

## Economics and management Ekonomika ir vadyba

### LUSTŲ TIEKIMO UŽTIKRINIMAS TRUMPUOJU LAIKOTARPIU

Miglė BURNECKYTĖ\*, Asta VASILIAUSKAITĖ

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius, Lietuva*

Gauta 2022 m. sausio 17 d.; priimta 2022 m. spalio 20 d.

**Santrauka.** COVID-19 pandemija sutrikdė pasaulinę lustų tiekimo grandinę. Elektronikos komponentų trūkumas pirma pastebėtas automobilių gamyklose, o paskui ir visoje elektronikos pramonėje. JAV, Taivanas ir Kinija – didžiausios puslaidininkinių gamintojų rinkos, nebesuspėjančios patenkinti nuolatos didėjančio lustų poreikio. Gamybinių pajėgumų trūkumas labiausiai jaučiamas galutinių produktų vartotojams. Užtikrinti pastovų lustų tiekimą yra svarbi užduotis didiesiems gamintojams. Tam, kad lustų tiekimas būtų užtikrintas, svarbu nustatyti kriterijus, pagal kuriuos būtų galima suranguoti puslaidininkinius gaminančias šalis. Rangavimas padės nustatyti šalis, į kurias labiausiai verta investuoti trumpuoju laikotarpiu. Europos Sąjunga, JAV ir didžiosios telekomunikacijų bendrovės 2022 metais investuos milijardus dolerių, kad rinka būtų papildyta. Straipsnyje analizuojama, kokiais kriterijais remiantis galima investuoti į lustus gaminančias šalis. Pagrindinis šios analizės objektas – lustų tiekimo grandinė. Kiekvienoje iš analizuojamų šalių vyksta bent vienas lustų gamybos etapas: projektavimas, gamyba arba surinkimas. Analizuojami duomenys: bendrasis vidaus produktas, grynasis eksportas, vieno dolerio kaina nacionalinės valiutos atžvilgiu, mėnesinis vidutinis darbo užmokestis, Oksfordo COVID-19 vyriausybės atsako griežtumo indeksas ir puslaidininkinių eksporto dydis. Šie kriterijai leidžia suranguoti valstybes nuo labiausiai patrauklios investuoti iki mažiausiai. Ranguoti pasirinktas TOPSIS metodas, tačiau taikyta ir lyginamoji duomenų analizė bei mokslinės literatūros ir kitų informacijos šaltinių analizė. Metodo principas, formulės ir taikymas – aprašyti. Nustatyta, kurioje šalyje trumpalaikės investicijos yra palankiausias, atsižvelgiant į pateiktus kriterijus.

**Reikšminiai žodžiai:** lustų tiekimas, trumpalaikės investicijos, lustus gaminančios šalys, puslaidininkinių pramonė, COVID-19 pandemija.

#### Įvadas

COVID-19 pandemija ir įvairios viruso plitimo kontrolės priemonės turėjo įtakos ne tik globaliai ekonomikai, bet ir pasaulinei tiekimo grandinei (angl. *supply chain*), dėl kurios atsirado didžiulis puslaidininkinių (lustų) trūkumas (angl. *chip shortage*) visame pasaulyje. Puslaidininkiniai yra pagrindinis elektronikos prekių komponentas. Vienam automobiliui pagaminti yra reikalingi šimtai šių priemonių, todėl lustų trūkumas visų pirma pastebėtas būtent automobilių pramonėje 2020 metų antroje pusėje (Wu et al., 2021). Ilgalaikė lustų tiekimo grandinė buvo paveikta pandemijos, kai automobilių gamintojai buvo priversti mažinti savo pajėgumus dėl mažėjančios automobilių paklausos, o lustų gamintojai uždarė gamybos linijas dėl atsiradusios tiekimo problemos.

Lustų gaminimo procesas yra išskiriamas į tris gamybos procesus: projektavimą, gamybą ir surinkimą. Šiuo metu lustų tiekimo grandinė susiduria su didžiulėmis problemomis. Trūksta ne tik medžiagų, iš ko pagaminti

lustus, bet ir nespėjama pasivyti nuolatos augančio lustų poreikio. Šiai rinkai skiriamos ne tik privačių vartotojų ar verslo subjektų milijardinės investicijos, bet ir valstybės skiria dideles lėšas puslaidininkinių pramonei (EURACTIV, n.d.). Pavyzdžiui, Jungtinių Amerikos Valstijų senatorius pritarė 52 mlrd. JAV dolerių investicijai tam, kad išplėstų nacionalinę puslaidininkinių gamybą (ZDNet, n.d.).

Tam, kad būtų užtikrinta lustų tiekimo grandinės veikla ir patenkintas nuolatos augantis šių pagrindinių elektronikos komponentų poreikis, labai svarbios investicijos į šį sektorių. Kadangi lustų gamyba veikia skirtingose šalyse, o puslaidininkinių reikia čia ir dabar, todėl investicijos trumpuoju laikotarpiu turėtų būti vykdomos jau į veikiančias gamyklas.

*Tyrimo problema* – sutrikusi lustų tiekimo grandinė.

*Tyrimo objektas* – lustų tiekimo grandinė.

*Tyrimo hipotezė* – reikalingos investicijos į mažesnes lustus gaminančias šalis.

\*Autorius susirašinėti. El. paštas [miburneckyte@gmail.com](mailto:miburneckyte@gmail.com)

*Tyrimo tikslas* – išanalizuoti, kurioje šalyje labiausiai apsimoka investuoti į lustų pramonę trumpuoju laikotarpiu.

*Uždaviniai tikslui pasiekti:*

1. Apibūdinti puslaidininkų pramonės ypatumus.
2. Apibrėžti tyrimo metodologiją.
3. Išanalizuoti kriterijus, pagal kuriuos ranguojamos lustus gaminančios šalys.
4. Atlikti daugiakriterį kriterijų vertinimą TOPSIS metodu.
5. Išranguoti šalis pagal gautus tyrimo rezultatus.

*Tyrimo metodai.* Mokslinės literatūros ir kitų informacijos šaltinių analizė, statistinių duomenų apdorojimas, grafinis vaizdavimas, daugiakriteris vertinimas TOPSIS metodu.

