

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
INFORMATIKOS FAKULTETAS
KOMPIUTERIŲ KATEDRA

Valdas Daukša

**Maršrutizavimo strategijas palaikanti prekių
surinkimo sistema**

Magistro darbas

Darbo vadovas:

prof. dr. R. Jasinevičius

Kaunas, 2008

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
INFORMATIKOS FAKULTETAS
KOMPIUTERIŲ KATEDRA

Valdas Daukša

**Maršrutizavimo strategijas palaikanti prekių
surinkimo sistema**

Magistro darbas

Recenzentas

dr. R. Butkienė

2008-01-14

Vadovas

prof. dr. R. Jasinevičius

2008-01-14

Atliko

IFM-2/4 gr. stud.

Valdas Daukša

2008-01-14

Kaunas, 2008

ORDER PICKING SYSTEM WITH ROUTING SUPPORT

SUMMARY

Order picking has long been identified as the most labour-intensive and costly activity for almost every warehouse; the cost of order picking is estimated to be as much as 50% of the total warehouse operating expense. Any underperformance in order picking can lead to unsatisfactory service and high operational cost for its warehouse, and consequently for the whole supply chain. In order to operate efficiently, the order picking process needs to be robustly designed and optimally controlled.

This thesis focus on routing policies. The objective of routing policies is to sequence the items on the pick list to ensure a good route through the warehouse. These policies could include simple heuristics or optimal procedures. Developed order picking system supports heuristics and enables to create individual picking routes. So it is eliminated the need to reorganize warehouse physically. RF technology and routing support allow order picking system to operate efficiently and free from errors.

Keywords: Order picking; Warehouse management; Routing policies.

Turinys

1	ĮVADAS	4
2	MARŠRUTIZAVIMO STRATEGIJAS PALAIKANČIOS PREKIŲ SURINKIMO SISTEMOS ANALIZĖ	5
2.1	Tyrimo tikslas	5
2.2	Tyrimo sritis, objektas ir problema	5
2.3	Tyrimo metodai ir priemonės	6
2.4	Organizacijos veiklos analizė	6
2.5	Vartotojų analizė	11
2.6	Esamų sprendimų analizė	12
2.7	Siekiamas sprendimas	20
2.8	Analizės išvados	21
3	MARŠRUTIZAVIMO STRATEGIJAS PALAIKANČIOS PREKIŲ SURINKIMO SISTEMOS REIKALAVIMŲ SPECIFIKACIJA	23
3.1	Funkciniai reikalavimai	23
3.2	Dalykinės srities modelis	28
3.3	Vartotojo interfeiso modelis	29
3.4	Nefunkciniai reikalavimai	32
4	MARŠRUTIZAVIMO STRATEGIJAS PALAIKANČIOS PREKIŲ SURINKIMO SISTEMOS PROJEKTAS	36
4.1	Projekto tikslas	36
4.2	Sistemos architektūra	36
4.3	Detalus projektas	37
4.4	Sistemos elgsenos modelis	43
4.5	Duomenų bazės modelis	45
4.6	Metodo, atspindinčio darbo idėją bei naujumą, aprašas	48
5	MARŠRUTIZAVIMO STRATEGIJAS PALAIKANČIOS PREKIŲ SURINKIMO SISTEMOS REALIZACIJA	50
5.1	Realizacijos modelis	50
5.2	Testavimo planas ir rezultatai	51
6	EKSPERIMENTINIS MARŠRUTIZAVIMO STRATEGIJAS PALAIKANČIOS PREKIŲ SURINKIMO SISTEMOS TYRIMAS	56
6.1	Eksperimentinio diegimo aprašymas	56
6.2	Sukurtos sistemos kokybės įvertinimas	60

7	IŠVADOS.....	62
8	LITERATŪRA.....	63
9	TERMINŲ IR SANTRUMPŲ ŽODYNAS.....	65
10	PRIEDAI.....	66
10.1	Vartotojo instrukcija	66

Paveikslėlių sąrašas

1 pav. Prekių surinkimą sudarančių veiksmų pasiskirstymas pagal atlikimo trukmę [3].....	5
2 pav. Sandėlio bendrovės veiklos tikslų modelis	7
3 pav. Sandėlio bendrovės kontekstinė diagrama	8
4 pav. Sandėlio bendrovės veiklos sąveikų modelis.....	9
5 pav. Sandėlio bendrovės veiklos proceso diagrama	10
6 pav. Sandėlio planas ir jį atitinkantis grafas	12
7 pav. S-formos apėjimo metodas.....	14
8 pav. Grįžimo metodas	15
9 pav. Vidurinės linijos metodas.....	16
10 pav. Didžiausios spragos metodas	17
11 pav. Kombinuotasis metodas	18
12 pav. Prekių surinkimo sistemos panaudojimo atvejų diagrama.....	23
13 pav. „Rinkti prekes“ panaudos atvejo veiklos diagrama	27
14 pav. Dalykinės srities esybių klasių diagrama	28
15 pav. Sandėlio vietų langas	29
16 pav. Sandėlio vietų redagavimo langas.....	30
17 pav. RF terminalo ekrano langas	30
18 pav. Vartotojo navigavimo planas	31
19 pav. Prekių surinkimo sistemos architektūra	36
20 pav. Prekių surinkimo klasių diagrama.....	38
21 pav. Maršruto sudarymo klasių diagrama.....	42
22 pav. Surinkimo proceso sekų diagrama	44
23 pav. Duomenų bazės schema	45
24 pav. Maršrutizavimo panaudojimas prekių surinkimo procese	48
25 pav. Sistemos diegimo modelis	50
26 pav. Testinis surenkamų prekių sąrašas	53
27 pav. Testiniai sandėlio vietų duomenys.....	53
28 pav. Testavimo scenarijaus rezultatai	54
29 pav. Pradiniai duomenys po testavimo scenarijaus įvykdymo	55
30 pav. Sandėlio išplanavimo schema	57
31 pav. S-formos, bandomosios, grįžimo ir vidurinės linijos euristicų palyginimas	59
32 pav. Bandomoji apėjimo strategija	59
33 pav. Vietų žemėlapių programa	66

34 pav. Vietų žemėlapių redagavimo langas	67
35 pav. Prisijungimo prie sistemos langas.....	67
36 pav. Užsakymo įvedimo langas	68
37 pav. Konteinerio skenavimo langas	68
38 pav. Vietos skenavimo langas.....	69
39 pav. Prekės skenavimo langas	69

Lentelių sąrašas

1 lentelė	Reikalavimai vartotojams	11
2 lentelė	Vartotojų problemos	11
3 lentelė	Mišriojo, didžiausios spragos ir optimalaus metodų palyginimas	18
4 lentelė	S-formos ir optimalaus metodų palyginimas	19
5 lentelė	Egzistuojančių sistemų palyginimas	19
6 lentelė	„Nustatyti naudojamus sandėlio vietas“ panaudos atvejo specifikacija	24
7 lentelė	„Modifikuoti maršrutą“ panaudos atvejo specifikacija	24
8 lentelė	„Prisijungti“ panaudos atvejo specifikacija	25
9 lentelė	„Registruoti surinkimo paletę“ panaudos atvejo specifikacija	25
10 lentelė	„Rinkti prekes“ panaudos atvejo specifikacija	26
11 lentelė	„Registruoti surinkimo paletės padėjimo vietą“ panaudos atvejo specifikacija	27
12 lentelė	Reikalavimai sistemos išvaizdai	32
13 lentelė	Reikalavimai panaudojamumui	32
14 lentelė	Reikalavimai vykdymo charakteristikoms	33
15 lentelė	Reikalavimai sistemos priežiūrai	34
16 lentelė	Reikalavimai saugumui.....	35
17 lentelė	„PickFace“ klasės aprašymas.....	38
18 lentelė	„PickSKU“ klasės aprašymas	39
19 lentelė	„OrderInfo“ klasės aprašymas	40
20 lentelė	„ScanIdScreen“ klasės aprašymas	40
21 lentelė	„ConfirmSKU“ klasės aprašymas.....	40
22 lentelė	„ScanLocation“ klasės aprašymas	41
23 lentelė	„HHTSTimedWindowWithTitle“ klasės aprašymas	41
24 lentelė	„DataBrowser“ klasės aprašymas	42
25 lentelė	„LocationBrw“ klasės aprašymas	42
26 lentelė	„LocEditWn“ klasės aprašymas.....	43
27 lentelė	„EditFrame“ klasės aprašymas	43
28 lentelė	Duomenų bazės lentelės „CONTAINERS“ aprašymas.....	46
29 lentelė	Duomenų bazės lentelės „INV_DET“ aprašymas	46
30 lentelė	Duomenų bazės lentelės „LOCATIONS“ aprašymas	46
31 lentelė	Duomenų bazės lentelės „INV_MASTER“ aprašymas.....	47

32 lentelė	Duomenų bazės lentelės „SKU“ aprašymas	47
33 lentelė	Duomenų bazės lentelės „DIST_DET“ aprašymas	47
34 lentelė	Duomenų bazės lentelės „SYS_ORDERS“ aprašymas	47
35 lentelė	Eksperimento metu naudojamų duomenų grupės	58
36 lentelė	S-formos, bandomosios, grįžimo ir vidurinės linijos euristicų palyginimas	58
37 lentelė	Kokybės įvertinimas	60
38 lentelė	Terminai ir santrumpos	65

1 ĮVADAS

Tradiciškai, logistikos tikslas yra užtikrinti, kad reikiamas kiekis tam tikrų prekių būtų reikiamoje vietoje reikiamu laiku. Pagrindiniais logistikos uždaviniais yra laikomi krovinių transportavimas ir atsargų saugojimas. Tačiau situacija bei nuostatos pasikeitė. Pasak *Logistikos valdybos komiteto (Council of Logistics Management)*, logistika šiuo metu apibrėžiama kaip tiekimo grandinės proceso dalis, kuri planuoja, įgyvendina bei kontroliuoja efektyvų krovinių, paslaugų ir informacijos srautą bei saugojimą nuo prekių pagaminimo momento iki jų sunaudojimo. Tai reiškia, kad logistika yra daugiau nei vien prekių gabenimas ir laikymas.

Pažangių informacinių technologijų dėka išsiplėtė vartotojų galimybės. Klientai prekes gali užsisakyti kompiuterių ar mobiliųjų telefonų dėka. Toks užsakymo pateikimo būdas trunka vos kelias minutes, todėl klientai tikisi greito jų užsakymų įvykdymo. Prie šios pasikeitusios situacijos prisitaikyti privalo prekes tiekiančios organizacijos.

Sandėliuose vykdoma prekių surinkimo funkcija atlieka prekių rūšiavimą pagal klientų pateiktus užsakymus. Tai daugiausiai laiko ir žmogiškųjų išteklių reikalaujanti veikla sandėliuose. Edward H. Frazelle [1] teigimu, prekių surinkimas sudaro apie 50% visų sandėlio valdymo išlaidų ir didžiąja dalimi apsprendžia klientų aptarnavimo kokybę. Neefektyvus prekių surinkimas iššaukia užsakovų nepasitenkinimą, didina sandėlio ir visos tiekimo grandinės gamybinius kaštus. Dėl šių priežasčių surinkimo operacija yra svarbiausias produktyvumą įtakojantis veiksnys.

Bendras visų prekių rinkimo sistemų tikslas yra teikti kuo aukštesnio lygio paslaugas. Prekių surinkimas ir paslaugų lygis susietas per surinkimo proceso našumą. Kuo greičiau įvykdomas užsakymas, tuo greičiau klientas gauna krovinį. Labiausiai surinkimo našumą lemianti komponentė yra judėjimo laikas, reikalingas nusigaunant prie reikiamų prekių. Natūralu, kad laikas yra taupomas mažinant kelionės arba maršruto atstumą. Taigi problema slypi tinkamo maršruto, kurio laikomasi surenkant prekes, sudaryme.

Tiriamąjį darbo užduotis yra sukurti tokią prekių surinkimo sistemą, kuri palaikytų norimą taikyti surinkimo maršrutą. Šiam tikslui pasiekti apžvelgtos esamos maršrutų parinkimo strategijos. Taip pat apibrėžta siekiama sistema, įvardinti reikalavimai bei apribojimai.

2 MARŠRUTIZAVIMO STRATEGIJAS PALAIKANČIOS PREKIŲ SURINKIMO SISTEMOS ANALIZĖ

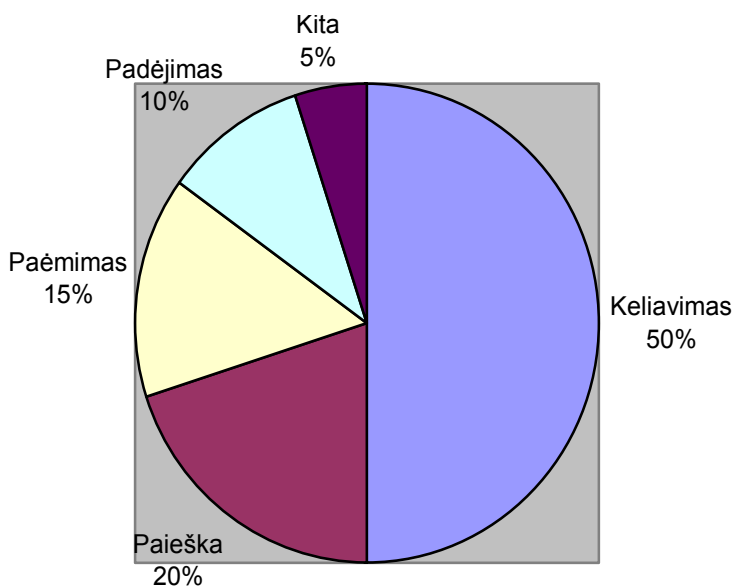
2.1 Tyrimo tikslas

Šio tyrimo tikslas yra pagerinti sandėliuojamų prekių surinkimo procesą panaudojant apėjimo strategijas. Šiam tikslui pasiekti bus apžvelgti esami prekių surinkimo maršrutai ir pasiūlyta prekių surinkimo sistema, kuri būtų pritaikoma norimai apėjimo strategijai. Lengvas maršruto modifikavimas leis nustatyti nestandartinį, sandėlio išplanavimą atitinkantį apėjimo kelią.

2.2 Tyrimo sritis, objektas ir problema

Prekių surinkimas sandėliuose vykdomas siekiant išrinkti tas prekes, kurias užsakė klientai. Surinkimo užsakymai susideda iš eilučių, kurių kiekviena nurodo prekę ir reikiamą kiekį. Surinkimo sistemos užduotis yra paruošti prekių ir jų buvimo vietų sąrašą taip, kad judant nuo vienos reikiamos vietos prie kitos sugaištas laikas būtų kuo mažesnis.

Rankiniu būdu surenkamų prekių sistemose galioja taisyklė, kad judėjimo laikas yra didėjanti nueito kelio funkcija [2]. Dėl šios priežasties, surinkimo kelias yra vienas iš labiausiai svarstomų veiksnių planuojant ir optimizuojant sandėlius.



1 pav. Prekių surinkimą sudarančių veiksmų pasiskirstymas pagal atlikimo trukmę [3]

Remiantis 1 paveikslėlyje pavaizduota diagrama galima teigti, kad keliavimas užima didžiausią laiko dalį tarp visų surinkimo procesą sudarančių komponentų ir trunka apie pusę viso sugaištamo laiko. Esant tokiai situacijai pastebima problema, kad maršrutas, kuriuo einama renkant prekes, nėra tinkamai parinktas ir efektyvus arba jo iš viso nėra. Kadangi prekių surinkimas yra daugiausiai išlaidų reikalaujanti operacija sandėlyje [1], privalu ieškoti būdų, kurie leistų sumažinti apėjimo kelią.

Šio tyrimo objektas yra maršrutizavimo strategijas palaikanti prekių surinkimo sistema.

Tyrimo sritis – maršrutizavimo taikymas prekių surinkimo procese.

2.3 Tyrimo metodai ir priemonės

Prieš pradėdant tyrimą, būtina pasirinkti metodus bei priemones jam atlikti. Taikomas metodas turi būti tinkamas tyrimo objektui analizuoti.

Tyrimo objekto analizė bus atliekama objektinių sistemų analizės metodu, kuris grindžiamas universalia modeliavimo kalba (UML – *Unified Modeling Language*). Šiam pasirinkimui įtakos turi tai, kad:

- UML diagramų įvairovė tenkina visus modeliavimo poreikius;
- UML yra efektyvi modeliuojant tiek mažas, tiek dideles programų sistemas;
- UML nėra sudėtinga ir yra populiari programų inžinierių tarpe.

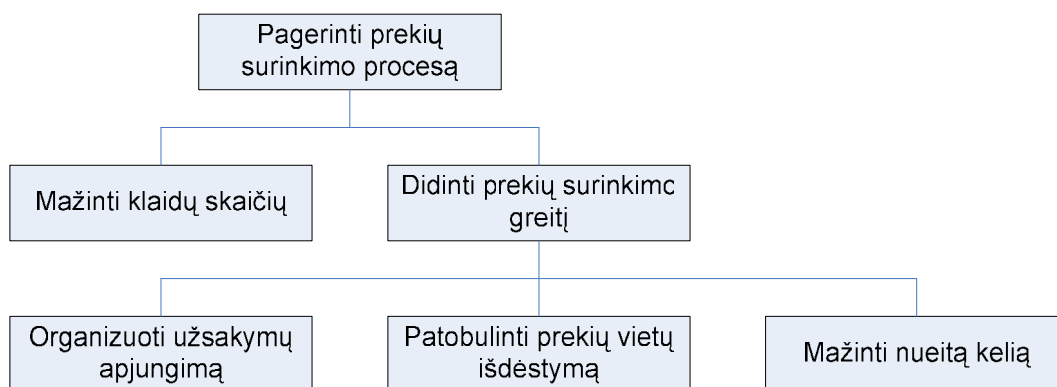
Įrankio pasirinkimą iš dalies nulemia pasirinktas metodas, nes dalis įrankių nėra universalūs ir palaiko tik tam tikram metodą. Kadangi analizės objektas bus tiriamas objektiniu metodu, todėl kaip tyrimo priemonė bus naudojamas *Rational Rose* (UML v1.4) modeliavimo paketas, kuris paremtas UML metodika.

Esamų sprendimų analizės atlikimui nuspręsta taikyti mokslinės literatūros analizės ir apibendrinimo metodą, t.y. bus apžvelgti mokslinėje literatūroje bei straipsniuose skelbti maršrutizavimo metodai prekių sandėliuose. Apibendrinimui bus palyginti esami metodai.

2.4 Organizacijos veiklos analizė

Organizacijos veiklos analizė atliekama tada, kai reikia sukurti naują arba patobulinti esamą kompiuterizuotą informacinę sistemą, įtraukiant naujas funkcijas. Kadangi analizuojama maršrutizavimo strategijas palaikanti prekių surinkimo sistema yra kuriama naujai, todėl tyrimo išsamumui padidinti sistemą privalu panagrinėti organizaciniu požiūriu.

Nagrinėjama organizacija yra tokia, kurios veiklą įtakos ir praktinės naudos duos atliekamas mokslinis tyrimas. Jeigu organizacijos vykdoma veikla yra plati, nagrinėjama ta organizacijos dalis, kuri susijusi su tiriamuoju darbu. Pirmiausia privalu identifikuoti, kokių tikslų organizacija ar jos dalis siekia vykdydama savo veiklą. Veiklos tikslai pavaizduoti grafiškai nubraižytame tikslų modelyje.



2 pav. Sandėlio bendrovės veiklos tikslų modelis

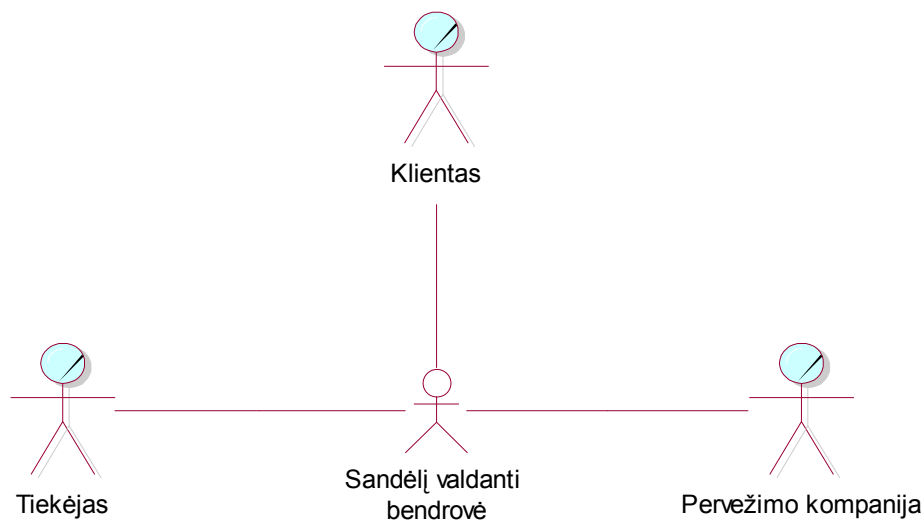
Pagrindinis organizacijos tikslas yra pagerinti prekių surinkimo procesą. Šis tikslas pasiekiamas įgyvendinant smulkesnius siekus:

- mažinti klaidų skaičių – surenkant prekes pasitaiko klaidų. Tai gali būti reikiamo kiekio neatitikimai ar pačių prekių nesutapimai.
- didinti surinkimo greitį – siekiama kuo greičiau įvykdyti užsakymus. Šį tikslą sudaro kelios komponentės.
- organizuoti užsakymų apjungimą – galima apjungti kelis užsakymus, jeigu juos sudarančios prekės yra panašios. Tokiu atveju nereikia kelis kartus keliauti prie tų pačių prekių.
- patobulinti prekių vietų išdėstymą – prieš surenkant prekes jos turi būti išdėstytos sandėlyje. Surinkimo greičiui įtakos turi prekių išdėstymo būdas, pavyzdžiui, panašios prekės dedamos greta, prekės dedamos į artimiausią laisvą vietą, prekės dedamos atsitiktine tvarka.
- mažinti nueitą kelią – siekiama, kad prekių surinkimo metu įveiktas atstumas būtų kuo mažesnis.

Organizacija nėra izoliuota nuo pasaulio, o yra jo dalis. Organizacijos veiklos sėkmė iš dalies priklauso nuo to, kokie yra jos santykiai su aplinka, t.y. nuo to, kaip jai sekasi bendradarbiauti su kitomis organizacijomis bei klientais. Taigi būtina išanalizuoti ir parodyti:

- išorinius veikėjus,
- organizacijos pagrindines veiklas, kuriose dalyvauja ir išoriniai veikėjai.

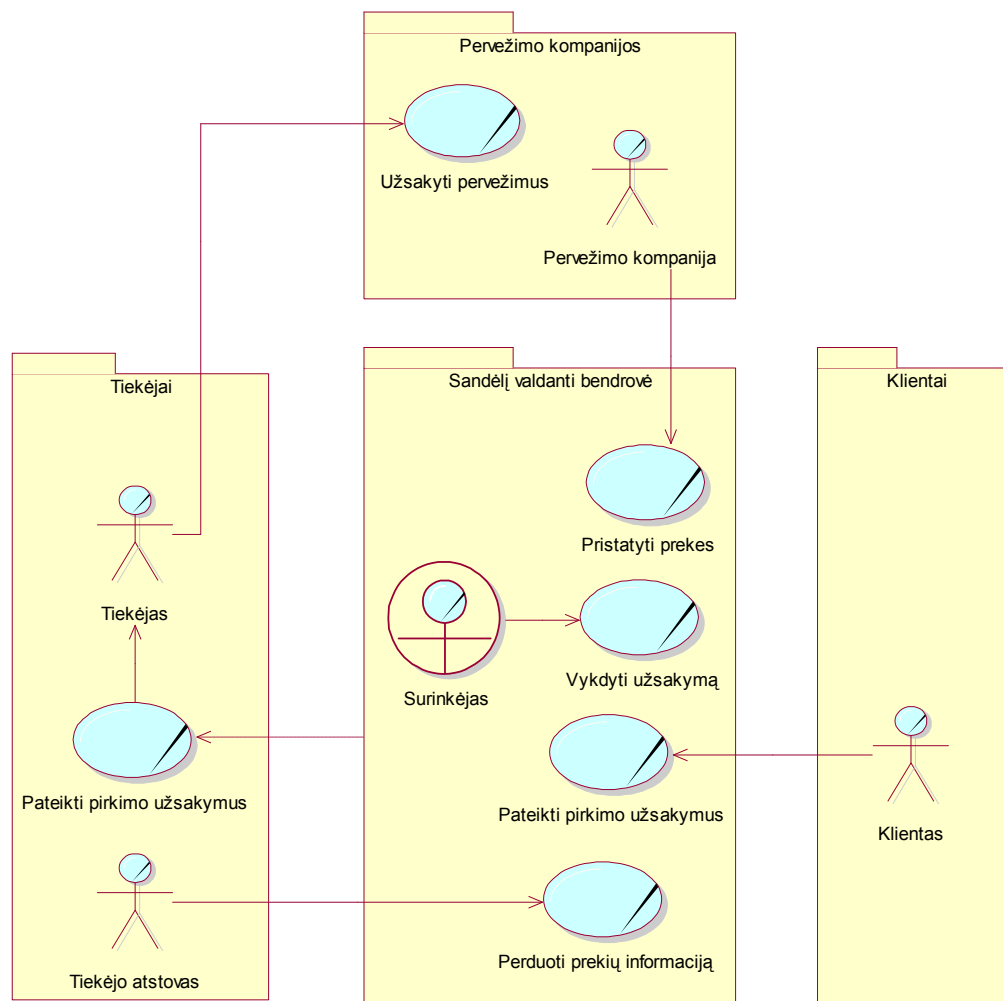
Šiam tikslui sudaroma organizacijos ar jos dalies kontekstinė diagrama bei veiklos sąveikų modelis.



3 pav. Sandėlių bendrovės kontekstinė diagrama

Sandėlių valdanti įmonė sąveikauja su šiais išoriniais veikėjais:

- tiekėjais – tai prekes į sandėlių tiekiančios kompanijos.
- klientais – tai sandėlių prekes užsisakančios kompanijos bei privatūs asmenys.
- pervežimo kompanijomis – tai prekių pervežimus atliekančios kompanijos.



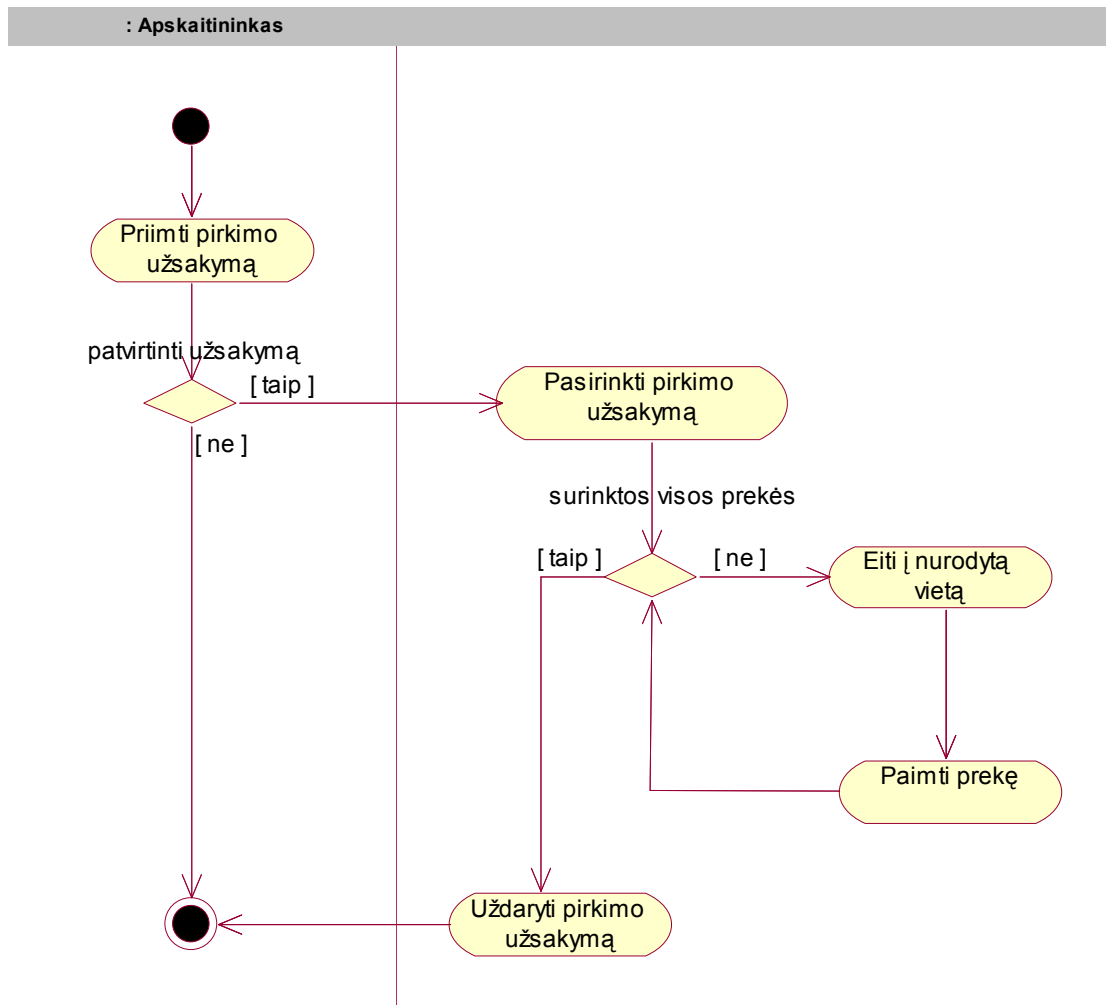
4 pav. Sandėlio bendrovės veiklos sąveikų modelis

4 paveikslėlyje pavaizduotame modelyje sandėlių valdančios organizacijos veiklos su išoriniais veikėjais yra šios:

- tiekėjo atstovas sandėlių valdančiai bendrovei perduoda informaciją apie prekes.
- sandėlių valdanti bendrovė pateikia pirkimo užsakymus tiekėjams.
- pervežimo kompanija pristato užsakytas prekes sandėlių valdančiai bendrovei.
- klientai pateikia pirkimo užsakymus sandėlių valdančiai bendrovei.

Tiekėjai su pervežimo kompanijomis sąveikauja per pervežimų užsakymą.

Organizacijos užsibrėžtiems tikslams pasiekti vykdomi tam tikri veiklos procesai bei funkcijos tiems procesams valdyti. Nuo to kaip efektyviai vykdomi veiklos procesai bei funkcijos tiesiogiai priklauso organizacijos gerovė. Todėl norint suprasti problemų priežastis ir jas pašalinti, reikia gerai suprasti pačius veiklos procesus. Tuo tikslu sudaromi veiklos procesų modeliai.



5 pav. Sandėlio bendrovės veiklos proceso diagrama

5 paveikslėlyje pavaizduotoje sandėlio bendrovės veiklos proceso diagramoje parodyta užsakymo įvykdymo eiga. Pirmiausia yra priimami pirkimo užsakymai. Juos patvirtinus gali būti pradamas prekių surinkimas, kurio metu reikia paimti visas pirkimo užsakymą sudarančias prekes. Baigus surinkimą pirkimo užsakymas uždaromas. Surinkėjo atliekamos proceso dalies patobulinimas yra organizacijos tikslas. Vienas iš prekių surinkimo tobulinimo būdų yra kiek galima labiau sumažinti kelią, kurį reikia įveikti keliaujant nuo vienos užsakytos prekės prie kitos.

2.5 Vartotojų analizė

Kuriamoje prekių surinkimo sistemoje numatomi dvi vartotojų grupės: operatoriai ir surinkėjai. Operatoriai bus atsakingi už surinkimo maršruto sudarymą. Surinkėjai – prekių surinkimą sandėlyje atliekantys darbuotojai, kurių judėjimą kontroliuoja operatorių sudarytas maršrutas. Surinkėjų grupei keliami reikalavimai yra šie:

1 lentelė

Reikalavimai vartotojams

Reikalavimas	Apibūdinimas
Išsilavinimas	Gebėjimas atlikti aritmetinius veiksmus su įvairiais matavimo vienetais. Specialus išsilavinimas nereikalaujamas.
Patirtis	Patirtis nebūtina, tačiau privalu suvokti sandėlyje vykstančius procesus.
Kiti reikalavimai	Būti susipažinus su RF (Radio Frequency) terminalais.

Vartotojų skaičius priklauso nuo sandėlio dydžio. Kuo didesnis sandėlis, tuo daugiau surinkėjų jame dirba. Kadangi reikalavimai surinkėjų išsilavinimui ir žinioms nėra dideli, šio tipo vartotojų rinka yra pakankamai didelė.

Prekių surinkėjai dirbdami susiduria su savo srities problemomis. Jos pateiktos šioje lentelėje:

2 lentelė

Vartotojų problemos

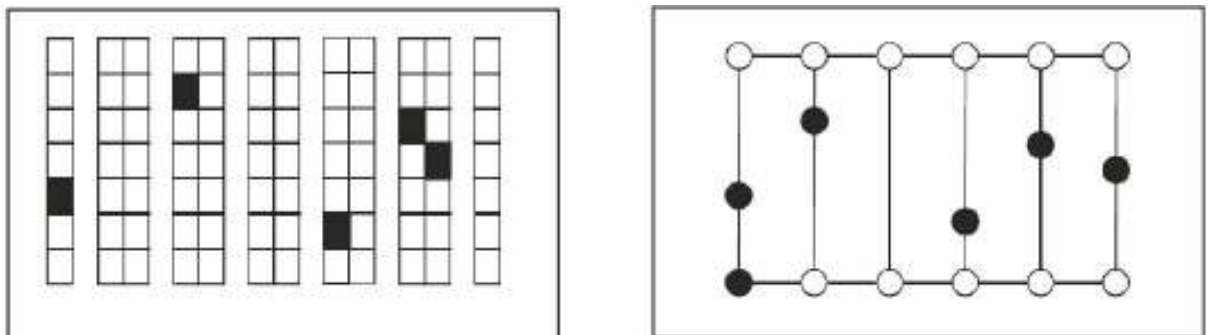
Problema	Kaip viskas vyksta dabar
Ilgai trunka prekių ieškojimas sandėlyje	Surinkėjas pagal užsakytų prekių sąrašą ieško jų po visą sandėlį
Surinkimo metu nueitas kelias yra ilgas	Surinkėjai keliauja nuo vienos prekės prie kitos nesilaikydami jokio maršruto
Nėra tikslios informacijos apie prekių kiekį ir vietą	Surinkėjai ieško nesamų arba neranda esamų prekių

Maršrutizavimo strategijas palaikančios prekių surinkimo sistemos išvystymas padės išspręsti surinkėjų problemas. Tai bus atlikta taip:

- Ilgai trunka prekių ieškojimas sandėlyje – prekių surinkimo sistema tiksliai registruos visų prekių buvimo vietas. Todėl renkant užsakytas prekes bus tiksliai nurodoma kiekvienos jų buvimo vieta.
- Surinkimo metu nueitas kelias yra ilgas – prekių surinkimo sistema bus konfigūruojama norimam maršrutui palaikyti. Pagal pasirinktą maršrutą bus parengiama vietų, kuriose yra užsakytos prekės, seka. Nuosekliai laikantis sudarytos sekos bus surenkamos prekės ir tuo pačiu sutaupoma kelio.
- Nėra tikslios informacijos apie prekių kiekį ir vietą – prekių surinkimo sistema fiksuos esamų ir surenkamų prekių kiekį. Todėl bet kuriuo metu bus galima patikrinti norimos prekės esamą kiekį sandėlyje bei tos prekės vietą.

2.6 Esamų sprendimų analizė

Surinkimo maršrutas yra sandėlio apėjimo kelias, kurio laikantis renkamos užsakytos prekės. Šio maršruto sudarymo tikslas yra parengti prekių ir jų buvimo vietų sąrašą taip, kad keliaujant nuo vietos prie vietos nueitas kelias būtų kiek galima trumpesnis. Surinkimo maršruto problema yra keliaujančio pirklio (komivojažieriaus) atskiras atvejis [4]. Keliaujančio pirklio problema būtent taip vadinasi dėl šios situacijos. Pirklys, esantis savo gyvenamajame mieste, turi aplankyti tam tikrą skaičių miestų ir grįžti namo. Kiekvienas miestas aplankomas tik vieną kartą. Pirklys žino atstumą tarp kiekvienos miestų poros ir jam reikia nuspręsti, kokia tvarka reikia keliauti po miestus, kad įveiktas atstumas būtų kiek galima trumpesnis. Taigi, keliaujančio pirklio situacija turi daug panašumų su prekių surinkėjo situacija sandėlyje. Prekių surinkėjas pradeda darbą užsakytų prekių sąrašo išdavimo vietoje, aplanko visas užsakytų prekių laikymo vietas ir grįžta į pradinę vietą. Pavyzdinis sandėlio planas ir jį atitinkantis grafas pavaizduoti šiame paveikslėlyje:



6 pav. Sandėlio planas ir jį atitinkantis grafas

Tačiau egzistuoja ir tam tikri skirtumai tarp keliaujančio pirklio problemos ir prekių surinkėjo situacijos. Visų pirma, 6 paveikslėlyje pavaizduotame grafe nėra būtina aplankyti balta spalva pažymėtų viršūnių. Šios viršūnės yra sandėlyje esančių horizontalių ir vertikalų praėjimų susikirtimo taškai. Surinkėjas gali juos aplankyti, tačiau neprivalo. Juoda spalva pažymėtos viršūnės vaizduoja surenkamų prekių buvimo ir pradinę vietas. Šios vietos privalo būti aplankytos, tačiau nedraudžiama tai padaryti daugiau nei vieną kartą.

Prekių surinkimo problema priskiriama prie Šteinerio keliaujančio pirklio uždavinio dėl dviejų faktų: vienos viršūnės neprivalo būti aplankytos, kitos gali būti aplankytos kelis kartus. Šteinerio keliaujančio pirklio uždavinio sunkumas yra tame, kad uždavinys nėra išsprendžiamas per polinominį laiką (skaičiavimo laikas negali būti aprėžtas polinimine uždavinio dydžio funkcija) [5]. Tačiau Ratliff ir Rosenthal [6] įrodė, kad 6 paveikslėlyje pavaizduoto išplanavimo sandėliams (susidedantiems iš vieno bloko) egzistuoja algoritmas, kurio sprendimo laikas tiesiškai didėja didėjant tarpų ir surinkimo vietų skaičiui sandėlyje.

G. Cornuéjols [7] savo darbe pateikia išplėstą Ratliff ir Rosenthal algoritmą, kuris išsprendžia Šteinerio keliaujančio pirklio uždavinį nuosekliuosiuose-lygiagrečiuosiuose grafuose. Grafas G yra nuoseklus-lygiagretusis, jei pradedant nuo grafo, susidedančio iš dviejų viršūnių u , v ir sujungtų briauna (u, v) , G gali būti sukonstruotas iš nuosekliųjų ir lygiagrečiųjų operacijų. Nuosekioji operacija yra briaunos pakeitimas dviem briaunomis su nauja viršūne, pavyzdžiui, briaunos (u, v) pakeitimas briaunomis (u, w) ir (w, v) su nauja viršūne w . Lygiagrečioji operacija yra briaunų skaičiaus padidinimas tarp dviejų viršūnių.

Roodbergen ir De Koster [8] išplėtė tą patį Ratliff ir Rosenthal algoritmą sandėliams su vidurine linija (dviejų blokų sandėliai). Hall [9] pabrėžia apėjimo maršruto ilgio problemą tuo atveju, kai praėjimo tarpas platus. Neabejotinai įveiktas atstumas surenkant tokį patį kiekį prekių sandėlyje su plačiais praėjimais yra didesnis nei sandėlyje su siaurais praėjimais. Goetschalckx ir Ratliff [10] nagrinėja šį atvejį gerokai detaliau. Jie padaro išvadą, kad optimalaus maršruto problema plačiame praėjime gali būti išspręsta labai efektyviai, vos per kelias sekundes, ir gali sutaupyti net iki 30% daugiau apėjimo kelio palyginus su maršrutais, randamais euristiniais metodais.

Panaudojus minėtų autorių darbuose apžvelgtus algoritmus bei metodus optimalų maršrutą rasti galima. Tačiau literatūroje aptinkami šie optimalaus maršruto trūkumai:

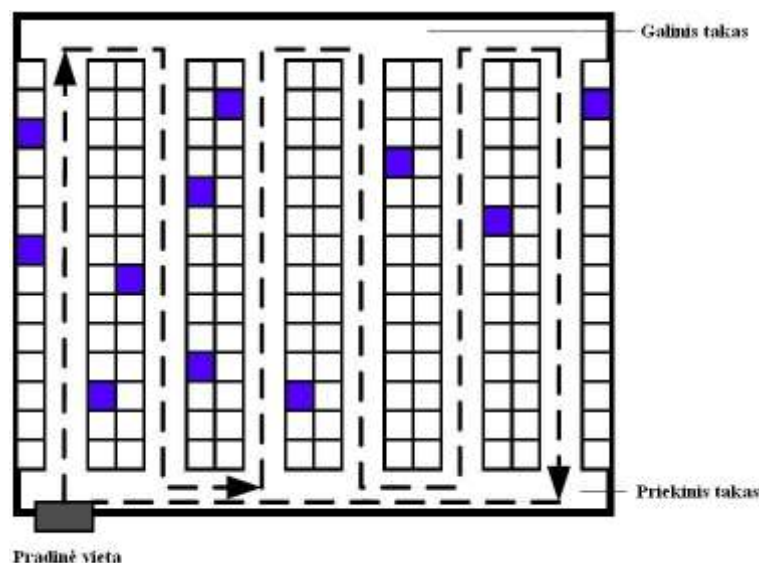
- Optimalų maršrutą prekių surinkėjams dažnai sunku suprasti ir jis gali pasirodyti nelogiškas. Dėl to surasto maršruto gali būti nesilaikoma [11].
- Optimalių maršrutų radimo metodai tinkami tik tam tikros formos ir išdėstymo sandėliams (stačiakampiems, vieno ar dviejų blokų).

- Optimalų maršrutą randantis algoritmas turi būti įvykdytas kiekvienam užsakytų prekių užsakymui, t.y. kiekvieną kartą turi būti ieškomas atskiras maršrutas. Tai gali stipriai apkrauti sandėli valdančią informacinę sistemą.
- Algoritmai, pateikiantys optimalų maršrutą, neįvertina prekes surenkančių žmonių susigrūdimų sandėlio praėjimuose. O euristiniais algoritmais galima šios problemos išvengti arba bent jau ją sumažinti.
- Optimalūs algoritmai neįvertina laiko, kuris sugaištamasis keičiant judėjimo kryptį bei apsisukant. Naudojant euristinius metodus krypties keitimų skaičius gali būti sumažintas.

Dėl šių priežasčių praktikoje labiau vertinamos paprastos ir standartinės apėjimo taisyklės. Dar daugiau, Hall [9] pažymi, kad euristiniai metodai gali sukurti optimaliems maršrutams artimas apėjimo strategijas išvengiant sudėtingų algoritmų painiavos. Peterson [12] ir Roodbergen [8] išskiria pagrindinius euristinius maršrutizavimo metodus, tinkamus vieno bloko sandėliams.

S-formos euristika

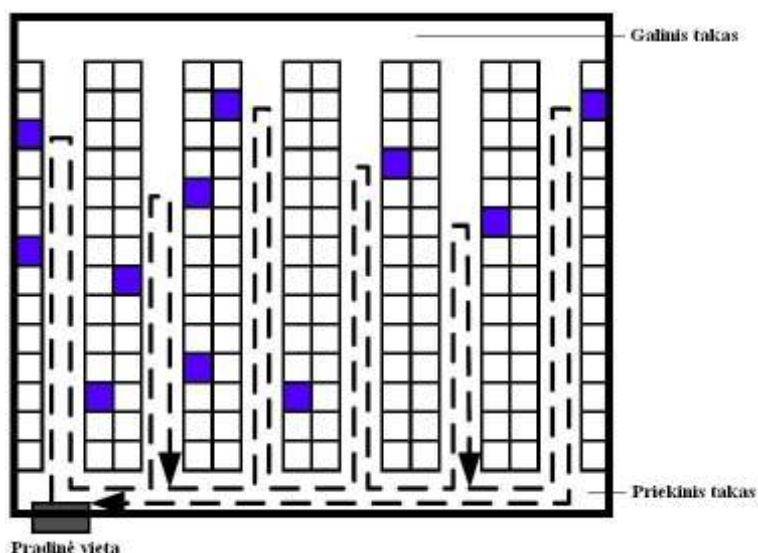
Viena paprasčiausių prekių surinkimo euristikų yra S-formos metodas. Juo vadovaujantis prekių surinkėjai privalo įveikti kiekvieną praėjimą tarp lentynų nuo pradžios iki galo, jeigu jame yra nors viena iš surenkamų prekių. Tarpai, kuriuose nėra surinkimui reikalingų prekių, praleidžiami. Įveikus paskutinį praėjimą, grįžtama į pradinę vietą. S-formos euristika yra dažniausiai naudojama praktikoje iš visų maršrutizavimo strategijų.



7 pav. S-formos apėjimo metodas

Grįžimo euristika

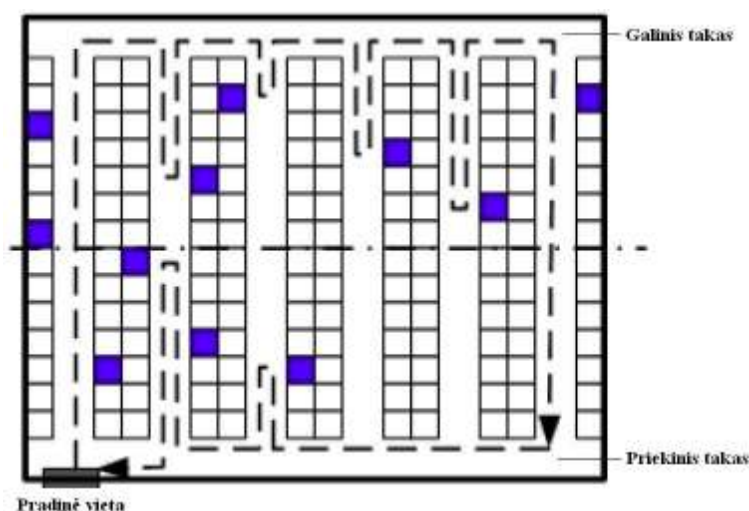
Remiantis grįžimo euristika, prekių surinkėjai įeina į praėjimus tarp lentynų ir išeina iš jų per tą patį galą. Tarpai, kuriuose nėra surinkimui reikalingų prekių, praleidžiami. Grįžimo euristika yra paprasta ir lengvai įgyvendinama kaip ir S-formos euristika. Pasirinkimą tarp šių dviejų strategijų apsprendžia prekių surinkimo būdas : vienpusis arba dvipusis. Vienpusis surinkimas reiškia, kad laikomasi vienos perėjimo pusės ir prekės imamos tik iš jos. Jeigu surinkimui reikalingos prekės ir iš kitos pusės, tarpas tarp lentynų praeinamas antrą kartą laikantis kitos pusės. Dvipusis surinkimas reiškia, kad prekių surinkėjams leidžiama imti prekes iš abiejų praėjimų pusių, todėl nuolat kertamas puses skiriantis tarpas. Vadinasi, S-formos euristika yra tinkama dvipusiam surinkimui, nes kiekvienas tarpas yra pereinamas tik vieną kartą, o grįžimo euristika skirta vienpusiam surinkimui, nes tarpus reikia įveikti du kartus. Todėl pagrindinis kriterijus, pasirenkant apėjimo metodą tarp S-formos ir grįžimo strategijų, yra praėjimo plotis. Goetshalckx ir Ratitliff [10] teigimu, dvipusis surinkimas yra naudingas tik tuomet, kai prekių lentynas skiriantis tarpas yra labai platus arba kai vienu metu dirbančių surinkėjų skaičius yra labai didelis (susidaro grūstys tarpuose). Tik tokiai situacijai esant verta rinktis grįžimo strategiją.



8 pav. Grįžimo metodas

Vidurinės linijos euristika

Vidurinės linijos euristikos esmė yra sandėlio padalinimas į dvi dalis. Prekių surinkimas priekinėje dalyje atliekamas į praėjimus patenkant tik iš priekinio tako, o galinėje dalyje – tik iš galinio tako. Tik pirmas ir paskutinis praėjimai yra įveikiami nuo pradžios iki galo. Šis apėjimo metodas galėtų būti tinkama alternatyva S-formos metodui tuo atveju, kai vidutiniškai viename praėjime atliekamas vienas prekių paėmimas. Vidurinės linijos euristika yra paprasta ir lengvai įgyvendinama.



9 pav. Vidurinės linijos metodas

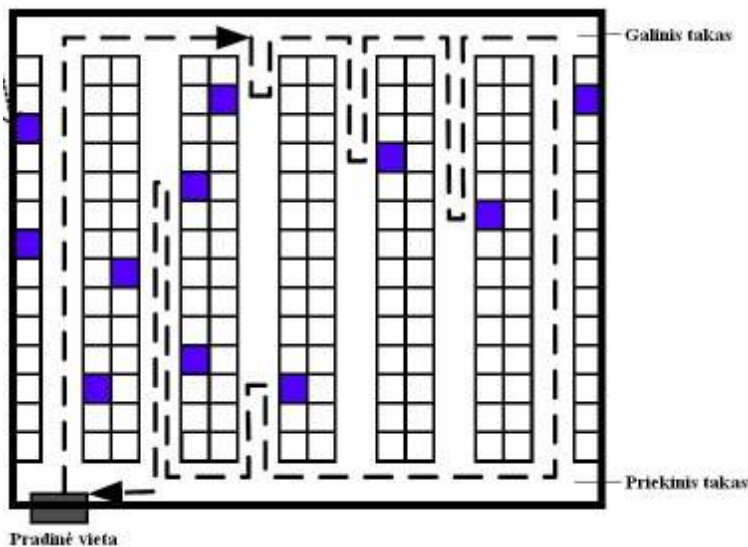
Didžiausios spragos euristika

Peterson [12] apibūdinimu, didžiausios spragos euristika yra panaši į vidurinės linijos euristiką. Skirtumas yra tik toks, kad prekių surinkėjų patekimą į praėjimus riboja ne vidurinė linija, o didžiausia spraga. Spraga išsivaizduojama kaip skyriklis, esantis:

- tarp bet kurių dviejų gretimų prekių paėmimo vietų,
- tarp pirmos prekių paėmimo vietos ir priekinio tako,
- tarp paskutinės prekių paėmimo vietos ir galinio tako.

Jei didžiausia spraga yra tarp dviejų greta esančių prekių paėmimo vietų, prekių surinkėjas atlieka grįžimą iš abiejų spragos galų. Priešingu atveju, naudojama grįžimo metodika einant priekiniu arba galiniu taku. Taigi, didžiausia spraga yra tokia praėjimo dalis, kuri nėra aplankoma. Galinis takas gali būti pasiektas keliaujant tik pirmu arba paskutiniu

praėjimu. Didžiausios spragos euristika yra visuomet našesnė už vidurinės linijos euristiką arba bent jau yra jai lygi [9], tačiau yra sudėtingesnė.



10 pav. Didžiausios spragos metodas

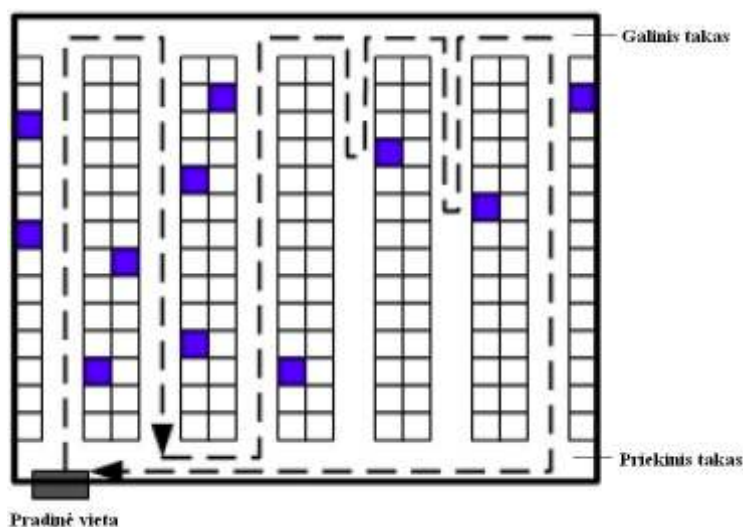
Mišrioji euristika

Petersen [12] pasiūlė mišriąją euristiką, kuri apjungia S-formos ir grįžimo metodų gerąsias savybes. Mišriosios strategijos atveju analizuojamas kiekvienas tarpas tarp lentynų ir nusprendžiama arba pereiti visą tarpą arba panaudoti grįžimo strategiją. Sprendimas priklauso nuo įveikiamo kelio ilgio.

Kombinuotoji euristika

Kombinuotosios euristikos idėja ir jos pagrindu išvedami maršrutai yra labai panašūs į mišriosios strategijos, kadangi tarpai tarp lentynų yra pereinami nuo pradžios iki galo arba įeinama ir išeinama iš jų per tą patį galą. Tačiau kombinuotosios euristikos atveju sprendimas priimamas pasitelkus dinaminį programavimą [8], kurio dėka įmanoma įvertinti tarpą, kuris yra sekantis po nagrinėjamojo (kiekvienas tarpas nagrinėjamas atskirai). Pavyzdžiui, pasirinkime tokį tarpą tarp lentynų, kad įveikiamas kelias surenkant prekes tame take būtų trumpesnis einant pagal grįžimo metodą. Esant tokiai situacijai ir taikant kombinuotąją euristiką ne visada bus pasirenkamas grįžimo metodas. Vietoje jo gali būti panaudotas viso tako perėjimas. Taip yra todėl, kad praėjus nuo pradžios visą tarpą, jo gale bus gaunama

patogesnė pozicija sekančiam tarpui įveikti. Tokiu būdu pagerinamas bendras maršruto rezultatas.



11 pav. Kombinuotasis metodas

Literatūroje aptinkami apžvelgtų euristicų palyginimai:

- Hall [9] nagrinėja S-formos ir didžiausios spragos metodus. Atliktos analizės išvadose teigiama, kad didžiausios spragos metodas yra našesnis tada, kai surinkimo tankumas (prekių paėmimų skaičius viename praėjime tarp lentynų) yra mažesnis nei 3.8. S-formos metodas efektyvesnis tada, kai surinkimo tankumas yra daugiau nei 3.8.
- Petersen [12] atliko keletą eksperimentų ir palygino šešis maršrutizavimo metodus: S-formos, grįžimo, didžiausios spragos, vidurinės linijos, mišrųjį ir optimalų (ne euristinis metodas, veikia algoritmo pagrindu). Jis nustatė, kad iš euristicinių metodų patys efektyviausi yra mišrusis ir didžiausios spragos metodai. Gauti rezultatai pareikti šioje lentelėje:

3 lentelė

Mišriojo, didžiausios spragos ir optimalaus metodų palyginimas

Metodo pavadinimas	Palyginimas su optimaliu metodu
Mišrusis metodas	9% ilgesnis maršrutas
Didžiausios spragos metodas	10% ilgesnis maršrutas

Iš 3 lentelės matome, kad geriausiais euristiciais metodais gaunami maršrutai yra apie 10 procentų ilgesni už optimalius.

- De Koster [13] išbandė optimalaus ir S-formos metodų gaunamus maršrutus trijuose skirtinguose vieno bloko sandėliuose. Bandymo rezultatai pateikti šioje lentelėje:

4 lentelė

S-formos ir optimalaus metodų palyginimas

Sandėlio numeris	Palyginimo rezultatas
1 sandėlis	S-formos maršrutai nuo 7.3% iki 12.7% ilgesni nei optimalūs maršrutai
2 sandėlis	S-formos maršrutai nuo 12.5% iki 20.8% ilgesni nei optimalūs maršrutai
3 sandėlis	S-formos maršrutai nuo 30% iki 32.4% ilgesni nei optimalūs maršrutai

Apibendrinant 4 lentelės duomenis galime teigti, kad visuose sandėliuose, kuriuose buvo atlikti bandymai, S-formos metodu gaunami maršrutai yra vidutiniškai nuo 10% iki 30% ilgesni nei optimalūs maršrutai.

Šiuo metu egzistuoja nemažai sėkmingai veikiančių sandėlių valdymo sistemų, kurių kiekvienoje yra prekių surinkimo modulis. Nors šių modulių tikslas yra tas pats, tačiau jis ne visada siekiamas tomis pačiomis priemonėmis bei būdais. Panagrinėsime keletą sandėlių valdymo sistemų:

5 lentelė

Egzistuojančių sistemų palyginimas

Sistemos pavadinimas	RF terminalai	Pritaikyta stambiom kompanijom	Strategijų palaikymas	Kaina
W3/max [14]	+	+	+/-	didelė
IntelliTrack [15]	+	-	-	vidutinė
Sage Accpac WMS [16]	+	+	-	didelė
IRMS WHS [17]	+	-	+/-	vidutinė
Radio Beacon WMS [18]	+	-	+/-	vidutinė

5 lentelėje matome, kad visose apžvelgtose sistemose taikomi RF (Radio Frequency) terminalai su integruotais brūkšninių kodų skaitytuvais, kurių pagalba informacija operatyviai siunčiama į sistemą ir atgal.

W3/max ir *Sage Accpac WMS* sandėlių valdymo sistemos yra pritaikytos didelių kompanijų darbui su sandėliais, todėl jos labai išplėstos, sudėtingos ir nėra tinkamos mažų bei vidutinio dydžio bendrovių sandėliams. Be to, šių sistemų įsigijimas yra brangus.

Strategijų palaikymas apžvelgtose sistemose yra dalinis arba jo iš viso nėra. *W3/max* sistema kiekvienam užsakytų prekių užsakymui generuoja trumpiausią apėjimo maršrutą, tačiau nepalaiko euristicinių metodų. *IRMS WHS* ir *Radio Beacon WMS* sistemos netaiko nei optimalaus, nei euristicinių maršrutų, o naudoja tokias strategijas kaip prekių surinkimas pagal zonas, grupinis surinkimas, surinkimas pagal prekę, surinkimas bangomis. Šių sistemų kainos yra vidutinio dydžio.

2.7 Siekiamas sprendimas

Šiuo darbu siekiama sukurti savitą prekių surinkimo sistemą, kuri suteiktų galimybę rinkti prekes pagal norimą maršrutą. Kuriama sistema nenaudos painių ir sudėtingų algoritmų, kurie randa optimalų kelią. Tokį apsisprendimą lemiančios priežastys yra šios:

- Norint taikyti optimalų kelią randančius algoritmus, reikia žinoti atstumus tarp visų sandėlyje esančių vietų. Tokie duomenys dažniausiai neegzistuoja arba dažnai keičiasi. Netikslūs atstumai iškraipo algoritmais gaunamus rezultatus.
- Pritaikant algoritmą konkrečiam sandėliui reikia įvertinti praktinius to sandėlio darbo ypatumus (sunkios prekės renkamos pirmiausiai, tam tikri praėjimai dažnai užkraunami ir kt.). Neįvertinus visų faktorių algoritmo randamas optimalus kelias nebus tinkamas.

Atstumai tarp sandėlio vietų neįtakoja daugelio sandėlio apėjimo euristicų. Tačiau dažnai praktikoje sutinkamas prekių rinkimo būdas, kai sunkios prekės renkamos pirmiausiai (pavyzdžiui, maisto sandėlyje ant traškučių negalima dėti cukraus maišų), netinka esamoms apėjimo euristicoms. Problemą galima išspręsti pakeitus prekių išdėstymą sandėlyje pagal norimą taikyti apėjimo euristicą (sunkios prekės perkeliamos į maršruto pradžią).

Siekiami sukurti tokią prekių surinkimo sistemą, kuri palaikytų sandėlio apėjimo maršrutus nekeičiant prekių išdėstymo. Apėjimo strategija bus sudaroma rankiniu būdu, kiekvienai sandėlio vietai suteikiant aplankymo eilės numerį. Maršrutas pradodamas nuo mažiausią eilės numerį turinčios vietos ir baigiamas pasiekus didžiausio eilės numerio vietą.

Tokia tvarka sistema siūlys apieiti surenkamų prekių vietas. Įgyvendinus tokį metodą, prekių surinkimo sistema bus tinkama naudoti tiek esamiems euristiciniams, tiek individualiems, sandėlio išplanavimą atitinkantiems, maršrutams. Toks lankstumas leidžia sudaryti vaikščiojimo po sandėlių planą atsižvelgiant į prekių išdėstymą, surinkėjų darbo ypatumus, specialius sandėlių įtakojančius faktorius.

Siekiamą sistemą pasižymi šiais privalumais:

- Kaštų sumažinimas;
- Didelis tikslumas (realaus laiko kontrolė ir kompiuterinė sąsaja minimizuoja žmogiškas klaidas ir išlaiko kompiuterinį vientisumą);
- Pagerintas produktyvumas;
- Pirmaujančios technologijos (sprendimams naudojamos šiuolaikinės technologijos)
- Dėmesys galutiniam vartotojui (sistemos sprendimų dėka operatyviai vykdomi užsakymai, rečiau pasitaiko klaidos).

2.8 Analizės išvados

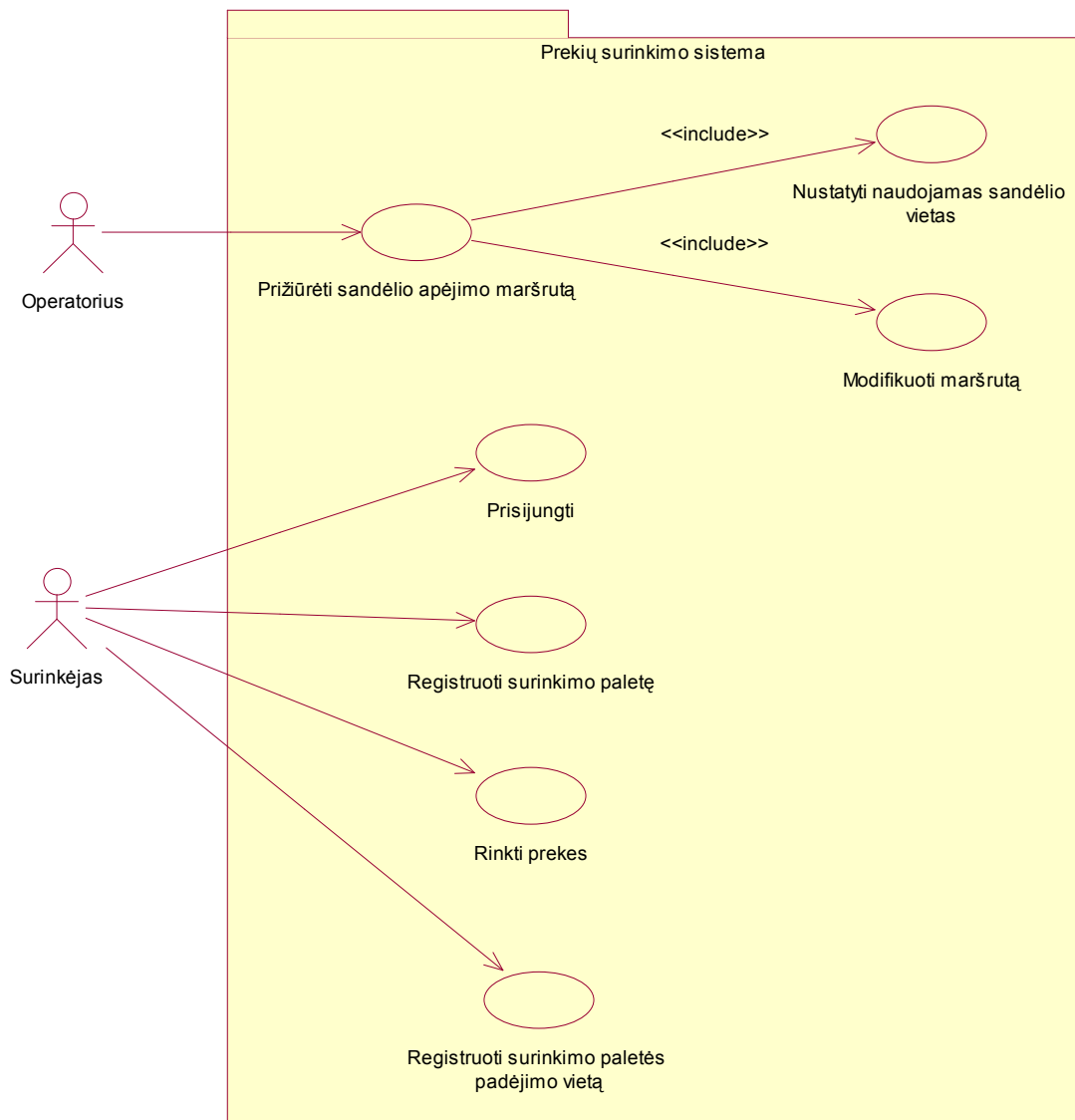
1. Prekių surinkimas yra daugiausiai išlaidų reikalaujanti operacija sandėlyje.
2. Judėjimas po sandėlių ieškant prekių užima didžiausią laiko dalį tarp visų surinkimo procesą sudarančių komponentų ir trunka apie pusę viso sugaištamo laiko.
3. Literatūros šaltiniuose pateikiami optimalių apėjimo kelių randantys algoritmai yra tik teoriniai sprendimai, kuriuos pritaikyti praktikoje sunku dėl tokių priežasčių:
 - Optimalus maršrutas gali būti sudėtingas ir prekių surinkėjams sunkiai suprantamas.
 - Optimalių maršrutų radimo metodai tinkami tik tam tikros formos ir išdėstymo sandėliams (stačiakampiems, vieno ar dviejų blokų).
 - Optimalų maršrutą randantis algoritmas turi būti įvykdytas kiekvienam prekių užsakymui, t.y. kiekvieną kartą turi būti ieškomas atskiras maršrutas. Tai gali stipriai apkrauti sandėlių valdančią informacinę sistemą.
 - Algoritmai, pateikiantys optimalų maršrutą, neįvertina prekes surenkamųjų žmonių susigrūdimų sandėlio praėjimuose.
 - Optimalūs algoritmai neįvertina laiko, kuris sugaištamas keičiant judėjimo kryptį bei apsisukant.
 - Optimalūs algoritmai reikalauja tikslių išmatavimų tarp visų prekių laikymo vietų. Tokie duomenys dažniausiai nėra žinomi arba jie nėra pastovūs.

4. Apžvelgti euristiniai prekių surinkimo metodai yra gana paprasti ir jiems negalioja optimalių algoritmų trūkumai. Efektyviausi yra mišrusis ir didžiausios spragos metodai.
5. Dauguma egzistuojančių prekių surinkimo sistemų iš dalies palaiko maršrutizavimo strategijas, t.y. arba naudoja optimalius algoritmus arba remiasi kitomis prekių surinkimo procesą gerinančiomis priemonėmis, tokiomis kaip prekių surinkimas pagal zonas, grupinis surinkimas, surinkimas pagal prekę, surinkimas bangomis.

3 MARŠRUTIZAVIMO STRATEGIJAS PALAIKANČIOS PREKIŲ SURINKIMO SISTEMOS REIKALAVIMŲ SPECIFIKACIJA

3.1 Funkciniai reikalavimai

Funkciniai reikalavimai aprašo sistemos funkcionalumą bei sistemos paslaugas. Nustatant funkcinius reikalavimus kuriamai sistemai, reikia apibrėžti, kokios funkcijos turi būti kompiuterizuotos. Tuo tikslu išskiriami kompiuterizuojami panaudos atvejai ir apibrėžiamos sistemos ribos:



12 pav. Prekių surinkimo sistemos panaudojimo atvejų diagrama

Kiekvienas 12 paveikslėlyje pavaizduotas panaudojimo atvejis detalizuojamas šiomis specifikacijų lentelėmis:

6 lentelė

„Nustatyti naudojamas sandėlio vietas“ panaudos atvejo specifikacija

Panaudojimo atvejis “Nustatyti naudojamas sandėlio vietas”		
Prieš sąlyga	Prekių laikymo vietos suvestos į sistemą	
Sužadinimo sąlyga	Operatorius nori pažymėti naudojamas ir nenaudojamas sandėlio vietas	
Susiję panaudojimo atvejai	Išplečia PA	–
	Apima PA	–
	Specializuoja PA	„Prižiūrėti sandėlio apėjimo maršrutą“
Pagrindinis įvykių srautas		
1. Operatorius pasirenka prekių laikymo vietą	1.1. Sistema parodo pasirinktos sandėlio vietos naudojimo būseną	
2. Operatorius nustato pasirinktos sandėlio vietos naudojimo būseną.	2.1 Sistema išsaugo duomenis	
Po sąlyga	Duomenų bazėje išsaugoti duomenys apie sandėlio vietų būsenas	

7 lentelė

„Modifikuoti maršrutą“ panaudos atvejo specifikacija

Panaudojimo atvejis “Modifikuoti maršrutą”		
Prieš sąlyga	Prekių laikymo vietos suvestos į sistemą	
Sužadinimo sąlyga	Operatorius nori sudaryti sandėlio vietų lankymo seką	
Susiję panaudojimo atvejai	Išplečia PA	–
	Apima PA	–
	Specializuoja PA	„Prižiūrėti sandėlio apėjimo maršrutą“
Pagrindinis įvykių srautas		
1. Operatorius pasirenka prekių laikymo vietą	1.1. Sistema parodo pasirinktos sandėlio vietos aplankymo eilės numerį	
2. Operatorius nustato pasirinktos sandėlio vietos aplankymo eilės numerį	2.1 Sistema išsaugo duomenis	
Po sąlyga	Duomenų bazėje išsaugoti duomenys apie sandėlio vietų apėjimo seką	

8 lentelė

„Prisijungti“ panaudos atvejo specifikacija

Panaudojimo atvejis “Prisijungti”		
Prieš sąlyga	Surinkėjas užregistruotas sistemoje	
Sužadinimo sąlyga	Surinkėjas RF terminalu nori prisijungti prie prekių surinkimo sistemos	
Susiję panaudojimo atvejai	Išplečia PA	–
	Apima PA	–
	Specializuoja PA	–
Pagrindinis įvykių srautas	Sistemos reakcija ir sprendimai	
1. Surinkėjas įveda jam suteiktą vartotojo vardą ir slaptažodį	1.1. Sistema tikrina įvestą vartotojo vardą ir slaptažodį. Jei vartotojas neegzistuoja arba slaptažodis yra neteisingas, parodomas klaidos pranešimas	
Po sąlyga	Surinkėjas prijungiamas prie sistemos	

9 lentelė

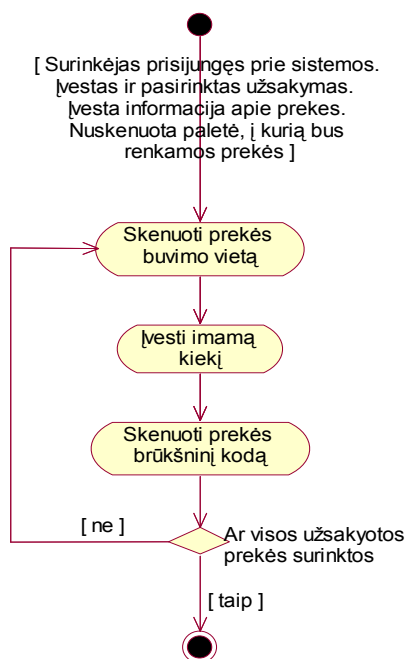
„Registruoti surinkimo paletę“ panaudos atvejo specifikacija

Panaudojimo atvejis “Registruoti surinkimo paletę”		
Prieš sąlyga	Surinkėjas prisijungęs prie sistemos. Įvestas ir pasirinktas užsakymas, kuriam bus renkamos prekės	
Sužadinimo sąlyga	Surinkėjas nori užregistruoti sistemoje paletę, į kurią bus dedamos surinktos prekės	
Susiję panaudojimo atvejai	Išplečia PA	–
	Apima PA	–
	Specializuoja PA	–
Pagrindinis įvykių srautas	Sistemos reakcija ir sprendimai	
1. Surinkėjas RF terminalu skenuoja surinkimo paletės brūkšninį kodą	1.1. Sistema tikrina nuskenuotą paletės brūkšninį kodą. Jei tokios paletės nėra, sistemoje sukuriama nauja paletė su nuskenuotu brūkšniniu kodu	
Po sąlyga	Pasirinktame užsakyme sistemoje užregistruota surinkimo paletė	

