

فصلنامه علمی - پژوهشی علوم انسانی دانشگاه الزهراء (س)

سال دوازدهم و سیزدهم، شماره ۴۴ و ۴۵، زمستان ۱۳۸۱، بهار ۱۳۸۲

ارائه روشی برای برآورد میزان رشد متغیر جمعیت

بدالله واقعی*

صدرالدین بلادی موسوی**

محمد رضا فرید روحانی***

چکیده

در شرایط کنونی ایران، "ثابت بودن میزان رشد جمعیت" در طی سال‌های اخیر یک امر بعید است. آمارهای موالید و مرگ و میر و نتایج سرشماری‌های ۱۳۶۵، ۱۳۷۰ و ۱۳۷۵ نشان می‌دهند که در طی ده ساله ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۵ میزان رشد جمعیت سیر نزولی داشته است. اما هیچگاه این سیر نزولی از طریق سرشماری، که از اعتبار خاصی برخوردار است، به صورت عدد و رقم یا نمودار بیان نشده است. در این مقاله بر پایه فرض تصاعد هندسی در میزان رشد جمعیت روشی را برای برآورد میزان رشد متغیر جمعیت برای همه سال‌های بین سه سرشماری متوالی بیان کرده و از

*. دانشجوی دکترای آمار حیاتی، دانشگاه تربیت مدرس.

** کارشناس ارشد جمعیت‌شناسی، مرکز آمار ایران.

*** دانشجوی دکترای آمار، دانشگاه شهید بهشتی.

این مقاله یکی از نتایج فرعی طرح پژوهشی "پیش‌بینی جمعیت استان‌های کشور برای سال‌های پس از سرشماری" است که با حمایت پژوهشکده آمار در دست انجام است.

آن برای برآورد میزان رشد جمعیت کل کشور و استان های ۲۸ گانه کشور استفاده کرده ایم. بنا به نتایج به دست آمده میزان رشد جمعیت کل کشور از حدود ۲/۹ درصد در سال ۱۳۶۶ به تدریج کاهش یافته و در سال ۱۳۷۰ به ۲/۱ درصد و در سال ۱۳۷۵ به حدود ۱/۱ درصد رسیده است. اگرچه روش ارائه شده در این مقاله در هر صورت معتبر است ولی نتایج عددی به دست آمده در مورد میزان های رشد جمعیت در صورتی معتبر است که میزان کم شماری جمعیت در هر سه سرشماری ۱۳۶۵، ۱۳۷۰ و ۱۳۷۵ یکسان بوده باشد.

این مقاله از این حیث قابل اهمیت است که اکثر جمعیت شناسان و موسسات جمعیت شناختی برای برآورد جمعیت از رشد مشاهده شده جمعیت بین دو سرشماری استفاده می کنند و روند تغییرات آن را مدنظر قرار نمی دهند که این موضوع در این مقاله مورد بررسی و سنجش قرار می گیرد

(۱) مقدمه

یکی از ساده ترین و متداول ترین روش ها برای برآورد و پیش بینی جمعیت، روش ریاضی میزان رشد است. در شیوه معمول با استفاده از اطلاعات دو سرشماری پی در پی، میزان رشد مشاهده شده ده ساله (یا پنج ساله، بسته به فاصله دو سرشماری) محاسبه و از این میزان برای پیش بینی کوتاه مدت جمعیت استفاده می شود. برای به دست آوردن میزان رشد مشاهده شده از دو سرشماری در زمان های t و $t+n$ فرض کنید P_t جمعیت سرشماری اول و جمعیت سرشماری P_{t+n} دوم (n سال بعد از سرشماری اول) باشد. رابطه افزایش جمعیت با تصاعد هندسی به صورت زیر است:

$$P_{t+n} = P_t (1+r)^n$$

(۱)

در رابطه (۱) فرض بر آن است که میزان رشد سالانه در طی دوره t و $t+n$ برابر مقدار ثابت r است. از این رابطه نتیجه می‌شود:

$$\frac{P_{t+n}}{P_t} = (1+r)^n \quad (2)$$

در نتیجه میزان رشد ثابت r به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$r = \sqrt[n]{\frac{P_{t+n}}{P_t}} - 1 \quad (3)$$

لازم است به این نکته توجه کنیم که میزان رشد جمعیت معمولاً ثابت نبوده و سال به سال تغییر می‌کند، لذا به جای یک رشد ثابت r در فاصله t و $t+n$ ، میزان رشد‌های سالانه متغیر $r_{t+1}, r_{t+2}, \dots, r_{t+n}$ را به کار می‌بریم. با توجه به این که سرشماری‌ها معمولاً در آبان ماه برگزار می‌شود، r_t میزان رشد سالانه مربوط به سال فرضی آبان $t-1$ تا آبان t می‌باشد (در نتیجه مثلاً r_{75} میزان رشد سالانه آبان ۷۴ تا آبان ۷۵ می‌باشد). $1+r$ ی که از رابطه (۱) یا (۲) می‌آید در واقع میانگین هندسی $1+r_{t+1}, 1+r_{t+2}, \dots, 1+r_{t+n}$ است زیرا:

$$\frac{P_{t+n}}{P_t} = \frac{P_{t+n}}{P_{t+n-1}} \times \frac{P_{t+n-1}}{P_{t+n-2}} \times \dots \times \frac{P_{t+2}}{P_{t+1}} \times \frac{P_{t+1}}{P_t}$$

$$\Rightarrow \frac{P_{t+n}}{P_t} = (1+r_{t+n})(1+r_{t+n-1}) \times \dots \times (1+r_{t+2})(1+r_{t+1}) \quad (4)$$

$$\text{از طرفی طبق رابطه (۲) داریم} \quad (5) \quad \frac{P_{t+n}}{P_t} = (1+r)^n$$

روابط (۴) و (۵) نتیجه گرفته می‌شود

$$(1+r)^n = (1+r_{t+n})(1+r_{t+n-1}) \times \dots \times (1+r_{t+2})(1+r_{t+1})$$

پس

$$(1+r) = \sqrt{(1+r_{t+n})(1+r_{t+n-1}) \times \dots \times (1+r_{t+2})(1+r_{t+1})} \quad (۶)$$

