

# ΘΕΜΑΤΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

<http://www.mfol.ece.ntua.gr>

[www.icbnet.ntua.gr](http://www.icbnet.ntua.gr)

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2020

Για περισσότερες πληροφορίες επικοινωνήστε στα [dkaklam@mail.ntua.gr](mailto:dkaklam@mail.ntua.gr) (Καθ. Δ.-Θ. Κακλαμάνη, Θέματα 1-5) [venieris@cs.ntua.gr](mailto:venieris@cs.ntua.gr), (Καθ. Ι. Στ. Βενιέρης, Θέματα 6-10)

1. Δυναμική ανάθεση ραδιοπόρων σε κυψελωτά δίκτυα 5<sup>ης</sup> γενιάς (5G) με αλγορίθμους Τεχνητής Νοημοσύνης (AI) και Μηχανικής Μάθησης (ML).

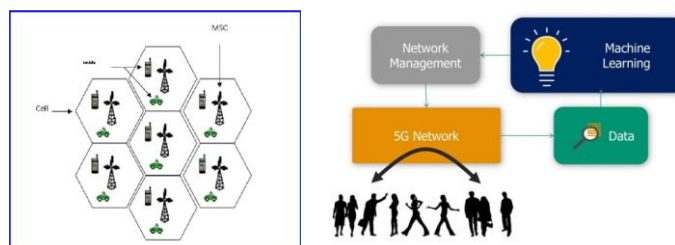
Ο μεγάλος αριθμός των χρηστών σε ασύρματα κυψελωτά δίκτυα, καθώς και η ολοένα αυξανόμενη απαίτησή τους για υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης, σε συνδυασμό με την εξασφάλιση ποιότητας υπηρεσίας (QoS), επιβάλλουν την ανάπτυξη προηγμένων τεχνικών πρόσβασης στο φυσικό μέσο και μετάδοσης δεδομένων. Στο πλαίσιο αυτό, η ερευνητική δραστηριότητα τα τελευταία χρόνια έχει επικεντρωθεί στην προτυποποίηση των δικτύων κινητής τηλεφωνίας 5<sup>ης</sup> γενιάς (5G).

Επιπλέον, η επιστήμη δεδομένων και η μηχανική μάθηση, που αναπτύσσονται ταχέως και έχουν εισχωρήσει σε κάθε πτυχή της ανθρώπινης ζωής, υπόσχονται ακόμα μεγαλύτερα οφέλη συνδυαζόμενες με τεχνολογίες 5G. Τα οφέλη αυτά αφορούν εξίσου στο δίκτυο κορμού και στους σταθμούς βάσης (BS/eNBs), αλλά και σε εφαρμογές φλοιού, που εξυπηρετούν μια πληθώρα επαγγελματικών κλάδων.

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη τεχνικών ανάθεσης ραδιοπόρων σε υποδομές 5G με αξιοποίηση βασικών AI – ML αλγορίθμων. Η αποδοτικότερη και δυναμική κατανομή των ραδιοπόρων θα επιτυγχάνεται με βάση την κατηγοριοποίηση των παρεχόμενων υπηρεσιών, ανάλογα με τις απαιτήσεις του χρήστη και άλλες παραμέτρους (π.χ. την ισχύ κάτω ζεύξης).

Το πρώτο μέρος της διπλωματικής εργασίας περιλαμβάνει μελέτη, τόσο του θεωρητικού υπόβαθρου των συστημάτων 5G, όσο και των σημαντικότερων χρησιμοποιούμενων αλγορίθμων στην κατανομή και αποδοτική διαχείριση ραδιοπόρων.

Το δεύτερο μέρος περιλαμβάνει την εφαρμογή μεθόδων και αλγορίθμων μηχανικής μάθησης σε μια ήδη υλοποιημένη 5G τοπολογία (ημιστατικός προσομοιωτής επιπέδου ζεύξης), με αντικείμενο την αποδοτικότερη κατανομή των διαθέσιμων ραδιοπόρων.



Απαραίτητες βασικές γνώσεις αρχών και αρχιτεκτονικών Μηχανικής Μάθησης, Matlab ή Python και δικτύων επικοινωνιών.

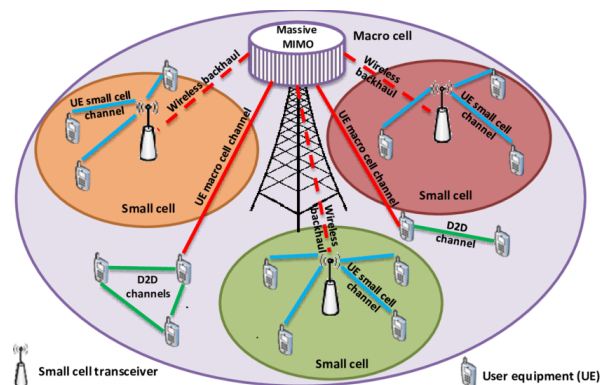
## 2. Βελτιστοποίηση και επεκτασιμότητα ετερογενών δικτύων 5<sup>ης</sup> γενιάς με τη χρήση κόμβων αναμετάδοσης και πολλαπλών κεραιών στο σταθμό βάσης.

