



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
KÖZLEKEDÉSMÉRNÖKI KAR
KÖZLEKEDÉSGAZDASÁGTAN TANSZÉK

*A Vasúti Interoperabilitás
Mérhetőségének Elméleti
Megalapozása*

PhD értekezés tézisei

Bessenyei György
okleveles gépészmérnök

Témavezető:
Dr. Tánczos Lászlóné
egyetemi tanár, a Magyar Tudományos Akadémia doktora

Budapest, 2008

A KUTATÁSOK ELŐZMÉNYE

Az európai vasúti közlekedési szektor egy strukturális átalakítás félidejénél tart. Jelen disszertáció témája ezen átalakítás műszaki kulcskérdése, az interoperabilitás.

Az Európai Unió jogszabályok a vasúti interoperabilitást a piacnyitás szükséges feltételeként definiálják. A közlekedéspolitikai cél egy olyan Transz-európai Közlekedési Hálózat kialakítása, mely lehetőséget nyújt a polgárok és a vállalkozások részére a határok nélküli Európa előnyeinek kihasználására. Ehhez szükség van új szabályozási környezetre, azaz a vasútvállalatok megállapodásán nyugvó eddigi UIC ajánlásokat fel kell váltania a kötelezően alkalmazandó európai jogszabályoknak, ezek hatályát pedig ki kell terjeszteni valamennyi vasúti alrendszerre.

Fontos szempont, hogy a politikai döntések hatását nyomon lehessen követni. Ennek érdekében az európai jogszabályok kötelezettséget írnak elő az EU végrehajtó testületeinek a lefektetett politikai célok irányába történő előrelépés megfigyelésére. Ezt a feladatot a vasúti interoperabilitás szabályainak megalkotásakor is előírták, kiegészítve egy olyan értékelő rendszer igényével, mely az interoperabilitás szintjét szemlélteti a transz-európai vasúti rendszerben.

Az első EU-s kereteken belül létrehozott monitoring rendszer a Vasúti Piac Megfigyelő Rendszer volt. A megalapozó tanulmány egy adatgyűjtési szisztémát és speciális értékelési rendszert javasolt. A rendszer kiépítése és működése a „Benchmarking” fejezetben kerül részletesen ismertetésre.

Az interoperabilitás értékelésére már számos önálló tanulmány született. Az egyik legelső a 96/48/EK irányelv végrehajtásáról készült 2002-ben, szerzője Michael Schönberger. A dokumentum bemutatja az interoperabilitás fejlődését a nagysebességű vasúti közlekedés területén a 15 EU tagállamban. Az értékelés leginkább szöveges formában történik, emellett néhány műszaki jellemzőt is bemutat illetve elemez.

Dr. Christian Kirchner népszerű és látványos alkalmazást mutatott be 2002-ben: a vasúti liberalizációs indexet. Ez a tanulmány eredetileg a Német Vasút (DB) kezdeményezésére készült, célja az európai országok rangsorolása a vasúti közlekedés liberalizálásában elért eredményeik alapján. Ennek érdekében a szerzők kidolgoztak egy univerzális mutatórendszert mely a liberalizáció abszolút szintjét méri. Minél magasabb a mutató értéke, annál nyitottabb a vasúti piac az adott országban.

Mivel ez a mutató igen egyszerű és látványos, ez adta az alapötletet a jelen tézisen bemutatott kutatáshoz: kifejleszteni egy értékelési rendszert, mely egyetlen mérőszámmal jellemzi a vasúti interoperabilitás szintjét.

Vasúti szakterületen az egyetlen kifejezett benchmark jellegű tanulmány a holland NEA fővállalkozásában készült „BOB Vasúti Esettanulmányok: Benchmark a Vasúti Személyszállításban”.

A tanulmány az intézményi háttér elemzésével kezdődik, mint általában az EU megrendelésére készülő hasonló dokumentumok. A konzorcium tagjai a szolgáltatási minőséget választották a legfontosabb paraméternek, ezen belül is a menetrendszerűség vizsgálatát kezdték meg. Ugyan a pontosságra vonatkozóan számos statisztika létezik az érintett országokban, a benchmark felállítása mégis különösen bonyolultnak bizonyult, mivel már a késés definiálása is országról országra eltérő.

