

INTELEKTINĖS TRANSPORTO SISTEMOS IR JŲ PLĖTRĄ LEMIANTYS VEIKSNIAI

Marta NOVIKOVA^{1*}, Laima OKUNEVIČIŪTĖ NEVERAUSKIENĖ^{1,2}

¹*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Verslo vadybos fakultetas,
Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva*

²*Lietuvos socialinių mokslų centras, A. Goštauto g. 9, LT-01108 Vilnius, Lietuva
El. paštas marta.novikova@stud.vilniustech.lt

Santrauka. Užsienio ir Lietuvos mokslininkai įvairiais aspektais tiria ITS taikymo naudą ir plėtros galimybes. Dėl spartaus technologijų vystymosi dauguma autorių pabrėžia naujų ar bent pakartotinių tyrimų, susijusių su intelektinėmis transporto sistemomis, būtinumą. Šio straipsnio tikslas – teoriškai pagrįsti ir empiriškai įvertinti intelektinių transporto sistemų plėtrą lemiančius veiksnius. Tikslas siekiamas atliekant intelektinių transporto sistemų taikymo ir plėtros teorinę analizę, sudarant intelektinių transporto sistemų plėtrą lemiančią sistemą, atliekant intelektinių transporto sistemų plėtros veiksmų daugiakriterį vertinimą, ekspertinę apklausą. Intelektinių transporto sistemų taikymo ir plėtros tyrimai vykdomi siekiant įvertinti intelektinių transporto sistemų veiklos efektyvumą ir naudą, nustatyti efektyviausias intelektines transporto sistemas, išanalizuoti valstybių bendradarbiavimo reikšmę diegiant intelektines transporto sistemas. Šio straipsnio rezultatai nurodo, kokie veiksniai labiausiai lemia intelektinių transporto sistemų plėtrą. Taip pat nustatoma, kuri iš nagrinėjamų valstybių turi didžiausią intelektinių transporto sistemų plėtros potencialą.

Reikšminiai žodžiai: intelektinės transporto sistemos, intelektinių transporto sistemų taikymas, transporto spūstys, avaringumas, intelektinių transporto sistemų plėtra, daugiakriteris vertinimas, ekspertų apklausa, globalizacija.

Įvadas

Tyrimo aktualumas. Didėjant globalizacijai ir vystantis ekonomikai žmonės turi daugiau galimybių keliauti ir siekia gauti kokybiškas susisiekimo paslaugas (Rodrigue, 2020). Statistiniai duomenys rodo, kad nuosavas automobilis yra labai populiarus susisiekimo priemonė – vien 2019 m. pasaulyje buvo parduota 74,9 mln. automobilių (Global Car Sales 2010–2020 | Statista, n. d.). Didelis naudojamų asmeninių transporto priemonių skaičius sukelia problemų transporto sistemoje, pavyzdžiui, padidėja avaringumas, pailgėja spūsčių trukmė. Remiantis Pasaulio sveikatos organizacijos duomenimis, pasaulio keliuose kasmet žūsta apie 1,35 mln. žmonių, o kai kurios valstybės dėl eismo įvykių praranda maždaug 3 proc. BVP (World Health Organisation, 2015). Transporto sistemoje kilusioms problemoms spręsti ir susisiekimo efektyvumui didinti įvairiose valstybėse taikomos intelektinės transporto sistemos. Didėjantis tarptautinis bendradarbiavimas diegiant intelektines transporto sistemas ir pasaulio institucijų raginimas jas taikyti skatina analizuoti intelektinių transporto sistemų teikiamą naudą ir reikšmę valstybėms, atlikti intelektinių transporto sistemų plėtros tyrimus.

Tyrimo problema: kokie veiksniai lemia intelektinių transporto sistemų plėtrą?

Tyrimo objektas – intelektinės transporto sistemos.

Tyrimo tikslas – atlikti intelektinių transporto sistemų plėtrą lemiančių veiksmų tyrimą.

Tyrimo uždaviniai:

1. Atlikti intelektinių transporto sistemų taikymo ir plėtros teorinę analizę.
2. Pagrindžiant intelektinių transporto sistemų plėtrą nusakančių veiksmų metodologiją, sudaryti intelektinių transporto sistemų plėtrą lemiančių veiksmų sistemą.
3. Atlikti intelektinių transporto sistemų plėtrą lemiančių veiksmų daugiakriterį vertinimą.

Tyrimo metodai: mokslinės literatūros analizė, daugiakriteris vertinimas, ekspertinis vertinimas.

Tyrimo ribotumai – dėl statistinių duomenų trūkumo analizei ir vertinimui pasirinktos aštuonios šalys, o pats analizės laikotarpis – kas dveji metai. Kitas tyrimo ribotumas susijęs su ekspertų apklausos įgyvendinimo problema, apklausoje dalyvavo dviejų šalių ekspertai.

