پیرامون رشد جمعیت

ارژنگ امیرخسروی

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

برای این نوع برخورد توجیهات مختلفی وجود دارد. حتی در سطح اداری این کشورها نیز که علی‌الاصول باید در این باره انتظار دیدگاه مشخصتری را داشت کمابیش وضع برهمین منوال است. مبانی این توجیهات را می‌توان در عوامل زیر دانست: جستجوی قدرت در کثرت، مقابله با بی‌قانونی، انتخاب نیروی انسانی به جای ماشین در استفاده از منابع طبیعی، توسعهٔ 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 قتل‌عام جمعی روبه‌رو 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) آتش‌سوزیهای عمده، نا آرامیهای 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 می‌تواند انتظارات و اهداف سیاسی، اقتصادی، اجتماعی، دفاعی، اخلاقی و... مردم را جوابگو باشد طبعاً نه تنها با دیدگاههای متفاوتی روبه‌رو می گردد بلکه در چنین وضعیتی باید اول مسائل یاد شده برطرف 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 نمی‌تواند 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 یادشده لازم است که مسئولین امر در مورد کمیت جمعیت کشور دیدگاه بلندمدت معینی داشته باشند. بحث جمعیت بهینه[1] از مباحث بالنسبه جدید جمعیت شناسی است ـ هرچند که خود جمعیت‌شناسی نیز به‌عنوان یک علم قدمت چندانی ندارد. البته این گفته بدان مفهوم نیست که در نوشته‌های متقدمین نمی‌توان در این زمینه اشاراتی پیدا کرد. شاید بتوان مبحث مدینه فاضله را در آثار افلاطون به نحوی با جمعیت بهینه مربوط دانست. در نوشته‌های دانشمندان اسلامی نیز اشاراتی در این زمینه وجود دارد. از جمله در نوشته‌های: ابوعلی مسکویه در الطهاره، فارابی در سیاست مدنیه، خواجه نصیر طوسی در اخلاق ناصری و کیکاوس زیاری در قابوس‌نامه 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[2] 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 کرده‌اند دستیابی به هدف ایجاد تعادل بین جمعیت و برخی از خصیصه‌های 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 توام 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 به‌ناچار برنامه‌های بلند مدت خود را به تبعیت از تغییرات جمعیتی و یا حتی بدون توجه به آن و صرفاً براساس 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، برآوردی 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 یک‌سوم کشور ماست 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 شتاب‌آلود 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 ازدیاد 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 یادشده تثبیت نخواهد شد بلکه احتمالاً در سطوح بالاتر نیز به حالت همایندی نخواهد رسید. برای مطالعهٔ امکان رسیدن به حالت همایندی راه‌حل 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 ویژهٔ 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 اِعمال فشار فوق‌العاده و اجباری چنین اتفاقی بلافاصله رخ دهد. برعکس اگر کاهش باروری تدریجی باشد، مثلاً طی سی و پنجاه سال اتفاق بیفتد، جمعیت همایند متناظر از یکصد و پنجاه و دویست و ده میلیون نفر بیشتر خواهد شد.

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

پرتال جامع علوم انسانی

مبانی محاسباتی

دانشمندان علم جمعیت‌شناسی برای انجام محاسبات پیش‌بینی جمعیت، روشهای متعددی ارائه داده‌اند. با روش کسانی مانند ولپتون[۴] (۱۹۳۶) و لسلی[۵] (۱۹۴۵) می‌توان جمعیت کشور را تحت شرایط متفاوت و برای هر چند سال پیش‌بینی یا برآورد کرد. لذا برای پاسخگویی به محاسبات فعلی به روشهای جدید پیش‌بینی نیازی نیست.

