

**BUDAPEST UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ECONOMICS
DEPARTMENT OF TRANSPORT ECONOMICS
TRANSPORT SCIENCE PH.D. PROGRAM**

**ELABORATION OF THE CONDITIONS OF THE
INTEGRATED RAILWAY PASSENGER TRANSPORT
SERVICE SYSTEM**

Ph.D. theses of

László Kormányos M.Sc.
transportation engineer

Scientific Supervisor:
Katalin Tánczos D.Sc.
Member of the Hungarian Academy of Sciences

Budapest, 2009

1. PRELIMINARIES AND ACTUALITY OF THE RESEARCH

Public transportation - in order to ensure sustainable mobility - has started to develop dynamically during the last two decades in the countries of the European Union. In the up-to-date public transportation systems, railway passenger transport assumes a reasonable role providing effective division of labour among other transportation modalities as part of the integrated transportation chain in satisfying mobility demand. It is an expectation from the railway passenger transport service operating in a public service contracting system – besides satisfying mobility demand and providing high service quality – to ensure financial sustainability and to make use of (development) resources effectively.

Choosing this topic is actual and significant because different development and optimisation measures are necessitated to be taken due to the current economic situation and also because it is necessary to create a solid founding for the public transportation infrastructure development projects financed by EU in the forcoming decades.

Choosing elaborating the conditions of the integrated railway passenger transport service system as the topic for the dissertation is especially current because railway passenger transport in Hungary has been losing ground continuously in the last decades, infrastructure development has not been a priority, improvements actually implemented have remained insular and occasional without making use of eventual synergy. Neither real optimisation of division of public transport labour nor establishing multimodal transportation systems have started. Railway passenger transport service system not being part of the integrated transportation chain, it does not supply suitable mobility in the competitive segments of fixed track transportation (suburban and distant) but provides service on fields where other transportation mode would be more reasonable.

Ensuring competitiveness for domestic public transportation requires integration of transportation modes necessitating effective, integrated transport chain-based development of the railway passenger transport service system. It is essential to implement strategic, cost-effective development methods.

2. OBJECTIVES

The aim of the dissertation is to identify the main conditions to establish an integrated railway passenger transport service system, to investigate development opportunities and to help to establish a development strategy necessary to sustain competitiveness of the domestic railway passenger transportation.

In the dissertation – founding on the results of the development-pected analysis of railway passenger service and taking integrated transportations into consideration – I am

going to focus on mobility supply, which is decisive over frequency and has a short-term development potential.

In order to gradually create an EU-conform integrated railway passenger transportation service system and to give birth to the mobility supply based on competitive passenger transport service I have aimed to establish a complex assessment method that can not only prove static comparative evaluation but with its help various components of the complex service processes can also be identified and even be improved.

The assesment model to be elaborated in this dissertation can be used to investigate mobility correspondence of railway passenger transport service and to evaluate the impact of measures and developments needed for increasing mobility value.

The dynamically changing mobility demand, the establishment of integrated public transportation chains and the implementation of effective infrastructure development require to create an assessment system for the mobility supply and to investigate development opportunities comprehensively. To realize this comprehensive investigation

- passenger correspondence;
 - development efficiency;
 - applied technology and;
 - economical, legal and environmental background
- must be paralelly taken into consideration.

3. METHODOLOGY

The starting point of the research was to evaluate domestic and international technical literature concerning measures leading to effective railway passenger transportation service development and its conditions. Then I have concluded the necessary process analysis to create the integrated service system, then by improving it and adapting value analysis, I have done a full, comprehensive analysis of the entire passenger transportation process in respect of passenger demand. I have investigated passenger demand model transformation opportunities as well in order to augment the strategic development of the service.

Besides mapping and managing complex demand I have put emphasis on optimisation of development resources as well. I have investigated possible ways to improve railway competitiveness, i.e. how it can satisfy the two conditions of extremely limited financial resources and providing the service of best quality possible.

I have identified the (function and cost) critical components of the railway passenger transportation process by adopting value analysis, then – using vectorial methodology – I have written up a mobility supply assessment model suitable to assess mobility supply and to develop it effectively. This model has used the strategic tools available to plan mobility supply by taking the feasibility of integrated transportation chains into consideration and by

specifically mapping technical, technological and railway passenger transportation processes of mobility demand.

The mobility supply evaluation model elaborated in the dissertation can be used to evaluate mobility supply and calculate value correspondence on any route or network. Different mobility supply alternatives (timetables) are comparable - even with weighing passenger traffic and/or segmented mobility demand - this way. Furthermore, the model is applicable to assess the impact of infrastructural developments and to support and assess specific infrastructure development projects.

The elaborated model could be used to assess further fields of service development (accessibility, information system) comprehensively.

4. NEW SCIENTIFIC RESULTS

4.1 I have quantified the mobility demand (i.e. functions) and have defined the process elements responsible for functions on the side of the service provider (i.e. function carriers) by improving and thoroughly adopting the value analysis of the integrated railway passenger transport service. With these results I have identified function-critical and cost-critical components in the railway passenger service.

I have defined that with given necessary developments value analysis can be successfully adapted to evaluate railway passenger transport from a systemic approach. While performing the comprehensive process analysis I have identified the main functions, such as:

- journey opportunities (to be the basis of service usage) and
- accessibility (covering e.g. sales system, usage regulations, barrier free opportunities),
- information (necessary for the whole journey process).

I have mapped out the service process components connected to the main functions as well:

- track and station infrastructure, the qualitative and quantitative parameters of which are defining the whole service process;
- vehicle and traction service affecting service frequency and journey quality;
- planning mobility supply, i.e timetable planning affecting service frequency and quality;
- integrated sales, information and customer care system along the whole journey process, fully incorporated into it;
- background/support processes, i.e. every process and central organisational structure supporting the service.

Cost-relations between functions and service process elements have been examined from the aspect of development. Mainly short run (representing short-term demand) functions have been preferred during the evaluation with an outlook at long run functions. It has been confirmed that ensuring the appropriate level of (function-critical) mobility supply is emerging from the short run function service frequency.

In the dissertation it has been certified that the infrastructure and the vehicles (operation and maintenance) affects the overwhelming majority (nearly 90%) of the railway passenger transport costs thus making them cost-critical. I have realised that further examination of function-critical and cost-critical fields also enable calculations of development potential and revealing opportunities to improve effectiveness.

Related to this thesis are chapters 3.2.1, 3.2.2, 3.2.3, 3.2.4 and publications [Kor03], [Kor04].

4.2 I have identified the strategic role of mobility supply planning (timetable planning) played at infrastructural developments and have showed the effective development potential of it. I have revealed the complex development opportunities and conditions hidden in mobility supply and I have elaborated planning and organisational procedures to effectively improve it.

While revealing development opportunities I have showed - by analysing connections and cost matrixes - that infrastructure (stations, track), vehicle development and mobility supply planning do have connections and provide possibility to investigate the development of mobility supply. Development opportunities of service process components and conditions have been written up based on a complex investigation of expected development results, costs and tools necessary as shown in Table 1.

Table 1
Conditions and improvement opportunities of mobility supply based on service process components

	Type of development	Tool	Type of Cost	Cost	Mobility offer	Journey time	Integration	Efficiency condition	
Infrastructure	Track	Build new line on new route	infrastructural development	investment	very high	■	■	□	together with timetable development
		Raise speed with track realignment	infrastructural development	investment	high	■	■	□	
		Increase capacity without increasing track speed (partial double tracking, improve interlocking/dispatching)	infrastructural development	investment	high	■	□	□	
Station	Increase station capacity and optimization of station infrastructure	infrastructural development	investment	high			■		
	Vehicle	Renewal of vehicle fleet (better dynamics)	purchase	investment	very high	□	■	□	
Quantitative improvement of vehicle fleet		purchase	investment	high / very high	■		□		
timetable (mobility offer planning)	Modification of timetable structure (periodic)	planning	-	minimal	■	□	■	identical resource usage	
	Improve connections, route integration	planning	-	-	■	■	■	-	
	Introducing new types of train (e.g. zoning train)	planning	operational cost	minimal	■	■	□	usage of existing resources	
	Increase service frequency	planning	operational cost	low	■	□	■	usage of existing resources	

signes: ■ dramatically improves, □ slightly improves

(source: own edition)

Taking into consideration that mobility supply is function-critical while infrastructure is cost-critical, having thoroughly examined development opportunities I have found out that mobility supply planning

- is essential at vehicle and infrastructural development projects because the effectiveness of such projects are overwhelmingly dependent on timetable planning;
- is capable of improving mobility supply by using existing resources, taking organisational measures or implementing lowcost operational development projects without large-scale investment;
- is a key feature at infrastructural development optimisation and also capable of rationalising existing infrastructure while taking bulk transportation interests into account at the same time.

To implement all these development possibilities I have worked out the following measures to take:

- improve timetable structure (connections, supply);
- optimal resource usage: improving passenger transportation vehicle distribution (efficient network allocation), vehicle turnarounds should be integrated with cleanup, maintenance and shifts of staff (engine drivers, controllers); vehicle capacity management according to passenger traffic; rationalising schedule planning;
- revision of regulatory background: refine calculation of technological times (operational and reserve), making use of up-to-date technology; updating security and technological regulations.

Related to this thesis are chapter 3.3.2 and publications [Kor03], [Kor07a].

4.3 I have worked out an assessment procedure quantifiable to the whole public transportation network, which is suitable to comprehensively evaluate mobility supply. This procedure adopting synthetised parameters results in value vector of mobility supply.

I have allocated the parameters suitable to evaluate mobility supply, and by synthetising them, they map out the components of mobility supply realisation and they prove fruitful in the respect of mobility demand as well.

I have used a systemic approach while working on these parameters. I have taken route integration into account and have examined service frequency and possibilities instead of specific trains. For this, I have defined route, and the system of routes, I have applied network approach and for evaluation I have come up with the parameters as follows:

- **average journey time (hours)**
- **average service frequency (per hour)**
- **complex timetable structure index (ITF-index, per cent):**
 - periodicity index
 - symmetry index
 - connectivity index

By handling these parameters together, I have defined a value vector of mobility supply (1) by vectorial approach, which can be quantified to a whole network or by weighing and drawing average to specific routes and is produced from route mobility supply parameters.

$$\underline{v} = \begin{bmatrix} v_t \\ v_f \\ v_I \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\sum_{i=1}^n t_{n_i} \cdot n_i}{\sum_{i=1}^n n_i} \\ \frac{n}{t} \\ \frac{N_p}{N_{\bar{o}}} \cdot \frac{N_s}{N_{\bar{o}}} \cdot \frac{N_{cm} + N_k}{N_{\bar{o}}} \end{bmatrix} \quad (1)$$

- *Average journey time* (v_t) means the time of journey – including stopping order – plus (if changing) the time spent waiting for the connection, taking mobility opportunities (n_i) and respective journey times (t_n) into account.
- *Average service frequency* (v_f) shows the number of mobility supply available on the route examined (n) during the reference period (t).
- *Complex timetable structure index* (v_I) has a periodicity index (P) showing the proportion of periodic mobility supply (N_p) related to the total number of mobility supply ($N_{\bar{o}}$). It has a symmetry index, showing the proportion of symmetric mobility supply (N_s) to the total number of mobility supply ($N_{\bar{o}}$). Connectivity index (C) shows the number of mobility supply having quality changes (N_{cm}) or not having them (N_k) related to the total number of mobility supply ($N_{\bar{o}}$). The timetable structure index is the product of these indexes ($I = P \cdot S \cdot C$ [%]).

The model is capable to analyse mobility supply for any public transportation route (or routes, even for the whole railway network or multimodal networks). The model focuses on

service frequency in accordance with mobility demand, and gives the value of the examined mobility supply by examining quality changes and mobility supply in a network approach. This model can also be used to compare different versions mobility supply (timetables), to show changes in value and worthiness.

Related to this thesis are chapters 5.1, 5.2, 5.3 and publications [Kor04], [Kor06].

4.4 I have worked out a methodology suitable for aggregate evaluation of segmented mobility demand. For this, I have created a segmented demand vector which I defined a suitable correspondence index with in order to examine the mobility demand correspondence to mobility supply.

To identify segmented mobility demand diverging in time and space and to examine mobility supply correspondence I have mapped the demand side to parameters applicable for the supply values:

<i>average journey time</i>	⇒	<i>journey time</i>
<i>average service frequency</i>	⇒	<i>access in time</i>
<i>complex schedule structure index</i>	⇒	<i>predictability.</i>

I have defined a segmented demand matrix ($\underline{\underline{D}}_m$) and a segmentation weight vector (\underline{z}) to represent different segment request parameters. Using these a segment ratio-weighted demand vector (\underline{v}_D) can be easily written up.

$$\underline{v}_D = \underline{\underline{D}}_m \cdot \underline{z} = \begin{bmatrix} d_{t1} & d_{t2} & \dots d_{tk} \dots & d_{tm-1} & d_{tm} \\ d_{f1} & d_{f2} & \dots d_{fk} \dots & d_{fm-1} & d_{fm} \\ d_{l1} & d_{l2} & \dots d_{lk} \dots & d_{lm-1} & d_{lm} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ \vdots \\ z_k \\ \vdots \\ z_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{D_t} \\ v_{D_f} \\ v_{D_l} \end{bmatrix} \quad (2)$$

where $\underline{\underline{D}}_m$: segmented demand matrix;

m : number of segments used for segmentation ($k = 1, \dots, m$);

d_{tk} : journey time request for passenger segment k ;

d_{fk} : access in time request for passenger segment k ;

d_{lk} : predictability request for passenger segment k ;

\underline{z} : segmentation weight vector;

z_k : relation in segments ($k = 1, \dots, m$) and $\sum_{k=1}^m z_k = 1$.

Segmented demand matrix and segmentation weight vector produce the segment ratio-weighted demand vector according to the selected segmentation by route.

To decide on mobility supply correspondence for comparing mobility supply value vector and demand vector I have defined a correspondence vector (3) which allows weighted correspondence evaluation as well.

$$\underline{v}_{\%} = \begin{bmatrix} v_{t_{\%}} \\ v_{f_{\%}} \\ v_{I_{\%}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n \left(\underline{T}_{\%} \right)_i \cdot \left(\underline{W} \right) \\ \sum_{i=1}^n \left(\underline{F}_{\%} \right)_i \cdot \left(\underline{W} \right) \\ \sum_{i=1}^n \left(\underline{I}_{\%} \right)_i \cdot \left(\underline{W} \right) \end{bmatrix} \quad (3)$$

Mobility supply correspondence vector ($\underline{v}_{\%}$) is a product of the respective lines of the correspondence matrixes connected to mobility supply evaluation parameters ($\underline{T}_{\%}$:correspondence matrix of average journey time on route, $\underline{F}_{\%}$:correspondence matrix of average service frequency on route, $\underline{I}_{\%}$: correspondence matrix of complex timetable structure index on route) and the weight matrix (\underline{W}) used at correspondence assessment (passenger traffic etc.).

The methodology is quantifiable for journey demand diverging in time and space or segmentations, and also to assess correspondence between supply (mobility value) and demand.

Related to this thesis are chapters 5.4 and 5.5.

4.5 I have created a procedure and illustration method to evaluate the intensive development of mobility supply and to identify the efficient directions of extensive development. The procedure is suitable to model the impact of mobility supply development and to assess it comprehensively, furthermore to found timetable based infrastructure development.

With the mobility supply assessment model I have mapped out a procedure suitable to efficiently evaluate infrastructural and mobility supply developments which is calculating mobility supply value according to weighing the routes examined and the value vector. When deciding over development alternatives, mobility supply value vector (\underline{v}) is calculated with weighed passenger traffic taken in account (4).

$$\underline{v} = \begin{bmatrix} v_t \\ v_f \\ v_I \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n t_{ij} \cdot w_{ij} \\ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n f_{ij} \cdot w_{ij} \\ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n I_{ij} \cdot w_{ij} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Elements of mobility supply value vector are the product of mobility supply parameters (t_{ij}, f_{ij}, I_{ij}) and the elements of the passenger traffic weight matrix (w_{ij}). Using this data by route during the evaluation of the mobility supply allows those routes incorporating the majority of passenger traffic – whose value improvement using a given amount of resources could result in the biggest satisfaction increase – to play dominant role in the model.

Examining the intensive development of mobility supply means the comprehensive evaluation of mobility supply alternatives. During these procedures – taking passenger traffic into consideration – it is also possible to examine the sensitivity of the timetable alternatives leading to specific mobility supply improvement opportunities assessment.

During the extensive development examination the impact assessment of infrastructural development project can be done, and the procedure is also suitable to effectively improve the mobility supply and to found timetable based infrastructural development projects.

To comprehensively assess the mobility supply alternatives and to augment the impact assessments, I have designed an illustration method that pictures the mobility supply value vector in the three-dimensional vectorial space, ensuring the opportunity for comparative assessment. Figure 1 shows the impact of a multistaged mobility supply development for a specific route. The state before the timetable development is shown by the dotted line. The mobility supply value achieved by implementing an intensive mobility supply development on the existing infrastructure and using the resources available (ITF-based timetable development) is shown by the value vector represented by the broken line. The mobility supply achieved by an extensive, timetable based infrastructural development is shown by the vector represented by the continuous line.

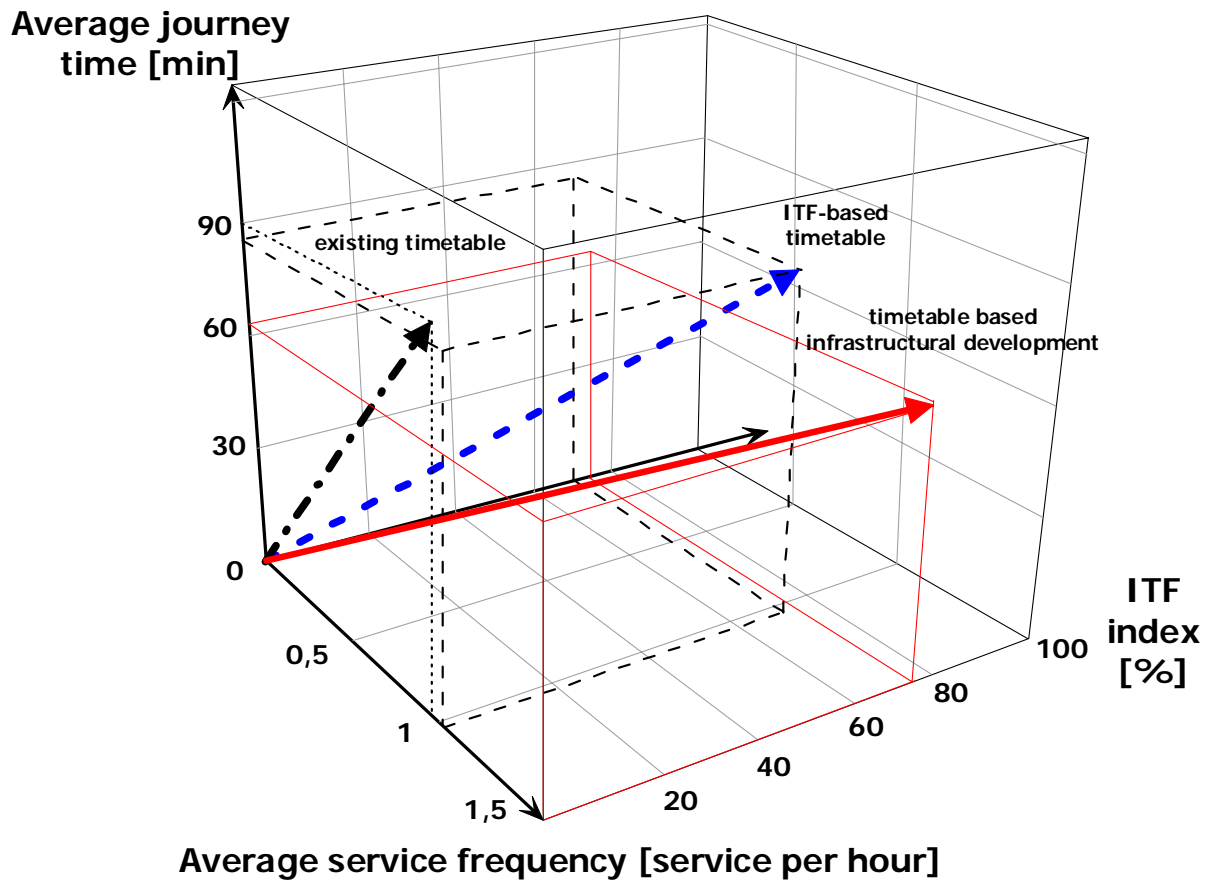


Figure 1

Impact of mobility supply development on value vector

(source: own edition)

Using this innovative illustration technology value change can be easily tracked, and several routes can be evaluated together and also specific mobility supply development recommendations can be elaborated and effective improvements can be founded.

Related to this thesis are chapter 5.6 and publications [Kor04], [Kor06].

5. USEFULNESS OF THE NEW SCIENTIFIC RESULTS

Establishing an integrated public transportation system is going to be one of the major tasks in Hungary. Implementation cannot wait any longer: sustaining competitive public transportation and to decrease financial needs thereof are essential, and would require effective operation of integrated transportation chains, division of transportation tasks, coordination of development concepts, mapping competitive service opportunities and integrated schedules.

The model bases itself on the mobility requests of passengers and assesses mobility in a network approach, and can augment refining public transportation systems and to effectively implement the several railway infrastructural developments expected. The model enables to support reasoning railway infrastructure and - based on passenger traffic records - to optimise division of public transport modes.

The model has the opportunity – with appropriate addenda – to:

- assess integrated railway passenger traffic service system comprehensively (mobility+access+information),
- assess mobility supply of integrated public transportation system (integrated transportation chains including road public transportation),
- assess the mobility supply of individual transport and public transportation system comparatively (with appropriate parameters and limitations in consideration).

Further refining of the mobility supply evaluation model and the necessity of assessment opportunities mark the next fields of research: identification methodology of mobility demand (passenger questionnaires, further mapping of possible segmentation, data structures), sensitivity evaluation, flexibility evaluation and revealing the financial connections related to mobility supply development, designing a cost-effectiveness calculation (development and social costs).

Improvement of the mobility supply evaluation model towards the efficiency mapping of development concepts could be suitable to perform impact analysis of the public transport development requests in accordance with the public service contract, to optimise mobility supply quality improvement and to effectively use development resources.

The flexibility of the model is shown that the parameters of the vectorial methodology can be extended indefinitely making it suitable to perform financial analyses as well - after the necessary adaptation.

Theoretical and practical results of the dissertation can be used by procurers and providers of public transportation, to support decision preparations or for education purposes.

6. REFERENCES

6.1 References of the author associated with the theses

- [Bor07a] Borza V., István Gy., Kormányos L., Vincze B.: Integrált ütemes menetrend I., Közlekedéstudományi Szemle LVII. évfolyam 10. szám (2007), pp. 402-416.
- [Bor07b] Borza V., István Gy., Kormányos L., Vincze B.: Integrált ütemes menetrend II., Közlekedéstudományi Szemle LVII. évfolyam 11. szám (2007), pp. 450-465.
- [Bor08] Borza V., István Gy., Kormányos L., Vincze B.: Integrált ütemes menetrend III., Közlekedéstudományi Szemle LVIII. évfolyam 1. szám (2008), pp. 33-53.
- [Kor03] Kormányos L.: A vasúti személyszállítási szolgáltatásfejlesztés piaci alapokra helyezése az értékelemzés alkalmazásával, Közlekedéstudományi Szemle, LIII. évfolyam 12. szám, pp. 456-464.
- [Kor04] Kormányos, L., Vincze, B., Borza, V.: Assessment and effective development of timetables adapting value analysis, EURNEX-ZEL 2004, Railways on the Edge of the 3rd Millennium 11th International Symposium 27-28 May 2005, Zilina, konferencia kiadvány (ISBN 80-8070-255-1), 2. rész, pp. 125-132.
- [Kor06] Kormányos, L., Tánczos, K.: Customer-oriented service development methods in suburban railway traffic, focused on the Budapest Suburban Railway Development Project, Periodica Polytechnica, Ser. Transp. Eng. Vol. 34 (2006) No. 1-2., pp. 19-34.
- [Kor07a] Kormányos, L.: Building up a railway-based integrated public transport system in Hungary, From Horse-drawn Railway to High-speed Transportation Systems. International Conference 17-19, April 2007, Prague; konferencia kiadvány (ISBN: 978-80-01-03688-0) pp. 121-124.
- [Kor07b] Kormányos, L., Vincze, B.: Introduction of the periodic timetable on the Hungarian railway network - Etappe 1., EURNEX-ZEL 2007, Railways on the Edge of the 3rd Millennium 15th International Symposium 30-31 May 2007, Zilina, (ISBN 978-80-8070-678-4) konferencia kiadvány, 1. rész, pp. 262-269.
- [Kor07c] Kormányos, L., Tánczos, K.: Conditions of a quality public railway service in Hungary, Periodica Polytechnica, Ser. Transp. Eng. Vol. 35 (2007), No.1-2., pp. 1-12.
- [Vin04] Vincze, B., Kormányos, L., Borza, V.: Methods and tools for designing modern timetable structures, EURNEX-ZEL 2004 nemzetközi konferencia, Zilina; konferencia kiadvány (ISBN 978-80-8070-678-4) 1. rész, pp. 235-242.
- [Vin07] Vincze, B., Kormányos, L.: Integrated train path management and planning on the Hungarian railway network, EURNEX-ZEL 2007 Railways on the Edge of the 3rd Millennium 15th International Symposium 30-31 May 2007, Zilina, konferencia kiadvány (ISBN 978-80-8070-679-1) 2. rész, pp. 122-129.

6.2 Other references associated with the topic of the dissertation

- [Alb08] Albert G., Tóth Á.: A párhuzamosság, helyettesíthetőség számszerűsítése a közforgalmú közlekedésben, Közlekedéstudományi Szemle LVIII. évfolyam 3. szám, pp. 30-35.
- [Bec03] Becker, J., Behrens, H., Hollborn, S.: Qualitaet von Nachverkehrsleistungen, Die Bedeutung der neuen DIN EN 13816, Internationales Verkehrsvesen (55) 1+2/2003 pp. 30-34.
- [Bek04] Qualitaetsmenegement, RBL im Reskstrukturierungsprozess III, Beka Seminar, Hannover, 3./4. November 2004; <http://www.ag-itcs.de/download/Schmickl.pdf>
- [Ber08] Berki Zs.: A személyközlekedési adatfelvételeken alapuló modellek fejlesztése, PhD értekezés, Budapest, 2008
- [Bes09] Bessenyei, Gy.: Theoretical principles for quantitative evaluation of railway interoperability, PhD értekezés, Budapest, 2009
- [Bhn00] <http://mct.sbb.ch/mct/bahn2000.htm>
- [Bok02] Bokor Z.: A tevékenység alapú költség számítás alkalmazása a vasúti közlekedésben; Közlekedéstudományi Szemle, LII évfolyam 12. szám (2002), pp. 449-456.
- [Bok04] Bokor Z.: A piacorientált vasúti közlekedés feltételrendszerének kidolgozása és gyakorlati adaptációs lehetőségének vizsgálata, különös tekintettel a controlling gazdálkodási rendszerre (PhD értekezés összefoglalása) Közlekedéstudományi Szemle, LIV évfolyam 1. szám (2004), pp. 384-396.
- [Bok08] Bokor, Z.: A költség gazdálkodás korszerűsítése a közlekedésben, különös tekintettel a közösségi közlekedésre; Közlekedéstudományi Szemle, LVIII évfolyam 4. szám (2008), pp. 31-37.
- [Bor04a] Borza, V., Vincze, B., Kormányos, L.: Periodic timetable-map for the Hungarian railway system by the adaptation of the European structure, EURNEX-ZEL 2004, Railways on the Edge of the 3rd Millennium 11th International Symposium 27-28 May 2005, Zilina, konferencia kiadvány (ISBN 80-8070-255-1) 2. rész, pp.182-189).
- [Bor04b] Borza V.: A korszerű hazai vasúti személyszállítás menetrend-szerkezetét leképező távolsági ütemtérkép, Közlekedéstudományi Szemle LIV. évfolyam 11. szám (2004), pp. 413-424.
- [Bor05a] Borza V., Kormányos L.: Integrált ütemes menetrend bevezetése a MÁV Rt. Budapest–Vác–Szob és Budapest–Veresegyház–Vác elővárosi vonalain, Városi Közlekedés XLV. évfolyam 3. szám (2005), pp. 159-167.
- [Bor05b] Borza, V., Kormányos, L., Vincze, B.: New regular interval timetables in operation on the suburban lines of the Hungarian State Railways, EURNEX-ZEL 2005, Railways on the Edge of the 3rd Millennium 12th International Symposium 24-25 May 2005, Zilina, konferencia kiadvány (ISBN 80-8070-400-7) 2. rész, pp. 57-64.
- [Bor09] Borza V.: Városi vasúti funkció ellátásának lehetőségei a MÁV elővárosi vonalain, Közlekedéstudományi Szemle (megjelenés alatt)
- [Bot91] Borotvás E.: Közlekedésgazdaságtan, Tankönyvkiadó, Budapest, 1991
- [Cer05] CER (Community of European railway and Infrastructure Companies) Public service rail transport in the European Union: An overview: November 2005

- [Dén05] Dénesfalvy Á.: A szolgáltatási díjak meghatározásának rendszere a magyar állami vasúthálózat árufuvarozásra megnyitott állomásain, Közlekedéstudományi Szemle, LV. évfolyam 1. szám (2005), pp. 2-9.
- [Dén06] Dénesfalvy Á.: A vasúti állomási szolgáltatások kínálati értékének meghatározása vektoriális módszerrel, Közlekedéstudományi Szemle, LVI. évfolyam 6. szám (2006), pp. 225-234.
- [Dén07] Dénesfalvy, Á.: Network Statement Chapter 5 - Services, Workshop on drafting of network statements in South-Eastern Europe organized by the European Commission in cooperation with CER, 11-12 January, 2007. Skopje, Macedónia, <http://www.cer.be/files/Chapter%205-105513A.pdf>
- [Dén08] Dénesfalvy, Á., Farkas, Gy.: Implementation of Infrastructure Service and Charging System in Hungary, Proceedings on Scientific-Expert Conference on Railways, 9-10 October 2008, Nis, pp. 29-32.
- [Ekf08] Gazdasági és Közlekedési Minisztérium az egységes közlekedésfejlesztési stratégia célkitűzéseit megvalósító alágazati fejlesztések 2008-2020, http://www.khem.gov.hu/feladataink/kozlekedes/kozlekedespol/eksf_.html
- [Eno02] MSZ EN 13816: 2002 Szállítás. Logisztika és szolgáltatás. Tömegközlekedés. A szolgáltatás minőségének fogalmai, célja és mérése szabvány
- [Epa07a] Az Európai Parlament és a Tanács 1370/2007/EK rendelete a vasúti és közúti személyszállítási közszolgáltatásról, valamint az 1191/69/EGK és az 1107/70/EGK tanácsi rendelet hatályon kívül helyezéséről.
- [Epa07b] Az Európai Parlament és a Tanács 1371/2007/EK rendelete a vasúti személyszállítást igénybe vevő utasok jogairól és kötelezettségeiről (2007. október 23.)
- [Erc05] Ercsey Z., Gittinger T., Kisteleki M., Vincze T.: A Budapest-Keleti pályaudvar kapacitásának növelése és az elővárosi közlekedés I. rész., Közlekedéstudományi Szemle LV évfolyam 12. szám (2005), pp. 447-457.
- [Erc06a] Ercsey Z., Gittinger T., Kisteleki M., Vincze T.: A Budapest-Keleti pályaudvar kapacitásának növelése és az elővárosi közlekedés II. rész., Közlekedéstudományi Szemle LVI évfolyam 1. szám (2006), pp. 22-28.
- [Erc06b] Ercsey Z., Gittinger T., Kisteleki M., Vincze T.: A Budapest-Nyugati pályaudvar kapacitásának növelése és az elővárosi közlekedés, Közlekedéstudományi Szemle LVI évfolyam 9. szám (2006), pp. 328-349.
- [Erc07] Ercsey Z., Gittinger T., Kisteleki M., Vincze T.: A Budapest-Déli pályaudvar és az elővárosi közlekedés, Közlekedéstudományi Szemle LVII. évfolyam 7. szám (2007), pp. 242-253.
- [Far00] Farkas Gy.: A vasúti pályahasználati díj meghatározásának módszertana, PhD értekezés, BME, 2000
- [Far99] Farkas Gy.: A közlekedési infrastruktúra fejlesztésének és működtetésének korszerű módszerei, különös tekintettel a vasúti közlekedésre, Közlekedéstudományi Szemle, XLIX évfolyam 2. szám (1999), pp. 73-78.
- [Far05] Farkas Gy., Dénesfalvy Á.: A vasúti pályahasználati díjrendszerek összehasonlító elemzése, Közlekedéstudományi Szemle, LV. évfolyam 10. szám (2005), pp. 374-386.
- [Fki96] A Budapest-centrikus fővonalak távlati menetrend-szerkezetének kialakítása a fejlett vasúti infrastruktúra figyelembevételével. MÁV Rt. FKI. Budapest, 1996

- [Fki00] Budapesti fejpályaudvarok fejlesztési koncepciója I. ütem. Kutatási részjelentés, MÁV Rt. FKI., Budapest, 2000. július
- [Fki04a] A Budapest-környéki elővárosi vasúti közlekedési rendszer ütemes menetrendje. (MÁV Rt. FKI, 2004 augusztus)
- [Fki04b] A Budapest-környéki elővárosi vasúti infrastruktúra fejlesztése (MÁV Rt. FKI 2004)
- [Fki04c] 142, a 70-71, és a 30-40 számú vonalak mintamenetrendjeinek aktualizálása. A 142-es számú vonal motorvonati pályasebességének meghatározása. (1-04-04-005/01 és 1-04-04-005/02 számú K+F anyagok (MÁV Rt. FKI, 2004.))
- [Gkm06a] 40/2006. (VI. 26.) GKM rendelet a vasútbiztonsági tanúsítványra, a biztonsági engedélyre, a biztonságirányítási rendszerekre, a biztonsági jelentésre, valamint az egyes hatósági engedélyezési eljárásokra vonatkozó részletes szabályokról.
- [Gkm06b] 45/2006. (VII. 11.) GKM rendelet a vasúti társaságok működésének engedélyezéséről.
- [Gkm07a] 48/2007. (IV. 26.) GKM rendelet a belföldi közforgalmú menetrend szerinti vasúti személyszállítás és helyközi (távolsági) autóbusz-közlekedés, valamint a nevelési-oktatási intézmények által rendelt belföldi autóbusz különjáratok legmagasabb díjairól.
- [Gkm07b] 50/2007. (IV. 26.) GKM-PM együttes rendelet a vasúti közlekedési tevékenységek vasúti társaságon belüli számviteli elkülönítéséről.
- [Gkm07c] 101/2007. (XII. 22.) GKM rendelet a vasúti pályahálózathoz történő nyílt hozzáférés részletes szabályairól.
- [Göb93] Göbertshahn, R.: Der Integrale Taktfahrplan, Vernetzung der Verkehrsträger im Personenverkehr als Fundament der Nahverkehrsstrategie der Bahn. Die Deutsche Bahn 5/1993, pp. 357-362.
- [Hui97] Huiskonen J, Pirttila, T.: Shaping logistics customer service strategy planning by applying Kano's quality element classification; International Journal of Production Economics 56-57 (1988) pp. 253-260.
- [Hür05] Hürlimann, G.: The Swiss path to the „Railway of the Future” (STRC 2005, konferencia publikáció, pp. 1-31)
- [Hür06] Hürlimann, G.: "Die Eisenbahn der Zukunft", Modernisierung, Automatisierung und Schnellverkehr bei den SBB im Kontext von Krisen und Wandel (1965-2000)", Dissertationsmanuskript, Universität Zürich, März 2006
- [Ikl03] Integrált közlekedési láncok – írásos oktatási segédanyag 2003, <http://rs1.sze.hu/KO/anyagok.html>
- [Imp06] IMPRINT-NET (Implementing Pricing Reforms in Transport Networking) 2006-2009, <http://www.imprint-net.org/>
- [Ing08] Ingo A., Jörn, P.: Railway Timetable & Traffic, www.eurailpress.de, 2008
- [Inn04] INNOFinance
<http://www.kgazd.bme.hu/modules.php?name=News&file=article&sid=442>
- [IRJ08] Laube, F, Lüthi M.: Making every second count, Railway Gazette International, December 2008, pp. 952-954.
- [Itf09] Integrált ütemes menetrend Magyarországon, <http://www.itf.hu/> (2009)
- [Jás06] Jászberényi M., Pálfalvi J.: Közlekedés a gazdaságban, 2006, AULA
- [Kád70] Kádas K. Közlekedésgazdaságtan I-II., BME egyetemi jegyzet, tankönyvkiadó, Budapest, 1970.
- [Kha06] 2130/2006. (VII. 24.) Kormányhatározat a helyközi tömegközlekedési rendszer átalakításáról.

- [Kha05] 2185/2005. (IX.9.) Kormányhatározat a vasúti közlekedéspolitika stratégiai kérdéseiről.
- [Khe08] A helyközi menetrendszerinti személyszállítás monitoring rendszerének kialakítása, Közlekedési, Hírközlési és Energiaügyi Minisztérium, 2008.
- [Kör96] Körmendi L., Nádas F.: Az értékelés elmélete és gyakorlati alkalmazása (Budapest, Info-Prod Kiadói és Marketing Bt., 1996)
- [Köt96] Prileszky I., Fülöp G.: Közlekedéstervezés, Széchenyi István Főiskola 1996. <http://fk.sze.hu/doc/jegyzet/kozlekedestervezes.pdf>
- [Köv96] Kövesné É.: A városi személyközlekedési rendszer értékelése minőségi ismérvek alapján, Városi Közlekedés, XXXVI. évf. 5. sz. (1996) pp. 267-272.
- [Köz04] Kövesné É., Havas P., Debreczeni G., Tóth J., Mándoki P.: Közlekedési rendszerek, Egyetemi jegyzet; Budapest, 2004.
- [Kre07] 85/2007. (IV. 25.) Kormányrendelet a közforgalmú személyszállítási utazási kedvezményekről.
- [Küg08] Új szolgáltatási kritériumrendszer elméleti megalapozása a BKV Zrt. paraméterkönyvének megújításához – A Közlekedésüzemi Tanszék és a Közlekedésgazdasági Tanszék munkacsoportja (2008)
- [Kzp07] Közlekedési Operatív Program <http://www.operativprogram.hu/kozop-programleiras/>
- [Leg90] Legeza E.: Értékelés a haszongépjárművek karbantartásában, Közlekedéstudományi Szemle, XXXIV. évfolyam 6. szám (1990), pp.226-229.
- [Leg91] Legeza E., Kovács G.: Az értékelés alkalmazása közhasználatú közúti vállalatnál, Vezetéstudomány 1991. 3. szám, pp. 24-30.
- [Mán03] Mándoki P: A közforgalmú közlekedési rendszereket értékelő módszerek, Városi Közlekedés XLIII. évfolyam. 4. szám (2003.), pp.189-194.
- [Mán05] Mándoki P: Személyközlekedési rendszerek értékelési lehetőségei a városi és térségi közlekedésben, PhD értekezés, 2005
- [Mil73] Miles, Lawrence D.: Értékelés. Budapest, Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó. 1973.
- [Mol07] Molnár É., Somló J.: A közlekedési közszolgáltatás európai szabályozása és ami a gyakorlatban van – Közlekedéstudományi Szemle, LVII. évfolyam 1. szám (2007), pp. 2-18.
- [Mon01] Monigl J. A személyközlekedési igények tér-idő-költség elvű modellezése. Habilitáció, 2001
- [Mot07] Transport Modelling: Towards Operational Standard in Europe, Contract N0:TREN/06/FP6SSP/S07.56151, D2.1. State-of-the-art report 2007.
- [Nas00] Nash, C.: Key Issues and Principles of Rail Infrastructure Pricing, Helsinki Workshop on Infrastructure Charging on Railways, http://mail.vatt.fi/railway/papers_table.htm
- [Pri01] A tömegközlekedés fejlesztésének komplex hatásvizsgálata, a hatások kimutatásának és értékelésének módszertani megalapozása. Prileszky I: Kutatási jelentés a Környezetvédelmi Minisztérium által meghirdetett „IV OKTKP. 2001” pályázat, K0440212001 pályázataról
- [Pro00] Der letzte Fahrplanwechsel, PRO BAHN Konzept für einen bundesweiten Integralen Taktfahrplan mit schnellem Fernverkehr (2000)
- [Qfd06] http://www.quality-mmt.hu/portal_mmt/magyar/cikkek/21/MMT_BELIV_2006_12.pdf
- [Rau06] Upgrading of the Swiss rail network until 2030: Railway Update 1/2006

- [Rix99] Rixer A.: Hazánk EU-csatlakozásából eredő kötelezettségek és intézkedések a magyar vasutak számára, Közlekedéstudományi Szemle, XLIX. évfolyam 6. szám (1999), pp. 228-241.
- [Rix00a] Rixer A.: A hazai vasúti közlekedési koncepció európai jövőkép- és stratégiaelemi. I. A hazai vasúti közlekedési koncepciót megalapozó európai integrációs stratégiai logikai keret, Közlekedéstudományi Szemle, L. évfolyam 10. szám (2000), pp. 382-401.
- [Rix00b] Rixer Attila: A hazai vasúti közlekedési koncepció európai jövőkép- és stratégiaelemi. II. A magyar vasutak revitalizációs stratégiájának EU-konform logikai kerete, alapelemi és alapelvei, Közlekedéstudományi Szemle, L. évfolyam 12. szám (2000), 458-470.
- [Rix05] Rixer A.: A személyszállítási közszolgáltatások minőségmenedzsmentje, Közlekedéstudományi Szemle LV évfolyam, 3. szám (2005), pp 82-89.
- [Rón01] Rónai, P.: Marginal Cost Based Pricing Policy in the European Transport Sector, MicroCAD Nemzetközi Tudományos Konferencia, Miskolci Egyetem, „European Union and Regional Economics” szekció, 2001. március 1.-2.
- [Rón02] Rónai, P.: Marginal Cost Calculations and Price Discrimination in the Railway Freight Sector, Periodica Polytechnica, Ser. Transportation Engineering; vol. 30. No. 1-2. 2002. p. 79-88.
- [Rón03] Rónai P, Tanczos K: An account-oriented approach for the marginal cost based price calculation in the case of the Hungarian State Railways, European Transport Conference. Strasbourg, 2003.10.03-05. (2003).
- [Sbb05a] SBB Trassenmanagement: Horizont 2008ff (2008-2014), Fernverkehr Schweiz, Arbeitsstand vom 26. September
- [Sbb05b] SBB-CFF-FFS: Mehr Zug für die Schweiz. Öfter, schneller und bequemer, www.sbb.ch
- [Sbb06] SBB-CFF-FFS: Smooth Ride Towards Rail 2000 (pp 1-23), www.sbb.ch
- [Spi04] Spillmann, H.:SBB concludes its Rail 2000 expansion project, European Railway Journal 2004/3. pp. 21-25.
- [Tán94a] Tanczos L.: A londoni földalatti beruházási program gazdasági hatékonysági vizsgálata és a vizsgálatot megalapozó elméleti háttér. Városi Közlekedés 1994. 3. sz. pp. 134-137.
- [Tán94b] Tanczos L.: Az európai közlekedési miniszterek konferenciájának módszer tani ajánlái a közlekedési beruházások tervezésére és értékelésére. Közlekedéstudományi Szemle, XLIV. évfolyam 8. szám (1994), pp. 281-289.
- [Tán97] Tanczos L: A vasúti közlekedés, mint rendszer működőképességének értelmezése és az interoperabilitás feltételeinek megteremtése. Közlekedéstudományi Szemle. XLVII. évfolyam 5. szám (1997), pp. 165-171.
- [Tán01] Tanczos L.: A közlekedés hálózatfejlesztési, fenntartási és üzemeltetési források hatékony allokációját megalapozó vizsgálati módszerek, különös tekintettel az externáliák hatásainak figyelembevételére, Közlekedéstudományi Szemle, LI. évfolyam 9. szám (2001), pp-321-326.
- [Tán03] Tanczos L., Bokor Z.: A közlekedés társadalmi költségei és azok általános és közlekedési módtól függő hazai sajátosságai. Közlekedéstudományi Szemle, LIII. évfolyam 8. szám (2003), pp. 281-291.

- [Tán04a] Tánczos L., Bokor Z.: A közlekedési adók és díjak reformja. Közlekedéstudományi Szemle, LIV évfolyam 1. szám (2004), pp. 5-10.
- [Tán04b] Tánczos L., Bokor Z.: A korszerű közlekedési árképzési rendszerek hazai bevezetési feltételeinek elemzése. Közlekedéstudományi Szemle, LIV évfolyam 2. szám (2004), pp. 50-57.
- [Tán04c] Tánczos L., Bokor Z.: A társadalmi költségeken alapuló közlekedési árképzési rendszerek gyakorlati adaptációs lehetőségei. Közlekedéstudományi Szemle, LIV évfolyam 5. szám (2004), pp. 185-192.
- [Tán04d] Tánczos, K., Rónai, P.: A practical model for implementation of marginal cost based pricing policy in the railway sector in Hungary; World Conference on Transport Research, Istanbul, 4-8. July 2004.
- [Tur08] Turi J.: A vasúti személyszállítás, mint közszolgáltatási tevékenység, diplomaterv, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki Kar
- [Úmf07] Új Magyarország Fejlesztési Terv
http://www.nfu.hu/uj_magyarorszag_fejlesztési_terv_2
- [Vas95] Kecskés S.: Vasúti Üzem, Műegyetemi Kiadó, 1995.
- [Vks08] Vasúti személyszállítási közszolgáltatási szerződés a Közlekedési, Hírközlési és Energiaügyi Miniszter és a MÁV-START Vasúti Személyszállító Zrt. között (2008. szeptember)
- [Vks09] Vasúti személyszállítási közszolgáltatási szerződés a Közlekedési, Hírközlési és Energiaügyi Miniszter és a MÁV-START Vasúti Személyszállító Zrt. között – munkaanyag (2009. március)
- [Vol09] <http://www.volanbusz.hu/hu/tarsasagunkrol/cegismerteto>
- [Vt05] A vasúti közlekedésről szóló 2005. évi CLXXXIII. törvény
- [Wel06] Wels, P: Integriertter Stundentakt für das südöstliche Mitteleuropa- Eine strategie für den grenzüberschreitenden Personenfernverkehr: ETR 55 (2006) Januar/Februar pp. 23-30.
- [Whp01] Fehér Könyv, Európai Közlekedéspolitika 2010-ig: itt az idő dönten, Bruxelles 2001.
http://www.khem.gov.hu/feladataink/kozlekedes/kozlekedespol/feher_kozl.html?query=feh%C3%A9r%20k%C3%B6nyv
- [Whp06] „Tartsuk mozgásban Európát! – Fenntartható mobilitás kontinensünk számára” Az Európai Bizottság 2001. évi közlekedéspolitikai fehér könyvének félidei felülvizsgálata
http://www.khem.gov.hu/masolt/csatolasok/tarts_eu.html?query=feh%C3%A9r%20k%C3%B6nyv
- [Yuc08] Yu-Cheng, L., Liang-Chyau, S., Yuan-Gan, T.: Quality function deployment implementation based on Fuzzy Kano model: An Application in PLM system, International Journal of Production Economics (2008)