

**Теория прогнозирования**

(Решения упражнений)

Из TETRAPRO, подготовлено Mr. H. Leijon, ITU



UNION INTERNATIONALE DES TELECOMMUNICATIONS  
INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION  
UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES





РЕШЕНИЯ И УПРАЖНЕНИЯ - ТЕХНИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

1. Прогноз объекта. История развития объекта:

Годы конец года)	(на Временная шкала (t)	Фонды (y)	Абсолютное увеличение %	
1968	1	583		
1969	2	615	32	5.5
1970	3	646	31	5.0
1971	4	697	51	7.9
1972	5	738	41	5.9
1973	6	802	64	8.7
1974	7	844	42	5.2

Сделайте прогноз ожидаемых фондов на 5 и 10 лет вперед четырьмя различными способами:

- a. Предполагая неизменным и постоянным *абсолютное* увеличение в год, основанное на временном среднем увеличении фондов.
- b. Предполагая неизменным и постоянным *процентное* увеличение в год, основанное на общем увеличении фондов за последние 6 лет.
- c. Адаптируя линейную тенденцию развития к временным годовым данным.
- d. Адаптируя экспоненциальную тенденцию развития к временным годовым данным.

Отметьте на диаграмме временные годовые данные и покажите на тех же диаграммах две линии тенденции развития c) и d), продленные до 16 лет, а также линии двух других прогнозов a) и b).

Сравните выводы прогнозов.

Проверьте линии тенденций развития относительно статистической надежности. (Коэффициент корреляции, Т-тест, тест Дарбина-Ватсона)

Обсудите вероятность прогнозов.

1. РЕШЕНИЕ

a. 
$$\frac{844 - 583}{6} = 43.5 \text{ в год}$$
$$y(1979) = \underline{1061.5} \quad y(1984) = \underline{1279}$$

b. 
$$\left(\frac{844}{583}\right)^{1/6} = (1.4477)^{1/6} = 1.0636$$

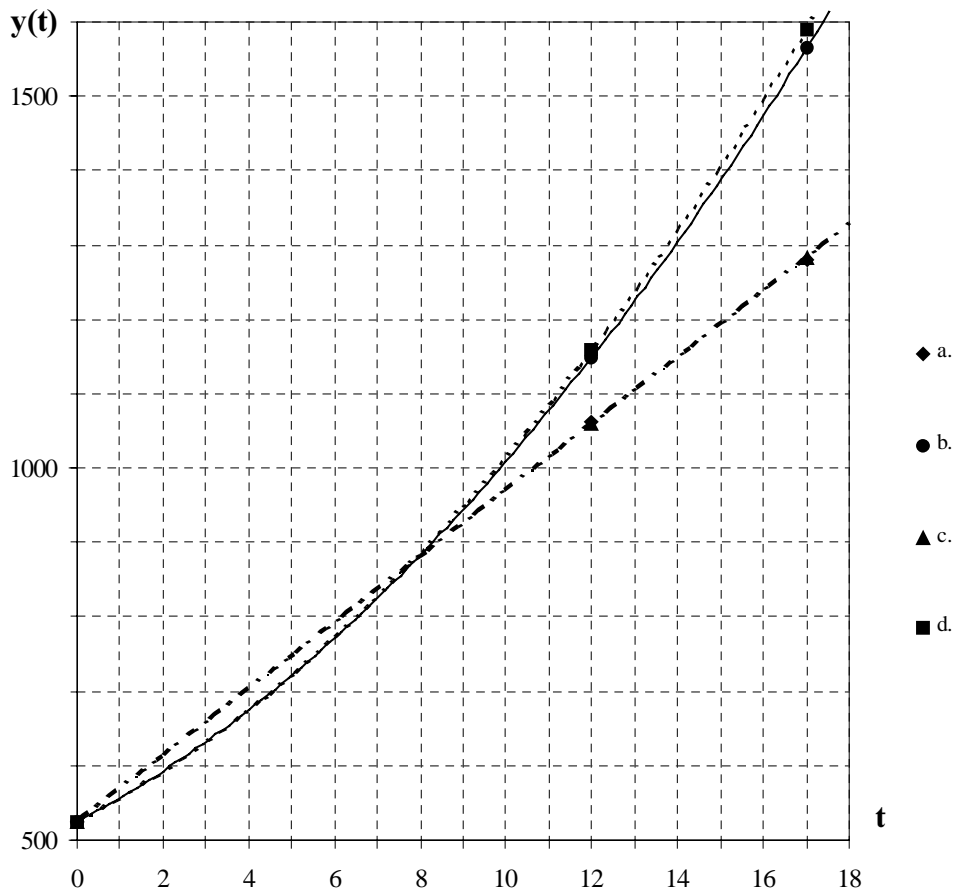
$$y(1979) = 844 \cdot 1.0636^5 = \underline{1148.8}$$

$$y(1979) = 844 \cdot 1.0636^{10} = \underline{1563.6}$$

c.  $y = a + b \cdot x$      $a = 525.14$   
 $b = 44.607$   
 $r = 0.9945$   
 $y(12) = \underline{1060.4}$   
 $y(17) = \underline{1283.5}$

d.  $y = a + b \cdot x$   
 $a = 6.2946$      $e^a = 541.7$   
 $b = 0.06336$      $e^b = 1.0654$   
 $COR = 0.9978$   
 $y(12) = 7.054$      $e^y = 1158.6$   
 $y(17) = 7.372$      $e^y = 1590.4$

	a.	b.	c.	d.
$y(12)$	1062	1149	1060	1159
$y(17)$	1279	1564	1283	1590



T-тест дал:

$$\sigma^2 = \frac{\sum Y^2 - a \cdot \sum y - b \cdot \sum x \cdot y}{n-2}$$

$$\sigma^2 = \frac{3521423 - 25.14 \cdot 4925 - 44.607 \cdot 20949}{7-2}$$

$$\sigma^2 = 123.8786$$

$$\sigma = 11.1301$$

$$\sum (x - \bar{x})^2 = \sum x^2 - n \cdot \bar{x}^2 = 28$$

$$T = \frac{b \cdot \sum (x - \bar{x})^2}{\sigma} = \underline{112.2} \quad (\text{Достаточно велико!})$$

Тест Дарбина - Ватсона дал (Случай с)

$$DW = 2 - 2 \cdot \frac{w}{v}$$

$$w = (y_i - \bar{y}_i) \cdot (y_{i+1} - \bar{y}_{i+1}) = 134$$

$$v = (y_i - \bar{y}_i)^2 = 618$$

x	y	$\bar{y}$	$y - \bar{y}$	
1	583	570	+ 13	DW = 1.57
2	615	614	+ 1	
3	646	659	- 13	(достаточно мало!)
4	697	704	- 7	
5	738	748	- 10	
6	802	793	+ 9	
7	844	837	+ 7	

Доверительные границы

$$u = s^2 \cdot \left[ 1 + \frac{1}{n} + \frac{(t_0 - \bar{t})^2}{\sum (t - \bar{t})^2} \right]$$

$$\sigma^2 = 123.8786$$

$t_{10}$	$u$	$\sqrt{u}$	$y$	$y - 2 \cdot \sqrt{u}$	$y + 2 \cdot \sqrt{u}$
12	424.73	20.61	1060	1019	1101
17	889.27	29.82	1283	1223	1372

Исключительно малые доверительные интервалы!

## Комментарии

Временные данные по годам по-видимому достоверны коэффициент корреляции близок к единице ( $r = 0.9945$ ) для метода линейной регрессии. Т-тест и тест Дарбина-Ватсона дал вполне приемлемые результаты. Доверительные границы отсчетов  $y(12)$  и  $y(17)$  были ограничены для линейной регрессии.

Все четыре прогноза достаточно схожи для отсчета  $y(12)$ , но для отсчета  $y(17)$  отличаются. Для  $y(17)$  случаи  $a$  и  $c$  дают одинаковые результаты, как и случаи  $b$  и  $d$ . Не возможно сказать, который из уровней правильный для временных данных  $t=17$ , так как временные годовые данные охватывают несколько лет и недостаточны для надежного прогноза на 10 лет вперед.

2. Вычислить всеобъемлющий прогноз на 1983г. (на 31.3.83) для локальной телефонной сети

Задано:

### ДИАГРАММА РОСТА ПОТРЕБНОСТЕЙ В ЛОКАЛЬНОЙ ТЕЛЕФОННОЙ СЕТИ

Состояние на день	Смонтированная емкость	Номерная емкость	Количество ожидающих	Общая потребность
31/3/72	11800	9825	1901	11,726
31/3/73	12000	11114	1781	12,925
31/3/74	12100	11458	3555	15,013
31/3/75	12500	11530	5106	16,636
30/9/75	12500	11653	5662	17,315
31/3/76	12800	12275	2587	14,862
31/3/77	14150	13683	1624	15,307
31/3/78	15500	14437	1893	16,330

## 2. РЕШЕНИЕ

Общая потребность в период с 31/3/72 по 31/3/78 была определена как сумма работающих емкостей с количеством пользователей, занесенных в количество ожидающих. Если мы принимаем подобное определение потребности, то тогда существуют различные способы вычисления потребности в соединительных линиях к 31/3/83.

