

1ο PROJECT ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ  
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ

ΛΕΚΚΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΜ:1067430 Έτος 4ο

# Περιεχόμενα

- A. Ερώτημα 1
- B. Ερώτημα 2
- Γ. Ερώτημα 3
- Δ. Ερώτημα 4
- Ε. Ερώτημα 5

Computer Type	LU	FFT	ODE	Sparse	2-D	3-D
Windows 10, AMD Ryzen Threadripper(TM) 3970x @ 3.50 GHz	0.1930	0.1892	0.3545	0.4085	0.1999	0.2188
Debian 9(R), AMD Ryzen Threadripper 3970x @ 3.50 GHz	0.2612	0.1259	0.3393	0.4216	0.3005	0.2809
Windows 10, Intel Xeon(R) W-2133 @ 3.60 GHz	0.4010	0.3255	0.4494	0.5081	0.3484	0.3166
Windows 10, Intel Xeon CPU E5-1650 v3 @ 3.50 GHz	0.4571	0.3189	0.4957	0.4492	0.3445	0.3922
iMac, macOS 10.15.3, Intel Core i9 @ 3.6 GHz	0.3286	0.2994	0.3307	0.2971	0.8115	0.5337
Windows 10, AMD Ryzen(TM) 7 1700 @ 3.00 GHz	0.7786	0.5169	0.5180	0.5948	0.3184	0.2160
Surface Pro 3, Windows(R) 10, Intel(R) Core i5-4300U @ 1.9 GHz	1.7749	0.9768	0.7254	0.6882	0.6962	0.6290
<b>This machine</b>	<b>2.0173</b>	<b>0.6295</b>	<b>0.5680</b>	<b>0.6087</b>	<b>0.9751</b>	<b>1.5404</b>
MacBook Pro, macOS 10.15.2, Intel Core i5 @ 2.6 GHz	1.5406	0.9646	0.6172	0.6083	2.0698	1.4805

## Πίνακας Στοιχείων Για Τα Πειράματα

Χαρακτηριστικό	ενδεικτική απάντηση
Έναρξη/λήξη εργασίας	20/11/21-12/1/21
model	HP Pavillion Laptop 15-cw1007nv
O/S	Windows 10 Home
processor name	AMD Ryzen 7 Mobile 3700U
processor speed	2.3GHz(base)
number of processors	1
number # processors	4
number # threads	8
FMA instruction	yes
L1 cache	256KB Instruction, 128 en KB Data write-back
L2 cache	(per core) 512KB,write-back
L3 cache	(shared) 4MB,write-back
Gflops/s	106
Memory	12 GB
Memory Bandwidth	21.3 GB/s
MATLAB Version	9.9.0.1467703(R2020b)
BLAS	Intel(R) Math Kernel Library Version 2018.0.3 for Intel(R) 64 architecture applications, CNR branch AVX2
LAPACK	Intel(R) Math Kernel Library Version 2018.0.3 for Intel(R) 64 architecture applications, CNR branch AVX2 Linear Algebra PACKage Version 3.7.0

## A. Ερώτημα 1

Στο πρώτο ερώτημα κατασκευάστηκε συνάρτηση `sp_mat2latex(A,sp_type)` που επιστρέφει σε κώδικα LATEX, την αραιή αναπαράσταση CSR και CSC ενός μη-τρώου το οποίο είναι σε αραιή μορφή στη MATLAB. Αρχικά δημιουργήθηκαν οι τρεις πίνακες σε μορφή CSR και CSC ανάλογα με το όρισμα που τοποθετήθηκε στην συνάρτηση. Αυτό πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια της εντολής `find` της MATLAB η οποία αρχικά αποτυπώνει τους πίνακες σε μορφή COO. Έπειτα με κατάλληλη επεξεργασία του τρίτου πίνακα (`col_id` ή `row_id`) δημιουργήθηκαν ξεχωριστοί πίνακες που αποθηκεύουν τα σωστά indexes.

Όσον αφορά την αποτύπωση της αραιής αναπαράστασης σε μορφή LATEX αυτή πραγματοποιήθηκε κυρίως με την βοήθεια των `fprintf` εντολών αλλά και εντολών όπως η `num2str` η οποία μετατρέπει ένα αριθμητικό σε string. Αυτή τη μορφή χρειαζόμαστε για να αναπαρασταθεί ορθά ο κώδικας της LATEX στο command window της MATLAB.

Ο κώδικας MATLAB για το συγκεκριμένο ερώτημα:

Στο command window εκτελέστηκαν η εντολές `sp_mat2latex(A,'csr')` ή `sp_mat2latex(A,'csc')` αντίστοιχα.

```

1 function [val,row_ip,col_ip]=sp_mat2latex(A,sp_type)
2 % Author : G. LEKKAS , AM 1067430 , Date : 27/11/2021
3     format = [];
4     textsize = [];
5
6 %CSC:
7
8     if strcmp(sp_type,'csc')
9         K=sparse(A);
10        [row_num,col_id,values]=find(K);
11        meg=size(col_id);
12        val = values;
13        row_idx = row_num;
14        k=1;
15        col_ip=zeros();
16        for i=1:meg-1
17            if i==1
18                col_ip(k)=i;% theloume na apothikeusoyme
19                           to proto stoixeio toy pinaka poy ua
20                           paramenei panta to idio.
21                k=k+1;
22            end
23            if col_id(i)~= col_id(i+1)% me thn entoli
24                           ayth anagnorizetai h allagi grammis kai h
25                           epakolouthh ayxisi tou metrhth.
26                col_ip(k)=i+1;
27                k=k+1;

```

```

24         end
25         if col_id(i)==col_id(meg)%epithimoume na
           apothkeusoyme kai to teleytaio stoixeio
           toy pinaka.
26             col_ip(k)=meg+1;
27         end
28     end
29
30     col_ip=col_ip();% vazei tis ektipomenes times mesa
           se pinaka.
31     col_ip=col_ip().';% emfanizei to dianysma se morfh
           grammis
32
33     end
34
35     %CSR:
36
37     if strcmp(sp_type,'csr')
38         A_tposematrix=A.';
39         J=sparse(A_tposematrix);
40         [col_num,row_id,values]=find(J);
41         meg_1=size(row_id);
42         val = values;
43         col_idx = col_num;
44         k=1;
45         row_ip=zeros();
46         for i=1:meg_1-1
47             if i==1
48                 row_ip(k)=i; % theloume na apothikeusoyme
                     to proto stoixeio toy pinaka poy ua
                     paramenei panta to idio.
49                 k=k+1;
50             end
51             if row_id(i)~= row_id(i+1) % me thn entoli
                     ayth anagnorizetai h allagi grammis kai h
                     epakolouthh ayxisi tou metrhth.
52                 row_ip(k)=i+1;
53                 k=k+1;
54             end
55             if row_id(i)==row_id(meg_1)
56                 row_ip(k)=meg_1+1; %epithimoume na
                     apothkeusoyme kai to teleytaio
                     stoixeio toy pinaka.
57             end
58         end
59         row_ip = row_ip(); % vazei tis ektipomenes times

```

```

        mesa se pinaka.
60         row_ip=row_ip().';% emfanizei to dianysma se
           morph grammis
61     end
62
63
64
65 %xeirismos arxeiou latex:
66
67 fprintf( '\\documentclass{article}\\n');
68 fprintf( '\\begin{document}\\n');
69 %
70 %val
71 width = size(val);
72 fprintf( ' $$ val = \\begin{tabular}{|');
73 for j=1:width
74     if (~isempty(val))
75         fprintf( 'l|');
76     end
77 end
78 fprintf( '}');
79 fprintf( '\\hline\\r');
80
81 for w=1:width
82     if isnumeric(val)
83         fprintf( '%s & ',num2str(val(w)));
84     end
85 end
86 fprintf( ' \\hline\\r');
87 fprintf( '\\end{tabular}$$\\r');
88 %
89
90 %IA csr morfi:
91
92 if strcmp(sp_type,'csr')
93     width1=size(col_idx);
94     fprintf( ' $$ IA = \\begin{tabular}{|');
95     for d=1:width1
96         if (~isempty(col_idx))
97             fprintf( 'l|');
98         end
99     end
100    fprintf( '}');
101    fprintf( '\\hline\\r');
102    for w=1:width1
103        if isnumeric(col_idx)

```

```

104         fprintf( '%s &', num2str( col_idx(w) ) );
105     end
106 end
107 fprintf( '    \\hline\r' );
108 fprintf( '\\end{tabular}$$\r' );
109 %
110 %JA csr morfi:
111
112     width2= size( row_ip );
113     fprintf( ' $$ JA = \\begin{tabular}{| ' );
114     for n=1:width2
115         if (~isempty( row_ip ))
116             fprintf( '1| ' );
117         end
118     end
119     fprintf( '}' );
120     fprintf( '\\hline\r' );
121     for w=1:width2
122         if isnumeric( row_ip )
123             fprintf( '%s &', num2str( row_ip(w) ) );
124         end
125     end
126     fprintf( '    \\hline\r' );
127     fprintf( '\\end{tabular}$$\r' );
128 end
129
130 %IA csc morfi:
131
132 if strcmp( sp_type, 'csc' )
133     widthh= size( row_idx );
134     fprintf( ' $$ IA = \\begin{tabular}{| ' );
135     for e=1:widthh
136         if (~isempty( row_idx ))
137             fprintf( '1| ' );
138         end
139     end
140     fprintf( '}' );
141     fprintf( '\\hline\r' );
142     for w=1:widthh
143         if isnumeric( row_idx )
144             fprintf( '%s &', num2str( row_idx(w) ) );
145         end
146     end
147     fprintf( '    \\hline\r' );
148     fprintf( '\\end{tabular}$$\r' );
149

```

```
150 %JA csc morfi:
151
152 widthh1= size(col_ip);
153 fprintf( '$$ JA = \\begin{tabular}{| ' );
154 for n=1:widthh1
155     if (~isempty(col_ip))
156         fprintf( '1| ' );
157     end
158 end
159 fprintf( '}' );
160 fprintf( '\\hline\r' );
161 for w=1:widthh1
162     if isnumeric(col_ip)
163         fprintf( '%s &', num2str(col_ip(w)));
164     end
165 end
166 fprintf( ' '\\hline\r' );
167 fprintf( '\\end{tabular}$$\r' );
168 end
169
170 fprintf( '\\end{document}\n' );
171 end
```

Παράδειγμα αποτελέσματος για τα ζητούμενα του πρώτου ερωτήματος:



```

>> A=[5 0 0 6;2 -1 0 8;0 4 0 9;0 6 0 0];
>> sp_mat2latex(A,'csr')
\documentclass{article}
\begin{document}
  $$ val = \begin{tabular}{|1|1|1|1|1|1|1|1|}\hline
5 & 6 & 2 & -1 & 8 & 4 & 9 & 6 & \hline
\end{tabular} $$
  $$ IA = \begin{tabular}{|1|1|1|1|1|1|1|1|}\hline
1 & 4 & 1 & 2 & 4 & 2 & 4 & 2 & \hline
\end{tabular} $$
  $$ JA = \begin{tabular}{|1|1|1|1|}\hline
1 & 3 & 6 & 8 & \hline
\end{tabular} $$
\end{document}

```

## B. Ερώτημα 2

Στο δεύτερο ερώτημα κατασκευάστηκε συνάρτηση `blkToeplitzTrid(n,B,A,C)` που δοθέντων των τετραγωνικών μητρώων  $A, B, C$  μεγέθους  $m \times m$ , κατασκευάζει σε αραιή μορφή μπλοκ Toeplitz τριδιαγώνιο μητρώο που στην κύρια διαγώνιο περιέχει το μητρώο  $A$ , στην υποδιαγώνιο το μητρώο  $B$  και τέλος στην υπερδιαγώνιο το μητρώο  $C$ . Για την υλοποίηση του ερωτήματος χρησιμοποιήθηκε η εντολή `kron` της MATLAB. Η συγκεκριμένη εντολή χρησιμοποιείται τρεις φορές και δημιουργεί τρία μητρώα που το καθένα περιέχει στις υπερδιαγώνιο, διαγώνιο και υποδιαγώνιο τους πίνακες  $A, B, C$ . Για να προσδιορίσουμε την θέση των μπλοκ στο τελικό μητρώο χρησιμοποιούμε σε συνδυασμό με την `kron` και την εντολή `diag`. Στην συνέχεια αθροίζοντας τα επιμέρους αποτελέσματα προκύπτει το τελικό μητρώο που είναι σε τριδιαγώνια μορφή Toeplitz.

Ο κώδικας MATLAB για το συγκεκριμένο ερώτημα:

Στο command window εκτελέστηκε η εντολή `blkToeplitzTrid(n,B,A,C)` με τυχαίες αλλά συμβατές με το ερώτημα τιμές για τα  $n, B, A, C$ .

```

1 function blkToeplitzTrid(n,B,A,C)
2 % Author : G. LEKKAS , AM 1067430 , Date : 28/11/2021
3 m=length(A);
4 m1=length(B);
5 m2=length(C);
6 X = kron( eye(m*n), A ) + kron( diag(ones(m1*n-1,1), -1),
    B ) + kron( diag(ones(m2*n-1,1), 1), C )

```

Παράδειγμα αποτελέσματος για τα ζητούμενα του δεύτερου ερωτήματος:

```
>> A=[1 5;6 4];
>> B=[2 3;8 5];
>> C=[7 6;5 2];
>> blkToeplitzTrid(3,B,A,C)
```

X =

1	5	7	6	0	0	0	0	0	0	0	0
6	4	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0
2	3	1	5	7	6	0	0	0	0	0	0
8	5	6	4	5	2	0	0	0	0	0	0
0	0	2	3	1	5	7	6	0	0	0	0
0	0	8	5	6	4	5	2	0	0	0	0
0	0	0	0	2	3	1	5	7	6	0	0
0	0	0	0	8	5	6	4	5	2	0	0
0	0	0	0	0	0	2	3	1	5	7	6
0	0	0	0	0	0	8	5	6	4	5	2
0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	1	5
0	0	0	0	0	0	0	0	8	5	6	4

### Γ. Ερώτημα 3

Στο τρίτο ερώτημα κατασκευάστηκε συνάρτηση `sp_mx2bccs(A,nb)` που δοθέντος ενός τετραγωνικού αραιού μητρώου  $A$  και ενός ακεραίου  $nb$  (block size), επιστρέφει την αναπαράσταση BCCS. Αρχικά χωρίστηκε σε μπλοκ με block size  $nb$  το μητρώο  $A$  ώστε να διασφαλιστεί η block μορφή του τελικού μητρώου. Στην συνέχεια για την δημιουργία του πίνακα `val` προσπελάζουμε το μητρώο  $A$  ανά μπλοκ, παίρνουμε τα στοιχεία του και τα τοποθετούμε στον πίνακα.

Όσον αφορά την δημιουργία του πίνακα `brow_idx` σκανάρουμε το μητρώο  $A$  ανά μπλοκ και όσα από αυτά περιέχουν έστω και ένα μη μηδενικό στοιχείο τοποθετούμε το αντίστοιχο `index` στον πίνακα. Τέλος για την δημιουργία του πίνακα `bcol_ptr` παίρνουμε τα `indexes` των μπλοκ του αρχικού πίνακα  $A$ , αναζητούμε στον πίνακα  $R$  ποιο `index` ταιριάζει στο αντίστοιχο μπλοκ και το τοποθετούμε στον `bcol_ptr`. Ο πίνακας  $R$  περιέχει τα μη μηδενικά μπλοκ του πίνακα  $A$  ταξινομημένα ανα στήλες. Ακολουθήθηκε αυτή η λογική έτσι ώστε να γίνει δυνατή η επιλογή των σωστών `indexes` που θα τοποθετούνταν στον τελικό πίνακα. Δεν κατάφερα να ολοκληρώσω το γέμισμα του `bcol_ptr`.

Ο κώδικας MATLAB για το συγκεκριμένο ερώτημα:

Στο command window εκτελέστηκε η εντολή `[val,brow_idx,bcol_ptr]=sp_mx2bccs(A,nb)` με τυχαίες αλλά συμβατές με το ερώτημα τιμές για το  $A$ . Το  $nb$  ισούται με 2.

Παράδειγμα αποτελέσματος για τα ζητούμενα του δεύτερου ερωτήματος:

```

>> A=[0 0 0 0 4 2;0 0 1 1 2 2;6 3 0 0 0 0;3 0 0 0 0 0;2 1 0 0 2 1;1 1 0 0 1 1];
>> [val,brow_idx,bcol_ptr]=sp_mx2bcs(A,2)

val =

     6     3     3     0     2     1     1     1     0     0     1     1     4     2     2     2     2     1     1     1

brow_idx =

     2     3     1     1     3

bcol_ptr =

     0     0     1     1     1     1     1

```

```

1 function [val,brow_idx,bcol_ptr]=sp_mx2bcs(A,nb)
2 % Author : G. LEKKAS , AM 1067430 , Date : 5/12/2021
3 group=size(A,1)/nb;
4 grp=size(A,2)/nb;
5 C=cell(grp,group);
6 i=1;
7 %diaspasi tou pinaka A se cells
8 for k=1:group
9     idr = (1:nb)+(k-1)*nb;
10    for j=1:grp
11        ider = (1:nb)+(j-1)*nb;
12        C{i}=A(ider,idr);
13        i=i+1;
14    end
15 end
16 %dhmiourgia pinaka val:
17 f=1;
18 val=zeros();
19 for x=1:grp
20     for y=1:group
21         for h=1:nb
22             for g=1:nb
23                 if nnz(C{y,x})>=1
24                     val(f)=C{y,x}(h,g);
25                     f=f+1;
26                 end
27             end
28         end
29     end
30 end
31
32
33 %dhmiourgia pinaka brow_idx:
34 i=1;
35 brow_idx=zeros();

```

```
36 for x=1:grp
37     for y=1:group
38         if nnz(C{y,x})>=1
39             brow_idx(i)=y;
40             i=i+1;
41         end
42     end
43 end
44
45
46 %dhmiourgia pinaka bcol_ptr:(vgazei lanthansmeno
    apotelesma!)
47
48 R=reshape(val,nb^2,[],[]);
49 bcol_ptr=zeros();
50
51 k=1;
52     for x=1:grp
53         for y=1:group
54             if nnz(C{y,x})>=1
55                 isequal(C{y,x},R(k,:));
56                 bcol_ptr(j)=k;
57                 j=j+1;
58             end
59         end
60     end
61 end
62
```