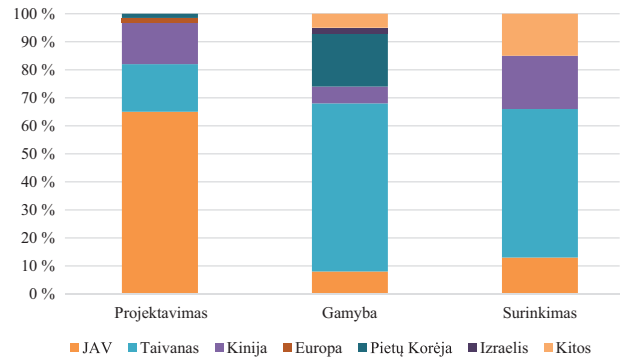
*Tyrimo apribojimai.* Nėra prieinamos visų šalių statistikos apie 2020 metų puslaidininkų pardavimus, todėl bus analizuojami 2019 metų pardavimų duomenys.

## 1. Puslaidininkų pramonės ypatumai

Puslaidininkiai – lustų sudedamoji dalis, gaminama iš silicio ir elektroninių komponentų. Jie atlieka svarbiausias elektronikos funkcijas: atminties ir logines. Šie komponentai nuolatos tobulinami, norint ant kuo mažesnio paviršiaus pateikti kuo daugiau puslaidininkų tam, kad padidėtų informacijos apdorojimo našumas ir sumažėtų energijos eikvojimas. Šių elektroninių komponentų kūrimas yra sudėtingas ir reikalauja aukštųjų technologijų ir stiprių, kvalifikuotų specialistų. Didžiausius gamybos pajėgumus turinčios šalys yra JAV, Taivanas, Pietų Korėja, Japonija ir Kinija (Poitiers & Weil, 2021).

Puslaidininkų pramonė – viena iš labiausiai globalizuotų pramonės šakų pasaulyje, kurios grandinė yra nesubalansuota. Didžioji dalis intelektinės nuosavybės, susijusios su puslaidininkų projektavimu, yra JAV ir Europos valstybėse, tačiau didžioji dalis produktų gaminama, surenkama ir bandoma Azijoje, kuri yra didžiausia pasaulyje puslaidininkų rinka. Pastaraisiais metais lustų tiekimas buvo nepakankamas ne tik dėl COVID-19, bet ir dėl ciklinių svyravimų lustų pramonėje, stichinių nelaimių. Nepaisant to, kad Kinija yra puslaidininkų gamybos centras, tačiau didžioji dalis pridėtinės vertės, susijusios su šių komponentų gamyba, yra užfiksuojama šalyse, esančiose už Kinijos ribų. Puslaidininkų industrija buvo paveikta geopolitikos, nes šalys įvedė prekybos kliūtis ir techninius apribojimus Kinijai, kai ji bandė įgyti autonomiją puslaidininkų pramonėje (Chang & Zhongqi, 2021). Patį puslaidininkų gamybos procesą galima suskirstyti į tris pagrindinius etapus: projektavimas, gamyba ir surinkimas (Kleinhans & Baisakova, 2020).

1 paveiksle pavaizduotas puslaidininkų gamybos etapų geografinis pasiskirstymas. Kaip matyti, daugiausia projektavimu užsiimančiu bendrovių yra JAV – net 65 proc. Taivane ir Kinijoje suprojektuojama atitinkamai 17 ir 15 proc. lustų. Populiariausia gamybos ir surinkimo vieta yra Taivanas, daugiau nei pusė visų lustų ten yra gaminama ir surinkinama.



1 paveikslas. Puslaidininkų gamybos etapų geografinis susiskirstymas (Poitiers & Weil, 2021)

Figure 1. Geographic distribution of semiconductor production stages (Poitiers & Weil, 2021)

Pastovus ir nenutrūkstamas puslaidininkų tiekimas gamintojams užtikrina elektronikos produktų pasiūlą vartotojams. Remiantis Jungtinių Tautų tarptautinės prekybos duomenų bazės COMTRADE duomenimis, Lietuvoje elektronikos prekių importas dešimties metų laikotarpiu išaugo beveik dvigubai – nuo maždaug 1,6 milijardų eurų 2011 metais iki daugiau nei 2,8 mlrd. eurų 2020 metais (Trading Economics, n.d.-l).

Puslaidininkų sektorius reikalauja daug technologinio, intelektinio ir materialaus kapitalo. 2021 metų pabaigoje didžiosios puslaidininkų projektavimo bendrovės planuoja investuoti į jų gamybos ir surinkimo procesų perkėlimą į Europą. Vien bendrovė „Intel“ planuoja investuoti 80 mlrd. eurų per ateinantį dešimtmetį. Tikimasi, kad puslaidininkų pramonė išleis 127 mlrd. dolerių kapitalo išlaidų, norėdama perkelti gamybinius procesus iš Kinijos į Europą (Cyran, 2021).

## 2. Empirinio tyrimo metodologija

Daugiakriterio sprendimų priėmimo metodų tikslas yra nustatyti geriausią iš pasirinktų alternatyvų arba išranguoti jas pagal svarbumą pasirinktų kriterijų atžvilgiu. Metodai skiriasi pagal savo sudėtingumą ir skaičiavimo specifiką.

Atliekant daugiakriterį vertinimą pasirinkta taikyti 1981 metais Hwanh ir Yoon mokslininkų sukurtą TOPSIS (angl. *Technique for the Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) metodą. Šis metodas dar vadinamas alternatyvų prioriteto nustatymo teorija, kai teigiamas idealus sprendimas maksimaliai padidina maksimizuojančius kriterijus, o neigiamą idealų sprendimą sudaro visi minimizuojantys kriterijai.

Pirmuoju šio metodo etapu atliekamas duomenų normalizavimas pagal formulę:

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

čia  $n_{ij}$  –  $i$ -tojo rodiklio normalizuota  $j$ -ojo kriterijaus reikšmė.

Atlikus duomenų normalizavimą, toliau skaičiuojama svertinė normalizuota matrica (žr. 2 formulę):

$$v_{ij} = w_j n_{ij}, \quad (2)$$

čia  $w_j$  – kriterijaus svoris;  $v_{ij}$  – svertinė normalizuota reikšmė.

Toliau apskaičiuojami geriausi kriterijaus variantai  $V^+$  ir blogiausi variantai  $V^-$  (žr. 3 ir 4 formules):

$$V^+ = (v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+) = \left( \left( \max_i v_{ij} | j \in I \right), \left( \min_i v_{ij} | j \in J \right) \right); \quad (3)$$

$$V^- = (v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-) = \left( \left( \min_i v_{ij} | j \in I \right), \left( \max_i v_{ij} | j \in J \right) \right), \quad (4)$$

čia  $V^+$  – teigiamas idealus sprendimas;  $V^-$  – neigiamas idealus sprendimas;  $I$  – maksimizuojamų rodiklių aibė;  $J$  – minimizuojamų rodiklių aibė.

Apskaičiavus teigiamą ir neigiamą idealus sprendimus, toliau skaičiuojamas kiekvieno rodiklio bendras atstumas iki geriausio varianto, arba atstumas iki teigiamo idealaus sprendimo ir neigiamo idealaus sprendimo (žr. 5 ir 6 formules):

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_i^+)^2}; \quad (5)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_i^-)^2}, \quad (6)$$

čia  $S_i^+$  – teigiamas atstumas nuo idealaus varianto;  $S_i^-$  – neigiamas atstumas nuo idealaus varianto.

Pasiteltus gautas reikšmes apskaičiuojamas pagrindinis šio metodo kriterijus  $P_i$  (žr. 7 formulę):

$$P_i = \frac{S_i^-}{S_i^- - S_i^+}, \quad (7)$$

čia  $P_i$  – santykinis atstumas nuo idealaus varianto.

Pagal  $P_i$  gautas reikšmes suranguojamos šalys. TOPSIS indekso reikšmės svyruoja tarp 0 ir 1, kuo didesnė indekso reikšmė, tuo alternatyvos rangas yra aukštesnis.

### 3. Rangavimo kriterijai

Teorinėje dalyje pateikta, kad Taivanas yra lustų gamybos centras. Dėl duomenų stygiaus ir dubliavimosi Taivanas nebus analizuojamas, o duomenų bazėse rasti duomenys yra bendri – Taivano ir Kinijos. Darbo autorė pritaria dabartinei Lietuvos politinei pozicijai dėl Taivano, tačiau šiame darbe yra atsiribojama nuo bet kokių politinių niuansų.

Nuspręsta išanalizuoti dešimtį šalių, kuriose įsikūrę didžiausi lustų gamintojai, kurie veikia skirtinguose lustų kūrimo etapuose: projektavimo, gamybos ir surinkimo. Toliau pateikiama lentelė, kurioje matoma, kurioje šalyje, koks lustų gamybos etapas yra vykdomas (žr. 1 lentelę).

Pažymėtina, kad skirtingi lustų gamybos etapai yra vykdomi tose pačiose šalyse, tačiau priskyrimas vyko pagal didesnę gamybos proceso dalį. Išimtis yra Kinija,

1 lentelė. Lustų kūrimo etapų pasiskirstymas pagal šalis (šaltinis: parengtas darbo autorės, remiantis Kleinhans & Baisakova, 2020)

Table 1. Distribution of chip development stages by country (source: compiled by the author based on Kleinhans & Baisakova, 2020)

Šalys	Lustų projektavimas	Lustų gamyba	Lustų surinkimas
Kinija		X	X
Pietų Korėja		X	
Singapūras			X
Malaizija			X
JAV	X		
Japonija			X
Vokietija	X		
Filipinai			X
Olandija	X		
Tailandas			X

kurioje daug lustų yra pagaminama ir surenkama. Kaip matyti, lustų projektavimu užsiimama tik JAV, Vokietijoje ir Olandijoje. Lustai gaminami Kinijoje ir Pietų Korėjoje. Elektronikos komponentų surinkimas vykdomas Singapūre, Malaizijoje, Japonijoje, Filipinuose ir Tailande.

Svarbu nustatyti, kokio dydžio ekonomikose yra įsikūrusios lustus gaminančios įmonės ir kokių mastu vyksta prekyba tose šalyse. Minėti rodikliai padės suprasti sutrikusios tiekimo grandinės svarbą ir įvertinti trumpalaikių investicijų poreikį į lustų pramonę analizuojamose šalyse. Pasak Lietuvos banko, šalies ekonomikos dydį įvertinti padeda bendrasis vidaus produktas (toliau – BVP) (Lietuvos bankas, n. d.).

2 lentelė. Analizuojamų šalių BVP ir grynojo eksporto rodikliai (šaltinis: sudarytas darbo autorės, remiantis Trading Economics, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d, n.d.-e, n.d.-f, n.d.-g, n.d.-h, n.d.-j, n.d.-k)

Table 2. GDP and net export indicators of the analyzed countries (source: compiled by the author, based on Trading Economics, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d, n.d.-e, n.d.-f, n.d.-g, n.d.-h, n.d.-j, n.d.-k)

Šalis	BVP, mlrd. USD	Grynasis eksportas, mlrd. USD
Kinija	14723	430
Pietų Korėja	1631	39
Singapūras	340	31
Malaizija	337	33
JAV	20937	-923
Japonija	5065	-15
Vokietija	3806	253
Filipinai	361	-46
Olandija	912	62
Tailandas	502	17

3 lentelė. Analizuojamų šalių nacionalinės valiutos (šaltinis: sudarytas darbo autorės, remiantis valiutų kurso skaičiuokle)  
Table 3. National currencies of the analyzed countries (source: compiled by the author, based on the exchange rate calculator)

Šalys	Nacionalinės valiutos pavadinimas	Nacionalinės valiutos trumpinys	1 USD kaina nacionaline valiuta
Kinija	Kinijos juanis	CNY	6,39
Pietų Korėja	Pietų Korėjos vonas	KRW	1169,10
Singapūras	Singapūro doleris	SGD	1,35
Malaizija	Malaizijos ringitas	MYR	4,15
JAV	JAV doleris	USD	1,00
Japonija	Japonijos jena	JPY	113,70
Vokietija	euras	EUR	0,86
Filipinai	Filipinų pesas	PHP	50,65
Olandija	euras	EUR	0,86
Tailandas	Tailando batas	THB	33,06

