معرفی روش سیکلی خطی درپیش بینی پیك بارسالیانه
وکاربردآن درپیش بینی بارشرکتهای بـــرق منطقـــه ای

بیژن مشکینی
دانشجوی کارشناسی ارشددانشگاه تهـــران
(بورسیه وزارت نیـــرو)

مهردادعابدی
دانشکده برق دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیك تهران)

چکیده

اگاهی ازنیازهای آینده درصنعت حساس برق می تواندنقش ارزنده ای دربرنامه ریزی وتاءمین حوایج آینـــده ایفاکند، زیرادرصنعت برق تهیه امکانات ونیروگاهها وپست هاوخطوط برای جوابگوئی به تقاضاهادرآینده مستلـــزم صرف زمان وهزینه زیادمی باشد. دراین مقاله روش ریاضی سیکلی خطی(cyclic linear)جهت پیش بینـــی پیك بارسالیانه (annual peak load) مطرح می شودوسپس به کمك آن پیك بار- برقهای منطقـــه‌ای فارس ، اصفهان ، آذربایجان شرقی وخراسان پیش بینی می گردد. البته این روش رامی توان برای پیش بینی پیـــك بارسالیانه هرسیستم قدرت بکاربردوبدین منظورپیش بینی پیك بارسالیانه شبکه سراسری نیزدراین مقاله ارائـــه شده است .

شرح مقاله

پیش بینی عوامل ونیازهایکی ازاساسی ترین وظایف مدیران ودست اندرکاران هرصنعت جهت ایجادزمینه‌های لازم برای رفع حوایج درآینده می باشد- اطلاع ازمتغیرهاوشرایط حاکم درآینده بطورکامل امکان پذیرنبوده وازایـــن روبرنامه ریزان سعی دا رندتابرمبنای اطلاعات وداده های مربوط به سوابق تاریخی امر (historical data) شرایط آینده راپیش بینی نمایند. اگاهی ازپیك بارسالیانه شبکه های توزیع وفوق توزیع درشرکتهای برق منطقه‌ای

می توانندمدیران وبرنامه ریزان این صنعت حیاتی رادرتصمیم گیری برای ایجادپست ها (Substation) سیستم های توزیع (Distributions systems)وسیستمهای فوق توزیع (Subtransmission systems) یاری دهد. یکی ازروشهای متداول برای پیش بینی پیك بارسالیانه براساس داده های تاریخی موجود، استفاده از کثیرالجمله ها (Polynomials) بصورت زیرمی باشد:

$$\hat{Y} = a_0 + \sum_{i=1}^{n} a_i X^i$$

که $\hat{Y}$ مقداربارپیش بینی شده و X پریودزمانی درلحظه وقوع $\hat{Y}$ می باشد. (سال اول ، سال دوم ۰۰۰سالnام) دراین روش برای پیداکردن a_0 ، a_1 ..a_nازتکنیك برازش خم(Curre fitting) استفاده می شودتا بهترین منحنی برازش شده برداده های تاریخی بدست آید (Best Fitted Curre).

استفاده ازروش کثیرالجمله گاهی باخطاهمراه است وبدین منظوراخیرا" روش سیکلی خطی جهت پیش بینی پیك بارسالیانه مطرح شده است ـ دراین روش تابع پیش بینی بصورت زیراست :

$$\hat{Y} = a\cos\frac{2n\pi X}{m} + b\sin\frac{2n\pi X}{m} + cX + d \qquad (1)$$

که $\hat{Y}$ مقداربارپیش بینی شده و X پریودزمانی درلحظه وقوع $\hat{Y}$ می باشد. فرض کنید n داده درسوابق تاریخی موجودباشد، بعبارت دیگردر n سال گذشته مقادیرپیك بارسالیانه مشخص باشدوبخواهیم همه این n داده دریك سیکل کامل توسط منحنی (۲) پوشانده شود، دراینصورت باید:

$$m = n$$

اگربخواهیم دقت بالارودوتمام داده هادردوسیکل کامل پوشانده شونددراینصورت باید:

$$m = \frac{n}{2}$$

وبالاخره اگربخواهیم n داده موجوددر p سیکل کامل پوشانده شودباید:

$$m = \frac{n}{p}$$

همواره عددیست صحیح و $P \geqslant 1$. دراین مقاله $m=n$ فرض شده وبرای سهولت علائم اختصاری زیر رادرنظرمی گیریم :

$$w = \frac{2\pi}{m}$$

$$\theta = wX$$

پس تابع پیش بینی سیکلی خطی بصورت زیردرمی آید:

$$\hat{Y} = a\cos wX + b\sin wX + cX + d \qquad (2)$$

یا

$$\hat{Y} = a\cos\theta + b\sin\theta + cX + d \qquad (3)$$

برای پیداکردن ضرایب a و b و c و d جهت پوشش n داده موجودازروش حداقل مربعات (Least Square) استفاده می شودوبایدخطای محاسباتی زیرجهت برازش منحنی سیکلی خطی بر n داده موجودحداقل

