

پیرامون رشد جمعیت

ارژنگ امیر خسروی

در برخی از اذهان رفتار مسئولانه در مورد باروری، تصمیم‌گیری در مورد تعداد فرزندان و تغییر بُعد خانوار با تردیدهایی روبه‌روست. این پدیده در جوامعی که منابع طبیعی گسترده، غنی و دست‌نخورده‌ای دارند مشهودتر است. در این جوامع عموماً تصمیم والدین در انتخاب تعداد فرزندان دخالت ندارد.

برای این نوع برخورد توجیحات مختلفی وجود دارد. حتی در سطح اداری این کشورها نیز که علی‌الاصول باید در این باره انتظار دیدگاه مشخصتری را داشت کمابیش وضع بر همین منوال است. مبانی این توجیحات را می‌توان در عوامل زیر دانست: جستجوی قدرت در کثرت، مقابله با بی‌قانونی، انتخاب نیروی انسانی به جای ماشین در استفاده از منابع طبیعی، توسعه بازار داخلی (به دلیل محدود بودن بازار اکثر این جوامع به جمعیت و مصرف داخل کشور)، بالا بودن میزان مرگ و میر، بی‌توجهی یا کم‌توجهی به حفظ منابع طبیعی، تشنجات مرزی، نیاز کشورهای صنعتی به بازار گسترده‌تر و دخالت آنها در اقتصاد و سیاست کشورهای در حال توسعه، فرهنگ بومی، سنتها، اعتقادات مذهبی، اطمینان یافتن از دوام خانواده و امثالهم. کشور ما قرن‌ها با کشتارها یا به عبارت

دیگر قتل عام جمعی روبرو بوده و تلفات سنگینی را از جانب اجانب تحمل کرده است. علاوه بر این اغلب در معرض مرگ و میرهای ناشی از سوانح طبیعی مانند: قحطیها، بیماریهای مسری (از قبیل طاعون و وبا) آتش سوزیهای عمده، ناآرامیهای وسیع داخلی و موارد مشابه بوده و اخیراً هم یک جنگ هشت ساله را پشت سر گذاشته است. طرح این سؤال که چه تعداد جمعیت برای کشور متناسب است و می تواند انتظارات و اهداف سیاسی، اقتصادی، اجتماعی، دفاعی، اخلاقی و... مردم را جویگو باشد طبعاً نه تنها با دیدگاههای متفاوتی روبرو می گردد بلکه در چنین وضعیتی باید اول مسائل یاد شده بر طرف شود تا بتوان در مورد برقراری تعادل بین جمعیت و منابع به نتیجه رسید.

مثلاً اگر یک روستایی از آینده اقتصادی خود و فرزندانش اطمینان نداشته باشد و حکومت قانون حافظ امنیت اجتماعی وی نگردد، مسلماً توجه چندانی به مصوبات و مقررات نمی تواند داشته باشد. مگر اینکه نوعی اجبار و الزام وی را به انجام اقداماتی که خود مایل نیست وادارد. در این صورت هم به محض کاهش فشار، مجدداً مسیر قبلی خود را در پیش خواهد گرفت.

با فرض توجه به نکات یاد شده لازم است که مسئولین امر در مورد کمیت جمعیت کشور دیدگاه بلندمدت معینی داشته باشند. بحث جمعیت بهینه^۱ از مباحث بالنسبه جدید جمعیت شناسی است - هر چند که خود جمعیت شناسی نیز به عنوان یک علم قدمت چندانی ندارد. البته این گفته بدان مفهوم نیست که در نوشته های متقدمین نمی توان در این زمینه اشاراتی پیدا کرد. شاید بتوان مبحث مدینه فاضله را در آثار افلاطون به نحوی با جمعیت بهینه مربوط دانست. در نوشته های دانشمندان اسلامی نیز اشاراتی در این زمینه وجود دارد. از جمله در نوشته های: ابوعلی مسکویه در الطهاره، فارابی در سیاست مدینه، خواجه نصیر طوسی در اخلاق ناصری و کیکاوس زیاری در قابوس نامه مطالبی وجود دارد که به نحوی به این مورد مربوط است. ولی طرح و بحث در زمینه جمعیت بهینه به طور عمده مربوط به دانشمندان غربی است. شاید آلفرد سووی^۲ را بتوان نخستین فردی دانست که در این زمینه مطالبی نوشته است. آنچه مسلم است زیربنای فکری اکثر افرادی که در مورد جمعیت بهینه بحث کرده اند دستیابی به هدف ایجاد تعادل بین جمعیت و برخی از خصیصه های زندگی از جمله: اقتصاد، قدرت نظامی، اخلاق، مسائل روانی و امثال آن است.

دانشمندان غربی به اقتضای سیستمهای حاکم بر کشورهایشان بیشتر به مسئله اقتصادی توجه کرده‌اند و غالباً بهره‌وری نیروی کار یا تولید را ملاک و معیار بحث قرار داده‌اند. بحث در مورد جمعیت بهینه خود نیازمند مطالعهٔ جداگانه‌ای است تا مشخص گردد که با توجه به شرایط فعلی و آتی، با تکیه بر کدام یک از ویژگیهای زندگی افراد جامعه می‌توان اهداف مشخصی را طرح کرد. جمعیت بهینه یا اصولاً تعادل بین جمعیت و سایر ویژگیها را چگونه باید تعریف کرد و این تعریف تا چه حد جامع و مانع خواهد بود؟ این گفته بدان مفهوم نیست که اگر نمی‌دانیم چه تعداد جمعیت برای کشور مناسب است پس باید نسبت به تعداد جمعیت کشور بی‌تفاوت باشیم، بلکه برعکس باید با دقت بیشتری موضوع را دنبال کرد و نسبت به مسائل ناشی از تغییرات جمعیتی بیشتر حساس بود و از تأمین حداقل احتیاجات عامه مردم شروع و به توسعهٔ تک تک ویژگیهای انسانهای جامعه و سایر موجودات و حتی طبیعت و اقلیم توجه نمود و به تدریج همهٔ افراد کشور را به مسئولیت خود در این زمینه واقف کرد تا تصمیمگیری در مورد تعداد عائله آگاهانه و توأم با مقتضیات زمانی و مکانی باشد.

اگر اهداف بلند مدت جمعیتی دولت و مسئولین از نظر کمیت، کیفیت، ساختار و... روشن گردد می‌توان این اهداف بلندمدت را همان جمعیت بهینه یا جمعیت مطلوب تلقی نمود. مگر اینکه دولت در برنامه‌ریزیهایش به ناچار برنامه‌های بلندمدت خود را به تبعیت از تغییرات جمعیتی و یا حتی بدون توجه به آن و صرفاً بر اساس امکانات طراحی کرده باشد. در این صورت دولتها ناچار دنباله‌رو خواهند شد و دخالت آنها در جمعیت مؤثر واقع نخواهد شد.

فرض کنیم که در کشور ما هدف برنامه‌ریزی بلندمدت برای یک جمعیت یکصد و پنجاه میلیون نفری طراحی شده باشد، پس از نظر مسئولین امر این تعداد جمعیت همان جمعیت متناسب است. با فرض مطلوبیت رقم فوق و اینکه مبانی این تصمیمگیری مقامات، توجه به مساحت کشور، بر آوردی از منابع و امکانات موجود، و مقایسه آن با یک کشور اروپایی - مانند فرانسه - بوده است، حال باید دید که چگونه می‌توان به این رقم دست یافت. تردیدی نیست که کشور فرانسه گرچه از نظر مساحت حدود یک سوم کشور ما است از نظر وضعیت علمی، صنعتی، تکنولوژیکی، سازماندهی، مدیریت، سرمایه و...