Kuo BVP yra didesnis, tuo šalies ekonomika yra gyvesnė. Analizuojamų valstybių BVP rodiklis pateikiamas 2020 metų, kadangi naujesnių metų duomenų dar nėra (žr. 2 lentelę). Pagrindiniai prekybos rodikliai yra importas, kuris leidžia šaliai įsigyti trūkstamų produktų ir paslaugų, ir eksportas, parodantis, kiek produktų ir paslaugų parduodama kitoms valstybėms. Nuspręsta tarptautinės prekybos rodiklį atvaizduoti per grynąjį eksportą, kuris yra eksporto ir importo skirtumas. Didžiausios ekonomikos tarp analizuojamų šalių yra JAV ir Kinija, kurių BVP yra atitinkamai 14,7 ir 20,9 trilijonų JAV dolerių. Mažiausios ekonomikos – Singapūras (340 mlrd. USD), Malaizija (337 mlrd. USD) ir Filipinai (361 mlrd. USD). Vertinant šalis pagal grynąjį eksportą, pirmoje vietoje yra Kinija – 430 mlrd. USD, antroje – Vokietija 253 mlrd. USD. Importas viršija eksportą Japonijoje (15 mlrd. USD), Filipinuose (46 mlrd. USD) ir JAV (937 mlrd. USD).

Už prekes ir paslaugas šalys atsiskaito pinigais. Tačiau ne visos valstybės turi vieną valiutą, todėl kitas svarbus kriterijus yra valiutos kursas. Skirtinga šalių valiuta šiame darbe bus pateikta išreiškus vieno JAV dolerio kainą. Toliau pateikiamos analizuojamos šalys ir jų valiutos, perskaičiuotos vieno dolerio kainos išraiška (žr. 3 lentelę).

Didžiausias pinigų nuvertėjimas matyti Pietų Korėjoje, kadangi vienas doleris kainuoja 1169,1 KRW, ir Japonijoje, kur dolerio kaina yra 113,7 JPY. Palanki valiuta yra euras, esantis Vokietijoje ir Olandijoje, kadangi už vieną dolerį čia sumokama 0,86 EUR, ir Singapūro doleris – 1,35 SGD.

Tam tikri lustų gamybos procesai yra vykdomi valstybėse, kuriose yra pigi darbo jėga. Ieškant duomenų apie vidutinį mėnesinį darbo užmokestį buvo susidurta su sunkumu, kai pateikiamas tik vidutinis metinis darbo užmokestis. Todėl toliau pateikiamas autorės konvertuotas vidutinis mėnesinis darbo užmokestis, metinį padalinus iš 12 mėnesių (žr. 4 lentelę).

Matyti, kad mažiausią atlyginimą gauna darbuotojai iš Kinijos, Malaizijos, Filipinų ir Tailando. Būtent šiose šalyse yra atliekami lustų surinkimo darbai. Išimtis yra

4 lentelė. Analizuojamų šalių konvertuotas vidutinis mėnesinis darbo užmokestis (šaltinis: sudarytas darbo autorės, remiantis OECD ir CEIC duomenų bazėmis CEIC Data, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c; OECD Data, n.d)

Table 4. Converted average monthly wages of the analyzed countries (source: compiled by the author, based on OECD and CEIC databases CEIC Data, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c; OECD Data, n.d)

Šalys	Metinis vid. darbo užmokestis, USD	Mėnesinis vid. darbo užmokestis, USD
Kinija	14700	1225
Pietų Korėja	41960	3497
Singapūras	77640	6470
Malaizija	9984	832
JAV	69392	5783
Japonija	38515	3210
Vokietija	53745	4479
Filipinai	10656	888
Olandija	58828	4902
Tailandas	5748	479

Singapūras, kadangi šioje šalyje yra didžiulė atskirtis tarp daugiausiai ir mažiausiai uždirbančių asmenų.

Be abejonės, tiekimo grandinės veiklos sutrikimai atsirado dėl pandemijos, o ir analizuojamas laikotarpis yra 2020 metai, kai prasidėjo pandemija. Todėl svarbu į šią analizę įtraukti ir COVID-19 rodiklius. Vertinant šalių ribojimų griežtumą buvo nuspręsta pasinaudoti Oksfordo COVID-19 vyriausybės atsako griežtumo indeksu (angl. *Oxford Covid-19 government response stringency index*). Šis indeksas padės įvertinti šalies pandemijos suvaldymo priemonių griežtumą skalėje nuo 0 iki 100 (Hale et al., 2021). Atlikus šio rodiklio tendencingumo apžvalgą, nuspręsta naudoti 2020 metų gegužės 1 dienos indeksą (žr. 5 lentelę).

Oksfordo COVID-19 vyriausybės atsako griežtumo indeksas didžiausias arba, kitaip tariant, didžiausi ribojimai buvo Filipinuose (96,3) ir Singapūre (82,4). Mažiausiai griežti ribojimai buvo Pietų Korėjoje, Kinijoje ir Japonijoje, šiose šalyse indeksas svyravo nuo 42,2 iki 56,9. Malaizijoje, JAV, Vokietijoje, Olandijoje ir Tailande šis indeksas vidutiniškai buvo apie 75.

Dar vienas svarbus kriterijus, pagal kurį galėtų būti ranguojamos lustus gaminančios šalys, yra puslaidininkių eksporto dydis per metus. Kadangi nepavyko surasti informacijos apie 2020 metų pardavimus, todėl pasirinkta analizuoti 2019 metų duomenis, pateikiamus mln. JAV doleriais. 6 lentelėje matomas puslaidininkių eksportas.

5 lentelė. Oksfordo COVID-19 vyriausybės atsako griežtumo indeksas ir susirgimų skaičius (šaltinis: sudarytas darbo autorės remiantis statistiniais duomenimis Blavatnik School of Government, n.d.)