Τα δίκτυα 5<sup>ης</sup> γενιάς καθιερώνονται, πλέον, ως μια ώριμη τεχνολογία, πάνω στην οποία, όμως, βρίσκουν πεδίο έρευνας και πρακτικής εφαρμογής διάφορα ζητήματα. Ο μεγάλος αριθμός των χρηστών και η ολοένα αυξανόμενη απαίτησή τους για υψηλούς ρυθμούς, σε συνδυασμό με εξασφάλιση της ποιότητας υπηρεσίας, επιβάλλουν την ανάπτυξη προηγμένων τεχνικών πρόσβασης στο φυσικό μέσο και μετάδοσης δεδομένων.

Σε αυτήν την κατεύθυνση, βασική τεχνική αποτελεί η χρησιμοποίηση κόμβων αναμετάδοσης (Relay Nodes - RN) σε διάφορα σημεία της τοπολογίας, με στόχο την εύκολη επεκτασιμότητα και διεύρυνση του δικτύου, χωρίς την εγκατάσταση περαιτέρω σταθμών βάσης. Σημαντική κρίνεται για τα δίκτυα 5<sup>ης</sup> γενιάς και η χρησιμοποίηση πολύ μεγάλου πλήθους κεραιών στον σταθμό βάσης (Massive Multiple Input Multiple Output – MIMO). Τα βασικά πλεονεκτήματα είναι, αφενός η δημιουργία επαρκούς πλήθους ασυσχέτιστων καναλιών, τα οποία μπορούν να διατεθούν σε διαφορετικές ομάδες χρηστών, και αφετέρου η αυξημένη ενεργειακή και φασματική απόδοση. Όλα τα παραπάνω θα αποτελέσουν τις κυρίαρχες τεχνολογίες, με βάση τις οποίες τα δίκτυα 5G θα υλοποιήσουν το στόχο του World Wide Wireless Web (WWW) και θα συντελέσουν στην περαιτέρω υλοποίηση της 4<sup>ης</sup> βιομηχανικής επανάστασης.

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η εκτενής μελέτη ενός συστήματος 5<sup>ης</sup> γενιάς με πλήθος σταθμών βάσης και Relay Nodes σε επίπεδο macro αλλά και micro-femto κυψελών. Κυρίαρχες τεχνικές, όπως ήδη αναφέρθηκε, θα αποτελέσουν η τεχνολογία Massive MIMO με τη χρήση του πρωτοκόλλου πρόσβασης OFDMA.

Η διπλωματική εργασία θα περιλαμβάνει, τόσο ενδελεχή ανασκόπηση του θεωρητικού υπόβαθρου των συστημάτων 5G, των MIMO κεραιών και των τεχνικών κωδικοποίησης και μετάδοσης δεδομένων, όσο και υπολογιστική προσομοίωση πραγματικού σεναρίου 5G συστήματος, με έμφαση στη βελτιστοποίηση της ανάθεσης των διαθέσιμων ραδιοπόρων. Επιπλέον, στόχο της εργασίας αποτελεί και η εκτίμηση της αποτελεσματικής επεκτασιμότητας του συστήματος, μέσω της χρήσης Relay Nodes.



Απαραίτητες βασικές γνώσεις Δικτύων Επικοινωνιών, Κεραιών, Ασυρμάτων Ζεύξεων και Διάδοσης, Matlab.

### 3. Σχεδίαση massive MIMO κεραίας φιλικής προς τον τελικό χρήστη για 5G εφαρμογές.

Οι κεραίες πολλαπλών κεραιοστοιχείων μεγάλης κλίμακας (massive MIMO) αποτελούν μία από τις βασικές τεχνολογίες των 5G δικτύων. Η ενσωμάτωση πολλών κεραιοστοιχείων, τόσο στο σταθμό βάσης (τάξεως μερικών εκατοντάδων), όσο και στο κινητό τερματικό (τάξεως δεκάδας), αφενός προσδίδει στο δίκτυο νέες δυνατότητες και βελτιώνει υφιστάμενες, αφετέρου προτάσσει και αρκετές προκλήσεις. Για παράδειγμα, η ανάπτυξη πολλαπλών κεραιοστοιχείων μεγάλης κλίμακας εκατέρωθεν του ραδιοδιαύλου έχει ως αποτέλεσμα την εξάλειψη του ασυσχέτιστου θορύβου (uncorrelated noise) και των διαλείψεων μικρής κλίμακας (small-scale fading), τη βελτίωση της φασματικής (multiplexing gain, array gain) και ενεργειακής απόδοσης (beamforming on mobile subscribers and/or user equipment), την αύξηση αξιοπιστίας (large diversity gain), την εξομάλυνση παρεμβολών (subcarriers orthogonality, extremely narrow beamforming), τη χρήση απλών τεχνικών χρονοδρομολόγησης (simple scheduling schemes), τη μείωση του λανθάνοντα χρόνου (latency), την αύξηση της χωρητικότητας του καναλιού, την απεξάρτηση του πλήθους των εξυπηρετούμενων χρηστών από το μέγεθος της κυψέλης, κ.τ.λ..

