



**Kauno technologijos universitetas**

Informatikos fakultetas

## **Modulis „Tiriamasis projektas 1“**

**Projektas: Kompiuterinės regos ir mašininio mokymosi  
pritaikymo tyrimas pramoninės gamybos gaminijų kokybės  
patikrai**

Projekto paraiška

---

**IFM 9/2 gr. Algirdas Kartavičius**  
Studentas / Studentė

**Doc. Mantas Lukoševičius**  
Projekto vadovas

**Lekt. Virginija Limanauskienė**  
Dėstytoja

**Kaunas, 2019**

---

## **Turinys**

<b>1. Projekto paraiška .....</b>	<b>3</b>
1.1. Poreikis .....	3
1.1.1. Projekto vartotojai ir klientai .....	3
1.1.2. Vartotojo problemos .....	3
1.1.3. Rinkos tyrimas .....	4
1.1.4. Informacija apie klientus .....	4
1.2. Pasiūlymas .....	5
1.2.1. Produkto apibūdinimas .....	5
1.2.2. Sistemos kontekstas .....	5
1.2.3. Bendri aprūpymai .....	5
1.2.4. Projekto įgyvendinimo planai ir kokybės vertinimas .....	6
1.3. Nauda .....	7
1.4. Konkurencija ir alternatyvos .....	7
1.5. Santrauka .....	9
<b>2. Išvados .....</b>	<b>10</b>
<b>3. Literatūros šaltiniai .....</b>	<b>11</b>

## **1. Projekto paraška**

### **Įvadas**

Šio projekto tikslas yra surasti ir ištirti kompiuterinės regos bei mašininio mokymosi metodus, kurie leis identifikuoti baldų detalių paviršiaus defektus ir juos klasifikuoti bei juos pritaikyti realiose baldų detalių gamybos linijose. Netinkamos produkcijos nustatymas leis padidinti pramoninės gamybos efektyvumą, sumažins gamybos išlaidas bei žaliavų sunaudojimą. Šis baldų detalių gamybos kokybės užtikrinimas gamintojams leis greičiau plėstis, padidinti pelną bei tapti labiau konkurencingiems. Šio projekto metu bus įgyvendintas konvoliucinių neuroninių tinklų metodas, kuris leidžia identifikuoti ir klasifikuoti paviršiaus defektus realiu laiku. Šis metodas bus įgyvendintas pažangiu mašininio mokymosi bibliotekų (Pytorch/Tensorflow) pagalba. Projekto užsakovai ir naudotojai yra stambios baldų gamybos įmonės.

Projekto metu numatoma įvykdinti šias veiklas:

1. Kameros konfigūracija tinkamo vaizdo gavimui, panaudojant kameros biblioteką.
2. Skirtingų kameros kadru apjungimas pilno vaizdo gavimui.
3. Optimalių pirminių vaizdo apdorojimo metodų pritaikymas defektų regionų radimui.
4. Tinkamiausio mašininio mokymosi metodo pasirinkimas.
5. Dirbtinio intelekto metodo pritaikymas baldų detalių su skirtingais paviršiais patikrai.
6. Sistemos dalies integracija į bendrą sistemą.
7. Sistemos testavimas realioje gamybos linijoje.

Numatoma projekto kaina yra **101850 €**. Projekta planuojama įgyvendinti iki **2020-12-10** dienos.

### **1.1. Poreikis**

#### **1.1.1. Projekto vartotojai ir klientai**

Šio projekto naudotojai – stambios Lietuvos bei Europos baldų gamybos įmonės. Bendra Lietuvos baldų gamintojų metinė apyvarta 2017 metais viršijo 1 milijardą eurų ir kasmet auga apie 10 procentų [1]. Didžiąją dalį pagamintos produkcijos nuperka Švedijos koncernas „IKEA“, o šiai įmonei ypač svarbu aukšti kokybės standartai, todėl jie ragina visus gamintojus investuoti į geresnę gamybos įrangą bei kokybės kontrolės sistemas. „IKEA“ įmonės tiekėjai, tokie kaip „Vakarų medienos grupė“ (VMG) bei „Freda“, per ateinančius metus planuoja investuoti beveik 300 milijonų eurų produkcijos gamybos bei sandelių plėtrai.