فرض کنیم که احتمال بقای یک دختر زنده به دنیا آمده برای رسیدن به سن a را بتوان با $_aL_0$ نشان داد. همچنین فرض کنیم که احتمال تولد یک نوزاد دختر را، برای فرد یادشده،

در فاصلهٔ سنی $a,a+d_a$ بتوان با رابطهٔ $m_a d_a$ نشان داد. اگر در این حالت نرخهای فوق ثابت و در فاصلهٔ سنی β,α مثبت فرض شوند، تعداد دختران فرد اول را می‌توان از رابطه زیر محاسبه کرد:

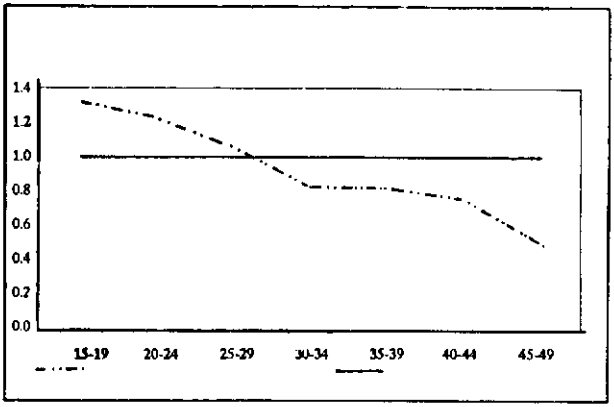
$$Ro=\int_{\alpha}^{\beta} l_a m_a d_a \qquad (1)$$

در اصطلاح جمعیت‌شناسی کمیت فوق به عنوان نرخ خالص جانشینی[۶] (N.R.R) شناخته شده است. این کمیت در واقع نشان‌دهندهٔ 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 ویژهٔ سن (m_a) به مقداری که برای همایندی لازم است افت کند، یعنی به جای m_a نرخ باروری جدید m_a/Ro جایگزین شود چه خواهد شد. به عبارت دیگر اگر با نرخهای ثابت مرگ و میر الگوی باروری به اندازه‌ای تغییر کند که نرخ خالص جانشینی (N.R.R = 1) مساوی یک شود، جمعیت چه وضعی خواهد داشت.

متخصصین امر می‌دانند 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 کرده‌اند توجه شود. بلافاصله معلوم می‌شود که مثلاً کاهش باروری برای همهٔ 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 بی‌مورد نیست که تفاوتهای الگوهای مختلف کاهش باروری در این مبحث 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 می‌شود. او یادآور شده است که پیش‌بینیهایش نشان می‌دهند که هرجا نرخ رشد فعلی جمعیت بالاتر است، گرایش نیرومندی در مورد افزایش بیشتر جمعیت ملاحظه می‌شود. به عنوان مثال در حالی که در جدول ۲ افزایش پیش‌بینی شده برای ایتالیا از یک‌پنجم جمعیت پایه کمتر است، جمعیت کشورهای اکوادور و کلمبیا حتی با

این کاهش غیر متعارف باروری، تا رسیدن به مرحلهٔ 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 مرحلهٔ همایندی و با فرضیات متفاوت محاسبه کرده است.



نمودار۱ مقایسهٔ افت هماهنگ با افت باروری شهری نسبت به روستایی کل کشور.

جدول۱ نرخهای باروری ویژهٔ سن بر حسب منطقه و تفاوت آن.

	باروری روستایی	باروری شهری	باروری شهری اگر کاهش همآهنگ می‌بود	تفاوت با کاهش هماهنگ	نسبت دو باروری
۱۵-۱۹	۱۴۹٫۵	۱۱۱٫۲	۸۴٫۳	-۲۶٫۹	۱٫۳۲
۲۰-۲۴	۳۶۱٫۹	۲۵۲٫۱	۲۰۴٫۱	-۴۸٫۰	۱٫۲۳
۲۵-۲۹	۳۶۷٫۷	۲۱۷٫۰	۲۰۷٫۴	-۹٫۶	۱٫۰۵
۳۰-۳۴	۳۱۱٫۳	۱۴۶٫۶	۱۷۵٫۶	۲۹٫۳	۰٫۸۳
۳۵-۳۹	۲۱۶٫۰	۹۹٫۹	۱۲۱٫۸	۲۱٫۹	۰٫۸۲
۴۰-۴۴	۱۰۵٫۹	۴۵٫۵	۵۹٫۷	۱۴٫۲	۰٫۷۶
۴۵-۴۹	۴۱٫۴	۱۱٫۶	۲۳٫۳	۱۱٫۷	۰٫۵۰

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

جدول۲ جمعیت فعلی و جمعیت همایند متناظر براساس فرض کاهش بلافاصلهٔ 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 مرحلهٔ 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.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جمعیت همانند معادل جمعیت مشاهده شده[۹]

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[۱۰] 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[۱۱] و توزیع سنی جمعیت پایه بستگی دارد.