در حال حاضر از کشور ما جلوتر و سطح اراضی زیر کشت آن نیز بیشتر است. به عبارت دیگر در حالی که امکانات دولت فرانسه وسیعتر است، تراکم بیولوژیک آن نیز کمتر است. جمعیت فرانسه در همان حدود جمعیت کشور ماست. پس برای تأمین احتیاجات یک جمعیت یکصد و پنجاه میلیونی باید از منابع غیر کشاورزی از جمله منابع معدنی استفاده گسترده‌تر و کارآمدتری به عمل آید و سطح علمی و تکنولوژیکی جامعه با سرعتی شتاب آلود ارتقا پیدا کند تا بتوان سطح زندگی، اخلاق، تولید و... جامعه را در حد قابل قبولی نگهداشت. در غیر این صورت باید منتظر پیامدهای منفی آن بود. از طرف دیگر جمعیت فرانسه مدتی است که در سطح فعلی به حالت همایندی رسیده و نه تنها از دیاد پیدا نمی‌کند بلکه با مختصری تقلیل نیز روبه‌رو است. حال با فرض اینکه جمعیت یکصد و پنجاه میلیون نفری، جمعیت مطلوبی است، برای تثبیت جمعیت در این حد باید سیاست جمعیتی معینی انتخاب و به اجرا گذاشته شود. این سیاست باید به گونه‌ای باشد که از نظر اجرایی مورد تأیید مردم نیز باشد.

تثبیت جمعیت در حد یاد شده چنانکه خواهیم دید چندان هم سهل و ساده نیست، اگرچه در نظر اول این موضوع چندان مشکل به نظر نمی‌رسد. به عبارت دیگر با روند فعلی نرخ رشد، جمعیت کشور نه تنها در سطح یاد شده تثبیت نخواهد شد بلکه احتمالاً در سطوح بالاتر نیز به حالت همایندی نخواهد رسید. برای مطالعه امکان رسیدن به حالت همایندی راه حل مناسب - که قبلاً توسط دانشمندان مختلف مورد بررسی قرار گرفته است - به شرحی است که مورد بحث قرار خواهد گرفت. انتخاب این روش عمدتاً به دلیل پرهیز از موضوع بحث‌انگیزتر میزان رشد فعلی و تداوم آن است.

اگر فرض کنیم که باروری فعلی جوامعی که از نرخهای باروری بالاتری برخوردارند، با افت سریعی روبه‌رو شود، چه خواهد شد؟ برای بررسی این وضع فرض می‌کنیم که نرخهای باروری ویژه سن (A.S.F.R) تا آنجا کاهش یابد که فرزندان فقط جانشین والدین گردند. در این صورت جمعیت همایند متناظر جمعیت فعلی^۳، ۶۰ درصد بیشتر از جمعیت فعلی خواهد بود. به عبارت دیگر حتی در شرایط فوق نیز افزایش جمعیت تداوم خواهد داشت.

البته این خود مشروط به شرایط متعددی است که برقراری آن شرایط نیز آسان

نخواهد بود. یکی از شرایط یاد شده این است که تمام زوجها مجبور شوند که سطح باروری خود را تا جایی کاهش دهند که به طور متوسط برای هر نفر فقط یک فرزند زنده به سن بلوغ برسد. دیگر اینکه امید زندگی (e_0°) در بدو تولد افزایش پیدا نکند. حتی در حالت برقراری شرایط فوق نیز جمعیت کشوری مانند ایران تا بیش از پنجاه سال دیگر در حالت افزایش مداوم باقی خواهد ماند و جمعیت ۵۸ میلیونی فعلی در حد یکصد میلیون نفر نیز ممکن است به حالت همایندی نرسد.

هیچکس انتظار ندارد جز در حالت اعمال فشار فوق العاده و اجباری چنین اتفاقی بلافاصله رخ دهد. برعکس اگر کاهش باروری تدریجی باشد، مثلاً طی سی و پنجاه سال اتفاق بیفتد، جمعیت همانند متناظر از یکصد و پنجاه و دو است و ده میلیون نفر بیشتر خواهد شد.

علت این وضعیت را باید در بالا بودن نرخهای باروری گذشته جمعیت جستجو کرد که موجب افزایش جمعیت در سن باروری می شود. همین پدیده خود تضمینی است برای بالاماندن نرخ خام باروری (C.B.R) در یک دوره طولانیتر، بعد از افت نرخ باروری ویژه سن (A.S.F.R). افزون بر این نرخ بالای باروری فعلی را نیز باید در نظر داشت. مبانی عملی و تجربی نشان می دهند که این دو پدیده به صورت مکمل یکدیگر عمل می کنند. علاوه بر این در کشوری مانند ایران هنوز هم می توان انتظار کاهش سریع مرگ و میر را داشت، که منجر به افزایش امید زندگی و در نتیجه افزایش جمعیت در سن باروری می گردد و این خود عامل سومی در تشدید مشکل و تداوم افزایش جمعیت است.

مبانی محاسباتی

دانشمندان علم جمعیت شناسی برای انجام محاسبات پیش بینی جمعیت، روشهای متعددی ارائه داده اند. با روش کسانسی مانند ولپتون؛ (۱۹۳۶) و لسللی^۵ (۱۹۴۵) می توان جمعیت کشور را تحت شرایط متفاوت و برای هر چند سال پیش بینی یا بر آورد کرد. لذا برای پاسخگویی به محاسبات فعلی به روشهای جدید پیش بینی نیازی نیست.

فرض کنیم که احتمال بقای یک دختر زنده به دنیا آمده برای رسیدن به سن a را بتوان با l_a نشان داد. همچنین فرض کنیم که احتمال تولد یک نوزاد دختر را، برای فرد یاد شده،

در فاصله سنی $a, a + d$ بتوان با رابطه m, d نشان داد. اگر در این حالت نرخهای فوق ثابت و در فاصله سنی β, α مثبت فرض شوند، تعداد دختران فرد اول را می توان از رابطه زیر محاسبه کرد:

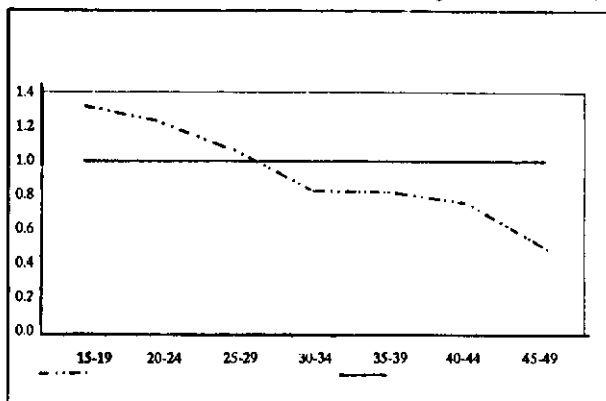
$$R_0 = \int_{\alpha}^{\beta} l_x m_x dx \quad (1)$$

در اصطلاح جمعیت شناسی کمیت فوق به عنوان نرخ خالص جانشینی $(N.R.R)$ شناخته شده است. این کمیت در واقع نشان دهنده نسبت تعداد یک نسل به نسل قبلی با فرض ثبات نرخهای مرگ و میر و باروری و حذف مهاجرت است. حال باید دید اگر نرخ باروری ویژه سن (m_x) به مقداری که برای همبندی لازم است افت کند، یعنی به جای m_x نرخ باروری جدید m_x / R_0 جایگزین شود چه خواهد شد. به عبارت دیگر اگر با نرخهای ثابت مرگ و میر الگوی باروری به اندازه ای تغییر کند که نرخ خالص جانشینی $(N.R.R = 1)$ مساوی یک شود، جمعیت چه وضعی خواهد داشت.