Από την άλλη πλευρά, κάποιες από τις σημαντικότερες προκλήσεις που χρήζουν αντιμετώπισης είναι η προσανατολισμένη παρεμβολή λόγω μη-ορθογωνιότητας των ακολουθιών εκπαίδευσης (pilot contamination), η υψηλή πολυπλοκότητα της επεξεργασίας σήματος (πολλαπλά κεραιοστοιχεία, πολλαπλοί χρήστες/συνδρομητές) σε υλικό (hardware) και λογισμικό (software) επίπεδο, η ευαισθησία ευθυγράμμισης δέσμης, καθώς και η περαιτέρω διερεύνηση και χρήση FDD αλγόριθμων διόρθωσης για την επίτευξη αμοιβαιότητας καναλιού (channel reciprocity). Σημειώνεται, επίσης, ότι εξίσου σημαντική είναι και η ανάγκη εξομάλυνσης της αμοιβαίας σύζευξης των κεραιοστοιχείων, καθώς και της έκθεσης του ανθρώπου στις Η/Μ ακτινοβολίες αυτών των κεραίων.

Λαμβάνοντας υπόψη την τελευταία παράμετρο, η διπλωματική βασίζεται σε δύο πυλώνες. Αρχικά, στη μελέτη, επίτευξη και βελτίωση της απομόνωσης των κεραιοστοιχείων στο τερματικό του χρήστη/συνδρομητή, όπου το φαινόμενο της αμοιβαίας σύζευξης των στοιχείων καθίσταται εντονότερο. Ο περιορισμός διαθέσιμου χώρου και το πολύ χαμηλό προφίλ των σύγχρονων κινητών συσκευών δεν αφήνει περιθώρια να αναπτυχθούν κεραιοστοιχεία μεγάλης κλίμακας με ικανοποιητική χωρική απομόνωση. Ο δεύτερος πυλώνας της διπλωματικής αφορά στη βελτίωση των επιπέδων έκθεσης του χρήστη σε Η/Μ ακτινοβολίες της συσκευής massive MIMO.

Επομένως, σε πρώτη φάση, ο σπουδαστής καλείται να μοντελοποιήσει κεραία πολλαπλών θυρών που θα ικανοποιεί τις απαιτήσεις 5G εφαρμογών και να αξιολογήσει τη συμπεριφορά της. Στη συνέχεια, αφού μελετηθεί η βιβλιογραφία που αφορά σε τεχνικές μείωσης της αμοιβαίας σύζευξης των κεραιοστοιχείων, θα ενσωματωθεί η καταλληλότερη στην αρχιτεκτονική της υφιστάμενης κεραίας και θα εκτιμηθεί η επίδρασή της στη συνολική της επίδοση. Η κεραία, τέλος, θα επικαιροποιηθεί και με δομές οι οποίες θα έχουν διττό ρόλο: την επιπλέον βελτίωση της απομόνωσης των θυρών και την εξομάλυνση της Η/Μ ακτινοβολίας που εκπέμπεται προς την πλευρά του χρήστη. Η εργασία θα ολοκληρωθεί με τη συνολική αποτίμηση των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν από συγκεκριμένο περιβάλλον προσομοίωσης.

Απαραίτητες βασικές γνώσεις Κεραιών, Ασυρμάτων Ζεύξεων και Διάδοσης, HFSS, Open EMS (open source).

#### 4. Σχεδίαση αναδιπλούμενης VSAT κεραιάς προς ενσωμάτωση στο 5G οικοσύστημα.

Συγκριτικά με τις προηγούμενες τεχνολογικές γενιές, η 5G εποχή υποστηρίζει ένα παγκόσμιο σύστημα επικοινωνιών με σημαντικά αυξημένη χωρητικότητα και αδιάλειπτη παροχή υπηρεσιών (everywhere, every time, everyone), ακόμη και σε απομακρυσμένες περιοχές ή περιοχές σε κατάσταση κρίσης, οι οποίες δεν μπορούν να εξυπηρετηθούν από τις επίγειες τηλεπικοινωνίες. Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά αυτής της καθολικής υποδομής είναι η αξιοποίηση, συν τοις άλλοις, και τεχνολογιών υπηρεσιών διαστήματος, όπως οι δορυφορικές επικοινωνίες.

Όπως σε όλες τις ασύρματες ζεύξεις, έτσι και στις δορυφορικές επικοινωνίες είναι απαραίτητη η χρήση κεραιών, τόσο στον τερματικό σταθμό εδάφους, όσο και στο δορυφόρο, ο οποίος επί της ουσίας λειτουργεί ως αναμεταδότης του μικροκυματικού σήματος, επανεκπέμποντας σε διαφορετική συχνότητα. Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας ο σπουδαστής καλείται να εστιάσει στην κεραιά του επίγειου σταθμού, η οποία πρέπει, αφενός να είναι μικρών διαστάσεων, φορητή, αναδιπλούμενη και χαμηλού κόστους, και αφετέρου να συμπεριφέρεται όπως ορίζει το 3GPP TR 38.811.

Επομένως, αρχικά θα πραγματοποιηθεί εκτενής μελέτη της υφιστάμενης βιβλιογραφίας προς τρεις κατευθύνσεις και σε παράλληλο χρόνο, ανεξαρτήτα από τη συχνότητα λειτουργίας και το πεδίο εφαρμογής: (α) τεχνολογίες αναδιπλούμενων και μη-αναδιπλούμενων κεραιών, π.χ. cassegrain, symmetric, offset, κ.τ.λ., (β) τύποι ανακλαστικών επιφανειών, π.χ. inflatable, mesh, rigid, κ.ά., (γ) τεχνικές προκλήσεις του συστήματος υπό μελέτη, π.χ. φαινόμενα PIM, spillover και blockage, ακρίβεια σημείου εστίασης, κ.ά.. Βάσει της παραπάνω μελέτης και της εφαρμογής που ζητάει η εργασία, θα επιλεγεί η κατάλληλη τοπολογία κεραιάς ανακλαστήρα, η οποία θα χρησιμοποιηθεί ως κεραιά αναφοράς.