1. Intelektinių transporto sistemų teoriniai aspektai

1.1. Intelektinių transporto sistemų samprata ir klasifikacija

Intelektinės transporto sistemos paveikia infrastruktūrą ir transporto priemones, yra naudingos tiek transporto sistemai, tiek vairuotojams ar keleiviams (Perallos et al., 2016). Intelektinės transporto sistemos (toliau – ITS) padidina transporto sistemos, infrastruktūros efektyvumą, lemia greitesnę informacijos sklaidą globaliu mastu (Haseeb, 2017). ITS naudingos keleiviams, nes padeda sutrumpinti kelionių laiką ir didina saugą (Haseeb, 2017). Dėl didėjančios globalizacijos ir technologijų plėtros auga ir mokslinių tyrimų, kurių objektas – intelektinės transporto sistemos, skaičius. Mokslininkai tiria ITS panaudojimo būdus, klasifikacijos principus, analizuoja ir vertina jų teikiamą naudą. Neegzistuoja vienintelis oficialus ITS sąvokos apibūdinimas, o įvairūs autoriai savo moksliniuose darbuose šią sąvoką apibrėžia remdamiesi su transporto sistema ir ITS susijusiais dokumentais, standartais ir moksliniais darbais. Beveik kiekvienoje ITS apibrėžtyje nurodoma, kad intelektinės transporto sistemos yra informacinėmis ir ryšių technologijomis grindžiamos programos, taip pat išvardijama jų diegimo vieta (infrastruktūra ar transporto priemonės) ir atliekamos funkcijos (eismo valdymas, saugumo didinimas, taršos ir transporto spūsčių mažinimas, transporto sistemos efektyvumo ir paslaugų kokybės gerinimas) (Janušová ir Čičmancová (2016); Sarkar ir Jain (2018).

Mokslinėje literatūroje pateikiami skirtingi ITS klasifikavimo būdai. Pavyzdžiui, ITS skirstomos pagal taikymo sritį (Hassanpour et al., 2016), (Janušová ir Čičmancová, 2016), transporto rūšį (Giannopoulos et al., 2012), (Janušová ir Čičmancová, 2016), valdymo būdą (Katerna, 2019), išdėstymą (Małecki et al., 2014), atliekamas funkcijas ir teikiamas paslaugas (Jarašūnienė, 2007), (Giannopoulos et al., 2012), (Janušová ir Čičmancová, 2016), (Sarkar ir Jain, 2018). Kalbant apie skirstymą pagal taikymo sritį, Jarašūnienė (2007) bei Janušová ir Čičmancová (2016) teigia, kad ITS yra diegiamos arba infrastruktūroje, arba transporto priemonėse. Tai yra vienas paprasčiausių klasifikacijos būdų, kadangi nesigilinama į ITS atliekamas funkcijas, veikimo pobūdį.

Taigi, nėra oficialaus ITS klasifikavimo modelio. Valstybės, miestai ar ITS asociacijos gali intelektines transporto sistemas klasifikuoti savo pasirinktu principu, keisti ITS grupes. Mokslinėje literatūroje pateikiami ITS klasifikacijos pagal taikymo sritį, transporto rūšį, valdymo būdą, išdėstymą, atliekamas funkcijas ir teikiamas paslaugas modeliai. Autoriai nenurodo tinkamiausio grupavimo būdo, sujungia įvairias ITS skirstymo technikas tarpusavyje ir ieško naujų klasifikavimo metodų.

1.2. Intelektinių transporto sistemų taikymo svarba transporto sistemoje

Teigiama, kad rinkdamos duomenis, juos apdorodamos ir teikdamos informaciją ITS suteikia galimybę kokybiškai ir efektyviai valdyti eismą, mažinti transporto spūstis, greitai fiksuoti eismo įvykius ir pašalinti kliūtis keliuose, informuoti vairuotojus apie eismo situaciją ir parinkti optimaliausią kelionės maršrutą, palengvinti stovėjimo vietos paiešką ir atsiskaitymą už paslaugas elektroniniu būdu, padidinti saugą (Who Benefits from ITS?..., n. d.). ITS teikia naudą transporto sistemos vartotojams – eismo dalyviams, keleiviams, taip pat viešojo transporto keleiviams, žmonėms, turintiems judėjimo negalią, susisiekimo ministerijoms ir kitoms su transporto veikla susijusioms institucijoms (Who Benefits from ITS?..., n. d.).

Toulouki et al. (2017) atliko ITS naudos tyrimą Graikijoje, kurio metu taikė apklausos metodą ir nustatė, kad dauguma respondentų manė, jog įdiegtos ITS gali padidinti gyventojų asmenines pajamas, sutrumpinti kelionių laiką ir paskatinti pasirinkti ekologiškesnį keliavimo būdą. Taip pat autoriai teigia, kad ITS gali pagerinti viešojo transporto paslaugų kokybę, tvarkaraščių tikslumą (Toulouki et al., 2017). Kalbant apie ekonominę naudą, ITS gali sumažinti prekių (paslaugų) gamybos ir prekybos išlaidas, daryti teigiamą poveikį nekilnojamojo turto vertei ir nuomai, didinti metines pajamas bei sukurti naujų darbo vietų (Toulouki et al., 2017). Siekiant įvertinti ekonominę ITS teikiamą

naudą, aktualu nustatyti, kokia pinigine žala patiriama dėl transporto sistemoje kilusių problemų, kurias tikimasi išspręsti įdiegus ITS. Pagrindinės išlaidos transporto sektoriuje yra transporto spūstys ir eismo įvykiai, todėl politikos formuotojai siekia sumažinti jų poveikį visuomenei (Vencataya et al., 2018).

Janušová ir Čičmancová (2016) pažymi, kad intelektinės transporto sistemos naudojamos transporto sistemoje kilusioms problemoms spręsti ir padidina keleivių saugumą, sumažina kelionių trukmę bei degalų sąnaudas. Turint reikiamą informaciją, kurią renka ir apdoroja ITS, eismo dalyviams gali būti pasiūlyti tinkamiausi su transporto sistemos paslaugomis susiję sprendimai (Janušová ir Čičmancová, 2016).

Kalbant apie atskirų intelektinių transporto sistemų teikiamą ekonominę naudą, yra nustatyta, kad elektroninė rinkliavos už naudojimąsi keliais sistema JAV padidina mobilumą, taip pat generuoja apie 1 mlrd. USD per metus, o kameros, fiksuojančios vairuotojus, važiuojančius per sankryžą degant draudžiamam šviesoforo signalui, padidina saugą, kurios vertė gali būti išreikšta maždaug 1 mlrd. USD suma per metus. Taip pat nustatyta, kad eismo valdymo sistema JAV padidina mobilumą ir ekonominė šios sistemos nauda gali būti įvertinta 276,5 mln. USD per metus, o vairuotojų informavimo sistema dar labiau padidina mobilumą, kurio apskaičiuota nauda – 543,1 mln. USD (Intelligent Transportation Systems – Benefits..., n. d.).

Vadinasi, panaudojant intelektines transporto sistemas galima sudaryti galimybę gauti reikiamą informaciją apie eismą realiuoju laiku ir taip sumažinti eismo įvykių skaičių, transporto spūsčių trukmę, šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos kiekį, taip pat paskatinti visuomenę kelionėms rinktis viešąjį transportą ar kitą ekologišką susisiekimo būdą, pagerinti transporto paslaugų kokybę, padidinti eksportą ir kt.

1.3. Intelektinių transporto sistemų plėtros iššūkiai

Didelė ITS gausa ir teigiami jų taikymo rezultatai skatina pasaulio valstybes diegti jas ir savo šalies viduje. Tačiau kai kurių šalių transporto sistema, infrastruktūra nėra tinkama naujoms technologijoms, o valstybės neturi lėšų, kurių pakaktų infrastruktūrai, transporto priemonių parkui atnaujinti (Wang et al., 2016). Silpna ekonomika ir institucijų politika trukdo diegti ITS besivystančiose šalyse (Khan et al., 2014). Aukštas nedarbo lygis ir mažos pajamos vienam gyventojui lemia visuomenės paramos ITS trūkumą ir naujų technologijų nepalaikymą (Khan et al., 2014). Taip pat Khan ir kt. (2014) teigimu, investicijos į ITS diegimą dažniausiai būna prioritetų sąrašo pabaigoje. Dėl silpnos institucinės paramos besivystančiose šalyse trūksta kompetentingų specialistų, reikalingų ITS infrastruktūros planavimui, projektavimui, eksploatavimui (Khan et al., 2014).

Didelė ITS įvairovė taip pat apsunkina reikiamos ITS parinkimą. Įsigijus prastesnę įrangą yra prarandami finansiniai ištekliai, negaunama nauda, kurios buvo tikėtasi. Taip pat dėl didelio ITS gamintojų skaičiaus kai kurie subjektai teikia pirmenybę savo šalies gamintojui ir užsienio įmonės negauna pajamų, arba pasirenka pasaulyje lyderiaujančios įmonės siūlomą produkciją, tokiu atveju ekonomiškai nukenčia vietinės šalies įmonės.

Dar viena problema, pasireiškianti ITS taikymo srityje globalizacijos sąlygomis, yra neefektyvus valstybių tarpusavio bendradarbiavimas, nesidalijimas informacija (ERTICO – ITS Europe, 2019). Nors kasmet yra rengiami pasauliniai ITS kongresai, kurių metu technologiškai pažangesnės valstybės dalinasi savo patirtimi ir konsultuoja ITS plėtrą norinčias įgyvendinti valstybes, ne visi dalyviai yra pakankamai motyvuoti vykdyti pokyčius savo šalyje, pasinaudoti kitų valstybių siūlomais patarimais, sietiniais su ITS diegimu.

ITS plėtrą globalizacijos sąlygomis gali apsunkinti ilgas sistemų diegimo procesas. Taip pat, jei ITS šalyje diegs kitos valstybės įmonė, būtinas abipusis pasitikėjimas. ITS renka, apdoroja, saugo ir skleidžia duomenis, todėl būtina užtikrinti duomenų apsaugą.

ITS plėtrai globalizacijos sąlygomis didelę reikšmę turi tinkamai parengti įstatymai ir dokumentacija (ERTICO – ITS Europe, 2019). Nustatyta, kad ITS turi atitikti tam tikrus standartus, vadinasi, įmonės, įsigydamos ITS, turi tuo įsitikinti (ERTICO – ITS Europe, 2019). Skirtingų standartų ar įstatymų priėmimas gali apriboti prekybą tarp valstybių ir sumažinti alternatyvių intelektinių transporto sistemų skaičių.

Taigi, globalizacijos sąlygomis pasireiškiančias problemas, susijusias su intelektinių transporto sistemų plėtra, spręsti turi ITS įsidiegti siekiančios valstybės, jų institucijos, šias technologijas vystančios įmonės, į ITS plėtrą investuojantys subjektai, ITS vartotojai, eismo dalyviai.

2. Intelektinių transporto sistemų plėtros vertinimo metodologija

Pirmame šio straipsnio skyriuje atlikus mokslinės literatūros analizę nustatyta, kad vertindami ITS plėtrą ir teikiamą naudą autoriai taikė skirtingus metodus. Pavyzdžiui, Toulouki et al. (2017), atlikdami ITS teikiamos naudos tyrimą, taikė apklausos metodą, o Plaksin et al. (2015), Vencataya et al. (2018) skaičiavo spūsčių kainą. Siekiant įvertinti ITS plėtrai skirtų investicijų socialinį ir ekonominį pelningumą, dažnai yra pasitelkiama naudos ir kaštų analizė (Öörni, 2019). Šis metodas taip pat leidžia palyginti ITS skirtas investicijas su kitoms veikloms skirtomis investicijomis (Öörni, 2019). Tam, kad būtų galima atlikti naudos ir kaštų analizę, reikalingi atskiri metodai saugai, taršai, eismo efektyvumui vertinti ir naudai pinigine išraiška nustatyti (Öörni, 2019). Kai kurios valstybės nustato žmogaus gyvybės vertę, ekonominę žalą, patirtą dėl eismo įvykio metu sužeisto ar žuvusio asmens (Öörni, 2019). Veryard (2016) teigia, kad siekiant nustatyti ITS poveikį ekonomikai makroekonominiu lygmeniu vien naudos ir kaštų analizės neužtenka (Veryard, 2016). Naudos ir kaštų analizė turi tam tikrų apribojimų, pavyzdžiui, nėra galimybės atsižvelgti į poveikį, kuriam nustatyti nėra tinkamų metodų ar apskaičiuotos sumos (Öörni, 2019). Vadinasi, atliekant ITS ekonominį ir socialinį vertinimą, naudos ir kaštų analizė turi būti derinama su kitais metodais – pateikiamas daugiakriterės analizės metodo pavyzdys (Öörni, 2019).

Taigi, tyrimų apie ITS daromą poveikį ekonomikai nėra daug. Tyrimų metu svarbiausia surinkti visus reikiamus duomenis, dauguma autorių siūlo tai daryti atliekant apklausas, stebint eismą arba renkant ITS teikiamus duomenis. Kai kurie mokslininkai teigia, kad ITS poveikis ekonomikai pasireiškia per daromą įtaką saugai, aplinkai, transporto sistemos efektyvumui. Tai skatina ir ITS plėtrą. Dauguma autorių, analizuodami konkrečius ITS taikymo tam tikrame teritoriniame vienetu atvejus, pasitelkė naudos ir kaštų analizę, koreliacinę regresinę analizę.

Šiame tyrime remiantis mokslinės literatūros šaltiniais sudaroma ITS plėtrą lemiančių veiksnių sistema, labiausiai plėtrą lemiantys veiksniai identifikuojami taikant daugiakriterė naudingumo teorija pagrįstą daugiakriterio vertinimo SAW metodą. ITS plėtrą lemiančių veiksnių svorio koeficientai nustatomi atliekant ekspertinį vertinimą.

Tyrimo ribotumai – dėl statistinių duomenų trūkumo analizei ir vertinimui pasirinktos aštuonios šalys, o pats analizės laikotarpis – kas dveji metai. Kitas tyrimo ribotumas susijęs su ekspertų apklausos įgyvendinimo problema, apklausoje dalyvavo 2 šalių ekspertai.

2.1. Ekspertinis vertinimas

Ekspertinis vertinimas atliekamas apklausiant analizuojamos intelektinių transporto sistemų srities ekspertus. Parinkti ekspertai privalomai turėjo atitikti šiuos kriterijus: turėti aukštąjį išsilavinimą (bakalauro, magistro laipsnį), dirbti ITS srityje ne mažiau nei trejus metus, turėti bendradarbiavimo su užsienio valstybėmis patirties ITS srityje (žr. 1 lentelę).

1 lentelė. Ekspertų atitiktis reikalavimams (sudaryta autorių)

Ekspertai	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Bakalauro laipsnis	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Magistro laipsnis		+	+		+	+	+	+	+
Darbo ITS srityje trukmė metais	3	15	7	5	12	9	6	12	7

Tyrimo metu remiantis mokslinės literatūros šaltiniais sudaroma ITS plėtrą lemiančių veiksnių sistema (žr. 2 lentelę).

2 lentelė. Intelektinių transporto sistemų plėtrą lemiančių veiksnių sąrašas (sudaryta autorių)

	ITS plėtrą lemiantys veiksniai	Autoriai, nurodę atitinkamus veiksnius
1.	Interneto sparta	Brondoni (2014), Choosakun et al. (2021)
2.	Investicijos	Wang et al. (2016), Choosakun et al. (2021), ERTICO – ITS Europe (2019), United Nations (2017)
3.	Tarpvalstybinės prekybos plėtra	Brondoni (2014), (ERTICO – ITS Europe, 2019)
4.	Darbo jėgos judėjimas	Brondoni (2014)

	ITS plėtrą lemiantys veiksniai	Autoriai, nurodę atitinkamus veiksnius
5.	Siekis sumažinti transporto spūstis	Taie ir Elazb (2016), Khan et al. (2014), Hasegawa (2015)
6.	Siekis padidinti saugą	Road Traffic Injuries (n. d.), Khan et al. (2014), Hasegawa (2015)
7.	Turizmo, kelionių skaičiaus didėjimas	Taie ir Elazb (2016)
8.	Transporto daromo neigiamo poveikio aplinkai mažinimas	Intelligent Transportation System Market Size... (n. d.)
9.	Mokslinių tyrimų skaičiaus didėjimas	Wang et al. (2016), Choosakun et al. (2021)
10.	Efektyvus valstybių bendradarbiavimas tarpusavyje ITS diegimo srityje	ERTICO – ITS Europe (2019), Wang et al. (2016), United Nations (2017), Hasegawa (2015)
11.	Sėkmingi pavyzdžiai (gerosios praktikos)	United Nations (2017), Wang et al. (2016)
12.	Tinkamai parengti įstatymai ir dokumentacija, į išmanų mobilumą orientuotos strategijos	ERTICO – ITS Europe (2019), Choosakun et al. (2021), Lu et al. (2018), European Commission (2016)
13.	Gerai išvystyta infrastruktūra	Wang et al. (2016)
14.	Aktyvus viešojo ir privataus sektorių įsitraukimas	Lu et al. (2018), Choosakun et al. (2021), European Commission (2016)
15.	Didelis specialistų kiekis	Khan et al. (2014)

Ekspertai pagal svarbą įvertina veiksnius dešimtbalėje skalėje. Šio tyrimo metu apklausiami devyni ITS srities ekspertai iš Lietuvos ir Latvijos. Kadangi apklausiami daugiau nei trys ekspertai, pagal formules skaičiuojamas Kendall konkordacijos koeficientas, kuris nurodys kelių ekspertų nuomonių suderinamumo lygį (Podvezko, 2005):

$$W = \frac{12\tilde{S}}{k^2(n^3 - n)}; \quad (1)$$

$$\tilde{S} = \sum_{i=1}^n \left(R_j - \frac{\tilde{R}_1 + \tilde{R}_2 + \dots + \tilde{R}_n}{n} \right)^2 = \sum_{i=1}^n \left(R_j - \frac{k(n+1)}{2} \right)^2. \quad (1.1)$$

Formulėje \tilde{R}_j – j -ojo rangų suma, n – imties dydis, k – ekspertų skaičius.

Kuo konkordacijos koeficiento W reikšmė yra artimesnė 1, tuo ekspertų nuomonės yra labiau suderintos (Podvezko, 2005).

2.2. SAW metodas

Paprastasis adityvus svorių metodas (angl. *Simple Additive Weighting*) yra vienas iš paprastesnių ir plačiausiai taikomų metodų, pagrįstų svertiniu vidurkiu (George et al., 2018). Šio metodo pranašumas yra pasitelkiama proporcinga pirminių duomenų transformacija (George et al., 2018). Norint taikyti SAW metodą, kiekvienam veiksniai turi būti priskirtas svoris (George et al., 2018). Įvykdžius apklausą, gauti ekspertų duomenys yra surašomi į lentelę ir normalizuojami pagal formulę:

$$r_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{j=1}^n r_{ij}}. \quad (2)$$

Formulėje r_{ij} – i -tojo rodiklio reikšmė j -ajam objektui (Ginevičius ir Podvezko, 2008). Vėliau duomenims yra priskiriami svorio koeficientai w , kurių suma turi būti lygi 1 (Ginevičius ir Podvezko, 2008):

$$\sum_{i=1}^m w_i = 1. \quad (3)$$

Rodiklio reikšmingumas apskaičiuojamas rodiklių vidurkiu sumą dalijant iš kiekvieno rodiklio vidutinės įvertinimo reikšmės pagal formulę (Ginevičius ir Podvezko, 2008):

$$\frac{\sum_{j=1}^n \bar{t}_j}{t_j}. \quad (4)$$

Skaičiuojama S_j – j -osios alternatyvos daugiakriterio vertinimo reikšmė (SAW) pagal formulę (Ginevičius ir Podvezko, 2008):

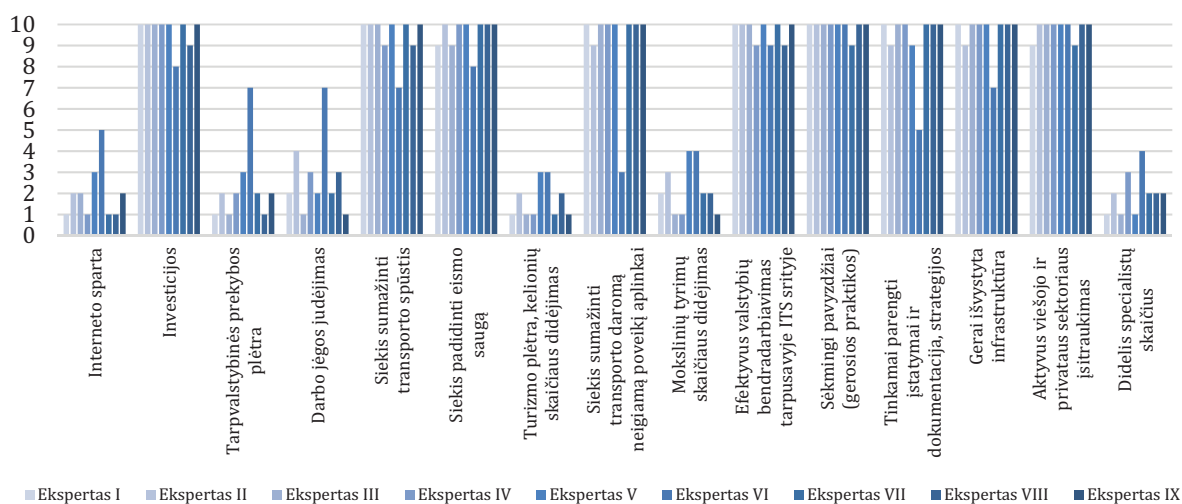
$$S_j = \sum_{i=1}^m w_i r_{ij}. \quad (5)$$

Gauta didžiausia S_j reikšmė yra geriausia (George et al., 2018). Pagal gautas S_j reikšmes imties dydžiai yra reitinguojami nuo geriausio (didžiausia S_j reikšmė) iki prasčiausio (mažiausia S_j reikšmė).

3. Intelektinių transporto sistemų plėtros vertinimas

3.1. Ekspertinis vertinimas

ITS plėtros tyrimai vykdomi siekiant įvertinti ITS veiklos efektyvumą ir teikiamą naudą, nustatyti efektyviausias ITS, išanalizuoti valstybių bendradarbiavimo reikšmę diegiant ITS. Šio tyrimo metu buvo sudaryta anketa, kurioje pateiktas ITS plėtrą lemiančių veiksnių sąrašas. ITS srities ekspertai buvo prašomi įvertinti kiekvieną veiksnį dešimtbalėje skalėje pagal svarbą. ITS plėtrą lemiančių veiksnių įvertinimai pateikti 1 paveiksle.



1 paveikslas. ITS plėtrą lemiančių veiksnių ekspertų apklausos rezultatai (sudaryta autorų)

Analizuojant apklausos rezultatus, galima nustatyti, kokie veiksniai, ekspertų manymu, daro didžiausią įtaką ITS plėtrai globalizacijos sąlygomis. Aukščiausius įvertinimus ekspertai skyrė šioms veiksniais: sėkmingiems pavyzdžiams, aktyviam viešojo ir privataus sektoriaus įsitraukimui, investicijoms, efektyviam valstybių bendradarbiavimui tarpusavyje ITS srityje, siekiui padidinti eismo saugą, gerai išvystytai infrastruktūrai. Ekspertų manymu, mažiausiai ITS plėtrą lemia šie veiksniai: turizmo plėtra, didelis specialistų skaičius, interneto sparta.

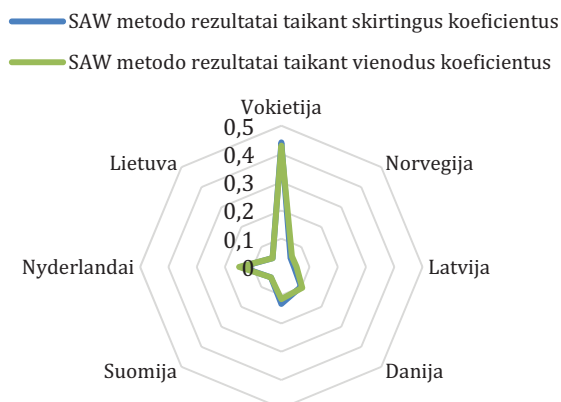
Apskaičiavus Kendall konkordacijos koeficientą nustatyta, kad ekspertų nuomonės yra suderintos (buvo gauta 0,704 reikšmė). Vėliau tam, kad būtų galima atlikti skaičiavimus taikant SAW metodą, buvo atrinkti tik kiekybiškai išreiškiami veiksniai ir skaičiuojamas jų reikšmingumas.

Analizei buvo parinkti tokie ITS plėtrą lemiančius veiksniai apibūdinantys rodikliai: interneto sparta (X_1 – vidutinis interneto greitis), investicijos (X_2 – tiesioginės užsienio investicijos), tarpvalstybinės prekybos plėtra (X_3 – prekių ir paslaugų eksportas), darbo jėgos judėjimas (X_4 – imigrantų skaičius), siekis sumažinti transporto spūstis (X_5 – dėl transporto spūsčių prarastos valandos), siekis padidinti eismo saugą (X_6 – įskaitinių eismo įvykių skaičius), turizmo plėtra (X_7 – turistų skaičius), siekis sumažinti transporto daromą neigiamą poveikį aplinkai (X_8 – CO_2 emisijos transporto sektoriuje kiekis), mokslinių tyrimų skaičiaus didėjimas (X_9 – studentų skaičius), gerai išvystyta infrastruktūra (X_{10} – greitkelių ilgis). Pirminiai duomenys (2018–2019 m.) surinkti šiose duomenų bazėse: Eurostat, OECD, World Bank. 3 lentelėje pateikti SAW metodo skaičiavimai esant skirtingiems koeficientams w .

3 lentelė. Normalizuotos ITS plėtrą lemiančių veiksnių reikšmės ir SAW metodo rezultatai (S_j) esant skirtingiems koeficientams (sudaryta autorių)

Valstybė	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	S_j	Rangas
1. Vokietija	0,098	0,111	0,542	0,637	0,128	0,904	0,319	0,396	0,499	0,614	0,433	1
2. Norvegija	0,143	0,044	0,045	0,034	0,128	0,011	0,047	0,131	0,046	0,028	0,066	5
3. Latvija	0,127	0,038	0,006	0,008	0,126	0,012	0,067	0,013	0,129	0,009	0,044	8
4. Danija	0,122	0,071	0,061	0,046	0,113	0,009	0,266	0,213	0,050	0,062	0,093	4
5. Švedija	0,145	0,382	0,075	0,094	0,135	0,042	0,061	0,044	0,069	0,100	0,132	2
6. Suomija	0,126	0,053	0,032	0,022	0,095	0,013	0,027	0,049	0,047	0,043	0,050	7
7. Nyderlandai	0,129	0,255	0,226	0,138	0,108	0,002	0,162	0,122	0,142	0,129	0,130	3
8. Lietuva	0,109	0,046	0,013	0,021	0,167	0,009	0,050	0,032	0,019	0,015	0,051	6
w	0,03	0,17	0,04	0,05	0,16	0,16	0,03	0,16	0,04	0,16		

Gautoms S_j reikšmėms suteikiami rangai nuo didžiausio iki mažiausio. Galima teigti, kad didžiausią S_j reikšmę turinti valstybė turi daugiausia ITS plėtos galimybių. Esant skirtingiems koeficientams, pirmoje vietoje yra Vokietija, paskutinėje – Latvija. Atlikus skaičiavimus su vienodais svorio koeficientais, buvo gauti labai panašūs rezultatai (žr. 2 pav.). Šiuo atveju pirmoje vietoje yra Vokietija, paskutinėje – Lietuva.



2 paveikslas. SAW metodo rezultatai analizuojant ITS plėtrą lemiančius veiksniai (sudaryta autorių)

Taigi, atlikus skaičiavimus SAW metodu identifikuota didžiausią ir mažiausią ITS plėtos potencialą turinčios valstybės. Abiem atvejais pirmoje vietoje buvo Vokietija, paskutinėje – Latvija ir Lietuva.

Išvados

1. Išanalizavus mokslinę literatūrą nustatyta, kad ITS gali būti klasifikuojamos pagal taikymo sritį, transporto rūšį, atliekamas funkcijas ir yra naudingos vairuotojams, keleiviams, su transporto veikla susijusioms institucijoms, nes sutrumpina kelionių trukmę, pagerina viešojo transporto paslaugų kokybę, sumažina aplinkos taršą, eismo įvykių skaičių, transporto spūsčių trukmę.
2. Identifikuotos problemos, kylančios ITS srityje šiuolaikinėmis globalizacijos sąlygomis. Daugiausia sunkumų patiria ITS parduodančios įmonės, ITS įsidięgti siekiančios valstybės. Dažniausiai problemos išryškėja dėl didelio konkurencingumo, žmonių migracijos, nepakankamo lėšų kiekio norint įsigyti ITS, nepakankamo bendradarbiavimo su kitomis pasaulio valstybėmis diegiant ir taikant ITS.
3. Remiantis apžvelgtais moksliniais darbais nustatyta, kad ITS plėtos analizei yra siūloma naudoti daugiakriterio vertinimo metodą. Išnagrinėjus mokslinės literatūros šaltinius sudarytas ITS plėtrą lemiančių veiksnių sąrašas.

4. Gauta Kendall konkordacijos koeficiento W reikšmė atlikus ekspertinį ITS plėtrą globalizacijos sąlygomis lemiančių veiksnių vertinimą nurodo, kad ekspertų nuomonės yra suderintos tarpusavyje. Vadinas, ekspertai buvo parinkti tinkamai ir jų įvertinimai gali būti naudojami tolesniuose skaičiavimuose.
5. Atlikus daugiakriterį ITS plėtrą lemiančių veiksnių vertinimą, pritaikius SAW metodą, identifikuotos didžiausią ir mažiausią ITS plėtros potencialą turinčios valstybės. Esant tiek skirtingiems, tiek vienodiems svertams, pirmoje vietoje yra Vokietija, o paskutinėje – Latvija (kai svertai skirtingi), Lietuva (kai vienodi).

Literatūra

- Brondoni, S. M. (2014). Global capitalism and sustainable growth. From global products to network globalisation. *Symphony. Emerging Issues in Management*, 1, 10–31. <https://doi.org/10.4468/2014.1.02brondoni>
- Choosakun, A., Chaiittipornwong, Y., & Yeom, C. (2021). Development of the cooperative intelligent transport system in Thailand: A prospective approach. *Infrastructures*, 6(3). <https://doi.org/10.3390/infrastructures6030036>
- ERTICO – ITS Europe. (2019). *The Role of Intelligent Transport Systems (ITS) in Sustainable Urban Mobility Planning*. https://www.eltis.org/sites/default/files/the_role_of_intelligent_transport_systems_its_in_sumps.pdf
- European Commission. (2016). An European strategy on Cooperative Intelligent Transport Systems, a milestone towards cooperative, conne. *Communication From the Commission To the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*, COM(2016)(766), 12. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/1_en_act_part1_v5.pdf
- George, J., Badoniya, P., & Naqvi, H. A. (2018). Integration of Simple Additive Weighting (SAW) and Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) for supplier selection. *International Journal for Science and Advance Research In Technology*, 4(8), 18–22.
- Giannopoulos, G. A., Mitsakis, E., & Salanova, J. M. (2012). *Overview of Intelligent Transport Systems (ITS) developments in and across transport modes* (Report). Joint Research Centre, European Commission.
- Ginevičius, R., & Podvezko, V. (2008). The problem of compatibility of various multiple criteria evaluation methods. *Business: Theory and Practice*, 9(1), 73–80. <https://doi.org/10.3846/1648-0627.2008.9.73-80>
- Global car sales 2010-2020 | Statista. (n.d.). Retrieved May 29, 2021, from <https://www.statista.com/statistics/200002/international-car-sales-since-1990/>
- Haseeb, J. (2017). *Definition, objectives and importance of intelligent transportation system*. <https://www.aboutcivil.org/intelligent-transport-ITS-objectives-importance.html>
- Hasegawa, T. (2015). Chapter 5-Intelligent Transport System. *Traffic and Safety Science – Interdisciplinary Wisdom of IATSS*, 212. <http://www.iatss.or.jp/en/publication/commemorative-publication/>
- Hassanpour, S., Ghanbarzadeh, K., & Nozarigilan, M. (2016). Economic analysis of intelligent systems in urban transportation (smart cameras). *European Online Journal of Natural and Social Sciences*, 5(3), 227–233.
- Intelligent Transportation System (ITS) Market Share Report 2019-2025*. (n.d.). Retrieved May 21, 2021, from <https://www.gminsights.com/industry-analysis/intelligent-transportation-system-ITS-market>
- Intelligent Transportation System Market Size Report, 2020-2027*. (n.d.). Retrieved May 27, 2021, from <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/intelligent-transportation-systems-industry>
- Intelligent Transportation Systems – Benefits of Intelligent Transportation Systems Fact Sheet*. (n.d.). Retrieved June 19, 2021, from https://www.its.dot.gov/factsheets/benefits_factsheet.htm
- Janušová, L., & Čičmancová, S. (2016). Improving safety of transportation by using intelligent transport systems. *Procedia Engineering*, 134, 14–22. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.01.031>
- Jarašūnienė, A. (2007). Research into intelligent transport systems (ITS) technologies and efficiency. *Transport*, 22(2), 61–67. <https://doi.org/10.1080/16484142.2007.9638100>
- Katerna, O. (2019). Intelligent transport system: the problem of definition and formation of classification system. *Economic Analysis*, 29(2), 33–43. <https://doi.org/10.35774/econa2019.02.033>
- Khan, S. M., Dey, K., Rahman, M., Lantz, K., & Chowdhury, M. (2014, June). Potentials for intelligent transportation systems deployment in developing countries – A case study. In *21st World Congress on Intelligent Transport Systems, ITSWC 2014: Re-inventing Transportation in Our Connected World*. Intelligent Transportation Society of America.
- Lu, M., Turetken, O., Adali, O. E., Castells, J., Blokpoel, R., & Grefen, P. (2018, September). Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS) deployment in Europe: Challenges and key findings. In *25th ITS World Congress*, EU-TP1076.
- Małecki, K., Iwan, S., & Kijewska, K. (2014). Influence of intelligent transportation systems on reduction of the environmental negative impact of urban freight transport based on szczecin example. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 151, 215–229. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.10.021>
- OECD Statistics. (n.d.). Retrieved June 15, 2021, from <https://stats.oecd.org/>
- Öörni, R. (2019). *Agile evaluation methods for intelligent transport systems – Definitions of agile characteristics and assessment criteria*. <https://aaltdoc.aalto.fi/handle/123456789/39600>

- Perallos, A., Hernandez-Jayo, U., Onieva, E., & Ignacio Julio, G.-Z. (2016). *Intelligent transport systems: Technologies and applications* – Google Books. https://books.google.lt/books?hl=en&lr=&id=93JXCQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA15&dq=Intelligent+Transport+Systems:+Technologies+and+Applications+pdf&ots=LGYY8ptGht&sig=bC2mjQmwzjfaeph3-WxSgkovHtE&redir_esc=y#v=onepage&q&f=true
- Plaksin, S. M., Kondrashov, A. S., Yastrebova, E. V., Reshetova, E. M., & Krupenskiy, N. A. (2015). The pros and cons of the intelligent transportation system implementation at toll plazas in Russia. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2701796>
- Podvezko, V. (2005). Ekspertų įverčių suderinamumas. *Ūkio technologinis ir ekonominis vystymas*, 11(2), 101–107. <https://doi.org/10.3846/13928619.2005.9637688>
- Road Traffic Injuries & Deaths: A Global Problem | CDC. (n.d.). Retrieved September 20, 2020, from <https://www.cdc.gov/injury/features/global-road-safety/index.html>
- Rodrigue, J.-P. (2020). 10.1 – Improving transport infrastructure | *The geography of transport systems*. https://transportgeography.org/?page_id=6436
- Sarkar, P. K., & Jain, A. K. (2018). *Intelligent transport systems*. https://books.google.lt/books?id=9Jk-DwAAQBAJ&pg=PR15&lpg=PR15&dq=book+about+intellectual+transport+system&source=bl&ots=URtH_B5&sig=OH5_2AK7HJ4EKno8on19V8EtCSl&hl=en&sa=X&ved=0ahUKewikrC0-rvZAhXH11AKHSuWBMMQ6AEIwJA#v=onepage&q&f=false
- Taie, S., & Elazb, A. (2016). Challenge of intelligent transport system. *International Journal of Modern Engineering Research*, 6(10), 1–4.
- Toulouki, M. A., Vlahogianni, E. I., & Gkritza, K. (2017). Perceived socio-economic impacts of cooperative Intelligent Transportation Systems: A case study of Greek urban road networks. In *5th IEEE International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS 2017)* (pp. 733–737). IEEE. <https://doi.org/10.1109/MTITS.2017.8005609>
- United Nations. (2017, December). *Development of model intelligent transport systems deployments*. <https://www.unescap.org/sites/default/d8files/4-Model%20ITS%20deployment%20study%20report.pdf>
- Vencataya, L., Pudaruth, S., Dirpal, G., & Narain, V. (2018). Assessing the causes & impacts of traffic congestion on the society, economy and individual: A case of Mauritius as an emerging economy. *Studies in Business and Economics*, 13(3), 230–242. <https://doi.org/10.2478/sbe-2018-0045>
- Veryard, D. (2016). *Quantifying the Socio-Economic Benefits of Transport: Roundtable summaries and conclusions*. <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/summary-round-table-socio-economic-benefits-transport.pdf>
- Wang, X., Zhang, F., Li, B., & Gao, J. (2016). Developmental pattern and international cooperation on intelligent transport system in China. *Case Studies on Transport Policy*, 5(1), 38–44. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2016.08.004>
- Who Benefits from ITS? | RNO/ITS – PIARC (World Road Association). (n.d.). Retrieved June 19, 2021, from <https://rno-its.piarc.org/en/its-basics-benefits-its/who-benefits-its>
- World Health Organisation. (2015). Executive summary. In *Global status report on road safety 2015*. https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/Executive_summary_GSRRS2015.pdf

INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS AND DETERMINING FACTORS OF ITS DEVELOPMENT

Marta NOVIKOVA, Laima OKUNEVIČIŪTĖ NEVERAUSKIENĖ

Abstract. Foreign and Lithuanian researchers study the benefits of intelligent transport systems (ITS) application and development opportunities in various aspects. Due to the rapid development of technology, most authors emphasize the need for new researches on ITS. The aim of this article is to identify the factors determining the development of ITS, based on theoretical and methodological provisions for the development assessment of ITS. The aim is achieved by performing a theoretical analysis of the application and development of ITS, compiling a system of indicators indicating the development of ITS, conducting an expert survey and a multi-criteria evaluation of indicators of development of ITS. Research on the application and development of intelligent transport systems is carried out in order to evaluate the efficiency and benefits of ITS, identify the most efficient ITS, analyze the significance of cooperation between states in the implementation of ITS. The results of this article indicate which factors are most influential in the development of ITS. It also identifies which of the analysed countries has the greatest potential for the development of ITS.

Keywords: intelligent transport systems, the application of intelligent transport systems, congestion, safety, development of intelligent transport systems, multi-criteria evaluation, expert survey, globalisation.