

10ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικών Επιστημών στην Υγεία:
Καινοτομίες και Προοπτικές
22-23 Σεπτεμβρίου 2023

Η ραδιομική στην πρόβλεψη της Ακτινικής Πνευμονίτιδας (ΑΠ) *Radiomics in predicting Radiation Pneumonitis (RP)*

Σ. Ράπτης¹, Β. Σόφτα¹, Χ. Ηλιούδης², Κ. Θεοδώρου¹

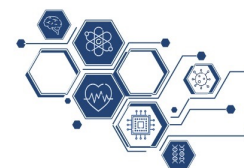
¹Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής, Τμήμα Ιατρικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

²Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων, Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος

Διοργανωτές



1. Εισαγωγή-Σκοπός

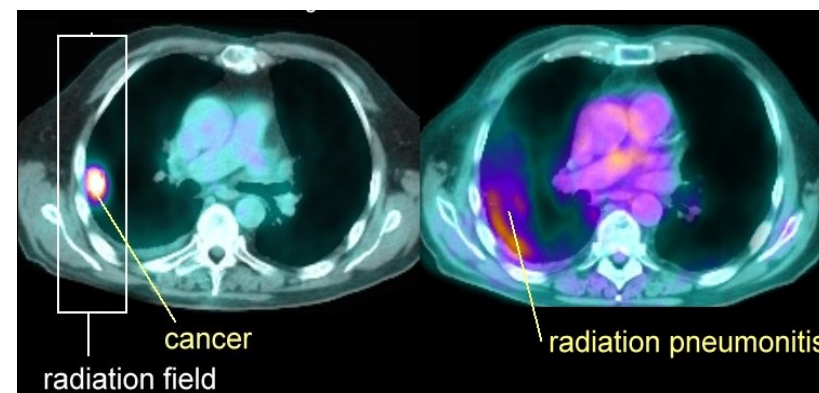
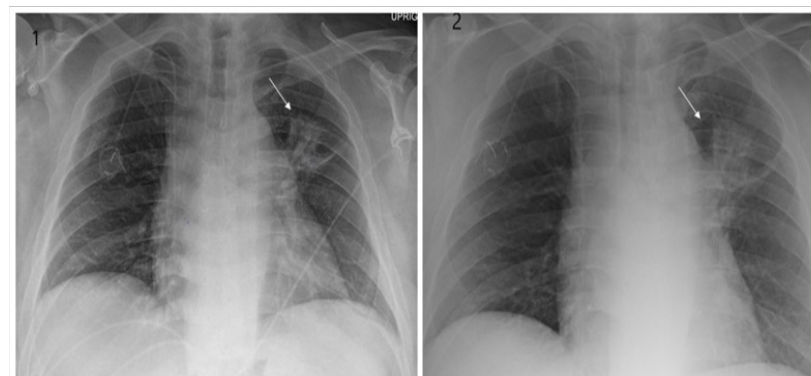


1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικών Επιστημών στην Υγεία:
Καινοτομίες και Προοπτικές
22-23 Σεπτεμβρίου 2023

Εισαγωγή

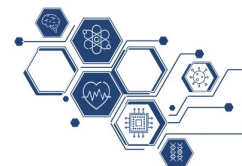
Η θεραπεία του καρκίνου του πνεύμονα περιλαμβάνει την χειρουργική επέμβαση, την χημειοθεραπεία και την ακτινοθεραπεία.

Η πιο συχνή παρενέργεια της ακτινοθεραπείας είναι η **Ακτινική Πνευμονίτιδα (ΑΠ)** ως συμπτωματική τοξικότητα που προκαλείται από μια φλεγμονώδη απόκριση στην ακτινοβολία, της οποίας η πρόβλεψη μπορεί να επιτευχθεί με την χρήση της Μηχανικής Μάθησης και της Ραδιομικής. Η ραδιομική αποτελεί το ερευνητικό πεδίο της ιατρικής απεικόνισης όπου συνδυάζονται διαφορετικές τεχνολογίες από τις επιστήμες της πληροφορικής, της βιοϊατρικής μηχανικής και της ακτινολογίας για την λήψη προβλεπτικών και προγνωστικών πληροφοριών με την χρήση αλγορίθμων μηχανικής μάθησης.



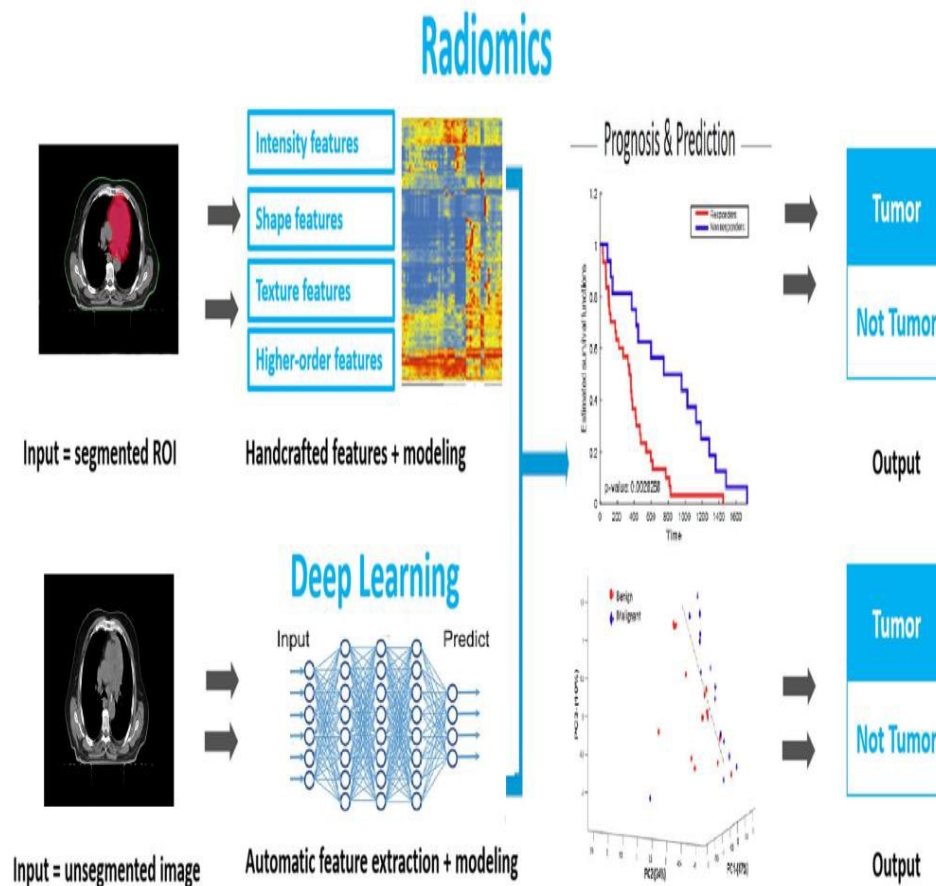
Απεικονίσεις με πνευμονίτιδα από ακτινοβολία

1. Εισαγωγή-Σκοπός

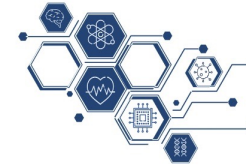


Σκοπός

Η **Τεχνητή Νοημοσύνη** και η **ραδιομική**, αποτελούν τους πιο υποσχόμενους κλάδους της επιστήμης της πληροφορικής στην πρόβλεψη διαφόρων ασθενειών. Πολλά ερευνητικά κέντρα έχουν αναπτύξει το δικό τους λογισμικό ραδιομικής, ως αποτέλεσμα της αυξανόμενης ερευνητικής προσπάθειας. Αυτά τα λογισμικά, όμως, έχουν χρησιμοποιηθεί εναλλακτικά χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι θεμελιώδεις αρχές συμβατότητας μεταξύ τους. Ο πρωταρχικός **σκοπός** αυτής της έρευνας είναι να διερευνήσει και να **αναπτύξει** το αποδοτικότερο προγνωστικό μοντέλο για την ακτινική πνευμονίτιδα, συνδυάζοντας περισσότερα ιατρικά δεδομένα.