Στη συνέχεια, η υποψήφια τοπολογία κεραιάς ανακλαστήρα θα σχεδιαστεί, με κατάλληλο εργαλείο προσομοίωσης, ώστε να λειτουργεί στη C-band και με συμπεριφορά βάσει προδιαγραφών. Για λόγους απλοποίησης, ο κύκλος «παραμετροποίηση-προσομοίωση-βελτιστοποίηση» θα πραγματοποιηθεί, κυρίως, σε επίπεδο διαστάσεων και διαφόρων υλικών ανακλαστήρων (PEC, rigid and flexible conductive surfaces).

Η εργασία θα ολοκληρωθεί με τη συνολική αποτίμηση των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν από συγκεκριμένο περιβάλλον προσομοίωσης.

Απαραίτητες βασικές γνώσεις Κεραιών, Ασυρμάτων Ζεύξεων και Διάδοσης, HFSS, Open EMS (open source).

## 5. Σχεδίαση ισοσταθμισμένου μικροκυματικού ενισχυτή χαμηλού θορύβου στα 2.4 GHz.

Με τη βοήθεια τρανζίστορ υψηλής κινητικότητας ηλεκτρονίων (HEMT - High Electron Mobility Transistor), να σχεδιαστεί ισοσταθμισμένος μικροκυματικός ενισχυτής χαμηλού θορύβου (LNA) σε υπόστρωμα ROGERS - συγκεκριμένου πάχους και ηλεκτρικών ιδιοτήτων - στα 2.4 GHz (ISM) βάσει του πρωτοκόλλου επικοινωνίας IEEE 802.11b.

Η εργασία οργανώνεται σε τρία στάδια: (α) σχεδίαση συζεύκτη Lange, (β) σχεδίαση απλού ενισχυτή χαμηλού θορύβου και ευρείας ζώνης, (γ) ολοκλήρωση συστήματος ισοσταθμισμένου ενισχυτή χαμηλού θορύβου και ευρείας ζώνης.

Στο πρώτο στάδιο, αφού μελετηθούν τα τετράθυρα δίκτυα ως προς τα χαρακτηριστικά τους και τις προϋποθέσεις που απαιτούνται για να συμπεριφέρονται ως συζεύκτες, θα σχεδιαστεί “3dB” συζεύκτης Lange μικροταινιακής τεχνολογίας με χαμηλές απώλειες και ευρείας ζώνης.

Στη συνέχεια (δεύτερο στάδιο), θα προσομοιωθεί ενισχυτής χαμηλού θορύβου και πολλαπλών βαθμίδων. Αρχικά, για το τρανζίστορ που χρησιμοποιείται, θα πρέπει με τη βοήθεια του γραμμικού και μη-γραμμικού μοντέλου να βρεθούν τα πρώτα σημεία συμπίεσης. Έπειτα, για την κάθε βαθμίδα του ενισχυτή θα επιλεγεί το κατάλληλο σημείο πόλωσης, καθώς και τα αντίστοιχα κυκλώματα πόλωσης. Η πρώτη βαθμίδα απαιτείται να πολωθεί σε σημείο για χαμηλό θόρυβο, ενώ οι επόμενες να πολωθούν σε σημείο υψηλού κέρδους. Κατόπιν τούτου, ο ενισχυτής θα υλοποιηθεί με ιδανικές και μικροταινιακές γραμμές στα κυκλώματα προσαρμογής (είσοδου, ενδιάμεσο, εξόδου) και για τα δύο μοντέλα τρανζίστορ (γραμμικό, μη-γραμμικό). Ο συντονισμός και η επίδοση του απλού ενισχυτή στη ζητούμενη συχνότητα θα τεκμηριωθεί με τη βοήθεια των παραμέτρων σκέδασης, τους αντίστοιχους χάρτες Smith, τους λόγους στασίμων κυμάτων (VSWR), την ευστάθεια του συστήματος και το επίπεδο του δείκτη θορύβου.

Τέλος (τρίτο στάδιο), με τη βοήθεια των αποτελεσμάτων των δύο προηγούμενων σταδίων, θα σχεδιαστεί η ισοσταθμισμένη τοπολογία του ενισχυτή χαμηλού θορύβου και ευρείας ζώνης. Η συμπεριφορά του ολοκληρωμένου συστήματος θα επιβεβαιωθεί από τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων, τα οποία συμπεριλαμβάνουν το ίδιο σετ παραμέτρων με το σετ της απλής τοπολογίας ενίσχυσης.

Η εργασία θα ολοκληρωθεί με τη συνολική αποτίμηση των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν από συγκεκριμένο περιβάλλον προσομοίωσης και αφού ολοκληρωθεί επαρκής κύκλος παραμετροποίησης-προσομοίωσης-βελτιστοποίησης.

Απαραίτητες βασικές γνώσεις Μικροκυμάτων, Τηλεπικοινωνιακής Ηλεκτρονικής, ADS.

