الجيوماتكـــس
والنمذجة الهيدرولوجية والهيدروليكية

محمود عبد الراضي أبو المجد (*)

الملخص :

تكمن أهمية الجيوماتكس في التحليل المكاني من خلال إنشاء خرائط تفاعلية وتحليل نماذج ثلاثية الأبعاد، مما يساهم في فهم أفضل للعلاقات المكانية والظواهر المكانية المعقدة، وإدارة الموارد الطبيعية والبيئية من حيث رصد وتتبع استخدام وإدارة الموارد الطبيعية مثل الأراضي والمياه والغابات والحياة البرية، وتحديد مساحات المحميات الطبيعية، وتحليل تغيرات المناخ، وتقييم التأثير البيئي للمشاريع والأنشطة الإنسانية، وأيضاً تخطيط المدن والبنية التحتية من خلال تحليل التضاريس وتقديم معلومات مكانية دقيقة تدعم عمليات تصميم الشوارع والمباني وأنظمة النقل والمرافق العامة، بالإضافة إلى تخطيط المدن والبنية التحتية، وتخطيط الطوارئ وإدارة الكوارث من خلال تحليل الأوضاع الجغرافية في حالات الطوارئ والكوارث، وتحديد المناطق المعرضة للمخاطر وتوجيه عمليات الإنقاذ والإغاثة.

يمكن حصر تقنيات الجيوماتكس في علوم الحاسب الآلي سواء الأجهزة المادية المكونة للحواسب الآلية، أو تقنيات البرامج المستخدمة، والخرائط والكارتوجرافيا، وعلم المساحة، ومعالجة الصور سواء الجوية أو الفضائية، والجيوديسيا، وتقنيات الاستشعار عن بعد، إلى جانب نظم المعلومات الجغرافية، ونظم تحديد المواقع العالمي، ونماذج الارتفاعات الرقمية، ونظم المسح بالليزر والاستشعار عن بعد عالي الدقة، وتكنولوجيا المسح الجيوفيزيائي، ونظم المساحة بالأقمار الصناعية، ونظم اتخاذ القرار، وصولاً إلى الذكاء الاصطناعي.

يمكن حصر أنواع النماذج الهيدرولوجية ، في (١٠) أشكال من النماذج المختلفة الاستخدام مثل؛ (النموذج ***(HEC-1)***، النموذج ***(HEC-HMS)***، النموذج ***(Rational Method)***، النموذج ***(TR-55)***، النموذج ***(TR-20)***، النموذج ***(MODRAT)***، النموذج ***(OC Rational)***، النموذج ***(OC Rational)***، النموذج ***(OC Hydrograph)***، النموذج ***(NSS)***، النموذج ***(GSSHA)***، بينما يمكن حصر أنواع النماذج الهيدروليكية في ثلاثة أنواع وهي (النموذج ***(HEC-RAS)***، النموذج ***(SMPDBK)***، النموذج ***(HY-8)***.

الكلمات الدالة : (الجيوماتكس - النمذجة الهيدرولوجية - النمذجة الهيدروليكية)

(*) البحث مستل من رسالة الدكتوراه الخاصة بالباحث، وهي بعنوان: [استخدام الجيوماتكس والنمذجة الهيدرولوجية في دراسة جيومورفولوجية منحدرات الحافة الغربية لوادي النيل فيما بين وادي نزلة عمارة البحري شمالاً ووادي سمهود جنوبًا]، وتحت إشراف: أ.د. كريم مصلح صالح – كلية الآداب – جامعة سوهاج & أ.د. محمود أحمد حجاب – كلية الآداب – جامعة سوهاج.

مقدمة :

يعد الجيوماتكس ***Geomatics*** من المصطلحات الحديثة التي تعبر عن مجموعة من التقنيات التي تستخدم في دراسة سطح الأرض، ويعد ذلك تطوراً كبيراً في مجال الدراسات التي تعتمد على الحاسب الآلي والعلوم التقنية، والذي يحتاج إلى مواكبة من قبل التخصصات ذات العلاقة، وإن تعدد واختلاف المفاهيم حول تسمية الجيوماتكس نابعة من حداثة المفهوم، (نجيب عبد الرحمن محمود الزيدي، أحمد محمد جهاد الكبيسي، ٢٠١٨، ص٤).

ويعتمد الجيوماتكس على الإمكانات المتاحة من التقنيات المتعلقة بجمع ومعالجة وتحليل البيانات المكانية، منهانظم المعلومات الجغرافية، والاستشعار عن بعد، المساحة التصويرية والأرضية، والجيوديسيا، والخرائط الرقمية، ونظم تحديد المواقع، وتقنيات الحاسب الآلي، وبذلك فهو أساسي لكل العلوم التي تعتمد على البيانات الجغرافية المكانية.

وقد أصبح متاحاً في الوقت الحاضر برمجيات حاسب آلي متعددة تتناول أساليب التحليل المكاني التي تدمج المكان مع التحليل الحسابي والاحصائي، ليتمكن الباحثين من قياس خصائص وعلاقات توزيع الظاهرات ومراحل تطورها، وتفسير تغيرها المكاني والزماني، وعلاقة ذلك بالظاهرات الأخرى المحيطة بها. (أشرف أحمد على عبد الكريم، محمد إبراهيم محمد شرف، ٢٠١٩، ص٢٥).

ومن صور أساليب دمج المكان مع التحليل الحسابي والاحصائي، هو دمج واحدة من أهم أساليب التحليل وهي (النمذجة) مع واحدة من أهم الظاهرات الطبوغرافية على سطح الأرض وهي (مائية السطح)، والتي تتشكل عبر شبكات التصريف المائي داخل الأحواض، وأصبح لدينا ما يسمى بالنمذجة الهيدرولوجية.

وتطورت عمليات النمذجة الهيدرولوجية والهيدروليكية بشكل كبير في السنوات الأخيرة، وخاصة مع تطور نظم المعلومات الجغرافية، وصور الاستشعار عن بعد، وظهور

نماذج الارتفاع الرقمية عالية الدقة، وظهور النماذج الهيدرولوجية الموزعة، وقد أدى ذلك لظهور تماذج توزيع أكثر تقدماً تساعد في تحليل البيانات وإخراج معلومات عالية الدقة.

ومع التطور التقني والعلمي وظهور الجيوماتكس، والنمذجة الهيدرولوجية والهيدروليكية أصبح للجغرافيين والمخططين المهتمين بالعلاقات المكانية استراتيجية علمية واضحة في وضع القرارات والسياسات الخاصة بالتنظيم المكاني، فضلاً عن تقييم الموارد وتوظيفها بصورة علمية مبنية على أسس وبرامج وتقنيات حديثة، وهو ما يتناسب تماماً ومنظور التنمية المستدامة، ورؤية مصر ٢٠٣٠.

أولاً: الجيوماتكس مفهومه، وأهميته :

(أ) مفهوم الجيوماتكس :

الجيوماتكس مصطلح استخدم في التعبير عن ما يتعلق بإدارة وعرض واستخدام المعلومات المكانية المتعلقة بعلوم الأرض والهندسة، وتعود أصول هذه التسمية إلى نهاية الستينات من القرن الماضي حيث قام الباحث الفرنسي (بيرنار دي بيسون) باستعمال مصطلح الجيوماتكس، وهو مصطلح مركب من مقطعين وهما؛ ***(Geo)*** بمعنى الأرض، ***(Matique)*** بمعنى علوم الحاسب الآلي بالفرنسية، وفي ثمانينات القرن الماضي تطور المفهوم وأصبح الجيوماتكس تدرس كمادة علمية في جامعة لافال. (نجيب عبد الرحمن محمود الزيدي، أحمد محمد جهاد الكبيسي، ٢٠١٨، ص٩).

والتعريف المعتمد من قبل المعهد الكندي للجيوماتكس هو : " جملة التطبيقات التي تعتمد على منظومة شاملة تضم كل الوسائل الضرورية لجمع وإدارة البيانات اللازمة لإنتاج وتحليل المعلومات الجغرافية والمكانية ". (خلف حسين علي الدليمي، أحمد محمد جهاد الكبيسي، ٢٠١٢، ص١٥).

