

دراسة النشاط الإشعاعي الطبيعي لنماذج من تربة مدينة نيبور (نفر) الأثرية في محافظة القادسية، العراق

عامر موسى كاظم و هيام ناجي هادي
قسم الفيزياء، كلية التربية للبنات، جامعة الكوفة، العراق
تاريخ الإستلام: 9/Jun/2015
تاريخ قبول النشر: 8/Aug/2015

Abstract

To study the radioactivity of soil of Nippur (Nepher) archaeological city in Qadsiyah governorate, 25 locations have been selected to take samples from this city, The gamma rays spectral measurements were done for all samples by using Iodide Sodium activated by Thallium NaI (TI), its dimension (3"×3") for the period from 5/1/2015 to 30/03/2015.

The quality activity for Thorium ^{232}Th , Uranium ^{238}U , Potassium ^{40}K and Uranium ^{235}U in the studied samples is between (0.065) Bq/Kg to (1.293) Bq/Kg and average (1.058) Bq/Kg, (6.672) Bq/Kg to (11.691) Bq/Kg and average (9.703) Bq/Kg, (514.982) Bq/Kg to (701.496) Bq/Kg and average (636.54) Bq/Kg and (0.30747) Bq/Kg to (0.53876) Bq/Kg and average (0.44716) Bq/Kg respectively. The equivalent Radium is calculated and ranged between (51.865) Bq/Kg to (64.808) Bq/Kg and average (60.158) Bq/Kg, and the activity concentration index (I_{γ}) is founded between (0.425) Bq/Kg to (0.540) Bq/Kg and average (0.499) Bq/Kg, the internal risk coefficient is founded between (0.165) Bq/Kg to (0.201) Bq/Kg and average (0.189) Bq/Kg and external risk coefficient is calculated and its value ranged between (0.140) Bq/Kg to (0.175) Bq/Kg and average (0.163) Bq/Kg. The values of absorbed dose in air is ranged from (27.071) nGy/h to (34.174) nGy/h and average (31.648) nGy/h, the values of effective annual internal dose is between (0.797) mSv/y to (1.006) mSv/y and average (0.926) mSv/y and the effective dose of the annual external dose is between (0.199) mSv/y to (0.251) mSv/y and average (0.233) mSv/y.

The results comparison with internationally and it is found that the levels of radiation for samples studied within the permissible limits globally.

Key wards

Gamma ray spectrometry, natural radioactivity, dangers radioactive indexes, detector Na (TI).

الخلاصة

لدراسة النشاط الإشعاعي لتربة مدينة نيبور (نفر) الاثرية في محافظة القادسية اختير 25 موقعاً لأخذ العينات من المدينة وأجريت القياسات الطيفية باستعمال منظومة كاشف يوديد الصوديوم المنشط بالثاليوم (NaI (TI) الذي أبعاده (3"×3") للفترة من 5/1/2015 الى 30/3/2015.

وجد أن الفعالية النوعية لكل من الثوريوم ^{232}Th ، اليورانيوم ^{238}U ، البوتاسيوم ^{40}K واليورانيوم ^{235}U في النماذج المدروسة تتراوح بين Bq/Kg (0.065 ± 0.006) الى Bq/Kg (1.293 ± 0.028) وبمعدل Bq/Kg (0.058) و Bq/Kg (0.225 ± 6.672) الى Bq/Kg (11.691 ± 0.298) ومعدل Bq/Kg (9.703) و Bq/Kg (514.982 ± 4.425) الى Bq/Kg (701.496 ± 4.383) وبمعدل Bq/Kg (636.054) و Bq/Kg (0.30747) الى Bq/Kg (0.53876) وبمعدل Bq/Kg (0.44716) ، على التوالي. كما حسب مكافئ الراديوم وكان يتراوح بين Bq/Kg (51.865) الى Bq/Kg (64.808) و Bq/Kg وبمعدل Bq/Kg (60.158) ، ومعامل تركيز الفعالية (I_p) فكان بين Bq/Kg (0.425) الى Bq/Kg (0.540) وبمعدل Bq/Kg (0.499) ، واما معامل الخطورة الداخلي يتراوح بين Bq/Kg (0.165) الى Bq/Kg (0.201) وبمعدل Bq/Kg (0.189) ، كما حسب معامل الخطورة الخارجي وكانت قيمته تتراوح بين Bq/Kg (0.140) الى Bq/Kg (0.175) و Bq/Kg وبمعدل Bq/Kg (0.163) ، إما قيم الجرعة الممتصة في الهواء فقد تراوحت من nGy/h (27.071) الى nGy/h (34.174) و Bq/Kg وبمعدل nGy/h (31.648) ، أما قيم الجرعة الفعالة السنوية الداخلية كانت بين mSv/y (0.797) الى mSv/y (1.006) و Bq/Kg وبمعدل mSv/y (0.926) والجرعة الفعالة السنوية الخارجية كانت بين mSv/y (0.199) الى mSv/y (0.251) وبمعدل mSv/y (0.233) .

ومن مقارنة النتائج العملية مع النتائج المحسوبة عالميا وجد أن مستويات الإشعاع للنماذج المدروسة تقع ضمن الحدود المسموح بها.

الكلمات المفتاحية

طيف أشعة كاما، نشاط اشعاعي، معاملات الخطورة الاشعاعية، كاشف NaI(Tl).

1. المقدمة Introduction

تحدث الاصابة الاشعاعية للنسيج أو العضو البشري نتيجة تأثيرات غير مباشرة على مكونات الخلية أو نتيجة تفاعل مباشر مع المركبات العضوية الحساسة للخلية [6] من خلال حساب تركيز الفعالية النوعية للنويدات المشعة في التربة كذلك يمكن حساب معاملات الخطورة وهناك وسائل وطرق مختلفة ابتكرت لقياس التركيز النوعي لأشعة كاما حيث تحسب الكميات المتواجدة في التربة للعناصر المشعة ومنها كاشف يوديد الصوديوم المطعم بالثاليوم (Na(Tl) وهو أشهر الطرق المستخدمة بسبب كفاءته العالية [3,7].

هدف هذه الدراسة هو تقدير مستوى تراكيز الفعالية النوعية للنويدات المشعة طبيعياً (NORM) من الثوريوم ^{232}Th ، اليورانيوم ^{238}U ، البوتاسيوم ^{40}K واليورانيوم ^{235}U بأخذ عينات من التربة من مواقع مختلفة لمدينة نيبور (نفر) الاثرية في محافظة القادسية في وسط العراق من أجل تقييم مستوى الخلفية الاشعاعية التي تنشأ منها ورسم خارطة للإشعاع للمنطقة المدروسة في هذا العمل لتكون جزء من الخارطة الاشعاعية لمحافظة القادسية، وتتكامل مع الدراسات الحالية والمستقبلية، وكذلك حساب قيمة مكافئ الراديوم ومعامل تركيز الفعالية وكذلك معاملات الخطورة الداخلية والخارجية ونسبة الجرعة الممتصة في الهواء والجرعة الفعالة السنوية الداخلية والخارجية المؤثرة على صحة الانسان ثم مقارنة النتائج المتحصل عليها للنماذج المقاسة مع المعدل العالمي المسموح به.

