

GAMYBOS DUOMENŲ SURINKIMO, MONITORINGO IR VALDYMO SISTEMOS PROJEKTAVIMAS

Rūta Plačinskaitė, doc. dr. Donatas Dervinis

Šiaulių valstybinė kolegija, Aušros al. 40, Šiauliai

Abstract. The aim of the project is to design and create a system that is designed to optimize work in a production company. The system must consist of automated data collection from the conveyor line, their real-time monitoring and control system. The automated system allows the company to speed up work productivity, to monitor the real situation in production, at what pace the works are being performed through the monitoring of selected data. The implementation of the system becomes a very useful tool for the technician, who can determine at which intermediate station of the conveyor there is a problem that reduces work productivity. This problem, in this way, can be solved more quickly, so that the entire conveyor line does not have to be stopped. The designed and developed system will work in the company and perform the intended functions that are necessary to optimize the company's work performance.

Keywords: production automation, data collection, Raspberry Pi.

Įvadas

Aktualumas. Dideli įvairių tipų informacijos ir duomenų srautai yra perduodami įvairiais būdais, kurie reikalauja vis sudėtingesnių strategijų ir priemonių jų apdorojimui. Dažnai norima, kad informacija būtų išgauta kiek galima greičiau – jei įmanoma, stebėti ir jau apdorotus duomenis pateikti galutiniams vartotojams realiu laiku. Įdiegtos naujos technologijos gali padėti suinteresuotoms šalims greičiau pasiekti didelius ir skirtingus informacijos srautus. Dėl šios priežasties rinkoje atsiranda vis daugiau skirtingų sistemų, kurios savo funkcionalumu yra pritaikytos prie įvairiausių įmonių poreikių, pagal jų užsiimamą veiklą. Šis pranašumas skatina didžiąją dalį įmonių pradėti naudoti skaitmenizuotas automatines duomenų valdymo sistemas. Tokio pobūdžio sistemos spartina darbo našumą, mažina atsakomybę darbuotojui, kuriam nebereikia rūpintis duomenų skaičiavimu, nes sistema leidžia išvengti duomenų netikslumų, kurie gali atsirasti dėl žmogiškųjų klaidų bei suteikia grįžtamąjį motyvacinį ryšį, dėl kurio darbuotojai matydami realius rezultatus yra skatinami siekti didesnių nustatytų darbo normų.

Projekto problema. Įmonės gamybos linijos atliktų darbų duomenų rinkimui, pateikimui ir apdorojimui yra naudojamas rankinis būdas, kuriuo informacija gaunama skaičiuojant ir registruojant popieriaus lape. Vėliau informacija suvedama į elektronines lenteles.

Projekto objektas – gamybinės įmonės siuvimo linija.

Projekto tikslas – sukurti automatizuotą gamybos linijos darbų duomenų surinkimo, informacijos monitoringo ir valdymo sistemą.

Projekto uždaviniai:

- išanalizuoti rinkoje naudojamas gamybinės (konvejerinės) linijos valdymo sistemas, atlikti poreikio analizę;
- parinkti technines ir programines priemones projektui realizuoti;
- sukurti sistemą naudojant techninius ir programinius komponentus (bei sprendimus);

Projekto metodai: interviu, informacijos šaltinių analizė, analogų paieška ir palyginimas, modeliavimas ir projektavimas.

Projekto reikšmingumas ir sklaida. Automatizuota gamybos duomenų surinkimo ir monitoringo sistema leidžia įmonei spartinti darbo našumą, kai yra matomas atrinktų duomenų pateikimas realiu laiku. Yra matoma, kokių tempų yra atliekami darbai, todėl galimas individualaus darbuotojo darbo našumo stebėjimas

su galimybe suteikti paskatinimą konkrečiam darbuotojui, dėl kurio atsiranda ir motyvacinis grįžtamasis ryšys. Duomenų valdymo programa suteikia galimybę ateityje tausoti popierių, kuris tampa nereikalingas, kai visi gamybos duomenys yra suvedami į sistemą ir yra saugomi duomenų bazėje. Sistemos įdiegimas turi didelę įtaką technologui, kuriam sistema tampa kaip įrankis, kuris gali nustatyti, kurioje konvejerio tarpinėje stotelėje yra problema, dėl kurio sumažėja darbo našumas.

Darbas iš dalies buvo finansuotas Šiaulių miesto savivaldybės „INOSTART“ projekto lėšomis.

Įmonės apžvalga

Projektas yra ruošiamas pagal tyrimą ir poreikį, kuris buvo atliktas Šiaulių mieste veikiančioje ir paslaugas teikiančioje įmonės užsakymu, įmonė užsiima vyriškų kostiumų siuvimu. Ją sudaro grandinė įrenginių sujungtų į konvejerį. Įmonė pagamina iki 200 švarkų ir 180 kelnų per dieną. Šiuo metu švarkų konvejeris neturi automatizuotos duomenų surinkimo, monitoringo ar valdymo sistemos, todėl ši sistemų visuma bus suprojektuota ir įdiegta šioje linijoje, siekiant didinti darbo našumą ir sumažinti darbuotojų atsakomybę informuojant apie atliktų darbų kieki.

Šiuo metu darbų apskaita švarkų konvejerinėje linijoje yra vykdoma rankiniu būdu t.y. atlikti darbai dienos eigoje surašomi į lapą, o einami duomenys pateikiami baltoje lentoje (žr. 1 pav.)

	8:10	1:00	10:30	11:30	12:15	12:45	13:15	13:45
Švarkai	25	60	50					
Panašios	30	35						
Kelnai	25	50						
Pulakai	25	40	61					
Panašios	30	50						
Pulakai	30	50						
Švarkai	25	45	35	110	120	150	175	200
Panašios	20	45	30	35	40	45	50	55
Kelnai	6	23	45	50	64	84	112	140
Panašios	6	23	45	50	64	84	112	140
Kelnai	25	40	60	100	115	140	175	210
Panašios	25	40	60	100	115	140	175	210
Švarkai	15	30	40	60	70	80	100	120
Panašios	15	30	40	60	70	80	100	120
Švarkai	25	50	75	110	140	180	220	260
Panašios	24	62	75	110	140	180	220	260

1 pav. Per dieną atliktų darbų duomenų pateikimas lentoje

Panašių gamybos valdymo sistemų analizė

Šiame poskyryje yra apžvelgiamos panašios gamybos duomenų valdymo sistemos, veikiančios ne tik Lietuvoje, bet ir užsienyje. Palyginimui buvo pasirinktos 3 įmonės, kurios kuria panašias sistemas – „Antsolutions“, „Odo“ bei „Gamybos kodo technologijos“.

„Antsolutions“ – tai įmonė, kuri kuria sąsajas tarp senų ir naujų sistemų, kuria ir diegia patogias, su modernia ir ergonomiška vartotojo sąsaja bei daugybe funkcijų valdymo sistemas pagal specifinius užsakovų poreikius [1].

„Odo“ – tai įmonė, kuri pateikia daugybę lengvai naudojamų verslo programų, kurios sudaro visą įrankių rinkinį, atitinkantį bet kokius verslo poreikius. Milijonams įmonių yra suteikiama lengva ir nemokama prieiga prie programinės įrangos, reikalingos verslui vykdyti ir plėsti, bet kad sistema būtų įdiegta, tai reikalauja daug papildomo programavimo, už kurį reikėtų sumokėti didelius pinigus [2].

„Gamybos kodo technologijos“ – Lietuvoje įsikūrusi įmonė, kurios tikslas yra gamybos efektyvumo didinimas. Įmonė užsiima užsakymų valdymo sistemų kūrimu, atsargų poreikių subalansavimu, gamybos planavimu [3].

Išsiaiškinus, pateiktų įmonių sistemų funkcijas ir remiantis [4] straipsniu, buvo išskirtos rekomenduojamos funkcijos, kurios galėtų būti diegiamos sistemose. Išanalizavus straipsnį, galima teigti, kad duomenų valdymo sistema galėtų turėti atitinkamas funkcijas, kurios yra pateikiamos 1 lentelėje.

1 lentelė. Kuriamos sistemos rekomenduojamų kriterijų paaiškinimas

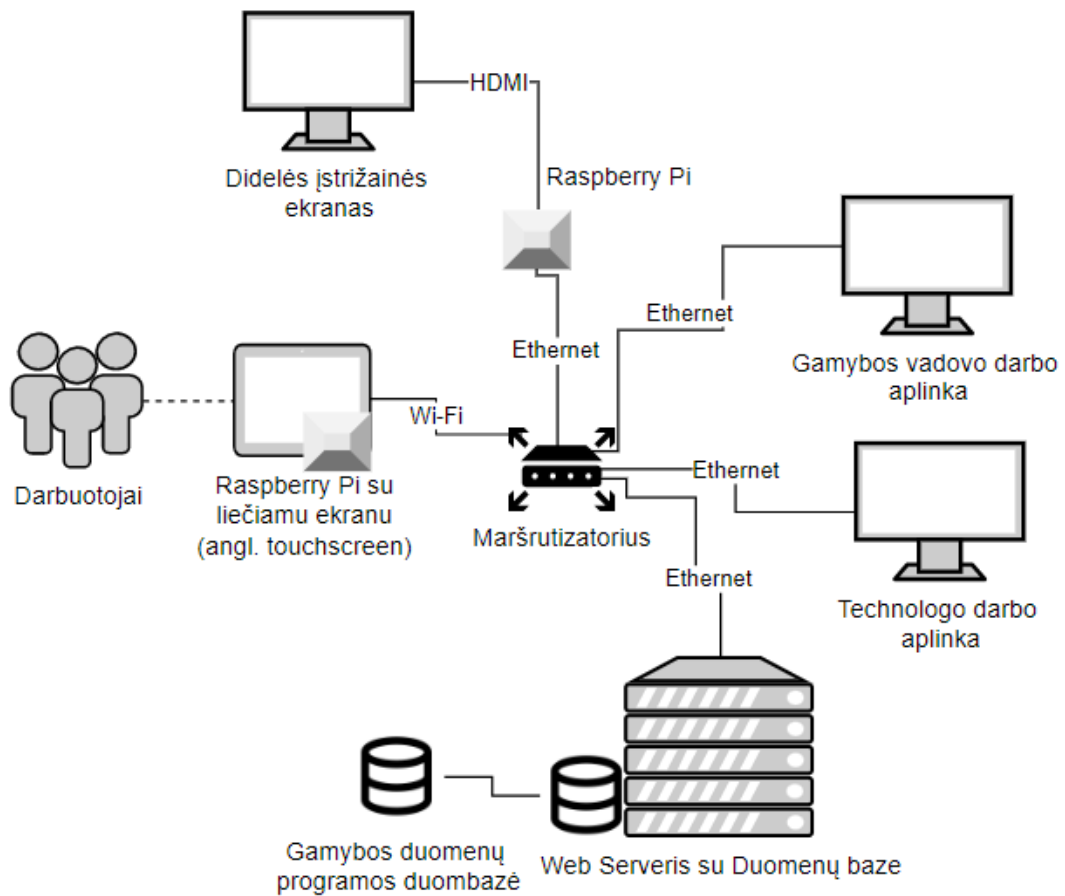
Vartotojo funkcijos	
Duomenų saugyklos ir dokumentų valdymas	Turi būti leidžiama tam skirta prieiga prie duomenų, kad būtų galima ieškoti, saugoti ir kitaip apdoroti reikiamą informaciją.
Gaminio struktūros valdymas	Medžiagų sąskaitų ir kitos susijusios informacijos tvarkymas.
Produkcijos prognozavimas ir planavimas	Suteikiama galimybė koordinuoti su produktu susijusias procedūras, planuoti išteklius ir sekti projektą.
Panaudojimo funkcijos	
Duomenų pateikimas ekrane	Sistema turi užtikrinti, kad būtų galima stebėti gamybos linijos duomenis realiu laiku, kad būtų galima nedelsiant reaguoti į bet kokias iškilusias problemas.
Sistemos administravimas	Sistemos kontrolė ir veikimo bei saugojimo stebėjimas

Atlikus trijų skirtingų įmonių valdymo sistemų funkcionalumo analizę nuspręsta, kad kuriama sistema yra priimtinesnis variantas įmonei, nes visos minėtosios sistemos reikalauja programuotojų, galinčių sistemą įdiegti. Tokiu atveju, atsirastų papildomas poreikis mokėti už programuotojo diegimo paslaugą. Diegimo metu sistema nėra pritaikoma tik tiek, kiek reikalauja įmonė, nes yra įdiegiama perteklinė informacija, dėl kurios sistema tampa nelanksti. Dėl šios priežasties buvo išanalizuotos minėtos įmonių sistemos bei pasirinktos funkcijos, kurios galėtų būti įdiegtos kuriamoje gamybos duomenų valdymo sistemoje.

Kadangi visose analizuotose sistemose yra naudojamas realaus laiko darbo našumo stebėjimas, ši idėja bus įgyvendinta ir kuriamoje sistemoje, kad operatoriai, dirbantys prie konvejerio juostos, realiu laiku galėtų stebėti atliktų darbų kiekį ir įvertinti savo individualų darbo efektyvumą. Taip pat bus projektuojamas ir realizuojamas gamybos duomenų automatinis surinkimas, kuris yra naudojamas taip pat visose minėtų įmonių valdymo sistemose. Tai padės mažinti popieriaus sunaudojimą, bus išvengta duomenų neatitikimų ir visi surinkti duomenys bei jų skaičiavimai bus tikslesni be žmogiškųjų klaidų. Kaip ir visose, taip ir kuriamoje sistemoje planuojama palikti prieigą vadovui, kuris gamybos duomenis galės stebėti, generuoti ataskaitas individualiai kiekvienam užsakymui ar darbuotojo darbo našumui stebėti.

Sistemos projektavimas ir technologijų parinkimas

Projektą sudarys trys dalys: duomenų surinkimo, duomenų išvedimo į ekraną ir duomenų analizės darbo vietos (žr. 2 pav.).



2 pav. Projektuojamos sistemos struktūra

Žemiau pateiktuose poskyriuose bus analizuojamas ir parenkamas kiekvienos minėtosios dalies technologijos.

Duomenų surinkimo darbo vietos technologijų parinkimas

Šiai darbo aplinkai reikės įrangos duomenims įvesti. Kad ši idėja būtų įgyvendinta, atlikus analizę, reikia parinkti tinkamą projektui mikrokompiuterį bei tinkamą programavimo kalbą.

Mikrokompiuteris – tai nedidelis kompiuteris, kurio centrinio procesoriaus darbą atlieka mikroprocesorius, kuris atlieka visas logines ir aritmetines operacijas [5]. Remiantis anodas.lt teikiama prekių [6] pasiūla buvo padaryta palyginamoji analizė tarp keleto skirtingų mikrokompiuterių (žr. 2 lentelė).

2 lentelė. Mikrokompiuterių palyginamoji analizė

	Raspberry Pi 4 Model B	BeagleBone AI-64	Odroid-N2+ 2GB
--	-------------------------------	-------------------------	-----------------------

Procesorius	64-bit, 4 branduolių ARM Cortex-A72, 1,5 GHz	64-bit, × 2GHz Arm Cortex-A72, 3× Dual Arm Cortex-R5 Coprocessors	64-bit, Amlogic 4× 2.4 GHz Cortex-A73, 2× 2 GHz Cortex-A53
GPU	Broadcom VideoCore VI	PowerVR Rogue 8XE GE8430	Arm Mali-G52
RAM	4 GB LPDDR4	4 GB DDR4	2 GB DDR4
Internetas	Wifi: 802. 11 b/g/n Gigabit Ethernet 2,4/5GHz	Gigabit Ethernet	Gigabit Ethernet
Jungtys	MicroUSB, Ethernet lizdas, 2x micro-HDMI video/audio lizdai, 2x USB 2.0 lizdai, 2x USB 3.0 lizdai, 40 įvesties/išvesties jungčių	Mini-DisplayPort, 2x USB 3.0, USB 3.0 Type-C OTG, M.2 E-Key, 16-pin GPIO Header, 2x 36-pin GPIO Headers	HDMI jungtis, 4× USB 3.0, micro-USB 2.0 OTG, 3.5mm AV Jack, 40-pin GPIO Header
Maitinimo šaltinis	5V DC 3A per USB Type-C jungtį	5V DC 3A per Barrel Jack jungtį, 5V DC 3A per USB Type-C jungtį	12V DC 2A per Barrel Jack

Atlikus analizę buvo nuspręsta projekto kūrimui naudoti *Raspberry Pi 4 Model B* mikrokompiuterį (žr. 1.3 pav.) todėl, kad šiuo metu tai yra vienas iš populiariausių mikrokompiuterių [7], turi daugiau RAM atminties ir yra svarbu tai, kad čia yra įmontuotas WiFi bevielis tinkas, kuris bus reikalingas įrengiant duomenų surinkimo aplinką.



3 pav. *Raspberry Pi* mikrokompiuterio vaizdas be korpuso [8]

Duomenims surinkti ir pateikti, prie mikrokompiuterio bus prijungtas standartinis suderinamas su *Raspberry Pi v4* mikrokompiuteriu 7 colių liečiamas ekranas (angl. *touchscreen*), įtalpintas į specialų korpusą, kuris leis darbuotojui įvesti reikiamą informaciją apie atliktų darbų kiekį (žr. 4 pav.).



4 pav. Mikrokompiuteris Raspberry Pi korpuse su liečiamu 7“ ekranu [9]

Duomenų surinkimo sistemai buvo atliekama analizė tarp *Python* ir PHP programavimo kalbų. Minėtosios yra apžvelgiamos 3 lentelėje.

3 lentelė. Raspberry Pi programavimo kalbų palyginamoji analizė

	Python	PHP
Veikimas su Raspberry Pi	Veikia interpretuojama	Reikalinga naršyklė
Technologijos	Veikia Raspberry Pi įrenginyje	Veikia serverio dalyje, todėl vaizdas turi būti siunčiamas į Raspberry Pi ir atvaizduojamas naršyklėje
Funkcionalumas	Geriau išnaudoja įrangos resursus. Pvz., esant poreikiui galima panaudoti IN/OUT fizines jungtis	Veikia serverio pusėje, todėl yra ribotos galimybės
Interaktyvumas	Optimalus	Ribotas, reikia naudoti papildomas technologijas. Pvz., JavaScript.

Atlikus lyginamąją programavimo kalbų analizę, nuspręsta sistemos kūrimui naudoti *Python* programavimo kalbą, nes ji yra optimalesnė lyginant su PHP programavimo kalba. *Python* programavimo kalba turi daug skirtingų bibliotekų, kurias galima pritaikyti specifiniams sistemos poreikiams (projekte bus naudojamos bibliotekos: lentelėms - *numpy*, o grafiniams vaizdams – *tkinter*). Kadangi minėta kalba veikia pačiame įrenginyje ir nereikalauja serverio, per kurį vaizdas turėtų būti siunčiamas tik į naršyklę, yra optimaliau išnaudojami įrenginio resursai, nes *Python* veikia interpretuojamas. Ateityje, kilus poreikiui bus galima prijungti papildomus įrenginius per fizines jungtis, kurias yra paprasčiau integruoti į sistemą su *Python* programavimo kalba.

Išvedamų duomenų vietos technologijų parinkimas

Tai realaus laiko duomenų išvedimas didelės įstrižainės ekrane, kad realiu laiku darbuotojams būtų galima rodyti, koks yra pagamintų gaminių kiekis šią akimirką ir darbuotojai galėtų gauti grįžtamąjį ryšį apie jų darbo našumą, skatinant pasiekti numatytas dienos normas. Šios aplinkos įgyvendinimui reikia tinkamo mikrokompiuterio duomenims į ekraną išvesti bei didelės įstrižainės monitoriaus.

Remiantis anksčiau atlikta analize (žr. 2 lentelė) buvo pasirinkta naudoti tą patį Raspberry Pi mikrokompiuterį tik senesnę 3B+ modelį todėl, kad šio mikrokompiuterio specifikacija yra pakankama šios sistemos daliai palaikyti.

Pasirenkant didelės įstrižainės monitorių yra svarbu įvertinti tai, kad rodant duomenis vaizdas bus statinis, todėl per ilgesnį laiką gali „išdegti“ nuolatos šviečiančios ekrano vietos. Tokiems projektams yra naudojamos specialios matricos, kurios yra modeliuose iš serijos *Signage Displays*. Šios serijos monitoriai yra pritaikyti naudoti gamybinėse įmonėse, nes yra atsparūs dulkiams bei drėgmei, gali ilgai rodyti statinį vaizdą.

Duomenų analizės sistemos technologijų parinkimas

Tai administravimo sistema, pasiekiamą per naršyklę bei sukurta karkaso pagrindu, kurioje bus galima matyti klasifikuotus duomenis pagal tam tikrus numatytus kriterijus. Prisijungę vartotojai galės filtruoti duomenis pagal darbuotojus, užsakymą, datos laikotarpį ar tarpinės stotelės numerį. Įgyvendinimui buvo pasirinkta dirbti su papildomu įrankiu - karkasu.

Karkasas (angl. *Framework*) – tai programinės įrangos paketas su integruotomis įvairiausiomis bibliotekomis, kurios palengvina darbą kūrimo procese [10]. Lyginant su naujai rašomu kodu be papildomų bibliotekų, karkasai turi pranašumą tokį, kad sukurtos sistemos yra daug saugesnės nei tos, kurios yra rašomos nuo pradžių [11]. Jos iškart suteikia saugų vartotojų autorizavimą šifruojant duomenis, yra išvengiama pasikartojančio kodo, leidžiama pasirinkti papildomus įrankius, kurie palengvina programavimo procesą.

Sistemos realizavimui buvo pasirinkta naudoti *Laravel* karkasą, dėl integruotų funkcijų, kurios palengvina interneto svetainių kūrimą. Kadangi minėtasis karkasas turi daug papildomų paketų, buvo pasirinkta naudoti *AdminLTE* šabloną, kuris generuoja administracinio skydelio vaizdą bei yra nesunkiai modifikuojamas pagal sistemos poreikius. Kadangi sistemoje yra generuojami duomenų analizės grafikai, buvo pasirinkta naudoti dar vieną papildomą biblioteką *LarapexChart*, kuri pagal pateikiamus duomenis generuoja norimas diagramas.

Išvados

1. Atlikta panašių sprendimų analizė parodė, kad rinkoje yra daug sprendimų gamybinėms įmonėms, tačiau daugelis jų yra arba brangūs ir turi perteklinių nereikalingų funkcijų, arba sprendimas yra reikalaujantis daug diegimo ir programavimo darbų.
2. Atlikus poreikių analizę buvo parinktos technologijos: mikrokompiuteris Raspberry Pi, parinkta jam geriausiai tinkamą Python programavimo kalbą, karkasas Laravel su priedais AdminLTE, LarapexChart
3. Suprojektuota sistema realizuota, diegiama ir testuojama realioje siuvimo įmonėje. Atskiros dalys yra išbandytos ir tinkamai veikia.

Informacijos šaltiniai

1. „Antsolutions,“ 2022. Prieiga per: <https://antsolutions.eu> [žiūrėta 2022-10-19].
2. Odo, 2022. Prieiga per: <https://www.odoo.com/page/about-us> [žiūrėta 2022-03-25].
3. GK Proact, 2022. Prieiga per: <https://gkproact.com> [žiūrėta 2022-11-12].
4. MESIHOVIC Samir, MALMQVIST Johan, PIKOSZ Peter, Product data management system-based support for engineering project management. *Journal of Engineering Design*. 2004, 15

- (4), 389-403. DOI: 10.1080/09544820410001697190. Prieiga per: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09544820410001697190> [žiūrėta 2022-10-19].
5. I. Encyclopaedia Britannica *Britannica*, 2022. Prieiga per: <https://www.britannica.com/technology/microcomputer> [žiūrėta 2023-01-22].
6. Anodas, 2022. Prieiga per: <https://www.anodas.lt/raspberry-pi-3-wifi-bluetooth-lt?search=raspberry%20pi%20mikrokompiuteris> [žiūrėta 2022-12-12].
7. HALFACREE Gareth, *The Best Single-Board Computers of 2022*. Prieiga per: <https://all3dp.com/1/single-board-computer-raspberry-pi-alternative/> [žiūrėta 2022-12-13].
8. Aš - žalias!, 2022. Prieiga per: <http://as-zalias.lt/raspberry-pi-funkcionalumas-ir-panaudojimas/> [žiūrėta 2022-10-25].
9. Pi Australia, 2022. Prieiga per: <https://raspberrypiaustralia.com.au/products/case-for-raspberry-pi-official-7-touchscreen-for-pi-4> [žiūrėta 2022-10-25].
10. GRANT Darling, *The Code Bytes*, 2021. Prieiga per: <https://thecodebytes.com/what-is-a-programming-framework/> [žiūrėta 2023-01-22].
11. GRANT Darling, *The Code Bytes*, 2021. Prieiga per: <https://thecodebytes.com/what-is-a-programming-framework/> [žiūrėta 2023-01-22].