والجيوماتكس هو الاسم العلمي الذي يطلق على العلوم والتقنيات المتعلقة بالبيانات الجغرافية بهيئتها الرقمية بما فيها المسوحات الجغرافية ونظم المعلومات المكانية بما يشمل

جمع المعلومات العمرانية والمعالجة والتحليل والعرض وإخراج الخرائط وإدارة البيانات الجغرافية. ***(Charles, D., G., & Paul, R., W., 2012, pp: 3-4).***

ويعرفها خلف حسين علي الدليمي، وعلي خليل خلف الجابري، بأنها استخدام مجموعة من التقنيات والبرمجيات الحاسوبية، المعدات والآلات المسحية، في جمع وتحلل وتخزين وعرض وإدارة البيانات والمعلومات المكانية (الرقمية والوصفية)، إذ تضم نظم المعلومات الجغرافية، والاستشعار عن بعد، واالجيوديسيا، والمساحة، ونظم تحديد المواقع العالمي، والخرائط الرقيمة، بالإضافة إلى برامج الحاسب الآلي المتخصصة. (خلف حسين علي الدليمي، وعلي خليل خلف الجابري، ٢٠١٨م، ص١١).

وعرف جمعة محمد داود، علم الجيوماتكس بأنه أسلوب متكامل متعدد التخصصات لاختيار الأجهزة والتقنيات المناسبة لجمع وتخزين ونمذجة وتحليل واسترجاع وعرض وتوزيع المعلومات المكانية الناتجة من عدة مصادر، والمحددة الدقة والخصائص في صورة رقمية. (جمعة محمد داود، ٢٠١٤، ص٢).

ومن هنا نستخلص أن الجيوماتكس هي مجموعة من التخصصات والتقنيات التي تهدف إلى توفير دعم حيوي في إدارة الأراضي من أجل قياس مناسب للظروف الإقليمية الثابتة ولتحديد وتحليل التطورات الديناميكية المحتملة، من أجل معرفة والتنبؤ بحالات الخطر والمخاطر في خدمة أنشطة التحذير المحتملة في ظروف التشغيل القريبة من تلك الموجودة في الوقت الفعلي.

(ب) أهمية الجيوماتكس :

يعتبر علم الجيوماتكس من المجالات الهامة والحيوية في العلوم الجغرافية والهندسية، والمساحية، والجيولوجية، والكثير من العلوم الأخري والمجالات سواء كانت تلك المجالات طبيعية أو بشرية، حيث يلعب دورًا مهمًا في فهم وتحليل وإدارة المعلومات المكانية والبيانات الجغرافية. وتأتي أهميته من مجموعة من الجوانب:

١) التحليل المكاني :

يسمح علم الجيوماتيكس بتحليل البيانات المكانية من خلال إنشاء خرائط تفاعلية وتحليل نماذج ثلاثية الأبعاد، مما يساهم في فهم أفضل للعلاقات المكانية والظواهر المكانية المعقدة.

٢) إدارة الموارد الطبيعية والبيئية :

يساهم الجيوماتيكس في رصد وتتبع استخدام وإدارة الموارد الطبيعية مثل الأراضي والمياه والغابات والحياة البرية، ويمكن استخدام تقنيات الجيوماتيكس في تحديد مساحات المحميات الطبيعية، وتحليل تغيرات المناخ، وتقييم التأثير البيئي للمشاريع والأنشطة الإنسانية، وبذلك فهو يساهم في رصد وتحليل تغيرات البيئة، وبالتالي يساعد في تطوير استراتيجيات لإدارة الموارد الطبيعية وحماية البيئة.

٣) تخطيط المدن والبنية التحتية :

يساهم الجيوماتيكس في تخطيط وتطوير المدن والبنية التحتية (طرق النقل والمواصلات، المياه الصالحة للشرب، الكهرباء، الصرف الصحي، خطوط الاتصالات والإنترنت ..... وغيرها) بشكل فعال، بالإضافة إلى توزيع الخدمات المجتمعية (الصحة، التعليم، الترفيه، الأمن .... وغيرها)، من خلال تحليل التضاريس وتقديم معلومات مكانية دقيقة تدعم عمليات تصميم الشوارع والمباني وأنظمة النقل والمرافق العامة.

٤) الأبحاث العلمية والاستكشاف :

يستخدم الجيوماتيكس في البحوث الجغرافية والعلمية مثل الدراسات الجيومورفولوجية، والبيئية، والمناخية، لتحليل التركيب المكاني للظواهر والعمليات، ويمكن استخدام تقنيات الجيوماتيكس في دراسة تغيرات الجغرافيا الطبيعية والاجتماعية مع مرور الزمن، ودراسات توزيع استخدامات الأرض، ورصد التغيرات بها.

٥) المساحة والهندسة المدنية :

يستخدم الجيوماتيكس في عمليات المساحة والرصد والتحكم في البنية التحتية، ويمكن أن تساهم التقنيات المتقدمة في الجيوماتيكس في تحسين دقة القياسات وزيادة الكفاءة في عمليات الهندسة المدنية، بالإضافة إلى دراسات اتجاهات التوسع المستقبلي للمدن.

٦) تخطيط الطوارئ وإدارة الكوارث :

يمكن استخدام الجيوماتيكس في تحليل الأوضاع الجغرافية في حالات الطوارئ والكوارث، وتحديد المناطق المعرضة للمخاطر وتوجيه عمليات الإنقاذ والإغاثة.

٧) المعلومات الجغرافية عبر الإنترنت :

تقنيات الجيوماتيكس تُمكن من إنشاء ونشر خرائط ومعلومات جغرافية عبر الإنترنت، مما يسهم في تعزيز التواصل وتبادل المعلومات بين الجمهور والمهنيين.

٨) التخطيط الاستراتيجي واتخاذ القرار :

يُعتبر الجيوماتيكس مصدرًا قيمًا للمعلومات المكانية التي يمكن استخدامها في اتخاذ القرارات الاستراتيجية في مجموعة متنوعة من المجالات مثل الاقتصاد والسياسة والتنمية.

أي أن الجيوماتكس تكمن أهميته في أنه مصدر لتوفير البيانات والمعلومات المختلفة وخلال فترة قصيرة، وتحليل تلك البيانات حسب الهدف من الدراسة، وعرض المعلومات حسب الحاجة، بالإضافة إلى تحديث تلك المعلومات بشكل مستمر، بهدف استخدامها في إدارة الخدمات المختلفة ومتابعة التطورات بها، فضلاً عن أنه يمثل مصدراً هاماً في الحصول على المعلومات المتاحة في وقت الحاجة، مما يؤدي إلى تحسين القرارات والممارسات في مجموعة متنوعة من المجالات ويسهم في فهم أفضل للعلاقة بين الإنسان والبيئة.

ثانياً : تقنيات الجيوماتكس :

يعتمد الجيوماتكس على بعض العلوم المساعدة والتقنيات، والتي تعتبر في الوقت نفسه أدواته ومكوناته الأساسة، والتي أصبحت متوفرة من تداخل عدد من العلوم والتقنيات المتعلقة بجمع ومعالجة وتحليل البيانات المكانية، ومنها ما يلي :

١) علوم الحاسب الآلي : *Computer Science*

فالجيوماتكس يعتمد بصفة أساسية على علوم الحاسب الآلي سواء الأجهزة المادية المكونة للحواسب الآلية، أو تقنيات البرامج المستخدمة، حيث تقوم أجهزة الحاسب بتخزين البيانات، بينما تقوم البرامج بتحليل تلك البيانات واستنباط المعلومات وعرضها.

٢) الخرائط والكارتوجرافيا : *Maps and Cartography*

الخريطة هي تمثيل اصطناعي للواقع الجغرافي، يمثل ظاهرات معينة، ويتم هذا التمثيل لاستخدامه عندما تكون المعلومات المكانية هي الأساس المطلوبة رسمه وتمثيله، وتعتمد الكارتوجرافيا على العديد من العلوم الأساسية مثل الجغرافيا، والهندسة، والرياضيات، والفيزياء، والتقنيات الإحصائية، وعلوم الحاسب. (جمعة محمد داودد، ٢٠١٥، ص٤).

