تحديد مناطق تغذية المياه الجوفية بالمنطقة فيما بين إدفو وأسوان – مصر، باستخدام نمذجة نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار من البعد.

كريم حامد عبد اللطيف

(طالب دكتوراه) كلية البنات للآداب والعلوم والتربية جامعة عين شمس

أ.د/ سهام محمد هاشم

(أستاذ الجغرافيا) كلية البنات للآداب والعلوم والتربية جامعة عين شمس

د/ نورة عبد التواب السيد

(مدرس الجغرافيا) كلية البنات للآداب والعلوم والتربية جامعة عين شمس

الملخص:

تمثل المياه الجوفية أحدي أهم مصادر المياه العذبة خاصة بالأقاليم الجافة وشبه الجافة، وقد تزايدت أهميتها في الآونة الأخيرة؛ وذلك كنتيجة طبيعية للزيادة السكانية وتزايد الحاجة الى توافر المياه العذبة للشرب، يضاف إلى ذلك التوسعات الزراعية والصناعية، وبما أن المياه الجوفية كأي ثروة طبيعية قابلة للنفاد أو النضوب، لذا كان لابد من الاهتمام بدراستها لتقدير كمياتها ونوعيتها، وذلك لتنميتها والمحافظة عليها، وحمايتها من التلوث، وتنظيم ضخ المياه منها لضمان استمراريتها للأجيال القادمة. ويهدف هذا البحث إلى الاستفادة من التكاملية بين نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار من البعد في تحديد مناطق تغذية الخزانات الجوفية، وتساعد هذه التقنيات الحديثة في تحديد المناطق الأكثر في التغذية عن مثيلتها، وبالتالي تحديد المناطق الأمثل في إقامة الآبار والتي تتميز باستدامة مياهها.

الكلمات الدالة: المياه الجوفية، النمذجة، الاستشعار من البعد، نظم المعلومات الجغرافية.

مقدمة:

تعد المياه أحد أهم العناصر الضرورية للحياة على كوكب الأرض، وقد قال الله تعالي (وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ)، فالماء مصدر الحياة وأصل الكون، لذلك قامت جميع الحضارات في تاريخ البشرية على ضفاف الأنهار، حيث وفرة المياه العذبة، وتمثل المياه الجوفية نسبة 30.1% من جملة المياه العذبة[1]، وهي نسبة كبيرة تدل على أهميتها كمصدر للمياه العذبة، وتزداد أهميتها في الأقاليم الجافة وشبه الجافة. وقد شهدت الفترة الأخيرة من القرن العشرين تزايداً واضحاً في استعمالات المياه الجوفية بمنطقة الدراسة، وذلك كنتيجة طبيعية للزيادة السكانية المرتفعة وزيادة الحاجه إلى المياه الجوفية في توفير المياه العذبة لجميع الاستخدامات، وفي ظل المشاكل القائمة على نصيب مصر من مياه نهر النيل، والتي أصبحت من الصعب زيادتها بما يكفي لمواجهة متطلبات التنمية والزيادة السكانية، ونتيجة لكل ذلك أصبح من الأهمية بمكان تقدير كميات المياه الجوفية وحمايتها من التلوث وتنظيم ضخ المياه منها لضمان استمراريتها كمصدر هام وطبيعي للمياه العذبة.

منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة ضمن الجزء الجنوبي من مصر، وتقع إدارياً بمحافظة أسوان، حيث تمتد من أسوان جنوباً إلى إدفو شمالاً، يحد منطقة الدراسة من الشمال وادي العبادي على الضفة الشرقية للنيل ووادي الرافدين على الضفة الغربية، ومن الجنوب وادي أم بويرات ووادي كركر، ويحيط بمنطقة الدراسة من الشرق هضبة العبابدة والتي تشرف على منطقة الدراسة بانحدارات شديدة، أما في الغرب فيحيط بها هضبة سن الكداب، ويمكن تقسيم منطقة الدراسة إلى جزئين رئيسيين وهما السهل الحديث والمتمثل في السهل الفيضي للنيل، والذي يحده خط كنتور 110 متراً فوق سطح البحر، والسهول القديمة والتي كونتها الأودية مثل سهل الجلابة، والذي يقع بين خطي كنتور 110: 150 متراً فوق سطح البحر، تمتد منطقة الدراسة فلكياً بين دائرتي عرض 10′ 24°، 00′ 25° شمالاً، وخطي طول 15′ 32°، 15′ 33° شرقاً شكل (1)، وتبلغ مساحة المنطقة نحو 10032.5 كم^2،