متخصصین امر می دانند که این نوع تغییر تنها یا معمولترین راه دستیابی به نرخ خالص جانشینی مساوی یک $(N.R.R = 1)$ نیست. مثلاً کافی است که به تفاوت الگوی باروری شهری و روستایی کشور، یا تغییرات الگوهای باروری کشورهایی که قبلاً چنین وضعی را تجربه کرده اند توجه شود. بلافاصله معلوم می شود که مثلاً کاهش باروری برای همه سنین به یک نسبت نیست. کاهش باروری عموماً در سنین بالا بسیار سریعتر است ولی در اینجا چون از روش پیشنهادی ناتان کیفیتز^۷ استفاده شده با همان روش کاهش هماهنگ نیز عمل شده است. تذکر این نکته بی مورد نیست که تفاوت های الگوهای مختلف کاهش باروری در این بحث در مقام دوم اهمیت قرار دارد. برای مقایسه کاهش هماهنگ و وضع واقعی در کشور مراجعه شود به جدول و نمودار ۱.

کیفیتز محاسبات مشابهی در مورد چند کشور با نرخهای رشد متفاوت انجام داده است که در اینجا آورده می شود. او یاد آور شده است که پیش بینیهایش نشان می دهند که هر جا نرخ رشد فعلی جمعیت بالاتر است، گرایش نیرومندی در مورد افزایش بیشتر جمعیت ملاحظه می شود. به عنوان مثال در حالی که در جدول ۲ افزایش پیش بینی شده برای ایتالیا از یک پنجم جمعیت پایه کمتر است، جمعیت کشورهای اکوادور و کلمبیا حتی با

این کاهش غیر متعارف باروری، تا رسیدن به مرحله همایندی بالغ بر ۶۵ درصد نسبت به جمعیت پایه افزایش خواهد یافت. فرجکا^۸ (۱۹۶۸) اقدام مشابهی در مورد جمعیت امریکا انجام داده و آن را تا رسیدن به مرحله همایندی و با فرضیات متفاوت محاسبه کرده است.



نمودار مقایسه افت هماهنگ با افت باروری شهری نسبت به روستایی کل کشور.

جدول ۱ نرخهای باروری ویژه سن بر حسب منطقه و تفاوت آن.

باروری روستایی		باروری شهری		تفاوت با نسبت دو اگر کاهش کاهش باروری هماهنگ هماهنگ می بود	
۱۵-۱۹	۱۴۹ر۵	۱۱۱ر۲	۸۴ر۳	-۲۶ر۹	۱ر۳۲
۲۰-۲۴	۳۶۱ر۹	۲۵۲ر۱	۲۰۴ر۱	-۴۸ر۰	۱ر۲۳
۲۵-۲۹	۳۶۷ر۷	۲۱۷ر۰	۲۰۷ر۴	-۹ر۶	۱ر۰۵
۳۰-۳۴	۳۱۱ر۳	۱۴۶ر۶	۱۷۵ر۶	۲۹ر۳	۰ر۸۳
۳۵-۳۹	۲۱۶ر۰	۹۹ر۹	۱۲۱ر۸	۲۱ر۹	۰ر۸۲
۴۰-۴۴	۱۰۵ر۹	۴۵ر۵	۵۹ر۷	۱۴ر۲	۰ر۷۶
۴۵-۴۹	۴۱ر۴	۱۱ر۶	۲۳ر۳	۱۱ر۷	۰ر۵۰

با مطالعه جدول ۲ می توان دریافت که تغییرات جمعیتی کشورهای مختلف حتی زمانی که نرخ خالص جانشینی برای همه آنها یکسان و معادل «یک» منظور شده است، تا چه حد متفاوت خواهد بود.

جدول ۲ جمعیت فعلی و جمعیت همایند متناظر براساس فرض کاهش بلافاصله باروری تا سطح همایندی (براساس پیش‌بینی جمعیتی انجام شده است).

نام کشور	سال پایه	جمعیت سال پایه	جمعیت همایند متناظر	درصد افزایش
شیلی	۱۹۶۵	۸۵۸۴۰۰۰	۱۲۹۱۶۰۰۰	۵۰٫۵
کلمبیا	۱۹۶۵	۱۷۹۹۳۰۰۰	۲۹۷۸۶۰۰۰	۶۵٫۵
اکوادور	۱۹۶۵	۵۱۰۹۰۰۰	۸۵۱۸۰۰۰	۶۶٫۷
ایتالیا	۱۹۶۶	۵۳۱۲۸۰۰۰	۶۲۱۸۹۰۰۰	۱۷٫۱
پرو	۱۹۶۳	۱۴۷۱۳۰۰۰	۲۳۰۸۰۰۰۰	۵۶٫۹
امریکا	۱۹۶۶	۱۹۵۸۵۷۰۰۰	۲۵۹۴۹۰۰۰۰	۳۲٫۵
امریکا	۱۹۶۷	۱۹۷۸۶۳۰۰۰	۲۶۷۰۹۶۰۰۰	۳۵٫۰

در جدول ۳ نیز تغییرات جمعیتی کشورهای کلمبیا و امریکا در ادوار مختلف تا رسیدن به مرحله همایندی آورده شده است. این جدول نشان می‌دهد که در شرایط یادشده حدود پنجاه سال وقت لازم است که جمعیت این کشورها به حالت همایندی برسد. به عبارت دیگر حتی اگر شرایط باروری این کشورها بلافاصله طوری تغییر کند که برای هر زوج فقط دو فرزند استخلاف گردد، تا پنجاه سال دیگر جمعیت این کشورها در حال افزایش خواهد بود.

جمعیت همانند معادل جمعیت مشاهده شده^۱

معادل هر توزیع سنی مشاهده شده می‌توان یک توزیع سنی همانند معادل به دست آورد. در این جمعیت همانند معادل معمولاً توزیع سنی، غیر از توزیع سنی مشاهده شده در سرشماری یا آمارگیری است. در اصطلاحات جمعیت‌شناسی، به جمعیتی که توزیع سنی آن با نرخهای باروری و مرگ و میر معین تغییر نمی‌کند جمعیت همانند یا ثابت^۱ گفته می‌شود. برای هر جمعیتی که نرخهای باروری و مرگ و میر آن داده شده باشد فقط یک جمعیت همانند معادل می‌توان پیدا کرد. در جمعیت همانند، افزایش جمعیت موجب درهم ریختگی توزیع سنی نمی‌شود، هر چند که افزایش آن به جمعیت پایه^۱ و توزیع سنی جمعیت پایه بستگی دارد.

جدول ۳ عبور به مرحله ایستایی برای جمعیت کشورهای کلمبیا و امریکا با فرض کاهش بلافاصله باروری تا حد نرخ خالص جانشینی و جمعیت فواصل این کشورها بر اساس محاسبه کیفیتز.

