

Πανεπιστήμιο Πατρών
Τμήμα Μηχ. Η/Υ & Πληροφορικής

ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

Ακαδημαϊκό Έτος 2018-2019
1η Εργαστηριακή Άσκηση

Χαραλαμπόπουλος Παναγιώτης
ΑΜ:5681

Μέρος Α Κωδικοποίηση Huffman

Μοντελοποίηση Πηγών Πληροφορίας: Αρχικά γίνεται δειγματοληψία της πηγής για να μετατραπεί από συνεχούς χρόνου σε διακριτού . Έπειτα γίνεται μοντελοποίηση της πηγής ώστε να περιγράφεται από το αλφάβητό της και τις πιθανότητες εμφάνισης κάθε συμβόλου του αλφαβήτου της . Ορίζεται το μέτρο πληροφορίας ενός συμβόλου s_i με πιθανότητα εμφάνισης $p(s_i)$, ως $I(s_i)$ και έπειτα ορίζεται το πληροφοριακό περιεχόμενο της πηγής ,που είναι γνωστό ως εντροπία της πηγής $H(x)$ και εκφράζει το μέσο ορο πληροφορίας των συμβόλων ,δηλαδή εκφράζει την μέση αβεβαιότητα που έχουμε για την πηγή .

Κωδικοποίηση Πηγών Πληροφορίας: Στόχος μας είναι η αποδοτική αναπαράσταση μιας μιαιδικής πηγής . Στην γενική περίπτωση αποδοτικές αναπαραστάσεις επιτυγχάνονται με Κωδικες Μεταβλητού Μήκους .Οι λειτουργικές απαιτήσεις είναι :

1)οι κωδικές λέξεις να είναι δυαδικές

και

2)ο κώδικας να είναι μοναδικά αποκωδικοποιήσιμος .

Θεώρημα Κωδικοποίησης Πηγής (1° Θεώρημα Shannon) : Μια πηγή εντροπίας H (η ρυθμού εντροπίας) μπορεί να κωδικοποιηθεί με αυθαίρετα μικρή πιθανότητα σφάλματος σε οποιοδήποτε ρυθμό R (bits /έξοδο πηγής) εφόσον $R > H$.Αντίστροφα αν $R < H$ η πιθανότητα σφάλματος θα παραμένει μακριά από το μηδεν ανεξάρτητα από την πολυπλοκότητα του κωδικοποιητή και του αποκωδικοποιητή που χρησιμοποιούνται .

Το θεώρημα αυτό καθορίζει ένα θεμελιώδες όριο στο ρυθμό με τον οποίο η έξοδος μιας πηγής πληροφορίας μπορεί να συμπιεσθεί χωρίς να προκληθεί μεγάλη πιθανότητα σφάλματος και επίσης δίνει τις ικανές και αναγκαίες συνθήκες για την ύπαρξη κωδίκων πηγής .

Προθεματικοί Κώδικες : Αλγοριθμοί κωδικοποίησης (συμπίεσης) πηγής που επιτυγχάνουν ρυθμούς κωδικοποίησης κοντά στην εντροπία (όριο συμπίεσης χωρίς απώλειες) κάνοντας κωδικοποίηση από σταθερό σε μεταβλητό μήκος , οι οποίοι πληρούν τις εξής συνθήκες:

1)είναι άμεσοι (επιτρέπουν απευθείας αποκωδικοποίηση)

και

2)είναι μονοσήμαντα αποκωδικοποιήσιμοι (κάθε έξοδος αντιστοιχεί σε μοναδική είσοδο)

Αλγόριθμος Huffman Κωδικοποίησης Πηγής : Στην κωδικοποίηση Huffman μπλοκ συμβόλων σταθερού μήκους από την έξοδο της πηγής απεικονίζονται σε μεταβλητού μήκους μπλοκ δυαδικών συμβόλων (κωδικοποίηση από σταθερό σε μεταβλητό μήκος) Η ιδέα του αλγορίθμου είναι οι συχνότερα εμφανιζόμενες ακολουθίες εξόδου σταθερού μήκους να απεικονίζονται σε μικρότερες δυαδικές ακολουθίες ενώ οι ακολουθίες που εμφανίζονται σπανιότερα απεικονίζονται σε μεγαλύτερες δυαδικές ακολουθίες .Οι κώδικες Huffman είναι μονοσήμαντα αποκωδικοποιήσιμοι και άμεσοι με ελάχιστο μήκος λέξης .Οπότε είναι βέλτιστοι ανάμεσα σε όλους τους προθεματικούς κώδικες .

Βήματα Αλγορίθμου Huffman:

1)Γίνεται διάταξη των εξόδων της πηγής κατά φθίνουσα σειρά πιθανοτήτων.

2)Γίνεται συγχώνευση των δυο λιγότερο πιθανων εξόδων σε μια μοναδική έξοδο με την πιθανότητα της να είναι το αθροισμα των δυο πιθανοτήτων .

3) Αν ο αριθμος εξοδων που απομενουν είναι 2 τοτε ο αλγοριθμος συνεχιζει στο επομενο βημα. Διαφορετικα επανέρχεται στο βήμα 1.

4)Αυθαίρετη αντιστοίχιση των τιμών 0 και 1 ως κωδικές λέξεις για τις 2 εξόδους που απομένουν.

5)Αν μια έξοδος είναι το αποτέλεσμα της συγχώνευσης 2 εξοδων σε προηγουμενο βήμα, γίνεται προσάρτηση στην τρεχουσα κωδική λέξη ενός 0 και ενός 1 για να αποκτηθεί η κωδική λέξη για τις προηγούμενες εξόδους .Γίνεται επανάληψη του βήματος 5 εως ότου καμια έξοδος να μην προηγείται αλλης.

1)Γίνεται υλοποιηση των συναρτησεων myhuffmandict,myhuffmanenco,myhuffmandeco που αντιστοιχουν στις συναρτησεις huffmandict,huffmanenco,huffmandeco που εμπεριεχονται στην matlab.

A) function [dict,avglen] = myhuffmandict(symbols,p)

Η συναρτηση αυτή παίρνει σαν ορισμα τα συμβολα του αλφαβητου σε μορφή cell array (symbols) και τις αντιστοιχες πιθανοτητες των συμβολων του αλφαβητου σε μορφη vector (p) και επιστρεφει ενα cell που στην πρωτη στηλη περιεχονται τα συμβολα του αλφαβητου και στη δευτερη στηλη οι πιθανοτητες που αντιστοιχουν σε κάθε συμβολο ,και ακομα επιστρεφει το μεσο μηκος κωδικα (avglen).

B) function comp = myhuffmanenco(sig, dict)

Η συνάρτηση αυτή παίρνει σαν ορίσμα το κείμενο/σημα που θέλουμε να κωδικοποιήσουμε (sig) το οποίο μπορεί να είναι numeric vector ,numeric cell array ή alphanumeric cell array όπως ακριβώς και η huffmanenco που συμπεριλαμβάνεται στη matlab , και επίσης το λεξικό (dict) το οποίο περιλαμβάνει τα σύμβολα του αλφαβήτου και τις πιθανότητες τους και είναι της μορφής cell array και επιστρέφει το κωδικοποιημένο μήνυμα (comp) σε μορφή vector.

Γ) function dsig = myhuffmandeco(comp,dict)

Η συνάρτηση αυτή παίρνει σαν ορίσμα το κωδικοποιημένο μήνυμα (comp) σε μορφή vector και το λεξικό (dict) το οποίο περιλαμβάνει τα σύμβολα του αλφαβήτου και τις πιθανότητες τους και είναι της μορφής cell array και επιστρέφει το αποκωδικοποιημένο μήνυμα σε μορφή cell array.

Ο κωδικός για τις 3 συναρτήσεις βρίσκεται στα αρχεία myhuffmandict.m , myhuffmanenco.m και myhuffmandeco.m

2)Ο κωδικός του συγκεκριμένου ερωτήματος βρίσκεται στο αρχείο MerosA_erwthma2.m

Τα αποτελέσματα της εκτέλεσης του αρχείου script με όνομα MerosA_erwthma2.m φαίνονται παρακάτω:

```
Command Window
New to MATLAB? See resources for Getting Started.

H phgh dimiourgithike
To leksiko Huffman dimiourgithike

Gia thn phgh A:
Mhkos kwdikopoihshs phghs : 41967
Ta simata einai idia
To Meso Mhkos Kwdika einai : 4.2051

Gia thn phgh B:
Mhkos kwdikopoihshs phghs : 135482
Ta simata einai idia
To Meso Mhkos Kwdika einai : 4.2051

H apodotikotita tou kwdika einai : 0.9930
fx >> |
```

Στο script αυτό επιβεβαιώνεται η ορθότητα της αποκωδικοποίησης τόσο της πηγής Α όσο και της πηγής Β συγκρίνοντας το σήμα phgh_a που κωδικοποιείται με το dsig_a που είναι το

αποτελεσμα της αποκωδικοποιησης ,για την πηγη A και επισης συγκρινοντας το file_txt_cell με το dsig_b για την πηγη B ,τα αποτελεσματα των οποιων φαινονται στο παραπανω στιγμιότυπο και δείχνουν ότι το αρχικο σημα που κωδικοποιειται είναι το ιδιο με το αποτελεσμα της αποκωδικοποιησης .Επίσης το μεσο μηκος κωδικα είναι το ιδιο αφου και οι 2 πηγες κωδικοποιουνται με το ιδιο αλφαβητο και είναι 4,2051 αλλα το μηκος της κωδικοποιησης της κάθε πηγης είναι διαφορετικο και συγκεκριμενα το μηκος της κωδικης λεξης που προκύπτει από την πηγή B είναι μεγαλύτερο από αυτό της πηγής A και αυτό οφείλεται στο ότι για την πηγη A κωδικοποιουνται 10000 χαρακτηρες ενώ στην πηγη B κωδικοποιουνται 29110 χαρακτηρες αρα και η κωδικη λεξη που θα προκύψει από την πηγη B θα είναι μεγαλυτερη .Τελος η αποδοτικότητα του κωδικα είναι ιδια και για τις 2 πηγες και είναι ιση με 0,9930.

