



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΙΝΗΤΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΜΕ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ  
ΧΕΙΜΕΡΙΝΟ ΕΞΑΜΗΝΟ 2024-2025

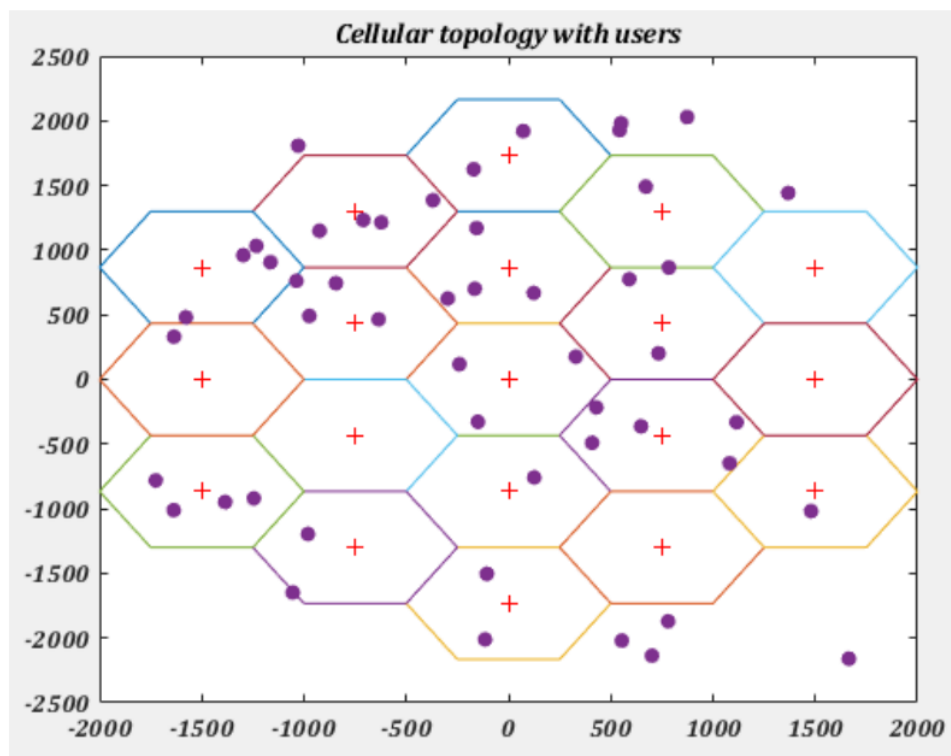
1<sup>Η</sup> ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ  
ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΟΥ ΡΥΘΜΟΥ ΔΙΕΛΕΥΣΗΣ (THROUGHPUT) ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ 5G

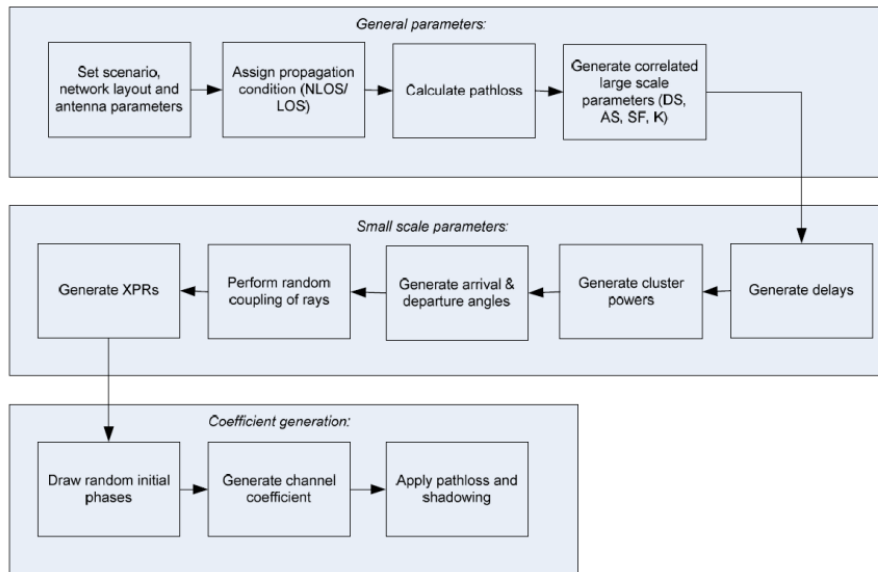
ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ στο email: [mcml\\_lab1@icbnet.ntua.gr](mailto:mcml_lab1@icbnet.ntua.gr)

#### ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Η τοπολογία της Εικόνας 1 παρουσιάζει ένα κυψελωτό ΜΙΜΟ-OFDMA σύστημα 5<sup>ης</sup> γενιάς (5G) 2 επιπέδων (tiers). Οι κυψέλες είναι εξαγωνικές και στο κέντρο της κάθε μίας τοποθετείται σταθμός βάσης (Base Station, BS). Με χρήση προσομοιωτών (βασισμένων στα πρότυπα ETSI TR 38.901) που έχουν αναπτυχθεί στο Εργαστήριο Ευφών Επικοινωνιών και Δικτύων Ευρείας Ζώνης (ICBNet) και στο Εργαστήριο Μικροκυμάτων και Οπτικών Ινών (MFOL), μελετάται η παροχή υπηρεσίας σε χρήστες που εισέρχονται στην τοπολογία. Το block διάγραμμα υλοποίησης των προσομοιωτών παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.



Εικόνα 1: 5G τοπολογία



Εικόνα 2: Block διάγραμμα ανάπτυξης

Από τους παραπάνω προσομοιωτές δημιουργούνται σύνολα δεδομένων, με σκοπό την πρόβλεψη του ρυθμού διέλευσης (throughput) που επιτυγχάνεται για τον εκάστοτε χρήστη που εισέρχεται στην τοπολογία.

Οι σπουδαστές χωρίζονται σε ομάδες των 2 ατόμων το πολύ (στις οποίες έχετε ήδη εγγραφεί μέσω της πλατφόρμας HELIOS). Σε κάθε ομάδα δίδεται διαφορετικό σύνολο δεδομένων (dataset) για την εκπαίδευση μοντέλων Μηχανικής Μάθησης (Machine Learning, ML). Το σύνολο των προς εκπαίδευση ML μοντέλων είναι επίσης διαφορετικό για κάθε ομάδα. Τα σύνολα δεδομένων έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά (features) για κάθε χρήστη:

- $x, y$  συντεταγμένες του χρήστη στην τοπολογία, όπου  $x, y \in [-1800, 1800]$
- σταθμό βάσης (BS) εξυπηρέτησης
- τομέα (sector) εξυπηρέτησης
- είδος διαμόρφωσης (QPSK, 16-QAM, 64-QAM)
- ισχύ σήματος
- απόσταση χρήστη - BS εξυπηρέτησης
- γωνιακή απόσταση χρήστη - BS εξυπηρέτησης
- ρυθμό διέλευσης (throughput)

Τα 7 πρώτα features λειτουργούν ως μεταβλητές πρόβλεψης (predictor variables), ενώ ο ρυθμός διέλευσης λειτουργεί ως μεταβλητή απόκρισης (response variable).

#### ΒΗΜΑΤΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ

Να ακολουθήσετε τα παρακάτω βήματα για την εκτέλεση της εργαστηριακής άσκησης.

1. *Εξαγωγή Χαρακτηριστικών (Feature Selection):* Να χρησιμοποιήσετε κατάλληλες βιβλιοθήκες της γλώσσας Python, ώστε να μετασχηματίσετε (data transformation) και να καθαρίσετε (data cleaning) τα δοθέντα δεδομένα, όπως επίσης και να προσδιορίσετε τη διαφορετική βαρύτητα κάθε μεταβλητής πρόβλεψης στον προσδιορισμό του ρυθμού διέλευσης. Να παρουσιάσετε μέσω διαγραμμάτων τα ευρήματά σας και να τα σχολιάσετε.
2. *Εκπαίδευση και Εκτέλεση ML Αλγορίθμων:* Σε κάθε ομάδα δίδεται διαφορετικό set ML αλγορίθμων προς εκτέλεση. Η ανάπτυξη σε Python αυτών των ML αλγορίθμων είναι διαθέσιμη μετά το πέρας του

εκπαιδευτικού μέρους του εργαστηρίου, στην πλατφόρμα HELIOS. Να παραμετροποιήσετε τους ML αλγορίθμους που αντιστοιχούν στην ομάδα σας (hyperparameter tuning). Στη συνέχεια, να χωρίσετε το σύνολο δεδομένων σας (dataset) σε training και test set, χρησιμοποιώντας 80%-20% ή 90%-10% αναλογία και να εκπαιδεύσετε τα μοντέλα σας.

3. *Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων με Χρήση ML Μετρικών*: Επιλέγοντας τουλάχιστον 2 εκ των παρακάτω ML KPIs (key performance indicators): accuracy, precision, recall, MSE, RMSE, F1-score, δημιουργείτε ραβδογράμματα (barcharts) για την αξιολόγηση των ML αλγορίθμων που χρησιμοποιήσατε. Με κριτήριο τη φύση του προβλήματος της πρόβλεψης του ρυθμού διέλευσης (throughput), το οποίο εντάσσεται στη γενικότερη κατηγορία των KPI prediction problems, να αιτιολογήσετε πλήρως την απόδοση των παραπάνω ML αλγορίθμων. (Οι ορισμοί των προαναφερθέντων ML KPIs, καθώς και παραδείγματα κώδικα σε Python για την εξαγωγή τους, δίδονται κατά τη διάρκεια του εκπαιδευτικού μέρους του εργαστηρίου).

#### ΔΙΕΥΚΡΙΝΙΣΕΙΣ - ΠΑΡΑΔΟΤΕΑ

Για την εκτέλεση της εργαστηριακής άσκησης να χρησιμοποιήσετε τη γλώσσα Python, καθώς και κατάλληλες βιβλιοθήκες για την ανάπτυξη ML αλγορίθμων (Keras/TensorFlow, NumPy, SciPy, Scikit-Learn, Pandas, κ.α.). Για την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τη βιβλιοθήκη Matplotlib της γλώσσας Python, είτε οποιαδήποτε άλλη βιβλιοθήκη συναρτήσεων οπτικοποίησης της Python. Για την ανάπτυξη του κώδικα και την εξαγωγή των αποτελεσμάτων να χρησιμοποιήσετε την Open-Source πλατφόρμα Kaggle<sup>1</sup>, η οποία επιτρέπει τόσο τη δημιουργία σημειωματάρων (Python Notebooks), όσο και την κοινή χρήση τους μεταξύ των μελών της εκάστοτε ομάδας.

*Για τη βαθμολόγηση της εργαστηριακής άσκησης απαιτείται η εξαγωγή .ipynb αρχείου από το Kaggle και η υποβολή αυτού, καθώς και συνοπτικής αναφοράς μέσω της πλατφόρμας HELIOS. Αν κριθεί αναγκαίο, ενδέχεται να σας ζητηθεί σύντομη παρουσίαση των αποτελεσμάτων (μέσω MS Teams), διάρκειας περίπου 10 λεπτών της ώρας για κάθε ομάδα.*

---

<sup>1</sup> Το GPU quota που προσφέρει το Kaggle μεταβάλλεται από εβδομάδα σε εβδομάδα, ωστόσο δεν πέφτει ποτέ κάτω από τις 30 ώρες. Το Kaggle δεν επιτρέπει την παράλληλη χρήση GPU σε περισσότερα του ενός notebooks από τον ίδιο λογαριασμό, οπότε αν η ομάδα σας αποτελείται από 2 άτομα, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε διαφορετικούς λογαριασμούς των μελών της ομάδας σας.