تقع منطقة الدراسة ضمن الأقليم الجاف، حيث تتميز بارتفاع درجة الحرارة على مدار العام حيث بلغ المتوسط السنوي لدرجة الحرارة (26.2°م)، كما تبعد عن تأثير المسطحات المائية لذا تنخفض بها معدلات الرطوبة النسبية بها، حيث تقل عن 50% في معظم شهور السنة، مما أدي إلى ارتفاع معدلات التبخر، حيث يبلغ المتوسط السنوي لمعدلات التبخر (19.5 مم/ يوم)، أما عن الأمطار فتتميز بقلتها وندرتها، يستثني من ذلك حالات الأمطار الفجائية والتي تسبب في حدوث سيول والتي تمثل ظاهرة متكررة، أما عن الرياح فتهب من جميع الاتجاهات وهي رياح جافة في معظمها.

شكل (1) موقع منطقة الدراسة.

هدف البحث:-

يهدف هذا البحث إلى الاستفادة من التكاملية بين نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار من البعد في تحديد مناطق تغذية الخزانات الجوفية بالمياه، وذلك من خلال إنشاء نموذج (Model) في بيئة نظم المعلومات الجغرافية يقوم على العناصر المؤثرة في عملية تغذية الخزانات الجوفية بمنطقة الدراسة، ويوضح الشكل (2) طريقة بناء نموذج تغذية الخزانات الجوفية، حيث تمر مرحلة بناء النموذج بعدد من المراحل وهي كالتالي:-

شكل (2) نموذج لإنتاج خريطة توزيعات مناطق التغذية بمنطقة الدراسة.

1. إنشاء قاعدة البيانات الجغرافية:

يضم النموذج الذي تم بناءه على عدد من الطبقات تمثل العوامل المختلفة والتي تؤثر في تغذية الخزانات الجوفية بمنطقة الدراسة، ومن أجل سهولة إدارة ومعالجة هذه البيانات والطبقات المختلفة، تم إنشاء قاعدة بيانات جغرافية (GIS Database)، لتضم جميع هذه العوامل، وهذه العوامل كالتالي:-

أ- جيولوجية منطقة الدراسة:

تعد جيولوجية المنطقة هي الركيزة الأساسية عند بناء نماذج المياه الجوفية، فمن خلالها يمكن تحديد التكوينات الجيولوجية السطحية وتحت السطحية الحاملة للمياه الجوفية، كما تساعد في تحديد كمية المياه التي يمكن أن تكتسبها الخزانات الجوفية[2]، كما تساعد في التعرف على خصائص المياه الجوفية حيث تعد عاملاً رئيسياً مؤثراً فيها[3]، وتتميز منطقة الدراسة بالبساطة وعدم التعقيد في توزيع تكويناتها الجيولوجية شكل (2)، وتغطى تكوينات الزمن الرباعي مساحة 37.8% من مساحة منطقة الدراسة، وتتمثل فى رواسب البلايستوسين والهولوسين، وهى عبارة عن خليط غير متجانس من رواسب مفككة من الرمل والطمي والحصى والجلاميد المختلف الأحجام، وتمثل الخزان الرئيسي للمياه الجوفية بمنطقة الدراسة، لذا تم إعطاء تكوينات هذا الزمن قيمة مرتفعة داخل النموذج، لارتفاع احتمالية تواجد المياه الجوفية به.

شكل (3) التكوينات الجيولوجية لمنطقة الدراسة.

كما تغطى تكوينات الزمن الثاني والمتمثل في تكوينات العصر الطباشيري العلوي مساحة 57.1% من مساحة منطقة الدراسة، وتمثل صخور الحجر الرملي النوبي أهم تكوينات هذا العصر، حيث يشغل مساحة 25.4% من جملة مساحة المنطقة، بل يزيد عن ذلك حيث له امتدادات واسعة تحت السطح، ويحتوي على كميات كبيرة من المياه الجوفية، ويلي خزان العصر الرباعي في الأهمية، لذا تم إعطاءه قيم أقل من تكوينات الزمن الرباعي داخل النموذج. في حين تغطي تكوينات الزمن الثلاثي مساحة 4.4% من مساحة المنطقة، وتتمثل فى صخور الباليوسين والأيوسين، والتي تتكون منها هضبة الحجر الجيري، وتمثل خزان الحجر الجيري المتشقق، ويأتي في الأهمية بعد خزان الحجر الرملي، لذا تم إعطاءه قيم منخفضة عن الخزانات الأخري.

ب- نموذج الارتفاعات الرقمية (Digital Elevation Model):

يعد نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) من العوامل المؤثرة في تغذية الخزانات الجوفية، حيث تكمن أهميتة في تمثيل تضاريس سطح المنطقة وتوضيح بعض خصائصها الجيومورفولوجية، وقد تم استخراج نموذج الارتفاعات لمنطقة الدراسة، من خلال معالجة المرئيات الفضائية الرادارية (Shuttle Radar Topography Mission) أو مايطلق عليه (SRTM) وبدقة إيضاحية تبلغ 90 متراً[4]، وقد تم تصنيف نموذج الارتفاعات إلى فئات ارتفاعية شكل (4)، بحيث تمثل كل فئة ظاهرة جيومورفولوجية بمنطقة الدراسة، وتم إعطاء كل ظاهرة قيمة طبقاً لتغذية المياه الجوفية جدول (1)، حيث تمثل الفئة (110 متراً فأقل) السهل الفيضي بمنطقة الدراسة وهو يعد من أفضل المناطق تغذيةً للخزانات الجوفية، وتمثل الفئة (110.1: 150 متراً) السهول القديمة التي كونتها الأودية وتأتي في الأهمية بعد الفئة السابق، وتمثل الفئة (150.1 : 190 متراً) مناطق البيدمينت، أما باقي الفئات فتمثل الهضاب والتي تحيط بالمنطقة من الشرق والغرب، وتأتي في المرتبة الأخيرة، حيث تقل بها معدلات التغذية مقارنة بالفئات الأخري.

شكل (4) نموذج الارتفاعات الرقمية لمنطقة الدراسة.

ج- الانحدار (slope):

يعد الانحدار من العوامل المهمة والتي تؤثر في تغذية الخزانات الجوفية[5]، حيث توجد علاقة عكسية بين درجة الانحدار ومعدلات التغذية، فكلما قل الانحدار زادت معدلات التغذية، حيث تساعد الانحدارات الخفيفة والمعتدلة بانخفاض معدلات الجريان السطحي، مما يعطي مزيد من الوقت للمياه السطحية للتسرب إلى الخزانات الجوفية، وبالتالي زيادة معدلات التغذية، أما في حالة الانحدارات الشديدة تزداد معدلات الجريان السطحي ويقل الوقت اللازم للجريان وبالتالي تقل معدلات التغذية، لذا

تم إعطاء الانحدارات الشديدة أهمية منخفضة، في حين تم إعطاء أهمية مرتفعة للانحدارات القليلة، وقد تم استخراج خريطة الانحدار لمنطقة الدراسة من خلال معالجة نموذج الارتفاعات الرقمية شكل (5).

شكل (5) الانحدارات بمنطقة الدراسة.

د- شبكة الترع والمصارف:

تضيف شبكة الترع والمصارف كميات وفيرة من المياه إلى الخزانات الجوفية بمايتسرب منها جانبياً[6]، لذا تم إضافتها كعامل مؤثر في تغذية الخزانات، ومن أجل تحديد المناطق الأكثر تغذية عن غيرها، تم إنشاء خريطة لكثافة شبكة الترع والمصارف شكل (6)، ويتبين منها أن الكثافة تزداد في المناطق التي يتسع فيها السهل الفيضي مثل منطقة سهل كوم أمبو والمناطق المحيطة بمدينة إدفو، مما يدل على زيادة معدلات التغذية بمناطق الزراعات بالسهل الفيضي، كما تزداد الكثافة بمنطقة سهل النقرة ممايؤدي إلى زيادة تدفق المياه تحت السطحية من مناطق الاستصلاح إلى مناطق السهل الفيضي، وتقل كثافة شبكة الترع والمصارف على أطراف السهل، وفي المناطق التي تقترب منها الهضاب ويقل بها اتساع السهل الفيضي، وقد تم إعطاء المناطق ذات الكثافة المرتفعة لشبكة الترع والمصارف أهمية مرتفعة داخل النموذج، حيث تزيد بها معدلات التسرب وبالتالي تزيد معدلات التغذية، في حين تم إعطاء أهمية منخفضة للمناطق الكثافة المنخفضة.

شكل (6) توزيع كثافة شبكة الترع والمصارف الزراعية بمنطقة الدراسة.

ه- التراكيب الجيولوجية :

تضم هذه الطبقة كل الظاهرات الخطية والتي احدثتها العمليات الجيولوجية والجيومورفولوجية، والتي تتمثل في الصدوع السطحية وتحت السطحية والطيات والتشققات والحافات وغيرها، وتعد هذه الطبقة طبقاً للعديد من الدراسات من الطبقات الهامة للمياه الجوفية[7]، حيث تمثل مناطق التراكيب الجيولوجية مناطق تغذية جيدة للمياه الجوفية، وقد استخرجت هذ الطبقة من معالجة المرئيات الفضائية لاندسات 8 والمرئيات الرادارية (SRTM) باستخدام برنامج (PCI Geomatics 2017)، ثم تم استنباط خريطة لكثافة التراكيب الجيولوجية بمنطقة الدراسة شكل (7)، فكلما زادت كثافة التراكيب الجيولوجية زادت كميات المياه المتسرب إلى الخزانات الجوفية، لذا تم إعطاء أهمية مرتفعة للمناطق ذات كثافة التراكيب الجيولوجية المرتفعة، في حين تم إعطاء قيم منخفضة للمناطق ذات الكثافة المنخفضة.

شكل (7) كثافة التراكيب الجيولوجية بمنطقة الدراسة.

و- شبكة التصريف النهري وكثافتها:

تشمل هذه الطبقة شبكة التصريف النهري وكثافتها، وتكتسب هذه الطبقة أهميتها من أنها تعطي معلومات عن طبوغرافية المنطقة والسطح ومعدلات الجريان السطحي والتسرب والنفاذية[8]، فالكثافة المرتفعة لشبكة التصريف تحدث في المناطق التي تكون بها طبيعة الصخور منخفضة النفاذية، وبذلك تنخفض بها معدلات التسرب، وبالتالي تقل المياه التي تصل إلى الخزانات الجوفية، لذا تعد مناطق الكثافة المرتفعة أقل أهمية في احتمالية تواجد المياه الجوفية بها، في حين تحدث الكثافة المنخفضة لشبكة التصريف في المناطق التي تكون بها طبيعة الصخور عالية النفاذية، وبالتالي تزداد معدلات التسرب، لذا يحدث تغذية أعلي للخزانات الجوفية، لذا تعد من أفضل مواقع المحتملة للمياه الجوفية.

وقد تم استخراج شبكة التصريف لمنطقة الدراسة من معالجة المرئيات الفضائية (SRTM)، ومنها ثم تم استخراج كثافة شبكة التصريف شكل (8)، ومنها يتضح أن هناك تباين في كثافة شبكة التصريف بمنطقة الدراسة من منطقة إلي أخري، وقد تم إعطاء أهمية مرتفعة للمناطق منخفضة الكثافة، حيث تعد مناطق مرتفعة الاحتمالية في تغذية الخزانات الجوفية بالمياه ، في حين تم إعطاء أهمية منخفضة للمناطق مرتفعة الكثافة، حيث تقل معدلات التغذية بها.

شكل (8) كثافة شبكة التصريف النهري بمنطقة الدراسة.