سال	جمعیت پیش‌بینی شده امریکا	سال	جمعیت پیش‌بینی شده کلمبیا
۱۹۶۵	۱۷۹۹۳	۱۹۶۷	۱۹۷۸۶۳
۱۹۷۰	۱۸۸۸۹	۱۹۷۲	۲۰۴۲۲۱
۱۹۷۵	۲۰۰۴۴	۱۹۷۷	۲۱۱۶۹۶
۱۹۸۰	۲۱۴۶۵	۱۹۸۲	۲۲۰۱۲۰
۱۹۸۵	۲۳۰۶۵	۱۹۸۷	۲۲۸۴۷۱
۱۹۹۰	۲۴۶۲۰	۱۹۹۲	۲۳۵۵۱۲
۱۹۹۵	۲۵۸۸۱	۱۹۹۷	۲۴۱۱۶۱
۲۰۰۰	۲۶۹۱۳	۲۰۰۲	۲۴۶۳۰۵
۲۰۰۵	۲۷۷۲۸	۲۰۰۷	۲۵۱۴۰۸
۲۰۱۰	۲۸۴۳۰	۲۰۱۲	۲۵۶۲۱۸
۲۰۱۵	۲۹۰۵۴	۲۰۱۷	۲۶۰۲۲۹

برای شناخت جمعیت همانند باید به روابط ریاضی لوتکا^{۱۲} (۱۹۳۹) بازگشت. وی در محاسبات خود فرض کرده است که: جمعیت موالید دختر در زمان t ، مساوی است با موالید دختر نسل قبل، ضربدر احتمال بقای نسل قبل تا رسیدن به زمان t ، ضربدر شانس بچه‌دار شدن. که باید مقادیر فوق را برای همه سنین جمع کرده با موالید گروه‌های سنی قبل به هم اضافه کرد یا:

$$B_{(t)} = G_{(t)} + \int_{\alpha}^{\beta} B(t-a) l_a m_a d_a \quad (۲)$$

در این رابطه $G_{(t)}$ موالید زنانی است که در اول دوره حضور داشته‌اند. لوتکا با مساوی صفر قرار دادن $G_{(t)}$ معادله زیر را حل کرده است:

$$B_{(t)} = e^{-at} \quad (۳)$$

و به رابطه زیر دست یافته است:

$$\int_{\alpha}^{\beta} e^{-at} l_a m_a d_a = 1 \quad (۴)$$

ریشه‌های معادله بالا یک چند جمله‌ای از مقادیر r_1, r_2, r_3, \dots را به شکل زیر تشکیل می‌دهند.^{۱۳}

$$B_{(0)} = Q_1 e^{r_1 t} + Q_2 e^{r_2 t} + \dots \quad (5)$$

در رابطه بالا مقادیر Q_1, Q_2, \dots باید طوری انتخاب شوند که مولید ناشی از کمیت $G_{(0)}$ رابطه (۲)، همراه با سایر مولید به جمعیت اضافه شوند.^{۱۴}

کیفیتز رابطه لوتکا را برای به دست آوردن همانند معادل در حالت $i=1$ مورد استفاده قرار داد. اگر Q_1 را جمعیت همانند معادل مولید مشاهده شده فرض کنیم، این مولید در پیش‌بینی جمعیتی مورد استفاده قرار می‌گیرند تا با استفاده از آن و فاکتور امید زندگی (e_0^0) جمعیت همانند معادل (که با نرخ رشد r_1 افزایش پیدا می‌کند) محاسبه گردد.

با روش تفصیلتی و معمول عوامل متشکله^{۱۵} نیز به همین نتیجه خواهیم رسید. دلیل این امر این است که جمله اول رابطه (۵) نسبت به جملات دیگر از اهمیت بیشتری برخوردار است. در حقیقت جملات بعدی از نظر تئوری همگی اعداد مختلط هستند (رجوع شود به ضمائم ص ۹۵) و لذا فقط بخش حقیقی این اعداد باید مورد استفاده قرار گیرد. کیفیتز این کمیتها را از نظر کاربردی مقادیری منفی می‌داند و لوتکا تأثیر آنها را در یک دوره پنجاه ساله، بی‌اهمیت و قابل صرف‌نظر کردن.^{۱۶}

در هر حال چون جمعیت همانند معادل کل جمعیت مورد نیاز است و محاسبه

۱۳. این نوع حل معادله که حل تقریبی است امروز با روش دیگری عمل می‌شود. در واقع برای هر معادله دیگر نیز که شمای کلی آن به تابع نمایی نزدیک باشد، می‌توان چنین جوابی فرض نمود. برای اطلاع بیشتر به کتاب لوتکا مراجعه شود.

۱۴. تلاش لوتکا برای به دست آوردن مقادیر Q عمدتاً منجر به تغییر رده انتگرال گیری به یک انتگرال دوپل شده و به نتیجه زیر رسیده است:

$$Q_i = \frac{\int_0^{\beta} e^{-r_i t} G_{(0)} dt}{\int_{\alpha}^{\beta} a e^{-r_i a} I_a m_a d_a} \quad (6)$$

که در آن $i = 1, 2, 3, \dots$ است. برای اطلاع بیشتر رجوع کنید به کتاب لوتکا (Human Biology) صص ۱۴ تا ۱۹.

جمعیت همانند معادل موالید در زمان t بسنده نیست، مانند جمعیت همانند معادل موالید که در زمان t برابر با $Q_1 e^{r_1 t}$ است و با همان فرضهای ثابت شرایط باروری و مرگ و میر می توان جمعیت در سن $a+d_0$ و a را به صورت زیر محاسبه کرد:

$$B(t-a) l_0 d_0 = Q_1 e^{r_1(t-a)} l_0 d_0 = (Q_1 e^{-r_1 a} l_0) e^{r_1 t} d_0 \quad (7)$$

بدین ترتیب جمعیت همانند معادل زنان در فاصله سنی a و $a+d_0$ مساوی $Q_1 e^{-r_1 a} l_0 d_0$ خواهد بود و برای به دست آوردن کل جمعیت باید از رابطه فوق انتگرال گرفت. این مجموعه را با Q_0 نشان می دهند.

$$Q_0 = \int_0^{\omega} Q_1 e^{-r_1 a} l_0 d_0 \quad (8)$$

چون جمعیت همانند معادل ارزشی معادل میانگین در ارزشیابی جمعیت مشاهده شده دارد، اگر جمعیت زن مشاهده شده کمتر از تعداد مشابه در جمعیت همانند معادل باشد، به این معنی است که میزان باروری در جمعیت مشاهده شده بالاتر خواهد بود. این مسئله را کیفیتز اثبات کرده است.^{۱۷}

جمعیت همانند معادل جمعیت همانند

چون جمعیت همانند معادل به معنی جمعیت پایه است که باید در آینده با نرخ رشد بطنی^{۱۸} (I.R.G) به میزان r به حالت همبندی برسد، اگر به جای r صفر بگذاریم ($r=0$) جمعیت همانند معادل باید به همان جمعیت همانند تبدیل شود. بنابراین در رابطه Q_1 لوتکا تغییرات مختصری داده شد و به جای r معادل آن صفر و به جای m_0 مقادیر جدید آن، یعنی m_0/R_0 قرار داده شد. بدین ترتیب جمعیت همانند معادل موالید با رابطه Q_1 در رابطه (۶) همتراز می شود، مشروط بر اینکه $r=0$ باشد و به جای m_0 نرخ جدید m_0/R_0 جانشین شود.

در جدول ۴ میزانهای باروری مرحله همبندی کشور بر اساس نرخهای باروری ویژه سن از طرح اندازه گیری رشد جمعیت و بر آورد نرخهای سال ۱۳۶۵ (بر اساس سرشماری) داده شده است.

برای به دست آوردن تعداد همه زنان در «جمعیت همانند معادل» باید رابطه Q_1

جدید را در d_x l_x $\omega = \int_0^\omega e_0^\circ$ ضرب کرد که در آن (ω) بالاترین کرانه سنی است.

بدین ترتیب جمعیت زنان از رابطه زیر به دست خواهد آمد:

$$Q_0 = \frac{e_0^\circ \int_0^\beta G_{(t)} dt}{\int_0^\beta a l_x (m_x / R_0) d_x} \quad (9)$$

که در آن $G_{(t)}$ موالید کسانی است که در آغاز دوره افت زنده بوده اند و مقدار $G_{(t)}$ به r بستگی ندارد.

جدول ۴ نرخهای باروری ویژه سن در سالهای ۱۳۵۵ و ۱۳۶۵ و نرخهای باروری مرحله همابندی متناظر آنها.