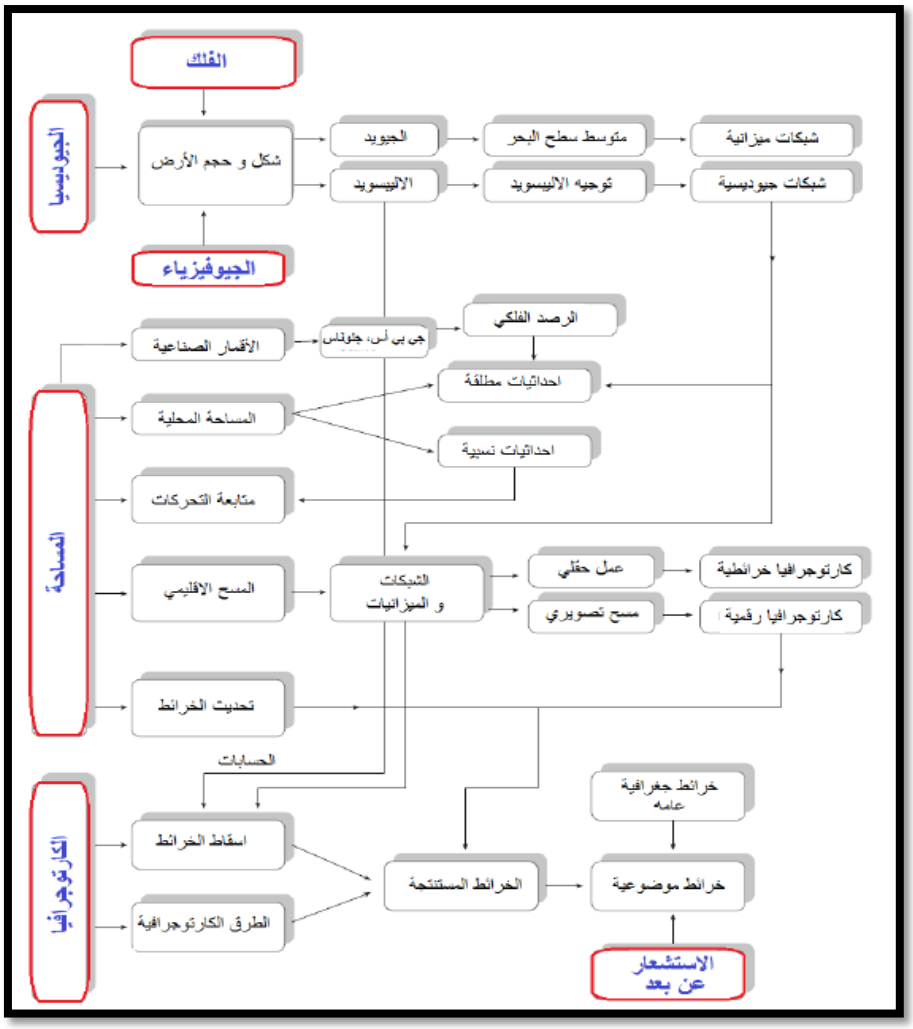
٣) المساحة : *Surveying*

وهي علم وصف معالم سطح الأرض باستخدام القياسات والرسوم، ويتعامل هذا المكون مع جمع البيانات المكانية باستخدام أدوات مثل البوصلات والميزان وأجهزة المسح الإلكترونية، ويستخدم المسح والمساحة لتحديد الأبعاد والمساحات والزوايا للأراضي والمباني.

٤) المساحة التصويرية، ومعالجة الصور : *Photogrammetry and Image Processing*

وهي عملية اشتقاق معلومات مترية عن ظهارة معينة من خلال قياسات تتم على الصور الجوية، وذلك بهدف الحصول على معلومات وصفية وقياسية عن الظاهرة المحددة، وقد اتسع مفهومها ليشمل التفسير الرقمي للصور باستخدام أجهزة وبرامج الحاسب الآلي،

حيث تتضمن معالجة الصور استخدام برمجيات خاصة لتحليل وتحسين الصور الجغرافية الملتقطة بواسطة الأقمار الصناعية أو طائرات بدون طيار أو غيرها من الوسائل.



المصدر : نقلاً من (جمعة محمد داود، ٢٠١٥، ص ٣).

شكل (١) تقنيات الجيوماتكس الرئيسية والعلاقات بينهم

٥) الجيوديسيا : *Geodesy*

يهتم علم الجيوديسيا بتحديد شكل وأبعاد كوكب الأرض، وذلك من خلال شقين؛ الشق الأول الجيوديسيا الطبيعية، والتي تقوم بتحديد مجال الجاذبية الأرضية وبالتالي تحديد الشكل

الحقيقي للأرض، والشق الثاني الجيوديسيا الهندسية، والتي تقوم بتحديد مواقع النقاط والظاهرات الأرضية من خلال قياسات الأقمار الصناعية. (جمعة محمد داود، ٢٠١٥، ص٤).

٦) الاستشعار عن بعد : *Remote Sensing (RS)*

تشمل هذه التقنية استخدام الأقمار الصناعية لجمع صور فضائية وبيانات إشعاعية من مختلف الأطوال الموجية والطائرات بدون طيار وغيرها من الأدوات لجمع البيانات المكانية عن بعد، وتحليل صور الأقمار الصناعية لرصد التغيرات في البيئة مثل تغيرات الغطاء النباتي وتسجيلات درجات الحرارة، وتحليل الأنماط المكانية، ويتيمز الاستشعار عن بعد بإمكانية استشعار نفس المنطقة عدة مرات في فترات زمنية مختلفة، وهو ما ينتج بإخراج خرائط محدثة بصفة دورية، مما يساعد في متابعة الظواهر الجغرافية الديناميكية.

٧) نظم المعلومات الجغرافية : *Geographic Information Systems (GIS)*

وهي أحد أهم المكونات في علم الجيوماتيكس، وتعتمد نظم المعلومات الجغرافية على تخزين البيانات المكانية وإدارتها وتحليلها باستخدام قواعد بيانات مكانية، وإنشاء وتحرير وعرض الخرائط التفاعلية والبيانات المكانية، تحليل العلاقات المكانية والتفاعلات بين العناصر المختلفة، وإجراء تحليلات مكانية معقدة تعتمد على :

- البيانات المكانية : الموقع أو الإحداثيات المنسوبة لنظم متعددة.
- البيانات الغير مكانية : (الاسم، المساحة، النوع .... وغيرها).
- العلاقت المكانية : بين الظاهرة المراد دراستها والمعالم المحيطة بها.

٨) نظم تحديد المواقع العالمي : *Global Positioning Systems (GPS)*

تسمح نظم تحديد المواقع العالمي بالحصول على الاحداثيات ثلاثية الأبعاد لأى ظاهرة سواء كانت ثابتة أو متحركة في أي مكان على الأرض وتحت أي ظروف مناخية، حيث تستخدم نظم تحديد المواقع العالمي لتحديد مواقع الأشياء بدقة باستخدام شبكة من الأقمار الصناعية من خلال حساب المسافة بين الجهاز والقمر الصناعي بمعرفة الزمن المستغرق بين لحظة إرسال الإشارة من القمر الصناعية لحظة استقبالها في الجهاز.

٩) نماذج الارتفاعات الرقمية : ***Digital Elevation Models (DEMs)***

وهي تمثيل رقمي للارتفاعات والتضاريس لسطح الأرض والمناطق الجغرافية، وتعتبر هذه النماذج من أهم أدوات الجيوماتيكس، والهندسة المدنية، والجيولوجيا، وعلوم البيئة، حيث تقوم هذه النماذج بتقديم معلومات دقيقة حول الارتفاعات والتضاريس، مما يساعد في فهم وتحليل البيئة الجغرافية بشكل أفضل.

١٠) نظم المسح بالليزر والاستشعار عن بعد عالي الدقة : ***High-Precision LiDAR and Remote Sensing Systems (LIDAR – RSS)***

تستخدم تقنية الليزر وتقنيات الليدار ***(LIDAR)***، لقياس المسافات بدقة عالية وإنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد للظاهرات الطبيعية والبشرية، والاستشعار بالرادار للحصول على بيانات مكانية حتى في الظروف الجوية والإضاءة السيئة.

١١) نظم المعالجة المكانية : ***Spatial Processing Systems (SPS)***

وهي تشبه نظم المعلومات الجغرافية، لكنها تركز بشكل أكبر على المعالجة المكانية للبيانات المكانية بدلاً من تخزينها، وتستخدم لتحليل البيانات والنماذج المكانية، حيث تشمل هذه التقنيات معالجة وتحليل البيانات المكانية، مثل تحويل التنسيقات الجغرافية وتحسين دقة الصور والتعامل مع البيانات ثلاثية الأبعاد.

١٢) نظم المساحة بالأقمار الصناعية : ***Global Navigation Satellite System (GNSS)***

هذه النظم تستخدم أقمارًا صناعية متعددة لتحديد مواقع الأشياء بدقة عالية، وتستخدم في تحديد المواقع والملاحة والتوقيت.

