



21-osios jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos  
**TRANSPORTO INŽINERIJA IR VADYBA**,  
vykusios 2018 m. gegužės 4-5 d. Vilniuje, straipsnių rinkinys

Proceedings of the 21th Conference for Junior Researchers 'Science – Future of Lithuania'  
**TRANSPORT ENGINEERING AND MANAGEMENT**, 4-5 May 2018, Vilnius, Lithuania

Сборник статей 21-й конференции молодых ученых «Наука – будущее Литвы»  
**ИНЖЕНЕРИЯ ТРАНСПОРТА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК**, 4-5 мая 2018 г., Вильнюс, Литва

## **AUTOMOBILIŲ VARIKLIŲ REMONTO ĮMONĖS PELNINGUMUI ĮTAKOS TURINČIŲ KRITERIJŲ REIŠKINGUMO TYRIMAS ANALITINIŲ HIERARCHIJŲ PROCESŲ (AHP) IR RANGŲ KORELIACIJOS METODAIS**

**Tadas Vladarskis, Henrikas Sivilevičius**

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerijos fakultetas,  
Mobiliųjų mašinų ir geležinkelių transporto katedra,  
E-mail: tadas.vladarskis@stud.vgtu.lt; henrikas.sivilevicius@vgtu.lt*

**Santrauka.** Straipsnyje pateikiami variklių remonto įmonės pelningumui įtakos turinčių veiksnių analizės rezultatai. Kriterijų (veiksnių) reikšmingumas nustatytas taikant AHP ir rangų koreliacijos metodus. Buvo sudaryta 11 kriterijų anketa. Tyrimas buvo atliekamas apklausiant ekspertus. Užpildytų anketų suderinamumo santykio ir konkordancijos koeficiento skaičiavimai rodo, kad ekspertų nuomonės yra neprieštaringos. Nustatyta, kokie kriterijai turi didžiausią įtaką variklių remonto įmonės pelningumui. Straipsnyje pateikiami tyrimo apklausos rezultatai, jie išanalizuoti ir suformuluotos jų išvados.

**Reikšminiai žodžiai:** variklių remontas, įmonės pelningumas, analitinis hierarchijų procesų (AHP) metodas, rangų koreliacijos metodas.

### **Įvadas**

Automobiliuose naudojami vidaus degimo varikliai (VDV) dėl neišvengiamo dėvėjimosi, netinkamos eksploatacijos genda (Sroka 2012; Osinski *et al.* 2013). Norint prailginti jų naudojimo trukmę, varikliai remontuojami pakeičiant arba restauruojant susidėvėjusias detales.

Pagrindinė inžinerijos pažanga automobilių gamyboje buvo 20-ojo pabaigoje ir 21-ojo amžiaus pradžioje, įskaitant, dizaino pokyčius ir surinkimą, variklio efektyvumo patobulinimus, transmisijos, pakabos, vairo mechanizmo, stabdžių sistemos, saugumo, visų likusių komponentų ir priedų, kurie daro šiuolaikinius automobilius tokius patikimus, patogius ir prieinamus (Dell *et al.* 2014). Tačiau gedimai yra neatsiejama transporto priemonių eksploatavimo dalis, nesvarbu ar tai būtų saugos sistema, vidaus degimo variklis, važiuoklė.

Kosenok ir Bolyakin (2015) straipsnyje analizuojama, kokiose padėtyse geriau yra projektuoti alkūninį veleną cilindro atžvilgiu. Yra žinoma, kad variklio dinaminėms charakteristikoms daug įtakos turi masė ir geometriniai parametrai, pavyzdžiui, alkūninio veleno ir švaistiklio (pagrindinės VDV mechanizmo dalys) ilgių santykis. Tokių pat alkūninių velenų daugiacylinčiuose varikliuose efektyvumas ir dinaminės charakteristikos priklauso nuo pačių cilindro išdėstymo (eilėje, "V" formos, H formos

arba kitaip vadinamas opozicinis variklis). Kosenok ir Bolyakin atlikto tyrimo tikslas yra įvertinti pokyčius tarp alkūninio veleno kampo, priklausomai nuo cilindro išdėstymo, taip pagerinant VDV dinamines charakteristikas. Nagrinėjama klausimui buvo nuspręsta naudoti programinės įrangos paketą KDAM, kuris sukurtas pagal vektorinį kosmoso modelį, kuris taikomas modeliuojant įvairias sąsajas, taip pat indikatorines VDV diagramas. Tyrimas buvo atliekamas siekiant optimizuoti geometrinius parametrus: minimalių mechaninių nuostolių ir minimalių įtempimų silpnuose alkūninio veleno skerspjūviuose. Optimalus – dviejų cilindro VDV gali būti sukurtas pagal išraišką  $\alpha_{cr} = \alpha_{cyl} \pm 180^\circ$ . Sąvoka  $\alpha_{cr} = \alpha_{cyl} \pm 90^\circ$  turėtų būti naudojama didelių greičių varikliams, siekiant sumažinti dinamines apkrovas, o ne vengiant didelių mechaninių nuostolių.

Bet kurios šalies ūkio ir negamybinės veiklos sektoriai negalėtų funkcionuoti be transporto sistemos. Sivilevičius (2011) išanalizavęs mokslo darbus, skirtus atskirų transporto sistemos elementų sąveikai tirti, nustatė, kad visas sąveikos rūšis vienijančio modelio nėra. Sąveikos lygmenų prioritetui (svarbai) transportavimo proceso parametrus vertinti pasiūlyta taikyti *Analytic Hierarchy Process* (AHP) metodą, kurio pagrindą sudaro elementų porinio lyginimo matrica. Skaičiuojamajame pavyzdyje nustatytas transporto sistemos elementų skirtingų lygmenų

sąveikos svorį kelių transporto saugumui, įrodytas AHP metodo tinkamumas transporto sistemos elementų sąveikai modeliuoti.

### Variklius remontuojančios įmonės pelningumo kriterijai

Vidaus degimo variklius (VDV) remontuojanti įmonė privalo dirbti pelningai, o jos paslaugomis besinaudojantys klientai turi būti patenkinti atliktais darbais. Buvo tyrinėjami kriterijai, turintys įtakos VDV remontuojančios įmonės veiklos pelningumui ir klientų lūkesčiams dėl atliktos paslaugos. Todėl šiame tyrime buvo sudaryti kriterijai, leidžiantys kompleksiskai įvertinti VDV remontuojančios įmonės pelningumui turinčių veiksnių svarbą. Autorių sudaryti kriterijai yra originalūs, nes jų aprašai pateikti iš asmeninės gamybinės patirties ir iš šios srities specialistų žinių bei siūlymų. Siekiant išsiaiškinti įmonės pelningumui įtakos turinčius veiksnus buvo sudaryta anketa remiantis asmenine įmonių vadovų ir straipsnio autorių patirtimi, atskleidžiama kokie veiksniai turi didžiausią įtaką įmonės pelningumui. Kriterijų svarbai nustatyti buvo pritaikytas pakankamai sudėtingas, bet labai populiarus Analitinis Hierachijų procesų (AHP) metodas (Saaty 1980). Sudaryta anketa buvo skirta ekspertams.

Ekspertai tai asmenys, kurie dirba vidaus degimo variklių remonto įmonėse arba turintys aukštąjį inžinerinį išsilavinimą transporto srityje, taip pat gamybininkai;

Ekspertų buvo paprašyta suranguoti veiksnus eiliškumu nuo 1 iki 11 (1 – svarbiausias veiksnys) ir užpildyti porinio lyginimo matricą sulyginant poromis veiksnus pagal Saaty lentelę (1 lentelė). Ekspertų anketos veiksnų sąrašas:

A – Užsakymų vidaus degimo varikliams (VDV) taisyti skaičius, tenkantis vienam darbuotojui ir visas jų skaičius per metus.

B – Vieno VDV, jo detalės vidutinė taisymo ar gamybos kaina.

C – Įmonės užimamas plotas ir atstumas iki miesto centro, patalpų plotas, automobilių stovėjimo aikštelės plotas ir privažiavimo (susisiekimo) prie įmonės patogumas (infrastruktūra).

D – Patalpų išlaikymo kaina (šildymo, vandens, nuotekų, elektros, ryšių ir teršalų šalinimo arba utilizavimo).

E – Darbuotojų atlyginimas (darbo užmokestis, jų motyvacija suteikiant įmonės darbuotojams ar jų šeimos nariams socialines paslaugas).

F – Vadovaujančių įmonės asmenų pajamos (įmonės akcininkų dividendų didumas).

G – Klientų savalaikis atsiskaitymas už atliktus VDV arba detalių remonto ar gamybos darbus su remonto įmone.

H – Reklamacijų (pretenzijų) už netinkamai atliktus VDV arba detalių remonto darbus dažnis (skaičius).

I – Įmonės verslo aplinka (pridėtinės vertės, turto, pelno mokesčiai, paskolų bankams didumas ir grąžinimo sąlygos).

J – Įmonės turtas, akcijų vertė.

K – Atsarginių detalių įmonės sandėlyje skaičius ir rūšių įvairovė.

Šis metodas leidžia iš porinio kriterijų palyginimo apskaičiuoti tikrinius vektorius  $\omega_i$  (1), t.y. normalizuotus subjektyviuosius svorio koeficientus:

$$\omega_i = \frac{\sqrt[11]{\prod_{j=1}^{11} a_{ij}}}{\sum_{j=1}^{11} \frac{\sqrt[11]{\prod_{j=1}^{11} a_{ij}}}{\omega_j}}, \quad (1)$$

čia:  $a_{ij}$  – porinio lyginimo matricos elementai, kurių reikšmės įrašo ekspertas, taikydamas kriterijų tarpusavio intensyvumo skalę (1 lentelė).

Taip pat skaičiuojama didžiausia tikrinė reikšmė  $\lambda_{max}$  (2), suderinamumo indeksas  $C.I.$  (3) ir suderinamumo santykis  $C.R.$  (4). Atsitiktinis indeksas  $R.I.$  randamas lentelėje (Saaty 1980).

$$\lambda_{max} = \sum_{j=1}^n \frac{1}{n} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n a_{ij} \omega_j}{\omega_i}, \quad (2)$$

$$C.I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}, \quad (3)$$

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.}. \quad (4)$$

1 lentelė. Tarpusavio svarbos intensyvumas (Saaty 1980)

Svarbos lygis	Apibrėžimas
1	veiksniai vienodai svarbūs
3	veiksnys truputį svarbesnis už kitą
5	veiksnys daug svarbesnis už kitą
7	veiksnys labai daug svarbesnis už kitą
9	veiksnys nepalyginamai svarbesnis už kitą
2, 4, 6, 8	tarpinės reikšmės

### Tyrimo rezultatai

Tyrimo dalyvavo 5 ekspertai. Jiems buvo išdalintos anketos formos, kuriose jie surangavo veiksnus, turinčius įtakos įmonės pelningumui pagal svarbą nuo 1 iki 11. Po to kiekvienas ekspertas, poromis lygindamas visus kriterijus, suteikė tarpusavio svarbos lygius nuo 1/9 iki 9 ir juos surašė anketoje.

Farhan ir Fwa (2009) teigia, kad patikimesni tyrimo rezultatai gaunami pasitelkiant labai kompetingų, be ne didelio skaičiaus ekspertų nuomonę. Todėl mūsų, kaip ir šių autorių tyrime, apklaustų 5 ekspertų nuomonių vidurkis yra priimtinas.

Vieno eksperto užpildyta anketa (porinio lyginimo matrica) pateikta 2 lentelėje.

Kitų 4 ekspertų matricos čia nepateiktos, bet jų duomenys tyrime buvo panaudoti.

Teisingai užpildžius šią porinio lyginimo matricą (2 lentelė) įrodoma, kad žmogaus (eksperto) mintys neprieštarauja viena kitai ir jo suranguoti veiksniai turi nuoseklumą, kai suderinamumo santykis  $C.R. < 0,1$ .

Bendriniai šios matricos dydžiai yra suderinamumo indeksas ( $C.I.$  angl. *Consistency Index*) ir suderinamumo santykis (*Consistency Ratio C.R.*).

2 lentelė. Pirmojo eksperto užpildyta porinio lyginimo matrica

Veiksny	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	Tikrinis vektorius ( $\omega_i$ )
A	1	1	6	3	1/2	2	3	6	1/3	4	5	0,1299
B	1	1	7	3	1	2	3	6	1/2	4	5	0,1456
C	1/6	1/7	1	1/5	1/8	1/5	1/4	1/2	1/9	1/4	1/3	0,01537
D	1/3	1/3	5	1	1/4	1	2	4	1/4	3	3	0,07026
E	2	1	8	4	1	3	4	7	1	5	6	0,1923
F	1/2	1/2	5	1	1/3	1	2	4	1/3	3	3	0,0797
G	1/3	1/3	4	1/2	1/4	1/2	1	3	1/5	2	2	0,05054
H	1/6	1/6	2	1/4	1/7	1/4	1/3	1	1/8	1/3	1/2	0,0206
I	3	2	9	4	1	3	5	8	1	6	7	0,2287
J	1/4	1/4	4	1/3	1/5	1/3	1/2	3	1/6	1	2	0,0379
K	1/5	1/5	3	1/3	1/6	1/3	1/2	2	1/7	1/2	1	0,0292

3 lentelė. Visų ekspertų tikrinių vektorių reikšmės

Eks-pertas	$\omega_A$	$\omega_B$	$\omega_C$	$\omega_D$	$\omega_E$	$\omega_F$	$\omega_G$	$\omega_H$	$\omega_I$	$\omega_J$	$\omega_K$	C.R.
E1	0,1299	0,1456	0,0154	0,0703	0,1923	0,0797	0,0505	0,0206	0,2287	0,0379	0,0292	0,039
E2	0,1946	0,1594	0,0608	0,0862	0,1151	0,022	0,043	0,2598	0,0306	0,0161	0,0123	0,044
E3	0,1684	0,0738	0,1684	0,0361	0,1684	0,019	0,1684	0,1085	0,0512	0,0259	0,0116	0,039
E4	0,2092	0,1418	0,0467	0,0667	0,2092	0,033	0,0252	0,1418	0,0961	0,0173	0,013	0,035
E5	0,1942	0,1316	0,0231	0,0916	0,1942	0,0642	0,0321	0,0127	0,1942	0,0453	0,0169	0,056
$\bar{\omega}$	0,1793	0,1304	0,0629	0,0702	0,1758	0,0436	0,0638	0,1087	0,1202	0,0285	0,0166	-

4 lentelė. Visų ekspertų rangų lentelė

Ekspertas	Kriterijaus žymuo												Bendra suma
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K		
E1	4	3	11	6	2	5	7	10	1	8	9	66	
E2	2	3	6	5	4	9	7	1	8	10	11	66	
E3	1	6	4	8	2	10	3	5	7	9	11	66	
E4	2	4	7	6	1	8	9	3	5	10	11	66	
E5	2	4	9	5	1	6	8	11	3	7	10	66	
$\sum_{i=1}^5 R_{ij}$	11	20	37	30	10	38	34	30	24	44	52	330	
$\bar{R}_j$	2,2	4	7,4	6	2	7,6	6,8	6	4,8	8,8	10,4	-	
$\sum_{i=1}^5 R_{ij} - \frac{n(m+1)}{2}$	-19	-10	7	0	-20	8	4	0	-6	14	22	0	
$\left[ \sum_{i=1}^5 R_{ij} - \frac{n(m+1)}{2} \right]^2$	361	100	49	0	400	64	16	0	36	196	484	1706	

Pirmojo eksperto porinio lyginimo matricos didžiausia tikrinė reikšmė:

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \cdot \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} \omega_j}{\omega_i} = \frac{1}{11} \cdot \left( \frac{11,414 + 11,213 + 11,668 + 11,508 + 11,339 + 11,161 + 11,25 + 11,4 + 11,408 + 11,629 + 11,022}{11} \right) = 11,591.$$

Jos suderinamumo indeksas:

$$C.I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{11,59 - 11}{11 - 1} = 0,059.$$

Suderinamumo indeksą (C. I.) ir suderinamumo santykį sieja dydis atsitiktinis indeksas (R.I. angl. *Random index*).

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} = \frac{0,059}{1,51} = 0,039.$$

Vieno eksperto nuomone sunku pasikliauti, todėl tyrime panaudotos 5 ekspertų nuomonės, išreikštos tikriniais vektoriais, kurių reikšmės pateiktos 3 lentelėje. Iš jos matosi, kad ekspertų kriterijams suteikti subjektyvieji normalizuotieji svoriai skiriasi. Ar visų ekspertų nuomonės statistiškai yra vienodos, nustatyta taikant rangų koreliacijos metodą (Kendall, Gibbons 1990). Jei ekspertų grupės nuomonės yra suderintos, tai svorių koeficientų aritmetiniai vidurkiai  $\bar{\omega}$  (3 lentelė) gali būti laikomi kaip uždavinio sprendimo rezultatas. Priešingu atveju – nuomonėms iš esmės skiriantis,  $\bar{\omega}$  skaičiuoti yra beprasmiška.

Taikant rangų koreliacijos metodą ekspertų suteikti kriterijų svorio koeficientai  $\omega_i$  buvo suranguoti nuo svarbiausio (didžiausio svorio koeficiento) iki mažiausio svarbaus (mažiausio svorio koeficiento) jiems suteikus

atitinkamai rangus 1 ir 11 (4 lentelė). Šie rangai buvo panaudoti ekspertų nuomonių suderinamumui nustatyti. Konkordancijos koeficientui  $W$  formulėje (5) skaičiuoti tinka tik ekspertų rodiklių rangavimas (4 lentelė) (Podvezko 2005):

$$W = \frac{12S}{n^2m(m^2 - 1)} = \frac{12S}{n^2(m^3 - m)} \quad (5)$$

Konkordancijos koeficientas gali būti taikomas praktikoje, jei nustatyta jo ribinė reikšmė, kada ekspertų vertinimus dar galima laikyti suderintais. Kendall, Gibbons (1990) įrodė, kad jeigu objektų (kriterijų) skaičius  $m > 7$ , tai konkordancijos koeficiento reikšmingumas gali būti nustatytas naudojant  $\chi^2$  (*chi-kvadrat*) (8) Pirsono kriterijų. Mažiausio konkordancijos koeficiento formulę  $W_{min}$  (6) reikšmę, kuriai esant dar negalima teigti, kad visų 5 ekspertų nuomonės apie 11 lyginamų veiksmų sudaryto tiriamojo objekto kokybę, esant nustatyta (reikiamam) svarbumo lygmeniui  $\alpha$  ir laisvės laipsniui  $v = 10$ , yra suderintos, galima apskaičiuoti taikant šią formulę Sivilevičius (2012):

$$W_{min} = \frac{\chi_{v,\alpha}^2}{n(m-1)} \quad (6)$$

čia:  $\chi_{v,\alpha}^2$  – kritinė Pirsono statistika, kurios vertė randama lentelėje (Айвазян, Мхитарян 2001), imant laisvės laipsnį  $v$  ir  $\alpha$  reikšmingumo lygmenį  $\chi_{v,\alpha}^2 = 20,4831$ , kai  $\alpha = 0,05$ .

Kiekvieno kriterijaus (objekto) rangų  $R_{ij}$  nuokrypių nuo vidutinio rango kvadratų sumą  $S$  patogiu skaičiuoti formule (7).

$$S = \sum_{j=1}^5 \left[ \sum_{i=1}^5 R_{ij} - \frac{n(m+1)}{2} \right]^2 = 1706. \quad (7)$$

Iš (5) formulės empirinis konkordancijos koeficientas:

$$W = \frac{12 \cdot 1706}{5^2(11^3 - 11)} = 0,62.$$

Iš (6) formulės mažiausias konkordancijos koeficientas:

$$W_{min} = \frac{20,4831^2}{5 \cdot 10} = 0,41.$$

Konkordancijos koeficiento reikšmingumas gali būti nustatytas naudojant  $\chi^2$  (*chi-kvadrat*) formulę (8) Pirsono kriterijų.

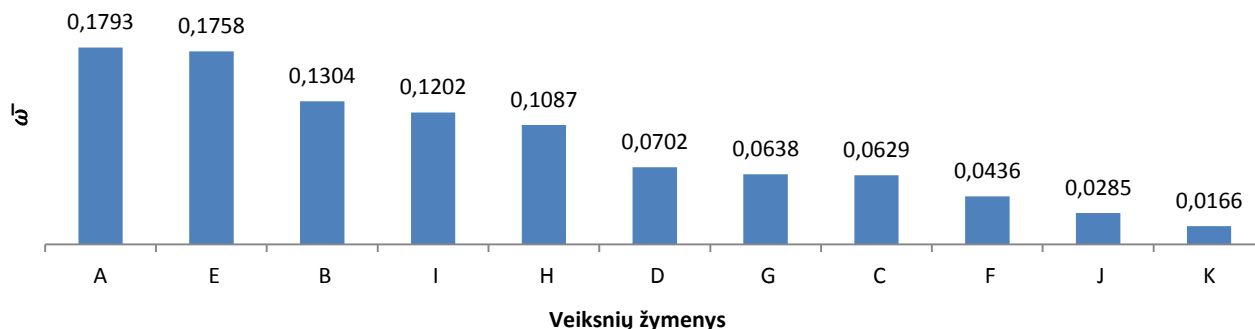
$$\chi^2 = n(m-1)W = 5(11-1) \cdot 0,62 = 31. \quad (8)$$

Atlikus skaičiavimus gavome, kad  $W > W_{min}$ , t.y.  $0,62 > 0,41$ , kas rodo, kad ekspertų grupės nuomonės yra suderintos. Dėl to svorio koeficientų apskaičiuotieji vidurkiai  $\bar{\omega}$  pagrįstai gali būti laikomi kaip globalūs kriterijų svoriai (1 paveikslas).

### Išvados

Automobilių variklius remontuojančios įmonės pelningumui įtakos turinčių kriterijų (veiksnių) svarba yra skirtinga. Iš vienuolikos kriterijų taikant analitinių hierarchijų proceso (AHP) ir rangų koreliacijos metodus nustatytas jų prioritetasis rodo, kad įmonės pelningumui svarbiausi yra užsakymų vidaus degimo varikliams, tenkantis vienam darbuotojui ir visas jų skaičius per metus (A kriterijus, kurio svorio koeficientas  $\omega_A = 0,1793$ ) ir darbuotojų atlyginimas, t.y. darbo užmokestis, jų motyvacija suteikiant įmonės darbuotojams ar jų šeimos nariams socialines paslaugas (E kriterijus, kurio  $\omega_E = 0,1758$ ). Mažiausiai svarbūs įmonės siekiams yra vadovaujančių įmonės asmenų pajamos, įmonės akcininkų dividendų didumas (F kriterijus, kurio  $\omega_F = 0,0436$ ), įmonės turtas ir akcijų vertė (J kriterijus, kurio  $\omega_J = 0,0285$ ), atsarginių detalių įmonės sandelyje skaičius ir rūšių įvairovė (K kriterijus, kurio  $\omega_K = 0,0166$ ).

AHP metodu kiekvieno eksperto visiems 11 kriterijų nustatyti rangai ir iš porinio lyginimo matricių apskaičiuotieji tikriniai vektoriai pagrįstai laikomi kaip kriterijų svorio koeficientai  $\omega_i$ , nes kiekviena iš 5 matricių yra suderinta: visi matricių suderinamumo santykiai  $C.R.$  buvo mažesni už 0,1 ir svyravo nuo 0,035 iki 0,056. Penkių ekspertų grupės kriterijų svorių koeficientų apskaičiuotieji aritmetiniai vidurkiai  $\bar{\omega}_i$  buvo imti kaip uždavinio sprendimo rezultatai, nes empirinis (iš tyrimo duomenų gautas) konkordancijos koeficientas  $W = 0,62$  yra didesnis už jo mažiausią reikšmę, kuriai esant galima laikyti, kad atskirų ekspertų nuomonės nesiskiria,  $W_{min} = 0,41$ .



1 pav. Vidutiniai veiksmų svoriai

## Literatūra

- Dell, R.; Patrick T.; Moseley, P. T.; Rand, D. A. J. 2014. Development of Road Vehicles with Internal-Combustion Engines, in *Towards Sustainable Road Transport*. Oxford: Academic Press [cited 20 January 2017]. Available from Internet: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124046160000049>>.
- Farhan, J.; Fwa, T. F. 2009. Pavement maintenance prioritization using analytic hierarchy process, *Transportation Research Record* 2093: 12–24. doi: 10.3141/2093-02.
- Kendall, M.; Gibbons, J.D. 1990. Rank Correlation Methods. *Fifth Edition*. London: Edward Arnold. 260p.
- Kosenok, B. B.; Balyakin, V. B. 2015. Study of the Dynamic Characteristics of a Two-cylinder Internal Combustion Engine Using Vector Models, in *Proceedings of the 2nd International Conference on Dynamics and Vibroacoustics of Machines (DVM2014)* September 15–17, 2014 Samara, Russia, 183–191 [online], [cited 20 January 2017]. Available from Internet: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815009480>>.
- Osinski, P.; Deptula, A.; Partyka, M. A. 2013. Discrete optimization of a gear pump after tooth root undercutting by means of multi-valued logic trees, *Archives of Civil and Mechanical Engineering* 13(4): 422 – 431.
- Podvezko, V. 2005. Ekspertų įvertių suderinamumas, *Ūkio technologinis ir ekonominis vystymas* 9(2): 101–107.
- Saaty, T. L. 1980. *The Analytic Hierarchy Process*. New York: M. Graw-Hill.
- Sivilevičius, H. 2012. *Kelių dangos tiesimo ir jų priežiūros technologijos*. Vilnius „Technika“, 103 p.
- Sivilevičius, H. 2011. Modelling the interaction of transport system elements, *Transport* 26(1): 20–34. doi:10.3846/16484142.2011.560366.
- Sroka, Z. J. 2012. Termal load of tuned piston, *Archives of Civil and Mechanical Engineering* 12(3): 342 – 347. <http://dx.doi.org/10.1016/j.acme.2012.05.004>
- Айвазян, С. А.; Мхитарян, В. С. 2001. Прикладная статистика. Основы эконометрики: Теория вероятностей и прикладная статистика. Том 1. Москва: ЮНИТИ. 656 с.