گروه سنی	A.S.F.R	باروری ویژه سن برآورد	A.S.F.R	نرخهای باروری مرحله همابندی از برآورد سال ۱۳۶۵	نرخهای باروری مرحله همابندی از رشد جمعیت
۱۵-۱۹	۱۳۱٫۵	۱۵۳٫۳	۴۶٫۹۶	۵۴٫۷۵	۱۲۷٫۶۱
۲۰-۲۴	۳۰۹٫۵	۳۵۷٫۳	۱۱۰٫۵۴	۱۱۴٫۸۲	۹۴٫۹۳
۲۵-۲۹	۳۰۰٫۳	۳۲۱٫۵	۱۰۷٫۳۵	۷۷٫۲۹	۵۰٫۷۹
۳۰-۳۴	۲۳۹٫۵	۲۶۵٫۸	۸۵٫۵۴	۲۱٫۱۸	۲۱٫۱۸
۳۵-۳۹	۱۶۳٫۵	۲۱۶٫۴	۵۸٫۳۹		
۴۰-۴۴	۷۹٫۰	۱۴۲٫۲	۲۸٫۲۱		
۴۵-۴۹	۲۷٫۷	۵۹٫۳	۹٫۸۹		

با فرض اینکه مجموعه کسانی را که در سن x و $x+d_x$ در آغاز دوره قرار داشته اند با $P_x d_x$ نشان دهیم، مجموعه این افراد تا رسیدن به زمان t به $d_x \frac{P_x l_{x+t}}{l_x}$ بالغ می گردد و از اینجا مجموعه موالید این افراد در زمان t برابر با:

$$P_x \frac{l_{x+t}}{l_x} d_x \times \frac{m_{x+t}}{Ro}$$

و جمع آن برابر با:

$$G_{(0)} = \int_{\alpha-t}^{\beta-t} P_x \frac{l_{x+t}}{l_x} \left(\frac{m_{x+t}}{Ro} \right) d_x \quad (10)$$

است.

این روابط پس از یک سلسله محاسبه به شکل ساده زیر درمی آید (ر.ک. به ضمایم ص ۹۵ و ۹۶).

$$\frac{Q_0}{P} = \frac{be_0^{\circ}}{r\mu} \left(\frac{Ro-1}{Ro} \right) \quad \text{یا} \quad Q_0 = \frac{Be_0^{\circ}}{r\mu} \left(\frac{Ro-1}{Ro} \right)$$

در جدول ۵ نسبت جمعیت همایند متناظر با جمعیت زنان کل کشور (در سال ۱۳۷۰)

نوشته شده است.

جدول ۵ نسبت جمعیت ایستای متناظر به جمعیت پایه بر اساس کاهش بلافاصله و ناگهانی باروری تا سطح جانشینی $N.R.R=1$ و پارامترهای منتخب جمعیتی زمان.

۱۰۰۰b	۱۰۰۰r	e_0°	μ	Ro	$\frac{Ro-1}{Ro}$	$\left(\frac{b}{r} \right) \left(\frac{e_0^{\circ}}{\mu} \right) \left(\frac{Ro-1}{Ro} \right)$
۴۱۸	۳۰۳	۵۴۲	۲۸۰	۲۶۶	۰٫۶۳	۱٫۶۸
۴۵۳	۳۸۵	۶۰۷	۲۸۰	۲۷۷	۰٫۶۴	۱٫۶۳
۴۴۹	۳۸۵	۶۱۷	۲۸۰	۲۸۲	۰٫۶۵	۱٫۶۷
۴۲۰	۳۲۰	۶۳۸	۳۸۷	۲۸۸	۰٫۶۵	۱٫۷۸
۴۳۵	۳۶۳	۷۰۰	۳۰۰	۳۰۱	۰٫۶۷	۱٫۸۲
۴۰۱	۳۲۰	۶۱۷	۲۸۰	۲۷۳	۰٫۶۳	۱٫۷۴

جمعیت همایند متناظر با تأخیر در کاهش باروری

مسلّم است که هیچکس انتظار ندارد باروری یک جامعه در یک آن تا مرحله همایندی افت کند. چنین رویدادی در همه حال نیازمند زمان و برنامه است. فرض کنیم که اجرا و

پذیرش برنامه کاهش باروری در جامعه t سال طول بکشد. در این صورت اگر توزیع اولیه جمعیت (توزیع سنی) ثابت باشد، جمعیت هر گروه سنی P_x با رابطه e^{nt} افزایش خواهد یافت. بدین ترتیب می‌توان جمعیت همایند متناظر با جمعیت فعلی را، با در نظر گرفتن این دوره (t)، از رابطه زیر به دست آورد:

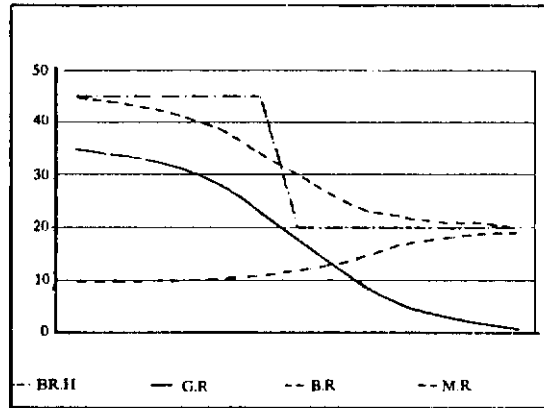
$$\frac{e^{nQ_0}}{P} = \frac{e^{nbe_0}}{r\mu} \left(\frac{Ro-1}{Ro} \right)$$

جدول ۶ نتیجه این محاسبه را برای دوره‌های ۱۵ و ۲۵ ساله ($t=25, t=15$) نشان می‌دهد. اما حتی بعد از یک دوره t ساله و فراهم آوردن مقدمات امر نیز یک افت ناگهانی تا مرحله همایندی و ایجاد وقفه در رشد جمعیت واقع بینانه نیست. هر کشوری در بهترین شرایط می‌تواند امیدوار باشد که این امر تدریجاً اتفاق بیفتد- مثلاً در یک دوره ۳۰ یا ۵۰ ساله.

افت باروری می‌تواند به خط مستقیم باشد. هر چند که تسریع اولیه غیر محتمل نیست، اگر چنین اتفاقی بیفتد افت باروری به جای خط مستقیم به صورتی دیگر و به منحنی لوجیستیک (ر. ک. به ضmann ص ۹۸) نزدیکتر خواهد بود. اصلاح روابط فوق برای هماهنگی با هر نوع تغییری غیر از نوع خط مستقیم امری ضروری است. این امر مستلزم به کارگیری روابط پیچیده‌تر ریاضی است. در واقع کاهش باروری آنچنان نامنظم خواهد بود که هیچ معادله ساده‌ای نمی‌تواند آن را بیان کند. در عین حال این روابط هر قدر هم پیچیده باشند محاسبه آنها ضروری به نظر می‌رسد. مثلاً به عنوان یک تخمین مقدماتی اگر تغییرات باروری به صورت یک منحنی لوجیستیک رو به پایین باشد، می‌توان فرض کرد که کاهش باروری در میانه دوره رخ داده است. یعنی اگر یک دوره ۳۰ ساله کاهش باروری منظور شده باشد باید سال پانزدهم را مبدأ افت ناگهانی باروری فرض کنیم. همین‌طور است در مورد یک دوره پنجاه ساله، که باید سال بیست و پنجم را سال آغازین افت سریع باروری در نظر بگیریم. در فرض لوجیستیک کاهش باروری را نخست تدریجی، سپس سریع و پس از آن مجدداً تدریجی در نظر می‌گیرند.