## 6. Αυτο-υποστηριζόμενο Ευφυές Σύστημα Αποθήκευσης και Κατηγοριοποίησης Εικόνων για Κινητές Συσκευές με χρήση Μοντέλων Βαθιάς Μάθησης – Self-supported Gallery app

Στόχος της παρούσας διπλωματικής είναι η ανάπτυξη μιας εφαρμογής αποθήκευσης και κατηγοριοποίησης εικόνων (AI Gallery app) σε λειτουργικό σύστημα Android, βασισμένης σε τεχνολογίες Βαθιάς Μάθησης (Deep Learning).

Σύγχρονα Gallery apps εκτός από το να αποθηκεύουν τις φωτογραφίες του χρήστη, δίνουν επίσης τη δυνατότητα οι φωτογραφίες να κατηγοριοποιηθούν με βάση το περιεχόμενό τους (π.χ. τοπίο, πρόσωπο, ζώο, άθλημα, αντικείμενα, κλπ.) με στόχο τόσο την καλύτερη αναζήτηση όσο και την δημιουργία κολάζ ή συλλογών. Η τελική ετικέτα (label) μιας εικόνας μπορεί να παραχθεί είτε παρατηρώντας την εικόνα ως σύνολο (image classification) είτε τεμαχίζοντάς την και παρατηρώντας όλα τα αντικείμενα που την απαρτίζουν (object detection). Η κατηγοριοποίηση σε αυτές τις περιπτώσεις μπορεί να γίνει offline, χωρίς την αλληλεπίδραση με τον χρήστη (π.χ. όταν ο συνολικός φόρτος της συσκευής είναι μικρός ή όταν η συσκευή φορτίζει ώστε να μην σπαταλά σημαντικό ποσοστό ενέργειας). Τα βασικά κριτήρια αξιολόγησης είναι: (α) η ακρίβεια (accuracy) του δικτύου καθώς και (β) η απόδοση (throughput) αυτού, η οποία είναι συνάρτηση του χρόνου εκτέλεσης (inference time) και του μεγέθους δέσμης (batch size).

Η ανάπτυξη του παραπάνω συστήματος θα είναι end-to-end, δηλαδή ο σπουδαστής θα κληθεί αρχικά να σχεδιάσει το σύστημα και στη συνέχεια να το αναπτύξει με τελικό αποτέλεσμα την δημιουργία μιας Android εφαρμογής, η οποία θα δέχεται εικόνες, είτε από την κάμερα του κινητού, είτε από οπουδήποτε αλλού, θα τις κατηγοριοποιεί και θα τις αποθηκεύει. Οι υπολογισμοί για την κατηγοριοποίηση θα εκτελούνται στην κινητή συσκευή του χρήστη (on-device) χρησιμοποιώντας τους τοπικούς υπολογιστικούς πόρους. Με αυτόν τον τρόπο, η εφαρμογή δε θα βασίζεται σε έναν απομακρυσμένο εξυπηρετητή για να προσφέρει τη λειτουργία κατηγοριοποίησης, αποφεύγοντας έτσι την ανάγκη συνεχούς σύνδεσης στο Διαδίκτυο, τον αυξημένο χρόνο απόκρισης λόγω της επικοινωνίας συσκευής-εξυπηρετητή, καθώς και των προβλημάτων προστασίας προσωπικών δεδομένων.

Η ροή της εργασίας μπορεί να συνοψιστεί στα ακόλουθα βήματα: (α) έρευνα βιβλιογραφίας σχετικά με το ποιες αρχιτεκτονικές δικτύων και σύνολα δεδομένων είναι κατάλληλα για την συγκεκριμένη εργασία, (β) εκπαίδευση των δικτύων με χρήση των κατάλληλων συνόλων δεδομένων, (γ) ανάπτυξη του interface, (δ) εκτέλεση στην κινητή συσκευή, (ε) ανάλυση απαιτήσεων των υπολογιστικών πόρων της συσκευής και (στ) μέτρηση και αξιολόγηση της απόδοσης (throughput).

Η διπλωματική δίνει την δυνατότητα στον σπουδαστή να ασχοληθεί και να εξοικειωθεί με αλγορίθμους και τεχνολογίες Βαθιάς Μάθησης, την ανάπτυξη εφαρμογών κινητών συσκευών (mobile app development) και τη διασύνδεση των προηγούμενων δύο, δηλαδή την ενσωμάτωση της Βαθιάς Μάθησης σε κινητές συσκευές, έναν κλάδο ραγδαία αναπτυσσόμενο στις μέρες μας.

Απαιτούμενες βασικές γνώσεις: Android mobile app development (Java), Deep Learning frameworks for on-device applications (Tensorflow Lite), Python, Tensorflow.

## 7. Υποβοηθούμενες και Κατανεμημένες Τεχνικές Βαθιάς Μάθησης για τη σημασιολογική ταξινόμηση εικόνων σε κινητές συσκευές – *Server-assisted image classification*

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η σχεδίαση και ανάπτυξη μίας ολοκληρωμένης εφαρμογής αποθήκευσης και κατηγοριοποίησης εικόνας (AI Gallery App) για κινητές συσκευές με υποβοήθηση εξυπηρετητή. Ο σπουδαστής θα κληθεί να σχεδιάσει και να αναπτύξει τα συνιστώσα μέρη λογισμικού που αντιστοιχούν στην κινητή συσκευή και στη λειτουργία του εξυπηρετητή. Το τελικό σύστημα θα πρέπει να αξιολογηθεί ως προς τη διεκπεραιωτική ικανότητα, την παραμετροποίηση ως προς το νευρωνικό δίκτυο, την υποστήριξη διαφορετικών συσκευών και την επεκτασιμότητα ως προς τον αριθμό των χρηστών.