باشد، یعنی :

$$\min E = \min \sum_{i=1}^{n} (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \qquad (۴)$$

که Y_i مقدارواقعی مصرف درسال i ام بوده ودرسوابق تاریخی موجوداست ۰ پس :

$$\min E = \min \sum_{i=1}^{n} [Y_i - (a\cos\theta_i + b\sin\theta_i + cX_i + d)]^2 \qquad (۵)$$

فرض کنید :

$$Z = [Y_i - (a\cos\theta_i + b\sin\theta_i + cX_i + d)]^2 \qquad (۶)$$

پس برای پیداکردن minE باید:

$$\frac{\partial Z}{\partial a} = 0 \qquad \frac{\partial Z}{\partial b} = 0 \qquad \frac{\partial Z}{\partial c} = 0 \qquad \frac{\partial Z}{\partial d} = 0 \qquad (۷)$$

باتوجه به معادلات مشتق نسبی ذکرشده دررابطه (۷) می توان بسهولت به ضرایب a ، b، c ، d جهت بهترین برازش پی برد، یعنی :

$$[A] = [X]^{-1}[Y] \qquad (۸)$$

که :

$$[A] = [d \;\; c \;\; b \;\; a]^t \qquad (۹)$$

$$[Y] = \left[\sum_{i=1}^{n} Y_i \quad \sum_{i=1}^{n} Y_i X_i \quad \sum_{i=1}^{n} Y_i \sin\theta_i \quad \sum_{i=1}^{n} Y_i \cos\theta_i\right]^t \qquad (۱۰)$$

$$[X] = \begin{bmatrix} n & \sum X_i & \sum \sin\theta_i & \sum \cos\theta_i \\ & \sum X_i^2 & \sum X_i \sin\theta_i & \sum X_i \cos\theta_i \\ & & \sum \sin^2\theta_i & \sum \sin\theta_i \cos\theta_i \\ & & & \sum \cos\theta_i \end{bmatrix}_{i=1,\ldots,n} \qquad (۱۱)$$

انحراف استاندارد (Standard deviation) برای این الگوریتم اینچنین است :

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n-4}}$$

نتایج عددی

براساس الگوریتم سیکلی خطی فوق الذکربرنامه کامپیوتری برروی IBM/PC نوشته شده وبرای محاسبات ماتریسی ازنرم افزار MATLAB استفاده شده است ۰ (ضمیمه ۱)

شکل های ۱ تا ۵ منحنی های سیکلی خطی برازش شده به داده های موجودشرکتهای برق منطقه ای خراسان،آذربایجان شرقی ،اصفهان ،فارس وناحیه شمال خراسان رانشان می دهدوجداول ۱ تا ۵ مقادیرواقعی وپیش بینی شده بارابرای این نواحی درسالهای مختلف نشان می دهد ۰ همانطورکه گفته شداین الگوریتم جامعیت داردومی توان برای اکثر سیستمهای قدرت بکاربرد ۰ بدین منظوراین الگوریتم برای شبکه سراسری بکاربرده شده وشکل (۶) منحنی سیکلی خطی شبکه سراسری ایران رانشان می دهد ۰جدول (۷) مقادیرباراواقعی وپیش بینی شده رابرای شبکه سراسری

به نمایش می گذارد. دراینجالازم بتذکراست که علت مطرح نکردن سایربرقهای منطقه ای است که برخی ازآنهادرسالهای اخیرقسمتهائی راازحوزه فعالیت خودازدست داده ویاباشرکتهای دیگرادغام شده اندوپیک باروا قعی آنهاکاملا " مشخص نمی باشد.

نتیجه گیری

دراین مقاله اگوریتم روش سیکلی خطی جهت پیش بینی پیك بارسالیانه سیستمهای قدرت مطرح وکاربردآن درپیش بینی باربرخی ازشرکتهای برق منطقه ای وشبکه سراسری ارائه گردیدتادربرنامه ریزی مدیران ودست اندرکاران موردتوجه قرارگیرد.

مراجع

1): M.H.Degroot, Probability and statistic,Addison Wesley,1975

2): D.C.Motgomery and L.A.Johnson,Forecating and Time Series Analysis, Mac Grow- Hill, 1976

۳ـ علی عبدا۰۰۰ زاده ، پیش بینی باردرسیستمهای قدرت پایان نامه دوره لیسانس دانشگاه صنعتی امیرکبیر ۱۳۶۴ .

