مجلة الدراسات التربوية والعلمية - كلية التربية - الجامعة العراقية
العدد السابع والعشرون - المجلد الحادي عشر - علوم الفيزياء - آيار 2026 م
doi.org/10.52866/esj.2026.11.27.06

تقييم مستويات النشاط الإشعاعي الطبيعي ومؤشرات المخاطر البيئية في التربة لمنطقة جسر ديالى - بغداد

ميثاق طالب حسن[1,*] ، محمود سالم كريم[2] ، عبد الصاحب كاظم علي[1]
[1]هيأة الطاقة الذرية العراقية، العراق ,[2] قسم الفيزياء، كلية التربية، الجامعة المستنصرية، العراق
Email meethaq9963@gmail.com*

مستخلص:

يهدف هذا البحث إلى تقييم مستويات النشاط الإشعاعي الطبيعي في عينات التربة التي تم جمعها من منطقة جسر ديالى جنوبي بغداد، وتقييم المخاطر الإشعاعية للنويدات المشعة المحتملة للتربة على البيئة والإنسان، مما يوفّر قاعدة بيانات ضرورية لرصد أي تغير في النشاط الإشعاعي وحماية مناسبة وأفضل للسكان، وذلك باستخدام مطيافية أشعة كاما مع كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة (HPGe) لتقدير تركيز الفعالية النوعية للنظائر المشعة الطبيعية (^{40}K,^{232}Th,^{238}U). أظهرت النتائج إنّ متوسط تركيز النشاط الإشعاعيّ النوعي بالنسبة إلى (^{40}K,^{232}Th,^{238}U) كان يساوي (12.092 ± 0.848 Bq/kg)، (11.263±0.973 Bq/ kg)، (220.097±13.325 Bq/kg) على التوالي، وتُبين النتائج أن البوتاسيوم (K-40) سجل أعلى فعالية إشعاعية. وهذه القيم هي أقل من الحدود المسموحة، والموصى بها من قبل اللّجنة العلميّة للأمم المتحدة لتأثيرات الإشعاع الذري (UNSCEAR,2000) والتي تساوي (400 Bq/kg , 30 Bq/kg, 35 Bq/kg) على التوالي. وبناءً على هذه التراكيز، تم حساب مكافئ الراديوم (Ra_{eq}) لتقييم الخطورة الإشعاعية الكلية للتربة، حيث بلغ متوسط قيمته (44.929 Bq/kg). كما تم حساب معدل الجرعة الممتصة في الهواء (D_γ) على ارتفاع متر واحد فوق سطح الأرض، وبلغ (21.467 nGy/h). ولغرض تقدير التعرض الإشعاعي البشري الناتج عن التربة، تم حساب مكافئ الجرعة الفعالة السنوية الداخلية (AED_{in}) الناتجة عن استنشاق غاز الرادون المنبعث من التربة ، والذي بلغ متوسطه (105.310 µSv/y)، إضافة إلى مكافئ الجرعة الفعالة السنوية الخارجية (AED_{out}) ، حيث بلغ متوسطه (26.327 µSv/y). كما تم حساب مؤشر خطر الإصابة بالسرطان مدى الحياة (ELCR)، والذي بلغ متوسطه (92.146×10^{-6})، كما تم تقدير مؤشر الجرعة المكافئة للغدد التناسلية (AGDE) وبلغ (152.884 µSv/y)، إضافة إلى ذلك، تم حساب دليل أشعة كاما (I_γ)، حيث بلغ متوسط قيمته (0.340)، أما مؤشرات الخطورة الإشعاعية فقد بلغت قيم مؤشر الخطورة الداخلي (H_{in}) ومؤشر الخطورة الخارجي (H_{ex}) (0.153) و(0.121) على التوالي، وهي أقل من الحد المسموح به عالمياً (≥ 1). تشير النتائج الحالية إلى أن جميع مؤشرات الخطورة الإشعاعية المحسوبة لعينات التربة السطحية في منطقة جسر ديالى جنوبي بغداد تقع ضمن الحدود الموصى بها من قبل لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذري (UNSCEAR,2000)، مما يدل على أن التربة في منطقة الدراسة لا تشكل خطراً إشعاعياً يُذكر على السكان أو البيئة في الوقت الحالي.

الكلمات المفتاحية : المخاطر البيئية، خطر الإصابة بالسرطان، التربة السطحية، جسر ديالى، كاشف (HPGe).

Assessment of natural radioactivity levels and environmental hazard indicators in the soil of the Diyala Jisr region-Baghdad

Meethaq Talib Hassan[1,*] , Mahmood Salim Karim[2] and Abdul Sahib Kadhim Ali[1]
[1]Iraqi Atomic Energy Organization, Iraq
[2]Department of Physics, College of Education, Al-Mustansiriyah University, Iraq
*Email meethaq9963@gmail.com

Abstract:

This study investigates the natural radioactivity levels in surface soil samples collected from the Jisr Diyala region, south of Baghdad, and evaluates the associated radiological hazards, The results provide a necessary database for monitoring any variation in radioactive activity and optimal protection measures for the population. Gamma-ray spectrometry using a high-purity germanium (HPGe) detector was employed to measure the activity concentrations of ^{238}U, ^{232}Th, and ^{40}K. The mean activity concentrations were found to be 12.09 ± 0.85 Bq/kg, 11.26 ± 0.97 Bq/kg, and 220.10±13.33 Bq/kg, respectively, with ^{40}K contributing the highest activity .Radiological hazard parameters were calculated based on the measured activities. The average radium equivalent activity (Ra_{eq}) was 44.93 Bq/kg, while the absorbed gamma dose rate in air was 21.47 nGy/h. The indoor and outdoor annual effective doses were estimated as 26.33 µSv/y and 105.31 µSv/y, respectively. Additional radiological indices, including the gamma activity index (I_γ), external hazard index (H_{ex}), internal hazard index (H_{in}), excess lifetime cancer risk (ELCR), and annual gonadal dose equivalent (AGDE), were all found to be below the internationally recommended safety limits.The obtained results indicate that the natural radioactivity levels and associated radiological hazards in the studied soils are within the permissible limits recommended by (UNSCEAR,2000), and therefore do not pose any significant radiological risk to the population or the environment.

Keywords: Environmental hazards, Cancer risk, surface soil, Jisr Diyala, (HPGe) detector.

1. المُقدّمة

تُعدّ البيئة من أهم العوامل التي تؤثر على صحة وحياة الإنسان، والتربة هي أحد المكونات البيئية الأساسية التي تعكس مستويات النشاط الإشعاعي الطبيعي نتيجة احتوائها على النويدات المشعة الطبيعية (NORM) مثل سلاسل اليورانيوم (^{238}U، ^{235}U) والثوريوم (^{232}Th) إضافة إلى (^{40}K). ويتأثر توزيع هذه النويدات بالخصائص الجيولوجية والتركيبية للتربة، مما يجعلها مؤشراً مهماً لتقييم الخلفية الإشعاعية البيئية والتعرض الإشعاعي الخارجي [2,1]. تهدف هذه الدراسة إلى تحديد تراكيز النشاط الإشعاعي في عينات التربة السطحية المأخوذة من عمق (10–0) cm في منطقة جسر ديالى جنوب بغداد، وتقييم المخاطر الإشعاعية المصاحبة، بما يوفر بيانات مرجعية لدعم التقييم الإشعاعي البيئي وحماية صحة الإنسان. لذا تكتسب دراسة النشاط الإشعاعي الطبيعي في التربة أهمية علمية في تقييم المخاطر الإشعاعية وحماية صحة الإنسان والبيئة، وسبب استخدام هذه التقنية (HPGe) في تحليل العينات هو قابلية الفصل الطاقي العالية للنويدات المكتشفة في النماذج [4,3].

