

Economics and management Ekonomika ir vadyba

ORLAIVIŲ IR KOMPONENTŲ GAMYBINIŲ BEI TECHNINĖS PRIEŽIŪROS ORGANIZACIJŲ KOKYBĖS VALDYMO SISTEMOS VERTINIMAS

Justinas MIKALAINIS[✉], Živilė JEZERSKĖ

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius, Lietuva

- gauta 2025 m. spalio 13 d.
- priimta 2025 m. lapkričio 28 d.

Santrauka. Aviacijos sektoriaus organizacijoms veiklos efektyvumo užtikrinimas yra būtina sąlyga, siekiant išlaikyti skrydžių saugos lygį ir konkurencingumą. Orlaivių bei jų komponentų gamybos ir techninės priežiūros organizacijos įsipareigoja atitikti EK reglamentus (ES) Nr. 1321/2014 ir Nr. 748/2012, kurie labiau orientuoti į saugą, o ne į vadybinius aspektus. Rekomendacinio pobūdžio EN9110:2018 standartas, paremtas ISO 9001 principais, sudaro galimybę didinti procesų efektyvumą, mažinti sąnaudas, gerinti klientų pasitenkinimą ir užtikrinti ilgalaikį tvarumą. Atlikto tyrimo tikslas – sukurti kokybės valdymo sistemos veiksmingumo vertinimo modelį, pritaikytą aviacijos organizacijoms. Siekiant šio tikslo, analizuota mokslinė literatūra, lyginti EN9110 ir EASA reglamentų reikalavimai, atliktas ekspertinis vertinimas ir statistinė duomenų analizė. Sukurtas integruotos sistemos naudos vertinimo modelis leidžia nustatyti sąsajas tarp organizacijų veiklos efektyvumo, klientų pasitenkinimo, teisinės atitikties ir auditų rezultatų. Tyrimo rezultatai patvirtina, kad EN9110 standartas papildo privalomą teisinį reglamentavimą, jo taikymas suteikia reikšmingų pranašumų. Standartas aviacijos sektoriuje veiksmingai pasitelkiamas kaip priemonė organizacijų veiklai optimizuoti, sąnaudoms mažinti ir konkurenciniam pranašumui didinti.

Reikšminiai žodžiai: kokybė, sauga, valdymas, EN9110 standartas, vertinimas, veiksmingumas, aviacija.

[✉] Autorius susirašinėti. El. paštas justinas.mikalainis@stud.vilniustech.lt

1. Įvadas

Tyrimo aktualumas. Kokybės valdymo sistemos (toliau – KVS) yra neatsiejama šiuolaikinių pramonės organizacijų valdymo dalis, užtikrinanti procesų efektyvumą ir nuolatinį tobulėjimą. Jos evoliucionavo nuo gaminių patikros iki išsamių reglamentuotų tokių sistemų, tokių kaip ISO 9000 serija ar specifiniai standartai. Aviacijos sektoriuje, kurio metinės pajamos viršija 814 mlrd. JAV dolerių ir toliau nuosekliai auga, KVS tampa būtina priemone užtikrinant tvarų organizacijų vystymąsi. Orlaivių ir jų komponentų gamybos bei techninės priežiūros organizacijos privalo laikytis EK reglamentų, orientuotų į skrydžių saugą. Tačiau šie dokumentai neapima tokių vadybos aspektų, kaip lyderystė ar darbuotojų įsitraukimas, kurie yra svarbūs siekiant aukšto klientų pasitenkinimo. Spragas užpildo EN9110:2018 standartas, paremtas ISO 9001:2015 principais, suteikiantis galimybę optimizuoti procesus, mažinti sąnaudas ir gerinti veiklos rezultatus. Tyrimai (Ahmed & Ruth, 2024; Bravi et al., 2019; Limon-Romero et al., 2024; Sfreddo et al., 2021) rodo, kad sertifikuotos įmonės pasižymi didesniu efektyvumu, stipresnėmis rinkos pozicijomis ir aukštesniu klientų pasitenkinimu.

Tyrimo problema. Aviacinių produktų tiekimo grandinių trikdžiai – skrydžių vėlavimai, atidėjimai ar žemas klientų pasitenkinimas – dažnai kyla dėl neefektyvaus kokybės valdymo. Viena problemų – vadovams ir akcininkams trūksta objektyvių duomenų apie EN9110:2018 standarto poveikį organizacijų veiklos veiksmingumui. Standarto diegimas nėra privalomas ir reikalauja papildomų išteklių, tad organizacijos abejoja jo nauda procesų optimizavimui bei klientų pasitenkinimui. Todėl aktualu sukurti KVS veiksmingumo vertinimo metodiką, kuri leistų pagrįsti sistemos poveikį veiklos rezultatams ir interesų grupių lūkesčių tenkinimui (tokių siekiamybių visumos atžvilgiu veiksmingumo konceptas artimas naudos turiniui).

Tyrimo objektas – pagal 145 ir 21 dalis patvirtintų orlaivių ir komponentų gamybos bei techninės priežiūros organizacijų KVS veiksmingumo vertinimas.

Tyrimo tikslas – sukurti KVS veiksmingumo vertinimo modelį, pritaikytą orlaivių ir komponentų gamybos bei techninės priežiūros organizacijoms.

Tyrimo uždaviniai:

1. Palyginti EN9110 standarto ir Europos Komisijos (EK) reglamentų (ES) Nr. 1321/2014 (145 dalis) bei (ES)

Nr. 748/2012 (21 dalis) pagrindinius reikalavimus, įvertinti jų poveikį organizacijų veiklai.

2. Išanalizuoti mokslinėje literatūroje taikomus KVS veiksmingumo vertinimo įrankius.
3. Parengti KVS veiksmingumo vertinimo metodiką, pritaikytą orlaivių ir komponentų gamybos bei techninės priežiūros organizacijoms.
4. Remiantis gautais empiriniais rezultatais, pateikti teorines išvagas ir sprendimus, kaip gerinti šių organizacijų veiklą, adaptuojant KVS.

Tyrimo metodai: mokslinės literatūros apibendrinimas, lyginamoji EN9110 standarto ir Europos Komisijos reglamentų (ES) Nr. 1321/2014 bei (ES) Nr. 748/2012 reikalavimų analizė, ekspertinis vertinimas taikant AHP metodą, statistinė duomenų analizė, daugiakriterinis vertinimas, tyrimų rezultatų sintezė ir interpretavimas.

2. Metodiniai kokybės valdymo aspektai

2.1. Teorinio ir teisinio KVS reglamentavimo analizė ir vertinimas

ISO 9001 standartas yra tarptautiniu mastu taikoma KVS sistema, padedanti organizacijoms atitikti kokybės reikalavimus ir klientų keliamus lūkesčius bei siekti didesnio vadybinės veiklos efektyvumo. Jis sudaro pagrindą sistemai diegti, formuojant racionaliai apibrėžtą struktūrą, orientuotą į kokybės reikalavimų įgyvendinimą (International Organization for Standardization [ISO], 2021). Standartas sudaro tokie elementai: organizacijos kontekstas, lyderystė, planavimas, palaikymas, pagrindinė veikla, veiksmingumo vertinimas ir gerinimas. Šių elementų loginę įgyvendinimo seką jungia populiarus Demingo PVTV (angl. *Plan, Do, Check, Act*, PDCA) ciklas. PVTV giliai įsišaknijęs, taikomas daugelyje valdymo sistemų, įskaitant ISO 9001, ISO 14001 ir 45001 (Rangel-Sánchez et al., 2024). Kiekvienas elementas prisideda prie bendro organizacijos tikslo – užtikrinti skrydžių saugą ir veiklos efektyvumą. Procesinis požiūris leidžia geriau suprasti klientų poreikius, nuosekliai įgyvendinti tarptautinės oro teisės reikalavimus, vertinti proceso efektyvumą, stebėti ir analizuoti veiklos rodiklius, priimti pagrįstus sprendimus ir nuolat gerinti procesus (Limon-Romero et al., 2024; Ruamchat et al., 2017; Shende et al., 2022).

Mokslinėje literatūroje galima rasti įvairių autorių požiūrių, susiformavusių atlikus ISO 9001 standarto analizę. Sari et al. (2017) teigia, kad ISO 9001:2015 versijoje, palyginti su ankstesne, akcentuojami rizikos valdymo principai, organizacijos konteksto ir žinių valdymo reikšmė, o dokumentacijos reikalavimai supaprastinti. Tai sudaro prielaidas mažesnei biurokratijai bei didesniai organizacijų atsparumui ir tvarumui. Wilson ir Campbell (2018) pabrėžia žinių svarbą: PDCA ciklas, žinių valdymas ir kokybės vadyba yra glaudžiai susiję, o jų sinergija lemia efektyvesnę organizacijų veiklą. Pagal Matos et al. (2022), naujausia versija įtvirtina tokius kokybės valdymo principus kaip dėmesys klientui, lyderystė, nuolatinis tobulinimas ir faktiniais duomenimis grįstas sprendimų priėmimas. Svarbus pokytis – žinių integravimas, pabrėžiant žinių valdymo reikšmę kon-

kurenciniam pranašumui. Ši standarto versija orientuota į procesų valdymą, rizikos vertinimą ir rezultatų pasiekimą, o dokumentacijos atžvilgiu yra lankstesnė ir mažiau preskriptyvi. ISO 9001 standarto turinio analizė, atlikta įvairių tyrėjų (Matos et al., 2022; Sari et al., 2017; Wilson & Campbell, 2020), atskleidžia daugialypį poveikį organizacijoms, suteikiant reikšmingos naudos operacijų tobulinimui ir kokybės valdymui. Visgi išlieka tam tikras biurokratinis krūvis ir standartų pritaikymo ekonominei veiklai poreikis. Todėl ateities tyrimai turėtų būti skirti standartams (pvz., EN9110) tobulinti, praktiniam pritaikymui analizuoti, siekiant maksimaliai didinti jų veiklos efektyvumą ir tvarumą.

KVS reglamentavimą aviacijos sektoriuje apibrėžia du pagrindiniai EK reglamentai – (ES) Nr. 1321/2014 (145 dalis), skirtas techninės priežiūros organizacijoms, ir (ES) Nr. 748/2012 (21 dalis), taikomas gamybos organizacijoms. Šie dokumentai nustato, kad organizacijos privalo turėti formalią valdymo sistemą, apimančią saugos valdymą (angl. *Safety Management System*, SMS) ir atitikties stebėseną. Jų tikslas – užtikrinti orlaivių tinkamumą skraidyti, skrydžių saugą ir nuolatinę atitiktį standartams. SMS padeda identifikuoti pavojus ir valdyti rizikas dar prieš joms sukeltas incidentus ir kitus nepageidaujamus įvykius. Atitikties stebėseną užtikrina, kad organizacija laikytųsi reikalavimų, vykdydama nepriklausomus auditus ir informuodama apie neatitiktis. Ji apima tiek planinius, tiek neplaninius auditus visose srityse – nuo personalo kompetencijų vertinimo ir įrangos kontrolės iki dokumentacijos bei rizikų valdymo (Europos Sąjungos aviacijos saugos agentūra [EASA], 2025).

EN 9110 standartas taikytinas tik organizacijoms, kurios yra patvirtintos pagal 145 arba 21 dalis. Šis standartas yra orientuotas į komercinės veiklos procesų valdymą ir į klientų pasitenkinimo lygio užtikrinimą, jo taikymas yra savanoriškas, o 145 ir 21 dalių reikalavimai, skirti skrydžių saugai ir tarptautinės oro teisės reglamento laikymuisi, yra privalomi. EN9110 standartas suteikia daug privalumų. Bravi et al. (2019) nurodo, kad pagrindiniai sertifikavimo motyvai yra įmonės įvaizdžio gerinimas, organizacinių tobulinimų siekis ir standarto kaip rinkodaros priemonės naudojimas. Organizacijos, sertifikuotos pagal EN9110 standartą, stiprina savo pozicijas aviacijos pramonėje, skatina nuolatinį tobulėjimą, siekia ilgalaikės sėkmės, įgyja strateginį pranašumą, gerina savo padėtį aviacijos rinkoje ir plečia klientų ratą. Sfreddo et al. (2021) teigia, kad įmonės, įdiegusios ISO 9001, dažniausiai patiria pagerėjusią veiklos efektyvumą, rinkos pozicijos ir finansinių rezultatų sinergiją. Pasak Ahmed ir Ruth (2024), sertifikavimas pagal ISO 9000:2015 standartą suteikia svarbių privalumų: organizacijos įgyja struktūrizuotą ir efektyvų procesų valdymą, užtikrinantį nuoseklius darbo procesus ir patikimą informaciją apie verslo našumą. Tai didina potencialą pritraukti naujus klientus, sudaryti naujas sutartis. Be to, gerėja paslaugų kokybė ir klientų aptarnavimas, o tai prisideda prie aukšto klientų pasitenkinimo, lojalumo. Galiausiai toks sertifikavimas stiprina organizacijos reputaciją ir padeda užtikrinti ilgalaikį augimą bei konkurencingumą.

EN 9110 standartas ir reglamentai (ES) Nr. 1321/2014 bei Nr. 748/2012 siekia bendro tikslo – aviacijos saugos ir kokybės užtikrinimo, tačiau skiriasi taikymo būdais ir teisine galia. Reglamentai yra privalomi ir orientuoti į teisinę atitiktį, EN 9110 – savanoriškas, grįstas kokybės valdymo principais, įskaitant nuolatinį tobulėjimą.

Apibendrinant galima teigti, kad teisinis reglamentavimas užtikrina būtiną aviacijos saugos lygį, tačiau neišnaudoja metodinio KVS potencialo. Todėl organizacijoms rekomenduojama aktyviai diegti KVS, kuri papildo formalų kokybės ir saugos valdymą.

2.2. KVS integracija ir jos tikslingumas gerinant orlaivių ir komponentų gamybinių bei techninės priežiūros organizacijų veiklą

Aviacijos organizacijų veiklą reguliuojanti aplinka yra orientuota į skrydžių saugą, nustatant privalomus procesų, atsakomybės ir priežiūros reikalavimus. KVS, paremta tokiais standartais kaip ISO 9001 ir EN 9110, pabrėžia procesų efektyvumą, nuolatinį tobulinimą ir interesų grupių pasitenkinimą. Šie požūriai yra glaudžiai susiję, tačiau visiškai nesutampa: reglamentinė atitiktis užtikrina saugą, bet savaime neskatina inovacijų. Todėl integruotas požūris tampa logišku sprendimu, leidžiančiu sujungti saugos ir kokybės valdymą į vieningą veiklos modelį.

KVS evoliucijos analizės (Castillo Peces et al., 2014; EASA, 2025; Fonseca et al., 2023; ISO, 2021; Karthi et al., 2012; Llach et al., 2011) rezultatai rodo, kad standartai ir gerosios vadybos praktikos nuolat kito, reaguodamos į reguliacinius, technologinius ir rinkos poreikius. Akivaizdu, kad vien teisinių reikalavimų laikymasis nėra pakankamas ilgalaikiai sėkmei užtikrinti – organizacijos privalo taikyti vadybos priemonių spektrą, orientuotą į procesų efektyvumą, inovacijų diegimą ir kt.

Teorinis KVS potencialas aktualus sprendžiant organizacijų veiklos gerinimo problematiką, nes aviacijos sektoriuje kokybės ir saugos atitikties reikalavimai yra aukšti. Šį potencialą lemia tokie veiksniai: reguliacinės aplinkos griežtėjimas (Blištanová & Tirpáková, 2021), technologinė pažanga (Gorkavyy et al., 2024), rinkos globalizacija (ISO, 2021) ir suinteresuotųjų šalių lūkesčių augimas. Šalys tikisi ne tik atitikties teisiniams reikalavimams, bet ir socialiai atsakingos veiklos. Aviacijos pramonė privalo reaguoti į šiuos iššūkius, integruodama aplinkosaugines strategijas į KVS. Pasak Kopteva et al. (2019), ekologinių priemonių įgyvendinimas ir darbuotojų skatinimas taikyti atsakingą praktiką gali mažinti neigiamą poveikį aplinkai. Integracija suteikia galimybę organizacijoms kurti sisteminį, vertę generuojantį požūrį į kokybės valdymą – ne tik kaip į techninį reikalavimą, bet ir kaip į socialinį bei aplinkosauginį įsipareigojimą.

Melicharova (2018) teigia, kad ISO 9001:2015 akcentuoja riziką grįstą mąstymą. Toks požūris padeda planuoti, peržiūrėti ir tobulinti KVS procesus, įskaitant tiekėjų rizikų valdymą. Rodrigues ir da Silva Junior (2025) tyrimas parodė, kad KVS ir saugos valdymo sistemos (toliau – SVS) integracija gerina komercinės aviacijos saugos praktiką: į kasdienę veiklą įdiegtas kokybės požūris stiprina saugos rezultatus,

palaiko nuolatinį tobulinimą ir skatina visus darbuotojus priimti atsakomybę už saugą. SVS suteikia pagrindą proaktyviam pavojų ir rizikų valdymui, incidentų prevencijai ir skrydžių saugos kultūros stiprinimui, o KVS – procesų valdymo, klientų pasitenkinimo ir nuolatinio tobulinimo mechanizmus. Daniels (2021) teigia, kad KVS ir SVS yra susijusios: kokybė negali būti užtikrinta be saugos, o sauga – be kokybės. Dahmen (2023) akcentuoja, jog SVS negali veikti izoliuotai – jos efektyvumą padidina integracija su kokybės mechanizmais, kuri sukuria nuolatinį grįžtamąjį ryšį, leidžiantį mokytis iš patirties ir mažinti rizikas.

Apibendrinant galima teigti, kad šalia teisinio reglamentavimo kokybės vadybos potencialo taikymas sudaro prielaidas įgyvendinti integruotą požūrį, t. y. efektyviai derinti reguliacinius reikalavimus su vadybiniais principais, taip didinant veiklos efektyvumą, mažinant sąnaudas, stiprinant saugos kultūrą ir kuriant ilgalaikį konkurencinį pranašumą.

2.3. Integruotos saugos ir kokybės valdymo sistemos taikymo naudos grindimas

Aviacijos sektoriuje saugos ir kokybės valdymo sistemos (toliau – SKVS) turi veikti kaip integruota sistema, kurios tikslas – ne tik užtikrinti reglamentų laikymąsi, bet ir sumažinti rizikų tikimybę, susijusią su organizacijos veikla. EN9110 standartas sudaro galimybes susieti kokybės vadybos principus su techninės priežiūros saugos reikalavimais, taip prisidedant prie aukštesnio saugos lygio. Pasak Andres-Jimenez et al. (2020), KVS įdiegimas teikia reikšmingų naudų tiek organizacijos viduje, tiek išorėje. Vidinės naudos apima geresnę produktų kokybę, didesnę procesų našumą, trumpesnius pristatymo terminus, mažesnes sąnaudas, tikslesnę sistemos dokumentaciją ir platesnes žinias apie organizacijos procesus. Išorinės naudos pasireiškia aukštesniu klientų pasitenkinimo lygiu, geresniu įvaizdžiu rinkoje ir didesniu konkurencingumu globalioje aplinkoje.

Integruotos sistemos pateisinimas organizacijoje yra būtinas siekiant įvertinti jos diegimo efektyvumą, nustatyti tobulintinas sritis ir priimti sprendimus dėl tolesnės sistemos plėtros. Vertinimas paprastai grindžiamas kiekybiniais ir kokybiniais metodais, kurių pasirinkimą lemia organizacijos dydis, veiklos pobūdis ir turimų duomenų apimtis. Varajão et al. (2022) pabrėžia išvystytos veiklos matavimo sistemos svarbą ir teikiamą vertę sėkmingam projektų valdymui. Todėl racionalu taikyti tinkamus vertinimo metodus ir priemones: KPI analizę (Alshahrani & Husain, 2023), personalo įtraukties matavimą (Kokkina et al., 2019) ir Demingo ciklą (Rangel-Sánchez et al., 2024). Šie metodai sudaro integruotos sistemos naudos vertinimo modelio pagrindą (1 paveikslas). Pateiktas modelis leidžia struktūruotai įvertinti sistemos diegimo ar tobulinimo poveikį organizacijos veiklos rezultatams. Modelio turinys suformuotas remiantis metodinio potencialo analize ir KVS vertinimo principais, taikomais aviacijos sektoriuje.

Pasirinkti keturi vertinimo elementai:

- **Veiklos efektyvumas** – apima kiekybinius veiklos rodiklius (toliau – KPI). Pasak Payam (2019), KPI yra

esminiai saugos valdymo procesų matavimo ir stebėsenos elementai, apimantys kaštų analizę, procesų įgyvendinimo greitį ir klaidų dažnį. Doto ir Rimawan (2019) teigia, kad ISO 9001 sertifikavimas didina kokybę ir produktyvumą, mažina klientų skundų skaičių ir veiklos sąnaudas.

- **Klientų pasitenkinimo lygis** – vertinamas atliekant klientų apklausas, analizuojant skundus ir lojalumo lygį. Klientų nuomonė atspindi KVS poveikį paslaugų kokybei, įmonės reputacijai. Medina-Merodio et al. (2020) akcentuoja, kad klientų pasitenkinimas yra vienas pagrindinių organizacijų tikslų.
- **Atitiktis reikalavimams** – analizuojama, kiek organizacija atitinka ISO 9001, EN9110, EASA ir kt. reglamentų reikalavimus. Vertinamas tiek dokumentų, tiek procesų atitikimas privalomiems standartams.
- **Vidinių ir išorinių auditų rezultatai** – kaip teigia Dewi et al. (2020), audito procesas leidžia identifikuoti, ar darbo rezultatai atitinka nustatytus kriterijus. Auditai yra svarbus KVS veiksmingumo vertinimo įrankis, o gauti duomenys sudaro prielaidas atlikti korekcinis veiksmus, įgyvendinti prevenciją.

Visi keturi komponentai integruojami į bendros sistemos naudos įvertinimą. Tokia struktūra leidžia atlikti tiek kiekybinę, tiek kokybinę analizę ir identifikuoti stipriąsias bei silpnąsias sistemos puses. Kiekvienas komponentas suteikia unikalių įžvalgų: veiklos efektyvumas ir klientų pasitenkinimas atspindi tiesioginę sistemos naudą, atitiktis reikalavimams – tinkamą oro teisės reikalavimų užtikrinimą, o auditų rezultatai – sistemos būklę ir tobulinimo galimybes. Šis modelis gali būti naudojamas tiek pradiniam sistemos veiksmingumui vertinti po jos diegimo, tiek atliktoms korekcijoms vertinti. Modelio privalumas yra jo paprastumas ir aiškumas, todėl jis lengvai suprantamas

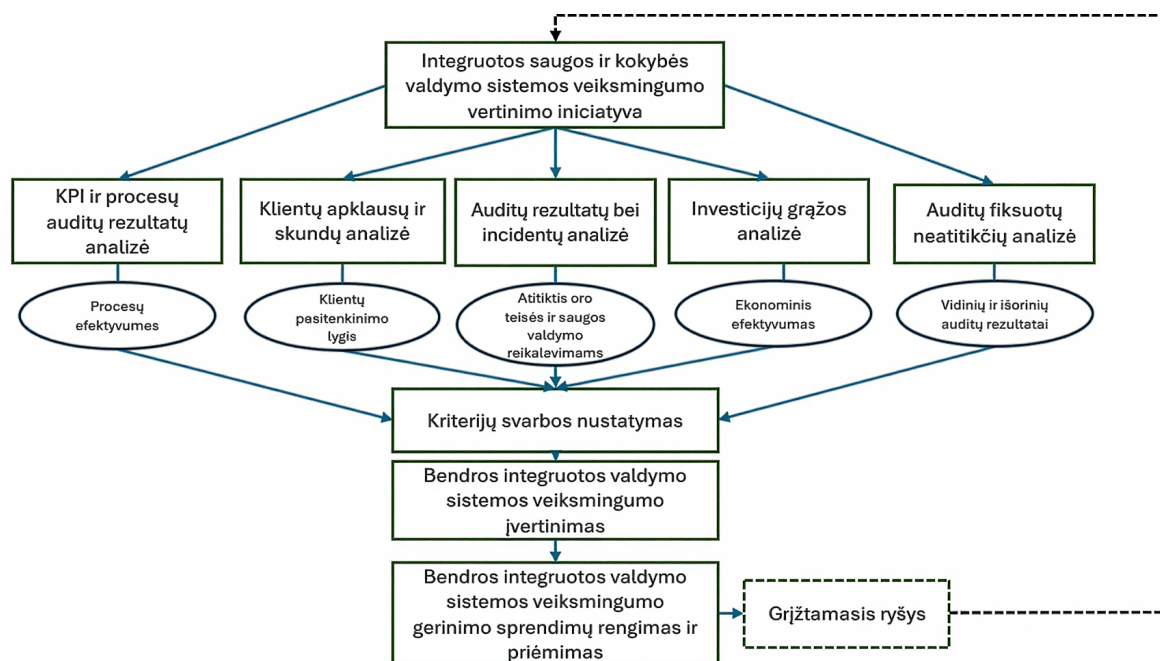
vadovams. Kiekvienas elementas identifikuoja, kurie duomenys susiję su aviacijos reglamentais ir oro teise, o kurie – su KVS (ISO 9001, EN9110). Tokia struktūra leidžia atlikti visapusišką integruotos sistemos naudos vertinimą, lengvina sprendimų priėmimą dėl sistemos diegimo, padeda nustatyti tobulintinas sritis.

3. Integruotos saugos ir kokybės valdymo sistemos poveikio organizacijoms vertinimo metodika

3.1. Tyrimo eigos modelis

Sánchez Carrera et al. (2023) teigia, kad tinkamai parengta tyrimo metodologija užtikrina žinių kokybę ir patikimumą. Ji padeda struktūruoti tyrimą, suteikia jam nuoseklumą ir sumažina klaidų tikimybę formuluojant problemą, pasirenkant tyrimo būdą ar interpretuojant rezultatus. Šiame tyrime taikoma miršri metodika, apimanti kiekybinę ir kokybinę analizę, siekiant užtikrinti tyrimo rezultatų patikimumą.

Duomenų bazė buvo sukurta remiantis ekspertiniais vertinimais, organizacijų veiklos rodikliais (KPI), klientų pasitenkinimo lygio vertinimais bei vidinių ir išorinių auditų analize. Skirtingi metodai turi savų pranašumų – suteikia išsamesnes ir tikslesnes išvadas, didina tyrimo patikimumą ir lankstumą, tačiau taip pat kelia iššūkių, nes reikalauja daugiau laiko, resursų ir apima didelius informacijos kiekius. Marion et al. (2021) pažymi, kad mišraus metodo tyrimo tikslas – suprasti, kaip kokybė valdoma ir užtikrinama aviacijos projektuose, įvertinti esamų kokybės valdymo praktikų tinkamumą aviacijos sektoriui bei identifikuoti kokybės valdymo optimizavimo galimybes šio sektoriaus kontekste. Tyrimas orientuotas ne tik į esamos situacijos diagnostiką, bet ir į naujų kokybės užtikrinimo požiūrių



1 paveikslas. Integruotos sistemos naudos vertinimo modelis (šaltinis: sukurta autorių)

paiešką, siekiant pritaikyti vadybos metodus aviacijos sektoriaus reikalavimams. Mišri tyrimo metodika leidžia derinti kiekybinius (KPI, auditų duomenys) ir kokybinius (ekspertiniai vertinimai taikant AHP metodą) tyrimo metodus. Tai sudaro prielaidas visapusiškam integruotos sistemos veiksmingumo vertinimui – tiek saugos, tiek kokybės valdymo perspektyvose.

3.2. Tyrimo metodų pasirinkimas

Siekiant įvertinti, kaip integruota sistema veikia orlaivių ir jų komponentų gamybos bei techninės priežiūros organizacijų veiklą, tyrimo metodika grindžiama mišriu tyrimu. Vienas iš taikomų metodų – analitinės hierarchijos procesas (angl. *Analytic Hierarchy Process*, AHP), leidžiantis nustatyti integruotos sistemos elementų svarbą organizacijų veiklai pagal ekspertų vertinimus. Shanmugam ir Paul Robert (2015) savo tyrime AHP metodą pritaikė kaip priemonę orlaivių techninės priežiūros funkcijoms prioritetizuoti. Tyrėjai išskyrė aštuonis kriterijus – vadovybės įsipareigojimą, infrastruktūrą, personalo kompetenciją, įrankius, atsargines dalis, dokumentaciją, kokybės ir incidentų valdymą – ir, remdamiesi ekspertų vertinimais, nustatė jų svarbą. Be to, taikoma statistinė analizė, skirta įvertinti pagrindinių veiklos rodiklių pokyčius prieš ir po sistemos diegimo.

Aviacijos sektoriaus veiksmingumo vertinimo tyrimuose taikomi įvairūs sprendimų priėmimo metodai: Delphi metodas, ekspertinis vertinimas, brandos lygio modeliai (pvz., aviacijos tobulinimo brandos modelis (angl. *Aerospace Improvement Maturity Model*) (International Aerospace Quality Group, 2025)), daugiakriterinio vertinimo metodai (pvz., TOPSIS (Yadav et al., 2018) ar PROMETHEE (Akram et al., 2023)). Tyrime pasirinktas AHP, kuris leidžia ne tik struktūruotai įvertinti kriterijų svarbą ekspertiniu vertinimu, bet ir kiekybiškai įvertinti jų prioritetus, kartu patikrinant ekspertų nuomonių suderinamumą. Taikomas mišrus požiūris leidžia integruoti tiek objektyvius, kaip organizacinius veiklos duomenis (KPI), tiek ir subjektyvius įvertinimus pagal ekspertus, taip užtikrinant tyrimo balansą tarp kiekybinės ir kokybinės analizės. Kulakli ir Şahin (2023) teigia, kad AHP plačiai taikomas aviacijos sektoriuje, nes leidžia struktūruotai vertinti tokius kriterijus kaip ekonomiškumas, klientų pasitenkinimas ir paslaugų kokybė. Kang et al. (2016) pabrėžia, kad AHP metodas ypač tinkamas aviacijos techninės priežiūros saugai ir kokybei vertinti, nes suteikia galimybę analizuoti daugybę tarpusavyje susijusių techninių ir organizacinių veiksnų, nustatyti jų prioritetus ir sumažinti subjektyvumo įtaką priimančiam sprendimui.

Remiantis gautais statistiniais duomenimis, buvo atlikta koreliacinė analizė ir skaičiavimai, naudojant SPSS ir „Microsoft Excel“ programas, siekiant nustatyti ryšius tarp integruotos sistemos taikymo ir KPI. Vertinti tokie KPI, kaip paslaugų atlikimo laikas, skundų skaičius, neatitikimų ir incidentų skaičius, auditų rezultatai bei klientų pasitenkinimo lygis. Slater ir Hasson (2024) pažymi, kad kiekybinis metodas sietinas su sistemingu procesu ir procedūromis, užtikrinančiais duomenų tikslumą, nuoseklumą, patikimumą ir vientisumą viso tyrimo metu. Kokybinio metodo tai-

kymas apima ekspertinius vertinimus taikant AHP metodą, siekiant išsiaiškinti praktinius sistemos taikymo ypatumus, problemas ir naudą. Interviu atliktas su 6 ekspertais – kokybės, atitikties ir saugos vadovais arba kitais vadovaujančiais darbuotojais organizacijose, patvirtintose pagal EN9110 ir (arba) EASA 145 ir 21 dalis. Lee (2024) teigia, kad kokybiniai tyrimai vykdomi laikantis griežto, iteracinio proceso, siekiant maksimaliai padidinti objektyvumą ir sumažinti tyrėjo šališkumo riziką.

Abeywardana ir Jayasinghe-Mudalige (2022) pabrėžia, kad KPI yra naudojami tam, jog būtų galima nustatyti, kaip ir koku mastu organizacijos pasiekia verslo tikslus. KPI reikšmės nustatytos pasitelkiant audito ataskaitas, procesų efektyvumo analizės išvadas, klientų pasitenkinimo apklausų duomenis, finansines ataskaitas apie ekonominius rodiklius. Duomenys rinkti iš vidinių ir išorinių auditų, procesų efektyvumo vertinimų, klientų pasitenkinimo apklausų ir ekonominių rodiklių. KPI reikšmėms analizuoti bei vertinti pasirinktas ketverių metų laikotarpis. Siekiant objektyvumo, KPI analizuoti naudojant 2021–2024 m. laikotarpio vidurkių reikšmes, kas leidžia įvertinti integruotos sistemos poveikį pagrindiniams veiklos rodikliams ir jų pokyčių dinamikai.

Tyrimo etika. Tyrimo metu atsižvelgta į svarbiausius etikos aspektus: savanoriškumą, konfidencialumą ir anonimiškumą. Visi dalyviai informuoti apie tyrimo tikslus, duomenų panaudojimą ir asmens duomenų apsaugą. Atsižvelgiant į informacijos jautrumą, tyrime neatskleidžiama, iš kokių organizacijų gauta informacija apie KPI ir auditų išvadas. *Tyrimo rezultatų patikimumas ir ribotumas.* Siekiant duomenų patikimumo, taikyti keli metodai: ekspertinių vertinimų suderinamumo tikrinimas (angl. *Consistency Ratio*, CR) ir duomenų trianguliacija, t. y. skirtingų šaltinių ir metodų – auditų rezultatų, KPI reikšmių pokyčių ir ekspertų nuomonių – lyginamoji analizė. Tyrimo ribotumas – nedidelė EN9110 sertifikuotų organizacijų imtis Lietuvoje, galimai netikslūs, riboti duomenys bei subjektyvumo veiksnys.

Apibendrinant galima teigti, kad pasirinktas mišraus pobūdžio tyrimas leidžia visapusiškai įvertinti integruotos sistemos veiksmingumą. AHP padeda identifikuoti svarbiausius elementus, o statistinė duomenų analizė leidžia nustatyti sisteminio valdymo poveikį veiklos rezultatams. Skirtingų metodų taikymas leidžia palyginti gautus rezultatus tarpusavyje, taip sumažinant vieno metodo galimų paklaidų įtaką ir užtikrinant didesnę išvadų objektyvumą bei patikimumą.

3.3. Ekspertinis vertinimas taikant AHP metodą

Siekiant nustatyti pagrindinių integruotos sistemos veiksmingumo kriterijų svarbą, tyrime taikytas AHP metodas. Jis leidžia struktūruotai palyginti kelis kriterijus tarpusavyje ir nustatyti jų santykinę reikšmę, remiantis ekspertų nuomone. AHP paremtas porinio lyginimo principu: ekspertai poromis lygina kriterijus, naudodami 9 balų Saaty skalę (1 – kriterijai vienodai svarbūs; 9 – vienas kriterijus visiškai dominuoja prieš kitą).

Ekspertų atrankai taikyti šie kriterijai: aviacinis išsilavinimas, ne mažesnė nei penkerių metų patirtis aviacijos srityje, pareigos, susijusios su saugos, kokybės valdymu ar atitiktis stebėsenai organizacijoje. Atranka buvo grindžiama ne tik asmenine kompetencija, bet ir jų atstovaujamų organizacijų veiklos specifika. Tyrime dalyvavo ekspertai iš organizacijų, patvirtintų pagal Part-145 ir (arba) Part-21 reikalavimus ir papildomai sertifikuotų pagal EN9110 standartą. Tokiu būdu užtikrinta, kad apklausti ekspertai atstovautų įmones, kuriose KVS ir SVS veikia kaip integruota sistema. Guest et al. (2006) pabrėžia, kad kokybiniam tyrimui pakanka nuo 5 iki 15 ekspertų, priklausomai nuo tyrimo tikslų, srities sudėtingumo ir ekspertų žinių gylis. Tiriant specifines ir profesionalias sritis, svarbiausia atsiirinkti mažesnę, bet aukštos kompetencijos ekspertų skaičių, galintį pateikti vertingų įžvalgų apie tyrimo objektą. Crouch ir McKenzie (2006) papildė, kad nedidelės (mažiau nei 20) imties interviu palengvina tyrėjo glaudų bendravimą su respondентаis, didina detalaus, nuodugnaus tyrimo pagrįstumą.

Tyrime išnagrinėtos šešių ekspertų įžvalgos. Visi jie užima vadovaujančias pareigas ir yra atsakingi už SVS ir (ar) KVS organizacijose, atstovaujančiose orlaivių ir jų komponentų techninės priežiūros bei gamybos sektorių. Ekspertai turi praktinės patirties diegiant ir vertinant saugos bei kokybės valdymo sistemas. Toks ekspertų skaičius užtikrina pakankamą duomenų įvairovę ir analizės gylį, leidžiantį suformuoti objektyvias tyrimo išvadas. Ekspertinis vertinimas atliktas taikant AHP metodą, naudojant parengtą klausimyną, orientuotą į pagrindinius vertinimo kriterijus (1 lentelė). Ekspertų nuomonių suderinamumui vertinti pasirinktas Saaty suderinamumo santykis (angl. *Consistency Ratio*, CR), kuris yra standartinis AHP metodo rodiklis. Jis leidžia įvertinti, ar ekspertų kriterijų atlikti poriniai kriterijų palyginimai yra logiškai nuoseklūs. CR reikšmė apskaičiuojama naudojant suderinamumo indeksą (CI) ir atsitiktinį indeksą (RI). Priimtina laikoma $CR < 0,1$, nes tokia reikšmė rodo pakankamą nuomonių suderinamumą ir leidžia ekspertų vertinimus naudoti tolimesnei analizei.

Ekspertai vertino integruotos sistemos poveikį organizacijai pagal iš anksto nustatytus vertinimo kriterijus. Kriterijai apėmė tiek vidinę naudą, tokią kaip procesų efektyvumas ir atitiktis reglamentams, tiek išorinę – klientų pasitenkinimą

ir organizacijos konkurencingumą. Ekspertai rangavo kiekvieną kriterijų pagal jo svarbą ir pateikė nuomonę, kaip kiekvienas jų lemia integruotos sistemos poveikį organizacijos veiklai. Vertinimų patikimumui nustatyti papildomai taikytas Kendalo konkordancijos koeficientas (W).

Ekspertinio vertinimo rezultatų apibendrinimas. Siekiami įvertinti bendrą integruotos sistemos veiksmingumą, tyrėjai apskaičiavo veiksmingumo įvertį (V), remiantis AHP metodu nustatytais kriterijų svoriais ir atskirai įvertintomis kiekvieno kriterijaus reikšmėmis. Apskaičiavimui taikyta svertinio vidurkio formulė (formulė):

$$V = K_1 \cdot Q_1 + K_2 \cdot Q_2 + K_3 \cdot Q_3 + K_4 \cdot Q_4 + K_5 \cdot Q_5,$$

čia K_i – atitinkamo kriterijaus vertinimo reikšmė (gauta pagal ekspertinius vertinimus); Q_i – atitinkamo kriterijaus svoris (nustatytas pagal AHP metodą); V – bendras integruotos saugos ir kokybės valdymo sistemos veiksmingumo įvertis.

Apibendrinant galima teigti, kad tyrime pritaikytas ekspertinis vertinimas, atliekamas taikant AHP metodą, leidžia struktūruotai įvertinti integruotos sistemos veiksmingumą, remiantis aukštos kompetencijos aviacijos srities ekspertų nuomonėmis. Ekspertų atranka ir skaičius atitinka kokybinių tyrimų reikalavimus, todėl užtikrinamas pakankama duomenų įvairovė ir gilumas. Vertinimų patikimumui padidinti taikomi Saaty suderinamumo santykis ir Kendalo konkordancijos koeficientas, kurie suteikia galimybę objektyviai įvertinti ekspertų nuomonių logiškumą ir suderinamumą. Taikant AHP metodą gauti ekspertiniai vertinimai sudaro patikimą pagrindą nustatyti integruotos sistemos veiksmingumą lemiančius veiksnius ir apskaičiuoti jų prioritetus aviacijos organizacijų kontekste.

4. Integruotos sistemos veiksmingumo vertinimo tyrimo rezultatų analizė

Siekiant įvertinti veiksmingumą, taikyta principinė vertinimo schema. Remiantis tyrimo metu suformuotu vertinimo modeliu (1 paveikslas), buvo atlikta kiekybinė duomenų analizė organizacijose, sertifikuotuose pagal EN9110 standartą. Kiekybinės analizės metu buvo surinkti ir statistiškai apdoroti pagrindiniai veiklos rodikliai (KPI), leidžiantys

1 lentelė. Ekspertams skirtas klausimynas pagal vertinimo kriterijus (šaltinis: sudaryta autorių)

Vertinimo kriterijus	Klausimas ekspertui	Klausimo paskirtis
K1 – Atitiktis oro teisės ir saugos valdymo reikalavimams	Ar pagerėjo organizacijos atitiktis EASA 145 ir 21 dalių reikalavimams po sistemos diegimo?	Įvertinti sistemos poveikį oro teisės reikalavimų atitikčiai
K2 – Klientų pasitenkinimo lygis	Ar padidėjo klientų pasitenkinimo lygis teikiamomis paslaugomis po sistemos diegimo?	Įvertinti sistemos įtaką klientų pasitenkinimo lygiui
K3 – Procesų efektyvumas	Ar pagerėjo organizacijos procesų efektyvumas po sistemos diegimo?	Įvertinti sistemos poveikį vidinių procesų efektyvumui
K4 – Vidinių ir išorinių auditų rezultatai	Ar sumažėjo neatitikimų skaičius vidinių ir išorinių auditų metu po sistemos diegimo?	Įvertinti sistemos poveikį neatitikimų skaičiui
K5 – Ekonominis efektyvumas	Ar pagerėjo ekonominis organizacijos efektyvumas po sistemos diegimo?	Įvertinti sistemos įtaką finansiniam efektyvumui

įvertinti sistemos poveikį organizacijų veiklai. Tyrimo rezultatai sudaro pagrindą tobulinimo siūlymams parengti.

Integruotos sistemos naudos vertinimo modelis grindžiamas penkiais vertinimo kriterijais:

- **K1 – Atitiktis oro teisės ir saugos valdymo reikalavimams.** Vertinama, kiek organizacijos veikla atitinka Part-145 ir Part-21 reikalavimus, remiantis formaliais atitikties kriterijais.
- **K2 – Klientų pasitenkinimo lygis.** Paslaugų kokybės vertinimas, grindžiamas organizacijų pateiktais duomenimis apie gautų skundų skaičių ir klientų apklausų rezultatus.
- **K3 – Procesų efektyvumas.** Kriterijus grindžiamas organizacijų pateiktais KPI rodikliais ir veiklos optimizavimo rezultatais.
- **K4 – Vidinių ir išorinių auditų rezultatai.** Vertinami vidinių ir išorinių auditų metu nustatyti neatitikimai oro teisės reikalavimams bei organizacijos patvirtintoms procedūroms.
- **K5 – Ekonominis efektyvumas.** Apima veiklos kaštų optimizavimą ir investicijų į KVS grąžą.

Kiekybinei analizei atlikti taikyti KPI duomenys, surinkti iš organizacijų, sertifikuotų pagal EN9110 ir EASA reikalavimus. Duomenys analizuoti pasitelkiant statistinius metodus, pirmiausia – koreliacinę analizę, siekiant nustatyti ryšius tarp KVS taikymo ir veiklos rezultatų pokyčių. Tyrime dalyvavo trys aviacijos organizacijos, kurių veiklos trukmė siekia nuo 5 iki 20 metų, o darbuotojų skaičius – nuo 30 iki 1100. Vertinimo metu analizuoti šie KPI: paslaugų atlikimo laikas, skundų skaičius, neatitikimų skaičius, incidentų skaičius, auditų rezultatai ir klientų pasitenkinimo lygis. Analizuoti duomenys apima 2021–2024 m. laikotarpį. Sudarytos prielaidos įvertinti sistemos poveikį organizacijų veiklos efektyvumui, saugos ir kokybės užtikrinimui bei klientų pasitenkinimo lygiui.

4.1. Organizacijų, sertifikuotų pagal EN9110 standarto reikalavimus, statistinė duomenų analizė

Remiantis gautais statistiniais duomenimis, atlikta koreliacinė analizė, pasitelkiant SPSS ir „Microsoft Excel“ programas. Duomenys surinkti iš trijų tyrime dalyvavusių organizacijų pateiktų vidinių ir išorinių auditų ataskaitų, investicijų grąžos skaičiavimų, klientų apklausų, skundų, saugos

jvykių (incidentų) bei paslaugų atlikimo trukmės registru. Analizei naudoti tokie KPI, kaip saugos rodikliai, paslaugų suteikimo trukmė, incidentų skaičius, klientų skundai, išorinių bei vidinių auditų metu nustatytų neatitikimų skaičius ir ekonominiai veiklos rezultatai. Analizės tikslas – nustatyti ryšius tarp pagal EN9110 standartą diegiamų KVS ir KPI pokyčių. Gauti rezultatai leidžia daryti išvadas, kad integruotos sistemos taikymas turi teigiamą poveikį procesų efektyvumui, saugos užtikrinimui ir atitikties stebėsenai.

Analizuojant sąveiką tarp klientų pasitenkinimo rodiklio, incidentų ir neatitikimų skaičiaus bei ekonominio efektyvumo, fiksuotas reikšmingas gerėjimas: klientų pasitenkinimas vidutiniškai padidėjo 14,5 %, paslaugų atlikimo laikas sumažėjo 19 %, incidentų skaičius – 49 %, neatitikimų skaičius – 40 %, o investicijų grąža padidėjo 127 %. Šie rezultatai koreliuoja su ekspertiniu vertinimu: AHP metodu apskaičiuotas bendras integruotos sistemos veiksmingumo įvertis – $V = 3,82$.

Tyrimo metu atlikta KPI palyginamoji analizė 2021–2024 m. laikotarpiu. Lentelėje (2 lentelė) pateikiami KPI pokyčiai trijose aviacijos organizacijose, sertifikuotose pagal EN9110 standartą. Išanalizuoti duomenys atskleidžia nuoseklų rodiklių gerėjimą: reikšmingai sumažėjo incidentų ir neatitikimų skaičius, padidėjo klientų pasitenkinimo lygis, o paslaugų atlikimo trukmė pastebimai sutrumpėjo.

Tyrimo metu įvertinti KPI pokyčiai prieš ir po EN9110 diegimo rodo teigiamą poveikį: sumažėjo neatitikimų, incidentų ir skundų skaičius, sumažėjo paslaugų atlikimo laikas, o klientų pasitenkinimas padidėjo. Standarto diegimas prisidėjo prie procesų stabilumo, saugos ir paslaugų kokybės gerinimo. Apskaičiuota investicijų grąža (ROI) siekė 127 %, o tai rodo, kad investicijos į KVS buvo ekonomiškai pagrįstos ir atsipirko per trejus metus. Ypač reikšmingas skirtumas nustatytas incidentų ir neatitikimų dažnyje – jų sumažėjimas beveik perpus atspindi aukštesnį procesų kontrolės lygį. Šie rezultatai leidžia teigti, kad EN9110 standartą taikančios organizacijos pasiekia geresnių veiklos rezultatų, aukštesnį kliento pasitenkinimą ir palankesnes finansines tendencijas.

4.2. Ekspertinio kriterijų reikšmingumo vertinimo rezultatų analizė

Ekspertai įvertino pagrindinius kriterijus pagal svarbą (prioritetą) 1–5 balų skalėje, juos sureitingavo ir išreiškė nuo-

2 lentelė. Pagrindinių veiklos rodiklių palyginamoji analizė 2021–2024 m. (šaltinis: sudaryta autorių, remiantis organizacijų KPI duomenimis)

Veiklos rodiklis	2021 m.	2022 m.	2023 m.	2024 m.	Pokytis (%) 2021–2024 m.
Paslaugų atlikimo laikas (dienomis)	30,6	28,2	26,9	24,8	–19 %
Klientų skundų skaičius (vnt.)	13	11	10	9,9	–24 %
Incidentų skaičius (vnt.)	4,9	4,2	3,4	2,5	–49 %
Klientų pasitenkinimo lygis (%)	76,1	79,5	83,0	87,1	+14,5 %
Išorinių auditų neatitikimų skaičius (vnt.)	18,7	16,5	15,1	11,8	–37 %
Vidinių auditų neatitikimų skaičius (vnt.)	51,2	43,8	37,6	29,2	–43 %

monę apie sistemos poveikį įmonės veiklai bei jos teikiamas vidines ir išorines naudas. Vertinimų patikimumui ir ekspertų nuomonių suderinamumo lygiui nustatyti taikytas Kendalo konkordancijos koeficientas (W). Apskaičiuoti įvertinimų vidurkiai leido sudaryti kriterijų rangų eilutę pagal jų reikšmingumą: oro teisės reikalavimų atitiktis – 4,40, auditų rezultatai – 3,80, klientų pasitenkinimas – 3,40, ekonominis efektyvumas – 3,00, procesų efektyvumas – 3,00. Rangų eilutė suformuota remiantis vidutinėmis ekspertų reikšmėmis – aukštesnis vidurkis reiškia didesnę kriterijaus svarbą sistemos veiksmingumui. Gauti rezultatai rodo, kad ekspertai vieningai pripažįsta teigiamą sistemos įtaką organizacijos veiklai. Apskaičiuotas bendras sistemos veiksmingumo įvertis ($V = 3,82$ iš 5) rodo aukštą veiksmingumo lygį. Didžiausią reikšmingumą ekspertai suteikė kriterijams, tiesiogiai susijusiems su sauga, kurie yra būtini užtikrinant, kad pagal Part-145 ir Part-21 patvirtintos organizacijos atitiktų EASA reikalavimus. Kiti kriterijai, susiję su veiksminga komercine veikla, buvo įvertinti 3 balais ir daugiau, kas yra virš vidutinės skalės reikšmės.

Siekiant patikrinti ekspertų nustatytų kriterijų reikšmingumą patikimumą, buvo apskaičiuotas Kendalo konkordancijos koeficientas, kurio reikšmė siekė 0,906. Koeficientas svyruoja nuo 0 iki 1 ($0 < W < 1$), todėl gautas rezultatas rodo aukštą ekspertų nuomonių suderinamumo lygį. Tai leidžia teigti, kad aviacijos ekspertų vertinimai dėl integruotos sistemos poveikio organizacijų veiklai yra pakankamai vieningi. Kriterijų svoriai apskaičiuoti taikant AHP metodą, remiantis poriniais ekspertų įverčių palyginimais. Gauti svoriai yra nuoseklūs ($CR = 0,018$), didžiausią reikšmę turi oro teisės atitiktis ($Q = 0,4027$) ir auditų rezultatai ($Q = 0,2450$).

Apibendrinant, didžiausią integruotos sistemos veiksmingumo reikšmę turi atitiktis oro teisės reikalavimams ir auditų rezultatai. Ekspertai, remdamiesi savo praktine patirtimi, taip pat pabrėžė klientų pasitenkinimo ir ekonominio efektyvumo svarbą, nors šių kriterijų reikšmės buvo šiek tiek mažesnės. Visi kriterijai buvo įvertinti virš vidutinės reikšmės, o tai pagrindžia integruotos sistemos naudą

organizacijų veiklos efektyvumui. Aukštas ekspertų nuomonių suderinamumas patvirtina vertinimų patikimumą. Rezultatai leidžia formuluoti praktines rekomendacijas dėl sistemos diegimo ir tobulinimo aviacijos organizacijose.

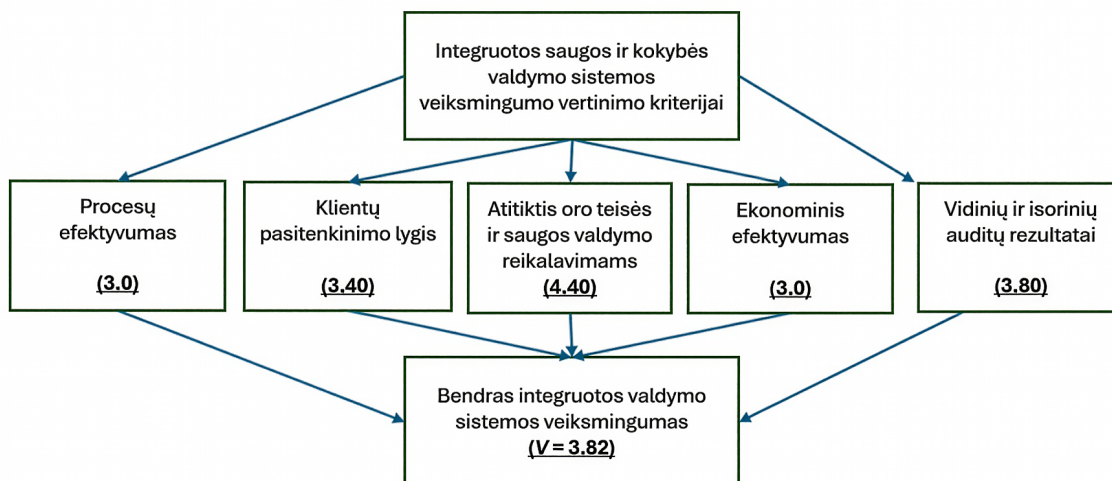
4.3 Integruotos saugos ir kokybės valdymo sistemos vertinimo modelis

Remiantis teorine analize ir empiriniais tyrimais, sukurtas integruotos sistemos veiksmingumo vertinimo modelis (2 paveikslas), pritaikytas organizacijoms, kurios naudoja arba planuoja naudoti tokią sistemą. Modelis apima visus pagrindinius vertinimo kriterijus. Bendras veiksmingumo įvertis ($V = 3,82$) apskaičiuotas taikant svertinio vidurkio metodą, naudojant AHP metodu nustatytus kriterijų svorius (Q_i) ir ekspertinio vertimo kriterijų reikšmes (K_i). Modelis gali būti naudojamas kaip praktinis įrankis organizacijoms, siekiančioms įvertinti integruotos sistemos naudą ir nustatyti tobulintas sritis.

Gauti rezultatai patvirtina, kad integruotos sistemos veiksmingumo vertinimo modelis yra veiksminga priemonė organizacijų veiklos analizei ir tobulinimo sprendimų rengimui. Skirtingai nei bendrieji KVS vertinimo modeliai, šis modelis pritaikytas konkrečiai orlaivių ir komponentų gamybos bei techninės priežiūros organizacijoms, derinant statistinę duomenų analizę ir ekspertinį vertinimą. Modelio privalumas – aiški struktūra ir praktinis pritaikomumas, naudojamas tiek organizacijų veiklos optimizavimui, tiek ir nuolatiniam tobulinimui. Ekspertai pažymėjo, kad sistemos diegimas prisidėjo prie paslaugų atlikimo laiko trumpinimo, neatitikimų mažinimo, klientų pasitenkinimo augimo ir vidinių procesų efektyvumo gerinimo.

5. Išvados

Identifikuoti pagrindiniai KVS vertinimo aspektai aviacijos organizacijose: teisinė atitiktis, klientų pasitenkinimas, procesų ir veiklos efektyvumas. EN9110 standartas integruoja tiek kokybės, tiek saugos valdymo elementus, integruota



2 paveikslas. Integruotos sistemos veiksmingumo vertinimo modelis (šaltinis: sukurtas darbo autorių)

jų sistema gali prisidėti prie organizacijų veiklos veiksmingumo.

Parengta integruotos sistemos veiksmingumo vertinimo metodika grindžiama daugiakriteriniu vertinimu, taikant AHP metodą ir statistinę duomenų analizę. Metodikoje įtraukti penki vertinimo kriterijai: oro teisės reikalavimų atitiktis, klientų pasitenkinimas, procesų efektyvumas, auditų rezultatai ir ekonominis efektyvumas.

Empirinio tyrimo trijose organizacijose rezultatai patvirtina, kad EN9110 standarto diegimas teigiamai veikia visas vertintas sritis. Apskaičiuotas bendras sistemos veiksmingumo įvertis ($V = 3,82$) rodo, kad ekspertai vieningai pripažįsta teigiamą standarto poveikį organizacijų veiklai, o tai patvirtina ir atliktos statistinių duomenų analizės rezultatai.

Gauti rezultatai leidžia pritarti tyrėjų (Dahmen, 2023; Fonseca et al., 2023; Rodrigues & da Silva Junior, 2025) išvadomis, kad KVS ir SVS integracija stiprina procesų patikimumą, mažina klaidų dažnį ir didina organizacijų konkurencingumą. Tyrimas patvirtina ir Dahmen (2023) teiginį, jog SVS negali veikti izoliuotai – jos veiksmingumas užtikrinamas tik sąveikaujant su kokybės valdymo sistema, kuri sudarė prielaidas nuosekliai atitikties ir nuolatinio tobulinimo kultūrai.

Integruotos sistemos naudos vertinimo modelis yra būtinas priimant pagrįstus sprendimus dėl sistemos diegimo ir tobulinimo. Sistema traktuojama kaip veiksminga priemonė, padedanti užtikrinti atitiktį oro teisės reikalavimams ir įgyvendinti vadybinius tikslus aviacijos organizacijose, vertinant procesų, susijusių su saugia ir kokybe, gerinimo galimybes.

Tyrimo imtis apsiribojo trimis EN9110 sertifikuotomis organizacijomis, todėl gauti rezultatai atspindi tik tirtų organizacijų kontekstą ir gali būti ribotai taikomi kitoms. Dalis KPI duomenų buvo gauti iš vidinių organizacijų ataskaitų, todėl išlieka galimas jų interpretacijos šališkumas. Ekspertų skaičius (šeši respondentai) atitinka kokybinių tyrimų reikalavimus, tačiau didesnė imtis galėtų dar labiau sustiprinti rezultatų patikimumą. Atsižvelgiant į tyrimo išvadas, rekomenduojama atlikti platesnės apimties tyrimą, įtraukiant daugiau ekspertų iš įvairių techninės priežiūros ir gamybos organizacijų, taip pat vykdyti išsamesnę ir didesnės apimties duomenų analizę.

Literatūra

Abeyasiriwardana, P. C., & Jayasinghe-Mudalige, U. K. (2022). Role of key performance indicators on agile transformation of performance management in research institutes towards innovative commercial agriculture. *Journal of Science and Technology Policy Management*, 12(1), 1–20. <https://doi.org/10.1108/JSTPM-10-2020-0151>

Ahmed, A. A., & Ruth, D. (2024). The benefits of ISO 9001 certification for small to medium-sized engineering firms. *Performance Improvement*, 63(2), 58–61. <https://doi.org/10.56811/PFI-24-0010>

Akram, M., Noreen, U., & Pamucar, D. (2023). Extended PROMETHEE approach with 2-tuple linguistic m-polar fuzzy sets for selection of elliptical cardio machine. *Expert Systems*, 40(3), Article e13178. <https://doi.org/10.1111/exsy.13178>

Alshahrani, M. A., & Husain, K. S. (2023). Evaluating quality management system performance: A study of ISO 9001 certified organizations. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 40(8), 1753–1773. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-08-2022-0233>

Andres-Jimenez, J., Medina-Merodio, J.-A., Fernandez-Sanz, L., Martinez-Herraiz, J.-J., & Ruiz-Pardo, E. (2020). An intelligent framework for the evaluation of compliance with the requirements of ISO 9001:2015. *Sustainability*, 12(13), Article 5471. <https://doi.org/10.3390/su12135471>

Blišťanová, M., & Tirpáková, M. (2021). A brief overview of implemented management system standards in aviation. *Quality – Access to Success*, 22(185), 205–212. <https://doi.org/10.47750/QAS/22.185.26>

Bravi, L., Murmura, F., & Santos, G. (2019). The ISO 9001:2015 quality management system standard: Companies' drivers, benefits, and barriers to its implementation. *Quality Innovation Prosperity*, 23(2), 64–79. <https://doi.org/10.12776/qip.v23i2.1277>

Castillo Peces, C., Mercado Idoeta, C., & Prado Román, C. (2014). Quality assurance and satisfaction with their results: An application to the implementation of EN 9100 standard in the Spanish aerospace sector. *ESIC Market*, 45(1), 53–73. <https://doi.org/10.7200/esicm.147.0451.2>

Crouch, M., & McKenzie, H. (2006). The logic of small samples in interview-based qualitative research. *Social Science Information*, 45(4), 483–499. <https://doi.org/10.1177/0539018406069584>

Dahmen, P. (2023). Organizational resilience as a key property of enterprise risk management in response to novel and severe crisis events. *Risk Management and Insurance Review*, 26(2), 203–245. <https://doi.org/10.1111/rmir.12245>

Daniels, A. (2021). The next level of success: The benefits of integrating QMSs and SMSs. *American Society for Quality*, 54(3), 56–58.

Dewi, A., Latief, Y., & Sagita, L. (2020). Activity and risk identification in audit process on integrated management system to increase performance efficiency of construction services organization in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 426(1), Article 012014. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/426/1/012014>

Doto, & Rimawan, E. (2019). Impact analysis of ISO 9001 certification on service companies in Indonesia using PLS-SEM. *International Journal of Management*, 10(2), 160–174. <https://doi.org/10.24247/ijmperdapr201933>

Europos Sąjungos aviacijos saugos agentūra. (2025). *Komisijos reglamentas (ES) NR. 1321/2014 bei (ES) Nr. 748/2012*. <https://eur-lex.europa.eu>

Fonseca, L., Domingues, P., Nóvoa, H., Simpson, P., & Sá, J. G. (2023). ISO 9001:2015: The view from the conformity assessment community. *Total Quality Management & Business Excellence*, 34(5–6), 558–579. <https://doi.org/10.1080/14783363.2022.2073212>

Gorkavyi, M. A., Gudim, A. S., & Grabar, D. M. (2024). *Development of a system for detecting production parts within the framework of technological processes in the aviation industry* [Conference presentation]. 2024 International Russian Automation Conference (RusAutoCon), Sochi, Russian Federation. <https://doi.org/10.1109/RUSAUTOCON61949.2024.10694324>

Guest, G., Bunce, A., & Johnson, L. (2006). How many interviews are enough? An experiment with data saturation and variability. *Field Methods*, 18(1), 59–82. <https://doi.org/10.1177/1525822X05279903>

Yadav, S. K., Joseph, D., & Jigeeesh, N. (2018). A review on industrial applications of TOPSIS approach. *International Journal of*

- Services and Operations Management*, 30(3), 374–406.
<https://doi.org/10.1504/IJSOM.2018.091438>
- International Aerospace Quality Group. (2025). *EN9110:2018 standartas*. <https://iaqg.org/standard/9110-qms-requirements-for-aviation-maintenance-organizations/>
- International Organization for Standardization. (2021). *Aerospace series — Quality management systems — Requirements for aviation maintenance organizations* (ISO 9001:2015).
- Kang, N., Zhao, C., Li, J., & Horst, J. A. (2016). A hierarchical structure of key performance indicators for operation management and continuous improvement in production systems. *International Journal of Production Research*, 54(21), 6333–6350.
<https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1136082>
- Karthi, S., Devadasan, S. R., Muruges, R., Sreenivasa, C. G., & Sivaram, N. M. (2012). Global views on integrating Six Sigma and ISO 9001 certification. *Total Quality Management & Business Excellence*, 23(3–4), 237–262.
<https://doi.org/10.1080/14783363.2011.637803>
- Kokkina, D., Chountalas, P. T., & Magoutas, A. I. (2019). Key antecedents and consequences of employee engagement: Empirical evidence from ISO 9001 certified organizations operating in the ICT sector. *International Journal of Management*, 10(2), 160–174. <https://doi.org/10.24247/ijmperdapr201933>
- Kopteva, L., Romanova, I., Ivanova, M., & Kulakov, V. (2019). Compliance with ecological safety requirements in air transport organizations. *E3S Web of Conferences*, 91, Article 08042.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199108042>
- Kulakli, A., & Şahin, Y. (2023). *A combined MCDM approach for improvement of airlines' ground operations performance: A case study from Türkiye*. Preprint.
<https://doi.org/10.20944/preprints202307.1151.v1>
- Lee, Y. S. (2024). Qualitative and mixed methods. In *Translational orthopedics* (pp. 229–232). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/b978-0-323-85663-8.00010-6>
- Limon-Romero, J., Garcia-Alcaraz, J. L., Sanchez-Lizarraga, M. A., Gastelum-Acosta, C., Baez-Lopez, Y., & Tlapa, D. (2024). Implementing a Quality Management System based on ISO 9001:2015 standard: Modeling the enablers' relationships. *IEEE Access*, 12, 195174–195187.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3520892>
- Llach, J., Marimon, F., & Bernardo, M. (2011). ISO 9001 diffusion analysis according to activity sectors. *The TQM Journal*, 23(2), 145–162. <https://doi.org/10.1108/02635571111115191>
- Marion, J. W., Richardson, T. M., & Anantatmula, V. (2021). Managing quality in aviation projects. *Engineering Management Journal*, 33(2), 144–156.
<https://doi.org/10.1080/10429247.2020.1858642>
- Matos, F., Vairinhos, V., Anes, A., Matos, M. F., & Vale, J. (2022). Relating organizational knowledge with ISO 9001: 2015: An empirical approach. In *Proceedings of the European Conference on Knowledge Management* (pp. 814–821).
<https://doi.org/10.34190/ekm.23.2.812>
- Medina-Merodio, J.-A., De-Pablos-Heredero, C., Jimenez-Rodriguez, L., Fernandez-Sanz, L., Robina-Ramirez, R., & Andres-Jimenez, J. (2020). A framework to support the process of measurement of customer's satisfaction according to ISO 9001. *IEEE Access*, 8, 102554–102569.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2998434>
- Melicharova, A. (2018). Standard ISO 9001:2015, most important changes and their impact on supplier complaints management. In *Engineering for Rural Development: Proceedings of the 17th International Scientific Conference* (pp. 765–770). Latvia University of Life Sciences and Technologies.
<https://doi.org/10.22616/ERDev2018.17.N448>
- Rangel-Sánchez, M.-Á., Urbina-González, J.-D.-J., Carrera-Escobedo, J.-L., Guirette-Barbosa, O.-A., Murillo-Rodríguez, V.-A., Celaya-Padilla, J.-M., Durán-Muñoz, H.-A., & Cruz-Domínguez, O. (2024). Enhancing scrap reduction in electric motor manufacturing for the automotive industry: A case study using the PDCA (Plan–Do–Check–Act) approach. *Applied Sciences*, 14(7), Article 2999. <https://doi.org/10.3390/app14072999>
- Rodrigues, R. B., & da Silva Junior, M. C. (2025). Quality management as a catalyst for aviation safety: A qualitative exploration of risk governance practices in global airlines. *Journal of the Air Transport Research Society*, 5, Article 100081.
<https://doi.org/10.1016/j.jatrs.2025.100081>
- Ruamchat, K., Thawesaengskulthai, N., & Pongpanich, C. (2017). Development of Quality Management System under ISO 9001:2015 and Joint Inspection Group (JIG) for aviation fueling service. *Management and Production Engineering Review*, 8(3), 50–59. <https://doi.org/10.1515/mp-2017-0028>
- Sánchez Carrera, D. R., de la Cruz Hernández, R., López Hernández, L. D. C., & Roman-Acosta, D. (2023). Fundamentals and applications of research methodology: Approaches, phases and scientific validity. *Seminars in Medical Writing and Education*, 2, Article 158. <https://doi.org/10.56294/mw2023158>
- Sari, Y., Wibisono, E., Wahyudi, R. D., & Lio, Y. (2017). From ISO 9001:2008 to ISO 9001:2015: Significant changes and their impacts to aspiring organizations. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 273(1), Article 012021.
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/245/1/012021>
- Sfreddo, L. S., Vieira, G. B. B., Vidor, G., & Santos, C. H. S. (2021). ISO 9001-based quality management systems and organizational performance: A systematic literature review. *Total Quality Management & Business Excellence*, 32(3–4), 389–409.
<https://doi.org/10.1080/14783363.2018.1549939>
- Shanmugam, A., & Paul Robert, T. (2015). Ranking of aircraft maintenance organization based on human factor performance. *Computers & Industrial Engineering*, 88, 410–416.
<https://doi.org/10.1016/j.cie.2015.07.017>
- Shende, P. N., Kadao, A., Palery, A., Soni, A., Davim, J. P., & Dikshit, M. K. (2022). Implementation of ISO 9001 in the manufacturing industry: A literature review. In *Advances in manufacturing engineering* (pp. 375–388). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-981-19-4208-2_27
- Slater, P. F., & Hasson, F. (2024). Quantitative data quality assurance, analysis and presentation. *Journal of Psychiatric and Mental Health Nursing*, 32(3), 723–727. <https://doi.org/10.1111/jpm.13143>
- Varajão, J., Magalhães, L., Freitas, L., & Rocha, P. (2022). Success management – from theory to practice. *International Journal of Project Management*, 40(5), 481–498.
<https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2022.04.002>
- Wilson, J. P., & Campbell, L. (2018). ISO 9001:2015: The evolution and convergence of quality management and knowledge management for competitive advantage. *Total Quality Management & Business Excellence*, 29(7–8), 761–776.
<https://doi.org/10.1080/14783363.2018.1445965>

EVALUATION OF THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEMS FOR AIRCRAFT AND COMPONENT MANUFACTURING AND MAINTENANCE ORGANIZATIONS

J. Mikalainis, Ž. Jezerskė

Abstract

Ensuring operational efficiency is a critical condition for aviation organizations to maintain high levels of flight safety while remaining competitive. Aircraft and component manufacturing

and maintenance organizations are required to comply with European Commission (EC) regulations (EU) No. 1321/2014 and No. 748/2012, which primarily focus on safety rather than broader management aspects. The EN9110:2018 standard based on ISO 9001 principles and of a recommendatory nature, offers an additional opportunity to enhance process efficiency, reduce costs, improve customer satisfaction, and support long-term sustainability. This study aimed to develop a model for assessing the effectiveness of quality management systems specifically adapted to aviation organizations. To achieve this, scientific literature was reviewed, EN9110 requirements were compared with EASA regulations, and expert surveys, interviews, and statistical data analyses were conducted. The resulting model for evaluating the impact of an integrated safety and quality management system enables the identification of relationships between operational efficiency, customer satisfaction, regulatory compliance, and audit outcomes. The findings confirm that the EN9110 standard effectively complements mandatory legal requirements, and its application provides significant benefits when leveraged as a tool for optimizing organizational performance, reducing costs, and enhancing competitive advantage within the aviation sector.

Keywords: quality, safety, management, system, EN9110 standard, evaluation, effectiveness, aviation.