ز- استخدامات الأراضي (Land use map):

تعد هذه الطبقة من الطبقات المهمة والتي تؤثر في تغذية الخزانات الجوفية، حيث تؤثر هذه الطبقة في العديد من العمليات الهيدرولوجية في دورة المياه، مثل التسرب والتبخر والجريان السطحي وغيرها، فتزيد معدلات التسرب في المناطق الزراعية وتقل معدلات التبخر والجريان السطحي، في حين تقل معدلات التسرب في المناطق الصخرية وتزيد معدلات التبخر والجريان السطحي[2]. وقد تم استخراج طبقة استخدامات الأراضي لمنطقة الدراسة من خلال معالجة المرئيات الفضائية لاندسات 8 بتاريخ (25/ 3/ 2017) والتي تغطي المنطقة، وذلك باستخدام برنامج (ENVI, VER. 5.1)، من خلال أداة التصنيف المراقب (supervised classification)، وقد تم تصنيف منطقة الدراسة طبقاً للاستحدامات الأراضي بها شكل (9) إلى مايلي:

- المسطحات المائية: تشمل نهر النيل والبرك وغيرها، وتغطي مساحة 84.9 كم^2، أي بنسبة 0.8% من جملة مساحة منطقة الدراسة، وتمثل هذه المسطحات مناطق تغذية للخزانات الجوفية القريب منها.
- الأراضي الزراعية: تغطي هذه الأراضي مساحة 709 كم^2، أي مايعادل 7.1% من جملة مساحة منطقة الدراسة، وتشغل السهل الفيضي والمناطق المجاورة له، وهى مستغلة تماما فى الزراعة، حيث تتميز بأراضيها الخصبة عالية الانتاجية، وتضيف هذه الأراضي إلى الخزانات الجوفية كميات وفيرة من المياه من خلال المياه المتسرب من عملية الري.
- المناطق العمرانية: تغطي مساحة 207 كم^2، أي مايعادل 2.1% من جملة مساحة المنطقة، وتعاني معظم هذه المناطق من الحرمان من الصرف الصحي، والصرف بها عبارة عن بيارات في باطن الأرض، كما تعاني المناطق التي تخدمها شبكة صرف من التهالك مما يؤدي إلى زيادة عمليات التسرب منها.
- أراضي السهول الرسوبية: تغطي هذه الأراضي سهل الجلابة والمنطقة الممتدة شرق سهل كوم أمبو، وتغطي مساحة 2171.1 كم^2، أي مايعادل 21.6% من جملة مساحة منطقة الدراسة.
- أراضي قيعان الأودية: تغطي مساحة 252.8 كم2، أي مايعادل 2.55% من مساحة منطقة الدراسة، وتنحدر إلى منطقة الدراسة العديد من الأودية سواء من الهضبة الشرقية أو الغربية، وتضيف هذه الأودية كميات هائلة من المياه إلى الخزانات الجوفية في حالة تساقط السيول عليها.
- الأراضي الصخرية: تتمثل فى البيدمينت والهضاب والتلال المنعزلة، وهي مناطق غير صالحة للزراعة، فتربة هذه المناطق ضحلة القطاع، وغالبا ما تكون صخرية وتغطى فى بعض المواقع بطبقة رقيقة من الحصى أو الرمال، وتغطي هذه الأراضي مساحة 6607.5 كم^2، أي مايعادل 65.9% من جملة مساحة منطقة الدراسة.

وقد تم إعطاء أهمية لكل استخدام من استخدمات الأراضي وذلك طبقاً لتغذية الخزانات الجوفية، حيث تم إعطاء أهمية مرتفعة للمسطحات المائية، تليها المناطق الزراعية حيث تضيف الزراعات كميات وفيرة إلى الخزانات الجوفية وذلك من خلال عمليات الري، في حين تم إعطاء أهمية منخفضة للمناطق الصحراوية والقاحلة والصخرية على التوالي.

شكل (9) أنماط استخدامات الأراضي بمنطقة الدراسة.