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

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

برای شناخت جمعیت همانند باید به روابط ریاضی لوتکا[۱۲] (۱۹۳۹) بازگشت. وی در محاسبات خود فرض کرده است که: جمعیت موالید دختر در زمانِ 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:

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

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

$$B_{(t)} = e^{rt} \qquad (۳)$$

و به رابطه زیر دست یافته است:

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

ریشه‌های معادلهٔ بالا یک چند جمله‌ای از مقادیر r_1، r_2، r_3 و... را به شکل زیر تشکیل می‌دهند.[۱۳]

$$B_{(t)} = Q_1 e^{r_1 t} + Q_2 e^{r_2 t} + \ldots \qquad (۵)$$

در رابطهٔ بالا مقادیر Q_1، Q_2 و... باید طوری انتخاب شوند که موالید ناشی از کمیت $G_{(t)}$ رابطهٔ (۲)، همراه با سایر موالید به جمعیت اضافه شوند.[۱۴]

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

با روش تفصیلیتر و معمول عوامل متشکله[۱۵] نیز به همین نتیجه خواهیم رسید. دلیل این امر این است که جملهٔ اول رابطهٔ (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 دورهٔ پنجاه ساله، بی‌اهمیت و قابل صرفنظر کردن.[۱۶]

در هرحال چون جمعیت همانند معادلِ کل جمعیت مورد نیاز است و محاسبهٔ

---

۱۳. این نوع حل معادله که حل تقریبی است امروز با روش دیگری عمل می‌شود. در واقع برای هر معادلهٔ 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 ردهٔ انتگرال گیری به یک انتگرال دوبل شده و به نتیجهٔ زیر رسیده است:

$$Qi = \frac{\int_o^\beta e^{-r_i t} G_{(t)}\, dt}{\int_\alpha^\beta a e^{-r_i a} l_a m_a d_a} \qquad (۶)$$

که در آن $i = 1,2,3,\ldots$ است. برای اطلاع بیشتر رجوع کنید به کتاب لوتکا (Human Biology) صص ۱۴ تا ۴۹.

جمعیت همانندِ معادل موالید در زمان t بسنده نیست، مانند جمعیتِ همانندِ معادلِ موالید که در زمان t برابر با $Q_1 e^{r_1 t}$ است و با همان فرضهای ثبات شرایط باروری و مرگ و میر می‌توان جمعیت در سن $a+d_a$ و a را به صورت زیر محاسبه کرد:

$$B(t-a)\, l_a d_a = Q_1 e^{r_1(t-a)} l_a d_a = (Q_1 e^{-r_1 a} l_a)\, e^{r_1 t} d_a \qquad (۷)$$

بدین ترتیب جمعیتِ همانندِ معادلِ زنان در فاصلهٔ سنی a و $a+d_a$ مساوی $Q_1 e^{-ra} l_a d_a$ خواهد بود و برای به دست آوردن کل جمعیت باید از رابطهٔ فوق انتگرال گرفت. این مجموعه را با Qo نشان می‌دهند.

$$Qo = \int_o^{\omega} Q_1 e^{-r_1 a} l_a d_a \qquad (۸)$$

چون جمعیت همانندِ معادل ارزشی معادلِ میانگین در ارزشیابی جمعیت مشاهده شده دارد، اگر جمعیت زن مشاهده شده کمتر از تعداد مشابه در جمعیتِ همانندِ معادل باشد، به این معنی است که میزان باروری در جمعیت مشاهده شده بالاتر خواهد بود. این مسئله را کیفیتز اثبات کرده است.[۱۷]

جمعیتِ همانندِ معادل جمعیت همایند

چون جمعیتِ همانندِ معادل به معنی جمعیت پایه است که باید در آینده با نرخ رشد بطنی[۱۸] (I.R.G) به میزان r به حالت همایندی برسد، اگر به‌جای r صفر بگذاریم (r = o) جمعیتِ همانندِ معادل باید به همان جمعیت همایند تبدیل شود. بنابراین در رابطهٔ Q_1 لوتکا تغییرات مختصری داده شد و به جای r معادل آن صفر و به جای m_a مقادیر جدید آن، یعنی m_a/Ro قرار داده شد. بدین ترتیب جمعیتِ همایندِ معادلِ موالید با رابطهٔ Q_1 در رابطه (٦) همتراز می‌شود، مشروط براینکه r = o باشد و به جای m_a نرخ جدید m_a/Ro جانشین شود.