Τα τελευταία χρόνια, η ευρεία διαθεσιμότητα εξελιγμένων συστημάτων κάμερας σε κινητές συσκευές έχει οδηγήσει σε πρωτοφανείς απαιτήσεις για υπηρεσίες υπολογιστικής όρασης. Η ταξινόμηση εικόνας, μία τεχνική σημασιολογικής κατηγοριοποίησης εικόνων βάσει του οπτικού περιεχομένου τους, αποτελεί ένα πολλά υποσχόμενο εργαλείο για την ανάπτυξη καινοτόμων εφαρμογών, όπως η αυτόματη περιγραφή εικόνων, εφαρμογές επαυξημένης και εικονικής πραγματικότητας, και η αναγνώριση προσώπου.

Παρότι η ταξινόμηση εικόνας αποτελεί παραδοσιακό πρόβλημα όρασης υπολογιστών, πρόσφατα τα βαθιά νευρωνικά δίκτυα (deep neural networks) πέτυχαν ασύγκριτα επίπεδα ορθότητας - ακρίβειας (accuracy) ως προς την κατηγοριοποίηση μιας εικόνας.

Παρά την υψηλή ορθότητα τους, τα σύγχρονα βαθιά νευρωνικά δίκτυα θέτουν προκλήσεις ως προς την εκτέλεση τους σε κινητές συσκευές, με περιορισμένους υπολογιστικούς πόρους. Οι κυριότερες είναι η υψηλή υπολογιστική πολυπλοκότητα και οι απαιτήσεις σε μνήμη.

Μία εναλλακτική προσέγγιση αποτελεί η εκτέλεση μέσω τεχνολογιών υπολογιστικού νέφους (cloud computing) ή υπολογισμού στα άκρα του δικτύου (edge computing). Υπό αυτό το σχήμα, οι εικόνες προς επεξεργασία αποστέλλονται από τη συσκευή του χρήστη σε έναν απομακρυσμένο εξυπηρετητή, ο οποίος με τη σειρά του εκτελεί τους υπολογισμούς του νευρωνικού δικτύου, επιστρέφοντας πίσω μόνο το αποτέλεσμα της ταξινόμησης. Αυτή η αρχιτεκτονική επιτρέπει την ταξινόμηση εικόνων με υψηλή διεκπεραιωτική ικανότητα, την υποστήριξη ετερογενών συσκευών με ποικίλες υπολογιστικές δυνατότητες (από μοντέλα προηγούμενης γενιάς ως flagship συσκευές), τη δυνατότητα επιλογής διαφορετικού νευρωνικού δικτύου (αναβάθμιση ή ευέλικτη επιλογή μοντέλου), την εξυπηρέτηση πολλαπλών χρηστών και την ενδεχόμενη μείωση κατανάλωσης ενέργειας στη μεριά του χρήστη.

Η διπλωματική δίνει την δυνατότητα στον σπουδαστή να ασχοληθεί και να εξοικειωθεί με την ανάπτυξη κατανεμημένων συστημάτων για αλγορίθμους Βαθιάς Μάθησης, που επιτρέπει αφενός την ενσωμάτωση ισχυρών μοντέλων Βαθιάς Μάθησης σε κινητές συσκευές κι αφετέρου τη ρύθμιση του πλαισίου διαλειτουργικότητας τους με επικουρικές διαδικασίες του υπολογιστικού νέφους, έναν κλάδο ραγδαία αναπτυσσόμενο στις μέρες μας.

Απαραίτητες βασικές γνώσεις: Python, Android mobile app development (Java), Deep Learning frameworks (TensorFlow), Firebase.

8. Σχεδίαση ζεύγους νευρωνικών μοντέλων για την εκτέλεση εφαρμογών βαθιάς μάθησης σε κινητές συσκευές, μέσω κατανεμημένων συστημάτων

Η εκτέλεση νευρωνικών δικτύων στο πλαίσιο έξυπνων κινητών εφαρμογών, όπως εφαρμογές κατηγοριοποίησης εικόνας, αυτόματης λεκτικής περιγραφής εικόνας και αναγνώρισης ομιλίας, εμπεριέχει δύο βασικές προσεγγίσεις: α) τοπικά, χρησιμοποιώντας τους περιορισμένους υπολογιστικούς πόρους της κινητής συσκευής του χρήστη, ή β) στο υπολογιστικό νέφος ή στην άκρη του δικτύου με την υποβοήθηση ενός ισχυρού εξυπηρετητή. Μία πρόσφατη νέα μέθοδος εκτέλεσης νευρωνικών δικτύων είναι τα υβριδικά/κατανεμημένα συστήματα, τα οποία καθιστούν ικανή την επιλεκτική εκτέλεση είτε στην κινητή συσκευή είτε στον εξυπηρετητή.

Ένα κύριο χαρακτηριστικό των υβριδικών/κατανεμημένων συστημάτων είναι η δυνατότητα χρήσης διαφορετικών μοντέλων (νευρωνικών δικτύων), ανάλογα με τη συσκευή εκτέλεσης: στον μεν εξυπηρετητή, ένα μοντέλο με αυξημένες απαιτήσεις μνήμης και υπολογισμών, αλλά με υψηλή ορθότητα/ακρίβεια, ενώ στη δε κινητή συσκευή, ένα μικρότερο μοντέλο με μειωμένες υπολογιστικές ανάγκες.

Η επιλογή κατάλληλου ζεύγους μοντέλων αποτελεί πρωταρχική τεχνική πρόκληση στη σχεδίαση κατανεμημένων συστημάτων εκτέλεσης νευρωνικών δικτύων. Το ζεύγος μοντέλων θα πρέπει να πετυχαίνει τους στόχους απόδοσης της εφαρμογής ως προς πολλαπλές μετρικές, όπως την ορθότητα/ακρίβεια και τον χρόνο απόκρισης, καθώς και να ικανοποιεί τους περιορισμούς του συστήματος, όπως η μέγιστη χρήση μνήμης των συσκευών.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας περιλαμβάνει (α) την έρευνα βιβλιογραφίας σχετικά με μεθόδους συμπίεσης νευρωνικών δικτύων και κατανεμημένων συστημάτων εκτέλεσης νευρωνικών δικτύων, (β) τη μοντελοποίηση της υπολογιστικής ισχύος των συσκευών του κατανεμημένου συστήματος, (γ) τη σχεδίαση και εκπαίδευση ενός κατάλληλου ζεύγους νευρωνικών μοντέλων, το οποίο να βελτιστοποιεί τα πολλαπλά κριτήρια της εφαρμογής και (δ) τη μέτρηση και αξιολόγηση της απόδοσης του κατανεμημένου συστήματος.

Απαραίτητες βασικές γνώσεις: Python, Deep Learning frameworks (TensorFlow).

(1-2 άτομα)



**9. Σύστημα Διαχείρισης Βάσης Δεδομένων για τη Δημιουργία «Συνόλων Δεδομένων» Αλγορίθμων Μηχανικής Μάθησης– Database Management System for "Machine Learning Datasets" Creation**

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η σχεδίαση και ανάπτυξη μίας ολοκληρωμένης εφαρμογής εισαγωγής και ανάκτησης πληροφορίας σε κατάλληλα δομημένη βάση δεδομένων. Η είσοδος της εφαρμογής θα είναι ένα αρχείο (συνήθως φωτογραφίας, ήχου ή κειμένου) που θα παρουσιάζει / εμφανίζει το αντικείμενο και άλλα στοιχεία που χαρακτηρίζουν ένα αντικείμενο (πχ δενδροειδής κατηγοριοποίηση του αντικειμένου, βάρος / όγκος του αντικειμένου, άλλα χαρακτηριστικά του αντικειμένου σε μορφή συμβολοσειράς). Με τη σειρά της η εφαρμογή θα επιλέγει τον τύπο του αρχείου με χρήση μηχανικής μάθησης (file type identification) και θα καταχωρεί στη βάση όλη την πληροφορία εισόδου. Μία επιπλέον λειτουργία της εφαρμογής θα είναι η αναζήτηση και ανάκτηση πληροφοριών από διαδικτυακές βάσεις δεδομένων, προκειμένου να συμπληρώνονται πληροφορίες που χαρακτηρίζουν τα αντικείμενα που θα βρίσκονται αποθηκευμένα στη βάση δεδομένων.

Η βάση θα είναι δομημένη με χρήση οντολογιών για να είναι αποδοτική στην αποθήκευση και την ανάκτηση των πληροφοριών. Αποδοτική αποθήκευση νοείται η αποθήκευση μεγάλου όγκου πληροφοριών σε περιορισμένο χώρο, μιας και τελικός σκοπός είναι η δημιουργία ενός συνόλου δεδομένων που θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από αλγορίθμους μηχανικής μάθησης και το πλήθος των εγγραφών / αντικειμένων που είναι διαθέσιμα σε τέτοιους αλγορίθμους καθορίζει και την αποδοτικότητά τους. Αντίστοιχα, αποδοτική ανάκτηση νοείται η ανάκτηση σε σύντομο χρόνο από τη στιγμή που έγινε το εκάστοτε αίτημα στο σύστημα. Αυτό είναι απαιτητό, λόγω του ότι οι εφαρμογές που θα χρησιμοποιήσουν την πληροφορία μπορεί να εκτελούνται σε πραγματικό χρόνο και δεν είναι επιθυμητός ο μεγάλος χρόνος αναμονής του χρήστη μέχρι να λάβει τα επιθυμητά αποτελέσματα. Το τελικό σύστημα θα αξιολογηθεί με βάση την ικανότητά του να αναγνωρίζει σωστά τον τύπο του αρχείου που θα παρέχετε, όπως επίσης και με την απόδοσή του στην αποθήκευση και την ανάκτηση της πληροφορίας.

Η διπλωματική δίνει την δυνατότητα στον σπουδαστή να ασχοληθεί και να εξοικειωθεί με την ανάπτυξη βάσεων δεδομένων, όπου θα γίνεται η αποθήκευση της διαθέσιμης πληροφορίας και με τη μηχανική μάθηση, εφόσον για να είναι αξιοποιήσιμη η διαθέσιμη πληροφορία απαιτείται η αποθήκευσή της να γίνει σύμφωνα με τις αρχές της μηχανικής μάθησης.

Απαιτούμενες βασικές γνώσεις: Deep Learning frameworks (Tensorflow), Python, Μηχανική Μάθηση, Οντολογίες

(1-2 άτομα)

*10. Ασφαλές Σύστημα «Τεχνητού Παγκρέατος» με Ενοποίηση και Συγχρονισμένη Χρήση Επιμέρους Διαδικασιών / Εφαρμογών (με Χρήση Οντολογιών) για Κινητές Συσκευές – Secure “Artificial Pancreas” System for Mobile Devices with Integration and Synchronized Use of External Processes / Apps (Use of Ontologies)*

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η σχεδίαση και ανάπτυξη μίας ολοκληρωμένης εφαρμογής «Τεχνητού Παγκρέατος» σε λειτουργικό σύστημα Android, η οποία θα αλληλοεπιδρά με επιμέρους διαδικασίες / εφαρμογές (τοπικές ή διαδικτυακές) με ασφαλή τρόπο, αποστέλλοντάς τους τα απαραίτητα για την εκτέλεσή τους δεδομένα και λαμβάνοντας τα παραγόμενα αποτελέσματα. Μετά την επιτυχή εκτέλεση των απαραίτητων διαδικασιών θα επιστρέφει σε «φιλική προς το χρήστη μορφή» τα τελικά αποτελέσματα της εκτέλεσης.

Η ροή εκτέλεσης της εφαρμογής μπορεί να συνοψιστεί στα εξής βήματα:

1. Το σύστημα θα λαμβάνει σε τακτά χρονικά διαστήματα δεδομένα γλυκόζης (από αντίστοιχες εφαρμογές εγκατεστημένες στην συσκευή του χρήστη)
2. Το σύστημα θα λαμβάνει από το χρήστη πληροφορία σχετικά με την κατανάλωση τροφής. Οι πληροφορίες αυτές θα είναι αρχεία εικόνας ή ήχου ή γραπτό κείμενο. Ανάλογα τα δεδομένα που θα λαμβάνει από το χρήστη, θα απευθύνεται σε έτερες εφαρμογές που θα επεξεργάζονται τα δεδομένα αυτά και θα επιστρέφουν στο σύστημα το είδος και την ποσότητα της τροφής που πρόκειται να καταναλώσει ο χρήστης, όπως επίσης και τα διατροφικά χαρακτηριστικά του γεύματος.
3. Με δεδομένα από το βήμα 1 και το βήμα 2, όπως και άλλες παραμέτρους που θα είναι ρυθμισμένες από το χρήστη κατά περίπτωση, θα εκτελούνται οι κατάλληλοι υπολογισμοί κάθε φορά, προκειμένου να υπολογίσει το σύστημα μια ποσότητα ινσουλίνης που θα προτείνει στο χρήστη.
4. Τα αποτελέσματα του βήματος 3 θα παρουσιάζονται στο χρήστη και το σύστημα θα ζητάει από τον χρήστη έγκριση σχετικά με την ορθότητα των υπολογισμών.
5. Τα δεδομένα και τα αποτελέσματα των βημάτων 1-4 θα αποστέλλονται για αποθήκευση σε μια τοπική και μια δικτυακή βάση δεδομένων.
6. Τελευταίο βήμα, και εφόσον το σύστημα έχει την έγκριση του χρήστη για τους υπολογισμούς του βήματος 3, θα δίνετε εντολή σε μια συσκευή (αντλία συνεχούς έγχυσης ινσουλίνης) για την έγχυση της υπολογισμένης ποσότητας ινσουλίνης

Λόγω της φύσης των δεδομένων που διαχειρίζεται το σύστημα, θα πρέπει η επεξεργασία και η αποθήκευση των δεδομένων και των αντίστοιχων αποτελεσμάτων να γίνεται με τρόπο που θα διασφαλίζεται η ασφάλεια των προσωπικών δεδομένων του χρήστη. Ένα άλλο σημαντικό σημείο που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά την υλοποίηση είναι η ευκολία του χρήστη και η απλότητα των οθονών που θα βοηθήσει το χρήστη κατά την εισαγωγή δεδομένων, την απεικόνισή τους και την εμφάνιση και επεξεργασία των αποτελεσμάτων. Επίσης επιθυμητή είναι και η μείωση της ταχύτητας εκτέλεσης, λόγω του ότι η εφαρμογή εκτελείται σε πραγματικό χρόνο και δεν είναι επιθυμητός ο μεγάλος χρόνος αναμονής του χρήστη μέχρι να λάβει τα επιθυμητά αποτελέσματα.

Το τελικό σύστημα θα πρέπει να αξιολογηθεί ως προς τη διεκπεραιωτική του ικανότητα, την ασφάλεια κατά τη μεταφορά και αποθήκευση δεδομένων εντός της κινητής συσκευής, τη δυνατότητα εκτέλεσης

σε διαφορετικές (ως προς το μέγεθος και τους διαθέσιμους πόρους) συσκευές και την φιλικότητα του προς το χρήστη.

Η διπλωματική δίνει την δυνατότητα στον σπουδαστή να ασχοληθεί με την ανάπτυξη εφαρμογών για κινητές συσκευές, όπως επίσης και με τη ρύθμιση ενός ασφαλούς πλαισίου επικοινωνίας και διαλειτουργικότητας με έτερες διαδικασίες / εφαρμογές.

Απαραίτητες βασικές γνώσεις: Android mobile app development (Java), οντολογίες, Γενικός Κανονισμός Προστασίας Δεδομένων (GDPR).

(1-2 άτομα)