2. المعالجة داخل نظم المعلومات الجغرافية (GIS processing)

تأتي مرحلة المعالجة بعدما تم تجميع الطبقات المختلفة داخل قاعدة نظم المعلومات الجغرافية، حيث يتم معالجة جميع الطبقات وتقييميها وترتيبها، حسب أهميتها في عملية تغذية الخزانات الجوفية، ثم يتم بعد ذلك تحويل جميع الطبقات إلى نظام الراستر (Raster)، ثم يلي ذلك عملية إعادة التصنيف قيم الراستر (Reclassification process)، وهي عبارة عن إعادة تصنيف قيم الراستر (Raster) وترتيبها وتوحيدها، وإعطائها قيم بسيطة تسهل عملية معالجتها، ويتم في هذه العملية ترتيب أهمية المناطق طبقاً لمدي احتمالية تغذية المياه الجوفية، ثم تدرج الأهمية طبقا للتدرج الاحتمالية كما هو موضح في جدول (1)، وفي هذه المرحلة تم إعادة تصنيف جميع الطبقات المستخدمة بالنموذج.

جدول (1) وزن وأهمية كل طبقة من طبقات النموذج بناءاً على تغذية الخزانات الجوفية.

العوامل	التصنيف	Rank	التصنيف المياه الجوفية	وزن الطبقة
جيولوجية المنطقة	نهر النيل، رواسب نيلية حديثة، طمي النيل	6	جيدة جداً جداً	25
	رواسب الأودية، تكوين إدفو، بلايا	5	جيدة جداً	
	تكوين الطارف، الحصي والزلط	4	متوسطة	
	تكوين القصير، أم برميل، أبو عجاج، فرشات رملية	3	ضعيفة	
	تكوين تمساح، تيبس، طروان	2	ضعيفة جداً	
	تكوين الضوي، الداخلة، كركر، جارا، رواسب ماقبل النيل	1	ضعيفة جداً جداً	
نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM)	نهر النيل	6	جيدة جداً جداً	20
	السهل الفيضي	5	جيدة جداً	
	السهول الرسوبية	4	متوسطة	
	الأودية - الكثبان الرملية	3	ضعيفة	
	البيدمينت- البهادا- مدرجات نهرية	2	ضعيفة جداً	
	الجبال - الهضاب	1	ضعيفة جداً جداً	
درجات الانحدار (slope)	انحدارات خفيفة جداً	6	جيدة جداً جداً	15
	انحدارات خفيفة	5	جيدة جداً	
	انحدارات متوسطة	4	متوسطة	
	انحدارات شديدة	3	ضعيفة	
	انحدارات شديدة جداً	2	ضعيفة جداً	
	انحدارات شديدة الخطورة	1	ضعيفة جداً جداً	

المصدر: من عمل الطالب بالاعتماد على الدراسات السابقة ونموذج نظم المعلومات الجغرافية.

3. معالجة النتائج ومعايرتها:

بعد تشغيل النموذج (Model) ينتج عنه خريطة شكل (10) توضح توزيع معدلات تغذية الخزانات الجوفية بمنطقة الدراسة، ويتبين من دراستها أن هناك اتفاق بين طبيعة منطقة الدراسة وتوزيع معدلات التغذية بالمنطقة، حيث يتبين أن معدلات التغذية تزداد بالقرب من نهر النيل، بمناطق السهل الفيضي حيث

تصل إلى أعلي معدلاتها، حيث الزراعة الكثيفة، وارتفاع كثافة كلاً من شبكة الترع والمصارف والمناطق العمرانية، كمايضاف إلى ذلك اتجاه ميل الطبقات في اتجاه نهر النيل، وبالتالي ارتفاع التغذية من مناطق الاستصلاح الزراعي على أطراف السهل في اتجاه السهل الفيضي بالقرب من نهر النيل، وتغطي هذه المناطق مساحة 370.7 كم^2، أي مايعادل 3.7% من جملة مساحة المنطقة شكل (11).

كما تزداد معدلات التغذية في المناطق المجاورة للسهل الفيضي للنيل، ولكن بمعدلات أقل منه، حيث تتحول الخزانات الجوفية إلى النوع الحر، نتيجة اختفاء طبقة الطمي قليلة النفاذية، واستبدالها بطبقة من رواسب الأودية، والتي تتميز بنفاذيتها العالية، كما أن هذه المناطق تشغلها مساحات واسعة من الأراضي الزراعية، يضاف إلى ذلك انتشار العديد من القري والمدن على اطرافها، وقد يكون تلك الأسباب هي المسئولة عن ارتفاع تغذية تلك المناطق.

