



ΘΕΩΡΙΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

Κεφάλαιο 1 : Εισαγωγή στη Θεωρία Πληροφορίας Κώστας Μαλιάτσος

*Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και
Επικοινωνιακών Συστημάτων*

Περιεχόμενα Ομιλίας

- ▶ Έννοια της πληροφορίας
- ▶ Άλλες βασικές έννοιες
- ▶ Στόχος του μαθήματος
- ▶ Βιβλιογραφία
- ▶ Θεωρία πληροφορίας
- ▶ Η εξέλιξη της Θεωρίας της Πληροφορίας
- ▶ Τηλεπικοινωνιακά συστήματα
- ▶ Η θεωρία πληροφορίας στις τηλεπικοινωνίες

Βασικές έννοιες

▶ Πληροφορία

▶ Φέρω + Πλήρης

▶ Η έννοια "Πληροφορία" σηματοδοτεί εκείνο το **νοηματικό περιεχόμενο** που είναι ολοκληρωμένο και σαφές (υπό οποιαδήποτε μορφή)

▶ Ποσότητα πληροφορίας

▶ Πηγή πληροφορίας

▶ Αναλογικές πηγές

▶ Πηγές διακριτής πληροφορίας

▶ Ρυθμός παροχής πληροφορίας

Βασικές έννοιες

- ▶ Πλεονασμός
- ▶ Αλφάβητο πηγής
- ▶ Δειγματοληψία
- ▶ bit
- ▶ Κωδικοποιητής πηγής
- ▶ Κώδικες
- ▶ Συμπίεση
- ▶ Κανάλι

Βασικές έννοιες

- ▶ Χωρητικότητα καναλιού
- ▶ Κωδικοποίηση καναλιού
- ▶ Θόρυβος
- ▶ Σφάλματα
- ▶ Αποκωδικοποιητής καναλιού
- ▶ Αποκωδικοποιητής πηγής
- ▶ Δέκτης

Στόχος του μαθήματος

- ▶ Η εξοικείωση με τις αρχές, τις έννοιες και τις εφαρμογές της θεωρία πληροφορίας
- ▶ Η θεωρία Πληροφορίας είναι ο επιστημονικός τομέας στα εφαρμοσμένα μαθηματικά που σχετίζεται με την ποσοτικοποίηση των δεδομένων .

Στόχος του μαθήματος

- ▶ Στόχοι της Θεωρίας Πληροφορίας είναι όσο το δυνατόν περισσότερα δεδομένα
 - ▶ να αποθηκευτούν αξιόπιστα σε ένα μέσο
 - ▶ ή να επικοινωνήσουν πάνω από ένα κανάλι.
- ▶ Το μέτρο πληροφορίας εκφράζεται από το μέσο αριθμό των δυαδικών ψηφίων που απαιτούνται για
 - ▶ την αποθήκευση
 - ▶ και την επικοινωνία.

Βιβλιογραφία

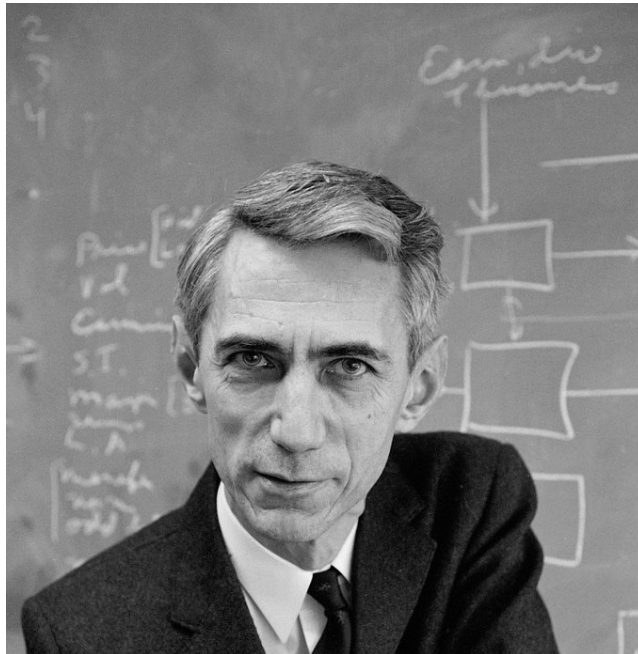
- ▶ Thomas M. Cover & Joy A. Thomas (2006) : Elements of Information Theory, Second Edition, Wiley, ISBN: 0-471-24195-4.
- ▶ Proakis J. & Salehi M., μετάφραση-επιμέλεια Καρούμπαλος Κ, Ζέρβας Ε., Καραμπογιάς Σ., Σαγκριώτης Εμ.:, (2002): Συστήματα Τηλεπικοινωνιών, εκδόσεις ΕΚΠΑ.
- ▶ MacKay D.J.C. (2003): Information Theory, Inference, and Learning Algorithms, Cambridge University Press.

Βιβλιογραφία

- ▶ Κ. Sam Shanmougam μετάφραση Κ. Καρούμπαλος (1979) : Ψηφιακά και Αναλογικά Συστήματα Επικοινωνίας, Εκδόσεις Γ. Πνευματικός.
- ▶ Σημειώσεις μαθήματος : Θεωρία Πληροφορίας και Κώδικες, Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Θεωρία της Πληροφορίας

CLAUDE SHANNON



(April 30, 1916 - February 24, 2001)

Θεωρία της Πληροφορίας

- ▶ Η **Θεωρία της Πληροφορίας** αναγνωρίστηκε ως ξεχωριστή επιστημονική περιοχή μετά τη δημοσίευση των εργασιών του Shannon το 1948 με τίτλο «A mathematical theory of communication»
- ▶ Βρίσκει εφαρμογές σε πολλές επιστήμες:
 - ▶ Στατιστική Φυσική (θερμοδυναμική)
 - ▶ Επιστήμη υπολογιστών (αλγοριθμική πολυπλοκότητα)
 - ▶ Πιθανότητες και στατιστική (σφάλματα για βέλτιστο έλεγχο υπόθεσης και για εκτίμηση)
 - ▶ Βιολογία (γενετική τεχνολογία)
 - ▶ Επιστήμη ηλεκτρονικών
- ▶ Είναι παρακλάδι της θεωρίας πιθανοτήτων και στοχαστικών διαδικασιών
- ▶ Βρίσκει εφαρμογή στις τηλεπικοινωνίες γι' αυτό θεωρείται συχνά και **υποσύνολο της επιστήμης τηλεπικοινωνιών**

Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα

- ▶ Όλα τα τηλεπικοινωνιακά συστήματα σχεδιάζονται για να μεταφέρουν πληροφορία
 - ▶ Σε κάθε τηλεπικοινωνιακό σύστημα υπάρχει μια πηγή που παράγει πληροφορία
 - ▶ Σκοπός του τηλεπικοινωνιακού συστήματος είναι να μεταφέρει πληροφορία στο παραλήπτη
- ▶ Π.χ., στην τηλεοπτική εκπομπή
 - ▶ Η πηγή πληροφορίας είναι η βιντεοκάμερα
 - ▶ Η έξοδος της είναι η εικόνα
- ▶ Σε επικοινωνία υπολογιστών
 - ▶ Η πηγή πληροφορίας είναι κάποια εφαρμογή π.χ email
 - ▶ Η έξοδος είναι χαρακτήρες ASCII

Θεωρία Πληροφορίας στις Τηλεπικοινωνίες

- ▶ Η θεωρία πληροφορίας απαντάει σε δύο (2) θεμελιώδη ερωτήματα της επιστήμης των τηλεπικοινωνιών:
 1. Ποια είναι η μέγιστη συμπίεση δεδομένων;
(Απ: η εντροπία H)
 2. Ποιος είναι ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης στις τηλεπικοινωνίες; (Απ: η χωρητικότητα καναλιού C)
- ▶ **Προ Shannon:** Ο ρυθμός μετάδοσης πληροφορίας σε θορυβώδες κανάλι πρέπει να τείνει στο μηδέν για να προσεγγίσει η πιθανότητα σφάλματος το μηδέν ==> **αξιοπιστία μετάδοσης.**

Θεωρία Πληροφορίας στις Τηλεπικοινωνίες

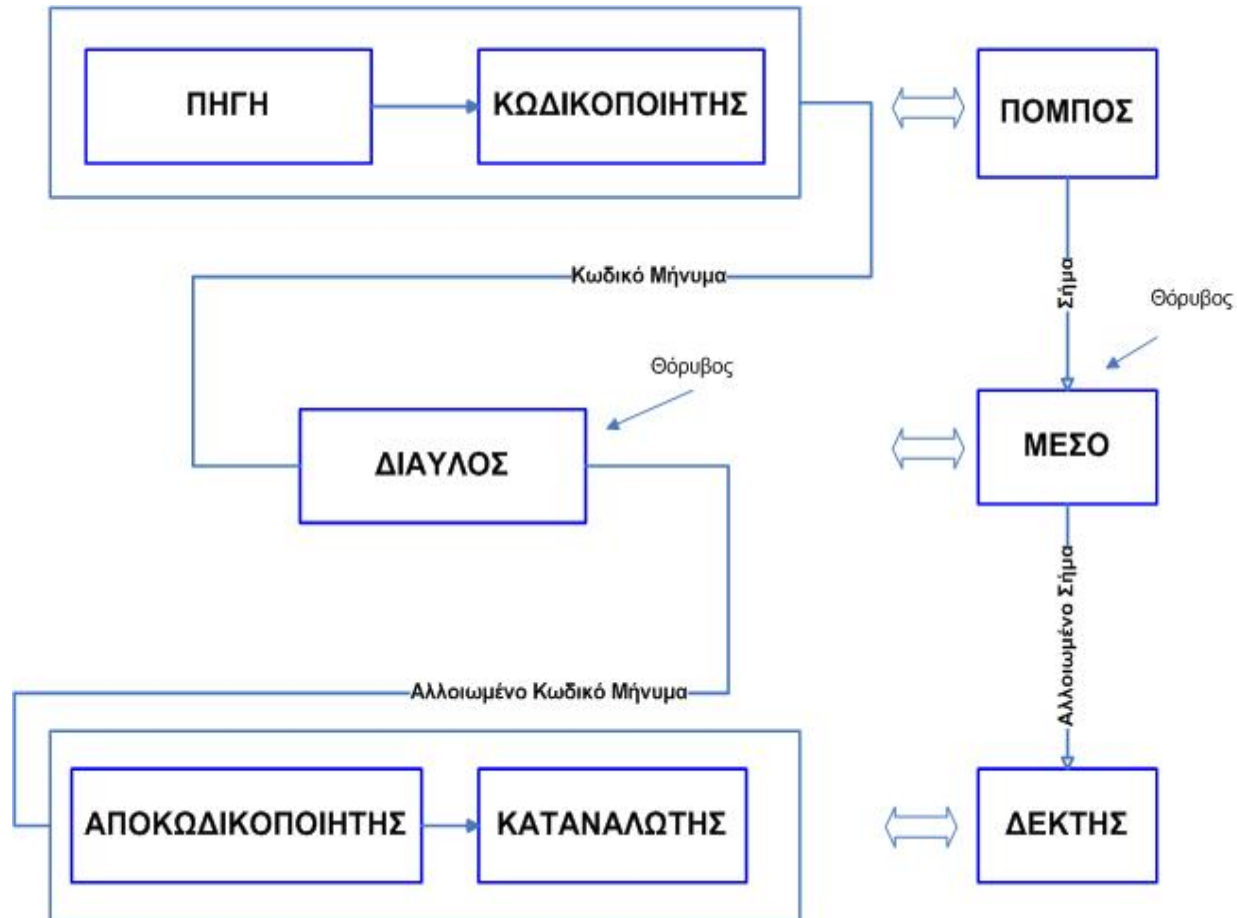
▶ Shannon:

- ▶ Ο ρυθμός μετάδοσης πληροφορίας μπορεί να μείνει **σταθερός** (μικρότερος της χωρητικότητας καναλιού) και παρόλα αυτά η πιθανότητα σφάλματος να παραμείνει εξαιρετικά μικρή.
- ▶ Η χωρητικότητα του καναλιού μπορεί να υπολογιστεί με βάση τα χαρακτηριστικά **θορύβου του καναλιού**.
- ▶ Τυχαίες διαδικασίες όπως η μουσική και η φωνή χαρακτηρίζονται από κάποιο **μέτρο πολυπλοκότητας** κάτω από το οποίο το σήμα δεν μπορεί να συμπιεστεί. Το μέτρο αυτό το ονόμασε εντροπία.
- ▶ Αν η εντροπία της πηγής είναι **μικρότερη από τη χωρητικότητα του καναλιού** τότε μπορεί ασυμπτωτικά να επιτευχθεί επικοινωνία χωρίς σφάλματα.

Θεωρία Πληροφορίας στις Τηλεπικοινωνίες

- ▶ Όλα τα συστήματα διαμόρφωσης και συμπίεσης δεδομένων κινούνται ανάμεσα στα **δύο όρια του Shannon**:
 - ▶ Τη βέλτιστη συμπίεση δεδομένων
 - ▶ Τη μέγιστη μετάδοση δεδομένων.
- ▶ Η θεωρία πληροφορίας προτείνει τρόπους να φτάσουμε αυτά **τα όρια**.
 - ▶ Όμως συχνά μπορεί να είναι υπολογιστικά τόσο πολύπλοκοι ώστε να είναι **μη πρακτικοί**.
- ▶ Παράδειγμα χρήσης θεωρίας πληροφορίας:
 - ▶ Οι κώδικες διόρθωσης σφαλμάτων στα CD.

Σύστημα Επικοινωνίας στα πλαίσια της Θεωρίας της Πληροφορίας



Τα τμήματα του τηλεπικοινωνιακού μοντέλου

- ▶ **Πηγή Πληροφορίας:** Παράγει πληροφορία με τη μορφή συμβόλων με συγκεκριμένη πιθανότητα εμφάνισης στην έξοδο της πηγής πληροφορίας. Η έξοδος της μπορεί να είναι για παράδειγμα μια κυματομορφή φωνής, μια ακολουθία δυαδικών ψηφίων, ένα ερέθισμα σε ένα βιολογικό οργανισμό ή ένας στόχος σε ένα σύστημα ραντάρ.
- ▶ **Αλφάβητο:** Το σύνολο των συμβόλων που χρησιμοποιεί η πηγή πληροφορίας. (π.χ. αριθμοί, γράμματα, αντικείμενα)
- ▶ **Λέξη:** Βραχεία διάταξη συμβόλων πληροφορίας (π.χ. λέξη αποτελούμενη από γράμματα)
- ▶ **Μήνυμα:** Διάταξη λέξεων πληροφορίας (π.χ. μια πρόταση αποτελούμενη από λέξεις).

Τα τμήματα του τηλεπικοινωνιακού μοντέλου

- ▶ **Κωδικοποίηση:** Αντικατάσταση συμβόλων από άλλα κωδικά σύμβολα (συνήθως δυαδικά) για **βελτιστοποίηση** της επικοινωνίας.
 - ▶ Η κωδικοποίηση περιλαμβάνει οποιαδήποτε επεξεργασία γίνεται στο σήμα **στην έξοδο της πηγής** και **πριν αυτό μεταδοθεί**.
 - ▶ Η επεξεργασία μπορεί να περιλαμβάνει:
 - ▶ Διαμόρφωση
 - ▶ Τεχνικές για τη μείωση των δεδομένων εκπομπής
 - ▶ Τεχνητή **εισαγωγή πλεονασμού** για να περιορίσουμε την ανεπιθύμητη **επίδραση του θορύβου**.
 - ▶ Κάθε τεχνική κωδικοποίησης λέγεται κώδικας (π.χ. κώδικας Morse).
 - ▶ Η κωδικοποιημένη πληροφορία οργανώνεται σε αλφάβητο κώδικα, **κωδικές λέξεις** και κωδικά μηνύματα.

Τα τμήματα του τηλεπικοινωνιακού μοντέλου

- ▶ **Δίαυλος Πληροφορίας ή Κανάλι:** Τα μέσα (συσκευές) μετάδοσης της πληροφορίας ως κατάλληλα διαμορφωμένου σήματος.
 - ▶ Για παράδειγμα, μια τηλεφωνική γραμμή
 - ▶ Μια υψίσυχνη ραδιοφωνική σύνδεση
 - ▶ Μια σύνδεση επικοινωνίας με το διάστημα
 - ▶ Ένα μέσο αποθήκευσης δεδομένων
 - ▶ Ένας βιολογικός οργανισμός.
- ▶ **Χωρητικότητα Δίαυλου:** Ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης της πληροφορίας.
 - ▶ Καθορίζει το κόστος, και την ταχύτητα μετάδοσης των μηνυμάτων καθώς και το πλήθος των μηνυμάτων¹⁹

Τα τμήματα του τηλεπικοινωνιακού μοντέλου

- ▶ **Θόρυβος:** Κάθε **ανεξέλεγκτη παρεμβολή** που προκαλεί αλλοίωση του σήματος και άρα **σφάλματα μετάδοσης** (απώλεια πληροφορίας).
 - ▶ Υπάρχουν διαφόρων ειδών θόρυβοι όπως
 - ▶ Ο θερμικός θόρυβος, ο κρουστικός θόρυβος,
 - ▶ Ο θόρυβος περιβάλλοντος ή η παρεμβολή ομιλίας από άλλες γραμμές (κανάλια).
- ▶ **Αποκωδικοποιητής:** Αντιπροσωπεύει **την επεξεργασία** που γίνεται στο σήμα που προκύπτει στην έξοδο του καναλιού προκειμένου να αναπαραχθεί ένα **όσο το δυνατόν πιστότερο αντίγραφο του σήματος** στην έξοδο της πηγής πληροφορίας.
- ▶ **Καταναλωτής:** Ο αποδέκτης της πληροφορίας που αναδομείται στον αποκωδικοποιητή με βάση το κωδικό μήνυμα που λαμβάνεται