با انتقال افت سریع باروری به میانه دوره، درست مثل این است که باروری نخست در خط افقی حرکت کند، سپس با یک خط عمودی افت کند و مجدداً

به حالت افقی در آید (نمودار ۲).



نمودار ۲ کاهش باروری و نرخ رشد بر اساس فرضهای بررسی.

با تأخیرهایی که در بالا منظور شده است به فرض اینکه جمعیت سال پایه جمعیت سال ۱۳۷۰ کشور باشد و طرح کاهش باروری تا مرحله رسیدن به نرخ خالص جانشینی «یک» طی ۳۰ یا ۵۰ سال به اجرا در آید، جمعیت زنان کشور با توجه به اطلاعات کارشناسان و صاحب نظران این رشته در مورد باروری و مرگ و میر، مطابق با جدول ۶ نوسان خواهد داشت.

جدول ۶ جمعیت و جمعیت همایند متناظر زنان کشور بر اساس فرض سه گانه کاهش باروری تا سطح جانشینی و پارامترهای منتخب.

r	e^{15r}	e^{25r}	جمعیت زن در سال ۱۳۷۰	جمعیت	جمعیت	جمعیت
				همایند متناظر	همایند متناظر	همایند متناظر
				زنان با افت ۵۰ ساله	زنان با افت ۳۰ ساله	زنان با افت بلافاصله
				Qo ^۳	Qo ^۲	Qo ^۱
۳ر۰۳	۱ر۵۷۵	۲ر۱۳۳	۲۹ر۲۵۸	۷۷ر۴	۴۹ر۲	۱۰۴ر۸
۳ر۸۵	۱ر۷۸۲	۲ر۶۱۸	۲۸ر۶۵۶	۸۳ر۲	۴۶ر۷	۱۲۲ر۳
۳ر۸۵	۱ر۷۸۲	۲ر۶۱۸	۲۸ر۶۵۶	۸۱ر۲	۴۵ر۶	۱۱۹ر۳
۳ر۲۰	۱ر۶۲۰	۲ر۲۳۰	۲۸ر۶۵۶	۸۲ر۶	۵۱ر۰	۱۱۳ر۸
۳ر۶۳	۱ر۷۲۴	۲ر۴۷۸	۲۸ر۶۵۶	۸۹ر۹	۵۲ر۲	۱۲۹ر۲
۳ر۲۰	۱ر۶۲۰	۲ر۲۳۰	۲۸ر۶۵۶	۸۰ر۸	۴۹ر۹	۱۱۱ر۲

مردوزن

تمام مطالبی که تاکنون بیان شد متوجه جمعیت زنان جامعه بود هر چند که همین بحث را می‌توان به هر دو جنس تعمیم داد و برای مردان نیز همین روابط را به دست آورد. با این تفاوت که جدول عمر مورد استفاده و نرخهای باروری ویژه سن، مربوط به مردان باشند و رشد جمعیت بر اساس نرخ رشد جمعیت مردان محاسبه شود. البته در کشور ما تفاوت محسوسی بین نرخ رشد مردان و زنان وجود ندارد ولی ممکن است که با توسعه شهرنشینی چنین تفاوتی به وجود آید. در صورتی که محاسبه برای مردان انجام شود باید به جای هر مرد یک پسر جانشین گردد و تعداد فرزندان دختر را در موقع تولد از روی فرزندان پسر و با در نظر گرفتن نسبت جنسی S.R.¹⁸ در جمعیت پایه به دست آورد. همین طور می‌توان محاسبات را برای هر دو جنس مشترکاً و با فرض ثبات توزیع سنی اولیه و نسبت جنسی ثابت در بدو تولد انجام داد.

در شرایط همایندی، نسبت مردان به زنان برابر است با حاصل ضرب امید زندگی مردان ضربدر نسبت جنسی در بدو تولد، تقسیم بر امید زندگی زنان:

$$S.R = \frac{S_0 \cdot e_0^{oM}}{e_0^{oF}}$$

که در آن S نسبت جنسی در بدو تولد و e_0^{oM} , e_0^{oF} به ترتیب امید زندگی مردان و زنان در بدو تولد است. حال با توجه به اینکه از رابطه Q_0 جمعیت همایندی متناظر زنان به دست خواهد آمد می‌توان جمعیت مردان را از روی رابطه زیر به دست آورد:

$$Q_0^M = \frac{P \cdot b e_0^o}{r \mu} \left(\frac{R_0 - 1}{R_0} \right)$$

و یا

$$Q_0^M = \frac{Q_0^F \cdot S e_0^{oM}}{e_0^{oF}}$$

که در آن R_0 , μ , r , b , P پارامترهای مربوط به زنان است.

در جدول ۷ جمعیت همایندی متناظر مردان و زنان کشور آورده شده است.

جدول ۷ جمعیت همایند متناظر جمعیت مرد و مردوزن کشور براساس فروض سه گانه زمانی افت باروری و پارامترهای مختلف.

$S \frac{e_o^{oM}}{e_o^{oP}}$	Q_o^{M1}	Q_o^{M2}	Q_o^{M3}	Q_o^1	Q_o^2	Q_o^3
۱۰۵۵۷	۵۱۹	۸۱۷	۱۱۰۶	۱۰۱۱	۱۵۹۱	۲۱۵۴
۱۰۷۵۷	۵۰۲۰	۸۹۵	۱۳۱۶	۹۷۰	۱۷۲۷	۲۵۳۹
۱۰۵۳۵	۴۸۰۰	۸۵۵	۱۲۵۷	۹۳۶	۱۶۶۷	۲۴۵۰۰
۱۰۷۲	۵۴۷	۸۸۶	۱۲۲۰	۱۰۵۷	۱۷۱۲	۲۳۵۸
۱۱۱۱۱	۵۱۷	۸۹۲	۱۲۸۱۲	۱۰۳۹	۱۷۹۱	۲۵۷۳
۱۰۵۳۵	۵۲۵۲	۸۵۱	۱۱۷۱	۱۰۲۴	۱۶۵۹	۲۱۳۶

نتیجه گیری

با توجه به مطالب یاد شده مشخص می شود که: اولاً اگر طی ۳ سال آینده مقدمات کار فراهم گردد و پس از آن کاهش سریع و همزمان باروری تا حد جانشینی اتفاق بیفتد (امری که تقریباً محال به نظر می رسد)، جمعیت کشور تا بیش از پنجاه سال دیگر افزایش خواهد داشت و در محدوده ۹۴ تا ۱۰۴ میلیون نفر تثبیت خواهد شد. ثانیاً اگر تصمیم گرفته شود که کاهش نرخ باروری تا حد جانشینی طی یک دوره سی ساله کاهش یابد، تا هشتاد سال دیگر جمعیت کشور در حال افزایش بوده و در محدوده ۱۶۵ میلیون تا ۱۸۰ میلیون تثبیت خواهد شد. و بالاخره اگر در یک دوره پنجاه ساله کاهش باروری تا مرحله جانشینی تداوم داشته باشد، جمعیت کشور تا بیش از یکصد سال دیگر در حال افزایش خواهد بود و در فاصله ۲۱۴ تا ۲۵۷ میلیون نفر تثبیت خواهد شد. البته به شرط اینکه کاهش باروری توأم با کاهش سریعتر مرگ و میر نباشد. به عبارت دیگر کاهش مرگ و میر از محدوده مندرج در متن فراتر نرود. شرط دیگر این است که نتایج سرشماری از دقت کافی برخوردار باشد و مهاجرت به داخل کشور نیز قابل چشم پوشی فرض گردد.

