مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (32) العدد (4) 2010
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (32) No. (4) 2010

تقييم الخطر البيئي للنترات في المياه الجوفية لسهل عكار في طرطوس باستخدام المنطق الضبابي

الدكتور عادل عوض*
الدكتور أحمد وزان**
حنان شيخ يوسف ***

(تاريخ الإيداع 20 / 4 / 2010. قُبِل للنشر في 13/ 7 / 2010)

□ ملخّص □

إن النترات الممتصة من المياه الجوفية المستخدمة للشرب يمكن أن تتحول في المعدة إلى أشكال مسرطنة من النتروسواميناتوالنتروساميدات ،كما تسبب التراكيز المرتفعة من النترات بحدوث الميثموغلوبينيميا لدى الرضع في المناطق التي تستخدم المياه الجوفية الملوثة بالنترات للشرب، إن معظم التجمعات الريفية تستخدم المياه الجوفية كمصدر لمياه الشرب، ولكن تراكيز النترات في المياه الجوفية أخذت بالتزايد بشكل واضح في الآونة الأخيرة في معظم المناطق الزراعية، بسبب التطبيق الزائد للتسميد الزراعي في السنوات السابقة .

ومن هنا تأتي أهمية دراسة تقييم الخطر البيئي للنترات في المياه الجوفية لسهل عكار في طرطوس، وبشكل خاص الخطر الصحي الناتج من زيادة تراكيز النترات في هذه المياه، باستخدام المنطق الضبابي لتوضيح حالات عدم التأكد من خلال ربطه بعمليات تقييم الخطر البيئي.

الكلمات المفتاحية: تقييم الخطر البيئي، النترات، سهل عكار، المنطق الضبابي .

* أستاذ – قسم الهندسة البيئية– كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.
** أستاذ مساعد – قسم الهندسة البيئية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية– سورية.
*** طالبة دراسات عليا (ماجستير) – قسم الهندسة البيئية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (32) العدد (4) 2010
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (32) No. (4) 2010

Environmental Risk Assessment of Nitrate in Groundwater of AKKAR Region in Tartous By Using Fuzzy Logic

Dr. Adel Awad*
Dr. Ahmad Wazzan**
Hanan Shekh Youssef ***

(Received 20 / 4 / 2010. Accepted 13 / 7 / 2010)

□ ABSTRACT □

Nitrate in groundwater, when ingested by human being, might be converted to carcinogenic nitrosamines and nitrosoamides in the stomach. The high concentration of nitrate can cause infant's Methemoglobinemia in the regions that use groundwater for drinking. Most rural communities use groundwater as their drinking source. However, nitrate concentrations have increased in many agricultural areas due to the fertilizing practices in the past years.

Thus it is important to study the Environmental Risk Assessment (ERA) of Nitrate in groundwater in Akkar region– Tartous, especially the health risk due to the high concentration of nitrate in this water. This will be done by using Fuzzy logic to present the uncertainties which will be incorporated into the Environmental Risk Assessment process.

Key Words: environmental risk assessment, nitrate, Akkar region, Fuzzy logic.

***Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
****Associate Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
***** Postgraduate Student, Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

مقدّمة:

يعد تلوث المياه الجوفية بالنترات مشكلة شائعة في العديد من دول العالم، وبخاصة الزراعية منها، حيث ينشأ التلوث في هذه البلدان بشكل أساسي من الاستخدام الزائد للتسميد في المناطق الزراعية، ومن النفايات الصناعية والصرف الصحي، وروث الحيوانات، وأيضا" من التثبيت الجوي للنتروجين بوساطة النباتات، إضافة إلى مركبات النتروجين التي تنشأ بفعل بعض الصناعات وانبعاثات السيارات، وتترسب على الأرض بشكل مواد صلبة [1].

وتعد النترات من المركبات المسرطنة والخطرة على الصحة البشرية إذا ما وجدت بتراكيز مرتفعة، وتأتي هذه الخطورة من تحول النترات الممتص إلى نتريت بفعل بكتريا خاصة في البطن، والذي يسبب بدوره ما يعرف بالميثموغلوبينيميا لدى الرضع والحوامل (مرض ازرقاق الرضع)، كما يمكن أن يسبب سرطان المعدة لدى البالغين عبر تفاعله مع الأمينات والأميدات في البطن مشكلاً مواد مسرطنة (النتروزأميدات والنترزوأمينات) لذلك كان لابد من المحافظة على مستويات منخفضة للنترات في المياه الجوفية المستخدمة للشرب وللري. ومن هنا تأتي أهمية دراستنا لتحديد الخطر البيئي للنترات في المياه الجوفية لمنطقة سهل عكار في طرطوس باستخدام المنطق الضبابي؛ لأن هذه المنطقة تحوي مياهاً جوفية وسطحية وفيرة مستخدمة في الري وفي الشرب أحيانا، ولأنها المنطقة الزراعية الرئيسة في طرطوس، وتعاني من مشاكلات بيئية عديدة؛ منها الصرف الصحي العشوائي والمنشآت الصناعية، يضاف إليها الاستخدام الزائد للتسميد الزراعي؛ لذلك نجد أن عملية تحديد الخطر البيئي للنترات في هذه المنطقة يعطي مؤشرا" واضحا" وحقيقيا" عن الضرر الصحي والبيئي الناتج من هذه المشكلة [4].

إن تقييم الخطر البيئي للنترات يصف العلاقة بين مستويات التعرض للنترات في مياه الشرب ومدى خطورة الآثار الناجمة عن هذا التعرض، وكذلك فيوصف العلاقة بين الجرعة والاستجابة وحساب الخطر السرطاني وخطر الميثموغلوبينيميا، أما المنطق الضبابي فيوصف حالات عدم التأكد المرافقة لعمليات تقييم الخطر البيئي السابقة، وبسبب النقص في المعلومات المتوافرة والنقص في فهم العمليات البيولوجية والكيميائية المؤثرة في النترات، فان العوامل السابقة المستخدمة في تقييم الخطر البيئي غير مؤكدة، ولتوضيح عدم التأكد المرافق لها نستخدم المنطق الضبابي Fuzzy logicوتكمن أهمية ذلك في إعطاء قيم ومؤشرات أكثر دقة عن الآثار الصحية والبيئية الناجمة عن زيادة تراكيز النترات في المياه الجوفية للمنطقة المدروسة، وتحديد المناطق الأكثر عرضة للضرر الصحي، والاعتماد على هذه النتائج في اتخاذ القرار البيئي الفعال في حماية مصادر المياه الجوفية من التلوث [13] [3] .

