الغاط		١٤٦٠	٦٧	٢٤,٥	٢,٧	٢٥٣	٥,٧٧

٢. أقصى طول للحوض: يعتبر طول الحوض من الميزات الجيومورفولوجية الهامة خصوصاً في شكل الترابط ما بين الروافد الثانوية والمجرى الرئيسي وبالتالي له في عملية التصريف. حيث ان أقصى طول للحوض يتحكم بآلية التصريف و معدل التدفق المائي وبالتالي زيادة قدرة هذه الروافد على الحت (Erosion) والنقل لمسافات طويلة نسبيا. كذلك فان الطول الأقصى للحوض يلعب دوراً في سرعة الجريان ووقت عمليات التسرب والتبخر. ويقاس هذا البعد بخط مستقيم على امتداد المجرى الرئيسي ابتداء من نقطة المصب إلى أعلى نقطة في الحوض. ويبين جدول رقم ١ الطول الأقصى في أحواض التصريف المائي في منطقة الرياض.

٣. عرض الحوض: يبدأ تمييز عرض الحوض إذا ما أُخذ بعين الاعتبار مساحته وطوله. ويرتبط عرض الحوض المائي بشكل وطيد مع طوله مما ينتج عنه تشكيلة الحوض الجغرافية والتي تؤثر على حجم التدفق وكذلك في سرعة التسرب والتبخر. لذلك يتم عادةً استنتاج النسبة ما بين طول الحوض وعرضه كمعيار لعدة عمليات هيدرولوجية. حيث ان الأحواض التي تتميز بزيادة طولها مقارنة بعرضها، فإنها تتميز بوصول المياه إلى المجرى الرئيسي في أوقات أقصر نسبياً، مما يؤدي إلى زيادة حمولة المجرى الرئيسي والتي تتركز في فترة زمنية محدودة ولهذه الخاصية دوراً في حدوث السيول. ويبين جدول رقم ١ عرض أحواض التصريف المائي في منطقة الرياض ونسبة الطول للعرض.

٤. محيط الحوض: يعتبر محيط الحوض المائي وحدة مساحية تتناسب بشكل طردي مع مساحته، وعليه فكلما زاد طول المحيط زادت معه المساحة، ولكن ما يمكن الاستفادة منه في هذا الحال هو النسبة ما بين محيط الحوض والمساحة والتي تستخدم لتقييم تعرج الحدود الخارجية للحوض (آل سعود، ٢٠١٤)، لذلك كلما زادت هذه النسبة يزداد معها معدل التعرج لمحيط الحوض والعكس صحيح. ويبين جدول رقم ١ النسب ما بين المحيط والمساحة في أحواض التصريف المائي في منطقة الرياض.

ذ.٢. شكل الحوض:

ان شكل الحوض المائي هو نتيجة لتداخل مجموعة من العناصر الجيوموفولوجية والجيولوجية معاً.كذلك فان العوامل المناخية لها دوراً أيضاً في تشكيلة الحوض. ومن الطبيعي ان شكل الحوض له دوراً في عمليات الجريان السطحي للمياه. ويتم عادةً تقييم شكل الحوض من خلال مقارنته بالأشكال الهندسية المعروفة. فإذا كان الحوض دائرياً، فأن مياه الحوض تصل إلى المصب الرئيسي في نفس الوقت تقريبا ومن ثم يحدث إرتفاع سريع في منسوب المياه، أما إذا كان مستطيلا فتصل المياه إلى المصب بشكل متتالي، وفي حالة الحوض المخروطي، وهو الشكل الأمثل للأحواض المائية، فإذا كان رأس المخروط هو المصب فإن المياه تصل إلى المصب في فترة زمنية طويلة.

هناك عدة خصائص يتم اعتمادها عند دراسة شكل الحوض المائي مثل الإندماج أو الإنبعاج، إلخ. إلا أنه في هذه الدراسة سوف يتم حساب ثلاثة خصائص هامة لشكل أحواض التصريف المائي في جدول رقم ٢:

١. معامل الاستطالة Elongation Index (E): وهي النسبة ما بين قطر الدائرة التي تحتوي على نفس مساحة الحوض والمسافة ما بين أبعد نقطتين في الحوض (Schumm, 1956) حسب المعادلة التالية:

$$E = \frac{2\sqrt{A}}{L\sqrt{\pi}}$$

٢. معامل الشكل Shape Index (F): وهو النسبة ما بين مساحة الحوض إلى ضعف المسافة ما بين أبعد نقطتين في الحوض (Horton,1932).

$$F = \frac{A}{L^2}$$

٣. معامل كرافيلي Gravelius Index (K): وهو النسبة ما بين محيط الحوض والدائرة التي تحتوي على نفس مساحة الحوض (Gravelius, 1914)، وهذا المعامل هو دائما أكبر من ١، حيث ان القيمة القريبة من ١ تعني أن الحوض هو دائري، بينما القيم العليا تعني أن الحوض هو بشكل استطالي.

$$K = \frac{P}{2\sqrt{\pi.A}}$$

جدول رقم ٢: المواصفات الرئيسة لشكل أحواض التصريف المائي:

المحافظات		معامل الاستطالة (E)	معامل الشكل (F)	معامل كرافيلي (K)
الرياض الدرعية	حوض وادي السلي	٠،٥٢	٠،١٦	٤،٠٧
	حوض وادي حنيفة	٠،٦٣	٠،٣٢	١،٩١
الخرج		٠،٧٩	٠،٤٩	٢،١٢
الدوادمي		٠،٥٣	٠،٢٢	١،٦٦
المجمعة		٠،٧١	٠،٤٠	٢،٠٢
القويعية		٠،٦١	٠،٢٩	١،٤
وادي الدواسر		٠،٥٣	٠،٢٢	١،٦٦
عفيف		٠،٩٤	٠،٧٠	١،٣٨
الزلفي		٠،٥٠	٠،٢٠	٢،١١
الأفلاج		٠،٥٣	٠،٢٢	١،٧٩
حوطة بني تميم		٠،٦٤	٠،٣٣	١،٦٧
المزاحمية		٠،٥٨	٠،٢٧	١،٣٧
السليل		٠،٩٤	٠،٦٩	١،٨٣
شقراء		٠،٦٩	٠،٣٨	١،٤٣
رماح		٠،٥٧	٠،٢٥	٢،٥٤
ضرما		٠،٦٧	٠،٣٥	١،٤٣
ثادق		١،١٣	١،٠٠	١،٢٠
الحريق		٠،٦٢	٠،٤٢	١،٢٧
حريملاء		٠،٨٧	٠،٥٩	١،١٤
الغاط		٠،٦٥	٠،٣٣	١،٨٦

ذ.٣. انحدار الأسطح :

يلعب انحدار سطح الأرض دوراً هاماً في العمليات الهيدرولوجية التي تؤثر في سرعة جريان المياه. فكلما زاد معدل انحدار سطح الأرض زادت معه سرعة جريان المياه في الأودية وكذلك تزداد طاقة جرف المواد الموجودة في مسارها. فمن خلال الأسطح يبدأ الجريان عبر المنحدرات باتجاه الروافد المائية. ومن الطبيعي فان طاقة اندفاع المياه المتلاقية في الأودية تكون أكبر عندما يكون معدلات انحدار الأسطح عالية والعكس صحيح (آل سعود، ٢٠١٠a).

تتبع تقسيمات الانحدارات مجموعة كبيرة من الطرق ولكنه في الأغلب يعتبر الإنحدار الذي يزيد عن ٤٠ درجة هو الأقصى، ليصبح بعدها سطح الأرض أقرب إلى الجرف (Cliff) بحيث لا يمكن حمولة أية مواد عليه. ومن هنا تم في هذه الدراسة إنتاج خريطة تبين انحدارات الأسطح لحوض التصريف المائي في منطقة الرياض وذلك من خلال إستخدام النموذج الرقمي الأرضي GDEM المستخرج من القمر الإصطناعي Aster بدقة ٣٠ متر (شكل رقم ٧ - ملحق رقم ٤)، والذي يمكن من خلاله رسم وتحديد الانحدارات المختلفة باستخدام ArcMap في منظومة الـ GIS.

حيث تم تقسيم الانحدارات كما اتبعتها الباحثة في دراسات سابقة كما يلي (جدول رقم ٣):

- منطقة منبسطة = أقل من ٢ درجات، انحدار خفيف جداً= ٢ - ٤ درجات
- انحدار خفيف = ٤ - ٨ درجات، انحدار متوسط = ٨ - ١٢ درجات
- تلال خفيفة = ١٢- ٢٥ درجة، تلال = ٢٤- ٤٠ درجة
- انحدار كبير = أكبر من ٤٠ درجة.

ويوضح جدول رقم ٣ معدلات انحدار الأسطح لأحواض التصريف المائي في منطقة الرياض وكذلك النسب المئوية لكل منها،

جدول رقم ٣. النسب المئوية لانحدار الأسطح في أحواض التصريف المائي:

حوض المحافظة		أقل من ٢	٢°-٤°	٤°-٨°	٨°-١٢°	١٢°-٢٥°	٢٥°-٤٠°	أكبر من ٤٠°
الرياض الدرعية	حوض وادي السلي	٧١٪	١٦٪	٧٪	٣٪	٣٪	٠	٠
	حوض وادي حنيفة	١٥٪	٢٧٪	٣٢٪	١١٪	١٣٪	٢٪	٠
الخرج		٥٣٪	٢٨٪	١٢٪	٣٪	٣٪	١٪	٠
الدوادمي		١٨٪	٣٤٪	٤٠٪	٤٪	٧٪	١٪	٠
المجمعة		٢٠٪	٣٤٪	٣٥٪	٧٪	٤٪	٠	٠
القويعية		١٨٪	٣٤٪	٤٠٪	٧٪	١٪	٠	٠
وادي الدواسر		٤٦٪	٣٠٪	١٤٪	٥٪	٤٪	١٪	٠
عفيف		٢٣٪	٣٨٪	٣٢٪	٥٪	٢٪	٠	٠
الزلفي		٥٢٪	٢٦٪	١٥٪	٤٪	٣٪	٠	٠
الأفلاج		١٤٪	٢٧٪	٣٦٪	١٢٪	١٠٪	١٪	٠
حوطة بني تميم		٢٤٪	١٩٪	١٨٪	١٣٪	٢٢٪	٤٪	٠
المزاحمية		١٨٪	٣٢٪	٣٧٪	٨٪	٤٪	١٪	٠
السليل		٤٧٪	٣٠٪	١٤٪	٤٪	٤٪	١٪	٠
شقراء		١٧٪	٣٣٪	٤٠٪	٨٪	٢٪	٠	٠
رماح		١٥٪	٣٠٪	٤١٪	١١٪	٣٪	٠	٠
ضرما		١٨٪	٣٣٪	٣٧٪	٨٪	٤٪	٠	٠
ثادق		١٦٪	٣٠ ٪	٣٣٪	١٠٪	٩٪	٢٪	٠
الحريق		١٨٪	٢٠٪	٢٢٪	١٥٪	٢٠٪	٤٪	١٪
حريملاء		١٠٪	٢٠٪	٣٤٪	١٦٪	١٨٪	٢٪	٠
الغاط		٥٩٪	٢٣٪	١٢٪	٣٪	٢٪	١٪	٠

ر. الخصائص المورفومترية

تعتبر الخصائص المورفومترية من أهم العناصر في دراسة السيول حيث أنها مكملة للخصائص الجيومترية للحوض، إلا أن الخصائص المورفومترية تركز على دراسة وتحليل المواصفات والمقاييس للأودية والروافد المائية نفسها (أودية رئيسة وفرعية) وطريقة ترابطها والتشكيلة النسيجية المكونة لشبكة التصريف. وترتبط الخصائص المورفومترية لشبكات التصريف المائي بأصل النشأة وآلية التطور، ومظاهر التشكيل الجيومورفولوجي والبُنية الجيولوجية.

تلعب الخصائص المورفومترية دوراً هاماً في التعرف على آلية جريان المياه وتصريفها وبالتالي فهي لا تقل أهمية عن الخصائص الجيومترية للحوض، لذلك لابد من دراسة كلاهما معاً للحصول على تقييم هيدرولوجي متكامل للنظام الجريان السطحي الذي له دوراً في التحكم بآلية جريان المياه وتدفقها في الأودية وبالتالي لها دوراً في حدوث السيول والفيضانات (Wisler & Brater, 1959).

وكما هو الحال في الخصائص الجيومترية، فهنالك العديد من المواصفات المورفومترية التي يتم دراستها وتحليلها حيث تستند إلى تطبيق مجموعة من الصيغ الحسابية المورفولوجية، وفي هذه الدراسة سوف يتم التركيز على أهم هذه الخصائص الحسابية التي يمكن الاستفادة منها لاحقاً في أية تطبيقات تتعلق بآلية جريان المياه (سرعة واتجاه وتجميع) وكذلك المناطق التي يمكن ان تكون عرضة لخطر السيول. ويمكن الاستفادة منها أيضاً في تحديد مواقع السدود والتصريف المائي وكذلك في التخطيط العمراني والحفاظ على مسارات الأودية، إضافة إلى أنها بيانات ذات اهمية يتم استخدامها عند وضع الضوابط المطلوبة للحد من الفيضانات والسيول.

ر.١. كثافة الشبكة المائية (D):

من خلال النظر إلى خرائط المنظومات المائية نجد ان هناك تباين في كثافة الشبكات المائية (Drainage density)، ففي بعض المناطق تكون كثيفة وأخرى قليلة الكثافة وإلى ماهنالك. ووفقاً للنظم الجيومورفولوجية فهناك مفهومين متناقضين: أولهما ينص على انه كلما زادت كثافة شبكة التصريف فهو دليل على قلة معدل الرشح المائي من سطح الأرض إلى داخلها وهذا يزيد من فاعلية السيول. والمفهوم الآخر هو ان الأحواض المائية التي تتميز بكثافة عالية لشبكات التصريف تكون فيها آلية الجريان منتظمة، حيث ان المياه الداخله إلى هذه الأحواض من الأمطار ينحصر جريانها بشكل كبير ضمن الروافد (الأودية المائية)، ومن هنا يمكن اعتماد هذا المفهوم.

تُحسب كثافة الشبكة المائية من خلال حساب مجموع أطوال الأودية والروافد المائية في الحوض أو في رقعة جغرافية مُحددة بالنسبة لمساحة هذا الحوض أو الرقعة الجغرافية، حيث تُحسب هذه المساحة عادةً بالكيلومتر للكيلومتر المربع، حسب المعادلة التالية:

$$\text{كثافة الشبكة} = \frac{\text{مجموع أطوال الروافد المائية في مساحة محددة}}{\text{مساحة المنطقة}} = D = \frac{\Sigma L}{A}$$

ويبين جدول رقم ٤ المعدل العام لكثافة الشبكة المائية (D) لأحواض التصريف المائي بمنطقة الرياض.

جدول رقم ٤. الخصائص المورفومترية لحوضي التصريف المائي في منطقة الرياض.

حوض المحافظة		كثافة شبكة التصريف (كلم/كلم^2)	انحدر المجرى الرئيسي (م/كلم)	نسبة التعرج (للمجرى الرئسي)	كثافة التقاء الأودية (نقطة التقاء/٢٥كلم^2)
الرياض الدرعية	حوض وادي السلي	١,٤٧	١,٣٢	١,٣٤	١٩,٨٥
	حوض وادي حنيفة	٠,٩٢	٤,٩٨	١,٣٠	٠,٦٠
الخرج		٠,٤٤	١,٠٤	١,٧٧	٤,٣٣
الدوادمي		٢,٨	٧,٥	١,٤	٦,٥
المجمعة		٠,٨٣	٥,٢٥	١,١٨	٠,٦١
القويعية		١,٤٢	١٠,٥	١,٣٠	١,٨٤
وادي الدواسر		٠,٦٢	٣,١٠	١,٦٣	٥,٢٠
عفيف		٢,٧٨	١٦,٨٥	١,٢٠	٦,٨٣
الزلفي		٠,٦١	١,١٢	١,٤٤	٤,١١
الأفلاج		٠,٨٩	٥,٨٦	١,١٧	٠,٥٧
حوطة بني تميم		٠,٩٤	٤,٧٤	١,٣٠	١١,٦٩
المزاحمية		٠,٩١	٤,٢٩	١,٣٧	٠,٥٩
السليل		٠,٨١	٢,٧٢	١,٧١	٧,١٢
شقراء		٢,٨٠	١٠,٠٧	١,٣٠	٦,٢٨
رماح		١,١٧	١,٥٠	١,٤٧	١,٢٢
ضرما		٠,٨٨	١٨,٠٤	١,١٦	٠,٦٠
ثادق		٣,١٩	٢٠	١,١٤	١١,٤٦
الحريق		٠,٩٧	٣,٨٥	١,٢٢	١٠,٠٣
حريملاء		٢,٤٠	١١	١,٠٧	٥,٥٢
الغاط		٠,٥٦	١,٥١	١,٤٨	٤,٠٢

ر.٢. انحدار المجرى الرئيسي (Sc):

تتركز الحمولة المائية ضمن المجرى الرئيسي والذي يُعتبر الملتقى المائي الأساسي من شبكات التصريف (الروافد والشعاب)، حيث تصب فيه كل الروافد المائية المترابطة معه. وعليه فإن انحدار هذا المجرى له دوراً كبير في عملية استيعاب المياه وتدفقها. فإذا كان انحدار هذا المجرى كبير فان ذلك يُمكنه من القدرة على تصريف المياه الواصلة اليه من الروافد بوقت اقل، اما إذا كان انحداره خفيف فمن الممكن ان يرتفع منسوبه وبالتالي ينتج عنه فيض مائي، وبطبيعة الحال فان هذه العملية مرتبطة بعوامل أخرى من أهمها المقطع العرضي للمجرى الرئيسي. ويقاس انحدر المجرى الرئيسي بالمعادلة التالية:

$$\frac{\Delta h}{L} = Sc = \frac{\text{فرق الارتفاع}}{\text{طول الرافد}}$$

ويبين جدول رقم ٥ معدل الانحدار العام للمجرى الرئيسي (Sc) في أحواض التصريف المائي ، وهو عموماً انحدار خفيف في حوض وادي السلي، بينما يتبين انه انحدار كبير نسبياً في حوض وادي حنيفة، مع معلومات عن أحواض المحافظات الأخرى .

ر.٣. نسب التعّرج (Mr):

تتخذ الأودية المائية مسارات خطية عند تمددها الجغرافي، إلا أن هذا التمدد يكون متعرج وليس مستقيم بشكل تام. لذلك تظهر بعض الأودية والروافد المائية بنسب تعرج (Meander-ing Ratio) مختلفة حتى ضمن الحوض الواحد. ويعود السبب في ذلك إلى مجموعة من العوامل الجيومورفولوجية والهيدرولوجية، مثل الانحدار، أنواع الصخور وإلى ما هنالك من عوامل أخرى تتعلق بالتضاريس المختلفة على سطح الأرض وما تحتويه من معوقات. ويلعب عامل التعرج دور في فيضان المياه، حيث أن زيادة نسبة التعرج قد تخفف من طاقة جريان المياه وتزيد عمليات النحت المباشر على نقاط التعرج ذاتها، وبالتالي مساحة مقاطع الأودية عند نقاط التعرج. في حين أن بعض نقاط التعرج تكون عُرضة للسيول. ولكن تعتبر فاعلية نسبة التعرج من العوامل التي تعمل على إستيعاب الكم الأكبر من المياه الجارية وتخفيف معدل السيول (Al Saud, 2014). وتحسب نسبة التعرج من خلال المعادلة التالية:

$$\frac{Lm}{Ls} = Mr = \frac{\text{طول المجرى الرئيسي (متعرج)}}{\text{طول المجرى الرئيسي (مستقيم)}}$$

ويبين جدول رقم ٤ نسبة التعرج (Mr) للمجرى الرئيسي في حوض التصريف المائي في منطقة الرياض.

ر.٤. كثافة التقاء الأودية:

ليس هناك تطبيقات كثيرة لهذه الخاصية المورفومترية، إلا أن الباحثة عملت على تطويرها بطرق الجيومعلوماتية (Arc-Map) وتم بالتالي إستخدامها في دراسات عدة (آل سعود.Al b2010 Saud, 2009; 2014 ;). وهذه الخاصية تُعنى بتحديد كثافة الإلتقاء للأودية والتشعبات المائية (Confluence Ratio) المختلفة. حيث يمكن إستنتاجها من خلال عملية رسم نقاط الإلتقاء. ويتم تحليل النتائج إما برسم خريطة كونتورية للكثافات المختلفة لعدد نقاط الإلتقاء أو بحسب العدد ضمن مساحة محددة، كما هو الحال في كثافة الأودية، حيث يحُسب العدد الكُلي ضمن مساحة محددة تكون عادةً بالكيلومتر المربع ولا يكون لطول الأودية والروافد فيها أي دور.

من خلال كثافة إلتقاء الأودية يمكن استنتاج آلية التوصيل ما بين الروافد المختلفة. حيث إنها تعتمد على مفهوم تنظيم عملية تصريف المياه السطحية وبالتالي فان زيادة عدد نقاط الإلتقاء تعني تلقف المياه الساقطة على المنظومة المائية ومن ثم تنظيم الجريان الذي ينتج عنه التقليل من إحتمالية حدوث السيول. أي أن إرتفاع معدل التقاطع يتناسب بشكل عكسي مع إحتمالية الفيضانات والسيول (Al Saud, 2009).

يظهر جدول رقم ٤ أيضاً كثافة إلتقاء الأودية والروافد المائية لحوض التصريف المائي في منطقة الرياض ويمكن إعتبار هذه النسبة متوسطة وهي تتناسب بشكل طردي مع كثافة الأودية التي تم شرحها فيما تقدم.

ر.٥. رُتب الأوديـة:

تترابط تشعبات الأودية بشكل تنازلي من أعلى الحوض إلى أسفله، حيث تكون نقاط بداية الجريان السطحي للمياه في الأودية وتشعباتها الصغيرة (Reaches) الأكثر ارتفاعاً حتى تصل إلى المصب، وهذه التشعبات تكون متصلة من طرف واحد فقط ويتم إعطاؤها الرُتبة الأولى، وإذا ما إلتقيا فرعين من الرُتبة الأولى ينتج عنهما فرع من الرتبة الثانية وهكذا الأمر حسب طريقة Strahler المُتبعة، ومن هنا تم إستنتاج علاقة رُتب الأودية (Stream Order).

تم في هذه الدراسة فرز رُتب الأودية المختلفة بإستخدام برمجية Arc-GIS 10.2 وبالتالي تصنيف هذه الرتب كلٍ إلى رُتبه(درجة) تم رسمها في خرائط لكل حوض (شكل رقم ٧- ملحق رقم ٥)، ليتسنى بعدها القيام بحساب المتغيرات المورفومترية المطلوبة، حيث أن جميع الأودية وتشعباتها هي بشكل رقمي (Digital) ويسهل القيام بالعمليات الحسابية المطلوبة (جدول التالي). ولعل الهدف من تصنيف هذه الرتب هو حساب علاقة الترابط أو ما يطلق عليه علاقة "نسبة التشعب "الBifurcation ration والتي تُحسب من المعادلة التالية:

$$B_r = N_r / N_{r+1}$$

حيث ان Nr هي عدد الأودية في الرتبة r و Nr+1 هي عدد الأودية في الرتبة الأعلى منها. وللعلم فان النسب المرتفعة لرُتب الأودية تتناسب طردياً مع احتمالية حدوث السيول والعكس صحيح. ويبين جدول رقم ٥ رتب الأودية وعددها وأطوالها لحوض التصريف المائي في منطقة الرياض وكذلك نسب التشعب فيها

جدول رقم ٥: جدول يوضح رتب الاودية واطوالها ونسب التفرع في أحواض التصريف المائي في منطقة الرياض

حوض المحافظة			المواصفات	عدد رُتب الأوديـة						متوسط (Br)
				١	٢	٣	٤	٥	٦	المجموع	
١	الرياض الدرعية	حوض وادي السلي	عدد الأودية لكل رتبة (N)	١٩٨١	٤٦٣	٩٣	٨	٢	١	٢٥٥٨	٥,٢
			نسبة التشعب (Br)	–	٣,٤	٤,٩	١١,٦	٤,٠	٢,٠	٢٥,٩	
		حوض وادي حنيفة	عدد الأودية لكل رتبة (N)	٨٤٥	١٥٨	٢٣	٨	١	–	١٠٣٥	٥,٨
			نسبة التشعب (Br)	–	٥,٣	٦,٨	٢,٩	٨	–	٢٣	
٢	الخرج		عدد الأودية لكل رتبة (N)	٥١٨	١١٢	١٦	٥	١	–	٦٥٢	٤,٩٥
			نسبة التشعب (Br)	–	٤,٦	٧	٣,٢	٥	–	١٩,٨	
٣	الدوادمي		عدد الأودية لكل رتبة (N)	٢٢٥	٤٤	٧	٢	١	–	٣٠٩	٤,٢
			نسبة التشعب (Br)	–	٥,١	٦,٣	٣,٥	٢	–	١٦,٩	
٤	المجمعة		عدد الأودية لكل رتبة (N)	٢٥٣	٧٢	١٤	٢	١	–	٣٤٢	٤,٤
			نسبة التشعب (Br)	–	٣,٥	٥,١	٧	٢	–	١٧,٦	
٥	القويعية		عدد الأودية لكل رتبة (N)	٢٢٥	٧٣	١٢	٢	١	–	٣٤٣	٣,٩
			نسبة التشعب (Br)	–	٣,٥	٦,١	٤	٢	–	١٥,٦	
٦	وادي الدواسر		عدد الأودية لكل رتبة (N)	٣٠٩	٨٢	١٦	٤	١	–	٤١٢	٤,٢
			نسبة التشعب (Br)	–	٣,٨	٥,١	٤	٤	–	١٦,٩	
٧	عفيف		عدد الأودية لكل رتبة (N)	٤٧	١٥	٥	٢	١	–	٧٠	٢,٧
			نسبة التشعب (Br)	–	٣,١	٣	٢,٥	٢	–	١٠,٦	
٨	الزلفي		عدد الأودية لكل رتبة (N)	٢٩١	٧١	١٦	٣	١	–	٣٨٢	٤,٢
			نسبة التشعب (Br)	–	٤,١	٤,٤٣	٥,٣	٣	–	١٦,٨	
٩	الافلاج		عدد الأودية لكل رتبة (N)	٤٢٧	٧٧	١٣	٢	١	–	٥٢٠	٤,٩٧
			نسبة التشعب (Br)	–	٥,٥	٥,٩	٦,٥	٢	–	١٩,٩	
١٠	حوطة بني تميم		عدد الأودية لكل رتبة (N)	٨٨٤	١٨٠	٤٢	١١	٣	١	١١٢١	٣,٩
			نسبة التشعب (Br)	–	٤,٩	٤,٣٨	٣,٨	٣,٧	٣	١٩,٧	

حوض المحافظة		المواصفات	عدد رُتب الأوديــة							متوسط (Br)
			١	٢	٣	٤	٥	٦	المجموع	
١١	المزاحمية	عدد الأودية لكل رتبة (N)	٩١٦	٣١٢	٥٦	١١	٣	١	١٢٩٩	٤,٠٦
		نسبة التشعب (Br)	–	٢,٩	٥,٦	٥,١	٩,٧	٣	٢٠,٣	
١٢	السليل	عدد الأودية لكل رتبة (N)	٤٥٧	١١٥	١٩	٦	٢	١	٦٠٠	٣,٦
		نسبة التشعب (Br)	–	٤	٦	٣,٢	٣	٢	١٨,٢	
١٣	شقراء	عدد الأودية لكل رتبة (N)	٢١٩	٧٥	٨	١	١	–	٣٠٤	٥,٦
		نسبة التشعب (Br)	–	٢,٩	٩,٣	٨	١	–	٢١,٢	
١٤	رماح	عدد الأودية لكل رتبة (N)	٧٢٤	١٤٧	٣١	٦	٢	١	٩١١	٣,٩٦
		نسبة التشعب (Br)	–	٤,٩	٤,٧	٥,٢	٣	٢	١٩,٨	
١٥	ضرما	عدد الأودية لكل رتبة (N)	٧٥٨	١٥٦	٢٩	٨	٣	١	٩٥٥	٣,٩
		نسبة التشعب (Br)	–	٤,٨	٥,٤	٣,٦	٢,٧	٣	١٩,٥	
١٦	ثادق	عدد الأودية لكل رتبة (N)	٢٨٥	٥٤	٩	٣	١	–	٣٥٢	٤,٣٢
		نسبة التشعب (Br)	–	٥,٣	٦	٣	٣	–	١٧,٣	
١٧	الحريق	عدد الأودية لكل رتبة (N)	٦٥٤	١٢٠	٢٨	٧	٢	١	٧٠٤	٣,٧
		نسبة التشعب (Br)	–	٤,٦	٤,٣	٤	٣,٥	٢	١٨,٤	
١٨	حريملاء	عدد الأودية لكل رتبة (N)	٩٩٨	٢٨٨	٤٥	٨	٢	–	١٣٤١	٤,٩
		نسبة التشعب (Br)	–	٣,٥	٦,٤	٥,٦	٤	–	١٩,٥	
١٩	الغاط	عدد الأودية لكل رتبة (N)	١٧٦	٤٣	١١	٣	١	–	٢٣٤	٣,٧
		نسبة التشعب (Br)	–	٤,١	٣,٩١	٣,٧٧	٣	–	١٤,٧	
٢٠	مرات	عدد الأودية لكل رتبة (N)	١٠٧	٣٥	١١	٤	٢	١	١٦٠	٢,٦٢
		نسبة التشعب (Br)	–	٣,١	٣,٢	٢,٨	٢	٢	١٣,١	

ر.٦. حمولة الأودية:

تعتبر خاصية حمولة الأودية (Stream load) عنصر هام لناحية القدرة على استيعاب المياه وتفريغها بشكل يتم التوازن فيه ما بين كميات المياه الداخلة للمنظومة والخارجة منها. إلا أن عدم القدرة على استيعاب كامل الحمولة ينتج عنة ارتفاع مستوى المياه في الأودية وبالتالي فيض مائي وسيول. حيث يمكن استخدام هذه الخاصية عند التقييم الشامل لبناء السدود وذلك لتقدير حمولة الأودية بالنسبة لسعة السد، كذلك الأمر في تقييم مدى عرضة بعض المناطق لخطر السيول. ويمكن حساب حمولة الأودية بالطرق الحديثة باستخدام الأنظمة الجيوماتيكية التي يمكنها حساب أبعاد الأودية الواقعة أعلى الحوض (Upstream) بالنسبة لنقطة محددة أي انه من الممكن حساب كمية المياه القصوى الموجودة في الأودية الواقعة ما قبل نقطة محددة.

تعتمد عملية حساب حمولة الأودية على معرفة مساحة التدفق المتراكم (flow accumulation) في المناطق الواقعة قبل النقطة المطلوب حساب حمولة الأودية عندها. ويتم ذلك بحساب عدد الPixels مباشرة من المرئية الفضائية وهي تمثل متغير المساحة. وإذا ما تم قياس متغير العمق للأودية وأطوالها يمكن حينها حساب الحجم الكُلي من خلال هذه المتغيرات الثلاثة، وهو يمثل الحمولة القصوى للوادي عند النقطة المحددة. اما بالنسبة إلى عمق الأودية المائية لهذه النقاط فهو متغير ما بين منطقة وأخرى وتم حساب العديد منها خلال الأعمال الحقلية على عدة مسارات وروافد للأودية الواقعة في أحواض التصريف المائي التي تم دراستها.

جدول رقم ٦: حمولة الأودية أحواض التصريف المائي في منطقة الرياض.

	حوض المحافظة		عدد الPixels	مساحة الPixels (م^{٢})	متوسط أعماق الأودية (م)	الحجم الكُلي (مليون م^{٣})
١	الرياض الدرعية	حوض وادي السلي	١٥٧٨٤٧	١٤٢ X ١٠^{٦}	٢,٨٥	٤٠٥
		حوض وادي حنيفة	٢٥٣٨٩٥	٢٢٩ X ١٠^{٦}	٢,٣٠	٥٢٧
٢	الخرج		١٣٩٥٩٤٣	١٢٥٦ X ١٠^{٦}	١,٩٥	٢٤٤٩
٣	الدوادمي		١٩٦٦٧	١٨ X ١٠^{٦}	٢,٧	٤٦
٤	المجمعة		٦٧١٤٩	٦٠,٤ X ١٠^{٦}	٢,٣٥	١٤٢
٥	القويعية		٣٩٢٤٤	٣٥ X ١٠^{٦}	٣,٢٠	١١٢
٦	وادي الدواسر		١١٧٢٢١٩	١٠٥٥ X ١٠^{٦}	٢,٠٥	٢١٦٣

حوض المحافظة		عدد الـPixels	مساحة الـPixels (م٢)	متوسط أعماق الأودية (م)	الحجم الكُلي (مليون م٣)
٧	عفيف	٢٠٣٠٧	١٨ X ١٠٦	٢,٩٥	٥٣
٨	الزلفي	١٥٦٥٢٦	١٤١ X ١٠٦	١,٧٥	٢٤١
٩	الأفلاج	١٢٩٨٤٥	١١٧ X ١٠٦	٢,٨٥	٣٣٠
١٠	حوطة بني تميم	٢٢٤٧٤١	٢٠٢ X ١٠٦	٢,٤٠	٤٨١
١١	المزاحمية	٢٧١٢٩٣	٢٤٤ X ١٠٦	٣,٥٥	٨٦٦
١٢	السليل	١٥٤٣١٧٩	١٣٨٩ X ١٠٦	٢,٢٥	٣١٢٥
١٣	شقراء	١٩١١٩	١٧ X ١٠٦	٣,١٠	٥٣
١٤	رماح	١٣٢٥٥٨	١١٩ X ١٠٦	١,٨٥	٢٢١
١٥	ضرما	٢١٥٧٣٥	١٩٤ X ١٠٦	٢,٨٥	٥٥٣
١٦	ثادق	١٥٦٤٥	١٤ X ١٠٦	٢,٥٥	٣٦
١٧	الحريق	١٣٧٢٤٦	١٢٤ X ١٠٦	٢,٢٥	٢٧٩
١٨	حريملاء	٨٤٢٨٨	٧٦ X ١٠٦	٢,٦٥	٢٠١
١٩	الغاط	٩٦٩٣٥	٨٧ X ١٠٦	١,٣٥	١١٨
٢٠	مرات	١٦٢٩١	١٥ X ١٠٦	٢,٩٠	٤٤

ويجب هنا الأخذ بعين الاعتبار كميات الهاطل المطري والفترة الزمنية للهطول. كذلك الأمر فيجب اعتبار وجود المعوقات المُدنية لهذه المواقع والتي تتوزع عليها الحمولة أو تعمل احياناً على تخفيف طاقة هذه الحمولة. وعليه فان هذه الحمولة التي تم حسابها في الجدول رقم ٦ هي الحمولة الفعلية للوضع الطبيعي لأحواض التصريف المائي، أي بدون وجود المعوقات البشرية التي قد تكون استجدت. لذلك فهي من المفترض ان تكون أقل مما تم حسابه وذلك بسبب مرورها بمناطق أخرى قبل وصولها إلى الموقع الذي تم اختياره.

ز. المناطق المعرضة لخطر السيول

أن الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تحديد المناطق المُعرضة للسيول. حيث أن موضوع المخاطر الطبيعية بشكلٍ عام والسيول بشكل خاص هي محط اهتمام العديد من المواطنين في المملكة وعلى وجه التحديد المواطنين القاطنين في نطاق الأودية الكبيرة بما فيها أودية منطقة الرياض. ولا تزال قضية السيول والفيضانات تتفاعل مع التغيرات المناخية الحاصلة وكذلك مع النمو السكاني السريع في المنطقة.

ان عدم وجود الضوابط المطلوبة للحماية من الفيض المائي كان من الأسباب الرئيسة التي أثرت في حجم الضرر الناتج من السيول في منطقة الرياض خصوصاً وإن هذه الظاهرة تفاقمت في السنوات الأخيرة بسبب التمدد العمراني العشوائي والتقلبات المناخية، حيث إن التضاريس الطبيعية للمياه السطحية قد تأثرت بشكل كبير بالأنشطة السكانية مما نتج عنه سد مسارات الأودية المائية أحياناً أو تغير إتجاهها أحياناُ أخرى (آل سعود، ٢٠١٤). وتشير التقديرات التي يقدمها الموقع العالمي لإحصائيات الكوارث الطبيعية (EM-DAT: The OFDA/CRED International)[1] وكذلك البيانات التي تم الحصول عليها من مصادر مختلفة ان الخسائر المادية الناتجة عن الفيضانات والسيول في المملكة قُدرت ب حوالي ٤٥٠ مليون دولار امريكي في العام ١٩٨٠م ليتضاعف الرقم إلى ٩٠٠ مليون دولار امريكي في العام ٢٠١٠م اي بمعدل ٣٠ مليون دولار امريكي في العام الواحد.

أن عدد الدراسات التي تناولت موضوع السيول في المملكة قليلة نسبة إلى حجم المشكلة والأضرار الناتجة عنها، إلا أنه هناك تركيز واهتمام على هذا الموضوع. فمعظم الدراسات المتوفرة تتناول موضوع تقييم السيول بشكل عام ولكامل أراضي المملكة (Sorman et al, 1991, Abdulrazzak et al, 1995). و هناك بعض الدراسات التي انجزت في ٢٠٠٩م والتي ركزت على مواضيع السيول في مجموعة من الأحواض على الساحل الغربي للمملكة (al Subyani et, 2009) إضافة إلى مجموعة دراسات وتقارير قامت بها الباحثة وتحديداً عن منطقة جدة. حيث ان آخرها تم من خلال إصدار كتاب موثق بالبيانات والصور الفضائية ليبين كل التفاصيل عن التقييم الشامل للسيول وتحديد الأماكن المتضررة وكذلك إنتاج خرائط المناطق المعرضة لخطر السيول ومن ثم دراسات عن إدارة الضوابط الفنية المطلوبة للتخفيف والحد من هذا النوع من الخطر (Al Saud, 2014).

1) http://www.emdat.be/

ز.١. دراسة السيول

هنالك عدة منهجيات لدراسة وتقييم السيول وتحديداً المناطق المعّرضة لخطر الفيض المائي، وجرت العادة على أن يتم أولاً تحديد العوامل المؤثرة في هذه العملية الهيدرولوجية التي قد تختلف ما بين منطقة وأخرى. واذا ما تم تحديد هذه العوامل واخراجها بشكل بيانات جيومكانية (Geo-spatial data) فيمكن من خلالها تحديد أسباب حدوث هذه العمليات الهيدرولوجية والتي تتخذ المفهوم السلبي لناحية أنها احدى أشكال الخطر الطبيعي. وعليه يتم تحليل هذه العوامل مجتمعة بطرق نُظمية (Systematic) إلكترونية من خلال تقنيات الجيومعلوماتية واعتماداً بشكل أساسي على التقنيات الفضائية وتحديداً الصور الفضائية عالية الدقة. ويلي ذلك دمج هذه العوامل مجتمعة لتحديد أماكن الخطر حيث ينتج عنها خريطة تبين عُرضة المنطقة للسيول.

لقد بات من المعروف أن هناك دراسات عديدة يتم تنفيذها إما لتقييم السيول بعد حدوثها أو لتحديد الأماكن المعرضة لخطر السيول. إلا أنه في معظم الأحيان لا تعطي هذه الدراسات الدقة المطلوبة وبالتالي يتم تحديد أماكن بأنها آمنة من خطر الفيضانات والسيول في حين أنها تكون في الواقع عُرضة لهذا الخطر الطبيعي والعكس صحيح. ويعود ذلك إلى عدة أسباب أهمها عدم اختيار العوامل المؤثرة بشكل سليم، أو عدم تحديد دقة تأثير كلٍ من هذه العوامل، كذلك فان للتقنية المُستخدمة دوراً هاما لناحية دمج البيانات الجيومكانية بالطرق الإلكترونية وكذلك إلى تحليل الصور الفضائية (آل سعود. a 2010 & b).

لعله من الأكثر دقة في تحديد الأماكن الواقعة تحت خطر السيول هو اتباع طرق ومنهجيات تعتمد على الواقع الطبيعي من حيث التوزيع الجغرافي للمخاطر وحجم تأثيرها وتحديد حجم الأضرار الناتجة عنها، أي إنه يتم دراسة المواقع المتضررة من الفيضانات والسيول وبالتالي التعرف على العوامل التي كانت السبب في حدوث ذلك بشكل دقيق. وهذا ما تم اتباعه في هذه الدراسة وهي الطريقة التي اعتمدتها الباحثة في عدة دراسات سابقة وأثبتت دقتها. حيث تم ذلك عن طريق استخدام الصور الفضائية والنظم الجيومعلوماتية والتي من خلالهما وبالتزامن مع الاعمال الحقلية والنماذج ثلاثية الأبعاد (DEMs) تم حساب الصيغ الجيومورفولوجية والهيدرولوجية المختلفة، إضافة إلى تحديد الأماكن المتضررة من السيول وبالتالي رسم خرائط لها (Al Saud, 2014). وفي هذه الدراسة تم تطبيق ذلك على منطقة الرياض.

ز.٢. منهجية العمل

تم في هذه الدراسة إتباع المنهجية المذكورة أعلاه والتي تعتمد على مرتكزين أساسيين هما:

١) تحليل البيانات الجيومترية والمورفومترية للمنظومات المائية التي تم إستخراجها من المجسمات الرقمية ثلاثية الأبعاد (DEMs).

٢) التعرف من خلال الصور الفضائية العالية الدقة على الرقع الجغرافية التي تعرضت للسيول في أوقات سابقة في منطقة الرياض ومن هنا يجب التأكيد أن تحديد المواقع المتأثرة بالسيول هي للرقع الجغرافية الواقعة في منطقة الرياض ونطاقها الجغرافي، إلا أن الحوض الذي يصب في هذه المدينة تتبع امتداده وبالتالي استخراج المنظومة المائية له كي يتم دراسة وتحليل البيانات الجيومترية و المورفومترية ذات الصلة.

وعليه فإن الدراسة بمكونيها الرئيسيين تشمل تحليل الأوضاع الجيومورفولوجية والهيدرولوجية لجريان المياه وكذلك التعرف على الأماكن التي كانت هي بالفعل مواقع تجمعت/أو جرت فيها مياه السيول وهي بالتالي التي ستكون عُرضة مرة أخرى لنفس المشكلة طالما أن الضوابط اللازمة لتجنب التطوير ضمن مجاري الأودية أو تحويل مساراتها لم يتم اتخاذها بعد.

ويمكن تلخيص مراحل العمل لرسم الرقع الجغرافية التي تعرضت للسيول على النحو التالي:

١. جمع البيانات والمعلومات: وتشمل كل ما يتوفر من معطيات عن السيول وأي معلومات غرضية متعلقة بالموضوع وكذلك السجلات التاريخية، إضافة إلى المعلومات والبيانات التي تنشرها وسائل الاعلام عن أماكن السيول وآثارها السلبية.

٢. معالجة الصور الفضائية: وهي الصور الرقمية العالية الدقة، حيث تمت معالجتها باستخدام برمجية ERDAS-Imagine-11. وتم تطبيق كل الخصائص الرقمية والإلكترونية الموجودة في هذه البرمجية ومن أهمها: دمج الموجات الطيفية (Band combination)، استخدام تطبيقات التمييز اللوني (Colour slicing) والتحسين الطيفي وإلى ما هنالك من تطبيقات تساعد في تمييز الأشكال على سطح الأرض. كل هذه التطبيقات تساعد التعرف بشكل مباشر على الرقع الجغرافية للمياة الناتجة عن السيول.

وتتألف هذه الصور من نوعيين من الصور الفضائية والتي لها تاريخ إلتقاط مختلف وقدرة تميز مختلفة، وفي معظم الأحيان تكون لمناطق مختلفة، وهذا يمكن من عمل تداخل (Overlap) لتاريخ الإلتقاط مع المناطق المختلفة مما يساعد في عملية المقارنة وبالتالي الإستدلال على المناطق التي تعرضت للسيول.

٣. العمل الحقلي: يعتبر العمل الحقلي من المكونات الرئيسة لدراسة السيول والتعرف على أماكنها، وهذا يساعد في تحديد الأماكن الواقعة تحت خطر الفيضانات والسيول. وكما أسلفنا سابقاً فإن المعطيات التي يتم استنتاجها من الصور الفضائية وكذلك من البيانات الهيدرولوجية، بما فيها الخصائص الجيومترية والمورفومترية، كلها تحتاج إلى التحقق الميداني للتأكد من مصداقيتها. كذلك فلقد تم مراجعة التقارير ذات الصلة والصادرة عن الهيئات المعنية بالموضوع وخصوصاً الهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض. بناءاً على ما تقدم كان من الضروري القيام بالعمل الحقلي والذي ينقسم في هذه الدراسة إلى أربعة اقسام لتشمل:

- التعرف على وجود البقع المائية المختلفة،
- التعرف على المواقع التي كانت عُرضة للسيول من خلال آثار ودلائل عن تجمعات أو مسارات مائية،
- قياس أبعاد الأودية وبشكل أخص الأعماق بواسطة جهاز الLaser Range-meter،
- التعرف على أعمال الوقاية الموجودة للحد والتخفيف من السيول. وخلال العمل الحقلي تم الاستعانة بالصور الفضائية والخرائط الطبوغرافية بالإضافة إلى جهاز النظام العالمي لتحديد المواقع (GPS).

٤. تحليل وربط المعلومات: في هذه المرحلة تم دراسة كل البيانات والمعلومات والخرائط التي تم الحصول عليها من المصادر المختلفة، ومن ثم القيام بربطها ومقارنتها وتحليل العناصر المختلفة والتي لها دور في حدوث السيول. وتعتبر هذه المرحلة من المراحل الهامة والتي تتطلب خبرة بالمواضيع ذات الصلة. حيث أنه في هذه المرحلة قد يتوجب في معظم الأحيان الرجوع إلى الوثائق الغرضية (خرائط، سجلات، إلخ) والصور الفضائية وكذلك إلى العمل الميداني.

٥. إعداد الخرائط: تعتبر هذه المرحلة هي النهائية لمراحل العمل السابقة، حيث أن الهدف منها هو إنتاج خريطة المناطق المعرضة لخطر السيول بأشكالها المختلفة، ويتم اخراجها بإستخدام نظم المعلومات الجغرافية بعد عملية دمج البيانات الرقمية ومعايرتها وبالتالي اخراجها بالشكل الأفضل والذي ينطبق على أرض الواقع. وأستخدم لهذا الغرض برمجية Arc-GIS-10.2 من أجل القيام بعملية الإخراج الإلكتروني وكذلك تطبيق القياسات الرقمية المختلفة. حيث كانت الصور الفضائية هي المصدر الرئيسي للمعلومات المكانية في حين أن التطبيقات الجيوماتيكية هي وسيلة لأخراج هذه المعلومات.

ز.٣. الأماكن الواقعة تحت خطر السيول في منطقة الرياض

من خلال مراحل العمل المقررة، تم رسم كل المواقع التي هي تحت خطر السيول سواءاً كانت بشكل تجميع للمياه (تخزين سطحي) أو تشكل مسارات لنقل المياه (مثل الأودية والممرات). حيث اعتمد مبدأ التعرف على هذه المواقع كما يلي:

- مواقع تحتوي على مياه راكدة أو متحركة.
- مواقع لأراضي مشبعة (Saturated) بالمياه كانت قد تجمعت أو جرت فيها المياه.
- مواقع تحتوي على رسوبيات منقولة كدليل على تواجد أو مرور المياه خلالها.
- مواقع ذات تراكيب سطحية دالة على تواجد المياه فيها سابقاً مثل تشققات التربة (Mud cracks) والأخاديد الصغيرة (Rills)، وأشكال الدلتا، الخ.

يبين الشكل رقم ٩ (ملحق رقم ٦) التوزيع الجغرافي للمواقع المُعرضة للسيول في مدينة الرياض ومحافظة الدرعية ونطاقها الجغرافي الذي تمت دراسته وكانت مساحته حوالي ٢٩٥٠ كلم^{٢}. حيث أن هذه المواقع تبقى تحت هذا الخطر الطبيعي ما لم يتم القيام بأعمال وقائية للحد أو التخفيف من تأثير السيول عند حدوث الذروات المطرية. حيث أن المناطق التي هي تحت خطر السيول تشكل ٠,٩١٪ من كامل النطاق الجغرافي للرياض وهي نسبة متوسطة.

١. الأماكن الواقعة تحت خطر السيول في مدينة الرياض ومحافظة الدرعية

يتضح من الشكل رقم ٩ (ملحق رقم ٦) ان التوزيع الجغرافي للمناطق المعرضة للسيول في مدينة الرياض ومحافظة الدرعية هي في المناطق المحيطة بالرياض. حيث أن المناطق السكنية الرئيسة للرياض ليست تحت الخطر باستثناء التجمعات المائية في بعض الأماكن المحصورة والطرقات بسبب عدم وجود البُنى التحتية المطلوبة.

في حين ان المواقع المُعرضة لخطر السيول تتركز في المناطق المحيطة بالرياض وخصوصاً في الأودية المحيطة وضفافها المختلفة بالإضافة إلى بعض الروافد والتي تتواجد في أو بالقرب منها مواقع سكنية. ويمكن تقسيم المناطق الواقعة تحت خطر السيول في مدينة الرياض ومحافظة الدرعية إلى قسمين رئيسيين هما:

أولاً: المنطقة الواقعة شمال الرياض:

- شعيب الحيسية ومجموعة كثيفة من الروافد الصغيرة على طريق صلبوخ - الرياض والتي تمتدد من مناطق الوصيل، ظهرة سدحا والقيروان.
- منطقة بنبان والروافد المتقاطعة مع طريق الملك فهد.
- مجموعة من الأودية تقطع طريق المطار من الناحية الغربية.
- مجموعة من الأودية الصغيرة الموازية لشعيب الجرفان والتي تقطع طريق الثمامة - الجنادرية عند منطقة البطين.

ثانياً: المنطقة الواقعة شرق الرياض:

وتحديداً امتداد وادي بنبان ووادي السلي. حيث يتكثف تجمع المياه عند وجود المواقع السكنية لهذا الأمتداد.

- شعيب البرشاعة الذي يلتقي بمنطقة النظيم.
- مناطق التلاقي ما بين إمتداد وادي بنبان وعدة مناطق لناحية الجنوب مثل منطقة الأستاد الرياضي - خريص.
- مجموعة روافد صغيرة في منطقة النسيم الشرقي.
- طريق منطقة الحرس الوطني باتجاه الجنوب لتصل إلى بحيرة المياه الراكدة في منطقة السلي.
- امتداد وادي السلي عند عدة مواقع حتى منطقة هيت. حيث يتم العمل على تأهيل وادي السلي في المنطقة ومن الممكن ان تساهم في تخفيف آثار السيول.

٢. الأماكن الواقعة تحت خطر السيول في محافظة الخرج

يبين الشكل رقم ٩ (ملحق رقم ٦) التوزيع الجغرافي للمواقع المُعرضة للسيول في محافظة الخرج والذي مساحته حوالي ٩٢٣ كلم^{٢}. حيث أن هذه المواقع تبقى تحت هذا الخطر الطبيعي ما لم يتم القيام بأعمال وقائية للحد من تأثير السيول عند حدوث الذروات المطرية. حيث أن المناطق التي هي تحت خطر السيول تشكل ٠,٥٧٪ من كامل النطاق الجغرافي لمحافظة الخرج وهي تعتبر نسبة خفيفة. ويتبين ان التوزيع الجغرافي للمناطق المعرضة للسيول في محافظة الخرج هي كما يلي:

- امتداد وادي نساح من الإحداثيات 41" 12' 24° شمال & 33" 51' 45° شرق، حتى 00" 12' 42° شمال & 28" 09' 47° شرق.
- امتداد وادي العين من الإحداثيات 35" 04' 24° شمال & 21" 05' 47° شرق، حتى 30" 05' 24° شمال & 37" 11' 47° شرق.
- امتداد وادي بلحان و منطقة الحزم والضبيعة لناحية الغرب.
- وادي يقع شرقي منطقة المشرف و الخزامة حيث يمتد من الإحداثيات 35" 04' 24° شمال & 57" 18' 47° شرق، حتى يصل إلى محافظة الخرج.

٣. الأماكن الواقعة تحت خطر السيول في محافظة الدوادمي

يبين الشكل رقم ٩ (ملحق رقم ٦) التوزيع الجغرافي للمواقع المُعرضة للسيول في محافظة الدوادمي ونطاقها الجغرافي الذي تمت دراسته وكانت مساحته هي حوالي ٩٤ كلم^{٢}. حيث أن هذه المواقع تبقى تحت هذا الخطر الطبيعي ما لم يتم القيام بأعمال وقائية للحد أو التخفيف من تأثير السيول عند حدوث الذروات المطرية. حيث أن المناطق التي هي تحت خطر السيول تشكل ١,٢٤٪ من كامل النطاق الجغرافي لمحافظة الدوادمي وهي نسبة متوسطة.

ويتضح من الشكل رقم ٩ (ملحق رقم ٦) أن التوزيع الجغرافي للمناطق المعرضة للسيول في محافظة الدوادمي هي كما يلي:

١. ضفاف شعيب الدوادمي الذي يمر موازياً للمناطق السكنية، وكذلك احد الروافد المتصلة به من الناحية الشمالية حيث يلتقيا عند حي الدرع.