تفاوت در نتایج مربوط است به تفاوت پارامترهای جمعیتی منظور شده اگر چه برخی از پارامترهای محاسبات را نمی توان با اطمینان پذیرفت، می توان پذیرفت که امید زندگی زنان از ۵۴ سالی که در ۱۳۵۶ محاسبه شده است به ۷۲ سال درسی یا پنجاه سال آینده افزایش یابد. علاوه بر این ارقام اخیر سازمان ثبت احوال نشان می دهد که میانگین سن مادران (μ)

از رقم مورد محاسبه و انتظار (حداقل ۲۸ سال) بسیار پایینتر است. میانگین سن مادران در تهران بالغ بر حدود ۲۵ سال شده است که این خود عامل افزایشی دیگر و در نتیجه مؤثر است.

همچنین طبق برنامه بلندمدت متصور است که در سال آخر برنامه نرخ رشد جمعیت به ۲٫۳ درصد کاهش یابد که در این صورت تنها شق سوم می‌تواند مورد توجه قرار گیرد و جمعیت کشور در کمتر از ۲۱۰ میلیون به مرحله همابندی نمی‌رسد و تثبیت نخواهد شد.

ضمایم

لوتکا در معادله $1 = \int_0^{\infty} e^{-\alpha} P_x m_x d_x$ به درستی عنوان کرده است که چون حاصلضرب یک احتمال در نرخ باروری است و هر دو کمیت مثبت هستند فقط جوابهای مثبت قابل قبول است.

بنابراین در معادله $R_0 = \int_0^{\infty} P_x m_x d_x$ ، اگر $R_0 > 1$ باشد فقط یک ریشه مثبت خواهد داشت و اگر $R_0 < 1$ باشد فقط یک ریشه منفی. این زمانی اتفاق می افتد که تعداد موالید از یک نسل به نسل بعدی افزایش یا کاهش پیدا کند (مربوط به ص ۸۶).
اگر در معادله بالا $r = u + iv$ باشد، خواهیم داشت:

$$e^{-\alpha} = e^{(u+iv)t} = e^{ut} (\cos vt + i \sin vt)$$

اینجا نیز اگر $U < 0$ باشد (که معمولاً چنین است) بخش حقیقی قسمت اصلی جواب را تشکیل می دهد.

انتگرال دو گانه فوق را می توان به صورت زیر نوشت:

$$\int_0^{\infty} \int_0^{\infty} e^{-\alpha} l_{x+t} m_{x+t} d_t d_x$$

زیرا که m_x در فواصل خارج از دامنه α, β صفر است و به دلیل استقلال کرانه های بالا و پایین انتگرال گیری می توان ترتیب انتگرال گیری را نیز عوض کرده با تغییر متغیر $x+t$ به a ، در حالی که x به همان حالت خود باقی مانده است d_t به d_x تبدیل می شود و حدود انتگرال گیری بین مقادیر $(0, \infty)$ و (x, ∞) می شود و خواهیم داشت:

$$\int_0^{\infty} \int_x^{\infty} e^{-\alpha} l_x m_x d_x d_x$$

انتگرال فوق را می توان به صورت تفاضل دو انتگرال زیر نوشت:

$$\int_0^{\infty} \int_x^{\infty} e^{-\alpha} l_x m_x d_x d_x - \int_0^{\infty} \int_0^x l_x m_x d_x d_x$$

انتگرال دو گانه اول حاصلضرب دو انتگرال برای a و x و برابر است با R_0/r ، که به ترتیب جواب اولی R_0 و جواب دومی $1/r$ است.

انتگرال دو گانه دوم را می توان به صورت زیر نوشت:

$$\int_0^{\infty} e^{-rx} F_x dx$$

که در آن F'_x یعنی مشتق F_x برابر است با $l_x m_x$ و

$$F_x = \int_0^x l_x m_x dx$$

و به وسیله انتگرال گیری جزء به جزء خواهیم داشت:

$$\int_0^{\infty} F_x dx \left(\frac{e^{-rx}}{-r} \right) = \frac{F_x e^{-rx}}{-r} \Big|_0^{\infty} + \frac{1}{r} \int_0^{\infty} e^{-rx} F'_x dx$$

که با استفاده از رابطه (4) نتیجه محاسبه به صورت زیر در خواهد آمد:

$$= 0 + 1/r$$

بدین ترتیب تفاوت دو انتگرال دو گانه مساوی $(Ro-1)/Ro$ خواهد بود. هر گاه این مقدار در معادله Q_0 قرار داده شود نتیجه نهایی به صورت زیر در خواهد آمد:

$$Q_0 = \frac{Be_0}{r \mu} \left(\frac{Ro-1}{Ro} \right)$$

در اینجا می توان موضوع را با دو دیدگاه مورد بررسی قرار داد:

۱. زمانی که قبل از شروع دوره کاهش باروری در سن باروری قرار داشته اند باروری معمول خود را داشته باشند و کسانی که بعداً به این سن می رسند با الگوی همایندی باردار شوند.

۲. بلافاصله پس از شروع افت باروری همه زنان با این الگو باردار شوند. یعنی باروری همه زنان از m_p/Ro به m_p افت کند، در اینجا با روش دوم عمل شده است و نتایج آن برای شق اول کمتر از میزان واقعی است و باید در مورد کسی که با روش گذشته به باروری خود ادامه می دهد با این نتیجه برخورد دیگری بشود.

انتگرال دو گانه ای که در اینجا باید مورد بررسی قرار گیرد مربوط به رابطه (۹) است

که در آن به جای $G_{(0)}$ مقدار معادل آن از رابطه (۱۰) قرار داده شده است. مخارج انتگرال (۹) همان میانگین سن مادری در جمعیت همایند است که با (μ) نشان داده می‌شود. برای کلیه سنین و دستیابی به کل جمعیت باید در e_0° ضرب گردد. در این صورت نتیجه به دست آمده به صورت زیر در خواهد آمد:

$$Q_0 = \left(\frac{e_0^\circ}{\mu}\right) \int_0^\beta \int_{\alpha-t}^{\beta-t} P_x \left(\frac{1_{x+t}}{1_x}\right) \left(\frac{m_{x+t}}{R_0}\right) d_x d_t \quad (11)$$

که این رابطه نشان‌دهنده قدر مطلق تعداد جمعیت در جمعیت همایند با فرض کاهش بلافاصله باروری است.

معمولاً این قبیل محاسبات «تقریبی محدود» در جمعیت‌شناسی جنبه کاربردی دارد و می‌تواند برای هر مجموعه اطلاعات جمعیتی مورد استفاده قرار گیرد و نتایج عددی به دست دهد. خود روش ساده‌تر از یک پیش‌بینی جمعیتی کامل است. حال اگر فرض کنیم که در جامعه مورد مطالعه کاهش باروری و مرگ و میر آغاز نشده است می‌توان P_x را از رده جمعیت همایند فرض کرد که نرخ رشد بطنی آن r است. در این صورت داریم:

$$P_x = B e^{-rx} 1_x$$

که در آن B نشان‌دهندهٔ موالیید در سال پایه است. با جانشین کردن این مقدار در رابطه (۱۱) و حذف 1_x داریم:

$$Q_0 = \frac{B e_0^\circ}{\mu} \int_0^\beta \int_{\alpha-t}^{\beta-t} 1_{x+t} \left(\frac{m_{x+t}}{R_0}\right) d_x d_t \quad (12)$$

منحنی لوجیستیک به صورت:

$$P_{(t)} = \frac{P_0 e^{rt}}{1 + e^{-rt}} \quad \text{یا} \quad P_{(t)} = \frac{P_0}{1 + e^{-rt}}$$

نوشته می‌شود. اگر در رابطهٔ عمومی $\frac{dp}{dt} = f(p)$ ، فرض کنیم که $f(p)$ به صورت یک

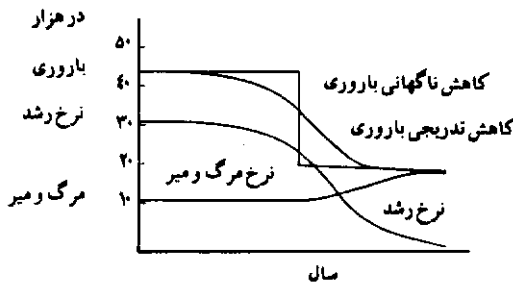
چند جمله‌ای است. در این صورت:

$$\frac{dp}{dt} = a_1 p + a_2 p^2 + a_3 p^3 + \dots + a_n p^n \quad (۱۳)$$

با این فرض که ثابت اولیه صفر گرفته شده است. در این رابطه اگر ساده‌ترین صورت انتخاب شود (یعنی عبارت اول دست راست) به یک تابع نمایی یا لگاریتمی خواهیم رسید و اگر دو جمله اول انتخاب گردد، داریم:

$$\frac{dp}{dt} = a_1 p + a_2 p^2 \quad (۱۴)$$

با این رابطه به قانون لوجیستیک مطرح شده توسط ورهولست پیرل^{۲۱} دست پیدا می‌کنیم. هر جمعیتی در رفتار طبیعی بعد از مدتی به کنترل خود می‌پردازد. در جمعیت انسانی نیز کاهش باروری نخست تدریجی سپس سریع و بالاخره کند می‌شود، در حالی که با فرض مطرح شده باروری به طور ناگهانی افت پیدا می‌کند. در حالت اول تغییرات باروری به منحنی لوجیستیک نزدیکتر است.



روابط دیگر

متن فوق بر مبنای تئوری کلاسیک جمعیت تهیه شده و متکی بر کارهای لوتکا و کیفیتز است. ولی کسان دیگری نیز در این زمینه تلاش کرده‌اند. وینسینت^{۲۲} (۱۹۴۳) بر مبنای نظریات کلاسیک و نوعی جمعیت که خودش آن را پتانسیل رشد نامیده^{۲۳} است محاسبات مشابهی انجام داد و توزیع سنی کشورهای مختلف را با آن مقایسه کرد.

ژان بورژوا پیچات^{۲۴} (۱۹۶۶) نظریه جمعیت ثابت را به طور اساسی توسعه داد و از لوتکا و وینسینت نیز جلوتر رفت و رابطه‌ای مانند رابطه زیر به دست آورد:

$$Q_0 = \left(\frac{e^{\circ}}{\mu}\right) \int_0^{\beta} \int_{\alpha-t}^{\beta-t} P_x \left(\frac{1}{l_x}\right) \left(\frac{m_{x+t}}{R_0}\right) d_x d_t \quad (15)$$

او با یک مثال نشان داد که چگونه می‌توان از رابطه فوق برای به دست آوردن جمعیت همایند متناظر بدون انجام پیش بینی استفاده کرد.
 نرمان ریدر^{۲۵} (۱۹۷۰) با کار تکنیکی خود و با افزودن این فرض که همه دختران درست در سن مادران خود بچه‌دار شوند به رابطه زیر رسیده است:

$$\frac{Q_0}{P} = \frac{be^{\circ}}{r\mu} \left(\frac{R_0 - 1}{R_0}\right) \quad (16)$$

او این سن خاص را (T) نامید و با استفاده از جمعیت همانند، تعداد زنان در سن T را با رابطه زیر محاسبه کرد:

$$Q_0 T = be^{-rT} I_T \quad (17)$$

این در واقع بخشی از جمعیت است که در مرحله شروع افت باروری برای رسیدن به جمعیت همایند آماده بارداری است. این گروه و گروه‌های بعدی جای خود را به جانشینی خواهند داد. یعنی در سن T هر زن دارای تعدادی دختر خواهد شد که معادل $1/I_T$ است.

در اینجا تنها مآخذ افزایش جمعیت، گسترده‌گی دامنه جرگه‌های^{۲۶} جوانتر از T است که طی دوره انتقال از تعداد مشابه آنها در جرگه‌های جمعیت همایند بیشتر هستند. این تعداد برای سن a به صورت e^{ra} نوشته می‌شود. تعداد متوسط e^{ra} در دوره T ساله بعد از شروع دوره انتقالی به صورت:

$$\int_0^T \frac{e^{ra} d_a}{T} \quad \text{یا} \quad \frac{e^{rT} - 1}{rT} \quad (18)$$

محاسبه می‌شود.

بدین ترتیب حجم جرگه^{۲۷} یا بُعد جرگه در جمعیت همایند در بدو تولد معادل است با سطح باروری همایندی برای هر زنی که تا این سن باقی مانده باشد. یعنی $(1/I_T)$ ضربدر میانگین تعداد زنان در سن زایمان یعنی:

$$\frac{be^{-rT} \ln(e^{rT} - 1)}{rT} \quad (19)$$

برای رسیدن از تعداد موالید به تعداد جمعیت در شرایط همایندی کافی است که این مقدار در e° ضرب شود. سه عامل فوق‌الذکر منجر به رابطه:

$$\left(\frac{be^{\circ}}{rT} \right) \left(\frac{e^{rT} - 1}{e^{rT}} \right) \quad (20)$$

چون در اینجا نیز از جمعیت زنان (در مرحله انتقالی)^{۲۸} به عنوان یک واحد استفاده شده است، یعنی فرض شده است که همه آنها در سن T سالگی قرار داشته باشند. رابطه اخیر نشان‌دهنده نسبت جمعیت همایند متناظر به جمعیت پایه است و با مختصری دقت ملاحظه می‌شود که این همان نتیجه قبلی است زیرا e^{rT} طبق تعریف همان R_0 است و T معادل μ در جمعیت همایند است. ریدر نشان می‌دهد که (ضمن سادگی) این فرض که تمام دختران در همان سن تولد مادرشان به دنیا آمده‌اند، لطمه‌ای به نتیجه وارد نکرده است.

1. Optimum pop
2. Alfered Sauvy
3. Staitionary pop.
4. Whelpton
5. Lesli
6. Net Reproduction Rate
7. Nathan Kifitz
8. Frejka
9. Stable Equivalent of Observed population
10. Stable population
11. Base pop
12. Lotka

۱۳ و ۱۴ (ر.ک. به ص ۸۶)

15. Component

۱۶. برای اطلاع بیشتر رجوع شود به کتاب لوتکا (Human Biology) صص ۱۴ تا ۴۹.
۱۷. کیفیته: توزیع سنی و جمعیت همانند معادل.

18. Intrinsic Rate of Growth
19. Sex Ratio
20. Intrinsic Rate of Growth
21. Verhulst Pearl
22. Vincent
23. Growth potential
24. Jean Bourgeois Pichat
25. Norman. B. Ryder
26. Cohorts
27. Cohort Size
28. Transition Period

مآخذ فارسی

- دکتر اکبر آقا جانیان و منصور صیفی، پژوهشی در زمینه باروری و مصرف مناطق روستایی استان فارس، ۱۳۶۶.
- دکتر حبیب الله زنجانی، نظری به وضع باروری زمان ایران، ۱۳۶۷.
- محمد علیزاده، گزارش جمعیتی تهیه شده برای چشم انداز، ۱۳۶۶.
- ارژنگ امیر خسروی، محاسبه امید زندگی زنان و مردان ایران، ۱۳۵۶.
- مرکز آمار ایران، طرح اندازه گیری رشد جمعیت، ۱۳۵۶.
- وزارت بهداشتی، گزارش مربوط به سطح باروری و مرگ و میر، ۱۳۶۴.
- وزارت برنامه و بودجه، پیش بینی مقدماتی جمعیت، ۱۳۵۹.