
Tézisfüzet

**Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar**



A vasúti áru fuvarozás működési modelljeinek értékelése, fejlesztési lehetőségeinek vizsgálata

A tudományos munkásság áttekintő összefoglalása – PhD. tézisek

Farkas Bálint

okl. közlekedésmérnök

okl. mérnök-közgazdász

Budapest, 2020.május

Köszönetnyilvánítás

Doktori kutatásaim elvégzésére a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Karának Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszéke biztosított lehetőséget és nyújtott számomra szakmai műhelyt. Szeretném megköszönni Dr. Bokor Zoltán †, egyetemi docens kimagasló támogatását, nélküle nem indulhatott volna el a doktori kutatásom. A tudományos munkásságom támogatásáért Dr. habil. Duleba Szabolcs egyetemi docens jelenlegi témavezetőmnek külön hálás vagyok, gazdasági szemlélete, nemzetközi tapasztalatai, valamint szakmai észrevételei sokat segítettek a kutatás kiteljesedésében.

Köszönetet mondok ezúton az új környezetemnek, akik beleszöppentek az eddigi életembe, és elfogadták a rendhagyó utam kihívásait. Továbbá köszönetet mondok tanszékvezető úrnak, aki megosztó személyiségem ellenére lehetőséget adott arra, hogy a tanszék munkájában aktívan részt vehessek. Külön köszönet illeti meg a korábbi dékán urat, aki személyes beszélgetéseivel mindvégig támogatta munkámat. Hálás vagyok a kar összes dolgozójának, akikkel találkozhattam, és együtt dolgozhattam, nélkülük kevesebb lettem volna.

Hálával tartozom a vasúti szakma minden egyes munkatársának, azoknak is, akikkel együtt dolgozhattam, illetve azoknak is, akik nélkül nem indulhatnának el naponta a vonatok. Hiszek abban, hogy szerény munkámmal a vasút számára valamelyest megköszönhetem mindazt, amit tett az emberiségért.

Alulírott Farkas Bálint kijelentem, hogy a PhD. értekezésem téziszűzetét magam készítettem, és abban csak a megadott forrásokat használtam fel. Minden olyan részt, amelyet szó szerint, vagy azonos tartalomban, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen, a forrás megadásával megjelöltem.

Budapest, 2020.05. 05.



.....
Farkas Bálint

TARTALOMJEGYZÉK

1. A TUDOMÁNYOS KUTATÁSI FELADATOK MEGHATÁROZÁSA	7
1.1. A téma lehatárolása	7
1.2. Kutatási témák megfogalmazása	7
1.3. Az alkalmazott vizsgálati módszerek áttekintése	8
2. AZ ELÉRT TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK ISMERTETÉSE.....	14
2.1. I. Tézis: Léteznek olyan háttérváltozók, amelyek egyrészt nagy százalékban magyarázzák a felhasznált változók varianciáját, másrészt, amelyek által alkotott térben értelmezhetőek mind a megfigyelési egységek, mind a változók	14
2.2. II. Tézis Kijelenthető, hogy többszörös korreláció van a vasúti áru fuvarozási piac jellemző versenyképességi faktorai között, amely kapcsolatok nem triviálisak, a faktorok klaszterizálhatók és tipizálhatók.....	15
2.3. III. Tézis: Létezik kapcsolat a megfigyelési egységek (adott ország áru fuvarozási piacai) között, és a kapcsolatok alapján csoportok képezhetők	16
2.4. IV. Tézis: Az eredmények szerint nem a liberalizáció időpontja határozza meg az egyes vasúti áru fuvarozási piacok jellemzőit.....	17
2.5. V. Tézis: Románia vasúti áru fuvarozási teljesen eltér az általam vizsgált összes vasúti áru fuvarozási piactól. Románia vasúti áru fuvarozási piacára a vizsgált tulajdonságok közül egy tulajdonság se jellemző	18
2.6. VI. Tézis: A területileg kisebb vasúti áru fuvarozási piacokra jellemző a tranzit forgalom (TT), valamint a pályahasználati díj mértéke (TAF)	19
3. FELHASZNÁLT IRODALOM	20

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra: Két nyers adat változójának (X_1, X_2) átalakítása két főkomponenssé (Forrás: Szelényi 2009) ..	12
2. ábra: Főkomponensek varianciája.....	14
3. ábra: PC1 PC2 által meghatározott térben a faktorok elhelyezkedése.....	15
4. ábra: A PC1 és a PC2 által kifeszített térben az országok elhelyezkedése.....	15
5. ábra: PC1 PC2 által meghatározott térben a faktorok elhelyezkedése.....	16
6. ábra: PC1 PC2 által meghatározott térben a faktorok elhelyezkedése.....	17

1.

A tudományos kutatási feladatok meghatározása

1.1.A téma lehatárolása

A közlekedésmérnöki diplomám (MSC) megszerzése után, melynek témája a vasúti áru fuvarozási piac liberalizációja volt, szükségesnek láttam tovább folytatni a tanulmányaimat, mivel kutatásom során azt tapasztaltam, hogy kevés gazdasági szempontú vizsgálatot találtam a témában. A közgazdasági tanulmányaim lezárásaként készült szakdolgozatom témája szintén a vasúti áru fuvarozás volt. A megírt dolgozataim kapcsán tapasztaltam, hogy a vasúti áru fuvarozási piac vizsgálata indokolt és szükséges.

Napjainkban a vasúti áru fuvarozás versenyképességének javítása egyre fontosabbá válik, hiszen az Európai Unió folyamatosan szeretné növelni a vasúti áru fuvarozási piac részesedését az összes többi modalitáshoz képest. Indokoltnak láttam az elmúlt néhány év vonatkozásában megvizsgálni a közép- kelet-európai vasúti áru fuvarozási piacot, mivel ilyen szerteágazó vizsgálattal nem találkoztam szakirodalmi áttekintésem során. Az általam kiválasztott országok vasúti áru fuvarozási piacai jól vizsgálhatók, makro és mikro szinten egyaránt. Célul tűztem ki, hogy Csehország, Magyarország, Szlovákia, Lengyelország, valamint Románia vasúti áru fuvarozási piacát megvizsgáljam a gazdasági válságot megelőző évtől (2008) egészen 2015-ig. A kutatási eredményem választ adott azokra kérdésekre, hogy az egyes vasúti áru fuvarozási piacok milyen kapcsolatban állnak egymással, valamint milyen tulajdonságok a legjellemzőbbek az adott vasúti áru fuvarozási piacokra.

A kutatásom eredménye a vasúti áru fuvarozási piacok összefüggéseire utal, valamint annak versenyképesebbé tételéhez ad javaslatokat. A kutatás képet ad továbbá arról is, hogy a liberalizáció után miként változott meg az egyes országok vasúti áru fuvarozási piaci szerkezete.

1.2. Kutatási témák megfogalmazása

Kutatásom során Csehország, Szlovákia, Magyarország, Lengyelország, valamint Románia vasúti áru fuvarozási piacának változásait követtem nyomon 2008 és 2015 között. Meghatároztam a vasúti áru fuvarozásra legjellemzőbb tulajdonságokat, (továbbiakban: faktoroknak nevezem) melyek pontosan mérhetőek, valamint mindegyik piacon rendelkezésre is állnak. A doktori kutatásomban az alábbi táblázat szerinti 15 tulajdonságot határoztam meg.

		faktor név (vizsgált attribútumok)	rövidítés	[mértékegység]
Termelékenység	1	nemzetközi (export +import+tranzit) [mill. t.]	INT	mill. tonna
Termelékenység	2	export forgalom [mill. t.]	EX	mill. tonna
Termelékenység	3	import forgalom [mill. t.]	IM	mill. tonna
Termelékenység	4	belföldi forgalom [mill. t.]	DT	mill. tonna
Termelékenység	5	tranzit forgalom [mill. t.]	TT	mill. tonna
Versenyképesség	6	piaci koncentráció	MC	%
Versenyképesség	7	piaci szereplők száma [db.]	NMP	db.
Termelékenység	8	összes vasúti forgalom	TRT	mill. tonna
Versenyképesség	9	legnagyobb piaci szereplő [%]	BMP	db.
Versenyképesség	10	legkisebb piaci szereplő [%]	SMP	%
Hatékonyág	11	vasúti részesedés az összes áruból [%]	RS	%
Hatékonyág	12	pályahasználati díj euró/tkm-ben 1000 tonnás tehervonat esetén]	TAF	Euro
Versenyképesség	13	Globális Versenyképességi Index (1-7)	GCI	mértékegység nélküli
Versenyképesség	14	vasúti infrastruktúra minősége (1-7)	GCI2P	mértékegység nélküli
Hatékonyág	15	a GCI 6 pillérje: árupiac hatékonysága (1-7)	GCI6P	mértékegység nélküli

1. táblázat: A kiválasztott jellemzők tulajdonságok

1.3. Az alkalmazott vizsgálati módszerek áttekintése

A doktori értekezésemben az alábbi matematikai módszereket alkalmaztam:

1. Az egyes országok vasúti áruifuvarozási piaci szerkezetének vizsgálatára a **Herfindhal- Hirschmann Indexet** alkalmaztam.

A Herfindalhi-Hirschmann Index (Hirschmann, 1964) megmutatja, hogy egy adott piac mennyire koncentrált, vagyis mennyire van jól elosztva a részesedés a résztvevők között. Minél egyenletesebb a piaci résztvevők részesedése, a HHI annál kisebb, illetve minél kevesebb szereplőhöz kapcsolódik minél nagyobb részesedés, annál nagyobb lesz a HH Index. Képzése a piaci szereplők részesedéseinek négyzetösszegével történik:

$$HHI = \sum_{i=1}^n r_i^2$$

Ahol:

n: a piaci szereplők száma

r_i: az i. szereplő részesedése.

Értéke $\frac{1}{n}$ és 1 közötti, illetve szokásos még a százalékok számértékével behelyettesíteni r_i-t ekkor a felső küszöb 10000, ez szemléletesebb.

A HHI alapján három besorolási szintjét különböztetjük meg a piacok koncentrátságának:

Az amerikai besorolás szerint:

- koncentrálatlan piac: 1500 alatti HHI
- kevésbé koncentrált piac: 1500-2500 HHI
- magasan koncentrált piac: 2500HHI felett

A magyar besorolás szerint:

- 1000 alatti HHI: koncentrálatlan piac
- 1000-1800 közötti HHI: kevésbé koncentrált piac
- 1800 feletti HHI: magasan koncentrált piac

Koncentrálatlan piacnak számít például az Egyesült Királyságban a gázpiac, melynek HHI értéke 1000 alatt van.

2. A vasúti árufuvarozási piacok részletesebb összefüggéseinek megállapítására a **főkomponens analízist (PCA elemzést)** használtam, az R program segítségével;

A doktori kutatásomban használt 15 faktor nagy száma miatt célszerűnek láttam multivariáns analízist használni, mivel nagyobb mennyiségű adattal dolgoztam. Fontosnak láttam feltárni olyan összefüggéseket, melyek nem triviálisak, ezért választottam a főkomponens-analízist. A főkomponens-analízis az orvostudományban gyakran használt eljárás (Harrou et al, 2015), ezeken kívül még számos területen használták eredményesen. Az egyik legfrissebb kutatás szerint Közép-Kínában a vízgazdálkodás elemzéséhez használták az eljárást. (Li et al, 2019).

Párhuzam vonható a dinamika esetében a tehetetlenségi nyomaték tenzor diagonalizálás, illetve a főkomponens-analízis eljárása közben alkalmazott mátrix diagonalizálása között, de a mechanika, ill. a főkomponens-analízis később élesen elválnak egymástól. Bár mindkét esetben az off-diagonal (azaz főátlón kívüli) mátrix elemek eltüntetése a cél (főirányok ill. főkomponensek / fő másodrendű nyomatékok megtalálása), ez a mechanika esetében pontosan X, Y, Z, tengelyeket, azaz a 3 dimenziós teret jelent, míg a főkomponens-analízis az attribútum szám szerint több dimenzióban is számol. Szintén közös cél a főkomponensek (vagy fő másodrendű nyomatékok) nem-növekvő sorrendbe rendezése (monoton csökkenés), de míg a mechanikában megtartjuk mindhárom fő másodrendű nyomatékot, addig a főkomponens-analízis során csak az első egynéhányat, amelyek relevánsak (legnagyobbak), vagyis redukció történik kis információvesztéssel, de ugyanakkor jobban kezelhetővé válik a probléma. Hasonlóan viselkedik a mechanikában a feszültség tenzor, deformáció tenzor, stb. Ezek is szimmetrikus mátrixok, így minden saját értékük valós, ill. saját vektorjaik páronként merőlegesek. (A kovariancia mátrix még pozitív definit is ráadásul, így minden saját értéke pozitív lesz.)

Fontosnak tartom megjegyezni, hogy a főkomponens-analízis eljárás nem feltételezi az alapsokaság normális eloszlásból való származását, (Ketskeméty I.2018.) azaz a tapasztalati korrelációs együtthatók és kovarianciák mátrixba rendezéséhez nem szükséges, hogy az eredeti adatsor elemei normális eloszlásból származzanak. Ezért nem történt meg az adatsor normális eloszlásból eredő vizsgálata (Természetesen az igaz, hogy normális eloszlású adatsor esetén a kovariancia vagy korrelációs együttható zérusossága függetlenséget vonna maga után, míg különben nem biztos mindez.)

Máshogyan kifejezve:

Ha a korrelációs együttható két véletlen mennyiség között 0 és tudjuk, hogy normális eloszlású mindkettő, akkor biztosan függetlenek is.

Ha viszont a korrelációs együttható 0, de nem biztos (vagy nem tudjuk biztosan), hogy normális eloszlásúak, akkor ebből még nem dönthető el a függetlenségük kérdésköre.

De ettől még a kapcsolat erősségét és irányát/előjelét nem normális eloszlásból származás esetén is jól méri. A doktori kutatásomban vizuálisan is eldönthető, hogy normális eloszlást követnek a feldolgozott adataim, a dolgozat függelékében feltüntetett 15 tulajdonság időbeli változásait vizsgáló ábrákon. Esetemben egyik se hasonlít a Gauss görbéhez. Ezen túlmenően, mivel csak az első pár elemet hagytam meg, és azok közül egy se lett zérus, ezért nem befolyásolják az eredményeimet.

Mindezek figyelembe vétele mellett meglepő módon még a közlekedés, azon belül is a vasúti közlekedési árufuvarozási piac vizsgálatára egyáltalán nem használták a PCA-t. Ezért választottam a főkomponens-analízist a kutatásomhoz.

A főkomponens-analízis egy statisztikai eljárás, mely ortogonális transzformációt alkalmaz annak érdekében, hogy az esetlegesen korrelált változók megfigyeléseit lineárisan nem korrelált változókká (amelyeket főkomponenseknek hívunk) alakítsa. Következésképpen ez a módszer főképp olyan komplex statisztikai problémákra és jelenségekre alkalmazható, ahol a tényezők kölcsönös függősége a vizsgálat tárgya, illetve ahol a megfigyelt entitások csoportosítása szintén érdekes. Ez a módszer szintén jól alkalmazható olyan esetekben is, ahol a háttérváltozókból eredő tényezők kölcsönös függősége feltételezhető, valamint egy vagy több háttérváltozó gyanítható, amelyeket főkomponenseknek nevezünk. Az említett vonzó jellemzők arra vezettek, hogy megfontoljam a módszer alkalmazását a vasúti árufuvarozási piac versenyképességét befolyásoló különböző tényezők elemzéséhez arra számítva, hogy ezek a „háttérváltozó” segítenek abban, hogy jobban megértsük a piaci versenyképesség összefüggéseit.

A módszer céljai általánosságban a következők:

- a változók közötti korrelációk (kölcsönös függőségek) felderítése;
- a kölcsönös függőségben lévő változók csoportjainak feltárása és leírása;
- a csoportokon belüli kapcsolatok irányának és közelségének megtalálása;
- a változócsoportok mögötti közös ok (főkomponens vagy tényező) megkeresése, felderítése;

- az eredetileg kiválasztott koordináták számának csökkentése és a megfigyelések vizualizálása ennek megfelelően;
- a megfigyelések csoportosítása, a közelség vagy hasonlóság megtalálása (a klaszterek felismerése)

Mivel a vasúti árufuvarozási versenyképességre ható tényezőket eddig PCA elemzéssel nemzetközi szinten sem vizsgálták, ezért minden pont érdekes lehet a doktori dolgozatban, beleértve a klaszterek felismerését a közép-európai országokban, amelyekben a piacok 2008 óta liberalizáltak, de a fejlődésük mégis nagyon különbözően alakult. Tekintettel arra, hogy egy, a közlekedés-gazdaságtanban kevésbé alkalmazott módszerről van szó, a következőkben a PCA elemzés részletesen, az egyes szakaszokhoz tartozó magyarázatokkal együtt bemutatásra kerül.

1. szakasz: A probléma kiterjesztett, nyers adatmátrixának megalkotása és szabványosítása

Tegyük fel, hogy van n egységünk (M_1, \dots, M_n) p változókkal (X_1, \dots, X_p) f jellemezve minden egyes egységet. Mindezek alapján egy X mátrix alkotható meg, amelyben x_{ij} jelenti az i -edik értéket a mintának (entitásnak) a j -edik változóra. Ez kiterjeszthető számtani eszközökkel és szórással mindegyik változóra. Megjegyzendő, hogy a PCA végső célja, hogy az X_1, \dots, X_p helyettesítésre kerüljön a C_1, \dots, C_p főkomponensekkel és a p dimenzió csökkentése megvalósuljon a legnagyobb magyarázó erővel bíró komponensek kiválasztásával és a maradék elhagyásával. Azonban ezek a változók és értékek nem teljesen összehasonlíthatóak a különböző mértékegységek miatt.

Eljárás szempontból ezeket a változókat dimenzió nélkülivé kell tennünk. Ezen két okból adódóan az értékek szabványosítása elkerülhetetlen. A különbségek aztán felosztásra kerülnek a szóban forgó értékek szórásával, amint azt az alábbi képlet mutatja:

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j} \quad (1)$$

Egyszerű bizonyítani, hogy a szabványosított változók valamennyi eszközének szabványosításával a Z_j 0 lesz és a szabványosított eltérések egyenlők lesznek 1-gyel.

Mivel a PCA fő célja a változók korrelációjának meghatározása, ezért a kovarianciát be kell vezetni. A nyers, megfigyelési adatokhoz a kovariancia például a j -edik és l -edik változóhoz:

$$s_{jl} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)(x_{il} - \bar{x}_l) \quad (2)$$

Általánosságban két változó vagy a két adat által képviselt, egy adott jelenség tulajdonságai közötti kapcsolat erősségét a korrelációs együttható fejezi ki:

$$r_{jl} = \frac{s_{jl}}{s_j s_l} \quad (3)$$

ahol $0 \leq |r_{jl}| \leq 1$.

Minél közelebb van az abszolút értéke az r_{jl} -hez, annál erősebb lineáris kapcsolat áll fenn a két változó között. Ez a bázisa a lineáris funkciókon keresztül történő modellalkotásnak.

$$\mathbf{R} = \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & \dots & r_{1l} & \dots & r_{1p} \\ r_{21} & 1 & \dots & r_{2l} & \dots & r_{2p} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ r_{j1} & r_{j2} & \dots & r_{jl} & \dots & r_{jp} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \dots & \vdots \\ r_{p1} & r_{p2} & \dots & r_{pj} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

A kovariancia képletének alkalmazása a standardizált értékekre:

$$r_{z_j z_l} = s_{z_j z_l} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_{ij} z_{il} = \frac{1}{n} \mathbf{z}_j^T \mathbf{z}_l \quad (4)$$

Következésképpen a korrelációs mátrix a következő egyenlettel írható le:

$$\mathbf{R} = \frac{1}{n} \mathbf{Z}^T \mathbf{Z} \quad (5)$$

A szabványosított változókra vonatkozó R mátrix lesz a főkomponensek meghatározásának az alapja.

2. szakasz: A főkomponensek meghatározása

A jelen lépés célja, hogy megtalálja a C_1, \dots, C_p főkomponenseket, amelyekre a következők igazak:

$$\begin{aligned} Z_1 &= a_{11}C_1 + a_{12}C_2 + \dots + a_{1k}C_k + \dots + a_{1p}C_p \\ Z_2 &= a_{21}C_1 + a_{22}C_2 + \dots + a_{2k}C_k + \dots + a_{2p}C_p \\ &\vdots \\ Z_j &= a_{j1}C_1 + a_{j2}C_2 + \dots + a_{jk}C_k + \dots + a_{jp}C_p \\ &\vdots \\ Z_p &= a_{p1}C_1 + a_{p2}C_2 + \dots + a_{pk}C_k + \dots + a_{pp}C_p \end{aligned}$$

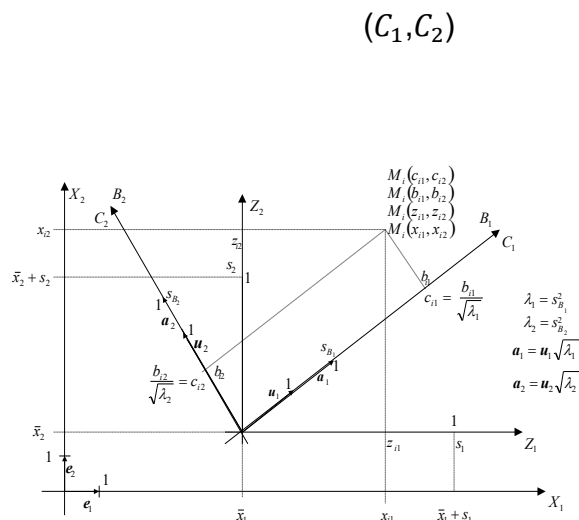
Ez azt jelenti, hogy valamennyi szabványosított változót ki lehet alakítani a főkomponensek lineáris kombinációjából. Bizonyítható, hogy a főkomponens súlya a_{jk} egyenlő a j-edik (Z_j) megfigyelt változó és a k-adik (C_k) főkomponens (fő faktor) közötti kapcsolat erőssége által leírt korrelációs együtthatóval, azaz:

$$r_{z_j c_k} = a_{jk}$$

A feladat, hogy megtaláljuk azokat a főkomponenseket, amelyek a következő követelményeknek megfelelnek:

1. lineárisan függenek a megfigyelt változóktól (lineáris kombináció);
3. korrelálatlanok;
3. az együtthatók négyzeteinek összege komponensenként egész ad ki;
4. a komponensek szórása monoton csökken (az első komponens kiterjedése a legnagyobb)

Az 1. ábra bemutatja grafikusan az elvárt transzformációt csak a nyers adatok egy pontjára vonatkozóan (M_i). X a nyers változókat, Z a szabványosított változókat, B a főkomponens koordinátáinak mátrixát, és C a szabványosított főkoordináták mátrixát jelöli



1. ábra két nyers adat változójának (X_1, X_2) átalakítása két főkomponenssé (Forrás: Szelényi 2009)

2.a. szakasz: Először létre kell hozni a nem szabványosított főkomponensek koordinátáit. (Ez a számítás 2 változóra kerül bemutatásra.)

Ehhez vegyük a B_1, B_2 koordináta rendszert, az alap egységnyi vektorokat \mathbf{u}_1 -gyel illetve \mathbf{u}_2 -vel jelöljük, amelyeknek az abszolút értéke eggyel egyenlő. Az eredeti entitás pontot M_i a \mathbf{v} vektorral kell irányítani. A vektor a következők szerint írható le (Li et al, 2013):

$$\mathbf{v} = b_{i1}\mathbf{u}_1 + b_{i2}\mathbf{u}_2 \quad (6)$$

Az egységvektorok koordinátái a Z_1, Z_2 szabványosított térben vannak.

$$\mathbf{u}_1 = \begin{pmatrix} u_{11} \\ u_{21} \end{pmatrix} \quad \text{és} \quad \mathbf{u}_2 = \begin{pmatrix} u_{12} \\ u_{22} \end{pmatrix}$$

Ezek alapján az \mathbf{U} transzformációs mátrix kialakítható.

$$\mathbf{U} = \begin{pmatrix} u_{11} & u_{12} \\ u_{21} & u_{22} \end{pmatrix}$$

Így a szabványosított z koordináták összeállíthatóak az alábbiak szerint:

$$z_{i1} = u_{11}b_{i1} + u_{12}b_{i2}$$

$$z_{i2} = u_{21}b_{i1} + u_{22}b_{i2}$$

A kapcsolat a szabványosított változók és a főkomponens változók között:

$$Z_1 = u_{11}B_1 + u_{12}B_2$$

$$Z_2 = u_{21}B_1 + u_{22}B_2$$

Ezen információ általánosításával (a két változót p változóra kiterjeszve) egyértelmű, hogy a (nem szabványosított) B_1, \dots, B_p :főkomponensek eltérései:

$$\mathbf{R}\mathbf{u} = \lambda\mathbf{u} \quad (7)$$

a korrelációs mátrix sajátértékei; mivel az egységvektorok, amelyek a tengelyek irányait jelzik, a normalizált sajátvektorok. A sajátértékeket monoton csökkenő sorrendben határozzuk meg (d'Ovidio et al, 2014) úgy, hogy a B_1 komponens sajátértéke a legnagyobb és a B_p a legkisebb.

2.b. szakasz A főkomponensek szabványosítása

Ebben a lépésben az \mathbf{A} mátrixot úgy állítjuk elő, hogy az \mathbf{U} mátrix minden oszlopát megszorozzuk a megfelelő főkomponens-változók szórásával.

$$a_{jk} = u_{jk}\sqrt{\lambda_k} \quad (8)$$

Az \mathbf{A} és a variancia-kovariancia \mathbf{V} mátrix alkalmazásával a végső, szabványosított főkomponens \mathbf{C} mátrix minden M_n egységre az alábbiak szerint írható le:

$$c_{ik} = \frac{b_{ik}}{\sqrt{\lambda_k}} \quad (9)$$

A C mátrix a szabványosított főkomponens pontszámokra

	C_1	C_2	...	C_k	...	C_p
	\mathbf{c}_1	\mathbf{c}_2	...	\mathbf{c}_k	...	\mathbf{c}_p
M_1	c_{11}	c_{12}	...	c_{1k}	...	c_{1p}
M_2	c_{21}	c_{22}	...	c_{2k}	...	c_{2p}
\vdots	\vdots	\vdots		\vdots		\vdots
M_i	c_{i1}	c_{i2}	...	c_{ik}	...	c_{ip}
\vdots	\vdots	\vdots		\vdots		\vdots
M_n	c_{n1}	c_{n2}	...	c_{nk}	...	c_{np}
mean	0	0	...	0	...	0
st.d.	1	1	...	1	...	1

A módszertani eszközök bemutatása után, azok alkalmazását ismertetem a rendelkezésre álló adatsoron.

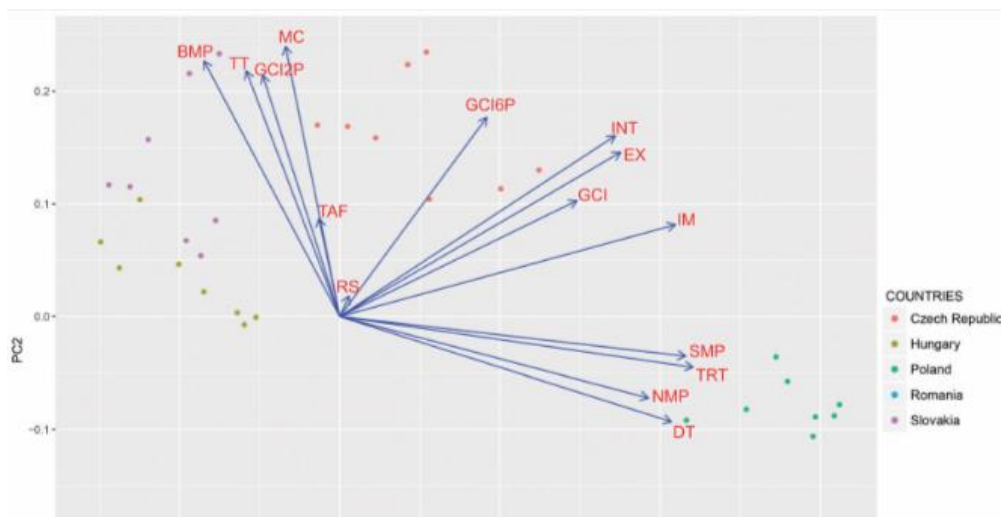
2.

Az elért tudományos eredmények ismertetése

2.1. I. Tézis

Léteznek olyan háttérváltozók, amelyek egyrészt nagy százalékban magyarázzák a felhasznált változók variációját, másrészt, amelyek által alkotott térben értelmezhetőek mind a megfigyelési egységek, mind a változók

Mivel hasonló tudományos kutatás még nem történt meg a vasúti áru fuvarozási piacok vizsgálatakor, főleg nem több ország tekintetében, egyáltalán nem tűnt biztosnak, hogy a vizsgált országok között, illetve a vizsgált tulajdonságok között összefüggés állapítható meg. Ezért a kutatás szempontjából igen sikeresnek mondható a főkomponens- analízis eredménye, hiszen nemcsak lefolytatható volt az analízis, hanem sikeres is; a két főkomponens, azaz háttérváltozó megfelelően magyarázta a variációt. Értelmezhető eredményeket kaptam, melyek a vasúti áru fuvarozási piacok versenyképességének javítására felhasználhatóak.



1. ábra PC1 PC2 által meghatározott térben a faktorok elhelyezkedése

A fenti ábra magyarázza a faktorokat, melyek integrált módon tartalmazzák az adott csoportok vasúti áru fuvarozási tulajdonságait. A faktorok neveit az 1. táblázat foglalja magában.

A tudományos megállapítás gyakorlati hasznossága:

Megtaláltam az egyes piacokra a kiválasztott tulajdonságok közül a legjellemzőbb tulajdonságokat, melyek változtatásával változtathatom a vasúti áru fuvarozási piacokat. Megállapítottam, hogy a piacok nem feltétlenül ugyanolyanok.

A főkomponens - analízis segítségével kimutathatóak lettek az egyes vasúti áru fuvarozási piacok kritikus befolyásoló tényezői, amelyek által mind stratégiai, mind operatív szempontból hatékony intézkedések hozhatóak. A stratégiai szempont elsősorban az irányító, döntéshozó hatóságok számára szolgálhat tanulsággal, míg az operatív következtetések a piaci szereplő áru fuvarozási vállalatok számára lehetnek hasznosak.

A tézissel kapcsolatos publikációim

Duleba, S.; Farkas, B. Principal Component Analysis of the Potential for Increased Rail Competitiveness in East-Central Europe. Sustainability 2019, 11, 4181.

IF 2.592 (2018);5-Year Impact Factor: 2.801 (2018)

[A vasúti áru fuvarozás versenyképességének vizsgálata](#)
HADTUDOMÁNYI SZEMLE 9 : 4. pp. 77-89. , 12 p. (2016)

[A szórt kocsis áru fuvarozás liberalizációjának akadályai](#)
 HADTUDOMÁNYI SZEMLE 9 : 1 pp. 431-435. , 5 p. (2016)

[A szétválasztás szerepe a vasúti liberalizációban](#)
 LOGISZTIKAI TRENDEK ÉS LEGJOBB GYAKORLATOK 2 : 1 pp. 20-23. , 3 p. (2016)

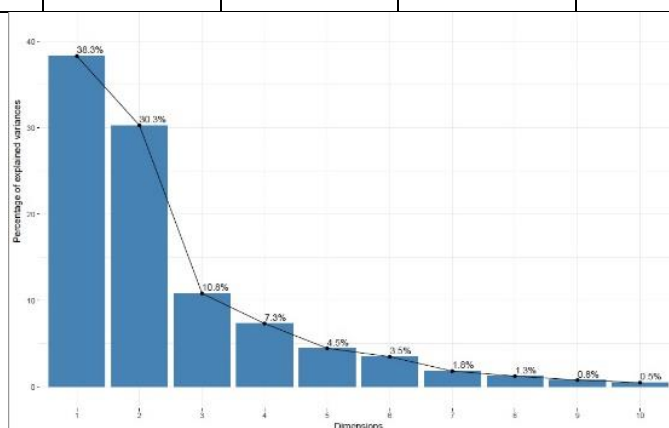
[THE ANALYSIS OF RAIL INFRASTRUCTURE BASED ON THE FUNCTION OF HUMAN PERIPHERAL CIRCULATION](#)
 HORIZONS OF RAILWAY TRANSPORT 1 : 1 pp. 70-78. , 8 p. (2016)

2.2. II. Tézis

Kijelenthető, hogy többszörös korreláció van a vasúti áru fuvarozási piac jellemző versenyképességi faktorai között, amely kapcsolatok nem triviálisak, a faktorok klaszterizálhatók és tipizálhatók.

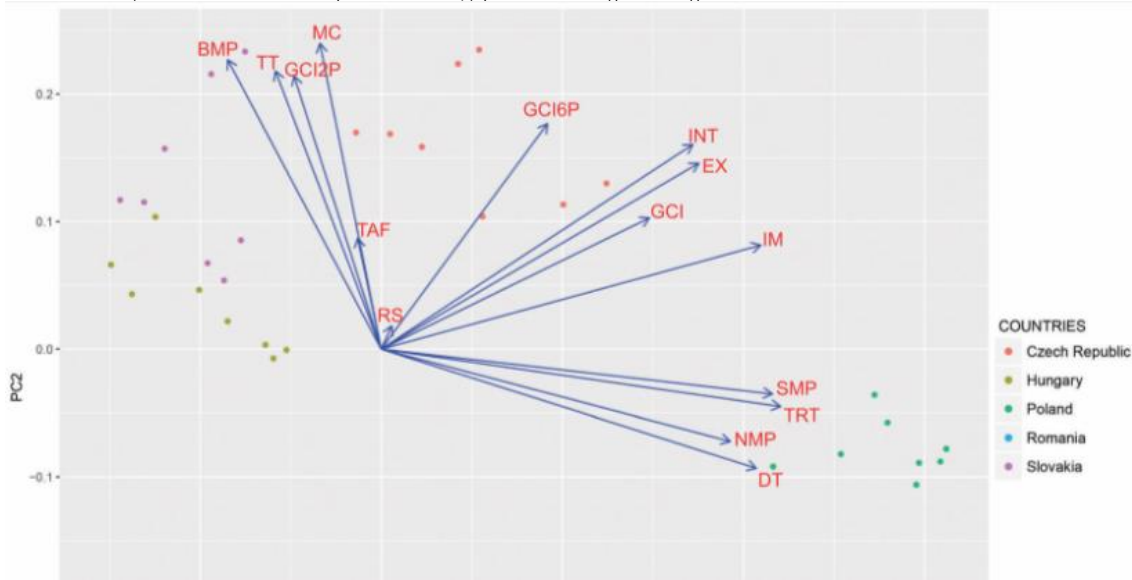
A nem triviális kapcsolatok feltárásához a közlekedés-gazdaságban ritkán használt főkomponens- analízis eljárást használtam, mivel ez az indirekt összefüggéseket is képes felszínre hozni. A módszertani szakaszban leírt képletek alkalmazásával a fő összetevők meghatározásának lépéseit elvégeztem. A vizsgált problémában a 15 befolyásoló tényezőt 15 fő alkotóelem helyettesíti, azonban a méretek csökkentése miatt csak a főbb komponensek maradnak a modellben, ami megmagyarázza a teljes variancia domináns részét (ezt úgy lehet elérni, hogy meghatározzuk a sajátértékeket, mert igazolható, hogy a fő összetevők szórása egyenlő a sajátértékek négyzetgyökével). Miután kiszámítottam a nem standardizált, majd a szabványosított fő összetevőket, a következő eredményeket kaptam.

	PC 1 (dimenzió)	PC 2 (dimenzió)	PC 3 (dimenzió)	PC 4 (dimenzió)	PC 5 (dimenzió)	PC 6 (dimenzió)
Standard szórás	2.4760	2.2017	1.3165	1.08410	0.84645	0.74912
A szórás varianciája	0.3832	0.3030	0.1083	0.07346	0.04478	0.03507
Kumulatív arány	0.3832	0.6861	0.7944	0.86790	0.91268	0.94775
	PC 7 (dimenzió)	PC 8 (dimenzió)	PC 9 (dimenzió)	PC 10 (dimenzió)	PC 11 (dimenzió)	PC 12 (dimenzió)
Standard szórás	0.54208	0.44923	0.35808	0.2829	0.25118	0.18099
A szórás varianciája	0.01837	0.01261	0.00801	0.0050	0.00394	0.00205
Kumulatív szórás	0.96612	0.97873	0.98675	0.9918	0.99569	0.99774
	PC 13 (dimenzió)	PC 14 (dimenzió)	PC 15 (dimenzió)			
Standard szórás	0.16554	0.09359	3.095e-16			
A szórás varianciája	0.00171	0.00055	0.000e+00			
Kumulatív arány	0.99945	1.000000	1.000e+00			



2. ábra: főkomponensek varianciája

Az ábra azt mutatja, hogy az első két főkomponens a teljes variancia 69% -át magyarázza, így ezek kiválasztása elegendő lehet az elemzéshez (matematikai hüvelykujj-szabály a legalább kétharmad magyarázata). Ezért a PC1 és a PC2 által generált tér (amely a nyers változók eredeti 15 dimenziós teréhez képest elforgatott és vetített tér) alkalmas a befolyásoló tényezők és a megfigyelési egységek közötti összefüggések leírására. A következő ábrán a 15 befolyásoló tényező helyzete látható ebben a kétdimenziós térben.



2. ábra: PC1 és PC2 által meghatározott térben a faktorok elhelyezkedése

Az ábrából jól látható, hogy faktorcsoportok alakultak ki, melyek egyértelműen azt mutatják, hogy nem-triviális kapcsolatok vannak a faktorok között, valamint a faktorok tipizálhatók és csoportosíthatók is. Így a második hipotézisem alátámasztottnak tekinthető.

A tudományos megállapítás gyakorlati hasznossága:

Bármely ország vasúti áru fuvarozási piacára alkalmazható az eljárás.

A tézissel kapcsolatos publikációim:

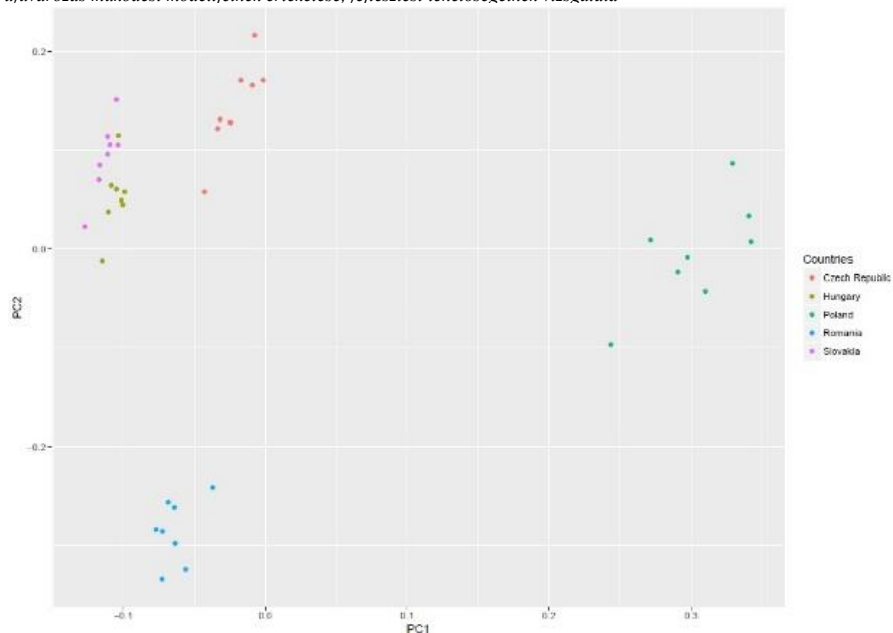
Duleba, S.; Farkas, B. Principal Component Analysis of the Potential for Increased Rail Competitiveness in East-Central Europe. **Sustainability** 2019, 11, 4181.

IF 2.592 (2018);5-Year Impact Factor: 2.801 (2018)

2.3. III. Tézis:

Létezik kapcsolat a megfigyelési egységek (adott ország áru fuvarozási piagai) között, és a kapcsolatok alapján csoportok képezhetők.

Az előző téziszhez használt főkomponens- analízis segítségével megvizsgáltam az adott megfigyelési egységeket, azaz az adott országokat. Egy-egy pont jelenti egy adott ország egy évét, tehát esetünkben 8 pontból áll egy ország vasúti áru fuvarozási piaca, mivel 8 évig vizsgáltam. A főkomponens- analízis vizsgálat során a PC1 és PC2 által generált térben az alábbi elhelyezkedéseket kaptam meg.



3. ábra: a PC1 és a PC2 által kifeszített térben az országok elhelyezkedése

A fenti ábrából egyértelműen megállapítható, hogy a vasúti árufuvarozási piacok csoportosíthatók. Így a 3. számú hipotézisem alátámasztható.

A tudományos megállapítás gyakorlati hasznossága:

A liberalizált vasúti árufuvarozási piacok a vizsgált tulajdonságok alapján összehasonlíthatók, valamint csoportosíthatók. Azaz egyes piacok példája alkalmazható más, ugyanabba a csoportba tartozó árufuvarozási piacon.

A tézissel kapcsolatos publikációim:

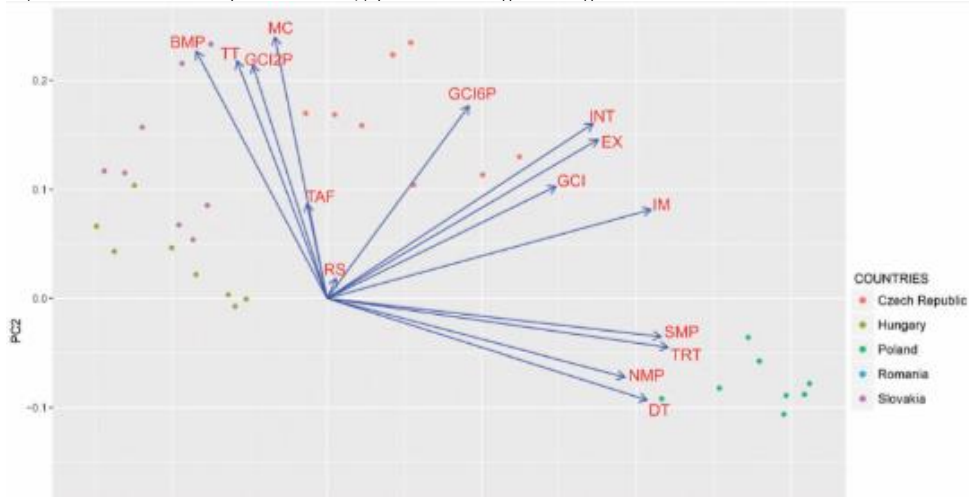
Increasing Competitiveness in a Liberalised Rail Freight Market the Hungarian Case
TRANSYLVANIAN REVIEW 26 : 24 pp. 6369-6377. , 8 p. (2018)

IF: 0.034

2.4. IV. Tézis:

Az eredmények szerint nem a liberalizáció időpontja határozza meg az egyes vasúti árufuvarozási piacok jellemzőit.

A kutatásban vizsgált országok vasúti árufuvarozási piaca a liberalizáció szempontjából két részre bontható, időben korábban, illetve időben később liberalizált piacokról beszélhetünk. Hipotézisem szerint a korábban liberalizált piacokon már hamarabb megindulhattak a kereskedelmi folyamatok, így ott a piaci szereplők száma is folyamatosan növekedhetett az időben később nyitó piacokkal szemben. Ezért feltételezésem szerint a kereskedelemhez kapcsolódó forgalmak jelentősége is megnövekedett, azaz a vasúti árufuvarozási piacra legjellemzőbb tényezők az export, import, tranzitforgalmak. A bizonyításomhoz szintén segítséget nyújtott a főkomponens- analízis elvégzése, mely eredményét a már korábban prezentált ábra bizonyítja.



4. ábra: PC1 PC2 által meghatározott térben a faktorok elhelyezkedése

A tudományos megállapítás gyakorlati hasznossága:

A fenti ábrából látszik, hogy Csehország, Lengyelország, valamint Románia teljesen más tulajdonságokkal jellemezhető, mint ahogy feltételeztem, tehát kijelenthető, hogy a liberalizáció időbeli kezdése nincs összefüggésben a piaci jellemzőkkel. Tehát az eredmények alapján nem a liberalizáció időpontja határozza meg az egyes vasúti árufuvarozási piacok jellemzőit. Így ez a hipotézis elvetésre kerül.

A tézissel kapcsolatos publikációim:

Duleba, S.; Farkas, B. Principal Component Analysis of the Potential for Increased Rail Competitiveness in East-Central Europe. Sustainability 2019, 11, 4181.

IF 2.592 (2018);5-Year Impact Factor: 2.801 (2018)

[THE INTRODUCTION OF THE MOST POWERFUL RAILWAY OF THE EU, AND ITS SUPPORT WITH ECONOMIC ANALYSES](#)

NAUKA TA PROGRES TRANSPORTU / SCIENCE AND TRANSPORT PROGRESS 2 : 68 pp. 25-35. , 10 p. (2017)

[REBALANCING HUNGARY'S ECONOMY BY RAIL FREIGHT](#)

HORIZONS OF RAILWAY TRANSPORT 1 : 1 pp. 70-78. , 8 p. (2015)

2.5. **V. Tézis:**

Románia vasúti árufuvarozási piaca teljesen eltér az általam vizsgált összes vasúti árufuvarozási piactól. Románia vasúti árufuvarozási piacára a vizsgált tulajdonságok közül egy tulajdonság se jellemző.

Feltételezésem szerint minél nagyobb területtel és lefedettséggel rendelkezik egy vasút, arányaiban annál gazdaságosabb az üzemeltetése. A gazdaságos üzemeltetés mellett további érvként szól, hogy a dolgozatomban említett két ország (Románia, Lengyelország) rendelkezik tengeri kapcsolattal, ami vasúti szempontból kiemelten fontos, hiszen a vasúti hálózatok végpontjai mindig egy tengeri kikötővel kezdődnek, vagy végződnek. Mindezek figyelembevétele mellett, a hipotézisben felvetett országok belső piaca, már területénél is fogva igen meghatározó. Példaként meg lehet említeni Lengyelország bányaiiparát, iparát. Hasonlóképpen Romániában a mezőgazdaság is jelentős szereppel bír. Következésképpen a vasúti árufuvarozás az ország versenyképessége szempontjából meghatározó, így véleményem szerint a versenyképességi faktorok, valamint az összes elszállított vasúti mennyiség jellemző az adott két országra.

A tudományos megállapítás gyakorlati hasznossága:

A korábban használt főkomponens- analízis során igen meglepő eredményeket fedeztem fel. Meglepő módon Románia, valamint Lengyelország vasúti árufuvarozási piaca a hipotézisemben említett összehasonlítás

Farkas Bálint: A vasúti árufuvarozás működési modelljeinek értékelése, fejlesztési lehetőségeinek vizsgálata
tekintetében nem összemérhető. Való igaz, hogy a hazai forgalom, valamint az összes vasúti áruforgalom jellemző Lengyelország piacára, azonban meglepő módon Románia vasúti árufuvarozási piacára az általam vizsgált tulajdonságok közül egyik se jellemző.

A tézissel kapcsolatos publikációim

Increasing Competitiveness in a Liberalised Rail Freight Market the Hungarian Case
TRANSYLVANIAN REVIEW 26 : 24 pp. 6369-6377. , 8 p. (2018)

Impact Factor: 0.034

2.6. VI. Tézis:

A területileg kisebb vasúti árufuvarozási piacokra inkább jellemző a tranzit forgalom (TT), valamint a pályahasználati díj mértéke (TAF).

Feltételezésem szerint a kisebb országok vasúti árufuvarozási piacára kevésbé jellemzőek a belső vasúti szállítások, hiszen területileg nem elég nagyok, valamint a vizsgált országok közül is a kisebbek nem rendelkeznek olyan iparágazattal, ami a vasúti árufuvarozási tevékenységet kiemelten fontossá teszi. Következésképpen az ilyen kisebb méretű országokra a tranzitforgalmak lesznek jellemzők. A tranzitforgalmak során főleg Közép-Kelet-Európában a legfontosabb befolyásoló tényező lehet a pályahasználati díj is. Ezért véleményem szerint a kisebb országok esetén az előbb említett két jellemző kiemelt szerepet játszik.

A korábbi főkomponens- analízis során bizonyítást nyert, hogy Csehország, Szlovákia, valamint Magyarország vasúti árufuvarozási piacára jellemzőek a tranzitforgalmak, valamint a pályahasználati díj mértéke.

A tudományos megállapítás gyakorlati hasznossága:

Csehország, Magyarország illetve Szlovákia esetében érdemes lenne a pályahasználati díj értékét változtatni, jellemzően csökkenteni annak érdekében, hogy még több tranzitforgalom érkezzon az adott országba, így növelni lehetne az adott ország vasúti árufuvarozási piacának nagyságát.

A tézissel kapcsolatos publikációk:

Duleba, S.; Farkas, B. Principal Component Analysis of the Potential for Increased Rail Competitiveness in East-Central Europe. Sustainability 2019, 11, 4181.

IF 2.592 (2018);5-Year Impact Factor: 2.801 (2018)

3. Felhasznált Irodalom

Irodalomjegyzék

- Abuobidalla, O., Chen, M., & Chauhan, S. (2019). A matheuristic method for planning railway freight transportation with hazardous materials. *Journal of Rail Transport Planning & Management*. doi:10.1016/j.jrtpm.2019.06.001
- Abramović, B.; Šipuš, D. (2019). A Case Study of the Railway Engineering Programme. *Sustainable Rail Transport*; University High Education in Croatia; Springer: Berlin/Heidelberg, pp. 101–109
- Aditjandra, P. T. (2018). Europe's Freight Transport Policy: Analysis, Synthesis and Evaluation. Preparing for the New Era of Transport Policies: Learning from Experience, 197–243. doi:10.1016/bs.atpp.2018.07.006
- Agamez-Arias, A.-M., Moyano-Fuentes, J. (2017). Intermodal transport in freight distribution: a literature review. *Transport Reviews*, 37(6), 782–807. doi:10.1080/01441647.2017.1297868
- Agyeman, S., Kwarteng, R. A., & Zurkalnaine, S. (2018). Principal component analysis of driver challenges in the shared taxi market in Ghana. *Case Studies on Transport Policy*. doi:10.1016/j.cstp.2018.12.001
- Andersen, J., & Christiansen, M. (2009). Designing new European rail freight services. *Journal of the Operational Research Society*, 60(3), 348–360. doi:10.1057/palgrave.jors.2602559
- Baksay, G., Palotai, D. (2017). Válságkezelés és gazdasági reformok Magyarországon, 2010–2016. *Közgazdasági szemle*, pp. 698–722. o
- Basile, D., Chiaradonna, S., Di Giandomenico, F., & Gnesi, S. (2016). A stochastic model-based approach to analyse reliable energy-saving rail road switch heating systems. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 6(2), 163–181. doi:10.1016/j.jrtpm.2016.03.003
- Beretta, D., Grillo, S., Pigoli, D., Bionda, E., Bossi, C., & Tornelli, C. (2020). Functional principal component analysis as a versatile technique to understand and predict the electric consumption patterns. *Sustainable Energy, Grids and Networks*, 21, 100308. doi:10.1016/j.segan.2020.100308
- Bergantino, A., Capozza, C., Capurso, M. (2015). The impact of open access on intra- and inter-modal rail competition. A national level analysis in Italy. *Transport Policy*, 39, 77-86.
- Blahó, A. (2012). Globális Világgazdasági válság. A megoldások vitája. In: Régi dilemmák - új megoldások. Tomori Pál Főiskola, Kalocsa, pp. 15-32. ISBN 978-963-88162-9-0 http://unipub.lib.uni-corvinus.hu/1067/1/Blaho_2012_globalis.pdf
- Bokor, Z. (2007) Hungary: role of the state in intermodal transport logistics services. *Logistics and Transport Focus*, 9 (8). pp. 37-41.
- Bokor, Z. (2012) Cost Calculation Model for Logistics Service Providers. *Promet - Traffic & Transportation*, 24(6), pp.515-24.
- Bokor, Z. (2009). Elaborating Cost and Performance Management Methods in Transport. *Promet - Traffic & Transportation*, 21(3), pp.217-24.
- Bokor, Z., Török, Á. (2005). Situation and Perspectives of Intermodal Logistics in Hungary. *Promet - Traffic & Transportation*, 17(6):349-52.
- Bougna, E., Crozet, Y. (2016). Towards a liberalized rail transport: Analyzing and modelling the impact of competition on productive efficiency. *Research in Transportation Economics*, 59, 358-367.
- BUŞU, M., BUŞU, C. (2015). The liberalization process of the railway sector in Romania and some infringement case studies. *Proceedings of the INTERNATIONAL MANAGEMENT CONFERENCE*, Faculty of Management, Academy of Economic Studies, Bucharest, Romania, 9(1), pp. 532-540.
- Campos, N, F., Coricelli, F., Moretti, L. (2018) Institutional integration and economic growth in Europe. *Journal of Monetary Economics*, ISSN 0304-3932

- Cantos, P., Pastor, J. M., Serrano, L. (2010). Vertical and horizontal separation in the European railway sector and its effects on productivity. *Journal of Transport Economics and Policy*, 44, 139-160.
- Cemberci, M., Civelek, M. E., Canbolat, N. (2015). The moderator effect of Global Competitiveness Index on dimensions of Logistics Performance Index. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 195, 1514-1524.
- Chen, M., Luo, Y., Shen, Y., Han, Z., & Cui, Y. (2020). Driving force analysis of irrigation water consumption using principal component regression analysis. *Agricultural Water Management*, 234, 106089. doi:10.1016/j.agwat.2020.106089
- Chinn, M.; Frankel J. (2008) Why the Euro will Rival the Dollar, *International Finance*, 11:1 , pp 49-73 DOI: 10.1111/j.1468-2362.2008.00215.x
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1468-2362.2008.00215.x>
- Crafts N., Toniolo G (1996). Economic growth in Europe since 1945; B. Eichengreen Institutions and economic growth: Europe after World War II - Economic growth in Europe since 1945., pp 38-65
- Crozet, Y., Nash, C., Preston, J. (2012). Beyond the quiet life of a natural monopoly: Regulatory challenges ahead for Europe's rail sector. Centre on Regulation in Europe, Brussels, 2012 - cerre.eu
- Crozet, Y. (2017). Rail freight development in Europe: how to deal with a doubly-imperfect competition? World Conference on Transport Research WCTR 2016 Shanghai - 10-15 July 2016 (SIG E3) Transportation Research Procedia 25C, pp 425–442
- Dénesfalvy, Á. (2009). Pályavasúti szolgáltatási rendszer elemek minőségi paramétereinek meghatározása és a szolgáltatások minősítési folyamatának modellezése, Ph.D. értekezés, <http://hdl.handle.net/10890/82>
- Dolinayova, A., L'och, M., Camaj, J. (2016). Liberalization of the railway freight market in the context of a sustainable transport system. *Transportation Research Procedia*, 14, 916-925.
- Duleba S.(2006). Logistic Trends of the Supply Chains in the Food Industry *Ekonomika I Oganizacija Pzedsiębiorstwa / Economics and Organization Of Enterprise* 57 : 10 pp. 98-106. , 9 p. (2006)
- d'Ovidio, F. D., Leogrande, D., Mancarella, R., Schinzano, A., Viola, D. (2014). A multivariate analysis on the quality of transport services. *Procedia Economics and Finance*, 17, 238-247.
- Erb, Sz. dr (2018). A vasúti közlekedést érintő EU konform jogi szabályozás jelenlegi és várhatóan bevezetésre kerülő rendelkezései, A magyar közlekedés helyzete az EU-ban tárgyú konferencia (2018, február 22-23.) előadása
- Édes, B., Gerhardt, E., Micski, J. (2011). A liberalizáció első időszakának versenyszempontú értékelése a magyar vasúti teherszállítási piacon. *Verseny és szabályozás*, 5. évfolyam 1. szám, pp. 261-302
- Eng-Larsson, F., & Norrman, A. (2014). Modal shift for greener logistics – exploring the role of the contract. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 44(10), 721–743. doi:10.1108/ijpdlm-07-2013-0182
- Evans, A. W. (2011). Fatal train accidents on Europe's railways: 1980–2009. *Accident Analysis & Prevention*, 43(1), 391–401. doi:10.1016/j.aap.2010.09.009
- Farkas, B. (2016) A szétválasztás szerepe a vasúti liberalizációban, *Logisztikai trendek és legjobb gyakorlatok*, pp 19-22, HU ISSN: 2416-0555
- Farkas, B (2017). The introduction of the most powerful railway of the EU, and its support with economic analyses. *Science and Transport Progress (No2/68)* 2017. pp 25-35) doi 10.15802/stp2017/99944
- Farkas, Gy. (2001). A vasúti pályahasználati díj meghatározásának módszertana. PhD értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
- Falko M. Competition in Norwegian Air Passenger Transport markets : using the Herfindahl-Hirschman Index to compare concentration levels with eight European countries of reference (2019) ISBN 978-82-7962-269-7 (elektronisk)
- Fávero, L. P., & Belfiore, P. (2019). Principal Component Factor Analysis. *Data Science for Business and Decision Making*, 383–438. doi:10.1016/b978-0-12-811216-8.00012-4
- Feuerstein, L., Busacker, T., Xu, J. (2018). Factors influencing open access competition in the European long-distance passenger rail transport – a Delphi study. *Research in Transportation Economics*, xxx, 1-10.

- Farkas Bálint: *A vasúti árufuvarozás működési modelljeinek értékelése, fejlesztési lehetőségeinek vizsgálata*
Gaal, Gy., Csete, M., Török, Á. (2017) Uniós források és közlekedési infrastruktúra a magyar gazdaságban: Péter, Tamás (szerk.) IFFK 2017: XI. Innováció és fenntartható felszíni közlekedés Budapest, Magyarország : Magyar Mérnökakadémia (MMA), Paper: 16 , 4 p
- Gao, M., Cong, J., Xiao, J., He, Q., Li, S., Wang, Y., Wang, P. (2020). Dynamic modeling and experimental investigation of self-powered sensor nodes for freight rail transport. *Applied Energy*, 257, 113969. doi:10.1016/j.apenergy.2019.113969
- Gathon, H. J., Pestieau, P. (1995). Decomposing efficiency into its managerial and its regulatory components: The case of European railways. *European Journal of Operational Research*, 80, 500-507.
- Halászné Sipos E., (2003) *Logisztika - Szolgáltatások, versenyképesség...* című könyv, *Logisztika és marketing viszonya, marketinglogisztika*, 67.o.
- Hansut, L.; David, A.; Gasparik, J. (2017). The Critical Path Method as the Method for Evaluation and Identification Of The Optimal Container Trade Route Between Asia And Slovakia. *Bus. Logist. Mod. Manag*, 17, 29–42.
- Han, J., Ge, Z. (2020). Effect of dimensionality reduction on stock selection with cluster analysis in different market situations. *Expert Systems with Applications*, 113226. doi:10.1016/j.eswa.2020.113226
- Harrou, F., Kadri, F., Chaabane, S., Tahon, C., & Sun, Y. (2015). Improved principal component analysis for anomaly detection: Application to an emergency department. *Computers & Industrial Engineering*, 88, 63–77. doi:10.1016/j.cie.2015.06.020
- Hirschman, A. (1964). The Paternity of an Index. *The American Economic Review*, Vol. 54, No. 5 p. 761
- Hokstok, Cs. (2013). *Vasúti infrastruktúragazdálkodás controlling bázisú döntéselőkészítő rendszerek alkalmazásával PHD. értekezés*
- Holvad, T. (2009). Review of railway policy reforms in Europe. *Built Environment*, 35(1), 24-42.
- Huang, Y., Shen, L., & Liu, H. (2018). Grey relational analysis, principal component analysis and forecasting of carbon emissions based on long short-term memory in China. *Journal of Cleaner Production*, doi:10.1016/j.jclepro.2018.10.128
- Jarzemskis, A., Jarzemskiene, I. (2017). Comparison of rail freight transportation markets in Lithuania and Poland. *Procedia Engineering*, 187, 492-497.
- Kalaycıoğlu, Z., Kaygusuz, H., Döker, S., Kolaylı, S., & Erim, F. B. (2017). Characterization of Turkish honeybee pollens by principal component analysis based on their individual organic acids, sugars, minerals, and antioxidant activities. *LWT*, 84, 402–408. doi:10.1016/j.lwt.2017.06.003
- Kang, D., & Park, Y. (2018). Analysing diffusion pattern of mobile application services in Korea using the competitive Bass model and Herfindahl index. *Applied Economics Letters*, 1–9. doi:10.1080/13504851.2018.1458185
- Kanis, J., Dolinayova, A., & Kmetik, M. (2018). Draft of strategy of the European rail freight corridor Amber. *MATEC Web of Conferences*, 235, 00023. doi:10.1051/mateconf/201823500023
- Keita, K., Pellegrini, P., & Rodriguez, J. (2019). A three-step Benders decomposition for the real-time Railway Traffic Management Problem. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 100170. doi:10.1016/j.jrtpm.2019.100170
- Ketskemény L. BME Villamosmérnöki és Informatikai kar matematikai Statisztika 13. Faktor- és főkomponens-analízis. A k-faktoros modell, a kovariancia-mátrix felbontása. Kaiser-Meyer-Olkin mérték, kommunalitás, átviteli mátrix. Rotációk: varimax, equimax, quartimax. A főkomponens-transzformáció. Watanabe-tétel.(előadás jegyzet)
- Koós, G. (2013). *Piacnyitás a vasúti szektorban- a negyedik vasúti csomag. Verseny és szabályozás 2013.1. szám pp.324-374*MTAKözüggazdaságtudományiIntézet,
http://econ.core.hu/file/download/vesz/verseny_13_KoosG_vasut.pdf 13
- Kossé, K. E.; Assaf, G. J. (2019). Roads Funding Priority Index for Sub-Saharan Africa using Principal Components Analysis. *Case Studies on Transport Policy*, doi:10.1016/j.cstp.2019.09.002
- Kovács, F., (2015). *Az ipari parkok és a logisztika kapcsolatrendszere a Sopron Dél- Keleti Ipari Park és a GySEV Cargo Zrt. példáján. BA/BSc diplomamunka, Közgazdaságtudományi Kar*
- Kozerska M. (2016). Analysis of implementation of investment PKP Cargo S.A. in the years 2012-2014, *Autobusy : technika, eksploatacja, systemy transportowe R. 17, nr 6* 1399—1403

- Król, M., Taczanowski, J., Jarecki, S., & Kołós, A. (2019). Publicly-owned operators can also challenge incumbents. New cases of open-access passenger rail competition in Poland. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 100150. doi:10.1016/j.jrtpm.2019.100150
- Kurmai, V. (2016). A piaci verseny és koncentráció az almasűrűségű világpiacán *Agrártudományi Közlemények*, 2016/69, pp. 129-135
- Khan, M. Z., & Khan, F. N. (2020). Estimating the demand for rail freight transport in Pakistan: A time series analysis. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 100176. doi:10.1016/j.jrtpm.2019.100176
- Kyriakidis, M., Simanjuntak, S., Singh, S., & Majumdar, A. (2019). The indirect costs assessment of railway incidents and their relationship to human error - The case of Signals Passed at Danger. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, doi:10.1016/j.jrtpm.2019.01.001
- Li, Y., Wang, N., Carroll, R. J. (2013). Selecting the number of principal components in functional data. *Journal of the American Statistics Association*, 108, 1284-1294.
- Li, Y.; Yang, W.; Shen, X.; Yuan, G.; Wang, J. (2019). Water Environment Management and Performance Evaluation in Central China: A Research Based on Comprehensive Evaluation System. *Water*, 11, 247
- Lidén, T., Joborn, M. (2016). Dimensioning windows for railway infrastructure maintenance: Cost efficiency versus traffic impact. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 6(1), 32–47. doi:10.1016/j.jrtpm.2016.03.002
- Lippmann, W.: *The cold war: a study in U.S. foreign policy* New York : Harper & Bros., ©1947.
- Locsmáncsi, S. (2009). A határon átnyúló vaspálya. A GYSEV fejlődése és szerepe a határ menti kapcsolatokban Eisenstadt (Kismarton)-Sopron térségében. *Tér és Társadalom*, 23(2), o. 135-153. doi: 10.17649/TET.23.2.1239.
- Nagy, A. (1999): A dél-európai országok európai integrációja és annak tanulságai – I. *Közgazdasági Szemle*, XLVI. évf., (176–193. o.)
- Nash, C. A. (2008). Passenger railway reform in the last 20 years-European experience. *Research in Transportation Economics*, 22(1), 61-70.
- Nash, C. (2010). European rail reform and passenger services – the next steps. *Research in Transportation Economics*, 29, 204-211.
- Nash, C. A., Smith, A. S. J., Van de Velde, D., Mizutani, F., Uranishi, S. (2014). Structural reforms in the railways: Incentive misalignment and cost implications. *Research in Transportation Economics*, 48, 16-23.
- Nagy, E., Csiszar, C., (2015). Analysis of delay causes in railway passenger transportation. *Period. Polytech. Transp. Eng.* 43, 73–80. <https://doi.org/10.3311/pptr.7539>
- Neményi, J.; Oblath, G. (2012). Az euró hazai bevezetésének újragondolása. *IEHAS Discussion Papers MT-DP - 2012/14a* <http://hdl.handle.net/10419/108255>
- Nobi, A., Lee, J. W. (2016). State and group dynamics of world stock market by principal component analysis. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 450, 85–94. doi:10.1016/j.physa.2015.12.144
- Marschnig, S. (2016). Innovative track access charges. *Transportation Research Procedia*, 14, 1884-1893.
- Martin, J.P. (2016). Felzárkózás vagy bezárkózás? A magyar gazdaság teljesítménye és az euroszkepticizmus alakulása az EU-csatlakozás után, összehasonlító keretben. DOI: 10.14267/phd.2016009 JP Martin - 2016 - phd.lib.uni-corvinus.hu
- Matsumoto, A., Merlone, U., Szidarovszky, F. (2012). Some notes on applying the Herfindahl-Hirschman Index. *Applied Economics Letters*, 19(2), 181-184.
- Odolinski, K., Wheat, P. (2017). Dynamics in rail infrastructure provision: Maintenance and renewal costs in Sweden. *Economics of Transportation*, 14, 21-30.
- Odolinski, K., & Boysen, H. E. (2019). Odolinski, K., Wheat, P. (2017). Dynamics in rail infrastructure provision: Maintenance and renewal costs in Sweden. *Economics of Transportation Journal of Rail Transport Planning & Management*, 9, 22–33. doi:10.1016/j.jrtpm.2018.12.00
- Oum, T. H., Yu, C. (1994). Economic efficiency of railways and implications for public policy: A comparative study

Farkas Bálint: A vasúti árufuvarozás működési modelljeinek értékelése, fejlesztési lehetőségeinek vizsgálata
of the OECD countries' railways. *Journal of Transport Economics and Policy*, 28, 121-138.

Sørensen, A. Ø., Landmark, A. D., Olsson, N. O. E., & Seim, A. A. (2017). Method of analysis for delay propagation in a single-track network. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 7(1-2), 77–97. doi:10.1016/j.jrtpm.2017.04.001

Papp R, (2016) *A GYSEV CARGO Zrt. intermodális logisztikai központ régiós szerepe*. Diplomamunka, Közgazdaságtudományi Kar

PĂUN, I. G. (2017) Implication on the number and concentration of suppliers on romanian transport services. *Annals of the „Constantin Brâncuși” University of Târgu Jiu, Economy Series*, Issue 1/2017, pp154-157

Pelkmans, J. (2001). Making EU Network Markets Competitive. *Oxford Review of Economic Policy*, Volume 17, Issue 3, 1 September 2001, Pages 432–456

Pittman, R. (2013). The freight railways of the former Soviet Union, twenty years on: Reforms lose steam. *Research in Transportation Business & Management*, 6, 99–115.

Pop, I.L. (2015). Cartels: a Good or a Bad Strategy? *Technical University of Cluj-Napoca, North University Center of Baia Mare EICU*, Volume 6, Number 9 pp 29-38

Purwanto, A. J., Heyndrickx, K., Kiel, J., Betancor, O., Socorro, M. P., Hernandez, A., Eudenio-Martin, J. L., Pawlowska, B., Borkowski, P., Fiedler, R. (2017). Impact of transport infrastructure on international competitiveness of Europe. *Transportation Research Procedia*, 25, 2877-2888.

Przybyłowicz - Ruszala, K. (2020). Principles of calculation of track access charges in rail freight transport in Poland. *Transport Economics And Logistics*, 83, 65-75. doi:10.26881/etil.2019.83.05

Rodrigue, J.P., Notteboom T. (2010). Comparative North American and European gateway logistics: the regionalism of freight distribution. *Journal of Transport Geography*, Volume 18, Issue 4, pp. 497-507
<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2010.03.006>.
(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966692310000384>)

Royde-Smith J. T., Hughes T.A.: *World War II 1939–1945* Encyclopædia Britannica, Inc. <https://www.britannica.com/event/World-War-II> 2018.02.09.

Rudowski, M.H. (2015). Information systems in management of polish railway companies of PKP group in aspects of technology and economy. *Information Systems in Management*, pp.193-204

Sakalys, R.; Sivilevicius, H.; Miliauskaite, L.; Sakalys, A. (2019) Investigation and evaluation of main indicators impacting synchronomodality using ARTIW and AHP methods. *Transport*, 34, 300–311

Sajtos, L.; Mitev, A.; (2007) *SPSS Kutatási és adatelemzési kézikönyv* ISBN: 978-963-9659-08-7
SCI/Verkehr Berlin (2016). *European Rail Freight Market – Developments, volumes, players*. Extract from the study. SCI Verkehr GmbH.

Schlosser, P. (1979): Report On The Convention on the Asso Association of the Kingdom of Denmark, Ireland and the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland to the Convention on jurisdiction and the enforcement of judgments in civil and commercial matters and to the Protocol on its interpretation by the Court of Justice Official Journal of the European Communities Signed at Luxembourg, 9 October 1978 05. 03. 1979. No. C 59/71
([file:///C:/2019/Doktori%20Dolgozathoz%20anyagok/commercial_reports_schlosser_C_59_79%20\(8\).pdf](file:///C:/2019/Doktori%20Dolgozathoz%20anyagok/commercial_reports_schlosser_C_59_79%20(8).pdf))

Shibata, S., Fukumoto, D., Suzuki, T., & Ozaki, K. (2020). A Comparative Study of the Market Configuration of the Japanese Pharmaceutical Market Using the Gini Coefficient and Herfindahl–Hirschman Index. *Therapeutic Innovation & Regulatory Science*. doi:10.1007/s43441-020-00122-6

Simlar, L., Wilson, P. W. (1999). Estimating and bootstrapping Malmquist indices. *European Journal of Operational Research*, 115, 459-471.

Singh, S., Dhir, S., Das, V. M., & Sharma, A. (2020). Bibliometric overview of the Technological Forecasting and Social Change journal: Analysis from 1970 to 2018. *Technological Forecasting and Social Change*, 154, 119963. doi:10.1016/j.techfore.2020.119963

Siklos, Pierre L. (1989). The End of the Hungarian Hyperinflation of 1945-1946. *Journal of Money, Credit and Banking*, vol. 21, no. 2, 1989, pp. 135–147. JSTOR, www.jstor.org/stable/1992364. 2019.02.09.)

Stehman, O., Zellhofer, G. (2004). Dominant Rail Undertakings under European Competition Policy, *European Law Journal*, Vol. 10 Issue 3, pp 327-353 <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1468-0386.2004.00219.x>

- Szekely, B. (2009). Liberalisation of the railway industry in Europe: Toward a sustainable system through process view. *International Journal of Sustainable Economy*, 1/2, pp. 167–185.
- Szelényi, L. (2009). Multivariate methods of econometrics. Educational material, Szent István University Faculty of Economics and Social Sciences. Gödöllő, Hungary.
- Szendrő, G., Török Á., (2016). Analysis of Hungarian rail transport sector. In: prof, Ing Jozef Gnap PhD - prof, Ing Jozef Gnap PhD (szerk.) CMDTUR 2016 Zilina, Szlovákia: University of Transport and Communications of Zilina, pp. 416-420. , 5 p.
- Tánczos, K., Bessenyei Gy. (2009). East European Rail: the State of the Network. *BUILT ENVIRONMENT* , Vol. 35 No. 1, pp 44-56
- Tapia, R. J., de Jong, G., Larranaga, A. M., & Bettella Cybis, H. B. (2020). Application of MDCEV to infrastructure planning in regional freight transport. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 133, 255–271. doi:10.1016/j.tra.2020.01.016
- Tasnádi, A. (2013). Duopólium részben állami tulajdonú vállalattal. In: Matematikai közgazdaságtan: elmélet, modellezés, oktatás - Tanulmányok Zalai Ernőnek. Műszaki Könyvkiadó, pp. 177-186. ISBN 978 963 166 088 3
- Taylor, Z., Ciechański, A. (2006). Deregulation in Polish Rail Transport. *Transport Reviews*, 26(3), 305–324. doi:10.1080/01441640500443856
- Tarján M. T.: 1946. július 10. | Világrekordot dönt a magyar infláció Rimiconline (http://www.rubicon.hu/magyar/oldalak/1946_julius_10_vilagrekordot_dont_a_magyar_inflacio/) 2019.02.09.
- Tomeš, Z., Kvizda, M., Nigrin, T., Seidenglanz, D. (2014). Competition in the railway passenger market in the Czech Republic. *Research in Transportation Economics*, 48, 270–276. doi:10.1016/j.retrec.2014.09.052
- Tomeš, Z., Kvizda, M., Jandová, M., & Rederer, V. (2016). Open access passenger rail competition in the Czech Republic. *Transport Policy*, 47, 203–211. doi:10.1016/j.tranpol.2016.02.0039
- Tóth, Zs. (2017). A magyar gazdaságpolitika elmúlt 25 éve – gazdaságtörténeti áttekintés a konvergencia szempontjából = The last 25 years of Hungarian economic policy - an outline of economic history with a view to convergence, *Közép-Európai Közlemények Évf. 10 szám 3*, pp. 120-137
- Valentiny, P. (2013). Változások a hálózatos közszolgáltatások szabályozási intézményrendszerében. Verseny és szabályozás, 2013.1.sz. pp.281-318 MTA Közgazdaságtudományi Intézet econ.core.hu/file/download/vesz2013/intezmeny.pdf
- Vickerman, R. (1989). Measuring changes in regional competitiveness: the effects of international infrastructure investments. *The Annals of Regional Science*, 23, 275-286.
- Vignali, V., Cuppi, F., Lantieri, C., Dimola, N., Galasso, T., & Rapagnà, L. (2019). A methodology for the design of sections block length on ETCS L2 railway networks. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 100160. doi:10.1016/j.jrtpm.2019.100160
- Völgyi K., Lukács E.: A délkelet-ázsiai régió integrációs sikere: az ASEAN egységes termelési bázis. *Tér és Társadalom / Space and Society*, 28. évf. 4sz. 2014. pp 98 – 116
- Wiegman, B.; Janic, M. (2019) Analysis, modeling and assessing performances of supply chains served by long-distance freight transport corridors. *Int. J. Sustain. Transp.*, 13, 278–293
- Xin, X.; Li, M. (2017) . Correlation Analysis of China's Urban Rail Transit Industry. *Period. Polytech. Transp. Eng.*, 45, 148–156. [CrossRef]
- Xu, H., Zhang, Y., Li, H., Skitmore, M., Yang, J., & Yu, F. (2019). Safety risks in rail stations: An interactive approach. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 100148. doi:10.1016/j.jrtpm.2019.100148
- Yves CROZET et al Rail freight development in Europe: how to deal with a doubly-imperfect competition?. / *Transportation Research Procedia* 25C (2017) 425–442 4294
- Yukawa, T. (2018). European integration through the eyes of ASEAN: Rethinking Eurocentrism in comparative regionalism. *International Area Studies Review*, 223386591880803. doi:10.1177/2233865918808035
- Zunder, T.H.; Islam, D.Z.; Mortimer, P.N.; Aditjandra, P.T. (2013). How far has open access enabled the growth of cross border pan European rail freight? A case study. *Res. Transp. Bus. Manag.* 6, 71–80.

Zhao, W., Martin, U., Cui, Y., & Liang, J. (2017). Operational risk analysis of block sections in the railway network. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 7(4), 245–262. doi:10.1016/j.jrtpm.2017.09.003

Zhang, Q., Yang, H., Wang, Q., Zhang, A., & Zhang, Y. (2020). Impact of high-speed rail on market concentration and Lerner index in China's airline market. *Journal of Air Transport Management*, 83, 101755. doi:10.1016/j.jairtraman.2019.101755