إن تقييم الخطر البيئي هو عملية الهدف منها تحديد الخطر المترافق مع وجود أو انتقال المواد الكيميائية والملوثات العضوية في المستقبلات البيئية ، وتعتمد على تحليل الآثار الكامنة، والآثار العكسية والخطيرة الناجمة عن وجود هذه المواد، ودراسة احتمالية وقوع الأخطار الفيزيائية والميكروبيولوجية ، والفيزيولوجية في مجتمع بشري ما، أو نظام بيئي ما تحت ظروف مناخية وزمنية ، واجتماعية معينة ، وبالتالي تحديد مدى الحاجة للإجراءات العلاجية وتطوير الخطط الإدارية وصولا" إلى تخفيف أو إزالة هذه الآثار[4].

لقد حددت وكالة حماية البيئة الأمريكية(USEPA) أربع خطوات رئيسة لعملية تقييم الخطر البيئي، وهي:[8]

- تحديد الخطر Hazard Identification ؛
- العلاقة بين الجرعة – الاستجابة Dose – Response Relationship ؛
- تقييم التعرض Exposure Assessment ؛

- توصيف الأخطار Risks Characterization ؛

إن تقييم الخطر البيئي هو عنصر أساس في عملية اتخاذ القرار البيئي الفعال، وذلك من اجل تخفيض الآثار البيئية على الأوساط المستقبلة (إنسان، وسط بيئي...)، ولكن ولسوء الحظ غالبا" ما تكون المعطيات البيئية مبهمة وغامضة وغير مكتملة، ولذلك نلاحظ أن عدم التأكد يكون مرافقا" لأي دراسة ترتبط بهذا النوع من المعطيات [10] [12].

إن المنطق الضبابي قد استخدم بشكل واسع في الآونة الأخيرة لبيان عدم التأكد المرافق للعمليات الرياضية عندما تكون حدود (قيم) المتغيرات غير مؤكدة، أو إذا كانت المتغيرات المستخدمة ليس لها أسس إحصائية، أو المعلومات المستخدمة غير كافية [14].

النترات – النتريت الممتصة من قبل البشر:

النترات والنتريت شائعة الاستخدام كأسمدة تضاف إلى الخضار، وكمواد حافظة في الطعام المصنع، ولتثبيت اللون في اللحوم المحفوظة (كالمرتديلا وغيرها...) إذ تحفظ اللون الأحمر المطلوب والمرغوب لتسويقها، ويشكل الطعام المصدر الرئيس الذي يدخل من خلاله النترات إلى الجسد، وتُعد الخضار وخاصة السبانخ والكرفس والشوندر، والخس والخضار الجذريّة هي المسؤولة عن معظم كمية النترات التي تدخل إلى الجسم، قد يصل معدل استهلاك النترات إلى 0.2 ميلي غراماً في اليوم عند الإنسان الذي يعتمد على الخضار في طعامه اليومي، كذلك فإن الجسم يصنّع حوالي 62 ميلي غرام في اليوم من النترات إضافة إلى ما يستهلك، كما أن الالتهابات والأمراض قد تسبب زيادة إفراز الجسم وبالتالي مستوى أعلى من النترات [9] .

إن مستويات النترات في الخضراوات تختلف بشكل واضح من منطقة إلى أخرى، وفي أوقات السنة، لان الاختلاف في الحرارة، ضوء الشمس، مستويات النتروجين المتوافرة في التربة، رطوبة التربة، تؤثر أيضاً في مستويات النترات [10] .

بشكل عام، إن المستوى الكلي للنترات الممتص يأتي من عدة مصادر، ويمكن أن تكون مياه الشرب هي المصدر الرئيس للنترات الممتص في المناطق التي تكون فيها المياه الجوفية الحاوية على مستوى نترات مرتفع مستخدمة كمصدر لمياه الشرب[6] .

الأثر الصحي للنترات الممتص من قبل البشر:

على الرغم من أن شاردة النترات N03 غير فعالة كيميائياً، فإنها يمكن أن تكون فعالة ميكروبياً (بفعل البكتيريا) إذ تتحول لتعطي شاردة نتريت NO2 تكون فعالة كيميائياً .

وتكمن خطورة النترات في تحوله إلى نتريت والذي بدوره يسبب أثاراً صحية خطيرة تكمن في مرض (ازرقاق الأطفال) والمعروف علمياً بـ: Methemoglobinemia وسرطان المعدة Gastric Cancer وبشكل عام حوالي 5% من النترات الممتص تتحول إلى نتريت[11] .

الأرقام الضبابية والمجوعات الضبابية:

ظهرت فكرة المجموعات الضبابية لأول مرة في العام 1965 من قبل أحمد لطفي زاده من خلال مقال نشره في مجلة Information and Control ، وشكل هذا المقال الأساس العلمي للعديد من الدراسات اللاحقة حول المجموعات الضبابية حول العالم، وقام احمد لطفي زاده بتقديم المنطق الضبابي كأداة لمعالجة عدم التأكد، بالاعتماد على حقيقة انه لا يوجد حدود واضحة (مؤكدة) للمجموعات، وإنما هي حدود ضبابية [3]

إن الفكرة الأساسية للمنطق الضبابي هي تابع العضوية، والذي يعبر رياضياً عن الدرجة التي ينتمي بها العنصر إلى مجموعة معينة، وكلما زادت درجة العضوية زادت درجة انتماء العنصر إلى المجموعة، إن قيم تابع العضوية في المجموعات التقليدية (الكلاسيكية) هي إما (1) عندما ينتمي العنصر إلى المجموعة، وهي (0) عندما لا ينتمي العنصر إلى المجموعة [14].

وعلى كل حال فإن من الصعب أحيانا أن نحدد الاختلاف بين العناصر التي تنتمي إلى مجموعة ما والعناصر التي لا تنتمي إلى المجموعة نفسها في المنطق الكلاسيكي.

إن المنطق الضبابي يوضح الضبابية (الغموض) عن طريق التخلص من الحد الفاصل بين عناصر المجموعة والعناصر التي لا تنتمي إلى المجموعة .

ويعرف تابع العضوية للمجموعة الضبابية بأنه منحنٍ يتم من خلاله تعريف القيمة (أو درجة العضوية)، التي تنتمي فيها العناصر (البيانات) Input Space إلى مجموعة ما .

تشير القيمة $\mu_A(x)$ إلى درجة عضوية العنصر في المجموعة A حيث إن $\mu_A(x)=0$ يعني أن العنصر لا ينتمي إلى المجموعة على الإطلاق، أما $\mu_A(x)=1$ فيعني أن العنصر ينتمي إلى المجموعة بشكل كامل، أما درجات العضوية بين (0−1) فهي تعني درجات انتماء جزئية إلى المجموعة، ويتم تحديد شكل تابع العضوية بحسب طبيعة البيانات المدروسة، ودرجة الدقة المطلوبة، ولأسباب عملية تُعد توابع العضوية ذات الشكل المثلثي، وشبه المنحرف، والجرسي، هي الأكثر استخداما" في التطبيقات الهندسية [14] .

أما الأرقام الضبابية فهي قيم تنتمي إلى مجموعة معطاة مع درجة معينة من العضوية، وكمثال عن الأرقام الضبابية :

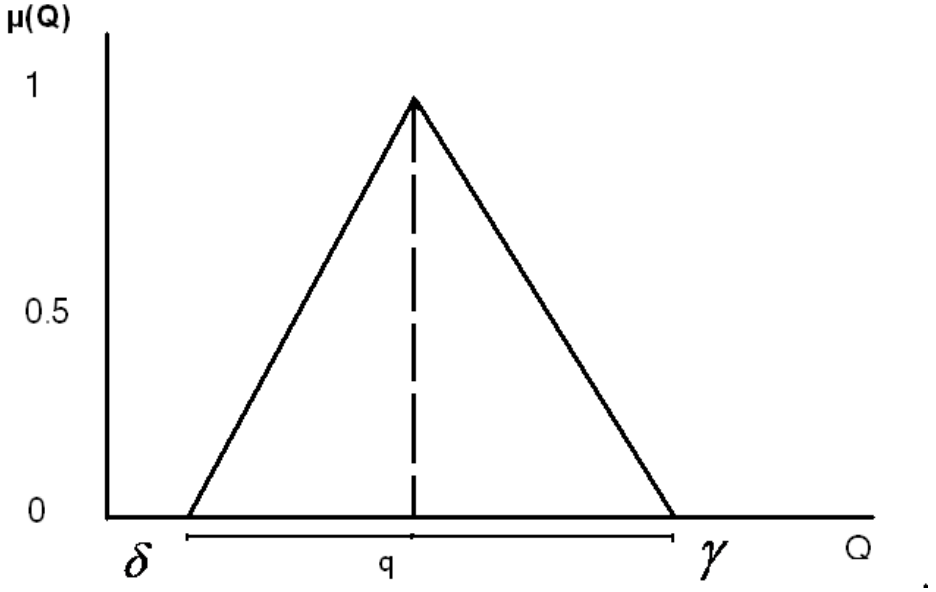
إذا كان Q رقماً ضبابياً ويعطى تابع العضوية الخاص به بالشكل التالي :

$$\mu(Q) = \begin{bmatrix} 1-(q-Q)\setminus\gamma & : & q-\gamma \le Q \le q \\ 1-(Q-q)\setminus\delta & : & q \prec Q \le q+\delta \\ o & : & otherwise \end{bmatrix} \qquad (1)$$

حيث : q هي القيمة الأكثر معنوية (أعلى درجة عضوية)؛

γ $(\lambda \succ 0)$,δ $(\delta \succ 0)$ هما الانتشار اليساري واليميني للرقم الضبابي، وعندما يكون الانتشار مساويا الصفر، فإن الرقم المعطى ليس رقماً ضبابياً، وكلما ازداد الانتشار يصبح الرقم المعطى أكثر ضبابية.

ويمكن أن يكتب Q بالشكل التالي $Q=(q,\gamma,\delta)_{LR}$ أي إن Q رقم ضبابي معطى مع انتشار يساري ويميني عند القيمة q [14] .



الشكل رقم (1) الرقم الضبابي Q [1]

أهمية البحث وأهدافه:

إن تقييم الخطر البيئي للنترات يصف العلاقة بين مستويات التعرض للنترات في مياه الشرب ومدى خطورة الآثار الناجمة عن هذا التعرض، وكذلك توصيف العلاقة بين الجرعة والاستجابة، وحساب الخطر السرطاني وخطر الميثموغلوبينيميا، أما المنطق الضبابي فيوصف حالات عدم التأكد المرافقة لعمليات تقييم الخطر البيئي السابقة، وبسبب النقص في المعلومات المتوافرة، والنقص في فهم العمليات البيولوجية والكيميائية المؤثرة في النترات، فإن العوامل السابقة المستخدمة في تقييم الخطر البيئي غير مؤكدة، ولتوضيح عدم التأكد المرافق لها نستخدم المنطق الضبابي Fuzzy logic وتكمن أهمية ذلك في إعطاء قيم ومؤشرات أكثر دقة عن الآثار الصحية والبيئية الناجمة عن زيادة تراكيز النترات في المياه الجوفية للمنطقة المدروسة، وتحديد المناطق الأكثر عرضة للضرر الصحي، والاعتماد على هذه النتائج في اتخاذ القرار البيئي الفعال في حماية مصادر المياه الجوفية من التلوث، ويهدف البحث إلى تطوير عملية تحديد الخطر البيئي للنترات في المياه الجوفية باستخدام المنطق الضبابي، وتحديد مستويات الخطر على السكان، وبالتالي إعطاء المصداقية للقرار البيئي المتخذ في حماية مصادر المياه الجوفية، وتوفير المنهجية الملائمة لذلك، وتحديد حالات عدم التأكد المرافقة لها وتطبيقها لاحقاً على ملوثات المياه الجوفية الأخرى.

طرائق البحث ومواده:

- **حساب مستويات التعرض للنترات:** إن تقييم التعرض للنترات هو عمليات تحديد وتعريف المصدر وكمية ملوثات النترات، وحساب معدل وحجم حركة النترات وتقدير حجم السكان المعرضين للنترات، ويمكن أن يحصل تلوث المياه الجوفية بالنترات من مصادر نقطية وغير نقطية [5]. وسيتم الاعتماد هنا على تراكيز النترات التي تم الحصول عليها عبر التحليل المخبري للمياه الجوفية في المنطقة المدروسة [1] .

-حساب خطر الميثموغلوبينيميا:

إن حساب الآثار الصحية غير المسرطنة مثل (الميثموغلوبينيما) الناتج من التعرض للكيماويات، يعتمد على ما يسمى الجرعة المرجعية RFD والتي تعرف حسب وكالة حماية البيئة الأمريكية USEPA أنها حساب التعرض اليومي الذي لا يتوقع أن يسبب أثارا صحية عكسية على مدى الحياة، ويُعطى بالصيغة التالية[11] :

$$RFD = \frac{NOAEL * DW}{UF} \qquad (2)$$

حيث :

NOAEL يعرف على انه المستوى الذي يسبق العتبة على منحني الجرعة – الاستجابة، والتي تعتبر فيه الجرعات الكيميائية آمنة، أي لم تحدد أي تغيرات مورفولوجية، أو وظيفية على الصحة البشرية، ويعطى (mg/l).

