تحقیق در عملیات در برنامه ریزی صرفه جویی انرژی شیوه های حمل و نقل

حسن محسنی نامقی
کارشناس ارشد مهندسی سیستم های انرژی- سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور
hamona58@yahoo.com

واژه‌های کلیدی
تحقیق در عملیات- برنامه ریزی- صرفه جویی انرژی – مدلسازی انرژی- شیوه های حمل و نقل

چکیده
تحقیق در عملیات به عنوان ابزاری مناسب در جهت مدیریت سیستم ها، فرآیند تصمیم گیری و ارایه راهکارهای مناسب در جهت برنامه ریزی به کار می رود. با توجه به کمبود منابع و ارزش بالای آن لزوم تخصیص بهینه امکانات و منابع ضروری می باشد. سهم بالای انرژی مصرفی بخش حمل و نقل از فرآورده های نفتی مصرفی در کل کشور ٪۵۲ و سهم آن در کل کشور ٪۲۸/۳ [1] پایان پذیر بودن منابع سوخت های فسیلی، عدم توانایی بخش پالایش و فرآورش کشور در برآورد تقاضای انرژی حمل و نقل(بنزین و گازوییل) و هزینه بالای پرداخت یارانه انرژی در کشور ما را به ارایه راهکارهایی مناسب و مدیریت صحیح منابع با برنامه ریزی جهت دستیابی به حالت بهینه مصرف انرژی رهنمون می شود. در کشور مادر سالهای اخیر سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور در زمینه صرفه جویی انرژی در بخشهای حمل و نقل، ساختمان، صنعت و گازسوز کردن ناوگان فعالیت خود را آغاز کرده است. دربخش حمل و نقل از جمله راهکارهای ارایه شده تغییر شیوه های حمل و نقل و استفاده از شیوه های با شدت انرژی کمتر که باعث صرفه جویی بالایی در بخش حمل ونقل می گردد است. در این مقاله در ابتدا به بررسی مقدماتی حمل ونقل و برنامه ریزی ریاضی پرداخته می شود و در ادامه راهکارهای صرفه جویی انرژی در شیو های حمل و نقل مطرح می گردد. سپس تقاضای سفر در مدت برنامه ریزی پیش بینی می شود و با استفاده از تحقیق در عملیات به مدلسازی انرژی می پردازیم و در پایان با اولویت بندی راهکارها برمبنای برنامه ریزی خطی با تابع هدف مینیمم کردن هزینه ها می پردازیم. در پایان برنامه پیشنهادی صرفه جویی انرژی شیوه های حمل ونقل ارایه می گردد.

مقدمه

نیاز به برنامه ریزی از آن جهت ضروری به نظر می رسد که جهت نیل به هدف صرفه جویی بیشتر و بودجه بندی مناسب در راستای بهینه نمودن امور و هزینه در راستایی که بیشترین سود حاصله را دارا باشد. در این مقاله از تحقیق در عملیات به عنوان ابزار برنامه ریزی کوتاه مدت(۵ ساله) شیوه های حمل و نقل ارایه شده است. وضعیت کنونی حمل و نقل از لحاظ شدت انرژی و میزان سفر به عنوان نقطه کنونی ارایه شده است در این قسمت حمل و نقل به زیر بخش های باری و مسافری و هریک به حمل و نقل شهری و بین شهری تقسیم شده است این نوع تقسیم بندی بستر مناسبی جهت دستیابی به شدت انرژی و پتانسیل صرفه جویی در تغییر مد های حمل ونقل و یا بررسی تاثیر اجرای استراتژیهای حمل و نقل می باشد.در ادامه مقاله تقاضای حمل ونقل در ۵ سال آینده در هریک از زیر بخش ها با استفاده از مدل رگرسیون آماری و اقتصاد سنجی بر اساس اطلاعات تاریخی توسط نرم افزار SSPS بدست امده است. مدلی جهت ارزیابی گزینه ها و اولویت بندی گزینه ها معرفی می شود این مدل بر اساس روابط موجود در بخش حمل و نقل با استفاده از نرم افزار MATLAB نوشته شده است. جهت دستیابی به حالت بهینه از برنامه ریزی ریاضی و تحقیق در عملیات استفاده شده است.برنامه ریزی خطی با تابع هدف کمینه کردن هزینه ها که شامل هزینه های سرمایه گذاری جهت استراتژیهای اجرایی در جهت صرفه جویی و هزینه های عملیاتی مصرف سوخت و محدودیت های مدل شامل محدودیت بودجه سالانه اختصاص داده شده به این امر، محدودیت سفر و ... می باشد. استراتژیهای کاهش مصرف سوخت در بخش حمل و نقل بر اساس تغییر شیوه های حمل و نقل، مدیریت سیستم های حمل و نقل، مدیریت تقاضا در بخش حمل و نقل، فنآوری اطلاعات در بخش حمل و نقل، سیستم های حمل و نقل هوشمند در مقاله آورده شده است. این استراتژیها کلیه استرتژیهای بهبود شیوه های حمل و نقل را شامل می شود. طیف استراتژیهای امکان پذیر مدیریت انرژی در بخش حمل و نقل انتخاب شده است. هزینه ها و منافع استراژیهای اجرایی در ادامه آورده شده است و در پایان استراتژیهای اجرایی بر اساس حالت بهینه اقتصادی و اجرای داده ها در مدل انرژی اولویت بندی شده است.

وضعیت کنونی حمل و نقل کشور

جهت ایجاد بستر مناسب دستیابی به شدت انرژی شیوه های مختلف حمل و نقل، پتانسیل صرفه جویی و برنامه ریزی مناسب در بهبود شیوه های حمل و نقل، حمل و نقل کشور به زیر بخش های مسافری و باری و هریک به شهری و بین شهری تقسیم شده است. به عنوان مثال در بخش حمل و نقل باری بین شهری با توجه به بالا بودن شدت انرژی در حمل و نقل جاده ای انتقال بار به ریلی در مصرف سوخت صرفه جویی خواهد داشت. وضعیت کنونی حمل و نقل کشور با دو پارامتر حجم و شدت انرژی مصرفی بررسی شده است. این دو پارامتر در جدول زیر آورده شده است.

نوع		شیوه	وسیله نقلیه	حجم سفر (میلیون تن-کیلو متر)	شدت انرژی مصرفی
باری (Freight)	شهری (Urban)	موتورسیکلت		بار-کیلومتر/BTU	1423.8
		وانت			7830.9
		کامیونت			9610.65
		خودرو شخصی			5695.2
	بین شهری (Inter-City)	جاده ای	کامیون	84800	2152.5 BTU/t.km
			کامیونت	-	-
			وانت	-	-
		ریلی	قطار	14600	391.65 BTU/t.km
		لوله ای	لوله ای	21024	120 BTU/t.km

- آخرین آماری که در دسترس بوده مربوط به سال ۱۳۸۱ است. که از سازمان راهداری جاده ای ، سازمان حمل ونقل و ترافیک تهران، هواپیمایی کشوری، مرکزتحقیقات راه آهن و سازمان بهینه سازی مصرف سوخت جمع آوری شده است. برای حمل و نقل باری شهری واحد بار- کیلومتر به جای تن— کیلومتر به کار رفته است.[2]، [3] و [4]

جدول -۱ وضعیت زیر بخش باری حمل و نقل در سال ۸۱

نوع		شیوه	وسیله نقلیه		(میلیون نفر–کیلو متر)	BTU/p.km
مسافری (Passenger)	شهری (Urban) تهران	همگانی	واحد	اتوبوس	5730	1231.65
				مینی بوس	1080	916.65
			سرویس	اتوبوس	1340	791.7
				مینی بوس	1880	916.65
			مترو		1340	126
			تاکسی و مسافر بر		5370	3772.65
		خودرو شخصی			806000	3622.5
		وانت			81000	5151.3
		موتورسیکلت			161000	1134
	بین شهری (Inter-City)	همگانی	اتوبوس(جاده ای)		89350	601.65
			سواری(جاده ای)		–	-
			قطار(ریلی)		8680	266.7
			هواپیما(هوایی)		10549	5134.5
		خودرو شخصی(جاده ای)			56188	1673.7

جدول۱ – وضعیت زیر بخش مسافری حمل و نقل در سال۸۱ [5]

بر آورد تقاضای سفر حمل و نقل

در این قسمت از مقاله تقاضای سفر در ۵ ساله آینده برآورد شده است این برآورد بر اساس مدل اقتصاد سنجی بدست آورده شده است. تولید ناخالص داخلی[1] (عامل اقتصادی) و جمعیت (عامل اجتماعی) به عنوان دو عامل مهم در ایجاد سفر و تقاضای حمل و نقل برای برآورد سرانگشتی تقاضای سفر در نظر گرفته شده است. [6]

$$Trip = f(GDP, Population)$$

تابعی که جهت برآورد تقاضا در نظر گرفته شده است خطی و به صورت مقابل است.

$$Trip = \alpha \times GDP + \beta \times Population + \gamma$$

مقدار ثابت تابع و ضرایب هر یک از متغیر ها را با استفاده از رگرسیون متغیرها بدست می آوریم.

جدول زیر اطلاعات تاریخی سفر در هر یک از بخش ها و عوامل اقتصادی و اجتماعی(تولید ناخالص داخلی و جمعیت) را در چند ساله اخیر نشان می دهد.

سال	تولید ناخالص داخلی GDP میلیارد دلار	جمعیت Population میلیون نفر	سفرهای مسافری بین شهری مدهای مختلف میلیون نفر–کیلومتر T-p2	سفرهای باری بین شهری کامیون و ریل میلیون نفر–کیلومتر* 10^3 T-f1
۱۳۷۷	203.1	61.83	150000.8	70.3
۱۳۷۸	268.925	62.74	154959.5	82.4
۱۳۷۹	341.4	63.65	158729	88
۱۳۸۰	389.625	64.59	158859.4	93.3
۱۳۸۱	434.55	65.54	158412.1	99.4

جدول ۲– اطلاعات تاریخی سفر ها، جمعیت و تولید ناخالص داخلی

[1] Gross Domestic Production(GDP)

با استفاده از نرم افزار SPSS و رگرسیون آماری ضرایب متغیرهای مستقل را بدست می آوریم مدلهای مختلفی که در نظر گرفته شده بود که از میان این مدلها دو مدل زیر پس از چک کردن توسط آزمونهای آماری F ، t و مناسب بودن ضریب همبستگی و منطقی بودن ضرایب انتخاب شده اند.

$$T-f1 = 0.106\times GDP + 0.818\times Population \quad R^2=0.99$$

$$T-P2 = 2453\times Population \quad R^2=0.99$$

با توجه به رشد سالانه جمعیت در سالهای آتی ۱/۲٪ و با فرض یکسان بودن و رشد سالانه سفر های شهری تعداد سفرهای سالانه مسافری شهری برحسب نفر-کیلومتر به صورت جدول زیر بدست می آید.

شهر	تهران
میلیون سفر	13
میلیون نفر-کیلومتر	29120

جدول ۳- سفر های روزانه شهرتهران در سال ۸۲ [5]

سال	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸
تهران	29469	29823	30181	30543	30910

جدول۴- سفر های ۵ سال اینده کلانشهرها بر حسب میلیون نفر-کیلومتر سالانه

با فرض رشد ۱/۲٪ سالانه جمعیت و تشکیل سری زمانی خطیGDP بر حسب سالهای مختلف آن را در سالهای آتی سفرهای سالهای آتی به صورت زیر برآورد می شود.

سال	جمعیت میلیون نفر	تولید ناخالص داخلی میلیارد دلار	سفرهای مسافری بین شهری بر حسب میلیون نفر-کیلومتر	سفرهای باری بین شهری برحسب میلیون تن-کیلومتر $*10^3$
۱۳۸۴	67.9	619.32	166558.7	121.2
۱۳۸۵	68.7	677.68	168521.1	128
۱۳۸۶	69.6	736.04	170728.8	135
۱۳۸۷	70.4	794.4	172691.2	141.8
۱۳۸۸	71.2	852.76	174653.6	148.6

جدول ۵- سفرهای باری و مسافری برآورد شده بین شهری ۵ ساله آینده در کشور

مدلسازی انرژی درحمل و نقل

مدل انرژی در حمل و نقل مدلی است که با لحاظ کردن هزینه ها در تابع هدف و با شرط کمینه کردن هزینه ها با توجه به نظریه اقتصاد خرد استوار است و اساس این مدل برنامه ریزی خطی می باشد. محدودیت های موجود در مدل عبارتند از محدودیت های تامین تقاضای مفید در بخش حمل و نقل بر حسب نفر-کیلومتر و سایر معادلات و محدودیت های حاکم بر فیزیک مساله. تابع هدف مدل هزینه های حمل ونقل است که شامل هزینه های اولیه لازم برای توسعه شبکه وهزینه اجرای استراتژیهای TCM,TDM,ICT و ITS و هزینه های عملیاتی مصرف سوخت می باشد.[7]

شکل کلی مدل تولید به شکل مقابل می باشد:

$$Minimize \quad Z = CX$$

$$AX \le b$$

$$X \ge 0$$

فرض کنید سفرT در سال i از نوع j با استفاده از وسیله نقلیه m را به صورت زیر تعریف می کنیم: T_{ijm}

نرخ تنزیل سالانه را r در نظر می گیریم و در تابع هدف مدل هزینه ها را با استفاده از نرخ تنزیل بروز می نماییم.

تابع هدف مدل:

تابع هدف مدل مجموع هزینه های عملیاتی و هزینه های اعمال استرتژیهای متفاوت می باشد . [8]

$$Z = \sum_{l=1}^{10}\sum_{j=1}^{4}\sum_{m=1}^{9}\frac{P\times E_{ijm}}{(1+r)^i} + \sum_{k=1}^{n}\frac{a_k F_k}{(1+r)^i}$$

که درآن:

F هزینه استراتژی اعمال شده شامل پرداخت یارانه ها به بخش های اجرایی و مشارکت در اجرای پروژه ها با سایر ارگانها است.(هزینه استراتژی k)

a: سهم هر استراتژی

P : قیمت واحد سوخت است.

E : عبارت است از انرژی مصرفی در سال i از نوع j با وسیله نقلیه m است.

محدودیت های مدل:

محدودیت های مدل در زیر آورده شده است.

۱- محدودیت بودجه درهزینه کردن در استراتژیهای متفاوت:

$$\sum_{k=1}^{n} a_k F_k \le Budget$$

میزان Budget عبارت است کل بودجه در نظر گرفته شده در طول دوره برنامه ریزی

۲- محدودیت سفر:

$$T_{ij} = \sum_{m=1}^{9} T_{ijm}$$

که T_{ij} همان تقاضای سفر از نوع j درسال i است که در قسمت برآورد تقاضای سفر گزارش آورده شده است.

۳- محدودیت مصرف انرژی:

$$E_{ijm} = EI_{ijm} \times T_{ijm}$$

معادله روبرو میزان انرژی مصرفی را در هر بخش نشان می دهد که در آن EI[1] شدت انرژی در آن بخش را نشان می دهد.

۴- محدودیت اعمال استراتژی ها:

نحوه اعمال استراتژیها در معادلات فوق به این صورت است که این استراتژیها یا تقاضای سفر را کاهش می دهد یا باعث کاهش شدت انرژی می شوند.

استراتژی از نوع k تاثیراتی که بر روی سفرها می تواند داشته باشد به صورت دو ضریب ft و fe نمایش می دهیم:

$$EI_{ijm} = fe_k \times ei_{ijm}$$

$$T_{ijm} = ft_k \times t_{ijm}$$

که در آن t سفرهای بودن اعمال استراتژی را نشان می دهد و ei نیز شدت انرژی را در حالتی که استراتژی اعمال نشود را نشان می دهد.

۴- محدودیت سقف اعمال استراتژی

اعمال هر استراتژی دارای محدودیت می باشد به این معنی که پتانسیل هر در اعمال استراتژی محدود است.

$$a_k \le \alpha_k$$

[1] Energy Intensity(BTU /ton.km -BTU/passenger.km)

ارزش کنونی و نرخ تنزیل[1]

اغلب نیاز است تعیین کنیم پولی که در آینده به دست ما خواهد رسید برابر با چه قدر پول در حال حاضر است بدین جهت توسط نـرخ تنزیل هزینه ها و منافع آینده را کنونی کنیم: [9]

$$\Pr esent\ worth = P = S\frac{1}{(1+i)^n},$$

که در آن :

ارزش کنونی:P

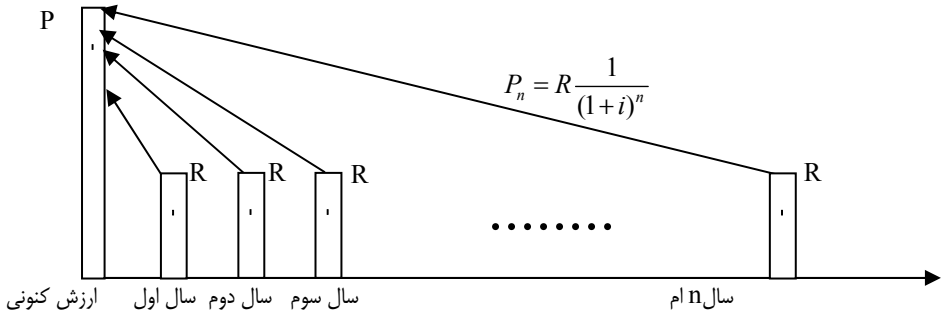
ارزش در سال n ام :S

نرخ تنزیل :i

ارزش کنونی هزینه های سالیانه

فرض کنید در هر سال هزینه یکسان R برای n سال وجود داشته باشد، ارزش کنونی این هزینه ها با فرض نرخ تنزیل i بـه صـورت زیر بدست می آید:

$$\Pr esent\ worth = P = R\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$



شکل ۱- شماتیک کنونی کردن هزینه های سالانه

استراتژی های مدیریت انرژی در بخش حمل و نقل

جهت دستیابی به هدف کاهش مصرف سوخت در یک برنامه کوتاه مدت بایستی استراتژیهایی اعمال گردد که با سرمایه گذاری در زمینه اعمال این استراتژیها شدت انرژی سفر و یا میزان تقاضای سفر را کاهش داد که این دو عامل باعث کاهش مصرف سوخت می شود. با توجه به پیچیده و بزرگ بودن مسائل حمل و نقل راهکارها و استراتژیها تک گزینه ای کاری از پیش نمی برد از طرفی در اعمال یک استراتژی کلی جنبه های مسائله بایستی در نظر گرفته شود لذا در بحث کارشناسی ارائه استراتژی کارشناس بایستی طیفی از گزینه ها وانتخابها را باذکر معایب و منافع آنها پیش روی تصمیم گیر قرار دهد بدین معنا که برنامه ریز بایستی برنامه خود انعطاف پذیر ساخته باشد تا دست سیاستگذار برای انتخاب مناسب باز باشد.

استراتژیهای مدیریت سیستم های حمل و نقل

برنامه ریزان حمل ونقل تا قبل از آغاز دهه ۷۰ میلادی تقریبا همگی مجذوب برنامه ریزی استراتژیک (بلند مدت) تسهیلات حمل ونقل بودند.(این روشها، روشهای سنتی گفته می شود به عنوان مثال می توان ازجمله این راهکارها توسعه شبکه معابر را نام برد.) مطالعات حمل و نقلی بلند مدت و سنتی نیاز به سرمایه گذاری کلان دارد و منطبق بر ایده آلهای جامعه در بلند مدت است در حالی که راهکارهای TSM به سرمایه گذاری بالایی نداشته و اصولا راهکارهای مدیت سیستم حمل و نقل را ارایه می دهد به عنوان مثال می توان از طرح محدوده ترافیک و یکطرفه کردن بعضی خیابانها نام برد. برنامه ریزی حمل و نقل برای تخمین تقاضای بلند مدت برای حمل و نقل عرضه متناسب با تقاضای لازمه در روش های متمرکز سرمایه گذاری وسیع استفاده می شوند و روش های مدیریت سیستم های حمل و نقل تعادل عرضه

[1] Present value – Discounting rate

و تقاضای حمل و نقل را با روشهای مدیریتی برقرار می کند. این برقرار کردن تعادل می تواند هم با افزایش عرضه یا کاهش تقاضا صورت گیرد.

مدیریت تقاضا در بخش حمل و نقل

در استراتژیهای مدیریت تقاضا بر کاهش تقاضای سفر تاکید می شود این روش با افزایش هزینه های استفاده از خودروهای شخصی استفاده کننده را در انتخاب حمل و نقل همگانی یا خودروهای چند سرنشین کمک می کند یا با ارایه استراتژیهای هزینه های استفاده کننده را در استفاده از حمل و نقل همگانی کاهش می دهد. اجرایی کردن این روشها با توجه به پایین بودن قیمت سوخت در کشور مشکل می باشد چرا که هزینه های استفاده کننده در خودرو شخصی کمتر از سایر شیوه های حمل و نقل است: [10]

- سهیم شدن در سفرشامل استفاده از همپیمایی سازمانی و شخصی و نیز تاکسی ها
- توسعه خدمات اتوبوسرانی شامل افزایش چگالی شبکه ، افزایش تواتر،سیستم های اتوبوسرانی سریع السیر
- سیستم های پارک سوار و پارکینگ های حاشیه ای
- توسعه تسهیلات دوچرخه سواری و پیاده روی
- استفاده از ارتباطات به جای حمل و نقل
- مدیریت پارکینگ
- افزایش الگوهای کاربری زمین فشرده که نیاز به سفر را کاهش و چگالی تقاضای سفر را افزایش می‌دهند.

استراتژیهای فنآوری اطلاعات در بخش حمل و نقل[1]

امروزه فناوری اطلاعات درتمامی بخشهای زندگی نفوذ کرده وعملاباگسترش سطح انتقال فناوری اطلاعات و ارتباطات از بهره وری رادراین عرصه هاافزایش داده است.ICT با قابلیت رهایی از قید زمان و مکان تاثیر قـابل ملاحظه ای را در سیستم های حمل و نقل گذاشته است از آن جمله می توان به ایـــــجاد و گسترش سیستم های هوشمند حمل و نقل ، سیستم های محل یابی جهانی و سیستم های رد یابی و هدایت وسایل نقلیه اشاره کرد.مهم ترین دستاورد این سیستم ها بهبود برنامه ریزی و زمان بندی حمل و نقل ، بهبود و ارتقا مدیریت حمل و نقل ، افزایش رضایت مشتریان و ذینفعان، ارتقا ظرفیت جاده ها و بزرگراهها و کاهش ترافیک، تصادفات و مصرف سوخت است . توسعه فناوری های کنفرانس الکترونیک و ویدئویی باعث کاهش مسافرت ها می شود. هم چنین توسعه تجارت الکترونیک باعث تسهیل و افزایش مبادلات و کاهش تقاضای سفر در بخش حمل و نقل خواهد شد.اجزای ICT می تواند به دو بخش تقسیم شود، اجزا مسیر و مرکز خدمات مشتری که اجزا اصلی مسیر عبارتند از شناسایی اتوماتیک خودرو ، طبقه بندی اتوماتیک خودرو وسیستم های ثبت تخلف ویدیویی کلیه اجزای مسیر با یک کامپیوتر به نام کنترل کننده مسیر در ارتباط هستند و به وسیله آن کنترل می شوند این کامپیوتر ورودی های خود را ازمراکز ای وی سی دریافت می کند و در عین حال با مرکز خدمات مشتری در ارتباط هستند که وظیفه مدیریت حساب ها ، اشتراک مشتریان ، صدور صورت حساب ها و رسیدگی به تخلفات و تهیه گزارش ها را بر عهده دارند. [10]

استراتژیهای سیستم های حمل و نقل هوشمند[2]

. افزایش ایمنی و آرامش در سفر، کاهش هزینه و اثرات نامطلوب زیست محیطی ، کاهش مصرف انرژی و تأخیرهای ناخواسته در طول سفر و در نهایت جلب رضایت مسافرین و روانسازی جریان ترافیک و حمل و نقل، همواره از مقاصد ومطلوبهای برنامه ریزان حمل و نقل برشمرده می‌شوند. در این میان ITS بعنوان یکی از اهداف اصلی IT در مقوله حمل و نقل با دستیابی به CNSO یا عوامل ۴ گانه (ارتباطات ، مسیریابی ، نظارت و مراقبت و اقدام) به نحو مطلوبی به موارد ذکر شده دست یافته است. البته درجه اهمیت عوامل مذکور در انتخابهای گوناگون مسافر در سیستم‌های حمل و نقل متفاوت خواهد بود.مهمترین عملکردهای ITS را میتوان چنین برشمرد :

مدیریت و بهینه سازی جریان ترافیک و روانسازی حرکت، مدیریت و کنترل حوادث، مدیریت و پشتیبانی وسائل نقلیه امدادی، مدیریت اخذ الکترونیکی عوارض , هزینه پارکینگ , خرید و رزرواسیون بلیط و...، مانیتورینگ و کنترل حمل و نقل سنگین، مدیریت و ناوبری پیشرفته، مدیریت حمل و نقل عمومی و مدیریت و پشتیبانی عابر پیاده [11]

[1] Information Comminucation Technology(ICT)

[2] Intelligent Transportation System(ITS)

استراتژیهای امکان پذیر مدیریت انرژی در بخش حمل و نقل کشور

بعضی استراتژیهای مطرح شده در بخش حمل و نقل که در ۴ گروه مدیریت سیستم های حمل و نقل، مدیریت تقاضا، فنآوری اطلاعات در بخش حمل و نقل و سیستم های حمل و نقل هوشمند آورده شد، اجرای آنها عملا غیرممکن یا با مشکلات زیادی روبرو است لذا در اینجا سعی می شود استراتژیهایی که عملی به نظر می رسد لیست شود.

نوع		استراتژی	نام پروژه	
باری (Freight)	شهری (Urban)	TDM	توسعه پیک موتوری(تغییر شیوه از خودرو شخصی به موتور سیکلت)	
		ICT	گسترش خدمات حمل ونقل باری شهری	
	بین شهری (Inter-City)	TDM	گسترش شبکه حمل و نقل ریلی	
			افزایش واگنهای باری	
		ICT	بررسی وضعیت حمل و نقل لوله ای	
		ITS	برنامه ریزی و زمانبندی حرکت قطارها	
مسافری (Passenger)	شهری (Urban)	TSM	مدیریت یکپارچه و واحد حمل و نقل در کلانشهرها	
			یکسو سازی مطالعات حمل و نقل تهران	
			توسعه مترو در تهران و قطار شهری های سایر کلانشهرها	
			تجهیز ناوگان اتوبوسرانی	
			ایجاد خطوط جدید اتوبوسرانی	
			تجهیز ناوگان مینی بوسرانی	
			ایجاد خطوط جدید مینی بوسرانی	
			تجهیز ناوگان تاکسی	
			ایجاد خطوط جدید تاکسی	
			افزایش خدمات حمل و نقل و کاهش هزینه های آن	
		TDM	فرهنگ سازی همپیمایی شخصی	
			توسعه همپیمایی سازمانی از طریق خرید ون یا مینی بوس	
			کنترل و مدیریت پارکینگ	
			گسترش پست در راستای خدمات	
			فرهنگ سازی پیاده روی و استفاده از دوچرخه	
			فرهنگ سازی استفاده از سیستم های پستی	
		ICT	ارتباط کاری از طریق منزل توسط تلفن، فاکس و ...	
			توسعه پایگاههای اینترنتی خدماتی	
			توسعه تجارت الکترونیکی	
			تدوین استانداردهای حمل ونقل	
			استفاده از سیستم رهیاب در خودرو(GPS)	
			گسترش سیستم اطلاع رسانی مسافر	
			سیستم های پرداخت الکترونیکی Electronic Payment Systems	اخذ الکترونیکی عوارض
				پرداخت الکترونیکی کرایه

جدول ۶- استراتژیهای امکان پذیر مدیریت انرژی در بخش حمل و نقل کشور

نوع		استراتژی	نام پروژه	
مسافری (Passenger)	شهری (Urban)	ITS	هوشمند کردن تقاطعها (روانسازی ترافیک)	
			ایجاد موج سبز در تقاطعها(روانسازی ترافیک)	
			مدیریت سیستم های شریانی	کنترل ترافیک
				کنترل و مدیریت باندها
				کنترل و مدیریت پارکینگ
				اطلاع رسانی به مسافر از طیق تابلوهای علایم متغیر یا RDS
			مدیریت سیستم بزرگراهها	کنترل رمپ در وردوی بزرگراهها
				کنترل و مدیریت باندها
				اطلاع رسانی به مسافر
			مدیریت حمل و نقل همگانی	مدیریت ناوگان
				اطلاع رسانی در ایستگاه یا ترمینال
	بین شهری (Inter-City)	TSM	توسعه شبکه معابر و احداث آزاد راهها	
			افزایش خدمات حمل و نقل و کاهش هزینه های آن	
			نوسازی ناوگان همگانی بین شهری	
		TDM	توسعه قطارهای مسافری، ارتقا سرویس دهی	
			گسترش شبکه حمل و نقل ریلی	
		ICT	سیستم اخذ عوارضی الکترونیکی Electronic Toll Collection	
			سیستم اطلاع رسانی به مسافر	
		ITS	تابلوهای علایم متغیر جهت اطلاع رسانی	
			برنامه ریزی و زمانبندی قطارهای مسافری	
			مدیریت حمل و نقل همگانی	مدیریت ناوگان
				اطلاع رسانی در ایستگاه یا ترمینال

ادامه جدول ۶- استراتژیهای امکان پذیر مدیریت انرژی در بخش حمل و نقل کشور

هزینه ها و میزان صرفه جویی استراتژیهای اجرایی

پس از معرفی طیف امکان پذیر استراتژیها در این قسمت از گزارش میزان صرفه جویی استرتژیها را به همراه هزینه و حداکثر اعمال استراتژی در آن بخش را بررسی می کنیم.

میزان تاثیر هر استراتژی در کاهش شدت انرژی و یا کاهش سفرها و هزینه اولیه آن در زیر آمده است.

با توجه به اینکه هر استراتژی در بخش خاصی از حمل و نقل اجرا می گردد و هر واحد از این استراتژی ها بر روی حجم خاصی از سفر ها تاثیرگذار است و از طرفی در اعمال هر استراتژی حداکثر پتانسیل موجود محدود است محاسبات را به صورت جدولی که در زیر آمده است می آوریم. به طور خلاصه هر استراتژی بر حجم مشخصی از سفرها تاثیر گذار است و اعمال این استراتژی تا حد مشخصی قابل اعمال است.برای واضح تر شدن بحث فوق به مثالی در این مورد می پردازیم:

نام استراتژی : هوشمند کردن تقاطع ها

هزینه برای هوشمند کردن یک تقاطع : ۱۵۰,۰۰۰,۰۰۰ ریال

ضریب کاهش شدت انرژی در اثر هوشمند کردن تقاطع : ۰/۱۱

حجم تاثیر گذار = ۴/۵ میلیون نفر-کیلومتر سالانه

سقف اعمال تعداد استراتژی= تعداد تقاطعهایی که نیاز است هوشمند شوند: ۵۰

نام استراتژی	هزینه استراتژی میلیون تومان	درصد کاهش مصرف سوخت	درصد کاهش سفر	میلیون نفر/تن- کیلومتر سالانه	سقف اعمال تعداد استرتژی
۱- توسعه پیک موتوری	6.4 ایجاد هر شعبه	74%	-	0.992	100
۲ توسعه ناوگان مترو	45 هر واگن	95%	-	8.3	100
۳- تجهیز ناوگان اتوبوسرانی	100 هر اتوبوس	52 %	-	4.2	2000
۴- ایجاد خطوط جدید اتوبوسرانی	100 هر خط اتوبوس	52 %	-	4.2	100
۵- تجهیز ناوگان مینی بوسرانی	23 هر مینی بوس	66 %	-	0.67	2000
۶- ایجاد خطوط جدید مینی بوسرانی	23 هر مینی بوس	66 %	-	0.67	100
۷- تجهیز ناوگان تاکسی	5 هر تاکسی	20 %		0.2	2000
۸- ایجاد خطوط جدید تاکسی	5 هر تاکسی	20 %		0.2	100
۹- فرهنگ سازی همپیمایی شخصی	10 هر تبلیغات	20%	-	2.4	5
۱۰- توسعه همپیمایی سازمانی	5 هر ون	49 %	-	0.077	1000
	10 هر مینی بوس	66%	-	0.26	1000
۱۱- فرهنگ سازی پیاده روی و دوچرخه	10 هرتبلیغات	-	10%	2.2	5
۱۲- فرهنگ سازی سیستم های پستی	10هرتبلیغات	-	10%	2.5	5
۱۳- مدیریت پارکینگ	2.5 هر خودرو	10%	-	0.01	1000
۱۴- گسترش پست در راستای خدمات	10 میلیو ن تومان	-	10%	2.5	5
۱۵- هوشمند کردن تقاطعها	15هر چراغ	11%	-	4.5	100
۱۶- ایجاد موج سبز در تقاطعها	45 هر سه تقاطع	23%	-	14	20
۱۷- تابلو های علایم متغیر	20 هر تابلو	9%	-	5.4	10
۱۸- کنترل رمپ بزرگراهها	20 هر رمپ	13%	-	5	10
۱۹- سیستم اطلاع رسانی به مسافر	20 هر تابلو متغیر	9%	-	5.4	10
۲۰- ایجاد پایگاههای اینترنتی	10 هر پایگاه	-	10%	2.5	10
۲۱- استفاده از سیستم رهیاب خودرو	1 هر خودرو	17%	-	0.1	1400
۲۲- تدوین استانداردهای حمل ونقل	10	-	10%	2.5	5
۲۳- فرهنگ سازی ارتباط کاری از طریق منزل توسط تلفن، فاکس و ...	10هرتبلیغات	-	10%	2.4	5
۲۴- توسعه شبکه راه آهن ترانزیت	10000هر کیلومتر	80%	-	5.6	0.5
۲۵- خرید واگنهای باری	43 هر واگن	80%	-	3.84	1000
۲۶- پوشش سامانه های کشور با ITS	20 تجهیزات	20%	-	2.4	5
۲۷- خرید واگنهای مسافری	44 واگن	55%	-	4	50
۲۸- نوسازی ناوگان عمومی بین شهری	10 اتوبوس	20%	-	2.9	1000

جدول ۷- هزینه ها و استراتژیهای اجرایی صرفه جویی شیوه های حمل و نقل[11]،[12]، [13]، [14] و [15]

ارزیابی استراتژی های اجرایی و اولویت بندی آنها بر اساس حالت بهینه اقتصادی

بر اساس مدل تهیه شده استراتژیهای مطرح شده اجرایی را اولویت بندی می نماییم. این مدل برنامه ریزی خطی با استفاده از نرم افزار MATLAB نوشته شده است. جدول زیر خروجی های مدل و حالت بهینه تخصیص مالی به هریک از استراتژیها را نشان می دهد.

با تخصیص بودجه بهینه توسط مدل فوق میزان صرفه جویی مصرف سوخت در ۵ ساله آینده به صورت زیر بدست می آید. برای اجرای برنامه نیاز است مقدار نرخ تنزیل و میزان بودجه تعیین شده برای بهبود شیوه ها داده شود .با فرض میزان بودجه سالیانه اختصاص داده شده ۴۰ میلیارد تومان ، نرخ تنزیل ٪۲۵ و قیمت بنزین و گازوییل لیتری ۲۴۰ تومان به صورت زیر نتایج بدست می آید.نتایج نشان می دهد که با سرمایه گذاری ۲۰۰ میلیارد تومان در ۵ ساله آینده در بخش حمل و نقل کشور به صورت استراتژیهایی که در زیر لیست شده است می توان به ٪۸ کاهش مصرف سوخت در حمل و نقل مسافری کلانشهرها و ٪۷ کاهش مصرف سوخت در باری بین شهری و ٪۱ در مسافری بین شهری دست یافت. نرخ برگشت سرمایه در این برنامه ریزی ٪۵۲ است.

درصد کاهش مصرف سوخت	منافع کاهش مصرف سوخت	صرفه جویی انرژی	هزینه استراتژی ها در ۵ سال	تعداد	واحد	نام استراتژی
				100	شعبه	۱- توسعه پیک موتوری
				100	واگن	۲- توسعه مترو
				1400	اتوبوس	۳- توسعه ناوگان اتوبوس
				54	خط	۴- خطوط اتوبوس
				0	مینی بوس	۵- ناوگان مینی بوس
				0	خط	۶- خطوط مینی بوس
				0	تاکسی	۷- ناوگان تاکسی
				0	خط	۸- خطوط تاکسی
				5	تبلیغات	۹- فرهنگ سازی همپیمایی شخصی
				0	ون	۱۰- توسعه همپیمایی سازمانی خرید ون
				0	مینی بوس	۱۱- توسعه همپیمایی سازمانی خرید مینی بوس
				5	تبلیغات	۱۲- فرهنگ سازی پیاده روی و دوچرخه
				5	تبلیغات	۱۳- فرهنگ سازی سیستم های پستی
				0	پارکینگ	۱۴- مدیریت پارکینگ
				5		۱۵- گسترش پست در راستای خدمات
				100	تقاطع	۱۶- هوشمند کردن تقاطعها
				20	تقاطع	۱۷- ایجاد موج سبز در تقاطعها
				10	تابلو	۱۸- تابلوهای علایم متغیر
				10	رمپ	۱۹- کنترل رمپ
				10	سایت	۲۰- ایجاد پایگاههای اینترنتی
				1400	خودرو	۲۱- استفاده از سیستم رهیاب درخودرو
				5	مرحله	۲۲- تدوین استاندارد های حمل و نقل
				5	تبلیغات	۲۳- فرهنگ سازی ارتباط کاری از منزل
حمل و نقل باری بین شهری ٪۷				0	کیلومتر	۲۴- توسعه شبکه راه آهن ترانزیت
				1000	واگن	۲۵- خرید واگنهای باری
حمل ونقل مسافری شهری ٪۱				0	تجهیزات	۲۶- پوشش سامانه های کشور با ITS
				50	واگن	۲۷- خرید واگنهای مسافری
				0	اتوبوس	۲۸- نوسازی ناوگان عمومی بین شهری
حمل و نقل شهری تهران و کلانشهرها ٪۸	375748 میلیون تومان در ۵ سال	در طول برنامه ۵ ساله 85690.5 GBTU	200000 میلیون تومان			
٪52						IRR نرخ داخلی برگشت سرمایه

جدول ۸- برنامه پیشنهادی صرفه جویی انرژی شیوه های حمل ونقل

نتایج

تحقیق در عملیات به عنوان ابزاری مناسب در جهت مدیریت سیستم ها، فرآیند تصمیم گیری و ارایه راهکارهای مناسب در جهت برنامه ریزی به کار می رود. با توجه به کمبود منابع و ارزش بالای آن لزوم تخصیص بهینه امکانات و منابع ضروری می باشدنتایج نشان می دهد که با سرمایه گذاری ۲۰۰ میلیارد تومان در ۵ ساله آینده در بخش حمل و نقل کشور به صورت استراتژیهایی که در مقاله لیست شده است می توان به ۸٪ کاهش مصرف سوخت در حمل و نقل مسافری کلانشهرها و ۷٪ کاهش مصرف سوخت در باری بین شهری و ۱٪ در مسافری بین شهری دست یافت. نرخ برگشت سرمایه در این برنامه ریزی ٪۵۲ است.

منابع

۱- ترازنامه انرژی در سال ۱۳۸۲، معاونت امور انرژی وزارت نیرو،۱۳۸۴
۲- گزارش حمل ونقل ریلی و مصرف انرژی، مرکز تحقیقات راه آهن، ۱۳۸۳
۳- گزارش سفرهای برون شهری، سازمان حمل ونقل راهداری کشور، ۱۳۸۲
۴- گزارش تاثیر گسترش پیک موتوری بر کاهش مصرف سوخت، سازمان بهینه سازی مصرف سوخت، ۱۳۸۳
۵- حمل و نقل و ترافیک تهران در سال ۸۲ در یک نگاه" مرکز مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران، ۱۳۸۳
۶- برنامه ریزی و مدلسازی حمل ونقل، دکتر کرمانشاه، پژوهشکده حمل ونقل دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۸۳
7- Model for Analysis of Demand of Energy (MADEII Model)",Sharif Energy Research Institute(SERI), Dr. Y. Saboohi, 2001
8- Enrgy System Model Soft ware Version 82.0 Report(ESM Model)", Sharif Energy Research Institute (SERI), Dr. Y. Saboohi, 2003
۹- اقتصاد مهندسی، دکتر چمران، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۷۹
۱۰- مجموعه مقالات کمیته فنآوری اطلاعات وزارت راه و ترابری، ۱۳۸۳ (http://www.ittransport.ir/)
11-http://www.benefitcost.its.dot.gov/,Intelligent Transportation System costs and benefits, U.S. Department Of Transportation, 2002
۱۲ – گزارش تاثیر موج سبز در تقاطعها بر کاهش مصرف سوخت، سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور، ۱۳۸۲
۱۳ - گزارش تاثیر راه اندازی خطوط مترو برکاهش مصرف سوخت، سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور، ۱۳۸۱
۱۴- گزارش توسعه همپیمایی شخصی و سازمانی، سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور، ۱۳۸۳
۱۵- تاثیر استفاده از دوچرخه بر کاهش مصرف سوخت، سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور، ۱۳۸۲