



Κινητές επικοινωνίες

Κεφάλαιο 1

Κυψελωτά Συστήματα

[Ιστορικά στοιχεία]

- 1940 *1^ο ασύρματο τηλέφωνο από την Bell System*
- 1946 *1^η υπηρεσία παροχής κινητής τηλεφωνίας (Missouri, USA)*
- 1975 *1^ο κυψελωτό σύστημα AMPS (Advanced Mobile Phone Service) - Αμερική*
- 1985 *TACS (Αγγλία)*

Όλα αυτά τα συστήματα μεταδίδουν αναλογικά και χρησιμοποιούν, για πρόσβαση στο δίκτυο, την τεχνική διαίρεσης συχνότητας

Ιστορία Κινητών Επικοινωνιών

- **Πριν το 1970 :**
 - Μικρή χωρητικότητα
 - Χαμηλή ποιότητα επικοινωνίας
 - Ευαίσθησία σε παρεμβολές, συνθήκες μετάδοσης
 - Υψηλό κόστος
 - Μη συμβατότητα μεταξύ διαφόρων τεχνολογιών
- **Από το 1970 αρχίζει η ουσιαστική εξέλιξη των κινητών επικοινωνιών με την εκχώρηση της περιοχής των 900MHz (εύρους 50 MHz – έτος:1978) και συγκεκριμένους στόχους:**
 - Ουσιαστική εκμετάλλευση του προσφερόμενου φάσματος
 - Υψηλή χωρητικότητα με χαμηλό κόστος συνδρομητή
 - Ποιότητα επικοινωνίας χωρίς παρεμβολές και απώλειες
 - Δυνατότητα κάλυψης μεγάλης γεωγραφικής περιοχής
- **Η εξέλιξη χωρίζεται σε φάσεις, ανάλογα με τις ουσιαστικές αλλαγές που προέκυψαν, οι οποίες ορίζουν και τις «γενιές» των συστημάτων**

