

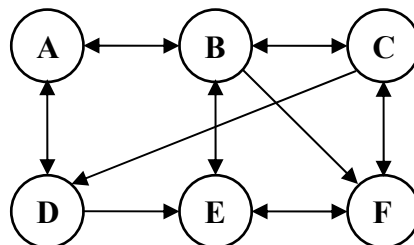
ЛАБОРАТОРНО УПРАЖНЕНИЕ № 3

АДАПТИВНИ МАРШРУТНИ АЛГОРИТМИ

При адаптивната маршрутизация всеки възел от една телекомуникационна мрежа обменя информация с всичките си съседи и поддържа собствена маршрутна таблица. Тази таблица съдържа по едно поле за всеки възел в мрежата, което се състои от най-малко две части – предпочитана изходна линия за да се достигне съответния възел и някаква оценка на време или разстояние за избраното направление. Такива оценки могат да бъдат времезакъснението в милисекунди (ms), общ брой на пакетите в опашката, увеличаване на честотната лента и др. Целта на адаптивните маршрутни алгоритми е определянето на маршрут от даден възел до друг възел, осигуряващ оптимална стойност на съответната оценка.

Ако като параметър е зададено времезакъснението на всяка една линия, то може да бъде измерено със специален “ехо” пакет, който се изпраща от приемника. Тук ще разгледаме оптимизиране на времезакъсненията на възел, на когото са известни тези на неговите съседи. През определен период от време всеки възел изпраща до всички свои съседи информация за своите време-закъснения до всички възли на телекомуникационната мрежа.

Нека разгледаме телекомуникационната мрежа, дадена на фиг. 1. Трафикът (брой пакети) и избраните маршрути за комуникация между възлите са показани на Табл. 1а. Линиите в мрежата и закъснението, което всяка отделна линия реализира T_i, ms са данени в Табл. 1б. Да се създадат нови маршрутни таблици за всички възли от телекомуникационната мрежа от фиг.1, съдържащи минимални времена на закъснение за отделните линии. При оптимизирането на маршрутните таблици, последователността на възлите да бъде по азбучен ред от възел А до възел F.



Фиг. 1. Телекомуникационна мрежа

Табл. 1а

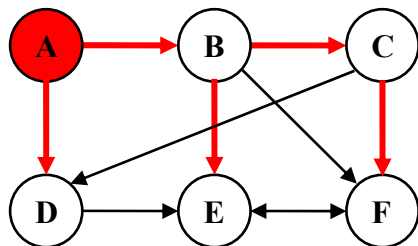
		към възел					
		A	B	C	D	E	F
A B C D E F	A		10 AB	8 ABC	8 AD	7 ABE	9 ABCF
	B	8 BA		4 BC	2 BAD	5 BE	4 BF
	C	4 CDA	9 CB		3 CD	11 CDE	7 CF
	D	4 DA	6 DEB	2 DEFC		12 DE	5 DEF
	E	31 EBA	3 EB	1 EFC	36 EBAD		3 EF
	F	6 FCBA	3 FEB	26 FC	2 FCD	4 FE	

Табл. 1б

№	линия	T_i, ms
1	AB	150
2	AD	1000
3	BA	230
4	BC	777
5	BE	500
6	BF	22
7	CB	356
8	CD	16
9	CF	600
10	DA	600
11	DE	147
12	EB	250
13	EF	147
14	FC	350
15	FE	147

С помощта на Табл. 1а могат да се изобразят графично маршрутите, по които пътува пакет от всеки възел на мрежата до всички останали възли. Маршрутите, по които се движи пакет, изпратен от възел А до останалите възли са описани на първия ред на Табл.1а и са изобразени на фиг.2а с плътни линии.

Маршрутната таблица (Табл. 2а) с времената на закъснение от възел А до всички останали възли се определя чрез сумиране на времената на закъснение на всички линии, които са дадени в Табл. 1б, съставлящи съответния маршрут. Например, маршрутът от възел А до възел С е изграден от две линии $ABC=AB+BC$, което е видно от Табл. 1а, а времето на е сума от времената на закъснение на двете линии (Табл. 1б), т.е. $150 + 777 = 927 ms$.

