

# مدلسازی ناطمینانی و درونزا کردن متغیر مرگ و میر نوزادان و باروری در قالب مدل رشد اقتصادی

صمد آهنگر<sup>۱</sup> سعیده رحیمی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۵/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۱/۱۹

## چکیده

هدف این پژوهش بررسی تأثیر ناطمینانی بر تعداد فرزندان زنده مانده است. مقاله درباره‌ی تأثیرات کاهش نرخ مرگ و میر بر باروری، آموزش و رشد اقتصادی بحث می‌کند. در مقاله کوشش شده است با وارد کردن ناطمینانی ناشی از مرگ و میر در چارچوب‌های تعادل جزئی و عمومی کاهش در باروری توضیح داده شود. در مدل معرفی شده که از ساختار مدل‌های نسل‌های تداخلی پیروی می‌کند، تضمینات والدین درباره‌ی باروری با توجه به ناطمینانی آنان درباره‌ی مرگ و میر فرزندان نشان داده شده است. شبیه‌سازی انجام شده، نشان می‌دهد که با وارد کردن ناطمینانی به مدل، رشد جمعیت تابعی کوهانی شکل از درامد سرانه می‌شود. با این استدلال زمانی که نرخ مرگ و میر کاهش می‌یابد، ناطمینانی نیز روند کاهشی پیدا می‌کند و در نتیجه، تقاضای احتیاطی برای داشتن فرزند نیز پایین می‌آید. افزون بر این، کاهش مرگ و میر آموزش فرزندان را افزایش می‌دهد.

استفاده از الگوی کوهانی شکل رشد جمعیت وجود وضعیت پایای پایدار مالتوسی که در آن باروری بالا و سرمایه‌گذاری روی سرمایه انسانی پایین و وضعیت پایای ناپایدار رشد که با باروری پایین و سرمایه‌گذاری بالا روی سرمایه انسانی همراه است را نشان می‌دهد. همین طور پرسش اینکه آیا مرگ و میر با آغاز تبادل بین کمیت و کیفیت، رشد را بالا می‌برد؟ بحث شده است که در نتیجه کاهش در مرگ و میر می‌تواند اقتصاد را از رژیم مالتوسی به دوره‌ی توسعه منتقل کند.

JEL:O47,O11,O40,I12,J11,J13

**واژه‌های کلیدی:** مدل‌های رشد اقتصادی، احتمال بقا، باروری، آموزش و رشد جمعیت

۱- محقق بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران. Email:s.ahangar@cbi.ir

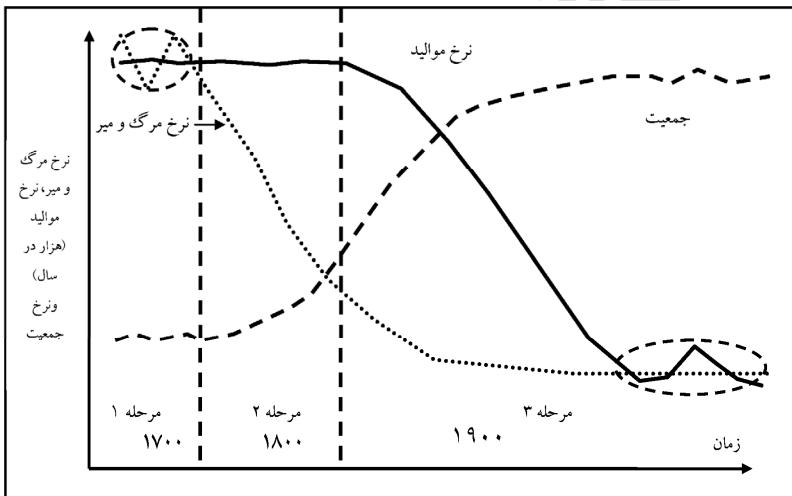
محاسبات ریاضی و پیوست ها در صورت علاقه‌مندی محققین و بنا به در خواست از طریق پست الکترونیکی قابل ارسال است.

۲- محقق بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران

## ۱- مقدمه

کاهش در نرخ‌های مرگ و میر و باروری و افزایش سرمایه‌گذاری در سرمایه‌ی انسانی، سه توسعه‌ی اساسی در قرن گذشته است. این رخدادها در کشورهای توسعه یافته و کشورهای در حال توسعه روی داده است. کاهش مرگ و میر عموماً پیش از کاهش باروری بوده و این نکته در آمارهای تاریخی و معاصر به خوبی نشان داده شده است (Livi and Bacci, 1997). کل این پدیده به تحولات جمعیتی مشهور است. این تحولات تأثیری مهم در روند رشد اقتصادی داشته است.

شکل (۱) روند تحولات جمعیتی در کشورهای اروپایی



Van de Kaa. (2001b)

در سال ۱۷۸۰، فرزندان تازه متولد شده فقط ۶۰٪ شانس زندگی تا ۲۰ سالگی را داشتند. در سال ۱۹۳۰ این رقم به ۹۰٪ افزایش یافت. مرگ و میر نوزادان و فرزندان بین سال‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۹۰، در کشورهای کمتر توسعه یافته کاهشی تقریباً ۶۰ درصدی داشت. در کشورهای توسعه یافته کاهش باروری در آخر قرن نوزدهم شروع و در جنگ جهانی دوم کامل شد. در این دوره نرخ باروری کل ( $TFR$ ) از ۵ فرزند به ۲/۵ فرزند کاهش یافت. در کشورهای در حال توسعه تحول جمعیتی حدود سال‌های ۱۹۵۰، شروع شد و در ۴۰ سال  $TFR$  از ۶ به ۳ رسید. متوسط سال‌های تحصیل از ۲/۳ بین سال‌های ۱۸۰۱ تا ۱۸۰۵، به ۹/۱ در

سال های ۱۸۹۷ تا ۱۹۰۶ رسید. حتی، تا ۱۴ سال برای دوره‌ی ۱۹۷۴ تا ۱۹۹۲، نیز افزایش یافت. در کشورهای کم‌تر توسعه‌یافته ثبت نام در کلاس‌های متوسطه از ۱۷/۱٪ در سال ۱۹۶۰ به ۴۶/۹٪ در سال ۱۹۹۰ رسیده است.

در تبیین آنچه به عنوان تحولات جمعیتی یاد می‌شود، روابطی مختلف بیان شده است. برخی از مدل‌های رشد اقتصادی در تلاش بوده‌تا به توضیحی پذیرفته در رابطه با جمعیت و رشد اقتصادی برسد. اما مدل‌های مرسوم حتی با متغیر باروری درونزا، اگر اجازه‌ی ورود متغیر مرگ و میر را به مدل بدهند، در چارچوب اطمینانی این کار را انجام می‌دهند. در این مدل‌ها با مرگ و میر بالا به عنوان کاهش بخشی از فرزندانی که باید تا بزرگسالی زنده می‌مانند، برخورد می‌شود. از این رو، این مدل‌ها از وجود ناظمینانی درباره‌ی تعداد فرزندان زنده مانده در فضای همراه با مرگ و میر بالا چشم پوشی می‌کنند، در این مقاله سعی می‌شود که رابطه‌ی بین کاهش باروری و کاهش مرگ و میر به صورت یک رابطه‌ی سببی<sup>۱</sup> تبیین شود. تلاش شده است با وارد کردن ناظمینانی ناشی از مرگ و میر در چارچوب های تعادل جزئی و عمومی کاهش در باروری را توضیح داده شود. در صورت توانمندی مدل در توضیح روابط، انتظار می‌رود رشد جمعیت در چارچوب تعادل جزیی با فرض بازدهی سعدی آموزش، تابعی کوهانی شکل از احتمالات بقا باشد. همچنین، با درونزا کردن مرگ و میر در چارچوب تعادل عمومی رشد جمعیت تابع کوهانی شکلی از درامدسرانه گردد.

در مدل ارائه شده، وجود الگوی کوهانی شکل رشد جمعیت به عنوان تابعی از درامد سرانه عاملی تعیین کننده در نتیجه‌گیری است. چرا که در سطوح پایین درآمد سرانه، رشد جمعیت همراه با بالا رفتن درامدسرانه افزایش می‌یابد و این منابع را کم و در نتیجه، وضعیت پایای پایدار مالتوسی را به وجود می‌آورد. در این وضعیت پایا، باروری بالا و سرمایه‌گذاری روی سرمایه انسانی پایین است. در سطوح بالای درامدسرانه، رشد جمعیت زمانی با افزایش درامدسرانه کاهش می‌یابد و این به وضعیت پایای ناپایدار رشد با باروری پایین و سرمایه‌گذاری بالا روی سرمایه انسانی منجر می‌شود. هدف اساسی این بوده است که آیا مرگ و میر به تنهایی می‌تواند رشد از طریق آغاز تبادل بین کمیت - کیفیت را بالا ببرد و در نتیجه، کاهش در مرگ و میر می‌تواند اقتصاد از رژیم مالتوسی به دوره‌ی توسعه را منتقل کند و آیا این فرضیه که افزایش در احتمال بقا در باروری را کاهش سرمایه‌گذاری در آموزش را افزایش می‌دهد، می‌تواند پذیرفته شود.

۱ – causal relationship

همچنین، این مقاله کوشیده تا با تغییر در مدل و وارد کردن ناطمنانی در آن و رسیدن دوباره به سازگاری ریاضی لازم و با استفاده از پوشش آمار به مراتب بیشتر، مدل تغییر یافته را دوباره شیوه‌سازی کرده و نتایج آن را مجدداً در قالب الگوی تعادل عمومی و جزئی ارائه نموده و نتایج حاصله را با مدل پایه بسنجد. تا تواند ادبیات و کاربرد مدل‌های پیچیده‌ی رشد و تکنیک‌های پیشرفته‌ی شیوه‌سازی را گسترش دهد.

در ادامه مروری بر ادبیات مرتبط با تقابل تحولات جمعیتی و مدل‌های رشد اقتصادی داریم، پس درباره‌ی اجزای مدل مطالعه به تفصیل بحث می‌شود و پس از آن شیوه‌سازی و کالیبراسیون مدل انجام می‌شود و در نهایت، نتایج بیان و میزان حساسیت آن‌ها تحلیل خواهد شد.

## ۲- مروری بر ادبیات تحقیق

ادبیات مربوط به رابطه‌ی جمعیت و رشد اقتصادی قدمتی به سابقه علم اقتصاد دارد. این مقاله، روند تکاملی الگوهای اصلی پیشنهاد شده از سوی اقتصاددانان را دنبال می‌کند. این تکامل به طور گستره‌ای با شیوه‌ی نگرش متغیرهای اصلی به عنوان متغیر درونزا به جای برونزرا در دوره‌ی رشد، منعکس می‌شود.

با گسترش مدل‌های رشد نشو کلاسیک از سوی سولو<sup>۱</sup> (۱۹۵۶)، نلسون<sup>۲</sup> (۱۹۵۶)، دنیسون<sup>۳</sup> (۱۹۶۲)، کوپمانز<sup>۴</sup> (۱۹۶۵) و کس<sup>۵</sup> (۱۹۶۵) که در آن روند رشد درونزا و رشد جمعیت به صورت برونزرا است و رشد جمعیت سطح درامدسرانه و نه نرخ رشد بلندمدت آن را متأثر می‌کند که این نرخ رشد تماماً توسط نرخ برونزای رشد تکنولوژیکی کنترل می‌شود، اولین شکاف مهم در تأثیر تئوری کلاسیک جمعیت و رشد که متأثر از مؤلفه کلیدی تئوری جمعیت مالتوس، یعنی وابستگی رشد جمعیت به شرایط اقتصادی، اتفاق افتاد. در این گونه مدل‌ها اندازه‌ی رشد جمعیت، فقط در تعیین سطح درامدسرانه و نه نرخ رشد وضعیت پایای آن تأثیر دارد.

در حقیقت، فرض می‌شود نرخ رشد وضعیت پایای فقط از رشد تکنولوژیکی برونزایی متأثر می‌شود. بنابراین، این مدل‌ها درباره‌ی امکان تأثیر وضعیت اقتصادی روی متغیرهای جمعیتی چیزی نمی‌گوید. مدل‌ها نمی‌تواند اختلاف در رشد جمعیت و یا مؤلفه‌های آن، یعنی نرخ باروری و نرخ مرگ و میر را در

1 - Solow

2 - Nelson

3 - Denison

4 - Koopmans

5 - Cass

بین اقتصادهای مختلف و یا در یک اقتصاد در طول زمان، به خصوص در طول مراحل مختلف توسعه‌ی اقتصادی، توضیح دهد.

در ادامه، روش نگرش به جمعیت از یک متغیر بروزرا به یک متغیر درونزا تغییر یافت. همچنین، رابطه‌ی بین متغیرهای اقتصادی و جمعیت که حاصل عوامل پیچیده‌ای، مانند نوع انگیزه‌های داشتن فرزند و هزینه‌ی کمیت در برابر کیفیت فرزندان (مقدار سرمایه‌گذاری والدین روی سرمایه‌ی انسانی و فرزند) است، نشان داده می‌شود. ادبیات در این مرحله به دو جریان مکمل تقسیم شد. اولی که با جمعیت به صورت کامل تری به عنوان متغیر درونزا برخورد می‌کند، اما، عموماً خود رشد را به طور ستی مانند مدل رشد نئوکلاسیک، متغیری بروزرا در نظر می‌گیرد. دومی که جریانی جدیدتر است، با هر دو متغیرهای رشد و جمعیت به صورت درونزا رفتار می‌کند.

در جریان اول دو مدل شاخص و پایه‌ای این گروه؛ یعنی مدل سولو - سوان و مدل بهینه سازی خانوار رمزی، رشد جمعیت اثر منفی روی متغیرهای سرانه دارد. در مدل سولو - سوان افزایش در نرخ رشد جمعیت تأثیری روی متغیرهای سرانه ندارد، چرا که این نرخ‌ها در وضعیت پایا صفر است. با این حال، افزایش در باروری به کاهش در سطح سرمایه‌ی سرانه و از این رو، کاهش در مصرف و ستاده سرانه منجر می‌گردد که این تأثیر، به رقيق کردن سرمایه معروف است. در مدل رمزی نیز افزایش در نرخ رشد جمعیت نرخ‌های رشد متغیرهای سرانه را تغییر نمی‌دهد، چرا که در وضعیت پایا صفر است. در مقایسه با مدل سولو و سوان، نرخ‌های پس انداز بروزای نئوکلاسیکی و افزایش در جمعیت بر سرمایه‌ی سرانه تأثیر نمی‌گذارد، بنابراین ستاده‌ی سرانه تا زمانی که نرخ ترجیح زمانی یکسان بماند، تغییر نمی‌کند. برخورد با جمعیت به عنوان متغیر درونزا نیازمند این بود که باروری و طول دوره‌ی زندگی<sup>۱</sup> به عنوان مؤلفه‌های درونزا در نظر گرفته شود.

مقاله‌ی ارزشمند بکر (۱۹۶۰) اولین تلاش جدی برای پر کردن این فضای خالی ادبیات بود که با فرمول بندی دوباره‌ی تئوری کلاسیک جمعیت با عبارت‌ها و واژه‌های اقتصادی همراه بود. این مقاله، فرزندان را به عنوان کالاهای مصرفی بادوام ضروری که از قوانین اساسی تقاضا پیروی می‌کنند، معرفی می‌کند. بکر، کمیت فرزندان را به عنوان مؤلفه‌ای از تابع مطلوبیت والدین معرفی کرد که با دیگر کالاهای موجود در این تابع مطلوبیت رقابت می‌کردند. البته، او تشخیص داد که والدین هم برای کمیت و هم برای کیفیت فرزندان

متقارضی هستند. کیفیت به عنوان مقداری از منابع که والدین روی آموزش و تغذیه‌ی هر کدام از فرزندان صرف می‌کنند، تعریف می‌گردد.

تصمیم درباره‌ی کمیت فرزندان متأثر از کنترل زاد و ولد والدین است. تقاضا برای باروری در این مدل تابعی از درآمدخانوار، هزینه‌های فرزندان و دانش والدین می‌باشد. در این مدل به بحث تقابل بین کیفیت و کمیت فرزندان اشاره شده است. یکی از دلایل معروفی باروری به عنوان متغیر درونزا این است که تصمیم‌گیری درباره‌ی این که چه مقدار باید پس انداز شود، با این تصمیم که چه تعداد فرزند در خانواده متولد شوند و چه مقدار هزینه صرف این فرزندان شود، مرتبط است. با این وجود، فرزندان می‌توانند ابزاری برای سرمایه‌گذاری تلقی شوند. برای مثال، منبع بالقوه‌ای برای تأمین اجتماعی دوران پیری والدین باشند. رابطه‌ی بین فرزندان و پس انداز، به خصوص اگر روند بلند مدت در نظر باشد، بسیار مهم می‌شود.

مدل‌هایی مانند مدل رات و سرنیوواسان<sup>۱</sup> (۱۹۹۱) مدل هیر<sup>۲</sup> (۱۹۹۵) دو خصوصیت مشترک دارند. نخست این که والدین به مطلوبیت آینده فرزندان‌شان اهمیت نمی‌دهند؛ از این رو، رفتار آن‌ها را به خودپسندی تغییر می‌شود. هر چند، ممکن است آن‌ها به تعداد و کیفیت فرزندان‌شان اهمیت دهند. دوم این که والدین همگی از چارچوب مدل‌های نسل‌های تداخلی<sup>۳</sup> استفاده می‌کنند.

نتیجه‌ی کلی این بخش این است که والدین خود پستند فرزندان را جزو مجموعه روش‌های سرمایه‌گذاری می‌بینند. در برابر، مدل‌هایی با ساختار والدین به اصطلاح خودپستند، مدل‌هایی با ویژگی باروری درونزا و والدین نوع دوست توسعه یافته. والدین نوع دوست نه تنها به مطلوبیت خود بلکه به مطلوبیت فرزندانش نیز اهمیت می‌دهند. یعنی این که والدین به طور غیرمستقیم به مطلوبیت نوادگان و فرزندان‌شان اهمیت می‌دهند.

با مقاله‌ی ارزشمند بکرو بارو (۱۹۸۸) که در آن تابع مطلوبیت والدین نوع دوست معروف شده بود، سر فصلی جدید در زمینه‌ی تحلیل رابطه‌ی مؤلفه‌های جمعیتی در قالب مدل‌های رشد به وجود آمد. مدل بکر و دیگران (۱۹۹۰) انباست سرمایه‌ی انسانی را معرفی می‌کند. مهم‌ترین فرض آن‌ها درباره‌ی نرخ بازدهی سرمایه‌گذاری در سرمایه‌ی انسانی است.

بکر و دیگران دریافتند که اگر درآمد پایین‌تر از سطح معینی باشد، افزایش در درآمد باروری را افزایش می‌دهد و بعد از آن کاهش در درآمد باروری را به سطح وضعیت پایا برمی‌گرداند. این تله‌ی فقر ممکن است

1 - Raut and Srinivasan

2 - Heer

3 - Overlapping Generations

بخشی از این توضیح باشد که چرا کشورهای کم‌تر توسعه یافته نمی‌توانند وضعیت باروری بالا را ترک کنند. اگر کشوری بتواند به سطح معینی از توسعه برسد، والدین شروع به سرمایه‌گذاری بر سرمایه‌ی انسانی می‌کنند و اقتصاد به سوی وضعیت پایای همراه با سرمایه‌ی انسانی بالا همگرا می‌شود. در این وضعیت پایای باروری و زمان صرف شده روی آموزش ثابت است، در حالی که مصرف و سرمایه‌ی انسانی بازخ ثابتی رشد می‌کند. اگر زمانی هزینه افزایش یابد یا والدین دارای نوع دوستی درون زمانی بیشتری نسبت به فرزندان‌شان داشته باشند، زمان سرمایه‌گذاری شده در آموزش افزایش می‌یابد و باروری کاهش می‌یابد و در نتیجه، نرخ رشد افزایش می‌یابد. اگر نوع دوستی بین زمانی افزایش یابد، باروری را افزایش می‌دهد؛ اما، بر نرخ رشد تأثیر نمی‌گذارد.

بکر، مورفی و تامورا<sup>۱</sup> (۱۹۹۰) اولین کسانی بودند که کوشیدند مدل کاملی از رشد اقتصادی و جمعیت درونزا که می‌تواند برخی از جنبه‌های تحولات جمعیتی را نیز توضیح دهد، را مطرح کنند. مدل نشان می‌دهد که اگر سطح اولیه‌ی سرمایه‌ی انسانی بالاتر از سطح آستانه‌ی همراه با سطح تعادلی ناپایدار توسعه باشد، سرمایه‌گذاری در سرمایه‌ی انسانی بسیار ارزشمند خواهد بود و اقتصاد به رشد ادامه خواهد داد. اگر سطح سرمایه‌ی انسانی اولیه کم‌تر از سطح آستانه باشد، اقتصاد به سوی تله‌ی مالتوسی همراه با نرخ باروری بالا و سرمایه‌گذاری صفر روی سرمایه‌ی انسانی فرزندان و رشد صفر همگرا می‌شود. بنابراین، نرخ باروری بالا همراه با سطح پایین سرمایه‌ی انسانی خواهد بود و از این رو، رشد صفر می‌شود.

مدل‌های دیگری؛ مانند مدل آموزش انجام کار<sup>۲</sup> و سرربز دانش<sup>۳</sup>، مدل کرمر (۱۹۹۳)، مدل جونز (۱۹۹۸) و مدل یانگ (۱۹۹۸) نیز مدل‌هایی با تأکید بر اثر مقیاس و اثر مشت جمعیت در تلاش بودند تا قسمتی از تحولات جمعیتی را تبیین کنند. یکی از مدل‌هایی که تأثیری بسیار مهم بر ادبیات اخیر دارد، مدل گیلور-ویل (۲۰۰۴) است. این مدل با وجود پیچیدگی‌های مفهومی و ریاضی می‌کوشد تا مدل رشد یکپارچه‌ای را که تکامل تاریخی جمعیت، تکنولوژی و ستاده را تبیین می‌کند، مطرح سازد. این تغییرات درونزا بین سه رژیم (رژیم مالتوسی، رژیم بعد از مالتوسی و عصر رشد اقتصادی پایدار) که ماهیت توسعه‌ی اقتصادی را شکل داده‌اند، روی داده است.

در مدل *GW* تکنولوژی درونزا است و به اندازه‌ی جمعیت و سطوح آموزش بستگی دارد و

3 - Becker, Murphy and Tamura

1 - Learning by doing

2 - Knowledge Spill over effect

همین طور، در این مدل تصمیمات باروری دروز است که به انتخاب کمیت - کیفیت بستگی دارد. همچنین، در مدل‌های سرمایه‌ی انسانی نیز تأثیر دارد که به ازای آموزش افزایشی است؛ ولی، با روند پیشرفت تکنولوژی این روند کاهشی می‌شود و در نهایت، زمین وارد تابع تولید می‌شود و با توجه به ثابت بودن مقدار عرضه، اندازه‌ی جمعیت اثر منفی روی درآمد به ازای هر کارگر دارد.

مدل ارلیش و کیم<sup>۱</sup> (۲۰۰۶) از وجود قراردادهای ضمنی بین والدین و فرزندان استفاده کرده است. والدین جوان علاقه‌مند به تأمین مادی دوران پیری خود به وسیله‌ی فرزندان شان هستند و همین طور، منافع روانی ناشی از تقابل با آن را در کمی کنند.

در این مقاله از مدل نسل‌های تداخلی که دارای سه دوره می‌باشد، استفاده شده است. این مدل نیز در تلاش بوده تا راه حل روشی برای مسیر انتقالی اقتصاد از رکود به رشد تعادلی را نشان دهد. در ابتدا فرض شده است که اقتصاد در تعادل رکودی با رشد صفر در درامدسرانه قرار دارد. افزایش بروز زاده طول عمر دوران جوانی یا دوران پیری (به خصوص کاهش در مرگ و میر فرزندان مانند آن چه در بیشتر کشورهای اروپایی در آخر قرن هیجدهم روی داد) یا پیشرفت در تکنولوژی آموزشی که بهره‌وری سرمایه‌گذاری در فرزندان را افزایش می‌دهد، نرخ‌های بازدهی سرمایه‌گذاری والدین روی کمیت و کیفیت فرزندان را بالا خواهد برد. در نتیجه، نرخ باروری و سطح درآمد ممکن است افزایش یابد و اگر بهبودی در طول عمر که به اندازه‌ی کافی بزرگ باشد، روی دهد، باعث خواهد شد که خروج اقتصاد به سوی ناحیه‌ی رشد دائمی نشانه‌گیری شود.

#### ۴- مدل تحقیق

یک توضیح برای تحولات جمعیتی می‌تواند کاهش در مرگ و میر نوزادان و فرزندان باشد. اگر خانوارها متأثر از تعداد فرزندان زنده مانده بوده و اگر آن‌ها تعداد مشخصی از فرزندان زنده مانده را در نظر داشته باشند، کاهش در مرگ و میر ممکن است باروری را کاهش دهد. اگر برای والدین تابع مطلوبیت نهایی فرزندان زنده مانده به ازای تعداد آن‌ها محاسبه باشد، تقاضای احتیاطی برای فرزندان وجود خواهد داشت. در مدلی که درباره‌ی آن بحث خواهد شد، افراد نسبت به ناظمینانی خود آگاه هستند. از این‌رو، زمانی که نرخ مرگ و میر کاهش یافته و در نتیجه، ناظمینانی کاهش می‌یابد، این تقاضای احتیاطی نیز کاهش یافته و

تبادل کمیت - کیفیت<sup>۱</sup> را سبب می شود.

از آنجایی که والدین تعداد تولد ها را قبل از این که بدانند چه تعداد از این فرزندان زنده می مانند، انتخاب می کنند، در فضای با مرگ و میر بالا، باعث خواهد شد که والدین تعداد متولدین را بیشتر از مقداری که آنها در ابتدا علاقه مند به داشتن آن بودند، افزایش دهنند. همین که نرخ مرگ و میر و متعاقب آن ناطمینانی کاهش یابد، این تقاضای احتیاطی و همچنین نرخ باروری خالص<sup>۲</sup> کاهش می یابد. همچنین، کاهش مرگ و میر، طول زندگی انتظاری فرزندان را افزایش می دهد، که این مسأله انگیزش برای سرمایه گذاری بیشتر روی سرمایه انسانی را در پی دارد. با کاهش باروری نیز منابعی که می تواند به سرمایه گذاری اضافی بیشتر روی آموزش منجر شود، آزاد می شود. از این رو، والدین حرکت بین مبادله ای کمیت و کیفیت را بسیار بهینه خواهند یافت. این که فرزند کمتری داشته باشند و منابع بیشتری را روی آنها سرمایه گذاری کنند.

بنابراین، نتیجه اساسی و کلیدی درباره تبدل کمیت - کیفیت فقط زمانی به طور واقعی قابل فهم خواهد بود که ناطمینانی در مسأله بهینه سازی افراد مشارکت داشته باشد.

ناطمینانی درباره زنده ماندن فرزندان افزایش در تقاضای احتیاطی را به دنبال دارد. از این رو، کاهش بروزرا در مرگ و میر باروری و به تدریج رشد جمعیت را کاهش می دهد. این مطالب نشانگر این نکته است که توضیح تحولات باروری با رابطه ای نسبی از کاهش مرگ و میر به کاهش باروری برای توضیح کاهش باروری با نگرش مبادله کیفیت - کیت در تضاد نیست. افزایش احتمال بقا و مبادله کمیت - کیفیت توضیحات مکملی هستند که سعی در توضیح کامل روند کاهش باروری دارند.

البته ممکن است واکنش نرخ باروری در دو استراتژی متفاوت باشد. اولین استراتژی، استراتژی جایگزینی است که در آن باروری نسبت به مرگ و میر های روی داده واکنش نشان می دهد. والدین، فرزندان فوت شده را جایگزین می کنند. دومین استراتژی، استراتژی احتکاری است که در آن باروری نسبت به مرگ و میر انتظاری واکنش نشان می دهد و والدین بیشتر از تعداد بهینه فرزندان زنده مانده، فرزند به دنیا می آورند.

رفتار جایگزینی به تنها بای برای ایجاد رابطه مثبت بین مرگ و میر فرزندان و باروری کل کافی است؛

1 - Quality-Quantity trade off

2 - Net Fertility Rate

برای مثال، والدینی را در نظر بگیرید که تعداد معینی از فرزندان زنده مانده را به عنوان هدف در نظر گرفته‌اند. اگر باروری، یک متغیر متوالی در نظر گرفته شود، والدین می‌توانند این هدف را با داشتن تعداد کافی از تولدها دقیقاً به اجرا بگذارند و زمانی هم که فرزندی از دنیا رفت، فرزند دیگری را اضافه کنند؛ بنابراین، تعداد فرزندان زنده مانده همیشه مساوی با تعداد فرزندان هدف قرار داده شده می‌باشد و از این رو، این تعداد فرزند مستقل از نرخ‌های مرگ و میر است.

از این‌رو، نرخ باروری کل، به‌طور مثبتی با مرگ و میر در ارتباط است؛ یعنی این‌که اگر مرگ و میر بیشتری رخ دهد، تولدهای بیشتری جایگزین آن می‌شود. اگر مرگ و میر نوزادان کاهش یابد، تعداد فرزندان کم‌تری نیازمند جایگزینی هستند و از این‌رو، نرخ باروری کل نیز به خوبی کاهش می‌یابد. برای این‌که کاهش مرگ و میر اثر منفی روی باروری خالص داشته باشد، باید انگیزش احتکاری وجود داشته باشد. به این معنی که فقط به جای جایگزینی فرزندانی که مرده‌اند، والدین سطح باروری به عنوان مکانیسم اطمینانی در مقابل مرگ و میر احتمالی تعدادی از فرزندان در آینده را افزایش دهند. فقط در صورتی که انگیزه احتکاری به اندازه‌ی کافی قوی باشد، کاهش در مرگ و میر فرزندان می‌تواند به معنی کاهش در باروری گل به‌شمار آید.

شاید بتوان اثبات کرد که اگر جایگزینی فرزندان فوت شده ناممکن باشد والدین به‌شدت نسبت به داشتن تعداد کمی از فرزندان زنده مانده ریسک‌گریز باشند، انگیزه، احتکاری با توجه ریسک‌گریز بودن نسبت به مصرف و امکان انتخاب باروری به‌صورت متوالی خنثی می‌شود. می‌توان نشان داد که با داشتن انتخاب متوالی، حتی اگر والدین با درجه‌ی بالایی ریسک‌گریز باشند، رفتار احتکاری باروری را افزایش نخواهد داد. اگر والدین از استراتژی جایگزینی پیروی کنند، می‌توانند بدون هیچ اشتباہی تعداد فرزندان بقا یافته‌ای که هدف قرار داده‌اند را به وجود آورند و تغییر در مرگ و میر هیچ تأثیری روی نرخ خالص تولید مثل<sup>۱</sup>  $NRR$  نخواهد داشت.

در مطالعات، تأثیر استراتژی جایگزینی همیشه کم‌تر از  $0.5$  برابر زده شده است که فقط اثر جایگزینی یک به معنی عملکرد کامل استراتژی جایگزینی است. برای توضیح مکانیسم احتکاری می‌توان از مدل باروری هدف قرار داده شده نیز استفاده کرد. یعنی این‌که به منظور داشتن  $N$  فرزند بقا یافته باید  $\frac{N}{q}$  فرزند به‌دنیا آورده شود که  $q$  نرخ بقا است. از این‌رو، افزایش در  $q$  همیشه تعداد موالید را کاهش

۱ - Net Rate of Reproduction

می دهد که ممکن است تعداد فرزندان زنده مانده تا زمانی که کاهش در تولدها دقیقاً جرمان شده باشد، تغییر نیابد. البته، این مدل از این واقعیت که فرزندان کالاهای اقتصادی هستند و دارای هزینه می باشند، چشم پوشی می کند.

مدلی که در این مقاله معرفی می شود مدل تغییر یافته اویجان است<sup>1</sup> که بر پایه تأثیرات کاهش مرگ و میر بر باروری و تصمیمات آموزشی والدین برای فرزندان ساخته شده است. همچنین، با وارد کردن ناظمینانی درباره فرزندان زنده مانده که ناشی از مرگ و میر نوزادان است، در چارچوب تعادل جزیی و تعادل عمومی شبیه سازی شده است. این تأثیر ناظمینانی همراه با مرگ و میر دورنزا به دو وضعیت پایای بالقوه که یکی مالتوسی و دیگری با رشد ثابت است، منجر می شود.

مدل مورد نظر دارای ساختار مدل های نسل های تداخلی است که فعالیت اقتصادی در افق زمانی گستته و بی نهایت صورت می گیرد. فرض می شود در هر دوره، اقتصاد یک کالای همگن را با استفاده از دو نهاده تولید می کند. اولین نهاده زمین و دومین نهاده سرمایه انسانی است. عرضه زمین برونز و ثابت است. مقدار سرمایه انسانی نیز به وسیله آموزش و باروری افراد تعیین می شود.

#### ۴- بخش تولید

تولید با توجه به نرخ بازدهی ثابت نسبت به مقیاس و با استفاده از تکنولوژی نئوکلاسیک تعیین می شود. از این رو،  $Y_t$  ستاده در طول زمان را نشان می دهد.

$$Y_t = AH_t^\alpha X^{1-\alpha}, \quad 0 < \alpha < 1 \quad (1)$$

$H_t$  مقدار کل سرمایه انسانی در زمان  $t$  و  $X$  مقدار ثابت زمین است.  $A$  پارامتر ثابت کارایی است. ستاده به ازای هر کارگر در زمان  $t$ ،  $Y_t$  عبارت است از:

$$y_t = Ah_t^\alpha x_t^{1-\alpha} \equiv y(h_t, x_t) \quad (2)$$

که  $h_t = H_t / L_t$  سرمایه انسانی به ازای هر کارگر و  $x_t = X / L_t$  منابع به ازای هر کارگر در زمان  $t$  است.

قسمت تولید از مدل گیلور ویل (۲۰۰۰) پیروی می کند و از این رو، دارای دو فرض ساده کننده وارد نشدن سرمایه به عنوان نهاده در تابع تولید و بازدهی صفر زمین است. از این رو، سرمایه انسانی به ازای هر

1 - Kalemli-Ozcan, Sebnem.

کارگر در زمان  $t$  مساوی تولید متوسط است :

$$W_t = A\alpha \left(\frac{x_t}{h_t}\right)^{l-\alpha} \quad (3)$$

افراد یک نسل دارای ترجیحاتی مشابه هستند. افراد نسل  $t$  برای دو دوره زندگی می‌کنند. در دوره‌ی اول زندگی؛ یعنی  $(t-1)$  افراد کسری از زمان والدین‌شان را مصرف می‌کنند. در ابتدای دوره‌ی دوم زندگی؛ یعنی  $(t)$  افراد در یک زمان درباره‌ی باروری و میزان آموزش فرزندان‌شان تصمیم می‌گیرند.

ترجیحات فرد نوع دوست نسل  $t$ ، به مصرف در دوره‌ی دوم  $C_t$  و درامد آینده‌ی فرزندان زنده مانده  $N_t W_{t+1} h_{t+1}$  بستگی دارد که در آن  $N_t$  تعداد بازماندگان،  $W_{t+1}$  دستمزد آینده است و  $E$  نشان دهنده‌ی انتظارات در زمان  $t$  می‌باشد.تابع مطلوبیت برای فرد نسل  $t$  می‌تواند چنین نوشته شود :

$$V_t = \gamma \ln[C_t] + (1-\gamma) E_t \{ \ln[N_t W_{t+1} h_{t+1}] \} \quad (4)$$

که تولید سرمایه‌ی انسانی با  $h_t = e_t^\beta$  نشان داده شده است.

که در آن  $e_t$  سطح آموزش فرزند و  $h_t$  سطح سرمایه‌ی انسانی والدین و  $\beta < 0$  است. خانوارها تعداد فرزندان  $n_t$  و مقدار بهینه‌ی آموزش را برای هر فرزند در حالی انتخاب می‌کنند که درباره‌ی بقا فرزندان اطمینانی وجود ندارد که این انتخاب با توجه به محدودیت کل زمان خواهد بود و مساوی یک است.

با فرض هزینه‌ی ثابت صرف زمان برای هر فرزند  $(0,1) \in \mathbb{R}$ ، زمان باقی‌مانده بعد از بزرگ کردن فرزند  $-vn_t - l$  خواهد بود. این زمان بین کار که به منظور گرفتن درامد دستمزد و سرمایه‌گذاری روی آموزش فرزندان است، تقسیم خواهد شد. از این رو، محدودیت بودجه چنین خواهد شد :

$$W_t h_t (1 - (v + e_t)n_t) = C_t \quad (5)$$

باید توجه داشت که :

$$dn/dq = \delta n / \delta q$$

نااطمینانی ناشی از واریانس است. اما، مرگ و میر بالا لزوماً به معنی واریانس بالا نیست. بنابراین، مشق دوم لازم نیست که حتماً به ازای تمام مقادیر احتمالات بقا  $q$  منفی باشد. به ازای مقادیر داده شده ای از فرزندان، تعداد افراد بقا یافته‌ی انتظاری (میانگین توزیع دو جمله‌ای) همیشه با افزایش در احتمال بقا بالا می‌رود؛ اما، واریانس دو جمله‌ای با توجه به مقادیر احتمال بقا بالا یا پایین می‌رود.

اگر احتمال بقا بزرگ‌تر از  $\frac{1}{2}$  باشد، واریانس با افزایش احتمال بقا کاهش می‌یابد. اما، با توجه به

روش تقریب دلتا مشتق دوم برای همهٔ مقادیر  $q$  منفی است که این با داده‌های واقعی سازگار است<sup>۱</sup>. در عمل نرخ‌های مرگ و میر بزرگ‌تر از  $50\%$  دیده نمی‌شود و بنابراین، احتمالات بقای مشاهده شده در آمارهای واقعی همیشه بزرگ‌تر از  $\frac{1}{2}$  است و این یعنی با افزایش احتمالات بقا همیشه واریانس در آمار کم‌تر خواهد شد.

#### ۴-۲- بهینه سازی بدون وجود ناطمنیانی

برای نشان دادن اهمیت ناطمنیانی، ابتدا می‌توان مدل پایه‌ای را بدون وجود ناطمنیانی یا به عبارت بهتر با اطمینان در نظر گرفت. در این حالت، از ماهیت تصادفی تعداد فرزندان زنده مانده به طور کامل چشم‌پوشی شود. از این رو، تعداد بازماندگان با تعداد بقا یافتنگان انتظاری؛ یعنی  $N_t = E_t(N_t) = n_t q$  نشان داده می‌شود که در آن  $(0,1) \in q$  احتمال بقای هر فرزند است.

با جای‌گذاری قید بودجه درتابع مطلوبیت، مسئلهٔ بهینه سازی فردی از نسل  $t$  برابر است با:

$$\begin{aligned} \{n_t, e_t\} &= \arg \max \left\{ \gamma \ln [w_t h_t (1 - (V + e_t) n_t)] + (1 - \gamma) \ln [n_t q w_{t+1} h_{t+1}] \right\} \\ s.t : (n_t, e_t) &\geq 0 \end{aligned} \quad (6)$$

بهینه سازی نسبت به  $n_t$  بیانگر این است که کل زمان صرف شده روی فرزندان سهم ثابتی از کل زمان است.  $\gamma - 1$  و قسمت باقی‌مانده  $\gamma$  به مشارکت در نیروی کار اختصاص داده می‌شود.

$$n_t = \frac{1 - \gamma}{V + e_t} \quad (7)$$

همین‌طور، بهینه سازی نسبت به  $e_t$  نشان می‌دهد که زمان صرف شده به منظور آموزش فرزندان به

طور منفی با تعداد فرزندان و به طور مثبتی بازدهی سرمایه‌گذاری روی سرمایه انسانی در ارتباط است.

$$e_t = \frac{\beta(1 - \gamma)}{(\beta(1 - \gamma) + \gamma)} \frac{(1 - Vn_t)}{n_t} \quad (8)$$

با در نظر گرفتن دو شرط مرتبه‌ی اول:

$$n_t = \frac{(1 - \gamma)(1 - \beta)}{V} \quad (9)$$

$$e_t = \frac{\beta V}{(1 - \beta)} \quad (10)$$

بنابراین، در وضعیت اطمینان، افزایش بروزرا در احتمال بقا هیچ تأثیری روی باروری و سرمایه‌گذاری

<sup>۱</sup>- این روش در پیوست توضیح داده شده است که در صورت نیاز قابل ارسال است.

روی سرمایه‌ی انسانی ندارد که به طور مستقیم نیز از معادلات (۹) و (۱۰) قابل برداشت است. همچنین، با استفاده از این واقعیت که مطلوبیت لگاریتمی بیانگر کشش واحد تقاضا برای فرزندان نسبت به هزینه‌ی آنان می‌باشد، قابل توجیه است. با افزایش احتمال بقا، قیمت تولد های بقا یافته؛ یعنی  $\frac{V}{q}$  کاهش می‌باید و در نتیجه، با توجه به این که فرزندان کالاهای نرم‌الای هستند، افزایش کمیت آن‌ها را به نسبت قابل قبول می‌کند. این تغییر قیمت اثر درآمدی و جانشینی نیز دارد.

اثر درآمدی بیانگر این مطلب است که مصرف و تعداد فرزندان بقا یافته انتظاری افزایش خواهد یافت که حاکی از افزایش تعداد فرزندان است. اثر جانشینی در خلاف جهت حرکت می‌کند؛ به این معنی که مصرف کاهش خواهد یافت و تعداد فرزندان بقا یافته انتظاری افزایش می‌باید. با داشتن مطلوبیت لگاریتمی این دو اثر جانشینی و درآمدی هم‌دیگر را در تعادل نگه خواهند داشت؛ و بنابراین، مصرف با افزایش  $q$  متأثر نخواهد شد. بنابراین، قید بودجه همان معادله؛ یعنی  $C_t = C_t(I - (V + e_t))n_t = w_t h_t(I - (V + e_t))n_t$  خواهد بود.

با توجه به این واقعیت که مقدار بهینه‌ی آموزش به ازای  $q$  تغییر نخواهد یافت، مقدار بهینه‌ی فرزندان نیز تغییر نخواهد یافت. دلیل این که چرا مقدار بهینه‌ی آموزش به ازای  $q$  تغییر نمی‌باید (در شرایط بدون ناطمینانی)، این است که با توجه به کاهش هزینه‌ی بقا یافتكان والدین می‌خواهند تعداد فرزندان بقا یافته‌ی انتظاری را با تولید فرزند بیشتر افزایش دهند. اما، قیمت نسبی فرزند زنده مانده‌ای که آموزش دیده است، تغییر نمی‌کند.

با افزایش مرگ و میر، مثل پنجاه درصد به منظور داشتن یک فرزند آموزش دیده، والدین باید دو فرزند با مقدار یکسانی از آموزش داشته باشند. اما، اگر مرگ و میر وجود نداشت، والدین می‌توانند یک فرزند داشته باشند و به او آموزش دهند و بدین ترتیب، یک فرزند بقا یافته آموزش دیده داشته باشند. از این رو، هیچ تغییری در نقطه‌ی بهینه‌ی آموزش با افزایش در  $q$  وجود نخواهد داشت. و زمانی که ناطمینانی وارد مدل شود، تأثیر اضافی دیگری به نام تأثیر ریسک وجود خواهد داشت که در بخش بعدی گفته خواهد شد. اثر افزایش احتمال بقا روی نرخ رشد جمعیت در وضعیت اطمینان می‌توان چنین ادامه داد:

$$\frac{L_{t+1}}{L_t} - I = E_t(N_t) - I = n_t q - I \quad (11)$$

که  $L_t$  اندازه‌ی جمعیت در زمان  $t$  است.

در وضعیت اطمینان تأثیر افزایش احتمال بقا روی فرزندان زنده مانده انتظاری مثبت است و از این رو، این نتیجه روی نرخ رشد جمعیت نیز صادق است.

$$\frac{d(L_{t+1}/L_t)}{dq} = n_t = \frac{(1-\gamma)(1-\beta)}{V} > 0 \quad (12)$$

که به سادگی از این واقعیت که تعداد و بهینه‌ی فرزندان با  $q$  تغییر نمی‌کند، قابل استخراج است.

#### ۴-۳-بهینه سازی با وجود ناطمینانی

با وجود ناطمینانی، تعداد بقا یافنگان متغیر تصادفی با توزیع احتمال دو جمله‌ای خواهد بود. از این رو،

احتمال  $N_t$  از  $n_t$  برابر است با :

$$f(N_t; n_t, q_t) = \binom{n_t}{N_t} q_t^{N_t} (1-q_t)^{n_t - N_t} \quad N_t = 0, 1, \dots, n_t \quad (13)$$

که در آن  $q_t \in (0, 1)$  احتمال بقا هر فرزند است. فرض می‌شود که احتمال بقا در طول زمان ثابت باشد که البته، باید دقیق کرد که این فرض در مدل تعادل عمومی کنار گذاشته می‌شود. ماکزیمم سازی مطلوبیت انتظاری و همین طور شروط مرتبه‌ی اول عبارت است از:

$$E_t(V_t) = \sum_{N_t=0}^{n_t} \{\gamma \ln[C_t] + (1-\gamma) \ln[N_t W_{t+1} h_{t+1}] f(N_t; n_t, q) \quad (14)$$

$$e_t - \frac{\beta(1-\gamma)}{(\beta(1-\gamma) + \gamma)} \frac{(1-Vn_t)}{n_t} = 0 \quad (15)$$

$$\frac{-\gamma(V+e_t)}{1-\gamma(V+e_t)n_t} + \frac{1-\gamma}{n_t} + \frac{(1-\gamma)(1-q)}{2qn_t^2} \quad (16)$$

بنابراین نرخ رشد جمعیت :

$$\frac{L_{t+1}}{L_t} - 1 = E_t(N_t) - 1 = (n_t q) - 1 \quad (17)$$

اندازه‌ی جمعیت در زمان  $t$  است.

با توجه به معادلات بالا افزایش بروزنا احتمال بقا (کاهش در مرگ و میر) باعث می‌شود که والدین تقاضای احتیاطی خود را برای داشتن فرزند کاهش دهند. از این رو، آن‌ها تصمیم می‌گیرند فرزند کمتری داشته باشند و در مقابل آموزش بیشتری برای آن‌ها تدارک بینند. افزون بر این، در سطوح پایین بقا، افزایش در احتمال بقا نرخ رشد جمعیت را بالا می‌برد و این در حالیست که در سطوح بالاتر بقا در صورتی افزایش احتمالات بقا نرخ رشد جمعیت را کاهش خواهد داد که بازدهی آموزش به اندازه‌ی کافی بالا باشد.

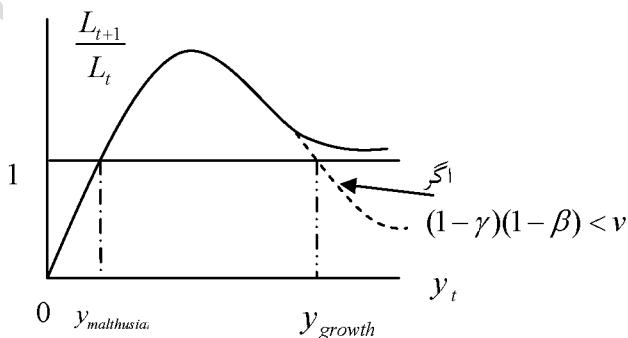
عبارت‌های زیر نیز برقرار هستند:

$$\begin{aligned} \forall q, \frac{dn_t}{dq} < 0 \quad , \quad \forall q \quad , \quad \frac{de_t}{dq} > 0 \\ \lim_{q \rightarrow 0} \frac{d(L_{t+1}/L_t)}{dq} > 0 \quad , \quad \lim \frac{d(L_{t+1}/L_t)}{dq} < 0 \text{ , if } \beta \geq 1 \\ \frac{d^2(L_{t+1}/L_t)}{dq^2} < 0 \text{ , } \forall q \end{aligned} \quad (۱۸)$$

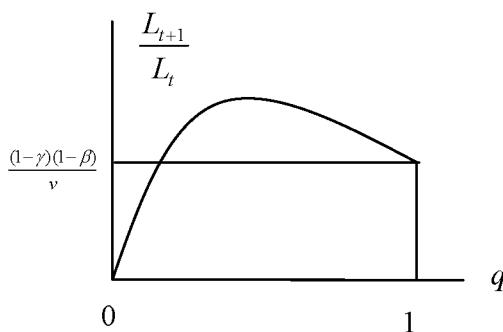
با توجه به عبارات بالا، نتیجه‌ی مالتوسی این خواهد بود که نرخ رشد جمعیت به طور مثبتی روی شناسی بقا بستگی دارد و نتیجه‌ی غیر مالتوسی بیان می‌کند که نرخ رشد جمعیت با افزایش بقا کاهش می‌یابد.

انتقال از وضعیت مالتوسی به غیر مالتوسی بستگی به نرخ‌های مرگ و میر اولیه و بازدهی آموزش دارد. زمانی که احتمال بقا پایین است (نرخ مرگ و میر اولیه بالا) نرخ رشد جمعیت همراه با افزایش در نرخ بقا با توجه به افزایش تعداد بازماندگان بالا می‌رود. زمانی که احتمال بقا بالاست، اگرچه نرخ رشد جمعیت ممکن است به دلیل افزایش تعداد بازماندگان بالا رود؛ اما، به دلیل واکنش منفی باروری ممکن است این تأثیر خنثی شود. در بیشتر ادبیات مبادله‌ی کمیت - کیفیت بازدهی آموزش را بالا در نظر می‌گیرند؛ یعنی  $\beta$  را نزدیک به عدد یک فرض می‌کنند. با این توضیح که تفاوت بین زمان تخصیص یافته به سرمایه‌گذاری در سرمایه‌ی انسانی به تفاوت فاحش در سطوح درامد سرانه در وضعیت پایا منجر می‌شود. از این رو، اگر بازدهی آموزش به اندازه‌ی کافی بالا باشد (برای مثال  $\beta$  نزدیک به یک باشد) رشد جمعیت تابع مقعری از احتمال بقا خواهد بود.

شکل (۲) رشد جمعیت تابعی از درامد سرانه



### شکل (۳) رشد جمعیت تابعی از احتمال بقا



### ۴-۴- تحلیل تعادل عمومی

در این قسمت رابطه دینامیکی مرگ و میر، باروری و سرمایه‌گذاری روی سرمایه‌ی انسانی در چارچوب مدل‌های رشد اقتصادی تحلیل می‌شوند و برای این که بتوان چنین موردی از تعادل عمومی را به وجود آورد باید احتمالات بقا درونزا شود.

### ۴-۵- مرگ و میر درونزا

مطالعات تجربی به صورت سری زمانی و هم مقطعی دلالت بر این نکته دارند که با افزایش درامدسرانه نرخ های مرگ و میر کاهش می‌یابد. بر مبنای این مدارک، در تحلیل تعادل عمومی فرض می‌شود که  $q$  تابع مقعری از درامدسرانه است.

$$q_t = q(Y_t) \quad (19)$$

$$q_y(y_t) > 0, \quad q_{yy}(y_t) < 0$$

$$\lim_{y_t \rightarrow 0} q_t = 0, \quad \lim_{y_t \rightarrow I} q_t \leq I \quad , \quad [0, I]$$

کوهانی شکل بین احتمال بقا و نرخ رشد جمعیت و رابطه‌ی مقعر بین احتمال بقا و درامدسرانه می‌توان به رابطه‌ی کوهانی شکل بین نرخ رشد جمعیت و درامدسرانه رسید. همان‌طور که در شکل (۷-۳) دیده می‌شود، نرخ رشد جمعیت منفی ( $\frac{L_{t+1}}{L_t}$  زیر یک) در درامدهای سرانه بالا، بستگی به مقادیر پارامترها و به خصوص  $(1-\beta)(1-\gamma) > V$  دارد. این نابرابری بیان می‌کند که به ازای نرخ داده شده بازدهی آموزش، اگر والدین به مصرف خودشان خیلی اهمیت بدهند ( $\gamma$  بالا) یا اگر هزینه‌ی ثابت فرزند ( $V$ ) بالا باشد، آن‌ها ترجیح می‌دهند به منظور افزایش مصرف خودشان فرزند کم‌تری داشته باشند. و از طرفی، اگر

ارزش گذاری والدین برای مصرفشان و هزینه‌ی فرزندان ثابت باشد، بازدهی بالا روی آموزش ( $\beta$  بالا) این نابرابری را برقرار خواهد کرد. اگر این نابرابری تبدیل به تساوی شود، در درامدهای بالا  $\frac{L_{t+1}}{L_t}$  به سمت یک میل می‌کند، به این معنی که نرخ رشد جمعیت صفر است. با یادآوری این که این مطالب گفته شده با نرخ‌های صفر و منفی بعضی از کشورهای اروپایی سازگار است.

#### ۴- تکامل حرکتی رشد جمعیت، سرمایه‌ی انسانی و ستاده

حرکت اقتصاد با رشد ستاده به ازای هر کارگر، جمعیت و سرمایه‌ی انسانی به ازای هر کارگر و منابع به ازای هر کارگر نشان داده می‌شود. رشد سرمایه‌ی انسانی به ازای هر کارگر و جمعیت به ترتیب در عبارت‌های  $h_t = e_t^\beta$  و  $(77-3)$  آورده شده است.

رشد منابع به ازای هر کارگر :

$$x_{t+1} = \frac{X}{L_{t+1}} \quad (20)$$

بنابراین، رشد اقتصاد با سری  $\{h_t, x_t, L_t\}_{t=0}^{\infty}$  که معادلات (۶۵-۳) و (۷۷-۳) و (۸۰-۳) را برقرار کند، مشخص می‌شود. با این وجود، با در نظر داشتن معادله‌ی (۷۹-۳) و  $L_t$  و  $h_t$  با توجه به  $y_t$  با  $n_t$  و  $e_t$  رشد می‌یابند. بنابراین، باجایگذاری برای  $h_{t+1} = \frac{L_{t+1}}{L_t}$  درون یک شکل یک دوره‌ای تکرار شده‌ای از معادله‌ی (۶۳-۳) به‌طور ضمنی می‌توان بی‌برد که  $y_{t+1}$  تابعی از  $y_t$  است.

$$y_{t+1} = Ay_t \left[ \frac{\beta(1-\gamma)}{\gamma + \beta(1-\gamma)} \right]^{\beta\alpha} \left[ \frac{(1-\gamma n_t)}{n_t} \right]^{\beta\alpha} [n_t q_t]^{\alpha-1} \equiv \Psi(y_t) \quad (21)$$

که در آن  $(y_t) = n_t = n(q(y_t))$ ،  $q_t = q(n(q(y_t)))$  است.<sup>۱</sup> بنابراین، رشد اقتصاد را می‌توان با یک معادله‌ی دیفرانسیل مرتبه‌ی اول غیر خطی تک بعدی داده شده در معادله‌ی (۲۱) نشان داد. رشد درامدسرانه ناشی از انباشت سرمایه‌ی انسانی ثبت و رشد منفی جمعیت است که هر دوی موارد گفته شد. نتیجه‌ی تبادل کمیت - کیفیت ناشی از افزایش شانس بقا است. حل معادله‌ی دیفرانسیلی (۲۱) دشوار است. از آنجایی که علامت شبیه ' $\Psi$ ' و تقریباً آن '' $\Psi$ '' مبهم است، چارچوب بالا می‌تواند نتایج تعادلی متفاوتی بدهد که بستگی به مقادیر پارامترهای این مدل خواهد داشت. نتیجه‌ی تعادلی احتمالی، شاید یکی از دو وضعیت

<sup>۱</sup> - تعیین علامت مشتق اول و دوم این معادله بسیار مهم و در پیوست یاد شده آورده شده است.

پایاست که یکی وضعیت پایای پایدار مالتوسی (نشان داده شده با  $y_m$ ) که دامنه آن از  $0$  تا  $y_g$  است و دومی وضعیت پایای ناپایدار رشد (که  $y_g$  نشان داده می‌شود) که در آن توسعه‌ی مستمر قابل دستیابی است.

الگوی کوهانی شکل رشد جمعیت که تابعی از درامدسرانه است، یک عامل اساسی در تعیین شکل  $(P)$  بود و این رو، نتایج تعادلی آن است. شکل نرخ رشد جمعیت به عنوان تابعی از درامدسرانه بستگی به شکل تبعی  $(q)$  و محدودیت‌های پارامترها دارد.

اگر  $(q(0))$  مقعر باشد، به ازای مقادیر بالای درامدسرانه به سمت یک میل می‌کند، و اگر محدودیت‌های پارامتری مربوط به رشد جمعیت، کوهانی شکل بودن آن را به عنوان تابعی از  $q$  برقرار سازد؛ در نتیجه، رشد جمعیت نظری آن‌چه در شکل  $(8-3)$  دیده می‌شود، خود تابعی کوهانی شکل از درامدسرانه خواهد شد. حال، اگر چنانچه نرخ رشد جمعیت در درآمدهای بالا منفی باشد، آنگاه دو مقدار وضعیت پایا وجود خواهد داشت. در سطوح پایین درامدسرانه (قسمت  $y_m$ ) شناس بقای نیز پایین می‌باشد؛ از این رو، افزایش در احتمالات بقا در نتیجه‌ی بالا رفتن درامدسرانه، به افزایش در نرخ رشد جمعیت منجر خواهد شد.

این نتایج در درآمدهای پایین همراه با کاهش منابع به ازای هر کارگر به دلیل ثابت بودن عوامل تولید نظری زمین است که موارد گفته شده از ویژگی‌های وضعیت پایای مالتوسی است. در سطوح بالاتر درامدسرانه (بالاتر از  $y_g$ ) احتمالات بقا بالا است و در اثر افزایش بیشتر در احتمالات بقا به وسیله‌ی کاهش باروری کاهش رشد جمعیت را در پی خواهد داشت. مطلب گفته شده همراه با افزایش سطوح سرمایه‌گذاری روی سرمایه‌ی انسانی در نهایت، به درامدسرانه بالا و در نتیجه رشد دورترزا منجر خواهد شد. با رشد منفی جمعیت در سطوح بالای درامدسرانه، رشدی بیش از رشد پایدار وجود دارد. بدین ترتیب، کوچک شدن جمعیت در طی زمان، رشد پایداری را در درامدسرانه به وجود آورده است. نکته‌ی جالب این است که این نتیجه خارج از چارچوب بوده است. هیچ پیشرفت تکنولوژی برونازا یا درونزا بی در این مدل در نظر گرفته نشده است. اما، در اصل ممکن است یک انتقال درونزا بی وجود داشته باشد که بتواند حرکت از یک وضعیت پایا به وضعیت دیگر را سبب شود. وضعیت پایای مالتوسی با یک انتقال به سمت بالای تابع بقا  $(q(0))$  در طی زمان می‌تواند ناپدید شود.

از آنجایی که هیچ پیشرفت تکنولوژی وجود ندارد؛ بنابراین، انتقال درونزا بیین دو وضعیت پایا وجود ندارد. هر چند که هیچ رشد پایداری در هیچ کدام از وضعیت‌ها نیز وجود ندارد. رشد جمعیت و

رشد درامدسرانه در وضعیت‌های پایا صفر هستند، به این معنی که رشد درامد کل نیز صفر است. در خارج از وضعیت‌های پایا وضعیت متفاوت است.

در اطراف وضعیت پایای مالتوسي، رژيم مالتوسي برقرار است و اقتصاد نزديك وضعیت پایای مالتوسي می‌ماند. مقدار يکسان افزایش در جمعیت و درامد کل رشد درامدسرانه را صفر می‌کند. بنابراین، اقتصاد در وضعیت مالتوسي در تله گرفتار می‌شود. نرخ منفی رشد جمعیت بالاتر از رشد وضعیت پایا اجازه رشد درامدسرانه را می‌دهد. اگر پیشرفت تکنولوژي به صورت بروزنا نیز وجود داشته باشد، (۰) ۴۷ به سمت بالا منتقل می‌شود و پدید آمدن یک پرش (انتقال) از رژيم مالتوسي به رژيم رشد را سبب می‌شود. اگر پیشرفت درونزای تکنولوژي موجود باشد، کاهش بروزنا در مرگ و میر می‌تواند به عنوان پایه ای برای رشد یکپارچه شود که می‌تواند انتقال کامل از دنیای مالتوسي به دنیای رشد مدرن را توضیح دهد. بعد از یک کاهش اولیه در مرگ و میر، رشد جمعیت بدون واکنشی از طرف باروری افزایش خواهد یافت. اما، مرگ و میر کمتر سرمایه‌گذاری روی سرمایه‌ی انسانی را نیز افزایش می‌دهد که این تأثیر به پیشرفت تکنولوژي بیشتری منجر می‌شود (تغییر تکنولوژي تابعی از آموزش است) و از این رو، با درامد بیشتر دیگری مرگ و میر نیز کمتر می‌شود. سپس، تأثیر واکنش باروری به میان می‌آید و رشد جمعیت کاهش یافته و سرمایه‌گذاری روی سرمایه‌ی انسانی افزایش می‌یابد.

در نتیجه، کاهش در مرگ و میر می‌تواند اقتصاد از رژيم مالتوسي به دوره‌ی توسعه منتقل کند. باید توجه کرد که تأکید روی مرگ و میر است؛ بنابراین، از مسائلی مانند رشد تکنولوژي چشم پوشی شده است. هدف اساسی این است که آیا مرگ و میر به تنها یکی می‌توانند رشد از طریق آغاز تبادل بین کمیت - کیفیت را بالا ببرد.

## ۵- برآورد تابع بقا و نتایج شبیه سازی مدل

مدل‌های تعادلی جزئی و عمومی با استفاده از داده‌های درامد و همچنین، احتمالات بقاء کالیبره شده‌اند.<sup>۱</sup> توابع بقا برای گروه‌های سنی نیز برآورد شده است. این برآورد اساس کار را برای درونزا کردن مرگ و میر فراهم می‌کند. بمنظور کالیبره کردن مدل باید احتمال بقا  $q_t$  را به عنوان تابعی از درامدسرانه برآورد کرد. معادله‌ی (۳-۷۹) برای انجام این برآورد از نرخ‌های مرگ و میر و آمار تولید ناخالص داخلی سرانه

<sup>۱</sup>- تولید ناخالص داخلی سرانه و احتمال بقا در سال ۲۰۰۰ در ۱۲۳ کشور منتخب با استفاده از آمارهای سازمان بهداشت جهانی استخراج شده است.

استفاده شده است. در متغیر اول یعنی نرخ بقا مردان  $t$  و  $q_x$  و  $t$  نشان دهنده زمان و  $x$  گروه سنی مورد نظر و متغیر دوم  $\beta$  درامدسرانه است. نرخ بقا مردان، قسمتی از مردانی را که تا سن  $x$  از هر ۱۰۰۰۰ زنده می‌ماند را نشان می‌دهد. نرخ های بقا برای تا پنج سالگی محاسبه شده است.<sup>۱</sup>  $(5) = x$ . بدین ترتیب متغیر  $q_{5,t}$  به عنوان تابعی از درامدسرانه به شکل تبعی زیر برآورده شده که در این برآورد از داده های ۱۲۳ کشور<sup>۲</sup> استفاده شده است، و از بین سال های مختلف سال ۲۰۰۰، به عنوان سال مناسب به دلیل دسترسی مناسب آمار انتخاب شد.

$$q_{\bar{x},t} = a_0(1 - \exp(-a, y_t^-)) \quad (22)$$

ناگفته نماند که این برآورد یک برآورد غیر خطی است. نتایج در پیوست شماره ۵ آورده شده است که در آن تمامی ضرایب معنی دار است.

## ۱-۵- کالیبره کردن مدل

مدل تعادل عمومی به وسیله توابع بقا برآورده شده برای  $q_{5,t}$  که در قسمت قبلی توضیح داده شده، کالیبره شده اند. هدف از این کار، تحقیق درباره سازگاری مدل تعادل عمومی با واقعیت های آشکار شده روند توسعه است. پارامترهای دیگر به غیر از  $q_x$  با استفاده از برخی مطالعات و تحقیقات و آمار مشاهده شده و همین طور، بازدهی آموزش نزدیک به یک انتخاب شده است. لازم به یادآوری است که بالا بودن مقدار  $\beta$  برای داشتن رشد جمعیتی که تابعی زنگوله ای شکل از احتمال بقا باشد، لازم است و از این رو،  $\beta$  معادل ۰/۹ انتخاب شد. برای  $\gamma$  فرض شده است که والدین مصرف خودشان و درامدآینده فرزندانشان را به صورت یکسانی ارزش گذاری می‌کنند. از این رو،  $\gamma = ۰/۵$  انتخاب شد. با داشتن  $\beta$  و  $\gamma$ ، باید  $V$  را چنان انتخاب کرد که محدودیت داشتن نرخ رشد منفی در جمعیت در سطوح درامدسرانه بالاتر؛ یعنی  $(1 - \beta)(1 - \gamma) > V$  را برقرار سازد. بنابراین،  $V$  مساوی ۰/۱ در نظر گرفته شد.  $\alpha$  نیز با توجه به واقعیت های مشاهده شده ۰/۳ انتخاب شد.

کالیبراسیون معادله (۲۱) به وضعیت های پایای چندگانه ای منجر شد که در شکل ۴-۲ دیده می شود. با استفاده از تابع برآورده بقا برای سال مورد نظر دو وضعیت پایا قابل مشاهده است و

۲- نحوه محاسبه احتمالات بقای در پیوست جمعیت شناسی آورده شده است.

۱- اسمای این کشورها و همچنین، آمار احتمالات بقا و تولید ناخالص داخلی سرانهی PPP نیز در پیوست داده ها آمده است.

همین طور، از آن جایی که رشد جمعیت تابع زنگوله‌ای شکل از درامدسرانه است و این نرخ رشد در سطوح بالاتر درآمدهای سرانه منفی است، دو وضعیت پایا وجود دارد که رشد پایدار، وضعیت پایدار غالب خواهد بود.

شیوه سازی نشان می‌دهد که احتمالات بقا برآورد شده، امکان وجود وضعیت‌های پایایی چندگانه را تأیید می‌کند. یکی از این وضعیت‌های پایا مربوط به سطحی از درامدسرانه است که وضعیتی ناپایدار دارد. جدول ۱-۱ نتایج عددی مربوط به کالیبراسیون را نشان می‌دهد که مطابق با دو وضعیت پایایی نشان داده شده در شکل ۲-۴ است. باید توجه داشت که از آن جایی که مدل از بسیاری از عوامل مهم روند توسعه چشم پوشی کرده است، این امکان که داده‌ها یک به یک با شیوه سازی مطابقت داشته باشند، وجود ندارد.

DRAMDسرانه به صورت لگاریتمی طبیعی تعریف شده است و از این رو، درامدوضعیت پایایی مالتوسی به دست آمده در شیوه سازی، یعنی  $5/35$  با  $205$  دلار و درامدوضعیت پایایی رشد  $9/08$  با  $8778$  دلار معادل است. با مقایسه‌ی آن با داده‌های واقعی کشورهایی که در رژیم مالتوسی به تله افتاده‌اند که درامدسرانه‌ای در حد معاش بین  $500-100$  دلار دارند، همینطور کشورهای ثروتمندی که در مسیر رشد قرار گرفته‌اند و دارای درامدسرانه‌ای در حدود  $10000-30000$  می‌باشند، می‌توان دید این نسبت اختلاف  $200$  برابر است که شباهت بسیاری با یافته‌های این مطالعه دارد. باید این مطلب را نیز خاطر نشان کرد که وضعیت پایایی در حال رشد یک وضعیت پایایی ناپایدار است. اگر اقتصاد بالاتر از این آستانه شروع کند، برای همیشه رشد پایدار خواهد داشت و گرنه در دام مالتوسی گرفتار خواهد شد.

کالیبراسیون مدل تعادل عمومی به این پرسش که آیا تغییر کوچک در احتمال بقا موجب تغییرات بزرگ‌تر در رفتار والدین بهخصوص در باروری می‌شود، پاسخ نمی‌دهد و از این رو، باید مدل تعادل جزیی کالیبره شود که در آن مرگ و میر برونزاست و این مطلب در جدول (۳) نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که تأثیر کاهش مرگ و میر از نظر اقتصادی معنی دار است. در سطح احتمال بقا ( $q = 0/85$ ) یک درصد افزایش در احتمال بقا کاهش دو درصد کاهش در باروری و دو درصد افزایش در سرمایه‌گذاری روی آموزش را سبب می‌شود. بنابراین، اگر چه کاهش در مرگ و میر نمی‌تواند کل کاهش در باروری مشاهده شده را توجیه کند؛ اما، می‌تواند قسمت معنی داری را پوشش دهد. همین‌طور، مقایسه‌ی نتایج به دست آمده با شیوه سازی مدل اوزجان نشان می‌دهد ضرایب به دست آمده با نتایج مدل پایه‌ای در همگرایی هستند و هیچ نوع تورش مفهومی در آن دیده نمی‌شود.

**جدول (۱) نتایج شبیه سازی مدل تعادل عمومی مقاله**

۵/۳۵۲۶۵۶۵	درامدسرانه‌ی مرحله‌ی مالتوسی
۹/۰۱۵۷۰۱۳	درامدسرانه‌ی مرحله‌ی رشد
۰/۷۰۴۲۳۳۷	احتمال بقا در مرحله‌ی مالتوسی
۰/۸۵۴۲۸۱۲	احتمال بقا در مرحله‌ی رشد
۱/۲۴۱۰۳۶۹	باروری در مرحله‌ی مالتوسی
۰/۹۲۰۵۱۱۵	باروری در مرحله‌ی رشد

منبع: محاسبات تحقیق

**جدول (۲) نتایج شبیه سازی مدل تعادل عمومی مدل اوزجان (۲۰۰۳)**

۳/۰	درامدسرانه‌ی مرحله‌ی مالتوسی
۸/۰	درامدسرانه‌ی مرحله‌ی رشد
۰/۵۱	احتمال بقا در مرحله‌ی مالتوسی
۰/۸۳	احتمال بقا در مرحله‌ی رشد
۲	باروری در مرحله‌ی مالتوسی
۱/۲	باروری در مرحله‌ی رشد

منبع: محاسبات تحقیق

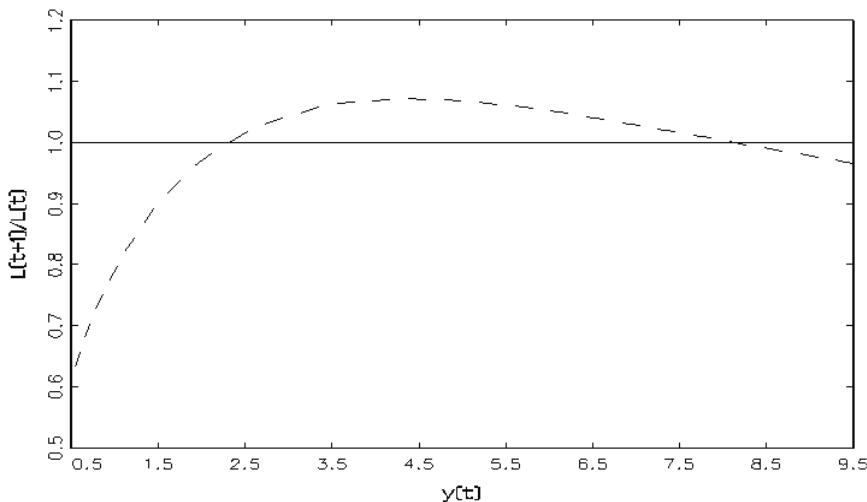
**جدول (۳) نتایج کالیبراسیون مدل تعادل عمومی**

$\frac{dn}{dq}(q = 0,85)$	-۲/۲۳۴۶۹۰۱
$elasticity \frac{dn}{dq}(q = 0,85)$	-۲/۰۴۲۸۰
$\frac{de}{dq}(q = 0,85)$	۲/۱۱۱۴۱
$elasticity \frac{de}{dq}(q = 0,85)$	۲/۲۵۱۷۱

منبع: محاسبات تحقیق

#### شکل ۴- رشد جمعیت تابعی از درآمدسرانه

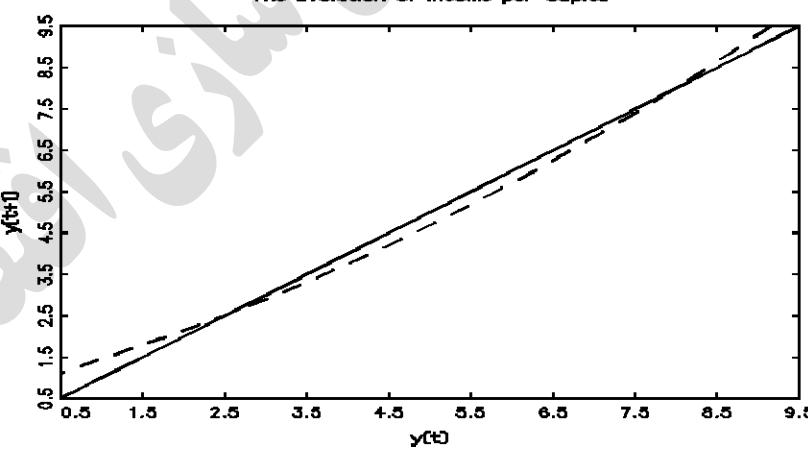
Population Growth vs. Income per Capita



منبع: محاسبات تحقیق

#### شکل ۵- تکامل حرکتی درآمدسرانه (کالیبراسیون معادله (۲۱) با پارامترهای پایه)

The Evolution of Income per Capita



منبع: محاسبات تحقیق

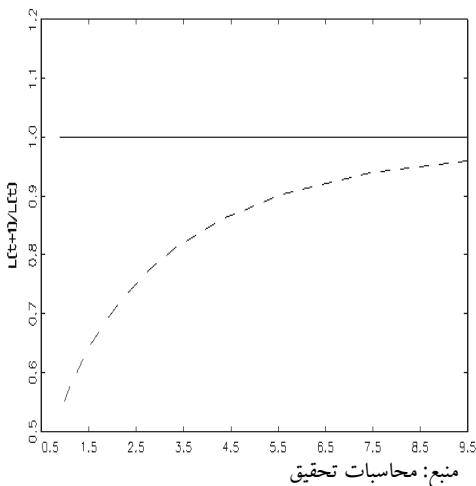
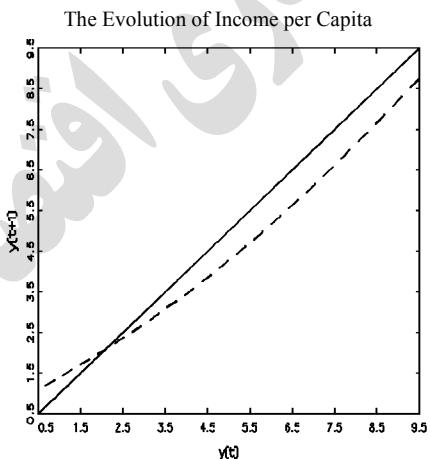
## ۲- تحلیل حساسیت نتایج:

در این قسمت حساسیت یافته ها نسبت به تغییر پارامترها در دامنه‌ی قابل قبول ارزیابی می‌شود. نتایج این مدل به مقادیر برآورد شده تابع بقا حساس است. در شکل‌های ۶، ۷، ۸ و ۹ نتایج حاصل از تغییر این تابع نشان داده شده است. همچنین در شکل‌های ۱۰، ۱۱ و ۱۳ مقادیر پارامتر  $\beta$  و  $\gamma$  با این شرط که نامعادله‌ی معرفی شده در  $(1-\beta) > \gamma$  به هم نخورد، به ترتیب از مقدار  $5/0$  به  $5/0$  و از  $1/0$  به  $0/0$  تغییر داده شده است.

همچنان که از شکل‌های ۶-۹ قابل برداشت است، در اثر کاهش احتمال بقا به رقم  $0/0$  که با داده‌های واقعی به ندرت روی می‌دهد، دوره‌ی رشد پایدار روی نمی‌دهد. با این استنتاج اولیه‌تا حدودی قابل پیش‌بینی است که با کاهش احتمال بقا و افزایش مرگ و میر رشد پایدار که بیشتر از طریق مکانیسم آموزش به وجود می‌اید، وقفه‌پیدا می‌کند. که البته، نتیجه‌ی معکوس آن نیز برقرار است، به این مفهوم که با افزایش احتمال بقا و کاهش مرگ و میر رشد پایدار در دسترس خواهد بود و در درآمدهای سرانهی پایین‌تری به وقوع خواهد پیوست.

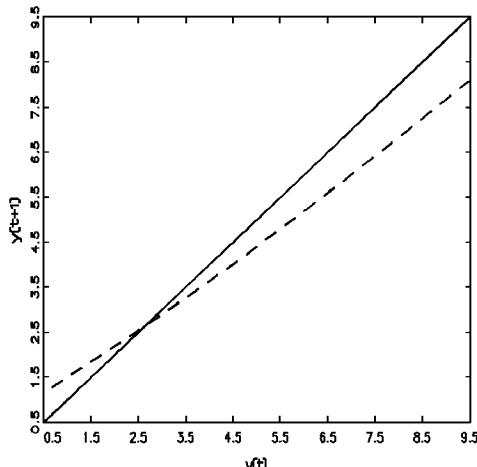
از آنجایی که چنین فرض شد که والدین مصرف خودشان و درامد آینده‌ی فرزندان‌شان را به صورت یکسانی ارزش‌گذاری می‌کنند،  $5/0$  انتخاب شد. حال، در صورت تغییر این فرض به خودپسندی والدین و افزایش مصرف در هر دوره پارامتر  $\gamma$  را به مقدار  $1/0$  کاهش داده می‌شود. کالیبراسیون دوباره حاکی از این است که این تغییر نیز به مرحله‌ی رشد پایدار منجر نمی‌شود.

**شکل ۶ - رشد جمعیت تابعی از درامدسرانه به ازای عرض از مبدأ تابع احتمال بقا مساوی  $0/0$**   
**(کالیبراسیون معادله‌ی (۲۱))** به ازای عرض از مبدأ تابع احتمال بقا مساوی  $0/0$



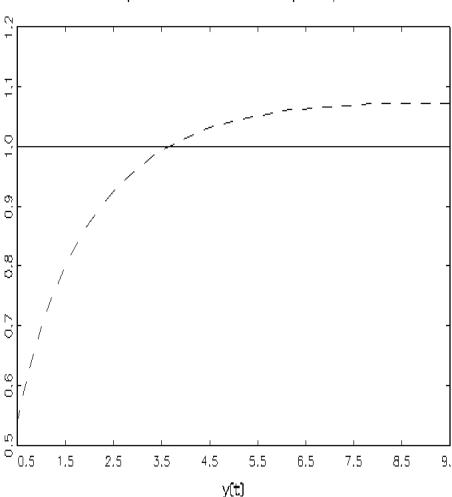
شکل ۹ - تکامل حرکتی درامدسرانه به ازای

The Evolution of Income per Capita



شکل ۸ - رشد جمعیت تابعی از درامدسرانه به ازای عرض از مبدأ تابع احتمال بقا مساوی ۰/۷

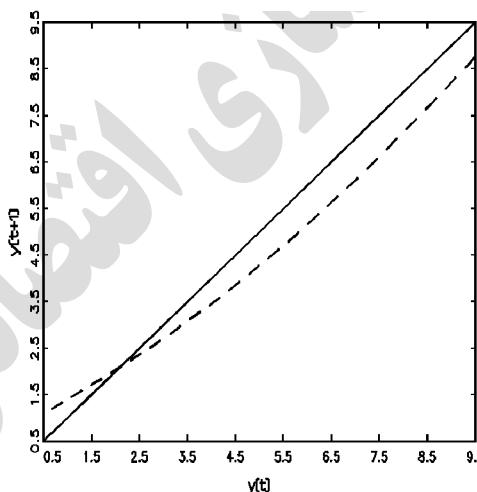
Population Growth vs. Income per Capita



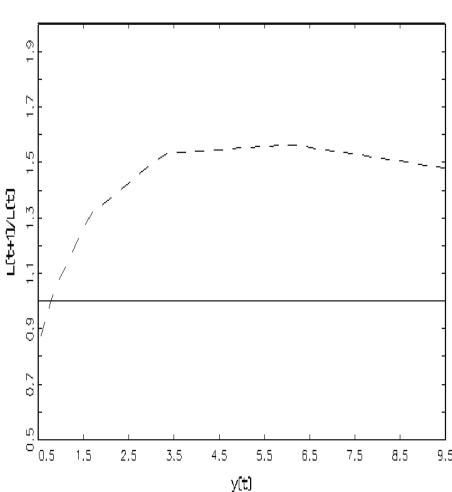
منبع: محاسبات تحقیق

شکل ۱۱ - تکامل حرکتی درامدسرانه به ازای  $\gamma = 0.3$ 

The Evolution of Income per Capita

شکل ۱۰ - رشد جمعیت تابعی از درامدسرانه به ازای  $\gamma = 0.3$ 

Population Growth vs. Income per Capita



منبع: محاسبات تحقیق

## ۶- خلاصه، نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این مقاله کوشید تا با استفاده از تأثیرات کاهش نرخ مرگ و میر بر باروری، آموزش در قالب مدل‌های رشد اقتصادی بخشی از تحولات جمعیتی را توضیح دهد. برای انجام این کار با وارد کردن ناظمینانی ناشی از مرگ و میر در چارچوب‌های تعادل جزیی و عمومی سعی در تبیین کاهش در باروری داشت. با وارد کردن ناظمینانی به مدل، این فرضیه که رشد جمعیت تابعی کوهانی شکل از درامدسرانه می‌گردد، با کاهش تقاضای احتیاطی تأیید شد. همچنین، با استفاده از روش‌های شیوه سازی و کالیبراسیون و استفاده از الگوی کوهانی شکل رشد جمعیت به عنوان تابعی از درامدسرانه وضعیت‌های پایای چندگانه‌ای تأیید شد و مقادیر کمی نیز به ازای سناریوهای مختلف به دست آمد. نتایج نشان می‌دهد که تأثیر کاهش مرگ و میر بر باروری از نظر اقتصادی معنی دار است. در سطح احتمال بقا ۸۵ درصدی یک درصد افزایش در احتمال بقا بین دو درصد کاهش در باروری و دو درصد افزایش در سرمایه‌گذاری روی آموزش را سبب می‌شود. بنابراین، اگر چه کاهش در مرگ و میر نمی‌تواند کل کاهش در باروری مشاهده شده را توجیه کند؛ اما، می‌تواند قسمت معنی داری را پوشش دهد. با توجه به نتایج برگرفته از این مطالعه می‌توان برای کاهش باروری در مناطقی که دارای احتمال بقا به نسبت کم تری هستند، استفاده کرد و با کاهش مرگ و میر، بهخصوص نوزادان، بر نرخ‌های باروری تأثیرگذار بود. برای محققین زمینه‌ی مطالعاتی تحلیل تأثیرات مرگ و میر نوزادان و بزرگسالان و ارتباط آن با مدل‌های طول دوره‌های زندگی و انتقالات بین نسلی توصیه می‌شود.

### منابع:

- بورگیت، گراهام (۱۳۷۲)، مقدمه‌ای بر نظریه کنترل و کنترل مهینکا، بزرگنیا - ابوالقاسم، وحیدیان، علی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- جوزء، هایول (۱۳۷۰)، درآمدی به نظریه‌های جدید رشد اقتصادی، لطفی. صالح، چاپ اول، تهران، مرکز نشر دانشگاهی.
- زنجانی. حبیب‌الله و کوششی، مجید (۱۳۷۱)، بررسی مرگ و میر در ایران در مطالعات مربوط به تحول جمعیت در طرح‌ریزی کالبدی ملی از ۱۳۶۵ تا ۱۴۰۰، مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران، تهران.
- عباسی شوازی: محمدجلال ، حسینی چاوشی، میمنت ، مک دونالد. پیتر و دلاور، بهرام و (۱۳۸۲) ، تحولات باروری در ایران شواهدی از چهار استان منتخب، بهمن ، دانشگاه تهران.

- Barro, Robert J. and Gary S. Becker (1989) Fertility Choice in a Model of Economic Growth, *Econometrica* , 57(2), pp. 481-501.
- Becker, Gary S., and Kevin , Murphy Tammura. (1990). Human Capital,Fertility, and Economic Growth , *Journal of Political economy* ,98(5, part 2), S 12-S 37
- Becker, Gary S., and Robert J. Barro .(1988).A reformulation of the economic theory of fertility. *Quarterly Journal of Economics* 103(1), 1–25
- Becker. G.S. (1960). An economic analysis of fertility in: Demographic and economic change in developed countries, A conference of the universities NBER Committee for Economic Research (Princeton university press, Princeton. NJ).
- Cass D (1965) Optimum Growth in an Aggregative Model of Capital Accumulation. *Review of Economic Studies* 32 (3): 233-240.
- Ehrlich, I. and Lui, F. (1991), 'Intergenerational trade, longevity, intrafamily transfers and economic growth', *Journal of Political Economy* 99.
- Galor, Oded, and David N.Weil (2004). From Malthusian Stagnation to Modern Growth, *American Economic Review* 89:3, 150-154
- Jones, C.(1999).Growth: With or Without Scale Effects, *American Economic Review*, 89, May, 139-149
- Kalemli-Ozcan, Sebnem. 2003. A Stochastic Model of Mortality, Fertility, and Human. Capital Investment .*Journal of Development Economic* February, Vol. 70(1), 103-118.
- Solow, Robert M., A Contribution to the Theory of Economic Growth,*Quarterly Journal of Economics*, February 1956, 70, 65–94
- Van de Kaa, D. J. (2001b). Demographic Transition, Second. *International Encyclopedia of the Social &Behavioral Sciences*, Vol. 5, pp. 3486-3488.