- а. Увеличение в период с 31/3/72 по 31/3/78 составило:

$$16330 - 11726 = 4604 \text{ за } 6 \text{ лет.}$$

Если допустить в будущем одинаковое ежегодное увеличение, то мы можем ожидать увеличение потребности в:

$$\frac{4604}{6} \cdot 5 = 3835$$

соединительных линий в последующие 5 лет.

Потребность в соединительных линиях тогда составит:

$$16330 + 3835 = 20165 \text{ к } 31/3/83$$

- б. Рассматривая численные значения для 31/3/72 и 31/3/78 мы определяем ежегодное увеличение как

$$\left( \frac{16330}{11726} \right)^{1/6} = 1.05675$$

Если предположить одинаковое процентное увеличение в течении последующих 5 лет, мы получаем

$$16330 \cdot (1.05675)^5 = \underline{21520}$$

Требуемых соединительных линий к 31/3/83

с. Применяя линейную регрессию к заданным величинам, мы получаем:

x	y	
72	11726	$y = a + b \cdot x$
73	12925	мы получаем
74	15013	$a = -37057$
75	16636	$b = 693.7$
75.5	17315	
76	14862	$r = 0.7379$
77	15307	
78	16330	

и  $y(83) = \underline{20520}$

d. Применяя экспоненциальную регрессию вида  $\ln y = a + bx$

получаем  $y(83) = \underline{22077}$

Заключение: Четыре прогноза дали результаты

a:	20165
b:	21520
c:	20520
d:	22077

Невозможно сделать заключение, который из представленных прогнозов наиболее надежный.

Примечания: Количество ожидающих может не всегда отражать реальную неудовлетворенную потребность, что зависит от того, каким образом ожидающие пользователи регистрируются администрацией. Это также зависит от населения, считающего стоит или нет регистрироваться в списке. Изучение данного списка и ежегодное увеличение номерной емкости показывает, что время ожидания в зарегистрированном состоянии составляет порядка 3 лет, если список ведется в порядке поступления заявок на регистрацию.

Значения для 30/9/75 выше, чем другие и должны стать предметом дальнейшего изучения, прежде, чем включать их в статистическую обработку. Может быть на эти величины повлияли сезонные флуктуации потребности?

3. Сделать прогноз общей абонентской нагрузки к декабрю 1986 г. в локальной телефонной станции.

Задано:

- Данные по стационарной нагрузке для интервала : январь 1979, декабрь 1981 (таблица А)
- Данные по усредненной абонентской нагрузке для интервала : январь 1979, декабрь 1981 (таблица В)
- Прогнозируемое число соединительных линий к декабрю 1986 = 2969  
(1170 пользователей в январе 1979 и 1600 пользователей в декабре 1981)

А. ОБЩАЯ СТАНЦИОННАЯ НАГРУЗКА

МЕСЯЦ	1979	1980	1981
ЯНВАРЬ	38.6	39.4	45.6
ФЕВРАЛЬ	37.9	43.7	46.2
МАРТ	42.1	48.7	47.2
АПРЕЛЬ	40.6	43.8	46.2
МАЙ	40.1	40.2	45.6
ИЮНЬ	38.1	42.6	48.5
ИЮЛЬ	37.7	41.1	44.4
АВГУСТ	39.9	44.2	47.4
СЕНТЯБРЬ	40.4	41.0	49.1
ОКТЯБРЬ	40.7	43.8	48.7
НОЯБРЬ	40.8	41.8	45.0
ДЕКАБРЬ	42.2	49.5	49.5

В. УСРЕДНЕННАЯ АБОНЕНТСКАЯ НАГРУЗКА (Эрланг/пользователь)

МЕСЯЦ	1979	1980	1981
ЯНВАРЬ	.033	.031	.033
ФЕВРАЛЬ	.033	.034	.033
МАРТ	.036	.038	.034
АПРЕЛЬ	.035	.033	.033
МАЙ	.034	.030	.032
ИЮНЬ	.032	.032	.035
ИЮЛЬ	.031	.031	.032
АВГУСТ	.033	.032	.034
СЕНТЯБРЬ	.034	.030	.035
ОКТЯБРЬ	.034	.032	.032
НОЯБРЬ	.033	.030	.028
ДЕКАБРЬ	.034	.036	.031



3. РЕШЕНИЕ

Изучение таблицы А показывает, что месячные величины подвержены сезонным изменениям. Это может вызвать сомнения, что этот материал приемлем для применения регрессионного анализа месячных величин.

Таблица В показывает усредненную абонентскую нагрузку на одного пользователя. Вариация значений очень мала. Средняя нагрузка по всем 36 месяцам составила 0.032861 эрланг/пользователь с девиацией 0.001973. Следовательно, если прогноз по соединительным линиям уже сделан, то можем просто просчитать нагрузку в 1986г как число линий, умноженное на представленную выше усредненную абонентскую нагрузку.

$$A(Dec.86) = 2969 \cdot 0.032861 = 97.6 \text{ erlang}$$

В дальнейшем таблица В не будет использоваться!

Относительно таблицы А, она может быть серьезно обсуждена, если только 3-летние статистические данные позволяют экстраполяцию на 5 лет вперед. Для таких прогнозов желательны были бы статистические данные за 5-10 лет.

Линейная регрессия для 36 месячных значений дает

$$y = 38.18 + 0.2821 \cdot x \quad (r = 0.8188)$$

и  $y(Dec\ 86) = y(96) = 65.26 \text{ erl.}$

Взяв средние величины на каждый год, получаем:

	Год	Средняя	Дек.	Дек./Средняя
	79	36.75	42.2	1.148
	80	43.32	49.5	1.143
	81	46.96	49.5	1.054
Средняя	79 - 80:	42.34	47.07	1.112

Среднегодовое увеличение в 79-81

$$\left(\frac{46.96}{36.75}\right)^{1/2} = 1.1304$$

Если одинаковое увеличение сохранится до 1986г., тогда годовая средняя нагрузка в 1986 =  $46.96 \cdot (1.1304)^5 = 86.68$

Если декабрьские величины останутся на 11.2% выше, чем среднегодовые, тогда:

$$y(Dec.86) = 86.68 \cdot 1.112 = \underline{\underline{96.4}}$$

что довольно хорошо согласуется с ранее определенными величинами.

4. Рассмотрим телефонную сеть с двумя станциями.

Задано:

а. Текущее состояние траффика  $[A_j(0)]$

$$j \quad | \quad \quad | \quad \quad |$$

<i>i</i>	1	2	$O_2(o)$
*	10	20	30
2	30	40	70
$T_j(o)$	40	60	100

б. Прогнозируемые величины общей исходящей и входящей нагрузки на станции  $[O(t); T(t)]$

<i>i</i>	<i>j</i>		
		1	2
			$O_i(E)$
1		?	?
2		?	?
	$T_j(t)$	50	100
			150

Вычислим значение трафика  $A_{ij}(t)$  используя метод Круитхофа.

#### 4. РЕШЕНИЕ

Итерация 1 Построчное увеличение  $A_i(t)$  распределено согласно текущему состоянию трафика.

Результат:  $A_{ij}(1)$

<i>i</i>	<i>j</i>		
		1	2
			итого
1		15	30
2		45	45
	итого	60	90

$$A_{ij}(1) = \frac{A_{ij}(0)}{A_i(0)} \cdot A_i(t)$$

Итерация 2 Увеличение колонок  $A_j(t)$  распределено согласно матрице распределения нагрузки, полученной в итерации 1.

Результат:  $A_j(2)$

<i>i</i>	<i>j</i>		
		1	2
			итого
1		12.5	33.33
2		37.5	66.67
	итого	50	100

$$A_{ij}(2) = \frac{A_{ij}(1)}{A_j(1)} \cdot A_j(t)$$

После увеличения колонок сумма значений по строкам отличается от прогноза.

Итерация 3 Увеличение строк  $A_i(t)$  распределено согласно матрице распределения нагрузки, полученной в итерации 2.

Результат:  $A_j(3)$

$i$	$j$	1	2	итого
1		12.27	32.73	45
2		37.80	67.20	105
итого		50.07	99.93	

$$A_{ij}(3) = \frac{A_{ij}(2)}{A_i(2)} \cdot A_i(t)$$

Итерация 4      Увеличение колонок  $A_j(t)$  распределено согласно матрице распределения нагрузки, полученной в итерации 3.

Результат:  $A_j(4)$

$i$	$j$	1	2	итого
1		12.25	32.75	45
2		37.75	67.25	105
итого		50	100	150

$$A_{ij}(4) = \frac{A_{ij}(3)}{A_j(3)} \cdot A_j(t)$$

После четвертой итерации суммы по строкам и столбцам равны спрогнозированным величинам. Мы можем выразить

$$A_j(t) = A_j(4)$$

Заметим, что:  $A_i = j \cdot A_{ij}$  ;  $A_j = i \cdot A_{ij}$

5. Вычислить распределение нагрузки между двумя станциями на некоторой локальной территории.

Задано:

- Локальная территория разделена области нагрузки 1,2,3... Будущие траффики между всеми областями нагрузки спрогнозированы.
- Локальная территория должна быть разделена на телефонные станционные районы, не совпадающие с областями нагрузки.
- Попробуйте вычислить ожидаемый трафик в будущем из станции  $A$  в станцию  $B$ .
- Мы имеем следующую информацию:

Станция  $A$  получит

- 5000 линий пользователей из области нагрузки I, которая в общем имеет 10,000 линий пользователей.
- 8000 линий пользователей из области нагрузки II, которая в общем имеет 12,000 линий пользователей.

Станция *B* получит

- 9000 линий пользователей из области нагрузки III, которая в общей сложности имеет 9000 линий пользователей.
  - 2000 линий пользователей из области нагрузки IV, которая в общем имеет 6000 линий пользователей.
- е. Нам также известно из прогноза, что суммарный ожидаемый трафик из одной в другую рассматриваемых областей нагрузки имеет:

Из области нагрузки No.	В область нагрузки No.	Суммарный ожидаемый трафик
I	III	100 эрл.
I	IV	90 эрл.
II	III	105 эрл.
II	IV	95 эрл.

## 5. РЕШЕНИЕ

Простейшее приближение, которое легко просчитывается вручную, заключается в допущении, что трафик от одного пользователя в некоторой области нагрузки к другому пользователю в другой области нагрузки является постоянным.

Вычислим трафики от одного пользователя первой области нагрузки к другому пользователю в третьей области нагрузки и т.д.:

Из области нагрузки No.	В область нагрузки No.	Трафик между двумя пользователями
I	III	$r = \frac{100}{10000 \cdot 9000}$
I	IV	$s = \frac{90}{10000 \cdot 6000}$
II	III	$t = \frac{105}{12000 \cdot 9000}$
II	IV	$u = \frac{95}{12000 \cdot 6000}$

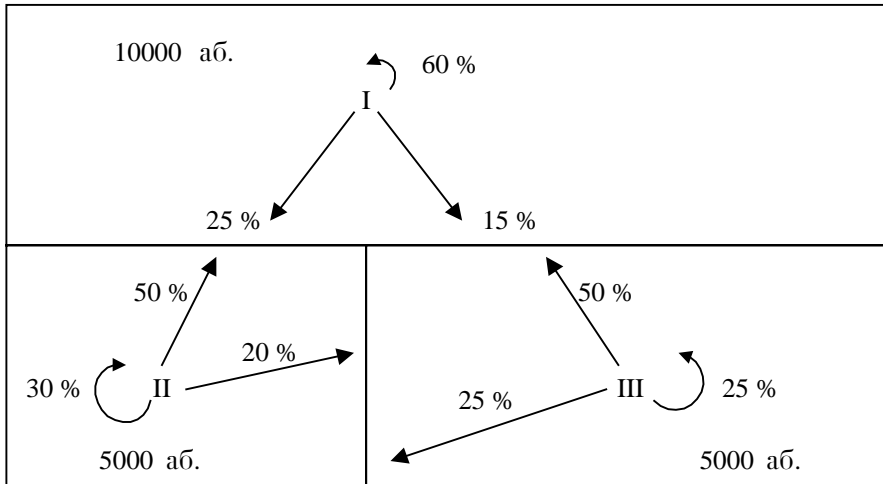
Ожидаемые суммарные трафики от станции А в станцию В теперь можно просчитать так:

$$A = 5000 \cdot 9000 \cdot r + 5000 \cdot 2000 \cdot s + 8000 \cdot 9000 \cdot t + 8000 \cdot 2000 \cdot u = 50.00 + 15.00 + 70.00 + 21.11 = \underline{\underline{156.11 \text{ erl.}}}$$

6. Вычисление распределения трафика между станциями: Целью примера является демонстрация, каким образом матрица нагрузки для станций может быть вычислена из заданной матрицы нагрузки для *областей нагрузки*.

Задано:

Территория, состоящая из трех областей нагрузки: I, II, III:



Область наружки I

Число пользователей	10,000	
Общий исходящий трафик/аб.	0.06	эрл.
Распределение этого трафика	60 %	I
	25 %	II
	15 %	III

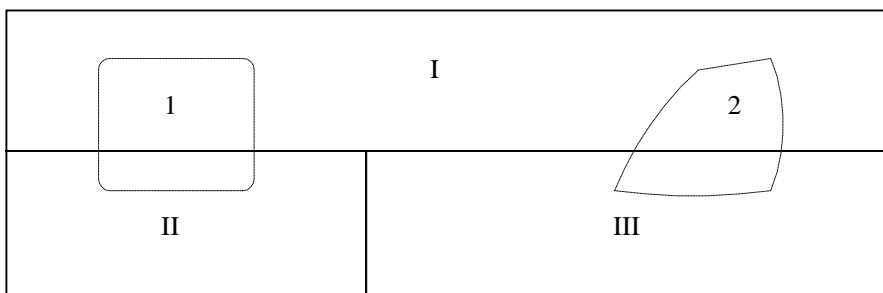
Область наружки II

Число пользователей	5,000	
Общий исходящий трафик/аб.	0.05	эрл.
Распределение этого трафика	50 %	I
	30 %	II
	20 %	III

Область наружки III

Число пользователей	5,000	
Общий исходящий трафик/аб.	0.04	эрл.
Распределение этого трафика	50 %	I
	25 %	II
	25 %	III

Территория обслуживается некоторым числом станций 1, 2, ... и т.д.



Станция 1

Общее число абонентов	8,000
Число абонентов, принадлежащих области нагрузки I	5,000
Число абонентов, принадлежащих области нагрузки II	3,000

Станция 2

Общее число абонентов	6,000
Число абонентов, принадлежащих области нагрузки I	4,000
Число абонентов, принадлежащих области нагрузки III	2,000

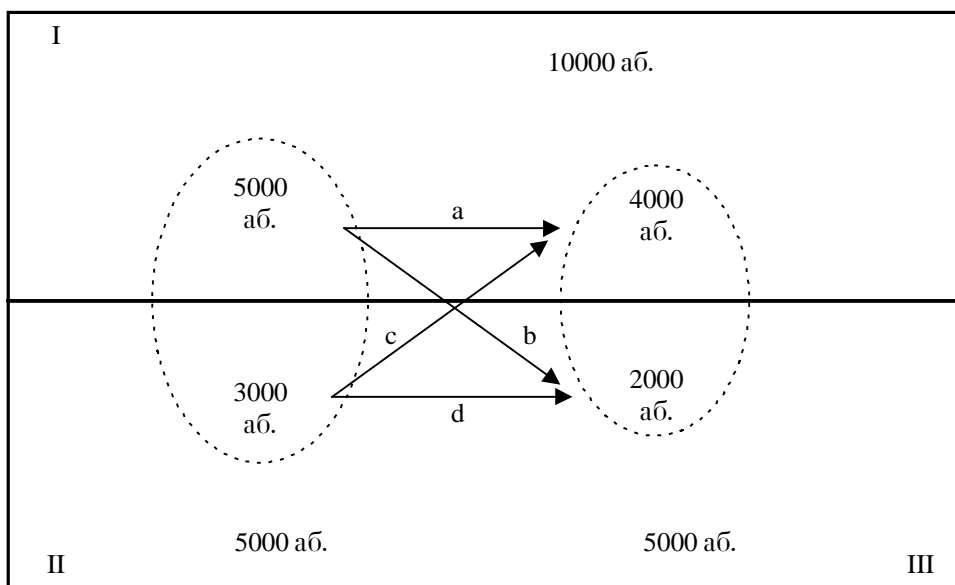
Задача:

Вычислить ожидаемый общий поток нагрузки от станции I в станцию 2.

Подсказка :

Начинайте с вычисления трафика одного абонента в области нагрузки I к *одному* абоненту в области нагрузки II, и т.д.

6. РЕШЕНИЕ



$$\begin{aligned}
 \text{a. } \quad \text{II} \rightarrow \text{2I:} \quad & 0.06 \quad 0.60 \quad \frac{5000 \cdot 4000}{10000} = 72 \text{ erl.} \\
 \text{b. } \quad \text{II} \rightarrow \text{2II:} \quad & 0.06 \quad 0.15 \quad \frac{5000 \cdot 2000}{5000} = 18 \text{ erl.} \\
 \text{c. } \quad \text{III} \rightarrow \text{2I:} \quad & 0.05 \quad 0.50 \quad \frac{3000 \cdot 4000}{10000} = 30 \text{ erl.} \\
 \text{d. } \quad \text{III} \rightarrow \text{2II:} \quad & 0.05 \quad 0.20 \quad \frac{3000 \cdot 2000}{5000} = 12 \text{ erl.} \\
 & \hline
 & \quad \quad \quad 132 \text{ erl.}
 \end{aligned}$$

Ожидаемый прток трафика от станции I в станцию 2 - 132 эрл.

7. Матрица распределения нагрузки  $A_{ij}(0)$  была вычислена:

	В	Станция No. j			
От		1	2	3	Итого
1		25	30	45	100
2		35	55	110	200
3		60	85	155	300
Итого		120	170	310	600

Число основных каналов /на станцию в год  $t$  спрогнозировано:

Станция No.	$N_i(0)$	$N_i(t)$
1	2000	3000
2	3500	3500
3	6800	7500

Основные каналы не классифицированы на различные категории, т.к. предполагается одинаковое пропорциональное соотношение различных пользователей в будущем.

Таким образом, общая исходящая и входящая нагрузка на одну станцию прогнозируется по следующим формулам:

$$A_i(t) = N_i(t) \cdot \frac{A_i(0)}{N_i(0)}$$

$$A_j(t) = N_j(t) \cdot \frac{A_j(0)}{N_j(0)}$$

Станция No.	$A_i(t)$	$A_j(t)$
1	150.0	180.0
2	200.0	170.0
3	331.9	341.9
Итого	681.9	691.9

Так, как суммы  $A_i^{(t)}$  и  $A_j^{(t)}$  различаются, мы можем использовать среднее значение этих сумм как оценка  $A_i^{(t)}$  и наладит  $A_i^{(t)}$  и  $A_j^{(t)}$ . Это дает:

Станция No.	$A_i(t)$	$A_j(t)$
1	151.1	178.7
2	201.5	168.8
3	334.3	339.4
Итого	686.9	686.9

- Теперь изобразим матрицу распределения нагрузки для некоторого года в будущем и заполним матрицу выше просчитанными значениями общего траффика.
- Вычислим различные значения траффика типа "точка - точка", используя метод взвешенного роста. Известные данные о текущем и будущем числе основных каналов и текущее состояние траффика типа "точка - точка". Величины значений весов по вашему выбору.
- Заполните новую матрицу распределения нагрузки выбранными и известными значениями и вычислите суммы по строкам и столбцам. Обратите внимание, что полученные суммы не соответствуют значениям сумм первой заполненной матрицы.

d. Если мы предполагаем, что нагрузка на один основной канал будет постоянной в течении прогнозируемого периода, тогда полученные значения траффика "точка - точка" могут быть скорректированы для соответствия их значений прогнозируемым значениям общего траффика.

Эта коррекция может быть осуществлена методом двойного фактора Круитхофа.

## 7. РЕШЕНИЕ

Модели фактора взвешенного роста могут быть использованы для прогнозирования траффика "точка - точка".

Факторы роста равны:

$$\text{Станция 1} \quad G_1 = \frac{N_1(1)}{N_1(0)} = 1.5$$

$$\text{Станция 2} \quad G_2 = 1.0$$

$$\text{Станция 3} \quad G_3 = 1.1$$

a. Прогноз, согласно 1-ой формулы Раппа:

От \ в	Станция			итого
	1	2	3	
Станц. 1	37.5	38.1	62.4	138.0
" 2	44.4	55.0	113.5	212.9
" 3	83.1	87.7	170.5	341.3
ИТОГО	165.0	180.8	346.4	692.2

b. Прогноз, согласно 2-ой формулы Раппа:

От \ в	Станция			итого
	1	2	3	
Станц. 1	37.5	38.6	65	141.1
" 2	45.1	55.0	112.0	212.1
" 3	86.7	92.6	170.5	349.8
ИТОГО	169.3	186.2	347.5	703.0

c. Прогноз, согласно формуле АРО:

От \ в	Станция			итого
	1	2	3	
Станц. 1	37.5	38.8	62.8	139.1
" 2	45.2	55.0	113.6	213.8
" 3	83.8	87.8	170.5	342.1
ИТОГО	166.5	181.6	346.9	695.0

Для станции 1 можно заметить, что общий абонентский траффик на основной канал уменьшен относительно текущего значения 0.050 и лежит в диапазоне 0.046 - 0.047.



Для станции 2, с другой стороны, общий абонентский трафик на основной канал увеличен с 0.057 до величины 0.060.

В этом случае, как трафик на основной канал, считаемый постоянным в прогнозируемом периоде, так и полученные матрицы должны быть согласованы с общей исходящей и входящей нагрузкой для каждой станции.

Это осуществляется методом двойного фактора Круитхофа.