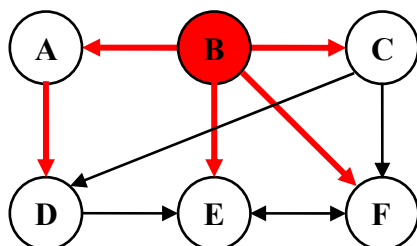


Фиг. 2а

от възел А Табл. 2а

към възел	маршрут	време на закъснение, ms
A	-	0
B	AB	150
C	ABC	$150+777 = 927$
D	AD	1000
E	ABE	$150+500 = 650$
F	ABCF	$150+777+600 = 1527$

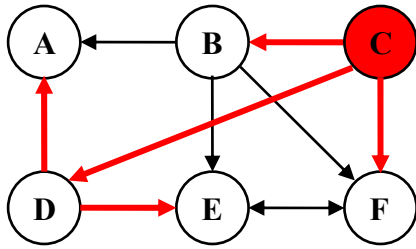
Аналогично определяме графът и съответната маршрутна таблица за останалите възли от телекомуникационната мрежа.



Фиг. 2б

от възел В Табл. 2б

към възел	маршрут	време на закъснение, ms
A	BA	230
B	-	0
C	BC	777
D	BAD	1230
E	BE	500
F	BF	22

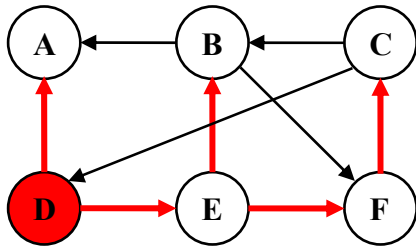


Фиг. 2в

от възел C

Табл. 2в

към възел	маршрут	време на закъснение, ms
A	CDA	616
B	CB	356
C	-	0
D	CD	16
E	CDE	163
F	CF	600

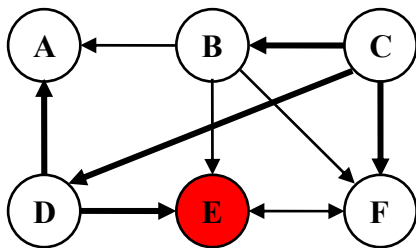


Фиг. 2г

от възел D

Табл. 2г

към възел	маршрут	време на закъснение, ms
A	DA	600
B	DEB	397
C	DEFC	644
D	-	0
E	DE	147
F	DEF	294

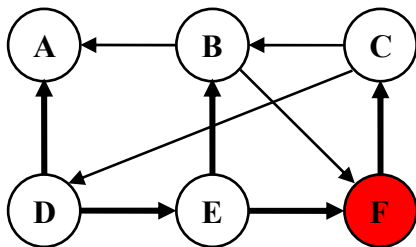


Фиг. 2д

от възел E

Табл. 2д

към възел	маршрут	време на закъснение, ms
A	EBA	480
B	EB	250
C	EFC	497
D	EBAD	1480
E	-	0
F	EF	147



Фиг. 2е

от възел F

Табл. 2е

към възел	маршрут	време на закъснение, ms
A	FCBA	936
B	FEB	397
C	FC	350
D	FCD	366
E	FE	147
F	-	0

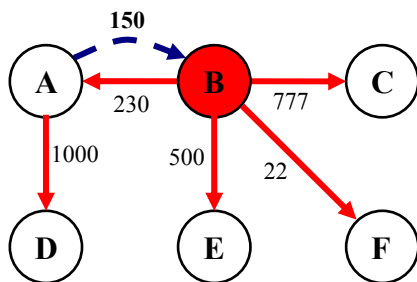
Времената на закъснение от всеки възел до останалите възли в телекомуникационната мрежа от фиг.1, са общени в Табл. 2.

Табл. 2

		времезакъснение (ms) от възел					
		A	B	C	D	E	F
към възел	A	0	230	616	600	480	936
	B	150	0	356	397	250	397
	C	927	777	0	644	497	350
	D	1000	1230	16	0	1480	366
	E	650	500	163	147	0	147
	F	1527	22	600	294	147	0

Ще оптимизираме времената на закъснение от възел **A** до всички останали възли и ще изработим нова маршрутна таблица за него. Възможно е да се получат нови маршрути от възел **A** към някои от останалите възли, които да реализират по-ниски времена на закъснение от тези в Табл.2а.