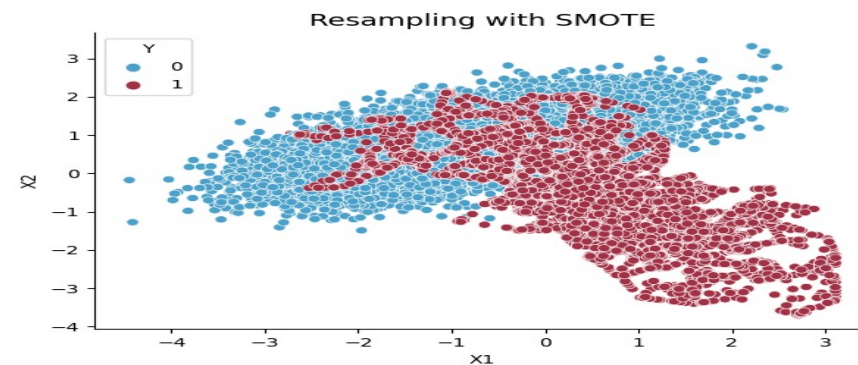
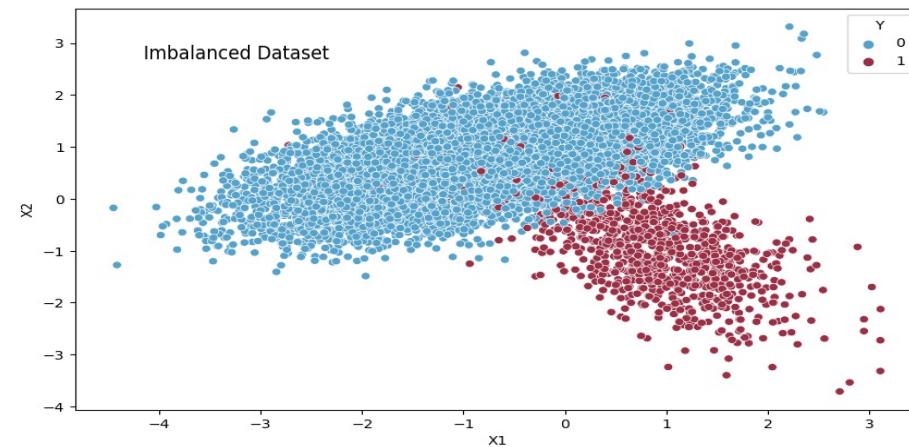
2. Μέθοδοι και Υλικά



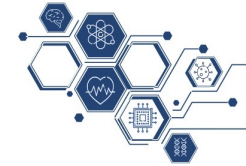
1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικών Επιστημών στην Υγεία:
Καινοτομίες και Προοπτικές
22-23 Σεπτεμβρίου 2023

Μεθοδολογία

Η προτεινόμενη μέθοδος στα προβλήματα δεδομένων είναι η τεχνική της συνθετικής μειοψηφίας υπερδειγματοληψίας / **synthetic minority over-sampling technique (SMOTE)**, προκειμένου να δημιουργηθεί ένα ισορροπημένο σύνολο δεδομένων εκπαίδευσης του ταξινομητή, βελτιώνοντας έτσι την απόδοση των αλγορίθμων μηχανικής μάθησης. Εξήχθησαν 436 χαρακτηριστικά ραδιομικής από αξονικές τομογραφίες πριν από τη θεραπεία ασθενών με καρκίνο του πνεύμονα, εκ των οποίων επιλέξαμε τα 20 κορυφαία με βάση τους βαθμούς σπουδαιότητάς τους.