Table 5. Oxford COVID-19 Government Response Severity Index and Number of Illnesses (source: compiled by the author, based on statistics from the Blavatnik School of Government, n.d.)

Šalis	Indeksas
Kinija	56,94
Pietų Korėja	43,52
Singapūras	82,41
Malaizija	78,70
JAV	72,69
Japonija	42,22
Vokietija	76,85
Filipinai	96,30
Olandija	78,70
Tailandas	76,85

Šiame darbe analizuojami kriterijai: BVP, grynasis eksportas, puslaidininkių eksportas, COVID-19 atvejų skaičius, vidutinis mėnesinis darbo užmokestis, Oksfordo COVID-19 vyriausybės atsako griežtumo indeksas ir 1 USD kaina nacionaline valiuta. Galutiniai kriterijai ir alternatyvos pateikiami 7 lentelėje.

**Svorių paskirstymas.** Didžiausių svorių nuspręsta paskirti puslaidininkių pardavimams užsienyje, kadangi ranguojant šalis svarbiausia atsižvelgti į puslaidininkių eksporto dalį, lyginant su kitais kriterijais. Tam, kad investicijos apsimokėtų, daroma prielaida, kad pardavimai tik augs, todėl puslaidininkių pardavimų svoris 0,4. Visų kitų kriterijų svoris toks pat – 0,1. Kriterijų svorių suma lygi 1.

6 lentelė. Puslaidininkių eksportas per šalis 2019 metais (šaltinis: sudarytas darbo autorės, remiantis Pasaulio banko duomenų baze World Integrated Trade Solution, n.d.)

Table 6. Export of semiconductors by country in 2019 (source: compiled by the author, based on the World Bank database World Integrated Trade Solution, n.d.)

Šalis	Puslaidininkių eksportas, mln. USD
Kinija	689,2
Pietų Korėja	242,8
Singapūras	160,0
Malaizija	319,1
JAV	1138,3
Japonija	106,5
Vokietija	114,1
Filipinai	513,4
Olandija	57,3
Tailandas	3,9

7 lentelė. Galutiniai kriterijai, alternatyvos ir svoriai (šaltinis: sudarytas darbo autorės)

Table 7. Final criteria, alternatives and weights (source: compiled by the author)

Kriterijai	BVP	Grynasis eksportas	Puslaid. pardavimai	Oksfordo COVID-19 vyriausybės atsako griežtumo indeksas	1 USD kaina nacional. valiuta	Vidutinis mėnesinis darbo užmokestis
Matavimo vnt.	mlrd. USD	mlrd. USD	mln. USD	–	1 USD	USD
Svoriai	MAX	MAX	MAX	MIN	MIN	MAX
	0,100	0,100	0,400	0,100	0,100	0,100
Kinija	14723	430	689,2	56,94	6,39	1225
Pietų Korėja	1631	39	242,8	43,52	1169,10	3497
Singapūras	340	31	160,0	82,41	1,35	6470
Malaizija	337	33	319,1	78,7	4,15	832
JAV	20937	-923	1138,3	72,69	1,00	5783
Japonija	5065	-15	106,5	42,22	113,70	3210
Vokietija	3806	253	114,1	76,85	0,86	4479
Filipinai	361	-46	513,4	96,3	50,65	888
Olandija	912	62	57,3	78,7	0,86	4902
Tailandas	502	17	3,9	76,85	33,06	479

**Optimizavimo kryptis.** Maksimizuojančiais kriterijais pasirinkti BVP, grynasis eksportas, puslaidininkų pardavimai ir vidutinis mėnesinis darbo užmokestis šalyse. Kuo didesnės šių rodiklių reikšmės, tuo geriau. Minimizuojančiais kriterijais – COVID-19 atvejų skaičius, nacionalinė valiuta ir Oksfordo COVID-19 vyriausybės atsako griežtumo indeksas. Kuo mažiau atvejų šalyje, kuo laisviau verslas gali dirbti, tuo puslaidininkų rinkai geriau.

#### 4. Daugiakriterio duomenų vertinimo rezultatai

Atlikta duomenų analizė remiantis TOPSIS metodu. Toliau pateikiami šios analizės atlikimo žingsniai ir rezultatai.

8 lentelėje pateikiama normalizuotų duomenų matrica, kuri buvo apskaičiuota EXCEL programa taikant vektoro-

rinės normalizacijos formulę. Atitinkamos alternatyvos atitinkamas kriterijus buvo padalintas iš visų alternatyvų kvadratų sumos, pakeltos 0,5 laipsniu.

9 lentelėje pateikiama svertinė normalizuota matrica. Ši matrica apskaičiuota kiekvienos alternatyvos kriterijų padauginus iš jam priskirto svorio.

Kiekvienam kriterijui sudarytas geriausių alternatyvų modelis  $V^+$  ir blogiausių alternatyvų modelis  $V^-$ .  $V^+$  gautas iš maksimizuojančių reikšmių išrinkus didžiausias ir iš minimizuojančių – mažiausias.  $V^-$  gautas iš maksimizuojančių kriterijų išrinkus mažiausius, o iš minimizuojančių – didžiausius (žr. 10 lentelę).

Iš svertinės normalizuotos matricos elementų ir geriausių bei blogiausių alternatyvų modelių sandaugos sudaromi teigiami ir neigiami atstumai nuo idealaus varian-

8 lentelė. Normalizuota matrica (šaltinis: sudarytas darbo autorės)  
Table 8. Normalized matrix (source: compiled by the author)

Kriterijai	BVP	Grynasis eksportas	Puslaid. pardavimai	Oksfordo COVID-19 vyriausybės atsako griežtumo indeksas	1 USD kaina nacional. valiuta	Vidut. mėnesinis darbo užmokestis
SVORIAI	MAX	MAX	MAX	MIN	MIN	MAX
	0,1	0,1	0,4	0,1	0,1	0,1
Kinija	0,56	0,41	0,46	0,26	0,01	0,10
Pietų Korėja	0,06	0,04	0,16	0,20	0,99	0,29
Singapūras	0,01	0,03	0,11	0,38	0,00	0,54
Malaizija	0,01	0,03	0,21	0,36	0,00	0,07
JAV	0,79	-0,88	0,76	0,34	0,00	0,48
Japonija	0,19	-0,01	0,07	0,20	0,10	0,27
Vokietija	0,14	0,24	0,08	0,36	0,00	0,37
Filipinai	0,01	-0,04	0,34	0,45	0,04	0,07
Olandija	0,03	0,06	0,04	0,36	0,00	0,41
Tailandas	0,02	0,02	0,00	0,36	0,03	0,04