#### **1.1.2. Vartotojo problemas**

Didžioji dalis Lietuvoje pagaminamos baldų produkcijos yra parduodama „IKEA“ koncernui, kuris turi labai aukštus kokybės standartus. Baldų gamybos procesas yra ilgas, sudėtingas, susideda iš daugelio dalių, todėl nutinka įvairių gedimų bei kitų nenumatyty problemų, kurių metu yra sugadinama baldų detalių kokybė. Šiuo metu baldų detalių kokybę tikrina gamybos linijų operatoriai, tačiau šie nespėja efektyviai prižiūrėti kokybės, dažnai yra taikomas metodas, kad pasirenkama atsitiktinė detalė, patikrinama jos kokybė ir pagal tai nusprendžiama ar gamyba kokybiška. Šis gamybos metodas nėra efektyvus, kadangi iškarto po patikros gali kas nors sugesti ar sulūžti, todėl iki sekancio patikrinimo galima pagaminti dešimtis ar net šimtus nekokybiskų gaminii. Vienintelis efektyvus gaminii patikros metodas yra kompiuterinės regos technologijų taikymas, tačiau užsienio gamintojų siūlomi sprendimai yra per brangū. Kompiuterinės regos sistemos yra gana sudėtingos,

kadangi jos susideda iš daugelio kamerų, kurių vaizdas yra apdorojamas ir analizės rezultatas nustato kiekvienos detalės kokybę iš visų pusiu. Detalių patikros sistemos susideda iš paviršių patikros modulio, grėžtinių skylių patikros modulio, frezuoto griovelio patikros modulio bei kraštų patikros modulių. Taip pat stambūs užsienio tiekėjai dažnai nesivargina pritaikysi sistemas pagal užsakovo poreikius. Šias problemas puikiai padėtu išspręsti Lietuvos įmonė, kuri sukurtų gamybos patikros sistemą.

### **1.1.3. Rinkos tyrimas**

Baldų detalių paviršiaus defektų identifikavimu bei klasifikavimu domisi beveik visas Lietuvos baldų gamybos įmonės. Šiuo metu rinkoje yra tik užsienių įmonių siūlomi sprendimai, kurių kaina stipriai viršina Lietuvos gamintojų lūkesčius, todėl rinka yra atvira naujiems pasiūlymams. Net du trečdaliai medienos produkcijos yra eksportuojama, o tai sudaro 12,5 proc. viso Lietuvos eksporto [2].

**1 lentelė** Stambiausių Lietuvos rinkos įmonių palyginimas [2], [3], [4]

Gamintojas (savybės)	Vakarų medienos grupė (VMG)	SBA	Freda
Metinė apyvarta	350 mln. €	Virš 300 mln. €	120 mln. €
Planuojama metinė apyvarta po 3-5 metų	Virš 500 mln. €	Virš 400 mln. €	Iki 240 mln. €
Darbuotojų skaičius	3700	5000	600
Planuojamos investicijos	140 mln. €	Virš 30 mln. €	53 mln. €
Produkcijos eksportas	ES, JAV, Artimieji rytai, Indija, Kinija bei Australija	Vakarų Europa,	50 šalių.
Įmonių kiekis	15	30	2
Planuojama sukurti darbo vietų	1000	400	240

Stambiausių Lietuvos baldų gamintojų palyginime pavaizduotame **1 lentelė** matome, kad visos įmonės turi didelių plėtros planų bei planuoja investuoti daug pinigų į plėtrą bei gamybos efektyvumo didinimą. Visų įmonių investicijos per ateinančius keletą metų kartu yra virš 200 mln. €. Viena geriausiai produkcijos gamybos efektyvumo priemonė yra detalių vizualinė patikra, pasitelkiant kompiuterinės regos technologijas. Šios patikros viena svarbiausių dalių į paviršiaus defektų aptikimas ir klasifikavimas, todėl remiantis rinkos tyrimu galima teigti, kad kuriamas produktas yra labai perspektyvus ir pelningas.

### **1.1.4. Informacija apie klientus**

Produkto klientai tai stambios baldų gamybos įmonės, kuriuos gamina didelius kiekius baldų detalių bei gamybai naudoja automatizuotą įrangą. Didžioji dalis šių įmonių jau yra automatizavusios didžiąją dalį gamybos proceso, tačiau kokybės kontrolė vis dar nėra automatizuota, todėl aukšta kokybė nėra užtikrinama. Klientams reikia sistemos bei aparatūrinės įrangos, kurios pagalba būtų galima užtikrinti kiekvienos detalės kokybę.