در جدول ٤ میزانهای باروری مرحلهٔ همایندی کشور براساس نرخهای باروری ویژهٔ سن از طرح اندازه‌گیری رشد جمعیت و برآورد نرخهای سال ۱۳٦۵ (براساس سرشماری) داده شده است.

برای به دست آوردن تعداد همهٔ زنان در «جمعیتِ همانندِ معادل» باید رابطهٔ Q_1

جدید را در $e_0^\circ = \int_0^\omega l_a d_a$ ضرب کرد که در آن (ω) بالاترین کرانهٔ سنی است.

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

$$Qo = \frac{e_0^\circ \int_0^\beta G_{(t)} dt}{\int_\alpha^\beta a l_a (m_a/Ro)\, d_a} \qquad (۹)$$

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

جدول ٤ نرخهای باروری ویژهٔ سن در سالهای ۱۳۵۵ و ۱۳۶۵ و نرخهای باروری مرحله همایندی متناظر آنها.

گروه سنی	A.S.F.R باروری ویژهٔ سن از طرح اندازه‌گیری رشد جمعیت	A.S.F.R باروری ویژهٔ سن برآورد سال ۱۳۶۵	نرخهای باروری مرحله همایندی از طرح اندازه‌گیری رشد جمعیت	نرخهای باروری مرحله همایندی از برآورد سال ۱۳۶۵
۱۵-۱۹	۱۳۱٫۵	۱۵۳٫۳	٤٦٫۹٦	٥٤٫۷٥
۲۰-۲٤	۳۰۹٫۵	۳٥۷٫۳	۱۱۰٫٥٤	۱۲۷٫٦۱
۲٥-۲۹	۳۰۰٫۳	۳۲۱٫٥	۱۰۷٫۳٥	۱۱٤٫۸۲
۳۰-۳٤	۲۳۹٫٥	۲٦٥٫۸	۸٥٫٥٤	۹٤٫۹۳
۳٥-۳۹	۱٦۳٫٥	۲۱٦٫٤	٥۸٫۳۹	۷۷٫۲۹
٤۰-٤٤	۷۹٫۰	۱٤۲٫۲	۲۸٫۲۱	٥۰٫۷۹
٤٥-٤۹	۲۷٫۷	٥۹٫۳	۹٫۸۹	۲۱٫۱۸

با فرض اینکه مجموعهٔ کسانی را که در سن $x + d_x$ و x در آغاز دوره قرار داشته‌اند با $P_x d_x$ نشان دهیم، مجموعهٔ این افراد تا رسیدن به زمان t به d_x با نسبت $\frac{P_x l_{x+t}}{l_x}$ بالغ می‌گردد و از اینجا مجموعهٔ 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:

$$G_{(t)} = \int_{\alpha-t}^{\beta-t} P_x \frac{l_{x+t}}{l_x} \left(\frac{m_{x+t}}{Ro}\right) d_x \qquad (۱۰)$$

است.

این روابط پس از یک سلسله محاسبه به شکل سادهٔ زیر درمی‌آید (ر.ک. به ضمائم ص ۹۵ و ۹۶).

$$\frac{Qo}{P} = \frac{be_o^{\circ}}{r\mu} \left(\frac{Ro-1}{Ro}\right) \quad \text{یا} \quad Qo = \frac{Be_o^{\circ}}{r\mu} \left(\frac{Ro-1}{Ro}\right)$$

در جدول ۵ نسبت جمعیت همایندِ متناظر با جمعیت زنان کل کشور (در سال ۱۳۷۰) نوشته شده است.