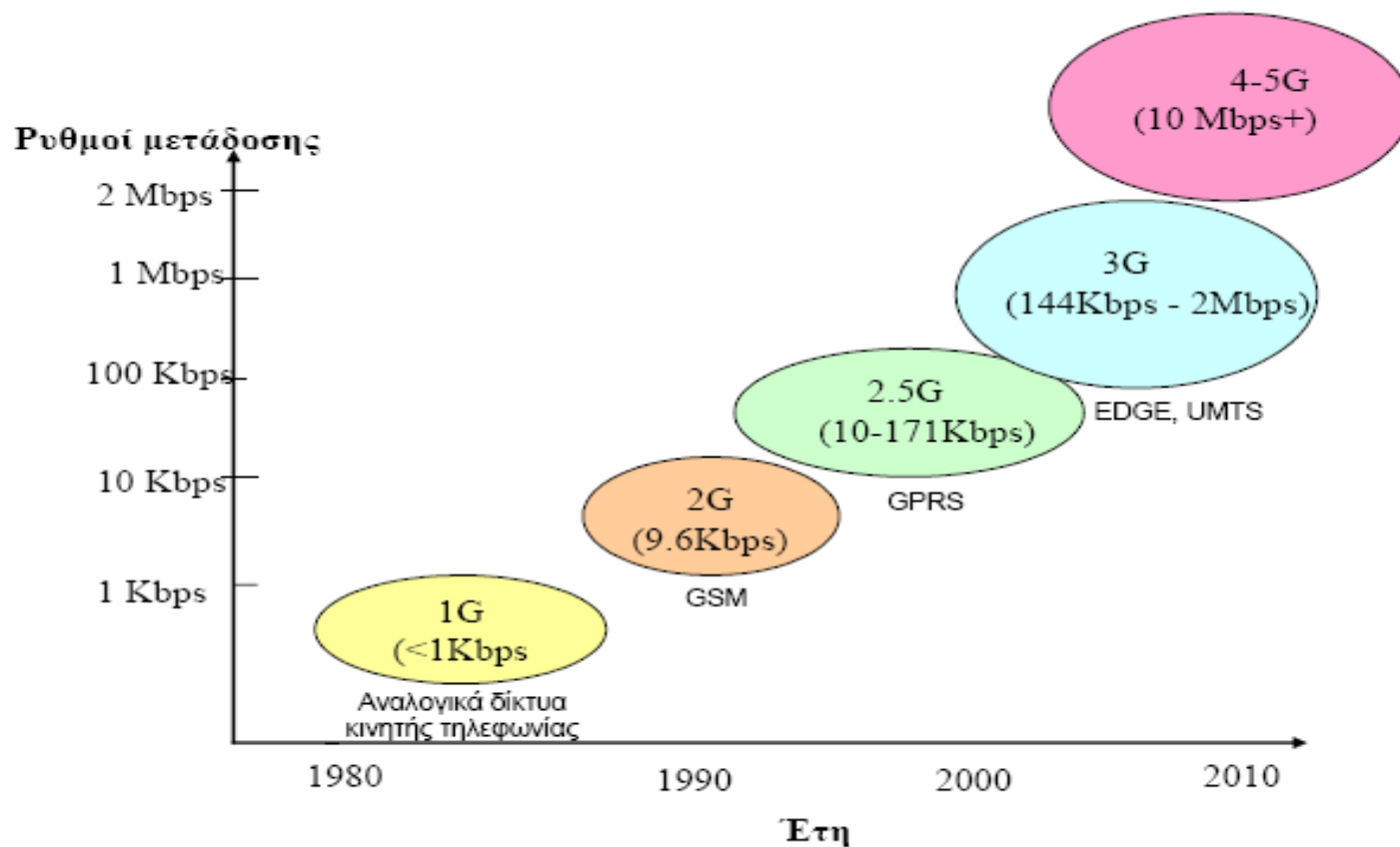
Οι 3 γενιές των κινητών συστημάτων

- **Πρώτη Γενιά (1970-1990):** Κυψελωτή δομή με αναλογικά ηλεκτρικά χαρακτηριστικά, κυρίως για την εξυπηρέτηση φωνής με ρυθμούς μέχρι 2,4Kbps.
 - TACS (Total Access Communication System)
 - NMT (Nordic Mobile Telephone)
 - CT1 (Cordless Telephone-first generation) - CT2 (Cordless Telephone-second generation)
 - AMPS (Advanced Mobile Phone Service)
- **Δεύτερη Γενιά (1990-2000):** Πολύ-ιεραρχική λειτουργική δομή, υψηλή χωρητικότητα, δυναμική διαχείριση ραδιο-φάσματος, επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων, σταδιακά ψηφιακή λειτουργία, ταχύτητες αρκετών Kbps.
 - DECT (Digital European Cordless Telecommunications)
 - GSM (Global System for Mobile Communication) (900 MHz)
 - DCS-1800 (1800 MHz)
 - TETRA
- **Τρίτη Γενιά (2000-):** Παροχή πολύ μεγαλύτερης ταχύτητας μετάδοσης δεδομένων (θεωρητικά μέχρι 2Mbps), πλήρως packet-oriented μετάδοση⁴
 - UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)

[Μία «μισή» γενιά και η τέταρτη γενιά]

- **Γενιά 2,5** (1996-2000): Ουσιαστικά αναφερόμαστε στο GPRS (General Packet Radio Service), την επέκταση του GSM που προσφέρει μεγαλύτερη ταχύτητα δεδομένων (θεωρητικό μέγιστο 171,2Kbps, σε σύγκριση με τη σταθερή ταχύτητα 9,6Kbps που προσφέρει το κλασσικό GSM)
- **Τέταρτη Γενιά:** Ενοποίηση διαφορετικών δικτυακών τεχνολογιών γύρω από το ίδιο δίκτυο κορμού τεχνολογίας IP.

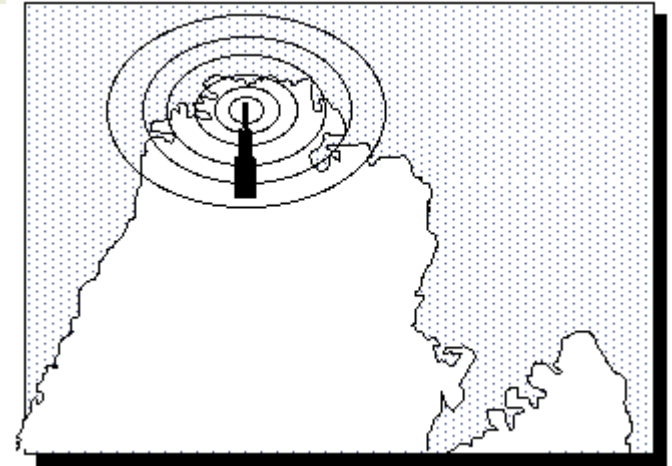
Εξέλιξη δικτύων κινητής τηλεφωνίας



Αρχική Μορφή της Αρχιτεκτονικής του Τηλεφωνικού Συστήματος

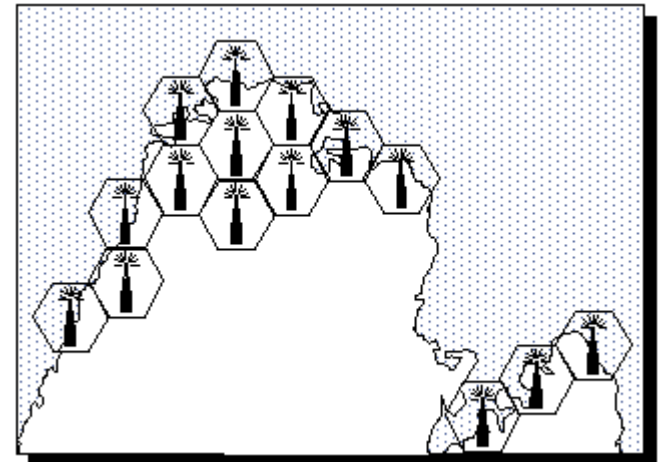
■ Κινητές Υπηρεσίες πρώτης γενιάς

- το σχέδιο με το οποίο έχει δομηθεί είναι παρόμοιο με αυτό της τηλεοπτικής εκπομπής
- ένα πομπό με μεγάλη ισχύ (e.g., metropolitan) σε μια περιοχή
 - Μπορούσε να μεταδώσει σε μια ακτίνα ως και 50χλμ



■ Κινητές υπηρεσίες δεύτερης γενιάς

- Χρήση κυψελών (cells)
 - πολλοί πομποί χαμηλής εμβέλειας τοποθετημένοι σε διάφορα σημεία μιας περιοχής (ισχύς: 100 Watt περίπου ή και μικρότερη)



Αρχές Κινητών Επικοινωνιών

- **Κάθε Κινητός Σταθμός**
 - χρησιμοποιεί ένα ξεχωριστό, προσωρινό “κανάλι” για να μιλήσει στην περιοχή κυψέλης
- **Η περιοχή κυψέλης (Σταθμός Βάσης - ΣΒ)**
 - μιλάει ταυτόχρονα σε πολλά κινητά, χρησιμοποιώντας ένα κανάλι για κάθε κινητό
- **Ένα ζευγάρι από κανάλια χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία**
 - Το ένα (**downlink**) για μετάδοση από τον Σταθμό Βάσης
 - Το άλλο (**uplink**) χρησιμοποιείται για να δέχεται ο Σταθμός Βάσης κλήσεις από τους χρήστες

Θεμελιώδεις Έννοιες Κυψελωτών Επικοινωνιών

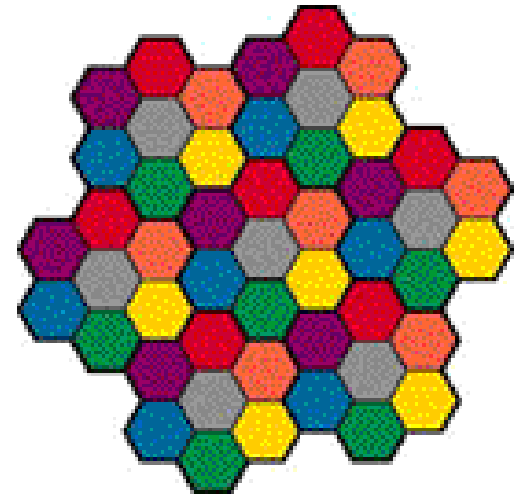
- Κάθε κινητός σταθμός μπορεί να συνδεθεί σε οποιαδήποτε κυψέλη, δεσμεύοντας οποιονδήποτε ελεύθερο κανάλι.
- **Κυψελική Κάλυψη (Cellular Coverage):**
 - Ένα από τα πλεονεκτήματα του σχεδιασμού αυτού είναι η αύξηση της χωρητικότητας του συστήματος, από την πλευρά της προσφερόμενης τηλεπικοινωνιακής κίνησης.
 - Στα γεωγραφικά σημεία όπου παρατηρείται αύξηση της τηλεπικοινωνιακής κίνησης, η αντίστοιχη ή οι αντίστοιχες κυψέλες διασπώνται σε μικρότερες. Αυτό όμως αυξάνει το κόστος.
- **Εντοπισμός και Μεταπομπή (Locating and Handoff)**
 - **Μεταπομπή (Handoff)**, καλείται η διαδικασία μεταφοράς του ελέγχου, της εκπομπής και λήψης της μεταδιδόμενης πληροφορίας, από έναν ΣΒ σε έναν άλλον.
 - **Εντοπισμός (locating)**, είναι η διαδικασία προσδιορισμού του κατάλληλου ΣΒ, με βάση την ποιότητα του λαμβανομένου σήματος και της στάθμης της εμφανιζόμενης παρεμβολής
 - Μετά το πέρας του εντοπισμού, πραγματοποιείται μεταπομπή από τον αρχικό ΣΒ στο νέο ΣΒ.

Μετάβαση Από Κυψέλη Σε Κυψέλη (hand-off (USA) ή hand-over (UK))

- Όταν ο συνδρομητής κινείται εκτός της περιοχής που καλύπτει μια κυψέλη, τότε η λήψη γίνεται αδύναμη. Σε αυτήν την περίπτωση, είτε η κυψέλη είτε ο χρήστης ζητούν μετάβαση σε νέα περιοχή (να είναι υπό την ευθύνη δηλαδή άλλης κυψέλης) με ισχυρότερο σήμα
 - Δεν διακόπτεται η κλήση ούτε ειδοποιείται ο χρήστης σχετικά – όλα γίνονται «διαφανώς» σε αυτόν
 - Γειτονικές κυψέλες δεν χρησιμοποιούν τις ίδιες συχνότητες

Ενδοκαναλικές Παρεμβολές και Επαναχρησιμοποίηση Συχνότητας

- Η επαναχρησιμοποίηση συχνότητας είναι η κύρια τεχνική για τα κινητά επικοινωνιακά συστήματα
 - Στο σχήμα: κυψέλες με το ίδιο χρώμα χρησιμοποιούν τις ίδιες συχνότητες
- Ενδοκαναλικές παρεμβολές (co-channel interference) προκαλούνται από σχετικά κοντινές περιοχές που χρησιμοποιούν το ίδιο κανάλι (συχνότητα) μετάδοσης
- Άρα, πρέπει να υπάρχει απόσταση μεταξύ δύο περιοχών (κυψελών) που χρησιμοποιούν ίδιες συχνότητες)
- Εκτός από τις ενδοκαναλικές παρεμβολές, υπάρχουν και οι παρεμβολές από γειτονικά κανάλια (adjacent-channel interference). (π.χ. από όχι καλά φίλτρα)
- Αντιμετωπίζονται με το να εκχωρούνται, σε μία κυψέλη, κανάλια όχι γειτονικά (όσον αφορά το φάσμα) μεταξύ τους



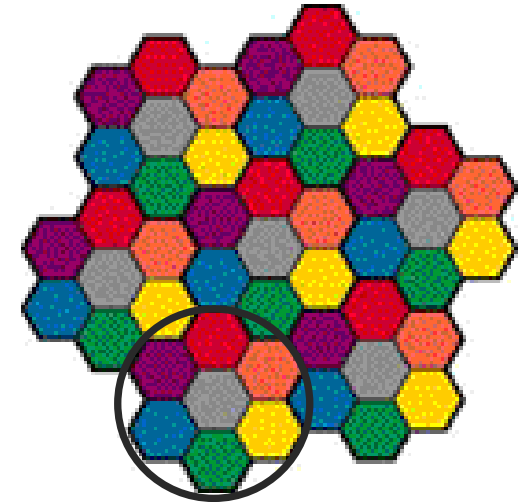
Η Αρχιτεκτονική Του Κυψελοειδούς Συστήματος

■ Κυψέλες

- Συνήθως τις αναπαριστάμε ως εξάγωνα
- Το πραγματικό σχήμα των κυψελών δεν είναι το τέλειο εξάγωνο. Ωστόσο, επιλέγονται τα εξάγωνα γιατί προσεγγίζουν καλά τον κύκλο και δεν εμφανίζουν κενά, ή επικαλυπτόμενες περιοχές
- Το μέγεθος των κυψελών ποικίλει ανάλογα με τη μορφολογία του εδάφους και την κίνηση που πρέπει να εξυπηρετηθεί

■ Συστάδες (clusters)

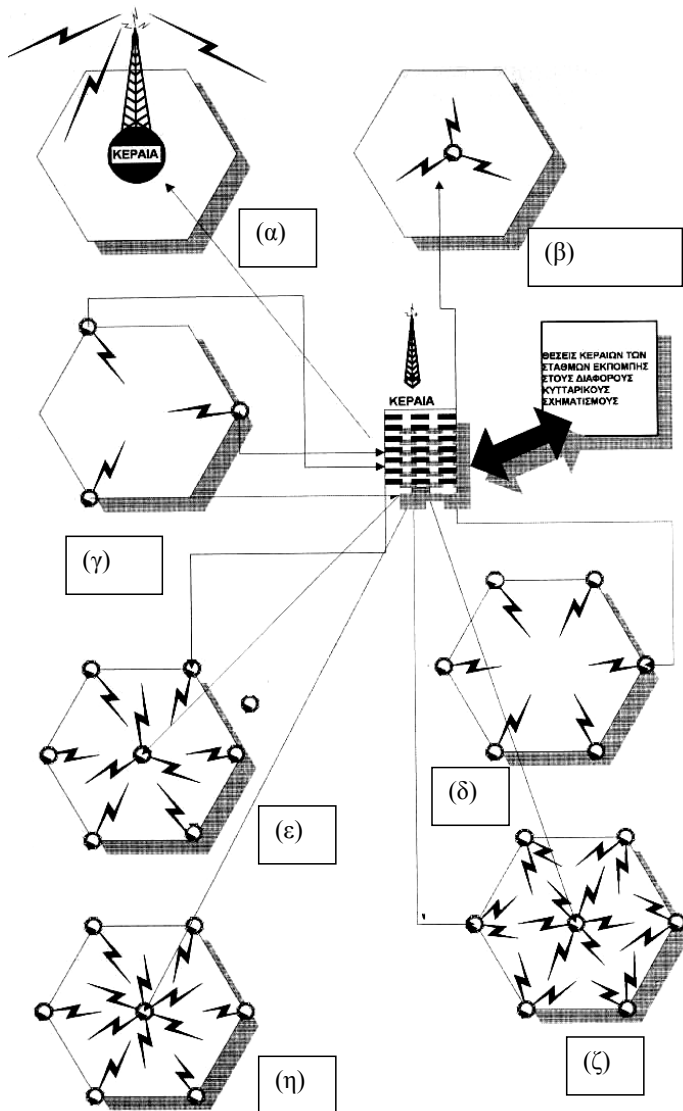
- ένα γκρουπ από κυψέλες
- κανένα κανάλι δεν επαναχρησιμοποιείται μέσα σε μια συστάδα
- Όλα τα διαθέσιμα κανάλια καλύπτονται από τις κυψέλες μίας συστάδας



Cluster (μεγέθους 7)

Σε αστικά κέντρα: περισσότερες και μικρότερες κυψέλες, από ό,τι σε αγροτικές περιοχές (ώστε να υπάρχουν περισσότερες συστάδες, άρα περισσότερα κανάλια)

Συνδυασμοί κεραιών σε μία κυψέλη



- (α) μία παν-κατευθυντική κεραία στο κέντρο
- (β) τρεις κατευθυντικές κεραιές 120° στο κέντρο
- (γ) τρεις κατευθυντικές κεραιές 120° σε τρεις γωνίες της κυψέλης
- (δ) έξι κατευθυντικές κεραιές 120° σε όλες τις γωνίες της κυψέλης
- (ε) έξι κατευθυντικές κεραιές 120° σε όλες τις γωνίες της κυψέλης και τρεις στο κέντρο
- (ζ) ανάλογη περίπτωση με κατευθυντικές κεραιές 60°
- (η) συνδυασμός κεραιών 120° και 60°

Ιεραρχικό Σχήμα Κυψελών

Κυψέλες μέγιστης κάλυψης (overlay cells): έχουν ακτίνα κάλυψης μέχρι μερικές εκατοντάδες Km και χρησιμοποιούνται στην δορυφορική επικοινωνία, σε απομακρυσμένες περιοχές.

Υπερκυψέλες (hyper-cells): έχουν ακτίνα κάλυψης μεγαλύτερη από 20 Km και χρησιμοποιούνται για την επικοινωνιακή κάλυψη εντός επαρχιακών περιοχών.

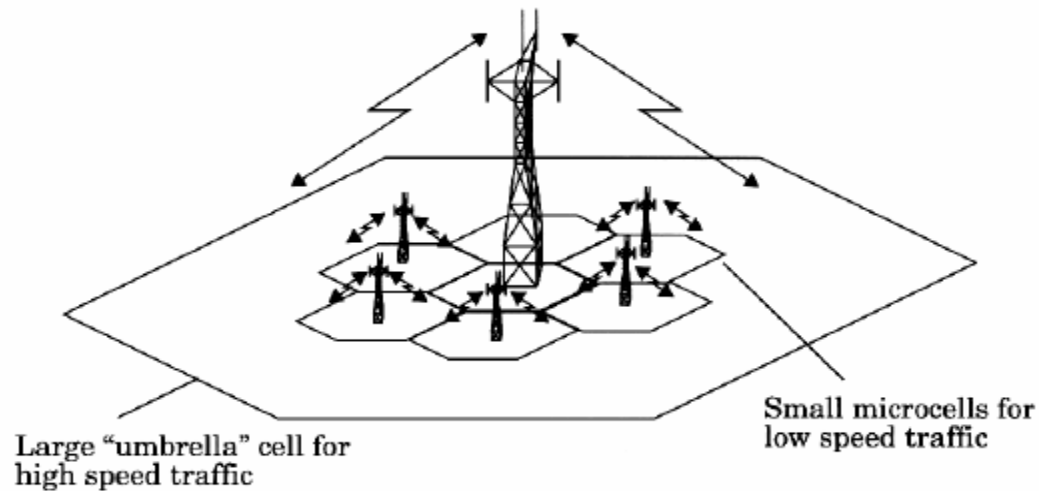
Μακροκυψέλες (macro-cells): έχουν ακτίνα κάλυψης με ελάχιστη τιμή 1 Km και μέγιστη 20 Km και χρησιμοποιούνται για την κάλυψη σε αραιοκατοικημένες περιοχές.

Μικροκυψέλες (micro-cells): έχουν ακτίνα κάλυψης με ελάχιστη τιμή 100m και μέγιστη 1Km και χρησιμοποιούνται για την κάλυψη στις κεντρικές περιοχές των πόλεων.

Πικοκυψέλες (pico-cells): έχουν ακτίνα κάλυψης μικρότερη από 100m και χρησιμοποιούνται για την κάλυψη εντός κτιρίων (π.χ., γραφεία, κατοικίες, κλπ.) και μέσω μαζικής μεταφοράς.

Επιλεκτικές κυψέλες (selective cells): έχουν συγκεκριμένο σχήμα και κάλυψη (π.χ., στις εισόδους σηράγγων (tunnels), δε χρειάζεται κάλυψη 360 βαθμών και χρησιμοποιείται μια επιλεκτική κυψέλη 120°.

Κυψέλες – «Ομπρέλες»



Πρόβλημα: ορισμένοι από τους χρήστες κινούνται με μεγάλες ταχύτητες, συνεπώς χρειάζονται συχνές μεταπομπές, που υπερφορτώνουν τα κανάλια ελέγχου

Λύση: Χρησιμοποίηση ορισμένων κυψελών με μεγάλη επιφάνεια που υπερκαλύπτουν τις υπόλοιπες.

[Πηγές]

- Για τη διαμόρφωση των διαφανειών αυτού του κεφαλαίου, χρησιμοποιήθηκε υλικό (εικόνες, διαγράμματα κτλ.) από διάφορες άλλες διαλέξεις του μαθήματος των Κινητών Επικοινωνιών που είναι διαθέσιμες στο Διαδίκτυο:
 - Ν. Πασσάς, Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών (2005)
 - Σ. Τουμπής, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Κύπρου (2007)