



## تعیین سطح خدمات بهینه در قراردادهای حمل و نقل مبتنی بر B.O.T بر اساس مدل ژانگ (مطالعه موردی: قرارداد بلیط الکترونیکی ناوگان حمل و نقل تهران)

محمد کیان<sup>۱</sup>

بابک حاجی کریمی<sup>۲</sup>

محمد مهدی مظفری<sup>۳</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۱۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۱۲

### چکیده

پروژه‌های حمل‌ونقل عمومی در سراسر دنیا امروزه توسط شرکت‌های خصوصی و از طریق قراردادهای B.O.T در حال انجام است. با توجه به اینکه هزینه‌های پروژه‌های حمل‌ونقل قابل توجه می‌باشد، شرکت‌های خصوصی با پرداخت این هزینه‌ها و تأمین بودجه احداث پروژه کمک شایانی در ساخت این پروژه‌ها انجام می‌دهند. دغدغه اصلی که تحقیق حاضر را بسیار حائز اهمیت می‌کند ریسک بالای پروژه‌های B.O.T است که سبب می‌گردد اجرای این پروژه‌ها با مشکل جدی مواجه شود. به‌طور طبیعی، با کاهش درآمد شرکت طرف قرارداد، ریسک پروژه افزایش یافته و احتمال ترک پیمان و یا بروز دعاوی نیز بالا می‌رود. با بهینه کردن سطح خدمت از طرف دولت، امکان درآمدزایی بیشتر به وجود آمده که علاوه بر کاهش ریسک ضررهای مالی، باعث افزایش میل به اجرای انواع پروژه‌ها در غالب B.O.T می‌گردد. چهار عامل عوارض، ظرفیت پروژه، یارانه دولتی، دوره اعطای امتیاز مشخصه اصلی قراردادهای B.O.T می‌باشند که سود و زیان شرکت‌های خصوصی طرف قرارداد با دولت را مشخص می‌نمایند؛ اما در این میان یک فاکتور قابل تنظیم به نام سطح خدمت وجود دارد که می‌تواند تا حد قابل توجهی بر قراردادهای B.O.T تأثیرگذار باشد. با بررسی یک مدل ریاضی ارائه شده توسط ژانگ، میزان تأثیر این پارامتر بر سایر عوامل و در نتیجه سود و زیان شرکت خصوصی در قرارداد بلیط الکترونیک ناوگان حمل‌ونقل تهران بررسی گردید.

۱- گروه مدیریت صنعتی، مدیریت مالی، واحد اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اهر، ایران. Kianmohammad1355@gmail.com

۲- گروه مدیریت صنعتی، واحد اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اهر، ایران، نویسنده مسئول. hajikarimibabak@gmail.com

۳- گروه مدیریت صنعتی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران. Mozaffari@soc.ikiu.ac.ir

نتایج نشان داد سطح خدمت بالاتر منجر به افزایش ظرفیت پروژه، میزان عوارض کل بالاتر، تقاضای غیرقطعی بیشتر و متعاقباً افزایش سطح رفاه اجتماعی گردد، درعین حال از یک نقطه به بعد سبب کاهش سود شرکت خصوصی طرف قرارداد می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** قراردادهای B.O.T، مدل ژانگ، سطح خدمت، قرارداد بلیط الکترونیک ناوگان حمل و نقل تهران.

طبقه بندی JEL: M14, G28, M41, L12

#### ۱- مقدمه

زیرساخت‌ها به‌عنوان استخوان‌بندی در هر جامعه‌ای در نظر گرفته می‌شوند. بزرگ‌راه‌ها، خطوط ریلی برون و درون شهری، بندرها، پل‌ها، سازه‌های هیدرولیکی، نیروگاه، تونل‌ها و امکانات شهری از جمله مهم‌ترین زیرساخت‌ها محسوب می‌گردند (ژانگ و کوماراساومی،<sup>۱</sup> ۲۰۰۱). با توجه به هزینه‌بر بودن و از طرفی لزوم توسعه زیرساخت‌ها در هر کشور لازم است تا بودجه کافی جهت ساخت و نگهداری این پروژه‌ها از سوی دولت تأمین گردد. با این حال، در پاره‌ای از اوقات کمبود بودجه مانعی بر سر راه احداث زیرساخت‌ها و توسعه آن‌ها می‌باشد (ژانگ، ۲۰۰۴).

تداوم رشد اقتصادی ایران، مانند سایر کشورهای در حال توسعه، نیازمند ایجاد و توسعه تأسیسات زیربنایی کشور است. به همین دلیل در چهار برنامه توسعه اقتصادی کشور، سرمایه‌گذاری زیادی بر روی زیربنای انجام گرفته است. در کشور ایران، هزینه‌های بالا و همچنین مدت‌زمان طولانی موردنیاز جهت اجرای پروژه‌های حیاتی به‌عنوان مهم‌ترین عامل در عدم اجرا یا تأخیر در این نوع پروژه‌ها محسوب می‌گردند؛ بنابراین در کشور ایران نیز همانند سایر کشورهای دیگر جهت تسریع در اجرای پروژه‌های زیرساختی به بخش خصوصی روی آورده شده است. از همین رو در سال‌های اخیر ضمن درک این واقعیت که منابع دولتی جوابگوی نیازهای کشور نیست، جهت دستیابی به توسعه پایدار اقتصادی از بخش خصوص در توسعه طرح‌های زیر بنایی استفاده شده و سیاست خصوصی‌سازی و کاهش حجم دولت به‌عنوان یکی از سیاست‌های اصلی اقتصادی موردتوجه قرار گرفته است، به‌طوری که با ابلاغ سیاست‌های اصل ۴۴ قانون اساسی و تعیین حدود فعالیت‌های اقتصادی توسط دولت، ضرورت خصوصی‌سازی آشکار شده و فرایند آن در کشور جدی شده است (مزارعی، ۱۳۹۵).

یکی از متداول‌ترین و موفقیت‌آمیزترین روش‌های مشارکت بخش خصوصی در پروژه‌های دولتی روش B.O.T<sup>۲</sup> به معنای ساخت، بهره‌برداری و واگذاری است. در این روش بخش خصوصی وظیفه

طراحی، ساخت پروژه را بر عهده داشته و تأمین مالی پروژه را بر عهده می‌گیرد. در مقابل دولت به شرکت طرف قرارداد امتیاز بهره‌برداری را برای مدت معینی از پروژه می‌دهد تا بخش خصوصی با برداشت از درآمد پروژه (مانند عوارض راه، فروش برق نیروگاه و ...) سرمایه‌گذاری اولیه انجام‌شده با سود احتمالی مدنظر را کسب نماید و پس از منقضی شدن مدت امتیاز، تأسیسات را به دولت واگذار نماید (مزارعی، ۱۳۹۵). با اجرای پروژه به روش B.O.T، دولت بخش عظیمی از ریسک‌های مربوط به پروژه را به بخش خصوصی منتقل کرده، خود را از بار سنگین مدیریت و هماهنگی‌های لازم رها کرده و می‌تواند توسعه تأسیسات زیر بنایی خود را بدون اتکا به بودجه عمومی و یا تحمیل فشار و وام‌های خارجی دنبال کند. با این روش سرمایه‌های بخش خصوصی جذب‌شده که در صورت موفقیت، می‌تواند موجب تشویق سرمایه‌گذاران خارجی برای حضور در بازار محلی گردد (راهنمای پمبوک، ۲۰۰۴<sup>۳</sup>).

روش B.O.T به‌عنوان سیستم اجرای پروژه و سرمایه‌گذاری بخش خصوصی، در حالی مورد توجه متخصصان و کارشناسان قرار گرفته است که دولت جمهوری اسلامی ایران بر اساس بند ث و بند غ تبصره‌ی دو ماده‌ای بودجه سال ۸۴ و در اجرای ماده‌ی ۱۳ قانون چهارم توسعه‌ی اقتصادی اجتماعی و فرهنگی کشور مجاز به تأمین و تضمین منابع مالی از بازارهای سرمایه‌گذاری و در قالب قراردادهای تأمین مالی پروژه‌ها و یا مشارکت در آن‌ها و همچنین قرارداد تسهیلات مالی با تأمین‌کنندگان منابع مالی مشتمل بر پیمانکار و یا سازنده‌ی طرح، اشخاص حقوقی ایرانی، بانک‌ها و سایر مؤسسات اعتباری مالی و پولی شده است. همچنین طبق ماده‌ی ۱۳ قانون چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور (قانون برنامه چهارم توسعه، ۱۳۸۳) به دولت اجازه داده شده است از تسهیلات بلندمدت خارجی به‌منظور رشد اقتصاد ملی دانایی محور در تعامل با اقتصاد جهانی استفاده نماید. به همین دلیل دولت ایران پروژه‌های زیادی را برای اجرا به این روش پیشنهاد نموده است.

یک پروژه موفق فارغ از نحوه اجرای آن، پروژه‌ای است که تمامی طرف‌های پروژه که در فرایند انجام آن نقش داشته‌اند به منافع و سود پیش‌بینی‌شده خود برسند، چراکه در غیر این صورت، عدم منفعت یک طرف موجب برهم خوردن تعادل و در نتیجه به خطر افتادن کل پروژه می‌شود. این موضوع در پروژه‌های B.O.T به دلیل کثرت طرفین و تنوع معیارها، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، به طوری که از دید اصولی یک پروژه B.O.T موفق نتیجه شده از موفقیت خود پروژه، رضایت کنسرسیوم و محیط اقتصادی و سیاسی کشور میزبان است.

هنگامی که شرکت خصوصی طرف قرارداد اقدام به وضع عوارض می‌نماید با مشکل عدم قطعیت در تعداد کاربران و استفاده‌کنندگان روبرو است که این امر سبب لطمه زدن به بازگشت سرمایه و

سود مدنظر می‌گردد (ژانگ، فنگ، ژانگ و سونگ،<sup>۴</sup> ۲۰۱۸) لذا در این تحقیق با مطالعه موردی قرارداد بلیط الکترونیکی ناوگان حمل و نقل تهران و استفاده از مدل ارائه شده توسط ژانگ به بررسی تأثیر سطح خدمات و بهینه کردن آن در جهت ایجاد هماهنگی بین عرضه و تقاضا توسط تنظیمات قابل انجام از سوی دولت پرداخته شده است.