٢. مجموعة روافد متصلة بوادي الدوادمي من الناحية الجنوب-غربية تحديداً عند أحياء السنبلة، العلوة و الحزيمية.

٣. امتدادات شعيب واسط وشعيب العفجة جنوب الدوادمي عند تقاطعهما مع طريق الملك فيصل خصوصاً في مناطق مشروع الاسكان وملعب الرحال لكرة القدم.

٤. الأماكن الواقعة تحت خطر السيول في محافظة المجمعة

يبين الشكل رقم ٩ (ملحق رقم ٦) التوزيع الجغرافي للمواقع المُعرضة للسيول في محافظة المجمعة ونطاقها الجغرافي الذي تمت دراسته وكانت مساحته حوالي ٢٣٨كلم^{٢}. حيث أن هذه المواقع تبقى تحت هذا الخطر الطبيعي ما لم يتم القيام بأعمال وقائية للحد أو التخفيف من تأثير السيول عند حدوث الذروات المطرية. حيث أن المناطق التي هي تحت خطر السيول تشكل ٠,٤٨٪ من كامل النطاق الجغرافي لمحافظة المجمعة وهي نسبة خفيفة.

ويتضح من الشكل رقم ٩ (ملحق رقم ٦) ان التوزيع الجغرافي للمناطق المعرضة للسيول في محافظة المجمعة (حسب الأولوية) هي كما يلي:

١. شعيب الكلبي المتصل بشعيب الفحيحيل وامتداده عند تقاطعه مع المناطق السكنية عند نقطة 52" 55' 25° شمال & 33" 19' 45° شرق.

٢. تقاطع شعيب ضفنان مع المناطق السكنية في منطقة المرقب عند الإحداثيات: 46" 54' 25° شمال & 13" 19' 45° شرق.

٣. امتداد شعيب المشقر عند التقائه بالمناطق السكنية في منطقة المرقب - شارع الخالدية.

٤. ضفاف شعيب النزية من الناحية الجنوبية وضفاف شعيب المجمعة شمال وشرق محافظة المجمعة.

٥. الأماكن الواقعة تحت خطر السيول في محافظة القويعية

يبين الشكل رقم ٩ (ملحق رقم ٦) التوزيع الجغرافي للمواقع المُعرضة للسيول في محافظة القويعية ونطاقها الجغرافي الذي تمت دراسته وكانت مساحته هي حوالي ٢٦٢ كلم^{٢}. حيث أن هذه المواقع تبقى تحت هذا الخطر الطبيعي ما لم يتم القيام بأعمال وقائية للحد أو التخفيف من تأثير السيول عند حدوث الذروات المطرية. حيث أن المناطق التي هي تحت خطر السيول تشكل٠,٢٦٪ من كامل النطاق الجغرافي لمحافظة القويعيةوهي نسبة خفيفة.

ويتضح من الشكل رقم ٩ (ملحق رقم ٦) أن التوزيع الجغرافي للمناطق المعرضة للسيول في محافظة القويعية هي كما يلي:

١. بعض ضفاف وادي القويعية والذي يمر وسط المنطقة العمرانية للمدينة، مع التركيز على امتداده على الجهة الجنوبية لمدخل القويعية.

٢. احد الروافد الممتد من الجهة الغربية والذي يصل إلى حي الديرة.

٣. امتدادات روافد من الجهة الجنوب-غربية حيث تصل المناطق السكنية عند حي السلام وحي الجزيرة.

٤. شعيب القلية وشعيب بعثران شرق القويعية وامتدادهما إلى عشيرة.

٦. الأماكن الواقعة تحت خطر السيول في محافظة الأفلاج

يبين الشكل رقم ٩ (ملحق رقم ٦) التوزيع الجغرافي للمواقع المُعرضة للسيول في مدينة ليلى ونطاقها الجغرافي الذي تمت دراسته وكانت مساحته هي حوالي ١٩٨كلم٢. حيث أن هذه المواقع تبقى تحت هذا الخطر الطبيعي ما لم يتم القيام بأعمال وقائية للحد أو التخفيف من تأثير السيول عند حدوث الذروات المطرية. حيث أن المناطق التي هي تحت خطر السيول تشكل ٣,٣٣٪ من كامل النطاق الجغرافي لمدينة ليلى وهي نسبة مرتفعة.

ويتضح من الشكل رقم ٩ (ملحق رقم ٦) أن التوزيع الجغرافي للمناطق المعرضة للسيول في مدينة ليلى هي كما يلي:

١. وادي سحاب والذي يمر في الجهة الشمالية لمدينة ليلى حيث يقطع طريق الأمير محمد بن عبد العزيز ويمتد بالقرب من حديقة سحاب. كذلك امتداده بعد مدينة ليلى حيث يقطع طريق الملك عبدالله من ناحية الشرق، عند الإحداثيات 28" 46' 46° شمال & 39" 18' 22° شرق.

٢. روافد ممتدة من الجهة الشمالية تتقاطع مع مدينة ليلى عند طريق الأمير محمد بن عبد العزيز وطريق اشبيليه.

٣. مجموعة روافد ممتدة من الجهة الغربية تتقاطع مع طريق الافلاج – الرياض عند عدة مواقع.

٤. امتداد وادي الأحمر، وتحديداً عند تلاقيه مع منطقة الخرفة.

٥. شعيب فويعية الذي يتلاقى بمنطقة الروضة ومن ثم امتداده حتى منطقة قصر آل قاسم.

٧. الأماكن الواقعة تحت خطر السيول في محافظة وادي الدواسر

يبين الشكل رقم ٩ (ملحق رقم ٦) التوزيع الجغرافي للمواقع المُعرضة للسيول في وادي الدواسر والذي مساحته هي حوالي ٥٠٦ كلم^{٢}. حيث أن هذه المواقع تبقى تحت الخطر ي ما لم يتم القيام بأعمال وقائية للحد من تأثير السيول. وتشكل مناطق الخطر حوالي ٠,٤١٪ من النطاق الجغرافي لمحافظة وادي الدواسر وهي نسبة خفيفة. ويتضح ان النظام الهيدرولوجي والتوزيع الجغرافي للمناطق المعرضة للسيول متأثر بشكل كبير بعنصرين هما:

١) كثافة أنظمة الري المحوري (Rotary irrigation) التي تتوزع بشكل كبير مما يعمل على تقطيع وطمر مسارات الأودية

٢) الديناميكية السريعة لحركة الكثبان الرملية من الناحية الشمالية والتي تعمل على طمر عدة اودية وروافدها والتي قد تعود لتتكشف جزئياً في بعض الأحيان.

حيث يتبين أن التوزيع الجغرافي للمناطق المعرضة للسيول في محافظة وادي الدواسر هي كما يلي:

١. من الجهة الشمالية لوداي الدواسر، حيث تنحدر المياه من وسط المدينة وما جاورها عبر الممرات وبالأخص الطرقات باتجاه الشمال لتصل إلى المنطقة الزراعية المتاخمة للكثبان الرملية، كما هو في العشاش وبعض مناطق الخماسين.

٢. من الجهة الجنوبية حيث تتسرب المياه أ يضاً عبر الممرات الضيقة والطرقات (اغلبها من حدود مناطق الري المحوري) إلى الشمال لتصل إلى الطريق العام لوادي الدواسر. ويتضح تركيزها في منطقة الخماسين وبعض مناطق الخالدية.

٨. الأماكن الواقعة تحت خطر السيول في محافظة الزلفي

يبين الشكل رقم ٩ (ملحق رقم ٦) التوزيع الجغرافي للمواقع المُعرضة للسيول في محافظة الزلفي ونطاقها الجغرافي والذي كانت مساحته هي حوالي ٢٨٨ كلم^{٢}. حيث أن هذه المواقع تبقى تحت هذا الخطر الطبيعي ما لم يتم القيام بأعمال وقائية للحد أو التخفيف من تأثير السيول عند حدوث الذروات المطرية. حيث أن المناطق التي هي تحت خطر السيول تشكل ٠,٨١ ٪ من كامل النطاق الجغرافي لمحافظة الزلفي وهي تعتبر خفيفة نسبياً.

يتضح من الشكل رقم ٩ (ملحق رقم ٦) ان التوزيع الجغرافي للمناطق المعرضة للسيول في محافظة الزلفي (حسب الأولوية) هي كما يلي:

١. شعيب سمنان والذي يتخذ شكل منحنى ابتداءاً من إحداثيات 00" 15' 25° شمال & 45" 52' 44° شرق، وحتى احداثيات 10" 17' 26° شمال & 00" 51' 44° شرق، حيث يلتقي بالمناطق السكنية لمدينة الغاط.

٢. الوادي الممتد جنوبي مزارع السيح والذي يمتد من إحداثيات 20" 20' 26° شمال & 38" 50' 44° شرق، ليقطع محافظة الزلفي ويصل حتى احداثيا ت 48" 19' 26° شمال & 02" 47' 44° شرق.

٣. شعيب العُفر والذي يمتد بشكل متقطع من الجهة الشمال – شرقية باتجاه الجنوب – غرب.

٩. الأماكن الواقعة تحت خطر السيول في محافظة شقراء

يبين الشكل رقم ٩ (ملحق رقم ٦) التوزيع الجغرافي للمواقع المُعرضة للسيول في محافظة شقراء ونطاقها الجغرافي الذي تمت دراسته وكانت مساحته هي حوالي ١٣٥ كلم^{٢}. حيث أن هذه المواقع تبقى تحت هذا الخطر الطبيعي ما لم يتم القيام بأعمال وقائية للحد أو التخفيف من تأثير السيول عند حدوث الذروات المطرية. حيث أن المناطق التي هي تحت خطر السيول تشكل ٠,٨١٪ من كامل النطاق الجغرافي لمحافظة شقراء وهي نسبة متوسطة.

ويتضح من الشكل رقم ٩ (ملحق رقم ٦) ان التوزيع الجغرافي للمناطق المعرضة للسيول في محافظة شقراء هي كما يلي:

١. امتداد شعيب الريمة من الغرب والتقاءه بالمناطق السكنية عند حي الرحبة.

٢. شعيب الفرغ من الجنوب الغربي والتقاءه بالمناطق السكنية عن منطقة الاسكان، ومن ثم امتداده حتى يصل منطقتي النخيل والنسيم.

٣. امتداد شعيب العنبري إلى شقراء عند منطقتي القرائن وغسلة.

١٠. الأماكن الواقعة تحت خطر السيول في محافظة حوطة بني تميم

يبين الشكل رقم ٩ (ملحق رقم ٦) التوزيع الجغرافي للمواقع المُعرضة للسيول في حوطة بني تميم ونطاقها الجغرافي والذي كانت مساحته هي حوالي ٢٥٢ كلم^{٢}. حيث أن هذه المواقع تبقى تحت هذا الخطر الطبيعي ما لم يتم القيام بأعمال وقائية للحد أو التخفيف من تأثير السيول عند حدوث الذروات المطرية.

حيث أن المناطق التي هي تحت خطر السيول تشكل ١,٢١٪ من كامل النطاق الجغرافي لحوطة بني تميم، وهي نسبة مرتفعة. حيث يتبين أن التوزيع الجغرافي للمناطق المعرضة للسيول في محافظة حوطة بني تميم هي كما يلي:

١. وادي الصوت والذي يمتد من الحوطة باتجاه الشمال، من إحداثيات 57" 30' 23° شمال & 13" 50' 46° شرق، ليتصل بوادي الحريق عند الإحداثيات 00" 30' 23° شمال & 52" 50' 46° شرق.

٢. امتداد وادي مطعم ووداي الفارغة باتجاه الحوطة حيث يلتقيا عند الإحداثيات 13" 26' 23° شمال & 15" 47' 46° شرق. وبالتالي فإن أودية الحريق، مطعم والحوطة تلتقي عند بداية الحوطة تقريباً وعلى الإحداثيات 05" 30' 23° شمال & 22" 51' 46° بالقرب من منطقة الحلة حيث تتصل بوادي الصوت.

تتميز هذه الأودية والممتدة من الإحداثيات المذكورة بكثافة الغطاء النباتي والمخططات العمرانية بما فيها الطرقات مما يتحكم في ألية جريان المياه ويعمل على تخفيف طاقتها، إلا أن مياه السيول تتجمع في عدة مواقع خصوصا عند وجود المعوقات السكنية. إلا أن مدينة الحوطة بحد ذاتها تبعد عن التأثير المباشر لهذه السيول.

١١. الأماكن الواقعة تحت خطر السيول في محافظة عفيف

يبين الشكل رقم ٩ (ملحق رقم ٦) التوزيع الجغرافي للمواقع المُعرضة للسيول في محافظة عفيف ونطاقها الجغرافي الذي تمت دراسته وكانت مساحته هي حوالي ١٢٦ كلم^{٢}. حيث أن هذه المواقع تبقى تحت هذا الخطر الطبيعي ما لم يتم القيام بأعمال وقائية للحد أو التخفيف من تأثير السيول عند حدوث الذروات المطرية. حيث أن المناطق التي هي تحت خطر السيول تشكل ٠,٨٤٪ من كامل النطاق الجغرافي لمحافظة عفيف وهي نسبة متوسطة.

ويتضح من الشكل رقم ٩ (ملحق رقم ٦) أن التوزيع الجغرافي للمناطق المعرضة للسيول في محافظة عفيف هي كما يلي:

١. بداية شعيب عنيزة، حيث تنحدر المياه من المرتفعات الموجودة في محافظة عفيف والتي تمتد عبر رافدين كما يلي:

- من طريق الملك سلمان في منطقة المعارض وكذلك عند تقاطعه مع طريق الملك فيصل في منطقة النهضة
- عند طريق الملك سلمان في منطقة السلمانية.

٢. إحد الروافد الصغيرة الممتد من الجنوب إلى أول مدخل عفيف من الناحية الشمال-شرقية خصوصاً عند حديقة الملك عبدالعزيز ومعهد التدريب المهني والصناعي.

١٢. الأماكن الواقعة تحت خطر السيول في محافظة الغاط

يبين الشكل رقم ٩ (ملحق رقم ٦) التوزيع الجغرافي للمواقع المُعرضة للسيول في محافظة الغاط ونطاقها الجغرافي والذي كانت مساحته هي حوالي ٥٢٤ كلم^{٢}. حيث أن هذه المواقع تبقى تحت هذا الخطر الطبيعي ما لم يتم القيام بأعمال وقائية للحد أو التخفيف من تأثير السيول عند حدوث الذروات المطرية. حيث أن المناطق التي هي تحت خطر السيول تشكل ٠,٨٪ من كامل النطاق الجغرافي لمحافظة الغاط وهي تعتبر نسبة خفيفة.

يبين الشكل رقم ٩ (ملحق رقم ٦) ان التوزيع الجغرافي للمناطق المعرضة للسيول في محافظة الغاط (حسب الأولوية) هي كما يلي:

١. امتداد وادي الغاط والذي يتخذ شكل منحنى ابتداءاً من إحداثيات 00" 57' 25° شمال & 00" 02' 45° شرق، وحتى إحداثيات 00" 01' 26° شمال & 17" 59' 44° شرق، حيث يمر بمحافظة الغاط الأثرية ليكمل بعدها إلى المناطق السكنية لمحافظة الغاط وينتهي تقريباً عند منطقة العدابة غرباً.

٢. امتداد شعيب عضيدان باتجاه طريق الغاط - الزلفي.

٣. طريق الملك عبدالعزيز باتجاه الزلفي.

١٣. الأماكن الواقعة تحت خطر السيول في محافظة السليل

يبين الشكل رقم ٩ (ملحق رقم ٦) التوزيع الجغرافي للمواقع المُعرضة للسيول في مدينة السليل ونطاقها الجغرافي والذي كانت مساحته هي حوالي ٤٣١ كلم^{2}. حيث أن هذه المواقع تبقى تحت هذا الخطر الطبيعي ما لم يتم القيام بأعمال وقائية للحد أو التخفيف من تأثير السيول عند حدوث الذروات المطرية. حيث أن المناطق التي هي تحت خطر السيول تشكل ٥,٨٪ من كامل النطاق الجغرافي لمدينة السليل وهي نسبة متوسطة. حيث يتبين أن التوزيع الجغرافي للمناطق المعرضة للسيول في مدينة السليل (حسب الأولوية) هي كما يلي:

١. امتداد شعيب الكمع من الإحداثيات 05" 28' 20° شمال & 07" 26' 45° شرق، وكذلك شعيب تمرة الأيمن.

٢. شعيب سمير عند 14" 31' 20° شمال & 59" 28' 45° شرق، حتى 36" 27' 20° شمال & 40" 31' 45° شرق.

٣. وادي المجمعة (جنوبي بهجة) حتى السليل جنوباً. وهنالك رافد آخر من وادي المجمعة يمتد من الإحداثيات 37" 31' 20° شمال & 20" 34' 45° شرق، حتى يصل إلى ذروة تحميع المياه عند أول السليل من الجهة الشمالية.

٤. تجمع الأودية السابقة جنوب - غرب السليل من نقطتين عند الإحداثيات 44" 25' 20° شمال & 5" 31' 45° شرق و 52" 26' 20° شمال & 19" 34' 45° شرق، وانحدارهما جنوباً.

١٤. الأماكن الواقعة تحت خطر السيول في محافظة ضرما

يبين الشكل رقم ٩ (ملحق رقم ٦) التوزيع الجغرافي للمواقع المُعرضة للسيول في محافظة ضرما ونطاقها الجغرافي الذي تمت دراسته وكانت مساحته هي حوالي ٣٠٦ كلم^{٢}. حيث أن هذه المواقع تبقى تحت هذا الخطر الطبيعي ما لم يتم القيام بأعمال وقائية للحد أو التخفيف من تأثير السيول عند حدوث الذروات المطرية. حيث أن المناطق التي هي تحت خطر السيول تشكل ٠,٥٠٪ من كامل النطاق الجغرافي لمحافظة ضرما وهي نسبة خفيفة.

ويتضح من الشكل رقم ٩ (ملحق رقم ٦) ان التوزيع الجغرافي للمناطق المعرضة للسيول في محافظة ضرما هي كما يلي:

١. امتدادت شعيب الحميض وشعيب المرير بالإضافة إلى مجموعة من الروافد من الناحية الشمالية (منطقة خشم المنجور) باتجاه المناطق السكنية لمحافظة ضرما، أهمها على الإحداثيات: 44" 36' 24° شمال & 33"06' 46° شرق و 31" 36' 24° شمال & 16"07' 46° شرق و 57" 36' 24° شمال & 31'07" 46° شرق و36" 36' 24° شمال & 08"08' 46° شرق.

٢. تجمعات متفرقة للسيول والمياه السطحية عند مواقع مختلفة خصوصاً منها عند أماكن التلاقي مع المناطق السكنية.

١٥. الأماكن الواقعة تحت خطر السيول في محافظة المزاحمية

يبين الشكل رقم ٩ ملحق رقم ٦ التوزيع الجغرافي للمواقع المُعرضة للسيول في محافظة المزاحمية ونطاقها الجغرافي الذي تمت دراسته وكانت مساحته هي حوالي ٢٤٢ كلم^{٢}. حيث أن هذه المواقع تبقى تحت هذا الخطر الطبيعي ما لم يتم القيام بأعمال وقائية للحد أو التخفيف من تأثير السيول عند حدوث الذروات المطرية. حيث أن المناطق التي هي تحت خطر السيول تشكل ٠,١٦٪ من كامل النطاق الجغرافي لمحافظة المزاحمية وهي نسبة خفيفة جدا.

ويتضح من الشكل رقم ٩ ملحق رقم ٦ أن التوزيع الجغرافي للمناطق المعرضة للسيول في محافظة المزاحمية هي كما يلي:

١. شعيب السقطة من الناحية الشمالية والذي يتلاقى مع المناطق السكنية في أحياء المروج، الحزيمية وبلدة حضارة القديمة.

٢. بعض الروافد الصغيرة والتي تنحصر في منطقتي الرفيعة وهدلولة.

٣. رافد من الجهة الشمالية يتصل بمنطقة المليحية.

١٦. الأماكن الواقعة تحت خطر السيول في محافظة رماح

يبين الشكل رقم ٩ (ملحق رقم ٦) التوزيع الجغرافي للمواقع المُعرضة للسيول في محافظة رماح ونطاقها الجغرافي الذي تمت دراسته وكانت مساحته هي حوالي ٧٤ كلم^{٢}. حيث أن هذه المواقع تبقى تحت هذا الخطر الطبيعي ما لم يتم القيام بأعمال وقائية للحد أو التخفيف من تأثير السيول عند حدوث الذروات المطرية. حيث أن المناطق التي هي تحت خطر السيول تشكل ٠,٢٩٪ من كامل النطاق الجغرافي لمحافظة رماح وهي نسبة خفيفة.

ويتضح من الشكل رقم ٩ (ملحق رقم ٦) ان التوزيع الجغرافي للمناطق المعرضة للسيول في محافظة رماح (حسب الأولوية) هي كما يلي:

١. بعض ضفاف وادي الطوقي وكذلك التعرجات (Meanders) الذي يمتد شمالي رماح بمحاذاة المناطق السكنية.

٢. مناطق متفرقة ضمن المواقع السكنية لمحافظة رماح

١٧. الأماكن الواقعة تحت خطر السيول في محافظة ثادق

يبين الشكل رقم ٩ (ملحق رقم ٦) التوزيع الجغرافي للمواقع المُعرضة للسيول في محافظة ثادق ونطاقها الجغرافي الذي تمت دراسته وكانت مساحته هي حوالي ٦٩ كلم٢. حيث أن هذه المواقع تبقى تحت هذا الخطر الطبيعي ما لم يتم القيام بأعمال وقائية للحد أو التخفيف من تأثير السيول عند حدوث الذروات المطرية. حيث أن المناطق التي هي تحت خطر السيول تشكل ٠,٧٣٪ من كامل النطاق الجغرافي لمحافظة ثادق وهي نسبة خفيفة.

ويتضح من الشكل رقم ٩ (ملحق رقم ٦) ان التوزيع الجغرافي للمناطق المعرضة للسيول في محافظة ثادق هي كما يلي:

١. روافد مجموعة من الأودية الصغيرة التي تنحدر ما بين جبال الحجائر وجبل العيرة جنوب غرب ثادق. حيث تتلاقى مع المناطق السكنية في نقاط مختلفة الإحداثيات 07" 18' 25° شمال & 33" 51' 45° شرق و 55" 17' 25° شمال & 43" 51' 45° شرق و 09" 15' 25° شمال & 21" 51' 45° شرق، وكذلك عند منطقة الديرة القديمة على طريق الملك عبدالعزيز وسوق الجو.

٢. التقاء شعيب بعيثران مع المناطق السكنية بالقرب من سد ثادق عند الإحداثيات: 31" 16' 25° شمال & 27" 52' 45° شرق

١٨. الأماكن الواقعة تحت خطر السيول في محافظة حريملاء

يبين الشكل رقم ٩ (ملحق رقم ٦) التوزيع الجغرافي للمواقع المُعرضة للسيول في محافظة حريملاء ونطاقها الجغرافي الذي تمت دراسته وكانت مساحته هي حوالي ١٢٥ كلم^{٢}. حيث أن هذه المواقع تبقى تحت هذا الخطر الطبيعي ما لم يتم القيام بأعمال وقائية للحد أو التخفيف من تأثير السيول عند حدوث الذروات المطرية. حيث أن المناطق التي هي تحت خطر السيول تشكل ١,١٠٪ من كامل النطاق الجغرافي لمحافظة حريملاء وهي نسبة متوسطة.

ويتضح من الشكل رقم ٩ (ملحق رقم ٦) ان التوزيع الجغرافي للمناطق المعرضة للسيول في محافظة حريملاء هي كما يلي:

١. امتداد شعيب الشعبة شمال حريملاء حيث يتلاقى مع طريق الملك عبدالله والمنطقة المجاورة.

٢. شعيب أبو كتادة الذي يمر جنوب حريملاء بمحاذاة طريق الملك سعود ليصل إلى منطقة المزارع عند الإحداثيات: 04" 07' 25° شمال & 14" 07' 46° شرق.

٣. شعيب يمتد من جبال طويق ليصل حريملاء عند عدة مواقع على طريق سوق الجريد.

٤. شعيب من مزارع الرميلة ويمتد جنوباً إلى منطقة المزارع.

٥. روافد من الجنوب وتحديداً من جبل الخزيمي باتجاه منطقة كبري القرينة.

٦. منطقة مزارع الخنقة على طريق حريملاء - ملهم.

١٩. الأماكن الواقعة تحت خطر السيول في محافظة الحريق

يبين الشكل رقم ٩ (ملحق رقم ٦) التوزيع الجغرافي للمواقع المُعرضة للسيول في محافظة الحريق ونطاقها الجغرافي والذي كانت مساحته هي حوالي ١١٦ كلم^{٢}. حيث أن هذه المواقع تبقى تحت هذا الخطر الطبيعي ما لم يتم القيام بأعمال وقائية للحد أو التخفيف من تأثير السيول عند حدوث الذروات المطرية. حيث أن المناطق التي هي تحت خطر السيول تشكل ٣,٠٥ ٪ من كامل النطاق الجغرافي لمحافظة الحريق وهي تعتبر نسبة مرتفعة.

حيث يتبين أن التوزيع الجغرافي للمناطق المعرضة للسيول في محافظة الحريق (حسب الأولوية) هي كما يلي:

١. وادي الحريق من سد الحريق عند الإحداثيات 16" 40' 23° شمال & 00" 26' 46° شرق، وحتى إحداثيات 14" 37' 23° شمال & 57" 28' 46° شرق، حيث يلتقي بالمناطق السكنية لمحافظة الحريق.

٢. وادي الأيسر والذي يمتد من جنوب- غرب محافظة الحريق حتى يصل المدينة من نقطتين عند الإحداثيات 01" 37' 23° شمال & 02" 30' 46° شرق، و 46" 36' 23° شمال & 12" 30' 46° شرق.

٣. شعيب تربان والذي يمتد من أقصى جنوب- غرب محافظة الحريق حتى يتلاقى مع وادي الأيسر عند الإحداثيات السابقة على بداية المناطق السكنية في محافظة الحريق.

٢٠. الأماكن الواقعة تحت خطر السيول في محافظة مرات

يبين الشكل رقم ٩ (ملحق رقم ٦) التوزيع الجغرافي للمواقع المُعرضة للسيول في محافظة مرات ونطاقها الجغرافي الذي تمت دراسته وكانت مساحته حوالي ١٥٥ كلم^{2}. حيث أن هذه المواقع تبقى تحت هذا الخطر الطبيعي ما لم يتم القيام بأعمال وقائية للحد أو التخفيف من تأثير السيول عند حدوث الذروات المطرية. حيث أن المناطق التي هي تحت خطر السيول تشكل ٠,٢٥٪ من كامل النطاق الجغرافي لمحافظة مرات وهي نسبة خفيفة جداً.

ويتضح من الشكل رقم ٩ (ملحق رقم ٦) ان التوزيع الجغرافي للمناطق المعرضة للسيول في محافظة مرات هي كما يلي:

١. ضفاف مجموعة من الروافد الممتدة من الجهة الجنوب-غربية ليصل مرات أهمها عند السوق التجاري وآخر عند الإحداثيات 10" 20' 25° شمال & 28" 23' 45° شرق وآخر يصل إلى منطقة الديرة.

٢. شعيب كافت، بعد سد كافت، ليصل إلى منطقة عند الإحداثيات 32" 03' 25° شمال & 32" 28' 45° شرق.

٣. امتدادات وادي الصنع حتى مدخل مرات عند منطقة خشم السميرة.

٤. مجموعة روافد من الناحية الجنوب-غربية لتصل إلى طريق ثرمداء – شقراء.

ويبين الجدول رقم ٧ المواصفات المكانية للرقع الجغرافية للمناطق المعرضة لخطر السيول في منطقة الرياض.

جدول رقم ٧: المواصفات المكانية للمناطق المعرضة للسيول في منطقة الرياض.

	المحافظة	مساحة المواقع المعرضة للسيول (كم٢)	نسبة المساحة لمدينة الرياض وما جاورها	عدد الرقع (Polygons)	مساحة أكبر رقعة (م٢)	مساحة أصغر رقعة (م٢)	الأنماط السائدة للرقع الجغرافية للسيول
١	الرياض - الدرعية	٢٧	٠,٩١٪	٢٩٠٦	٦٤٤٦٧٢٧	٩٣٤٠	امتدادات طوليه مع الأودية المحيطة بالرياض، بالاضافة الى انحصار بعض المياه ما بين المناطق السكنية وانسيابها مع الممرات المختلفة (مثل الطرقات الداخلية)
٢	الخرج	٥,٣	٠,٥٧ ٪	٦١١	٣٠٩٢١٥	٠,٨٤	تطابق مع مسارات أودية متقطعة وكذلك تلاقيها مع المناطق السكنية أو انحسارها ضمن معوقات عمرانية.
٣	الدوادمي	١,١٧	١,٢٤ ٪	٥٢٠	٦٨٤٢٢	٠,٠٣	على امتدادات الأودية والروافد المختلفة والتي في اغلبها محادية لمدينة الدوادمي.
٤	المجمعة	١,١٦	٠,٤٨ ٪	٧٢٧	٩٤٤٣٩	٠,٠٣	تتوزع بشكل طولي مع الأودية في اغلب الأحيان ، وقد تكون تصادمية مع المناطق السكنية
٥	القويعية	٠,٦٨	٠,٢٦٪	٥٤٩	٢٢٨٤٥	٠,٠٣	امتدادات موازية تماماً للأودية والروافد الموجودة.
٦	وادي الدواسر	٢,١	٠,٤١ ٪	٦٧٥	٢٨٨٥	٥٧	تسربات مائية محدودة الأمتداد عبر الممرات الضيقة والطرقات الى المناطق المنخفضة والتي معظمها بمحاداة الطرق العامة.
٧	عفيف	١,٠٦	٠,٨٤ ٪	٣٣٦	٨٨٤٦٣	٠,٨٣	تكثر التجمعات المائية عند المواقع السكنية والتي تتخذ اشكال هذه المواقع. اضافة الى امتدا د بعضها بشكل طولي مع الأودية الموجودة.
٨	الزلفي	٢,٣٤	٠,٨١ ٪	٢١١	١٠١٦٩	٢,٥٩	ثلاثة أودية تتوزع بشكل طولي، وغالباً ما هي تصادمية مع المناطق السكنية
٩	الأفلاج	٦,٦	٣,٣٣ ٪	٢٠٦	١٢٤٣٩٩٦	٢,٨٤	تتوزع السيول باشكال طولية بشكل واضح مع امتدادات الأودية والروافد المختلفة.
١٠	حوطة بني تميم	٣,٠٥	١,٢١ ٪	١٦٥	١٨٤٦٠	٥٦	أودية بمسارات متقطعة و تلاقي مجموعة كبيرة منها قبل المنطقة السكنية للحوطة.
١١	المزاحمية	٠,٤٠	٠,١٦ ٪	١٦٤	٣٤٠٤٧	٠,٠٣	على امتداد بعض الأودية شمال المزاحمية. في حن انه تقل نسبة التقاء المياه مع المناطق السكنية
١٢	السليل	٥,٨	١,٣٥ ٪	٣٤٤	١٧٠٧٩	٤٧	أشكال طولية في معظمها حيث تلاقي مجموعة كبيرة ن الأودية عند مدينة السليل وكذلمك امتداد بعضها الى خارجها.
١٣	شقراء	١,١٠	٠,٨١ ٪	٢٣٠	١٥٣٩٤	٠,٧١	اغلبها تتوزع عند مناطق التلاقي ما بين الأودية والمناطق السكنية.
١٤	رماح	٠,٢٢	٠,٢٩ ٪	١٠٧	٢٨٧٠٠	٠,٠٨	امتداد للسيول على ضفاف وادي وبشكل موازي تقريبا
١٥	ضرما	١,٥٥	٠,٥٠ ٪	٢٩٢	٦٧٨٦٨	٢,٤٥	مجموعة من الأودية تتلاقى معظمها عند المنطقة السكنية لمدينة ضرما خصوصاً من الجهة الشمالية.
١٦	ثادق	٠,٥١	٠,٨١ ٪	٤٨٢	٥٨١٤١	٠,٠١	تظهر السيول، اضافةً على امتداد الأودية، عند المناطق السكنية
١٧	الحريق	٣,٥٤	٣,٠٥ ٪	٧٨	٤٥٩٩٥	٩٥١	تلاقي مجموعة من الأودية لتصب في المنطقة السكنية لمدينة الحريق.
١٨	حريملاء	١,٣٨	١,١٠ ٪	٣٢٢	٨٣٣٢٧	٠,٠١	معضمها بشكل طولي مع امتدادات الأودية الموجودة.
١٩	الغاط	١,٩	٠,٨ ٪	١٣٠	١٤٥٧٨	٠,٠١	وادي رئيسي يمتد الى داخل مدينة الغاط. اضافة الى مجموعة أودية ينحصر معظمها بسبب وجود المعوقات
٢٠	مرات	٠,٤	٠,٢٥٪	٨٢٤	١٢٩٧٤	٠,٠١	أنماط طولية من السيول على ضفاف الأودية والروافد المختلفة. إضافة إلى بعض التجمعات عند المناطق السكنية.

هـ. الخلاصة والمناقشة

تتضمن هذه الدراسة الجوانب الجيومورفولوجية والهيدرولوجية الرئيسية لأحواض التصريف المائي في منطقة الرياض حيث شهدت هذه المنطقة سيول في الفترات الأخيرة. ولعل دراسة مخاطر السيول لا يمكن ان تكون بشكل منفرد، بمعنى آخر لا يمكن دراسة مواقع السيول اعتماداً فقط على مكونات طبيعية وبشرية متاخمة تماماً لمواقع الخطر، بل يتعدى ذلك إلى مناطق أبعد لتشمل الأحواض التي تصب فيها. ومن هنا يتم اعتماد مفهوم أحواض التصريف المائي التي تحمل أثقالها من مسافات بعيدة لتصبها عند اول عائق طبيعي أو بشري.

تأتي هذه الدراسة بكل مفاهيمها الهيدرولوجية كي تكون أداة علمية تساعد في تحليل الوضع القائم لحركة المياه السطحية في منطقة الدراسة والحوض المرتبط بها. حيث تتألف هذه الدراسة من شقين أساسيين هما المواصفات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية اللذان يتمثلان بالخصائص المورفومترية والجيومترية للأنظمة المائية الموجودة ليأتي بعد ذلك الشق الآخر المتعلق بالتوزيع الجغرافي للمناطق التي كانت قد تعرضت للسيول.

أن النتائج والصيغ المورفومترية والجيومترية وكذلك التوزيع الجغرافي للمناطق المعرضة للسيول في هذه الدراسة هي معطيات ووثائق رقمية (Digital) تم بناؤها في النظم الجيوماتيكية الحديثة. إضافة إلى ذلك، فان المعلومات الجيومكانية (Geo-spatial) تم استخلاصها من التقنيات الفضائية، حيث تم تحليل صور فضائية عالية الدقة يمكنها مراقبة سطح الأرض ومتغيراته بقدرة تمييز تعادل الرؤية من ارتفاع بضعة عشرات من الامتار من الفضاء. وهناك دراسات عديدة مماثلة قامت بها الباحثة في مناطق عدة من المملكة مما يدعم تطبيق دراسات مشابهة مثل الدراسة الحالية بعد اتباع منهجيات وأساليب مختلفة آلت إلى أفضل النتائج وأكثرها موضوعية وواقعية.

ان تحليل عناصر الصيغ الجيومترية والمورفومترية الرئيسة لحوض التصريف المائي الذي يتصل بمنطقة الرياض كانت المرحلة الاولى للعمل. وهذه العناصر تتحكم بأنظمة الجريان المائي في الوضع الطبيعي للمنظومة المائية، أي بدون وجود العناصر البشرية التي دخلت ضمن هذه المنظومة وعملت على تغييرها بشكل كبير في معظم الأحيان. وهذا هو الوضع القائم حالياً في معظم الأنظمة المائية في المملكة.

ويبين الجدول التالي، العلاقة ما بين الخصائص الجيومترية وحدوث السيول. حيث تظهر نتائج هذه الخصائص بالنسبة لحدوث السيول ضمن خمس مستويات تبدأ من تأثير مرتفع جداً إلى تأثير ضعيف جداً. وبناءاً على مجموع هذه المستويات (٣٠) يمكن إعطاء وصف عام لفاعلية كل خاصية جيومترية بالنسبة لحدوث السيول، مع مراعاة التوزيع العمراني والذي قد يكون له تأثير مُغاير في نظام جريان المياه السطحي.

جدول رقم ٨: الخصائص الجيومترية وتأثيرها في حدوث السيول في أحواض التصريف المائي في منطقة الرياض.

	المحافظة		طول / عرض	مساحة / محيط	E	F	K	الانحدار العام للأسطح	التقييم العام	
١	الرياض الدرعية	حوض وادي السلي	XXXXX	XXXXX	XXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX	٣٠/٢٩	= ١٠٠/٩٧
		حوض وادي حنيفة	XXX	XXXX	XXX	XXXXX	XXXXX	XXX	٣٠/٢٣	= ١٠٠/٧٧
٢	الخرج		XX	X	XXX	XXX	XXXXX	X X	٣٠/١٦	= ١٠٠/٥٣
٣	الدوادمي		XXXX	XXXXX	XXXX	XXXXX	XXXX	XX	٣٠/٢٤	= ١٠٠/٨٠
٤	المجمعة		XX	XXXXX	XXX	XXXX	XXXXX	XXX	٣٠/٢٢	= ١٠٠/٧٣
٥	القويعية		XXX	XXXXX	XXX	XXXXX	XXX	XX	٣٠/٢١	= ١٠٠/٧٠
٦	وادي الدواسر		X	X	X	XX	XXXXX	X X X	٣٠/١٣	= ١٠٠/٤٣
٧	عفيف		XX	XXXXX	XX	XXX	XX	XX	٣٠/٥٣	= ١٠٠/٧٠
٨	الزلفي		XXXXX	XXXX	XXXX	XXXXX	XXXXX	XXXX	٣٠/٢٧	= ١٠٠/٩٠
٩	الأفلاج		XXXX	XXXX	XXXX	XXXXX	XXXXX	XX	٣٠/٢٤	= ١٠٠/٨٠
١٠	حوطة بني تميم		XX	XXXX	XXX	X XX XX	XXXX	XXX	٣٠/٢١	= ١٠٠/٧٠
١١	المزاحمية		XXX	XXXX	XXXX	XXXXX	XXX	XX	٣٠/٢١	= ١٠٠/٧٠
١٢	السليل		X	X	XX	XXX	XXXXX	X X X	٣٠/١٥	= ١٠٠/٥٠
١٣	شقراء		XX	XXXXX	XXX	XXXXX	XXX	X	٣٠/١٩	= ١٠٠/٦٣٠
١٤	رماح		XX	XXXXX	XXXX	XXXXX	XXXXX	XX	٣٠/٢٣	= ١٠٠/٧٧
١٥	ضرما		XX	XXXX	XXX	XXXXX	XXX	XX	٣٠/١٩	= ١٠٠/٦٣
١٦	ثادق		X	XXXXX	X	XX	X	XXX	٣٠/١٣	= ١٠٠/٤٣
١٧	الحريق		XX	XXXX	XXX	XX XX	XX	XX	٣٠/١٧	= ١٠٠/٥٧
١٨	حريملاء		XX	XXXXX	XX	XXXX	X	X	٣٠/١٥	= ١٠٠/٥٠
١٩	الغاط		XXX	XXXXX	XXX	XXXXX	XXXX	XXX	٣٠/٢٣	=١٠٠/٧٧

XXXXX: مرتفعة جداً، XXXX: مرتفعة، XXX: متوسطةً، XX: ضعيفة، XX: ضعيفة جداً.

اما الخصائص المورفومترية التي تم تحليلها في هذه الدراسة هي من الخصائص الرئيسة التي يتم عادة اعتمادها لمعرفة آلية الترابط ما بين الأودية والروافد المختلفة وعلاقتها بأنظمة الجريان المائي وتحديداً السيول (جدول رقم ٩). حيث أنه من المعروف ان الخصائص المورفومترية تلعب دوراً في آلية جريان المياه السطحية من مناطق مختلفة إلى نقطة محددة.