في حين تأتي مناطق السهول الرسوبية سواء بمنطقة سهل الجلابة أو في المنطقة الممتدة شرق سهل كوم أمبو، كمناطق متوسطة في التغذية، فعلى الرغم من قلة إنتشار الأراضي الزراعية بها، إلا أنها تتميز بارتفاع كثافة التراكيب الجيولوجية سواء كانت سطحية أو تحت السطح، ومن المحتمل أن يكون هناك تغذية تصل لتلك المناطق من نهر النيل، نظراً لقربها الشديد منه، وتغطي هذه المناطق مساحة 2790.5 كم2، أي مايعادل 27.8% من جملة مساحة المنطقة.

في حين تأتي مناطق الهضاب كأقل مناطق من حيث معدلات التغذية، وتغطي مساحة 5744 كم^2، أي مايعادل 57.3% من جملة مساحة منطقة الدراسة، كما يتضح أن هضبة الشرقية تأتي في مرتبة متقدمة عن الهضبة الغربية، وقد يرجع ذلك إلى أن الهضبة الشرقية، تتميز بتقطعها الشديد بالصدوع، كما يضاف إلى ذلك طبيعة تكويناتها الصخرية، حيث تتكون من الحجر الرملي النوبي. في حين تمثل هضبة سن الكداب أقل مناطق التغذية، حيث الارتفاعات الشاهقة، والانحدارات الشديدة، يضاف إلى ذلك طبيعة تكويناتها الصخرية.

4. النتائج:

بناءاً على توزيع معدلات التغذية بمنطقة الدراسة، يتبين أن معدلات التغذية ترتفع بالمناطق القريب من نهر النيل، وهي بذلك تمثل أهم مناطق الخزانات الجوفية حيث تتميز باستدامة مياهها، كما تتميز بجودة مياهها، لذلك من الممكن أضافة آبار جديدة للمياه الجوفية، أما بالبعد عن نهر النيل فتقل معدلات التغذية لذا لابد أن يكون هناك دراسات تفصيلية عن كميات المياه المتاحة في هذه المناطق، ومعدلات التغذية والسحب الأمن من هذه المياه، وذلك للمحافظة على هذا المصدر الهام للمياه العذبة من النفاذ والتدهور نتيجة السحب الجائر.

شكل (10) معدلات التغذية للخزانات الجوفية بمنطقة الدراسة.

المراجع:

(1) محمد خميس الزوكة، (1998): "جغرافية المياه"، دار المعرفة الجامعية الاسكندرية، ص 268.

(2) Shaban A, Khawlie M, Abdallah C., (2006): "Use of remote sensing and GIS to determine recharge potential zones: the case of Occidental Lebanon", Hydrogeol J., 2006; 14:433-43.

(3) El-Baz F., Himida I., (1995): "Groundwater Potential of the Sinai Peninsula, Egypt. Cairo, Egypt", US Agency for International Development.

(4) GHONEIM E., El-Baz F., (2007): "DEM-optical-radar data integration for palaeohydrological mapping in the northern Darfur, Sudan: implication for groundwater exploration", International J. of R.S., Vol. 28, No. 22, P. 5001–5018.

(5) Al Saud M., (2010): "Mapping potential areas for groundwater storage in Wadi Aurnah Basin, western Arabian Peninsula, using remote sensing and geographic information system techniques". Hydrogel J., 18:1481-95.

(6) El Fayoumy, J., (1968): "Geology of groundwater supplies in the region east of the Nile Delta", Unpublished Ph. D. Thesis, Fac. of Sci., Cairo Univ., Geology Department, Cairo.

(7) Lattman L. H., Parizek R. R., (1964): "Relationship between fracture traces and the occurrence of groundwater in carbonate rocks". J Hydro, 2: 73–91.

(8) Edet A.E., Okereke C.S., Teme S.C., Esu E.O., (1998): "Application of remote sensing data to groundwater exploration: a case study of the Cross River State, southeastern Nigeria", Hydrogel J. 6:394–404