

# مدل تأثیر قیمت گذاری پارکینگ در نحوه انتخاب وسایل نقلیه با استفاده از ساختار لوجیت

کامبیز مستوفی دربان<sup>۱</sup>

## چکیده

امروزه اعمال سیاست قیمت‌گذاری پارکینگ، به عنوان یکی از محورهای اصلی مدیریت تقاضای حمل و نقل (TDM) با محوریت تغییر در محور انتخاب شیوه حمل و نقلی مورد استفاده، از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. بدیهی است در مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک شهرها، به منظور برنامه‌ریزی در سال افق، لزوم ایجاد مدل‌های متناسبی که قادر به اثرسنجی اعمال استراتژی‌هایی نظیر قیمت‌گذاری پارکینگ در شرایط مختلف باشند، از اهمیت بسزایی برخوردار است. از این رو در این مقاله با تکیه بر یک روش ابتکاری ضمن پرداخت مدل‌هایی با ساختار لوجیت میزان انحراف تقاضای وسایل نقلیه شخصی به سایر وسایل نقلیه و به ویژه سیستم حمل و نقل همگانی، تأثیر یافته از تغییرات نرخ ساعتی پارکینگ به تفکیک اهداف مختلف سفر شامل شغلی، تحصیل، تفریح و خرید برآورد شده است. نتایج حاکی از آن است که میزان حساسیت استفاده‌کنندگان از وسایل نقلیه شخصی در سفرهای با اهداف شغلی و تحصیلی بسیار بیشتر از سفرهای با هدف تفریح و خرید می‌باشد که این موضوع با توجه به ماهیت مختلف سفرها از نظر ماهیت اجباری و غیراجباری آن‌ها، مکرر و یا غیرمکرر بودن استفاده‌کنندگان و همچنین میانگین زمان توقف توجیه‌پذیر می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** مدل لوجیت، قیمت‌گذاری پارکینگ، مدیریت تقاضای سفر.

تاریخ دریافت مقاله: ۸۹/۱/۲۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۸۹/۴/۳۰

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد برنامه ریزی حمل و نقل، دانشگاه صنعتی شریف، Airkmd@yahoo.com

## ۱- مقدمه

اخیر، با توجه به عدم توازن عرضه و تقاضا، به ویژه در استفاده از وسایل نقلیه شخصی، استفاده از استراتژی‌ها و راهبردهای مختلف مدیریت تقاضای سفر، ضمن بکارگیری برنامه‌ها و راهکارهای گوناگون از اهمیت بسیار زیادی برخوردار شده است. در این راستا یکی از محورهای اصلی مدیریت تقاضا، تغییر در نحوه انتخاب شیوه حمل و نقلی مورد استفاده شهروندان است. از راهکارها و برنامه‌های زیرمجموعه این محور، قیمت‌گذاری پارکینگ می‌باشد.

تحلیل و برآورد تقاضای سفر براساس فرآیند چهار مرحله‌ای که متکی بر مدل‌های تولید و جذب سفر، توزیع، انتخاب وسیله نقلیه و تخصیص سفر است، می‌باشد. مدل‌های انتخاب وسیله نقلیه که عمدتاً ساختارشان از نوع لوجیت می‌باشد بر مبنای توابع مطلوبیت و با بکارگیری متغیرهای مستقل مختلف از نوع هزینه زمانی، ریالی و غیره ایجاد می‌شوند. در سال‌های

در صورت اجرای طرح قیمت‌گذاری پارکینگ به صورت یکپارچه و یکنواخت در هر ناحیه خاص و با اعمال یک سیستم نظارتی، مدیریتی و کنترلی دقیق، این سیاست‌گذاری می‌تواند نقش مؤثری را در انحراف تقاضای استفاده از وسایل نقلیه شخصی به سایر وسایل نقلیه و به ویژه وسایل نقلیه همگانی ایفاء نماید.

در این رویکرد، مدل‌های چهارگانه انحراف تقاضای وسایل نقلیه شخصی به سایر وسایل نقلیه، تأثیر یافته از استراتژی‌های مختلف قیمت‌گذاری پارکینگ بر اساس مقادیر متغیر قیمت ساعتی توقف و به تفکیک اهداف سفر شغلی، تفریحی، تحصیلی و خرید، کالیبره شده است. این مطالعه، در وهله بعدی به مقایسه نتایج حاصل از مدل‌های چهارگانه انحراف تقاضا پرداخته است. این مدل‌ها با تکیه بر پایگاه‌های اطلاعاتی تهیه شده حاصل از یک آمارگیری بیانی (SP)<sup>۱</sup> تهیه شده‌اند.

شایان ذکر است که یکی از نیازهای پرداخت مدل‌های مختلف وجود پایگاه‌های اطلاعاتی مشخصی است که حاوی مشاهدات مربوطه بر مبنای آمارگیری‌های بیانی انجام شده باشد. مشاهدات یاد شده بر مبنای نیازهای مدل از نظر نوع ساختار به ویژه متغیرهای مستقل و وابسته موجود در آن صورت می‌گیرند. مدل‌های انحراف چهارگانه تقاضای وسایل نقلیه مختلف به سیستم حمل و نقل عمومی، تأثیر یافته از قیمت‌گذاری پارکینگ نیز، مستثنی از قاعده کلی فوق نمی‌باشند. این مدل‌ها در واقع بیانگر میزان تغییرات در سهم استفاده از سیستم‌های مختلف حمل و نقل می‌باشند که بخاطر اعمال سیاست قیمت‌گذاری پارکینگ در چارچوب مدیریت تقاضای سفر روی داده است.

## ۲- مطالعات پیشین

در سال‌های اخیر، در کشورهای توسعه یافته سیاست‌گذاری در راستای قیمت‌گذاری ساعتی استفاده از پارکینگ در چارچوب استراتژی‌های مدیریت تقاضای سفر (TDM) از جایگاه ویژه‌ای برخوردار شده است.

حال آن‌که به منظور اثرسنجی این سیاست‌گذاری به عنوان یکی از ابزارهای مناسب مدیریت تقاضای سفر لازم

است که از مدل‌های ریاضی و روش‌های مشخصی به منظور شبیه‌سازی رفتارهای انتخابی مردم که تا حدود زیادی تأثیر یافته از ویژگی‌های عرضه می‌باشند، استفاده نمود [۸].

در رابطه با پیشینه مطالعاتی موضوع فوق، تاکنون مدل‌های مختلفی در ارتباط با اثرات پارکینگ در برنامه‌ریزی‌های حمل و نقل درون‌شهری پیشنهاد شده‌اند که به‌طور مشخص اغلب آن‌ها به دو گروه مختلف زیر تقسیم‌بندی گردیده‌اند.

۱- مدل‌های انتخاب گسسته [۲]

۲- مدل‌های متکی بر شبکه

مدل‌های گروه اول، غالباً اثرات سیاست‌گذاری و اعمال قیمت‌های مختلف ساعتی استفاده از فضای پارکینگ را در فرآیند انتخاب شیوه حمل و نقلی مورد استفاده، تعیین می‌نمایند.

عمدتاً ساختار این مدل‌ها از نوع لوجیت بوده که در این رابطه می‌توان به مدل‌هایی نظیر مدل‌های کلامپ [۳ و ۴] و یا گاتوسو [۵] اشاره نمود.

مدل‌های متکی بر شبکه عمدتاً دارای کاربری متفاوت از تعیین اثرات حاصل از قیمت‌گذاری پارکینگ در نحوه انتخاب وسیله نقلیه می‌باشند.

بطور مشخص مدل‌های مذکور تلاش می‌نمایند تا هزینه زمانی جستجوی پارکینگ را در نواحی با ضریب بالای اشغال پارکینگ در حل مسئله تعادلی شبکه به منظور انجام فرآیند شبیه‌سازی و تخصیص ترافیک در نظر گیرند.

به عبارت دیگر مدل‌های شبکه مبنای مطالعات پارکینگ، در فرآیند انتخاب مسیر، زمان صرف شده مربوط به جستجوی محل توقف نیز، ملحوظ می‌شود.

مطالعه حاضر در جستجوی ایجاد مدل‌های ریاضی مناسب، به منظور تعیین اثرات قیمت‌گذاری ساعتی استفاده از فضاهای پارکینگ بر تغییرات سفرهای درون‌شهری می‌باشد. از این‌رو مدل‌های گروه اول بیان شده به نوعی مرتبط با موضوع مطالعه حاضر می‌باشند.

همچنین در خصوص اثرات اعمال سیاست قیمت‌گذاری استفاده از فضای پارکینگ، با توجه به تحقیقات انجام شده در ایالات متحده آمریکا، مشخص شده است که چنانچه

1- Speaking

که با افزایش ۱/۳۷ تا ۳/۳۷ دلار در قیمت ساعتی استفاده از فضاهای پارکینگ، کاهش سفری معادل با ۱۲ تا ۳۹ درصد برای استفاده‌کنندگان مداوم روی داده است. اگر این سیاست‌گذاری در کنار برنامه‌های دیگر نظیر تشویق به استفاده از اتومبیل اشتراکی و حمل و نقل همگانی اعمال گردد، کل سفرهایی که با وسایل نقلیه شخصی انجام می‌شود، ۱۹ تا ۳۱ درصد کاهش می‌یابد. [۶].

پارکینگ‌های رایگان تا حد معینی قیمت‌گذاری شوند، اعمال سیاست مذکور باعث کاهش ۱۰ تا ۳۰ درصدی استفاده‌کنندگان مداوم از سیستم می‌گردد. البته این موضوع در صورتی است که این سیاست با دیگر استراتژی‌های مدیریت تقاضای سفر (TDM) و کنترل و نظارت صحیح همراه باشد. همچنین در مطالعات ICF (۱۹۹۷)، نشان داده شده است

جدول (۱): درصد سفر کاهش یافته با اتومبیل‌های شخصی متأثر از اعمال سیاست قیمت‌گذاری پارکینگ [۶].

قیمت	۱ دلار	۲ دلار	۳ دلار	۴ دلار
موقعیت مکانی				
حومه‌های کم‌چگالی	٪۶/۵	٪۱۵/۱	٪۲۵/۳	٪۳۶/۱
نواحی مرکزی و تجاری	٪۱۷/۵	٪۳۱/۸	٪۴۲/۶	٪۵۰

جدول (۲): اثرات قیمت‌گذاری پارکینگ به ازای ۱ دلار در ساعت بر بهبود شاخص‌های مختلف ترافیکی، حمل و نقلی و مصرف سوخت در مطالعات انجام شده در نواحی مختلف ایالات متحده آمریکا.

ناحیه	تغییر در میزان VMT	تغییر در میزان تأخیر	تغییر در میزان مصرف سوخت	تغییر در میزان تولید آلاینده‌ها
Bay Area	٪-۰/۸	٪-۲/۷	٪-۰/۸	٪-۰/۸
Sacramento	٪-۱	٪-۲/۵	٪-۱/۱	٪-۱/۱
San Diego	٪-۰/۹	٪-۲/۵	٪-۱	٪-۰/۹
South Coast	٪-۰/۹	٪-۲/۹	٪-۱/۱	٪-۱

VMT = کل مسافت پیموده شده وسایل نقلیه

جدول (۳): اولویت‌بندی اهداف اصلی در نتیجه قیمت‌گذاری و مدیریت پارکینگ.

توضیحات	درجه‌بندی	هدف
کاهش سفر با وسایل نقلیه شخصی	۳	کاهش تراکم ترافیک
کاهش سفر با وسایل نقلیه شخصی و استفاده از پارکینگ	۳	نگهداری راه‌ها و پارکینگ‌ها
افزایش هزینه‌های مستقیم و کاهش هزینه‌های غیرمستقیم	-۱	هزینه برای استفاده‌کنندگان
کاهش سفر با وسایل نقلیه شخصی	۲	امنیت جاده‌ها و راه‌ها
کاهش سفر با وسایل نقلیه شخصی	۲	حفاظت از محیط زیست
کاهش سفر با وسایل نقلیه شخصی و کاهش مقدار زمین‌های اختصاص یافته به تسهیلات پارکینگ	۲	افزایش کارایی کاربری زمین
	۲	قابلیت‌های زندگی اجتماعی

درجه‌بندی در نظر گرفته شده بین ۳ (پرمفعت‌ترین حالت) و ۳- (پرضررت‌ترین حالت) متغیر است.

از سوی دیگر برخی از مطالعات انجام شده در ایالات متحده نشان داده است که به ازای ۲ دلار هزینه ساعتی پارکینگ در نواحی حومه‌ای کم‌چگالی بالغ بر ۱۵ درصد و در مناطق مرکزی و تجاری شهر بالغ بر ۳۱ درصد از تقاضای سفر با سواری شخصی کاسته شده است. خلاصه‌ای از نتایج مطالعات مذکور در جدول (۱) ارائه شده است. همچنین برخی از مطالعات دیگر به بررسی اثرات قیمت‌گذاری پارکینگ به ازای افزایش یک دلار در ساعت به میزان بهبود شاخص‌های مختلف ترافیکی، حمل و نقلی و مصرف سوخت پرداخته‌اند که نمونه‌ای از نتایج حاصل از یکی از مطالعات جدول (۲) ارائه گردیده است [۶].

همچنین نکته‌ای که در اغلب مطالعات انجام شده به آن اشاره شده است این است که در نظر گرفتن تخفیف و قیمت‌های ارزان برای توقف‌های طولانی مدت، سبب تشویق استفاده‌کنندگان مداوم با اهداف سفری نظیر شغلی می‌گردد.

از سوی دیگر در مطالعاتی که در رابطه با تأثیر قیمت‌گذاری پارکینگ بر کاهش سفر وسایل نقلیه شخصی انجام شده است، هدف‌های فراتر دیگری که تأثیر یافته از کاهش سفر با سواری‌های شخصی می‌باشد، تحقق می‌یابد. برخی از این اهداف مطابق با جدول (۳) درجه‌بندی شده‌اند.

### ۳- روش مطالعه

در این مطالعه، به منظور پرداخت مدل‌های انحراف تقاضا از وسایل نقلیه شخصی به وسایل نقلیه همگانی به تفکیک اهداف سفر یک فرآیند ۷ مرحله‌ای به شرح زیر طی شده است.

۱- تهیه پرسشنامه‌ها

۲- گردآوری اطلاعات و انجام آمارگیری‌های به صورت بیانی (SP)

۳- ایجاد پایگاه اطلاعاتی مبنا

۴- گروه‌بندی مدل‌های انحراف تقاضا به تفکیک اهداف سفر مختلف (۴ گروه مختلف)

۵- تعیین ساختار ریاضی مدل‌ها بر مبنای توابع S شکل لوجیت

۶- حل ۴ مسئله برنامه‌ریزی ریاضی غیرخطی مختلف به منظور ساخت مدل‌های لوجیت

۷- اعتبارسنجی مدل‌های ساخته شده

با توجه به فرآیند فوق مهمترین نیاز به منظور پرداخت مدل‌های انحراف، ایجاد پایگاه اطلاعاتی مبنا، براساس پرسشگری‌های انجام شده می‌باشد. شایان ذکر است که از مهمترین نیازهای مدل‌سازی، وجود پایگاه‌های اطلاعاتی صحیح و متناسب با نیازهای مسئله می‌باشد. بدیهی است، میزان دقت و کیفیت اطلاعات گردآوری شده در پایگاه‌های اطلاعاتی مبنا به طور مستقیم بر میزان صحت و یا سقم نتایج حاصل از برآورد مدل‌های مربوطه تأثیر می‌گذارد.

در خصوص اطلاعات موردنیاز به منظور پرداخت مدل‌های انحراف تقاضای تأثیر یافته از قیمت‌گذاری پارکینگ، این مطالعه نیازمند گردآوری دو گروه اطلاعاتی مختلف می‌باشد.

۱- سهم رانندگان وسایل نقلیه شخصی که چنانچه ساعتی استفاده از فضای پارکینگ در مقصد موردنظر در گستره ریالی  $i$  قرار گیرد، از سایر وسایل نقلیه استفاده می‌نمایند.

۲- گروه‌بندی نسبت قیمت ساعتی پارکینگ به قیمت حدی که در قیمت حدی بیش از ۸۵٪ از استفاده‌کنندگان از وسیله نقلیه شخصی ترجیح می‌دهند، که از نوع دیگری از وسیله نقلیه استفاده نمایند. (در این مطالعه قیمت حدی معادل با ۳۰۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است.)

مهمترین اطلاعات موجود در پرسشنامه‌های مربوط به تهیه مدل‌های انحراف شامل آستانه‌های قیمتی عدم انتخاب وسیله نقلیه شخصی در سفرهای درون‌شهری می‌باشد.

شکل (۱) نمونه پرسشنامه مورد استفاده در مدل‌های انحراف تقاضای استفاده از وسایل نقلیه شخصی را به سایر وسایل نقلیه نشان می‌دهد.

حال، پس از گردآوری اطلاعات و ایجاد پایگاه اطلاعاتی مبنا، نوبت به پرداخت مدل‌های لوجیت  $i$  گانه متناظر با اهداف سفر فرا می‌رسد.

لازم به توضیح است که، احتمال آن‌که شخص  $i$ -ام با برخورد با گروه قیمتی  $j$  (قیمت ساعتی پارکینگ) نسبت به

شخصی به سایر وسایل نقلیه منتقل شده است  $(P_i/30000)$ .  
 $a, b =$  پارامترهای مدل می‌باشند که از فرآیند پرداخت مدل‌ها حاصل می‌شوند.

$k =$  شمارنده هدف سفر می‌باشد که از ۱ تا ۴ متغیر است.

شایان ذکر است که فرآیند کالیبراسیون مدل‌ها براساس حل یک مسئله برنامه‌ریزی غیرخطی و برمبنای تابع هدفی که هدف اصلی آن کمینه نمودن مجموع مربعات خطاها بین مقادیر برآورد شده از مدل و مشاهدات جمع‌آوری شده است، می‌باشد.

عدم انتخاب وسایل نقلیه شخصی و استفاده از سایر شیوه‌های حمل و نقلی اقدام نماید، مطلق با ساختار تابع لوجیت نشان داده شده در زیر تعیین می‌گردد.

$$f(\alpha) = \frac{1 - e^{-\frac{a^k \alpha}{1-\alpha}}}{1 + b e^{-\frac{a^k \alpha}{1-\alpha}}} \quad ( )$$

که در آن:

$f(\alpha) =$  مدل تقاضای انحراف یافته از وسیله نقلیه شخصی به سایر شیوه‌های حمل و نقلی می‌باشد.  
 $\alpha =$  نسبت نماینده گروه قیمتی به قیمت حدی می‌باشد، که قیمت حدی طبق تعریف قیمت نسبتاً بزرگی است که در آستانه آن به طور قطع بیش از ۸۵٪ تقاضا از وسیله نقلیه

[۱]. در سفرهای با اهداف شغلی، کدامیک از گزینه‌های زیر را در رابطه با قیمت‌گذاری ساعتی پارکینگ، در عدم استفاده از وسیله نقلیه شخصی مؤثر می‌دانید؟		
<input type="checkbox"/> ۱- کمتر از ۱۰۰ تومان به ازاء هر ساعت	<input type="checkbox"/> ۲- از ۱۰۰ تا ۲۰۰ تومان به ازاء هر ساعت	<input type="checkbox"/> ۳- از ۲۰۰ تا ۳۰۰ تومان به ازاء هر ساعت
<input type="checkbox"/> ۴- از ۳۰۰ تا ۴۰۰ تومان به ازاء هر ساعت	<input type="checkbox"/> ۵- از ۴۰۰ تا ۵۰۰ تومان به ازاء هر ساعت	<input type="checkbox"/> ۶- از ۵۰۰ تا ۶۰۰ تومان به ازاء هر ساعت
<input type="checkbox"/> ۷- از ۶۰۰ تا ۷۰۰ تومان به ازاء هر ساعت	<input type="checkbox"/> ۸- از ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ تومان به ازاء هر ساعت	<input type="checkbox"/> ۹- از ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ تومان به ازاء هر ساعت
<input type="checkbox"/> ۱۰- عدم تأثیر		
[۲]. در سفرهای با اهداف آموزشی، کدامیک از گزینه‌های زیر را در رابطه با قیمت‌گذاری ساعتی پارکینگ، در عدم استفاده از وسیله نقلیه شخصی مؤثر می‌دانید؟		
<input type="checkbox"/> ۱۱- کمتر از ۱۰۰ تومان به ازاء هر ساعت	<input type="checkbox"/> ۱۲- از ۱۰۰ تا ۲۰۰ تومان به ازاء هر ساعت	<input type="checkbox"/> ۱۳- از ۲۰۰ تا ۳۰۰ تومان به ازاء هر ساعت
<input type="checkbox"/> ۱۴- از ۳۰۰ تا ۴۰۰ تومان به ازاء هر ساعت	<input type="checkbox"/> ۱۵- از ۴۰۰ تا ۵۰۰ تومان به ازاء هر ساعت	<input type="checkbox"/> ۱۶- از ۵۰۰ تا ۶۰۰ تومان به ازاء هر ساعت
<input type="checkbox"/> ۱۷- از ۶۰۰ تا ۷۰۰ تومان به ازاء هر ساعت	<input type="checkbox"/> ۱۸- از ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ تومان به ازاء هر ساعت	<input type="checkbox"/> ۱۹- از ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ تومان به ازاء هر ساعت
<input type="checkbox"/> ۱۰- عدم تأثیر		
[۳]. در سفرهای با اهداف خرید، کدامیک از گزینه‌های زیر را در رابطه با قیمت‌گذاری ساعتی پارکینگ، در عدم استفاده از وسیله نقلیه شخصی مؤثر می‌دانید؟		
<input type="checkbox"/> ۱۱- کمتر از ۱۰۰ تومان به ازاء هر ساعت	<input type="checkbox"/> ۱۲- از ۱۰۰ تا ۲۰۰ تومان به ازاء هر ساعت	<input type="checkbox"/> ۱۳- از ۲۰۰ تا ۳۰۰ تومان به ازاء هر ساعت
<input type="checkbox"/> ۱۴- از ۳۰۰ تا ۴۰۰ تومان به ازاء هر ساعت	<input type="checkbox"/> ۱۵- از ۴۰۰ تا ۵۰۰ تومان به ازاء هر ساعت	<input type="checkbox"/> ۱۶- از ۵۰۰ تا ۶۰۰ تومان به ازاء هر ساعت
<input type="checkbox"/> ۱۷- از ۶۰۰ تا ۷۰۰ تومان به ازاء هر ساعت	<input type="checkbox"/> ۱۸- از ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ تومان به ازاء هر ساعت	<input type="checkbox"/> ۱۹- از ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ تومان به ازاء هر ساعت
<input type="checkbox"/> ۱۰- عدم تأثیر		
[۴]. در سفرهای با اهداف تفریحی، کدامیک از گزینه‌های زیر را در رابطه با قیمت‌گذاری ساعتی پارکینگ، در عدم استفاده از وسیله نقلیه شخصی مؤثر می‌دانید؟		
<input type="checkbox"/> ۱- کمتر از ۱۰۰ تومان به ازاء هر ساعت	<input type="checkbox"/> ۲- از ۱۰۰ تا ۲۰۰ تومان به ازاء هر ساعت	<input type="checkbox"/> ۳- از ۲۰۰ تا ۳۰۰ تومان به ازاء هر ساعت
<input type="checkbox"/> ۴- از ۳۰۰ تا ۴۰۰ تومان به ازاء هر ساعت	<input type="checkbox"/> ۵- از ۴۰۰ تا ۵۰۰ تومان به ازاء هر ساعت	<input type="checkbox"/> ۶- از ۵۰۰ تا ۶۰۰ تومان به ازاء هر ساعت
<input type="checkbox"/> ۷- از ۶۰۰ تا ۷۰۰ تومان به ازاء هر ساعت	<input type="checkbox"/> ۸- از ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ تومان به ازاء هر ساعت	<input type="checkbox"/> ۹- از ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ تومان به ازاء هر ساعت
<input type="checkbox"/> ۱۰- عدم تأثیر		

شکل (۱): نمونه‌ای از پرسشنامه مربوط به مدل‌های انحراف تقاضای وسایل نقلیه شخصی به همگانی، تأثیر یافته از قیمت‌گذاری پارکینگ.  
 رابطه (۲) تابع هدف استفاده شده در این مطالعه را برای هدف سفر  $k$  نشان می‌دهد.  
 که در آن:

$N =$  مجموع افراد مشارکت نموده در پرسشگری می‌باشد.  
 $n_i =$  مجموع افرادی می‌باشند که در گروه قیمتی  $i$  نسبت

$$\text{Min } z_j = \sum_{i=1}^L \left( f(\alpha)_k - \left( \frac{n_i}{N} \right)_k \right)^2$$

به عدم انتخاب وسیله نقلیه شخصی خود مبادرت نموده‌اند.

$f(\alpha)$  تابع لوجیت برای هدف سفر  $k$  می‌باشد. (خروجی حاصل از حل مسئله غیرخطی فوق، تعیین پارامترهای  $b$ ،  $a$  از تابع مذکور می‌باشد).

$i$  = شمارنده گروه قیمتی می‌باشد که از ۱ تا ۱۱ متغیر است ( $L=11$ ).

$k$  = شمارنده هدف سفر می‌باشد، که از ۱ تا ۴ متغیر بوده و به ترتیب مربوط به سفرهای شغلی، خرید، تحصیلی و تفریحی می‌باشند.

شایان ذکر است که در این مطالعه، به منظور حل مسئله برنامه‌ریزی ریاضی غیرخطی فوق از نرم‌افزار LINGO استفاده شده است.

## ۴- بررسی نمونه‌های آماری و ایجاد پایگاه اطلاعاتی مبنا

با توجه به فرم‌های پرسشگری تهیه شده پاسخ‌دهندگان موظف گردیدند، تا متناسب با یکی از گروه‌های ۱۰گانه قیمت ساعتی استفاده از پارکینگ به یکی از گزینه‌های ۱۰گانه مختلف پاسخ دهند. سوالات پرسشنامه‌ها به تفکیک در اهداف سفری شامل شغلی و خرید، تفریح و تحصیلی تهیه شده‌اند. از این رو مدل‌های انحراف تقاضا نیز به پیروی از آن به تفکیک براساس ۴ هدف سفر متناظر پرداخت شده‌اند.

در مطالعه مربوطه، پرسشنامه‌ها در بین ۵۶۲ نفر که در اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۶ در سفرهای روزانه خود، از وسیله نقلیه شخصی استفاده می‌نمودند توزیع گردید.

نتایج حاصل شده از پایگاه اطلاعاتی ایجاد شده مبنا براساس نتایج پرسشگری در جدول (۴) نشان داده شده است.

## ۵- مدل‌های انحراف تقاضای تأثیر یافته از اعمال سیاست قیمت‌گذاری ساعتی پارکینگ

پس از تهیه پایگاه اطلاعاتی مبنا برای مدل‌های انحراف تقاضای تأثیر یافته از قیمت‌گذاری پارکینگ، نوبت به

پرداخت این مدل‌ها به تفکیک هدف سفر ( $k$ ) می‌رسد. حال آن‌که قبل از ارائه مدل‌های چهارگانه لوجیت پرداخت شده ذکر نکاتی ضروری به نظر می‌رسد. در فرآیند برآورد تقاضا، تقاضای سفر برای انواع وسایل نقلیه به تفکیک اهداف سفر، توسط مدل‌های انتخاب وسیله از نوع لوجیت چندگانه برآورد می‌شوند. با استفاده از این مدل‌ها، سهم انواع وسایل نقلیه از کل سفرها تعیین می‌شود. فرض می‌گردد که این سهم‌ها به صورت زیر نشان داده می‌شود:  $P_{ij}^m$  = سهم وسیله نقلیه  $m$  از کل سفرهای روزانه، از مبدأ  $i$  به مقصد  $j$ ، برای وسایل نقلیه موجود.

که در آن نشانه  $m$  مربوط به شیوه حمل و نقلی شامل سواری شخصی، تاکسی و غیره می‌شود.

عموماً در مدل‌های انتخاب وسیله نقلیه در تعیین سهم‌های  $P_{ij}^m$  زمان سفر با سیستم حمل و نقل همگانی یکی از متغیرهای اصلی مدل به شمار می‌رود. از این رو، به طور منطقی کاهش زمان سفر با سیستم همگانی افزایش تقاضای سفر با این سیستم را به همراه خواهد داشت و برعکس.

در این مطالعه فرض شده است که علاوه بر اثر زمان سفر با سیستم حمل و نقل همگانی، اثر قیمت‌گذاری پارکینگ نیز به عنوان یکی از راهکارها و برنامه‌های مدیریت تقاضای سفر حول محور تغییر در نحوه انتخاب شیوه حمل و نقلی مورد استفاده شهروندان، در عدم انتخاب سواری شخصی توسط آن‌ها در سفرهای درون‌شهری در نظر گرفته شود. همان‌گونه که قبلاً بیان شد، مدل‌های انحراف تقاضا که توابعی به شکل  $S$  از  $\alpha$  می‌باشند، به صورت رابطه (۲)، برای هر نوع هدف سفر  $k$  تعریف می‌شوند.

$a^k$  و  $b^k$  پارامترهای تابع مربوط به هدف سفر  $k$  هستند و این مطالعه برآوردی از آن‌ها را براساس آمارگیری ویژه انجام شده نشان می‌دهد. برای پرداخت مدل‌های انحراف تقاضای این مطالعه، نخست با استفاده از پایگاه اطلاعاتی مبنا، اطلاعات موردنیاز پرداخت این مدل‌ها که در بخش قبل به آن‌ها اشاره شد، فراهم آورده شد. در آغاز، گستره [۰،۱] برای  $\alpha$ ، با استفاده از آزمون و خطا، به تعدادی بازه مناسب تقسیم شد. اطلاعات سهم‌های انتقال یافته در قالب این بازه‌ها برای هر یک از اهداف سفر  $k$  فراهم آورده شد.

جدول (۴): خلاصه‌ای از خروجی پایگاه اطلاعاتی مبنا براساس نتایج پرسشگری.

تقاضای انحراف یافته استفاده‌کنندگان از سواری شخصی در سفرهای با هدف خرید					تقاضای انحراف یافته استفاده‌کنندگان از سواری شخصی در سفرهای با هدف شغلی				
سهم تقاضای انحراف یافته از سواری شخصی	$\alpha = \frac{P_i}{30000}$	نماینده گروه	گروه قیمتی ساعتی پارکینگ (ریال)	i (شمارنده)	سهم تقاضای انحراف یافته از سواری شخصی	$\alpha = \frac{P_i}{30000}$	نماینده گروه	گروه قیمتی ساعتی پارکینگ (ریال)	i (شمارنده)
۰		بدون پاسخ		۱	۰		بدون پاسخ		۱
۰/۰۸۳	-/۰۱۷	۵۰۰	<۱۰۰۰	۲	۰/۱۸۲	۰/۰۱۷	۵۰۰	<۱۰۰۰	۲
-/۱۴	-/۰۵۰	۱۵۰۰	[1000,2000)	۳	۰/۶	۰/۰۵۰	۱۵۰۰	[1000,2000)	۳
۰/۲۷۸	-/۰۸۳	۲۵۰۰	[2000,3000)	۴	۰/۷۵۸	۰/۰۸۳	۲۵۰۰	[2000,3000)	۴
۰/۳۶	-/۱۱۶	۳۵۰۰	[3000,4000)	۵	۰/۸۴۸	۰/۱۱۶	۳۵۰۰	[3000,4000)	۵
-/۴۷	-/۱۵۰	۴۵۰۰	[4000,5000)	۶	۰/۹۳۹	۰/۱۵۰	۴۵۰۰	[4000,5000)	۶
۰/۶۱	-/۱۸۳	۵۵۰۰	[5000,6000)	۷	۱	۰/۱۸۳	۵۵۰۰	[5000,6000)	۷
۰/۷۵	-/۲۱۷	۶۵۰۰	[6000,7000)	۸	۱	۰/۲۱۷	۶۵۰۰	[6000,7000)	۸
۰/۹۴۴	-/۲۸۳	۸۵۰۰	[7000,10000)	۹	۱	۰/۲۸۳	۸۵۰۰	[7000,10000)	۹
۱	/۶۷۰	۲۰۰۰۰	[10000,30000)	۱۰	۱	/۶۷۰	۲۰۰۰۰	[10000,30000)	۱۰
۱	۱	۳۰۰۰۰	>=30000	۱۱	۱	۱	۳۰۰۰۰	>=30000	۱۱
تقاضای انحراف یافته استفاده‌کنندگان از سواری شخصی در سفرهای با هدف تحصیلی					تقاضای انحراف یافته استفاده‌کنندگان از سواری شخصی در سفرهای با هدف تفریح				
سهم تقاضای انحراف یافته از سواری شخصی	$\alpha = \frac{P_i}{30000}$	نماینده گروه	گروه قیمتی ساعتی پارکینگ (ریال)	i (شمارنده)	سهم تقاضای انحراف یافته از سواری شخصی	$\alpha = \frac{P_i}{30000}$	نماینده گروه	گروه قیمتی ساعتی پارکینگ (ریال)	i (شمارنده)
۰		بدون پاسخ		۱	۰		بدون پاسخ		۱
۰/۱۹۲	-/۰۱۷	۵۰۰	<۱۰۰۰	۲	۰/۰۵۵	۰/۰۱۷	۵۰۰	<۱۰۰۰	۲
۰/۵۲۷	-/۰۵۰	۱۵۰۰	[1000,2000)	۳	۰/۰۸۳	۰/۰۵۰	۱۵۰۰	[1000,2000)	۳
-/۶۶	-/۰۸۳	۲۵۰۰	[2000,3000)	۴	۰/۲۲	۰/۰۸۳	۲۵۰۰	[2000,3000)	۴
۰/۷۷	-/۱۱۶	۳۵۰۰	[3000,4000)	۵	۰/۲۷۵	۰/۱۱۶	۳۵۰۰	[3000,4000)	۵
-/۸۶	-/۱۵۰	۴۵۰۰	[4000,5000)	۶	۰/۳۶	۰/۱۵۰	۴۵۰۰	[4000,5000)	۶
۰/۹۲	-/۱۸۳	۵۵۰۰	[5000,6000)	۷	۰/۴۱۵	۰/۱۸۳	۵۵۰۰	[5000,6000)	۷
۰/۹۵	-/۲۱۷	۶۵۰۰	[6000,7000)	۸	۰/۴۷	۰/۲۱۷	۶۵۰۰	[6000,7000)	۸
۰/۹۵	-/۲۸۳	۸۵۰۰	[7000,10000)	۹	۰/۵۸۰	۰/۲۸۳	۸۵۰۰	[7000,10000)	۹
-/۹۷	/۶۷۰	۲۰۰۰۰	[10000,30000)	۱۰	/۸۳۰	/۶۷۰	۲۰۰۰۰	[10000,30000)	۱۰
۱	۱	۳۰۰۰۰	>=30000	۱۱	۱	۱	۳۰۰۰۰	>=30000	۱۱

$i$  = میانگین نرخ تورم سالانه پیش‌بینی شده در دوره زمانی تحت مطالعه می‌باشد.  
 $P_0$  = قیمت ساعتی حدی پارکینگ در سال مبنا (سال ۱۳۸۶) می‌باشد، که در این مطالعه معادل با ۳۰,۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است.

جدول (۵): پارامترهای  $a$  و  $b$  در مدل‌های چهارگانه انحراف تقاضا به تفکیک اهداف سفر مختلف

k	پارامتر هدف سفر	a	b
۱	شغلی	۱۷/۶	-۰/۲۲۶
۲	خرید	۳/۱۲	۹/۲۷
۳	تحصیلی	۱۲	۰
۴	تفریح	۲/۳۱۶	۰

## ۶- نتیجه‌گیری

همانگونه که از نتایج مدل‌های لججیت چهارگانه انحراف تقاضای سفر با سواری شخصی به سایر وسایل نقلیه مشخص گردید، چنانچه سیاست‌گذاری در رابطه با قیمت‌گذاری پارکینگ به طور دقیق و با اعمال یک سیستم مدیریتی، نظارتی و کنترلی قدرتمند و قانونمند صورت گیرد و از سوی دیگر به صورت یکپارچه و یکنواخت در نواحی مختلف شهری و به ویژه نواحی مرکزی شهر (CBD) به اجرا درآید، قادر می‌باشد تا درصد قابل‌توجهی از تقاضای سفر با سواری شخصی را، بالاخص در سفرهای با هدف شغلی، به سایر شیوه‌های حمل و نقلی و به ویژه حمل و نقل همگانی انبوه‌بر انتقال دهد.

از مهمترین دلایل بیشینه بودن نسبت انحراف تقاضا به نمو قیمت ساعتی پارکینگ در سفرهای با هدف شغلی، میانگین زمان توقف بالای سفرهای شغلی در مقایسه با سایر اهداف سفر نظیر خرید و تفریح و همچنین تعدد اینگونه سفرها برای هر شخص بطور ماهانه می‌باشد، که در صورت استفاده از سواری شخصی لازم است تا مبلغ قابل توجهی را به عنوان هزینه استفاده از پارکینگ در سفرهای با هدف‌های شغلی بپردازند که این موضوع غالباً

در وهله بعدی پارامتری  $a^k$  و  $b^k$  متناظر با هدف سفر  $k$  (شغلی، خرید، تحصیلی و تفریح) نتایج حاصل از کالیبره نمودن پارامترهای  $a^k$  و  $b^k$  در جدول (۵) نشان داده شده است.

شکل‌های (۲) تا (۵) مدل‌های لججیت چهارگانه به تفکیک اهداف سفر را به همراه نقاط آماری استفاده شده در پرداخت آن نشان می‌دهند. همان‌گونه که از مقایسه نمودارها مشخص است، استفاده‌کنندگان از سواری شخصی در سفرهای با هدف تفریح کمترین حساسیت را نسبت به تغییرات و نوسانات نرخ پارکینگ ساعتی از خود نشان می‌دهند.

در مقابل، سفرهای با هدف شغلی بیشینه حساسیت را نسبت به افزایش نرخ ساعتی پارکینگ در مقایسه با سایر اهداف از خود بروز می‌دهند.

به عبارتی نسبت به نمو تقاضای انحراف یافته سفر با وسیله نقلیه شخصی به سایر وسایل نقلیه به نمو افزایش نرخ ساعتی پارکینگ در سفرهای با هدف شغلی بیشینه می‌باشد.

همچنین ضریب تعیین برآورد شده  $R^2$  براساس مدل‌های برازش داده شده بر مقادیر برآورد و مشاهدات، مقادیری بیش از ۹۰ درصد و خطی در حدود ۴۵ درجه را در تمامی مدل‌های ۴گانه نشان می‌دهد که حاکی از دقت بالای مدل‌های لججیت در برآورد تقاضای انحراف یافته از سواری شخصی به سایر وسایل، تأثیر یافته از قیمت‌گذاری پارکینگ می‌باشد.

همچنین لازم به توضیح است که با توجه به نرخ متوسط تورم در کشور و با تکیه بر روابط اقتصادی، مدل‌های مذکور توانایی بازسازی رفتار گروه‌های مختلف مردمی را در سال‌های آتی دارا می‌باشند.

از این‌رو به منظور، لحاظ نمودن نرخ تورم در مدل از رابطه (۳) استفاده شده است.

$$P_H = P_0(1+i)^n \quad (3)$$

که در آن:

$P_H$  = نرخ ساعتی حدی پارکینگ در سال  $H$ -ام که معادل با نرخ ساعتی حدی پارکینگ در سال مبنا (سال ۱۳۸۶) معادل با ۰۰۰,۳۰ ریال می‌باشد.

$n$  = دوره زمانی مورد مطالعه برحسب سال می‌باشد.

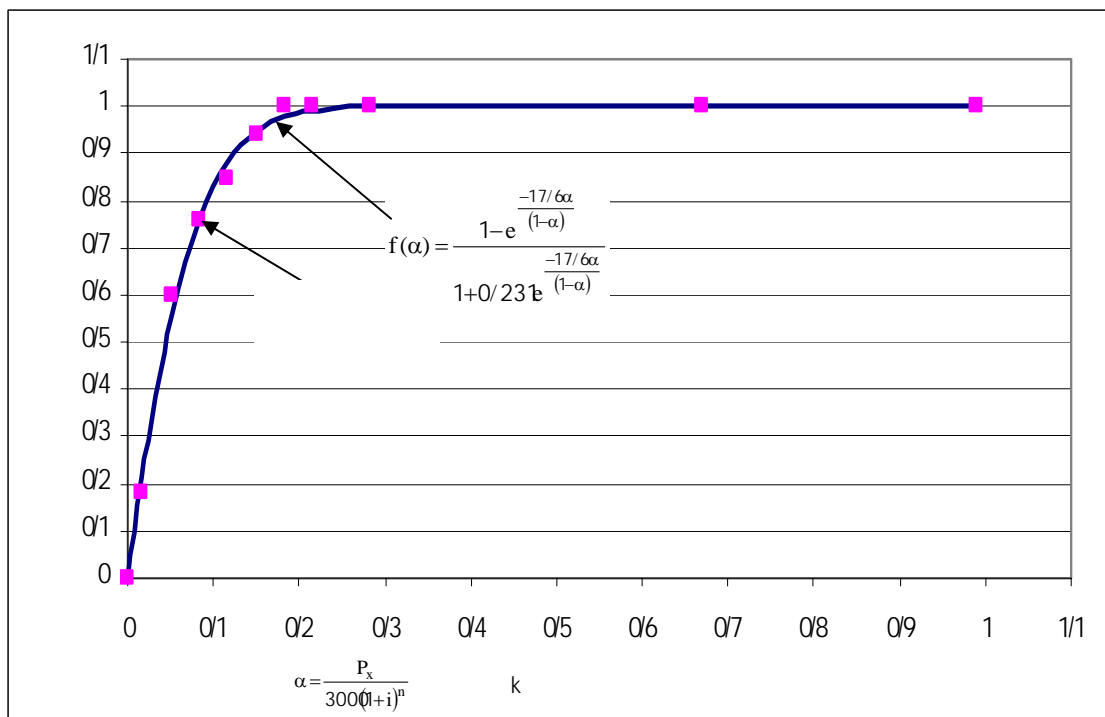


فاقد توجیه اقتصادی می‌باشد.

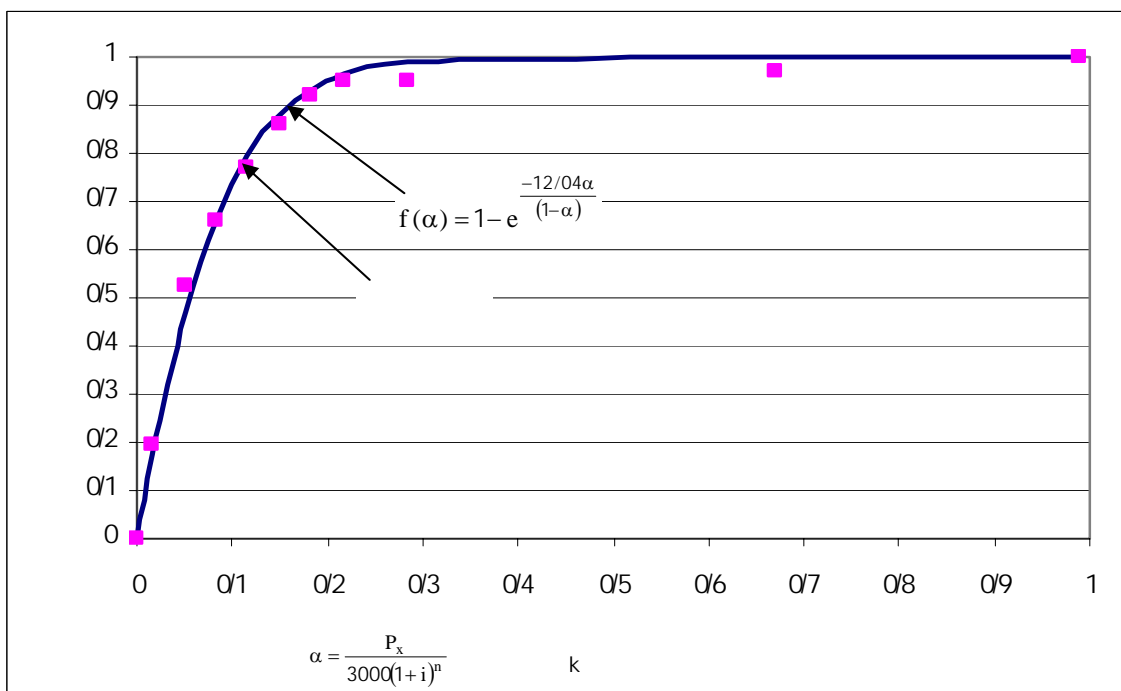
همچنین ضریب تعیین بالای مدل‌های لوجیت چهارگانه، بکارگیری اینگونه مدل‌ها به منظور تعیین اثرات هزینه‌های غیرزمانی نظیر قیمت ساعتی پارکینگ و غیره را در نحوه انتخاب وسیله سفر توسط گروه‌های مختلف مردمی و به ویژه در فرآیند مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک شهرها توجیه می‌نماید.

در خاتمه لازم به توضیح است که حصول نتایج مناسب از اعمال سیاست قیمت‌گذاری ساعتی استفاده از فضاهای پارکینگ، در نحوه انحراف تقاضا از وسایل نقلیه شخصی به همگانی مستلزم بسترسازی در چارچوب ایجاد یک سیستم مدیریتی، نظارتی و کنترلی کارآمد می‌باشد.

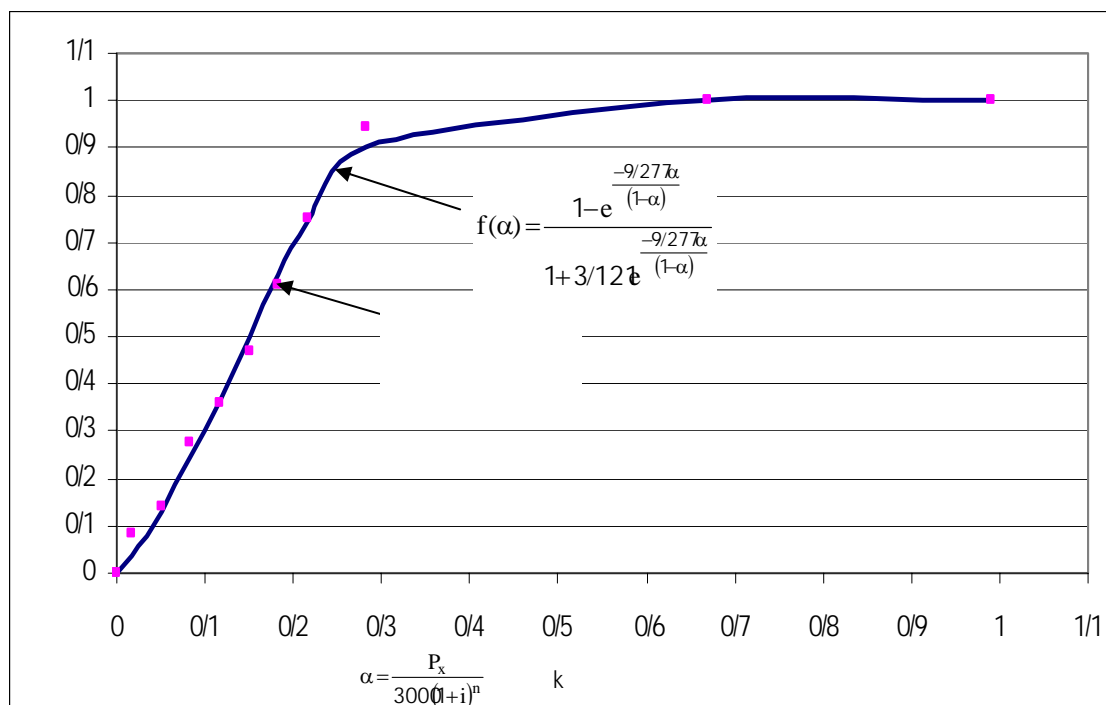
ازسوی دیگر کمینه بودن نسبت نمو انحراف تقاضا به نمو قیمت ساعتی پارکینگ در سفرهای با هدف تفریحی، غیرمکرر بودن و میانگین زمان توقف کوتاه اینگونه سفرها در مقایسه با سفرهایی نظیر شغلی و تحصیلی می‌باشد. به طور مشابه با سفرهای با هدف تفریح در سفرهای با هدف خرید نیز این نکته مهم قابل مشاهده است. به عبارتی، نتایج این مطالعه حاکی از آن است که علاوه بر میزان قیمت، هدف سفر نیز به عنوان یک عامل تأثیرگذار بسیار مهم در میزان انحراف تقاضا از وسیله نقلیه شخصی به سایر شیوه‌های حمل و نقلی مطرح است.



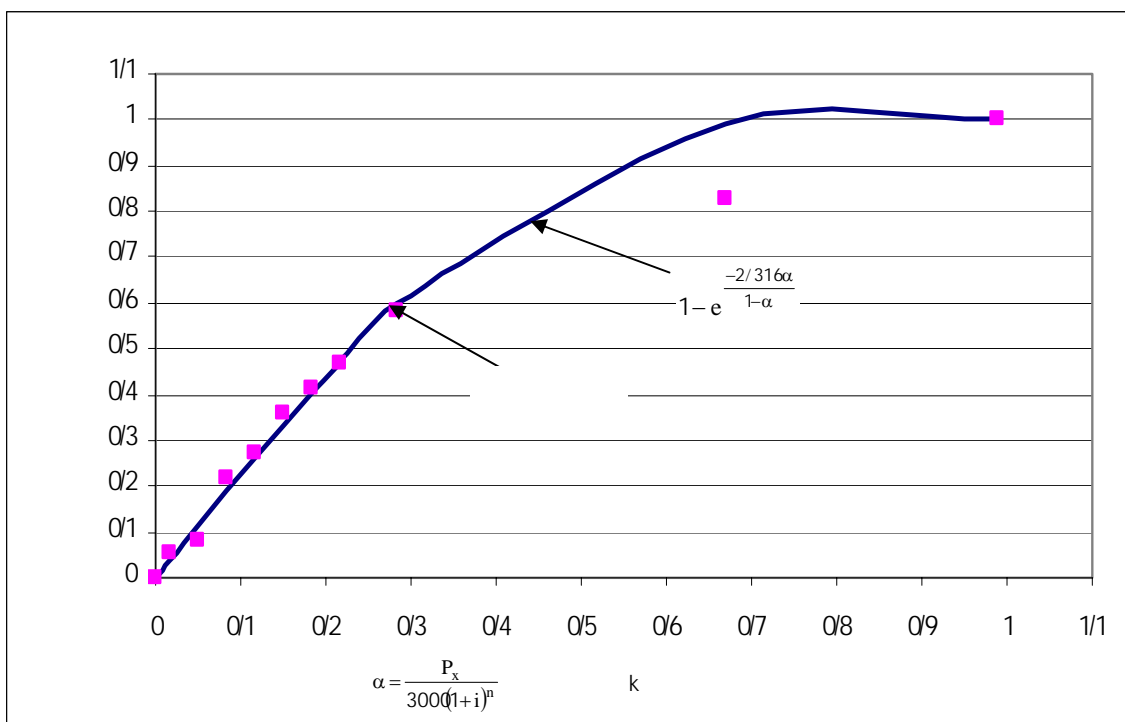
شکل (۲): مدل انحراف تقاضا از سواری شخصی به سامانه حمل و نقل همگانی در سفرهای با اهداف شغلی به همراه مشاهدات آماری سال مبنا ۱۳۸۶. (تأثیر یافته از اعمال سیاست قیمت‌گذاری ساعتی استفاده از فضای پارکینگ).



شکل (۳): مدل انحراف تقاضا از سواری شخصی به سامانه حمل و نقل همگانی در سفرهای با اهداف تحصیلی به همراه مشاهدات آماری سال مبنا ۱۳۸۶. (تأثیر یافته از اعمال سیاست قیمت‌گذاری ساعتی استفاده از فضای پارکینگ)



شکل (۴): مدل انحراف تقاضا از سواری شخصی به سامانه حمل و نقل همگانی در سفرهای با اهداف خرید به همراه مشاهدات آماری سال مبنا ۱۳۸۶. (تأثیر یافته از اعمال سیاست قیمت‌گذاری ساعتی استفاده از فضای پارکینگ)



شکل (۵): مدل انحراف تقاضا از سواری شخصی به سامانه حمل و نقل همگانی در سفرهای با اهداف تفریح به همراه مشاهدات آماری سال مبنا ۱۳۸۶. (تأثیر یافته از اعمال سیاست قیمت‌گذاری ساعتی استفاده از فضای پارکینگ)

Polak, J., Axhausen K.W. and T. Errigton, "The Application of the CLAMP to the Analysis of Parking Policy in Birmingham City Center", Proc. of the 18<sup>th</sup> PTRC Summer Annual Meeting, Brighton, UK, 1990.

Gattuso, D. Un Modello Di Assegnazione Dinamica Della Domanda Di Sosta, "Applicazione Per La Valutazione Del Programma Urbano Parcheggi Della Citta Di Reggio Calabria", In Modelli E Metodi Per L'Analisi Il Controllo Delle Reti Di Trasporto (E. Cascetta E G. Salerno Editors). Ed. F. Angelia, Milano, 1992.

"Parking Pricing", (TDM Encyclopedia, March 12, 2007).

[۴]

[۵]

[۶]

## ۷- مراجع

- Mauro Dell'Orco, Michele Ottomanelli and Demenico Sassanelli, "Modelling Uncertainty in Parking Choice Behaviour", 82 and Annual Meeting of the Transportation Research Board, Paper No 03-3776. [۷]
- Ben Akiva, M. and S. Lerman, "Discrete Choice Analysis", MIT Press, Cambridge, Mass, 1985. [۲]
- Bates J.J. and M.A. Bradley, "The CLAMP Parking Policy Analysis Model", Traff. Eng. and Control, Vol. 27", pp. 410-411, 1986. [۳]