در بسیاری از پروژه‌های B.O.T تعیین ظرفیت پروژه و همچنین میزان عوارض از اختیارات شرکت خصوصی طرف قرارداد می‌باشد، با این حال، با توجه به سرمایه‌گذاری هنگفت این شرکت‌ها، در برخی موارد حتی عوارض و ترافیک ایده‌ال و بهینه هم سودآور نمی‌باشد. به همین دلیل دولت‌ها برای تشویق شرکت‌های خصوصی در مشارکت در انجام این‌گونه پروژه‌ها اقدام به دادن یارانه می‌نمایند (ایوریول،<sup>۵</sup> ۲۰۱۳).

هنگامی که شرکت طرف قرارداد اقدام به وضع عوارض می‌نماید با مشکل عدم قطعیت در تعداد کاربران و استفاده‌کنندگان روبرو است. با وضع عوارض کم افزایش کاربران به وقوع می‌پیوندد که اگرچه شرط ظرفیت پروژه را ارضا می‌نماید اما به دلیل ایجاد ترافیک و ایجاد صفوف طویل دریافت عوارض روند بازگشت سرمایه و سود را به شدت کند می‌کند. برای ایجاد تعادل بین ظرفیت پروژه و ترافیک که سبب کاهش مدت زمان ایستادن در صفوف پرداخت عوارض و در نتیجه افزایش روند بازگشت سود و سرمایه می‌شود، دولت طرف قرارداد می‌تواند سطح مورد نیاز ارائه خدمت را مشخص نماید (نشریه شماره ۴۶۹، ۱۳۹۸).

در بسیاری از پروژه‌های B.O.T مربوط به حمل و نقل، دولت طرف قرارداد، سرعت و حجم ترافیک را در ساعات مختلف در طول شبانه‌روز تعیین می‌نماید. این تنظیمات می‌تواند به نحو مناسبی عرضه و تقاضا (ظرفیت و ترافیک) را هماهنگ نموده و سطح خدمات را بالا می‌برد. این نیازمندی‌ها میزان عوارض و همچنین ظرفیت تعیین شده از سوی شرکت طرف قرارداد را تحت تأثیر قرار خواهد داد که نهایتاً در سطح یارانه دولت و مدت زمان دریافت عوارض از سوی شرکت به میزان قابل توجهی مؤثر خواهد بود. مسئله اصلی در این تحقیق این است که در کشور ایران نیازمندی‌های سطح خدمات چگونه قرارداد بلیط الکترونیکی ناوگان حمل و نقل تهران با چهار فاکتور عوارض، ظرفیت پروژه، یارانه دولتی، دوره اعطای امتیاز که از نوع B.O.T می‌باشد را تحت تأثیر قرار خواهد داد و بهینه‌ترین سطح خدماتی که دولت می‌تواند مشخص نماید چیست.

دولت در برنامه چهارم توسعه اقتصادی کشور، رشد اقتصادی بالای ۸ درصد را برای کشور در نظر گرفته است تا بتواند به یک نرخ تک‌رقمی تورم و بیکاری دست یابد. با توجه به ضعف ساختارهای زیربنایی کشور، رسیدن به این رشد نیازمند سرمایه‌گذاری عظیمی در سال‌های آتی در تأسیسات زیربنایی کشور می‌باشد، اما محدودیت بودجه دولتی و محدودیت اعتبار و در نتیجه آن

کاهش قدرت وام گرفتن دولت موجب شده است این روند به‌کندی پیش رفته و در کنار مدیریت ناکارای دولتی، اجرای پروژه‌های متعدد به تعویق افتد. مطالعه وضعیت اجرایی پروژه‌های زیربنایی در کشور حاکی از ظرفیت بالا برای به‌کارگیری سرمایه‌گذاری بخش خصوصی و یا اجرای آن‌ها به روش B.O.T است. حجم بالای سرمایه‌گذاری در این پروژه‌ها و اختصاص بخش قابل‌توجهی از بودجه در پروژه‌های زیربنایی می‌توانی فاکتورهای اقتصادی نظیر تورم، نرخ برابر با پول خارجی و ... را تحت تأثیر قرار دهد. در این روش سرمایه پروژه توسط بخش خصوصی تأمین می‌شود و فشاری را به اعتبارات عمومی کشور وارد نخواهد کرد. همچنین چون دولت ضامن وام‌های گرفته‌شده توسط بخش خصوصی نیست بنابراین وارد بدهی‌های کشور نشده و توان اعتباری کشور را کاهش نمی‌دهد. مدیریت بخش خصوصی در این‌گونه پروژه‌ها به علت انگیزه منفعت‌جویانه آن موجب افزایش بهره‌وری و کارآمدی پروژه می‌گردد. در نهایت کنترل استراتژیک دولت بر تأسیسات زیربنایی از بین نرفته و در پایان دوره‌ی امتیاز، تأسیسات به دولت باز می‌گردد.

بندهای ۲۴ و ۲۵ سیاست‌های کلی برنامه ششم توسعه مربوط به حمل‌ونقل ریلی است. در بند ۲۴ بر اولویت بخش ریلی در توسعه حمل‌ونقل و ایجاد مزیت رقابتی برای آن و در بند ۲۵ بر توسعه حمل‌ونقل ریلی باری و اتصال شبکه ریلی به مراکز بزرگ اقتصادی، تجاری و صنعتی و شبکه‌های ریلی منطقه‌ای و جهانی به‌ویژه کریدور شمال-جنوب باهدف توسعه صادرات و ترانزیت بار تأکید شده است. بر طبق ماده ۵۲ قانون برنامه ششم توسعه، سرمایه‌گذاری بخش غیردولتی در احداث و بهره‌برداری از حمل‌ونقل ریلی مانند سرمایه‌گذاری در مناطق کمتر توسعه‌یافته تلقی می‌شود و خدمات حمل‌ونقل ریلی از مالیات بر ارزش افزوده معاف است. همچنین بر طبق ماده ۵۷ دولت مکلف است به‌منظور تکمیل و اجرای طرح‌های حمل‌ونقل ریلی، علاوه بر مشارکت‌های دولتی-خصوصی و افزایش اعتبارات این حوزه در بودجه سالانه، ۱ درصد منابع حاصل از فروش نفت و گاز را در قالب بودجه سالانه به وزارت راه و شهرسازی اختصاص دهد. بر اساس این ماده، در طول اجرای قانون برنامه، سهم حمل‌ونقل ریلی بار باید حداقل به ۳۰ درصد و سهم حمل‌ونقل ریلی مسافر حداقل به ۲۰ درصد برسد.

در بسیاری از پروژه‌های B.O.T مربوط به حمل‌ونقل، دولت طرف قرارداد، سرعت و حجم ترافیک را در ساعات مختلف در طول شبانه‌روز تعیین می‌نماید. این تنظیمات می‌تواند به نحو مناسبی عرضه و تقاضا (ظرفیت و ترافیک) را هماهنگ نموده و سطح خدمات را بالا می‌برد؛ بنابراین هدف کلی در این تحقیق بررسی تأثیر سطح خدمات در قرارداد بلیط الکترونیکی ناوگان حمل‌ونقل تهران به‌صورت کمی است.

در کنار هدف کلی، اهدافی همچون کاهش دعاوی بین کارفرما و پیمانکار، افزایش درآمد طرف خصوصی و افزایش رفاه عمومی نیز مورد بررسی قرار می‌گیرند؛ که خود سبب افزایش رغبت برای اجرای پروژه‌های مختلف به این روش می‌گردد. در سطح کلان با افزایش موفقیت پروژه‌های B.O.T، اجرای سریع‌تر و بیشتر پروژه‌های زیرساختی که به‌عنوان شاه‌رگ رونق اقتصادی در هر کشوری تلقی می‌گردند، بر اساس این روش مشاهده می‌گردد.

آنچه تاکنون در خصوص قراردادهای عمرانی انجام شده است، محدود به بررسی عوامل موفقیت پروژه و یا میزان موفقیت نوع خاصی از قراردادها در پروژه‌های مختلف بوده است. در کشور ایران تاکنون در هیچ‌کدام از قراردادهای B.O.T حوزه حمل‌ونقل تأثیر سطح خدمات در این‌گونه قراردادها به‌طور کمی مورد بررسی قرار نگرفته است. همچنین مدل ریاضی مورد استفاده در این تحقیق در نوع خود یک مدل بروز برای بررسی تأثیر سطح خدمات در قراردادهای B.O.T است که به‌تازگی ارائه شده است. در این تحقیق سعی شده است تا با استفاده از مدل عددی نوین ارائه شده توسط ژانگ تأثیر سطح خدمات در قرارداد پروژه بلیط الکترونیکی حمل‌ونقل تهران بررسی گردد. به‌علاوه تحقیقات گذشته عمدتاً کیفی بوده اما اعداد و ارقام به‌دست‌آمده از داده‌های کمی این تحقیق، نکات کلی تحقیق را نشان می‌دهد؛ اما در مقابل داده‌های کیفی جزئیاتی دقیق برای درک عمیق مفاهیم کلی تحقیق را در اختیار قرار می‌دهد.

## ۲- پیشینه پژوهش

حمل‌ونقل یکی از اجزای جدایی‌ناپذیر زندگی امروز است. دولت‌ها قادر نیستند به‌تنهایی سرمایه لازم را برای تأمین مالی طرح‌های زیربنایی تأمین کنند. برای حل این معضل باید روش‌های مختلف تأمین مالی (از جمله مشارکت دادن بخش خصوصی) را بکار گیرند. مدل ساخت، بهره‌برداری، انتقال (B.O.T) یکی از مهم‌ترین روش‌هایی است که اجرای این پروژه‌ها را میسر ساخته است. در این روش دولت کلیه هزینه‌های پروژه را به بخش خصوصی واگذار می‌کند و بخش خصوصی مسئولیت طراحی، تأمین مالی و احداث پروژه را بر عهده خواهد داشت. پس از بهره‌برداری پروژه، بخش خصوصی طی یک دوره زمانی مشخص (دوره امتیاز) با استفاده از درآمدهای پروژه، اقدام به بازپرداخت اصل سرمایه و سود موردنظر خواهد کرد و در انتهای این دوره پروژه به دولت منتقل می‌شود. در یک مقاله توسط نقی‌زاده و عطاران در سال ۱۳۹۵ با استفاده از پرسشنامه و مصاحبه با مدیران و کارشناسان پروژه خط ۲ قطار شهری مشهد و جمع‌آوری متغیرها و عوامل دخیل در مراحل مختلف پروژه‌های حمل‌ونقل ریلی درون‌شهری و تحلیل این متغیرها با استفاده از نرم‌افزار،

نرخ ارزش کنونی سرمایه‌گذاری (NPV) محاسبه‌شده و راهکارهایی جهت اجرای این پروژه‌ها با مشارکت بخش خصوصی ارائه‌شده است (نقی‌زاده و عطاران، ۱۳۹۵).

در سال ۱۳۹۶ شهبازی در یک تحقیق پیمایشی به بررسی و مقایسه شاخص‌های ریسک در پروژه‌های بزرگ‌راهی و آزادراهی که از طریق قراردادهای B.O.T و DBB اجرا می‌شوند پرداخت. در این راستا، دو پرسشنامه متفاوت (یکی برای B.O.T و یکی برای DBB) طراحی شد و مصاحبه نیز صورت گرفت. سپس پرسشنامه‌ها به جامعه آماری موردنظر، یعنی متخصصان و متصدیان این‌گونه پروژه‌ها، ارسال شد. به‌منظور تحلیل آماری، داده‌های جمع‌آوری‌شده وارد نرم‌افزار SPSS گردید. نتایج نشان می‌دهد که ریسک‌های، به‌طور کلی، تأثیر بالایی بر زمان و تأثیر کمتری بر کیفیت دارند. به‌علاوه، ریسک‌های عامل کارفرما در قراردادهای DBB و ریسک‌های ساخت و تکمیل در قراردادهای B.O.T دارای بیشترین احتمال وقوع و تایلر بر اهداف پروژه هستند. با ارزیابی و مقایسه شاخص‌های ریسک در قراردادهای B.O.T و DBB در ساخت پروژه‌های بزرگ‌راهی و آزادراهی مشخص گردید که ریسک‌ها به‌طور کلی، تأثیر بالایی بر زمان و تایلر کمتری بر کیفیت دارند، همچنین بی‌ثباتی در نرخ ارز تأثیر قابل‌توجهی بر کیفیت پروژه‌ها دارد (شهبازی، ۱۳۹۶).

در سال ۱۳۹۷ کاظمی به بررسی تأثیر شاخص‌های کلان اقتصادی بر بروز تغییر کار و ادعا در قراردادهای B.O.T پرداخت. با توجه به نیاز به بهره‌برداری سریع‌تر از طرح‌ها و به‌کارگیری دانش اجرایی پیمانکار موجب استفاده از قرارداد به روش B.O.T گردیده است لازم است، در این تحقیق باهدف تدوین ساختار مناسبی برای اجرای این قراردادها در کشور، تمام قوانین پیرو بررسی تأثیر شاخص‌های کلان اقتصادی بر بروز تغییر کار و ادعا در قراردادهای B.O.T و راهکارهایی برای اصلاح آن‌ها پیشنهاد شده است (کاظمی، ۱۳۹۷).

یانگ و منگ<sup>۶</sup> در سال ۲۰۰۰ و ۲۰۰۲ مشکلات قراردادهای B.O.T را در راه‌های عمومی موردبررسی قراردادند و یک مدل ریاضی را در خصوص انتخاب بهینه ترکیب عوارض-ظرفیت در بازارهای رقابتی ارائه دادند (یانگ و منگ، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۲). در سال ۲۰۰۷ ورهوف انتخاب‌های شرکت‌های خصوصی را در خصوص میزان عوارض و ظرفیت در مناقصه‌ها بررسی کردند و نقش مزایده را بر رفاه جامعه مشخص نمود (ورهوف، ۲۰۰۷). با فرض اینکه دولت و شرکت‌های خصوصی طرف قرارداد اطلاعات کامل و جامعی از هزینه‌های ساخت و میزان ترافیک مورد عرضه دارند؛ گائو و یانگ در سال ۲۰۰۹ در مورد چگونگی تعیین میزان عوارض، ظرفیت و مدت اعطای امتیاز را در جهت افزایش رفاه عمومی از طریق قراردادهای ترک تشریفات یا مناقصه تحقیقاتی انجام دادند (گائو و یانگ، ۲۰۰۹<sup>۷</sup>).

تان و یانگ<sup>۸</sup> در سال ۲۰۱۰ و ۲۰۱۲ یک بهینه یابی دو هدفه را در تعیین مدت زمان اعطای امتیاز و ظرفیت جاده و همچنین قیمت عوارض انجام دادند. به علاوه آن‌ها تأثیرات ناهمگونی کاربران بر قراردادهای بهینه را بررسی کردند (تان و یانگ، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱).

فنی، جورجیوس، دیمیتریوس و گلیکریا<sup>۹</sup> در سال ۲۰۱۳ در مطالعه‌ای تحت عنوان پیچیدگی در ارزیابی قرارداد در ساخت و ساز پروژه‌های بزرگراهی، به بررسی عوامل مؤثر در انتخاب نوع قرارداد پرداخته‌اند. پس از بررسی عوامل مؤثر در هفت شاخص و نه معیار طبقه‌بندی شده و پس از توزیع در قالب پرسشنامه در میان ۷۹ نفر از خبرگان حرفه‌ای در مقوله ساخت بزرگراه، نتایج به دست آمده حاکی از آن بود که سال و نوع تجربه، ارتباط مستقیم و یا غیرمستقیم با پروژه و موقعیت پروژه تأثیر بسزایی در انتخاب نوع پروژه دارند (فنی، جورجیوس، دیمیتریوس و گلیکریا، ۲۰۱۳).

سوپراتو و همکاران در سال ۲۰۱۵ به بررسی تأثیر نوع قرارداد در عملکرد آن پرداخته‌اند. به منظور بررسی موضوع، در تعداد ۱۱۳ پروژه عملکرد کارگروهی پیمانکاران و کارفرمایان و نوع قرارداد ساخت و بهره‌برداری بررسی شد. نتایج نشان دهنده آن است که کارگروهی نتایج مؤثرتر نسبت به عدم همکاری مشترک دو گروه دارد و سبب افزایش انگیزه و عملکرد بهتر پروژه خواهد شد (سوپراتو و همکاران، ۲۰۱۵).

فنگ، ژانگ و گائو، در سال ۲۰۱۵ سه نوع تضمین معمول را شامل گارانتی حداقل ترافیک، گارانتی حداقل درآمد در دوره قرارداد و گارانتی یارانه بر روی قیمت‌بررسی نمودند. آن‌ها اثرات این سه ضمانت را بر روی قیمت عوارضی، ظرفیت راه و کیفیت آن مطالعه نمودند. در سال ۲۰۱۶ آن‌ها بر روی طراحی یارانه دولتی بهینه در حالتی که عملکرد شرکت‌های خصوصی غیر منعطف بود پرداختند. مطالعات آن‌ها نشان داد که یارانه دولتی هنگامی که عامل تخفیف بالا و هزینه یارانه‌های جانبی پایین است، می‌تواند باعث بهبود عملکرد غیر منعطف شرکت‌های خصوصی طرف قرارداد گردد. (فنگ، ژانگ و گائو، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶).

لو و منگ در سال ۲۰۱۷ تنظیم ظرفیت و عوارض را جهت رفع مشکلات عدم قطعیت تقاضا در پروژه‌های B.O.T مربوط به آزادراه‌ها مورد بررسی قرار دادند (لو و منگ، ۲۰۱۷). در همین سال لی و چای اثرات سیاست‌گذاری‌های یارانه‌ای مختلف دولت بر انتخاب شرکت‌های خصوصی طرف قرارداد در خصوص ظرفیت و عوارض را در شرایط عدم قطعیت تقاضا بررسی کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند پرداخت یارانه‌ها به صورت کلی و یکپارچه ظرفیت کم و میزان عوارض زیاد را در پی خواهد داشت، در حالی که پرداخت یارانه به صورت واحد نتیجه معکوس دارد (لی و چای، ۲۰۱۷).



در سال ۲۰۱۸، ونگ، خیونگ، نیو و ژو با در نظر گرفتن نرخ کاربری ظرفیت، قراردادهای بهینه B.O.T را بررسی نمودند. در بسیاری از قراردادهای B.O.T مربوط به حوزه حمل و نقل، دولت‌ها سطح خدمات مورد نیاز را در جهت مطابقت هرچه بیشتر ظرفیت پروژه و تقاضای کاربران وضع می‌کنند (ونگ، خیونگ، نیو و ژو، ۲۰۱۸). ژانگ و فنگ و سونگ سطح خدمات را به‌عنوان احتمال ارضا شدن ظرفیت پروژه در حالتی تقاضا نامشخص است تعریف می‌کنند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان می‌دهد که تنظیم سطح خدمات می‌توان باعث ارتقاء میزان عوارضی و همچنین ظرفیت پروژه گردد. آن‌ها در سال ۲۰۱۸ با ارائه مدلی ریاضی به بررسی میزان تاثیر سطح خدمات بر قراردادهای B.O.T در حوزه حمل و نقل پرداختند و اثبات کردند که تعیین سطح خدمات مناسب، عوارض و کاربر مازاد را بهبود بخشیده اما سبب کاهش سود شرکت‌های خصوصی می‌گردد (ژانگ، فنگ، ژانگ و سونگ ۲۰۱۸).

## ۲-۱- مدل ژانگ

در یک قرارداد B.O.T با دوره ساخت T و طول عمر T، دولت و شرکت خصوصی طرف قرارداد در یک محیط با عدم قطعیت اقدام به بازی استاکلبرگ<sup>۱۱</sup> می‌نمایند. دولت به‌عنوان پیشرو، در حرکت اول نسبت به تعیین میزان یارانه دولتی r و دوره‌ی اعطای امتیاز T در جهت رسیدن به سطح حداکثر رفاه عمومی اقدام می‌نماید. سپس در حرکت متقابل، شرکت خصوصی طرف قرارداد، مبلغ عوارض P و ظرفیت پروژه  $\theta$  را در جهت کسب حداکثر سود تعیین می‌کند. به‌عنوان یک روش معمول پارامتر میزان تقاضا (ترافیک تقاضا) d با فرض تصادفی و خطی بودن هزینه یک مسافرت  $\gamma$  از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$d = a - \gamma + \varepsilon \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در اینجا  $\varepsilon$  یک متغیر تصادفی برای عدم قطعیت تقاضا با تابع احتمال  $f(\cdot)$  و تابع توزیع تجمعی  $F(\cdot)$  و حجم و بزرگی بازار می‌باشد (پارسانتا و ورهوف، ۲۰۰۰).  $\mu$  و  $\sigma^2$  به ترتیب نماد مقدار قابل انتظار و واریانس  $\varepsilon$  هستند. بدون کاهش در عمومیت، فرض شود مقدار  $\mu$  برابر صفر است. نکته قابل توجه این است که تابع تقاضای خطی نیز توسط اوبلس و ورهوف و همچنین وانگ و پالیسمورد استفاده قرار گرفته است (اوبلس و ورهوف، ۲۰۰۸، وانگ و پالیسمورد، ۲۰۱۴).  $\gamma$  می‌تواند به‌عنوان ترکیب خطی از زمان مسافرت t و میزان عوارض p نوشته شود که در نتیجه:

$$\square = p + \theta t \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در اینجا  $\theta$  میزان ارزش زمان کاربران است. مدت زمان هر سفر  $t$  می‌توان با نسبت حجم به ظرفیت  $d/v$  افزایش یابد (گائو و یانگ، ۲۰۰۹). برای سادگی، فرض می‌شود که  $t$  در رابطه خطی  $\frac{d}{v}$  می‌باشد که در نتیجه:

$$t = t_0 + \beta \frac{d}{v} \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در اینجا  $t_0$  زمان رایگان مسافرت است. برای هر مقدار از  $\varepsilon$ ، تقاضای ترافیک می‌تواند با تعادل عرضه-تقاضا معرفی شود که در نتیجه:

$$d = a - p + \varepsilon - \theta(t_0 + \beta \frac{d}{v}) \quad \text{رابطه (۴)}$$

موازنه عرضه-تقاضا به میزان زیر افزایش می‌باید:

$$d = \frac{\vartheta}{\vartheta - \theta\beta} (a - \theta t_0 - p + \varepsilon) \quad \text{رابطه (۵)}$$

از آنجایی که  $a$  و  $\theta t_0$  همگی ثابت هستند و همیشه به صورت هم‌زمان باهم ظاهر می‌شوند به فرم  $\hat{a}$  در این تحقیق نوشته می‌شود. همچنین بجای  $\theta\beta$  از  $\eta$  استفاده می‌شود. بنابراین  $d$  به فرم زیر نوشته می‌شود:

$$d = \frac{\vartheta}{\vartheta - \eta} (\hat{a} - p + \varepsilon) \quad \text{رابطه (۶)}$$

هنگامی که شرکت خصوصی اتخاذ تصمیم می‌کند، با چند نیازمندی از طرف دولت طرف می‌شود. در این تحقیق، سطح سرویس  $\alpha$  به این احتمال تعریف می‌گردد که ظرفیت پروژه بتواند میزان تقاضا را ارضا نماید. در این صورت:

$$\square = Prob(d(p;\vartheta)) \leq \alpha \quad \text{رابطه (۷)}$$

به این معنی احتمال  $\alpha$ ، کاربران مجبور نیستند برای استفاده از پروژه زمانی را منتظر بمانند؛ بنابراین یک سطح سرویس بالا به معنی احتمال پایین ترافیک می‌باشد.

$\pi$  میزان سود شرکت خصوصی را نشان می‌دهد که از دو قسمت تشکیل شده است: سود حاصل از پروژه و یارانه دولت. یارانه دولت بر اساس بودجه دولتی مشخص می‌گردد. فرض شود که حداکثر

یارانه دریافت شده توسط شرکت خصوصی به ازای هر کاربر  $\bar{r}$  باشد؛ بنابراین سود مورد انتظار شرکت خصوصی برابر رابطه زیر است:

$$E\pi = (T - \underline{T})(p + r - s)Ed - k\theta \quad \text{رابطه ۸}$$

در اینجا  $s$  هزینه واحد عملیات شرکت خصوصی،  $k$  هزینه واحد ساخت و  $E$  عملگر انتظار باشد. مازاد مصرف کننده برای منحنی تقاضا - قیمت به عنوان اختلاف قیمت دلخواه پرداختی از سوی کاربر و قیمت یک سفر کامل است که می تواند به عنوان یک ناحیه زیر منحنی تقاضا و بالای قیمت کامل محاسبه گردد. توجه شود که قیمت کامل استفاده از پروژه  $\gamma$  شامل میزان عوارض  $p$  و هزینه سفر  $\theta t$  است؛ بنابراین، یک کاربر در صورتی از پروژه استفاده کرد که میزان دلخواه پرداختی مدنظر او بیشتر از هزینه کلی سفر  $\gamma$  باشد. از آنجایی که  $\gamma = P + \theta t$  و  $d = \hat{a} - \gamma + \varepsilon$ ، برای هر مقدار از  $\varepsilon$  حداکثر مبلغ مدنظر کاربر برای استفاده از پروژه برابر  $\hat{a} + \varepsilon$  و میزان حداقل آن  $\gamma$  می باشد؛ بنابراین مازاد مصرف کننده باید به صورت زیر محاسبه گردد.

$$\int_{\gamma}^{\hat{a}+\varepsilon} (\hat{a} - \omega + \varepsilon) d\omega = \frac{1}{2} (\hat{a} - \gamma + \varepsilon)^2 = \frac{1}{2} d^2 \quad \text{رابطه ۹}$$

بنابراین مازاد مصرف کننده مورد انتظار برابر:  $\frac{1}{2} E d^2$  یادآوری می گردد که

$$d = \frac{\theta}{\theta - \eta} (a - \hat{a} + \varepsilon) \quad \text{رابطه ۱۰}$$

می باشد؛ بنابراین مصرف کننده مازاد مورد انتظار در پروژه برابر  $\frac{1}{2} \left(\frac{\theta}{\theta + \eta}\right)^2 E (a - p + \varepsilon)^2$  است. به عنوان یک فرض استاندارد، فرض می شود که یارانه دولتی از سرمایه های عمومی با هزینه های جانبی با پارامتر  $\lambda$  باشد. از آنجایی که یارانه دولتی از برنامه مالیاتی دارای تحریف مشتق می شود، هر واحد یارانه دولتی منجر به هزینه های اضافه بر جامعه می گردد. به این منظور که هر واحد یارانه دریافتی توسط شرکت خصوصی به میزان  $(1 + \lambda)$  به جامعه هزینه وارد می نماید. برخی محققین میزان  $\lambda$  را اندازه گیری نموده اند؛ اسنو و وارن میزان هزینه های جانبی را در کشورهای توسعه یافته ۳۰ درصد و بانک جهانی<sup>۱۲</sup> میزان آن را در کشورهای در حال توسعه ۹۰ درصد برآورد کرده اند (اسنو و وارن، ۱۹۹۶، بانک جهانی، ۱۹۹۸). مازاد مصرف کننده کلی مورد انتظار در دوره ای اعطای امتیاز ECS برابر با مازاد مصرف کننده از پروژه منهای یارانه دولتی با هزینه های اجتماعی است که به صورت زیر بیان می گردد:

$$ECS = (T - \underline{T})E \left( \frac{1}{2} d^2 - (1 + \lambda)rd \right) \quad \text{رابطه ۱۱}$$

برای داشتن مازاد مصرف کننده مثبت، فرض می شود که مقدار  $Ed^2 - (1 + \lambda)rEd$  بزرگ تر از صفر باشد، بنابراین، یارانه دولتی و هزینه های اجتماعی آن نباید از میزان مازاد مصرف کننده پروژه فراتر رود.

رفاه عمومی مورد انتظار در دوره ی اعطای امتیاز برابر حاصل جمع میزان سود شرکت خصوصی و مازاد مصرف کننده است که به صورت زیر نوشته می شود:

$$EW_c = E\pi + ECS = (T - \underline{T}) \left( (p - \lambda r - s)Ed + \frac{1}{2}Ed^2 \right) - k\vartheta$$

$$= (T - \underline{T}) \left( (p - \lambda r - s) \frac{\vartheta}{\vartheta + \eta} (\hat{a} - p) + \frac{1}{2} \left( \frac{\vartheta}{\vartheta + \eta} \right)^2 ((a - p)^2 + \sigma^2) \right) - k\vartheta \quad \text{(رابطه ۱۲)}$$

که در اینجا در خط آخر می توان  $\sigma^2$  را بر اساس  $\sigma^2 = E\varepsilon^2 - \mu^2 = E\varepsilon^2$  تعریف نمود. زمانی که پروژه به دولت برگردانده می شود، دولت خود آن را اداره می کند که پارامتر  $S_g$  میزان هزینه صورت گرفته توسط دولت به ازای هر کاربر می باشد. کاملاً محرز است که به علت بزرگی سازمان های دولتی، انگیزه های متفاوت و عدم اطلاعات کافی و همچنین وجود کاغذبازی، دولت در معرض هزینه های بالایی قرار داد (کیو و وانگ، ۲۰۱۱)؛ بنابراین منطقی است که فرض شود هزینه گرداندن پروژه توسط شرکت های خصوصی به مراتب کمتر از دولت است که در نتیجه:

$$S \leq S_g \quad \text{(رابطه ۱۳)}$$

این فرضیه یک مزیت دیگر پروژه های B.O.T را منعکس می نماید که شرکت های خصوصی باعث بالا بردن راندمان پروژه های می گردند (کاواک، چیچ و ایس، ۲۰۰۹). اگر  $P_g$  میزان عوارض کاربر در زمان اداره پروژه توسط دولت باشد، میزان رفاه اجتماعی مورد نیاز در این دوره برابر رابطه زیر است:

$$EW_g = (T - \underline{T}) \left( (p_g - s_g) \frac{\vartheta}{\vartheta + \eta} (\hat{a} - P_g) + \frac{1}{2} \left( \frac{\vartheta}{\vartheta + \eta} \right)^2 ((\hat{a} - P_g)^2 + \sigma^2) \right) \quad \text{(رابطه ۱۴)}$$

در نتیجه، رفاه عمومی مورد انتظار در طول عمر پروژه برابر است با:

$$EW = EW_c + EW_g \quad \text{(رابطه ۱۵)}$$

در تحلیل بازی استاکلبرگ بین دولت و شرکت خصوصی، در مرحله اول تصمیم بهینه شرکت خصوصی در تعیین عوارضی و ظرفیت پروژه حل شده، سپس تصمیم بهینه دولت بر مدت دوره

اعطای امتیاز و یارانه دولتی حل می‌گردد. با توجه به سطح خدمات موردنیاز، شرکت خصوصی طرف قرارداد برنامه زیر را حل می‌نماید:

$$\max (p, \vartheta) E\pi = (T - \underline{T})(p + r - s)Ed + k\vartheta \quad \text{رابطه ۱۶}$$

$$\text{Prob}(d \leq \vartheta) \geq \alpha \quad \text{رابطه ۱۷}$$

میزان عوارض و ظرفیت بهینه برای شرکت خصوصی بستگی به میزان یارانه دولت و طول مدت اعطای امتیاز دارد. دخیل کردن تابع رفاه عمومی، می‌توان میزان یارانه و دوره اعطای بهینه دولت را مشخص نمود.

هنگامی که سطح خدمات به‌طور کافی بالا باشد، شرکت خصوصی میزان عوارض و ظرفیت پروژه را به‌گونه‌ای تعیین می‌کند که تنها سطح خدمات موردنیاز را ارضا کند. برای بررسی بیشتر موضوع، فرض می‌شود سطح خدمات موردنیاز بالا است، در غیر این صورت سطح خدمات موردنیاز در  $\bar{\alpha} \geq$  به اندازه کافی بالا باشد تا  $\bar{\alpha}$  تصمیمات شرکت خصوصی بی‌استفاده خواهد بود. فرض شود  $\max\{F(2\eta), F(\bar{\alpha} + r - s)\}$ .

هنگامی که سطح خدمات دارای محدودیت باشد، می‌توان چندین ساده‌سازی انجام داد. در نتیجه ظرفیت پروژه را می‌توان به صورت زیر نشان داد:

$$\square(p) = a - p - \eta + z \quad \text{رابطه ۱۸}$$

که در آن

$$\square + \eta - \hat{a} + p = F^{-1}(\alpha) = z$$

بنابراین در شرایط بهینه، ظرفیت پروژه بهینه مشخص‌کننده میزان عوارض هر کاربر می‌باشد. این به این معنی است که شرکت خصوصی تنها نیازمند اتخاذ تصمیم و تعیین  $p$  است. این نکته حائز اهمیت است که برای ایجاد مدل با محدودیت فرض بر آن است که دولت نیز در تعیین سطح خدمات دارای محدودیت اعمال شده توسط شرکت خصوصی است. توجه شود که سطح خدمات موردنیاز رابطه بین ظرفیت پروژه و میزان عوارض را ثابت می‌کند (رابطه). به‌علاوه هنگامی که پروژه وارد دوره گرداندن توسط دولت می‌گردد، پروژه در آن هنگام ساخته شده و ظرفیت آن ثابت شده است؛ بنابراین عوارض باید با مقدار مشخص شده توسط شرکت خصوصی در طول دوره اعطای امتیاز برابر باشد ( $p=p_g$ ). این فرضیات آنالیز را در خصوص دوره بهره‌برداری توسط دولت ساده می‌نماید. باین حال اگر فرض شود دولت سطح خدمات دیگری را جهت دریافت مبالغ عوارضی متفاوت

از شرکت خصوصی بخواهد اعمال نماید، در قسمت‌های جلوتر نشان داده خواهد شد که تفاوت معناداری در مدل ایجاد نمی‌گردد.

با ساده‌سازی صورت گرفته در بالا، برنامه‌ای که شرکت خصوصی با آن جهت حل مواجه خواهد شد به صورت زیر خواهد بود:

$$\max(p) \quad E\pi = (T - \underline{T})(p + r - s) \frac{\hat{a} - p - \eta + z}{\hat{a} - p + z} (\hat{a} - p) - k(\hat{a} - p - \eta + z) \quad (۱۹)$$

### ۳- روش‌شناسی پژوهش

روش تحقیق در این مطالعه، عددی (مدل ریاضی) و به صورت کمی می‌باشد. در علوم طبیعی و علوم اجتماعی، پژوهش‌های کمی، تحقیقات تجربی سامانمند است از پدیده‌های قابل مشاهده از طریق روش‌های آماری، ریاضی یا محاسباتی است. هدف پژوهش‌های کمی توسعه و استخدام مدل‌های ریاضی، نظریه‌ها یا فرضیه مربوط به پدیده‌ها است. تحقیق کمی برای جمع‌آوری داده‌های واقعی و درست طراحی شده است. داده‌های کمی از نوع ساختاریافته و آماری هستند و برای به دست آوردن یک نتیجه کلی از تحقیق مورد استفاده قرار می‌گیرند. چهار فاکتور عوارض، ظرفیت پروژه، یارانه دولتی، دوره اعطای امتیاز مشخصه اصلی قراردادهای B.O.T می‌باشند که سود و زیان شرکت‌های خصوصی طرف قرارداد با دولت را مشخص می‌نمایند؛ اما در این میان یک فاکتور قابل تنظیم به نام سطح خدمات وجود دارد که می‌تواند تا حد قابل توجهی بر قراردادهای B.O.T تأثیرگذار باشد. با بررسی یک مدل ریاضی ارائه شده توسط ژانگ، میزان تأثیر این پارامتر بر سایر عوامل و در نتیجه سود و زیان شرکت خصوصی بررسی گردید و ارتباط موجود نشان داده شده است.

تعیین سطح خدمات بهینه در قرارداد بلیط الکترونیکی ناوگان حمل و نقل تهران می‌تواند در میزان درآمد شرکت خصوصی طرف قرارداد مؤثر بوده و باعث افزایش درآمد گردد. از این رو در این تحقیق با بهره‌گیری از روش ژانگ سطح بهینه خدمات تعیین گردیده و میزان تأثیر آن مشخص می‌گردد.

به منظور ارائه خدمات بهتر و برتر به شهروندان و همچنین در راستای تحقق یکی از مؤلفه‌های شهر الکترونیک، شهرداری تهران به نمایندگی سازمان سرمایه‌گذاری و مشارکت‌های مردمی شهر تهران، با همکاری سایر بخش‌های متصدی شهرداری تهران (معاونت حمل و نقل و ترافیک، شرکت بهره‌برداری مترو، شرکت واحد اتوبوس‌رانی تهران و سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات) جهت تجهیز ناوگان حمل و نقل شهری تهران به سیستم بلیط الکترونیکی در سال ۱۳۸۷، اقدام به عقد قرارداد با شرکت فناوری اطلاعات سرمایه‌گذاری ایران (فناسا) در قالب قرارداد B.O.T بر مبنای

ماده ۱۰ قانون مدنی نمود. در قرارداد پروژه بلیط الکترونیک ناوگان حمل و نقل تهران دوره ساخت I (۶ ماه) و طول عمر فرضی T (۳۰ سال) فرض شده است. میزان یارانه دولتی در این پروژه برابر صفر بوده و دوره‌ی اعطای امتیاز برابر ۷ سال است.

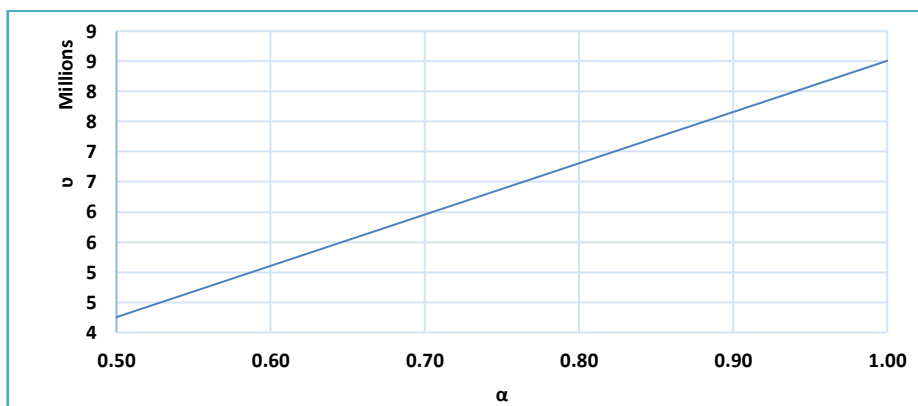
#### ۴- یافته‌های پژوهش

در این تحقیق پروژه بلیط الکترونیک ناوگان حمل و نقل تهران توسط مدل ژانگ مورد بررسی قرار گرفت. ظرفیت حداکثری پروژه از ضرب تعداد ساعت ارائه خدمات یعنی ۱۴ ساعت و به ازای هر ساعت دو مسافرت در تعداد و ظرفیت دستگاه‌های اشاره شده در قرارداد به دست می‌آید. با توجه به اینکه سفر رایگانی در پروژه دیده نشده پس میزان حجم بازاری عبارت است از حداکثر عوارض دریافتی در هنگامی که پروژه بیشترین کاربر را دارد. سطح خدمت  $\alpha$  به این احتمال تعریف می‌گردد که ظرفیت پروژه بتواند میزان تقاضا را ارضا نماید. به این معنی احتمال  $\alpha$ ، کاربران مجبور نیستند برای استفاده از پروژه زمانی را منتظر بمانند؛ بنابراین یک سطح سرویس بالا به معنی احتمال پایین ترافیک می‌باشد. در این تحقیق سطح خدمت از ۰/۵ تا ۱ مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به اینکه در اسناد موجود از پروژه سطح خدمت تعیین نشده است با توجه به سایر پارامترها برای هر ظرفیت، عوارض و ... مشخص می‌گردد. برای ساده‌سازی آنالیز، از رقابت میان شرکت‌های خصوصی صرف نظر شده و فرض می‌گردد شرکت خصوصی طرف قرارداد قدرت مشخص کردن میزان عوارض و ظرفیت پروژه را به صورت تام‌الاختیار دارد. یک نکته قابل توجه عدم قطعیت تقاضا می‌باشد که یک مشخصه بسیار مهم در پروژه‌های B.O.T است.

میزان سود شرکت خصوصی را نشان می‌دهد که از دو قسمت تشکیل شده است: سود حاصل از پروژه و یارانه دولت که در این پروژه تنها از عوارض دریافتی از کاربران تأمین می‌گردد. در اینجا هزینه واحد بهره‌برداری معادل ۲۴ ریال فرض شده است هزینه واحد ساخت اولیه نیز به مقدار ۱۰۰۰۰ ریال فرض شده است.

با شرایط موجود و فرض شده با استفاده از مدل ژانگ چهار نمودار سطح خدمت-عوارض دریافتی کل، سطح خدمت-عوارض متوسط دریافتی به ازای هر کاربر، سطح خدمت ظرفیت پروژه و سطح خدمت-سود شرکت خصوصی طرف قرارداد استخراج شده است.

در شکل ۱ نمودار ظرفیت پروژه  $\theta$  با توجه به سطح خدمت  $\alpha$  ۰/۵ تا ۱ رسم شده است. با توجه به عدم وجود یارانه در قرارداد مورد مطالعه این رابطه یک رابطه خطی بود و به صورت مستقیم با افزایش سطح خدمت، ظرفیت پروژه نیز افزایش داشته است. واحد ظرفیت پروژه نفر-روز می‌باشد.

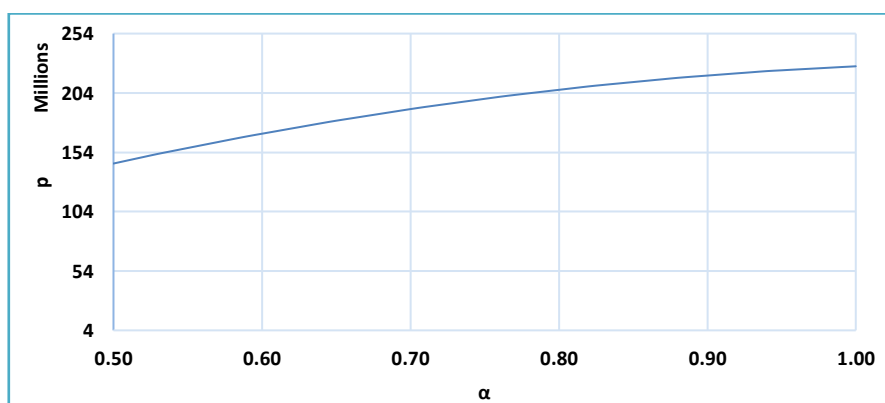


شکل ۱. نمودار سطح خدمت-ظرفیت پروژه

منبع: یافته‌های پژوهشگر

در شکل ۲ میزان عوارض دریافتی توسط شرکت فناسا در مقابل سطح خدمت نشان داده شده است. با افزایش سطح خدمت، تعداد کاربران افزایش یافته، بنابراین عوارض دریافتی نیز افزایش می‌یابد. واحد این عوارض ریال بوده و به ازای یک روز نشان داده شده است.

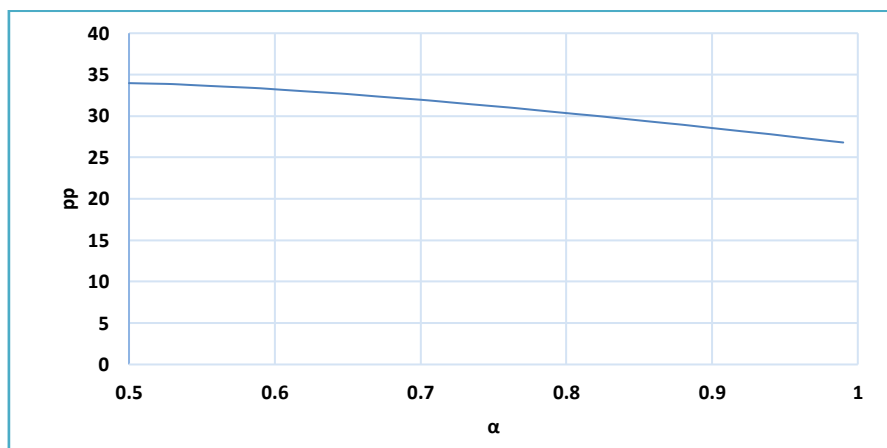
در شکل ۳ میزان عوارض متوسط بر حسب ریال به ازای هر نفر در مقابل سطح خدمت نشان داده شده است. برعکس عوارض دریافتی کل، میزان متوسط عوارض هر کاربر کاهش داشته که علت افزایش عوارض کل، افزایش ظرفیت پروژه با توجه به افزایش سطح خدمت می‌باشد.



شکل ۲. نمودار سطح خدمت-عوارض دریافتی

منبع: یافته‌های پژوهشگر

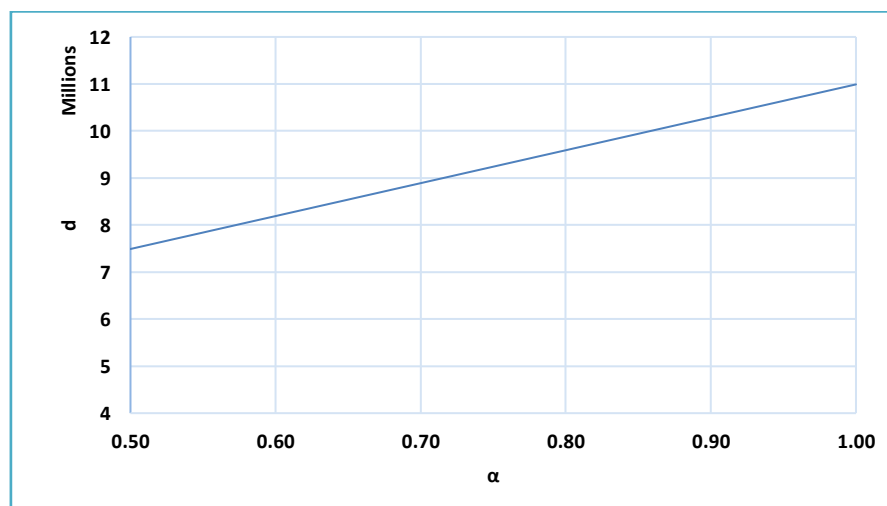




شکل ۳. نمودار سطح خدمت-متوسط عوارض به ازای یک کاربر

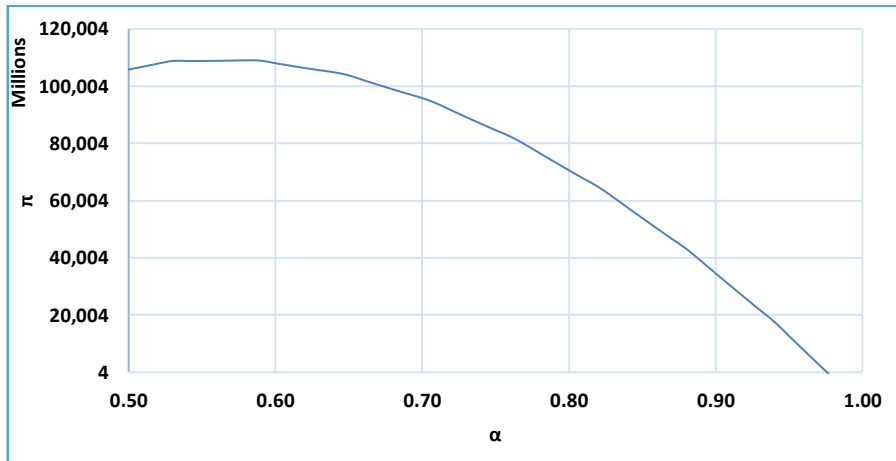
منبع: یافته‌های پژوهشگر

در شکل ۴ نمودار تقاضا بر حسب سطح خدمت ترسیم شده است. این نمودار نشان می‌دهد که با ارائه سطح خدمت بالاتر میزان شانس ترغیب افراد به استفاده از پروژه افزایش داشته و می‌توان تعداد کاربران بیشتری را انتظار داشت.



شکل ۴. نمودار سطح خدمت-تقاضای غیرقطعی

منبع: یافته‌های پژوهشگر



شکل ۵. نمودار سطح خدمت-سود شرکت فناسا

منبع: یافته‌های پژوهشگر

در شکل ۵ نیز نمودار سود شرکت فناسا با توجه به سطح خدمت نشان می‌دهد که اگرچه تا حدودی افزایش سطح خدمت سبب افزایش سود شرکت گشته، اما با میل کردن این عدد به یک سود شرکت کاهش داشته و حتی در سطح خدمت نزدیک به یک به صفر رسیده و شرکت از سود خارج می‌گردد. سود شرکت خصوصی به میزان یارانه دولتی که در این پروژه صفر می‌باشد و طول دوره‌ی اعطای امتیاز بستگی دارد. سود نشان داده شده در شکل ۵ بر حسب ریال بوده و برای کل دوره ۷ ساله اعطای قرارداد می‌باشد. دلیل به صفر رسیدن سود این است که در یک سطح خدمت میزان هزینه اولیه صورت گرفته برای هر کاربر از درآمد روزانه شرکت برای آن کاربر پیشی گرفته و با منفی شدن رابطه درآمد و هزینه شرکت از سود خارج شده و دچار ضرر می‌گردد؛ بنابراین سطح خدمت بهینه از نظر دولت و شرکت خصوصی متفاوت بوده، بدین صورت که هرچه سطح خدمت بیشتر باشد، تعداد خدمات‌رسانی بیشتر شده که باب طبع دولت بوده، اما در نقطه‌ای سبب کاهش سود شرکت خصوصی می‌گردد.

#### ۵- بحث

برای داشتن حداکثر سود از سوی شرکت خصوصی، بهترین سطح خدمت مابین ۰/۵ تا ۰/۶ می‌باشد و با افزایش آن سود شرکت خصوصی به خطر خواهد افتاد که خود سبب افزایش ریسک پروژه می‌گردد. همچنین با افزایش سطح خدمت عوارض دریافتی از مشتریان کاهش یافته و سبب

افزایش رفاه عمومی می‌گردد؛ بنابراین یافتن یک سطح خدمت بهینه که هم ضامن سود شرکت خصوصی طرف قرارداد بوده و هم میزان عوارض دریافتی از سوی کاربران را در محدوده مناسب قرار دهد، سبب بهینه شدن پروژه می‌گردد که میزان ریسک را به حداقل و سطح رفاه عمومی را به یک حداکثر نسبی می‌رساند. با بررسی نمودارهای استخراج شده از مدل ژانگ، بهینه‌ترین سطح خدمت ۰/۵۴ به دست آمد. اگرچه در این سطح خدمت میزان عوارض در حداقل و میزان سود شرکت خصوصی طرف قرارداد در حداکثر خود نمی‌باشد اما میزان عوارض تنها ۷ درصد از میزان حداقل قابل دریافت بیشتر و سود شرکت خصوصی تنها ۱ درصد کمتر از سود حداکثر خود می‌باشد؛ بنابراین با تنظیمات در اختیار کارفرما، می‌توان بدون ارائه هرگونه یارانه و تنها با انتخاب این سطح خدمت یک قرارداد بهینه داشت. همچنین این گزینه این اختیار را به شرکت خصوصی می‌دهد تا بدون تغییر در هزینه‌های انجام شده به میزان سود قابل قبولی برسد.

با توجه به مطالعات صورت گرفته در بخش قبل و نمودارهای تولید شده، به کمک کد نویسی الگوریتم ژنتیک<sup>۱۳</sup> GEP در محیط نرم‌افزار متلب روابط شماره ۲۰ و ۲۱ جهت تخمین سطح خدمت بر اساس پارامترهای ظرفیت پروژه، تقاضای غیرقطعی، عوارض دریافتی و سود شرکت به دست آمد:

$$\alpha = \frac{(749.2 + 1.17 * \theta + 1.83e - 5 * \theta^2 - 155.65 * m)}{10e6} \quad \text{رابطه (۲۰)}$$

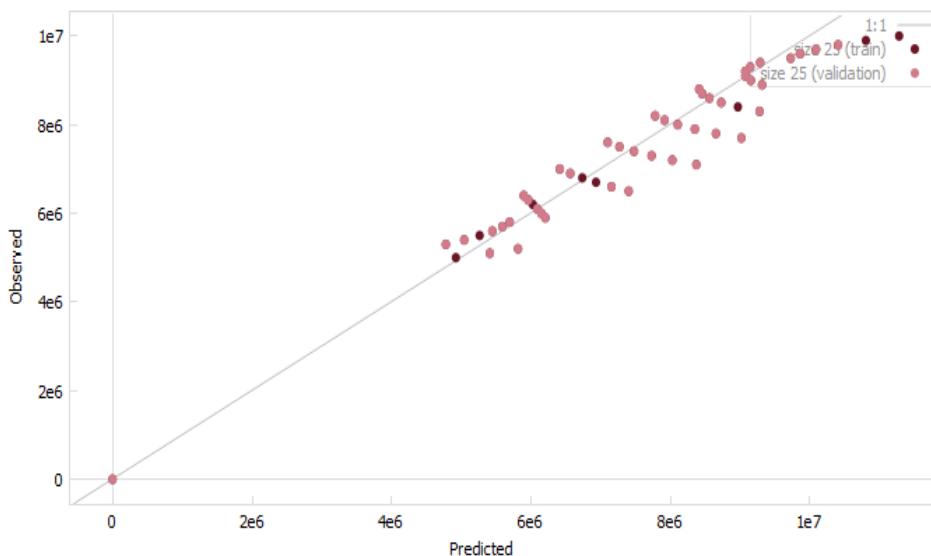
رابطه (۲۱)

$$\alpha = \frac{(151.7 * d + 5.8e - 5 * \pi + 1.63e - 12 * p * \pi + 6.06e - 9 * p^2 - 1.79e9 - 4.97 * p)}{10e6}$$

در این روابط  $\alpha$  سطح خدمت،  $\theta$  ظرفیت پروژه،  $m$  تعداد کاربران در روز،  $d$  تقاضای غیرقطعی،  $p$  میزان عوارض دریافتی و  $\pi$  میزان سود شرکت خصوصی طرف قرارداد است.

در رابطه ۲۰ ضریب همبستگی ۰/۹۹ و در رابطه ۲۱ مقدار ضریب همبستگی ۰/۹۸ می‌باشد که نشان از ارتباط نزدیک این پارامترها با میزان سطح خدمت دارد. لازم به ذکر است روابط ارائه شده مختص به پروژه قرارداد بلیط الکترونیک ناوگان حمل‌ونقل تهران می‌باشد. برای سایر پروژه‌های نیز می‌توان با روش بکار رفته در این تحقیق روابط و مدل‌ها را به دست آورده و ارائه نمود.

در شکل ۶، نمودار مقایسه نتایج حاصل فرمول ۲۰ و ۲۱ با نتایج موجود حاصل به دست آمده نمایش داده شده است. رابطه نزدیک این پارامترها در این اشکال به خوبی نشان داده شده است. همان‌طور که بیان گردید، سطح خدمت یک پارامتر وابسته بوده و به عوامل زیادی در پروژه ربط دارد. از این رو در روابط به دست آمده، پارامترهای دخیل در سطح خدمت آورده شده‌اند.



شکل ۶. مقایسه نتایج به دست آمده از رابطه ۲۰ و ۲۱ و نتایج موجود  
منبع: یافته‌های پژوهشگر

#### ۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

چهار فاکتور عوارض، ظرفیت پروژه، یارانه دولتی، دوره اعطای امتیاز مشخصه اصلی قراردادهای B.O.T می‌باشند که سود و زیان شرکت‌های خصوصی طرف قرارداد با دولت را مشخص می‌نمایند؛ اما در این میان یک فاکتور قابل تنظیم به نام سطح خدمات وجود دارد که می‌تواند تا حد قابل توجهی بر قراردادهای B.O.T تأثیرگذار باشد که در مدل ارائه شده توسط ژانگ ارائه شده و در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت.

#### نتیجه‌گیری

پروژه بلیط الکترونیک ناوگان حمل و نقل تهران توسط این مدل بررسی شد و نتایج زیر به دست آمد:

مشخص گردید که افزایش سطح خدمت منجر به افزایش ظرفیت پروژه گشته که سبب ارائه خدمات به کاربران بیشتری می‌گردد. در سطح خدمات بالا، کاربران دچار اتلاف وقت در صفوف دریافت خدمات شهری مانند سوارشدن به قطاری شهری نمی‌گردند. افزایش سطح خدمت در کل باعث افزایش عوارض دریافتی از سوی شرکت خصوصی فناسا می‌گردد که دلیل این امر افزایش تعداد کاربران است. درعین حال با توجه به شرایط قرارداد، متوسط دریافت عوارض به ازای هر نفر

کاهش پیدا می‌کند. سطح خدمت بالا سبب می‌گردد تا کاربران بیشتری میل به استفاده از پروژه داشته باشند و این امر سبب افزایش کاربران مورد انتظار می‌گردد. افزایش کاربران از طرفی خود سبب افزایش رضایتمندی اجتماعی شده و از طرف دیگر سبب افزایش درآمد شرکت خصوصی می‌گردد. هرچند افزایش سطح خدمت سبب افزایش ظرفیت، کاهش عوارض به ازای هر نفر و افزایش کاربران مورد انتظار می‌گردد، اما در یک سطح خدمت به سطوح بالاتر خدمت افت شرکت خصوصی طرف قرارداد اتفاق می‌افتد؛ با توجه به اینکه این پروژه هیچ یارانه دولتی نداشته؛ بنابراین افت موجود جبران نشده و در سطح خدمت نزدیک به یک سود شرکت صفر گشته و وارد ضرر می‌شود. یارانه دولتی به علت افزایش سود شرکت خصوصی در زمان افزایش سطح خدمت سبب افزایش رفاه اجتماعی می‌گردد. دلیل این امر از محل تأمین اعتبار این یارانه‌هاست که عمدتاً از محل درآمد حاصل از مالیات و سایر بودجه‌های عمومی می‌باشد. با بررسی نمودارهای استخراج شده از مدل ژانگ، بهینه‌ترین سطح خدمت ۰/۵۴ به دست آمد. در این سطح خدمت میزان عوارض تنها ۷ درصد از میزان حداقل قابل دریافت از کاربران بیشتر و سود شرکت خصوصی تنها ۱ درصد کمتر از سود حداکثر خود می‌باشد.

### پیشنهادها

دغدغه اصلی که تحقیق حاضر را بسیار حائز اهمیت می‌کند ریسک بالای پروژه‌های B.O.T است که سبب می‌گردد اجرای این پروژه‌ها با مشکل جدی مواجه شود. به‌طور طبیعی، با کاهش درآمد شرکت طرف قرارداد، ریسک پروژه افزایش یافته و احتمال ترک پیمان و یا بروز دعاوی نیز بالا می‌رود. با بهینه کردن سطح خدمت از طرف دولت، امکان درآمدزایی بیشتر به وجود آمده که علاوه بر کاهش ریسک ضررهای مالی، باعث افزایش میل به اجرای انواع پروژه‌ها در غالب B.O.T می‌گردد؛ بنابراین پیشنهاد می‌گردد در بررسی ریسک‌پذیری قراردادهای B.O.T مدل ژانگ و میزان تأثیر آن بر کاهش ریسک نیز مورد توجه قرار گیرد.

در بسیاری از پروژه‌های B.O.T عدم تناسب درآمد شرکت خصوصی طرف قرارداد با هزینه انجام پروژه سبب بروز اختلافات و مشکلات و دعاوی مختلفی از سوی کارفرما و پیمانکار می‌گردد. با بررسی تأثیر میزان سطح خدمات و ارائه تنظیمات مناسب می‌توان در جهت کاهش دعاوی اقدام نمود. پیشنهاد می‌گردد تا تأثیر بهینه‌سازی سطح خدمات بر اساس مدل ژانگ بر میزان دعاوی بین کارفرما و پیمانکار بررسی گردد.

چهار فاکتور عوارض، ظرفیت پروژه، یارانه دولتی، دوره اعطای امتیاز مشخصه اصلی قراردادهای B.O.T می‌باشند که سود و زیان شرکت‌های خصوصی طرف قرارداد با دولت را مشخص می‌نمایند؛

اما در این میان بهینه‌سازی سطح خدمات می‌تواند تا حد قابل‌توجهی بر قراردادهای B.O.T تأثیرگذار باشد؛ بنابراین لازم است با بررسی مدل ریاضی ارائه‌شده توسط ژانگ، به بهینه‌سازی و تدوین مدلی برای تعیین بهترین سطوح خدمات و بررسی میزان تأثیر این پارامتر بر سایر عوامل و در نتیجه سود و زیان شرکت خصوصی در هر پروژه به‌طور خاص پرداخت.

یکی از پارامترهای مهم مدل ژانگ هزینه جانبی اعطای یارانه از طرف دولت است؛ با توجه به نقش مهم این پارامتر، لازم است تا تحقیق در مورد میزان هزینه جانبی یارانه وضع‌شده در کشور ایران بررسی شود.

میزان رضایت کاربران از پروژه‌های احداث‌شده بر اساس قرارداد B.O.T یکی از پارامترهای مهم در جهت افزایش رفاه عمومی است. از طرفی میزان رفاه کاربران با اعطای یارانه از سوی دولت که در واقع از محل مالیات‌های عمومی تأمین می‌شود در تضاد است. در مدل ژانگ، پارامترهای رفاه عمومی و میزان یارانه نیز مورد توجه قرار گرفته است. لازم است با استفاده از این روش در پروژه‌های موجود و آینده با قرارداد B.O.T یک رابطه بهینه بین این دو تعریف نمود.

## فهرست منابع

- ۱) قانون برنامه چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی، مجلس شورای اسلامی، مصوب ۱۳۸۳.
- ۲) کاظمی، س.، (۱۳۹۷)، بررسی تاثیر شاخص‌های کلان اقتصاد بر برزو تغییر کار و ادعا در قراردادهای B.O.T.. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تفت.
- ۳) مزارعی، ع.، (۱۳۹۵). تبیین شیوه مؤثر ارجاع قرارداد و انتخاب برنده مناقصات در مجموعه قراردادهای B.O.T پروژه‌های زیرساخت در ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مدیریت پروژه و ساخت، دانشگاه هنر، دانشکده معماری و شهرسازی
- ۴) نشریه شماره ۴۶۹، (۱۳۹۸)، موافقت ساخت-بهره-برداری-واگذاری. (B.O.T) دفتر استانداردها و طرح‌های آب و آبفا.
- ۵) نقی‌زاده، غ.، عطاران، ه.، (۱۳۹۵)، بررسی راهکارهای مشارکت بخش خصوصی در توسعه حمل و نقل ریلی درون شهری. همایش ملی معماری شهرسازی، و سرزمین پایدار.
- 6) Auriol, E., Picard, P.M, (2013), A theory of B.O.T concession contracts. J. Econ. Behav. Organiz. 89, 187–209.
- 7) Fani, A., Georgios, N. A., Dimitrios, K., Glykeria P. K., (2013), Complexity in the Evaluation of Contract Types Employed for the Construction of Highway Projects. Procedia Social and Behavioral Sciences, Volume 74, 29 March 2013, Pages 448–458.
- 8) Feng, Z., Zhang, S.-B., Gao, Y., (2015). Modeling the impact of government guarantees on toll charge, road quality and capacity for build-operate-transfer (B.O.T) road projects. Transp. Res. Part A: Pol. Pract. 78, 54–67.
- 9) Feng, Z., Zhang, S.-B., Gao, Y., Zhang, S.-J., (2016). Subsidizing and pricing private toll roads with noncontractible service quality: a relational contract approach. Transp. Res. Part B: Methodol. 91, 466–491.
- 10) Guo, X., Yang, H., (2009), Analysis of a build-operate-transfer scheme for road franchising. Int. J. Sustainable Transp. 3 (5–6), 312–338.
- 11) Kwak, Y.H., Chih, Y., Ibbs, C.W., (2009), Towards a comprehensive understanding of public private partnerships for infrastructure development. California Manage. Rev. 51 (2), 51–78
- 12) Li, S., Cai, H., (2017), Government incentive impacts on private investment behaviors under demand uncertainty. Transp. Res. Part E: Logist. Transp. Rev. 101, 115–129.
- 13) Lu, Z., Meng, Q., (2017), Analysis of optimal B.O.T highway capacity and economic toll adjustment provisions under traffic demand uncertainty. Transp. Res. Part E: Logist. Transp. Rev. 100, 17–37.
- 14) Parsanta, K., and Stephen, O., (2004), Selection and application of risk management tools and technique for build-operate-transfer projects.

- 15) PMBOK GUIDE, (2004), A Guide to the Project Management Body of Knowledge, Project management Institute. Four campus Boulevard Square, PA19073-3299 USA.
- 16) Qiu, L.D., Wang, S., (2011), B.O.T projects: incentives and efficiency. *J. Dev. Econ.* 94 (1), 127–138.
- 17) Shahbazi, R., (2017), Assessing and comparing risk indices in B.O.T and DBB delivery methods in freeway and highway construction projects, MSc Degree Thesis, Tehran University.
- 18) Snow, A., Warren Jr, R.S., (1996), The marginal welfare cost of public funds: theory and estimates. *J. Public Econ.* 61 (2), 289–305.
- 19) Suprpto, M., Hans L.M. Bakker, Herman G. Mooi, Marcel J.C.M Hertogh, (2015), How do contract types and incentives matter to project performance? *International Journal of Project Management*, Available online 29 August 2015.
- 20) Tan, Z., Yang, H., (2012), a. Flexible build-operate-transfer contracts for road franchising under demand uncertainty. *Transp. Res. Part B: Methodol.* 46 (10), 1419–1439.
- 21) Tan, Z., Yang, H., (2012), b. The impact of user heterogeneity on road franchising. *Transp. Res. Part E: Logist. Transp. Rev.* 48 (5), 958–975.
- 22) Tan, Z., Yang, H., Guo, X., (2010), Properties of Pareto-efficient contracts and regulations for road franchising. *Transp. Res. Part B: Methodol.* 44 (4), 415–433.
- 23) Ubbels, B., Verhoef, E.T., (2008), Auctioning concessions for private roads. *Transp. Res. Part A: Pol. Pract.* 42 (1), 155–172.
- 24) Verhoef, E.T., (2007), Second-best road pricing through highway franchising. *J. Urban Econ.* 62 (2), 337–361.
- 25) Wang, F., Xiong, M., Niu, B., Zhuo, X., (2018), Impact of government subsidy on B.O.T contract design: price, demand, and concession period. *Transp. Res. Part B: Methodol.* 110, 137–159.
- 26) Wang, G.W.Y., Pallis, A.A., (2014), Incentive approaches to overcome moral hazard in port concession agreements. *Transp. Res. Part E: Logist. Transp. Rev.* 67, 162–174. World Bank, 1998. World Development Indicators. World Bank.
- 27) World Bank, (1998). World Development Indicators. World Bank.
- 28) Yang, H., Meng, Q., (2000), Highway pricing and capacity choice in a road network under a build-operate-transfer scheme. *Transp. Res. Part A: Pol. Pract.* 34 (3), 207–222.
- 29) Yang, H., Meng, Q., (2002), A note on highway pricing and capacity choice in a road network under a build-operate-transfer scheme. *Transp. Res. Part A: Pol. Pract.* 36 (7), 659–663.
- 30) Zhang, X. Q., and Kumaraswamy, M. M., (2001), Hong Kong experience in managing B.O.T projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, 127(2), 154–162.
- 31) Zhang, X., (2004), Concessionaire selection: methods and criteria. *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, 130 (2), 235–244..
- 32) Zhang, Y., Feng, Z., Zhang, Sh. And Song, J., (2018), The effects of service level on B.O.T transport project contract. *Transportation Research Part E.*



1. Zhang, and Kumaraswamy
2. Build, Operate and Transfer
3. PMBOK GUIDE
4. Zhang, Y., Feng, Z., Zhang, Sh. And Song
5. Auriol, E., Picard
6. Yang, H., Meng
7. Guo, X., Yang
8. Tan, Z., Yang uo, X., Yang
9. Fani, A., Georgios, N. A., Dimitrios, K., Glykeria
10. Lu, Z., Meng
11. Stackelberg game
12. World Bank
13. Gene Expresion Programming