برآورد جمعیت ایران با استفاده

از روشهای ریاضی و جمعیتی

طه نورالهی* - حمیدرضا خلخالی**

(۱)مقدمه:

مفروضات مربوط به جمعیت، پایه بیشتر سیاستهای مهم برنامه‌ریزی است. سطح جمعیت پیش‌بینی شده، پایه تصمیم‌گیری‌های مربوط به سرمایه‌گذاری در زمینه ایجاد مدارس، بیمارستانها، جاده‌ها، تسهیلات تفریحی، مسکن، سطح فعالیت اقتصادی، عرضه و تقاضا کالا، و تأمین نیرو و آب است. از آنجا که بسیاری از این‌گونه تسهیلات به گروه سنی ویژه‌ای مربوط می‌شود، نه تنها پیش‌بینیهای کل جمعیت، بلکه پیش‌بینیهای جزئی‌تر برحسب سن، جنس، فعالیت، آموزش و ... نیز مورد نیاز است.

درک ارزش، محدودیتها، و دقت فنون گوناگون مورد استفاده در پیش‌بینیهای جمعیتی، برای برنامه‌ریزان دارای اهمیت است. در برخی موارد، برنامه‌ریزان باید بتوانند فنون یاد شده را در عمل به کار گیرند.

پیش‌بینی مستلزم بررسی یافته‌های پیشین و تشخیص رابطه بین متغیر یا متغیرهای مستقل مناسب و متغیر وابسته بوده که در این حالت، جمعیت است. یافته‌های مربوط به کل جمعیت، ترکیب و پراکنش فضایی (Spatial Distribution) آن معمولاً از

---

* کارشناس ارشد جمعیت ـ مرکز آمار ایران

** عضو هیأت علمی دانشکده پزشکی دانشگاه تهران (مرکز مطالعات سرطانی بابلسر)

از راه سرشماریهای ۱۰ ساله و گزارشهای کلی سالانه ثبتی، قابل دسترسی است و از کیفیت خوبی برخوردار است.

این وضعیت، برخلاف وضع یافته‌های دیگری است که برای پیش‌بینی، مورد نیاز برنامه‌ریزان است. پیش‌بینی، برای انواع نواحی دارای اندازه‌های گوناگون، گاهی برای کل جمعیت، و در برخی موارد، برای اجزای برگزیده‌ای از جمعیت، انجام می‌شود. تکنیک مورد استفاده، به نوع ناحیه، مقیاس زمانی و سطح تفصیلی مورد نیاز وابسته است. اگرچه یافته‌های موجود، سطح دقت مورد نیاز و منابع نیروی انسانی نیز عوامل مهمی به شمار می‌آیند و با وجود اینکه پیچیدگی تکنیکها به میزان زیادی تغییر می‌کند، اما اغلب آنها زمان را بعنوان متغیر مستقل مورد استفاده قرار می‌دهند.

فرض بر این است که رشد جمعیت در طول زمان طبق الگوی (Pattern) تعیین شده حرکت می‌کند، و در چنین مواردی، مهمترین جانب کار، تعیین چنین الگوئی‌ست.

(۲) روشهای ریاضی برآورد و پیش‌بینی جمعیت:

اساس برآورد جمعیت استفاده از رشد جمعیت بدست آمده از سرشماریها است. بی‌شک استفاده از توابع ریاضی برای پیش‌بینی جمعیت یک تحول چشمگیری در جمعیت‌شناسی ایجاد نموده است. افراد زیادی در این تحول سهیم بوده‌اند. شکل بیان Reed و P.F.Verhalust رشد جمعیت را S نمود و آنرا لجستیک نامید. بعد از آن جزئیات بیشتر منحنی لجستیک بعنوان قانونی برای رشد جمعیت از طرف (۱۹۲۰) Pearl تعمیم داد شد.

روشهای آماری و ریاضی عموماً برای برآورد Inter-Censal و Post-Censal و برآورد جمعیت آینده در دوره‌های زمانی کوتاه استفاده می‌شوند که اساس این تکنیکها درون و برون‌یابی بر مبنای سریهای زمانی از مشاهدات می‌باشد. به عبارت دیگر، در سریهای ریاضی منحنیهائی برای داده‌های مشاهده شده برازش می‌شود و از طریق درون‌یابی یا برون‌یابی می‌توان کار پیش‌بینی را انجام داد.

در هر مدل ریاضی باید پیش از هر چیز، کیفیت پیش‌بینی مدل، مورد توجه قرار

گیرد. به عبارت دیگر، دقت آن بعنوان یک ابزار پیش‌بینی مورد توجه بوده که با شیوههای معمول آماری بآسانی قابل آزمون هستند. اما، دقت، بتنهائی کافی نیست، بلکه روائی مدل نیز باید مورد توجه قرار گیرد.

توابع ریاضی زیادی برای برآورد جمعیت وجود دارد که بعضی از آنها بسیار پیچیده‌اند. یادآوری این نکته ضروری‌ست که یک مدل پیچیده لزوماً برآورد دقیقی را نخواهد داشت و یا ممکن است منحنی با دقت بیشتری به داده‌های مشاهده شده برازش شود. ولی اگر، روند تغییرات جمعیت شدید باشد، جمعیت پیش‌بینی شده همان دقت را نخواهد داشت.

به هر حال هنگامی که فرضیه‌های مدل، مناسب نباشد و نتواند روابط علت و معلولی بین متغیرها را بخوبی برقرار کند روشن است که پیش‌بینیهای خوب نیز می‌توانند فوق‌العاده گمراه‌کننده باشند و به پیشنهاد سیاستهای پراشتباهی منجر شوند.

توابع زیر بیشترین کاربرد را در جمعیت شناسی دارد که این منحنیها برای برآورد حجم جمعیت کل به کار می‌رود. در این توابع، زمان بعنوان متغیر مستقل می‌باشد و فرض بر این است که رشد جمعیت در طول زمان طبق الگوی تعیین شده حرکت می‌کند.

ردیف	نوع تابع		رابطه مربوطه (فرمول)
۱	تابع خطی	Linear Function	$P_t=P_0(1+rt)$
۲	تابع رشد هندسی	Geometric growth function	$P_t=P_0(1+r)t$
۳	تابع رشدنمایی	Exponential growth function	$P_t=P_0e^{rt}$
۴	تابع‌نمایی‌تغییریافته	Modified exponential function	$P_t=a+bc^t$
۵	منحنی لجستیک	Logistic curve	$P_t=\frac{k}{1+e^{a+bt}}$
۶	منحنی گومپرتز	Gompertz curve	$P_t=ab^{ct}$
۷	تابع هیپربولیک	Hyperbolic function	$P_t=\frac{a}{t_e-t}$ $t<t_e$
۸	چندجمله‌ای‌ازدرجه n	Polynomial of degree n	$P_t=a_0+a_1t+....a_nt^n$

در رابطه‌های بالا، P_t جمعیت در زمان t و r، a، b، c، a_1 و .... پارامترهای مجهول می‌باشند. برای انتخاب یک منحنی مناسب نکات زیر را می‌توان در نظر گرفت.

(۱) اگر تفاضل مرتبه اول از سری مشاهدات تقریباً ثابت باشد یک خط راست برازش می‌شود.

(۲) اگر تفاضلهای مرتبه دوم تقریباً ثابت باشد یک منحنی درجه دوم برازش می‌شود.

(۳) اگر روند تفاضلهای مرتبه اول برحسب یک درصد ثابتی کاهش داشته باشد تابع نمائی تعدیل شده برازش می‌شود.

(۴) اگر تفاضلهای مرتبه اول لگاریتم سری مشاهدات تقریباً ثابت باشد یک منحنی نمائی مناسب است.

(۵) اگر تفاضلهای مرتبه دوم لگاریتم سری مشاهدات تقریباً ثابت باشد یک منحنی لگاریتمی مناسب است.

(۶) اگر تفاضلهای مرتبه اول لگاریتم سری مشاهدات تقریباً برحسب یک درصد ثابتی تغییر کند از منحنی گومپرتز استفاده می‌شود.

(۷) اگر تفاضلهای مرتبه اول از معکوس سری مشاهدات تقریباً برحسب یک درصد ثابتی تغییر کند از منحنی لجستیک استفاده می‌شود.

اگر y_t، y_{t-1}، y_{t-2}، ....مقدار مشاهده شده بترتیب در زمان t، t-1، t-2 و... باشد، طبق تعریف تفاضل مرتبه اول برای زمان t، $\Delta y_t=y_t-y_{t-1}$ و تفاضل مرتبه دوم برای زمان t $\Delta^2 y_t= \Delta(\Delta y_t)=y_t-2y_{t-1}+y_{t-2}$ می‌باشد.

در ادامه مقاله توابع برازش شده برای داده‌های جمعیتی ایران ارائه می‌شود. با توجه به اینکه اطلاعات جمعیتی ایران برای برازش این مدلها بسیار محدود است، بنابراین، تعیین بهترین مدل برای این اطلاعات کار مشکلی است، علی‌رغم این محدودیت، می‌توانند تا حدودی قابل استفاده برده و ارائه مدلهای مذکور ایده‌ای برای استفاده بیشتر آنها در پیش‌بینی شاخصهای جمعیتی باشد.

جمعیت ایران بر اساس نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن سالهای ۱۳۳۵، ۱۳۴۵، ۱۳۵۵، ۱۳۶۵، و ۱۳۷۵ و همچنین نتایج تمام شماری سال ۱۳۷۰ بقرار زیر است.

سال	جمعیت
۱۳۳۵	۱۸/۹۵۴/۷۰۴
۱۳۴۵	۲۵/۷۸۸/۷۲۲
۱۳۵۵	۳۳/۷۰۸/۷۴۴
۱۳۶۵	۴۹/۴۴۵/۰۱۰
۱۳۷۰	۵۵/۸۳۷/۱۶۳
۱۳۷۵	۶۰/۰۵۵/۴۸۸

جداول زیر و صفحه بعد، مدلهای ریاضی برازش شده و مقدار R^2 (ضریب تعیین) را نشان می‌دهد.

ردیف	جمعیت‌سالهای‌استفاده‌شده	نوع تابع	مدل ریاضی برازش شده	R^2
۱	۱۳۷۵ و ۱۳۷۰	رشد خطی	$P_t=P_{70}(1+0/01511t)$	-
۲	۱۳۷۵ و ۱۳۷۰	رشد هندسی	$P_t=P_{70}(1+0/01467)^t$	-
۳	۱۳۷۵ و ۱۳۷۰	رشد نمائی	$P_t=P_{70}e^{0/014566t}$	-
۴	۱۳۷۵ و ۱۳۷۰ و ۱۳۶۵	نمائی‌تغییریافته	$Pt=68241170/49-18796160/49*0.6599^t$	۱/۰۰
۵	۱۳۳۵-۷۵(۳۵،۴۵،۵۵،۶۵،۷۰،۷۵)	منحنی‌لجستیک	$Pt=\frac{129030934}{1+e^{1/8049-0/4212t}}$	۰/۹۹۳
۶	۱۳۷۵ و ۱۳۷۰ و ۱۳۶۵	منحنی‌گومپرتز	$P_t=66958485/61*0.738^{0/599t}$	۱/۰۰
۷	۱۳۷۵ و۱۳۷۰	منحنی‌هیپربولیک	$P_t=\frac{3974723676}{1441/184-t}$ $t<1441/18$	-
۸	۱۳۳۵-۱۳۷۵	چندجمله‌ای‌درجه‌اول	$P_t=1/63*10^7+1/08*10^7t$	۰/۹۷۹
	۱۳۳۵،۴۵،۵۵،۶۵،۷۰،۷۵	چندجمله‌ای‌درجه‌دوم	$P_t=1/85*10^7+6309667t+1123950t^2$	۰/۹۹۰
		چند جمله‌ای درجه سوم	$P_t=1/93*10^7+1044510t+4744208t^2-605551/2t^3$	۰/۹۹۵

شماره مدل	نوع تابع	سال برآورد	
		۱۳۸۰	۱۳۸۵
۱	رشد خطی	۶۴/۲۷۴/۱۵۸	۶۸/۴۹۲/۶۵۶
۲	رشد هندسی	۶۴/۵۹۰/۹۳۱	۶۹/۴۶۹/۷۳۶
۳	رشد نمائی	۶۴/۵۹۲/۵۸۷	۶۹/۴۷۲/۴۰۷
۴	نمائی تغییر یافته	۶۲/۸۳۹/۲۵۵	۶۴/۶۷۶/۳۲۵
۵	منحنی لجستیک	۶۷/۴۳۲/۸۰۱	۷۴/۱۵۵/۵۴۹
۶	منحنی گومپرتز	۶۲/۷۳۳/۵۲۱	۶۴/۳۹۴/۶۰۴
۷	منحنی هیپربولیک	۶۴/۹۶۳/۴۴۹	۷۰/۷۴۴/۷۶۱
۸	چند جمله‌ای درجه اول	۶۴/۹۰۰/۰۰۰	۷۰/۳۰۰/۰۰۰
	چند جمله‌ای درجه دوم	۶۹/۵۵۳/۴۸۹	۷۸/۱۴۷/۰۸۵
	چند جمله‌ای درجه سوم	۶۴/۸۸۹/۶۵۴	۶۷/۴۳۳/۸۵۰
	روش ترکیبی	۶۵/۷۲۳/۳۵۲	۷۲/۴۶۲/۸۴۰

(۳) روش ترکیبی پیش‌بینی جمعیت:

در روش ترکیبی، پیش‌بینی جمعیت با استفاده از ساختار درونی جمعیت (ترکیب سنی ـ جنسی، الگوی باروری و مرگ ومیر) و عوامل خارجی مؤثر بر آن (مهاجرت) صورت می‌گیرد. از آنجا که اجرای این روش مستلزم محاسبات طولانی‌ست و در نتیجه، فقط در مواقعی از این روش استفاده می‌شود که دقت بالائی از برآورد مورد نظر باشد. محاسبات این روش به کمک نرم‌افزارهای جمعیتی از جمله People انجام می‌گیرد. با توجه به فرضیات مختلفی که برای هر یک از عوامل مؤثر در رشد جمعیت در آن نظر گرفته شده است، می‌توان گفت این نرم افزار از کاملترین نرم افزارهای پیش‌بینی جمعیت با این روش است.

جمعیت کشور برای سالهای ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵ که با روش ترکیبی و به کمک نرم‌افزار People برآورد شده است. بترتیب ۳۵۲، ۷۲۳، ۶۵ و ۸۴۰ ۴۶۲، ۷۲ نفر می‌باشد.