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

$(\frac{b}{r})(\frac{e_o^{\circ}}{\mu})(\frac{Ro-1}{Ro})$	$\frac{Ro-1}{Ro}$	Ro	μ	e_o°	۱۰۰۰r	۱۰۰۰b
۱٫۶۸	۰٫۶۳	۲٫۶۶	۲۸٫۰	۵۴٫۲	۳۰٫۳	۴۱٫۸
۱٫۶۳	۰٫۶۴	۲٫۷۷	۲۸٫۰	۶۰٫۷	۳۸٫۵	۴۵٫۳
۱٫۶۷	۰٫۶۵	۲٫۸۲	۲۸٫۰	۶۱٫۷	۳۸٫۵	۴۴٫۹
۱٫۷۸	۰٫۶۵	۲٫۸۸	۳۸٫۷	۶۳٫۸	۳۲٫۰	۴۲٫۰
۱٫۸۲	۰٫۶۷	۳٫۰۱	۳۰٫۰	۷۰٫۰	۳۶٫۳	۴۳٫۵
۱٫۷۴	۰٫۶۳	۲٫۷۳	۲۸٫۰	۶۱٫۷	۳۲٫۰	۴۰٫۱

جمعیت همایند متناظر با تأخیر در کاهش باروری

مسلم است که هیچکس انتظار نداردباروری 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 برنامهٔ کاهش باروری در جامعه t سال طول بکشد. در این صورت اگر توزیع اولیهٔ جمعیت (توزیع سنی) ثابت باشد، جمعیت هر گروه سنی P_x با رابطهٔ e^{rt} 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:

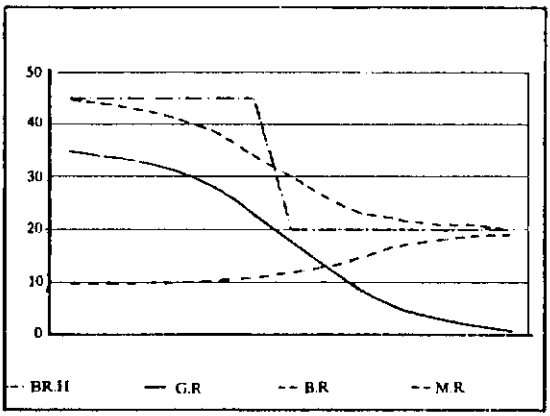
$$\frac{e^{rt}Qo}{P} = \frac{e^{rt}be^{\circ}}{r\mu}\left(\frac{Ro-1}{Ro}\right)$$

جدول۶ نتیجهٔ این محاسبه را برای دوره‌های ۱۵ و ۲۵ ساله ($t=25, t=15$) نشان می‌دهد. اما حتی بعد از یک دورهٔ t ساله و فراهم آوردن مقدمات امر نیز یک افت ناگهانی تا مرحله همایندی و ایجاد وقفه در رشد جمعیت واقع‌بینانه نیست. هر کشوری در بهترین شرایط می‌تواند امیدوار باشد که این امر تدریجاً اتفاق بیفتد- مثلاً در یک دورهٔ ۳۰ یا ۵۰ ساله.

افت باروری می‌تواند به خط مستقیم باشد. هرچند 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 ضمائم 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 به‌کارگیری روابط پیچیده‌تر ریاضی است. در واقع کاهش باروری آنچنان نامنظم خواهد بود که هیچ معادلهٔ ساده‌ای نمی‌تواند آن را بیان کند. در عین حال این روابط هر قدر هم پیچیده باشند محاسبهٔ 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 میانهٔ دوره رخ داده است. یعنی اگر یک دورهٔ ۳۰ ساله کاهش باروری منظور شده باشد باید سال پانزدهم را مبدأ افت ناگهانی باروری فرض کنیم. همین‌طور است در مورد یک دورهٔ 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 میانهٔ 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 براساس فرضهای بررسی.

با تأخیرهایی که در بالا منظور شده است به فرض اینکه جمعیت سال پایه جمعیت سال ۱۳۷۰ کشور باشد وطرح کاهش باروری تا مرحلهٔ رسیدن به نرخ خالص جانشینی «یک» طی ۳۰ یا ۵۰ سال به اجرا در آید، جمعیت زنان کشور با توجه به اطلاعات کارشناسان و صاحب‌نظران 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 براساس فروض سه‌گانه کاهش باروری تا سطح جانشینی و پارامترهای منتخب.