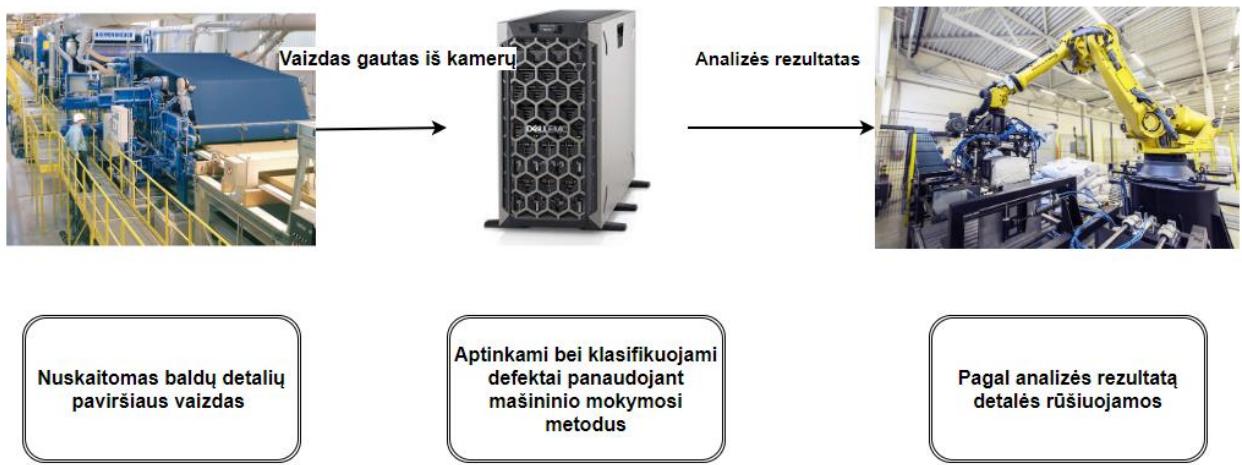
## 1.2. Pasiūlymas

### 1.2.1. Produktų apibūdinimas

Mašininio mokymosi bei kompiuterinės regos technologijų tyrimas buvo vystomas baldų detalių paviršių defektų nustatymo ir klasifikavimo srityje. Tyrimo metu planuojama defektus klasifikuoti net iki 10 skirtinų tipų. Taip pat defektus planuojama klasifikuoti pagal jų kilmės šaltinį, todėl gamybos įmonės galės greičiau nustatyti kas sukelia defektus bei likviduoti šiu neatitikimų padarinius. Produktų veikimas bus paremtas detalių, kurios važiuoja gamybos linijos konvejeriu, paviršiaus vaizdo nuskaitymu bei apdorojimu. Bus naudojamos kameros, kurios veikia dideliu dažniu, todėl vaizdo nuskaitymas ir analizė vyks realiu laiku. Iš kamero gautas vaizdas bus apdorojamas pasitelkiant mašininio mokymosi metodus, todėl analizė bus vykdoma labai dideliu tikslumu. Tyrimo metu daugiausiai dėmesio planuojama skirti mašininio mokymosi metodo tyrimui. Planuojama ištirti atraminių vektorių klasifikatorių bei konvoluciinių neuroninių tinklų metodus („YOLO“ ir „Faster R-CNN“). Defektų analizės sistema bus integruota į bendrą baldų detalių sistemą, kuri yra pilnai automatizuota. Ši sistema aptinkus detalę perduoda signalą robotui, kad šis gaminys nėra tinkamas, robotas gavęs signalą sukelia detalę nuo gamybos linijos ir padeda ją į perdirbimui skirtų detalių krūvą. Šios sistemos pagalba užtikrinama ne tik aukštesnė gamybos kontrolė, bet ir nereikia papildomų darbuotojų, kurie rūšiuoja detales.

### 1.2.2. Sistemos kontekstas

Projekto metu planuojama įgyvendinti mašininio mokymosi metodus, kurie padės identifikuoti bei klasifikuoti baldų detalių defektus. Šiuos algoritmus planuojama integrnuoti į baldų detalių patikros sistemą, kuri yra sudaryta iš aparatinės bei programinės įrangos. Baldų patikros sistema šiuo metu jau veikia gamyklose, tačiau ji defektų nustatymui nenaudoja mašininio mokymosi technologijų, todėl tikslumas nėra toks aukštas kokį galima pasiekti pasinaudojus šių dirbtinio intelekto metodų privalumais.



1 pav. Baldų detalių gamybos proceso ir defektų nustatymo kontekstas [5], [6], [7]

### 1.2.3. Bendri aprifojimai

Baldų defektų aptikimo metodikai taikomi šie aprifojimai:

1. Defektų identifikavimas ir klasifikavimas realiu laiku;
2. Turi veikti kompiuteryje, kuriaama naudojama „Windows“ operacinė sistema;
3. Galimybė integrnuoti į darbastalio aplikaciją, kuri sukurta C# programavimo kalba.

#### **1.2.4. Projekto įgyvendinimo planai ir kokybės vertinimas**

Projekto įgyvendinimo metu bus ištirti ir ištestuoti baldų detalių paviršiaus kokybės patikros metodai. Defektų identifikavimui ir klasifikavimui bus pritaikyti mašininio mokymosi algoritmai. Eksperimentų rezultatus planuojama aprašyti moksliiniame straipsnyje. Taip pat planuojama įgyvendintus metodus integrnuoti į baldų detalių patikros sistemą. Sistemos vertinimo kriterijai pateikiami **2 lentelė**

#### **2 lentelė** Sistemos vertinimo kriterijai

Nr.	Kriterijus	Pagrindimas
1	Išplečiamumas	Numatyta galimybė pridėti naujos tekštūros detalių paviršiaus defektų identifikavimo ir klasifikavimo metodiką.
2	Priklasomumas kitos programinės įrangos	Atvirojo kodo vaizdų apdorojimo bei mašininio mokymosi bibliotekos
3	Tikslumas	Planuojama pasiekti virš 98 procentų defektų klasifikavimo tikslumą

Projekto metu planuojama atliliki eksperimentus bei tyrimus, todėl šiemis tyrimams prieikis nemažai aparatūrinės įrangos. Daug dėmesio planuojama skirti mašininio mokymosi metodų tyrimui, todėl modelių apmokymui prieikis gana galingo kompiuterio su grafiniu vaizdo procesoriumi. Vis dėl to didžiąją dalį tyrimų sudarys algoritmų tyrimas bei įgyvendinimas. Visi šie kaštai yra pateikiami **3 lentelė**.

#### **3 lentelė** Projekto biudžetas

Išlaidos	Vienetas	Vienetu skaičius	Vieneto kaina, Eur	Viso, Eur
1. Žmonių ištekliai				
Duomenų analitikas	Darbo diena	220	150	33000
Programuotojas	Darbo diena	150	120	18000
Analitikas	Darbo diena	100	150	15000
Testuotojas	Darbo diena	50	70	3500
<i>Iš viso žmonių išteklių</i>		520		<b>69500</b>
2. Įranga ir prekės				
Ritininis konvejeris	Vienetas	1	5000	5000
Juostinis konvejeris	Vienetas	1	6000	6000
Difuzinis šviestuvas	Vienetas	2	1500	3000
Fokusuotas šviestuvas	Vienetas	1	1000	1000
Liniujos nuskaitymo kamera	Vienetas	3	1200	3600
Spalvota liniujos nuskaitymo kamera	Vienetas	1	1600	1600
IR šviestuvas	Vienetas	1	2500	2500

IR linijos nuskaitymo kamera	Vienetas	1	2000	2000
Kompiuteris su grafiniu vaizdo procesoriumi	Vienetas	1	5000	5000
<i>Iš viso Iranga ir prekės</i>		12		<b>29700</b>
3. Biuro išlaikymas				
Biuro nuoma	Mènesis	13	150	1950
Šildymas	Mènesis	7	100	700
<i>Iš viso biuro išlaikymas</i>		20		<b>2650</b>
4. Viso tiesioginiai projekto kaštai				<b>101850</b>

### 1.3. Nauda

Automatizuojant kokybès patikros sistemą leis užtikrinti aukštesnés kokybès gaminius. Aukštesnés kokybès gaminiai padarys baldų gamyklų produkciją patikimesnę bei patrauklesnę pirkėjams. Taip pat ši sistema padës išpildyti pagrindinio užsakovo „IKEA“ keliamus reikalavimus, todël geriau įvykdžius reikalavimus, labai didelë tikimybë, kad padidës užsakymų skaičius. Įmonëse, kuriose planuojama įdiegti sistemą 10 procentai visų pagaminamų detalių yra su defektais. Net 70 procentų defektų yra paviršiaus pažeidimai bei kiti paviršiaus neatitikimai. Įdiegus sistemos dalį, kuri tikrins paviršiaus defektus planuojama sumažinti detalių su defektais skaičių iki 4 procentų, o tai sumažins detalių su defektais skaičių net 6 procentais bei sumažins gamybos išlaidas 3,5 procentais. Sumažėjusios išlaidos leis padidinti įmonës pelną net 0,5 procento nuo metinës apyvartos. Rinkos tyrimo metu buvo nustatyta, kad didžiųjų baldos gamybos įmonių metinë apyvarta svyruoja nuo 120 mln. € iki 350 mln. €, todël 0,5 procento pelno padidëjimas atitinkamai padidins bendrą pelną nuo 600 tūkstančių iki 1,75 milijonų eurų. Sistema, kuri identifikuos bei klasifikuos baldų detalių paviršiaus defektus planuojama ištstuoti bei įdiegti iki 2020-12-10 dienos.