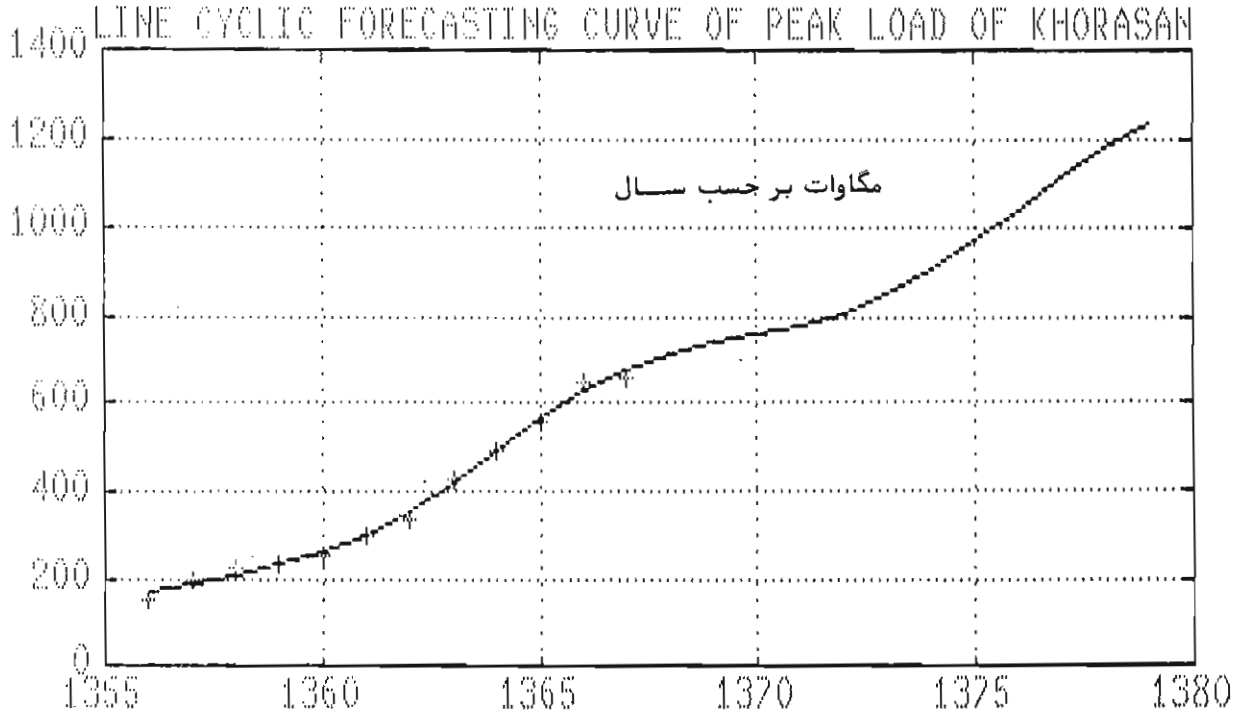
۴ـ مهردادعابدی ، جزوه درس بهره برداری درسیستمهای قدرت ، ۱۳۷۰.

جدول (۱) : مقادیر واقعی و پیش بینی شده بار خراســـــان (مگاوات)

TABLE OF KHORASAN LOAD FORECAST
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

i	YEAR	REAL LOAD	FORECASTING LOAD
1.	1356	153.	164.300
2.	1357	194.	190.000
3.	1358	220.	209.500
4.	1359	233.	230.000
5.	1360	256.	258.100
6.	1361	298.	298.700
7.	1362	339.	353.200
8.	1363	428.	419.300
9.	1364	496.	491.500
10.	1365	554.	562.900
11.	1366	652.	626.600
12.	1367	659.	677.800
13.	1368	0.	715.100
14.	1369	0.	740.900
15.	1370	0.	760.400
16.	1371	0.	780.800
17.	1372	0.	809.000
18.	1373	0.	849.600
19.	1374	0.	904.100
20.	1375	0.	970.200
21.	1376	0.	1042.400
22.	1377	0.	1113.800
23.	1378	0.	1177.500
24.	1379	0.	1228.700
25.	1380	0.	1266.000