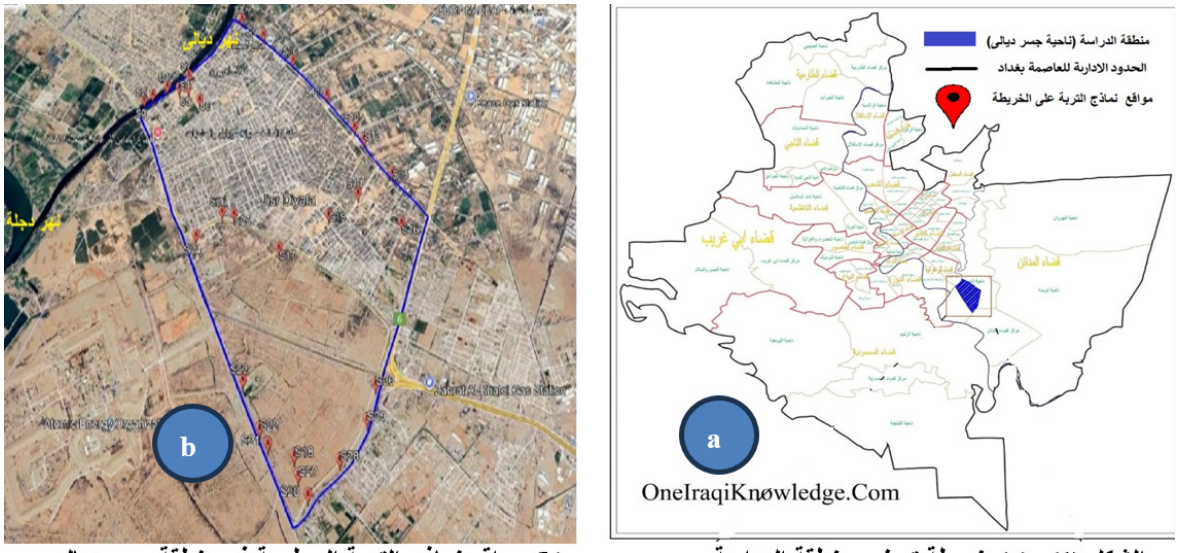
2. الجانب العملي

a) وصف منطقة الدراسة: تقع منطقة الدراسة (ناحية جسر ديالى) في الجزء الجنوبي الشرقي من محافظة بغداد، وتبعد عن مركز بغداد حوالي 17 كيلو متر، ذات الإحداثيات الجغرافية (33.234032 شمالا)، (44.522119 شرقا)، وهي تابعة الى قضاء المدائن (سلمان باك)، وهي منطقة زراعية سكنية ذات كثافة سكانية تقدر (300.000) نسمة، وبمساحة (9.250 km^2) تقريبا، وتُكمن أهمية اختيار هذه المنطقة للدراسة هو قُربها من موقع التويثة النووي. والشكل (1) فرع (a) يُبين خريطة توضح منطقة الدراسة.

b) جمع عينات التربة السطحية: تم جمع (30) عينة من التربة السطحية من مناطق مختلفة في منطقة جسر ديالى جنوبي بغداد خلال شهر آذار من عام 2025 وبعمق (10–0) cm من سطح الأرض وبمساحة (1m*1m) باستعمال مجرفة، وقد تم أخذ أربع نماذج من نقاط مختلفة من كل موقع وخلطها جيداً للحصول على عينة متجانسة لكل موقع. ثم وُضعت العينات المجمعة في أكياس بولي إيثيلين مُعلَّمة، بحيث تزن كل عينة (1.5kg) تقريباً، وأيضا تم تحديد إحداثياتها باستعمال جهاز (Global Positioning System (GPS)) وكما مثبت في الجدول (1)، أما الشكل (1) فرع (b) فيُبين المواقع التي جمعت منها التربة السطحية من منطقة جسر ديالى.

جدول رقم (1) المواقع التي جمعت منها نماذج التربة السطحية في منطقة جسر ديالى وأوزانها واحداثياتها.

التسلسل	الرمز	الوزن (Kg)	N	E
1	S1	0.466	33.234204	44.520465
2	S2	0.400	33.233264	44.518691
3	S3	0.387	33.23268	44.517656
4	S4	0.438	33.234032	44.522119
5	S5	0.394	33.23398	44.523313
6	S6	0.378	33.23268	44.524992
7	S7	0.420	33.23546	44.523192
8	S8	0.418	33.242112	44.529604
9	S9	0.413	33.240143	44.532728
10	S10	0.409	33.23715	44.537038
11	S11	0.435	33.233212	44.54178
12	S12	0.432	33.22969	44.545517
13	S13	0.452	33.22840	44.546816
14	S14	0.421	33.222783	44.546179
15	S15	0.405	33.224835	44.550456
16	S16	0.418	33.219893	44.551614
17	S17	0.416	33.217529	44.53667
18	S18	0.378	33.20009	44.539781
19	S19	0.439	33.220683	44.542584
20	S20	0.396	33.197141	44.541424
21	S21	0.390	33.200966	44.536811
22	S22	0.433	33.202169	44.53581
23	S23	0.440	33.206017	44.533525
24	S24	0.433	33.21876	44.526447
25	S25	0.502	33.221065	44.528688
26	S26	0.427	33.220794	44.530847
27	S27	0.451	33.198619	44.540310
28	S28	0.458	33.199746	44.544766
29	S29	0.415	33.202826	44.547672
30	S30	0.431	33.205656	44.548592



الشكل (1): (a) خريطة توضح منطقة الدراسة.

(b) مواقع نماذج التربة السطحية في منطقة جسر ديالى.

الشكل (1) يُوضح: (a) منطقة الدراسة، (b) المواقع التي جمعت منها التربة السطحية

c) تحضير نماذج التربة السطحية : تم نقل عينات التربة السطحية إلى المختبر للتحضير والتحليل وذلك لقياس هذه النماذج وحساب تراكيز الفعالية لها، حيث تم استبعاد نماذج الحصى والاشواك من عينات التربة وتم تجفيفها في الفرن بدرجة حرارة (105) درجة مئوية لمدة أربع ساعات لتخليص النماذج من الرطوبة تماماً، ثم بعد ذلك تم طحنها إلى جزيئات دقيقة بواسطة هاون يدوي ونخلها بمنخل ذي مشبك ناعم (600) مايكرو متر للحصول على عينات بشكل مسحوق متجانس لا تتخلله أي شوائب، بعد ذلك تم وضع العينات في أكواب مارنيلي سعة (250 ml) والذي أُستخدم في التعيير والقياس، بعد ذلك تم وزن النماذج بواسطة ميزان إلكتروني حساس، وأخيراً تم غلق أوعية المارنيلي جيدًا باستخدام شريط من شمع البارافين لإحكام إغلاقها لمدة من (4-3) أسابيع، وذلك لتحقيق التوازن الإشعاعي القرني بين النويدات المشعة الناتجة عن الاضمحلال ونويداتها الأم [5] كما موضح بالشكل (2).