От възел **A** до всички останали възли в мрежата може да се достигне като се премине през един от двата му съседни възела - **B** или **D**. Пакет от възел **A** пристига с време-закъснение 150 ms до **B**, от където чрез маршрутите, които възел **B** предлага (фиг. 2б) може да достигне до всички останали възли от мрежата. Време-закъсненията за пакет от възел **A** през възел **B** към всички останали възли на мрежата, ще се получат като към всяко от време-закъсненията на възел **B** (Табл. 2б) се добави това за линията **AB** (фиг. 3а).



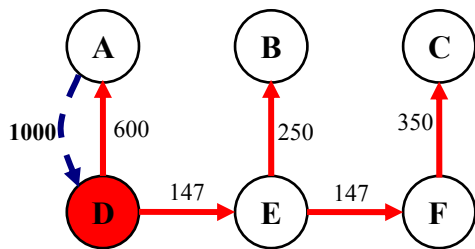
Фиг. 3а

от възел **A** през **B** Табл. 3а

към възел	маршрут	време на закъснение, ms		
		от A до B	от B до всички	от A през B до всички
A	-		230	0
B	AB		0	150
C	ABC		777	927
D	ABAD	150+	1230	1380
E	ABE		500	650
F	ABF		22	172

Времето на закъснение от възел **A** до самия него през възел **B** би било $150+230=380ms$. Пътуването на пакет от възел до самия него е безсмислено, поради което времето на закъснение в този случай е 0 ms.

Другата възможност за предаване на пакет от възел **A** до всички останали възли е през съседния възел **D** и неговите маршрути и време-закъснения.

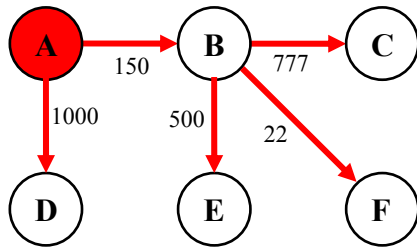


Фиг. 3б

от възел **A** през **D** Табл. 3б

към възел	маршрут	време на закъснение, ms		
		от A до D	от D до всички	от A през D до всички
A	-		600	0
B	ADEB		397	1397
C	ADEFC		644	1644
D	AD	1000+	0	1000
E	ADE		147	1147
F	ADEF		294	1294

От двете възможности за достигане от възел **A** до всички останали възли - през **B** или през **D**, избираме маршрута с по-малкото време-закъснение и така съставяме новата маршрутна таблица на възел **A**.



Фиг. 3в

нова маршрутна таблица на възел А Табл. 3в

към възел	маршрут	време на закъснение, ms		
		от А през В до всички	от А през D до всички	от А до всички
A	-	0	0	0
B	AB	150	1397	150
C	ABC	927	1644	927
D	AD	1380	1000	1000
E	ABE	650	1147	650
F	ABF	172	1294	172

Сравнението между новата маршрутна таблица на възел А с предишната (Табл. 3) показва, че с по-малко време на закъснение могат да се предават пакети от възел А до възел F, ако маршрута се промени от **ABCF** (1527 ms) на **ABF** (172 ms). Новите маршрути на възел А са през възел В с изключение на линията AD. Възел А изпраща новата си маршрутна информация към всички свои съседи, за да могат те по аналогичен начин да оптимизират своите маршрути.

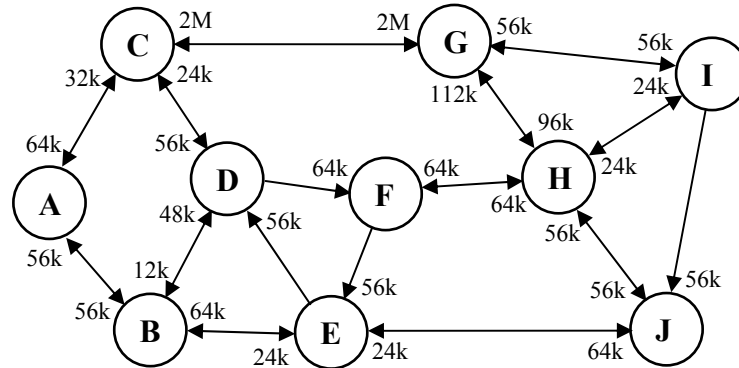
от възел А

Табл. 3

към възел	предходна маршрутна таблица		нова маршрутна таблица	
	маршрут	време закъснение, ms	маршрут	време закъснение, ms
A	-	0	-	0
B	AB	150	AB	150
C	ABC	927	ABC	927
D	AD	1000	AD	1000
E	ABE	650	ABE	650
F	ABCF	1527	ABF	172

Задача за изпълнение:

Зададена е телекомуникационната мрежа от фиг.4, върху която са нанесени скоростите на предаване на информацията. Например, за линията **ВЕ** от възел **В** към възел **Е** скоростта на предаване е 24 000 bit/s, а от **Е** към **В** е 64 000 bit/s.



Фиг. 4: Телекомуникационна мрежа

Трафикът (броят пакети) и избраните маршрути между възлите (абонатите) са представени в табл. 4а. Например, от възел **А** до възел **Е** се предават 7 пакета по маршрута **АВЕ**.

Табл.4а

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A		10 AB	8 AC	8 ABD	7 ABE	9 ABDF	10 ACG	6 ACGH	3 ACGI	4 ACGIJ
B	8 BA		4 BDC	2 BD	5 BE	4 BDF	7 BCDG	5 BEJH	3 BEJI	2 BEJ
C	4 CA	9 CAB		3 CD	11 CDFE	7 CDF	1840 CG	22 CGH	25 CGI	12 CGIJ
D	4 DBA	6 DB	2 DC		12 DFE	5 DF	5 DCG	3 DFH	2 DCGI	4 DFHJ
E	31 EBA	3 EB	1 EDC	36 ED		3 EDF	1 EDCG	15 EJH	8 EJI	35 EJ
F	6 FEBA	3 FEB	26 FHGC	2 FED	4 FE		4 FHG	11 FH	6 FHI	3 FHJ
G	25 GCA	9 GCAB	1800 GC	2 GCD	5 GHFE	20 GHF		23 GH	3 GI	3 GIJ
H	13 HGCA	8 HFEB	30 HGC	22 HGCD	3 HFE	2 HF	7 HG		3 HI	37 HJ
I	1 IGCA	4 IJB	22 IGC	8 IGCD	10 IJE	12 IJHF	5 IG	8 IH		8 IJ
J	3 JEBA	2 JEB	5 JHGC	1 JED	3 JE	6 JHF	4 JHG	3 JH	2 JHI	

За телекомуникационната мрежа от фиг.4 са определени всичките 28 линии и са изчислени и дадени в табл. 4б следните параметри:

λ_i - брой пакети, предавани по линия i за 1 sec;

C_i – скоростта на предаване по i -тата линия в bit/s;

μ_i – брой обслужени пакети за 1 sec в i -тата линия;

T_i – средно време на закъснение на i -тата линия в милисекунди(ms).

Табл.46

№	линия	λ_i	C_i	$\mu_i = \alpha C_i$	$T_i = 1/(\mu_i - \lambda_i)$
1	AB	52	56 000	56	250
2	AC	31	32 000	32	1 000
3	BA	52	56 000	56	250
4	BD	34	48 000	48	71
5	BE	22	24 000	24	500
6	CA	61	64 000	64	333
7	CD	53	56 000	56	333
8	CG	1 937	2 000 000	2 000	16
9	DB	10	12 000	12	500
10	DC	22	24 000	24	500
11	DF	58	64 000	64	167
12	EB	60	64 000	64	250
13	ED	44	56 000	56	83
14	EJ	60	64 000	64	250
15	FE	54	56 000	56	500
16	FH	57	64 000	64	143
17	GC	1 963	2 000 000	2 000	27
18	GH	76	96 000	96	50
19	GI	52	56 000	56	250
20	HF	56	64 000	64	125
21	HG	111	112 000	112	1 000
22	HI	22	24 000	24	500
23	HJ	44	56 000	56	83
24	IG	36	56 000	56	50
25	IH	20	24 000	24	250
26	IJ	41	56 000	56	67
27	JE	20	24 000	24	250
28	JH	51	56 000	56	200

Да се създадат нови маршрутни таблици за всички възли по отношение на:

1. Минимални стойности на средното време на закъснение;
2. Максимална скорост на предаване на информацията (bit/s);
3. Максимален трафик (брой пакети, предавани за сек).

Оптимизацията и за трите подусловия да започне от възел Е. Следва оптимизация на съседите на възел Е, които ползват оптимизираната вече маршрутна таблица на възел Е, и т.н. до изчерпване на всички възли в мрежата без повторения.

Препоръчителна програма за изпълнение на задачата е програма Excel.

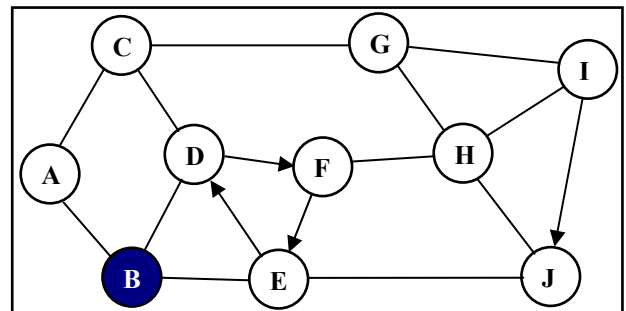
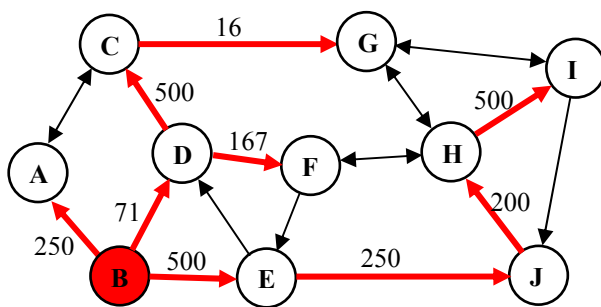
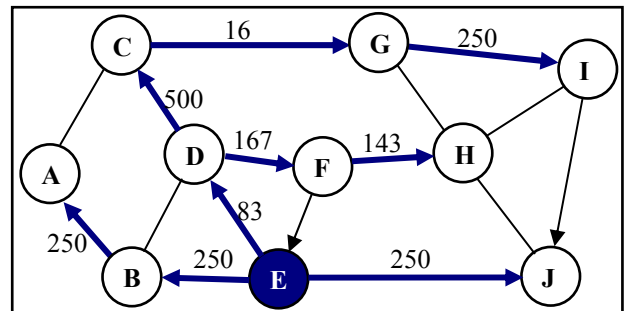
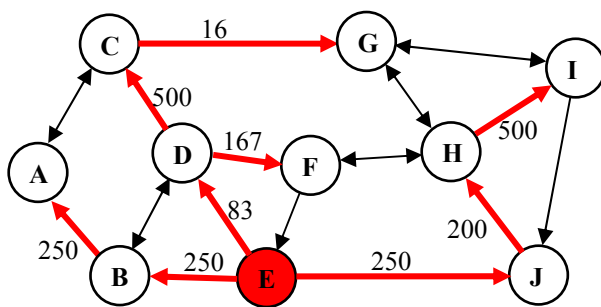
Указания за изпълнение на задачата:

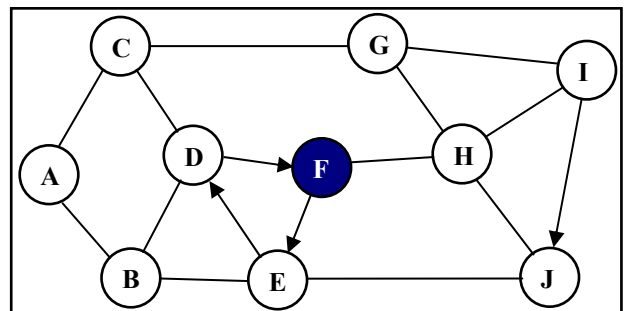
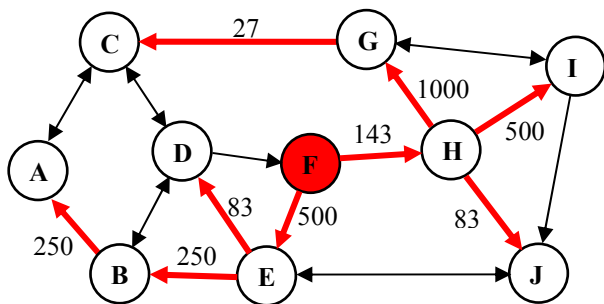
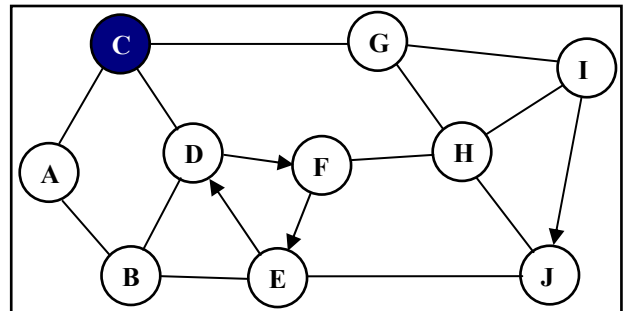
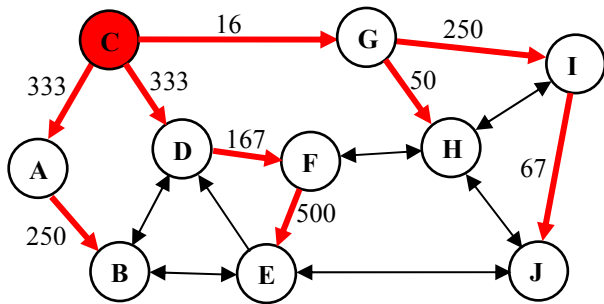
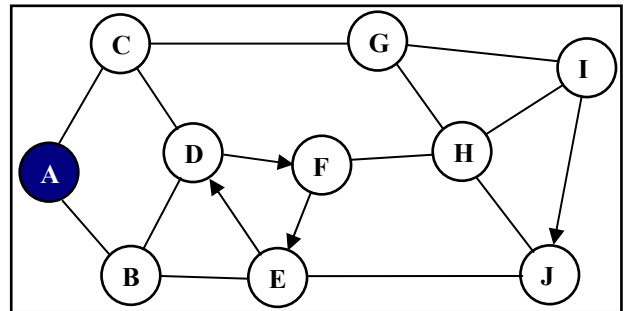
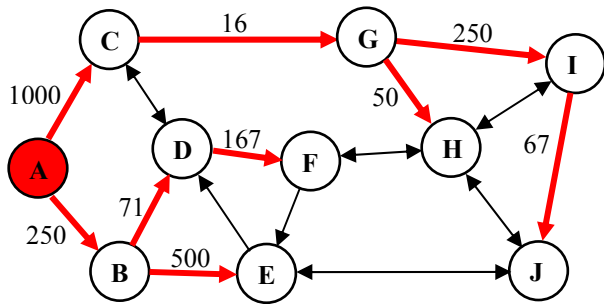
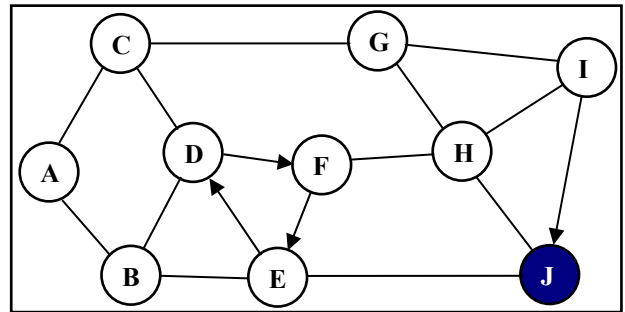
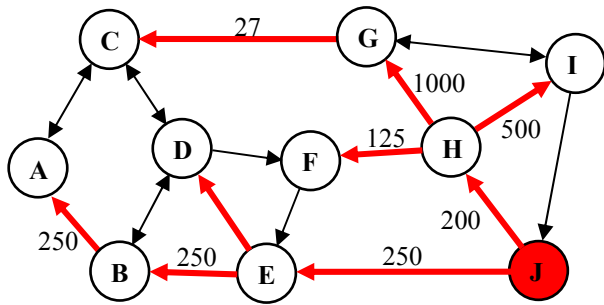
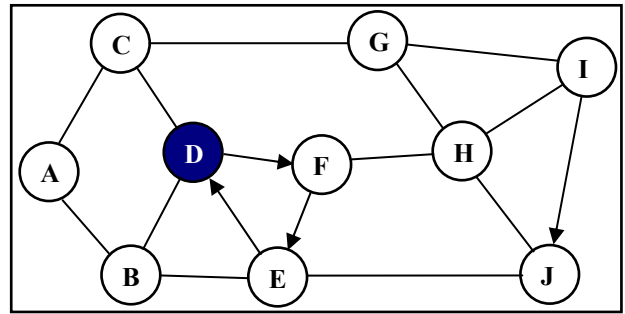
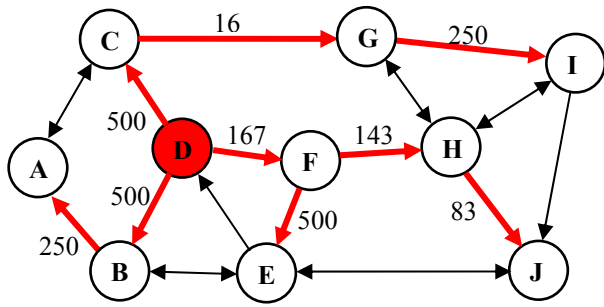
За да се създадат нови маршрутни таблици за всички възли трябва първо да се попълни табл. 5, която да съдържа съответната информация за всяка от трите подточки. За подточка 1, например, колоните на табл. 5 ще съдържат време-закъсненията за пътуване на пакет от даден възел до всички останали. Това е информацията която получава разглеждания възел от своите съседи. След като се оптимизират маршрутите на всички възли да се попълни аналогична таблица на Табл. 5 с новите оптимизирани времена на закъснение (Табл. 6).

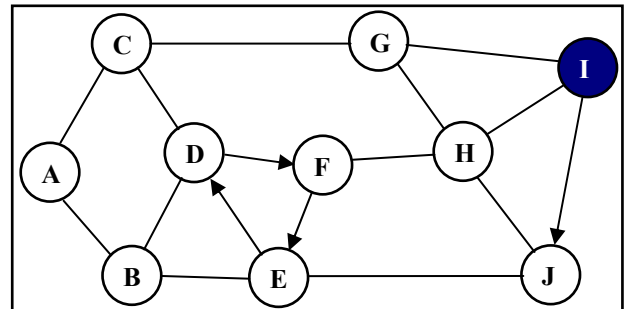
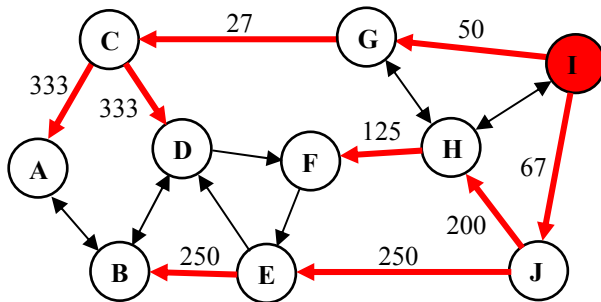
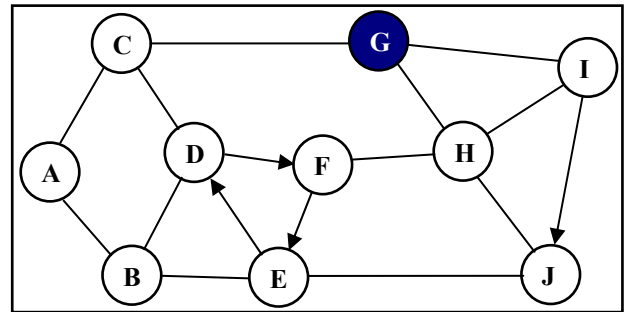
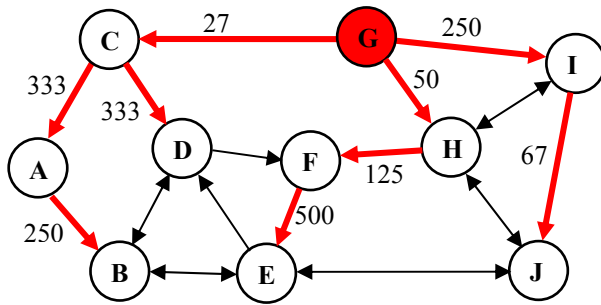
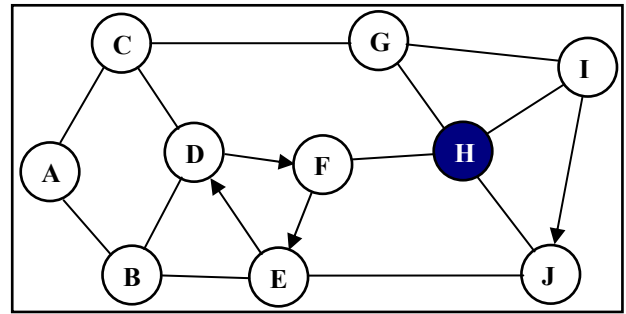
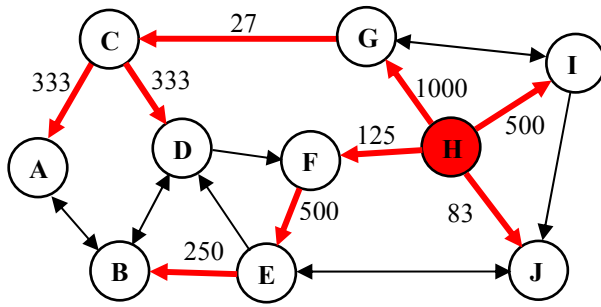
Табл. 5

		от възел									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
времезакъснение към възел	A	0	250		750	500					750
	B		0		500	250					500
	C		571	0	500	583					1227
	D		71		0	83					333
	E		500		667	0					250
	F		238		167	250	0				325
	G		587		516	599		0			1200
	H		950		310	450			0		200
	I		1450		766	950				0	700
	J		750		393	250					0

Попълването на необходимите данни в Табл. 5 се улеснява ако описаните в Табл. 4а маршрути се представят графично. Това е направено в лявата колона графи за всеки един от възлите, като те са подредени в последователност, съгласно условието на задачата. За всяка линия е нанесено средното време на закъснение от Табл.4б. В дясно са начертани конфигурации на мрежата, върху които да се нанесат новите маршрути, получени след оптимизацията за съответния възел. Времената на закъснение от възите **B**, **D**, **E** и **J** до всички останали възли са изчислени и отразени в Табл. 5.







Оптимизацията на маршрутите, по които пакет пътува от възел Е до всички останали възли е дадена в следната таблица:

		от Е през							
		В	Д	Ж	А	през В +ЕВ	през Д +ЕД	през Ж +ЕЖ	min
А	250	750	750	А	500	833	1,000	500	
В	-	500	500	В	250	583	750	250	
С	571	500	1,227	С	821	583	1,477	583	
Д	71	-	333	Д	321	83	583	83	
Е	500	667	250	Е				-	
Ф	238	167	325	Ф	488	250	575	250	
Г	587	516	1,200	Г	837	599	1,450	599	
Н	950	310	200	Н	1,200	393	450	393	
И	1,450	766	700	И	1,700	849	950	849	
Ж	750	393	-	Ж	1,000	476	250	250	

ЕВ	ЕД	ЕЖ
250	83	250

Колоната с минималните стойности на времената на закъснение (min) всъщност е новата маршрутна таблица на възел Е, която той изпраща на съседите си и която следва вече да се използва при оптимизацията на останалите възли в мрежата. С нея започва попълването на Табл. 6 с новите, изчислени след оптимизацията времена на закъснение за всеки от възлите в телекомуникационната мрежа. Вижда се, че два от маршрутите ще се променят,

реализирайки по-малки стойности за времето на закъснение. Зададеният маршрут **ЕJH** (450 ms) от възел **Е** към възел **Н** се заменя с новия **EDH** (393 ms). Маршрутът от възел **Е** към възел **I**, **ЕJHI** (950 ms) се заменя с новия **EDCGI** (849 ms). Промяната е отразена графично на графа за възел **Е** горе в дясно.

Табл. 6

		от възел									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
времетражънение към възел	A					500					
	B					250					
	C					583					
	D					83					
	E					-					
	F					250					
	G					599					
	H					393					
	I					849					
	J					250					