جمعیت همایند متناظر زنان با افت ۵۰ ساله Qo^{3}	جمعیت همایند متناظر زنان با افت ۳۰ ساله Qo^{2}	جمعیت همایند متناظر زنان با افت بلافاصله Qo^{1}	جمعیت زن در سال ۱۳۷۰ Po	e^{25r}	e^{15r}	r
۱۰۴٫۸	۷۷٫۴	۴۹٫۲	۲۹٫۲۵۸	۲٫۱۳۳	۱٫۵۷۵	۳٫۰۳
۱۲۲٫۳	۸۳٫۲	۴۶٫۷	۲۸٫۶۵۶	۲٫۶۱۸	۱٫۷۸۲	۳٫۸۵
۱۱۹٫۳	۸۱٫۲	۴۵٫۶	۲۸٫۶۵۶	۲٫۶۱۸	۱٫۷۸۲	۳٫۸۵
۱۱۳٫۸	۸۲٫۶	۵۱٫۰	۲۸٫۶۵۶	۲٫۲۳۰	۱٫۶۲۰	۳٫۲۰
۱۲۹٫۲	۸۹٫۹	۵۲٫۲	۲۸٫۶۵۶	۲٫۴۷۸	۱٫۷۲۴	۳٫۶۳
۱۱۱٫۲	۸۰٫۸	۴۹٫۹	۲۸٫۶۵۶	۲٫۲۳۰	۱٫۶۲۰	۳٫۲۰

مرد و زن

تمام مطالبی که تاکنون بیان شد متوجه جمعیت زنان جامعه بود هرچند 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 ویژهٔ سن، مربوط به مردان باشند و رشد جمعیت براساس 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 توسعهٔ 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[۱۹] در جمعیت پایه به دست آورد. همین‌طور 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:

$$S.R = \frac{S.\, e_o^{oM}}{e_o^{oF}}$$

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

$$Qo^M = \frac{P, be_o^{\circ}}{r\mu}\ (\frac{Ro-1}{Ro})$$

و یا

$$Qo^M = \frac{Qo^F.Se_o^{oM}}{e_o^{oF}}$$

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

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

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

$S\frac{e_o^{oM}}{e_o^{oF}}$	Qo^{M_1}	Qo^{M_2}	Qo^{M_3}	Qo^{1}	Qo^{2}	Qo^{3}
۱ر۰۵۵۷	۵۱ر۹	۸۱ر۷	۱۱۰ر۶	۱۰۱ر۱	۱۵۹ر۱	۲۱۵ر۴
۱ر۰۷۵۷	۵۰ر۲۰	۸۹ر۵	۱۳۱ر۶	۹۷ر۰	۱۷۲ر۷	۲۵۳ر۹
۱ر۰۵۳۵	۴۸ر۰۰	۸۵ر۵	۱۲۵ر۷	۹۳ر۶	۱۶۶ر۷	۲۴۵ر۰۰
۱ر۰۷۲	۵۴ر۷	۸۸ر۶	۱۲۲ر۰	۱۰۵ر۷	۱۷۱ر۲	۲۳۵ر۸
۱ر۱۱۱۱	۵۱ر۷	۸۹ر۲	۱۲۸ر۱۲	۱۰۳ر۹	۱۷۹ر۱	۲۵۷ر۳
۱ر۰۵۳۵	۵۲ر۵۲	۸۵ر۱	۱۱۷ر۱	۱۰۲ر۴	۱۶۵ر۹	۲۱۳ر۶

نتیجه گیری

با توجه به مطالب یاد شده مشخص می‌شود 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 می‌رسد)، جمعیت کشور تا بیش از پنجاه سال دیگر افزایش خواهد داشت و در محدودهٔ ۹۴ تا ۱۰۴ میلیون نفر تثبیت خواهد شد. ثانیاً اگر تصمیم گرفته شود که کاهش نرخ باروری تا حد جانشینی طی یک دورهٔ سی‌ساله 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 دورهٔ پنجاه ساله کاهش باروری تا مرحلهٔ 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 محدودهٔ مندرج در متن فراتر نرود. شرط دیگر این است که نتایج سرشماری از دقت کافی برخوردار باشد و مهاجرت به داخل کشور نیز قابل چشم‌پوشی فرض گردد.

تفاوت در نتایج مربوط است به تفاوت پارامترهای جمعیتی منظور شده اگرچه برخی از پارامترهای محاسبات را نمی‌توان با اطمینان پذیرفت، می‌توان 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 می‌دهد 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 برنامهٔ 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 مرحلهٔ همایندی نمی‌رسد و تثبیت نخواهد شد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

ضمایم

لوتکا در معادلهٔ $\int_0^\infty e^{-ra} P_a m_a d_a = 1$ 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 معادلهٔ $Ro = \int_0^\infty P_a m_a d_a$، اگر $Ro > 1$ باشد فقط یک ریشهٔ مثبت خواهد داشت و اگر $Ro < 1$ باشد فقط یک ریشهٔ منفی. این زمانی اتفاق می‌افتد که تعداد موالید از یک نسل به نسل بعدی افزایش یا کاهش پیدا کند (مربوط به ص ۸۶).

اگر در معادلهٔ بالا $r = u + iv$ باشد، خواهیم داشت:

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

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

انتگرال دوگانهٔ فوق را می‌توان به صورت زیر نوشت:

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

زیرا که m_x در فواصل خارج از دامنهٔ β, α صفر است و به دلیل استقلال کرانه‌های بالا و پایین انتگرال‌گیری می‌توان ترتیب انتگرال‌گیری 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_a تبدیل می‌شود و حدود انتگرال‌گیری بین مقادیر (o, ∞) و (x, ∞) می‌شود و خواهیم داشت:

$$\int_0^\infty \int_x^\infty e^{-ra} l_a m_a d_a d_x$$

انتگرال فوق را می‌توان به صورت تفاضل دو انتگرال زیر نوشت:

$$\int_0^\infty \int_x^\infty e^{-ra} l_a m_a d_a d_x - \int_0^\infty \int_0^x l_a m_a d_a d_x$$

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

انتگرال دوگانهٔ دوم را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$\int_{\circ}^{\infty} e^{-x} F_x \, dx$$

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

$$F_x = \int_{\circ}^{x} l_x m_x \, dx$$

و به وسیلهٔ انتگرال‌گیری جزء به جزء خواهیم داشت:

$$\int_{\circ}^{\infty} F_x \, d\left(\frac{e^{-x}}{-r}\right) = \frac{F_x e^{-x}}{-r}\Big|_{\circ}^{\infty} + \frac{1}{r}\int_{\circ}^{\infty} e^{-x} F'_x \, dx$$

که با استفاده از رابطهٔ (۴) نتیجهٔ محاسبه به صورت زیر درخواهد آمد:

$$= o + 1/r$$

بدین ترتیب تفاوت دو انتگرال دوگانه مساوی $(Ro - 1)/Ro$ خواهد بود. هرگاه این مقدار در معادله Qo قرار داده شود نتیجه نهایی به صورت زیر درخواهد آمد:

$$Qo = \frac{Be_{\circ}^{\circ}}{r\mu} \left(\frac{Ro - 1}{Ro}\right)$$

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

۱. زنانی که قبل از شروع دوره کاهش باروری در سن باروری قرار داشته‌اند باروری معمول خود را داشته باشند و کسانی که بعداً به این سن می‌رسند با الگوی همایندی باردار شوند.

۲. بلافاصله پس از شروع افت باروری همهٔ زنان با این الگو باردار شوند. یعنی باروری همهٔ زنان از m_x به m_x/Ro 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 می‌دهد با این نتیجه برخورد دیگری بشود.

انتگرال دوگانه‌ای که در اینجا باید مورد بررسی قرار گیرد مربوط به رابطهٔ (۹) است

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

$$Qo = \left(\frac{e_0^\circ}{\mu}\right) \int_0^\beta \int_{\alpha-t}^{\beta-t} P_x \left(\frac{l_{x+t}}{l_x}\right) \left(\frac{m_{x+t}}{Ro}\right) d_x d_t \qquad (11)$$

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

معمولاً این قبیل محاسبات «تقریبی محدود» در جمعیت‌شناسی جنبهٔ 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 جامعهٔ مورد مطالعه کاهش باروری و مرگ و میر آغاز نشده است می‌توان P_x را از ردهٔ جمعیت همایند فرض کرد که نرخ رشد بطنی آن r_{20} است. در این صورت داریم:

$$P_x = Be^{-\alpha} l_x$$

که در آن B نشان‌دهندهٔ موالید در سال پایه است. با جانشین کردن این مقدار در رابطهٔ (۱۱) و حذف l_x داریم:

$$Qo = \frac{Be_0^\circ}{\mu} \int_0^\beta \int_{\alpha-t}^{\beta-t} l_{x+t} \left(\frac{m_{x+t}}{Ro}\right) d_x d_t \qquad (12)$$