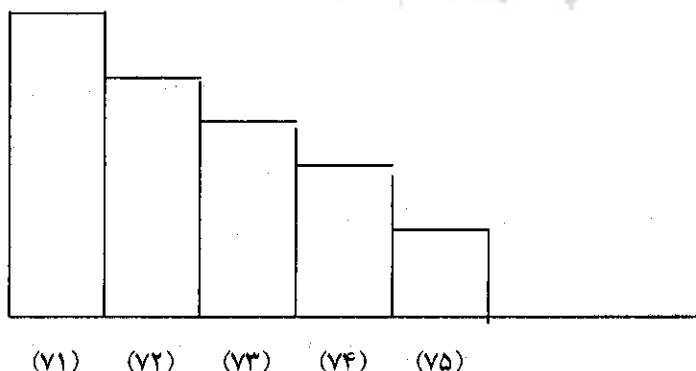
که این همان نتیجه مورد نظر است یعنی $1+r$ میانگین هندسی $1+r_{t+1}, \dots, 1+r_{t+n}$ است. نتایج سرشماری‌های و بررسی‌های جمعیتی نشان می‌دهد که در کشور ما میزان رشد جمعیت همواره نوسان دارد و در سال‌های اخیر میل به کاهش داشته است. یک تایید بر این ادعا، مقایسه میزان رشد جمعیت دوره ۶۵-۷۰ ($r=0/00247$) و میزان رشد جمعیت دوره ۷۵-۷۰ ($r=0/0147$) است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در طی این دو دوره میانگین میزان رشد حدود یک درصد کاهش پیدا کرده است که این کاهش آنی رخ نداده، بلکه به تدریج در طی ۱۰ سال صورت گرفته است با توجه به این که میزان رشد سیر نزولی داشته، سه سوال زیر مطرح می‌شود:

(۱) میزان متوسط رشد جمعیت $0/0147$ (که از سرشماری‌های ۷۰ و ۷۵ به دست می‌آید) متعلق به چه سالی است؟

(۲) میزان رشد برای سال ۱۳۷۵ چیست؟

(۳) چگونه می‌توان تغییرات میزان رشد بین سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۵ را به دست آورد؟

اگر بپذیریم که میزان رشد جمعیت در دهه ۶۵ تا ۷۵ سیر نزولی داشته است، در ابتدای دوره پنج ساله ۷۵-۷۰ رشد جمعیت بیشتر از $0/0147$ بوده و برای سال‌های انتهایی این دوره کم‌تر از $0/0147$ می‌باشد به گونه ای که میانگین هندسی آنها $0/0147$ می‌شود. مثلاً مانند نمودار زیر



بنابراین (در پاسخ مقدماتی به سوال (۱)) میزان رشد $۰/۰۱۴۷$ مربوط به حدود سال‌های ۷۲ و ۷۳ است، یعنی حدوداً میان بازه ۷۵-۷۰ و برای سال ۱۳۷۵ معتبر نیست (لازم به ذکر است که در بخش (۳) همین پاسخ را برای سوال (۱) با اثبات ریاضی، نه شهودی به دست می‌آوریم). با توجه به بحث‌هایی که گذشت و عنایت به این نکته که میزان رشد $۰/۰۱۴۷$ برای سال ۱۳۷۵ قابل تصور نمی‌باشد. سوال بعدی این است که میزان رشد سالانه، برای سال ۱۳۷۵ چقدر است؟ و در ادامه، تغییرات میزان رشد سالانه در طی ۷۵-۶۵ چگونه بوده است؟

به چند طریق می‌توان به این سؤال‌ها پاسخ داد:

برآزش یک مدل ریاضی به میزان رشد دوره های ۴۵-۴۵، ۴۴-۵۵، و ۷۵-۷۰ و سپس درونیابی و برونیابی مدل مورد نظر برای برآورد میزان رشد سال‌های مورد نظر

(۱) به کار بردن یک تصاعد حسابی (و یا هندسی) بین میزان‌های رشد ۷۰-۶۵ (یعنی $۰/۰۲۴۶$) و ۷۵-۷۰ (یعنی $۰/۰۱۴۷$)

(۲) روش پیشنهادی زیر بر مبنای یک مدل‌سازی ریاضی میزان رشد سال‌های ۶۶، ۶۷،، ۷۵

روش اول دارای این اشکال است که چون تعداد داده‌ها خیلی کم است، یک معادله مناسب برای تغییرات میزان رشد در طی چند دهه اخیر به گونه‌ای که برای سال‌های اخیر نیز خوب عمل کند نمی‌توان پیدا کرد. به خصوص این که این تغییرات میزان رشد دهه ۷۵-۱۳۶۵ با تغییرات دهه‌های قبل از آن در یک قالب نمی‌گنجد. روش دوم ظاهراً پایه ساده‌تری دارد. اما از آنجا که $۰/۰۲۴۶$ نه مبین میزان رشد سال ۱۳۶۵ است و نه ۱۳۷۰ و همین‌طور $۰/۰۱۴۷$ نه مربوط به سال ۱۳۷۰ است و نه مربوط به سال ۱۳۷۵، مجاسبات آن مشکل است. مگر آنکه در کنار فرض تصاعد حسابی، یک فرض ساده کننده دیگر نیز گذاشته شود تا میزان رشد مشاهده شده حاصل از دو سرشماری به یکی از سال‌های میانی بین آن دو منتسب شود. این روش در بخش ۵ مورد بررسی قرار می‌گیرد. روش سوم که مبنای این مقاله است، در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

روش پیشنهادی برای برآورد میزان رشد متغیر جمعیت

در این بخش فاصله ده ساله بین ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۵ که طی آن سه سرشماری انجام شده است، در نظر گرفته می‌شود. در این ده سال، ده میزان رشد سالانه وجود دارد که به ترتیب با r_1, r_2, \dots, r_{10} نشان داده می‌شود که در آن r_1 میزان رشد سال ۱۳۶۶ (در واقع آبان سال ۱۳۶۵ تا آبان ۱۳۶۶) است و r_{10} میزان رشد سال ۱۳۷۵ است (به این میزان رَشدها، میزان رشد متغیر می‌گوییم، زیرا r_t با t تغییر می‌کند). در حالت کلی این ده میزان رشد را به عنوان ده پارامتر مجهول با استفاده از سه اطلاع P_{95}, P_{70}, P_{75} (و ارتباطهایی که بر طبق تعریف میزان رشد دارند نمی‌توان بدست آورد. برای تقلیل این پارامترها به ناچار می‌بایست فرض (های) ساده کننده‌ای در نظر گرفته شود؛ یکی از این فرض‌ها به صورت زیر است:

$$(1 + r_{t+1}) = (1 + r_t)a \quad (t = 2, 3, \dots, 10) \quad (7)$$

که در این معادله a یک عدد ثابت است. فرض فوق را به صورت زیر می‌توان نوشت.

$$\frac{1 + r_{t+1}}{1 + r_t} = a \quad t = 2, 3, 4, \dots, 10$$

یعنی درصد کاهش (یا افزایش) میزان رشد (با احتساب بعلاوه ۱) هر سال نسبت به سال قبل یک مقدار (ثابت) (a) است، به عبارت دیگر هر سال به یک نسبت از $1 + r_t$ سال قبل کاسته (یا افزوده) می‌شود.