- DW هو التناول اليومي للمياه الحاوية على نترات من قبل الرضع l\d-infant .
- UF عامل عدم تأكد يتراوح من (1−1000) ويؤخذ هنا (1) [12] .

ويؤخذ وزن جسم الرضع الوسطي 4kg .

وبسبب العلاقة التابعية بين جرعة النترات والاستجابة المحتملة للميثموغلوبينيما، يتم حساب بمؤشر خطر الميثموغلوبينيما والذي يعطى كنسبة (معدل) جرعة النترات المحسوبة اليومية ADD مقسوماً على RFD :

$$HI = ADD \setminus RFD \qquad (3)$$

وتُعطى جرعة النترات الوسطية اليومية ADD بالعلاقة التالية :

$$ADD = C * DW \qquad (4)$$

حيث : C هو تركيز النترات mg\l الموجود في المياه المستخدمة للشرب ؛

DW معدل التناول اليومي للمياه من قبل الرضع l \kg-d ؛

وعندما تكون HQ≤1 هذا يعني أن الأخطار مقبولة وذلك للمواد غير المسرطنة[7] .

ومن أجل توضيح حالات عدم التأكد يقدم HI كرقم ضبابي لتوضيح الحدود الممسوحة للنترات في المياه المستخدمة للشرب، وفق الاستجابة المحتملة الميثموغلوبينيميا [8] .

وقد بينت وكالة الحماية الأميريكية USEPA العوامل الأساسية في تحديد خطر الميثموغلوبينيميا بالشكل التالي [9] :

- NOAEL=10mg\l-NO3-N؛
- DW = كمية المياه التي يستهلكها الرضع يومياً l\d مقسومةً على الوزن الوسطي للرضع kg
- $DW = \frac{0.64\ l \setminus d}{4kg} = 0.16\ \ l \setminus kg - d$ ؛
- UF=1 ؛

وبما أن كل 1 ملغ من النترات يساوي 4.4 ملغ نترات كنتروجين، فإن : NOAEL=10*4.4 = 44 mg/l

$$RFD = \frac{NOAEL * DW}{UF} = \frac{44 * 0.16}{1} = 7.04 \quad mg/kg - d$$

-حساب الخطر السرطاني:

بسبب النقص في المعطيات الخاصة بالأثر السرطاني للبشر العائد للنترات في المياه المستخدمة للشرب ، وذلك لصعوبة إجراء التجارب المخبرية على الاستجابة للسرطان على البشر، تتم الاستعانة بنتائج الاختبارات والتجارب المخبرية التي تتم على الفئران [14].

يبين الجدول (1) المعطيات الخاصة بالجرعة – الاستجابة التي تم الحصول عليها من التجارب المخبرية على الفئران في العام 2000 في جامعة نبراسكا الأميريكية، وبما أن الفئران تختلف عن البشر كان لا بد من تحويل هذه المعطيات وتعديلها لتطبق على البشر، إن الكمية الممتصة من النتروزو (NDMA) (nitrosodimethylamine) تعتبر مسرطنة للبشر وللحيوان، وبالتالي يمكن أن تعتمد في تحويل الجرعة الممتصة إلى جرعة مناسبة للإنسان من خلال العلاقة التالية [14]:

$$X = \lambda \left(R \right)^{0.5} \qquad (5)$$

حيث: X هي كمية النترات الممتصة اليومية من قبل البشر g\d ؛

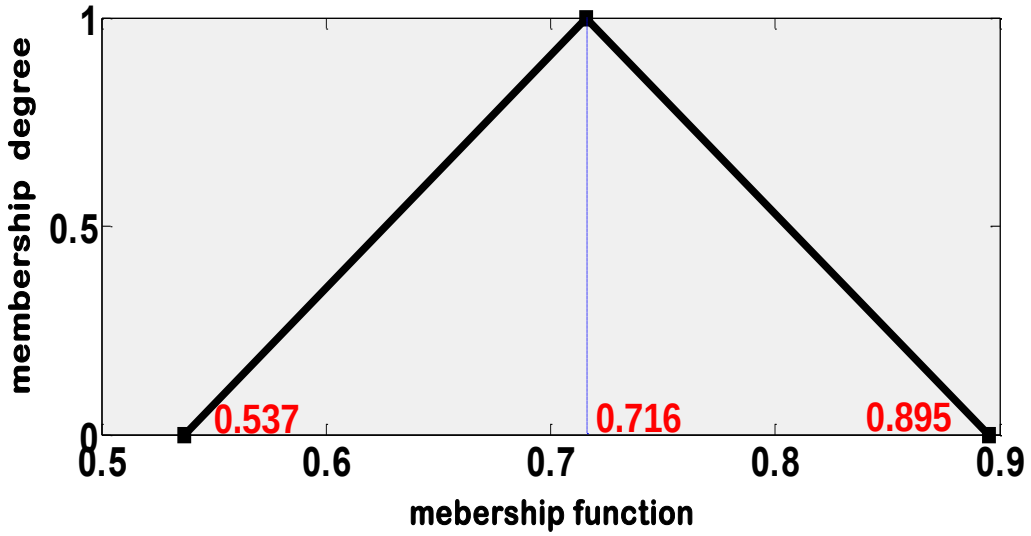
R هي كمية NDMA الممتصة من قبل الفئران mg\d ؛

ƛ معامل ويساوي تقريباً 0.716 ؛

في هذه الدراسة يقدم المعامل ƛ على انه رقم ضبابي (معامل ضبابي) لاحتواء حالات عدم التأكد المرافقة للمعادلة السابقة بالشكل :

ويُعطى تابع العضوية لهذا الرقم بالشكل التالي: (6)

$$\mu(\lambda) = \begin{bmatrix} 1-(t-\lambda)\backslash\gamma & : \lambda \leq t \\ 1-(\lambda-t)\backslash\delta & : \lambda \succ t \end{bmatrix}$$



الشكل رقم (2) تابع العضوية للرقم الضبابي ƛ

الجدول رقم (1) نتائج التجارب المخبرية على الفئران [1]

DATA NUMBER	1	2	3	4	5	6
Dose of NDMA mg\d	0	2	5	10	20	50
Response (probability)	0.000	0.027	0.096	0.4	0.652	0.833

وباستخدام المعادلة السابقة (6) والجدول السابق (1) يتم تحويل المعطيات المخبرية إلى معطيات ملائمة للبشر لاستخدامها في دراسة الاستجابة المرافقة لجرعات معينة وتحديد القيم النموذجية والمجال الأعظمي المحتمل لكل جرعة معينة من النترات بالشكل التالي [7].