2. المنطقة المدروسة The area studied

مدينة نيبور (نفر) الاثرية هي احدى الحواضر

الاشعاع يشمل الجسيمات المشحونة وغير المشحونة وهوينبعث من المواد الموجودة في الارض ويأتي مع الاشعة الكونية وينبعث ايضاً في التجارب النووية والعلاج الطبي ويقسم الى نوعين احدهما طبيعي المنشأ والثاني صناعي، والنشاط الاشعاعي هو ظاهرة طبيعية والعناصر المشعة طبيعياً في البيئة ينبعث منها انواع مختلفة من الاشعاع المؤين واغلبية تلك العناصر تنتمي الى احدى سلاسل الانحلال الاشعاعي الطبيعي [2,1] العناصر المشعة موجودة منذ خلق الارض وهي تمتلك اعمار نصفية مقدرة بمئات الملايين من السنين وهذه تقارب عمر الارض [3] تحوي القشرة الأرضية كميات صغيرة من اليورانيوم والثوريوم والراديوم فضلاً عن العديد من النظائر المشعة الأخرى بضمنها البوتاسيوم، وتمثل المواد المشعة الطبيعية واحدة من أهم مصادر تعرض الإنسان للإشعاع وبالرغم من أن هذه المواد تحوي على مستويات واطئة من الخلفية الإشعاعية الطبيعية فان الجرعة التراكمية يمكن أن تكون عالية [4] إذ إن التعرض للإشعاع الذي يتسلمه الإنسان من المصادر الطبيعية هو أكبر بكثير من الجرعة الإشعاعية من المصادر الصناعية [5] عندما يتعرض الكائن الحي للإشعاعات المؤينة فإنها تتفاعل أولاً مع الجزيئات التي تكون المادة الخلوية (الماء، البروتينات، الاحماض الامينية، الانزيمات، الدهون، ...) ولهذا تحدث الاصابة أولاً على المستوى الجزيئي تستحث التغيرات على هذا المستوى تغيرات في التركيب البنائي للمكونات الخلوية مما يؤثر في أدائها الوظيفي وحتى قد يؤدي الى تدميرها،

m كتلة النموذج (Kg)

t زمن القياس (sec).

إن نسبة اليورانيوم ^{238}U هي 99.25% من اليورانيوم الطبيعي بينما تبلغ نسبة اليورانيوم ^{235}U (0.72%) من نسبة اليورانيوم الطبيعي الموجود في التربة فقد تم تقدير تركيز الفعالية لليورانيوم A_{U-235} من خلال العلاقة بينه وبين تركيز الفعالية لليورانيوم A_{U-238} وفق المعادلة الاتية [11].

$$A_{u-235} = \frac{A_{u-238}}{21.7} \quad (2)$$

بالاعتماد على تراكيز الفعالية لكل من الثوريوم ^{232}Th واليورانيوم ^{238}U والبوتاسيوم ^{40}K فقد تم حساب عدة معاملات للخطورة الاشعاعية وهي:

3.1. مكافئ الراديوم (Radium)

Equivalent (Ra_{eq})

قيمة التركيز المكافئ لعنصر الراديوم (Ra_{eq}) الذي يستخدم لتقدير خطر التركيز المتسبب من فعالية ^{238}U و ^{232}Th و ^{40}K بوحدات Bq.Kg^{-1} يحسب من المعادلة الاتية [13,12]:

$$Ra_{eq} (\text{Bq.kg}^{-1}) = A_U + 1.43 A_{Th} + 0.077 A_K \quad (3)$$

حيث ان A_U , A_{Th} , A_K تركيز الفعالية لليورانيوم وللثوريوم والبوتاسيوم على التوالي، وإن أعلى قيمة لـ Ra_{eq} يجب أن يكون أقل من الحد المسموح به عالمياً Bq.Kg^{-1} [14] (370).

3.2. معامل تركيز الفعالية (Activity)

Concentration Index (I_γ)

السومرية الكبيرة، إذ كانت في منتصف الألف الثالث قبل الميلاد مركزاً دينياً وثقافياً لبلاد سومر تقع هذه المدينة على بعد (35Km) تقريباً الى الشمال الشرقي لمدينة الديوانية مركز محافظة القادسية، وعلى بعد (10Km) تقريباً من قضاء عفك التابع لمحافظة القادسية في وسط العراق [8] وتقدر مساحة المنطقة المدروسة تقريباً (25Km^2) .

3. المواد وطرائق العمل

materials of work

عند توازن اليورانيوم ^{238}U مع ولانده المشعة وكذلك الثوريوم ^{232}Th وولانده باعتبار إن فعالية جميع عناصر السلسلتين الإشعاعيتين في حالة توازن لذلك من الممكن أن يُحسب تركيز عنصر في أي سلسلة بدلالة تركيز عنصر آخر، حيث تنبعث مجموعة من أشعة كاما يمكن تمييز عائلتها، فقد تم حساب تركيز الفعالية لكل من ^{232}Th من خلال حساب تركيز الفعالية لنويدة الثاليوم ^{208}Tl المشعة بطاقة 2614.511 KeV و ^{238}U من خلال حساب تركيز الفعالية لنويدة البزموت ^{214}Bi بطاقة مقدارها 1764.539KeV وايضا يحسب تركيز نويدة البوتاسيوم ^{40}K المشعة بطاقة 1460.822KeV ويمكن حساب تركيز الفعالية النوعية من خلال المعادلة [10,9]:

$$A = \frac{N_{net}}{\varepsilon \cdot I_\gamma \cdot m \cdot t} \pm \frac{\sqrt{N_{net}}}{\varepsilon \cdot I_\gamma \cdot m \cdot t} [\text{Bq.kg}^{-1}] \quad (1)$$

اذ N_{net} صافي المساحة تحت منحنى القمة الضوئية (Area

(under photo-peak

ε الكفاءة المحسوبة للخط الكامي عند طاقة معينة

I_γ معامل تركيز الفعالية

4. معامل الخطورة الداخلي (Internal)

Hazard Index (H_{in})

ان استنشاق جسيمات الفا المنبعثة من النظائر القصيرة العمر مثل الرادون والثورون التي تكون مصاحبة بأشعة كاما بطاقات مختلفة والذي يمكن التعبير عنه بدلالة معامل الخطورة الداخلي (H_{in}) ويحسب بالمعادلة الآتية [17]:

$$H_{in} = \frac{A_U}{185} + \frac{A_{Th}}{259} + \frac{A_k}{4810} \quad (6)$$

ومقدار المخاطر الداخلية يفضل أن يكون أقل من الواحد في البيئة المثالية للحصول على فرصة العمل السالم للأعضاء التنفسية ولعيشة الأفراد.