١٣) تكنولوجيا المسح الجيوفيزيائي : ***Geophysical Survey Technology (GST)***

تقنيات مثل المسح الكهربائي والمغناطيسي لفهم الخصائص الفيزيائية للأرض ومكوناتها.

١٤) نظم المعلومات الفضائية : *Space Information Systems (SIS)*

تطوير تقنيات تحليل متقدمة باستخدام البيانات الفضائية مثل تحليل الأقمار الصناعية عالية الدقة والرادار، حيث تعمل على تكامل مصادر البيانات المكانية المتعددة لتوفير منظور شامل وتحليل أفضل.

١٥) نظم اتخاذ القرار : *Decision Support System (DSS)*

وتهدف إلى تطبيق نظم معلومات جغرافية معقدة ومركبة بهدف انتاج سيناريوهات محتملة لنمذجة الواقع الحقيقي على الأرض وتوفير مجموعة من الحلول لمتخذي القرار.

١٦) الذكاء الاصطناعي : *Artificial Intelligence (AI)*

وهي أجهزة حاسب آلي ذات مميزات معينة، تحاكي الإدراك البشري، وقدارته على إدارة الحقائق المركبة، بصورة دقيقة جداً وسريعة للغاية.

يتضح مما سبق أن هذه المكونات تشكل الأسس الأساسية لعلم الجيوماتكس، ويمكن توسيعها بمزيد من التخصصات والتقنيات حسب الاحتياجات والتطبيقات المحددة، حيث يتم تطوير وتحسين هذه التقنيات باستمرار لتحقيق فهم أفضل للظاهرات الجغرافية المحيطة بنا والبيئة المكانية.

ثالثاً : مفهوم النمذجة الهيدرولوجية وتصنيفها :

تمثل النمذجة الهيدرولوجية والهيدروليكية أحد الجوانب الأساسية في فهم وتحليل سلوك المياه في الأنظمة الهيدرولوجية، حيث تعتبر أدوات حيوية لفهم العمليات المائية وتحليلها، وتهدف إلى تقدير وتنبؤ حركة وسلوك المياه في مجموعة متنوعة من السيناريوهات،سواء في سياقات البحث العلمي أو تطبيقات الهندسة المائية وإدارة الموارد المائية، وبواسطة هذه النماذج، يمكن للباحثين والمهندسين تقدير تأثيرات الأحداث المناخية والتغييرات البيئية على الموارد المائية، وبالتالي تحسين استراتيجيات إدارة المياه واتخاذ القرارات المستدامة.

(أ) مفهوم النمذجة الهيدرولوجية :

قبل التطرق إلى مفهوم النمذجة الهيدرولوجية كان لازماً توضيح مفهوم النمذجة والنمذجة المكانية والتي تعد النمذجة الهيدرولوجية أحد أنواعها.

١) مفهوم النمذجة : *Modeling*

وهي تجريد للواقع يرتكز على جمع معلومات عن نظام ما بغرض تحليله وفهم سلوكه وإجراء تجارب وافتراضات لا يمكن إجرائها عليه بشكل مباشر، وقد تكون النمذجة ذو بعدين ***2D Modeling***، أو ثلاثية الأبعاد ***3D Modeling***، ومن أهم طرق النمذجة ما يلي:

- **الطريقة الأولى :**

وتتمثل في استخدام البيانات الخطية ***Vector Data***، ونماذج الارتفاعات الرقمية ***DEM***، والصور الجوية ***Aerial Photo***.

- **الطريقة الثانية:**

تتمثل في استخدام صور الأقمار الصناعية ***Satellite Images***.

- **الطريقة الثالثة:**

تتمثل في استخدام بيانات المسح الأرضي باستخدام أجهزة المساحة الأرضية والجوية كجهاز تحديد المواضع العالمية ***Global Positioning System***، مع إمكانية تحويل الخرائط ثنائية الأبعاد إلى ثلاثية الأبعاد باستخدام نماذج الأسطح الرقمية ***Digital Surface Model***.

٢) مفهوم النمذجة المكانية : *Spatial modeling*

بأنها طريقة أو أسلوب لدراسة وتقييم نظام ما بهدف تقريب العالم الواقعي الذي يصعب توفيره بسبب التكلفة المادية أو الصعوبات التطبيقية مع فهم البيانات بسرعة أكبر والوصول إلى استنتاجات يصعب صياغتها باستخدام البيانات الرقمية والنصية البسيطة بحيث يسهل معها حل المشكلات المتوقعة ومراقبتها والتخطيط لها، والنماذج المكانية نوعان الأول : يكون جامد، أما الثاني : فيكون متحرك، والنوع الثاني هو الذي يستخدمه الجغرافيين في نمذجة التغيرات الزمنية التي تحدث للظاهرة، حيث أن هذا النوع من النمذجة يستعين بالتقنيات

الحديثة ومن هذه التقنيات الاستشعار عن بعد – نموذج الارتفاعات الأرضية ***DEM*** – والمرئيات الفضائية – ***GIS***).

٣) الهدف من بناء النماذج المكانية :

الهدف من بناء النماذج المكانية هو تحقيق ثلاثة أهداف رئيسية هي :

- التقييم : وهو تقيم الظاهرة.
- التقدير : وهو تقدير الظاهرة وعناصرها والتعرف على تأثيرها على الانسان والبيئة.
- التنبــؤ : حيث يستفاد من التنبؤ هذا بالتغيرات التي تحدث على الظاهرة الجغرافية عبر الزمن.

ويمكن القول بأن معرفة النموذج الذي تشكله البيانات مفيد في فهم الظواهر الجغرافية بشكل أفضل، وفي الحقيقة أن معرفة التوزيع المكاني لأي ظاهرة مثل الجريان السيلي مهم بقدر معرفة أسبابه علماً بأن التباين المكاني مفتاح كشف أسباب الظاهرة. لذا فإن النمذجة لا تعني فقط اختيار نماذج للدراسة ومن ثم تمثيل هذه النماذج على شكل خرائط وهو ما يلاحظ في الكثير من الدراسات الجغرافية التي اعتمدت (النمذجة المكانية)، إذ أن هذه الطريقة قائمة على أسباب قد تكون غير مقنعة في اختيار موضع العينة والمسافات فيما بينها وتجعل الباحث يواجه مشكلة عدم دقة اختيار مواضع النماذج وقد تتشابه النتائج في كثير من المواضع كونها في نفس النطاق ويتم تعميمها على أنها تباين منفصل الأسباب أو تباين خاص، من هنا فالنمذجة فهم في الجغرافيا على أنها على أقل تقدير ينبغي أن تكون أسلوب أو طريقة لإيجاد أفضل مواضع لنماذج القياس مما يعني استعمال أساليب مختلفة لأثبات صحة الاختيار.

٤) النمذجة الهيدرولوجية :

تم تطوير عدة نماذج لمحاكاة النظم الهيدرولوجية ابتداءً من هطول الأمطار وحتى تدفقها عبر المجاري المائية. ***(Beven, K., J., 2001, p. 345)*** ، وتقوم النمذجة الهيدرولولجية على أساس رياضي، وتمثيل مفاهيمي للنظام الهيدرولوجي على الطبيعة (***(Kite, G., & Pietroniro, A., 1996, p.564***، ويتمثل الاستخدام الرئيس للنماذج الهيدرولوجية في محاكاة النظام الهيدرولوجي الطبيعي من لحظة هطول المطار، وحتى الوصول للمجرى المائي لغرض التنبؤ وفهم العملية الهيدرولوجية. ***(Reed, S., et al, 2007, p. 406)***.

(ب) تصنيف النماذج الهيدرولوجية :

قدم إيلدو ***(Eldho, T., I., 2017)***، ثلاث درجات من الدقة في النماذج الهيدرولوجية وهي:

- **نماذج الصناديق السوداء :**

وهي تلك النماذج التي تمثل العلاقة بين الأمطار و السيول بمجرد علاقات رياضية بسيطة للغاية (مثل معادلة ***Rational***) كما أنه يدرج النماذج المبنية على البيانات المرصودة ***(Data – Driven models)*** أيضا ضمن هذا القسم، و يعيب هذا النوع من النماذج عدم وجود معنى فيزيائي ومنطقي واضح لتلك العلاقات يصف حركة المياه وفواقدها.