Согласованный прогноз по матрице распределения нагрузки:

- согласно 1-ой формулы Раппа:

От \ в	Станция			итого
	1	2	3	
Станц. 1	44.5	39.1	67.5	151.1
" 2	45.8	49.0	106.7	201.5
" 3	88.4	80.7	165.3	334.3
ИТОГО	178.7	168.8	339.4	686.9

- согласно 2-ой формулы Раппа:

От \ в	Станция			итого
	1	2	3	
Станц. 1	43.02	38.3	69.6	151.1
" 2	46.2	48.5	106.7	201.5
" 3	89.2	82.0	163.1	334.3
ИТОГО	178.7	168.8	339.4	686.9

- согласно формуле АРО:

От \ в	Станция			итого
	1	2	3	
Станц. 1	44.0	39.5	67.6	151.1
" 2	46.2	48.8	106.5	201.5
" 3	88.5	80.5	165.3	334.3
ИТОГО	178.7	168.8	339.4	686.9

8. Предположим, что прогнозируемая в 75 эрл нагрузка в ЧНТ для станции А должна быть распределена по пяти маршрутам к станциям В, С, D, Е и F, и по каждому маршруту отсутствуют действительные данные по нагрузке. Предположим также, что прогнозируемые соединения для каждой станции имеют вид:

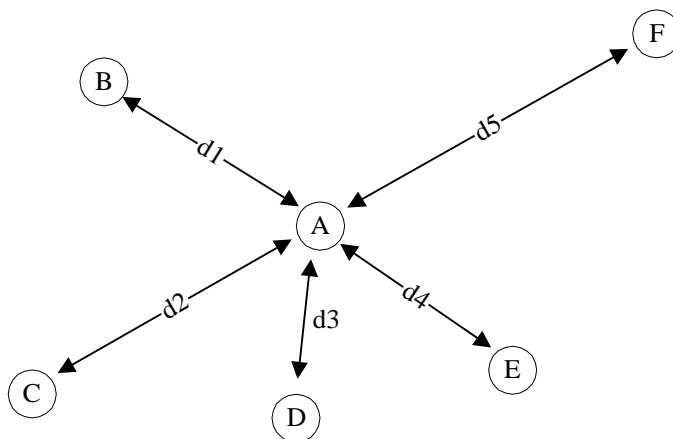
A	10 000	(c <sub>0</sub> )
B	5 000	(c <sub>1</sub> )
C	7 000	(c <sub>2</sub> )
D	4 000	(c <sub>3</sub> )
E	2 000	(c <sub>4</sub> )
F	10 000	(c <sub>5</sub> )

И расстояния от станции "А":

B	20 миль	(d <sub>1</sub> )
C	30 миль	(d <sub>2</sub> )

D	10 миль	(d <sub>3</sub> )
E	10 миль	(d <sub>4</sub> )
F	50 миль	(d <sub>5</sub> )

Нижеследующая диаграмма показывает представленную ситуацию.



Вычислим распределение общеканального трафика по всем пяти маршрутам : от *A* к *B*, от *A* к *C*, ..., и т.д.

Подсказка:

Прогноз по трафику для маршрута может быть получен из

$$t_i = \frac{\frac{c_0 \cdot c_i}{d_i^2}}{\sum_{j=1}^n \frac{c_0 \cdot c_j}{d_j^2}} \cdot T \quad \text{где } T - \text{ суммарный трафик.}$$

## 8. РЕШЕНИЕ

$$\frac{c_0 \cdot c_1}{d_1^2} = \frac{10,000 \cdot 5,000}{400} = 125,000$$

$$\frac{c_0 \cdot c_2}{d_2^2} = \frac{10,000 \cdot 7,000}{900} = 77,778$$

$$\frac{c_0 \cdot c_3}{d_3^2} = \frac{10,000 \cdot 4,000}{100} = 400,000$$

$$\frac{c_0 \cdot c_4}{d_4^2} = \frac{10,000 \cdot 2,000}{100} = 200,000$$

$$\frac{c_0 \cdot c_5}{d_5^2} = \frac{10,000 \cdot 10,000}{2,500} = 40,000$$

так что 
$$\sum_{j=1}^5 \frac{c_0 \cdot c_j}{d_j^2} = 842,778$$

Определим трафик из станции				A в станцию B = $\frac{125\,000}{842\,778} \cdot 75 = 11.1 \text{ erl.}$
"	"	"		A в станцию C = $\frac{77\,778}{842\,778} \cdot 75 = 6.9 \text{ erl.}$
"	"	"		A в станцию D = $\frac{400\,000}{842\,778} \cdot 75 = 35.6 \text{ erl.}$
"	"	"		A в станцию E = $\frac{200\,000}{842\,778} \cdot 75 = 17.8 \text{ erl.}$
"	"	"		A в станцию F = $\frac{40\,000}{842\,778} \cdot 75 = 3.6 \text{ erl.}$

Эти предварительные данные нагрузки могут затем использоваться для определения характеристик маршрутов.