

نموذج تقدير جرعة الإشعاع للمريض في غرفة القسطرة القلبية باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي

م. بطرس الحلاق، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق

أ.د.م. محمد فراس الحناوي، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق

أ.د.م. رشا مسعود، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق

الملخص :

تهدف هذه الدراسة إلى تطوير نموذج ذكي لتقدير جرعة الإشعاع التي يتعرض لها المرضى خلال إجراءات القسطرة القلبية [1] باستخدام الأشعة السينية. تم استخدام بيانات من 41 مريضاً خضعوا لإجراءات قسطرة القلب، حيث تم بناء عدة نماذج رياضية لتحليل البيانات، بما في ذلك نموذج الانحدار الخطي والغابة العشوائية والنموذج المكبس. أظهرت النتائج أن النموذج المكبس المُحسن هو الأكثر دقة، مما يوفر أداة فعالة لتقدير الجرعة الإشعاعية المتوقعة قبل بدء الإجراء، وبالتالي تحسين سلامة المرضى.

الكلمات المفتاحية: الذكاء الاصطناعي، جرعة الإشعاع، قسطرة القلب، الغابة العشوائية، النموذج المكبس

An Artificial Intelligence Model for Estimating the Radiation Dose for a Patient in the Cardiac Catheterization Room

Boutros Alhalak¹, Rasha Massoud², Mhd Firas Al hinnawi³

1–Department of Biomedical Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Damascusuniversity.

2–Professor at the Department of Biomedical Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering.

3–Professor at the Department of Biomedical Engineering Department, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Damascus University, Damascus, Syria.

Abstract:

This study aims to develop an intelligent model to estimate the radiation dose to patients during cardiac catheterization procedures[1] using X-rays. Data from 41 patients who underwent cardiac catheterization procedures were collected, and several machine learning models were built to predict the radiation dose, including linear regression, random forest, and stacked model. The results showed that the improved stacked model is the most accurate, providing an effective tool for estimating the expected radiation dose before the procedure begins, thus improving patient safety.

Key words: radiation dose, Artificial intelligence, cardiac catheterization, stacked model, random forest.

1. المقدمة:

2- بناء النماذج : تم استخدام لغة Python لبناء وتدريب النماذج. فمما بتطبيق عدة نماذج لتقدير الجرعة الإشعاعية:

- **النموذج الخطي (Linear Regression)**
تم تطبيق النموذج الخطي على البيانات، وأظهرت النتائج معدل دقة يقارب 53% مقابل معدل خطأ يصل إلى حوالي 3.18. تعتبر هذه القيم أساسية ولا تحمل دلالة رياضية كبيرة. بناءً على الدراسة الإحصائية، تبين أن العلاقة الخطية بين المتغيرات المدروسة ومعدل جرعة الإشعاع غير موجودة تقريباً. لذلك، يمكن اعتبار هذا النموذج كنموذج أساسي أو مبدئي.
- **الغابة العشوائية (Random Forest)**
Model تم استخدام نموذج الغابات العشوائية من مكتبة SKlearn وفقاً لتعليمات محددة لتطبيقه، بما في ذلك حساب الخطأ ونسبة الدقة باستخدام قيم R^2 وقيم مربع الخطأ. في هذا الإعداد، يتم تحديد عمق النموذج ودرجة التفرع والعشوائية في تكرار هذه الغابة، وهي قيم إحصائية تمنح النموذج حقه في التدريب دون الوصول إلى مرحلة التشعب. تم تدريب هذه الغابة ودراسة أهمية كل عامل وتأثيره على معدل جرعة الإشعاع الممتص من قبل المريض. كانت الدقة عالية حيث بلغت 96.2%， بينما تراوح الخطأ حول 25%， وهي نسب ممتازة ملائمة لبناء نموذج البحث وأعطت أهمية لكل عامل.
- **النموذج المكبس (Stacking Model)** يعتبر نموذج التكبس فعالاً وهاماً عند دراسة الانحدار وبناء نظام ذكي يعتمد على الانحدار [5]. يستخدم هذا النظام بيانات إضافية مشتقة من البيانات الأساسية خطأً بين القيم المتوقعة والقيم الفعلية للنموذج، وبناءً على هذا الخطأ، يتم بناء قاعدة بيانات جديدة مستوحةة من قاعدة البيانات

تعتبر جرعة الإشعاع التي يتعرض لها المريض خلال إجراءات القسطرة القلبية من المخاطر التي تواجه الأطباء والمرضى على حد سواء [2]. هذه الإجراءات تعتمد على الأشعة السينية لتحديد ومعالجة مشكلات القلب، مما يعرض المرضى لخطر الإصابة بأمراض طويلة الأمد مثل السرطان و الحروق الإشعاعية. نظراً لهذه المخاطر، أصبح من الضروري تطوير أدوات وتقنيات تساعد في تقدير الجرعة الإشعاعية المتوقعة قبل بدء الإجراء، مما يساعد في اتخاذ تدابير وقائية وتقليل التعرض غير الضروري للإشعاع.

لقد تم استخدام الذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة في السنوات الأخيرة لتحسين دقة التوقعات في العديد من المجالات الطبية [3]. في هذه الدراسة، نهدف إلى تطوير نموذج باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحليل العوامل المختلفة التي تؤثر على جرعة الإشعاع، وتوفير أداة لطبيب المختبر الجرعة المتوقعة بدقة عالية قبل بدء إجراءات القسطرة القلبية إذ أن استخدام الذكاء الاصطناعي في القسطرة القلبية يعد من التوجهات النادرة.

2. الطرائق و الوسائل :

1- جمع البيانات وتحليلها :

تم جمع البيانات من 41 مريضاً خضعوا لإجراءات توسيع مباشر باستخدام الدعامات في مختبر القسطرة القلبية، حيث تم تسجيل بيانات مثل زوايا أنبوب الأشعة السينية، المسافة بين المصدر والكافش، مؤشر كتلة الجسم (BMI) ، وعدد من المتغيرات الأخرى كحقل الرؤية (FOV) . إذ تم تسجيل الجرعة الإشعاعية لكل صورة باستخدام مقياس كيرما الهواء المدمج في جهاز القسطرة [4] باستخدام مقياس كيرما الهواء المدمج في جهاز القسطرة (Air Kerma) ، وتم حساب متوسط الجرعة لكل مريض.

1- مقارنة بين النماذج: تمت مقارنة النماذج المختلفة من حيث الدقة ونسبة الخطأ، كما هو موضح في الجدول (1) أدناه:

الجدول (1) مقارنة الدقة و الخطأ للنماذج المختلفة

الخطأ	الدقة	النموذج
3.18	53 %	النموذج الخطى
0.25	96.25%	الغابة العشوائية
0.18	97%	الغابة العشوائية بقيم مثلى
0.17	97%	التكديس

2- نتائج تحسين النموذج: بعد تطبيق Grid Search، حقق نموذج الغابة العشوائية المحسّن

النتائج التالية:

- متوسط مربع الخطأ (MSE) مساوي إلى 0.24
- متوسط الخطأ المطلق (MAE) مساوي إلى 0.28
- الدقة أو معامل التحديد (R^2) مساوي إلى 96.5 % وهو يعتبر قيمة مقبولة
- جزر متوسط مربع الخطأ (RMSE) مساوي إلى 0.53 وهي قيمة جيدة جداً

تُظهر هذه النتائج تفوق النموذج المحسّن على النماذج الأخرى من حيث الدقة وتقليل نسبة الخطأ، مما يجعله الخيار الأفضل لتقدير الجرعة الإشعاعية في هذه الحالة.

القديمة بالإضافة إلى بيانات جديدة مشتقة من قيم الأخطاء. أظهرت تطبيقات هذا النموذج زيادة طفيفة في الدقة، حيث بلغت قيم R^2 ودقة مربع الخطأ 97.4 %، بالإضافة إلى انخفاض قيمة الخطأ إلى 0.16 %. تشير هذه النتائج إلى تحسين أداء النموذج.

تحسين النموذج :

تقييم القيم المثلى باستخدام البحث الشبكي [6]: بعد تطبيق البحث الشبكي لتقييم القيم المثلى التي توفر دقة عالية دون الوصول إلى نقطة التشبع، كانت النتائج جيدة جداً. تأخذ هذه الطريقة في الاعتبار عدة عوامل أخرى للدراسة، مثل جذر معدل الخطأ المربع (RMSE) ومتوسط الخطأ المطلق (MAE). كانت القيم المثلى التي أسفرت عن أفضل النتائج عند تطبيقها على نموذج الغابة العشوائية كما يلي:

- تم تحقيق عمق الشجرة الأمثل عند قيمة عمق أقصى قدره None
- تم تحقيق القيمة المثلى لخطأ التعلم عند قيمة تقسيم العينات الدنيا 5
- تم تحقيق القيمة المثلى للتكرار العشوائي عند قيمة عدد التقديرات 200.

عند تدريب نموذج الغابات العشوائية باستخدام القيم المثلى، تم تقييم النتائج لمتوسط الخطأ المطلق (MAE) ومتوسط الخطأ المربع (MSE) باستخدام التحقق المتقاطع.

3- النتائج:

التصوير وتقليل مدة الفحص، بما يضمن تقليل التعرض للإشعاع دون التأثير على جودة الصور التشخيصية.

هذا النهج المبتكر في توظيف الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي لا يمثل فقط خطوة هامة نحو تحسين الرعاية الطبية، ولكنه أيضًا يعزز من معايير الأمان في الممارسات الطبية اليومية. من المتوقع أن تؤدي مثل هذه الدراسات إلى تطوير مزيد من الأنظمة الذكية التي يمكن أن تدمج في غرف العمليات لتقديم الدعم الفوري للأطباء خلال الإجراءات المعقدة، مما يؤدي إلى تحسين النتائج العامة للرعاية الصحية.

المراجع :

- [1] Lüscher, T.F., & Serruys, P.W. (Eds.). (2019). *Handbook of Cardiovascular Interventions*. Springer
- [2] Picano, E., & Vano, E. (2018). Radiation risk in cardiac imaging and intervention: How to reduce it. *Heart*, 104(13), 1067-1073.
- [3] Topol, E. J. (2019). High-performance medicine: The convergence of human and artificial intelligence. *Nature Medicine*, 25(1), 44-56
- [4] McVey, S., & Kinsella, S. M. (2021). Air Kerma as a Measure of Radiation Exposure in Interventional Radiology: Techniques, Applications, and Limitations. *Journal of Radiological Protection*, 41(4), R15-R35.
- [5] Jiang, Q., Cheng, Y., Le, H., Li, C., & Liu, P. X. (2022). A Stacking Learning Model Based on Multiple Similar Days for Short-Term Load Forecasting. *Mathematics*, 10(14), 2446
- [6] Bonald, T., de Lara, N., Lutz, Q., & Charpentier, B. (2020). Scikit-network: Graph Analysis in Python. *Journal of Machine Learning Research*, 21(185), 1-6.

4- مناقشة واستنتاج:

توضح هذه الدراسة إمكانية استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحسين تقدير الجرعة الإشعاعية التي يتعرض لها المرضى خلال إجراءات القسطرة القلبية. أظهر النموذج المكدس المحسّن دقة عالية ونسبة خطأ منخفضة، مما يوفر أداة قيمة للأطباء لتقدير الجرعات الإشعاعية المتوقعة واتخاذ التدابير اللازمة لتقليل المخاطر. يمكن تطبيق هذا النموذج على نطاق واسع في المستشفيات لتحسين سلامة المرضى وتقليل التعرض غير الضروري للإشعاع. في المستقبل، يمكن تحسين النموذج من خلال دمج المزيد من البيانات والعوامل المؤثرة، وتطوير واجهة مستخدم تفاعلية تساعد الأطباء على استخدام النموذج بسهولة في الإجراءات اليومية.

التطبيقات العملية وتأثير النتائج على سلامة

المرضى

إن النتائج التي تم الحصول عليها من خلال النماذج المحوسبة والتعلم الآلي تقدم إمكانيات كبيرة لتحسين سلامة المرضى خلال إجراءات القسطرة القلبية. من خلال القدرة على التنبؤ بمعدل جرعة الإشعاع التي سيتعرض لها المريض بناءً على بروتوكولات محددة مسبقاً، يمكن للأطباء اتخاذ قرارات مستنيرة لتقليل التعرض للإشعاع إلى أدنى حد ممكن. هذا لا يساعد فقط في تحسين النتائج الصحية للمريض، بل يقلل أيضاً من المخاطر المحتملة للإصابة بالسرطان أو غيرها من الأمراض المرتبطة بالتعرض المفرط للإشعاع على المدى الطويل.

إضافةً إلى ذلك، يمكن لهذا النموذج أن يكون أداة تعليمية قيمة للأطباء والممرضين في تحسين معرفتهم بالبروتوكولات الإشعاعية الأكثر أماناً. حيث يمكن للذكاء الاصطناعي توجيه الفرق الطبية حول كيفية ضبط الزوايا المختلفة لجهاز