0 TOTAL ERROR OF FORECASTING= 12.6931



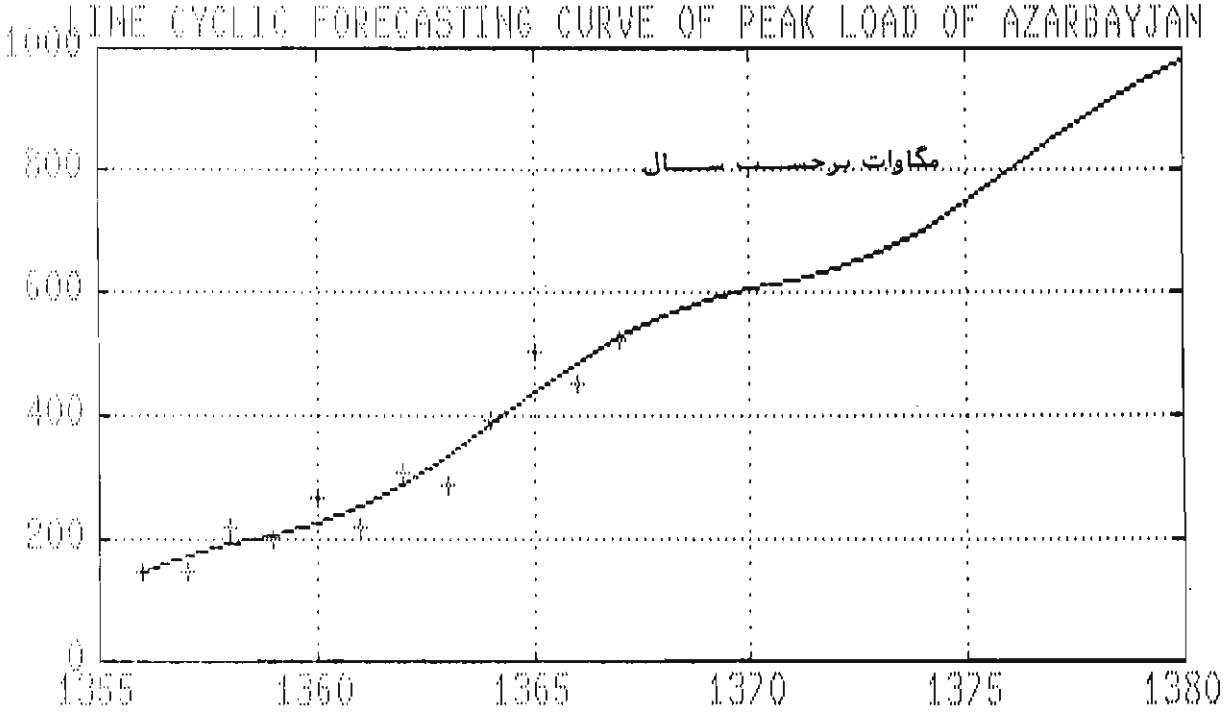
شکل (۱) منحنی سیکل خطی برق منطقهای خراســـــان

جـــدول (۲) : مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده بار در آذربایجان شرقی (مگاوات)

TABLE OF AZARBAYJAN LOAD FORECAST
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

i	YEAR	REAL LOAD	FORECASTING LOAD
1.	1356	148.	147.639
2.	1357	149.	173.239
3.	1358	219.	192.192
4.	1359	198.	208.724
5.	1360	266.	227.706
6.	1361	218.	253.356
7.	1362	308.	288.103
8.	1363	284.	331.940
9.	1364	389.	382.423
10.	1365	502.	435.782
11.	1366	452.	485.782
12.	1367	523.	529.568
13.	1368	0.	564.257
14.	1369	0.	589.857
15.	1370	0.	608.810
16.	1371	0.	625.342
17.	1372	0.	644.325
18.	1373	0.	669.975
19.	1374	0.	704.722
20.	1375	0.	748.558
21.	1376	0.	799.041
22.	1377	0.	851.946
23.	1378	0.	902.400
24.	1379	0.	946.186
25.	1380	0.	980.875

TOTAL ERROR OF FORECASTING= 39.4676



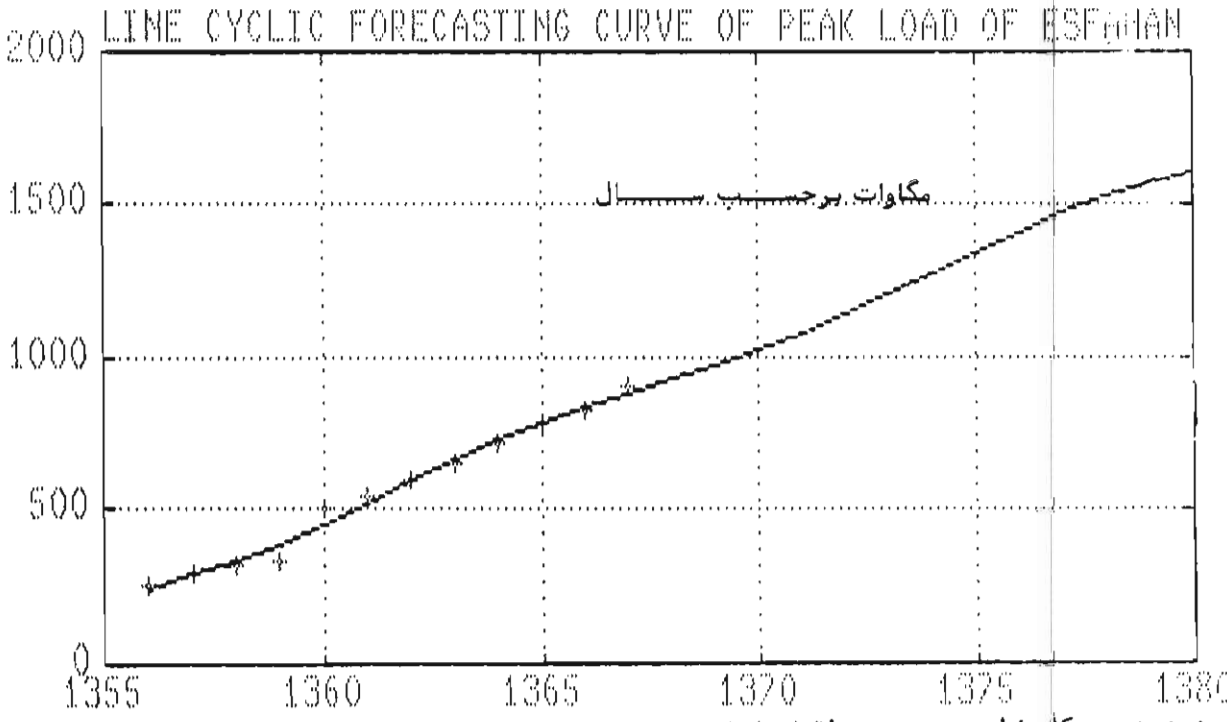
شکل (۲) : منحنی سیکل خطی برق منطقه آذربایجان شـــرقـــــی