لدينا المعادلة السابقة :

$$X = \lambda \left(R \right)^{0.5}$$

حيث تمثل X جرعة النترات الممتصة من قبل البشر، وتمثل R جرعة النترات الممتصة من قبل الفئران وبحسب قيم العامل ג ، وقيم الاستجابة Y من الجدول السابق نحصل على الجدول التالي(2) :

الجدول رقم (2) جرعة النترات الممتصة من قبل البشر g/d والاستجابة المحتملة لها

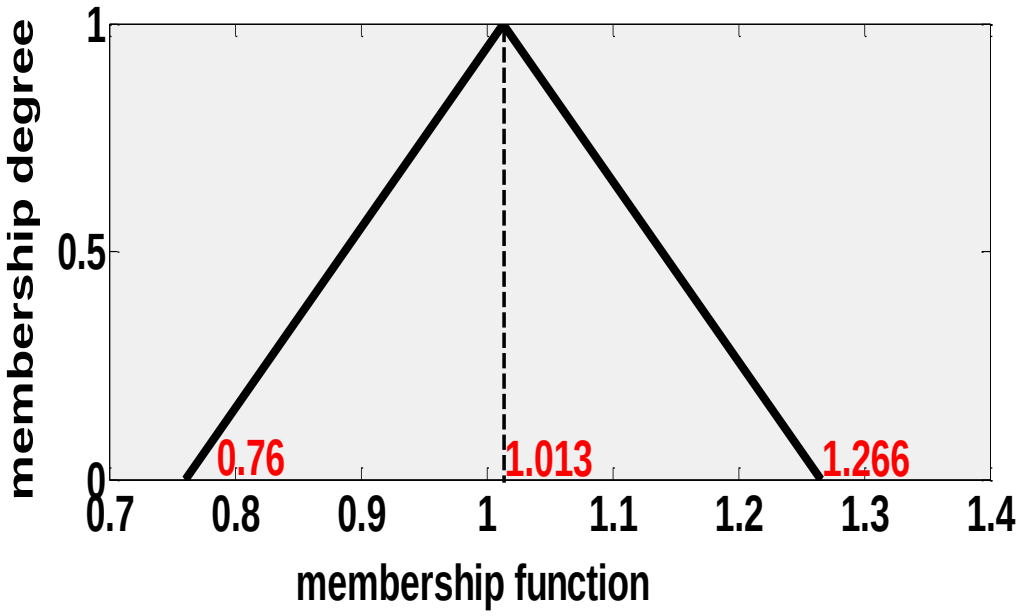
i	جرعة النترات للبشر XI		الاستجابة YI	
	القيمة النموذجية	المجال الأعظمي	القيمة النموذجية	المجال الأعظمي
1	0	0.00 - 0.00	0	0.00-0.00
2	1.013	0.760 - 1.266	0.027	0.021-0.033

أما بالنسبة للجرعة Xi فإنها تقدم كرقم ضبابي مع تابع عضوية بالشكل التالي :

ويُعطى تابع العضوية لها بالشكل التالي :

$$\mu(Xi) = \begin{bmatrix} 1-(t-Xi)\setminus\gamma & : & Xi & \leq & t \\ 1-(Xi-t)\setminus\delta & : & Xi & \succ & t \end{bmatrix} \qquad (7)$$

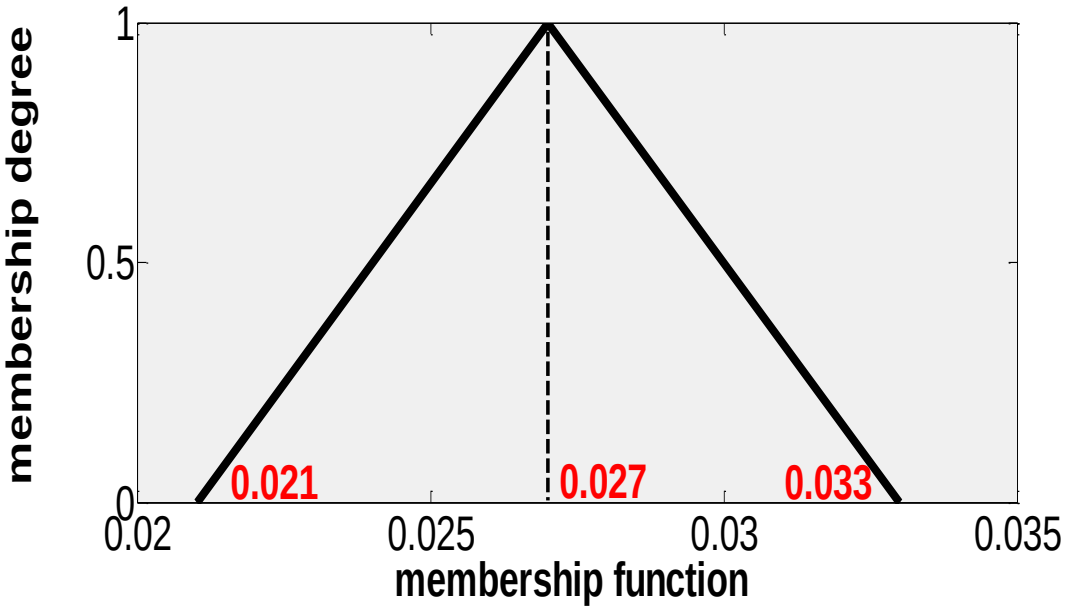
مثلاً إذا أخذنا التجربة الثانية، ومن الجدول السابق، فإن تابع العضوية لجرعة النترات الممتصة من قبل البشر g/d تُعطى بالشكل :



الشكل (3) تابع العضوية لجرعة النترات الممتصة من قبل البشر عند التجربة الثانية

وكذلك تقدم الاستجابة YI كرقم ضبابي مع تابع عضوية خاص به بالشكل التالي :

$$\mu(Yi) = \begin{bmatrix} 1-(t-Yi)\setminus\gamma & : & Yi & \leq & t \\ 1-(Yi-t)\setminus\delta & : & Yi & \succ & t \end{bmatrix} \qquad (8)$$



الشكل رقم (4) تابع العضوية للاستجابة Yi عند التجربة الثانية

ولوصف العلاقة بين جرعة النترات للبشر (X) والاستجابة المحتملة للسرطان (Y) نستخدم موديلاً لغاريتمياً قدم لأول مرة من قبل (Lee.1992) ويُعطى بالصيغة التالية [9]:

$$Y = \frac{1}{\left[1+\exp\left\{D1+D2(\log X)\right\}\right]} \qquad (9)$$

حيث :D1,D2 هما معاملات ضبابيان يُعطيان بالصيغة التالية مع توابعهما العضوية :

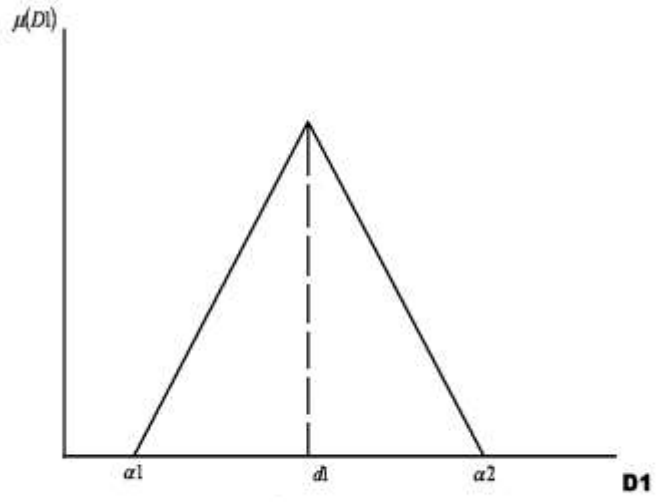
$$D1 = (d1, \alpha1, \alpha2)LR \qquad (10)$$

$$D2 = (d2, \alpha1, \alpha2)LR$$

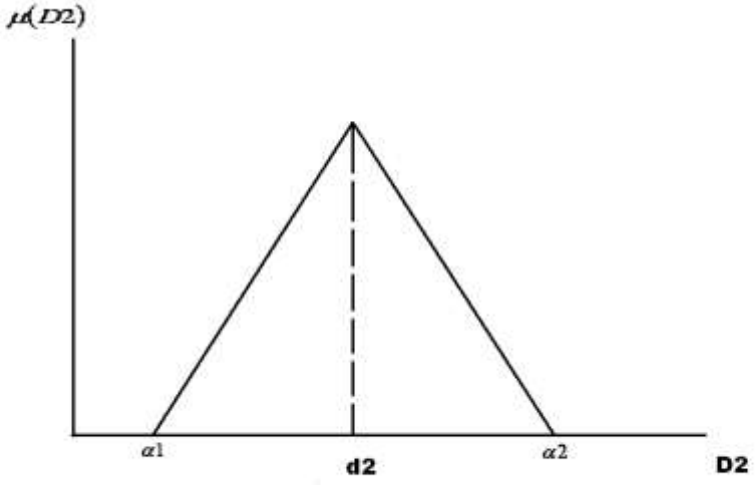
أما توابع العضوية فتُعطى بالشكل:

$$\mu(D1) = \begin{bmatrix} 1-(d1-D1)\alpha1 & , D1 \le d1 \\ 1-(D1-d1)\alpha2 & , D1 \succ d1 \end{bmatrix} \qquad (11)$$

$$\mu(D2) = \begin{bmatrix} 1-(d2-D2)\alpha1 & , D2 \le d2 \\ 1-(D2-d2)\alpha2 & , D2 \succ d2 \end{bmatrix} \qquad (12)$$



الشكل (5) تابع العضوية للرقم الضبابي D1 [1]



الشكل رقم (6) تابع العضوية للرقم الضبابي D2 [1]

لإيجاد قيم D1,D2 يتم تطبيق موديل المنحني الخطي الضبابي، وهذه الطريقة هي أفضل أداة في تحاليل المنحنيات عندما تكون الطريقة التقليدية غير كافية، أو عندما تكون العلاقة بين المتغيرات غير واضحة، أو معطيات ناقصة [11] .

بعد أن يتم تحويل الموديل اللغاريتمي السابق إلى موديل خطي لكل من بارامترات المنحني D1,D2 يمكن استخدام طريقة المنحني الخطي الضبابي للحصول على الحل الأمثل للمشكلة الخطية بالشكل التالي [12]:

$$\min imize \vee(\alpha 1,\alpha 2)=\sum_{i=2}^{n}\left\{\left(\alpha 1+\alpha 2\left|\log xi^{-}\right|\right)+\left(\alpha 1+\alpha 2\left|\log xi^{+}\right|\right)\right\} \qquad (13)$$

$$subject\ to: data\ number\ i=2,.....,6$$

$$\alpha 1\geq 0\ ,\alpha 2\geq 0$$

$$d1+d2\left(\log xi^{-}\right)+\left(\alpha 1+\alpha 2\left|\log xi^{-}\right|\right)\ \geq\ \log\left\{\left(1\setminus yi^{-}\right)-1\right\}$$

$$d1+d2\left(\log xi^{-}\right)-\left(\alpha 1+\alpha 2\left|\log xi^{-}\right|\right)\ \leq\ \log\left\{\left(1\setminus yi^{+}\right)-1\right\}$$

$$d1+d2\left(\log xi^{+}\right)+\left(\alpha 1+\alpha 2\left|\log xi^{+}\right|\right)\ \geq\ \log\left\{\left(1\setminus yi^{-}\right)-1\right\}$$

$$d1+d2\left(\log xi^{+}\right)-\left(\alpha 1+\alpha 2\left|\log xi^{+}\right|\right)\ \leq\ \log\left\{\left(1\setminus yi^{+}\right)-1\right\}$$

حيث : XI^{+} XI^{-} هما الحدان الأعلى والأدنى بالترتيب ل XI عندما $\mu(XI)=0$ كما هو موضح بالشكل ( ).

YI^{+} YI^{-} هما الحدان الأعلى والأدنى بالترتيب ل YI عندما $\mu(YI)=0$

إن حل جملة المعدلات السابقة يعطي القيم المثالية لكل من $(\alpha 1,\alpha 2,d1,d2)$.

الجدول (3) القيم المثلى لمتحولات المنحني[1]

parameters	Estimated values
d 1	3.331
α1	1.138
d 2	-3.429
α2	0.881

وتعطى العلاقة بين جرعة النترات للبشر والاستجابة المحتملة للسرطان بالصيغة النهائية التالية:

$$1 \setminus [1+\exp(Z1)] \le Y \ge 1 \setminus [1+\exp(Z2)] \qquad (14)$$

حيث: Z1,Z2 تعطى بالصيغة التالية (15) :

$$Z1 = 3.331 - 3.429\,(\log X) + (1-h)(1.138 + 0.881\,|\log X|)$$
$$Z2 = 3.331 - 3.429(\log X) - (1-h)(1.138 + 0.881|\log X|)$$

حيث :

- X هي الكمية الكلية للنترات الممتصة من قبل البشر g\d وتعطى بالعلاقة التالية :

$$X = NW + NF \qquad (16)$$

- NW هي كمية النترات الموجودة في مياه الشرب g\d .
- NF كمية النترات الممتصة من المصادر الأخرى وتقدر ب 0.17g\d
- Y الفترة التقديرية لتطور السرطان البشري .
- h درجة العضوية $o \le h \le 1$ والتي تستخدم لحساب الاستجابة Y عند درجات عضوية مختلفة، تؤخذ هنا 0.5 قيمة وسطية [10] .

النتائج والمناقشة:

-حالة الدراسة: تُعد المنطقة الساحلية منطقة الحياة والبيئة في سورية، حيث إن معظم الأراضي الزراعية تتوضع في هذه المنطقة، لذلك تُعد الأرض والمياه ذواتي أهمية كبيرة من منطق الحفاظ على استمرارية الزراعة، وبالتالي الغطاء النباتي كعنصر أساسي في الحفاظ على البيئة، كما تتصف المنطقة الساحلية بكثافة سكانية كبيرة ومعتمدة في أغلبها على الزراعة كمصدر للدخل الفردي والقومي، إذ يعتمد الاقتصاد القومي في سورية اعتماداً رئيساً على المنتجات الزراعية، وتتركز معظم الزراعات في منطقة الدراسة في سهل عكار في طرطوس، أما بالنسبة لتركيز النترات في المناطق المدروسة فإن الجدول رقم(4) يبين أهم نتائج تحاليل النترات (أعلى تركيز) في منطقة سهل عكار خلال فترة عام كامل من شباط 2009 – آذار 2010 :

الجدول رقم (4) القيم العظمى للنترات في المناطق المدروسة خلال الفترة من شباط 2009 حتى آذار 2010

المنطقة	تركيز النترات mg/l
الصفصافة	45.04
دير الحجر	62.92
كرتو	96.36
زاهد	48.7
سهل ميعار شاكر	36.7
ميعار شاكر	42.68

-حساب خطر اليمثموغلوبينيميا في مناطق الدراسة :

حساب قرينة الخطر HI في منطقة الصفصافة :

ADD=45.04 * 0.16= 7.2064 mg/kg-d
HI= 7.2064/7.04=1.023

حساب قرينة الخطر HI في منطقة دير الحجر:

ADD= 62.92*0.16=10.067 mg/kg-d
HI= 10.067/7.04=1.43

حساب قرينة الخطر HI في منطقة كرتو:

ADD= 96.36*0.16=15.417 mg/kg-d
HI=15.417/7.04= 2.18

حساب قرينة الخطر HI في منطقة ميعار شاكر:

ADD=42.68*0.16= 6.82 mg/kg-d
HI=6.82/7.04= 0.97

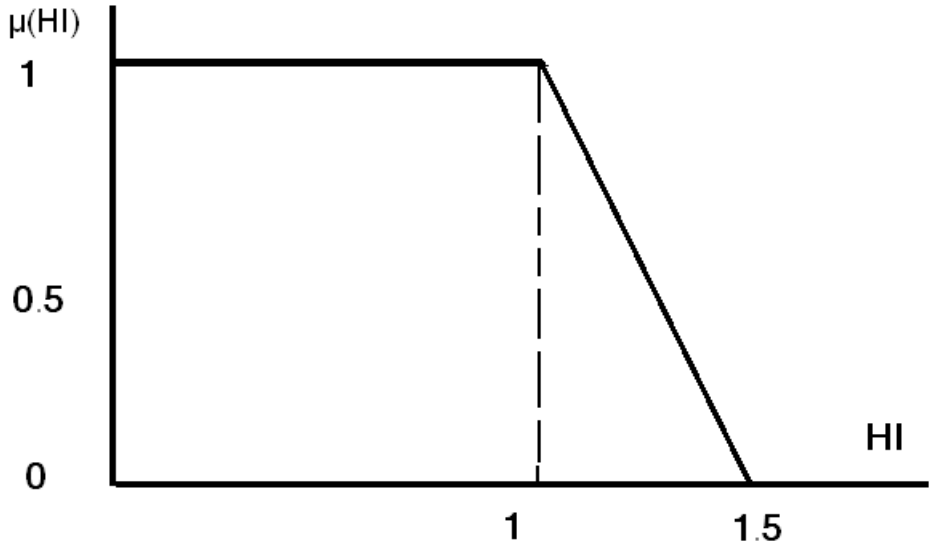
حساب قرينة الخطر HI في منطقة سهل ميعا شاكر:

ADD= 36.7*0.16=5.872 mg/kg-d
HI= 5.I873/7.04= 0.834

وفقاً للدراسات المخبرية في وكالة حماية البيئة الأميريكية USEPA تبين عند تركيز نترات في المجال (15mg/l-NO3-N - 20 mg/l-NO3-N) ظهور مستوى متأرجح للميثموغلوبينيميا في المجال التالي (0.5-2%) في الدم؛ أي كلما اقترب تركيز النترات من القيمة 20mg/l-NO3-N زادت مستويات الميثموغلوبينيميا، وبالتالي تمّ حسبان الحد الأعلى للنترات المسموحة في المياه المستخدمة للشرب 15mg/l-NO3-N [14] .

وتكون قرينة الخطر عن هذه القيمة مساوية لـ (HI=1.5) وبالتالي تصبح الحدود المسموحة لقرينة الخطر $1 \prec HI \prec 1.5$ أي عندما يكون HI أصغر من 1 لاتحدث أبدا آثار للميثموغلوبينيميا عند الرضع [14] .