- **النماذج الهيدرولوجية : (نموذج مفاهيمي *Conceptual model*)**

وهو يزداد اقتراباً من العلاقات الواقعية عن القسم السابق مثل إضافة معادلات بقاء الكتلة.

- **النماذج المبنية على العلاقات الطبيعية : *Physically based models***

فهي تطبق قوانين البقاء لكل من الكتلة وكمية الحركة والطاقة، ومثل هذه النماذج تكون كثيفة الاحتياج للبيانات والمعلومات وتحتاج لحل عدد كبير من المعادلات الرياضية.

(Eldho, T., I., & Anand, T., K., 2017, p. 85)

تقسيم آخر حسب الدقة المكانية، حيث تكون النماذج الهيدرولوجية ***Eldho***وقدم إيلدو ***(Eldho, T., I., & Anand, T., K., 2017, p. 89).*** إما تجميعية ***Lumped*** أو توزيعية ***Distributed***.

- **النماذج التجميعية : *Lumped***

تعتمد على أخذ قيم متوسطة أو تجميعية للبيانات فتكون مثلاً قيمة واحدة لخصائص التربة في كامل الحوض، لذا فإن نماذج ***Lumped*** تتعامل مع الحوض المائي بكامله كوحدة واحدة متجانسة، ويتم التعويض في علاقات رياضية معينة بقيم هذه الأحواض، ويقع كل من ***HEC-1*** و ***HEC-HMS*** ضمن هذه المجموعة.

- **النماذج التوزيعية : *Distributed***

تأخذ في الاعتبار التغير في قيم المعاملات والمتغيرات من مكان لآخر في منطقة الدراسة، ولذلك فإن توفر حجم و دقة كبيرين للبيانات المتاحة يجعل من النماذج التوزيعية أكثر دقة من النماذج التجميعية، حيث أن النماذج ***Distributed*** تقوم بتقسيم الحوض إلى وحدات مساحية شبكية صغيرة ومن أمثال هذه النماذج هو ***GSSHA*** الذي يوجد ضمن حزمة ***WMS***.
(أشرف أحمد على عبد الكريم، محمد إبراهيم محمد شرف، ٢٠١٩، ص٣٩).

ويوجد تصنيف آخر يقوم على تقسيم البرامج على أساس معادلات مستنتجة من العلاقات الطبيعية والفيزيائية ***(physically based models)***، وهذه يكون فهمها منطقياً حيث تشمل المعاملات عناصر الطبيعة مثل الانحدار والأطوال والمساحات، و يمثلها نموذج ***HEC***. أما القسم الآخر فيشمل نماذج تمثل العلاقات بين الأمطار والتصرفات بناء على تجميع بيانات عديدة لعواصف سابقة وتسمى ***Empirical models***. ***(Beven, K. J., 2001, pp: 4-6)***

ويمكن تصنيف النماذج الهيدرولوجية على أساس قدرتها على محاكاة عاصفة واحدة أو أكثر من عاصفة، مثل نموذج ***HEC-1***، تنحصر قدرته على محاكاة عاصفة واحدة، بينما نموذج ***HEC_HMS***، تمتد قدراته لمحاكاة سلسلة من العواصف المتتابعة.

كما يمكن تصنيف النماذج الهيدرولوجية على أساس فرضية أن كل عاصفة مطيرة تكون غير مسبوقة أو ملحوقة بعاصفة أخرى، مثل :

- **النموذج أحادي العاصفة : *single event-based model***

وهو مبني على فرضية أن كل عاصفة مطيرة تكون غير مسبوقة أو ملحوقة بعاصفة أخرى، ومن ثم يمكن حساب الميزان المائي لتلك العاصفة بتقسيم حجم الماء إلى فواقد وتصرفات، ويشترط لحدوث هذا الفرض أن تكون الفترة البينية بين العواصف كافية لحدوث كامل الجفاف للتربة.

- **النموذج مستمر العواصف : *Continuous model***

والذي يعالج تسلسل متتابع من العواصف وهل تناسب البيئات الرطبة وأحواض التصريف.

ويمكن تصنيف النماذج الهيدرولوجية على أساس نتائج ومخرجات النموذج محددة أم عشوائية :

- **النماذج المحددة : *Deterministic***

هي تلك التي تنتج منها نفس المخرجات في كل مرة إذا تم إدخال نفس المدخلات، مثل نمذوج ***HEC-1*** و ***HEC_HMS***.

- **النماذج العشوائية : *Stochastic***

وهي التي تكون نتائجها بدرجة ما عشوائية. ***(Sintayehu, L., G., 2015, p.169)***.

وعلى الرغم أن العشوائية صفة ملازمة لمعظم المتغيرات الهيدرولوجية إلا أنه في حالة كانت تلك العشوائية محدودة فإن النماذج المحددة تكون أنسب بينما تفضل النماذج العشوائية إذا كانت نسبة تلك العشوائية مرتفعة. (أشرف أحمد على عبد الكريم، محمد إبراهيم محمد شرف، ٢٠١٩، ص٤٠).

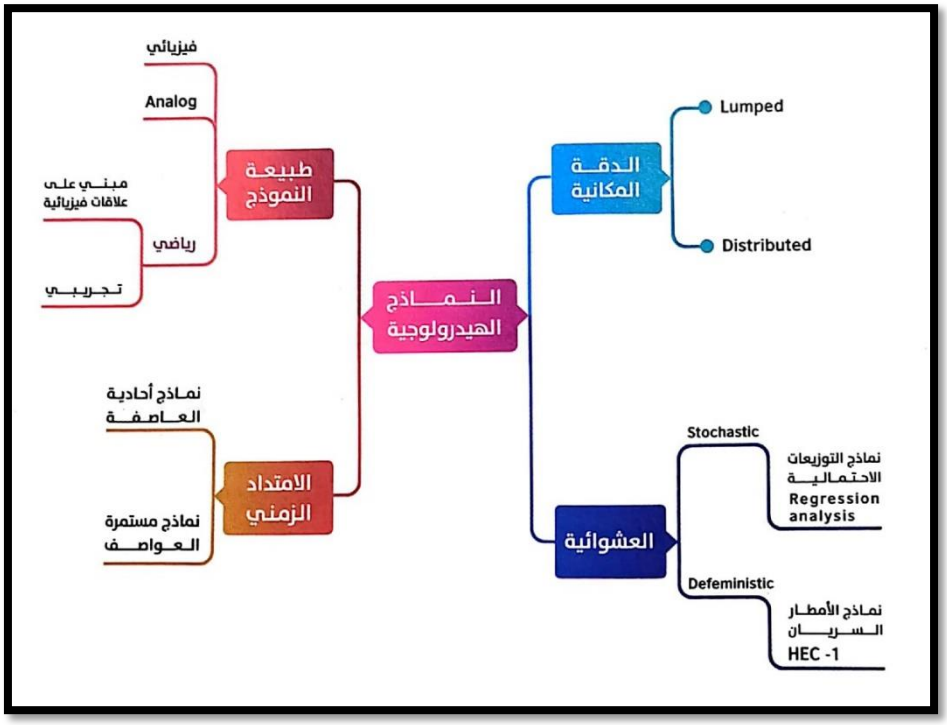
ومع استمرار تطوير نماذج هيدرولوجية دقيقة جداً تم تصنيفها إلى نموذجين رئيسين هما:

النماذج الكتلية :*Lumped*

حيث يتم التعبير عن مستجمعات الأمطار فيها بكيان واحد بمدخل واحد وهو معدل هطول الأمطار، و يتطلب هذا النوع من النماذج بيانات محدودة ليتم تطبيقها على مستجمعات المياه، ومن أكثر النماذج الكتلية شيوعاً نموذج ***(HEC-HMS)***، ونموذج تحديد الوحدة الهيدروغرافية ***Unit Hydropharaphs***، وعنصر تتبع الأمطار والتبخر وبيانات تدفق المجاري ***IHACRES***، والنموذج الأسترالي لتوازن الماء ***AWBM***، ونموذج ***GR4J***، ونموذج أمريكا الشمالية المتوسط المدى ***NAM***، و في العشر سنوات الماضية تم تطوير بعض النماذج التي تمثل الظواهر الهيدرولوكية الملاحظة، وقد أدى ذلك إلى ظهور نماذج توزيع أكثر تقدماً تساعد على تقسيم مستجمعات المياه ***(Watershed)*** في هذه النماذج إلى مناطق أصغر. ***(Callot, Y., et al, 2000, p.252)***.