جدول (۳) : مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده بار در استان اصفهان (مگاوات)

TABLE OF ESFAHAN LOAD FORECAST
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

i	YEAR	REAL LOAD	FORECASTING LOAD
1.	1356	258.	243.200
2.	1357	296.	286.900
3.	1358	322.	335.300
4.	1359	329.	390.800
5.	1360	500.	453.600
6.	1361	544.	522.100
7.	1362	592.	593.100
8.	1363	651.	662.900
9.	1364	720.	727.800
10.	1365	783.	785.800
11.	1366	822.	836.400
12.	1367	902.	881.200
13.	1368	0.	923.600
14.	1369	0.	967.200
15.	1370	0.	1015.600
16.	1371	0.	1071.100
17.	1372	0.	1133.900
18.	1373	0.	1202.400
19.	1374	0.	1273.500
20.	1375	0.	1343.200
21.	1376	0.	1408.200
22.	1377	0.	1466.100
23.	1378	0.	1516.700
24.	1379	0.	1561.500
25.	1380	0.	1603.900

TOTAL ERROR OF FORECASTING= 30.3056



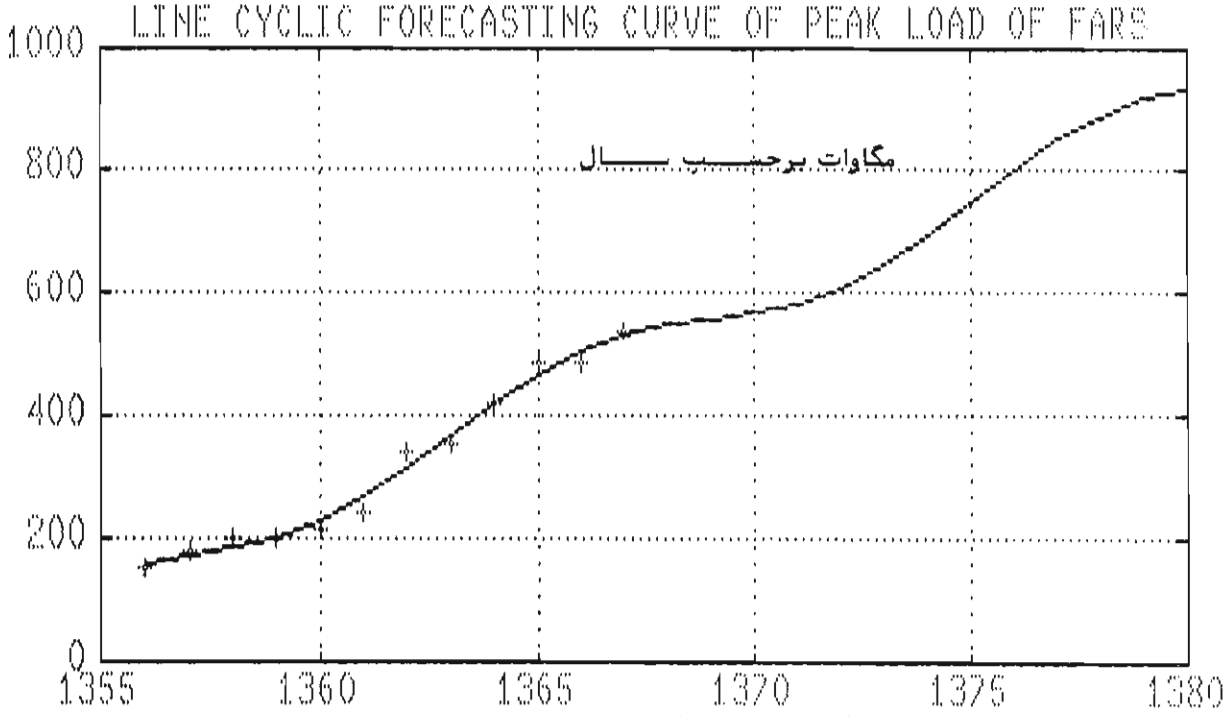
شکل (۳) : منحنی سیکل خطی بـــــرق منطقه‌ای اصفهـــــان