الشكل (2): يبين مراحل تحضير النماذج:(A) جمع النماذج، (B) تجفيف النماذج، (C) طحن ونخل النماذج، (D) تحول التنظيف مع شريط البرافين، (E) وزن النماذج، (F) نماذج التربة مغلفة ومختومة في وعاء مارنيللي.

d) قياس النشاط الإشعاعي الطبيعي: تم اجراء القياسات التحليلية في مديرية التطبيقات والمختبرات الإشعاعية والنووية / هيئة الطاقة الذرية العراقية (IAEC) في موقع التويثة، في مختبر باعثات كاما، الحاصل على شهادة الاعتماد من الهيئة العراقية لنظام الاعتماد IQAS رقم 045 TL. تم قياس النشاط الاشعاعي الطبيعي في عينات التربة السطحية باستخدام كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة (HPGe) ، وهو كاشف محوري عمودي من النوع (P-type) المصنوع من شركة (ORTEC-MOD-EL, GEM65-95 ,USA) ويعمل بفولتية تشغيل ذات جهد موجب (4000+) وبكفاءة نسبية) بلغ (65٪) وقدرة فصل مقدارها (1.8) Kev عند الطاقة (1.332) Mev العائدة الى نظير (^{60}Co).

ووضع الكاشف داخل درع اسطواني مُدرَّج يتكون من الرصاص بسُمك (5 cm) لتقليل الخلفية الاشعاعية الموجودة في المختبر الى اقل حد ممكن، وأيضاً مغلف من الداخل بطبقة رقيقة من النحاس الكادميوم سُمك كل منهما (0.064 cm) و(0.02 cm) على التوالي لتوهين الأشعة السينية الناتجة من تفاعل أشعة كاما مع مادة الرصاص [7،6]. والشكل (3) يبين منظومة كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة (HPGe).

الشكل (3) يوضح منظومة كاشف الجرمانيوم (HPGe).

e) معايرة مطيافيّة كاما : ولمعايرة منظومة مطيافية كاما للطاقة من أجل تحديد النويدات المشعة نوعاً في عينات التربة السطحية تم استعمال المصدرين القياسيين لكل من نظير السيزيوم-137 ذو الطاقة (0.662 MeV) ونظير الكوبلت-60 ذي الطاقتين (1.173 MeV) و(1.332 MeV) ، ولمعايرة الكفاءة النسبية من أجل تحديد النويدات المشعة كما تم استعمال مصدر قياسي مختلط الموجود في (دورق مارنيلي) ويحتوي المصدر على (Am-241، Cd-109، Co-57، Ce-139، Co-60 ، Sn-113، Y-88، Cs-137)، لتغطية جميع النويدات المشعة في عينات التربة السطحية. استُخدم برنامج Genie 2000 من شركة (ORTEC-MODEL-USA) لجمع البيانات ومعالجتها، للحصول على معلومات مثل زمن التوقف، والنظائر ونشاطها، والحد الأدنى لنشاط الكشف (MDA)، لكل نويدة مشعة عند كل طاقة.

f) قياس وحساب طيف النماذج: تم قياس الخلفية الإشعاعية للمختبر قبل إجراء أي قياس للنشاط الإشعاعي لأي عينة وذلك باستخدام وعاء مارنيلي فارغ محكم الإغلاق وهو نفس الوعاء المستخدم في قياس النشاط الإشعاعي للنموذج وبنفس الزمن والطريقة اللازمة لقياس العينات. تم قياس النشاط الإشعاعي النوعي لليورانيوم-238، والثوريوم-232، والبوتاسيوم-40 في عينات التربة السطحية باستخدام كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة (HPGe) من خلال تجميع الطيف لمدة

(3600 s). تم حساب الفعالية النوعية بوحدة (Bq/kg) باستخدام المعادلة الآتية [8]:

$$A(Bq/kg)=\frac{N}{\varepsilon(E_\gamma)\cdot I_\gamma(E_\gamma)\cdot M\cdot t} \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

إذ إن:

A: الفعالية النوعية للنويدات المشعة بوحدة (Bq/kg) ، N: تمثل صافي المساحة تحت الذروة وهي حاصل طرح المساحة تحت الذروة للطاقات في طيف كل نموذج مما يقابلها في طيف الخلفية الإشعاعية. $\varepsilon(E_\gamma)$: كفاءة الكشف عند طاقة أشعة غاما المحددة،

$I_\gamma(E_\gamma)$: النسبة المئوية لاحتمال انبعاث كاما من النويدات المشعة قيد الدراسة ، M: كتلة العينة بوحدة (kg)، t زمن العد بوحدة الثانية .(s)

حساب مؤثرات الخطورة الاشعاعية لأشعة كاما

a) فعالية الراديوم المكافئة

Radium Equivalent Activity (Ra_{eq})

تعرَّف فعالية الراديوم المكافئة (Ra_{eq}) بأنّها معامل إشعاعيّ لوصف إجمالي كمية التعرض الإشعاعي من هذه النويدات المشعة الطبيعية (NORM) والمتمثلة باليورانيوم-238 والثوريوم-232 والبوتاسيوم-40 في عينات التربة وهي أداةً قيّمةً في مجال المواد المشعة الطبيعية (NORM) لمراقبة معايير السلامة في المباني السكنية، حيث أُفترض أن 370 و259 و4810) بوحدة (Bq/kg) من النويدات المشعة (Ra-226 وTh-232 وK-40) على التوالي، تُنتج معدل الجرعة نفسه من أشعة جاما [9]، وتقاس فعالية الراديوم المكافئة (Ra_{eq}) بوحدة (Bq/kg) ويمكن حسابه من خلال المعادلة التالية [10,8]:

$$Ra_{eq}(Bq/kg)=A_U+1.43A_{Th}+0.077A_K \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$

حيث أنّ A_U و A_{Th} و A_K هي تركيز الفعالية النوعية الاشعاعية لليورانيوم-238 والثوريوم-232 والبوتاسيوم-40 بوحدة (Bq/kg) على التوالي. وأعلى قيمة مسموح بيها لفعالية الراديوم المكافئة هي (370 Bq/kg) [11].

b) معدل الجرعة الممتصة في الهواء

Absorbed Dose Rate in Air (D_γ)

إن معدل الجرعة الممتصة (D_γ)لأشعة كاما في الهواء عند (1m) من سطح الأرض والتي تقاس بوحدة (nG/h) يمكن قياسها باستخدام الفعالية النوعية للنظائر المشعة الطبيعية (NORM) لليورانيوم-238 والثوريوم-232 والبوتاسيوم-40 وكما في المعادلة التالية [12,8]:

$$D_\gamma\ (nGy/h) = 0.462A_U + 0.604A_{Th} + 0.0417A_K \quad \ldots\ldots\ldots (3)$$

c) مكافئ الجرعة الفعالة السنوية

Annual Effective Dose Equivalent (AEDE)

يمكن تعريف مكافئ الجرعة الفعالة السنويّة ($mS_v.y^{-1}$) بأنّها معامل إشعاعيّ يُستخدم كمقياس لمدى التأثيرات الصحيّة الناتجة عن الجرعة الممتصة ويمكن حسابها باستخدام عامل التحويل من الجرعة الممتصة في الهواء إلى الجرعة الفعّالة للبالغين، والذي يساوي (0.7 S_v/Gy) وضربه بمعامل الاشغال الخارجي (outdoor occupancy factor) ومقداره (0.2) وهذا يمثل ما يتعرض له الإنسان خارج المنزل، وضرب المقدار (0.7 S_v/ Gy) بمعامل الاشغال الداخلي (indoor occupancy factor) ومقداره (0.8) وهذا بدوره يمثل مقدار الوقت الذي يقضيه الشخص داخل المنزل، كما هو مقترح في تقرير (UNSCEAR,2000,2008). وتقاس بوحدة (mS_v/y)، يتم تحديد (AEDE) من خلال المعادلتين التاليتين [14,13,8]:

$$(AEDE)_{in}\ (\mu S_v.y^{-1}) = D_\gamma\ (nGy/h) \times 10^{-3} \times 8760\ h/y \times 0.80 \times (0.7\ S_v/Gy)\ \ldots\ldots\ (4)$$

$$(AEDE)_{out}\ (\mu S_v.y^{-1}) = D_\gamma\ (nGy/h) \times 10^{-3} \times 8760\ h/y \times 0.20 \times (0.7\ S_v/Gy)\ \ldots\ldots (5)$$

d) خطر الإصابة بالسرطان مدى الحياة

Excess lifetime cancer risk (ELCR)

هو معامل إشعاعي يمكن عن طريق هذا المعامل (ELCR) تحديد مقدار مجموع السرطانات الإضافية نتيجة التعرض للإشعاع المؤين للأشخاص مع تقدم العمر ومقداره تقريباً (70) سنة. ويعتمد مقدار خطر الإصابة بالسرطان الزائد مدى الحياة على مكافئ الجرعة الفعالة السنوية لعمر الإنسان. ويمكن حساب الـ (ELCR) من خلال المعادلة التالية [15]:

$$ELCR = (AEDE) \times D_L \times D_F \ldots\ldots\ldots (6)$$

إذ ان: D_L: هو متوسط عمر الإنسان ويقدر بحوالي (70) سنة.