3.5. نسبة الجرعة الممتصة في الهواء

Absorbed Dose Rate in Air (AD)

يمكن حساب النسبة الكلية للجرعة الممتصة في الهواء بدلالة تراكيز النوى الأرضية من خلال المعادلة الآتية [14]:

$$AD (nGy/h) = 0.462 A_U + 0.621 A_{Th} + 0.0417 A_K \quad (7)$$

الجرعة المؤثرة للعنصر الباعث لأشعة كاما في الهواء فأن UNSCER 2000 قد نشرت ثابت التحويل $0.7 Sv/Gy$ كعامل للتحويل من الجرعة الممتصة في الهواء إلى الجرعة الفعالة السنوية المستلمة من قبل البالغين واستخدم 0.80 وهونسبة الوقت الذي يقضى في الداخل و 0.20 هونسبة الوقت الذي يقضى في الخارج، ومن هذه البيانات وجد ان الجرعة الفعالة السنوية تحسب كالاتي [16,14]:

$$\text{Indoor (mSv/y)} = AD (nGy/h) \times 10^{-6} \times 8760 h/y \times 0.80 \times 0.7 Sv/Gy \quad (8)$$

$$\text{Outdoor (mSv/y)} = AD (nGy/h) \times 10^{-6} \times 8760 h/y \times 0.20 \times 0.7 Sv/Gy \quad (9)$$

وهو معامل يستخدم لحساب الخطورة الناشئة عن إشعاع كاما المقترن مع النويدات الطبيعية المشعة (^{238}U ، ^{232}Th ، ^{40}K) في العينة المدروسة ويحسب من المعادلة الآتية [15,14]:

$$I_\gamma = \frac{A_U}{150} + \frac{A_{Th}}{100} + \frac{A_k}{1500} \quad (4)$$

3.3. معامل الخطورة الخارجي (External)

Hazard Index (H_{ex})

المخاطر الخارجية تمثل المخاطر المتأينة من اشعاع كاما الطبيعي والهدف من ذلك هو التأكد من عدم تجاوز الجرعة المؤثرة من هذه الاشعة الحدود المسموح بها ويحسب معامل الخطورة من المعادلة الآتية [16,14]:

$$H_{ex} = \frac{A_U}{370} + \frac{A_{Th}}{259} + \frac{A_k}{4810} \quad (5)$$

حيث ان (0.462، 0.621 و 0.0417) هي عوامل التحويل عن النويدات المشعة التي تحدث بشكل طبيعي [9].

3.6. الجرعة الفعالة السنوية The Annual

Effective Dose

من اجل حساب الجرعة الفعالة السنوية يجب ان نأخذ بنظر الاعتبار (معامل التحويل من الجرعة الممتصة الى الجرعة الفعالة وعامل الانشغال الداخلي)، ولحساب

تم قياس النشاط الإشعاعي الطبيعي للنويدات الباعثة لأشعة كاما بالاستناد على قوة الاخرق العالفة لأشعة كاما فف المواد باسخدام منظومة العد والتحليل الإلكرونية المسكخدمة فف الكشف عن الأشعة النووية المكونة من منظومة كاشف فوففد الصوفوفوم المظعم بالثالوفوم Alpha Spectra) NaI(Tl) ("3×3") والمككمر من شركة (Alpha Spectra MCA) Inc.-12112/3) المزوف بمكمل مكعدد القنواك ((ORTEC–Digi Base) الذي فككوف على 4096 قناة فربط بوحدة كسمى (ADC (Analog to Digital Convertor) كساعء المكمل على ككوفل الكنبضة القاءمة الى أءءاء رقمية، وإن القفاساك النووية وككفلفها فكم بواسطة برنامج كاسوبف فسمى (MAESTRO-32) فف داخل المككبر إءفكم ربط أكراء المنظومة كما فف الككل (4).

قبل القفاس فكب معافرة المنظومة وفقصء بالمعافرة فكاء العلاقة الكطفة بفن سعة الكنبضة الكاركة من الكاشف وطاقه اشعة كاما الساكطة على بلورة الكاشف [17]، وفسككهم لمعافرة طفف اشعة كاما مصادر قفاسفة معروفة الطاقة والشءة والغرض من كعدد المصادر هو الكصول على طفف لطاقاك كسككهم فف مكال الككك، وكء اسككهمنا فف بككنا هءا مصادر قفاسفة هف (^{60}Co ، ^{65}Zn ، ^{54}Mn ، ^{137}Cs ، ^{22}Na) وإن قابلفة فصل الطاقة للكاشف NaI(Tl) المسكعمل فف القفاس هف (6.4%) بالنسبة للسفزفوم ^{137}Cs ، إن الكرفف المسككهم فف المنظومة هو عبارة عن ءرع من الرصاص سمكه 5cm وطوله 20cm فككط بالبلورة مع كطاء سمكه 5cm وقطره 22cm وكذلك كم كطفة الكراء السفلف الكف كمثل قاعءة الكاشف وكامل الكاشف بالءرع ففصافاً.

ككك أن 8760 فشفر الى كءء ساعاك السنة. بعء اككفار منطقة الكراسه مءفنة نفور (نفر) الأكرفه فف مكافظة القاءسفة لكراسه الكشاط الاشعاعف الطففف لفناكج من الكربة كم كك (25) نموكج بعكق 15cm، وككك إءءاءفاك المواقع باسكعمال ككهاز ككفء المواقع (.G.P.S) والكءول رقم (1) فففن قفم الإءءاءفاك المسككلة للمواقع الكف كم أءء الكناكج منها والاشكال (1 و2 و3) كففن كارطة مءفنة نفور على كارطة العراق وعلى كارطة مكافظة القاسفة والمنطقة المءروسة موكض علفها ارقام الكناكج باسككهم برنامج Google Earth على الكوالف كم فكم الكفر واسككراك العفنة ووكعها فف أكفاس من مادة البولف أئلفن بسعة (2Kg)، وكرففمها كسب الموقع كم ككقل الى مكان الكهفئة والقفاس.

لقفاس الكشاط الإشعاعف للكناكج فكب أن ككون الكربة كخالفة من الرطوبة لأن قفاس الفعالفة النوعفة فعمء على وزن النموكج، وللككص من هءه الرطوبة فكب أن ككفف الكناكج بكرفضها لأشعة الشمس لكءة من 2 الى 4 فوم كرففافاً بمنطقة مكشوفة بككك كصل الى وزن كابك وبعء ذلك طككنا الكفناك كم غربلنا باسككهم مشبك ذف كقوب صكفرة كءافاً كرففا (0.5mm) لإزاله الكصف وكءور الكباناك العالقة بها لكصول على كربة مكجانسة كخالفة من الكواكب كم فكم وكعها فف أكفاس بلاسككفكة كم كرك العفنة لكءة شهر لغرض الكصول الى كالة الكوازن، كم أءء (1Kg) لكك نموكج ونكعها داخل اسطوانه القفاس مارفنلف بككمر بعدها فكم القفاس بوضع النموكج امام بلورة الكاشف المعافرة مسبقا والمككمة العزل بواسطة ءرع رصاصف وقفاس كل انموكج لكرفه 36000Sec (10h).

جدول (1) قيم إحداثيات المواقع

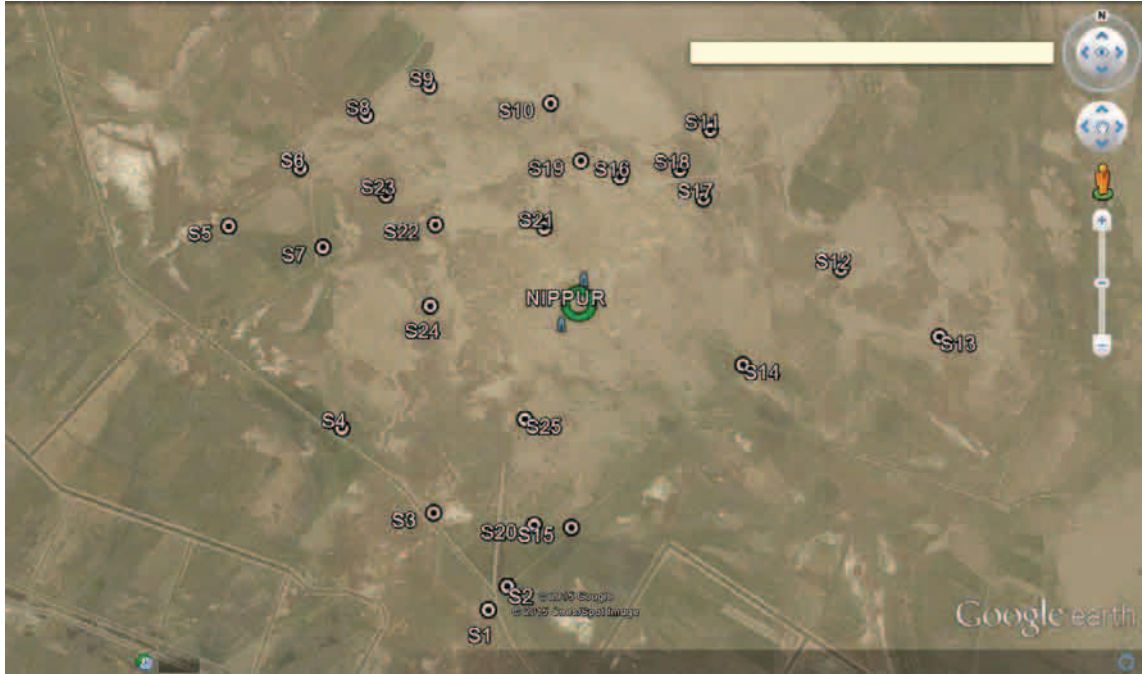
Site number	Position	
	Latitude (°N)	Longitude (°E)
S1	32°06'47.5"	45°13'34.2"
S2	32°06'50.9"	45°13'37.5"
S3	32°07'01.8"	45°13'24.4"
S4	32°07'14.4"	45°13'07.9"
S5	32°07'45.3"	45°12'46.8"
S6	32°07'54.3"	45°12'59.5"
S7	32°07'42.0"	45°13'03.9"
S8	32°08'02.6"	45°13'11.3"
S9	32°08'07.2"	45°13'22.8"
S10	32°08'04.5"	45°13'45.0"
S11	32°08'00.3"	45°14'14.08"
S12	32°07'38.6"	45°14'37.4"
S13	32°07'28.3"	45°14'54.8"
S14	32°07'24.0"	45°14'19.5"
S15	32°06'59.6"	45°13'48.8"
S16	32°07'52.9"	45°13'57.6"
S17	32°07'49.5"	45°14'12.7"
S18	32°07'54.0"	45°14'08.5"
S19	32°07'55.4"	45°13'50.5"
S20	32°03'00.0"	45°13'42.2"
S21	32°07'45.0"	45°13'43.9"
S22	32°07'45.5"	45°13'24.2"
S23	32°07'50.1"	45°13'15.2"
S24	32°07'33.0"	45°13'23.4"
S25	32°07'15.8"	45°13'40.5"



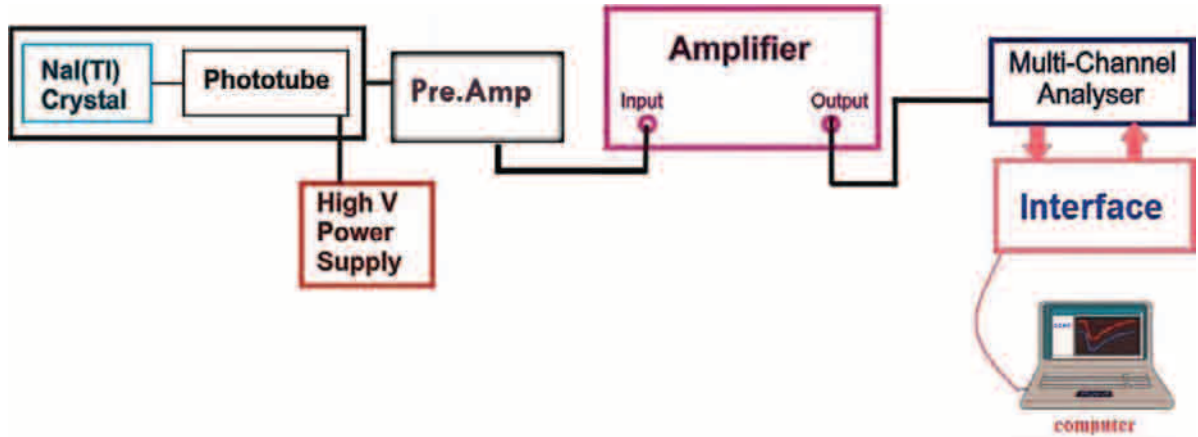
شكل (1) خارطة العراق محدد فيها موقع مدينة نيبور (نقر) الأثرية



شكل (2) خارطة محافظة القادسية محدد فيها مدينة نيبور (نقر) الأثرية



شكل (3) خارطة مدينة نيبور (نفر) الأثرية موضح عليها مواقع جمع النماذج



شكل (4) منظومة كاشف يوديد الصوديوم المطعم بالتاليوم NaI(Tl) (3"×3")

4. النتائج Results

في هذا البحث للمنطقة المدروسة بالاعتماد على المعادلات من معادلة رقم (3) الى معادلة رقم (9) كما تم مقارنة النتائج المتحصل عليها مع المعدل العالمي (Worldwide Average) المسموح به [5]، والأشكال من (5) الى (8) توضح التفاوت بالقيم المتحصل عليها لتركيز الفعالية النوعية للنويدات المشعة.