جـــدول (۴) : مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده بار استان فارس (مگاوات)

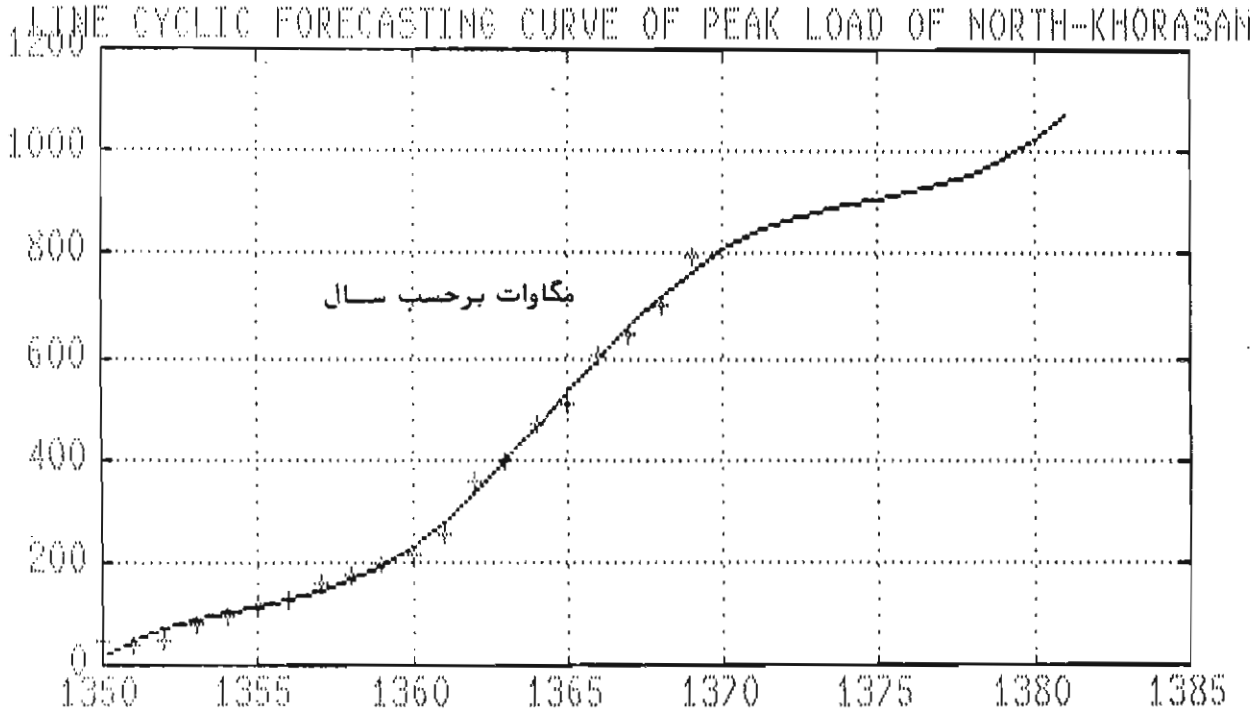
TABLE OF FARS LOAD FORECAST
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

i	YEAR	REAL LOAD	FORECASTING LOAD
1.	1356	150.	161.069
2.	1357	178.	172.219
3.	1358	200.	183.141
4.	1359	199.	199.541
5.	1360	215.	225.656
6.	1361	242.	263.121
7.	1362	339.	310.528
8.	1363	354.	363.806
9.	1364	418.	417.312
10.	1365	482.	465.340
11.	1366	483.	503.652
12.	1367	536.	530.615
13.	1368	0.	547.636
14.	1369	0.	558.785
15.	1370	0.	569.707
16.	1371	0.	586.107
17.	1372	0.	612.223
18.	1373	0.	649.687
19.	1374	0.	697.094
20.	1375	0.	750.373
21.	1376	0.	803.878
22.	1377	0.	851.906
23.	1378	0.	890.208
24.	1379	0.	917.182
25.	1380	0.	934.202

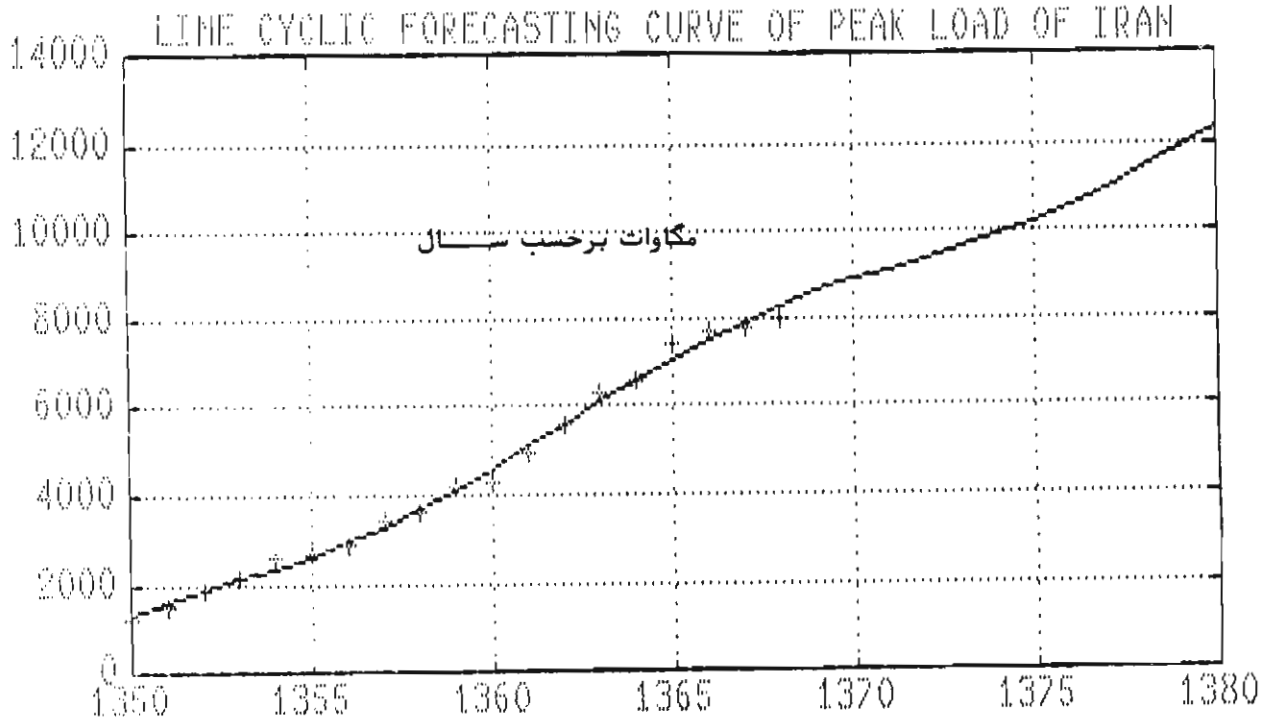
0 TOTAL ERROR OF FORECASTING= 18.0676



شکل (۴) : منحنی سیکل خطی بـــرق کمطقه ای استان فارس



شکل (۵) : منحنی سیکل خطی منطقه شمال استان خراسان



شکل (۶) : منحنی سیکل خطی شبکه سراسری ایران

TABLE OF LOAD OF NORTH-KHORASAN FORECAST

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

i	YEAR	REAL LOAD	FORECASTING LOAD
1.	1350	47.	16.400
2.	1351	44.	48.700
3.	1352	50.	72.900
4.	1353	77.	90.600
5.	1354	97.	103.900
6.	1355	120.	115.400
7.	1356	130.	127.800
8.	1357	157.	143.700
9.	1358	176.	165.600
10.	1359	201.	195.100
11.	1360	218.	233.200
12.	1361	255.	280.100
13.	1362	356.	335.000
14.	1363	401.	396.400
15.	1364	472.	462.200
16.	1365	513.	529.900
17.	1366	604.	596.600
18.	1367	641.	659.700
19.	1368	701.	716.900
20.	1369	797.	766.500
21.	1370	0.	807.500
22.	1371	0.	839.800
23.	1372	0.	864.000
24.	1373	0.	881.700
25.	1374	0.	895.000
26.	1375	0.	906.500
27.	1376	0.	918.900
28.	1377	0.	934.900
29.	1378	0.	956.700
30.	1379	0.	986.200
31.	1380	0.	1024.300

TOTAL ERROR OF FORECASTING= 16.6793

جـــدول (۵) : مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده بار در شمال استان خراســـان (مگاوات)

TABLE OF IRAN PEAK LOAD FORECAST
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

i	YEAR	REAL LOAD	FORECASTING LOAD
1.	1350	1239.	1333.000
2.	1351	1461.	1609.000
3.	1352	1841.	1863.000
4.	1353	2186.	2109.000
5.	1354	2572.	2363.000
6.	1355	2737.	2637.000
7.	1356	2876.	2943.000
8.	1357	3486.	3290.000
9.	1358	3621.	3682.000
10.	1359	4143.	4117.000
11.	1360	4229.	4589.000
12.	1361	4923.	5089.000
13.	1362	5582.	5604.000
14.	1363	6333.	6120.000
15.	1364	6606.	6622.000
16.	1365	7464.	7096.000
17.	1366	7743.	7534.000
18.	1367	7762.	7929.000
19.	1368	8003.	8279.000
20.	1369	0.	8588.000
21.	1370	0.	8864.000
22.	1371	0.	9119.000
23.	1372	0.	9365.000
24.	1373	0.	9618.000
25.	1374	0.	9892.000
26.	1375	0.	10199.000
27.	1376	0.	10546.000
28.	1377	0.	10937.000
29.	1378	0.	11372.000
30.	1379	0.	11845.000
31.	1380	0.	12345.000

TOTAL ERROR OF FORECASTING= 191.0935

جـــدول (۶) : مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده بار در شبکه سراســری ایـــــران (مگاوات)

```
'====================================';
'¦        IN THE NAME OF GOD         ¦';
'¦  THE PROGRAM OF LOAD FORECASTING  ¦';
'¦       BY:BIZHAN-MESHKINI          ¦';
'¦            "MATLAB"               ¦';
'====================================';
code=input('NEW DATA ENTERING(0/1)?');
if code==1
n=input('please enter the number of your datas..');
l=input('please enter the first year..');
h=input('please enter the number of forecasting years..');
a11=n;
a12=0;
a13=0;
a14=0;
a22=0;
a23=0;
a24=0;
a33=0;
a34=0;
a44=0;
y1=0;
yy=0;
yyy=0;
yyyy=0;
er=0;
for i=1:n;
a12=a12+i;
y(i)=input('please enter the next data..');
y1=y1+y(i);
yy=yy+i*y(i);
k=((2*3.141592654)/n)*i;
a1=sin(k);
a13=a13+a1;
b1=cos(k);
a14=a14+b1;
a22=a22+(i*i);
yyy=yyy+sin(k)*y(i);
yyyy=yyyy+cos(k)*y(i);
a23=a23+(i*a1);
a24=a24+(i*b1);
a33=a33+(a1*a1);
a34=a34+(a1*b1);
a44=a44+(b1*b1);
end;
mat=[a11 a12 a13 a14;a12 a22 a23 a24;a13 a23 a33 a34;a14 a24 a34 a44];
tam=inv(mat);
bb=[y1;yy;yyy;yyyy];
save data mat tam bb
elseif code==0
load data
end;
cc=tam*bb;
i1=[1 0 0 0];
i2=[0 1 0 0];
```

ضمیمـــه (۱)

برنامه کامپیوتری جهت تعیین منحنی سیکل خطی

با استفاده از نرم‌افزار MATLAB

```
i3=[0 0 1 0];
i4=[0 0 0 1];
d=i1*cc;
c=i2*cc;
b=i3*cc;
a=i4*cc;
nn=n+h;
for i=1:nn;
tt=((2*3.141592654)/n)*i;
x(i)=a*cos(tt)+b*sin(tt)+c*i+d;
end;
er=0;
for i=1:n-1;
er=er+(y(i)-x(i))^2;
end;
error=(er/(n-4))^.5
nl=l+n-1;
t1=l:1:nl;
nlh=l+n+h-1;
t2=l:1:nlh;
plot(t2,x,t1,y,'+'),grid
title('LINE CYCLIC FORECASTING CURVE OF PEAK LOAD OF IRAN');
hold
```

```
10 '      ************************************          '
20 '      *TABLE  MAKING PROGRAM  B.MESHKINI *          '
30 '      ************************************          '
40 CLS
50 INPUT "TABLE: ",A$
60 INPUT "PLEASE ENTER THE NO. OF YOUR DATAS.",N
70 INPUT "PLEASE ENTER THE FIRST YEAR.",S
80 INPUT "PLEASE ENTER THE TOTAL ERROR OF FORECASTING.",L
90 M=N+12
100 DIM R(M),F(M)
110 FOR I=1 TO N
120 INPUT "PLEASE ENTER YOUR REAL LOADS.",R(I)
130 NEXT I
140 FOR I=1 TO M
150 INPUT "PLEASE ENTER THE NEXT FORECASTING VALUE DATA.",F(I)
160 NEXT I
170 CLS:LPRINT TAB(5);"TABLE OF ";TAB(14);A$
180 LPRINT TAB(5);"%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%":LPRINT
190 LPRINT "=========================================="
200 LPRINT TAB(2);"i";TAB(4);"¦ YEAR ¦ REAL  LOAD ¦ FORECASTING  LOAD ¦"
210 LPRINT "=========================================="
220 FOR I=1 TO M
230 LPRINT USING "##.";I;:LPRINT "¦";:LPRINT S+I-1;:LPRINT "¦";:LPRINT USING
  ####.   ";R(I);:LPRINT"¦";:LPRINT USING "    #####.###       ";F(I);:LPRINT
240 NEXT I
250 LPRINT TAB (5);"++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++"
260 LPRINT TAB (5);"  TOTAL ERROR OF FORECASTING  " L
270 LPRINT TAB (5);"++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++"
280 STOP
```