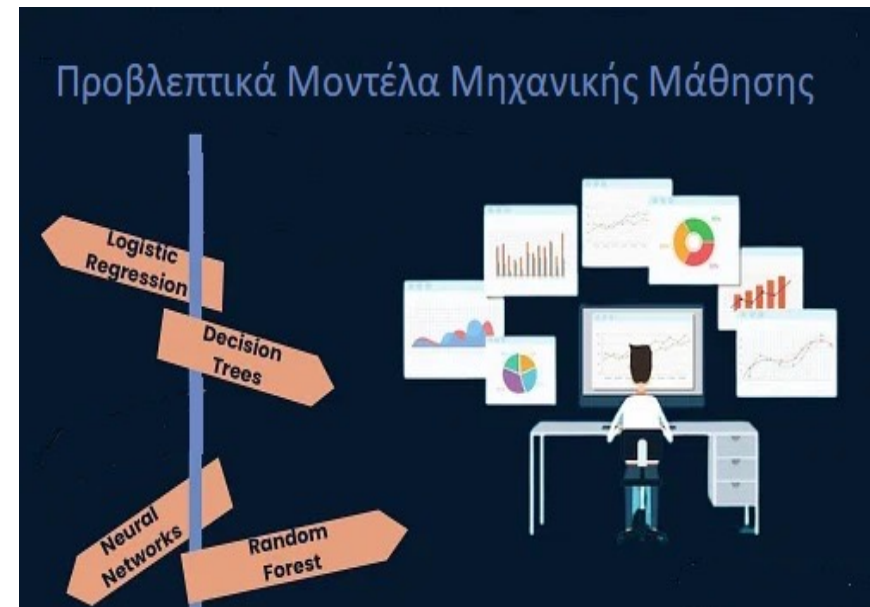
2. Μέθοδοι και Υλικά



1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικών Επιστημών στην Υγεία:
Καινοτομίες και Προοπτικές
22-23 Σεπτεμβρίου 2023

Μεθοδολογία

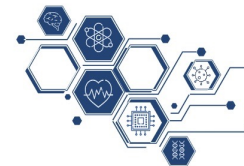
Αξιολογήσαμε την αποτελεσματικότητα διαφόρων μοντέλων μηχανικής μάθησης στην πρόβλεψη της πνευμονίτιδας από ακτινοβολία, συμπεριλαμβανομένων των μοντέλων **Logistic Regression (LR)**, **Support Vector Machine (SVM)**, **Random Forest (RF)**, και **Deep Neural Network (DNN)**. Η απόδοση κάθε μοντέλου προέκυψε από διάφορες μετρήσεις, όπως η ακρίβεια, η ευαισθησία και η χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας του δείκτη (AUC-ROC), με αλγόριθμο βελτιστοποίησης την προσαρμοστική εκτίμηση ροπής (ADAM).



Αλγόριθμοι Μηχανικής μάθησης

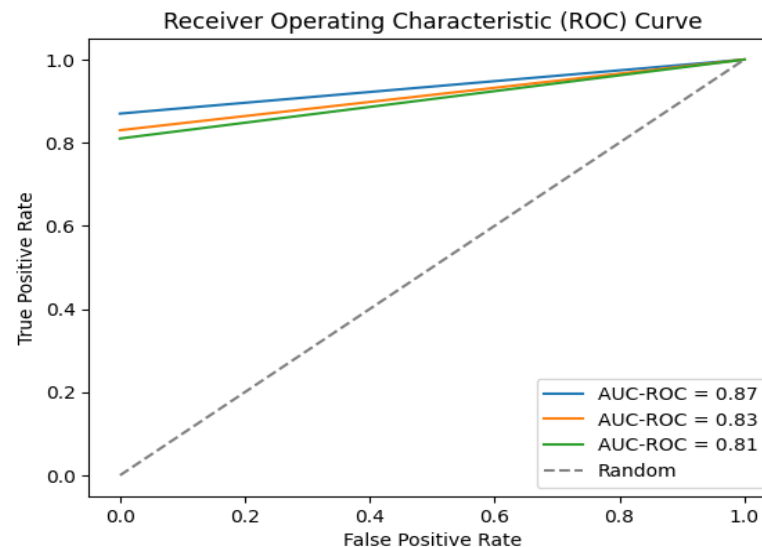
- Logistic Regression
- Support Vector Machine
- Neural Networks
- Random Forest

3. Αποτελέσματα



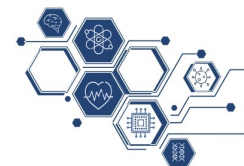
Αποτελέσματα

Τα ευρήματα της μελέτης δείχνουν ότι τα τέσσερα μοντέλα εμφάνισαν ικανοποιητική προγνωστική ικανότητα. Το μοντέλο **DNN** έδειξε την υψηλότερη τιμή (AUC-ROC) **0,87**, μεταξύ των μοντέλων που εξετάστηκαν. Οι τιμές AUC-ROC για τα μοντέλα **RF**, **SVM** και **LR** ήταν **0,85**, **0,83** και **0,81**, αντίστοιχα. Συγκρίναμε επίσης την απόδοση των μοντέλων με τα ραδιομικά χαρακτηριστικά σε συνδυασμό με κλινικούς παράγοντες που χρησιμοποιούνται συνήθως για την πρόβλεψη της πνευμονίτιδας από ακτινοβολία, συμπεριλαμβανομένης της δόσης ακτινοβολίας, της θέσης του όγκου και της ηλικίας του ασθενούς.



Model	Accuracy	Precision	Recall	F1-score	AUC-ROC
Logistic Regression (LR)	0.83	0.71	0.83	0.77	0.81
Support Vector Machine	0.86	0.76	0.83	0.79	0.83
Random Forest (RF)	0.87	0.79	0.87	0.83	0.85
Deep Neural Network (DNN)	0.89	0.83	0.89	0.86	0.87

3. Αποτελέσματα



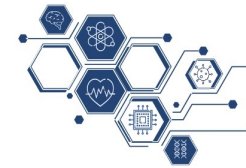
1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικών Επιστημών στην Υγεία:
Καινοτομίες και Προοπτικές
22-23 Σεπτεμβρίου 2023

Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα μοντέλα που βασίζονται στη ραδιομική ξεπέρασαν σε όλες τις περιπτώσεις τα μοντέλα κλινικών παραγόντων. Τα ανωτέρω αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι τα **καταλληλότερα χαρακτηριστικά ραδιομικής** μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη εκείνων των μοντέλων μηχανικής μάθησης με την μέγιστη ικανότητα πρόβλεψης της εκδήλωσης της πνευμονίτιδας ως συνέπεια της θεραπευτικής ακτινοβολίας.

Model	AUC-ROC
Radiomics features alone	0.87
Radiation dose	0.60
Tumor location	0.65
Patient age	0.70
Radiomics features + Radiation dose	0.88
Radiomics features + Tumor location	0.88
Radiomics features + Patient age	0.88

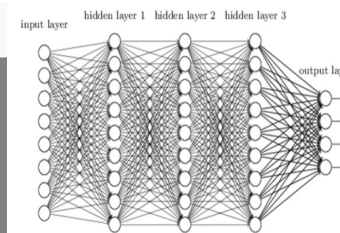
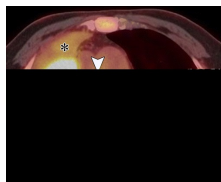
4. Συμπεράσματα



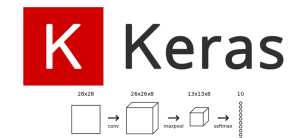
1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικών Επιστημών στην Υγεία:
Καινοτομίες και Προοπτικές
22-23 Σεπτεμβρίου 2023

Συμπεράσματα

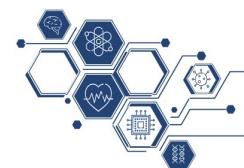
Λόγω της πολυπλοκότητας του προβλήματος και του τεράστιου αριθμού πιθανών χαρακτηριστικών, το επιλεγμένο υποσύνολο χαρακτηριστικών μπορεί να προκύψει ως ο απόλυτα βέλτιστος προγνωστικός παράγοντας για τη συμπτωματική **Ακτινική Πνευμονίτιδα**. Απαραίτητα συστατικά στοιχεία είναι η ανάλυση των ραδιομικών χαρακτηριστικών που εξάγονται, χρησιμοποιώντας διαφορετικά πακέτα υλικολογισμικού και επιλέγοντας τα ικανότερα μοντέλα πρόβλεψης Τεχνητής Νοημοσύνης μέσα από συνεχείς δοκιμές και συγκρίσεις. Χρησιμοποιώντας υπολογιστικούς αλγόριθμους, μοντέλα μηχανικής μάθησης και αυτοματοποιημένες τεχνικές εξαγωγής χαρακτηριστικών, μειώσαμε ουσιαστικά την ανάγκη για χειροκίνητη παρέμβαση και υποκειμενική λήψη αποφάσεων. Η έρευνά μας καταδεικνύει το μετασχηματιστικό δυναμικό του αυτοματισμού στην έρευνα ραδιομικής και την ικανότητά του να αποκαλύπτει νέες ιδέες και εφαρμογές στην υγεία.



PyTorch



5. Βιβλιογραφία



Το Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικών Επιστημών στην Υγεία:
Καινοτομίες και Προοπτικές
22-23 Σεπτεμβρίου 2023

- [1] V. Jain and A. Berman, “Radiation Pneumonitis: Old Problem, New Tricks,” *Cancers*, vol. 10, no. 7, p. 222, Jul. 2018, doi: 10.3390/cancers10070222.
- [2] M. E. Mayerhoefer, “Introduction to Radiomics,” *J Nucl Med*, vol. 61, no. 4, pp. 488–495, Apr. 2020, doi: 10.2967/jnumed.118.222893.
- [3] S. Raptis, V. Softa, C. Ilioudis, and K. Theodorou, “Artificial Intelligence in lung radiotherapy” *Physica Medica*, vol. 104, p. S51, Dec. 2022, doi: 10.1016/S1120-1797(22)03162-3.
- [4] S. Raptis, V. Softa, G. Angelidis, C. Ilioudis, and K. Theodorou, “Automation Radiomics in Predicting Radiation Pneumonitis (RP),” *Automation*, vol. 4, no. 3, pp. 191–209, Jul. 2023, doi: 10.3390/automation4030012.
- [5] R. El Ayachy, “The Role of Radiomics in Lung Cancer: From Screening to Treatment and Follow-Up,” *Front. Oncol.*, vol. 11, p. 603595, May 2021, doi: 10.3389/fonc.2021.603595.
- [6] P. Papadimitroulas, L. Brocki, N. Chung, W. Marchadour, F. Vermet, “Artificial intelligence: Deep learning in oncological radiomics and challenges of interpretability and data harmonization”. *Phys. Med.* 2021, 83, 108–121. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2021.03.009>.
- [7] S. Raptis, V. Softa, C. Ilioudis, and K. Theodorou, “Artificial Intelligence in Predicting Treatment Response in Non-Small-Cell Lung Cancer (NSCLC)”. *Biomed. J. Sci. Tech. Res.* 2022, 47, 55. <https://doi.org/10.26717/BJSTR.2022.47.007497>.
- [8] M. Amini, “Overall Survival Prognostic Modelling of Non-small Cell Lung Cancer Patients Using Positron Emission Tomography/Computed Tomography Harmonised Radiomics Features: The Quest for the Optimal Machine Learning Algorithm,” *Clinical Oncology*, vol. 34, no. 2, pp. 114–127, Feb. 2022, doi: 10.1016/j.clon.2021.11.014.
- [9] J. Zheng, “A multicenter study to develop a non-invasive radiomic model to identify urinary infection stone in vivo using machine-learning,” *Kidney International*, vol. 100, no. 4, pp. 870–880, Oct. 2021, doi: 10.1016/j.kint.2021.05.031.
- [10] D. Elreedy, A.F. Atiya, “A Comprehensive Analysis of Synthetic Minority Oversampling Technique (SMOTE) for handling class imbalance”. *Inf. Sci.* 2019, 505, 32–64. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2019.07.070>.
- [11] NSCLC-Radiomics-Interobserver1. Available online: <https://wiki.cancerimagingarchive.net/display/Public/NSCLC-Radiomics-Interobserver1>; (accessed on 12 May 2023).