- **النماذج التوزيعية : *Distributed***

وتعتبر من النماذج الهيدرولوجية عالية الدقة بالتنبؤات بسبب فصل مستجمعات المياه في عدد كبير من التربيعات الشبكية ***(Grid squares)***، ومن أشهر أنواع النماذج الشبيكة النموذج ***GSSHA***، والنموذج ***HEC-RAS***، ونموذج ***SWAT***، ونموذج ***TOP MODE*** ، وهي تتطلب قدراً كبيراً من بيانات الأرصاد الجوية المائية التقليدية والبيانات المكانية عالية الدقة لكي تعمل. ***(Beven, K. J.,, 2001, p.7)***.



المصدر : نقلاً من (أشرف أحمد على عبد الكريم، محمد إبراهيم محمد شرف، ٢٠١٩، ص٤١).

شكل (٢) تصنيف النماذج الهيدرولوجية

مما سبق يتضح أن جميع النماذج الهيدرولوجية ما هي إلا محاولات لتقريب الواقع ولا يوجد أي منها قادر على حساب أو التنبؤ بظاهرة الجريان السيلي أو أي ظاهرة طبيعية بدقة كاملة، ولذلك يجب دائما أن تؤخذ نسبة من احتمالية الخطأ في الاعتبار عند التصميم أو اتخاذ القرار.

رابعاً : أنواع النماذج الهيدرولوجية والهيدروليكية :

استعانت الدراسة ببرنامج ***(WMS V. 11.1)***، والذي يوفر مجموعة من النماذج الهيدرولوجية والهيدروليكية، وتم تقسيم تلك النماذج حسب الوظيفة الرئيسة لها إلى ما يلي :

١) النماذج الهيدرولوجية.

٢) النماذج الهيدروليكية.

٣) نماذج شبكات تصريف الأمطار.

٤) نماذج جودة المياه.

٥) نموذج تحليل توزيع المياه.

(أ) النماذج الهيدرولوجية :

النماذج الهيدرولوجية مقسمة إلى قسمين الأول يختص بدراسة الأحواض بصيغة ***(lumped)*** كوحدة واحدة، والآخر هوالنماذج الهيدرولوجية ثنائية الأبعاد مثل النموذج الهيدرولوجي ***(GSSHA)*** المسماة بالنماذج التوزيعية ***(Distributed)***.

(١) النموذج الهيدرولوجي : *(HEC-1)*

برنامج ***(HEC-1)*** هو أكثر البرامج المستخدمة لحساب الجريان السيسلي، ولدراسات الحماية من مخاطر الجريان السيلي، وقد تم اصدار أول نسخة من ***(HEC-1)*** عام ١٩٦٨م، في الولايات المتحدة الأمريكية على يد العالم ***(Leo Beard)***، وتم تطوير هذا النموذج من قبل سلاح المهندسين بالجيش الأمريكي في مركز الهيدرولوجيا الهندسية و يندرج تحت برنامج النمذجة الهيدرولوجية التجميعية أحادية الأبعاد. (أشرف أحمد على عبد الكريم، محمد إبراهيم محمد شرف، ٢٠١٩، ص٤٢).

يتكون النموذج ***(HEC-1)*** من أربعة مكونات أساسية مترابطة مع بعضها البعض تشمل وحدة تحديد الخصائص المورفولوجية مثل زمن التركيز وزمن التباطؤ، ووحدة حساب الأمطار، ووحدة حساب رقم المنحنى***CN***، وقدرة النموذج على حساب منحنى هيدروجراف مياه السيول بطريقة سهلة بعد حساب الفواقد ورقم المنحنى***CN***، ويقوم النموذج بإنشاء قاعدة بيانات لتسهيل عملية المعالجة للبيانات أو لتسهيل مشاركة ملفات المشروع مع أي شخص أو جهة و تكون الملفات منظمة و يسهل نقلها. ***(Dingman, S., L., 2014, p. 56)***.

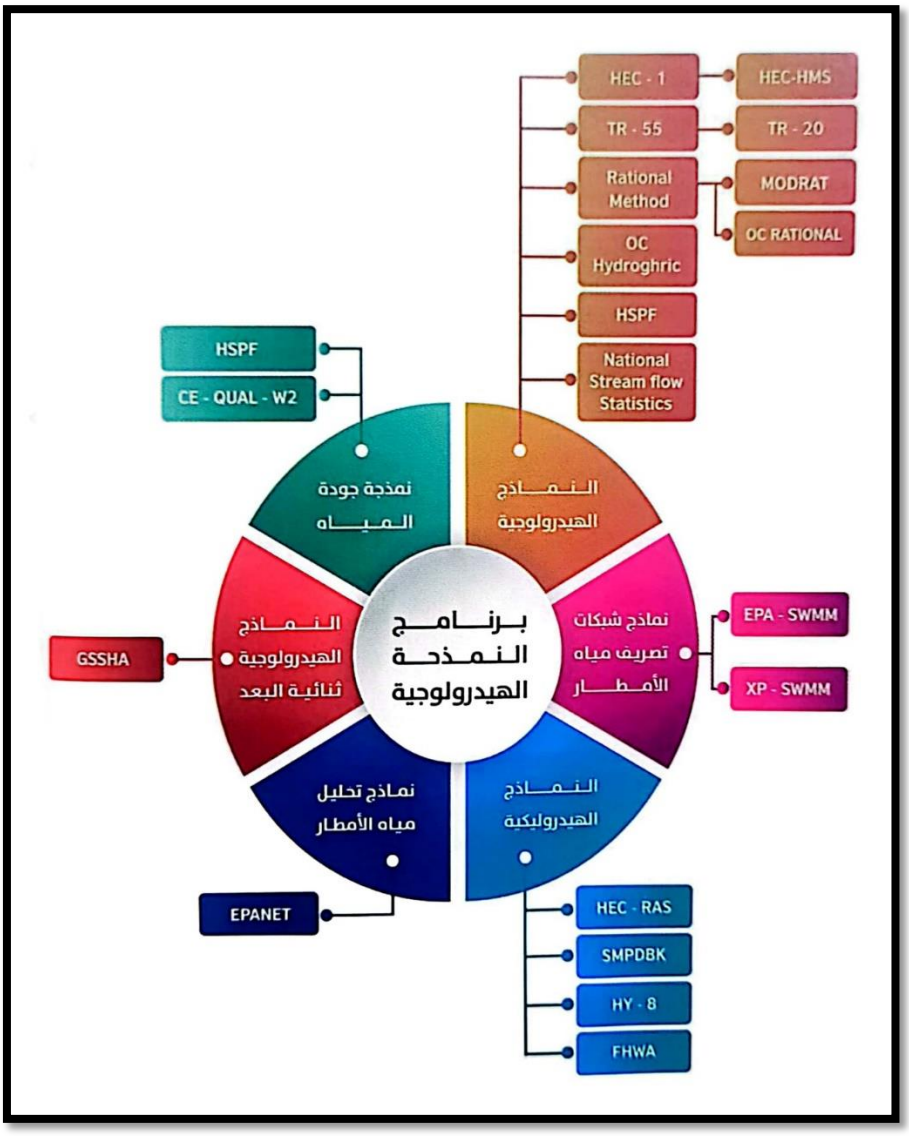
ومن مزايا النموذج الهيدرولوجي ***(HEC-1)*** التعامل مع حركة الجريان السيلي في المناطق العمرانية، حيث إن حركة المياه في المدن و النمناطق العمرانية يكون سلوكها مختلفا عن المناطق الجافة، حيث تستخدم معادلات خاصة بذلك ***(the Kinematic Wave Surface)***،

وأيضاً حساب كمية المياه التي تسربت إلى داخل سطح الأرض باستخدام معادلة ***(Green and Ampt).***

(٢) النموذج الهيدرولوجي : *(HEC-HMS)*

يعد النموذج الهيدرولوجي ***(HEC-HMS)*** من أفضل النماذج المستخدمة عالمياً في مجال الهيدرولوجيا، ويستخدم هذا النموذج في معرفة التدفق الأقصى لكل وادي بالإضافة إلى تغير التدفق بالنسبة إلى الوقت (الهيدروغراف)، كما يمكن حساب كمية التدفق لفترات تكرارية مختلفة (٥ سنوات : ١٠٠ سنة)، ويعد النموذج الهيدرولوجي ***(HEC-HMS)*** أيضا مسئول عن حساب كمية التشرب الناتجة عن نوعية التربة و قدرتها على امتصاص المياه إلى باطن الأرض، حيث يتم حساب كمية التشرب باستخدام طرق مختلفة، تعتمد جميعها على خصائص التربة و جيولوجيتها، كما يمكن من خلال النموذج الهيدرولوجي ***(HEC-HMS)*** إدخال المنشآت الهيدروليكية المؤثرة على عملية الجريان السيلي كالسدود، البحيرات، والتي تعمل على تخفيض كمية التدفق عند مخارج الأودية، و يأتي ضمن برنامج النمذجة الهيدرولوجية التجميعية و شبه التوزيعية أحادية و ثنائية الأبعاد. ***(Gupta, H., V., et al, 1999, p. 137).***