D_F: هو عامل الخطر للإصابة بالسرطان لكل سيفرت ويساوي ($0.05\ S_V^{-1}$) حسب اللجنة الدولية للحماية من الإشعاع (ICRP-2009) [15].

e) الجرعة المكافئة للغُدد التناسلية (AGDE)

Annual gonadal dose equivalent (AGDE)

تُعتبر الغُدد التناسلية من أكثر أعضاء الجسم حساسية للإشعاع المؤين، ويُمكن حسابها من خلال الفعالية النوعية للنويدات المشعة الطبيعية (NORM) لعينات التربة لكل من اليورانيوم والثوريوم والبوتاسيوم. ويُمكن تقدير الجرعة المكافئة للغُدد التناسلية من خلال القانون التالي [14]:

$$AGDE(\mu S_v/y) = 3.09\ A_U + 4.18\ A_{Th} + 0.314\ A_K \ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

f) دليل الخطورة لأشعة كاما (I_γ)

Gamma Radiation Level Index

هو معامل إشعاعي يُحسب من خلاله مدى خطورة اشعة كاما المرتبطة بالنويدات المشعة الطبيعية (NORM) في العينات كما في التربة أو المواد المستخدمة في البناء. وبهذا التعريف يُعد دليل الخطورة لأشعة كاما (I_γ) مؤشرًا لفحص العينات التجريبية ما إذا كانت مستوفية لمعايير حدود الجرعة. ويجب أن تكون قيمته أقل أو مساوية للواحد. ويمكن حسابه Iγ باستخدام المعادلة التالية[16,14,8] :

$$I_\gamma = \frac{1}{150} A_U + \frac{1}{100} A_{Th} + \frac{1}{1500} A_K \leq 1 \quad \ldots. (8)$$

g) دليل الخطورة (H) Hazard Index

يُعرّف مؤشر الخطورة (H) بأنّه معامل إشعاعيّ يُستخدم لمعرفة مخاطر الإشعاع الخارجيّة والداخليّة، وبالتالي هذا التعريف يعكس مدى خطورة التعرض للإشعاعات الطبيعية، ومؤشر الخطورة الخارجي (H_{ex}) يكون مصدره من الإشعاع المباشر المنبعث من التربة والصخور، أما مؤشر الخطورة الداخلي (H_{in}) يكون مصدره من التعرض لنظير غاز الرادون ووليداته الناتج من تحلل الراديوم-226 والذي يُشكل خطراً على الجهاز التنفسي. ويُمكن حساب مؤشر الخطورة الخارجي والداخلي من مجموع حاصل قسمة النشاط النوعي للنويدات المشعة الثلاث (Ra-226, Th-232, K-40) على مقادير محددة لتلك النويدات وذلك لتحديد مقدار الخطورة لكلٍ منهما، وهذه القيم المحددة تُعتبر قيم مسموحة لتلك النويدات. ويُمكن حساب مؤشر الخطورة الخارجي (H_{ex}) ومؤشر الخطورة الداخلي

(H_{in}) من خلال المعادلات التالية [17,9,8]:

$$H_{ex} = \frac{A_U}{370} + \frac{A_{Th}}{259} + \frac{A_K}{4810} \leq 1 \quad \ldots\ldots (9)$$

$$H_{in} = \frac{A_U}{185} + \frac{A_{Th}}{259} + \frac{A_K}{4810} \leq 1 \quad \ldots\ldots (10)$$

ومن الجدير بالذكر أن قيم كل من مؤشر الخطورة الخارجي (H_{ex}) ومؤشر الخطورة الداخلي (H_{in}) يجب أن تكون أقل أو مساوية للواحد [18].

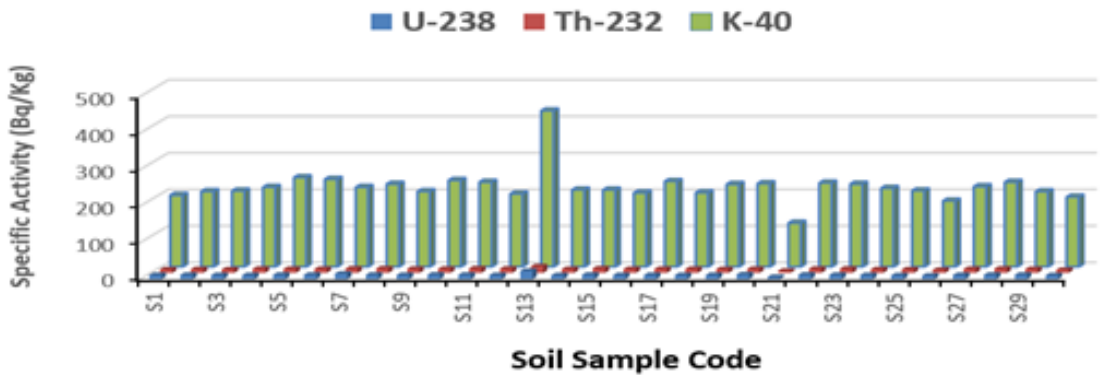
3. النتائج والمناقشة

a) تراكيز الفعالية النوعية: تُعد قياسات النشاط الإشعاعي وتحليل العينات داخل المختبر من الوسائل الأساسية والمهمة لتقييم الوضع الإشعاعي للمناطق قيد الدراسة. في هذا البحث، أُجريت قياسات تركيز النشاط الإشعاعي للنويدات المشعة الطبيعية في عينات التربة السطحية المأخوذة من مواقع مختلفة ضمن منطقة جسر ديالى والبالغة (30) عينة. يوضح الجدول (2) الملخص الإشعاعي لقيم النشاط الإشعاعي النوعي للنويدات المشعة الطبيعية (^{238}U، Th^{232} ,^{40}K) بوحدات (Bq/Kg). حيث يتراوح النشاط الإشعاعي النوعي لليورانيوم-238 في التربة السطحيّة بأقل قيمة (6.15 ±0.4 Bq/kg) في العينة (S_{21})، وبأعلى قيمة (22.915± 1.615 Bq/kg) في العينة (S_{13})، وبمعدل(12.092 ± 0.848 Bq/kg)، ويتراوح النشاط الإشعاعي النوعي للثوريوم-232 في التربة السطحيّة بأقل قيمة (6±0.4 Bq/kg) في العينة (S_{21})، وبأعلى قيمة (18.145±2.38 Bq/ kg) في العينة (S_{13})، وبمعدل(11.263±0.973 Bq/kg)، أما بالنسبة لمستويات النشاط الإشعاعي النوعي للبوتاسيوم-40 في التربة السطحيّة تراوحت بين أقل قيمة(119.8±7.5 Bq/kg) في العينة (S_{21})، وأعلى قيمة (427.41±24.9 Bq/kg) في العينة (S_{13})، وبمعدل (220.097±13.325 Bq/kg) . يُعزى الارتفاع الملحوظ في تركيز النشاط الإشعاعي لنموذج التربة (S_{13}) إلى قُرب موقع العينة من عمود كهرباء ذي ضغط عالٍ، إذ تُسهم المجالات الكهرومغناطيسية المُحيطة بهذه الأعمدة في إعادة توزيع الجُسيمات الدقيقة الغنية بالعناصر القلوية والعناصر المشعة الطبيعية داخل التربة، من خلال تعزيز ترسيب الغُبار المحمول جوًا وتراكمه التدريجي. كما أن المواد الإنشائية المستخدمة في قواعد الأعمدة الخرسانية والردميات قد تحتوي على تراكيز نسبية من النويدات المشعة الطبيعية، مما يؤدي إلى زيادة محلية في النشاط الإشعاعي للتربة المجاورة، فضلًا عن أن زيادة التماسك والمحتوى الطيني للتربة القريبة من العمود يُعزز قُدرة التربة على احتجاز النويدات المُشعة مقارنة بالمواقع الأبعد. وتنسجم هذه النتائج مع دراسات سابقة تؤكد أن التباين المحلي في النشاط الإشعاعي قرب المنشآت الهندسية يرتبط بخصائص التربة والترسيب البيئي، دون أن يُشير إلى كون خطوط الضغط العالي مصدرًا مباشرًا للإشعاع المؤين [19و20]. إن مستويات النشاط الإشعاعي النوعي للنويدات المشعة الطبيعية (NORM) في جميع العينات ضمن المدى المسموح به عالمياً والمحددة من قبل (UN-SCEAR,2000) والمحددة بالقيم (400,30,35) لكل من ^{238}U و ^{232}Th مع زيادة ملحوظة عن المعدل العالمي لنويدة البوتاسيوم (^{40}K) على التوالي. ويوضح الشكل (4) مستويات الفعالية النوعيّة لكل من (^{40}K,^{232}Th,^{238}U) في عينات التربة السطحية في منطقة جسر ديالى. يوضح الشكل (5) المساهمة النسبية للنويدات المشعة (^{40}K,^{232}Th,^{238}U) من الإشعاع الكلي في عينات التربة السطحية في منطقة جسر ديالى.

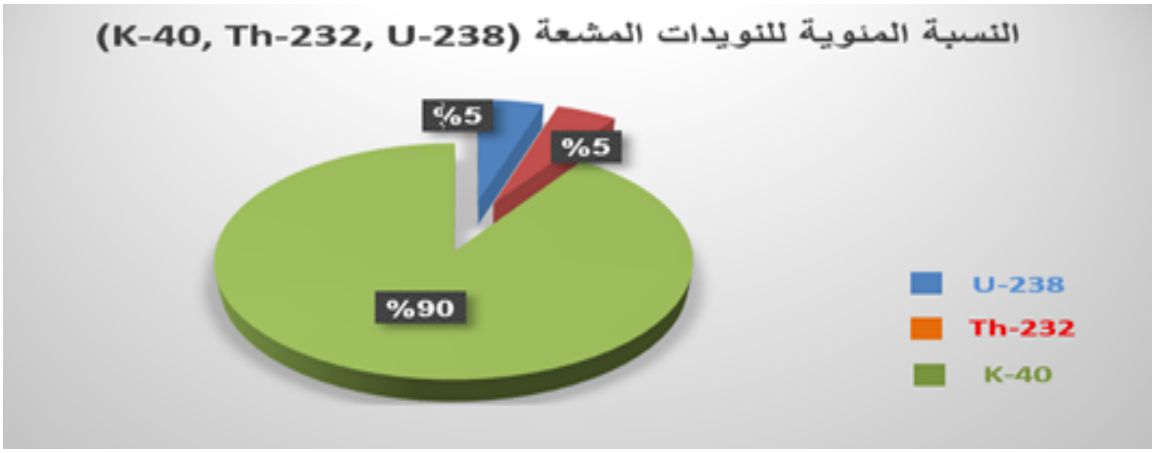
الجدول (2) يوضح مستويات الفعالية النوعية لليورانيوم-238 والثوريوم-232 والبوتاسيوم-40 لنماذج التربة السطحية في منطقة جسر ديالى.

Sample Code	^{238}U (Bq/kg)	Th^{232} (Bq/kg)	^{40}K (Bq/kg)
S1	11.475±0.780	10.12±0.905	196.16±11.8
S2	11.755±0.85	10.765±0.985	206.3±12.8
S3	11.25±0.915	9.91±0.945	208.02±13.04
S4	11.095±0.88	11.775±1.04	217.88±13.06
S5	11.94±0.810	11.375±1	244.49±14.63
S6	12.16±0.86	11.464±1.075	239.8±14.5
S7	15.17±1	12.18±0.995	217.67±13.1
S8	11.99±0.845	12.57±1	226.64±13.7
S9	11.55±0.865	11.6±0.950	206.2±12.7
S10	12.275±0.85	11.54±1.01	236.77±14.13
S11	12.09±0.86	12.745±1.05	231.96±13.8
S12	11±0.82	11.895±1.015	199.76±12.33
S13	22.915±1.615	18.145±2.38	427.41±24.9
S14	10.63±0.73	10.985±1.025	210.6±12.88
S15	12.155±0.91	12.76±1	210.46±13
S16	11.135±0.9	11.105±1.44	202.56±12.54
S17	11.42±0.8	11.47±1	233.98±14
S18	11.205±0.85	11.32±0.95	202.94±12.9
S19	11.53±0.8	10.735±0.93	226.03±13.42
S20	12.975±0.85	11.325±0.95	228.01±13.85
S21	6.15±0.4	6±0.4	119.8±7.5
S22	12.45±0.85	11.75±0.8	229.7±13.6
S23	11.7±0.885	11.88±0.825	226.61±13.41
S24	11.23±0.78	10.485±0.795	215.22±12.98
S25	10.59±0.755	10.045±0.78	208.4±12.28
S26	9.89±0.745	8.62±0.72	180.46±11.53
S27	11.48±0.765	11.245±0.875	219.77±13.08
S28	12.105±0.855	12.085±0.845	231.92±13.69
S29	12.15±0.85	11.15±0.8	206±12.7
S30	10.8±0.75	8.85±0.7	191.3±11.9
Min.	6.15±0.4	6±0.4	119.8±7.5
Max.	22.915±1.615	18.145±2.38	427.41±24.9
Ave.	12.092±0.848	11.263±0.973	220.097±13.325
Worldwide Ave. [18]	35	30	400

B.D. L= Below Detection Limt



الشكل (4): يوضح مستويات الفعالية النوعية (U–238 ، Th - 232 ، K – 40) (بوحدة (Bq/kg
في عينات التربة السطحية في منطقة جسر ديالى.



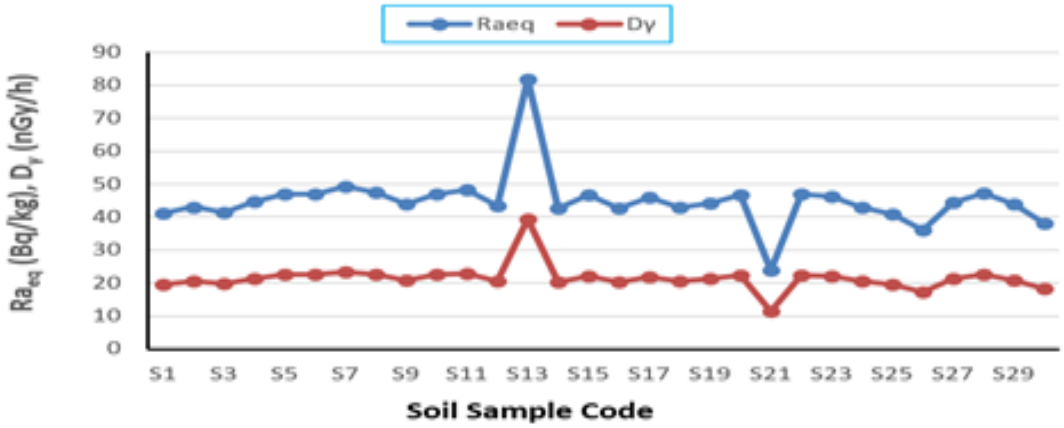
الشكل (5): يوضح المساهمة النسبية للنويدات المشعة (U–238 ، Th - 232 ، K – 40)
من الإشعاع الكلي في عينات التربة السطحية في منطقة جسر ديالى.

b) مؤشرات الخطورة الاشعاعيّة: تم حساب مؤشرات الخطورة الإشعاعية وفقًا لتركيز النشاط الإشعاعي النوعي للنويدات المشعة الطبيعية (^{238}U، ^{40}K , Th^{232}) لعينات التربة السطحية في منطقة جسر ديالى، وكما موضح في الجدول (3). حيث يُبين الجدول أن قيم مكافئ الراديوم (R_{eq}) تراوحت من (Bq/kg 23.955) الى (Bq/kg 81.773) وبمعدل (Bq/kg 44.929)، وهي أقل من قيم المعدل العالمي لفعالية الراديوم المكافئة والبالغة (370 Bq/ kg) (UNSCEAR, 2000). أما معدل الجرعة المتصة في الهواء (Dγ) فقد تراوحت قيمته من (11.461 nGy/h) إلى (39.369 nGy/h) وبمعدل (21.467 nGy/h) وهو اقل من قيمة المعدل العالمي والبالغة (55 nGy/h) (UNSCEAR, 2000). وتم حساب

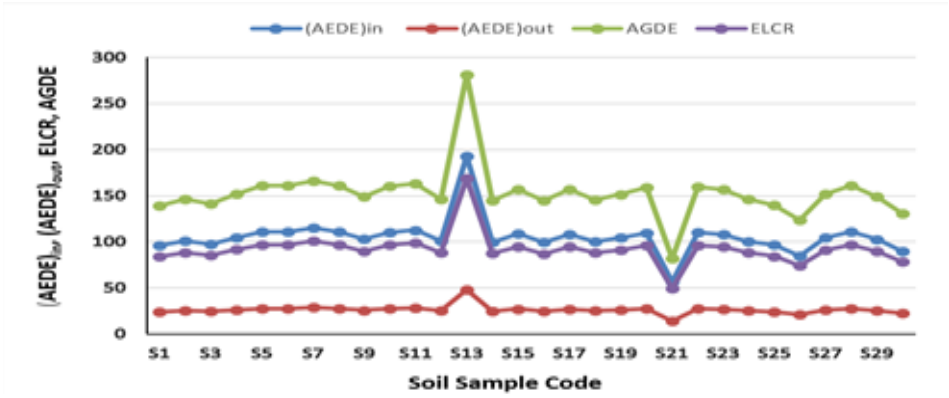
مستويات الجرعة الفعالة السنوية المكافئة داخل المباني $_{in}$(AEDE) والجرعة الفعالة السنوية المكافئة خارج المباني $_{out}$(AEDE)، بحيث تتراوح قيمة $_{in-}$ (AEDE) بين (μSv/y) (193.129 – 56.223) وبمعدل (105.310 μSv/y). وتتراوح قيمة $_{out}$(AEDE) بين (μSv/y) (48.282 – 14.056) وبمعدل (26.327 μSv/y). جميع النتائج الحالية تبيِّن أنّ معدل الجرعة الفعالة السنوية المكافئة داخل المباني وخارج المباني هي ضمن المعدلات المسموحة عالمياً والبالغة (1000 μSv/y) (UNSCEAR, 2000). وأيضاً تم حساب مؤشر الإصابة بالسرطان مدى الحياة (ELCR)، بحيث تراوحت قيمة ذلك المؤشر بين (10^{-6}×49.196–10^{-6}×168.987) وبمعدل (10^{-6}×92.146)، وهذا المعدل أقل من القيمة المسموحة عالمياً والبالغة (10^{-6}×290) . (UNSCEAR, 2000) . كذلك تم تحديد قيم مؤشر الجرعة المكافئة للغدد التناسلية (AGDE) والتي تراوحت قيمته بين (μSv/y) (280.860– 81.701) وبمعدل (152.884 μSv/y)، وهذا المعدل أقل من القيمة المسموحة عالمياً والبالغة.(300 μSv/y) (UNSCEAR, 2000) أما دليل الخطورة لأشعة كاما (Iγ) فتراوحت قيمته بين (0.619 – 0.181) وبمعدل (0.340)، بالنسبة لقيم مؤشرات الخطورة الإشعاعية الداخلية (H_{in}) والخارجية (H_{ex}) فقد تم حسابها، فتراوحت قيم (H_{in}) بين (0.283– 0.081) وبمعدل (0.153)، أما قيمة (H_{ex}) فتراوحت قيمتها بين (0.221 – 0.065) وبمعدل (0.121). جميع النتائج الحالية لكل من (Iγ، H_{in}، H_{ex}) أقل من القيمة المسموحة عالمياً والمحددة بالواحد والتي اقترحتها لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذري (UNSCEAR,2000). وتوضح الأشكال (6) و(7) و (8) أعلى وأقل قيمة مع تغير القيم لكل من (Ra_{eq}) و (D_γ) و قيم الجرعة الفعالة الداخلية $_{in}$(AEDE) والخارجية $_{out}$(AEDE) ومؤشر خطر الإصابة بالسرطان $_{out}$(ELCR) والجرعة المكافئة للغدد التناسلية (AGDE) وقيم مؤشرات الخطورة لكل من (H_{ex}) و(H_{in}) ودليل أشعة كاما (I_γ) مع مواقع العينات على التوالي في منطقة جسر ديالى، وكانت قيم هذه المؤشرات لجميع العينات ضمن معايير السلامة.

الجدول (3) مؤشرات الخطورة الاشعاعية في عينات التربة السطحية في منطقة جسر ديالى.

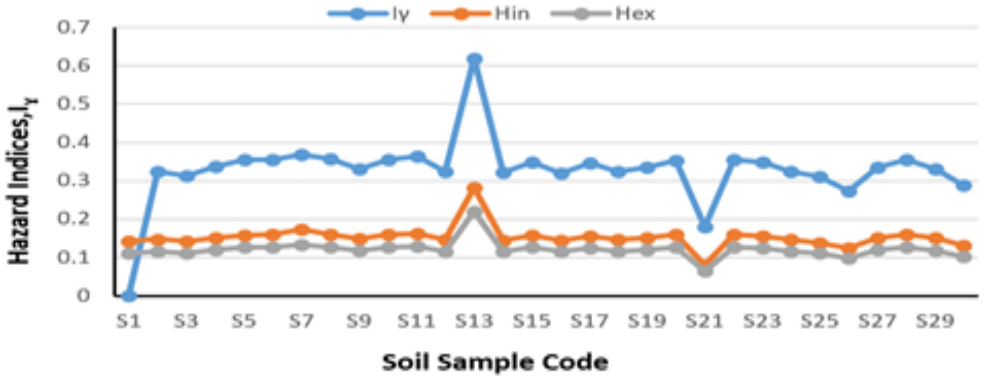
Sample Code	Ra_{eq} (Bq/kg)	D_{γ} (nGy/h)	الجرعة الفعالة السنوية المكافئة ($\mu S_v/y$)		EL-$CR_{out}\times10^6$	AGDE ($\mu S_v/y$)	Iγ	دليل الخطورة	
			$(AEDE)_{in}$	$(AEDE)_{out}$				H_{in}	H_{ex}
S1	41.051	19.594	96.120	24.030	84.105	139.354	0.308	0.142	0.111
S2	43.034	20.536	100.741	25.185	88.148	146.099	0.324	0.148	0.116
S3	41.439	19.858	97.415	24.354	85.239	141.505	0.313	0.142	0.112
S4	44.710	21.324	104.607	26.152	91.532	151.917	0.337	0.151	0.121
S5	47.032	22.582	110.778	27.695	96.933	161.212	0.356	0.159	0.127
S6	47.018	22.542	110.582	27.646	96.761	160.791	0.356	0.160	0.127
S7	49.348	23.442	114.997	28.749	100.622	166.136	0.368	0.174	0.133
S8	47.416	22.583	110.783	27.696	96.936	160.757	0.357	0.161	0.128
S9	44.015	20.941	102.728	25.682	89.887	148.924	0.330	0.150	0.119
S10	47.008	22.515	110.450	27.612	96.642	160.513	0.355	0.160	0.127
S11	48.176	22.956	112.613	28.153	98.536	163.468	0.363	0.163	0.130
S12	43.391	20.597	101.041	25.260	88.41	146.436	0.325	0.147	0.117
S13	81.773	39.369	193.129	48.282	168.987	280.860	0.619	0.283	0.221
S14	42.555	20.328	99.721	24.930	87.255	144.892	0.321	0.144	0.115
S15	46.607	22.097	108.399	27.100	94.85	156.980	0.349	0.159	0.126
S16	42.612	20.299	99.579	24.895	87.133	144.430	0.320	0.145	0.115
S17	45.838	21.961	107.732	26.933	94.266	156.702	0.347	0.155	0.124
S18	43.019	20.477	100.452	25.113	87.896	145.664	0.323	0.146	0.116
S19	44.285	21.236	104.175	26.044	91.154	151.473	0.335	0.151	0.120
S20	46.727	22.343	109.606	27.401	95.904	159.026	0.352	0.161	0.126
S21	23.955	11.461	56.223	14.056	49.196	81.701	0.181	0.081	0.065
S22	46.939	22.427	110.018	27.504	96.264	159.711	0.354	0.160	0.127
S23	46.137	22.031	108.075	27.019	94.567	156.967	0.348	0.156	0.125
S24	42.795	20.496	100.545	25.136	87.976	146.107	0.323	0.146	0.116
S25	41.001	19.650	96.395	24.099	84.347	140.149	0.310	0.139	0.111
S26	36.112	17.301	84.872	21.218	74.263	123.256	0.272	0.124	0.098
S27	44.483	21.260	104.293	26.073	91.256	151.485	0.335	0.151	0.120
S28	47.244	22.563	110.685	27.671	96.849	160.743	0.356	0.160	0.128
S29	43.957	20.938	102.713	25.678	89.873	148.835	0.330	0.152	0.119
S30	38.186	18.312	89.831	22.458	78.603	130.433	0.288	0.132	0.103
Min.	23.955	11.461	56.223	14.056	49.196	81.701	0.181	0.081	0.065
Max.	81.773	39.369	193.129	48.282	168.987	280.860	0.619	0.283	0.221
Ave.	44.929	21.467	105.310	26.327	92.146	152.884	0.340	0.153	0.121
Worldwide Ave. [18]	370	55	1000	1000	290	300	1	1	1



الشكل (6): يوضح أعلى قيمة وأقل قيمة مع تغير القيم لكل من (Ra_{eq}) و (D_{γ}) مع مواقع العينات في منطقة جسر ديالى.



الشكل (7): يوضح أعلى قيمة وأقل قيمة مع تغير القيم لكل من $(AEDE)_{out}$ و $(AEDE)_{in}$ و $(ELCR)_{out}$ و (AGDE) مع مواقع العينات في منطقة جسر ديالى.



الشكل (8): يوضح أعلى قيمة وأقل قيمة مع تغير قيم مؤشرات الخطورة
لكل من (H_{ex}) و(H_{in}) ودليل أشعة كاما (Iγ) مع مواقع العينات في منطقة جسر ديالى.

وقد تناولت العديد من الدراسات خلال السنوات السابقة حساب تراكيز الفعالية الإشعاعية الطبيعية في نماذج التربة، وذلك من خلال قياس نواتج سلاسل اليورانيوم-238 والثوريوم-232 إضافة إلى نظير البوتاسيوم-40. ويعرض الجدول (4) مقارنةً لنتائج بعض هذه الدراسات مع نتائج الدراسة الحالية بوحدات (Bq/Kg)، مما يتيح تقييم المستوى الإشعاعي الطبيعي لتربة منطقة الدراسة ضمن السياق المحلي والعالمي وإبراز مدى توافق أو اختلاف النتائج مع الدراسات المرجعية.

الجدول (4) معدلات الفعالية النوعية للنويدات المشعة في بعض الدول العالمية والعربية والمحلية ومنطقة الدراسة.

بلد المنشأ (تاريخ القياس)	^{238}U (Bq/kg)	^{232}Th (Bq/kg)	^{40}K (Bq/kg)	Ref.
كوريا الجنوبية (2023)	21.9	11.1	661	[21]
بنغلادش (2022)	27	64	762	[22]
إيران (2023)	17.61	35.91	398.65	[23]
العربية السعودية (2022)	21.16	18.8	202.15	[24]
بغداد مجمع عشتار (2019)	11.644±0.424	10.252±0.66	389.512±15.36	[25]
موقع التويثة النووي(2017)	21.83 ± 4.672	25.29 ± 5.028	363.47 ± 19.06	[26]
موقع التويثة النووي (2018)	0.94 ± 16.28	16.09 ± 1.16	422.6 ± 24.59	[27]
عراق / كركوك (2022)	57.8	25.4	479.9	[28]
عراق/ حمام العليل (2023)	11.172±1.09	13.38±0.73	158.37±5.36	[29]
عراق/ النجف (2021)	11.96 ± 1.065	4.99 ± 0.45	104.62± 6.85	[30]
الدراسة الحالية بغداد/ جسر ديالى (2026)	12.092±0.848	11.263±0.973	220.097±13.33	الدراسة الحالية
المعدل العالمي	35	30	400	[18]

4. الاستنتاجات:

بينت نتائج الدراسة أن النشاط الإشعاعي الطبيعي في التربة السطحية بمنطقة جسر ديالى ناتج أساساً عن النويدات (U^{238}) و(Th^{232}) و(K^{40})، مع مساهمة سائدة للنظير (K^{40}). وأظهرت مؤشرات الخطورة الإشعاعية المحسوبة، بما فيها مكافئ الراديوم والجرعات الإشعاعية ومؤشرات الخطورة الخارجية والداخلية واحتمالية خطر الإصابة بالسرطان مدى الحياة، قيماً تقع ضمن الحدود المسموح بها دولياً وفق توصيات (ICRP) و(I-AEA)، مما يدل على عدم وجود مخاطر إشعاعية ملحوظة على السكان والبيئة، ويوفر بيانات مرجعية للتقييم الإشعاعي البيئي في المنطقة.

5. المصادر

1. Wais T.Y., Ali F.N.M., Laith A. Najam, Mansour H., and Mostafa M.Y.A., "Assessment of natural radioactivity and radiological hazards of soil collected from Rabia town in Nineveh Governorate (North Iraq)". Physica Scirpta, Vol.98, pp.65304, (2023).

