

ELEKTRONIKOS SEKTORIAUS TIEKIMO GRANDINIŲ TRANSFORMACIJA COVID-19 KONTEKSTE

Rytis LIUCVAIKIS*, Ieva MEIDUTĖ-KAVALIAUSKIENĖ

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Verslo vadybos fakultetas,
Verslo technologijų ir verslininkystės katedra, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva*

**El. paštas rytis.liucvaikis@stud.vilniustech.lt*

Gauta 2022 m. kovo 14 d.; priimta 2022 m. gegužės 31 d.

Santrauka. COVID-19 pandemijos poveikis yra jaučiamas visuose verslo sektoriuose ir jų tiekimo grandinėse. Pandemija parodė, kad dalis tiekimo grandinių yra lengvai pažeidžiamos ir neatsparios tokioms krizėms. Šio straipsnio tikslas yra išnagrinėti pagrindines elektronikos sektoriaus tiekimo grandinių transformacijas pandemijos kontekste. Pandemijos kontekste yra pastebimos trys skirtingos tiekimo grandinių transformacijos, tai yra: 1) grįžimas iš *Just-in-time* (JIT) strategijos į *Just-in-case* (JIC) dėl išaugusių žaliavų pristatymo terminų; 2) gamybos perkėlimas/sugrąžinimas į originalias kilmės šalis norint mažiau priklausyti nuo trečiųjų šalių; 3) padidėjusios investicijos į skaitmenizaciją, siekiant sumažinti tarpininkų skaičių tarp gamintojo ir galutinio vartotojo. Atsižvelgiant į prieš tai minėtas transformacijas, šio straipsnio ribose bus atliktas daugiakriterinis vertinimas bei antrinių duomenų analizė, siekiant nustatyti kriterijus, kurie turėjo didžiausią įtaką šioms transformacijoms ir į ką įmonės turi atkreipti dėmesį norėdamos pagerinti savo tiekimo grandinių gebėjimą priešintis, išgyventi ir atsitiesti ateityje po tokių krizių kaip COVID-19 pandemija.

Reikšminiai žodžiai: tiekimo grandinės, COVID-19, transformacijos, skaitmenizacija, gamybos perkėlimas, *Just-in-time*, *Just in case*, daugiakriterinis vertinimas.

Įvadas

Šiuo metu Pasaulyje vyksta daug pasikeitimų darančių įtaką visiems gyvenimo procesams. Vienas tokių yra COVID-19 sukelta pandemija. Koronavirusinė infekcija yra labai užkrečiama viršutinių kvėpavimo takų liga kelianti pavojų visai visuomenei, kurios ilgalaikius padarinius ekonomikai pradedame suvokti tik dabar. Pasak Pasaulinės Sveikatos Organizacijos (PSO) žmonija yra patyrusi daugiau nei 1438 įvairių ligų protrūkių 2011–2018 metais (Hudecheck et al., 2020). Tačiau dabartinė COVID-19 pandemija yra visiškai unikali savo poveikiu visuomenei lyginant su kitomis panašiomis epidemijomis, kurios siautė 2003 (SARS) ar 2009 (H1N1). Didžiausias Amerikos kompanijas reitinguojančiame žurnale Fortune 1000 2020 metais pateikta ataskaita parodė jog 94 % šiame sąraše esančių kompanijų tiekimo grandinės buvo vienaip ar kitais sutrikdytos (Sherman, 2020). Siekiant pažaboti ligos plitimo greitį, daugelis Pasaulio vyriausybių ėmėsi griežtų priemonių. Daugelio sektorių tiekimo grandinės patyrė įvairių sutrikimų stengdamosi prisitaikyti prie pasikeitusių gyvenimo sąlygų (Voas et al., 2021).

Elektronikos produktai yra neatsiejama šiuolaikinės visuomenės dalis, bet jų svarba dar niekada nebuvo tokia didelė, kaip dabar, kai COVID-19 pandemija privertė bemaž visa žmonių bendravimą perkelti į elektroninę erdvę (Althaf ir Babbitt, 2021). Anot Sarkis et al. (2020), kuomet visame Pasaulyje buvo pradėta laikytis „saugaus atstumo“ dauguma žmonių ir įmonių perkėlė darbą, mokymosi procesą ir visą bendravimą į elektroninę erdvę. O remiantis Stone (2020), nešiojamųjų kompiuterių ir išmaniųjų telefonų paklausa taip išaugo, kad nebeliko net ir antrinėje rinkoje. Tačiau pandemija taip pat atskleidė, kad tiekimo grandinės, parūpinančios gyvybiškai svarbias žaliavas elektronikos gamybai, yra vis labiau pažeidžiamos socialinių, geopolitinių ir techninių sutrikimų.

Šio straipsnio tikslas – ištirti elektronikos sektoriaus tiekimo grandinėse, todėl jame bus atlikta sisteminė literatūros analizė, apžvelgianti elektronikos sektoriaus tiekimo grandinių pasikeitimus, bus aprašyta tyrime naudojama daugiakriterinio vertinimo metodologija bei atliktas didžiausią įtaką turėjusių kriterijų įvertinimas.

1. Literatūros apžvalga

Pačiu laiku (angl. *Just-in-time* (JIT)) konceptualiai galima suvokti kaip reiškinį, kuomet viskas vyksta *vienu metu* (*Just in time*). Jis prasidėjo 1970-aisiais kuomet japonų automobilių gamintojai, tokie kaip Toyota ir Honda perėjo prie JIT strategijos norėdami sumažinti atsargų priežiūrai skiriamus resursus (Beasley, 2019).

Jau kelis dešimtmečius mažai resursų ir minimalių atsargų reikalaujantis požiūris buvo pagrindinis tiekimo grandinių projektavimo principas. Tačiau šiandieniniame Pasaulyje galima pastebėti, kad vis didesnė priklausomybė nuo tiekėjų paverčia tiekimo grandines pažeidžiamomis, ką aiškiai parodė COVID-19. Todėl didėjantis stichinių nelaimių, klimato krizių ar pandemijų skaičius galimai sukels vis daugiau problemų tiekimo grandinėse. Šios problemos skatina įmones iš naujo apgalvoti JIT strategija pagrįstą atsargų valdymą ir rasti techninius sprendimus galinčius aiškiai parodyti silpnąsias tiekimo grandinių vietas.

Lean ir JIT principai, kai jie yra veiksmingai taikomi keliuose tiekimo grandinės ešelonuose, duoda potencialios naudos visiems. Pavyzdžiui, sumažinus „atliekų“ kiekį, o galutiniam vartotojui tinkamu laiku ir vietoje padarant tinkamą produktą, t. y. laikantis JIT principų, galima nedviprasmiškai pagerinti našumą. Bendras JIT tikslas yra optimizuoti veiklą tiekimo grandinėje galutinio vartotojo požiūriu. Tačiau išplėtus ir skleidžiant taupią praktiką visose tiekimo, transformavimo ir pristatymo grandinėse gali kilti nesusipratimas dėl labai didelio kintamumo, atsirandančio dėl nenumatytų išorinių įvykių. Tiekimo grandinės yra skirtos nominalioms operacijoms, o ne kartą gyvenime pasitaikantiems sutrikimams atsigavimas (Simchi-Levi, 2020). Todėl verta atkreipti dėmesį į pagrindinius principus ir sąvokas, susijusias su JIT ir Lean tiekimo grandinėmis.

Užuot sutelkę dėmesį į viso neefektyvumo ir „taršos“ (muda) pašalinimą visoje tiekimo grandinėje, įmonės labiau rūpinasi veiklos tęstinumu. Tokiomis aplinkybėmis kai kurios įmonės gali apsvarstyti galimybę pereiti nuo JIT prie JIC metodologijos ir turėti pakankamai atsargų, kad sumažintų pasiūlos ir paklausos neapibrėžtumą ir sutelktų dėmesį į efektyvumo ir lankstumo, atsparumo ir patikimumo pusiausvyrą. Tačiau tik tuo atveju prireiktų daugiau „saugių atsargų“, kad būtų išvengta galimų pristatymo vėlavimų, o tai reikšia papildomas išlaidas ir Lean/JIT metodikos neatitikimą. Taikydamos JIC atvejį, įmonės akcentuoja kompromisą tarp efektyvumo ir atsparumo. Jos ruošia nenumatytų atvejų planus bei susitaiko su galimai didesnėmis išlaidomis ir ilgesniu pristatymo terminu, daugiau dėmesio skiria patikimais nei pigesniems tiekėjams (Fonseca & Azevedo, 2020). Taip pat JIC atveju, atsparumas sutrikusiam tiekimui ir klientų poreikių tenkinimas gali sukelti papildomų sąnaudų, susijusių su atsargų kiekiu, kurias kažkas vis tiek turės padengti arba padidindamas kainas arba sumažindamas pelningumą, o, kai kuriais atvejais, subalansuodamas abu (Jiang et al., 2022).

Dar vienas COVID-19 krizės padarinys tiekimo grandinėms yra gamybos perkėlimas. Dėl globalizacijos įmonės gali perkelti gamybą ten, kur ji efektyviausia. Tačiau šalys jau pradeda įvertinti, kiek jos tapo priklausomos nuo kitų valstybių, ir atsižvelgia į tai, kokias svarbiausias technologijas, svarbiausius išteklius ir gamybos pajėgumus nori išlaikyti savo įtakoje. Pavyzdžiui, JAV prezidento Donaldo Trumpo administracija priėmė šiuos pajėgumus turinčią išsaugoti strategiją. Kitos šalys taip pat eina šiuo keliu, pvz., Prancūzijos finansų ministras nurodė Prancūzijos įmonėms iš naujo įvertinti savo tiekimo grandines, kad jos taptų mažiau priklausomos nuo Kinijos ir kitų Azijos šalių (Irwin, 2020). Vyriausybės gali pereiti prie regioninių prekybos blokų ir skirti daugiau dėmesio tam, kad įmonės padidintų tiekimo grandinės atsparumą (Zhang, 2021). Verslumas, inovacijos, žinių ekonomika, tvarus intelektualinio kapitalo vystymas ir skaitmenizacija turėtų išlikti pagrindiniais konkurencingumo ir plėtros didinimo.

Puslaidininkiniai lustai, dar kitaip vadinami mikroschemomis, yra naudojami beveik kiekviename šiandieniniame prietaise. Taigi bet koks šių komponentų trūkumas gali sukelti didžiules problemas kiekvienos valstybės ekonomikai ir saugumui (Kshetri & Voas, 2021). Pavyzdžiui, standartinis automobilis naudoja nuo 50 iki 150 lustų, o patys moderniausi net ir iki 3000 (Ziaddy, 2021). Puslaidininkinių trūkumas palietė ne tik automobilių pramonę, bet ir tokių produktų kaip mobilieji telefonai, žaidimų konsolės, vaizdo ir garso technika, gamybą. Nepaisant plataus lustų naudojimo automobiliuose ir buitinėje technikoje, jie taip pat plačiai naudojami ir karo pramonėje. O turint omenyje, kad didžioji dalis mikroschemų gamybos yra sutelkta Taivane, jei tos įmonės staiga užsidarytų, prireiktų 3 metų ir 350 milijardų dolerių investicijų, kad būtų atstatyta gamyba kitose šalyse.

Remiantis Kharpal (2021), pastaraisiais metais rytų Azijos valstybės, Taivanas ir Pietų Korėja dominuoja pažangių puslaidininkinių komponentų (mažesnių nei 10 nm) gamyboje. Šiuo metu Pasaulyje šios dvi valstybės užima 100 % rinkos: 92 % Taivane ir 8 % Pietų Korėjoje (Semiconductor Industry Association, 2021). Taigi, žvelgiant į šiuos skaičius galima suprasti, kad šių gamybinių procesų perkėlimas į Europą ar į Jungtines Amerikos Valstybes yra sunkiai įmanomas ir remiantis Puslaidininkinių Pramonės Asociacijos atliktais skaičiavimais (Kim, 2021) tai kainuotų 1 trilijoną JAV dolerių investicijų ir komponentų kainas pakeltų 35–65 %.

Spręsti puslaidininkių ir kitų elektronikos komponentų trūkumą tapo daugelio Pasaulio valstybių prioritetu. Tačiau pastatyti vieną lustų fabriką gali kainuoti 10–20 mlrd. JAV dolerių ir to įmonės negali padaryti be vyriausybės įsikišimo, kaip parodė Taivano ir Pietų Korėjos pavyzdžiai (Semiconductor Industry Association, 2021). Vakarų Pasaulio ekonomikos jau formuoja panašias strategijas kurias naudojo rytų Azijos valstybės. Europos Komisija parengė 10 metų planą, pagal kurį žadama 2030 metais Europoje pagaminti 20 % Pasaulyje panaudojamų puslaidininkių (Keane, 2021). 2021 m. balandį kompanijos „Intel“ generalinis direktorius susitikime su dviem ES komisarais aptarė galimybes, kurios padėtų ES tapti konkurencingesne lustų gamyboje ir taptų mažiau priklausoma nuo partnerių Azijoje ar Amerikoje (Nellis ir Waldersee, 2021). Panašių pavyzdžių galima pastebėti ir Lietuvoje. Įmonių grupė „Teltonika“ iki 2030 metų pasirengusi investuoti 3,7 mlrd. Eur. į lustų ir silicio išgryninimo iš kvarcinio smėlio gamyklų statybas (Teltonika, n. d.-a).

Jau ir prieš pandemiją elektronikos sektoriaus įmonės pamažu plėtė savo tiekimo grandinių skaitmenizaciją norėdamos dar labiau atitikti savo klientų lūkesčius, didinti darbo našumą neskiriant tam didelių lėšų. Pradedus COVID-19 krizei šis procesas tapo dar reikšmingesnis dėl sergančio ir negalincio dirbti personalo. Išgyventi šiuos sunkumus daliai įmonių padėjo perėjimas prie e-komercijos. Visame Pasaulyje užsidarius fiziniams parduotuvėms verslo modelis pasikeitė iš Business to Business (B2B) į Business to Consumer (B2C), kas leido kompanijoms trumpinti savo tiekimo grandines taip padidinant aptarnavimo greitį ir klientų pasitenkinimą (McKinsey & Company, n. d.).

Prie skaitmenizacijos labai prasideda daiktų interneto plėtra transportavimo ir sandėliavimo srityje. Elektroninių etikečių klijavimas ant objektų yra efektyvus ir lankstus valdymas esminis daiktų interneto technologijos aspektas. Tipiška radijo dažnio identifikavimo technologija (RFID) sistemą sudaro elektroninės žymos, skaitytuvai ir informacijos apdorojimo sistemos. Norėdami apibūdinti bet kokių objektų ryšį per RFID, kiekvieną objektą turi būti suteiktas identifikavimo kodas tapatybei patvirtinti. Kiekvienas tinkle rodomas įrenginys gauna unikalų kodą, kad būtų nustatomas jo unikalumas, o vienas elementas gali turėti kelis identifikavimo numerius (Ping et al., 2018). Prekės irgi turi savo specialius identifikavimo ID, pagal kuriuos jos yra identifikuojamos, o vienos prekės ID taip pat turi skirtis ir nuo kitų tos pačios prekės ID. Taigi, identifikavimo struktūros dizainas, identifikavimo kartografavimo mechanizmas ir anoniminis identifikavimo technologijos yra svarbūs kriterijai, skatinantys RFID technologijos panaudojimą siekiant automatizuoti tiekimo grandines. Pasak (Ping et al., 2018) taikant šią technologiją logistikoje išryškėja du privalumai. Pirma, atsiranda galimybė žymas padėti ant palečių, o jų skaitytuvus prie įėjimo ir išėjimo iš sandėlio, tokiu būdu galima fiksuoti daug naudingos informacijos apie prekių atsargas. Antra, pagerėja inventoriaus kontrolės kokybė. Pavyzdžiui, naudojant RFID skaitytuvus galima smarkiai sumažinti neatitikimų grėsmę, kuomet yra išsiunčiamos ne tos prekės arba ne tas kiekis. Tai taip pat sumažina bereikalingą prekių gabenimą pačiame sandėlyje, nes RFID padeda iš karto nukreipti prekes į reikiamą vietą (Qi ir Tao, 2018).

E-komercijos logistikos sistemos platinimo operacijos modelyje įmonei reikia duomenų bazėje nustatyti transporto optimizavimo modelį. Modelis paprastai reikalauja minimalių transportavimo sąnaudų yra optimizavimo tikslas, o daugiausiai atsižvelgiama į veiksnius susijusius su transportavimo maršrutais ir transportavimo apimtims. Elektroninės prekybos logistikos sistema naudoja RFID technologiją, kad realiuoju laiku gautų informaciją apie transporto priemonės buvimo vietą naudojant RFID technologiją. Be to, sistema naudoja RFID technologiją transporto priemonės vietos informacijai rodyti elektroniniame žemėlapyje ir atvaizduoja transporto priemonės judėjimo trajektoriją, kad būtų gaunama krovinių maršrutą ir kitą informaciją (Teltonika, n. d.-b).

2. Metodika

Šio straipsnio tikslui įgyvendinti yra naudojama daugiakriterinio vertinimo metodika (angl. Multiple-criteria decision making – MCDM). Pasak Chowdhury et al. (2021) nuo pandemijos pradžios pasirodė net 74 moksliniai straipsniai susiję su tiekimo grandinėmis ir COVID-19 ir net 31 iš jų autoriai savo mintis pagrindė įvairiais tyrimais. Tarp pasirinkusių naudoti MCDM metodiką yra 4 autoriai (Büyükožkan ir Güler, 2021; Hu et al., 2021; Paul et al., 2021; Sharma et al., 2020). Daugiakriterinio vertinimo modeliai padeda priimti sprendimus atsižvelgiant į daugelį tikslų. Štai Wang et al. (2022) ir Ghorbani et al. (2013) konstatuoja, kad tyrinėjant tiekimo grandinių tvarumą dažnai naudojami miglotos analizės metodai (angl. fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP)) kartu su miglotu artumo idealiajam taškui metodu (angl. *Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution* (TOPSIS)). O Büyükožkan ir Güler (2021) kartu su daugiakriteriniu vertinimu pasitelkia ir daugiakriterinės optimizacijos santykių analizės pagrindu metodą (angl. *Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis* (MOORA)), kad sukurtų tiekimo grandinių analizės įrankį, galintį įvertinti jų nestabilumus.

Remiantis atlikta literatūros analizę nustatyti tiekimo grandinių transformacijų kriterijai. Anot Hu et al. (2021), organizacijos turi reguliariai ir greitai peržiūrėti ir atnaujinti savo tiekimo grandinių būklę ir kurti funkcionalias valdymo sistemas galinčias numatyti ir reaguoti į staigius aplinkos pasikeitimus.

Vertinant elektronikos sektoriaus tiekimo grandinių transformacijas COVID-19 kontekste reikia nustatyti kriterijus, turinčius kritinę įtaką šioms transformacijoms, kurios apima perėjimą iš JIT į JIC, gamybos perkėlimą ir spartėjančią skaitmenizaciją. Atrenkant kriterijų įtaką tiekimo transformacijoms naudojamas TOPSIS metodas. Jo esmė – nustatyti kiekvienos alternatyvos santykinį atstumą iki „idealiai blogiausio“ varianto. Kuo tas atstumas didesnis, tuo vertinama alternatyva yra tinkamesnė sprendimo priėmėjui. TOPSIS metodo skaičiavimams buvo naudojamos šios formulės:

$$xx_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}, \quad (1)$$

čia: x_{ij} – i -tosios alternatyvos j -tojo rodiklio reikšmė.

Atstumas tarp lyginamosios i -tosios ir „idealiai geriausios“ v_i^+ alternatyvų nustatomas skaičiuojant atstumą n -matėje Euklido erdvėje pagal formulę:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_i^+)^2}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (2)$$

o tarp i -tosios ir „neigiamai idealios“ v_i^- alternatyvų – pagal formulę:

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_i^-)^2}, \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (3)$$

Po to nustatomas santykinis kiekvienos alternatyvos artumas idealiam variantui, ir apskaičiuojamas pagal formulę:

$$P_i = \frac{s_i^+}{s_i^- + s_i^+}. \quad (4)$$

Remiantis TOPSIS metodika bei atlikta literatūros analize, atsižvelgiant į pateiktus tiekimo grandinių transformacijų kriterijus suranguojami tiriamieji objektai ir suformuluojami tyrimo rezultatai.

3. Tyrimo rezultatai

Remiantis Hu et al. (2021) organizacijos turi reguliariai ir greitai peržiūrėti ir atnaujinti savo tiekimo grandinių būklę ir kurti funkcionalias valdymo sistemas galinčias numatyti ir reaguoti į staigius aplinkos pasikeitimus. Todėl šis autorių tyrinėjamas įvairių pramonės įmonių tiekimą suskirstė kriterijus į keturias skirtingas kategorijas:

- *Produktyvumas ir logistika*. Pasak Hsu et al. (2016), darbo jėga yra pagrindinis veiksnys lemiantis stabilų tiekimo grandinių veikimą, todėl būtina išlaikyti pakankamą darbuotojų skaičių net ir esant ekonominiam sunkmečiui. Tačiau epidemijos akivaizdoje daugelis įmonių negali tinkamai planuoti ir pamatuoti savo darbo apimčių, todėl Karimi et al. (2019) nustatė jog platesnis gamyklų ir tiekėjų tinklas užtikrina didesnę lankstumą esant tiekimo grandinių sutrikimams.
- *Žaliavų tiekimas*. Šiais laikais būtina suvokti kokios yra įmonės pagrindinio tiekėjo kompetencijos, ir ar jos atitinka visus reikalavimus ypač tuo atveju jei tiekėjas susidurtų su medžiagų trūkumu (Uluskan ir Godfrey, 2018). Taip pat Luomaranta ir Martinsuo (2020) pastebi, kad gamintojai turėtų pasirūpinti alternatyviais tiekėjais, kad ištikus nelaimėi nestrigtų gamybiniai procesai.
- *Globali valdymo strategija*. Remiantis Huo et al. (2015) galima teigti, kad organizacijos turi nustatyti sau optimalų atsargų kiekį, kad nesustotų procesai esant tiekimo grandinių sutrikimams. Tuo tarpu Kalir ir Grosbard (2017) pademonstravo, jog pasitelkiant globalias tiekimo grandines galima užtikrinti sklandų organizacijos darbą išvengiant žaliavų trūkumo gamyboje.
- *Grynųjų pinigų ir informacijos valdymas*. Grynųjų pinigų srautas yra kertinis veiksnys lemiantis prekių tiekimą, todėl suvokiant ryšį tarp pinigų cirkuliacijos ir tiekimo grandinių, galima priimti geresnius sprendimus susijusius su operacijų valdymu (Tsai, 2011).

Šioms skirtingoms kategorijoms autorius Hu et al. (2021) priskyre po 4 skirtingus kriterijus, kuriems vėliau pritaikė duomenų apgaubties metodą (Data Envelopment Analysis (DEA)), kuris yra skirtas įvertinti, kaip efektyviai gali būti panaudojamas išteklių rinkinys norint gauti tam tikrus rezultatus. Po metodo pritaikymo, buvo palikta po 3 skirtingus kriterijus kiekvienam aspektui. Jie yra apibendrinti 1 lentelėje.

1 lentelė. Kriterijų sąrašas

Aspektas / kriterijus	Paaiškinimas
Produktyvumas ir logistika	
Darbo / darbo jėgos planavimas	Darbo poreikis skirtas palaikyti gamybai.
Alternatyvi gamykla	Pasiruošimas alternatyvioms gamykloms, kai pagrindinė gamykla nebegali vykdyti gamybos.
Alternatyvi logistika	Alternatyvūs transportavimo projektai leidžiantys atsiskirti nuo originalios logistikos strategijos.
Žaliavų tiekimas	
Kertinis tiekėjas	Pagrindinis žaliavų tiekėjas.
Alternatyvūs tiekimo šaltiniai	Alternatyvūs tiekimo šaltiniai kitoms žaliavoms.
Žaliavų „matomumas“	Gebėjimas visapusiškai ir efektyviai gauti informaciją apie gamyboje naudojamas žaliavas.
Globali valdymo strategija	
Atsargų politika	Lanksti ir dinamiška atsargų valdymo strategija.
Gamybos planavimas	Gamybos planavimas naudojant Agile principus.
Bendras planavimas	Išskaidytas globalios produkcijos planavimas.
Grynųjų pinigų ir informacijos valdymas	
Grynųjų pinigų srauto valdymas	Stabilus pinigų srauto palaikymas bet kuriuo metu.
Informacija apie tiekėjus	Turėti pilną informaciją apie savo tiekėjus ir jų tiekimo grandines.
Skaitmeninė vertinimo sistema	Naujausiomis IT technologijomis paremta tiekimo grandinės vertinimo sistema.

Šie aspektai ir kriterijai parodo kokie veiksniai turi įtakos gamybinių įmonių tiekimo grandinių stabilumui, o taip pat ir jų transformacijoms. Anot Hu et al. (2021), šių kriterijų įtaką vieni kitiems geriausiai galima nustatyti naudojant DEMATEL (angl. *Decision Making Trial and Evaluation Laboratory*) metodą, kuris yra naudojamas kompleksinių ir tarpusavyje susijusių problemų analizei, ir yra laikomas viena geriausių priemonių skirtų priežasties ir pasekmės analizei (Chen et al., 2018). Taigi, pritaikius DEMATEL metodą buvo nustatyti kriterijų priežastiniai poveikiai (angl. *Causal effect*) ir jų įtaka kitiems kriterijams (angl. *strength influences*).

Turint omenyje, kad nustatytos kriterijų vertės yra taikomos gamybinėms įmonės plačiąja prasme, atitinkamai šio straipsnio tyrime yra nustatomi svarbiausi kriterijai elektronikos sektoriaus tiekimo grandinėms pasitelkiant TOPSIS metodą. Remiantis (Hu et al., 2021) pateiktais duomenimis ir pritaikius kriterijams svorio koeficientus, pabrėžiančius elektronikos sektoriaus specifiką, buvo surikiuoti visi aukščiau išvardinti kriterijai ir nustatytas svarbiausias kriterijus nulėmęs elektronikos sektoriaus tiekimo grandinių transformacijas. Rezultatai pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė. Kriterijų vertinimo rezultatai

Aspektas / kriterijus	P_i	Reitingas
Produktyvumas ir logistika	0,252323	12
Darbo/darbo jėgos planavimas	0,53295	6
Alternatyvi gamykla	0,332324	10
Alternatyvi logistika	0,348134	9
Žaliavų tiekimas	0,692741	3
Pagrindinis tiekėjas	0,219116	14
Alternatyvus tiekimo šaltinis	0,182601	16
Žaliavų „matomumas“	0,967438	1
Globali valdymo strategija	0,365221	7

Aspektas / kriterijus	P_i	Reitingas
Atsargų politika	0,217464	15
Gamybos planavimas	0,356661	8
Bendras planavimas	0,662444	5
Grynųjų pinigų ir informacijos valdymas	0,66948	4
Grynųjų pinigų srauto valdymas	0,797496	2
Informacija apie tiekėjus	0,220693	13
Skaitmeninė vertinimo sistema	0,275747	11

Taigi, iš gautų tyrimo rezultatų galima pastebėti, jog elektronikos sektoriaus tiekimo grandinių transformacijos, o taip pat ir jų stabilumui daugiausiai įtakos turi žaliavų „matomumas“, kuris reiškia kad gebėjimas visapusiškai ir efektyviai gauti informaciją apie gamyboje naudojamas žaliavas. Žaliavų matomumas susijęs su tiekėjais, esančiais pirminėje grandinėje (tiekiančiais medžiagas gamintojams), ir tiekėjais, esančiais antrinėje grandinėje (tiekiančiais prekes galutiniam vartotojui), taip pat apima platintojus, logistiką, klientus ir t. t., kurie suteikia gamintojams lankstumo, pagrįsto rinkos pokyčiais (Irfan et al., 2018). Didėjantis matomumas ne tik padeda sumažinti galimas grėsmes, bet taip pat padeda išvengti galimų sutrikimų ir padeda greitai reaguoti į šiuos pokyčius (Tukamuhabwa et al., 2015). Kitas labai svarbus kriterijus yra grynųjų pinigų srauto valdymas. Jis parodo, kad įmonės, kurių tiekimo grandinės turi nepakankamai finansinių išteklių, gali būti nepajėgios išlaikyti optimalų gamybos procesą, piniginiai apribojimai trikdydys jų plėtrą ir sukels klientų nubybrėjimą. Tai ypatingai aktualu siaučiant COVID-19 pandemijai, kuomet tinkamas lėšų paskirstymas tiekimo grandinės valdymui suteikia lankstumo gamybos planavimo procesams.

Išvados

1. Nustatytos elektronikos sektoriaus tiekimo grandinių transformacijos, kurios yra: 1) grįžimas iš *Just-in-time* (JIT) strategijos į *Just-in-case* (JIC) dėl išaugusių žaliavų pristatymo terminų; 2) gamybos perkėlimas/sugrąžinimas į originalias kilmės šalis norint mažiau priklausyti nuo trečiųjų šalių; 3) padidėjusios investicijos į skaitmenizaciją, siekiant sumažinti tarpininkų skaičių tarp gamintojo ir galutinio vartotojo.
2. Šiuo metu tiekimo grandinių problemoms nagrinėti plačiai naudojama daugiakriterinio vertinimo metodika (angl. MCDM), kuri padeda priimti sprendimus atsižvelgiant į daugelį tikslų. Taip pat kartu su MCDM metodika dažnai yra pasitelkiami papildomi metodai, tokie kaip miglotos analizės metodai (angl. FAHP) ar artumo idealiajam taškui metodai (angl. TOPSIS). Šiame straipsnyje MCDM naudojamas vertinant tiekimo grandinių transformacijų kriterijus.
3. Atsižvelgiant į apžvelgtas transformacijas, buvo atliktas daugiakriterinis vertinimas ir pasitelkiant TOPSIS metodą, nustatyta, jog didžiausią įtaką elektronikos sektoriaus tiekimo grandinėms turėjo žaliavų „matomumo“ kriterijus. Šis kriterijus ne tik padeda sumažinti galimas grėsmes, bet ir padeda jų išvengti bei greitai reaguoti į pokyčius. Taip pat labai svarbus kriterijus yra grynųjų pinigų srautas, kuris parodo, kad COVID-19 pandemijos laikotarpiu yra itin svarbu investuoti į tiekimo grandinių lankstumą.

Literatūra

- Althaf, S., & Babbitt, C. W. (2021). Disruption risks to material supply chains in the electronics sector. *Resources, Conservation and Recycling*, 167, 105248. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105248>
- Beasley, J. (2019). *Just-in-time*. <http://people.brunel.ac.uk/~mastjjb/jeb/or/jit.html>
- Büyükoçkan, G., & Güler, M. (2021). A combined hesitant fuzzy MCDM approach for supply chain analytics tool evaluation. *Applied Soft Computing*, 112, 107812. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107812>
- Chen, C. Y., Tzeng, G. H., & Huang, J. J. (2018). Generalized dematel technique with centrality measurements. *Technological and Economic Development of Economy*, 24(2), 600–614. <https://doi.org/10.3846/20294913.2016.1216471>
- Chowdhury, P., Paul, S. K., Kaiser, S., & Moktadir, M. A. (2021). COVID-19 pandemic related supply chain studies: A systematic review. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 148, 102271.
- Fonseca, L. M., & Azevedo, A. L. (2020). COVID-19: Outcomes for global supply chains. *Management and Marketing*, 15(1), 424–438. <https://doi.org/10.2478/mmcks-2020-0025>
- Ghorbani, M., Mohammad Arabzad, S., & Shahin, A. (2013). A novel approach for supplier selection based on the kano model and fuzzy MCDM. *International Journal of Production Research*, 51(18), 5469–5484. <https://doi.org/10.1080/00207543.2013.784403>
- Hsu, C. C., Tan, K. C., & Mohamad Zailani, S. H. (2016). Strategic orientations, sustainable supply chain initiatives, and reverse logistics: Empirical evidence from an emerging market. *International Journal of Operations and Production Management*, 36(1), 86–110. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-06-2014-0252>
- Hu, K. H., Chen, F. H., Hsu, M. F., Yao, S., & Hung, M. C. (2021). Identification of the critical factors for global supply chain management under the COVID-19 outbreak via a fusion intelligent decision support system. *Axioms*, 10(2). <https://doi.org/10.3390/axioms10020061>
- Hudecheck, M., Sirén, C., Grichnik, D., & Wincent, J. (2020). *How companies can respond to the coronavirus*.
- Huo, B., Han, Z., Chen, H., & Zhao, X. (2015). The effect of high-involvement human resource management practices on supply chain integration. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 45(8), 716–746. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-05-2014-0112>
- Irfan, F., Espadinha da Cruz, P., Kazi, Y., & Ranjan Mitra, S. (n.d.). *Lean, agile, resilient and green supply chain management int eroperabilit y assessment met hodology supply chain collaboration-next steps and beyond*.

- Irwin, N. (2020). It's the end of the world economy as we know it. *The New York Times*. (n.d.). Retrieved December 11, 2021, from <https://www.nytimes.com/2020/04/16/upshot/world-economy-restructuring-coronavirus.html>
- Jiang, B., Rigobon, D., & Rigobon, R. (2022). From just-in-time, to just-in-case, to just-in-worst-case: Simple models of a global supply chain under uncertain aggregate shocks. *IMF Economic Review*, 70, 141–184. <https://doi.org/10.1057/s41308-021-00148-2>
- Kalir, A. A., & Grosbard, D. I. (2017). Global optimization of a semiconductor ic supply chain network. *Journal of Service Science and Management*, 10(03), 338–352. <https://doi.org/10.4236/jssm.2017.103027>
- Karimi, B., Niknamfar, A. H., Hassan Gavyar, B., Barzegar, M., & Mohtashami, A. (2019). Multi-objective multi-facility green manufacturing closed-loop supply chain under uncertain environment. *Assembly Automation*, 39(1), 58–76. <https://doi.org/10.1108/AA-09-2018-0138>
- Keane, J. (2021, March 9). *The EU sets out plan to build 20pc of the world's semiconductors*. Retrieved January 17, 2022, from <https://www.siliconrepublic.com/machines/semiconductors-manufacturing-eu-2030>
- Kharpal, A. (2021). *How Asia came to dominate chipmaking and what the U.S. wants to do about it*. Retrieved January 17, 2022, from <https://www.cnbc.com/2021/04/12/us-semiconductor-policy-looks-to-cut-out-china-secure-supply-chain.html>
- Kim, S. (2021, March 3). *South Korea and Taiwan's chip power rattles the U.S. and China*. Retrieved January 17, 2022, from <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-03-03/chip-shortage-taiwan-south-korea-s-manufacturing-lead-worries-u-s-china>
- Kshetri, N., & Voas, J. (2021). Where's the silicon? *Computer*, 54(8), 11–12. <https://doi.org/10.1109/MC.2021.3055877>
- Luomaranta, T., & Martinsuo, M. (2020). Supply chain innovations for additive manufacturing. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 50(1), 54–79. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-10-2018-0337>
- McKinsey & Company. (n.d.). *New normal for operations: Resilient and reimagined*. Retrieved January 18, 2022, from <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/jump-starting-resilient-and-reimagined-operations>
- Nellis, S., & Waldersee, V. (2021, September 7). Intel to invest up to 80 bln euros in boosting EU chip capacity-CEO. *Reuters*. Retrieved January 17, 2022, from <https://www.reuters.com/business/autos-transportation/intel-says-it-will-reserve-ireland-chip-factory-capacity-automakers-2021-09-07/>
- Paul, A., Shukla, N., Paul, S. K., & Trianni, A. (2021). Sustainable supply chain management and multi-criteria decision-making methods: A systematic review. *Sustainability*, 13(13), 7104. <https://doi.org/10.3390/su13137104>
- Ping, H., Wang, J., Ma, Z., & Du, Y. (2018). Mini-review of application of IoT technology in monitoring agricultural products quality and safety. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 11(5), 35–45. <https://doi.org/10.25165/ij.20181105.3092>
- Qi, Q., & Tao, F. (2018). Digital twin and big data towards smart manufacturing and Industry 4.0: 360 degree comparison. *IEEE Access*, 6, 3585–3593. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2793265>
- Sarkis, J., Cohen, M. J., Dewick, P., & Schröder, P. (2020). A brave new world: Lessons from the COVID-19 pandemic for transitioning to sustainable supply and production. *Resources, Conservation and Recycling*, 159, 104894. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104894>
- Sharma, H. B., Vanapalli, K. R., Cheela, V. S., Ranjan, V. P., Jaglan, A. K., Dubey, B., Goel, S., & Bhattacharya, J. (2020). Challenges, opportunities, and innovations for effective solid waste management during and post COVID-19 pandemic. *Resources, Conservation and Recycling*, 162, 105052. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105052>
- Sherman, E. (2020, February 21). Coronavirus impact: 94% of the Fortune 1000 are seeing supply chain disruptions. *Fortune*. Retrieved December 5, 2021, from <https://fortune.com/2020/02/21/fortune-1000-coronavirus-china-supply-chain-impact/>
- Semiconductor Industry Association. (2021). *SIA Urges U.S. Government Action to Strengthen America's Semiconductor Supply Chain*. Retrieved January 17, 2022, from <https://www.semiconductors.org/sia-urges-u-s-government-action-to-strengthen-americas-semiconductor-supply-chain/>
- Simchi-Levi, D. (2020). *Find the weak link in your supply chain*. Retrieved December 11, 2021, from <https://hbr.org/2015/06/find-the-weak-link-in-your-supply-chain>
- Stone, M. (2020, May 12). Used tech and gadget repair businesses are booming right now. *OneZero*. Retrieved January 24, 2022, from <https://onezero.medium.com/used-tech-and-gadget-repair-businesses-are-booming-right-now-46531abf4bbc>
- Teltonika. (n.d.-a). *Teltonikos vizija: 33000 darbuotojų visame pasaulyje*. Retrieved January 17, 2022, from <https://teltonika-iot-group.com/lt/naujienos/teltonikos-vizija-33000-darbuotoju-visame-pasaulyje>
- Teltonika (n.d.-b). *Indoor tracking solutions*. Retrieved January 19, 2022, from <https://teltonika-gps.com/industries/use-cases/indoor-tracking-solutions/>
- Tsai, C. Y. (2011). On delineating supply chain cash flow under collection risk. *International Journal of Production Economics*, 129(1), 186–194. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.09.031>
- Tukamuhabwa, B. R., Stevenson, M., Busby, J., & Zorzini, M. (2015). Supply chain resilience: Definition, review and theoretical foundations for further study. *International Journal of Production Research*, 53(18), 5592–5623. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1037934>
- Uluskan, M., & Godfrey, A. B. (2018). Business environment-supply chain framework and benchmarking supply chain structures: Haiti versus China. *Benchmarking*, 25(8), 3021–3044. <https://doi.org/10.1108/BIJ-11-2017-0293>
- Voas, J., Kshetri, N., & Defranco, J. F. (2021). Scarcity and global insecurity: The semiconductor shortage. *IT Professional*, 23(5), 78–82. <https://doi.org/10.1109/MITP.2021.3105248>
- Wang, C. N., Pan, C. F., Nguyen, V. T., & Husain, S. T. (2022). Sustainable supplier selection model in supply chains during the COVID-19 pandemic. *Computers, Materials and Continua*, 70(2), 3005–3019. <https://doi.org/10.32604/cmc.2022.020206>

- Ziaddy, H. (2021, May 4). The global chip shortage is going from bad to worse. Here's why you should care. *CNN*. Retrieved January 16, 2022, from <https://edition.cnn.com/2021/04/29/business/chip-shortages-smartphones-consumer-goods/index.html>
- Zhang, S. Y. (2021). Using equity market reactions and network analysis to infer global supply chain interdependencies in the context of COVID-19. *Journal of Economics and Business*, 115. <https://doi.org/10.1016/j.jeconbus.2020.105974>

TRANSFORMATION OF ELECTRONICS SUPPLY CHAINS IN THE CONTEXT OF COVID-19

Rytis LIUCVAIKIS, Ieva MEIDUTĖ-KAVALIAUSKIENĖ

Abstract. The impact of the COVID-19 pandemic is being felt in all business sectors and their supply chains. The pandemic has shown that some supply chains are vulnerable and not sustainable in the context of such crises. The purpose of this paper is to examine the major transformations of supply chains in the electronics sector in the context of a pandemic. In the view of a pandemic, three different transformations of supply chains are observed, namely: 1) a return from a Just-in-time (JIT) strategy to a Just-in-case (JIC) due to increased delivery times for raw materials; 2) relocation/return of production to the countries of origin in order to reduce dependence on third countries; 3) increased investment in digitization to reduce the number of intermediaries between the producer and the end user. In the light of the above transformations, a multi-criteria assessment and analysis of secondary data will be carried out within this article to identify the criteria that have had the greatest impact on these transformations and what companies need to address to improve their supply chains' resilience, sustainability and future recovery from crises like the COVID-19 pandemic.

Keywords: supply chain transformation, COVID-19, digitalization, manufacturing relocation, Just-in-time, Just-in-case, Multiple-criteria decision making.