جدول رقم ٩: الخصائص المورفومترية وتأثيرها في حدوث السيول في أحواض التصريف المائي في منطقة الرياض.

	المحافظة		كثافة شبكة التصريف	انحدر المجرى الرئيسي	نسبة التعرج	كثافة التقاء الأودية	Br	التقييم العام	
١	الرياض الدرعية	حوض وادي السلي	XX	XXXXX	XX	X	XXXXX	٢٥/١٥	= ١٠٠/٥٠
		حوض وادي حنيفة	XXX	XX	XX	XXXXX	XXXXX	٢٥/١٧	= ١٠٠/٦٨
٢	الخرج		XXX	XXXXX	XX	XX	XXXX	٢٥/١٦	= ١٠٠/٦٤
٣	الدوادمي		X	X	XX	X	XXXX	٢٥/٩	= ١٠٠/٣٦
٤	المجمعة		XXXX	X	XXX	XXXXX	XXXX	٢٥/١٧	= ١٠٠/٦٨
٥	القويعية		XX	X	XX	XX	XXX	٢٥/١٠	= ١٠٠/٤٠
٦	وادي الدواسر		XXXX	XXX	X	X	XXXX	٢٥/١٨	= ١٠٠/٧٢
٧	عفيف		X	X	XXX	X	XX	٢٥/٨	= ١٠٠/٣٢
٨	الزلفي		XXXX	XXXXX	XX	X	XXXX	٢٥/١٦	= ١٠٠/٦٤
٩	الأفلاج		XXX	X	XXX	XXXXX	XXXX	٢٥/١٦	= ١٠٠/٦٤
١٠	حوطة بني تميم		XXX	XX	XX	X	XXX	٢٥/١١	= ١٠٠/٤٤
١١	المزاحمية		XXX	XXXX	XX	XXXXX	XXXX	٢٥/١٩	= ١٠٠/٧٦
١٢	السليل		XXXX	XXXX	X	X	XXX	٢٥/١٨	= ١٠٠/٧٢
١٣	شقراء		X	X	XX	X	XXXXX	٢٥/١٠	= ١٠٠/٤٠
١٤	رماح		XXX	XXXXX	X	XXXX	XX	٢٥/١٥	= ١٠٠/٦٠
١٥	ضرما		XXXX	X	XXX	XXXXX	XXX	٢٥/١٦	= ١٠٠/٦٤
١٦	ثادق		X	X	XXX	X	XXXX	٢٥/١٠	= ١٠٠/٤٠
١٧	الحريق		XXX	XXX	XX	X	XXX	٢٥/١٢	= ١٠٠/٤٨
١٨	حريملاء		X	X	XXX	X	XXXX	٢٥/١٠	= ١٠٠/٤٠
١٩	الغاط		XXXXX	XXXXX	X	X	XXX	٢٥/١٥	= ١٠٠/٦٠

XXXXX: مرتفعة جداً، XXXX: مرتفعة، XXX: متوسطةً، XX: ضعيفة، X: ضعيفة جداً.

أما الخرائط التي تم إنتاجها للرقع الجغرافية المعرضة لخطر السيول لمنطقة الرياض والتي تمت باستخدام التقنيات الفضائية ونظم المعلوماتية، فهي الأكثر دلالة وواقعية عن توزيع مناطق الخطر،وذلك لأنها بُنيت على تحديد المناطق التي جرت فيها السيول أو تجمعت فيها الكتل المائية بشكل واضح. وهذه المناطق هي رقع مكانية بأنماط جغرافية مختلفة نتجت عن الخصائص الجيومترية والمورفومترية لحوض التصريف المائي بالتداخل مع التوزيع العمراني والأنشطة البشرية السلبية منها أو الايجابية. لذلك فإن هذه الخرائط هي وثائق رقمية عالية الدقة المكانية لناحية التوزيع الجغرافي لمناطق خطر السيول.

إن كل رقعة جغرافية موجودة على الخريطة المُنتجة تعني وجود خطر محدق وقد ينتج عنه أضرار كبيرة خصوصاً في الرقع ذات الأبعاد المكانية الكبيرة. لذلك يجب الأخذ بعين الاعتبار كل أماكن الخطر والربط فيما بينها وبين نوعية الضوابط (القنوات، السدود، التغذية الاصطناعية، إلخ) التي يمكن عملها للحد والتخفيف من آثار مخاطر السيول والفيض المائي. كذلك فإن أعمال الضوابط قد تخفف من السيول بنسب مختلفة، فإن اقامة سد في منطقة جريان مائي سريع قد يخفف بشكل كبير من الخطر السيول مقارنة مع وجود سد آخر، وبنفس المواصفات، في منطقة تجمع مائي.

المراجع العربية

- الهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض. ٢٠١٣. تصريف السيول والأمطار بمنطقة الرياض.تقرير تفصيلي. وكالة الأمانة لشؤون بلديات المنطقة. ٥٨ صفحة

- آل سعود، م. ٢٠١٠a. خريطة مخاطر الفيضانات والسيول في مدينة جدة. مجلة بحوث جغرافية. العدد ٩١. ٢٠١٠.

- آل سعود، م. ٢٠١٠b .تطبيق تقنيات الجيومعلوماتية في دراسة الفيضانات والسيول في منطقة جدة عام ٢٠٠٩م. المجلة العربية لنظم الجيومعلوماتية. العدد ٣ (١)، ٢٠١٠.

- آل سعود، م. ٢٠١٤ .دراسة هيدرولوجية: وادي السلي منطقة الرياض. تقرير فني للهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض. ٤٨ صفحة.

- الحربي، ن. ٢٠٠٧.النمذجة الآلية لحوض وادي ملكان بإستخدام نظم المعلومات الجغرافية ونماذج الارتفاعات الرقمية: دراسة من منظور جيومورفولوجي. رسالة ماجستير غير منشورة. جامعة ام القرى. ٣١٧ صفحة.

- الشمراني، ع. ٢٠١١. التحليل المكاني للمناطق المهددة بالسيول في شمالي مدينة الرياض باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. رسالة ماجستير غير منشورة. جامعة الملك سعود.

- المخطط الإقليمي لمنطقة الرياض، الهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض. ٢٠١٥

المراجع الأجنبية

- Abdulrazzak M., J., Sorman, A., Onder, K., and Al-Sari, A. 1995. Flood estimation and impact: Southwestren region of Saudi Arabia. King Abdulaziz City for Science and Technology; Project No. ARP-10-51, Riyadh. Saudi Arabia.

- Al Saud M, 2007. Using satellite imageries to study drainage pattern anomalies in Saudi Arabia. Environmental Hydrology Journal 15(30), 1-15.

- Al Saud M, 2014. Flood Control Management for Jeddah City (Saudi Arabia) and its Surroundings. Springer Inc.

- AL-Momani, A., Shawqfah, M. 2012. Assessment and management of flood risks at the city of Tabuk, Saudi Arabia. the Holistic Approach to Environment 3(2013)1, 15-31.

- Al-Saud, M. 2009. Morphometric Analysis of Wadi Aurnah Drainage System, Western Arabian Peninsula, the Open Hydrology Journal, Vol.3: 1-10.

- Gravelius, H. 1914. Rivers.Berlin: G.J. göschen Publishing, Germany, 179p, 1914.

- Hegras, M., El-Moustafa, A., Kotb, A. 2013. Flood plain mitigation in arid regions case study: south of al-Kharj city, Saudi Arabia. International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences, IJRRAS 16 (1).

- Horton, R.E. 1932. Drainage basin characteristics. Trans. Am. Gcophys. Union, 13: 350-361.

- Schumm, S. 1956. The elevation of drainage systems and slopes in Bad Lands at Perth Amboy, New Jersey. Geol. Soc. Amer. Bull., Vol. 67, pp. 597-646

- Sorman, A., Abdulrazzak, M., J., and Onder, H. 1991. Analysis of Maximum Flood Events and their Probability Functions Under Arid Climate Conditions in Saudi Arabia, International Hydrology and Water Resources Symposium, Perth.

- Subyani, A., Qari, M., Matsah, M., Al-Modayan, A. and Al-Ahmadi, F. 2009. Utilizing remote sensing and GIS technologies to produce hydrological and environmental hazards in some Wadis, western Saudi Arabia (Jeddah-Yanbu). Dept of Hydrology. King Abdulaziz City For Science and Technology. General Directorate of Research Grants Program. Kingdom of Saudi Arabia.

- Sue J.M, Al-Juaidi, F.,. Bateman, M., Millington, A., 2008. First evidence for episodic flooding events in the arid interior of central Saudi Arabia over the last 60 ka", J. Quaternary Sci., Vol. 24 pp. 198–207. ISSN 0267-8179.

- Wisler C. & Brater E. 1959. Hydrology. John Wiley & Sons, New York.

الملاحـق

ملحق رقم ١: خرائط المنظومة المائية لحوض التصريف المائي في منطقة الرياض

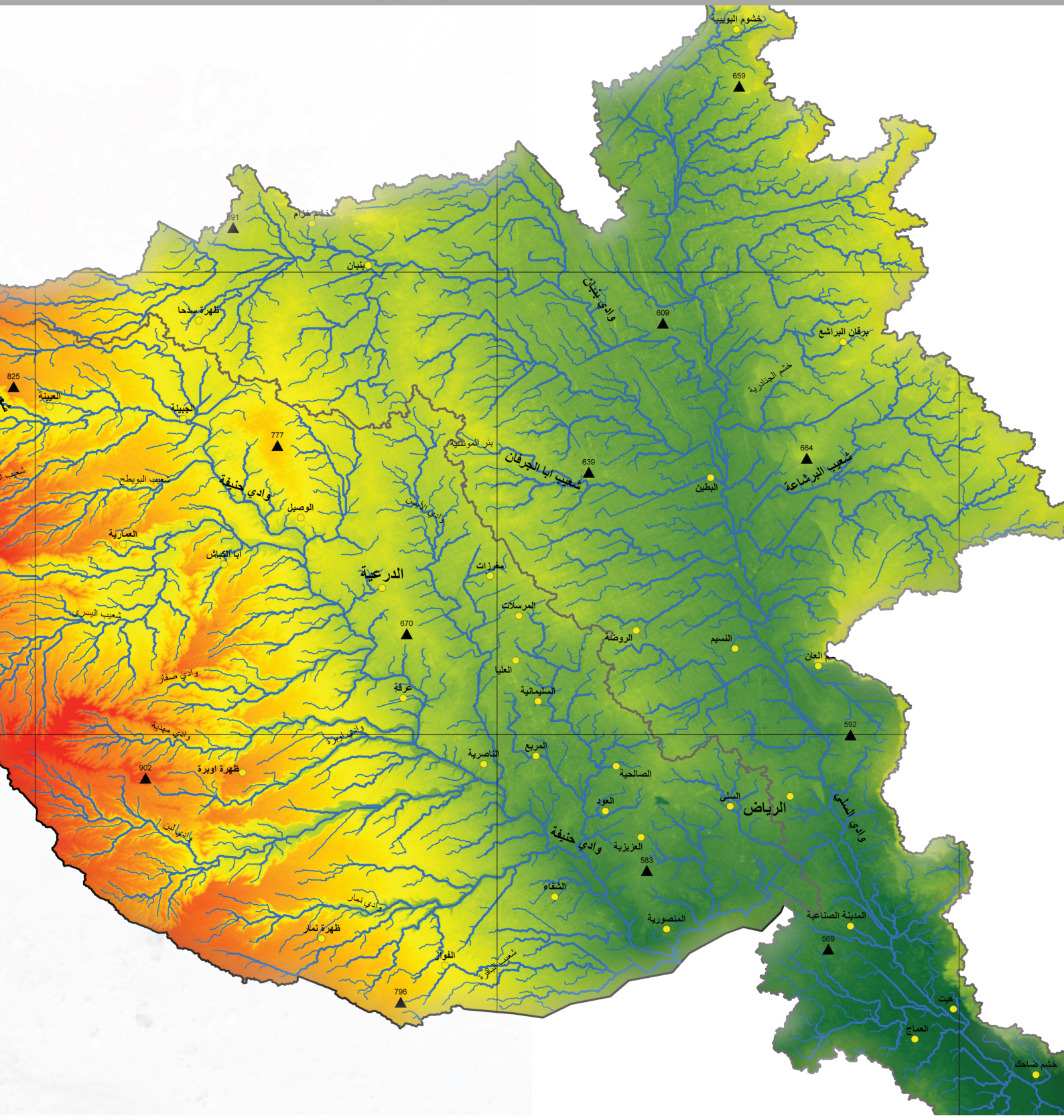
ملحق رقم ٢: خرائط المنظومة المائية لأحواض التصريف المائي في منطقة الرياض على النموذج الأرضي الرقمي ASTER GDEM

ملحق رقم ٣: خرائط المنظومة المائية لأحواض التصريف المائي في منطقة الرياض على صورة القمر الصناعي Geo-Eye

ملحق رقم ٤: خرائط انحدار الأسطح لأحواض التصريف المائي في منطقة الرياض

ملحق رقم ٥: خرائط رُتب الأودية لأحواض التصريف المائي في منطقة الرياض

ملحق رقم ٦: خرائط المناطق المعرضة للسيول في منطقة الرياض



الهَـيـْـئـة العُـلـيـَـا
لتطـويـْـر مَـدينـة الـريـَـاض