وتبدأ مستويات الميثموغلوبينيميا بالظهور عندما يزداد HI ولكنها تبقى ضمن المجال المسموح طالما أن HI أصغر من 1.5، وبالتالي لتوضيح هذه الحالات يمكن أن نقدم قرينة الخطر HI كرقم ضبابي بالشكل التالي[3] :



الشكل (2) تابع العضوية لقرينة الخطر HI

ويُعطى تابع العضوية بالشكل التالي :

$$\mu(HI)=\begin{cases}1 & : HI \le 1\\ 1.5-HI & : 1 \prec HI \prec 1.5\\ 0 & : HI \ge 1.5\end{cases} \qquad (5)$$

ومن خلال هذا الرقم الضبابي وتابع العضوية الخاص به يمكن أن نحدد التراكيز المسموحة للنترات في المياه الجوفية وفق ما يلي :

- عندما تكون تراكيز النترات في المياه الجوفية المستخدمة للشرب أصغر أو تساوي 44mg/l عندها تكون قرينة الخطر $HI \le 1$ وهذا المستوى هو المستوى الأمن صحياً لان اثر الميثموغلوبينيميا تكون في أدنى حالاتها .
- عندما تتراوح تراكيز النترات في المياه الجوفية المستخدمة للشرب ضمن المجال: [44-66]mg/l تكون قرينة الخطر متأرجحة ضمن المجال التالي : $1 < HI < 1.5$ وهذا المجال مقبول إلى حد ما؛ لأن آثار الميثموغلوبينيميا الصحية من خلال التجارب المخبرية بقيت ضمن الحدود المسموحة.
- عندما تزداد تراكيز النترات في المياه الجوفية وفق الصيغة التالية $C \ge 66mg/l$

تكون قرينة الخطر عندها مساوية للصفر $HI=0$ وهذا هو المستوى غير المقبول إطلاقا في المياه الجوفية [14].

-تحديد مجال الاستجابة للسرطان وفق جرعة النترات في مناطق الدراسة :

بالاعتماد على المعادلات السابقة (15-14-13-9) والجدول رقم (2) نحصل على الجدول رقم (5) الذي يبين مجال الاستجابة Y% للسرطان وفقاً لجرعة النترات X g/d في منطقة الدراسة :

الجدول رقم(5) حدود الاستجابة Y% وفقاً لجرعة النتراتXg/d

المنطقة	NO3	NW	Xg/d	Z1	Z2	≤Y ≤
الصفصافة	45.04	0.09	0.261	6.155	4.5	0.002 - 0.01
دير الحجر	62.92	0.125	0.3	5.92	4.32	0.0027 - 0.014
كرتو	96.36	0.192	0.362	5.56	4	0.0038 - 0.017
زاهد	48.7	0.097	0.268	6	4.3	0.002 - 0.012
سهل ميعار شاكر	36.7	0.073	0.244	6.2	4.57	0.002 - 0.01
ميعار شاكر	42.68	0.085	0.255	6.19	4.53	0.002 - 0.0107

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

- إن تراكيز النترات في المياه الجوفية للمناطق المدروسة كانت ضمن الحدود المسموحة، ما عدا منطقة كرتو، حيث لوحظت فيها زيادة في تركيز النترات، ووصلت إلى 96.36mg/l .
- إن مستوى قرينة الخطر HI لمرض الميثموغلوبينيميا كان ضمن الحدود المسموحة لمعظم المناطق، وتأرجح ضمن القيم $1 \prec HI \prec 1.5$ ، ولكن لوحظت زيادة في هذا المؤشر في منطقة كرتو HI=2.18 وبالتالي هناك احتمال كبير لزيادة مستوى الميثموغلوبينيما إلى 2% لدى الرضع الذين يتناولون هذه المياه .
- إن الاستجابة المحتملة للسرطان البشري وفق جرعة النترات المحسوبة في المناطق المدروسة وصلت إلى 1% في معظم المناطق، وكانت أعلى استجابة محتملة في منطقة كرتو 1.7% .

التوصيات:

- ضرورة التحكم بكميات السماد الآزوتي المطبقة في سهل عكار، ويجب دراسة الكميات المطبقة فعلياً في أثناء فترة الدراسة؛ إذ لا توجد حتى الآن دراسة فعلية لهذه الكميات .
- ضرورة المحافظة على المياه الجوفية في سهل عكار ومراقبتها بشكل دوري من خلال التحاليل المخبرية، ومعالجة مصبات الصرف الصحي ، وتنظيم عمل مزارع تربية الحيوانات التي تكثر في هذه المنطقة .
- متابعة الدراسة والبحث في آلية انتقال الملوثات النتروجينية ضمن التربة ووصولها إلى المياه الجوفية، وتحديد المصادر النقطية وغير النقطية لهذه الملوثات .
- متابعة البحث والدراسة لطرق التحكم، وإزالة النترات من المياه الجوفية، واقتراح أفضل طريقة من خلال دراسة فائدة كل طريقة معتمدة وسلبياتها.

المراجع:

1. CURTIS, A. B. *Health risk analysis of groundwater nitrate contamination*. PHD research , university of Nebraska Lincoln, U.S.A. 2002, 66-143.
2. SCHIEROW , L. J. *Environmental Risk Assessment* ; *A Review of policy Issue*. National Library for Environment, U.S.A. 2002, 98-634.
3. JOHN, E. B. *Environmental Reauthorization and Regulatory* , National Library for Environment, U.S.A. 1998, 96-949.
4. SALEH, A. *Environmental Management System Standard*, *ISO 14000*. MDPC, Damascus, 2004, 1-16.
5. WHO . *Mercury in Drinking Water , Background Document of Guidelines for Drinking Water Quality*. WSH, U.S.A. 2005, 18.
6. UN . *Environment and Development*. Rio De Janeiro, 1992, 54.
7. UN. *Sustainable Development*. Johnsperg , 2003, 67.
8. USEPA . *Guidelines for Human Health Risk Assessment , Risk Assessment Forum.* USEPA, Washington, EPA\630\, 2003, 150.
9. AWAD, A. *Evaluating Hazardous Environmental Pollution's Risk to Humans*. AL Feker World Magazine. Vol. 31, N^{o} .1, 2003, 155-182.
10. USEPA. *Guidelines for Carcinogenic Risk Assessment , Risk Assessment Forum*. USEPA, Washington, EPA\630\, 2003, 166.
11. GEORGE, M. *Dose – Response Relationship : Principles of Environmental Toxicology.* University of Idaho , U.S.A. 2002, 1-32.
12. USEPA. *Guidelines for Development Toxicity Risk Assessment : Risk Assessment Forum*. USEPA, EPA\600\, 2002, 1-41.
13. LORRIS, G. B. *Human Health Risk Assessment* . Basic Environmental Toxicology , U.S.A . Vol . 123, N^{O}.3, 2003, 561-601.
14. DARABA, R. M; ELJARRAT, E. D. *How to Measure Uncertainties in Environmental Risk Assessment* . Journal of Environmental Management, U.S.A. Vol. 73, N^{O}.3,2005, 125-132.