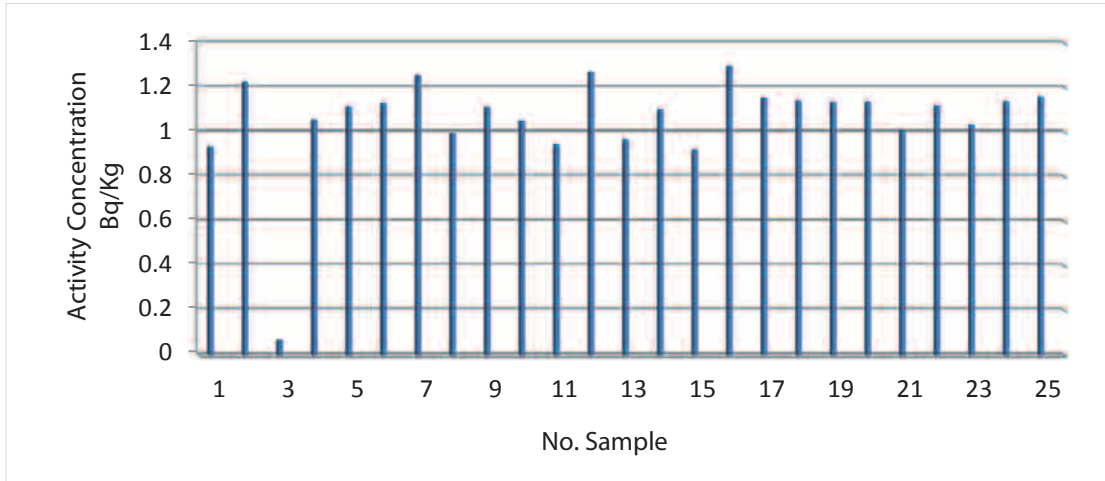
يوضح الجدول رقم (2) تركيز الفعالية النوعية للنويدات المشعة في التربة بعمق 15cm باستخدام المعادلات (1 و2) بعد معايرة المنظومة مسبقا باستخدام عناصر قياسية لذلك ويجاد الكفاءة لكل عنصر من خلال منحنى الكفاءة، والجدول رقم (3) يبين نتائج معاملات الخطورة المقاسة

جدول (2) تركيز الفعالية النوعية (^{235}U , ^{40}K , ^{238}U , ^{232}Th)

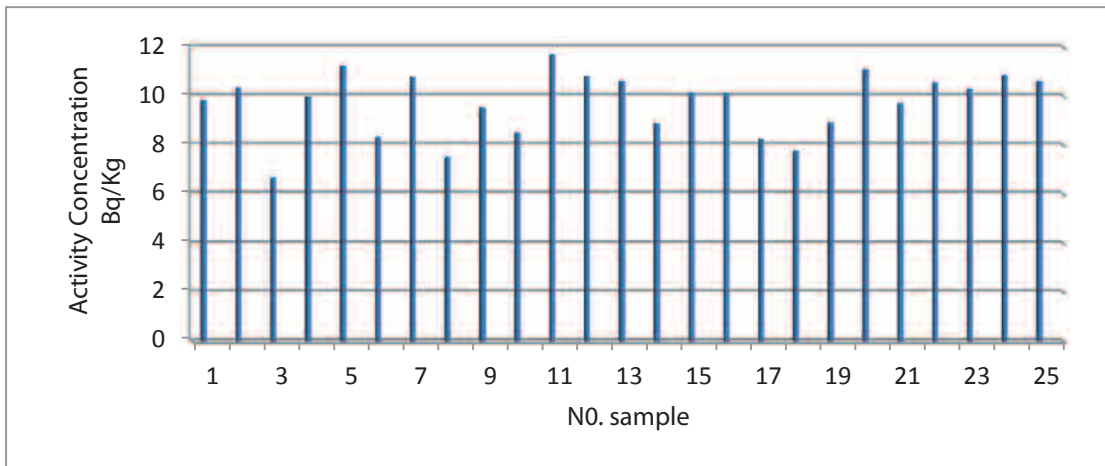
No. Sample	(Bq.Kg ⁻¹) Specific Activity Concentrations			
	^{232}Th	^{238}U	^{40}K	^{235}U
1S	0.935±0.24	9.804±0.273	642.458±4.195	0.45180
2S	1.223±0.027	10.334±0.280	604.827±4.394	0.47622
3S	0.065±0.006	6.672±0.225	619.736±4.120	0.30747
4S	1.056±0.025	9.963±0.275	677.637±4.308	0.45912
5 S	1.113±0.026	11.214±0.292	633.440±4.165	0.51677
6 S	1.128±0.026	8.317±0.251	687.901±4.341	0.38327
7S	1.252±0.027	10.766±0.286	519.153±4.438	0.49613
8S	0.994±0.024	7.506±0.239	657.271±4.243	0.34590
9 S	1.112±0.026	9.515±0.269	697.921±4.372	0.43848
10 S	1.051±0.025	8.469±0.253	673.900±4.296	0.39028
11 S	0.942±0.24	11.691±0.298	641.483±4.192	0.53876
12 S	1.269±0.027	10.789±0.286	636.269±4.491	0.49719
13 S	0.967±0.024	10.592±0.283	675.145±4.300	0.48811
14 S	1.102±0.026	8.871±0.259	701.496±4.383	0.40880
15 S	0.919±0.023	10.137±0.277	627.969±4.147	0.46714
16 S	1.293±0.028	10.099±0.277	633.831±4.483	0.46539
17 S	1.153±0.026	8.211±0.250	673.397±4.602	0.37839
18 S	1.1410.026±	7.741±0.242	650.988±4.223	0.35673
19 S	1.1330.026±	8.909±0.260	665.056±4.578	0.41055
20 S	1.1350.026±	11.085±0.290	634.021±4.484	0.51083
21 S	1.0060.024±	9.697±0.271	647.643±4.525	0.44687
22 S	1.1200.026±	10.524±0.282	534.833±4.486	0.48498
23 S	1.0320.025±	10.266±0.279	642.918±4.196	0.47309
24 S	1.1390.026±	10.820±0.286	607.08±4.402	0.49862
25 S	1.1600.026±	10.592±0.283	514.982±4.425	0.48811
Max.	1.293±0.028	11.691±0.298	701.496±4.383	0.53876
Min.	0.065±0.006	6.672±0.225	514.982±4.425	0.30747
Ave.	1.058	9.703	636.054	0.44716
W.Ave.	45	33	420	—

جدول (3) قيم معاملات الخطورة لكل من تركيز مكافئ الراديوم (Ra_{eq}) ومعامل تركيز الفعالية (I_γ) ومعامل الخطورة الداخلي (H_{in}) والخارجي (H_{ex}) وقيم كل من الجرعة المتصصة في الهواء والجرعة الفعالة السنوية الداخلية والخارجية.

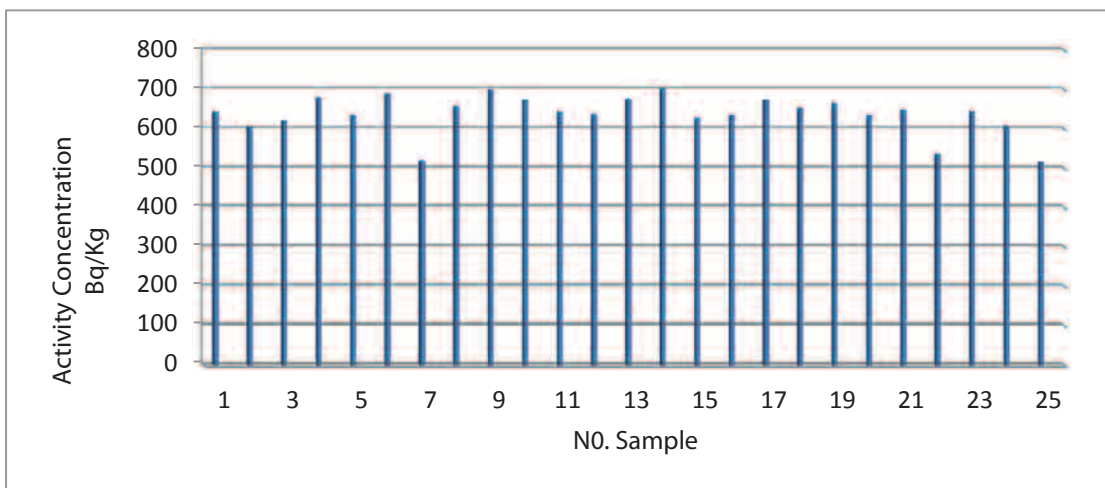
No. Sample	Ra_{eq} ($Bq.Kg^{-1}$)	I_γ ($Bq.Kg^{-1}$)	Hazard Index ($Bq.Kg^{-1}$)		Absorbed Dose Rate (nGy/h)	Annual Effective Dose (mSv/y)	
			H_{in}	H_{ex}		Indoor	Outdoor
1S	60.578	0.503	0.190	0.164	31.886	0.939	0.235
2S	58.614	0.484	0.186	0.158	30.737	0.905	0.226
3S	54.482	0.458	0.165	0.147	28.965	0.853	0.213
4S	63.615	0.528	0.199	0.172	33.501	0.986	0.247
5 S	61.542	0.508	0.197	0.166	32.270	0.950	0.237
6 S	62.860	0.525	0.192	0.170	33.212	0.978	0.244
7S	52.489	0.430	0.171	0.142	27.382	0.806	0.201
8S	59.504	0.498	0.181	0.161	31.479	0.927	0.232
9 S	64.808	0.540	0.201	0.175	34.174	1.006	0.251
10 S	61.826	0.516	0.190	0.167	32.651	0.961	0.240
11 S	62.401	0.515	0.200	0.169	32.722	0.963	0.241
12 S	61.553	0.508	0.195	0.166	32.286	0.950	0.238
13 S	63.929	0.530	0.201	0.173	33.634	0.990	0.247
14 S	64.425	0.538	0.198	0.174	34.019	1.001	0.250
15 S	59.774	0.495	0.189	0.161	31.427	0.925	0.231
16 S	60.710	0.503	0.191	0.164	31.881	0.938	0.235
17 S	61.673	0.515	0.189	0.167	32.573	0.959	0.240
18 S	59.460	0.497	0.181	0.161	31.414	0.925	0.231
19 S	61.700	0.514	0.191	0.167	32.536	0.958	0.239
20 S	61.490	0.508	0.196	0.166	32.248	0.949	0.237
21 S	60.971	0.506	0.191	0.165	32.097	0.945	0.236
22 S	53.269	0.438	0.172	0.144	27.844	0.820	0.205
23 S	61.212	0.507	0.193	0.165	32.178	0.947	0.237
24 S	59.188	0.488	0.189	0.160	31.022	0.913	0.228
25 S	51.865	0.425	0.169	0.140	27.071	0.797	0.199
Max.	64.808	0.540	0.201	0.175	34.174	1.006	0.251
Min.	51.865	0.425	0.165	0.140	27.071	0.797	0.199
Ave.	60.158	0.499	0.189	0.163	31.648	0.926	0.233
W.Ave.	370	1≤	1≤	1≤	55	1	1



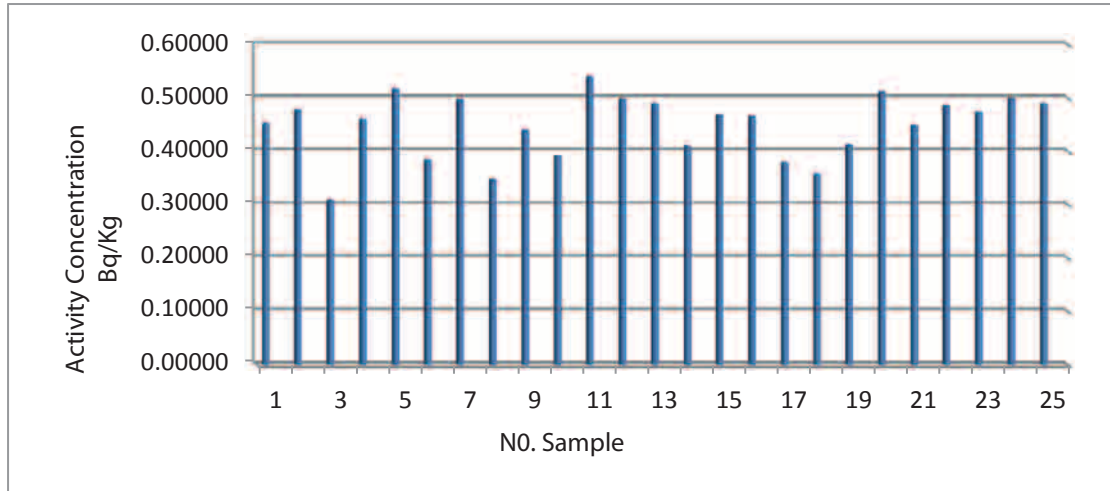
شكل (5) تركيز الفعالية النوعية ^{232}Th



شكل (6) تركيز الفعالية النوعية ^{238}U



شكل (7) تركيز الفعالية النوعية ^{40}K

شكل (8) تركيز الفعالية النوعية ^{235}U

5. المناقشة Discussion

نهاية ^{235}U كانت في نموذج رقم (11) $0.53876 \text{ Bq.Kg}^{-1}$

بقايا بناء المدينة الأثرية، وأقل قيمة كانت $0.30747 \text{ Bq.Kg}^{-1}$ في نموذج رقم (3) قرب الشارع العام المبلط وكان معدل هذه القيم $0.44716 \text{ Bq.Kg}^{-1}$.

• وأن أعلى قيمة لمكافئ الراديوم Ra_{eq} كانت $64.808 \text{ Bq.Kg}^{-1}$ في نموذج رقم (9) قرب مقبرة المدينة، وأقل قيمة كانت $51.865 \text{ Bq.Kg}^{-1}$ في نموذج رقم (25) بالقرب من بناية مركز حماية المدينة الأثرية وكان معدل هذه القيم $60.158 \text{ Bq.Kg}^{-1}$.

• بالنسبة لمعامل تركيز الفعالية I_{γ} فكانت أعلى قيمة له 0.540 Bq.Kg^{-1} في نموذج رقم (9) قرب مقبرة المدينة، وأقل قيمة كانت 0.425 Bq.Kg^{-1} في نموذج رقم (25) بالقرب من بناية مركز حماية المدينة الأثرية وكان معدل هذه القيم 0.499 Bq.Kg^{-1} .

• وأعلى قيمة لمعامل الخطورة الداخلي H_{in} كانت 0.201 في نموذج رقم (9) قرب مقبرة المدينة، وأقل قيمة كانت 0.165 Bq.Kg^{-1} في نموذج رقم (3) قرب الشارع العام المبلط وكان معدل هذه القيم 0.189 Bq.Kg^{-1} .

- أعلى قيمة للفعالية النوعية للثوريوم ^{232}Th كانت $0.0281.293 \text{ Bq.Kg}^{-1}$ في نموذج رقم (16) الواقع بالقرب من البرج المدرج، وأقل قيمة كانت $0.065 \pm 0.006 \text{ Bq.Kg}^{-1}$ في نموذج رقم (3) قرب الشارع العام المبلط وكان معدل هذه القيم 1.058 Bq.Kg^{-1} .
- وبالنسبة لليورانيوم ^{238}U فإن أعلى قيمة للفعالية النوعية كانت في نموذج رقم (11) $11.691 \pm 0.298 \text{ Bq.Kg}^{-1}$ نهاية بقايا بناء المدينة الأثرية، وأقل قيمة كانت $0.225 \pm 6.672 \text{ Bq.Kg}^{-1}$ في نموذج رقم (3) قرب الشارع العام المبلط وكان معدل هذه القيم 9.703 Bq.Kg^{-1} .
- أما أعلى قيمة للفعالية النوعية للبتواسيوم ^{40}K كانت $701.469 \pm 4.383 \text{ Bq.Kg}^{-1}$ في نموذج رقم (14) الواقع بين منطقة الغابات المحيطة بالمدينة وتل الصخرة، وأقل قيمة كانت $514.982 \pm 4.425 \text{ Bq.Kg}^{-1}$ في نموذج رقم (25) قرب بناية مركز حماية المدينة الأثرية وكان معدل هذه القيم $636.054 \text{ Bq.Kg}^{-1}$.
- وكان لليورانيوم ^{235}U أعلى قيمة للفعالية النوعية

6. مقارنة النتائج مع دراسات سابقة

Compare the results with previous studies

يوضح الجدول (4) معدل بعض الدراسات المحلية والعربية والعالمية ومقارنتها بالدراسة الحالية، حيث أجريت في السنوات السابقة عدد من الدراسات لحساب النشاط الإشعاعي الطبيعي للنويدات المشعة طبيعياً في التربة من خلال حساب تركيز الفعالية النوعية لليورانيوم-238 ولثوريوم-232 والبوتاسيوم-40.

7. الاستنتاجات

وجد أن قيم النشاط الإشعاعي النوعي العائد لنظير الثوريوم ^{232}Th ونظير اليورانيوم ^{238}U ونظير البوتاسيوم ^{40}K توزعت على نسب متفاوتة بالنسبة لمدينة نيبور (نفر) الاثرية وهي ضمن المدى المسموح به عالمياً. وإن أغلب نتائج معاملات الخطورة الاشعاعية لكل من مكافئ الراديوم ومعامل تركيز الفعالية ومعامل الخطورة الداخلي والخارجي والجرعة الممتصة والجرعة الفعالة للنماذج التربة كانت ضمن الحد المسموح به عالمياً، ماعدا زيادة طفيفة للجرعة الفعالة السنوية الداخلية في نموذجين وهي لا تشكل خطراً ملحوظاً ونعتقد سبب ارتفاعها نتيجة الاخطاء العشوائية في القياس. يمكن تصنيف مدينة نيبور (نفر) الاثرية في محافظة القادسية ضمن المناطق التي يكون فيها النشاط الإشعاعي الطبيعي ضمن الحدود المسموح بها وذلك اعتماداً على هذه النتائج ولا تشكل خطراً على البشر (الموظفين والسياح) والساكين بالقرب من هذه المنطقة.

- كما وجدت أعلى قيمة لمعامل الخطورة الخارجي H_{ex} كانت 0.175 Bq.Kg^{-1} في نموذج رقم (9) قرب مقبرة المدينة، وأقل قيمة كانت 0.140 Bq.Kg^{-1} في نموذج رقم (25) بالقرب من بناية مركز حماية المدينة الأثرية وكان معدل هذه القيم 0.163 Bq.Kg^{-1} .
- كما وجدت أعلى قيمة للجرعة الممتصة في الهواء كانت 34.174 nGy/h في نموذج رقم (9) قرب مقبرة المدينة، وأقل قيمة كانت 27.071 nGy/h في نموذج رقم (25) بالقرب من بناية مركز حماية المدينة الأثرية وكان معدل هذه القيم 31.648 nGy/h .
- وكانت أعلى قيمة للجرعة الفعالة السنوية الداخلية هي 1.006 mSv/yr في نموذج رقم (9) قرب مقبرة المدينة، وأقل قيمة كانت 0.797 mSv/yr في نموذج رقم (25) بالقرب من بناية مركز حماية المدينة الأثرية وكان معدل هذه القيم 0.926 mSv/yr .
- اما الجرعة الفعالة السنوية الخارجية كانت أعلى قيمة 0.251 mSv/yr في نموذج رقم (9) قرب مقبرة المدينة، وأقل قيمة كانت 0.199 mSv/yr في نموذج رقم (25) بالقرب من بناية مركز حماية المدينة الأثرية وكان معدل هذه القيم 0.233 mSv/yr .
- نلاحظ من خلال المناقشة أنه أعلى قيم تكون في المواقع الاثرية التي لم يكن فيها أي تغير في تربتها ومحمية مثل موقع البرج المدرج ومقبرة المدينة الأثرية وغيرها من المواقع الأثرية أما أقل قيم كانت في مواقع تم أنشاؤها منذ مدة زمنية ليست بعيدة حيث تم وضع طبقات من التراب مثل الموقع القريب من الشارع العام ومركز حماية المدينة الأثرية.

الجدول (4) معدل تركيز الفعالية النوعية للثوريوم-232، لليورانيوم-238 وللبوتاسيوم-40 لبعض الدراسات السابقة

ت	موقع الدراسة	معدل تركيز الفعالية النوعية (Bq.Kg ⁻¹)			المصدر
		²³² Th	²³⁸ U	⁴⁰ K	
1	كوستاريكا	11	46	140	[11]
2	تايلاند	51	114	230	
3	نيجيريا	25	30	370	
4	كازخستان	60	37	300	
5	ماليزيا	82	66	310	
6	بنغلادش	19	24	360	[17]
7	الهند	87	57	143	[18]
8	مصر	5.83	9.07	44.81	[19]
9	البصرة	41.1	11.9	499.2	[20]
10	النجف الاشرف	12.10	23.59	60.68	[9]
11	مركز محافظة القادسية	20.55	1.917	262.43	[21]
12	نواحي محافظة القادسية	29.84	3.82	421.15	
13	المدى العالمي	(7-50)	(15-50)	(100-700)	[22]
14	مدينة نيبور الأثرية	1.058	9.703	636.054	الدراسة الحالية

pp).2006), 273-280 .

[5] United Nations Scientific Committee on the Effects of Ionizing Radiation Report, «Sources and Effects of Ionizing Radiation», United Nations, New York, (2000).

[6] محمد صفوت السيوفي، "فيزياء الطب النووي"، دار النشر للجامعات، القاهرة، (2010).

[7] Gilmore G. and Heminngway J., "Practical gamma-ray spectrometry", 1st Edition, John Wiley & Sons, New York, (1995).

[8] قحطان رشيد صالح، "الكشاف الأثري في العراق"، دار الكتب، العراق، (1987).

[9] Heiyam N., Ali K. and Hussein J., " Measurement Natural Radioactivity in Soil Samples from Important historical locals in Alnajaf Alashraf city, Iraq", Journal of Advances in Chemistry, Vol.(8), No.(1), PP:1472-1478, (2014).

المصادر References

[1] Tzortzis M. Svoukis, E. and Tsetos H., "Comprehensive Study of Natural Gamma Radioactivity Levels and Associated Dose Rates from Surface Soils in Cyprus", Journal of Radiation Protection Dosimetry, Vol.(109), No.(3), PP:217-224, (2004).

[2] Iqbal M., Tufail M. and Mirza S., "Measurement of Natural Radioactivity in Marble Found in Pakistan Using a NaI(Tl) Gamma-Ray Spectrometer", Journal of Environmental Radioactivity, Vol.(51), No.(2), PP:255-265, (2000).

[3] غلن فريدريك نول، "كشف وقياس الإشعاعات"، ترجمة مريم مختار عتيق، دار الكتب الوطنية، ليبيا، (2006).

[4] Maher O. and Abu Saleh R., " radiation measurements in soil in the middle of Gaza-strip using nuclear track detectors CR-39 ,", Journal Al-Aqsa University, Vol10.,

- ilton D. S., "Analysis of the K-40 levels in soil using gamma spectrometry", Journal of Brazilian archives of biology and technology, Vol. 48, PP. 221-228 (2005).
- [17] Hamid B., Chowdhry I. and Islam M., "Study of the nature radionuclides concentration in area of elevated radiation protection and dosimetry", Journal of Radiation Protection Dosimetry, Vol.98, No. 2, PP. 227-230, (2002).
- [18] Singh S., Rani A. and Mahajan R. K., "226 Ra, 232Th and 40 K Analysis in Soil Samples from Some Areas of Punjab and Himachal Pradesh, India Using Gamma Ray Spectrometry", Journal of Radiation Measurements, Vol. 39, No.4, PP. 431-439, (2004).
- [19] Yousef M. I. and Abu EI-Ela, "Natural Radioactivity Levels in Surface Soil of Kitchener Drain in the Nile Delta of Egypt", Journal of Nuclear and Radiation Physics, Vol. 2, No.1, PP.61-68, (2007).
- [20] محمد قاسم خضير وعبد الرضا حسين صبر، "قياس مستوى الاشعاع الطبيعي في التربة السطحية في مناطق منتخبة من محافظة البصرة"، مجلة ابحاث البصرة - العلميات، العدد 40، الجزء 3، ص 88-96، (2014).
- [21] كوثر حسن عبيس، "قياس ودراسة النشاط الاشعاعي الطبيعي لنماذج من التربة للدوائر الرسمية في محافظة القادسية"، رسالة ماجستير، جامعة الكوفة، (2012).
- [22] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, "Sources and Effects of Ionizing Radiation", Report to General Assembly, United Nations, New York, (1993).
- [10] Okeyode I. and Oluseye A., "Studies of the Terrestrial outdoor Gamma Dose Rate Levels in Ogun-Osun River Basins Development Authority Headquarters, Abeokuta, Nigeria", Journal of Physics International, Vol. 6, No. 1, PP.1-8, (2010).
- [11] Harb S. R., "On the human radiation exposure as derived from the analysis of natural and man-made radionuclides in soil", Ph.D. thesis, Hanover University, Germany, (2004).
- [12] Vosniakos F., Zavalari K. and Papaligas T., "Indoor concentration of natural radioactivity and the impact to human health", Journal of Environ. Protect. Ecol., Vol. 4, No. 3, PP. 733-737 (2003).
- [13] Beretka J. and Mathew P.J., "Natural radioactivity of Australian building materials, industrial wastes and by-products", Journal of Health Physics, Vol. 4 No. 8, PP. 87-95 (1985).
- [14] Mirjana B. and Scepan S., "Radioactivity of sand from several renowned public beaches and assessment of the corresponding environmental risks", Journal of the Serbian Chemical Society, Vol.74, No.4, PP.461-470, (2009).
- [15] Papadopoulos A., Christofides G., Koroneos A., Papadopoulou L., Papastefanou C. and Stoulos S., "Natural radioactivity and radiation index of the major plutonic bodies in Greece", Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 12, No. 4, PP:227-238, (2013).
- [16] Jose A., Jorge J., Cleomacio M., Sueldo V. and Rom-