منحنی لوجیستیک به صورت:

$$P_{(t)} = \frac{Poe^{\alpha}}{1+e^{\alpha}} \quad \text{یا} \quad P_{(t)} = \frac{Po}{1+e^{-\alpha}}$$

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

چندجمله‌ای است. در این صورت:

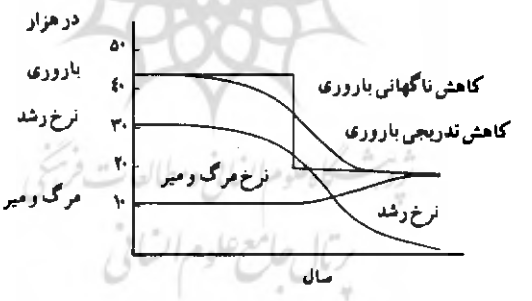
$$\frac{dp}{dt} = a_1 p + a_2 p^2 + a_3 p^3 + \dots a_n p^n \qquad (۱۳)$$

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:

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

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:

$$Qo = \left(\frac{e_o^{\circ}}{\mu}\right) \int_{o}^{\beta} \int_{\alpha-t}^{\beta-t} P_x \left(\frac{l_{x+t}}{l_x}\right) \left(\frac{m_{x+t}}{Ro}\right) d_x d_t \qquad (۱۵)$$

او با یک مثال نشان داد که چگونه می‌توان از رابطه فوق برای به دست آوردن جمعیت همایندِ متناظر بدون انجام پیش‌بینی استفاده کرد.

نرمان ریدر[۲۵] (۱۹۷۰) با کار تکنیکی خود و با افزودن این فرض که همهٔ دختران درست در سن مادران خود بچه‌دار شوند به رابطه زیر رسیده است:

$$\frac{Qo}{P} = \frac{be_o^{\circ}}{r\mu} \left(\frac{Ro-1}{Ro}\right) \qquad (۱۶)$$

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

$$QoT = be^{-rT} l_T \qquad (۱۷)$$

این در واقع بخشی از جمعیت است که در مرحلهٔ 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 $1/l_T$ است.

در اینجا تنها مأخذ افزایش جمعیت، گستردگی دامنهٔ جرگه‌های[۲۶] جوانتر از T است که طی دورهٔ 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 دورهٔ T ساله بعد از شروع دوره انتقالی به صورت:

$$\int_{o}^{T} \frac{e^{ra} d_a}{T} \quad \text{یا} \quad \frac{e^{rT}-1}{rT} \qquad (۱۸)$$

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 $(1/l_T)$ ضربدر میانگین تعداد زنان در سن زایمان یعنی:

$$\frac{be^{-rT}lt(e^{rT}-1)}{rT} \qquad (۱۹)$$

برای رسیدن از تعداد موالید به تعداد جمعیت در شرایط همایندی کافی است که این مقدار در $e_{\circ}^{\circ}$ ضرب شود.

سه عامل فوق‌الذکر منجر به رابطهٔ:

$$\left(\frac{be_{\circ}^{\circ}}{rT}\right)\left(\frac{e^{rT}-1}{e^{rT}}\right) \qquad (۲۰)$$

چون در اینجا نیز از جمعیت زنان (در مرحلهٔ انتقالی)[۲۸] به عنوان یک واحد استفاده شده است، یعنی فرض شده است که همهٔ آنها در سن T سالگی قرار داشته باشند.

رابطهٔ اخیر نشان‌دهندهٔ نسبت جمعیت همایند متناظر به جمعیت پایه است و با مختصری دقت ملاحظه می‌شود که این همان نتیجهٔ قبلی است زیرا e^{rT} طبق تعریف همان Ro 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.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پانوشتها

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. کیفیتز: 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 آقاجانیان و منصور صیفی، پژوهشی در زمینهٔ باروری و مصرف مناطق روستایی استان فارس، ۱۳۶۶.

دکتر حبیب‌الله 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 بهداری، گزارش مربوط به سطح باروری و مرگ و میر، ۱۳۶۴.

وزارت برنامه و بودجه، پیش بینی مقدماتی جمعیت، ۱۳۵۹.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی