



پیش‌بینی شیوع توکسوکاریازیس در سگ‌های ولگرد ایران با استفاده از مدل‌سازی دینامیک جمعیت و سناریوهای ترکیبی رشد و شیوع بیماری

محمد ابراهیمی پور *

مرکز تحقیقات بیماری هیداتید، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران.



*نویسنده مسئول: md.ebrahimi31@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۷/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۷/۵

چکیده

توکسوکاریازیس یکی از بیماری‌های مهم مشترک بین انسان و حیوان است. سگ‌ها نقش مهمی در پراکندن تخم به محیط دارند و با توجه به افزایش روز افزون جمعیت سگ‌ها، به ویژه سگ‌های ولگرد آلودگی محیطی به تخم این انگل روز به روز در حال افزایش است و خطر بالقوه‌ای برای انسان محسوب می‌شود. مطالعه حاضر با هدف پیش‌بینی روند شیوع توکسوکاریازیس در سگ‌های ولگرد ایران طی یک دوره ۱۰ ساله، از مدل‌سازی دینامیک جمعیت و داده‌های اپیدمیولوژیک منطقه‌ای بهره گرفته است. در این مدل، سه سناریوی نرخ رشد جمعیت (حداقل: ۳/۷ برابر، پایه: ۴/۶۲ برابر، حداکثر: ۵/۵۴ برابر در ۱۰ سال) و سه نرخ افزایش سالیانه شیوع بیماری (۰/۵ درصد، ۱ درصد، ۲ درصد) در نظر گرفته شد. جمعیت پایه سگ‌های ولگرد کشور حدود ۱۰۹۸۸۴۰ رأس برآورد شد و پیش‌بینی گردید که در صورت عدم مداخله، این جمعیت در سناریوی حداکثر به بیش از ۵۸۵۰۰۰ رأس در سال دهم برسد. هم‌زمان، شیوع بیماری از میانگین ۱۵/۷ درصد در سال اول به حدود ۲۴/۷ درصد در سال دهم افزایش می‌یابد. برآورد تعداد سگ‌های آلوده نشان داد که در سال دهم، بسته به سناریوی ترکیبی، بین حدود ۷۴۲۵۰۰ رأس (رشد حداقل، شیوع ۰/۵ درصد) تا بیش از ۲۱۷۳۲۶۰ رأس (رشد حداکثر، شیوع ۲ درصد) ممکن است آلوده باشند. این اختلاف بیش از ۱/۴ میلیون رأس در پایان دوره، نشان دهنده تأثیر شدید نرخ رشد جمعیت و شیوع بیماری بر بار اپیدمیولوژیک است. نتایج این مطالعه نشان داد که در صورت عدم مداخله، جمعیت سگ‌های ولگرد ایران طی ده سال آینده ممکن است بیش از پنج برابر افزایش یابد و تعداد موارد آلودگی به توکسوکاریازیس از دو میلیون رأس فراتر رود. این روند، به ویژه در سناریوهای ترکیبی با رشد بالا، بار اپیدمیولوژیک قابل توجهی ایجاد می‌کند. بر این اساس، اجرای سیاست‌های چند جانبه مانند ساماندهی جمعیت سگ‌ها، درمان انگلی دوره‌ای، آموزش عمومی و همکاری بین بخشی برای کنترل بیماری ضروری است.

کلمات کلیدی: روند، توکسوکاریازیس، لارو مهاجر احشایی، زئونوز، ایران.



مقدمه

توکسوکاریازیس یکی از بیماری‌های مهم انگلی زئونوز است که توسط کرم‌های گرد توکسوکارا/کنیس و توکسوکارا/کتی ایجاد می‌شود (۱ و ۲). فرم بالغ این انگل‌ها در دستگاه گوارش سگ‌ها و گربه‌ها زندگی می‌کند و تخم‌های آن‌ها از طریق مدفوع وارد محیط می‌شود (۳). این تخم‌ها در زمان دفع نارس و فاقد لارو می‌باشند، اما تحت شرایط مساعد محیطی مانند دمای ۲۰-۳۰ درجه سانتی‌گراد، رطوبت کافی و حضور اکسیژن، طی ۱ تا ۴ هفته به مرحله لاروی سوم (L3) می‌رسند که برای میزبان‌های قطعی و انتقالی عفونی محسوب می‌شوند. تخم‌های رسیده می‌توانند ماه‌ها تا سال‌ها در خاک باقی بمانند (۴) و در صورت بلع توسط میزبان مناسب، لاروها از تخم خارج شده و به دیواره روده نفوذ می‌کنند (۵). این ویژگی موجب شده است که آلودگی خاک، به ویژه در مناطق شهری و روستایی، نقش کلیدی در انتقال بیماری ایفا کند (۱۱-۶).

آلودگی این حیوانات به انگل توکسوکارا/از طریق چرخه زیستی پیچیده‌ای صورت می‌گیرد که شامل انتقال مستقیم، انتقال از مادر به توله‌ها، و تماس با محیط آلوده است. توله سگ‌ها و بچه گربه‌ها در هفته‌های اول زندگی بسیار آسیب‌پذیرند و آلودگی شدید می‌تواند منجر به علائمی مانند اسهال، استفراغ، نفخ شکم و کاهش رشد شود. یکی از مسیرهای مهم انتقال، عبور لاروهای نهفته از جفت یا شیر مادر به توله‌هاست که موجب آلودگی اولیه بدون تماس با محیط می‌شود. همچنین سگ‌ها با لیسیدن خاک، خوردن غذا یا آب آلوده، یا تماس با اشیای آلوده می‌توانند تخم‌های رسیده را بلعیده و آلوده شوند. در برخی موارد نیز، خوردن میزبان‌های انتقالی مانند جوندگان یا پرندگان آلوده به لاروهای توکسوکارا/، به ویژه در حیوانات ولگرد یا شکارچی، منجر به آلودگی می‌شود (۱۲ و ۱۳). پس از ورود لاروها به بدن، آن‌ها یا در روده باقی مانده و بالغ می‌شوند یا به اندام‌های مختلف مهاجرت می‌کنند. این چرخه زیستی پیچیده، همراه با مقاومت بالای تخم‌های انگل در محیط، کنترل توکسوکاریازیس را دشوار کرده و نیازمند اقدامات چندجانبه‌ای مانند درمان دوره‌ای، کنترل جمعیت حیوانات ولگرد و آموزش عمومی است. در غیر این صورت، این حیوانات به عنوان مخزن اصلی بیماری، نقش مهمی در آلودگی محیطی و انتقال به انسان‌ها ایفا خواهند کرد (۱۴ و ۱۵).

بر اساس داده‌های جهانی، شیوع توکسوکاریازیس در سگ‌ها، گربه‌ها، خاک و انسان‌ها گسترده است. به طور میانگین، ۱۱ درصد از سگ‌ها، ۱۷ درصد از گربه‌ها، ۲۱ درصد از خاک‌ها و ۱۹ درصد از انسان‌ها در سطح جهان آلوده هستند. آفریقا بالاترین بار بیماری را دارد؛ به طوری که تا ۴۳ درصد از گربه‌ها و ۳۸ درصد از انسان‌ها در برخی مناطق، به ویژه نیجریه، آلوده هستند. در جنوب شرق آسیا و آمریکای جنوبی نیز شیوع سرمی انسانی به ترتیب ۳۴ درصد و ۲۸ درصد گزارش شده است. در مقابل، اروپا و آمریکای شمالی نرخ‌های پایین‌تری از مواجهه انسانی را نشان می‌دهند (حدود ۱۱ تا ۱۳ درصد). ایران، واقع در منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا، نمایه‌ای متوسط اما نگران‌کننده دارد: ۱۶ درصد از سگ‌ها، ۲۶ درصد از گربه‌ها، ۲۰ درصد از خاک‌ها و ۶ درصد از انسان‌ها آلوده هستند (۶ و ۱۲ و ۱۹-۱۶).

در سال‌های اخیر، ایران با افزایش چشمگیر جمعیت سگ‌های ولگرد مواجه بوده است؛ پدیده‌ای که به یکی از چالش‌های جدی بهداشت عمومی و محیط زیست شهری تبدیل شده است. این افزایش عمدتاً ناشی از نبود برنامه‌های منسجم کنترل جمعیت مانند عقیم‌سازی و ساماندهی آنها است (۲۰). در شرایطی که سگ‌های ولگرد بدون مراقبت دامپزشکی، در تماس مستقیم با خاک، زباله‌های شهری و منابع آلوده زندگی می‌کنند، نقش آن‌ها به عنوان مخزن اصلی انگل‌های زئونوز از جمله



توکسوکارا کنیس بیش از پیش برجسته شده است. نبود اقدامات کنترلی مؤثر از سوی نهادهای مسئول، موجب رشد تصاعدی جمعیت این حیوانات و افزایش خطر آلودگی محیطی شده است؛ وضعیتی که با افزایش موارد حیوان گزیدگی و شیوع بیماری های زئونوز مانند توکسوکاریازیس، هاری و لیشمانیوز، ضرورت بازنگری در سیاست های بهداشت شهری را دوچندان می کند (۲۱ و ۲۲).

مطالعات اپیدمیولوژیک نشان داده اند که شیوع توکسوکاریازیس در سگ های ولگرد به مراتب بیشتر از سگ های صاحب دار است؛ این تفاوت عمدتاً به دلیل عدم دسترسی به خدمات دامپزشکی، تغذیه نامناسب، و تماس مداوم با منابع آلوده می باشد (۱۲). از آن جا که تخم های انگل توکسوکارا دارای مقاومت بالایی در محیط هستند و می توانند برای ماه ها در خاک باقی بمانند، آلودگی ناشی از سگ های ولگرد می تواند به صورت پنهان و تدریجی موجب تهدید سلامت عمومی شود (۲۳).

در این مطالعه، با تمرکز بر جمعیت سگ های ولگرد، تلاش شده است تا روند شیوع توکسوکاریازیس طی بازه ی زمانی ۱۰ ساله پیش بینی شود. برای این منظور، از مدل دینامیک جمعیت استفاده شده است که بر پایه داده های جمعیت شناسی موجود، نرخ رشد بدون مداخله، و شیوع پایه بیماری طراحی گردیده است. نرخ رشد جمعیت سگ های ولگرد از تنها مطالعه علمی برآورد جمعیت سگ ها در ایران در جنوب شرق ایران استخراج و به عنوان پایه برای تعمیم به سطح ملی در نظر گرفته شده است (۲۰). همچنین، با توجه به نبود داده های طولی دقیق درباره نرخ افزایش سالیانه شیوع توکسوکاریازیس در سگ های ولگرد، سناریوهای افزایش حداقل، پایه و حداکثر در سال به عنوان یک مفروض محافظه کارانه و مبتنی بر روندهای اپیدمیولوژیک در مطالعات جهانی و منطقه ای در نظر گرفته شد.

مطالعه حاضر با هدف پیش بینی روند شیوع توکسوکاریازیس در سگ های ولگرد ایران طی یک دوره ۱۰ ساله، از مدل سازی دینامیک جمعیت و داده های اپیدمیولوژیک منطقه ای بهره گرفته است. در این مطالعه تحلیل سناریو های مختلف رشد و آلودگی را فراهم انجام شد. نتایج این پژوهش می تواند به عنوان ابزاری مؤثر برای تصمیم گیری در حوزه سلامت واحد، طراحی مداخلات هدفمند، و تدوین سیاست های ملی کنترل بیماری توکسوکاریازیس مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش ها

تعیین جمعیت پایه و نرخ رشد سگ های ولگرد

در مرحله نخست، جمعیت پایه سگ های ولگرد در ایران بر اساس داده های جمعیتی و مطالعات پیشین برآورد شد. طبق گزارش قبلی، نسبت سگ ها به جمعیت انسانی حدود ۱.۲ رأس به ازای هر ۱۰۰ نفر اعلام شده است (۲۰). بر این اساس و با توجه به جمعیت ۹۱,۵۷۰,۰۰۰ نفری کشور، جمعیت سگ ها حدود ۱,۰۹۸,۸۴۰ رأس برآورد شد. برای مدل سازی رشد جمعیت در صورت عدم اجرای مداخلات کنترلی مانند عقیم سازی، از داده های یک مطالعه منطقه ای در جنوب شرق ایران استفاده گردید. بر اساس نتایج آن مطالعه، نرخ رشد جمعیت سگ های ولگرد در بازه ده ساله برابر با ۴.۶۲ برابر در نظر گرفته شد. این نرخ به عنوان پایه برای تعمیم به سطح ملی و پیش بینی روند اپیدمیولوژیک بیماری مورد استفاده قرار گرفت. برای بررسی تأثیر نرخ رشد جمعیت سگ های ولگرد بر نتایج مدل، تحلیل حساسیت انجام شد. در این تحلیل، نرخ رشد پایه (۴.۶۲ برابر در ۱۰ سال) با تغییرات $\pm 20\%$ درصد در نظر گرفته شد تا سناریوهای حداقل و حداکثر شبیه سازی شوند.



تعیین شیوع پایه و مفروضات اپیدمیولوژیک

در این مرحله، شیوع پایه توکسوکاریازیس در سگ‌های ولگرد ایران بر اساس داده‌های اپیدمیولوژیک منطقه‌ای استخراج شد. میانگین شیوع در مطالعات مختلف حدود ۱۵.۷ درصد با دامنه‌ای بین ۹.۴ درصد تا ۲۳.۲ درصد بسته به شرایط جغرافیایی، اقلیمی و روش‌های تشخیصی مورد استفاده گزارش شده است (۱۲). این بازه به عنوان نمایی از وضعیت فعلی آلودگی در جمعیت سگ‌های ولگرد کشور در نظر گرفته شد. با توجه به نبود داده‌های طولی دقیق درباره نرخ افزایش سالیانه شیوع توکسوکاریازیس در سگ‌های ولگرد، نرخ ۱ درصد در سال به عنوان یک مفروض محافظه کارانه و مبتنی بر روندهای اپیدمیولوژیک در مطالعات منطقه‌ای و جهانی انتخاب گردید. به منظور بررسی حساسیت مدل نسبت به این فرض، نرخ‌های جایگزین ۰.۵ درصد و ۲ درصد نیز در مدل اعمال شدند تا سناریوهای مختلف شیوع بیماری در شرایط فقدان مداخله بهداشتی شبیه‌سازی شوند.

فرمول‌های مورد استفاده برای تخمین جمعیت سگ‌ها و شیوع بیماری

برای مدل‌سازی دینامیک جمعیت و شیوع بیماری توکسوکاریازیس در سگ‌های ولگرد، از یک مدل گسسته با ساختار ساده و قابل بازتولید استفاده شد. در این مدل، جمعیت سگ‌های ولگرد در هر سال با استفاده از فرمول رشد نمایی محاسبه گردید که در آن جمعیت سال t برابر است با حاصل ضرب جمعیت پایه در ضریب رشد سالانه به توان تعداد سال‌ها ($N_t = N_0 \times R^t$). جمعیت پایه بر اساس نسبت ۱.۲ رأس سگ به ازای هر ۱۰۰ نفر جمعیت انسانی و با توجه به جمعیت ۹۱,۵۷۰,۰۰۰ نفری کشور، حدود ۱,۰۹۸,۸۴۰ رأس برآورد شد. ضریب رشد سالانه از مطالعه‌ای منطقه‌ای در جنوب شرق ایران استخراج گردید که نرخ رشد ۴.۶۲ برابر در بازه ده‌ساله را گزارش کرده بود.

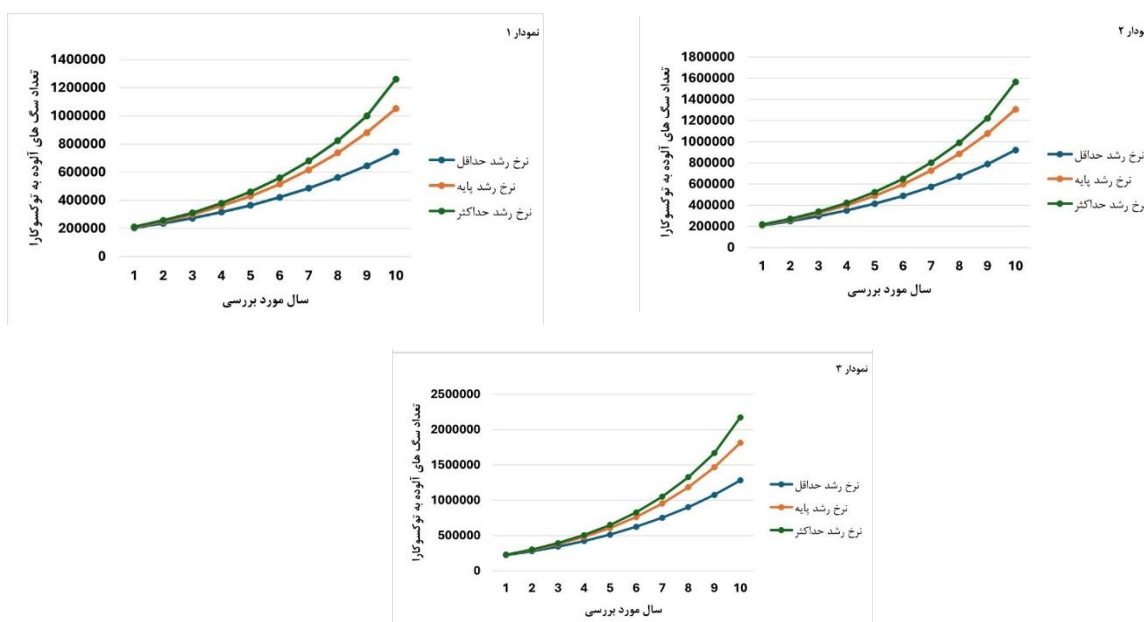
برای تخمین شیوع بیماری، فرض شد که شیوع سالانه به صورت خطی و با نرخ ثابت افزایش می‌یابد. فرمول مورد استفاده به صورت $P_t = P_0 + (r \times t)$ تعریف شد که در آن P_0 شیوع پایه (۱۵.۷ درصد) و r نرخ افزایش سالیانه شیوع است. این نرخ به صورت مفروض ۱ درصد در سال در نظر گرفته شد، اما برای بررسی حساسیت مدل، نرخ‌های جایگزین ۰.۵ درصد و ۲ درصد نیز اعمال شدند تا سناریوهای مختلف شیوع در شرایط فقدان مداخله بهداشتی بررسی شوند. در نهایت، تعداد سگ‌های آلوده در هر سال با ضرب جمعیت پیش‌بینی‌شده در شیوع تخمینی محاسبه گردید ($I_t = N_t \times P_t$). این ساختار ساده مدل امکان تحلیل سناریوهای مختلف و ارزیابی اثربخشی مداخلات بالقوه را فراهم می‌سازد و پایه‌ای برای تصمیم‌گیری در حوزه سلامت واحد محسوب می‌شود. ابزار محاسباتی و نسخه نرم افزار

برای انجام مدل‌سازی دینامیک جمعیت و محاسبات مربوط به شیوع بیماری توکسوکاریازیس، از نرم افزار Microsoft Excel نسخه ۲۰۲۱ استفاده گردید. این نرم افزار به دلیل قابلیت‌های گسترده در فرمول نویسی، تحلیل عددی، ترسیم نمودارهای پویا و اجرای سناریوهای مختلف، برای پیاده‌سازی مدل‌های ساده جمعیتی و اپیدمیولوژیک انتخاب شد. کلیه محاسبات مربوط به رشد جمعیت سگ‌های ولگرد، تخمین شیوع بیماری در بازه‌های زمانی مختلف، و تحلیل حساسیت نسبت به دامنه شیوع، در محیط Excel طراحی و اعتبار سنجی گردید. همچنین نمودارهای ارائه شده در مقاله با استفاده از ابزارهای گرافیکی داخلی این نرم افزار ترسیم شده‌اند.

نتایج

در جدول شماره ۱، روند رشد جمعیت سگ های ولگرد طی یک دوره ۱۰ ساله بر اساس سه سناریوی نرخ رشد شامل سناریوی پایه (۴/۶۲ برابر در ۱۰ سال)، سناریوی حداقل (۳/۷ برابر)، و سناریوی حداکثر (۵/۵۴ برابر) مورد بررسی قرار گرفته است. در سال اول، تفاوت بین این سناریوها نسبتاً اندک است و جمعیت سگ ها در بازه ای بین حدود ۱'۲۵۴'۷۰۰ تا ۱'۲۹۶'۹۰۰ رأس قرار دارد. اما با گذشت زمان، این اختلاف به صورت تصاعدی افزایش می یابد؛ به طوری که در سال دهم، جمعیت سگ های ولگرد در سناریوی حداقل به حدود ۳'۵۸۶'۹۰۰ رأس می رسد، در حالی که در سناریوی پایه این عدد ۵'۰۷۶'۶۰۰ رأس و در سناریوی حداکثر ۵'۸۵۱'۶۰۰ رأس برآورد می شود. این اختلاف بیش از ۲/۲ میلیون رأس در پایان دوره، اهمیت حیاتی کنترل نرخ رشد جمعیت را برجسته می سازد.

در جدول شماره ۲، تعداد سگ های آلوده به توکسوکاریزیس طی همین بازه زمانی و بر اساس ترکیب سه نرخ رشد جمعیت (حداقل، پایه، حداکثر) و سه نرخ افزایش سالیانه شیوع بیماری (۰/۵ درصد، ۱ درصد، ۲ درصد) محاسبه شده است. در سال اول، تعداد سگ های آلوده در سناریوی پایه با شیوع ۱ درصد حدود ۲۱۳'۸۵۰ رأس است، در حالی که در سناریوی حداقل با شیوع ۰/۵ درصد این عدد ۲۰۳'۳۵۰ رأس و در سناریوی حداکثر با شیوع ۲ درصد حدود ۲۲۹'۷۰۰ رأس برآورد می شود. با گذشت زمان، این تفاوت ها به صورت چشمگیری افزایش می یابد. در سال دهم، تعداد سگ های آلوده در سناریوی حداقل با شیوع ۰/۵ درصد حدود ۷۴۲'۵۰۰ رأس است، در حالی که در سناریوی پایه با شیوع ۱ درصد این عدد به ۱'۳۰۶'۷۰۰ رأس و در سناریوی حداکثر با شیوع ۲ درصد به بیش از ۲'۱۷۳'۲۶۰ رأس می رسد. تصویر شماره ۱ روند ۱۰ ساله تعداد سگ های آلوده به توکسوکاریزیس بر اساس سه سناریوی افزایش سالیانه شیوع بیماری: ۰/۵ درصد (نمودار ۱)، ۱ درصد (نمودار ۲)، و ۲ درصد (نمودار ۳) را نشان می دهد (شکل ۳).



شکل ۱. روند ۱۰ ساله تعداد سگ های آلوده به توکسوکاریزیس بر اساس سه سناریوی افزایش سالیانه شیوع بیماری: ۰/۵ درصد (نمودار ۱)، ۱ درصد (نمودار ۲)، و ۲ درصد (نمودار ۳)



جدول ۱. پیش‌بینی ۱۰ ساله جمعیت سگ‌های ولگرد در سناریوهای پایه، حداقل و حداکثر (تحلیل حساسیت با تغییر ۲۰ درصد نرخ رشد) در ایران

سال مورد بررسی	رشد حداقل (۳/۷ ×)	رشد پایه (۴/۶۲ ×)	رشد حداکثر (۵/۵۴ ×)
۱	۱'۲۵۴'۷۰۳	۱'۲۸۰'۵۵۶	۱'۲۹۶'۹۶۲
۲	۱'۴۰۸'۷۵۸	۱'۴۹۲'۳۲۳	۱'۵۳۱'۹۸۱
۳	۱'۵۸۲'۸۷۰	۱'۷۳۹'۱۱۰	۱'۸۰۹'۴۵۳
۴	۱'۷۷۹'۶۵۱	۲'۰۲۶'۷۰۸	۲'۱۳۷'۶۸۲
۵	۲'۰۰۱'۱۳۶	۲'۳۶۱'۸۶۷	۲'۵۲۶'۵۲۰
۶	۲'۲۴۹'۸۳۷	۲'۷۵۲'۴۵۱	۲'۹۸۷'۵۲۲
۷	۲'۵۲۸'۷۹۴	۳'۲۰۷'۶۲۷	۳'۵۳۴'۰۶۶
۸	۲'۸۴۱'۶۳۷	۳'۷۳۸'۰۷۵	۴'۱۸۱'۵۰۹
۹	۳'۱۹۲'۶۸۲	۴'۳۵۶'۲۴۴	۴'۹۴۷'۳۸۶
۱۰	۳'۵۸۶'۹۴۶	۵'۰۷۶'۶۴۱	۵'۸۵۱'۶۶۳

جدول شماره ۲: پیش‌بینی تعداد سگ‌های آلوده به توکسوکاریازیس طی ۱۰ سال آینده بر اساس سناریوهای مختلف رشد جمعیت و افزایش شیوع بیماری در ایران

سال مورد بررسی	افزایش شیوع ۵/۰ درصد سالیانه			افزایش شیوع ۱ درصد سالیانه			افزایش شیوع ۲ درصد سالیانه		
	نرخ رشد	نرخ رشد	نرخ رشد	نرخ رشد	نرخ رشد	نرخ رشد	نرخ رشد	نرخ رشد	نرخ رشد
	۳/۷	۴/۶۲	۵/۵۴	۳/۷	۴/۶۲	۵/۵۴	۳/۷	۴/۶۲	۵/۵۴
۱	۲۰۳'۳۵۲	۲۰۷'۴۴۱	۲۱۰'۱۲۰	۲۰۹'۷۳۵	۲۱۳'۸۵۳	۲۱۶'۶۲۴	۲۲۲'۰۸۱	۲۲۶'۶۶۳	۲۲۹'۷۰۳
۲	۲۳۵'۲۶۴	۲۴۹'۲۲۲	۲۵۶'۸۴۲	۲۴۹'۳۴۹	۲۶۳'۱۹۹	۲۷۱'۱۵۷	۲۷۷'۵۲۵	۲۹۳'۹۹۶	۳۰۱'۷۹۶
۳	۲۷۲'۲۰۹	۲۹۸'۷۲۶	۳۱۰'۰۲۵	۲۹۶'۹۵۷	۳۲۵'۲۱۴	۳۳۸'۳۶۷	۳۴۳'۴۸۹	۳۷۷'۳۸۲	۳۹۲'۶۵۱
۴	۳۱۵'۳۷۰	۳۵۸'۷۲۶	۳۷۸'۴۱۷	۳۵۰'۶۴۳	۳۹۸'۲۵۷	۴۲۰'۴۵۶	۴۲۱'۷۳۸	۴۸۰'۳۲۷	۵۰۷'۶۳۹
۵	۳۶۴'۲۰۶	۴۲۹'۸۴۴	۴۵۹'۸۲۸	۴۱۴'۲۳۵	۴۸۸'۹۰۶	۵۲۳'۹۹۰	۵۱۴'۲۹۲	۶۰۷'۰۱۵	۶۴۹'۳۱۴
۶	۴۲۰'۸۷۲	۵۱۴'۷۱۶	۵۵۸'۶۵۴	۴۸۸'۴۲۰	۵۹۷'۲۸۲	۶۴۸'۲۸۷	۶۲۳'۲۵۸	۷۶۱'۹۳۲	۸۲۷'۴۸۱
۷	۴۸۵'۵۲۳	۶۱۶'۰۶۶	۶۷۸'۵۵۱	۵۷۴'۰۲۴	۷۲۸'۱۳۱	۸۰۲'۲۳۵	۷۵۱'۰۵۶	۹۵۲'۸۶۷	۱'۰۴۹'۶۱۷
۸	۵۶۰'۸۰۴	۷۳۶'۶۱۰	۸۲۳'۷۵۵	۶۷۳'۴۶۲	۸۸۵'۹۲۴	۹۹۱'۱۳۸	۹۰۱'۷۹۴	۱'۱۸۵'۱۸۰	۱'۳۲۵'۶۶۲



۹	۶۴۴'۹۱۸	۸۸۰'۷۶۱	۹۹۹'۳۷۳	۷۸۸'۵۶۴	۱'۰۷۵'۹۹۲	۱'۲۲۲'۰۱۳	۱'۰۷۵'۴۹۸	۱'۴۶۸'۰۴۸	۱'۶۶۷'۲۶۳
۱۰	۷۴۲'۵۰۴	۱'۰۵۱'۸۶۷	۱'۲۶۰'۸۸۸	۹۲۱'۸۲۳	۱'۳۰۶'۶۹۷	۱'۵۶۴'۴۹۰	۱'۲۸۰'۵۴۸	۱'۸۱۲'۳۱۴	۲'۱۷۳'۲۶۴

بحث

نتایج حاصل از مدل سازی دینامیک جمعیت سگ های ولگرد در ایران نشان داد که در صورت عدم اجرای مداخلات کنترلی، از جمله عقیم سازی و ساماندهی حیوانات بدون صاحب، جمعیت این حیوانات طی ده سال آینده با روندی تصاعدی افزایش خواهد یافت. بر اساس جدول شماره ۱، حتی در سناریوی حداقلی (نرخ رشد ۳/۷ برابر در ۱۰ سال)، جمعیت سگ های ولگرد از حدود ۱/۲۵ میلیون رأس در سال اول به بیش از ۳/۵۸ میلیون رأس در سال دهم خواهد رسید. این عدد در سناریوی پایه به بیش از ۵ میلیون و در سناریوی حداکثر به حدود ۵/۸۵ میلیون رأس می رسد، که نشان دهنده اختلافی بیش از ۲/۲ میلیون رأس در پایان دوره است. این اختلاف چشمگیر، اهمیت حیاتی کنترل نرخ رشد جمعیت را برجسته می سازد.

در کنار این رشد جمعیت، افزایش تدریجی شیوع بیماری توکسوکاریازیس نیز به وضوح مشاهده می شود. جدول شماره ۲ و تصویر شماره ۱ نشان می دهند که در ترکیب سناریو های مختلف نرخ رشد و نرخ افزایش سالیانه شیوع بیماری (۰/۵ درصد، ۱ درصد، ۲ درصد)، تعداد سگ های آلوده به صورت چشمگیری افزایش می یابد. به عنوان نمونه، در سناریوی پایه با شیوع ۱ درصد، تعداد سگ های آلوده از حدود ۲۱۳'۸۵۰ رأس در سال اول به بیش از ۱'۳۰۶'۷۰۰ رأس در سال دهم می رسد. در سناریوی حداکثر با شیوع ۲ درصد، این عدد به بیش از ۲'۱۷۳'۲۶۰ رأس افزایش می یابد. این روند افزایشی، به ویژه در مناطق فاقد زیر ساخت های دامپزشکی و بهداشتی، می تواند منجر به آلودگی گسترده خاک و افزایش مواجهه انسانی با تخم های انگل شود.

مقایسه این نتایج با مطالعات مشابه در سایر کشورها، تصویری روشن تر از وضعیت اپیدمیولوژیک توکسوکاریازیس ارائه می دهد. در مطالعه ای در نیجریه (۲۴)، شیوع توکسوکاریازیس در سگ های ولگرد تا ۴۳ درصد گزارش شده است، که نشان دهنده بار بالای بیماری در مناطق گرمسیری با تراکم بالای حیوانات ولگرد و ضعف زیر ساخت های بهداشتی است (۲۵). در جنوب شرق آسیا نیز، مطالعاتی در اندونزی و فیلیپین شیوعی بالای ۲۴ درصد را در سگ های بدون صاحب نشان داده اند (۲۶ و ۲۷). این ارقام با سناریوی پایه مدل ایران (۳۲/۲ درصد) هم خوانی دارند و نشان می دهند که در صورت عدم مداخله، ایران نیز می تواند به چنین سطحی از آلودگی برسد. رشد بی رویه جمعیت سگ های ولگرد در غیاب سیاست های پایدار در بسیاری از شهرهای ایران، نبود برنامه های منسجم عقیم سازی و ساماندهی، موجب رشد تصاعدی جمعیت سگ های ولگرد شده است. این وضعیت در استان های جنوب شرق، غرب و حاشیه کلان شهرها به طور خاص مشهود است و با افزایش مواجهه انسانی با حیوانات ولگرد همراه است. هر چند که شرایط محیطی مانند رطوبت خاک، سایه دار بودن و شرایط اقلیمی می تواند در دوام محیطی تخم توکسوکارا موثر باشد. تنوع اقلیمی از مناطق مرطوب شمالی تا نواحی خشک مرکزی و گرم جنوبی، می تواند بر بقای تخم های توکسوکارا در خاک تأثیرگذار باشد. به ویژه در مناطق سایه دار و مرطوب، شرایط برای رسیدن تخم ها به مرحله لاروی و بقای طولانی تر آن ها مساعد تر است.



مطالعات اپیدمیولوژیک انجام شده در ایران نشان می‌دهند که شیوع توکسوکاریازیس در سگ‌های ولگرد و انسان‌ها، به ویژه در مناطق با تماس زیاد با خاک آلوده، قابل توجه است. بر اساس مرور نظام مند اخیر، میانگین شیوع این بیماری در ایران حدود ۱۵/۷ درصد گزارش شده است، در حالی که دامنه آن بسته به منطقه جغرافیایی، شرایط اقلیمی، و روش‌های تشخیصی بین ۹/۴ درصد تا ۲۳/۲ درصد متغیر است. در این میان، توجه به شرایط اقلیمی و محیطی کشور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؛ تخم‌های انگل توکسوکارا در محیط‌های مرطوب، سایه دار و نسبتاً خنک، قابلیت زنده ماندن و رسیدن به مرحله لاروی را برای مدت طولانی حفظ می‌کنند. این ویژگی موجب می‌شود که مناطق شمالی و غربی ایران، به ویژه استان‌هایی مانند گیلان، مازندران، اردبیل و بخش‌هایی از آذربایجان، مستعد شیوع بالاتر بیماری باشند. در این مناطق، رطوبت نسبی بالا، پوشش گیاهی متراکم، و حضور سگ‌های ولگرد در فضاهای عمومی مانند پارک‌ها و حاشیه شهرها، شرایط مناسبی برای آلودگی خاک و انتقال بیماری فراهم می‌سازد. در مقابل، در نواحی خشک و گرم جنوب شرق کشور، اگرچه زنده ماندن تخم‌ها محدودتر است، اما تماس مستقیم انسان با خاک آلوده، ضعف زیرساخت‌های بهداشتی، و حضور گسترده سگ‌های ولگرد همچنان می‌تواند منجر به شیوع قابل توجه بیماری شود. استان‌هایی مانند سیستان و بلوچستان و فارس از جمله مناطقی هستند که شیوع قابل توجه‌ای را نشان داده‌اند. عواملی مانند نبود برنامه‌های منسجم کنترل حیوانات، تماس مستقیم کودکان با خاک، و ضعف آموزش عمومی در زمینه بیماری‌های زئونوز، از جمله دلایل اصلی گسترش توکسوکاریازیس در کشور محسوب می‌شوند. (۲۸ و ۲۹). این تنوع منطقه‌ای نشان‌دهنده تأثیر عوامل اقلیمی، فرهنگی و مدیریتی بر شیوع بیماری است. مدل حاضر با تعمیم داده‌های منطقه‌ای به سطح ملی، توانسته است میانگین قابل قبولی از وضعیت فعلی ارائه دهد و روند آینده را در شرایط عدم مداخله شبیه‌سازی کند. در برخی مناطق محروم کشور، دسترسی محدود به خدمات دامپزشکی و بهداشت حیوانات، کنترل بیماری‌های زئونوز را دشوار کرده است.

در مجموع، یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهند که بدون مداخلات هدفمند، روند شیوع توکسوکاریازیس در سگ‌های ولگرد ایران به طور نگران‌کننده‌ای افزایش خواهد یافت. این وضعیت نه تنها سلامت حیوانات بلکه سلامت انسان‌ها و محیط زیست را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین، اتخاذ رویکردهای چندجانبه، از جمله آموزش عمومی، ساماندهی حیوانات ولگرد، و تقویت همکاری بین‌بخشی، برای کنترل مؤثر این بیماری زئونوز ضروری است (۱۴ و ۳۰).

با توجه به نتایج مدل‌سازی، به نظر می‌رسد که شرایط اپیدمیولوژیک و مدیریتی ایران در حال حاضر به سناریوی حداکثر نزدیک‌تر است. این موضوع را می‌توان به چند عامل نسبت داد: نخست، پوشش محدود و ناپیوسته برنامه‌های عقیم‌سازی و کنترل جمعیت سگ‌های ولگرد در بسیاری از مناطق کشور، که منجر به رشد مداوم جمعیت این حیوانات شده است. دوم، فقدان نظام یکپارچه ثبت و گزارش موارد بیماری در انسان و حیوان، که مانع از پایش دقیق و مداخلات هدفمند می‌شود. در مقایسه، کشورهایی مانند ترکیه و برزیل با اجرای برنامه‌های منسجم عقیم‌سازی، درمان انگلی دوره‌ای، و آموزش عمومی، توانسته‌اند روند شیوع بیماری را کنترل کنند (۳۱ و ۳۲). بنابراین، در صورت عدم مداخله مؤثر، ایران ممکن است با افزایش قابل توجه بار بیماری مواجه شود، که این امر ضرورت سیاست‌گذاری مبتنی بر شواهد را دوچندان می‌سازد.



با وجود تلاش برای مدل سازی واقع گرایانه، این مطالعه با محدودیت هایی همراه است که باید در تفسیر نتایج مدنظر قرار گیرند. نخست، داده های مورد استفاده برای نرخ رشد جمعیت از مطالعه منطقه ای استخراج شده و تعمیم آن ها به سطح ملی ممکن است با خطا همراه باشد، به ویژه با توجه به تفاوت های اقلیمی، فرهنگی، مدیریتی و زیست محیطی در مناطق مختلف کشور. دوم، نرخ های رشد و شیوع بیماری در مدل به صورت ثابت یا خطی در نظر گرفته شده اند، در حالی که در واقعیت، این پارامتر ها تحت تأثیر عوامل پویا مانند مداخلات بهداشتی، تغییرات جمعیتی، و نوسانات فصلی قرار دارند. سوم، فقدان داده های سراسری و یکپارچه در سطح ملی، اعتبار سنجی مدل را محدود کرده و نتایج را در قالب سناریو های فرضی ارائه می دهد. طراحی مطالعات آینده نیازمند داده های دقیق تر، مدل سازی چند سطحی، و ارزیابی مداخلات کنترلی در شرایط واقعی خواهد بود.

نتیجه گیری کلی و پیشنهادها

نتایج این مطالعه نشان می دهد که در صورت عدم اجرای مداخلات کنترلی، جمعیت سگ های ولگرد ایران طی ده سال آینده می تواند تا بیش از پنج برابر افزایش یابد و تعداد موارد آلودگی به توکسوکاریازیس به بیش از دو میلیون رأس برسد. این روند، به ویژه در سناریو های ترکیبی با نرخ های بالای رشد جمعیت و شیوع بیماری، بار اپیدمیولوژیک قابل توجهی ایجاد خواهد کرد. مدل سازی انجام شده نشان داد که تفاوت بین سناریوهای حداقل و حداکثر، منجر به اختلافی بیش از ۱/۴ میلیون رأس سگ آلوده در پایان دوره می شود.

در مجموع، مدل حاضر با تعمیم داده های منطقه ای به سطح ملی، تصویری از آینده اپیدمیولوژیک توکسوکاریازیس ارائه می دهد و بر اهمیت سیاست گذاری مبتنی بر سلامت واحد برای کنترل مؤثر این بیماری زئونوز تأکید می کند. بر اساس برآوردهای مدل، برای کنترل مؤثر رشد جمعیت سگ های ولگرد، اجرای برنامه عقیم سازی سالانه برای حداقل ۲۰ درصد از سگ های مولد (حدود ۱۵۰'۰۰۰ رأس در سطح ملی) توصیه می شود. همچنین، درمان انگلی دوره ای برای حداقل ۳۰ درصد از سگ های در معرض خطر می تواند شیوع بیماری را به طور قابل توجهی کاهش دهد.

تقدیر و تشکر

بدینوسیله از دانشگاه علوم پزشکی کرمان تشکر و قدردانی می گردد.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسنده، این مقاله هیچگونه تعارض منافع ندارد.

فهرست منابع

- [1] Rodriguez-Morales AJ, Jaramillo-Montoya IC, Hermosa-Sanchez JM, et al. Toxocariasis: An Overlooked Neglected Tropical Disease in Latin America. *Revista del Cuerpo Médico Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo*. 2025;18(1):e2835-e2835.
- [2] Yoshida A, Hamilton CM, Pinelli E, Holland CV. Toxocariasis. *Helminth Infections and their Impact on Global Public Health*. 2022:569-605.
- [3] Dubná S, Langrová I, Jankovská I, et al. Contamination of soil with *Toxocara* eggs in urban (Prague) and rural areas in the Czech Republic. *Veterinary Parasitology*. 2007;144(1-2):81-86.



- [4] Azam D, Ukpai OM, Said A, Abd-Allah GA, Morgan ER. Temperature and the development and survival of infective *Toxocara canis* larvae. *Parasitology Research*. 2012;110(2):649-656.
- [5] Hotez PJ. Toxocariasis: A neglected infection for the Anthropocene epoch. *Adv Parasitol*. 2020;109:879-883. doi:10.1016/bs.apar.2020.03.004
- [6] Nijse R, Overgaauw P, Ploeger H, Mughini-Gras L. Sources of environmental contamination with *Toxocara* spp.: an omnipresent parasite. *Advances in Parasitology*. 2020;109:585-614.
- [7] Pourshahbazi G, Khanahmad H, Khadivi R, et al. Environmental Contamination of Different Areas of Isfahan Province of Iran with *Toxocara* spp. Eggs using Molecular Methods. *Adv Biomed Res*. 2022;11:72. doi:10.4103/abr.abr_36_22
- [8] Maleki B, Khorshidi A, Gorgipour M, Mirzapour A, Majidiani H, Foroutan M. Prevalence of *Toxocara* spp. eggs in soil of public areas in Iran: a systematic review and meta-analysis. *Alexandria Journal of Medicine*. 2018;54(2):97-101.
- [9] Mazhab-Jafari K, Zibaei M, Maraghi S, et al. Prevalence of *Toxocara* eggs in the soil of public parks of Khorramshahr city, southwest Iran. *Ann Parasitol*. 2019;65(4):351-356. doi:10.17420/ap6504.220
- [10] Mohaghegh MA, Rezaeiemanesh MR, Resketi MA, et al. High contamination of soil with *Toxocara* spp. eggs in the north of Iran. *Ann Parasitol*. 2021;67(4):715-721. doi:10.17420/ap6704.388
- [11] Raissi V, Raiesi O, Etemadi S, et al. Environmental soil contamination by *Toxocara* species eggs in public places of Ilam, Iran. *Ann Agric Environ Med*. Mar 17 2020;27(1):15-18. doi:10.26444/aaem/118130
- [12] Rostami A, Riahi SM, Hofmann A, et al. Global prevalence of *Toxocara* infection in dogs. *Adv Parasitol*. 2020;109:561-583. doi:10.1016/bs.apar.2020.01.017
- [13] Strube C, Heuer L, Janecek E. *Toxocara* spp. infections in paratenic hosts. *Veterinary Parasitology*. 2013;193(4):375-389.
- [14] Ebrahimipour M, Parsa H, Kianifard N, Nasibi S, Rostami A. Understanding the research and practical needs required to control toxocariasis in Iran. *Parasite Epidemiology and Control*. 2024;25:e00351.
- [15] Holland C. Knowledge gaps in the epidemiology of *Toxocara*: the enigma remains. *Parasitology*. 2017;144(1):81-94.
- [16] Rostami A, Riahi SM, Holland CV, et al. Seroprevalence estimates for toxocariasis in people worldwide: A systematic review and meta-analysis. *PLoS neglected tropical diseases*. 2019;13(12):e0007809.
- [17] Rostami A, Sepidarkish M, Ma G, et al. Global prevalence of *Toxocara* infection in cats. *Adv Parasitol*. 2020;109:615-639. doi:10.1016/bs.apar.2020.01.025
- [18] Ma G, Rostami A, Wang T, Hofmann A, Hotez PJ, Gasser RB. Global and regional seroprevalence estimates for human toxocariasis: A call for action. *Advances in Parasitology*. 2020;109:275-290.
- [19] Zibaei M, Hatami Z, Firoozeh F, et al. Molecular investigation of *Toxocara* infection from the serum of people living with HIV in Alborz, Iran. *BMC Infect Dis*. May 3 2023;23(1):275. doi:10.1186/s12879-023-08250-8
- [20] Shamsaddini S, Ahmadi Gohari M, Kamyabi H, et al. Dynamic modeling of female neutering interventions for free-roaming dog population management in an urban setting of southeastern Iran. *Scientific reports*. 2022;12(1):4781.
- [21] Yousefi E, Rokni MB, Hazrati Tappeh K, et al. Seroprevalence of *Toxocara* Infection in Association with Different Risk Factors among Children of 4-12 Years Old Referred to Some Medical Centers in Aras Free Zone, Northwest Iran. *Iran J Public Health*. Jul 2020;49(7):1307-1315. doi:10.18502/ijph.v49i7.3584
- [22] Akhtardanesh B, Mostafavi M, Khedri J, Fakhri A, Sharifi I, Shahraki MK. Seroepidemiology of visceral leishmaniasis among free-roaming dogs and children in Zahedan city, southeast of Iran, 2018–2020. *Elsevier*; 2021. p. 105234.
- [23] Erofeeva VV, Vasenev V. Influence of environmental factors on the development and survival of *Toxocara* sp. eggs in various soil substrates. *Springer*; 2020:52-57.
- [24] Hartnack S, Alogo G, Kankya C. Toxocariasis in Africa: a one health perspective. 2017. p. 3-4.
- [25] Omonijo A, Kalinda C, Mukaratirwa S. A systematic review and meta-analysis of canine, feline and human *Toxocara* infections in sub-Saharan Africa. *Journal of helminthology*. 2020;94:e96.
- [26] Abadilla MEG, Paller VGV. *Toxocara canis* prevalence in soil, dog stool, and human serum samples from a rural village in Los Baños, Laguna, Philippines. *Journal of parasitic diseases*. 2022;46(3):889-895.
- [27] Ridwan Y, Sudarnika E, Dewi TIT, Budiono NG. Gastrointestinal helminth parasites of pets: Retrospective study at the veterinary teaching hospital, IPB University, Bogor, Indonesia. *Veterinary World*. 2023;16(5):1043.



- [28] Abbaszadeh Afshar MJ, Zahabiun F, Heydarian P, et al. A systematic review and meta-analysis of toxocariasis in Iran: is it time to take it seriously? *Acta Parasitologica*. 2020;65:569-584.
- [29] Eslahi AV, Badri M, Khorshidi A, et al. Prevalence of *Toxocara* and *Toxascaris* infection among human and animals in Iran with meta-analysis approach. *BMC Infect Dis*. Jan 7 2020;20(1):20. doi:10.1186/s12879-020-4759-8
- [30] Aklilu H, Engdawork A. Prevalence of *Toxocara canis* and assessment of knowledge, attitude, and practices of the community in Bishoftu town, central Ethiopia. *Archives of Veterinary Medicine*. 2024;17(1):31-49.
- [31] Gebara R. Different successful initiatives in dog population management programs in Brazil. 2016;
- [32] Middle East Vegan Society. Street dogs in Turkey: New law and the fight for humane treatment [Internet]. 2024 [cited 2025 Oct 15]. Available from: <https://www.middleeastvegansociety.org/blog/street-dogs-in-turkey-new-law-and-the-fight-for-humane-treatment>



"This journal is following of Committee on Publication Ethics (COPE) and complies with the highest ethical standards in accordance with ethical laws". This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited Copyright © 2023 Zoonosis.



Research Article



Forecasting Toxocariasis Prevalence in Iranian Stray Dogs Using Dynamic Population Modeling and Integrated Growth–Prevalence Scenarios

Mohammad Ebrahimipour*

1. Research Center for Hydatid Disease in Iran, Institute of Infectious Diseases and Tropical Medicine, Afzalipour School of Medicine, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran.



*Corresponding author: md.ebrahimi31@gmail.com

Received: 2025/09/27

Accepted: 2025/10/18

Abstract

Toxocariasis is a significant zoonotic disease transmitted from animals to humans, primarily through the highly resilient eggs of *Toxocara canis* released into the environment by infected dogs. Stray dogs, as the definitive hosts, play a critical role in environmental contamination. With the growing population of stray dogs in Iran, the risk of human exposure to contaminated soil is increasing, thereby constituting an emerging public health concern. This study aimed to forecast the 10-year trend of toxocariasis prevalence among stray dogs in Iran using dynamic population modeling integrated with regional epidemiological data. Three population growth scenarios were evaluated (minimum: 3.7-fold, baseline: 4.62-fold, and maximum: 5.54-fold increase over 10 years), along with three annual prevalence escalation rates (0.5%, 1%, and 2%). The initial stray dog population was estimated at approximately 1,098,840 animals. In the absence of control measures, projections indicated that the stray dog population could exceed 5,850,000 by year ten under the maximum growth scenario. Concurrently, the mean prevalence of toxocariasis was predicted to increase from 15.7% in the first year to 24.7% in the tenth year. Depending on the modeled scenario, the number of infected dogs was estimated to range from approximately 742,500 (minimum growth with 0.5% annual prevalence increase) to more than 2,173,260 (maximum growth with a 2% annual prevalence increase). This difference of over 1.4 million cases highlights the substantial impact of population dynamics and rising prevalence on the epidemiological burden. Overall, the findings suggest that, without effective control interventions, Iran's stray dog population could increase more than fivefold over the next decade, with toxocariasis infections exceeding two million cases. Under scenarios combining rapid population growth and increasing disease prevalence, this trend would impose a considerable public health burden. Therefore, implementing multisectoral strategies—including stray dog population management, regular deworming programs, public education, and strengthened intersectoral collaboration—is essential to reduce transmission and protect public health.

Keywords: trend, toxocariasis, visceral larva migrans, zoonosis, Iran.

How to cite this article: Ebrahimipour M. Forecasting Toxocariasis Prevalence in Iranian Stray Dogs Using Dynamic Population Modeling and Integrated Growth–Prevalence Scenarios. *Journal of Zoonosis*. 2023; 3 (4):37-48.