

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. در بخش 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 و نقل می گردد است. در این مقاله در ابتدا به بررسی مقدماتی حمل و نقل و برنامه ریزی ریاضی پرداخته می شود و در ادامه راهکارهای صرفه جویی انرژی در شیوه 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 بر مبنای برنامه ریزی خطی با تابع هدف مینیمم کردن هزینه ها می پردازیم. در پایان برنامه پیشنهادی صرفه جویی انرژی شیوه های حمل و نقل ارایه می گردد.

مقدمه

نیاز به برنامه ریزی از آن جهت ضروری به نظر می‌رسد 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 و نقل و یا بررسی تاثیر اجرای استراتژیهای حمل و نقل می باشد. در ادامه مقاله تقاضای حمل و نقل 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 SSPPS بدست آمده 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، فناوری اطلاعات در بخش حمل و نقل، سیستم های حمل و نقل هوشمند در مقاله آورده شده است. این استراتژیها کلیه استراتژیهای 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 استراتژیهای 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	
شهری (Urban)	موتورسیکلت		بار-کیلومتر/BTU	1423.8	
	وانت			7830.9	
	کامیونت			9610.65	
	خودرو شخصی			5695.2	
باری (Freight)	جاده ای	کامیون	84800	2152.5 BTU/t.km	
		کامیونت	-	-	
	بین شهری (Inter-City)	وانت	-	-	-
		قطار	14600	391.65 BTU/t.km	
		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 و نقل و ترافیک تهران، هواپیمایی کشوری، مرکز تحقیقات 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

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

جدول ۱- وضعیت زیر بخش مسافری حمل و نقل در سال ۸۱ [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 اقتصادسنجی بدست آورده شده است. تولید ناخالص داخلی^۱ (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 متغیرها 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* ^{10³} 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 سفرها، 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 t ، F 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 سفرهای 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- سفرهای روزانه شهرتهران در سال ۸۲ [5]

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

جدول ۴- سفرهای ۵ سال آینده کلانشهرها بر حسب میلیون نفر-کیلومتر سالانه

با فرض رشد ۱/۲٪ سالانه جمعیت و تشکیل سری زمانی خطی GDP 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 در حمل 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 و نقل است که شامل هزینه های اولیه لازم برای توسعه شبکه و هزینه 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:

$$\text{Minimize } Z = CX$$

$$AX \leq b$$

$$X \geq 0$$

فرض کنید سفر T 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 می‌گیریم و در تابع هدف مدل هزینه‌ها را با استفاده از نرخ تنزیل بروز می‌نماییم.
تابع هدف مدل:

تابع هدف مدل مجموع هزینه‌های عملیاتی و هزینه‌های اعمال استراتژیهای متفاوت می‌باشد. [8]

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

که در آن:

F هزینه استراتژی اعمال شده شامل پرداخت یارانه‌ها به بخش‌های اجرایی و مشارکت در اجرای پروژه‌ها 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.

محدودیت‌های مدل:

محدودیت‌های مدل در زیر آورده شده است.

۱- محدودیت بودجه در هزینه کردن در استراتژیهای متفاوت:

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

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 در سال 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 می‌دهد که در آن EI^1 شدت انرژی در آن بخش را نشان می‌دهد.

۴- محدودیت اعمال استراتژی‌ها:

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

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

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

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

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

۴- محدودیت سقف اعمال استراتژی

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

$$a_k \leq \alpha_k$$

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

ارزش کنونی و نرخ تنزیل^۱

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 نرخ تنزیل هزینه ها و منافع آینده را کنونی کنیم: [9]

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

که در آن :

P: ارزش کنونی

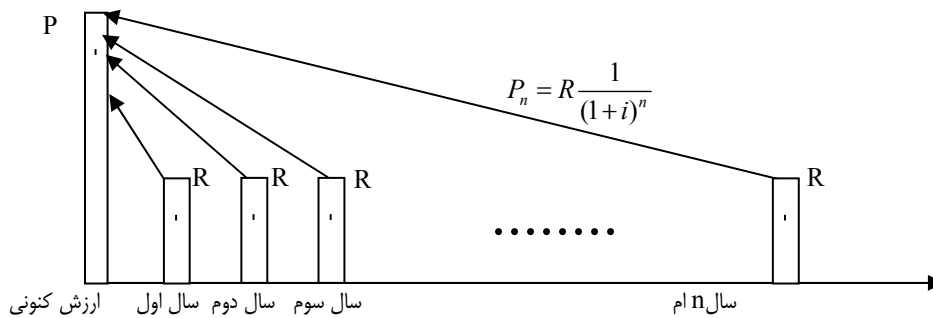
S: ارزش در سال n ام

i: نرخ تنزیل

ارزش کنونی هزینه های سالانه

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

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



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 استراتژیهای 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 و انتخابها را با ذکر 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 و نقل تا قبل از آغاز دهه ۷۰ میلادی تقریباً همگی مجذوب برنامه ریزی استراتژیک (بلند مدت) تسهیلات حمل و نقل بودند. این روشها، روشهای سنتی گفته می شود به عنوان مثال می توان از جمله 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 اصولاً راهکارهای مدیریت 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 می‌کند. این برقرار کردن تعادل می‌تواند 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 می‌شود این روش با افزایش هزینه های استفاده از خودروهای شخصی استفاده کننده را در انتخاب حمل و نقل همگانی یا خودروهای چند سرنشین کمک می‌کند یا با ارایه استراتژیهای هزینه های استفاده کننده را در استفاده از حمل و نقل همگانی کاهش می‌دهد. اجرایی کردن این روشها با توجه به پایین بودن قیمت سوخت در کشور مشکل می‌باشد چرا که هزینه های استفاده کننده در خودرو شخصی کمتر از سایر شیوه های حمل و نقل است: [10]

- سهیم شدن در سفر شامل 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 فناوری اطلاعات در بخش حمل و نقل¹

امروزه فناوری اطلاعات در تمامی بخشهای زندگی نفوذ کرده و عملاً با گسترش سطح انتقال فناوری اطلاعات و ارتباطات از بهره وری رادار این عرصه ها افزایش داده است. ICT با قابلیت رهایی از قید زمان و مکان تاثیر قابل ملاحظه ای را در سیستم های حمل و نقل گذاشته است از آن جمله می‌توان به ای—جاد 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 می‌شود. هم چنین توسعه تجارت الکترونیک باعث تسهیل و افزایش مبادلات و کاهش تقاضای سفر در بخش حمل و نقل خواهد شد. اجزای ICT می‌تواند به دو بخش تقسیم شود، اجزا مسیر و مرکز خدمات مشتری که اجزا اصلی مسیر عبارتند از شناسایی اتوماتیک خودرو ، طبقه بندی اتوماتیک خودرو و سیستم های ثبت تخلف ویدئویی کلیه اجزای مسیر با یک کامپیوتر به نام کنترل کننده مسیر در ارتباط هستند و به وسیله آن کنترل می‌شوند این کامپیوتر ورودی های خود را از مراکز ای وی سی دریافت می‌کند 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 هوشمند²

. 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 مسافری و روانسازی جریان ترافیک و حمل و نقل، همواره از مقاصد و مطلوبیهای 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 4 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 سیستم های 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 Communication 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، فناوری 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.

نام پروژه	استراتژی	نوع	
توسعه پیک موتوری (تغییر شیوه از خودرو شخصی به موتور سیکلت)	TDM	شهری (Urban)	باری (Freight)
گسترش خدمات حمل و نقل باری شهری	ICT		
گسترش شبکه حمل و نقل ریلی	TDM	بین شهری (Inter-City)	
افزایش واگنهای باری			
بررسی وضعیت حمل و نقل لوله ای	ICT		
برنامه ریزی و زمانبندی حرکت قطارها	ITS		
مدیریت یکپارچه و واحد حمل و نقل در کلانشهرها	TSM		
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			
فرهنگ سازی همپیمایی شخصی	TDM	شهری (Urban)	مسافری (Passenger)
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			
ارتباط کاری از طریق منزل توسط تلفن، فاکس و ...	ICT		
توسعه پایگاههای اینترنتی خدماتی			
توسعه تجارت الکترونیکی			
تدوین استانداردهای حمل و نقل			
استفاده از سیستم رهیب در خودرو (GPS)			
گسترش سیستم اطلاع رسانی مسافر			
سیستم های پرداخت الکترونیکی			
اخذ الکترونیکی عوارض			
پرداخت الکترونیکی کرایه			

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

نام پروژه	استراتژی	نوع	
هوشمند کردن تقاطعها (روانسازی ترافیک)	ITS	شهری (Urban)	مسافری (Passenger)
ایجاد موج سبز در تقاطعها(روانسازی ترافیک)			
کنترل ترافیک			
کنترل و مدیریت باندها			
کنترل و مدیریت پارکینگ			
اطلاع رسانی به مسافر از طریق تابلوهای علایم متغیر یا RDS			
کنترل رمپ در ورودی بزرگراهها			
کنترل و مدیریت باندها			
اطلاع رسانی به مسافر			
مدیریت ناوگان			
اطلاع رسانی در ایستگاه یا ترمینال	TSM	بین شهری (Inter-City)	مسافری (Passenger)
توسعه شبکه معابر و احداث آزاد راهها			
افزایش خدمات حمل و نقل و کاهش هزینه های آن			
نوسازی ناوگان همگانی بین شهری			
توسعه قطارهای مسافری، ارتقا سرویس دهی			
گسترش شبکه حمل و نقل ریلی			
سیستم اخذ عوارضی الکترونیکی Electronic Toll Collection			
سیستم اطلاع رسانی به مسافر			
تابلوهای علایم متغیر جهت اطلاع رسانی			
برنامه ریزی و زمانبندی قطارهای مسافری			
مدیریت ناوگان	ITS	بین شهری (Inter-City)	مسافری (Passenger)
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 استراتژیها 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 سفرها 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 استراتژی
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 هر تبلیغات	-	10%	2.2	5
۱۲- فرهنگ سازی سیستم های پستی	10 هر تبلیغات	-	10%	2.5	5
۱۳- مدیریت پارکینگ	2.5 هر خودرو	10%	-	0.01	1000
۱۴- گسترش پست در راستای خدمات	10 میلیون تومان	-	10%	2.5	5
۱۵- هوشمند کردن تقاطعها	15 هر 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 و نقل	10	-	10%	2.5	5
۲۳- فرهنگ سازی ارتباط کاری از طریق منزل توسط تلفن، فاکس و ...	10 هر تبلیغات	-	10%	2.4	5
۲۴- توسعه شبکه راه آهن ترانزیت	10000 هر 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 استراتژی‌های اجرایی و اولویت بندی آنها بر اساس حالت بهینه اقتصادی

بر اساس مدل تهیه شده استراتژی‌های مطرح شده اجرایی را اولویت بندی می‌نماییم. 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 می‌دهد. با تخصیص بودجه بهینه توسط مدل فوق میزان صرفه جویی مصرف سوخت در ۵ ساله آینده به صورت زیر بدست می‌آید. 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 گازوئیل لیتری ۳۴۰ تومان به صورت زیر نتایج بدست می‌آید. نتایج نشان می‌دهد 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 می‌توان 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.

نام استراتژی	واحد	تعداد	هزینه استراتژی ها در ۵ سال	صرفه جویی انرژی	منافع کاهش مصرف سوخت	درصد کاهش مصرف سوخت
۱- توسعه پیک موتوری	شعبه	100	200000 میلیون تومان	در طول برنامه ۵ ساله 85690.5 GBTU	375748 میلیون تومان در ۵ سال	حمل و نقل شهری تهران و کلانشهرها 8%
۲- توسعه مترو	واگن	100				
۳- توسعه ناوگان اتوبوس	اتوبوس	1400				
۴- خطوط اتوبوس	خط	54				
۵- ناوگان مینی بوس	مینی بوس	0				
۶- خطوط مینی بوس	خط	0				
۷- ناوگان تاکسی	تاکسی	0				
۸- خطوط تاکسی	خط	0				
۹- فرهنگ سازی همپیمایی شخصی	تبلیغات	5				
۱۰- توسعه همپیمایی سازمانی خرید ون	ون	0				
۱۱- توسعه همپیمایی سازمانی خرید مینی بوس	مینی بوس	0				
۱۲- فرهنگ سازی پیاده روی و دوچرخه	تبلیغات	5				
۱۳- فرهنگ سازی سیستم های پستی	تبلیغات	5				
۱۴- مدیریت پارکینگ	پارکینگ	0				
۱۵- گسترش پست در راستای خدمات		5				
۱۶- هوشمند کردن تقاطعها	تقاطع	100				
۱۷- ایجاد موج سبز در تقاطعها	تقاطع	20				
۱۸- تابلوهای علایم متغیر	تابلو	10				
۱۹- کنترل رمپ	رمپ	10				
۲۰- ایجاد پایگاههای اینترنتی	سایت	10				
۲۱- استفاده از سیستم رهیاب در خودرو	خودرو	1400				
۲۲- تدوین استاندارد های حمل و نقل	مرحله	5				
۲۳- فرهنگ سازی ارتباط کاری از منزل	تبلیغات	5				
۲۴- توسعه شبکه راه آهن ترانزیت	کیلومتر	0				
۲۵- خرید واگنهای باری	واگن	1000				
۲۶- پوشش سامانه های کشور با ITS	تجهیزات	0				
۲۷- خرید واگنهای مسافری	واگن	50				
۲۸- نوسازی ناوگان عمومی بین شهری	اتوبوس	0				
IRR نرخ داخلی برگشت سرمایه			52%			

جدول ۸- برنامه پیشنهادی صرفه جویی انرژی شیوه های حمل و نقل

نتایج

تحقیق در عملیات به عنوان ابزاری مناسب در جهت مدیریت سیستم‌ها، فرآیند تصمیم‌گیری و ارزیابی راهکارهای مناسب در جهت برنامه ریزی به کار می‌رود. با توجه به کمبود منابع و ارزش بالای آن لزوم تخصیص بهینه امکانات و منابع ضروری می‌باشد نتایج نشان می‌دهد که با سرمایه‌گذاری ۲۰۰ میلیارد تومان در ۵ ساله آینده در بخش حمل و نقل کشور به صورت استراتژی‌هایی که در مقاله لیست شده است می‌توان 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 و نقل ریلی و مصرف انرژی، مرکز تحقیقات راه آهن، ۱۳۸۳
- ۳- گزارش سفرهای برون شهری، سازمان حمل و نقل راهداری کشور، ۱۳۸۲
- ۴- گزارش تاثیر گسترش پیک موتوری بر کاهش مصرف سوخت، سازمان بهینه‌سازی 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 و نقل، دکتر کرمانشاه، پژوهشکده حمل و نقل 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 فناوری 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 بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور، ۱۳۸۲
- ۱۳- گزارش تاثیر راه اندازی خطوط مترو بر کاهش مصرف سوخت، سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور، ۱۳۸۱
- ۱۴- گزارش توسعه همپیمایی شخصی و سازمانی، سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور، ۱۳۸۳
- ۱۵- تاثیر استفاده از دوچرخه بر کاهش مصرف سوخت، سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور، ۱۳۸۲