وقد استعانت الدراسة الحالية بالنموذج الهيدرولوجي ***(HEC-HMS)***، وذلك لما له من مميزات، حيث يتميز النموذج الهيدرولوجي ***(HEC-HMS)*** بواجهة مستخدم رسومية سهلة بالمقارنة مع نموذج ***HEC-1***، بالإضافة إلى ذلك يتميز النموذج أنه بعد تعريف المدخلات يمكن إنشاء قاعدة بيانات ***Data Storage System (HEC-DSS)*** لتسهيل تبادل البيانات مع عدد كبير من البرامج والنماذج الأخرى، حيث يتكامل مع برنامج ***ArcGIS***، بالإضافة إلى كفائته وسرعة حاسب ***Optimization***، ويمكنه أيضاً قرأة بيانات ***Raster*** مثل نماذج الارتفاع الرقمي، وبيانات الأمطار المقاسة بالرادارات.***(Beven, K., J., & Freer, J,. 2001, p. 15)*** .



المصدر : نقلاً من (أشرف أحمد على عبد الكريم، محمد إبراهيم محمد شرف، ٢٠١٩، ص٤٤).

شكل (٣) أنواع النماذج الهيدرولوجية والهيدروليكية

(٣) النموذج الهيدرولوجي : *(Rational Method)*

وهو نموذج مبسط وتقريبي يعرف باسم الطريقة المنطقية، ويستخدم لتحديد أقصى تصرف نتيجة عاصفة، ولا تظهر هيدروجراف، ويستخدم لتصميم بعض المنشآت الهيدروليكية كالبرابخ وشبكات صرف الأمطار، ويقدم حساب لأقصى تصرف تتعرض له منطقة سكنية أو زراعية ذات مساحة صغيرة، ويأتي ضمن برامج النمذجة الهيدرولوجية الحضرية التجميعية أحادية الأبعاد.

(٤) النموذج الهيدرولوجي : *(TR-55)*

شائع الاستخدام في دراسات هيدرولوجيا المناطق الحضرية، ويأتي ضمن برامج النمذجة الهيدرولوجية التجميعية أحادية الأبعاد، و يمكن حساب تدفق الذروة، ووقت وقوعها، وارتفاعات سطح الماء، وزمن الوصول لأقصى تدفق في جميع القطاعات العرضية، ويمكن الحصول على منحنى هيدروجراف السيول، وكذلك يوفر النموذج تسعة توزيعات مختلفة للعواصف فوق أحواض التصريف في إطار مجموعات مختلفة من استخدامات الأراضي، ويمكن إجراء مثل هذا التحليل على ما يصل إلى ٢٠٠ من المجاري الفرعية في عملية مستمرة واحدة، و يفضل استخدام هذا البرنامج عندما تكون مساحة الحوض أقل من٦٤,٤كم^{٢}، وزمن التركيز أقل من١٠ ساعات، وعمق العاصفة أقل من ٢٧٠مم. (أشرف أحمد على عبد الكريم، محمد إبراهيم محمد شرف، ٢٠١٩، ص٥٠).

(٥) النموذج الهيدرولوجي : *(TR-20)*

يستخدم هذا النموذج تسعة توزيعات مختلفة للعواصف، وهذا يعطي سهولة ويسمح للمستخدم أن يعبر عن مناطق ذات طبيعة مناخية مختلفة، وذلك باستخدامه للغة ***Fortran***، ويقوم النموذج أيضاً بحساب هيدروجرافات السيول وتأخرها، يعتمد على طريقة ***hydrogarh standard SCS***.العواصف المنفردة. ويأتي ضمن برامج النمذجة الهيدرولوجية الحضرية التجميعية أحادية الأبعاد. ***(Bates, P., D., & De Roo, A., P., 2000, p. 55)*** .

(٦) النموذج الهيدرولوجي : *(MODRAT)*

هو نموذج مُعد لحساب معدلات الجريان السطحي، ويمكن استخدامه لإيجاد معدلات التدفق لأي مستجمعات مياه مع أي مجموعة من القنوات والمصارف القائمة أو المقترحة، ويقوم النموذج بحساب معدلات الانحدار لعواصف تصميم الترددات لمدة (١٠ سنوات، ٢٥ سنة، ٥٠ سنة)، بالإضافة إلى أي عاصفة أخرى يمكن تمثيلها بواسطة منحنى كتلة الأمطار، ويقوم باستخراج منحنى هيدروجراف السيول لكل نقطة فرعية ونقطة تجميع رئيسية في مستجمع المياه، ويستخدم في نمذجة العاصفة الواحدة في المناطق الحضرية الصغيرة، ويأتي ضمن برامج النمذجة الهيدرولوجية الحضرية التجميعية أحادية الأبعاد.

.(Eslamian, S., 2013, p. 23)

(٧) النموذج الهيدرولوجي : *(OC Rational)*

يقوم بحساب التصرف الأقصى للجريان السيلي في الأحواض صغيرة المساحة، وهو تعديل على طريقة ***Rational Method***، ويأتي ضمن برامج التمذجة الهيدرولوجية الحضرية التجميعية أحادية الأبعاد.

(٨) النموذج الهيدرولوجي : *(OC Hydrograph)*

يقوم بحساب التصرف الأقصى للسيل في الأحواض الحضرية كبيرة المساحة ، وهو تعديل على طريقة ***Rational Method*** ، ويأتي ضمن برامج التمذجة الهيدرولوجية الحضرية التجميعية أحادية الأبعاد. (أشرف أحمد على عبد الكريم، محمد إبراهيم محمد شرف، ٢٠١٩، ص٥١).

(٩) النموذج الهيدرولوجي : *National Stream Statistics (NSS)*

يقوم النموذج بحساب هيدروجراف مياه السيول للأحواض غير المقاسة بناء على التنبؤ على بيانات الأحواض المقاسة، وهي طريقة إحصائية اعتماداً على بيانات قديمة، ويأتي ضمن برامج النمذجة الهيدرولوجية أحادية الأبعاد. ***(Maidment, D., R., 2002, p. 76)***.

(١٠) النموذج الهيدرولوجي : *(GSSHA)*

ويتميز قدرته على حساب الحركة المتبادلة للماء بين سطح التربة و الخزان الجوفي، كما يتميز بكونه ثنائي البعد، ومن ثم يوفر قدراً أعلى من المعلومات عن حركة الماء في الاحواض المائية، و النموذج الهيدرولوجي ***GSSHA*** يصلح لمحاكاة عاصفة واحدة أو سلسلة متتابعة من العواصف، و يأتي ضمن النماذج الهيدرولوجية والهيدروليكية ثنائية الأبعاد.

(ب) النماذج الهيدروليكية :

(١) النموذج الهيدروليكي : *(HEC-RAS)*

وهو برنامج حاسوبي هيدروليكي، يختص بنمذجة ومحاكاة حركة الماء في المجاري المائية الطبيعية كالأنهار والمجاري الصناعية كالقنوات والترع والمصارف، والنموذج له القدرة على عمل حسابات حركة الرواسب و الملوثات الكيميائية في التيار المائي، وتقييم القنوات، بالإضافة إلى تقييم عمليات التعرية النهرية عند الركائز والدعائم.

(٢) النموذج الهيدروليكي : *Simplified Dam-Break (SMPDBK)*

هو نموذج مبسط لمحاكاة انهيارات السدود، ويحدد الأماكن التي ستتعرض للجريان السيلي إذا ما حدث انهيار للسدود، ولا يأخذ في الاعتبار منحنى رجوع سطح المياه ***Backwater Curve***، ويقدم حلولا تقريبية سريعة ومناسبة عندما تكون البيانات قليلة، والمطلوب فقط تصوراً استرشادياً.