### 1.4. Konkurencija ir alternatyvos

Rinkoje egzistuoja nemažai įmonių, kurios pasitelkia kompiuterinës regos technologijas pramonës gaminių patikrai, tačiau nėra gausu baldų detalių kokybës užtikrinimo sistemų, kadangi jas sukurti yra gana sudëtinga ir užtrunka daug laiko. Analizës metu nustatyta, kad populiariausi yra įmonës „Baumer Inspection GmbH“ kuriamas sprendimas „ColourBrain“ [8] bei „Argos Solution“ sistema „Argos Grading System“ [9], [10]. Planuojamasis sukurti paviršių aptikimo produktas yra tik viena iš anksčiau paminëtų alternatyvių sistemų dalis, todël konkurentus planuojama lyginti su sistema, į kurią planuojama integruoti įgyvendintus mašininio mokymosi algoritmus.

#### 4 lentelė Kuriamo produkto alternatyvų palyginimas [9]

Kriterijus/Sistema	ColourBrain	Argos Grading System	Sistema į kurią planuojama integruoti kuriamą produktą
Lietuvos įmonė	Ne	Ne	Taip
Defektų klasifikavimas	Taip	Taip	Taip
Skylių ir griovelų patikra	Taip	Taip	Taip

Kraštų defektų patikra	Taip	Taip	Taip
Paviršių patikra	Taip	Taip	Taip
Defektų kilmės nustatymas	Taip	Ne	Taip
Minimalus defektų dydis	0,2 mm	1mm <sup>2</sup>	0,5 mm
Spalvotų kamerų naudojimas paviršių defektų nustatymui	Taip	Nepateikiama	Taip
Lazerio naudojimas	Taip	Taip	Taip
Skirtingų tekstūrų analizė	Taip	Taip	Taip
Statistinė informacija gamybos optimizavimui	Taip	Taip	Taip
Aparatūrinės ir programinės įrangos sprendimai	Taip	Taip	Taip
Linijos nuskaitymo kameros	Taip	Taip	Taip
Mašininio mokymosi metodai	Atraminiai vektorių klasifikatorius	Nepateikiama	Konvoliuciniai neuroniniai tinklai

Alternatyvių sistemų palyginime, kuris pateikiamas **4 lentelė**, matome, kad abi alternatyvios sistemos yra kuriamos užsienio valstybėje. Nors ir nepavyko rasti rinkoje esančių sistemų kainų, tačiau galima daryti išvadą, kad Vokietijos ar Švedijos gamintojų sprendimai kainuos žymiai brangiau nei kuriami Lietuvoje, kadangi vien specialistų atlyginimai minėtose šalyse yra ženkliai didesni nei Lietuvoje [11]. Taip pat ženkliai išauga ir sistemos įdiegimo išlaidos, kadangi kompiuterinės regos sistemos neapsieina be kamerų bei kitos aparatūrinės įrangos, todėl užsienio specialistai privalės atvykti bei gyventi Lietuvoje sistemos diegimo metu. Siūlomas sprendimas pranašesnis ne tik kaina, bet ir tuo, kad defektų aptikimui bei klasifikavimui naudos konvoliucinius neuroninius tinklus. Šio metodo pagalba dažnai pasiekiamas žymiai didesnis tikslumas nei naudojant tradicinius klasifikatorius.

## **1.5. Santrauka**

### **Vertėmis grįstas pasiūlymas**

**Vertėmis grįstas pasiūlymas:** Baldų detalių paviršių patikros sistema

Tiksliniam klientui IKEA tiekėjams (VMG, SBA, Freda), naudoti pramoninės baldų detalių kokybės pagerinimui. Baldų gamintojai suprato, kad šiuo metu plačiai taikomas gamybos patikros metodas (vizualinė žmogaus patikra) nėra efektyvus, todėl ši procesą reikia automatizuoti, sukuriant paviršių patikros sistemą.

Mūsų siūlomas sprendimas: baldų paviršiaus patikros metodų integravimą į kokybės patikros sistemą.

Tai suteikia efektyvų baldų gamybos procesą bei sumažina produkcijos su defektais skaičių.

Kokybės pagerinimas sumažins gamintojų kaštus. Projekto planuojami kaštai neviršys 102 tūkstančių Eur. Metodai bus integruoti į patikros sistemą, kuri įdiegta užsakovo aplinkoje iki 2020-12-10.

Skirtingai nei žmonių vizualinė patikra šis metodas efektyviai veiks 24 valandas per parą ir užtikrins kiekvienos detalės patikrą.

## **2. Išvados**

1. Sistema pakeis vizualinę patikrą, kurią šiuo metu atlieka žmonės.
2. Sistema sumažins gamybos išlaidas bei padidins gamybos efektyvumą.
3. Sistemos naudojimas padidins bendrą įmonių pelną.
4. Sistema identifikuos ir klasifikuos defektus bei kiekvieną defektą priskirs jo kilmės šaltiniui.

### **3. Literatūros šaltiniai**

- [1] „Lithuanian companies among largest suppliers for Swedish IKEA,“ 7 vasario 2018. [Tinkle]. Available: <https://www.strategeast.org/lithuanian-companies-among-largest-suppliers-swedish-ikea/>. [Kreiptasi 27 11 2019].
- [2] „Kauno LEZ atidarytas „Fredos“ fabrikas gamins baldus IKEA,“ 20 kovo 2019. [Tinkle]. Available: [https://www.15min.lt/verslas/naujiena/kvadratinis-metras/nekilnojamasis-turtas/kauno-lez-atidarytas-53-mln-euru-atsiejes-fredos-fabrikas-gamina-baldus-ikea-imonei-973-1118576#\\_](https://www.15min.lt/verslas/naujiena/kvadratinis-metras/nekilnojamasis-turtas/kauno-lez-atidarytas-53-mln-euru-atsiejes-fredos-fabrikas-gamina-baldus-ikea-imonei-973-1118576#_). [Kreiptasi 27 lapkričio 2019].
- [3] „Strateginiai VMG tikslais rūpinsis įsteigta valdyba,“ 15 vasario 2019. [Tinkle]. Available: <https://www.vz.lt/pramone/2019/02/15/strateginiai-vmg-tikslais-rupinsis-isteigta-valdyba#ixzz5wZQArPZj>. [Kreiptasi 27 lapkričio 2019].
- [4] „SBA,“ 2019. [Tinkle]. Available: <http://www.sba.lt/>. [Kreiptasi 27 lapkričio 2019].
- [5] „Dell PowerEdge Servers,“ 2019. [Tinkle]. Available: <https://www.dell.com/en-us/work/shop/dell-powerededge-servers/sc/servers>. [Kreiptasi 28 lapkričio 2019].
- [6] „Elinta, UAB. Rekvizitai.lt,“ 2019. [Tinkle]. Available: <https://rekvizitai.vz.lt/imone/elinta/>. [Kreiptasi 28 lapkričio 2019].
- [7] „WOOD BASED PANEL INDUSTRY,“ 2018. [Tinkle]. Available: <https://www.forbo.com/movement/en-cn/industries-applications/raw-materials/wood/psu9x9>. [Kreiptasi 28 lapkričio 2019].
- [8] „Standard or individual solutions for your furniture production.,“ Baumer Inspection GmbH, 2018. [Tinkle]. Available: <https://www.baumerinspection.com/en/products/surface-inspection/furniture/>. [Kreiptasi 19 lapkričio 2019].
- [9] A. Kartavičius, „Kompiuterinės regos ir mašininio mokymosi pritaikymo tyrimas pramoninės gamybos gaminių kokybės patikrai,“ Kaunas, 2019.
- [10] „Grading System,“ Argos Solution, 2017. [Tinkle]. Available: <https://www.argossolutions.no/grading-system/>. [Kreiptasi 19 lapkričio 2019].
- [11] „Average Software Developer Salary in the World 2019. Which Is the Highest-Paying Country?,“ 09 vasario 2019. [Tinkle]. Available: <https://www.daxx.com/blog/development-trends/it-salaries-software-developer-trends-2019>. [Kreiptasi 28 lapkričio 2019].