برآورد هزینه سرمایه‌گذاری برای تجهیزات شبکه تلفنی همراه کشور بر اساس پیش‌بینی تقاضای مدل کاب - داگلاس

منصور شیخان و محمداسماعیل کلانتری

چکیده: در این مقاله با هدف برآورد علمی هزینه سرمایه‌گذاری برای تجهیزات شبکه تلفنی همراه کشور در سال‌های آتی، با به‌کارگیری مدل کاب - داگلاس، به‌عنوان یکی از روش‌های موفق در تخمین تقاضا، به برآورد تعداد متقاضیان این سرویس تلفنی در سال‌های آتی پرداخته و به‌دنبال آن با طراحی کلان بخش‌های BSS و NSS، تخمینی از حجم تجهیزات و میزان سرمایه‌گذاری لازم برای برپایی این شبکه ارائه شده است. در این راستا، در جریان طراحی بخش BSS، تعداد BTSها با پیکربندی‌های مختلف و نیز BSCها با ظرفیت‌های مختلف به‌همراه اقلام جانبی مانند دکل، آنتن، فیدر، تغذیه و نیز تجهیزات انتقال بین BTSها و BSCها تعیین شده است. در جریان طراحی بخش NSS نیز ضمن ارائه معماری پیشنهادی برای بخش ترافیکی (مشتمل بر سیگنالینگ) شبکه، طرح مسیریابی و وضعیت واسطها با PSTN و PDN ارائه و ضمن معرفی مدل‌های ترافیکی و پارامترهای مربوط، ظرفیت گره‌های شبکه و لینک‌های E1 مورد نیاز برآورد شده است. در نهایت نیز با توجه به میانگین قیمت ارائه‌شده توسط سازندگان داخلی و خارجی برای تجهیزات بخش‌های مختلف، هزینه سرمایه‌گذاری برای تجهیزات شبکه مذکور در جریان برنامه توسعه شبکه برای رسیدن از ضریب نفوذ 12/4% به ضریب نفوذ 48/4%، بالغ بر 26/7 هزار میلیارد ریال برآورد شده است.

کلید واژه: **شبکه تلفنی همراه، هزینه سرمایه‌گذاری، تجهیزات، پیش‌بینی تقاضا، مدل کاب - داگلاس.**

1- مقدمه

با توجه به رشد روزافزون تقاضای سرویس در شبکه تلفنی همراه، برآورد علمی تعداد متقاضیان و نیز بازار بالقوه تجهیزات این شبکه برای "ارائه‌دهندگان سرویس"، "دست‌اندرکاران صنعت" و نیز "برنامه‌ریزان توسعه" از اهمیت ویژه‌ای برخوردار شده است [1] و [2]. تاکنون نیز به‌عنوان نمونه، مدل‌هایی چون Bass [3] تا [7]، Loglet[1] [8] و [9]، و کاب - داگلاس[2] [2] و [10]، برای تخمین تقاضای محصولات و سرویس‌ها ارائه شده‌اند. همچنین ابزارهای مختلفی برای طراحی و بهینه‌سازی شبکه تلفنی همراه توسط مراجع مختلف ارائه شده است (به‌عنوان نمونه، [11] تا [15]).

بر این اساس، در بخش دوم این مقاله با به‌کارگیری یکی از مدل‌های موفق در تخمین تقاضا، برآورد تعداد متقاضیان این سرویس تا پایان سال 1389 در کشور ارائه می‌شود. سپس در بخش سوم مقاله با توجه به نتایج حاصل از تخمین تقاضا، به ارائه طرح بخش "زیرسیستم ایستگاه پایه/BSS" با به‌کارگیری ابزار طراحی Asset خواهیم پرداخت. بر این اساس، توزیع تقاضا در سطح مناطق مختلف کشور انجام و تعداد BTSها (با پیکربندی‌های مختلف) و BSCها (با ظرفیت‌های مختلف) و نیز تجهیزات انتقال بین آنها برآورد می‌شود. در این راستا، تخمینی از میزان نیاز به سایر تجهیزات و اقلام جانبی مربوط (مانند دکل، آنتن، فیدر و تغذیه) نیز ارائه می‌شود. به‌منظور برآورد میزان سرمایه‌گذاری لازم برای تجهیزات این زیرسیستم نیز با توجه به میانگین قیمت ارائه‌شده توسط سازندگان داخلی و خارجی برای تجهیزات مختلف، تخمینی از هزینه سرمایه‌گذاری در این بخش ارائه خواهد شد.

در بخش چهارم مقاله نیز طرح بخش "زیرسیستم سوئیچینگ شبکه/NSS" با توجه به طرح توسعه بخش ترافیکی، طرح پیشنهادی مسیریابی بین TSCها و معرفی پارامترهای به‌کار گرفته شده در مدل‌های ترافیکی ارائه و بر این اساس، ظرفیت گره‌های شبکه و لینک‌های E1 مورد نیاز برآورد می‌شود. برای این بخش از شبکه نیز در نهایت، تخمینی از هزینه سرمایه‌گذاری لازم برای تأمین تجهیزات مربوط ارائه خواهد شد.

البته لازم به یادآوری است که علی‌رغم فعالیت چند اپراتور در این حوزه، برآورد مورد نظر در این مقاله با فرض ایفای نقش تنظیم توسط وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات جهت ایجاد هماهنگی بین اپراتورهای مذکور برای استفاده بهینه از منابع ارائه می‌شود. بدین ترتیب با این فرض، برآورد هزینه سرمایه‌گذاری لازم در سطح کشور در شرایط فعالیت چندین اپراتور نیز از اعتبار قابل قبول برخوردار خواهد بود.

2- برآورد تعداد متقاضیان سرویس تلفنی همراه بر اساس مدل کاب - داگلاس

تاکنون روش‌هایی چون MA، ES، AS، Box - Jenkins و ARMA برای پیش‌بینی مشاهدات آتی دنباله‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند [16] و [17]. در این راستا نرم‌افزارهای آموزشی و تجاری زیادی نیز ارائه شده که در این مورد می‌توان به‌عنوان نمونه، DS و ForecastX را نام برد [18].

در این مقاله از مدل کاب - داگلاس که برای تخمین تقاضای یک محصول، دو متغیر "درآمد سرانه[3]" و "هزینه سرویس" را به‌کار می‌گیرد، استفاده می‌شود. در این مورد فرض کنید که Y_t و P_t به‌ترتیب درآمد سرانه و هزینه سرویس در زمان t باشند. مدل کاب - داگلاس میزان تقاضا (Q_t) را چنین برآورد می‌کند [19]

$$Q_t = AY_t^{\alpha} P_t^{\beta} \qquad (1)$$

این مقاله در تاریخ 23 مهر ماه 1386 دریافت و در تاریخ 11 خرداد ماه 1388 بازنگری شد. این تحقیق توسط وزارت صنایع و معادن، مرکز صنایع نوین در قالب یک طرح پژوهشی پشتیبانی شده است.

منصور شیخان، گروه مخابرات، مرکز تحصیلات تکمیلی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، بلوار کشاورز تهران، (email: msheikhn@azad.ac.ir).

محمداسماعیل کلانتری، گروه مخابرات، دانشکده برق، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر طوسی، سید خندان، تهران (email: kalantari@eetd.kntu.ac.ir).

1. Logistic+Wavelet
2. Cobb-Douglas
3. GDP/Capita

Archive of SID

www.SID.ir

جدول 1: داده‌های مربوط به مشترکین سرویس تلفنی همراه در سال‌های 1377 تا 1384.

سال	افزایش Q_t (هزار مشترک)	درآمد خانوار (Y_t) (میلیون ریال)	هزینه سرویس (P_t) (ریال در دقیقه)
1377	151	15/152	225/0
1378	101	18/565	288/0
1379	472	22/388	317/1
1380	1125	25/832	323/9
1381	968	33/105	348/3
1382	1171	39/202	390/9
1383	1625	47/268	410/5
1384	3435	57/137	431/0

که در آن Q_t تعداد تقاضا در زمان t است. α، β و A نیز پارامترهای این مدل هستند. با گرفتن لگاریتم از طرفین (1) و قراردادن $\ln(Q_t) = q_t$، $\ln(A) = a$، $\ln(Y_t) = y_t$ و $\ln(P_t) = p_t$ و افزودن خطای تصادفی U_t خواهیم داشت

$$q_t = a + \alpha y_t + \beta p_t + U_t \qquad (2)$$

پارامترهای a، α و β را با روش OLS طوری تخمین می‌زنند که (3) کمینه شود

$$\varphi(a,\alpha,\beta) = \sum_{t=1}^{T} U_t^2 = \sum_{t=1}^{T} [q_t - a - \alpha y_t - \beta p_t]^2 \qquad (3)$$

برای رسیدن به این منظور، با گرفتن مشتق نسبت به پارامترهای مذکور و مساوی صفر قرار دادن آن، پس از ساده‌سازی، دستگاه معادلات ارائه‌شده در (4) حاصل می‌شود

$$\begin{cases} Ta + (\sum_{t=1}^{T} y_t)\alpha + (\sum_{t=1}^{T} p_t)\beta = \sum_{t=1}^{T} q_t \\ (\sum_{t=1}^{T} y_t)a + (\sum_{t=1}^{T} y_t^2)\alpha + (\sum_{t=1}^{T} p_t y_t)\beta = \sum_{t=1}^{T} q_t y_t \\ (\sum_{t=1}^{T} p_t)a + (\sum_{t=1}^{T} p_t y_t)\alpha + (\sum_{t=1}^{T} p_t^2)\beta = \sum_{t=1}^{T} p_t q_t \end{cases} \qquad (4)$$

در این بخش با توجه به آمار تعداد مشترکین سرویس تلفنی همراه در سال‌های 1377 تا 1384، درآمد خانوارهای شهری در فاصله سال‌های مذکور (با فرض این که اکثر قریب به اتفاق مشترکین را ساکنین شهرها تشکیل می‌داده‌اند) و هزینه سرویس (با توجه به تعرفه مکالمات "همراه به همراه" و نیز "همراه به ثابت و بالعکس")، برآورد تعداد مشترکین این سرویس در سال‌های آتی بر اساس مدل کاب - داگلاس ارائه می‌شود. در این مورد نیز داده‌های مربوط جهت اعمال به مدل در جدول 1 آورده شده است [20] و [21].

در ارتباط با داده‌های این جدول نیز نکات قابل ذکر اینست که اولاً به‌دلیل نامتناسب‌بودن میزان واگذاری به‌صورت مقطعی در سال 1381 در کشور (که تنها 191/79 هزار شماره واگذار شد) از عدد مربوط در برنامه شرکت مخابرات ایران جهت واگذاری استفاده شده است. ثانیاً از سایر هزینه‌ها (مانند هزینه استهلاک سرمایه در خصوص ودیعه پرداختی) صرف نظر شده است.

بر این اساس پیش‌بینی مدل کاب-داگلاس از تعداد مشترکین سرویس تلفنی همراه در فاصله سال‌های 1385 تا 1389 به‌صورت ارائه‌شده در جدول 2 به‌دست خواهد آمد.

جدول 2: پیش‌بینی مدل کاب - داگلاس از افزایش تعداد مشترکین سرویس تلفنی همراه در سال‌های 1385 تا 1389.

سال	1385	1386	1387	1388	1389
میزان افزایش (هزار مشترک)	3538/5	4391/5	5340/4	6385/1	7525/6

بدین ترتیب پیش‌بینی می‌شود که تا پایان سال 1389، تعداد مشترکین سرویس تلفنی همراه در کشور به 35/69 میلیون مشترک برسد و بدین ترتیب ضریب نفوذ نیز در آن زمان، 48/4 درصد خواهد شد. برای اعتبارسنجی نتایج حاصل نیز تخمین الگوریتم برای تعداد مشترکین در سال 1384 (به‌عنوان نمونه)، برابر 3/469 میلیون مشترک به‌دست می‌آید که با مقدار واقعی، 3/435 میلیون مشترک، تنها به‌میزان 0/99 درصد اختلاف دارد. در ضمن در برنامه چهارم توسعه نیز ضریب نفوذ به‌میزان 50% تا پایان برنامه (سال 1388) پیش‌بینی شده [22] و [23] که با ضریب نفوذ به‌دست آمده هم‌خوانی دارد.

3- طرح بخش BSS و برآورد هزینه سرمایه‌گذاری برای تجهیزات مربوط

3-1 توزیع تقاضا در سطح استان‌ها، شهرستان‌ها و شهرهای کشور

با توجه به آمار تعداد مشترکین تلفن همراه در استان‌ها و شهرهای کشور در پایان سال 1385 و با توجه به قرارگرفتن منحنی رشد تقاضای سرویس تلفن همراه در بخش‌های غیر اشباع خود، سهم توسعه (یا افزایش تعداد مشترکین) در هر یک از 30 استان و 1016 شهر کشور برای برنامه توسعه مطرح در این مقاله (رساندن ضریب نفوذ از 12/4% به 48/4% با توجه به نتایج تخمین مدل کاب - داگلاس)، با توجه به توزیع آنها در پایان سال 1385 در نظر گرفته شده است [21].

3-2 طرح اولیه بخش BSS

با هدف مشخص‌کردن تعداد و پیکربندی BTSها در شهرهای کشور، فرضیات زیر در نظر گرفته شده است [24]:

الف) میزان ترافیک هر مشترک 33 میلی‌ارلانگ باشد.

ب) میزان انسداد[1] معادل 2% باشد.

ج) 25% ترافیک هر شهر جهت مشترکین مهمان در نظر گرفته شده و به ترافیک شهر مربوط اضافه شود.

بر اساس مفروضات فوق، نکات زیر نیز در طراحی لحاظ شده است [25]:

توانایی کارکرد مطابق استانداردهای GSM900 و GSM1800؛

ساختار ناحیه مورد نظر جهت پوشش؛

توزیع مشترکین در ناحیه مورد نظر؛

قابلیت توسعه سیستم؛

امکان ارائه سرویس‌های مطرح در استانداردها و سرویس‌های جدید

شکل‌بندی‌های زمین که در طراحی مکان BTSها نیز لحاظ شده عبارتند از: محوطه باز، زمین مسطح، زمین ناهموار و زمین کوهستانی. انواع مناطق روستایی، شبه‌حومه‌ای و شهری نیز به‌عنوان انواع محیط‌ها در طراحی منظور شده‌اند [25].

1. Blocking

Archive of SID
www.SID.ir

جدول 4: تعداد BTSهای مورد نیاز در برنامه توسعه در سطح استان‌ها (در فاصله سال‌های 1385 تا 1389).

نام استان	نوع پیکربندی						
	1+1+1	2+2+2	3+3+3	4+4+4	5+5+5	6+6+6	Micro-BTS (1+1+1)
آذربایجان شرقی	8	65	37	332	2	59	76
آذربایجان غربی	23	13	15	185	-	101	-
اردبیل	6	37	-	72	4	23	-
اصفهان	63	10	35	970	6	183	76
ایلام	11	4	8	23	2	13	-
بوشهر	17	2	8	127	2	39	-
تهران	48	-	2	9470	-	220	380
چهارمحال و بختیاری	17	11	19	70	-	6	-
خراسان (رضوی، جنوبی و شمالی)	70	25	23	870	6	72	76
خوزستان	33	4	13	448	6	39	-
زنجان	17	4	2	52	2	11	-
سمنان	4	13	10	98	-	23	-
سیستان و بلوچستان	32	6	10	155	4	13	-
فارس	21	17	48	824	8	37	-
قزوین	10	11	8	152	-	6	-
قم	-	6	2	160	-	19	-
کردستان	25	4	6	133	2	6	-
کرمان	44	8	10	369	4	21	-
کرمانشاه	21	6	10	127	-	4	-
کهگیلویه و بویراحمد	10	4	6	76	4	4	-
گلستان	15	4	15	120	2	6	-
گیلان	30	30	10	253	-	19	-
لرستان	17	2	2	98	4	2	-
مازندران	21	15	17	402	-	13	-
مرکزی	11	21	11	177	-	11	-
هرمزگان	10	4	4	164	4	17	-
همدان	17	15	4	96	2	15	-
یزد	4	6	8	223	2	35	-
مجموع	606	347	343	16246	66	1017	608

جدول 3: ترافیک حمل‌شده در پیکربندی‌های مختلف برای BTS.

پیکربندی BTS (تعداد TRX)		ترافیک حمل‌شده (ارلانگ)
1+1+1		10,8
2+2+2		29,4
3+3+3		49,8
4+4+4		71,1
5+5+5		93,0
6+6+6		115,2
Micro-BTS	1	3,6
	2	9,8

در بخش BSS، شاهد تنوع BTSها از لحاظ تعداد TRX (از 1+1+1 تا 6+6+6) و نیز Micro-BTS هستیم. برای برآورد تعداد TRX مورد نیاز، ابتدا ترافیک حمل‌شده توسط هر یک از ترکیب‌های مذکور با به‌کارگیری فرمول ارلانگ B و ضریب انسداد مذکور، محاسبه شده است [26]. بر این اساس، در جدول 3 ترافیک حمل‌شده در پیکربندی‌های مختلف برای BTS آورده شده است. همچنین، اطلاعات مربوط به تعداد BTS های مورد نیاز در سطح استان‌ها (در بازهٔ زمانی برنامهٔ توسعه) در جدول 4 عرضه شده است..

وظیفه کنترل BTSها نیز با BSC است. BSCها نیز ترکیب‌های مختلفی دارند که بر حسب تعداد TRX تحت کنترل (به‌عنوان نمونه، 350، 600، 700 و 1020) مشخص می‌شوند.

جهت تخمین تعداد BSCها نیز با توجه به تعداد TRXهای محاسبه‌شده برای هر استان و همچنین ظرفیت BSCها، تعداد و ظرفیت BSCها قابل تعیین است که نتایج مربوط به‌همراه اطلاعات مکان BSC در جدول 5 آورده شده است.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول 5: مشخصات BSCهای مورد نیاز در برنامه توسعه شبکه تلفنی همراه در کشور (در فاصله سال‌های 1385 تا 1389).

مکان BSC	TRXهای مورد نیاز استان	تعداد BSC مورد نیاز با ظرفیت			
		1020 TRX	700 TRX	600 TRX	350 TRX
تبریز	5652	5	-	1	-
ارومیه	4032	4	-	-	-
اردبیل	1481	1	-	1	-
اصفهان	14775	14	-	1	-
ایلام	635	-	1	-	-
بوشهر	2229	2	-	-	1
تهران	111071	109	-	-	-
شهرکرد	1181	1	-	-	1
مشهد	11796	11	-	1	-
اهواز	5982	6	-	-	-
زنجان	886	-	-	1	1
سمنان	1657	1	1	-	-
زاهدان	2232	2	-	-	1
شیراز	10524	10	-	-	1
قزوین	1970	1	-	1	1
قم	2164	2	-	-	1
سنندج	1768	1	-	1	1
کرمان	4803	4	-	1	1
کرمانشاه	1671	1	1	-	-
یاسوج	1082	1	-	-	1
گرگان	1669	1	1	-	-
رشت	3502	3	-	1	-
خرم‌آباد	1261	1	-	-	1
بابل	5023	4	-	1	1
اراک	2415	2	-	1	-
بندرعباس	2266	2	-	-	1
همدان	1523	1	-	1	-
یزد	3217	3	-	-	1
مجموع	**208/47 هزار**	193	4	9	14

3-3 برآورد هزینه سرمایه‌گذاری برای تجهیزات بخش BSS

با توجه به تخمین ارائه‌شده در خصوص تعداد BTSها و BSCها در بند 3-2 و در نظر گرفتن میانگین قیمت این تجهیزات، می‌توان هزینه سرمایه‌گذاری لازم برای این بخش از تجهیزات BSS را در بازه زمانی برنامه توسعه برآورد کرد [27] تا [30]. اما از آنجا که اقلامی چون دکل، آنتن، رادیوهای دیجیتال و مودم‌های HDSL نیز در شکل‌گیری بخش BSS شبکه تلفنی همراه نقش دارند، در این بند ابتدا به برآورد حجم و بازار اقلام مذکور پرداخته و سپس تخمین هزینه سرمایه‌گذاری برای تجهیزات بخش BSS ارائه می‌شود. در این راستا، معیارهای زیر برای برآورد میزان نیاز به اقلام و تجهیزات مذکور در نظر گرفته شده است [25]:

الف) معیار برآورد تعداد دکل: با توجه به اطلاعات ارائه‌شده توسط شرکت ارتباطات سیار، در سطح کشور برای حدود 60 درصد از ایستگاه‌ها، دکل مورد نیاز است.

ب) معیار برآورد تعداد آنتن: برای حدود 40 درصد از ایستگاه‌ها که در کلان‌شهرها واقع خواهند شد، از آنتن‌های X.Pol (3 عدد برای هر سایت) و برای بقیه ایستگاه‌ها از آنتن‌های V.Pol (6 عدد برای هر سایت) استفاده شود.

ج) معیار برآورد طول فیدر: با توجه به سه‌سکتوری بودن ایستگاه‌ها و وجود دو مسیر مستقل فیدر برای هر سکتور (یعنی 6 مسیر مستقل برای فیدر در هر ایستگاه) و این که طول هر مسیر تقریباً 40 متر است، می‌توان طول کل کابل فیدر مورد نیاز را برآورد کرد.

د) معیار برآورد تعداد جامپر: به‌ازای هر فیدر، دو جامپر مورد نیاز است.

ه) معیار برآورد امکانات تغذیه: با توجه به اطلاعات ارائه‌شده توسط شرکت ارتباطات سیار، در 15 درصد از ایستگاه‌ها، تجهیزات تغذیه وجود دارد و نیز 30 درصد از کل ایستگاه‌ها به‌صورت برون‌بنا[1]

1. Outdoor

Archive of SID

www.SID.ir

جدول 6: حجم و بازار تجهیزات و اقلام مورد نیاز بخش BSS شبکه تلفنی همراه کشور در بازه زمانی برنامه توسعه (در فاصله سال‌های 1385 تا 1389).

تجهیزات/اقلام	نوع	تعداد/میزان مورد نیاز	هزینه هر واحد	هزینه کل
BSC (1020 TRX)		193	30 K$	5790 K$
BSC (700 TRX)		4	25 K$	100 K$
BSC (600 TRX)		9	20 K$	180 K$
BSC (350 TRX)		14	15 K$	210 K$
BTS (1+1+1)	Outdoor Dual Band	182	22 K$	4004 K$
BTS (1+1+1)	Indoor Dual Band	424	18 K$	7632 K$
BTS (2+2+2)	Outdoor Dual Band	104	34 K$	3536 K$
BTS (2+2+2)	Indoor Dual Band	246	30 K$	7380 K$
BTS (3+3+3)	Outdoor Dual Band	103	45 K$	4635 K$
BTS (3+3+3)	Indoor Dual Band	240	41 K$	9840 K$
BTS (4+4+4)	Outdoor Dual Band	4874	64 K$	311,94 M$
BTS (4+4+4)	Indoor Dual Band	11372	60 K$	682,32 M$
BTS (5+5+5)	Outdoor Dual Band	20	75 K$	1500 K$
BTS (5+5+5)	Indoor Dual Band	46	71 K$	3266 K$
BTS (6+6+6)	Outdoor Dual Band	305	86 K$	26,23 M$
BTS (6+6+6)	Indoor Dual Band	712	82 K$	58,3 M$
Miro-BTS (1+1+1)	Outdoor Dual Band	608	18 K$	10,94 M$
دکل		11540	60 MRials	692,4 BRials
آنتن BTS	23080 آنتن X.Pol و 69239 آنتن V.Pol	92319	2,5 MRials	230,8 BRials
کابل فیدر	7/8	4616 km	7 $/m	32,31 M$
جامپر		184638	300 KRials	55,4 BRials
تجهیزات تغذیه		10578	60 MRials	634,7 BRials
رادیوی دیجیتال	(2×2 Mbps و 2) و (18 GHz و 15)	8655 لینک	200 MRials	1731,0 BRials
HDSL		7693 لینک	100 MRials	769,3 BRials
مجموع		**1170,1 M$ + 4113,6 BRials**		

هستند که قیمت تجهیزات تغذیه در قیمت کلی آنها لحاظ می‌شود. لذا برای 55 درصد از ایستگاه‌ها باید امکانات تغذیه تأمین شود.

و) معیار برآورد تجهیزات انتقال بین BTSها و BSCها: با توجه به اطلاعات ارائه‌شده توسط شرکت ارتباطات سیار، حدود 15 درصد از ایستگاه‌های BTS در مراکز و ساختمان‌های مخابراتی قرار دارند. لذا در طرح توسعه برای بقیه ایستگاه‌ها نیز ترکیب "40 درصد ارتباط از طریق HDSL" و "45 درصد ارتباط از طریق رادیوی دیجیتال" فرض شده است.

با توجه به توضیحات فوق، نتایج برآورد هزینه سرمایه‌گذاری لازم برای تجهیزات و اقلام مورد نیاز بخش BSS در بازه زمانی برنامه توسعه در جدول 6 آورده شده است. بدین ترتیب هزینه سرمایه‌گذاری برای تجهیزات بخش BSS در برنامه توسعه (برای رساندن ضریب نفوذ از 12/4% به 48/4%)، 15815 میلیارد ریال (یا 1581/5 میلیون دلار، با فرض برابری هر دلار آمریکا با ده هزار ریال) خواهد بود.

4- طرح بخش NSS و برآورد هزینه سرمایه‌گذاری برای تجهیزات مربوط

4-1 طرح اولیه بخش NSS

اجزای اصلی بخش NSS در شبکه PLMN عبارتند از: مرکز سوئیچ و ثبات موقت اطلاعات مشترکین (MSC/VLR)، ثبات اصلی اطلاعات مشترکین (HLR)، واسط گره‌های شبکه (TSC)، مراکز پیام کوتاه و پیام صوتی (SMSC/VMSC)، مرکز تأیید هویت مشترکین (AUC)، مرکز مدیریت شبکه (NMNC) و مرکز اطلاعات صورت‌حساب (BC).

در راستای توسعه شبکه، طرح بخش ترافیکی شبکه NSS در برنامه توسعه با توجه به وضعیت پایه شبکه تلفنی همراه در شکل 1 آورده شده است. با توجه به تعداد زیاد مشترکین در سال‌های آتی از گره‌های STP جهت ارسال و دریافت پیام‌های سیگنالینگ استفاده می‌شود. البته برای افزایش امنیت شبکه در هر محدوده، از دو گره STP استفاده خواهد شد. شکل 2 نیز هم‌بندی پیشنهادی شبکه سیگنالینگ برای یک ناحیه در طرح توسعه آتی را نشان می‌دهد.

4-2 طرح مسیریابی شبکه

در طرح توسعه ارائه‌شده در این مقاله، چهار منطقه مختلف برای TSCها بدین ترتیب در نظر گرفته شده است:

الف) منطقه شمال: مشتمل بر سه حوزه بابل، تبریز و همدان (MSCهای بابل و رشت زیرمجموعه حوزه بابل، و MSCهای تبریز و ارومیه زیرمجموعه حوزه تبریز هستند).

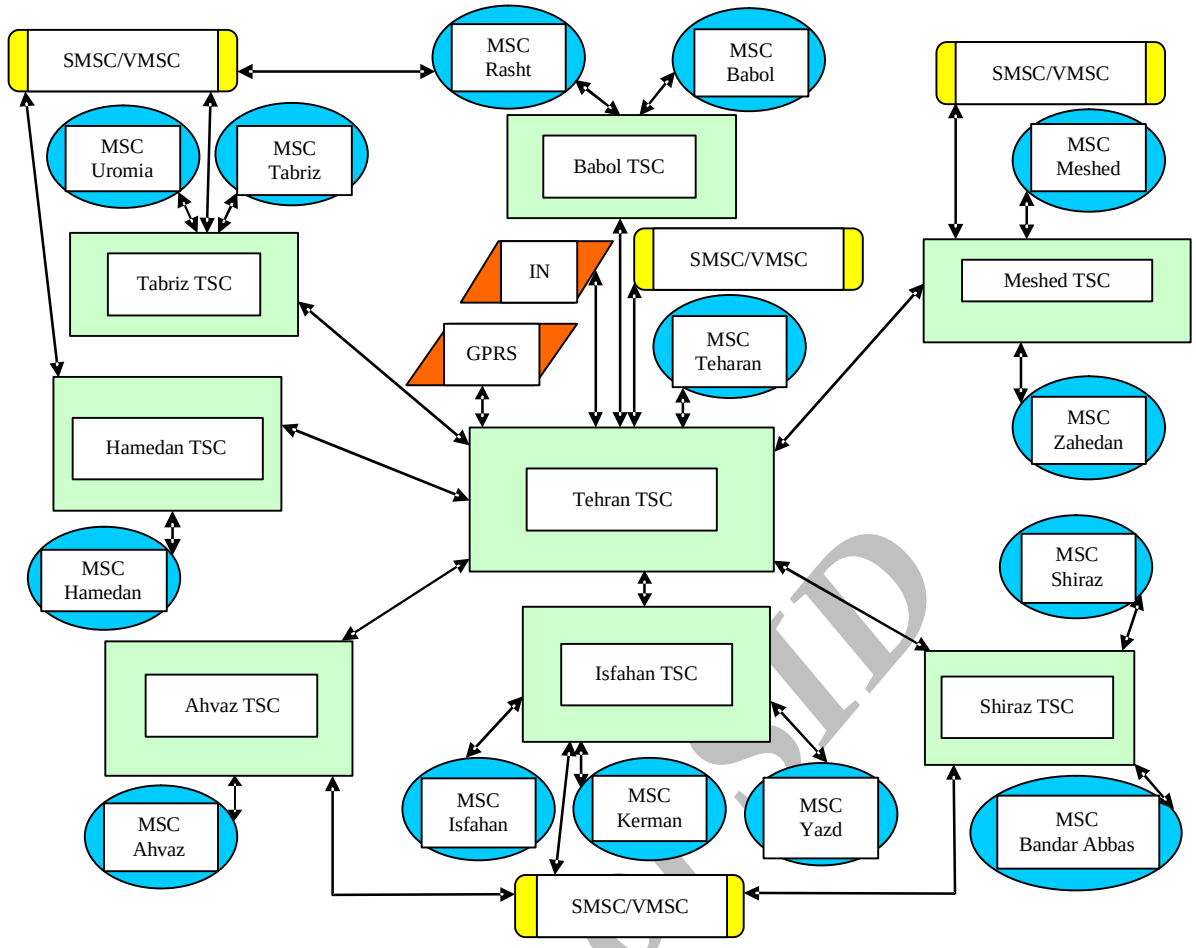
ب) منطقه تهران: مشتمل بر حوزه تهران (گره‌های IN و GPRS نیز در شهر تهران قرار داشته و ارتباط این گره‌ها با سایر نواحی از طریق TSC تهران انجام می‌شود).

ج) منطقه شرق: مشتمل بر حوزه مشهد (MSCهای مشهد و زاهدان زیرمجموعه این منطقه هستند).

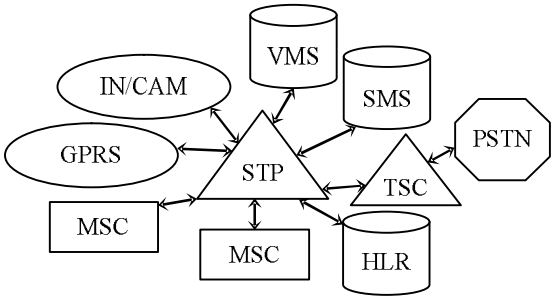
د) منطقه جنوب: مشتمل بر سه حوزه اصفهان، شیراز و اهواز (MSCهای اصفهان، کرمان و یزد زیرمجموعه حوزه اصفهان، و MSCهای شیراز و بندرعباس زیرمجموعه حوزه شیراز هستند).

Archive of SID

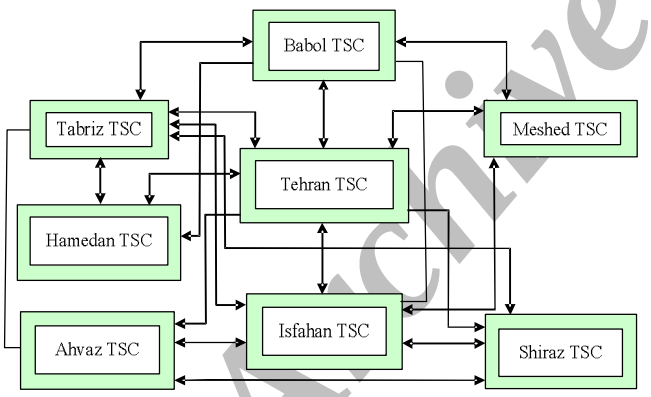
www.SID.ir



شکل 1: معماری پیشنهادی بخش ترافیکی شبکه NSS در برنامه توسعه.



شکل 2: همبندی پیشنهادی بخش سیگنالینگ شبکه NSS در برنامه توسعه.



شکل 3: طرح پیشنهادی ارتباط بین TSCهای کشور در برنامه توسعه.

شکل 3 نیز طرح پیشنهادی ارتباط بین TSCهای کشور را نمایش می‌دهد. در این طرح TSC تهران به‌عنوان واسط برای مسیریابی بدون ارتباط مستقیم عمل می‌نماید.

3-4 واسطها با PSTN و PDN

در طرح پیشنهادی، تمامی ارتباطها در منطقه تهران بین MSC و PSTN، از طریق TSC تهران انجام می‌شود، ولی در استان‌های دیگر ارتباط بین MSC و PSTN به‌صورت مستقیم و ارتباط معکوس آن از طریق TSC هر منطقه انجام می‌شود. ارتباط با PDN نیز از طریق گره GGSN صورت می‌پذیرد.

4-4 پارامترهای مدل‌های ترافیکی

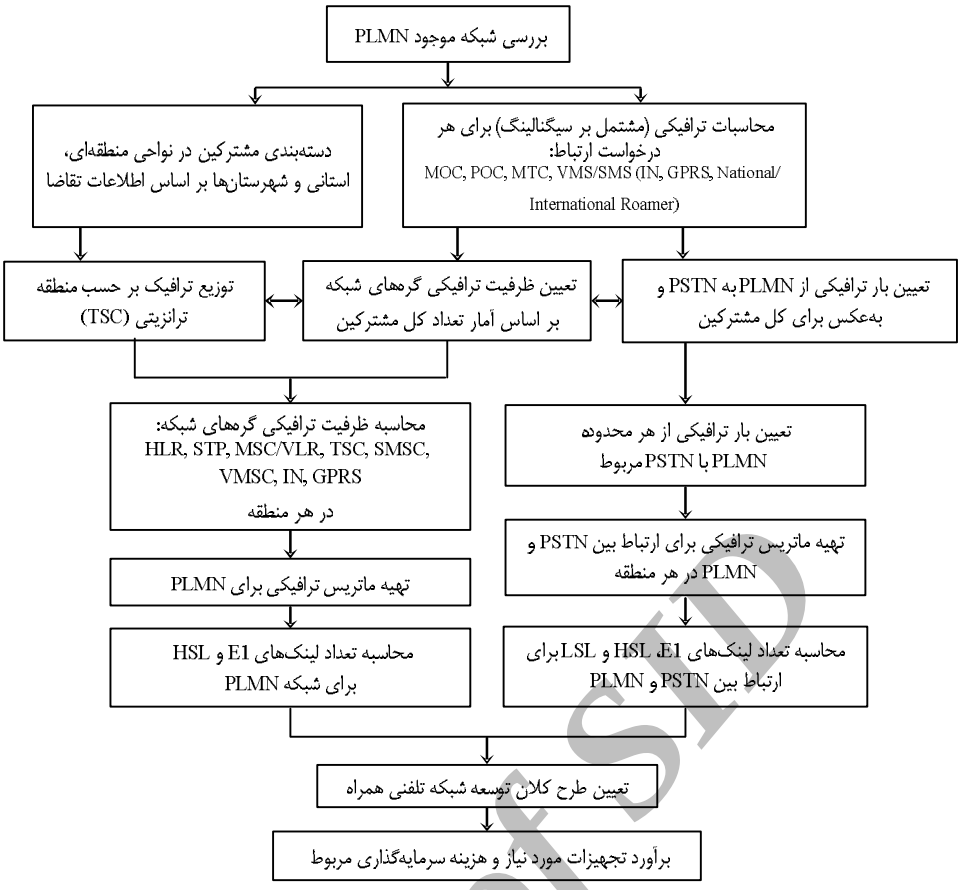
MTC، VTC، POC و MOC از نمونه منابع ترافیکی در شبکه تلفنی همراه هستند. با فرض پارامترهای ترافیکی (مبتنی بر گزارش‌های ترافیک‌سنجی [31]) به‌صورت: ترافیک 33 میلی‌ارلانگ به‌ازای هر مشترک، GoS معادل 1% در سطح NSS، توزیع ترافیک صوتی بین MO و MT به‌ترتیب به‌میزان 55 و 45 درصد، توزیع ترافیک MOC به‌سمت PSTN و PLMN به‌ترتیب به‌میزان 48 و 52 درصد، توزیع ترافیک MTC به‌سمت PLMN و VSMC به‌ترتیب به‌میزان 80 و 20 درصد و نیز توزیع ترافیک MOC به‌سمت PLMN به‌صورت 40% به‌همان MSC و 40% به سایر MSCها و 20% نیز به VMSC، در طراحی این بخش، مدل‌های ترافیکی برای MOC، POC و نیز بین مناطق TSC توسعه داده شده‌اند.

به‌همین ترتیب مدل‌های ترافیکی در خصوص SMS (با در نظر گرفتن میانگین طول 80 نویسه‌ای[1] و فرض فعالیت حداکثر 50% از مشترکین

1. Character

Archive of SID

www.SID.ir



شکل 4: فرآیند کلی طراحی بخش NSS شبکه تلفنی همراه با هدف برآورد هزینه سرمایه‌گذاری برای تجهیزات.

جدول 7: میل ترافیکی بین مناطق چهارگانه TSC (بر حسب درصد).

مقصد / مبدأ	ناحیه شمال	ناحیه تهران	ناحیه شرق	ناحیه جنوب
ناحیه شمال	-	63	8	29
ناحیه تهران	37	-	14	49
ناحیه شرق	19	55	-	26
ناحیه جنوب	24	67	9	-

SMS در یک زمان) و VMS (با فرض میانگین طول 30 ثانیه‌ای برای پیام صوتی) توسعه و بار سیگنالینگی حاصل از این سرویس‌ها در کنار بار سیگنالینگی حاصل از مکالمات محاسبه شده است. در ضمن بار سیگنالینگ حاصل از سرویس‌های جانبی مانند IN، GPRS و National/International Roaming در محاسبات در نظر گرفته شده است.

در خصوص میل ترافیکی مکالمات با سایر مناطق نیز بر اساس گزارش‌های ترافیک‌سنجی، وضعیت به‌صورت ارائه‌شده در جدول 7 در نظر گرفته شده است.

همچنین در محاسبات طراحی MSCها، ضریب بیشینه استفاده از VLR، برابر 70% ظرفیت اصلی VLR در نظر گرفته شده است (با توجه به ترافیک فصلی و مهمان‌پذیری برخی از شهرها).

5-4 برآورد ظرفیت گره‌های شبکه و لینک‌های E1 مورد نیاز

در راستای برآورد مطرح در این بند، فرآیند کلی طراحی شبکه تلفنی همراه در شکل 4 آورده شده است. لازم به ذکر است که محاسبات مربوط بر پایه داده‌های آماری مشترکین، مدل‌های ترافیکی و ملاحظات فنی در خصوص IN، GPRS و National/International Roaming انجام شده است [32] تا [35].

ظرفیت گره‌های منطقه و ترافیک ورودی و خروجی آنها با فرض BHCA برابر 2/5 به‌ازای هر مشترک و نیز با توجه به توزیع ترافیک در مدل مربوط تعیین شده است. به‌عنوان نمونه، با توجه به مطالب مذکور در بند قبل، میل ترافیکی به شبکه تلفنی ثابت (PTC)، 26/4% (0/55×0/48) در نظر گرفته شده است. برای تعیین تعداد کانال مورد نیاز بین گره‌ها نیز با توجه به ترافیک محاسبه‌شده و فرض نرخ انسداد 1%، از نرم‌افزار مربوط برای محاسبات ارلانگ B استفاده شده است [26]. ضریب استفاده از لینک‌های E1 نیز 0/8 در نظر گرفته شده است.

مراحل محاسبه بار سیگنالینگ در داخل هر ناحیه نیز چنین در نظر گرفته شده است:

الف) انتخاب گره‌های مؤثر در حجم بار سیگنالینگ (HLR، MSC/VLR، IN/GPRS/CAMEL، SMSC، VMSC و شبکه PSTN)

ب) محاسبه حجم بار سیگنالینگ گره‌های فوق‌الذکر با گره STP (با توجه به نوع پیام و حجم آن)

ج) تقسیم حجم بار سیگنالینگ بین چهار ناحیه (بر اساس ظرفیت آنها)

د) تعیین تعداد لینک‌های سیگنالینگ E1

بر این اساس، نتایج محاسبات طراحی بخش NSS در خصوص ظرفیت و تعداد لینک E1 ترافیکی و سیگنالینگی مورد نیاز هر مرکز MSC/VLR در جدول 8 آورده شده است. نتایج محاسبات مربوط به ظرفیت مورد نیاز TSCهای مناطق چهارگانه و نیز تعداد E1 مورد نیاز

Archive of SID
www.SID.ir

جدول 8: برآورد ظرفیت مورد نیاز MSC/VLRهای مناطق در برنامه توسعه (در فاصله سال‌های 1385 تا 1389).

نام MSC	ظرفیت VLR (هزار)	تعداد لینک E1 ترافیکی	تعداد لینک E1 سیگنالینگی (HSL)
مشهد	2237/1	5240	36
زاهدان	455/7	1116	8
تهران	19501/8	51918	390
بابل	1584/1	3791	22
رشت	851/6	1883	11
همدان	1701/2	4172	28
تبریز	2264/1	4838	36
ارومیه	811/5	2653	11
اهواز	992/8	2587	18
اصفهان	3477/0	9070	57
کرمان	908/7	1989	14
یزد	640/8	1726	8
شیراز	2596/3	6919	43
بندرعباس	485/4	1236	4

جدول 9: برآورد ظرفیت مورد نیاز TSCهای مناطق چهارگانه در برنامه توسعه (در فاصله سال‌های 1385 تا 1389).

نام TSC	BHCA (هزار)	تعداد E1	تعداد لینک E1 سیگنالینگی (HSL)
مشهد	4546/1	6862	14
تهران	44710/3	78423	124
بابل	4321/3	7254	11
همدان	3232/1	5531	11
تبریز	5523/3	9600	14
اهواز	2052/6	3437	8
اصفهان	9110/5	15596	26
شیراز	6119/3	10272	18

جدول 10: برآورد تعداد E1 مورد نیاز در زیرساخت بین TSCهای کشور در برنامه توسعه (در فاصله سال‌های 1385 تا 1389).

مبدأ \ مقصد	مشهد	تهران	بابل	همدان	تبریز	اهواز	اصفهان	شیراز
مشهد	-	369	27	-	-	-	66	-
تهران	628	-	457	445	607	226	990	692
بابل	30	293	-	165	218	-	61	-
همدان	-	160	210	-	100	-	-	-
تبریز	-	387	410	146	-	16	87	53
اهواز	-	160	-	-	18	-	114	69
اصفهان	82	657	66	-	94	216	-	686
شیراز	-	498	-	-	59	91	467	-

جدول 11: برآورد ظرفیت مورد نیاز SMSC مناطق چهارگانه در برنامه توسعه (در فاصله سال‌های 1385 تا 1389).

نام منطقه	ظرفیت (هزار)	تعداد لینک E1 سیگنالینگی (HSL)
شمال	4924/1	10
تهران	13941/8	34
شرق	1810/9	7
جنوب	6506/3	13

جدول 12: برآورد ظرفیت مورد نیاز VMSC مناطق چهارگانه در برنامه توسعه (در فاصله سال‌های 1385 تا 1389).

نام منطقه	ظرفیت (هزار)	تعداد E1	تعداد لینک E1 سیگنالینگی (HSL)
شمال	4924/1	2086	7
تهران	13941/8	5575	17
شرق	1810/9	856	4
جنوب	6506/3	2753	7

در زیرساخت شبکه تلفنی همراه هم به‌ترتیب در جداول 9 و 10 آورده شده است.

در جداول 11 و 12 نیز ظرفیت و تعداد لینک E1 ترافیکی و سیگنالینگی مورد نیاز مراکز SMSC/VMSC مناطق گزارش شده است.

دیدیم که در طرح حاضر، گره‌های IN و GPRS در شهر تهران قرار می‌گیرند، لذا نتایج محاسبات مربوط به ظرفیت و تعداد لینک E1 ترافیکی و سیگنالینگی مورد نیاز مراکز IN/GPRS نیز در جدول 13 آورده شده است. لازم به‌ذکر است که در طراحی، تعداد مشترکین IN و GPRS به‌ترتیب 20% و 2% تعداد کل مشترکین در نظر گرفته شده است.

در جدول 14 نیز نتایج برآورد ظرفیت و تعداد لینک E1 سیگنالینگی مورد نیاز مراکز HLR و STP مناطق گزارش شده است.

6-4 برآورد هزینه سرمایه‌گذاری برای تجهیزات بخش NSS

با توجه به میانگین قیمت تجهیزات سازندگان مختلف و نیز اطلاعات مناقصه‌های سال‌های اخیر در کشور، هزینه سرمایه‌گذاری لازم برای تجهیزات عمده بخش NSS شبکه تلفنی همراه در برنامه توسعه به‌صورت ارائه‌شده در جدول 15 برآورد می‌شود [25]، [30] و [36].

علاوه بر تجهیزات عمده مذکور، هزینه اقلام و تجهیزاتی چون تغذیه، تهویه، باتری، کانکتور، کابل و حتی سیم‌کارت را نیز می‌توان به بازار ارائه‌شده در جدول 15 اضافه کرد. در این مورد با توجه به اطلاعات

Archive of SID
www.SID.ir

جدول 13: برآورد ظرفیت مورد نیاز IN/GPRS در منطقه تهران در برنامه توسعه (در فاصله سال‌های 1385 تا 1389).

نوع مرکز	ظرفیت (هزار)	تعداد E1	تعداد لینک E1 سیگنالینگی (HSL)
IN	5436	10137	149
GPRS	544	765	14

جدول 14: برآورد ظرفیت مورد نیاز مراکز HLR و STP مناطق در برنامه توسعه (در فاصله سال‌های 1385 تا 1389).

نام منطقه	ظرفیت HLR (هزار)	تعداد لینک E1 سیگنالینگی مرکز HLR (HSL)	تعداد لینک E1 سیگنالینگی مرکز STP (HSL)
شمال	4924/1	47	422
تهران	13941/8	218	1388
شرق	1810/9	20	208
جنوب	6506/3	66	590

جدول 15: برآورد هزینه سرمایه‌گذاری برای تجهیزات عمده بخش NSS شبکه تلفنی همراه در بازه زمانی برنامه توسعه (در فاصله سال‌های 1385 تا 1389).

مراکز	ظرفیت (هزار)	هزینه کل (میلیون دلار)
MSC/VLR	38508	385/09
TSC	79615 (BHCA)	203/90
SMSC/VMSC	27183	27/19
HLR	27183	27/02
IN	5436	21/28
GPRS	544	27/19
STP	27183	123/58
BC	27183	82/40
مجموع		897/65

ارائه‌شده در [25]، بازار اقلام و تجهیزات جانبی مذکور قریب به 1/92 هزارمیلیارد ریال برآورد می‌شود. لذا با فرض برابری هر دلار آمریکا با ده‌هزار ریال، بازار تجهیزات بخش NSS در برنامه توسعه (برای رساندن ضریب نفوذ از 12/4% به 48/4%)، قریب به 10897 میلیارد ریال (یا 1089/7 میلیون دلار) خواهد بود.

5- نتیجه‌گیری

در این مقاله با به‌کارگیری مدل کاب - داگلاس، تعداد متقاضیان سرویس تلفنی همراه در کشور تا پایان سال 1389 پیش‌بینی و افزایش تعداد مشترکین این سرویس در فاصله سال‌های 1385 تا 1389 بالغ بر 27/18 میلیون مشترک برآورد شد. بدین ترتیب ضریب نفوذ تلفن همراه در کشور از 12/4% (در پایان سال 1384) به 48/4% (در پایان سال 1389) خواهد رسید. به‌دنبال آن با هدف تخمین هزینه سرمایه‌گذاری لازم برای تأمین تجهیزات شبکه تلفنی همراه در برنامه توسعه مربوط به ایجاد این تغییر در ضریب نفوذ، برآورد به تفکیک دو بخش BSS و NSS انجام شد. بدین ترتیب که ابتدا با توزیع میزان تقاضای مذکور در سطح استان‌ها، شهرستان‌ها و شهرهای کشور، طراحی کلان بخش BSS انجام و تعداد BTSها با پیکربندی‌های گوناگون و نیز BSCها با ظرفیت‌های مختلف مورد نیاز در سطح کشور، برآورد شد. بر این اساس، با توجه به میانگین قیمت ارائه‌شده توسط سازندگان داخلی و خارجی، هزینه سرمایه‌گذاری لازم برای تأمین تجهیزات و اقلام مورد نیاز بخش BSS قریب به 15/82 هزارمیلیارد ریال برآورد شد. به‌همین ترتیب طراحی بخش NSS انجام و در نهایت ظرفیت گره‌های شبکه و لینک‌های E1 مورد نیاز تعیین شد. سپس تجهیزات و اقلام مورد نیاز بخش NSS نیز در سطح مراکز MSC/VLR، TSC، SMSC/VMSC، HLR، IN، GPRS، STP و BC قریب به 10/90 هزارمیلیارد ریال برآورد شد. بدین ترتیب هزینه سرمایه‌گذاری کلی برای تجهیزات و اقلام شبکه تلفنی همراه کشور در بازه زمانی برنامه توسعه مذکور (در فاصله سال‌های 1385 تا 1389 و برای رساندن ضریب نفوذ تلفن همراه از 12/4 درصد به 48/4 درصد بر اساس تخمین مدل کاب - داگلاس)، بالغ بر 26/7 هزارمیلیارد ریال تخمین زده می‌شود.

6- سپاس‌گزاری

این مقاله در چهارچوب طرح پژوهشی "ارزیابی بازار داخلی صنعت مخابرات" و با حمایت وزارت صنایع و معادن، مرکز صنایع نوین تدوین شده است. لازم به یادآوری است که برآورد در طرح مذکور تا پایان سال 1387 بوده و در این مقاله طراحی و محاسبات مربوط، تجدید و برآورد تا پایان سال 1389 ارائه شده است. لذا بدین وسیله از مسئولین، ناظران طرح و کارشناسان محترم مرکز مذکور به‌دلیل پشتیبانی در اجرای این طرح قدردانی می‌شود.

7- فهرست واژگان

ARMA: Auto-Regressive Moving Average
AS: Adaptive Smoothing
AUC: Authentication Center
BC: Billing Center
BHCA: Busy Hour Call Attempt
BSC: Base Station Controller
BSS: Base Station Subsystem
BTS: Base Transceiver Station
CAMEL: Customised Application for Mobile Enhanced Logic
DS: Decision Science
ES: Exponential Smoothing
GDP: Gross Domestic Product
GGSN: Gateway GPRS Support Node
GoS: Grade of Service
GPRS: General Packet Radio Service
GSM: Global System for Mobile Communication
HDSL: High-Speed Digital Subscriber Line
HLR: Home Location Register
HSL: High Speed Link

Archive of SID
www.SID.ir

IN: Intelligent Network
LSL: Low Speed Link
MA: Moving Average
MO: Mobile Originating
MOC: MO Call
MSC: Mobile Switching Center
MT: Mobile Terminating
MTC: MT Call
NMNC: Network Management Center
NSS: Network Switching Subsystem
OLS: Ordinary Least Squares
PDN: Public Data Network
PLMN: Public Land Mobile Network
POC: PSTN Originating Call
PSTN: Public Switched Telephone Network
PTC: PSTN Terminating Call
SMS: Short Message Service
SMSC: SMS Center
STP: Signaling Transfer Point
TRX: Transmitter/Receiver
TSC: Transit Switching Center
VLR: Visitor Location Register
VMS: Voice Mail Service
VMSC: VMS Center
VTC: Voice-mail Terminating Call

مراجع

[1] K. T. Duffy - Deno, "Demand for additional telephone lines: an empirical note," *Information Economics and Policy*, vol. 13, no. 3, pp. 283-299, Jul. 2001.

[2] M. Hamoudia and T. Islam, "Modelling and forecasting the growth of wireless messaging," *Telektronikk*, vol. 4, no. 4, pp. 64-69, Dec. 2004.

[3] C. Freeman, *Diffusion of Technologies and Social Behavior*, N. Nakicenovic and A. Grubler (eds.), Springer-Verlag, 1991.

[4] V. Mahajan, E. Muller, and F. M. Bass, "New product diffusion models," in *Marketing*, pp. 349-408, North-Holland, 1993.

[5] N. Meade and T. Islam, "Technological forecasting-model selection, model stability and combining models," *Management Science*, vol. 44, no. 8, pp. 1115-1130, Aug. 1998.

[6] N. Meade and T. Islam, Principles of Forecasting: A Handbook for Researchers and Practitioners, Kluwer Academic, pp. 577-595, 2001.

[7] R. Venkatesan and V. Kumar, "A genetic algorithm approach to growth phase forecasting of wireless subscribers," *Int. J. Forecasting*, vol. 18, no. 4, pp. 625-646, Dec. 2002.

[8] P. S. Meyer, J. W. Yung, and J. H. Ausubel, "A primer on logistic growth and substitution: the mathematics of the Loglet Lab software," *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 61, no. 3, pp. 247-271, Jul. 1999.

[9] J. W. Yung, P. S. Meyer, and J. H. Ausubel, "The Loglet Lab software: a tutorial," *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 61, no. 3, pp. 273-295, Jul. 1999.

[10] European Institute for Research and Strategic Studies in Telecommunications (Eurescom), P901 Project Report: *Investment Analysis Modelling, Deliverable 2, Annex B (Market Modelling)*, Aug. 2000 (www.eurescom.eu/~pub/about-eurescom/message02.../message02_2001.pdf).

[11] Ericsson Corp., *TEMS Optimization Solutions*, 2005 (http://www.ericsson.com/solutions/tems/downloads/tems_brochure.pdf), 2005.

[12] Delphius Company, GSM Communications Planning and Design: PicoPlan and Power Plan Tools (http://www.delphius.co.za/prodserv/gsm.html), 2007.

[13] Awardsolutions Inc., *Network Design and Optimization: PlanetEV, DBPlanner and Asset Tools* (http://www.awardsolutions.com/forms/professionalServices/networkDesignOptimization.aspx), 2007.

[14] W. Mende, E. Oppermann, and L. Heitzer, "Mobile radio network management supported by a planning tool," in *Proc. IEEE Network Operations and Management Symposium (NOMS'98)*, vol. 2, pp. 483-492, 15-20 Feb. 1998.

[15] Motorola Corp., I*ntelligent Design for Growth Planning*, 2006 (www.motorola.com/mot/ doc/5/5670_MotDoc.pdf).

[16] J. S. Armstrong, Long-Range Forecasting, From Crystal Ball to Computer, John Wiley, 1985.

[17] G. P. Zhang, *Neural Networks in Business Forecasting*, Idea Group Publishing Company, 2004.

[18] Scientific Software Services, *Forecast Pro XE and Forecast Pro Basic*, 2008 (http://www.sciencedownload.com/product.php?productid=124&cat=62&bestseller).

[19] N. Economides, "The economics of networks," *In. J. of Industrial Organisation*, vol. 16, no. 4, pp. 673-699, Oct. 1996.

[20] مرکز آمار ایران، "آمار تعداد تلفن‌های همراه و آمار متوسط درآمد خانوارها،" *سالنامه‌های آماری کشور*، 1385-1376.

[21] شرکت مخابرات ایران، معاونت برنامه‌ریزی و توسعه، ادارهٔ اطلاعات و آمار، *آمار تعداد مشترکین و تعرفه‌ها*، 1386-1376.

[22] سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی، *قانون برنامه چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران*، 1383 (www.mporg.ir/barnameh4/ghanon-b4-26mehr.pdf).

[23] آ دفتر روابط عمومی و امور بین‌الملل شرکت مخابرات ایران، *آمار شاخص‌های مخابراتی کل کشور (سال‌های 1375 تا 1385)*، 1386 (www.irantelecom.ir/pdfs/amar/shakhes_1375_1385.pdf).

[24] L. Krank and H. Orlamunder, "Future telecommunication traffic-a methodology for estimation," in *Proc. 10th International Telecommunication Network Strategy and Planning Symposium*, vol. 1, pp. 139-144, Jun. 2002.

[25] م. شیخان، م. ا. کلانتری، م. عباس‌خانی، م. غیناقی، ر. طالبی و م. دارابیگی، "طرح توسعه شبکه تلفنی همراه کشور و برآورد بازار تجهیزات مربوط،" مجموعه *گزارش‌های طرح پژوهشی ارزیابی بازار داخلی صنعت مخابرات، وزارت صنایع و معادن، مرکز صنایع نوین*، 1384.

[26] Westbay Engineers Limited, Free Erlang B Calculator for Dimensioning (Sizing) Telecommunication Trunk Groups, 2008 (www.erlang.com/calculator/erlb/)..

[27] Ericsson Corp., *Ericsson GSM Radio Access Network Products*, 2007, (http://www.ericsson.com/products/hp/GSM_Radio_Access_Network_ Products_pa.shtml).

[28] Nokia Siemens Networks Inc., *Maximize Profit with Multi-Radio Solutions*, 2007 (http://www.nokiasiemensnetworks.com/global/SSP/Radio+access/?languagecode=en).

[29] Ericsson Corp., Sustainable Energy Use in Mobile Communications, 2007 (http://www.ericsson.com/technology/whitepapers/).

[30] شرکت مخابرات ایران، گزارش اطلاعات مالی و قراردادها، 1385.

[31] شرکت ارتباطات سیار، گزارش‌های ترافیک‌سنجی مراکز سوئیچ موبایل، 1385.

[32] R. Passerini, "Signalling network computer aided planning and dimensioning," in *Soft Proc. Seminar on Network Planning Strategy for Evolving Network Architectures*, 6-10 Oct. 2003. (www.itu.int/ITU-D/tech/network-infrastructure/Warsaw-03/Day%203/4.4_Passerini.pdf),

[33] F. Hartleb and W. Urmoneit, "Dimensioning GPRS backbone links with analytical methods," in *Proc. 10th International Telecommunication Network Strategy and Planning Symposium*, vol. 1, pp. 15-22, Jun. 2002.

[34] P. R. Pinheiro and A. B. de Aguiar, "A model for GSM mobile network design," in Innovative Algorithms and Techniques in *Automation, Industrial Electronics and Telecommunications*, T. Sobh, K. Elleithy, A. Mahmood, and M. Karim (eds.), pp. 365-368, Springer Netherlands, 2007.

[35] Atesio Inc., *Radio Network Planning: Location Area Planning and Simulation of GPRS Traffic: DISCNET Tool*, 2006 (http://www.atesio.de/solutions/index.html), 2006.

Archive of SID

www.SID.ir

[36] Ericsson Corp., *Ericsson Announces Prices for its Bond Exchange Offer*, 2003 (http://www.ericsson.com/ericsson/press/releases/20031121-925916.shtml).

منصور شیخان فارغ‌التحصیل مقاطع کارشناسی مهندسی الکترونیک از دانشگاه فردوسی مشهد در سال 1366، کارشناسی ارشد مهندسی مخابرات از دانشگاه آزاد اسلامی- واحد تهران جنوب در سال 1369 و دکترای مهندسی مخابرات از دانشگاه آزاد اسلامی- واحد علوم و تحقیقات در سال 1375 است. وی از سال 1369 به عنوان عضو هیئت‌علمی تمام‌وقت با دانشگاه آزاد اسلامی- واحد تهران جنوب همکاری دارد. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه وی عبارتند از: شبکه‌های عصبی مصنوعی، کاربردهای پردازش گفتار، طرح و تحلیل شبکه‌های نسل آتی مخابراتی و کاربردهای نور فوریه. نام‌برده در دو دهه اخیر مؤلف سه کتاب، 25 مقاله در مجلات علمی و 46 مقاله در کنفرانس‌ها بوده و در سال‌های 1382 و 1387 به عنوان پژوهش‌گر نمونه در دانشگاه آزاد اسلامی معرفی گردید.

محمداسماعیل کلانتری در سال 1350 مدرک کارشناسی مهندسی مخابرات خود را از دانشکده مخابرات و مدارک کارشناسی ارشد و دکترای مهندسی مخابرات را به ترتیب در سال‌های 1357 و 1360 از مدرسه عالی مخابرات پاریس دریافت نمود. دکتر کلانتری از سال 1360 به عضویت هیئت‌علمی دانشکده برق دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی درآمد. وی در سال‌های 1376 تا 1378 نیز عضو هیئت‌مدیره شرکت مخابرات ایران بود. زمینه‌های مورد علاقه نام‌برده عبارتند از: سیستم‌های مخابرات سیار، شبکه‌های کامپیوتری، و برنامه‌ریزی و طراحی کلان سیستم‌های ارتباطی. وی مؤلف چهار کتاب و ده‌ها مقاله علمی در سه دهه اخیر در این حوزه‌ها بوده است.

Archive of SID

www.SID.ir