Σημείωση : Για την κωδικοποιηση της πηγης B ,αφαιρέθηκαν από το κείμενο που λαμβάνουμε από το αρχείο των χαρακτηρων που δεν ανήκουν στο αλφαβητο που χρησιμοποιείται («'», «-», « » , κλπ) και τα κεφαλαία γράμματα μετατράπηκαν σε πεζα ώστε τα σύμβολα του κειμένου να συμφωνούν με τα συμβολα του αλφαβητου.

3)Ο κωδικας του συγκεκριμενου ερωτηματος βρισκεται στο αρχειο MerosA_erwthma3.m

Αυτή τη φορα χρησιμοποιήθηκαν όλα τα διαφορετικά συμβολα του αρχειου kwords.txt ως αλφάβητο και υπολογίστηκαν οι πιθανότητες εμφανισής τους από το αρχειο αυτό υπολογίζοντας το πλήθος εμφάνισης της κάθε μιας μέσα στο αρχείο προς το πλήθος εμφανισης όλων των συμβόλων στο κειμενο .Παρακατω φαινονται όλα τα διαφορετικα σύμβολα που εντοπίστηκαν στο αρχείο :

```
symbols =  
  
1x41 cell array  
  
Columns 1 through 14  
  
{'←'} {'←'} {' ' } {'-'} {'.'} {'/' } {'A'} {'C'} {'G'} {'H'} {'J'} {'M'} {'O'} {'V'}  
  
Columns 15 through 28  
  
{'W'} {'a'} {'b'} {'c'} {'d'} {'e'} {'f'} {'g'} {'h'} {'i'} {'j'} {'k'} {'l'} {'m'}  
  
Columns 29 through 41  
  
{'n'} {'o'} {'p'} {'q'} {'r'} {'s'} {'t'} {'u'} {'v'} {'w'} {'x'} {'y'} {'z'}  
  
>>
```

Σημείωση :Όπως φαίνεται και πιο πάνω χρησιμοποιούνται 2 χαρακτηρες για κενα , το newline (1° συμβολο στο παραπανω στιγμιότυπο) και το backspace (2° συμβολο στο πιο πανω στιγμιότυπο) τα οποία είναι διαφορετικοί χαρακτηρες και θεωρήθηκαν διαφορετικα σύμβολα στο αλφαβητο .Επίσης ως διαφορετικοί χαρακτηρες θεωρήθηκαν τα κεφαλαία και τα πεζά γραμματα και δεν έγινε μετατροπή από κεφαλαία σε πεζά όπως στο προηγούμενο ερώτημα .Τελος σε αυτό το ερώτημα σύμβολα του αλφαβήτου αποτελούν και οι χαρακτηρες «-», «'» , «.» , «/» κλπ. Δηλαδή ολοι οι διαφορετικοι χαρακτηρες του αρχείου θεωρούνται ξεχωριστά συμβολα του αλφαβήτου.

Παρακάτω φαίνεται η μορφή του κειμένου προς κωδικοποίηση :

```

1x37096 cell

val =

Columns 1 through 14
    {'k'}    {'←'}    {'↓'}    {'k'}    {'Δ'}    {'←'}    {'↓'}    {'k'}    {'a'}    {'←'}    {'↓'}    {'k'}    {'a'}    {'-'}

Columns 15 through 28
    {'←'}    {'↓'}    {'k'}    {'a'}    {'a'}    {'b'}    {'a'}    {'←'}    {'↓'}    {'k'}    {'a'}    {'a'}    {'m'}    {'a'}

Columns 29 through 42
    {'←'}    {'↓'}    {'k'}    {'a'}    {'a'}    {'s'}    {'←'}    {'↓'}    {'k'}    {'a'}    {'a'}    {'t'}    {'a'}    {'p'}

Columns 43 through 56
    {'l'}    {'e'}    {'c'}    {'t'}    {'l'}    {'c'}    {'←'}    {'↓'}    {'k'}    {'a'}    {'b'}    {'←'}    {'↓'}    {'k'}

Columns 57 through 70
    {'a'}    {'b'}    {'a'}    {'b'}    {'←'}    {'↓'}    {'k'}    {'a'}    {'b'}    {'a'}    {'b'}    {'s'}    {'←'}    {'↓'}

Columns 71 through 84
    {'k'}    {'a'}    {'b'}    {'a'}    {'k'}    {'a'}    {'←'}    {'↓'}    {'k'}    {'a'}    {'b'}    {'a'}    {'k'}    {'a'}

Columns 85 through 98
    {'s'}    {'←'}    {'↓'}    {'k'}    {'a'}    {'b'}    {'a'}    {'l'}    {'a'}    {'←'}    {'↓'}    {'k'}    {'a'}    {'b'}

Columns 99 through 112
    {'a'}    {'l'}    {'a'}    {'s'}    {'←'}    {'↓'}    {'k'}    {'a'}    {'b'}    {'a'}    {'z'}    {'←'}    {'↓'}    {'k'}

Columns 113 through 126
    {'a'}    {'b'}    {'a'}    {'z'}    {'a'}    {'g'}    {'o'}    {'y'}    {'a'}    {'←'}    {'↓'}    {'k'}    {'a'}    {'b'}

Columns 127 through 140
    {'a'}    {'z'}    {'s'}    {'←'}    {'↓'}    {'k'}    {'a'}    {'b'}    {'a'}    {'s'}    {'s'}    {'o'}    {'u'}    {'←'}

Columns 141 through 154
    {'↓'}    {'k'}    {'a'}    {'b'}    {'a'}    {'y'}    {'a'}    {'←'}    {'↓'}    {'k'}    {'a'}    {'b'}    {'a'}    {'y'}

Columns 155 through 168

```

Τα αποτελέσματα της εκτέλεσης του αρχείου script με ονομα MerosA_erwthma3.m φαίνονται παρακάτω:

```

Command Window

New to MATLAB? See resources for Getting Started.

To leksiko Huffman dimiourgithike
Gia thn phgh B:
Mhkos kwdikopoihshs phghs : 156395
Ta simata einai idia
To Meso Mhkos Kwdika einai : 4.2160
H apodotikotita tou kwdika einai : 0.9935
fx >>

```

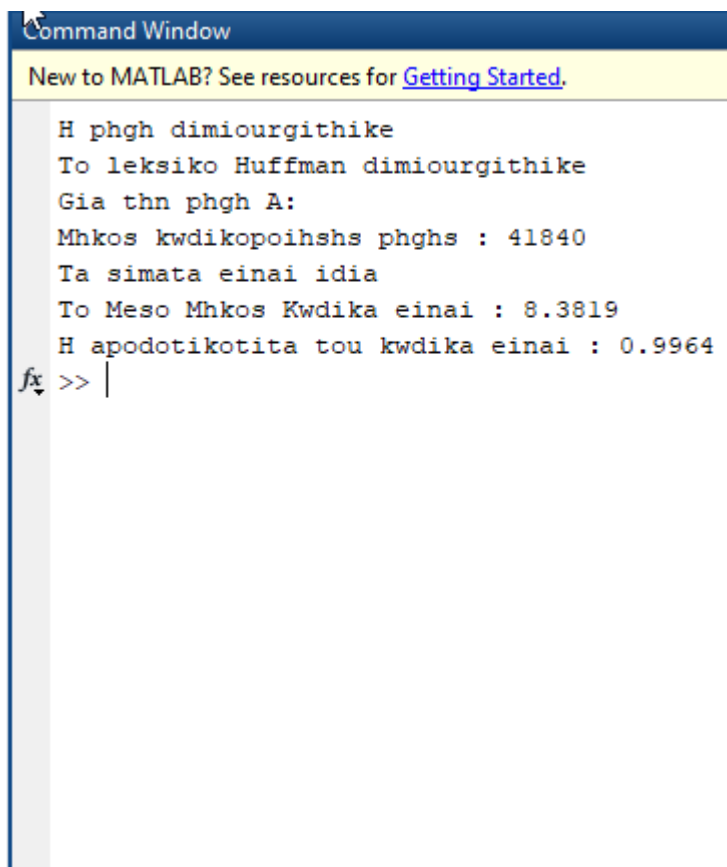
Όπως φαίνεται και στο παραπάνω στιγμιότυπο η αποκωδικοποίηση μας δίνει το ίδιο αρχείο με αυτό που κωδικοποιήθηκε .Δηλαδή προκύπτει το περιεχόμενο του κειμένου του αρχείου.Το μέσο μήκος κώδικα είναι μεγαλύτερο από αυτό του ερωτήματος 2 και αυτό συμβαίνει διότι το αλφάβητο είναι μεγαλύτερο (41 χαρακτήρες αντι για 26 που διαθέτει το 2^ο ερώτημα).Ακόμα το

μήκος της κωδικοποίησης της πηγής είναι μεγαλύτερο σε σχέση με το προηγούμενο ερώτημα δηλαδή 156395 ψηφία σε σχέση με 135482 ψηφία που είχαμε στο προηγούμενο ερώτημα και αυτό συμβαίνει γιατί το μήκος του κώδικα Huffman που αντιστοιχεί σε κάθε σύμβολο του αλφαβήτου του ερωτήματος 3 είναι μεγαλύτερο από αυτό του προηγούμενου ερωτήματος , πράγμα το οποίο συμβαίνει διότι έχουμε περισσότερα σύμβολα (41 χαρακτήρες αντί για 26 που διαθέτει το 2^ο ερώτημα) .Τέλος η αποδοτικότητα του κωδικα είναι 0,9935 που είναι ελαχιστα καλύτερη από το προηγούμενο ερώτημα.

4)Ο κωδικας του συγκεκριμενου ερωτηματος βρισκεται στο αρχειο MerosA_erwthma4.m

Στο ερώτημα αυτό υπολογίστηκε η 2^η τάξης επέκταση της πηγής Α όπου κάθε νέο σύμβολο είναι η συνένωση κάθε συμβόλου με τον εαυτό του και με τα υπόλοιπα και η πιθανότητα εμφάνισης κάθε νέου συμβόλου είναι το γινόμενο των επιμέρους πιθανοτήτων .

Τα αποτελεσματα της εκτέλεσης του αρχείου script με ονομα MerosA_erwthma4.m φαινονται παρακατω:



```
Command Window
New to MATLAB? See resources for Getting Started.

H phgh dimiourgithike
To leksiko Huffman dimiourgithike
Gia thn phgh A:
Mhkos kwdikopoihshs phghs : 41840
Ta simata einai idia
To Meso Mhkos Kwdika einai : 8.3819
H apodotikotita tou kwdika einai : 0.9964
fx >> |
```

Όπως φαίνεται από το παραπάνω στιγμιότυπο αρχικά δημιουργείται το λεξικο Huffman με βάση το νέο αλφάβητο και τις νέες πιθανότητες της 2^{ης} τάξης επέκτασης πηγής και έπειτα γίνεται έλεγχος για την ορθή αποκωδικοποίηση και προκύπτει ότι το σήμα που αποκωδικοποιείται είναι το ίδιο με αυτό που κωδικοποιήθηκε .Το μέσο μήκος κωδικα είναι περίπου το διπλάσιο από αυτό του ερωτήματος 2 και αυτό συμβαίνει διοτι αν στο αλφάβητο της πηγής Α έχουμε x συμβολα τοτε στην 2^{ης} τάξης επέκταση της πηγής Α θα έχουμε x²

συμβολα οπότε το μέσο μήκος κώδικα είναι περιπου το διπλάσιο από το αρχικο.Επίσης παρατηρούμε ότι το μήκος κωδικοποίησης της 2^{ης} τάξης επέκτασης πηγής είναι 41840 που είναι ελάχιστα μικροτερο από αυτό στο ερώτημα 2 που ήταν 41967 που όμως δε μπορεί να μας οδηγήσει σε βέβαιο συμπερασμα διοτι τα σύμβολα που παραγει η πηγη Α είναι τυχαia και στις 2 περιπτωσεις και ο κώδικας του κάθε συμβολου εχει διαφορετικό μήκος .Τέλος η αποδοτικότητα είναι 0,9964 στην 2^{ης} τάξης επέκταση πηγής που είναι μεγαλύτερη από την αποδοτικότητα που ειχα για την πηγή Α στο ερώτημα 2 η οποία ήταν 0,9930 πράγμα το οποίο επαληθεύει τη θεωρία ,δηλαδή ότι όσο μεγαλύτερης τάξης επέκταση εχουμε τοτε τοσο καλύτερη αποδοτικότητα κωδικοποίησης πετυχαίνουμε , δηλαδή η αποδοτικότητα τείνει να πλησιάζει περισσότερο το 1 δηλαδή στο όριο συμπίεσης της πηγής (εντροπία) .Αρα καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι για να βελτιώσουμε την αποδοτικότητα κωδικοποίησης για τον ίδιο αλγόριθμο κωδικοποίησης αρκεί να παρουμε μεγαλύτερης τάξης επέκταση της πηγής.

5) Ο κωδικας του συγκεκριμενου ερωτηματος βρισκεται στο αρχειο MerosA_erwthma5.m

Τα αποτελεσματα της εκτελεσης του αρχειου script με ονομα MerosA_erwthma5.m φαινονται παρακατω:

```
Command Window
New to MATLAB? See resources for Getting Started.

Gia thn phgh B kwdikopoiountas me to alfavito ths A:
To leksiko Huffman dimiourgithike
Mhkos kwdikopoihshs phghs : 134426
Ta simata einai idia
To Meso Mhkos Kwdika einai : 8.3819
H apodotikotita tou kwdika einai : 0.9964

Gia thn phgh B kwdikopoiountas me to alfavito ths B:
To leksiko Huffman dimiourgithike
Mhkos kwdikopoihshs phghs : 156302
Ta simata einai idia
To Meso Mhkos Kwdika einai : 8.4064
H apodotikotita tou kwdika einai : 0.9935

fx >>
```

Αρχικά και για τα 2 σκέλη του ερωτήματος επαληθεύεται η ορθότητα της αποκωδικοποίησης .Για την κωδικοποίηση της πηγής Β με το αλφάβητο της 2^{ης} επέκτασης της πηγής Α το μεσο μήκος κωδικα είναι το διπλάσιο σε σχέση με την κωδικοποίηση της πηγής Β με το αλφαβητο

της A που πραγματοποιήθηκε στο ερώτημα 2 για το λόγο που αναφέρθηκε στο προηγούμενο ερώτημα.Ομως το μήκος της κωδικοποίησης της πηγής είναι μικρότερο (134426) από αυτό που υπολογίστηκε στο ερώτημα 2 (135482) και επίσης η αποδοτικότητα της κωδικοποίησης είναι 0,9964 που είναι μεγαλύτερη από αυτήν που υπολογίστηκε στο ερωτημα 2 (0,9930). Για την κωδικοποίηση της πηγής B με το αλφάβητο της 2^{ης} επέκτασης της πηγής B το μεσο μήκος κωδικα είναι το διπλάσιο σε σχέση με την κωδικοποίηση της πηγής B με το αλφαβητο της B που πραγματοποιήθηκε στο ερώτημα 3 για το λόγο που αναφέρθηκε στο προηγούμενο ερώτημα.Ομως το μήκος της κωδικοποίησης της πηγής είναι μικρότερο (156302) από αυτό που υπολογίστηκε στο ερώτημα 3 (156395) και επίσης η αποδοτικότητα της κωδικοποίησης είναι 0,9935 που είναι ίδια με αυτήν στο ερώτημα 3 .

Γενικά Συμπεράσματα : Από όλα τα παραπάνω ερωτήματα φαίνονται τα εξής :

1.Μας συμφέρει καλύτερα να πάρουμε ένα συγκεκριμένο αλφάβητο για να κωδικοποιήσουμε μια πηγη παρα να δημιουργήσουμε ένα αλφαβητο με βαση τα συμβολα που παραγει η πηγη και αυτό γιατί έτσι αποφευγουμε την δημιουργία αλφαβητου που περιεχει συμβολα που δεν θέλουμε στο αλφαβητο τα οποία μπορεί να οδηγήσουν σε μεγαλύτερο μεσο μηκος κωδικα και κατ'επέκταση σε μεγαλύτερο μηκος κωδικοποίησης .

2.Μας συμφέρει καλύτερα για τον ίδιο αλγόριθμο κωδικοποίησης να χρησιμοποιήσουμε την ν^{οστης} τάξης επέκταση της πηγής γιατί έτσι καταφέρνουμε να έχουμε καλύτερη αποδοτικότητα κωδικοποίησης γιατί όσο μεγαλύτερης τάξης επέκταση έχουμε τότε τόσο καλύτερη αποδοτικότητα κωδικοποίησης πετυχαίνουμε , δηλαδή η αποδοτικότητα τείνει να πλησιάζει περισσότερο το 1 δηλαδή στο όριο συμπίεσης της πηγής (εντροπία).

Παρακάτω δίνεται ο κώδικας των παραπάνω ερωτημάτων :

myhuffmandict.m

```
function [dict,avglen] = myhuffmandict(symbols,p)
    sz=length(symbols);
    adj_sz = sz;
    %dimiourgia cell pou periexei symvola kai tis pithanothtes
    emfanishs toys
    symb_cell = cell(sz,5);
    for i=1:sz
        symb_cell{i,1} = symbols{i};
        symb_cell{i,2} = p(i);
    end
    %diataksi simvolwn kata fthinousa seira pithanothtwn
    symb_cell = sortrows(symb_cell,2,'descend');
    %ylopoihs Huffman
    %dhladh gia ta 2 stoixeia me tis mikrotteres pithanothtes ginetai
    sinenosh twn stoixiwn se ena neo me pithanothta
    %to athroisma twn pithanothtwn tw 2 stoixeiwn ,to neo stoixeio
    apothikevetai sth thesh 1 tou neoy row pou dimiourgite
    %kai to p tou neou stoixiou sth thesh 2 tou neou row
```



```

    %episis dimiourgounte alla 2 collumns pou periexoun ta stoixeia apo
    ta opoia dimiourgithike to neo stoixeio
    for i = sz : -1 : 2
        adj_sz = adj_sz + 1 ;
        %xrisimopoihtai h sprintf anti ths apo katw wste na mhn
        xanontai ta newline kai
        %ta backspace symvola
        %symb_cell{adj_sz,1} = strcat(symb_cell{i,1} , symb_cell{i-
        1,1});
        symb_cell{adj_sz,1} = sprintf('%s%s'
        ,symb_cell{i,1},symb_cell{i-1,1});
        symb_cell{adj_sz,2} = symb_cell{i,2} + symb_cell{i-1,2};
        symb_cell{adj_sz,3} = symb_cell{i,1};
        symb_cell{adj_sz,4} = symb_cell{i-1,1};
        symb_cell = sortrows(symb_cell,2,'descend');
    end
    %ginete anathesh kwdika se kathe stoixeio tou alfavitou
    %gia na diasxisoume to dentro huffman xrisimopoioume mia oura gia
    na krataei tous komvους pou episkeptomaste
    %ksekiname apo to stoixeio sth grammh 1 tou cell to opoio exei th
    megaliterh pithanothta
    queue = {};
    r=1;
    %mexri na episkeftoume ola ta stoixeia ths ouras
    while ~isempty(r)
        l_child = symb_cell{r,4};
        r_child = symb_cell{r,3};
        if ~isempty(l_child)
            %sth stilh 5 tou symvoloy apo to opoio proilthe to neo
            symvolo vazoume thn timh 0
            symb_cell{find(strcmp(symb_cell(:,1), l_child)),5} =
            [symb_cell{r,5} 0];
            %prosthetoume sthn oura th thesh toy symvolou apo to opoio
            proilthe to neo symvolo
            queue{end+1} = find(strcmp(symb_cell(:,1), l_child));
        end
        if ~isempty(r_child)
            %sth stilh 5 tou symvoloy apo to opoio proilthe to neo symvolo
            vazoume thn timh 1
            symb_cell{find(strcmp(symb_cell(:,1), r_child)),5} =
            [symb_cell{r,5} 1];
            %prosthetoume sthn oura th thesh toy symvolou apo to opoio
            proilthe to neo symvolo
            queue{end+1} = find(strcmp(symb_cell(:,1), r_child));
        end

        if length(queue) ~= 0
            %sto dikth r vazoume th thesh tou symvolou pou perimenei sthn
            oura
            r = queue{1};
        else
            %an exoume episkeftei ola ta stoixeia ths ouras aadiazoume to r
            r = [];
        end
        %aferoume to 1o stoixeio ths ouras
        queue = queue(2:end);
    end
end

```

```

%taksinomish tw n symvolwn analoga me to megethos tou symvolou
[~,stringLength] = sort(cellfun(@length,symb_cell(:,1)), 'ascend');
symb_cell = symb_cell(stringLength,:);
%kratame mono ta arxika symvola
dict(:,1) = symb_cell(1:sz,1);
dict(:,2) = symb_cell(1:sz,5);
%alfavitikh taksinomish symvolwn
dict = sortrows(dict,1, 'ascend');
%evresh mesou mikous kwdika
avglen=0;
for i = 1 : length(dict)
    avglen = avglen+numel(dict{i,2})*p(i);
end

end

```

myhuffmanenco.m

```

function comp = myhuffmanenco(sig, dict)
comp = [];
%ginetai elegxos gia to an to sima einai cell h vector kai epita
dimiourgitai h kwdikopoihmenh diadikh akolouthia eksodou
%analoga me ton kwdika pou antistoixei sto kathe symvolo tou alfavitou
if iscell(sig)
    for i=1:length(sig)
        for j=1:length(dict)
            if strcmp(sig{i},dict{j,1})
                comp=[ comp , cell2mat(dict(j,2)) ];
            end
        end
    end
else
    for i=1:length(sig)
        comp=[ comp ,
cell2mat(dict(find(cell2mat(dict(:,1))==sig(i)),2)) ];
    end
end
end

```

myhuffmandeco.m

```

function dsig = myhuffmandeco(comp,dict)
dsig = {};
c2= 1;
c1 = 1;
%ginetai apokwdikopoihsh ths kwdikopoihmens diadikhs akolouthias wste
na metatrapei sto arxiko keimeno
%antistoixizontas ton kwdika tou kathe symvolou sto antistoixo symvolo
while c2 < length(comp)
    flag = 0 ;
    while 1
        for i = 1:length(dict)
            if isequal(comp(c1:c2) , dict{i,2})
                dsig{length(dsig)+1} = dict{i,1};
                flag = 1 ;
            end
        end
        c1 = c2;
        c2 = c2 + length(dict{i,2});
    end
end

```

```

        break
    end
end
c2 = c2 + 1;
if flag == 1
    break
end
end
c1 = c2;
end
end

```

MerosA_erwthma2.m

```

clear
clc
%dimiourgia alfavitou
symbols = {'a' 'b' 'c' 'd' 'e' 'f' 'g' 'h' 'i' 'j' 'k' 'l' 'm' 'n' 'o'
'p' 'q' 'r' 's' 't' 'u' 'v' 'w' 'x' 'y' 'z'};
%dimiourgia pinaka me arithmous pou antistoixoun sto kathe gramma tou
%alfavitou
numbers = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17,
18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26];
%oi pithanothtes pou antistoixoun se kathe symvolo tou alfavitou
p = [0.08167, 0.01492, 0.02782, 0.04253, 0.12702, 0.02228, 0.02015,
0.06094, 0.06966, 0.00153, 0.00772, 0.04025, 0.02406, 0.06749, 0.07507,
0.01929, 0.00095, 0.05987, 0.06327, 0.09056, 0.02758, 0.00978, 0.02361,
0.00150, 0.01974, 0.00074];
%dimiourgia tyxaias phghs me vash tis pithanothtes emfanishs kathe
symvolou
%tou alfavitou
out = randsrc(1,10000,[numbers; p]);
phgh_a = {};
for i =1:length(out)
    phgh_a{i} = symbols{out(i)};
end
disp('H phgh dimiourgithike');

%dimiourgia dictionary pou antistoixei ta symvola tou alfavitou me tis
%antistoixes pithanothtes se kwdika Huffman
[dict_a,avglen_a] = myhuffmandict(symbols,p);
disp('To leksiko Huffman dimiourgithike');
%kwdikopoihsh Huffman toy simatos ths pighs A
comp_a = myhuffmanenco(phgh_a, dict_a);
fprintf('\n');
disp('Gia thn phgh A:');
fprintf('Mhkos kwdikopoihshs phghs : %d \n', length(comp_a));
%apokwdikopoihsh phghs A
dsig_a = myhuffmandeco(comp_a, dict_a);
%elegxos an to shma pou apokwdikopoihthike einai to idio me to sima pou
kwdikopoihthike

if isequal(phgh_a,dsig_a)
    disp('Ta simata einai idia');
else

```

```

        disp('Ta simata DEN einai idia');
    end
    fprintf('To Meso Mhkos Kwdika einai : %.4f \n', avglen_a);
    %diavazoume to arxeio kai kratame mono ta stoixeia pou anikoun sto
    alfavito me vash tis pithanothtes ths pighs A
    file_txt = lower(regexprep(fileread('kwords.txt'), '^[a-zA-Z]', ''));
    %metatroph se alphanumeric cell array
    file_txt_cell = {};
    for i=1:length(file_txt)
        file_txt_cell{length(file_txt_cell)+1} = file_txt(i);
    end
    %kwdikopoihsh Huffman toy simatos ths pighs B
    comp_b = myhuffmanenco(file_txt_cell, dict_a);
    fprintf('\n');
    disp('Gia thn phgh B:');
    fprintf('Mhkos kwdikopoihshs phghs : %d \n', length(comp_b));
    %apokwdikopoihsh phghs A
    dsig_b = myhuffmandeco(comp_b, dict_a);
    %elegxos an to shma pou apokwdikopoihthike einai to idio me to sima pou
    kwdikopoihthike

    if isequal(file_txt_cell, dsig_b)
        disp('Ta simata einai idia');
    else
        disp('Ta simata DEN einai idia');
    end
    fprintf('To Meso Mhkos Kwdika einai : %.4f \n', avglen_a);
    %ypologismos entropias
    entropia=0;
    for i=1:length(p)
        entropia=entropia+p(i)*log2(1./p(i));
    end

    fprintf('\nH apodotikotita tou kwdika einai : %.4f \n',
    entropia./avglen_a);

```

MerosA_erwthma3.m

```

clear
clc
%topothetountai ta periexomena tou arxeiou se mia metablhth
file_txt = fileread('kwords.txt');
%dimiourgia alfavitou
getsymbols = unique(file_txt);
symbols={};
for i=1 :length(getsymbols)
    symbols{length(symbols)+1} = getsymbols(i);
end

%eyresh pithanothtwn emfanishs kathe symvolou
p=[];
for i=1:length(symbols)
    p = [p, count(file_txt,symbols{i})/length(file_txt)];
end
%metatroph se alphanumeric cell array
file_txt_cell = {};

```

```

for i=1:length(file_txt)
    file_txt_cell{length(file_txt_cell)+1} = file_txt(i);
end
%dimiourgia dictionary pou antistoixei ta symvola tou alfavitou me tis
%antistoixes pithanothtes se kwdika Huffman
[dict_b,avglen_b] = myhuffmandict(symbols,p);
disp('To leksiko Huffman dimiourgithike');
%kwdikopoihsh Huffman toy simatos ths pighs B
comp_b = myhuffmanenco(file_txt_cell, dict_b);
disp('Gia thn phgh B:');
fprintf('Mhkos kwdikopoihshs phghs : %d \n', length(comp_b));
%apokwdikopoihsh phghs B
dsig_b = myhuffmandeco(comp_b, dict_b);
%elegxos an to shma pou apokwdikopoihthike einai to idio me to sima pou
kwdikopoihthike

if isequal(file_txt_cell,dsig_b)
    disp('Ta simata einai idia');
else
    disp('Ta simata DEN einai idia');
end
fprintf('To Meso Mhkos Kwdika einai : %.4f \n', avglen_b);
%ypologismos entropias
entropia=0;
for i=1:length(p)
    entropia=entropia+p(i)*log2(1./p(i));
end

fprintf('H apodotikotita tou kwdika einai : %.4f \n',
entropia./avglen_b);

```

MerosA_erwthma4.m

```

clear
clc
%grammata alfavitou
alphabet = {'a' 'b' 'c' 'd' 'e' 'f' 'g' 'h' 'i' 'j' 'k' 'l' 'm' 'n' 'o'
'p' 'q' 'r' 's' 't' 'u' 'v' 'w' 'x' 'y' 'z'};
%oi pithanothtes pou antistoixoun se kathe symvolo tou alfavitou
p_alphabet = [0.08167, 0.01492, 0.02782, 0.04253, 0.12702, 0.02228,
0.02015, 0.06094, 0.06966, 0.00153, 0.00772, 0.04025, 0.02406, 0.06749,
0.07507, 0.01929, 0.00095, 0.05987, 0.06327, 0.09056, 0.02758, 0.00978,
0.02361, 0.00150, 0.01974, 0.00074];

%ypologismos alfavitou 2hs takshs epektashs phghs kai pithanothtwn
symvolwn ths
symbols = {};
p=[];
for i=1:length(alphabet)
    for j=1:length(alphabet)
        symbols{length(symbols)+1} = strcat(alphabet{1,i} ,
alphabet{1,j});
        p = [p p_alphabet(1,i)*p_alphabet(1,j)];
    end
end
%dimiourgia pinaka me arithmous pou antistoixoun sto kathe gramma tou

```

```

%alfavitou
numbers = [1:length(symbols)];
%dimiourgia tyxaias phghs me vash tis pithanothtes emfanishs kathe
symvolou
%tou alfavitou
out = randsrc(1,5000,[numbers; p]);
phgh_a = {};
for i =1:length(out)
    phgh_a{i} = symbols{out(i)};
end
disp('H phgh dimiourgithike');
%dimiourgia dictionary pou antistoixei ta symvola tou alfavitou me tis
%antistoixes pithanothtes se kwdika Huffman
[dict_a,avglen_a] = myhuffmandict(symbols,p);
disp('To leksiko Huffman dimiourgithike');
%kwdikopoihsh Huffman toy simatos ths pighs A
comp_a = myhuffmanenco(phgh_a, dict_a);
disp('Gia thn phgh A:');
fprintf('Mhkos kwdikopoihshs phghs : %.d \n', length(comp_a));
%apokwdikopoihsh phghs A
dsig_a = myhuffmandeco(comp_a, dict_a);
%elegxos an to shma pou apokwdikopoihthike einai to idio me to sima pou
kwdikopoihthike

if isequal(phgh_a,dsig_a)
    disp('Ta simata einai idia');
else
    disp('Ta simata DEN einai idia');
end
fprintf('To Meso Mhkos Kwdika einai : %.4f \n', avglen_a);
%ypologismos entropias
entropia=0;
for i=1:length(p)
    entropia=entropia+p(i)*log2(1./p(i));
end

fprintf('H apodotikotita tou kwdika einai : %.4f \n',
entropia./avglen_a);

```

MerosA_erwthma5.m

```

clear
clc
%grammata alfavitou
alphabet = {'a' 'b' 'c' 'd' 'e' 'f' 'g' 'h' 'i' 'j' 'k' 'l' 'm' 'n' 'o'
'p' 'q' 'r' 's' 't' 'u' 'v' 'w' 'x' 'y' 'z'};
%oi pithanothtes pou antistoixoun se kathe symvolo tou alfavitou
p_alphabet = [0.08167, 0.01492, 0.02782, 0.04253, 0.12702, 0.02228,
0.02015, 0.06094, 0.06966, 0.00153, 0.00772, 0.04025, 0.02406, 0.06749,
0.07507, 0.01929, 0.00095, 0.05987, 0.06327, 0.09056, 0.02758, 0.00978,
0.02361, 0.00150, 0.01974, 0.00074];

%ypologismos alfavitou 2hs takshs epektashs phghs kai pithanothtwn
symvolwn ths
symbols = {};
p=[];

```

```

for i=1:length(alphabet)
    for j=1:length(alphabet)
        symbols{length(symbols)+1} = strcat(alphabet{1,i} ,
alphabet{1,j});
        p = [p p_alphabet(1,i)*p_alphabet(1,j)];
    end
end
%dimiourgia pinaka me arithmous pou antistoixoun sto kathe gramma tou
%alfavitou
numbers = [1:length(symbols)];

disp('Gia thn phgh B kwdikopoiontas me to alfavito ths A:');
%dimiourgia dictionary pou antistoixei ta symvola tou alfavitou me tis
%antistoixes pithanothtes se kwdika Huffman
[dict_a,avglen_a] = myhuffmandict(symbols,p);
disp('To leksiko Huffman dimiourgithike');
%diavazoume to arxeio kai kratame mono ta stoixeia pou anikoun sto
alfavito me vash tis pithanothtes ths pighs A
file_txt = lower(regexprep(fileread('keywords.txt'),'[^a-zA-Z]', ''));
%metatroph se alphanumeric cell array
file_txt_cell = {};
for i=1:length(dict_a{1,1}):length(file_txt)
    file_txt_cell{length(file_txt_cell)+1} =
file_txt(i:(i+length(dict_a{1,1})-1));
end
%kwdikopoihsh Huffman toy simatos ths pighs B
comp_b = myhuffmanenco(file_txt_cell, dict_a);

fprintf('Mhkos kwdikopoihshs phghs : %d \n', length(comp_b));
%apokwdikopoihsh phghs A
dsig_b = myhuffmandeco(comp_b, dict_a);
%elegxos an to shma pou apokwdikopoihthike einai to idio me to sima pou
kwdikopoihthike

if isequal(file_txt_cell,dsig_b)
    disp('Ta simata einai idia');
else
    disp('Ta simata DEN einai idia');
end
fprintf('To Meso Mhkos Kwdika einai : %.4f \n', avglen_a);
%ypologismos entropias
entropia=0;
for i=1:length(p)
    entropia=entropia+p(i)*log2(1./p(i));
end

fprintf('H apodotikotita tou kwdika einai : %.4f \n',
entropia./avglen_a);
%topothetountai ta periexomena tou arxeiou se mia metablth
file_txt_2 = fileread('keywords.txt');
%dimiourgia alfavitou
getsymbols = unique(file_txt_2);
symbols_2={};
for i=1:length(getsymbols)
    symbols_2{length(symbols_2)+1} = getsymbols(i);
end

```

```

%eyresh pithanothwn emfanishs kathe symvolou
p_2=[];
for i=1:length(symbols_2)
    p_2 = [p_2, count(file_txt_2,symbols_2{i})/length(file_txt_2)];
end
symbols2 = {};
p2=[];
for i=1:length(symbols_2)
    for j=1:length(symbols_2)
        symbols2{length(symbols2)+1} = sprintf('%s%s' ,symbols_2{1,i} ,
symbols_2{1,j});
        p2 = [p2 p_2(1,i)*p_2(1,j)];
    end
end
fprintf('\n');
disp('Gia thn phgh B kwdikopoiontas me to alfavito ths B:');
%dimiourgia dictionary pou antistoixei ta symvola tou alfavitou me tis
%antistoixes pithanothtes se kwdika Huffman
[dict_b,avglen_b] = myhuffmandict(symbols2,p2);
disp('To leksiko Huffman dimiourgithike');
%metatroph se alphanumeric cell array
file_txt_cell_2 = {};
for i=1:length(dict_b{1,1}):length(file_txt_2)
    file_txt_cell_2{length(file_txt_cell_2)+1} =
file_txt_2(i:(i+length(dict_b{1,1})-1));
end
%kwdikopoihsh Huffman toy simatos ths pighs B
comp_b_2 = myhuffmanenco(file_txt_cell_2, dict_b);

fprintf('Mhkos kwdikopoihshs phghs : %d \n', length(comp_b_2));
%apokwdikopoihsh phghs B
dsig_b_2 = myhuffmandeco(comp_b_2, dict_b);
%elegxos an to shma pou apokwdikopoihthike einai to idio me to sima pou
kwdikopoihthike

if isequal(file_txt_cell_2,dsig_b_2)
    disp('Ta simata einai idia');
else
    disp('Ta simata DEN einai idia');
end
fprintf('To Meso Mhkos Kwdika einai : %.4f \n', avglen_b);
%ypologismos entropias
entropia2=0;
for i=1:length(p2)
    entropia2=entropia2+p2(i)*log2(1./p2(i));
end

fprintf('H apodotikotita tou kwdika einai : %.4f \n',
entropia./avglen_b);

```


Μέρος Β

Κωδικοποίηση Διακριτής Πηγής με τη μέθοδο DPCM

1) Οι κωδικές του συγκεκριμένου ερωτηματος βρισκονται στα αρχεια my_quantizer.m και DPCM.m

Για το ερωτημα αυτό αρχικά υλοποιήθηκε ο ομοιομορφος κβαντιστης N δυαδικων ψηφίων δηλαδή 2^N επιπέδων ως συναρτηση matlab ο κωδικας του οποίου βρίσκεται στο αρχείο my_quantizer.m. Ο κβαντιστής αρχικά θέτει τις τιμές του δειγματος που βρίσκονται εκτος των ακρων min_value και max_value ίσες με min_value και max_value αντιστοιχα. Επειτα υπολογίζει το βημα κβαντισμού Δ ως $\Delta = (\max_value - \min_value) / 2^N$ και υπολογίζει τα κεντρα των περιοχών κβαντισης ως εξής :

Αρχικα υπολογίζει το κεντρο 1 ως $\text{centers}(1) = \max_value - \Delta/2$ και το κεντρο 2^N ως $\text{center}(2^N) = \min_value + \Delta/2$ και επειτα για i από 2 μεχρι $2^N - 1$ υπολογίζει τα κεντρα ως $\text{centers}(i) = \text{centers}(i-1) - \Delta$. Τελος για το δειγμα εισοδου ελεγχει σε ποια περιοχη ανηκει το δειγμα λαμβάνοντας υποψη ότι το ανω ακρο της κάθε περιοχης κβαντισης είναι κλειστο ενώ το κατω ακρο ανοιχτό εκτος από το τελευταιο κατω ακρο στο τελευταιο διάστημα το οποιο λαμβανεται ως κλειστο, και παραγει το κωδικοποιημενο δειγμα το οποίο χρησιμοποιείται ως δείκτης στο centers για να παρουμε το κβαντισμενο δειγμα .

Επειτα υλοποιείται το DPCM σαν συναρτηση matlab η οποία δεχεται ως εισοδο το δειγμα εισοδου x , την ταξη του προβλέπτη p και το πληθος δυαδικών ψηφίων του κβαντιστή N. Αρχικα βρισκουµε το διανυσµα αυτοσυσχετισης r και τον πινακα αυτοσυσχετισης R μέσω των παρακάτω σχέσεων αντιστοιχα:

$$\hat{R}_x(i) = \frac{1}{N-p} \sum_{n=p+1}^N x(n)x(n-i), \quad 1 \leq i \leq p$$

$$\hat{R}_x(i-j) = \frac{1}{N-p} \sum_{n=p+1}^N x(n-j)x(n-i), \quad 1 \leq i, j \leq p$$

με τη βοηθεια των οποίων υπολογίζεται το διάνυσμα συντελεστων του φίλτρου πρόβλεψης α μέσω της λυσης της $\alpha = R^{-1}r$. Επειτα υπολογίζονται οι κβαντισμένες τιμές του διανυσματος α χρησιμοποιώντας τον ομοιόμορφο κβαντιστή που δημιουργήσαμε θετοντας $N=8$ bits και δυναμική περιοχή $[-2 \ 2]$.

Στην συνεχεια γίνεται αρχικοποίηση του συστήματος θεωρώντας ότι οι p πρώτες τιμές μεταδίδονται χωρίς σφάλματα και μη κβαντισμένες. Η επιλογή αυτή εγινε με το σκεπτικό ότι οι p συντελεστες προβλεψης α θα πρεπει να πολλαπλασιασθουν με p προηγούμενες ανακατασκευασμένες τιμές στη μνήμη του πομπού αλλα και του δεκτη (οι οποίες είναι από n-1 μεχρι n-p , οπου n ο αριθμος του στοιχείου που ξεκινα από p+1), όμως αφού δεν υπαρχουν ανακατασκευασμενες τιμές στη μνήμη , το μικρότερο πλήθος τιμών που μπορουµε να θεωρίσουμε ότι μεταδίδονται χωρις σφάλματα και μη κβαντισμένες είναι p. Στην συνέχεια ο πομπός υπολογίζει την πρόβλεψη με τη βοηθεια των συντελεστών πρόβλεψης και των προηγούμενων τιμών στη μνήμη ώστε να υπολογίσει το σφάλμα προβλεψης το οποίο κβαντιζει με τη βοηθεια του ομοιόμορφου κβαντιστη (θετοντας N bits το N που δινεται ως εισοδος στην συναρτηση και δυναμικη περιοχη $[-3.5 \ 3.5]$) και το στέλνει στο δέκτη .

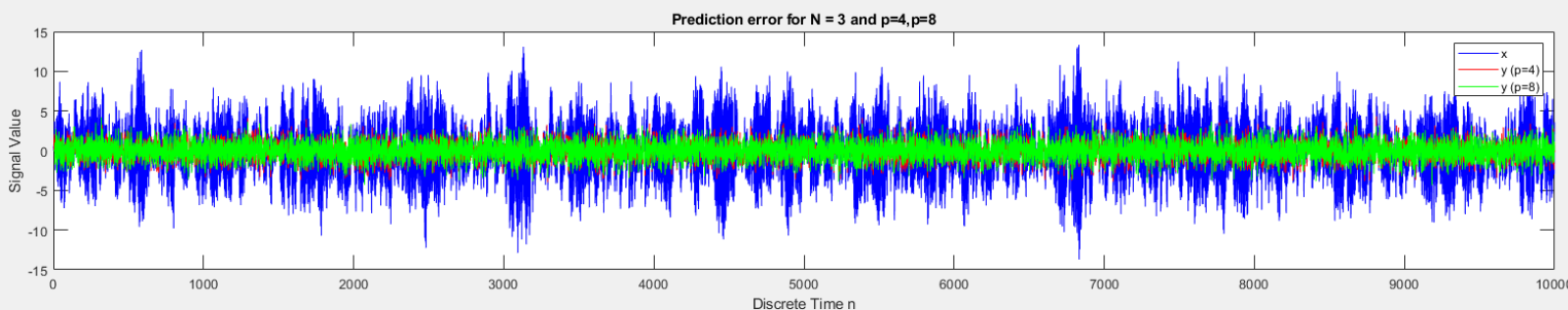
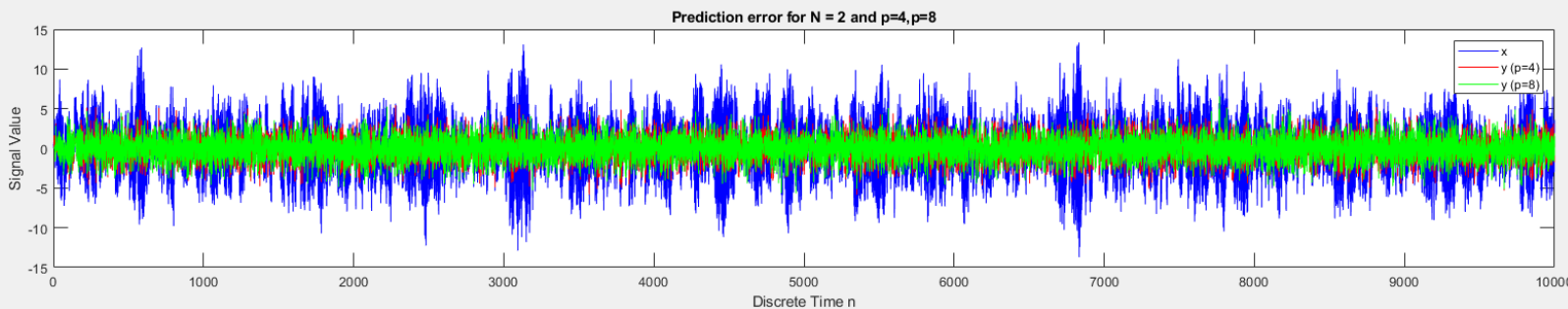
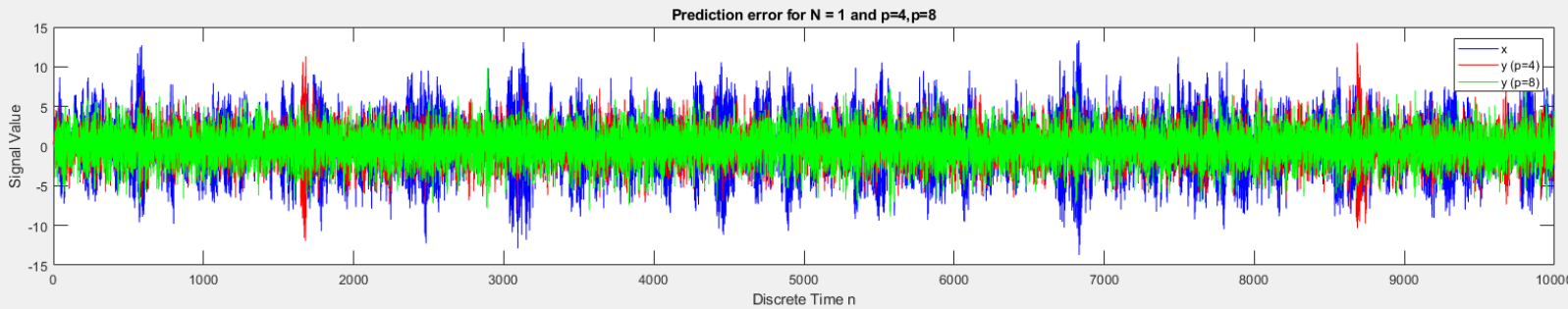
Θεωρούμε ότι και στο δεκτη οι p πρώτες ανακατασκευασμένες τιμές ταυτίζονται με τις τιμές των δειγμάτων εισόδου x . Ο δεκτης λαμβάνει το κβαντισμένο σφάλμα προβλεψής από τον πομπού, έπειτα υπολογίζει την πρόβλεψη και με την βοήθεια αυτών ανακατασκευάζει το σήμα εισόδου. Η συνάρτηση επιστρέφει το σφάλμα προβλεψής που υπολόγισε ο πομπού και το ανακατασκευασμένο σήμα εισόδου που υπολόγισε ο δεκτης.

Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι και στον πομπού για τον υπολογισμό της προβλεψής γίνεται χρήση των προηγούμενων ανακατασκευασμένων τιμών του x και όχι το σήμα εισόδου x οπότε η ανακατασκευή του x υπολογίζεται και στον πομπού και στον δεκτη.

2) Ο κωδικας του συγκεκριμένου ερωτήματος βρίσκεται στο αρχείο `MerosB_erwthma2.m`

Για τον σχεδιασμό των γραφημάτων επιλέχθηκε $p=4$ και $p=8$.

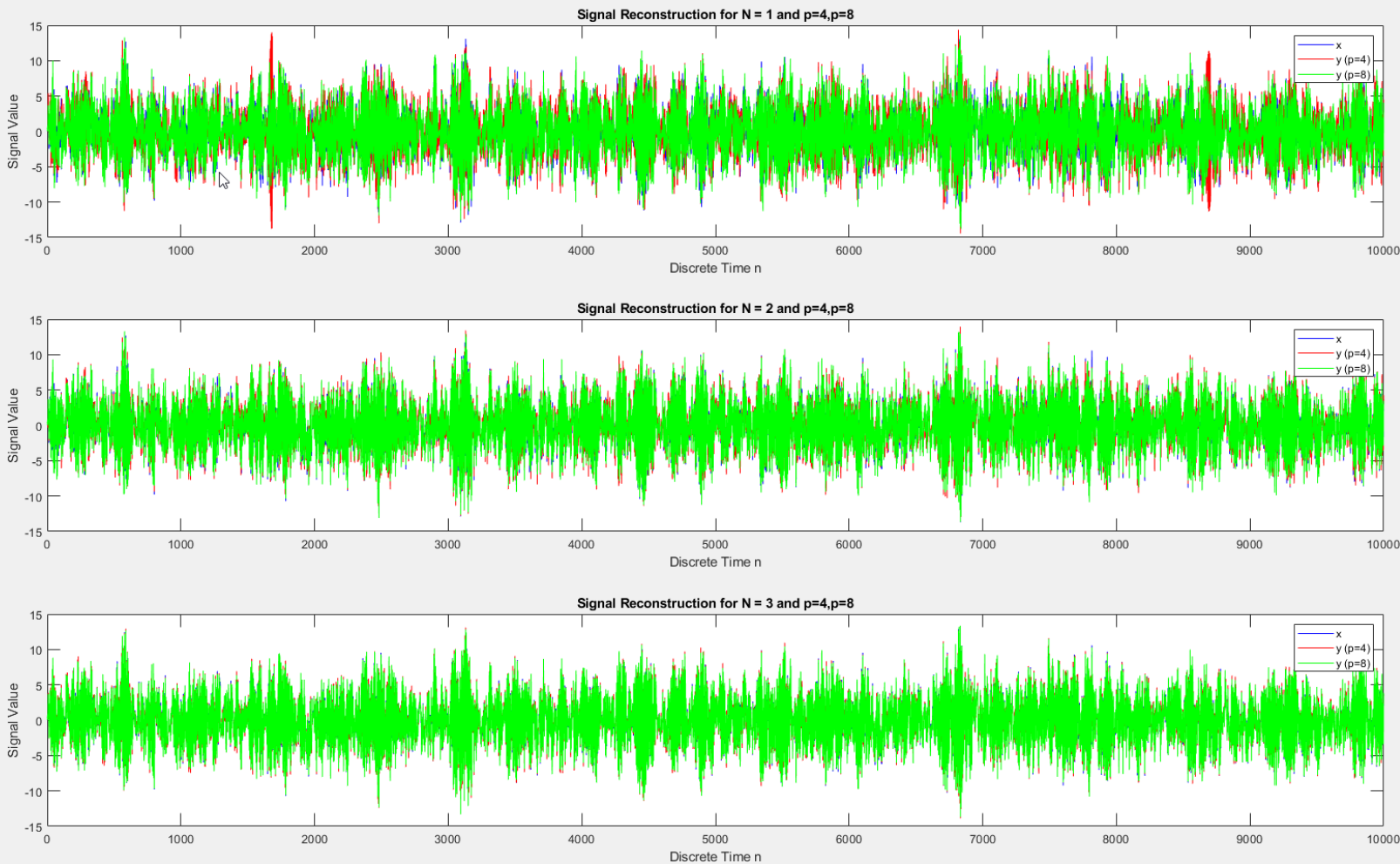
Παρακάτω φαίνονται τα γραφήματα που σχεδιάστηκαν για $N=1,2,3$ όπου στο κάθε γράφημα απεικονίζονται το αρχικό σήμα (με μπλε χρώμα) και τα σφάλματα προβλεψής για $p=4$ (με κόκκινο χρώμα) και για $p=8$ (με πράσινο χρώμα).



Αρχικά παρατηρούμε ότι όταν αυξάνουμε το N δηλαδή τα bits του κβαντιστή, η τιμή του σφάλματος προβλεψής για $p=4$ και για $p=8$ μειώνεται. Αυτό συμβαίνει διότι όσο περισσότερα bits κβάντισης έχουμε στην διαθεση μας τόσο μεγαλύτερη ακρίβεια προσφέρει ο κβαντιστής. Ακόμα σε κάθε γράφημα φαίνεται ότι όσο το p αυξάνει τόσο το σφάλμα μειώνεται και αυτό οφείλεται στο ότι αφού κάθε προβλεψη του x δίνεται ως ένας γραμμικός συνδιασμος p προηγούμενων ανακατασκευών του x τόσο μεγαλύτερη ακρίβεια έχω για την πρόβλεψη του x οπότε τόσο μικροτερη θα είναι και η τιμη του σφάλματος προβλεψής.

4) Ο κωδικας του συγκεκριμενου ερωτηματος βρισκεται στο αρχειο MerosB_erwthma4.m

Παρακατω φαινονται τα γραφηματα που σχεδιάστηκαν για $N=1,2,3$ όπου στο κάθε γράφημα απεικονίζονται το αρχικό σήμα (με μπλε χρωμα) και οι ανακατασκευες του x για $p=4$ (με κοκκινο χρώμα) και για $p=8$ (με πρασινο χρωμα).



Από τα παραπάνω γραφήματα παρατηρούμε ότι όταν αυξάνουμε το N δηλαδή τα bits του κβαντιστή, η τιμή της ανακατασκευής του x για $p=4$ και για $p=8$ τείνει να γίνει ίδια με το αρχικό σήμα. Αυτό συμβαίνει διότι όσο περισσότερα bits κβάντισης έχουμε στην διαθεση μας

τοσο μεγαλύτερη ακρίβεια προσφέρει ο κβαντιστής τοσο για τις τιμες α (συντελεστες φίλτρου προβλεψης) οσο και για την κβαντιση του σφαλματος που μεταφέρεται στον δεκτη οποτε ο δεκτης είναι σε θέση να ανακατασκευασει το σημα με μεγαλύτερη ακριβεια.

Παρακάτω δίνεται ο κώδικας των παραπάνω ερωτημάτων :

my_quantizer.m

```
function y_hat = my_quantizer(y,N,min_value,max_value)
    %o kvantisths periorizei th dinamikh perioxh tou sfalmatos
    %provlepszhs stis times [min_value:max_value] thettontas ta deigmata
    %pou vriskontai ektoz ths dinamikhs perioxhs sthn akrea apodekth
    timh
    for i=1:length(y)
        if y(i)<min_value
            y(i) = min_value;
        elseif y(i)>max_value
            y(i) = max_value;
        end
    end
    %ypologismos tou vimatos kvantismou D
    D = (max_value - min_value) / (2^N) ;
    %ypologismos twN kentrwn kathe perioxhs
    centers(1) = max_value - D/2;
    centers(2^N) = min_value + D/2;
    for i = 2:(2^N-1)
        centers(i) = centers(i-1)-D;
    end
    %ginetai ypologismos tou kwdikopoihmenou shmatos me vash thn
    perioxh
    %pou anhkai to deigma eisodou
    y_hat(1:length(y)) = zeros();
    for i=1:length(y)
        for j=1:2^N
            %ginetai elegchos gia ton an to deigma eisodou y(i) anikei
            sthn perioxh
            % (centers(i) - D/2 , centers(i)+D/2] opou to katw akro
            einai anoixto
            %kai to anw akro kleisto
            if ((centers(j)-(D/2)) < y(i)) && (y(i) <=
            (centers(j)+(D/2)))
                %kai sto kwdikopoihmeno shma dinetai h thesh ston
                pinaka centers
                %tou kentrou pou antistoixei sto sigekrimeno deigma
                eisodou
                y_hat(i) = j;
            end
        end
        %ektws an isoute me thn timh min_value
        if y(i) == min_value;
            %opote tote dinetai sto kwdikopoihmeno shma h thesh tou
            pinaka centers
            %pou antistoixei sto teleytaio kentro ths teleytaias
            perioxhs kvantishs
```

```

        y_hat(i) = 2^N;
    end
end
%to kwdikopoihmeno shma pou ypologisame dinetai ws eisodos sto
centers
%gia na paroume to kvantismeno deigma ws centers(y_hat)
y_hat(1:length(y)) = centers(y_hat);
end

```

DPCM.m

```

function [y,x_hat]=DPCM(x,p,N)
    %ypologismos dianysmatos aytosysxetishs r ,diastashs px1 me
    stoixeio i to Rx(i)
    %opou Rx h synarthsh aytosysxetishs ths tyxaias diadikasias x(n)

    %gia 1 <= i <= p
    for i=1:p
        %ypologismos tou R_hat_x(i) pou apotelei to stoixeio sthn thesh
        i tou
        %dianismatos r
        sum = 0;
        for n=p+1:length(x)
            sum=sum+x(n)*x(n-i);
        end
        r(i) = sum/(length(x)-p);
    end
    r=r';
    %ypologismos pinaka aytosysxetishs r ,diastashs pxp me stoixeio
    (i,j)
    %to Rx(i-j) opou Rx h synarthsh aytosysxetishs ths tyxaias
    diadikasias x(n)
    for i=1:p
        for j=1:p
            %ypologismos tou R_hat_x(i) pou apotelei to stoixeio sthn
            thesh i tou
            %dianismatos r
            sum = 0;
            for n=p+1:length(x)
                sum=sum+x(n-j)*x(n-i);
            end
            R(i,j)=(sum/(length(x)-p));
        end
    end
    %ypologismos dianismatos a diadtashs px1 me tous syntelestes tou
    %filtrou provlepszhs
    a=R\r;
    %ypologismos kvantismenwn timwn twv syntelestwn thetontas N=8bit
    kai
    %dynamikh perioxh [-2 2]
    %o ypologismos twv a kai aq ginetai kai ston pompo kai sto dekt
    aq = my_quantizer(a,8,-2,2)';

    %----POMPOS----%

```

```

%Arxikopoihsh Systhmatos
%thewroume oti arxizei na leitourgei ws DPCM apo to p+1 deigma
%dhlahdh oti ta prwta p deigmata metadidontai xwris sfalmata
%kai mh kvantismena opote ginetai apothikeysh sth mnhmh tou pompou
%h opoia krataei apothikevmenes tis anakataskevasmenes times
%tnw prohgoymenwn deigmatwn
x_hat_pompou(1:p)=x(1:p)';
for j=p+1:length(x)
    %ypologismos provlepsys y_tonos
    sum = 0;
    for i = 1:p
        sum = sum + aq(i)*x_hat_pompou(j-i);
    end
    y_tonos(j) = sum;
    %ypologismos sfalmatos provlepsys
    y(j)=x(j)-y_tonos(j);
    %kvantish sfalmatos provlepsys kai apostolh sto dekh
    y_hat(j)=my_quantizer(y(j),N,-3.5,3.5)';
    x_hat_pompou(j)=y_hat(j)+y_tonos(j);
end
x_hat_pompou = x_hat_pompou';

%----DEKTHS----%

%ta prwta p deigmata metadidontai xwris sfalmata opote ta p prwta
%psifia ths anakataskevhs toy x_hat einai idia
x_hat(1:p)=x(1:p)';
for j=p+1:length(x)
    %ypologismos provlepsys y_tonos apo ton dekh
    sum = 0;
    for i = 1:p
        sum = sum + aq(i)*x_hat(j-i);
    end
    y_tonos(j) = sum;
    %anakataskevsh tou x apo ton dekh
    x_hat(j)=y_hat(j)+y_tonos(j);
end
x_hat = x_hat';
end

```

MerosB_erwthma2.m

```

clear
clc
load source.mat;
n=1:length(x);
[y11,~]=DPCM(x,4,1);
[y12,~]=DPCM(x,8,1);

[y21,~]=DPCM(x,4,2);
[y22,~]=DPCM(x,8,2);

[y31,~]=DPCM(x,4,3);
[y32,~]=DPCM(x,8,3);

```

```

figure
subplot(3,1,1)
    plot(n,x,'b',n,y11,'r',n,y12,'g');
    title('Prediction error for N = 1 and p=4,p=8');
    legend('x','y (p=4)','y (p=8)');
    xlabel('Discrete Time n');
    ylabel ('Signal Value');

subplot(3,1,2)
    plot(n,x,'b', n,y21,'r',n ,y22,'g');
    title('Prediction error for N = 2 and p=4,p=8');
    legend('x','y (p=4)','y (p=8)');
    xlabel('Discrete Time n');
    ylabel ('Signal Value');

subplot(3,1,3)
    plot(n,x,'b', n,y31,'r',n ,y32,'g');
    title('Prediction error for N = 3 and p=4,p=8');
    legend('x','y (p=4)','y (p=8)');
    xlabel('Discrete Time n');
    ylabel ('Signal Value');

```

MerosB_erwthma4.m

```

clear
clc
load source.mat;
n=1:length(x);
[~,y11]=DPCM(x,4,1);
[~,y12]=DPCM(x,8,1);

[~,y21]=DPCM(x,4,2);
[~,y22]=DPCM(x,8,2);

[~,y31]=DPCM(x,4,3);
[~,y32]=DPCM(x,8,3);

figure
subplot(3,1,1)
    plot(n,x,'b',n,y11,'r',n,y12,'g');
    title('Signal Reconstruction for N = 1 and p=4,p=8');
    legend('x','y (p=4)','y (p=8)');
    xlabel('Discrete Time n');
    ylabel ('Signal Value');

subplot(3,1,2)
    plot(n,x,'b', n,y21,'r',n ,y22,'g');
    title('Signal Reconstruction for N = 2 and p=4,p=8');
    legend('x','y (p=4)','y (p=8)');
    xlabel('Discrete Time n');
    ylabel ('Signal Value');

```

```
subplot(3,1,3)
plot(n,x,'b', n,y31,'r',n ,y32,'g');
title('Signal Reconstruction for N = 3 and p=4,p=8');
legend('x','y (p=4)', 'y (p=8) ');
xlabel('Discrete Time n');
ylabel ('Signal Value');
```