.2 küçükönder E., Gümbür S., Söğütö. Ö., Doğru M. "Natural radioactivity in soil samples taken from Kahraman Maras Provincial Center. Environ. Geochem". Health phy., Vol.45, pp.5245–5259, (2023).

.3 Hussian A. Hussian, Kamal K. Ali, " Natural and Artificial Radionuclides Distribution in Surface Soil in Baghdad International Airport Region ", Iraqi Geological Journal, vol. 57, No. 1B, pp. 214-228, (2024).

.4 Chandra K., Proshad R., Dey H.C., Idris A.M. "A review on radionuclide pollution in global soils with environmental and health hazards evaluation". Environ. Geochem. Health, Vol.45, pp.9245–9266, (2023).

.5 Adrovic F., Kosanovic K., Jakupi B., Krstic G., and Filipovic R., "Survey of natural and artificial radionuclide contents in soil samples from some areas of the AP Kosovo (Serbia)", Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Kosovska, Mitrovica, Serbia, pp.1-5, (2007).

.6 Gordon R. G., "Practical Gamma-ray Spectrometry", 2nd Edition, John Wiley & Sons, Britain, (2008).

.7 Hazim L. Mansour, Mahmood S. Karim, Khudheir A. Mishjil, and Nadir F. Habubi, "Measurement of Natural Radioactivity in Some Building Material Samples by Using NaI(Tl) Detector", Materials Focus ,6, pp.1–52017) ,).

.8 Nada F. Tawfiq, Hazim L. Mansour, Mahmood S, Karim, " Natural Radioactivity in Soil Samples for Selected Regions in Baghdad Governorate", International Journal of Recent Research and Review, Vol. VIII, Issue 1, pp.1-7, March, (2015).

.9 Laith A. Najam, AL-Jomaily, F., AL-Farha E. "Natural radioactivity levels of limestone rocks in the northern Iraq using gamma Spectroscopy and nuclear track detector", J. Radio Analyt. Nucl. Chem., Vol.289, No. 3, pp.709-715, (2011).

.01 Zaidoon H. Ibrahim, Asia H. Al-Mashhadani," Radionuclides Determination and Hazard Indices Assessment of NORM Contaminated Soil for Oil Fields in Southern Iraq", Iraqi Journal of Science, 2024, Vol.65, No.11, pp. 6513-6528, (2024).

.11 UNSCEAR, "Sources and Effects of Ion-

.61 Hameed B. S., Fzaa W. T.,"Concentrations and Radiation Hazard Indices of Naturally Radioactive Materials for Flour Samples in Baghdad Markets", Baghdad Sci. J., Vol. 18, No.3, pp. 649-654, (2021).

.71 Hayani A. H., Nuda F. Tawfiq, and Asai. H. Al-Mashhadani, "Radioactivity Determination in Soil of Salah Al-Din Governorate, Iraq", AIP Conf. Proc., Vol. 2394, No. 1, 090008, doi: 10.1063/5.0122131, November (2022).

.81 (UNSCEAR), "Sources and effects of ionizing radiation", sources. (United Nations Publications), Vol. 1, Annex B, P. 84, (2000).

19. (IAEA),"Guidelines for Radioelement Mapping Using Gamma Ray Spectrometry Data", IAEA-TECDOC-1363, Vienna, (2003).

20. Tzortzis M., Svoukis E., & Tsertos, H. , "A comprehensive study of natural gamma radioactivity levels and associated dose rates from surface soils in Cyprus". Radiation Protection Dosimetry, Vol.109, No. 3, pp.217–224, (2003).

21. Lee J., Kim H., Kye Y.U., Lee D.Y., Jo W.S., Lee C.G., Kim J.K., Baek J.H., and Kang. Y.R., "Activity Concentrations and radiological hazard assessments of ^{226}Ra, ^{232}Th, ^{40}K, ^{137}Cs in soil sample obtained from dongham institute of radizing Radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation". UNSCEAR, 2000. Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. Report: Vol. I, In UNSCEAR, (2000).

.21 Isinkaye M. O. Isinkaye, Jibiri N. N. Jibiri, Bamidele S. I. Bamidele, and Laith A. Najam, "Evaluation of radiological hazards due to natural radioactivity in bituminous soils from tar-sand belt of southwest Nigeria using HpGe-Detector", International Journal of Radiation Research, pp. 351–362, doi: 10.18869/acadpub.ijrr.16.2.351, July (2018).

.31 Alausa S. K., B. Adeyeloja, and Odunaike K., "Radiological Impact Assessment of Farm Soils and Ofada rice (Oryza sativa japonica) from Three Areas in Nigeria", Baghdad Sci. J., Vol. 17, No. 3, (2020).

.41 Mahmood S. Karim, Hasan H. Daroysh and Taghreed K. Hameed, "Measurement of Natural Radioactivity in Selected Soil Samples from the Archaeological of Babylon City Iraq", J. Rad. Nucl. Appl. 1, No. 1, pp.31-35, (2016).

15. Nada F. Tawfiq, Hazim L. Mansour, Mahmood S, Karim, "Natural Radioactivity in Soil Samples For Selected Regions in Baghdad Governorate", International Journal of Recent Research and Review, Vol. VIII, Issue 1, (2015).

diological and medical science, Korea". Nuclear Engineering and Technology, Vol.55, No.7, pp.2388-2394, (2023).

.22 Dina N.T., Das S.C., Kabir M.Z., Rasul M.G., Deeba F., Rajib M., Islam M.S., Hayder M. A., and Ali M.I., "Natural radioactivity and its radiological implications from soils and rocks in Jaintiapur area, North-east Bangladesh". Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Vol.331, pp.4457-4468, (2022).

23. Shahroudi, S.M.M., and Poukimani, R., "Emission pattern of NORMS and ^{137}Cs in the sediments of the Gaz River and the Gorgan Bay, North Iran". Iranian Journal of Science, Vol. 47, pp.589-599, (2022).

24. Mansour H., Laith A. Najam, and Abd El-Azeem, S.A., "Determination and distribution map for radionuclides in soil samples from different location by gamma spectrometry using software analysis". Atom Indonesia, Vol.48, No. 3, pp.179-184, (2022).

25. Meethaq T.H., Mahmood S. K., "Measurement of Radioactivity of Ishtar Residential Gleaner in Al -Tuwaitha Region" M.Sc. Thesis, AL-Mustansiriyah University, College of Education, (2019).

26. Auday T. S. Al Bayati, "Determination of the Concentrations for Radioactive Elements Around Al-Tuwaitha Center Using Gamma Ray Spectroscopy and CR-39 Detectors," Ph.D. Thesis, University of Baghdad, College of Education for Pure Science / Ibn Al-Haitham, (2017).

27. Huda N. K.,"Environmental Assessment of Radioactivity for Selected Places in Al-Tuwaitha Nuclear Site", Ph.D.Thesis, Al-Mustansiriyah of University, College of Education, (2018).

28. Taqi A.H., Namq B.F., "Radioactivity distribution in soil samples of the Baba Gorger dome of Kirkuk oil field in Iraq", Internet J. Environ. Analytical Chem., Online (00), pp.1–19, (2022).

29. Ali I. Yaseen and Laith A. Najam, "Evaluation of Radioactivity in Soil Sample from Al-Hadbaa Cement Plant in Nineveh Governorate, Iraq", ARO p-ISSN: 2410-9355, e-ISSN: 2307-549X, pp.83-88, (2023).

30. Nada M. Hasan, Jamal K. Alsaedi, Salam K. Alnasri, Ali A. Abdulhasan," Determination the Natural Radioactivity Levels at Selected Regions in Al-Najaf Governorate", ANJS, Vol.24, No. 2, pp. 33-40, (2021).