Szintén nagyon értékes összehasonlítást nyújtott a „Vasutak finanszírozása és az állami költségvetési hozzájárulások” című tanulmány. A dokumentum hasznos információkat nyújt a vasutak költségvetéséről, ezen felül segít megérteni az állam és a vasúttársaságok között létrejött szövevényes viszonyokat valamint a vasúti pénzügyi rendszer működését. Ugyan a téma az interoperabilitás szempontjából kevésbé releváns, a tanulmány fontos háttér-információkat szolgáltat.

A szakterületen legutóbb publikált tanulmány a 2001/12/EK, a 2001/13/EK és a 2001/14/EK irányelvek végrehajtását vizsgálta. Ezek az irányelvek az úgynevezett „Első vasúti csomag” részei voltak és alapjaiban meghatározták a szerkezeti változásokat. A tanulmány tematikája – hasonlóan az előzőekben bemutatottakhoz – országonként vizsgálja az intézkedéseket statisztikai adatok és interjúk felhasználásával.

A KUTATÁS CÉLKITŰZÉSEI

Jelen disszertáció célja egy a vasúti interoperabilitás szemléltetésére alkalmas módszer kifejlesztése.

Nem kétséges, hogy számos statisztika egyszerűen alkalmazható az interoperabilitás demonstrálására, de nagy a kockázata, hogy ezek nem tükröznék hűen a valóságban elért eredményeket. A szerző tapasztalata szerint a vasúti rendszer komplex belső összefüggései miatt nem lehet egyszerű statisztikai módszerrel értékelni az interoperabilitás műszaki eredményeit. Az erre vonatkozó megfontolásokat mutatja be a disszertáció bevezető része.

Az interoperabilitás megfelelő szemléltetésére egy új módszertant kell kifejleszteni. A kutatási tevékenységnek figyelembe kell venni a jogalkotók politikai szándékát, a jelenlegi szabályozási környezet lehetőségeit és korlátait, a már létező benchmark módszereket, a rendelkezésre álló korszerű módszertant és az informatika által nyújtott lehetőségeket.

A kutatással szembeni legfontosabb elvárás, hogy az interoperabilitás fejlődésének bemutatás javasolt eljárás új módszertanon alapuljon, ugyanakkor legyen egyszerű és hatékony. Segítsen megérteni és értékelni a vasúti alrendszerek műszaki kompatibilitását és támogassa a későbbi politikai döntéseket.

Sajnálatos módon az Európai Vasúti Ügynökség (ERA) nem ismerte fel a módszertani megalapozottság szükségét, ezért a kutatás a szerző egyéni kezdeményezésén és

tevékenységén alapul. Mindemellett a kutatás megfelelő minőségű kivitelezéséhez kétséget kizáróan szükség volt az ERA-nál szerzett munkatapasztalatra és kapcsolatokra.

A kutatás a következő főbb tevékenységeket tartalmazta:

- A jogi háttér, a politikai célkitűzések és a vasúti üzemeltetési szabályok elemzése az eredményekkel szembeni követelmények meghatározása érdekében.
- A kutatási előzmények összegyűjtése, benchmark elemzés végzése a közlekedési szektorban, a szakirodalmi előzmények elemzése.
- Egyszerű és hatékony módszer kifejlesztése a vasúti alrendszerek közötti együttműködés szimulálására, az interoperabilitás képességének megállapítása.
- A szimulációhoz szükséges meglévő és a tervezett információforrások számbavétele és értékelésük a felhasználhatóság, hozzáférés és a pontosság szempontjából.
- Az interoperabilitás tanúsítási folyamatának értékelése, a követelmények és a műszaki lehetőségek összevetése, az alapvető paraméterek kigyűjtése a különböző előírásokból.
- A paraméterek értékelése, összevetése a jelenlegi üzemeltetési gyakorlattal, a kritikus értékek kiválasztása és adaptálása a szimulációs eljárásához.
- A modell ellenőrzése.
- Az eredmények közzététele.

A kutatás eredményeképpen létrehozott eljárás megfelel az európai jogszabályokban megfogalmazott követelményeknek ezért igény esetén közvetlenül felhasználható az interoperabilitás értékeléséhez.

VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

A fejlődés nyomon követéséhez a következő értékelési módszerek alkalmazhatóak:

Statisztikai mutatók számíthatóak az ágazati szereplőktől közvetlenül gyűjtött illetve adatbázisokból és nyilvántartásokból nyert információkból. Ezek az indikátorok megfelelő áttekintést adnak a szektor interoperabilitással összefüggő tevékenységéről, de nem adnak tájékoztatást az intézkedések hatékonyságáról.

Az egyes alrendszerek közötti műszaki kompatibilitásról szimulációs eljárással lehet meggyőződni. Jelen disszertáció egy tudományos megközelítéssel alapuló modellt javasol. Segítségével egy egységes mutatószámmal lehet jellemezni az interoperabilitást egy meghatározott régióban vagy akár a teljes Transz-Európai Vasúti Hálózaton.

A modell matematikai megközelítése: adott egy hálózat, melynek minden egyes szakasza megadott jellemzőkkel bír, továbbá adottak a hálózaton közlekedő járművek, melyekhez szintén műszaki jellemzők tartoznak. Bizonyos hálózati jellemzők kizárják bizonyos

műszaki jellemzőjű járművek közlekedését. Az interoperabilitás szintje annál magasabb, minél kevesebb kizárt párosítás létezik.

Az eredmény szemléltetheti az interoperabilitás politikai céljának teljesülését, azaz a határokon átnyúló vasúti forgalomban rejlő potenciált. Mivel azonban a szimuláció nem csupán tényeket és egzakt adatokat használ, hanem feltételezéseket és közelítéseket is alkalmaz, ezért az eredményeket általánosságban lehet értelmezni és nem jelenthetnek hivatkozási alapot jogi vagy gazdasági intézkedésekhez.

Az általános tendenciák és a nem számszerűsíthető körülmények az általános értékelésben gyűjthetőek össze, mely szöveges formában összegzi az alágazat legfontosabb interoperabilitási kérdéseit.

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Az Európai Közösség által determinált feltételrendszeren belül azonosítottam a nyomonkövethetőség jogi- műszaki- valamint elméleti lehetőségeit és korlátait.

a) Meghatároztam az interoperabilitás nyomonkövethetőségének elméleti alapjait.

Ez a tevékenység megkövetelte a jogszabályi háttér és a megfelelőségi tanúsítás folyamatának elemzését, benchmark összeállítását más közlekedési ágazatokból.

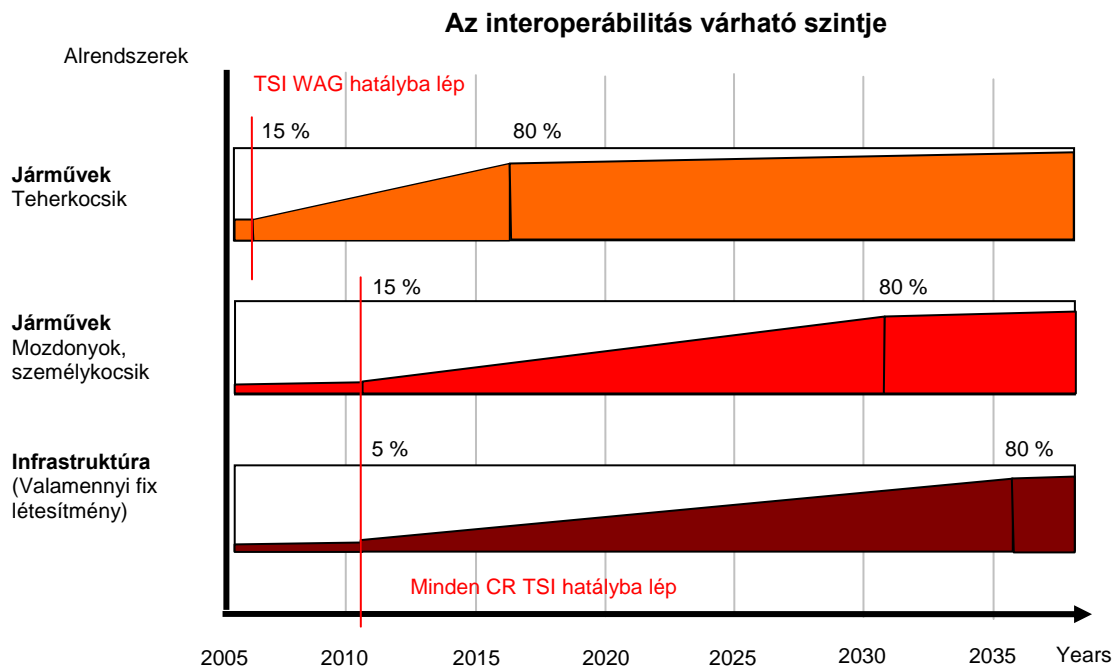
A vasúti interoperabilitás szabályozási háttere a szerkezetátalakítási folyamat közepén tart. Az eljárásokat különböző jogszabályok tartalmazzák, a felelősség megoszlik a hatóságok, műszaki ellenőrzést végző intézmények és szakmai szervezetek között. Ebből következően szükség van a nyomonkövethetőség elveinek komplex áttekintésére.

Megfelelő benchmarkok felállítására feltétlenül szükség van, melyek segítségével tudatosítható, mi a folyamatok alapvető haszna, megismerhető a többi közlekedési szektor legjobb gyakorlata és könnyíthető a feladat kidolgozása, ha megfelelő megoldások már rendelkezésre állnak [1] [5]. A teljes monitoring rendszerhez hasonlóan nem sikerült fellelni a közlekedési ágazatok között, de számos indikátor átültethető az Európai Bizottság folyamati szállítási illetve a közúti közlekedési területen alkalmazott mutatói közül. Ezen felül az indikátorok kiválasztása követheti a közúti közlekedésbiztonság területén alkalmazott elveket.

b) Azonosítottam az európai szinten hozzáférhető információforrásokat valamint előrejelzést készítettem a statisztikailag értékelhető számú interoperabilis alrendszer valamint az ezeket leíró adatbázisok várható rendelkezésre állásáról.

Mivel a legtöbb interoperabilitáshoz kapcsolódó adatbázis még csupán a projekt előkészítés fázisában található, szükséges volt összegyűjteni különböző európai irányelvek, rendeletek és testületi döntések alapján a rendelkezésre álló és a megvalósítani tervezett adatbázisokat. Ezek közül még csak kevés rendszer áll rendelkezésre, legtöbbjük kifejlesztés alatt áll.

Mivel a bemutatásra kerülő szimulációs módszer statisztikai számításon alapul, a modell akkor biztosít értékelhető eredményt, ha statisztikailag elegendő számú interoperábilis alrendszert helyeztek már üzembe. A szabályozási munka előrehaladása valamint a szakmán belüli viták a továbbfejlődés irányáról megalapozza egy előrejelzés készítését a várhatóan üzembe állított interoperábilis alrendszer számát illetően, három közös jellemzőkkel bíró csoportra bontva [3] [4]. Az előrejelzés az alrendszerek tipikus életciklusán alapul.



2. Teljes körű műszaki követelményrendszert definiáltam az egyes különálló közösségi műszaki előírásokból, figyelembe véve a gyakorlati megvalósíthatóság korlátait.

a) Összeállítottam az alapvető paraméterek teljes listáját valamennyi hagyományos vasúti rendszerre vonatkozó Interoperabilitási Műszaki Előírást (TSI) figyelembe véve.

Disszertációm az első olyan dokumentum, mely megkísérli összefoglalni a követelményeket valamennyi TSI-ből. Mivel a hagyományos vasúti rendszerre vonatkozó TSI-k eltérő készültségi fokon állnak, fontos megjegyezni, hogy az összeállítás csak azután tekinthető teljes körűnek, miután valamennyi TSI hatályba lépett.

Az alapvető paraméterek kigyűjtése első lépésként három csoportra bontva történt, aszerint hogy a követelmények járművekre, telepített infrastruktúrára vagy az üzemeltetésre vonatkoznak-e. (Ez a csoportosítás nem azonos az alrendszerekkel, mivel például a „Biztonság a Vasúti Alagutakban” TSI egyaránt tartalmaz követelményeket a

járművekre, infrastruktúrára és az üzemeltetésre vonatkozóan.) A paraméterek további csoportosítása is megtörtént a követelmények lehetséges típusai szerint:

- F – Fixen definiált követelmény,
- X – Hivatkozás más TSI követelményeire,
- FX – Fix követelmény szabványra történő hivatkozással,
- M – Maximált értékben meghatározott követelmény,
- P – Választás lehetséges paraméterek között:
 - Pro – Választható érték definiált határok között vagy szabványos profilok
 - Cat – Más paraméterek függvényében választható értékek
 - Ch – Szabadon választható értékek
- O – Nyitott kérdések (konszenzus alapján),
- OT – Nyitott kérdések (a szerkesztés folyamata alatt)

b) Azonosítottam az interoperabilitást potenciálisan korlátozó paramétereket.

Néhány alapvető paraméter definíciója választást enged a lehetséges műszaki megoldások terén. Ezeket a paramétereket „P” betű jelöli a listában és a továbbiakban a kritikus megnevezést alkalmazzuk. A választható paraméterek hatással lehetnek az alrendszerek közötti együttműködésre és adott esetben korlátozhatják az interoperabilitás olyan alrendszerek esetében is, melyeket önmagukban interoperabilisként minősítettek. Összesen 37 ilyen paramétert azonosítottam.

További vizsgálattal ki lehetett szűrni néhány paramétert, mivel üzemeltetési intézkedésekkel (korlátozásokkal) biztosíthatóak az együttműködés feltételei, azaz bizonyos feltételek mellett a járművek közlekedtetése megoldható a vizsgált infrastruktúra szakaszokon. Ezeket a paramétereket elkülönítve megmarad 19 valódi korlátozást jelentő paraméter. Az alábbi táblázat bemutatja a kritikus paramétereket a különböző TSI-k szerint csoportosítva [6] [7].

Azonosított kritikus paraméterek

TSI	Kritikus paraméter	Korlátozó	Nem korlátozó
INF	8	3	5
ENE	3	1	2
CCS	4	4	-
SRT	1	1	-
PRM	3	2	1
RST PAS and LOC	12	5	7
RST WAG	5	2	3
Összesen	37	19	18

3. Az európai megfelelőségi tanúsításon valamint az interoperabilitás kritikus paraméterein alapuló szimulációs eljárást fejlesztettem ki. Miután az infrastruktúra és a járművek közötti interoperabilitás nem csupán e két rendszerelem egyéni megfelelőségén alapul, a valós hozzáférés ellenőrzéséhez szimulációs eljárást dolgoztam ki.

Az együttműködési követelmények ellenőrzése vektorok szorzataként állítható elő valamennyi „i” kritikus paraméterre vonatkozóan a következők szerint:

$$rx_i = \mathbf{in}_i \times \mathbf{CM}_i \times \mathbf{ve}_i$$

A képletben az infrastruktúra paraméter vektor $\mathbf{in}_i \mid in_{i1}, in_{i2}, \dots, in_{in} \mid$ egy egységvektor, mindegyik koordinátája a paraméter egy választható követelményének történő megfelelést reprezentálja. Ezzel analóg módon definiált a jármű paraméter vektor $\mathbf{ve}_i \mid ve_{i1}, ve_{i2}, \dots, ve_{im} \mid$.

A kompatibilitási mátrix $\mathbf{CM}_i [n,m]$ szintén egy egységmátrix, minden egyes eleme megfelel az infrastruktúra és a jármű mátrix egy lehetséges párosításának, értéke pedig megadja, hogy az adott párosítás megengedett-e vagy sem.

Az eredmény az rx_i skalár szám. Ha $rx_i = 0$, a két rendszer komponens nem kompatibilis az „i” alapvető paraméterre nézve. Ha $rx_i > 0$ az összes „i” paramétert tekintve, az infrastruktúra szakasz hozzáférhető a vizsgált jármű számára, az interoperabilitás biztosított.

Az eredményt ezt követően rögzítésre kerül az eredmény mátrixba:

$$\mathbf{RM} [x,y]$$

Ahol:

- x a vizsgált infrastruktúra szakasz azonosítója
- y a vizsgált jármű (típus) azonosítója.

Az eredmény mátrix $rm_{x,y}$ elemeinek értéke:

- 1 – ha az „x” infrastruktúra szakasz kompatibilis az „y” járműtípussal,
- 0 – alapértelmezésben, azaz ha a kompatibilitás nem biztosított vagy a vizsgálatra még nem került sor.

Végül lépésként a teljes vasúti rendszer interoperabilitását legegyszerűbb módon százalékos formában, a mátrix értékeinek átlagolásával lehet bemutatni:

$$IOP [\%] = 100 \cdot \frac{\sum rm_{x,y}}{x \cdot y}$$

Ez a számítás a járműveknek a Transz-Európai Hálózathoz történő tényleges hozzáférést figyelembe véve teszi lehetővé az interoperabilitás értékelését, ezáltal képes a megfogalmazott politikai cél elérését közvetlenül demonstrálni [2] [3].

A számítások elvégzéséhez szükséges néhány alapvető paraméter értékeinek a számítás által megkövetelt formátumban történő előállítását a következő fejezetben bemutatott módon.

4. Az interoperabilitási szimulációhoz szükséges formátum szerint meghatároztam az alapvető paramétereknek megfelelő többdimenziós egységvektorokat valamint definiáltam a kompatibilitási mátrixokat.

A többdimenziós egységvektorok meghatározása a legtöbb paraméter esetén egyszerűsítések nélkül megoldható, hiszen a választható lehetőségek általában szabványos értékekre vagy véges számú létező műszaki megoldásra korlátozódnak. Azonban három paraméter esetén a széles körben választható megoldások illetve értékek miatt a számítás bonyolult, hova tovább szinte lehetetlen lenne. Az alkalmazhatóság érdekében néhány egyszerűsítést kellett alkalmazni és parametrizálni a szabadon választható értékeket.

Amikor egy adott „i” kompatibilitási paraméter hasonló választási lehetőségeket enged meg a járművek és az infrastruktúra számára, CM_i kompatibilitási mátrixot kell definiálni. Minden ilyen esetben a rendszerek kompatibilitása attól függ, hogy az infrastruktúra és a jármű mely paraméterérték párosítása eredményez interoperabilis megoldást. Összesen 15 kompatibilitási mátrix definiálására volt szükség a következő formátumban:

$$CM_i [n,m]$$

Ahol:

- i a vizsgált paraméter azonosító száma,
- n az infrastruktúra vektor elemeinek száma,
- m a jármű vektor elemeinek száma..

A kompatibilitási mátrix $cm_{x,y}$ elemeinek értéke:

- 1 – amennyiben az ie_{ix} és ve_{iy} kombináció megengedett,
- 0 – ha a kombináció nem megengedett.

Mivel számos paramétert csak bizonyos meghatározott alrendszerek együttműködése esetén kell figyelembe venni, a paraméter vektorokat számítási modulokra lehet osztani. Ennek segítségével a szimuláció során csak a vizsgált alrendszernek jellemzőinek megfelelő modulokat kell figyelembe venni a következők szerint:

- MO – Követelmények az alrendszerek valamennyi kombinációjára
- MA – Kiegészítő követelmények áruszállításhoz
- MB – Kiegészítő követelmények vontatójárművek számára
- MC – Kiegészítő követelmények villamos vontatás esetére
- MD – Kiegészítő követelmények vezetőállással rendelkező járművek számára
- ME – Kiegészítő követelmények személyszállítás esetére

5. Validációs eljárást dolgoztam ki a szimuláció alapjául szolgáló probléma igazolására.

Az eljárás segít értékelni, hogy a disszertációban tárgyalt problémafelvetés, azaz a paraméterek megválasztásából adódó potenciális technikai korlátok valóban aggályosak-e, valamint közelítő értéket szolgáltat a probléma szemléltetésére.

A validációs eljárás alapja egy korreláció elemzés mely összehasonlítja a kölcsönhatásban részt vevő egyik rendszerem műszaki paraméterét a másik rendszer elem szimulációból adódó eredményével. A korreláció két összetevője ennek megfelelően:

- Egyrészt az egyik rendszerem EC megfelelőségi tanúsítványának megléte (mely igazolja, hogy az alrendszer megfelel a TSI-kben támasztott követelményeknek)
- Másrészt a kölcsönhatásban lévő rendszerem által elért pozitív válaszok száma az eredmény mátrixból (a valódi hozzáférhetőséget jelentő eredmények).

Ennek megfelelően az infrastruktúra megfelelőségi tanúsítása és a valóságos hozzáférhetősége közötti összefüggés a következő jól ismert korrelációs egyenlettel számítható:

$$r_{in_x, pa_{sx}} = \frac{\sum_{i=1}^n (in_i - \bar{in}_x)(pa_{si} - \bar{pa}_{sx})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (in_i - \bar{in}_x)^2 \sum_{i=1}^n (pa_{si} - \bar{pa}_{sx})^2}}$$

Hasonlóképpen határozható meg a korreláció a járműtípusok megfelelőségi tanúsítása és a valós kompatibilitása között:

$$r_{ve_y, pa_{ty}} = \frac{\sum_{j=1}^m (ve_j - \bar{ve}_y)(pa_{tj} - \bar{pa}_{ty})}{\sqrt{\sum_{j=1}^m (ve_j - \bar{ve}_y)^2 \sum_{j=1}^m (pa_{tj} - \bar{pa}_{ty})^2}}$$

A korrelációs számítás eredménye várhatóan nagyobb lesz 0,6-nál, mely bizonyítja az erős összefüggést az EC megfelelőség és a hozzáférés között, azaz az TSI kompatibilis járművek várhatóan több infrastruktúra szakaszon közlekedhetnek, mint a minősítés nélküli járművek. Ha az érték kisebbnek adódna, mint 0,6 ez a korreláció hiányát feltételezné az EC tanúsítás és a valós hozzáférhetőség között. Ebben az esetben a szabad paraméter választás problémája még súlyosabb korlátokat jelentene, mint azt a bevezetőben feltételeztem, és így a megfelelőségi tanúsítás rendszere nem érhetné el a kitűzött politikai célokat [7].

TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

A TÉZISPONTOKHOZ KAPCSOLÓDÓ TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

- [1] Katalin Tánczos – György Bessenyei: Analysis of state intervention effectiveness in the railway transport with benchmarking methods; Periodica Polytechnica, Transportation Engineering. Vol 33/1-2. pp. 187-196, 2005
http://www.pp.bme.hu/tr/2005_1/pdf/tr2005_1_16.pdf
- [2] György Bessenyei: Monitoring of interoperability in Trans European Network; FOVUS Networks for Mobility 3rd International Symposium, Stuttgart, Germany, ISBN 3-89301-087-4, pp 35, 5-6 October 2006
<http://www.uni-stuttgart.de/fovus/symposium/>
- [3] Bessenyei G. Progress in Railway Interoperability and its monitoring, EURNEX Zel 2007 © EDIS Zilina ISBN 978-80-8070-679-1, Vol II., pp 198-205.
- [4] Bessenyei György: A vasúti interoperabilitás fejlődése és az előrehaladás nyomkövetése; Közlekedéstudományi Szemle, Vol 57/9. pp 356- 359, 2007
http://www.kte.mtesz.hu/061kozl_szemle/binx/09_2007.pdf
- [5] Katalin Tánczos – György Bessenyei: East European rail – state of the network; Built Environment. (Elfogadva), 2008
- [6] Bessenyei G. Compatibility simulation for evaluation of railway interoperability, EURNEX Zel 2008
- [7] György Bessenyei: Does the TSI bring real interoperability? FOVUS Networks for Mobility 4th International Symposium, Stuttgart, Germany, 25-26 September 2008 (Elfogadva)
<http://www.uni-stuttgart.de/fovus/symposium/>

TOVÁBBI TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

- [11] Bessenyei György: Innovative Messverfahren am Beispiel der herrkömmlichen und Sonderaufgaben; Lecture, Prorail99 Conference, University of Zilina, Slovakia, 6-8 October 1999
- [12] Bessenyei György: Vasútvállalatok benchmarkingjának elméleti megalapozása; Poszterbemutató, BME Ipari Nyílt Nap, 2004. március 3.
<http://www.bme.hu/hu/ip/ip2004.pdf>
- [13] Bessenyei György: Az Európai Vasúti Ügynökség szakértői megkezdtek tevékenységüket; Közlekedéstudományi Szemle, Vol 55/9. pp 333- 335, 2005
http://www.kte.mtesz.hu/061kozl_szemle/binx/09_2005.pdf