یک فرض ساده کننده دیگر به صورت زیر است:

$$1 + r_{t+1} = (1 + r_t) + b \quad (8)$$

که معادل است با

$$r_{t+1} - r_t = b \quad t = 2, 3, \dots, 10$$

یعنی تفاضل میزان رشد هر دو سال متوالی عددی ثابت است (که می‌بایست به نحو مناسب برآورد شود).

بر اساس فرض (۷) می‌توان نشان داد:

$$1 + r_{t+k} = (1 + r_t)a^k \quad (9)$$

و بر اساس فرض (۸) داریم:

$$1 + r_{t+k} = (1 + r_t)kb \quad (10)$$

بنابراین فرض اول به گونه‌ای معادل یک تصاعد هندسی و فرض دوم معادل یک تصاعد حسابی در افزایش میزان رشد سالانه است. برخلاف انتظار، محاسبات مربوط به میزان رشد بر مبنای تصاعد حسابی (۸) بسیار پیچیده‌تر و مشکل‌تر از محاسبات مربوط به میزان رشد متغیر بر مبنای تصاعد هندسی (۷) است. (بر اساس فرض (۸) می‌توان نشان داد که $b = \frac{r_{75} - r_{66}}{9}$ که یک عدد منفی است. مشکلی که به وجود می‌آید این است که نه r_{66} را داریم و نه r_{75}).

اگر a و r_1 (یا b و r_1) را داشته باشیم می‌توانیم برای هر سال t از رابطه (۹) $1 + r_t$ را از حالت دوم از رابطه (۱۰) برآورد کنیم.

در این جا محاسبات بر مبنای فرض (۷) انجام شود، و انجام محاسبات بر مبنای فرض (۸) به افراد علاقمند در این زمینه واگذار می‌شود. بر پایه این فرض مهم‌ترین مسأله، یافتن پارامترهای a و r_1 است. که در بخش بعد به آن پرداخته می‌شود. لازم به ذکر است در ادامه از نماد r_{66} به جای r_1 ، ... و r_{75} به جای r_{10} استفاده شده است.

برآورد a و r_1 (بر مبنای فرض تصاعد هندسی $1 + r_t$)

نخست جمعیت در دو سرشماری ۷۰ و ۷۵ در نظر گرفته می‌شود. طبق رابطه (۴):

$$\frac{P_{75}}{P_{70}} = (1 + r_{75})(1 + r_{74})(1 + r_{73})(1 + r_{72})(1 + r_{71})$$

با توجه به رابطه (۹)

$$\begin{aligned} &= [(1 + r_{71})a^4] [(1 + r_{71})a^3] [(1 + r_{71})a^2] [(1 + r_{71})a] [(1 + r_{71})] \\ &= (1 + r_{71})^5 a^{10} \end{aligned} \quad (11)$$

جالب است که عدد داخل کروشه $[(1 + r_{71})a^2]^5$ میزان رشد سال ۷۳ (آبان ۷۲ تا آبان ۷۳)

است و اگر از طرفین ریشه پنجم بگیریم با توجه به رابطه (۲) متوجه می‌شویم که برابر میانگین

هندسی رشدهای $1+r_{71}, \dots, 1+r_{75}$ می‌باشد. از مقایسه (۱۱) با (۲) نتیجه می‌گیریم که تحت فرض (۷) رشد $1+r$ (که از رابطه (۳) حساب می‌شود) برابر رشد سال ۷۳ است (پاسخ به سوال اول تحت فرض (۷)).

سمت چپ معادله (۱۱) معلوم است، بنابراین طبق رابطه (۱۱) یک معادله و دو مجهول (پارامترهای مجهول a و r_{71}) داریم. با یک معادله نمی‌توان جواب‌های یکتا برای دو مجهول به دست آورد. برای به دست آوردن این دو مجهول دو راه حل به نظر می‌رسد. یک راه حل این است که یکی از دو پارامتر از یک منبع اطلاعاتی دیگر برآورد شود که در این صورت مسأله به حل یک معادله و با یک مجهول تبدیل می‌شود. راه حل دیگر آن است که برای یک سال دیگر غیر از ۷۰ و ۷۵ یک برآورد از جمعیت حاصل از نمونه‌گیری یا سرشماری موجود باشد. این برآورد می‌تواند برای یک سال بین ۷۰ و ۷۵ و یا حتی خارج آن باشد (همانند سال ۶۸ یا ۷۶) که در غیاب چنین اطلاعی ناچاریم از سرشماری ۱۳۶۵ نیز استفاده کنیم. بنابراین برای برآورد a و r_{71} از اطلاعات سه سرشماری استفاده می‌کنیم تا دو پارامتر مجهول یاد شده به دست آید. مشابه معادله (۱۱) می‌توان نشان داد:

$$\frac{P_{70}}{P_{65}} = (1+r_{66})^5 a^{10} \quad (12)$$

و همین‌طور

$$\frac{P_{75}}{P_{65}} = (1+r_{66})^{10} a^{45} \quad (13)$$

چون P_{75} و P_{70} و P_{65} را داریم، حال دو معادله و دو مجهول داریم که به راحتی مجهول‌های a و r_{66} دست می‌آیند و سپس با جای‌گذاری ۵ به جای k و ۶۶ به جای t در رابطه (۹) می‌توان r_{71} برآورد کرد.

برای یافتن a نخست طرفین معادله (۱۳) را بر مربع طرفین معادله (۱۲) تقسیم می‌کنیم.

$$\frac{\frac{P_{75}}{P_{65}}}{\left(\frac{P_{70}}{P_{65}}\right)^2} = \frac{(1+r_{66})^{10} a^{45}}{[(1+r_{66})^5 a^{10}]}$$

در نتیجه

$$\frac{P_{65}P_{75}}{P_{70}P_{70}} = a^{25} \Rightarrow a = \sqrt[25]{\frac{P_{65}P_{75}}{P_{70}^2}} \quad (14)$$

اکنون با جایگزین مقدار a در معادله (۱۲) یا (۱۳)، $1+r_{66}$ پیدا می‌شود، برای این منظور

نخست رابطه (۱۲) را بازنویسی می‌کنیم:

$$(1+r_{66})^5 = \frac{P_{70}}{P_{65}a^{10}}$$

$$\Rightarrow 1+r_{66} = \sqrt[5]{\frac{P_{70}}{P_{65}a^{10}}}$$

در نتیجه

$$1+r_{66} = \frac{1}{a^2} \sqrt[5]{\frac{P_{70}}{P_{65}}} \quad (15)$$

اکنون با استفاده از معادلات (۱۴) و (۱۵)، ضریب a و $1+r_{66}$ را برآورد می‌کنیم. به عنوان یک

مثال عددی، جمعیت کل کشور در سرشماری‌های ۱۳۶۵، ۱۳۷۰ و ۱۳۷۵ را در نظر گرفته و روش

فوق را اعمال می‌کنیم. جمعیت کل کشور در این سه سرشماری عبارت است از:

$$P_{65} = 49445010$$

$$P_{70} = 55837163$$

$$P_{75} = 60055488$$

با توجه به رابطه (۱۴)

$$a = \sqrt[25]{\frac{(49445010)(60055488)}{(55837163)^2}} = 0.9980519$$

ضریب $a=0.998$ از یک کوچکتر است زیرا میزان رشد در طی ده ساله ۶۵ تا ۷۵ روند نزولی داشته است. اگر میزان رشد روند صعودی داشته باشد a از یک بزرگتر می‌شود. با استفاده از رابطه (۱۵) داریم:

$$1+r_{66} = \frac{1}{(0.9980519)_2} \sqrt[5]{\frac{55837163}{49445010}} = 1.0286175$$

در نتیجه $r_{66} = 0.0286175$ اکنون با توجه به رابطه (۹) میزان رشد سال ۱۳۷۱ را پیدا می‌کنیم:

$$1+r_{71} = (1+r_{66})a^5 = 1.0186372$$

پس $r_{71} = 0.0186372$ میزان رشد سال ۱۳۷۵ را هم با توجه به میزان رشد سال ۱۳۶۵ می‌توان حساب کرد و هم با توجه به نرخ رشد سال ۱۳۷۰:

$$1+r_{75} = (1+r_{66})a^9 = 1.0107227$$

$$1+r_{75} = (1+r_{71})a^4 = 1.0107227$$

به عبارت دیگر میزان رشد جمعیت سال ۱۳۷۵، بر اساس این روش حدود ۱/۰۷ درصد است که از میزان رشد دوره ۷۵ - ۷۰ (یعنی ۱/۴۷ درصد)، ۰/۴ درصد (یا به عبارت دقیق‌تر ۰/۰۳۹۷۷) کم‌تر است. در بخش بعد برای همه سال‌های بین ۱۳۶۶ تا ۱۳۷۵ میزان رشد را بر اساس روش فوق برآورد می‌کنیم.

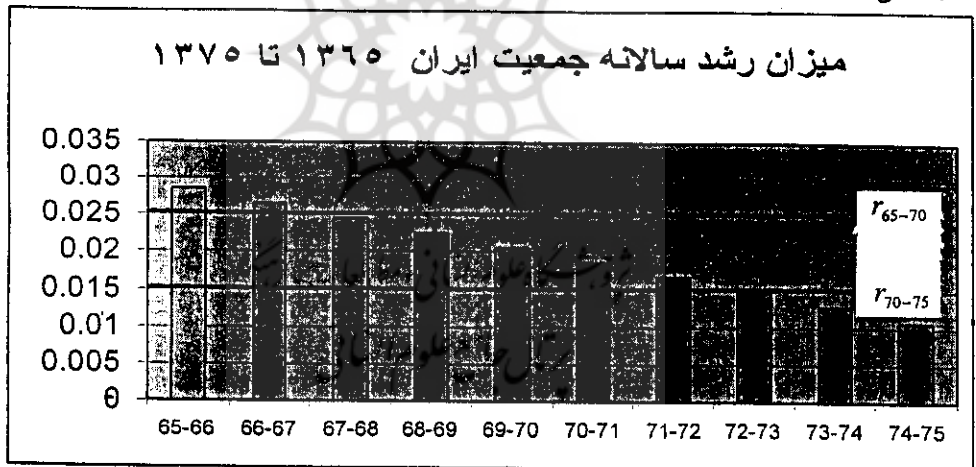
برآورد نرخ رشد برای سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۷۵ بر اساس روش فوق

طبق محاسبات انجام شده $1+r_{66} = 1.0286175$ طبق رابطه (۹) با ضرب کردن $1+r_{66}$ در $a^1, a^2, a^3, \dots, a^9$ و سپس و کم کردن ۱ از آن، به ترتیب میزان رشد جمعیت برای سال‌های ۱۳۶۷ (یک سال بعد)، ۱۳۶۸ (دو سال بعد)، ... و ۱۳۷۵ (نه سال بعد) به دست می‌آید (مثلاً $r_{69} = (1+r_{66})a^3 - 1$ بر این اساس r_{67} تا r_{75} برآورد شده و نمودار مقادیر آن در شکل ۱

رسم شده است. این مقادیر در آخرین سطر جدول ۱ چاپ شده است. در این نمودار میزان رشد دوره‌های ۷۵ - ۷۰ و ۷۰ - ۶۵ نیز نشان داده شده است.

یک بررسی ساده روی نتایج عددی نمودار فوق نتیجه جالبی را آشکار می‌کند و آن این که نتایج به دست آمده برای میزان رشد سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۷۵ با فرض تصاعد حسابی (۸) نیز مطابقت دارد. این نتیجه را هم با چشم روی نمودار می‌توان دید (زیرا روند نزول میزان رشد یک حالت خطی دارد) و هم با محاسبه می‌توان نشان داد. برای این منظور کافی است
$$0.001999 = \frac{0.0286 - 0.0107}{9}$$
 (یا حدود ۰/۰۰۲) را به طور مرتب از میزان رشد سال ۱۳۶۶

(یعنی ۰/۰۲۸۶) کم کنیم تا برآوردهای دیگری از میزان رشد سال‌های ۱۳۶۷ تا ۱۳۷۵، بر اساس یک تصاعد حسابی، به دست آید. در نتیجه خواهیم دید، این برآوردها همان مقادیری هستند که در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل (۱) نمودار میزان رشد متغیر جمعیت برای سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۵

روش تصاعد حسابی بین میزان رشدهای متوسط ۷۰ - ۷۵ و ۶۵ - ۷۰

همان‌طور که در مقدمه ذکر شد، این روش هم از لحاظ ایده و هم از لحاظ محاسباتی بسیار ساده است. تنها مشکل این روش این است که مثلاً میزان رشد دوره ۷۰ - ۶۵ نه مربوط به سال ۶۵ است و نه مربوط به ۷۰. برای رفع این مشکل و حل مسأله ناچاریم یک فرض اضافه (علاوه بر

فرض تصاعد حسابی میزان رشد) را بپذیریم و آن این که میزان رشد متوسط ۷۰ - ۶۵ مربوط به میان این دوره، یعنی سال ۱۳۶۸ است و همین‌طور میزان رشد متوسط ۷۵ - ۷۰ مربوط به سال ۱۳۷۳ است. در این صورت برای سال‌های بین ۱۳۶۸ تا ۱۳۷۳ یک درون‌یابی و برای سال‌های قبل از ۱۳۶۸ (تا ۱۳۶۵) و بعد از ۱۳۷۳ (تا ۱۳۷۵) برون‌یابی انجام می‌دهیم تا میزان رشد سالانه این ده سال به دست آید. بنابراین فرض می‌کنیم:

$$r_{68} = 0.0247$$

$$r_{73} = 0.0147$$

بنابر تصاعد حسابی میزان رشد، یعنی $r_{t+i} = r_i + b$ داریم:

$$r_{73} = r_{68} + 5b \Rightarrow b = -\frac{1}{5}(r_{73} - r_{68}) = -0.002$$

یعنی هر سال حدود ۰/۰۰۰۲ از میزان رشد کم شده است، در نتیجه با درون‌یابی میزان رشد سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۷۳ به دست می‌آید.

$$r_{68} = 0.0247, r_{69} = 0.0227, r_{70} = 0.0207, r_{71} = 0.0187, r_{72}$$

$$= 0.0167, r_{73} = 0.0147$$

و برای بقیه سال‌های بین سه سرشماری میزان رشد جمعیت با برون‌یابی به دست می‌آید:

$$r_{67} = 0.0267$$

$$r_{66} = 0.0287$$

$$r_{74} = 0.0127$$

$$r_{75} = 0.0107$$

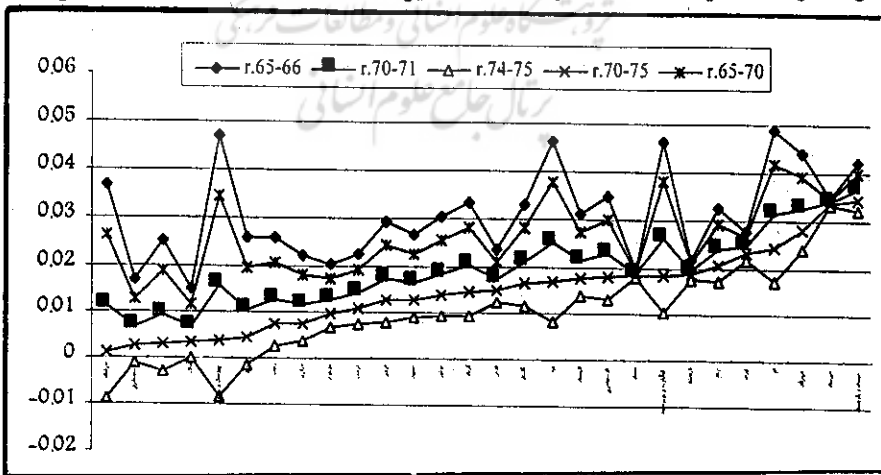
با مقایسه این میزان رندها با میزان رندهایی که در شکل (۱) آمده است نتیجه جالب دیگری به دست می‌آید و آن این که تفاوت میزان رندهای این روش با روش قبلی بسیار ناچیز است و چه بسا ناشی از گرد کردن باشد، زیرا میزان رندهای بین سرشماری‌ها را تا چهار رقم اعشار مورد استفاده قرار دادیم، حال آنکه محاسبات روش قبلی، تا شش رقم اعشار انجام شده است.

۶) میزان رشد متغیر جمعیت استان‌های کشور

در انتها به روشی که در بخش‌های ۳ و ۴ توضیح داده شد برای هر یک از استان‌های کشور ضریب a و سپس میزان رشد جمعیت برای سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۷۵ محاسبه شده و در جدول (۱) آمده است. در چهار ستون اول این جدول به ترتیب نام استان‌ها و جمعیت سرشماری‌های ۱۳۶۵، ۱۳۷۰ و ۱۳۷۵ و در دو ستون بعد، میزان رشد ثابت جمعیت دوره‌های ۱۳۷۰ - ۱۳۶۵ و ۱۳۷۵ -

۱۳۷۰ آمده است. ضریب a برای استان‌های مختلف در ستون هفتم آمده است و از ستون هشتم به بعد میزان رشد متغیر جمعیت ۱۳۶۶ تا ۱۳۷۵ چاپ شده است. از آنجا که نمایش میزان رشد جمعیت هر ده سال در یک نمودار امکان پذیر نیست. فقط میزان رشد جمعیت سال اول (۶۵-۶۶)، سال وسط (۷۰-۷۱) و سال پایان این دوره ده ساله (۷۴-۷۵) به همراه میزان رشد ثابت دوره‌های ۷۰-۷۵ و ۶۵-۷۰ در شکل ۲ نشان داده شده است. به دلیل نمایش بهتر، این اطلاعات پس از مرتب شدن برحسب ۷۰-۷۵ رسم شده است. به همین دلیل یک روند صعودی در نمودار برحسب استان‌ها دیده می‌شود.

با نگاهی به جدول یک می‌توان ملاحظه کرد که کاهش میزان رشد جمعیت تنها مربوط به جمعیت کل کشور نبوده، بلکه بدون استثناء کلیه استان‌های کشور در سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۵ کاهش رشد جمعیت را داشته است. (ستون‌های هشتم تا آخر) در بین استان‌های کشور، استان خراسان به دلیل برگشت مهاجران افغانی در طی سال‌های ۱۳۷۵ - ۱۳۷۰ پایین‌ترین میزان رشد را داشته (۰/۱ درصد) که حتی در سال ۱۳۷۵ منفی شده و به ۰/۹ - درصد رسیده است و استان سیستان و بلوچستان با ۳/۴ درصد بالاترین میزان رشد جمعیت کشور را داشته و با اندکی کاهش در سال ۱۳۷۵ به ۳/۲ درصد رسیده است. استان تهران در طی سال‌های ۷۵-۱۳۷۰ به طور متوسط ۲/۳ درصد رشد جمعیت داشته که در سال ۱۳۷۵ میزان رشد جمعیت آن ۲/۲ درصد می‌باشد.



شکل ۲) نمودار میزان رشد جمعیت سال‌های ۶۶، ۷۱، و ۷۵ به همراه میزان رشد دوره‌های ۷۰-۶۵ و ۷۵-۷۰ برحسب استان

جدول ۱) جمعیت سال های ۱۳۶۵، ۱۳۷۰ و ۱۳۷۵ و میزان رشد متغیر جمعیت استان های

کشور

استان	P65_۱	P70_۱	P75_۱	r.65-70	r.70-75	a	r.65-66	r.66-67
آذربایجان شرقی	3077882	3278718	3325540	0.012722	0.00284	0.998041	0.016703	0.014711
آذربایجان غربی	1971677	2284208	2496320	0.029864	0.017918	0.997669	0.034682	0.03227
اردبیل	1036202	1141625	1168011	0.019567	0.00458	0.997043	0.025624	0.022591
اصفهان	3294916	3682444	3923255	0.022488	0.01275	0.998088	0.02641	0.024447
ایلام	382091	440693	487886	0.028949	0.020555	0.998363	0.032326	0.030636
بوشهر	612183	694252	743675	0.02548	0.013849	0.997721	0.03017	0.027822
تهران	8095124	9225162	10343965	0.026479	0.023158	0.999352	0.027811	0.027145
چهارمحال و بختیاری	631179	747297	761168	0.034351	0.003685	0.993999	0.046879	0.040596
خراسان	5280605	6013200	6047661	0.026324	0.001144	0.995044	0.036572	0.031435
خوزستان	2681978	3175852	3746772	0.034382	0.033616	0.999852	0.034689	0.034535
زنجان	782988	867096	900890	0.020616	0.007676	0.997451	0.025839	0.023224
سمنان	417035	458125	501447	0.018972	0.018235	0.999855	0.019267	0.01912
سیستان و بلوچستان	1197059	1455102	1722579	0.039814	0.034325	0.998942	0.042017	0.040915
فارس	3193769	3543828	3817026	0.021019	0.014964	0.998811	0.023451	0.022234
قزوین	805612	909037	968257	0.024451	0.012702	0.997696	0.029188	0.026817
قم	616963	757147	853044	0.0418	0.024137	0.996586	0.04895	0.045369
کردستان	1078415	1233480	1346383	0.027234	0.017671	0.998131	0.031084	0.029157
کرمان	1622958	1862542	2004328	0.027921	0.014782	0.99743	0.033224	0.030569
کرمانشاه	1462965	1622159	1778596	0.020873	0.018584	0.999551	0.021791	0.021332
کهگیلویه و بویراحمد	411828	496739	544356	0.038203	0.018476	0.996171	0.046201	0.042195
گیلان	2081037	2204047	2241896	0.011552	0.003411	0.998385	0.014827	0.013188
گلستان	1145033	1315384	1426288	0.028127	0.016321	0.997693	0.03288	0.030505
لرستان	1367029	1501778	1584434	0.01898	0.010773	0.998384	0.022281	0.020629
مازندران	2274313	2477765	2602008	0.017283	0.009833	0.998531	0.020279	0.018781
مرکزی	1082109	1182611	1228812	0.017921	0.007694	0.997982	0.022041	0.019979
هرمزگان	762206	924433	1062155	0.039347	0.028164	0.997839	0.043854	0.041598
همدان	1505826	1651320	1677957	0.018618	0.003206	0.996955	0.024849	0.021729
یزد	574028	691119	750769	0.037825	0.016695	0.995895	0.046399	0.042103
کل کشور	23758754	26351190	27173564	0.024614	0.014672	0.998052	0.028617	0.026614

استان	r.67-68	r.68-69	r.69-70	r.70-71	r.71-72	r.72-73	r.73-74	r.74-75
آذربایجان شرقی	0.012722	0.010738	0.008758	0.006781	0.004809	0.00284	0.000875	-0.00109
آذربایجان غربی	0.029864	0.027464	0.025069	0.02268	0.020296	0.017918	0.015546	0.013179
اردبیل	0.019567	0.016552	0.013546	0.010548	0.00756	0.00458	0.00161	-0.00135
اصفهان	0.022488	0.020533	0.018582	0.016634	0.01469	0.01275	0.010813	0.00888
ایلام	0.028949	0.027265	0.025583	0.023904	0.022228	0.020555	0.018884	0.017217
بوشهر	0.02548	0.023143	0.020812	0.018485	0.016164	0.013849	0.011538	0.009233
تهران	0.026479	0.025814	0.025149	0.024485	0.023821	0.023158	0.022495	0.021832
چهارمحال و بختیاری	0.034351	0.028144	0.021974	0.015841	0.009745	0.003685	-0.00234	-0.00833
خراسان	0.026324	0.021238	0.016177	0.011141	0.00613	0.001144	-0.00382	-0.00875
خوزستان	0.034382	0.034229	0.034076	0.033923	0.03377	0.033616	0.033463	0.03331
زنجان	0.020616	0.018015	0.01542	0.012832	0.010251	0.007676	0.005108	0.002546
سمنان	0.018972	0.018825	0.018677	0.01853	0.018383	0.018235	0.018088	0.017941
سیستان و بلوچستان	0.039814	0.038714	0.037615	0.036517	0.035421	0.034325	0.033231	0.032138
فارس	0.021019	0.019805	0.018593	0.017381	0.016172	0.014964	0.013757	0.012552
قزوین	0.024451	0.02209	0.019735	0.017385	0.015041	0.012702	0.010369	0.008041
قم	0.0418	0.038243	0.034699	0.031166	0.027646	0.024137	0.020641	0.017157
کردستان	0.027234	0.025314	0.023398	0.021485	0.019576	0.017671	0.015769	0.013871
کرمان	0.027921	0.02528	0.022645	0.020017	0.017396	0.014782	0.012174	0.009573
کرمانشاه	0.020873	0.020415	0.019957	0.019499	0.019041	0.018584	0.018127	0.017669
کهگیلویه و بویراحمد	0.038203	0.034228	0.030267	0.026322	0.022392	0.018476	0.014576	0.010691
گیلان	0.011552	0.009919	0.008288	0.00666	0.005034	0.003411	0.001791	0.000173
گلستان	0.028127	0.025755	0.023388	0.021027	0.018671	0.016321	0.013976	0.011636
لرستان	0.01898	0.017333	0.015689	0.014048	0.012409	0.010773	0.00914	0.007509
مازندران	0.017284	0.015789	0.014297	0.012807	0.011319	0.009834	0.008351	0.006869
مرکزی	0.017921	0.015868	0.013818	0.011773	0.009731	0.007694	0.005661	0.003632
هرمزگان	0.039347	0.037101	0.034859	0.032623	0.030391	0.028164	0.025942	0.023725
همدان	0.018618	0.015517	0.012425	0.009342	0.006269	0.003206	0.000151	-0.00289
یزد	0.037825	0.033564	0.029321	0.025095	0.020886	0.016695	0.012521	0.008364
کل کشور	0.024614	0.022618	0.020626	0.018637	0.016653	0.014672	0.012696	0.010723

بحث و نتیجه گیری

با توجه به شرایط کنونی «ثابت بودن میزان رشد جمعیت طی چند سال اخیر» یک امر بعید است. در نتیجه میزان رشد مشاهده شده بین دو سرشماری نمی‌تواند معرف میزان رشد تک تک سال‌های بین دو سرشماری باشد. آمار موالید ثبت احوال که از حدود ۲/۲۵ میلیون نفر در سال ۱۳۶۵ به کمتر از ۱/۲ میلیون نفر در سال ۱۳۷۵ رسیده و آمار جمعیت سرشماری شده افراد کم‌تر از ۱۰ سال در سرشماری ۱۳۷۵^۱ نشان می‌دهد که در طی ده ساله ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۵ میزان موالید و در نتیجه رشد جمعیت سیر نزولی داشته است، اما هیچگاه این سیر نزولی از طریق سرشماری که از اعتبار خاص، برخوردار است به صورت عدد و رقم یا نمودار بیان نشده است. انگیزه اصلی این تحقیق ارائه روشی برای به دست آوردن میزان رشد جمعیت برای سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۵ و به ویژه برای سال ۱۳۷۵ است، زیرا با آنکه در این سال سرشماری عمومی نفوس و مسکن انجام شده، اما با استفاده از سرشماری برای این سال برآورد دقیق و مناسبی از میزان رشد جمعیت به روش مستقیم به دست نمی‌آید. و با توضیحاتی که در بخش‌های قبل آمد، میزان رشد مشاهده شده ۷۵-۱۳۷۰ نیز نمی‌تواند معرف میزان رشد جمعیت در سال ۱۳۷۵ باشد. برای رسیدن به هدف فوق فرض تصاعد هندسی (۷) را در مورد میزان رشد جمعیت (در واقع برای $1+t$) پذیرفته‌ایم، در این بخش ابتدا به بحث در مورد این فرض می‌پردازیم. نکته اول در مورد فرض مذکور، مفهوم آن است. این فرض مبین آن است که هر سال به یک نسبت از میزان رشد سال قبل کاسته (یا به آن افزوده) می‌شود. فرض فوق اگرچه تا حدی محدود کننده است، اما فرض بعیدی نیست و به هر صورت کلی‌تر از فرض «ثابت بودن میزان رشد جمعیت» است، زیرا اگر فرض «ثابت بودن میزان رشد جمعیت» پذیرفته شود، فرض فوق به خودی خود برقرار می‌شود (در نتیجه «ثابت بودن میزان رشد جمعیت» حالت خاصی از فرض فوق است)

۱. بر اساس سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۷۵ جمعیت ۱۰ ساله‌ها در این سال (که بازماندگان موالید سال ۶۵-۱۳۶۴ هستند) حدود ۱/۹ میلیون نفر بوده، که این رقم برای سنین پایین‌تر (که بازماندگان موالید سال‌های بعد ۱۳۶۵ هستند) به تدریج کاهش یافته به طوری که برای صفر ساله‌ها (متولدین سال ۱۳۷۵ - ۱۳۷۴) به حدود یک میلیون نفر رسیده است.

نکته دوم این است که به دلیل ساده کردن معادلات و محاسبات ریاضی، فرض تصاعد هندسی در مورد $1+r$ قرار داده شد. نه بر مبنای r فرض مذکور به صورت

$$(1+r_{t+1}) = a(1+r_t)$$

در نتیجه

$$r_{t+1} = ar_t + (a-1)$$

در حالی که فرض تصاعد هندسی در مورد r به صورت $r_t = cr_{t-1}$ نوشته می‌شود (که c می‌بایست بر مبنای محاسبات ریاضی برآورد شود). در نتیجه فرض تصاعد هندسی در مورد $1+r$ با فرض تصاعد هندسی در مورد r معادل نیست. انجام محاسبات بر مبنای فرض $r_t = cr_{t-1}$ به حل معادلات چند جمله‌ای ضمنی نیاز دارد و انجام آن به افراد علاقمند در این زمینه واگذار می‌شود. در عین حال این دو فرض تنها فرض‌های ممکن نیست و می‌توان با در نظر گرفتن فرض‌های دیگر به برآوردهای دیگری از میزان رشد جمعیت در ده ساله ۷۵-۱۳۶۵ رسید. حتی می‌توان به جای میزان رشد هندسی جمعیت، میزان رشد نمایی $P_{t+n} = P_t e^{nr}$ را در نظر گرفت و بر مبنای فرض تصاعد هندسی یا حسابی در مورد $1+r$ (یا r) به برآورد میزان رشد نمایی جمعیت برای سال‌های مختلف اقدام نمود.

نکته سوم این که فرض مذکور $1+r_{t+1}$ را از طریق یک مدل ریاضی به $1+r_t$ پیوند می‌دهد، می‌توان این پیوند را از طریق مدل‌های آماری برقرار کرد یعنی میزان رشد جمعیت سالانه را یک متغیر تصادفی در نظر گرفت و با مفروض گرفتن یک مدل تصادفی (مثلاً مدل اتور گرسیو مرتبه اول) میزان رشد جمعیت سال‌های متوالی را به یکدیگر مرتبط ساخت. این ایده در روش تصویر سازی^۱ جمعیت با میزان رشد تصادفی نیز لحاظ می‌شود.

در این مقاله میزان رشد جمعیت را برای کل کشور و استان‌ها برای سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۵ برآورد کردیم. نتایج یک سیر نزولی را نشان می‌دهد که در مورد کل کشور از ۰/۰۲۸۶ در سال ۱۳۶۶ شروع شده و به ۰/۰۱۰۷ در سال ۱۳۷۵ خاتمه پیدا می‌کند. یک نتیجه اولیه از این محاسبات

^۱. Projection

آن است که میزان رشد جمعیت برای سال ۱۳۷۵، ۱/۰۷ درصد است که از میزان رشد جمعیت مشاهده شده ۷۵ - ۷۰ (یعنی ۱/۴۷ درصد) کمتر می باشد.

یک سوال اساسی که پس از دیدن سیر نزولی میزان رشد جمعیت به شیوه فوق ممکن است پیش آید این است که آیا مجاز هستیم سیر نزولی فوق را برای سال‌های بعد از ۱۳۷۵ ادامه دهیم و اگر این سیر را ادامه دهیم چه موقع میزان رشد جمعیت به صفر خواهد رسید؟ برای پاسخ به این پرسش باید دقت کنیم که ما میزان رشد سال‌های ۶۵ تا ۷۵ را به گونه‌ای درون‌یابی کرده ایم. اگر قرار باشد همین روند را برای سال‌های بعد از ۷۵ انجام دهیم خطای برون‌یابی پیش می‌آید. از یک روش تحلیلی که مبتنی بر اطلاعات اندک (فقط جمعیت در سه سرشماری به علاوه یک فرض) است نمی‌توانیم انتظار یک برون‌یابی خوب را داشته باشیم بنابراین مجاز نیستیم سیر نزولی فوق را برای سال‌های بعد از ۱۳۷۵ ادامه دهیم. در عین حال اگر احياناً سیر نزولی فوق را برای سال‌های ۷۶، ۷۷، ۷۸، ... ادامه دهیم در سال ۸۱ میزان رشد جمعیت تقریباً به صفر می‌رسد.

$$1 + r_{81} = (1 + r_{75})a^6 = 0.99897 - 1 = -0.00103$$

این که میزان رشد جمعیت در سال ۸۱ به حدود صفر برسد ناممکن است زیرا انبوه موالید بعد از انقلاب اسلامی به تدریج وارد دوران بارداری می‌شوند که این نه تنها باعث کاهش موالید و کاهش رشد جمعیت نمی‌شود، بلکه ممکن است موجب افزایش آن نیز شود این نتیجه نیز گواهی بر این است که روند نزولی فوق را نمی‌توان برای سال‌های بعد از ۱۳۷۵ ادامه داد.

مساله فرعی دیگری که در پایان این مقاله به آن پرداخته می‌شود تاثیر میزان رشد به دست آمده برای سال ۱۳۷۵ (۰/۰۱۰۷) در پیش‌بینی‌های جمعیتی است. در روال معمول برای پیش‌بینی جمعیت در سال‌های پس از سرشماری از میزان رشد بین دو سرشماری آخر (حاصل از رابطه (۳)) استفاده می‌شود. بنابراین با فرض ثابت بودن میزان رشد جمعیت در سال‌های بعد از سرشماری از ۰/۰۱۴۷ $r =$ برای پیش‌بینی جمعیت کل کشور برای سال‌های ۷۶، ۷۷، ... استفاده می‌شود. با توجه به مطالب عنوان شده و نامناسب بودن میزان رشد مشاهده شده در دو سرشماری آخر برای پیش‌بینی جمعیت سال‌های پس از سرشماری، مناسب است به جای مقدار ثابت ۰/۰۱۴۷ از مقدار ثابت ۰/۰۱۰۷ استفاده شود، زیرا برای پیش‌بینی جمعیت سال‌های ۱۳۷۶، ۱۳۷۷، ... در نظر گرفتن

میزان رشد جمعیت سال ۱۳۷۵ نسبت به میزان رشد مشاهده شده بین دو سرشماری ($r = ۰/۰۱۴۷$) که مربوط به میانه سال‌های بین دو سرشماری (مثلاً ۱۳۷۳) است به واقعیت نزدیک‌تر است. اگرچه در هر دو شیوه میزان رشد جمعیت را برای چند سال بعد از سرشماری ثابت فرض می‌شود اما از آنجا که مقدار ثابت در نظر گرفته شده برای میزان رشد در دو شیوه یکسان نیست، پیش‌بینی‌های جمعیتی حاصل از دو شیوه نیز یکسان نخواهد بود. مثلاً پیش‌بینی جمعیت سال‌های ۱۳۷۶ و ۱۳۸۰ بر اساس دو شیوه فوق به صورت زیر است. براساس میزان رشد مشاهده شده $۷۵ - ۷۰ (r = ۰/۰۱۴۷)$:

$$P_{76} = P_{75} (1.0147) = 60938304$$

$$P_{80} = P_{75} (1.0147)^5 = 64601262$$

و بر اساس میزان رشد سال ۱۳۷۵ ($r = ۰/۰۱۰۷$)

$$P_{76} = P_{75} (1.0107) = 60698081$$

$$P_{80} = P_{75} (1.0107)^5 = 63337953$$

ملاحظه می‌شود که استفاده از میزان رشد مشاهده شده $۷۵ - ۷۰$ جمعیت را برای یک سال حدود ۲۴۰ هزار نفر و برای پنج سال حدود ۱۲۶۳ هزار نفر بیشتر برآورد می‌کند. مسأله دیگری که در همین ارتباط مهم است وجود و اثر دادن کم شماری در سرشماری است. مثلاً اگر در سرشماری ۱۳۷۵، ۴ درصد کم شماری کشف نشده وجود داشته باشد (منظور کم شماری است که در جمعیت سرشماری ۶۰۰۵۵۴۸۸ نفری سال ۱۳۷۵ دخالت داده نشده باشد) دیگر بحث این که نرخ رشد جمعیت $۱/۵$ درصد (تقریب $۰/۰۱۰۷$) است یا $۱/۱$ درصد (تقریب $۰/۰۱۰۷$) کم رنگ می‌شود، زیرا تاثیر کم شماری در سرشماری بر پیش‌بینی جمعیت خیلی بیشتر از تاثیر $۰/۴$ درصد خطا در برآورد میزان رشد جمعیت است.

مثلاً اگر میزان کم شماری خالص $۰/۰۴$ باشد و آن را در برآورد جمعیت دخالت ندهیم به اندازه $۰/۰۴$ در برآورد جمعیت یک سال مرتکب خطا می‌شویم. حال آن که اگر به جای $۰/۰۱۰۷$ از $۰/۰۱۴۷$ استفاده کنیم تنها به اندازه $۰/۰۰۴ = ۰/۰۱۰۷ - ۰/۰۱۴۷$ در برآورد جهت یک سال مرتکب خطا می‌شویم که به نسبت $۰/۰۴$ بسیار ناچیز است.

منابع

اسدی، خسرو (۱۳۷۴) آنالیز جمعیت شناختی، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)

امین مظفری، فاروق (۱۳۷۸) روش‌های تحلیل جمعیت، انتشارات احرار تبریز

زنجانی، حبیب‌الله (۱۳۷۶) تحلیل جمعیت شناختی، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)

مرکز آمار ایران، نتایج تفصیلی کل کشور سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۶۵

مرکز آمار ایران، نتایج عمومی کل کشور آمارگیری جاری جمعیت ۱۳۷۰

مرکز آمار ایران، نتایج تفصیلی کل کشور سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۷۵

Shryock, H.S. Siegel, J. S. and associates (1976) The Methods and Materials of Demography

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی