Archive of SID

مدل‌سازی تولید ترافیک درآزادراهها

بهنام امینی،استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین المللی امام خمینی، قزوین، ایران
محمد قربانی، کارشناس ارشد، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین المللی امام خمینی، قزوین، ایران
E-mail:bamini@chamran.ut.ac.ir

چکیده

احداث آزادراه های جدید باعث ایجادجریان های جدید ترافیک می شود. بخشی از این ترافیک ایجاد شده، مربوط به انتقال ترافیک از سایر راه ها وبخشی دیگرمربوط به تقاضای پنهان است. در این مقاله نتایج مربوط به مدل سازی ترافیک انتقالی و القایی در چند آزاد راه بین شهری کشور ارایه می شوند. ترافیک انتقالی با در نظرگرفتن تابع مطلوبیت خطی، تابع احتمالی انتخاب مسیر به فرم لاجیت برای انواع وسایل نقلیه کالیبره شده است و برای ترافیک القایی با توجه به روند رشد ترافیک در طول زمان تابع ضریب رشد تعیین گردیده است.

واژه‌های کلیدی: تولید ترافیک ، آزادراه، ترافیک انتقالی، ترافیک القایی، تخصیص ترافیک.

۱. مقدمه

گسترش شبکه آزادراهی ضرورتی گریز ناپذیر در حمل و نقل جاده ای است. برنامه ریزی و طراحی آزادراه ها مستلزم برآورد صحیح و واقع بینانه حجم ترافیک آنهاست. درآزادراه های جدید جریانهای ترافیکی ایجاد می شود که قبلاً وجود نداشته است. ترافیک ایجادشده، از دو مولفه اصلی تشکیل یافته است. بخشی از این ترافیک قبلاً از مسیرهای موازی و یا سایر شیوه های جابه جایی استفاده می کرده و بعد از احداث آزادراه به آن منتقل شده که بنام ترافیک انتقالی شناخته می شود. بخش دیگر،ترافیکی است که قبلاً وجود نداشته و پس از بازگشایی آزاد راه به وجودآمده که ترافیک القایی نامیده می‌شود. به طور کلی عواملی از قبیل زمان و طول سفر، هزینه عوارض،نسبت حجم به ظرفیت مسیر و تعداد نقاط دسترسی، در ایجاد ترافیک جدید آزادراه موثر هستند.

۲. بررسی سوابق

در انگلستان برسی و لوتینز [۱] گزارشی مبنی بر افزایش حجم ترافیک پس از گشایش آزادراه غربی انگلستان به صورت زیر ارائه کردند:

« .... پس از گشایش این آزادراه و با وجود آنکه ظرفیت آن در مقایسه با مسیر قبلی چهار ونیم برابر شده است، در جریان ترافیک مسیر قبلی کاهشی رخ نداده و ازآن زمان تا کنون تعداد وسایل نقلیه بر روی هر دومسیر به طور ثابتی افزایش یافته است که نشان می‌دهد راههای جدید باعث ایجاد ترافیک می شوند.»

گلانویل و اسمید [۲] نیزبه مطالعاتی در خصوص مقایسه تولید ترافیک در راه‌های شلوغ و پر تراکم و راه‌های کم تراکم پرداخته‌اند. هانسن و هانگ [۳] تلاش کردندتا یک رابطه لگاریتمی میان وسیله نقلیه – کیلومتر سفر وخط- کیلومتر عرضه شده راه ارایه کرده و حساسیت آنرا نسبت به متغیرهای مختلف بسنجند. دکورلا- سوزا با انتقاد از روش هانسن و هانگ، مدلی مبتنی بر کشش قیمت عرضه ارایه کرده است[٤].

۳. ترافیک انتقالی

موضوع انتقال ترافیک از یک مسیر موجود به یک مسیر جدید در حقیقت یک مسئله تخصیص ترافیک است. ابتدایی ترین روش

www.SID.ir

Archive of SID

تخصیص ترافیک بین دومسیر، استفاده از منحنی های انحراف بوده است که از آن جمله می توان به منحنی های ارایه شده از سوی دفتر راههای عمومی و یا اداره حمل و نقل کالیفرنیا اشاره کرد. در این گونه منحنی ها در صد استفاده کنندگان از آزادراه بر اساس متغیرهایی از قبیل مسافت، زمان و یاهزینه صرفه جویی شده، به دست می آید [۵و۶].

برای تخصیص ترافیک بین دو مسیر،تعدادی روش‌های تحلیلی نیز ارایه شده اند. مثلاً در روش تعادلی یا تساوی هزینه ها، انتقال ترافیک به گونه ای صورت می گیرد که هزینه سفر در دو مسیر متعادل گردد.

روش دیگر استفاده از مدل های احتمالی مبتنی بر تابع مطلوبیت است که درآنها تقسیم ترافیک براساس توابع احتمالی مانند نرمال،نمایی دوبل، مستطیلی و غیره انجام می شود [۷].

در روشهای احتمالی برای تابع مطلوبیت U دو جزء معین V و اتفاقی e مطابق رابطه زیر را درنظر می‌گیرند.

$$U(i) = V(i) + e(i)$$

در این حالت احتمال P(I) انتخاب گزینه، I از روابط زیر به دست می آید [۷]:

(۲) برای کلیه $j \neq i$

$$P(i) = p[V(i) + e(i) > V(j) + e(j)]$$

(۳) برای کلیه $j \neq i$

$$= P[e(j) < V(i) - V(j) + e(i)]$$

$$= \int_{e(i)} F[V(i) - V(j) + e(i)] f_i(\phi) d\phi$$

که درآن F تابع توزیع مشترک عناصر e گزینه ها و $f_i(\phi)$ تابع چگالی $e(i)$ است.

یکی از پرکاربردترین این روشها مدل لاجیت است که مبتنی بر تابع توزیع نمایی دوبل (گامبل) به شکل زیر است:

$$F_e(x) = e^{-\theta e^{-x}} \quad و \quad \theta > 0 \quad و \quad -\infty < x < \infty \qquad (۵)$$

این تابع شبیه به تابع توزیع نرمال است. با قراردادن رابطه (۵) در (٤) و انتگرال گیری از آن خواهیم داشت[۷]:

$$p(i) = \int_{-\infty}^{\infty} \exp[-\theta e^{-z} \sum e^{V(j)-V(i)}] \theta e^{-z} dz \qquad (٦)$$

$$= \frac{1}{\sum_{j=1}^{n} e^{V(j)-V(i)}} \qquad (۷)$$

$$= \frac{e^{V(i)}}{\sum e^{V(j)}} \qquad (۸)$$

با توجه به سهولت کاربرد و فرض استقلال گزینه های انتخاب مسیر، مدل لاجیت برای تخصیص ترافیک انتقالی میان دو مسیر آزادراهی و غیرآزادراهی مناسب تشخیص داده شد و همچنین تابع مطلوبیت به شکل خطی برای توصیف عوامل مستقل با کشش ثابت بکار رفت.

۴. ترافیک القایی

با توجه به محدودیت اطلاعات مربوط به آزادراه های جدید، مدلسازی ترافیک القایی بر اساس تحلیل روند سری زمانی لگاریتم میانگین سالانه ترافیک روزانه (AADT) راهها و مقایسه آن با روند رشد طبیعی ترافیک آن راهها در نظر گرفته شد.

۵. گردآوری آمار و اطلاعات

تعیین نمونه مسیرهای آزادراهی کشور با توجه به آمار و اطلاعات موجود و امکان مقایسه با مسیر غیر آزادراهی موازی با آن صورت گرفت. بر این اساس آزاد راههای کرج- قزوین، قزوین- زنجان و تهران - ساوه و مسیرهای غیرآزاد راهی موازی با آنها برای گردآوری اطلاعات در نظر گرفته شده و برای این منظور قطعه بندی گردیدند.

اندازه گیری عوامل و متغیرهای مدل به صورت همزمان در طی سه روز و درهر روز دو ساعت (۹-۷ صبح) انجام شد. در ابتدا و انتهای هر قطعه مسیر، پایگاه هایی برای نصب برچسب، ثبت زمان و شمارش وسایل نقلیه، به تفکیک نوع آنها در نظرگرفته شد. همچنین اطلاعات مربوط به نرخ عوارض ومشخصات مسیر نیز برداشت گردیدند. اطلاعات مورد نیاز در دو مسیر آزادراهی و غیر آزادراهی روی برگه های خاصی برداشت و برای تجزیه و تحلیل بیشتر پردازش شدند.

www.SID.ir

Archive of SID

۵-۱ تجزیه و تحلیل آمار و اطلاعات

۵-۱-۱ مدل ترافیک انتقالی

اطلاعات بر حسب نوع وسیله نقلیه و به تفکیک سواری، مینی بوس، اتوبوس، وانت بار، کامیون دو محور، سه محور بیشتر گروه بندی گردیدند. درهر گروه نخست تحلیل همبستگی میان متغیرهای مطلوبیت صورت گرفت و با توجه به شکل خطی آن و تابع انتخاب لاجیت ضرایب مدل از تحلیل رگرسیون به دست آمدند.

شکل کلی تابع مطلوبیت مسیرهای آزادراهی و غیرآزادراهی به شکل زیر در نظر گرفته شد:

$$u_i = c_i - \alpha_i t_i - \beta_i h_i + \gamma_i r_i \qquad (۹)$$

که در آن :

ui= مطلوبیت مسیر i

ti= زمان سفردر مسیر i

hi= مبلغ عوارض در مسیر i

ri= تعداد نقاط دسترسی مسیر i

Ci و $\gamma_i, \beta_i, \alpha_i$ = مقادیر ثابت مدل

مقادیر ظرفیت راهها (آزاد راه و غیرآزاد راه) بر اساس روابط مندرج در کتاب راهنمای ظرفیت راهها (HCM) محاسبه ودر نظر گرفته شده اند[۸].

همچنین با توجه به رابطه (۷) برای دو گزینه انتخاب مسیر آزاد راهی و غیر آزاد راهی خواهیم داشت:

$$P_F = \frac{1}{e^{u_R - u_F}} \qquad (۱۰)$$

$$u_F - u_R = LnP_F \qquad (۱۱)$$

که در آن PF درصد انتخاب کنندگان مسیر آزاد راهی و uF و uR به ترتیب مطلوبیت دو مسیر آزادراهی و غیر آزادراهی را نمایش می دهند. با توجه به تفاوت مطلوبیت ها برای وسایل نقلیه مختلف k می توان مطلوبیت نسبی دو مسیر را بر حسب اختلاف آنها به صورت زیر نوشت:

$$u_{fk} - u_{rk} = C_k - \alpha_k(t_{fk} - t_{rk}) - \beta_k h_{fk} + \gamma_k(r_{fk} - r_{rk}) \qquad (۱۲)$$

با قرار دادن H,T,U و R به جای تفاضل مطلوبیت، زمان سفرنرخ عوارض و دسترسی در دو مسیر آزادراهی و غیر آزاد راهی و از رگرسیون لگاریتمی اطلاعات گرد آوری شده، توابع مطلوبیت نسبی وسایل نقلیه مختلف مطابق روابط جدول ۱ به دست می آید:

جدول ۱. *توابع مطلوبیت نسبی مسیرهای آزادراهی وغیرآزادراهی برای وسایل نقلیه مختلف*

وسیله نقلیه	تابع مطلوبیت نسبی		
اتومبیل سواری A	U_A=۰/۶۶ -۰/۰۴ T_A -۲/۷۸H_A + ۰/۰۱ R_A t=۱/۷۵ t= -۱۱/۵ t= -۱۱/۳ t=۰/۷	(R^2 =۰/۹۱)	(۱۳)
مینی بوس B	U_B =-۲/۵۸ -۰/۰۳ T_B -۰/۹۱ H_B+۰/۰۹ R_B t= -۳/۷ t=-۳/۳ t=-۴/۲ t=۳/۲	(R^2 =۰/۷۷)	(۱۴)
اتوبوس C	U_C= ۵/۱۶ -۰/۱۰ T_C -۲/۵۶ H_C +۰/۰۴ R_C t=۴/۱ t= -۶/۸ t=-۹/۴ t=۰/۸	(R^2 =۰/۸۶)	(۱۵)
وانت بار D	U_D=-۰/۷۷ -۰/۰۱ T_D -۱/۴۶ H_D+۰/۰۱ R_D t=-۱/۰ t=-۳/۸ t= -۶/۳ t=۰/۳	(R^2 =۰/۷۷)	(۱۶)
کامیون دو محور (منفرد) E	U_E=٤/۰۸ -۰/۱۷ T_E -۱/۷۹۱ H_E +۰/۳۹R_E t=۱/۸ t= -۳/۶ t= -۳/۲ t=۴/۴	(R^2 =۰/٥٤)	(۱۷)
کامیون سه محور F	U_F=٦/۷٥ -۰/۱ T_F -۱/٤۹ H_F +۰/٤۸R_F t=۲/۷ t=-۲/۸ t=-۳/۴ t=۴/ ۷	(R^2 =۰/۷۰)	(۱۸)
کامیون بیش از سه محور G	U_G=۹/۳۲-۰/۱۵ T_G -۱/۸۸ H_G +۰/٤۷R_G t=۶/۱ t=-۵/۷ t=-۹/۲ t=۷/ ۹	(R^2 =۰/۸۲)	(۱۹)

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به توابع فوق ، حجم کل ترافیک تخصیص یافته به آزاد راه؛ T، از روابط زیر قابل محاسبه خواهد بود.

$$T = \sum_{k=1}^{m} T_k . P_{fk} \qquad (۲۰)$$

$$T = \sum_{K=1}^{m} \frac{T_K}{1+e^{U_k}} \qquad (۲۱)$$

که درآنها :

TK= تعداد کل وسایل نقلیه نوع K است که ازهر دو مسیر استفاده می کنند؛

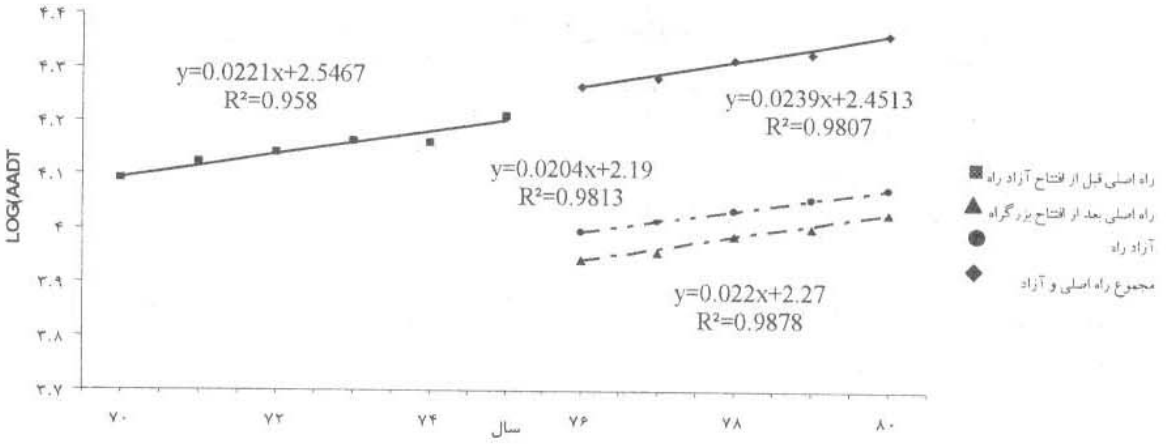
Pfk= احتمال انتخاب آزاد راه برای وسیله نوع K؛

UK = تابع مطلوبیت نسبی برای وسیله نوع K.

۵-۱-۲ مدل ترافیک القایی

همان گونه که اشاره شد برآورد ترافیک القایی از مقایسه روند رشد ترافیک مسیرهای غیرآزادراهی و آزادراهی در شرایط با و بدون احداث آزاد راه میسر می شود. برای این منظور آمار حجم تردد در یک دوره ده ساله مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت . به عنوان نمونه در شکل ۱ روند تغییرات و نمودارهای رگرسیون خطی- لگاریتمی میانگین سالیانه ترافیک روزانه (AADT) در سالهای مختلف برای آزاد راه تهران - ساوه ارائه شده است.

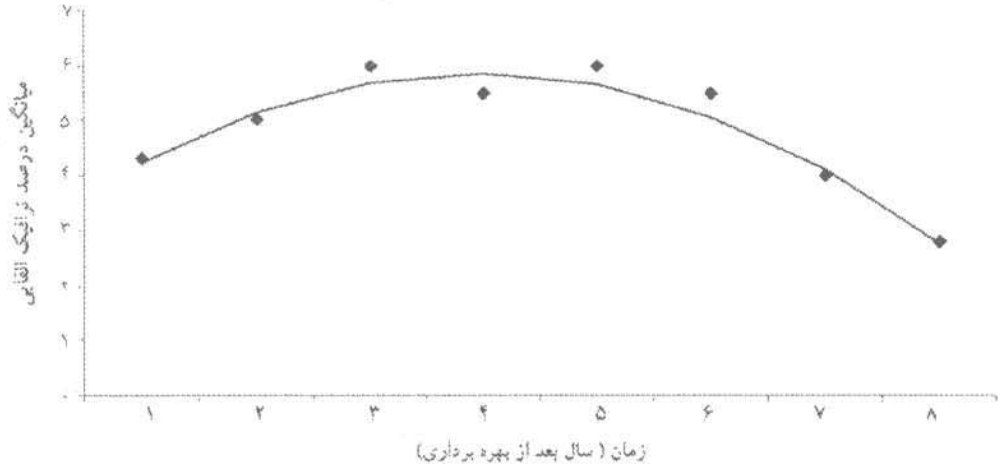
همان گونه که مشاهده می شود شیب منحنی ترافیک بعد از احداث آزادراه با امتداد منحنی ترافیک راه اصلی با فرض احداث نشدن آزاد راه متفاوت است که این تفاوت بیانگر ترافیک القایی است. مقادیر درصد ترافیک القایی راه های مختلف از تغییرات چشمگیری در محدوده [۱۰-۲/۳] برخوردار است. برای دستیابی به یک مدل فراگیر، میانگین درصد ترافیک القایی در سالهای پس از شروع بهره برداری مورد بررسی قرار گرفت. در شکل ۲ نمودار پراکندگی میانگین درصد ترافیک القایی آزادراههای مورد مطالعه در ده سال اولیه پس از بهره برداری همراه بامنحنی چند جمله ای درجه دوم برازش یافته بر این نقاط مشاهده می شود. مطابق این نمودارمیانگین درصد ترافیک القایی در پنج سال اولیه پس از شروع بهره برداری، روندی رو به رشد داشته و سپس از روند نزولی تبعیت می کند. اثرات تجمعی این پدیده در طول ده سال اولیه پس از شروع بهره برداری آزاد راه چشمگیر بوده و می تواندباعث ایجاد حدود ۵۰ تا ۶۰ درصد حجم ترافیک شود، ولی پس از آن اثرات القایی به شدت کاهش می یابد.



شکل ۱. مقایسه روند افزایش ترافیک در مسیر تهران – ساوه قبل و بعد از افتتاح آزادراه

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲. نمودار رگرسیون میانگین درصد ترافیک القایی برحسب

۶. نتیجه‌گیری

برآورد تولید ترافیک درآزاد راه های جدید یک مشکل اساسی در توسعه راه‌هاست. ترافیک آزاد راه شامل دو مولفه انتقالی و القایی است. ترافیک انتقال یافته از راه های موازی بستگی به مطلوبیت نسبی آن دارد که با توجه به ماهیت احتمالی آن به کمک توابع احتمالی قابل برآورداست. مدل لاجیت با تابع مطلوبیت خطی می تواند به بهترین وجه این بخش را توصیف کند. آمار و اطلاعات گروه بندی شده به صورت تابعی از نوع وسیله نقلیه، ضرایب کالیبراسیون مدل رابه دست می دهند. موثرترین عوامل این مدل زمان سفر، نرخ عوارض ونقاط دسترسی هستند. آمار ترافیک القایی در آزاد راه‌های مختلف پراکندگی زیادی نشان داده است. علت این امر مقادیر مختلف تقاضا و مطلوبیت بوده است. مدل سازی میانگین درصد ترافیک القایی در آزاد راههای مختلف نشان می دهد که در پنج سال اول، روند رو به رشد و سپس سیر نزولی در ترافیک القایی وجود دارد.بنا بر این با وجود آن که از سال اول بهره برداری آزادراه، ضریب ترافیک القایی به طور میانگین سالیانه در حدود ۵-۳ درصد وجود دارد اثرات تجمعی این پدیده در طول ده سال اولیه چشمگیر بوده ومی تواند بالغ بر حدود ۶۰-۵۰ درصد حجم ترافیک شود ولی پس از آن اثرات القایی کاهش می یابد.

۸ . مراجع

1- Bressey, C. and Lutyens, E. (1938) "Highway development survey", Ministry of Transport, HMSO, UK.

2- Glanville,W.H. and Smeed R.J. (1957) "The basic requirements for the roads of Great Britain", ICE Conference,13-15 Nov. 1957, Institution of Civil Engineering , London, UK.

3- Hansen,M. and Hang, Y. (1997) "Road supply and traffic in California", Transportation Research, Part A, Vol. 31, No.3, p.205-218.

4- Decorla-Soza, P. (2000) "Induced highway travel", Transportation Quarterly, Vol. 54, No.2, p. 13-30.

5- Bureau of Public Roads (1964) "Traffic assignment manual", U.S. Department of Commerce, Washington, D.C.

6- Moskowitz,K. (1956) "California model of assigning diverted traffic to proposed freeways", Highway Research Record, 130,p.1-26. (Highway Research Board, Washington, D.C.)

7- Kanafani, A. (1981) "Transportation demand analysis", John Wiley.

8- Transportation Research Board (2000) "Highway capacity manual" , Transportation Research Board, Washington D.C.

۹ - قربانی، محمد. "ارائه مدل تخصیص ترافیک بین دو مسیر آزادراهی و غیر آزادراهی". پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه بین المللی امام خمینی. ۱۳۸۰.

۱۰ - نظری، محمد."مدلسازی ترافیک القایی در راههای شریانی برونشهری"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده فنی دانشگاه تهران، ۱۳۸۲.

www.SID.ir