9 lentelė. Svartinė normalizuota matrica (šaltinis: sudarytas darbo autorės)  
Table 9. Weighted normalized matrix (source: compiled by the author)

Kriterijai	BVP	Grynasis eksportas	Puslaid. pardavimai	Oksfordo COVID-19 vyriausybės atsako griežtumo indeksas	1 USD kaina nacional. valiuta	Vidutinis mėnesinis darbo užmokestis
Svoriai	MAX	MAX	MAX	MIN	MIN	MAX
	0,1	0,1	0,4	0,1	0,1	0,1
Kinija	0,06	0,04	0,18	0,03	0,00	0,01
Pietų Korėja	0,01	0,00	0,06	0,02	0,10	0,03
Singapūras	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,05
Malaizija	0,00	0,00	0,09	0,04	0,00	0,01
JAV	0,08	-0,09	0,30	0,03	0,00	0,05
Japonija	0,02	0,00	0,03	0,02	0,01	0,03
Vokietija	0,01	0,02	0,03	0,04	0,00	0,04
Filipinai	0,00	0,00	0,14	0,04	0,00	0,01
Olandija	0,00	0,01	0,02	0,04	0,00	0,04
Tailandas	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00

10 lentelė. Geriausių ir blogiausių įmanomų alternatyvų modeliai (šaltinis: sudarytas darbo autorės)  
Table 10. Models of the best and worst possible alternatives (source: compiled by the author)

Kriterijai	BVP	Grynasis eksportas	Puslaid. pardavimai	Oksfordo COVID-19 vyriausybės atsako griežtumo indeksas	1 USD kaina nacional. valiuta	Vidutinis mėnesinis darbo užmokestis
V <sup>+</sup> max	0,08	0,04	0,30	0,02	0,00	0,05
V <sup>-</sup> min	0,00	-0,09	0,00	0,04	0,10	0,00

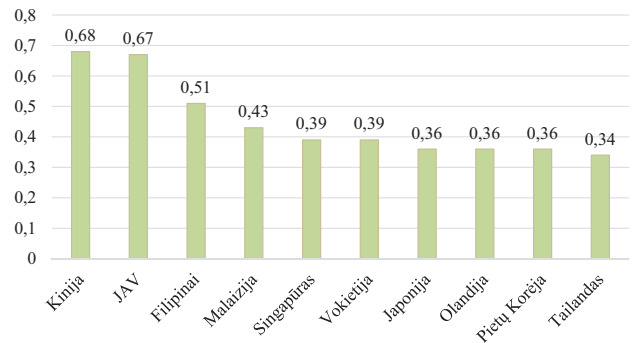
11 lentelė. Teigiamas ir neigiamas atstumai nuo idealaus varianto (šaltinis: sudarytas darbo autorės)  
Table 11. Positive and negative distances from the ideal variant (source: compiled by the author)

Alternatyvos	S <sub>i</sub> <sup>+</sup>	S <sub>i</sub> <sup>-</sup>
Kinija	0,13	0,27
Pietų Korėja	0,27	0,15
Singapūras	0,28	0,18
Malaizija	0,24	0,18
JAV	0,16	0,33
Japonija	0,29	0,16
Vokietija	0,28	0,18
Filipinai	0,20	0,21
Olandija	0,30	0,17
Tailandas	0,32	0,16

to (žr. 11 lentelę). Pagal šiuos atstumus apskaičiuojamas santykinis atstumas nuo idealaus varianto ir pagal jį išranguojamos šalys.

Atlikus daugiakriterį duomenų vertinimą TOPSIS metodu buvo suranguotos šalys (žr. 2 paveikslą). Investuoti į puslaidininkių rinką trumpuoju laikotarpiu labiausiai apsimoka Kinijoje. Kinija – antra pagal dydį po JAV ekonomika tarp analizuojamų rodiklių, kurios BVP analizuojamais metais buvo 14723 mlrd. USD, o grynasis eksportas siekė 430 mlrd. USD. JAV liko antroje vietoje, kadangi čia 923 JAV dolerių daugiau prekių įvežama, negu eksportuojama. Nepaisant to, kad didžiausią svorį turėjęs rodiklis – puslaidininkių pardavimai – didžiausi JAV, daugiau nei 1 mlrd. JAV dolerių, Kinijos Oksfordo COVID-19 vyriausybės atsako griežtumo indeksas yra vienas iš mažiausių – 56,9, o ligos atvejų skaičius pats mažiausias tarp analizuojamų valstybių – 97 tūkst. atvejų. Tai reiškia, kad verslas gali laisviau vykdyti savo veiklą. Nepaisant to, kad JAV yra COVID-19 atvejų lyderė, jos tarptautinės prekybos rodiklis yra žemas, o karantino suvaržymai – pakankamai griežti 72,7, tačiau atlikus analizę nustatyta, kad JAV yra antra valstybė, kurioje apsimoka investuoti trumpuoju laikotarpiu į puslaidininkių rinką.

Filipinai atsidūrė trečioje reitingų vietoje, nepaisant to, kad BVP šioje šalyje yra vienas mažiausių, daugiau prekių yra importuojama, o visi kiti rodikliai yra vidutiniai. Filipinus į trečią vietą pastūmėjo puslaidininkių pardavimai, kurie siekia 513,4 JAV dolerių per 2019 metus.



2 paveikslas. TOPSIS metodo analizės rezultatas  
Figure 2. TOPSIS method analysis result

Mažiausiai apsimoka investuoti į Pietų Korėją ir Tailandą. Pietų Korėjoje vieno USD kaina siekia 11169 KRW, o čia atsiranda rizika infliacijai, valiutų kurso svyravimui ir tai daro neigiamą įtaką tarptautinei prekybai ir investicijų sistemai. Filipinuose taip pat yra šios rizikos, kadangi 1 USD ten kainuoja 50,65 PHP. Tačiau Filipinai paskutinėje vietoje dar ir dėl to, kad vyriausybės atsakas į COVID-19 pandemiją buvo griežčiausias tarp analizuojamų šalių – 96,3. Iš visuomenės pusės – tai gerai, kadangi vyriausybė bando apsaugoti savo gyventojus, tačiau investuotojams tai blogas ženklas, nes didelė rizika gamyklų uždarymams ir lustų tiekimo sustabdymui. Tailande darbuotojai gauna mažiausią atlyginimą, vidutiniškai vos 479 USD per mėnesį, o ir puslaidininkių pardavimai mažiausi – 3,9 mln. USD per metus. Galbūt tai galėtų būti priežastimi investuoti ilguoju laikotarpiu, tačiau norint patenkinti lustų paklausą trumpuoju laikotarpiu, Tailandas tikrai nėra variantas investuotojams.

## Išvados

1. Puslaidininkiai yra svarbiausias elementas elektronikos sektoriuje. Lustų pramonė yra sutrikusi ir nepatenkina vartotojų poreikio. Didžiausios lustų gamintojos yra JAV, Taivanas ir Kinija.
2. Analizei pasitelktas metodas – TOPSIS. Darbe buvo aprašyti visi etapai, pagal kuriuos siekiama išranguoti šalis, ir formulės, pagal kurias buvo skaičiuojami duomenys. Nuspręsta išanalizuoti šalis, kurios yra didžiausios lustų tiekėjos rinkoje: Kiniją, Pietų Korėją, Singapūrą, Malaiziją, JAV, Japoniją, Vokietiją, Filipinus, Olandiją ir Tailandą. Kriterijai, pagal kuriuos bus įvertinta, kur

labiausiai apsimoka investuoti trumpuoju laikotarpiu, buvo atrinkti darbo autorės. Pasirinkta analizuoti pagrindinius šalies kriterijus BVP ir grynąjį eksportą, puslaidininkių pardavimus, nacionalinės valiutos vertę 1 JAV dolerio atžvilgiu ir vidutinį mėnesinį darbo užmokestį. Taip pat nuspręsta atsižvelgti į pandemijos situaciją ir analizuoti kiekvienos šalies COVID-19 atvejų skaičių ir Oksfordo COVID-19 vyriausybės atsako griežtumo indeksą.

3. Buvo atliktas daugiakriteris vertinimas TOPSIS metodu. Sudarius alternatyvų ir kriterijų matricą duomenys buvo normalizuoti, apskaičiuota svertinė normalizuota reikšmė ir surasti teigiami ir neigiami idealūs sprendimai. Tuomet buvo apskaičiuoti atstumai iki teigiamo ir neigiamo idealaus sprendimo ir apskaičiuotas santykinis atstumas nuo idealaus varianto. Pagal atliktą vertinimą nustatyta, kad trumpuoju laikotarpiu investicijoms labiausiai tinkamos yra Kinija ir JAV, kadangi atitinkamai jų atstumas nuo idealaus varianto buvo 0,68 ir 0,67. Šios šalys yra didžiausios ekonomikos tarp visų analizuotų ir jose didžiausi puslaidininkių pardavimai. Mažiausiai apsimoka investuoti į Pietų Korėją ir Tailandą, kadangi Pietų Korėjoje didelė valiutos rizika, o Tailande – maži puslaidininkių pardavimai, todėl investicijos trumpuoju laikotarpiu neapsimoka.

Tolesniais tyrimais būtų verta išsiaiškinti, kuriame lustų gamybos etape susiduriama su sunkumais ir tuo remiantis parengti investicinį projektą.

## Literatūra

- Blavatnik School of Government. (n.d.). *COVID-19 government response tracker*. Retrieved November 1, 2021, from <https://www.bsg.ox.ac.uk/research/research-projects/covid-19-government-response-tracker>
- CEIC Data. (n.d.-a). *China monthly earnings, 2000–2021*. Retrieved November 1, 2021, from <https://www.ceicdata.com/en/indicator/china/monthly-earnings>
- CEIC Data. (n.d.-b). *Malaysia monthly earnings, 2013–2021*. Retrieved November 1, 2021, from <https://www.ceicdata.com/en/indicator/malaysia/monthly-earnings>
- CEIC Data. (n.d.-c). *Thailand monthly earnings, 2001–2021*. Retrieved November 1, 2021, from <https://www.ceicdata.com/en/indicator/thailand/monthly-earnings>
- Chang, P., & Zhongqi, F. (2021). China's chip industry development status and countermeasures. *International Journal of Education and Technology*, 2, 157–161. [http://www.acadpubl.com/Papers/Vol%202,%20No%202%20\(IJET%202021\).pdf#page=163](http://www.acadpubl.com/Papers/Vol%202,%20No%202%20(IJET%202021).pdf#page=163)
- Cyran, R. (2021, September 8). Chip investment boom is just getting started. *Reuters*. <https://www.reuters.com/breakingviews/chip-investment-boom-is-just-getting-started-2021-09-08/>
- EURACTIV. (n.d.). *Germany to invest billions to bring semiconductor production back to Europe*. Retrieved November 3, 2021, from <https://www.euractiv.com/section/digital/news/germany-to-invest-billions-to-bring-semiconductor-production-back-to-europe/>
- Hale, T., Angrist, N., Goldszmidt, R., Kira, B., Petherick, A., Phillips, T., Webster, S., Cameron-Blake, E., Hallas, L., Majumdar, S., & Tatlow, H. (2021). A global panel database of pandemic policies (Oxford COVID-19 Government Response Tracker). *Nature Human Behaviour*, 5(4), 529–538. <https://doi.org/10.1038/S41562-021-01079-8>
- Kleinhans, J.-P., & Baisakova, N. (2020). *The global semiconductor value chain: A technology primer for policy makers*. [https://www.stiftung-nv.de/sites/default/files/the\\_global\\_semiconductor\\_value\\_chain.pdf](https://www.stiftung-nv.de/sites/default/files/the_global_semiconductor_value_chain.pdf)
- Lietuvos bankas. (n.d.). *Bendrasis vidaus produktas*. Žiūrėta 2021 m. spalio 24 d. Prieiga per internetą <https://www.lb.lt/lt/bvp>
- OECD Data. (n.d.). *Earnings and wages – Average wages*. Retrieved November 1, 2021, from <https://data.oecd.org/earn-wage/average-wages.htm>
- Poitiers, N. F., & Weil, P. (2021). A new direction for the European Union's half-hearted semiconductor strategy. *Policy Contribution*, 17/21, 1–21. [https://www.bruegel.org/sites/default/files/wp\\_attachments/PC-2021-17-semiconductors-.pdf](https://www.bruegel.org/sites/default/files/wp_attachments/PC-2021-17-semiconductors-.pdf)
- Trading Economics. (n.d.-a). *South Korea GDP (2021 Data - 2022 Forecast - 1960-2020 Historical - Chart - News)*. Retrieved November 1, 2021, from <https://tradingeconomics.com/south-korea/gdp>
- Trading Economics. (n.d.-b). *United States GDP (2021 Data - 2022 Forecast - 1960-2020 Historical - Chart - News)*. Retrieved November 1, 2021, from <https://tradingeconomics.com/usa/gdp>
- Trading Economics. (n.d.-c). *China GDP (2021 Data - 2022 Forecast - 1960-2020 Historical - Chart - News)*. Retrieved November 1, 2021, from <https://tradingeconomics.com/china/gdp>
- Trading Economics. (n.d.-d). *Germany GDP (2021 Data - 2022 Forecast - 1970-2020 Historical - Chart - News)*. Retrieved November 1, 2021, from <https://tradingeconomics.com/germany/gdp>
- Trading Economics. (n.d.-e). *Japan GDP (2021 Data - 2022 Forecast - 1960-2020 Historical - Chart - News)*. Retrieved November 1, 2021, from <https://tradingeconomics.com/japan/gdp>
- Trading Economics. (n.d.-f). *Malaysia GDP (2021 Data - 2022 Forecast - 1960-2020 Historical - Chart - News)*. Retrieved November 1, 2021, from <https://tradingeconomics.com/malaysia/gdp>
- Trading Economics. (n.d.-g). *Netherlands GDP (2021 Data - 2022 Forecast - 1960-2020 Historical - Chart - News)*. Retrieved November 1, 2021, from <https://tradingeconomics.com/netherlands/gdp>
- Trading Economics. (n.d.-h). *Philippines GDP (2021 Data - 2022 Forecast - 1960-2020 Historical - Chart - News)*. Retrieved November 1, 2021, from <https://tradingeconomics.com/philippines/gdp>
- Trading Economics. (n.d.-i). *Singapore GDP (2021 Data - 2022 Forecast - 1960-2020 Historical - Chart - News)*. Retrieved November 1, 2021, from <https://tradingeconomics.com/singapore/gdp>
- Trading Economics. (n.d.-j). *Thailand GDP (2021 Data - 2022 Forecast - 1960-2020 Historical - Chart - News)*. Retrieved November 1, 2021, from <https://tradingeconomics.com/thailand/gdp>
- Trading Economics. (n.d.-k). *Lithuania imports of electrical, electronic equipment (1994-2020 Data - 2021 Forecast)*. Retrieved September 27, 2021, from <https://tradingeconomics.com/lithuania/imports/electrical-electronic-equipment>
- World Integrated Trade Solution. (n.d.). *Electrical apparatus; photosensitive semiconductor devices n.e.s. in heading no. 8541, including photovoltaic cells, whether or not assembled in modules or made up into panels exports by country in 2019*.



Retrieved November 2, 2021, from <https://wits.worldbank.org/trade/comtrade/en/country/ALL/year/2019/tradeflow/Exports/partner/WLD/product/854150>

Wu, X., Zhang, C., & Du, W. (2021). An analysis on the crisis of “chips shortage” in automobile industry: Based on the double influence of COVID-19 and trade friction. *Journal of Physics: Conference Series*, 1971, 012100.

<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1971/1/012100>

ZDNet. (n.d.). *The Senate just agreed \$52 billion to boost US chip making. It's going to take a lot more.* Retrieved November 3, 2021, from <https://www.zdnet.com/article/the-senate-just-agreed-52-billion-to-boost-us-chip-making-its-going-to-take-a-lot-more/>

## GLOBAL CHIP SUPPLY ENSUREMENT DURING THE SHORT PERIOD

**M. Burneckytė, A. Vasiliauskaitė**

### Abstract

The COVID-19 pandemic has disrupted the global chip supply chain. Shortage of electronic components was first noticed in car factories, and then in the entire electronics industry. The US, Taiwan and China are the largest markets for semiconductor manufacturers, which are no longer able to meet the ever-increasing demand for chips. Lack of production capacity is

mostly felt by consumers of final products. Ensuring a steady supply of chips is an important task for major manufacturers. In order to ensure the supply of chips, it is important to establish criteria by which semiconductor manufacturing countries can be arranged. The ranking will help identify the countries that are worth investing the most in the short term. The European Union, the United States and major telecommunications companies will invest billions of dollars in 2022 to replenish the market. The article analyzes the criteria for investing in chip-producing countries. The main focus of this analysis is the chip supply chain. Each of the analyzed countries has at least one stage of chip production: design, manufacturing or assembly. Data analyzed: gross domestic product, net exports, price of one dollar in relation to the national currency, monthly average wages, Oxford COVID-19 government response severity index and semiconductor export volume. These criteria allow us to rank countries from the most attractive to the least attractive for investment. The TOPSIS method was chosen for ranking, but comparative data analysis and analysis of scientific literature and other sources of information were also applied. Method principle, formulas and application – to be described. It was determined which country is the most favorable for short-term investments, taking into account the given criteria.

**Keywords:** chip supply, short-term investment, chip-producing countries, semiconductor industry, COVID-19 pandemic.