(٣) النموذج الهيدروليكي : *(HY-8)*

ويستخدم لتصميم البرابخ تحت الطرق السريعة، ويحدد المساحات المغمورة أمام البربخ، ويحدد مرور المياه أعلى الطريق فوق البرابخ، ويستعرض خصائص سريان المياه داخل البرابخ، ولا يمثل بعض حالات سريان المياه في البرابخ مثل حدوث اختناق عند دخول المياه في البرابخ، ولا يمثل تغير خصائص البرابخ طولياً.

.(Falconer, R., A., & Harris, J., 2005, p. 89)

(جـ) نماذج شبكات تصريف مياه الأمطار :

(١) نموذج شبكات تصريف مياه الأمطار : *(EPA.SWMM)*

وهو اختصار ***United States Environmental Protection Agency, Storm Water Management Model***، ويعمل على تحليل الأمطار، وحساب كميات وجودة مياه السيول في المناطق الحضرية، ويفضل استخدام ذلك النموذج في منطقة ملوثة حيث يحلل جودة المياه، ويعتمد على قراءات عواصف منفردة أو متتابعة، ويقوم بتصميم شبكات مياه الأمطار والصرف الصحي، بالإضافة إلى أنه يأخذ في الاعتبار حركة المياه في (مواسير، قنوات، أماكن تخزين، وأماكن معالجة المياه، المضخات).

.(Bates, P., D., & De Roo, A., P., 2000, p. 59)

(٢) نموذج شبكات تصريف مياه الأمطار : *(XP.SWMM)*

وهو اختصار ***Product of XP Solutions Software Ltd Storm Water Management Model***، ويأخذ في الاعتبار ثلاثة مكونات رئيسية في المحاكاة هيدرولوجي، هيدروليكي وجودة المياه، وهو أقرب نموذج للواقع، ويمكن دراسته أحادياً أو ثنائي الأبعاد، ويأخذ في الاعتبار حركة المياه في (مواسير، قنوات، أماكن تخزين، وأماكن معالجة المياه، المضخات، والتداخل مع المياه الجوفية، فيض الماء على سطح الأرض).

.(Beven, K., J., & Freer, J,. 2001, p. 19)

(د) نماذج شبكات توزيع مياه الشرب : *(EPANET)*

وهو نموذج يقوم بدراسة شبكات مياه الشرب في مواسير تحت ضغط، ويأخذ في الاعتبار حركة وجودة مياه الشرب في (مواسير، مضخات، خزانات، محابس)، ويسمح لعمل محاكاة فترة زمنية طويلة. (أشرف أحمد على عبد الكريم، محمد إبراهيم محمد شرف، ٢٠١٩، ص٥٧).

(هـ) نماذج تحليل جودة المياه :

(١) نموذج تحليل جودة المياه : *(HSPF)*

ويقوم النموذج بحساب حركة المياه السطحية، وتداخلها مع حركة المياه السطحية ويحسب حركة الملوثات داخل المياه الجوفية داخل فترات زمنية طويلة.

(٢) نموذج تحليل جودة المياه : *(CE – QUAL – W2)*

وهو نموذج ثنائي الأبعاد يحسب انتشار الملوث بشكل عمودي بالاعتماد على درجة المياه، ويقوم بدراسة مناسيب وسرعات، ودرجة حرارتها، ويمكنه حساب أكثر من ٢١ عنصراً كيميائياً داخل المياه، ويقوم بدراسة المياه في الخزانات، والبحيرات، والأنهار، ومصبات الأنهار.

مما سبق يتضح أن النمذجة الهيدرولوجية والهيدروليكية تلعب دورًا حيويًا في فهمنا لعمليات الدورة المائية وسلوك المياه في البيئة، وتتيح لنا هذه النماذج الفرصة لتحليل العوامل المؤثرة على توزيع وتحركات المياه، سواءً في الأنهار والبحيرات أو حتى في الأنظمة الصرف الصحي والبنية التحتية، وإن هذه النماذج لها تطبيقات واسعة في مجموعة متنوعة من المجالات مثل الهندسة المدنية وإدارة الموارد المائية والتخطيط البيئي، يمكن أن تسهم البحوث المستقبلية والتطورات التقنية في تحسين دقة هذه النماذج وجعلها أكثر قوة وتطبيقية، حيث يمكن أن تسهم التقنيات المستقبلية في تعزيز فهمنا للعمليات المائية وتحسين إدارتها بطرق أكثر فعالية ولستدامة.

المراجع :

(أ) المراجع العربية:

١) أشرف أحمد على عبد الكريم، محمد إبراهيم محمد شرف، (٢٠١٩) : النمذجة الهيدرولوجية والهيدروليكية للسيول باستخدام برنامج نمذجة الأحواض المائية ***Watershed modeling system WMS***: أساسيات ومفاهيم وتدريبات وتطبيقات عربية، العبيكان، الرياض، المملكة العربية السعودية.

٢) جمعة محمد داود، (٢٠١٤) : الجيوماتكس – علم المعلوماتية الأرضية، مكة المكرمة، المملكة العربية السعودية.

٣) جمعة محمد داود، (٢٠١٥) : أساسيات علوم المساحة والجيوماتكس، المؤتمر الإقليمي – المساحة والتنمية، ٣-٦ أكتوبر، المركز القومي لبحوث المياه، وزارة المواد المائية والري.

٤) خلف حسين علي الدليمي، أحمد محمد جهاد الكبيسي، (٢٠١٢) : تطبيق تقنيات الجيوماتكس في تخطيط وتطوير المدن، مجلة ايجي ماكس، العدد ٣.

٥) خلف حسين علي الدليمي، على خليل خلف الجابري، (٢٠١٨) : استخدام الجيوماتكس في دراسة الخصائص المورفومترية لأحواض الأودية الجافة، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان.

٦) نجيب عبد الرحمن محمود الزيدي، أحمد محمد جهاد الكبيسي، (٢٠١٨) : الجيوماتكس والتنظيم المكاني، دار الاعصار العلمي، عمان.

(ب) المراجع الإنجليزية:

1) ***Bates, P., D., & De Roo, A., P., (2000) : A Simple Raster-based Model for Flood Inundation Simulation, Journal of Hydrology, Vol. 236, pp: 54-77.***

2) ***Beven, K., J., (2001) : Rainfall - Runoff Modelling: the Primer: Chic Hester, John Wiley & Sons.***

3) ***Beven, K., J., & Freer, J., (2001) : Equifinality, Data Assimilation, and Uncertainty Estimation in Mechanistic Modelling of Complex Environmental Systems Using the GLUE Methodology, Journal of Hydrology, Vol. 249, pp: 11-29.***

4) *Callot,Y., Marticorena, B., Bergametti, G., (2000) : Geomorphologic Approach for Modelling the Surface Features of Arid Environment in a Model of Dust Emissions Application to the Sahra desert, Geodinamica Acta, Vol. 13, No. 5, pp: 245-270.*

5) *Charles, D., G., & Paul, R., W., (2012) : Elementary Surveying: An Introduction to Geomatics, Pearson College Div; 12th edition, London.*

6) *Dingman, S., L., (2014) : Physical Hydrology, Waveland Press. London.*

7) *Eldho, T., I., & Anand, T., K., (2017) : Conceptual and Physically Based Hydrological Modeling, Sustainable Water Resources Management. pp: 81-118.*

8) *Eslamian, S., (2013) : Hydrology and Water Resources Management, Springer.*

9) *Falconer, R., A., & Harris, J., (2005) : Modelling the Environmental Transfer of Radionuclides, Springer.*

10) *Gupta, H., V., Sorooshian, S., Yapo, P., O., (1999) : Status of automatic calibration for hydrologic models: Comparison with multilevel expert calibration, Journal of Hydrologic Engineering, Vol. 4, No. 2, pp: 135-143.*

11) *Kite, G., & Pietroniro, A., (1996) : Remote Sensing Applications in Hydrological Modeling, Hydrological Sciences Journal, Vol. 41, No. 9, pp: 563–591.*

12) *Maidment, D., R., (2002) : Arc Hydro: GIS for Water Resources, ESRI Press.*

13) *Reed, S., Schaake, J., Zhang, Y., (2007) : A distributed hydrologic model and threshold frequency-based method for flash flood forecasting at ungauged locations. Journal or Hydrology Vol. 337, No3, pp: 402–420.*

14) *Sintayehu, L., G., (2015) : Application of the HEC-HMS model for runoff simulation of Upper Blue Nile River Basin, Hydrology: Current Research, Vol. 6 No. 2, pp: 156:199.*