„Rinkti prekes“ panaudos atvejo specifikacija

Panaudojimo atvejis “Rinkti prekes”		
Prieš sąlyga	<p>Surinkėjas prisijungęs prie sistemos.</p> <p>Įvestas ir pasirinktas užsakymas, kuriam bus renkamos prekės.</p> <p>Įvesta informacija apie prekes.</p> <p>Nuskenuota paletė, į kurią bus renkamos prekės</p>	
Sužadinimo sąlyga	Surinkėjas nori surinkti užsakytas prekes	
Susiję panaudojimo atvejai	Išplečia PA	–
	Apima PA	–
	Specializuoja PA	–
Pagrindinis įvykių srautas	Sistemos reakcija ir sprendimai	
1. –	1.1 Sistema rodo reikiamos surinkti prekės informaciją, užsakytą kiekį bei jos buvimo vietą	
2. Surinkėjas RF terminalu skenuoja prekės buvimo vietą ir įveda imamą kiekį	2.1 Sistema tikrina nuskenuotos vietos brūkšninį kodą bei įvestą kiekį. Jei tokia vieta neegzistuoja, parodomas klaidos pranešimas. Jei įvestas per didelis kiekis, rodomas klaidos pranešimas	
3. Surinkėjas RF terminalu skenuoja reikiamos surinkti prekės brūkšninį kodą	3.1 Sistema tikrina nuskenuotos prekės brūkšninį kodą. Jei kodas neegzistuoja arba neatitinka reikiamos surinkti prekės kodo, rodomas klaidos pranešimas	
4. Grįžtama į 1 žingsnį jei ne visos prekės surinktos	–	
Po sąlyga	Sistemoje užregistruojama informacija apie surinktą prekę : paėmimo vieta, paimtas kiekis, surinkimo paletė, surenkamų prekių užsakymas	

„Rinkti prekes“ panaudojimo atveju sudaroma veiklos diagrama:



13 pav. „Rinkti prekes“ panaudos atvejo veiklos diagrama

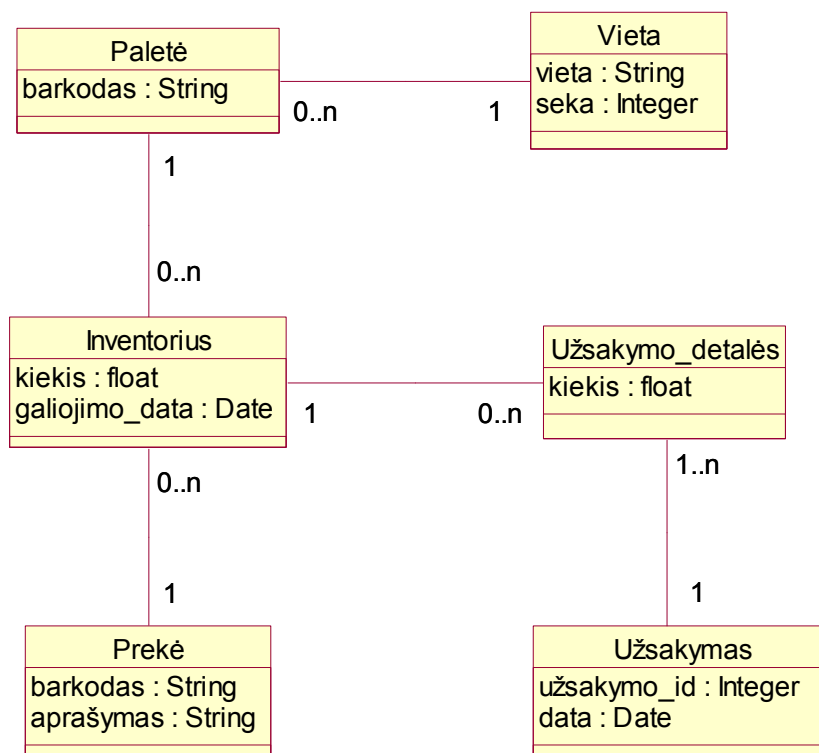
11 lentelė

„Registruoti surinkimo paletės padėjimo vietą“ panaudos atvejo specifikacija

Panaudojimo atvejis „Registruoti surinkimo paletės padėjimo vietą“	
Prieš sąlyga	Surinkėjas prisijungęs prie sistemos Surinkimo paletėje yra bent viena prekė
Sužadavimo sąlyga	Surinkėjas nori padėti surinkimo paletę
Susiję panaudojimo atvejai	Išplečia PA –
	Apima PA –
	Specializuoja PA –
Pagrindinis įvykių srautas	Sistemos reakcija ir sprendimai
1. –	1.1 Sistema rodo surinkimo paletę ir padėjimo vietą
2. Surinkėjas RF terminalu skenuoja vietas, į kurią padeda surinkimo paletę, brūkšninį kodą	2.1 Sistema tikrina nuskenuotos vietos brūkšninį kodą. Jei kodas neegzistuoja arba padėjimo vieta užimta, rodomas klaidos pranešimas
Po sąlyga	Sistemoje išsaugomi duomenys apie surinkimo paletės padėjimo vietą

3.2 Dalykinės srities modelis

Maršrutizavimo strategijas palaikančios prekių surinkimo sistemos funkcijoms vykdyti reikalingi duomenys apie įvairius objektus. Šių objektų išskyrimui ir apibrėžimui atliekamas konceptinis modeliavimas – dalykinės srities atvaizdavimas esybių klasių diagrama:



14 pav. Dalykinės srities esybių klasių diagrama

14 paveikslėlyje esančioje diagramoje pavaizduoti dalykinės srities objektai ir jų tarpusavio ryšiai:

- **Inventorius – Prekė** : inventorius yra tikslus sandėlyje esančių prekių likučių sąrašas. Tai prekių likęs kiekis, galiojimo laikas, prekės paletė ir kita informacija. Kiekvienas inventoriaus elementas apima informaciją tik apie vieną prekę. Kiekviena prekė gali būti nurodoma viename ar daugiau inventoriaus elementų (ta pati prekė yra skirtingose paletėse, skiriasi prekės galiojimo laikai).
- **Inventorius – Paletė** : visos prekės sandėlyje laikomos paletėse. Kiekviename inventoriaus elemente nurodoma tik viena paletė. Kiekvienoje paletėje gali būti

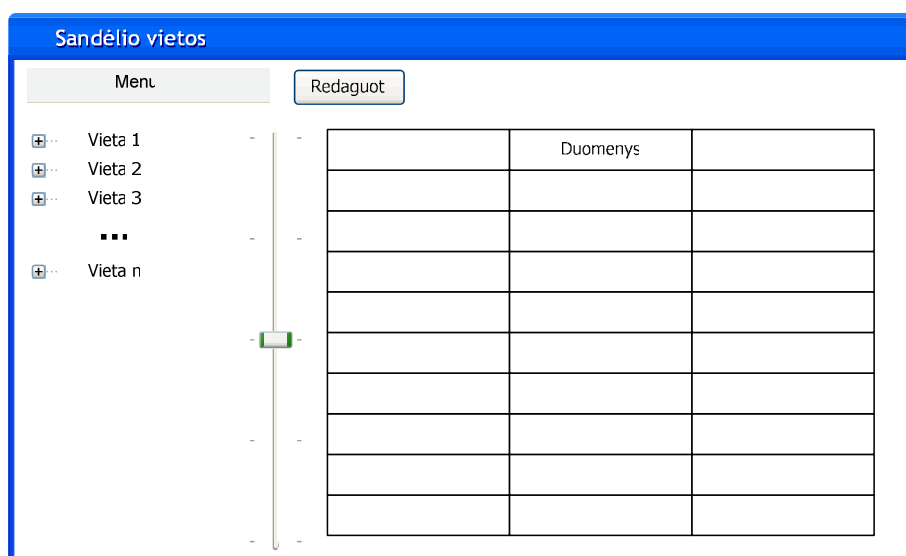
viena ar daugiau skirtingų prekių (arba ta pati prekė su skirtingais galiojimo laikais).

- Paletė – Vieta : visos paletės sandėlyje laikomos sužymėtose vietose. Kiekvienai paletei turi būti priskirta tik viena sandėlio vieta. Kiekvienoje vietoje gali būti laikoma viena ir daugiau palečių.
- Užsakymo detalės – Užsakymas : užsakymus sudaro detalės, t.y. prekės, kurios turi būti surinktos. Kiekviena užsakymo detalė priklauso tik vienam užsakymui. Kiekvienas užsakymas sudarytas iš vienos ar daugiau detalių
- Užsakymo detalės – Inventorius : užsakymų detalės yra užsakytų prekių sąrašas. Kiekviena užsakymo detalė apima informaciją tik apie vieną sandėlyje esančią užsakytą prekę. Kiekviena sandėlyje esanti prekė gali būti užsakyta vieną ar daugiau kartų.

3.3 Vartotojo interfeiso modelis

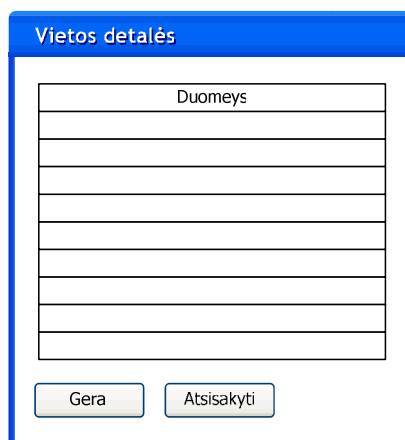
Vartotojo interfeiso modelis apima visus reikalavimus vartotojo grafinei sąsajai – reikalavimus langams (formų, dialogo langų projektus) ir vartotojo navigavimui (navigavimo planas). Visų pirma pateikiami reikalavimai vartotojo sąsajos langams.

Maršrutizavimo strategijas palaikanti prekių surinkimo sistema turi būti pasiekama dvejopai: naudojantis personaliniu kompiuteriu ir RF terminalo pagalba. Kompiuteriu sudaromas sandėlio apėjimo maršrutas, o RF terminalu renkamos prekės. Todėl reikalingos dvi atskiros grafinės sąsajos.



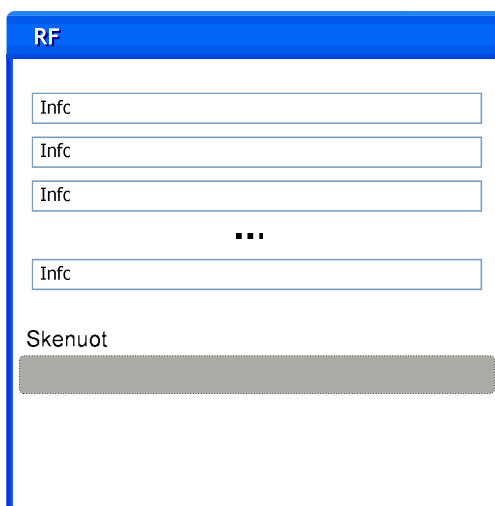
15 pav. Sandėlio vietų langas

Sandėlio vietų lange turi būti galimybė matyti visas sandėlio vietas ir duomenis apie kiekvieną iš jų. 15 paveikslėlyje pavaizduotame lange pasirinkus vieną iš kairėje esančių vietų komponente „Duomenys“ matoma tos vietos informacija (naudojimo būseną, apšvietimo eilės numeris).



16 pav. Sandėlio vietų redagavimo langas

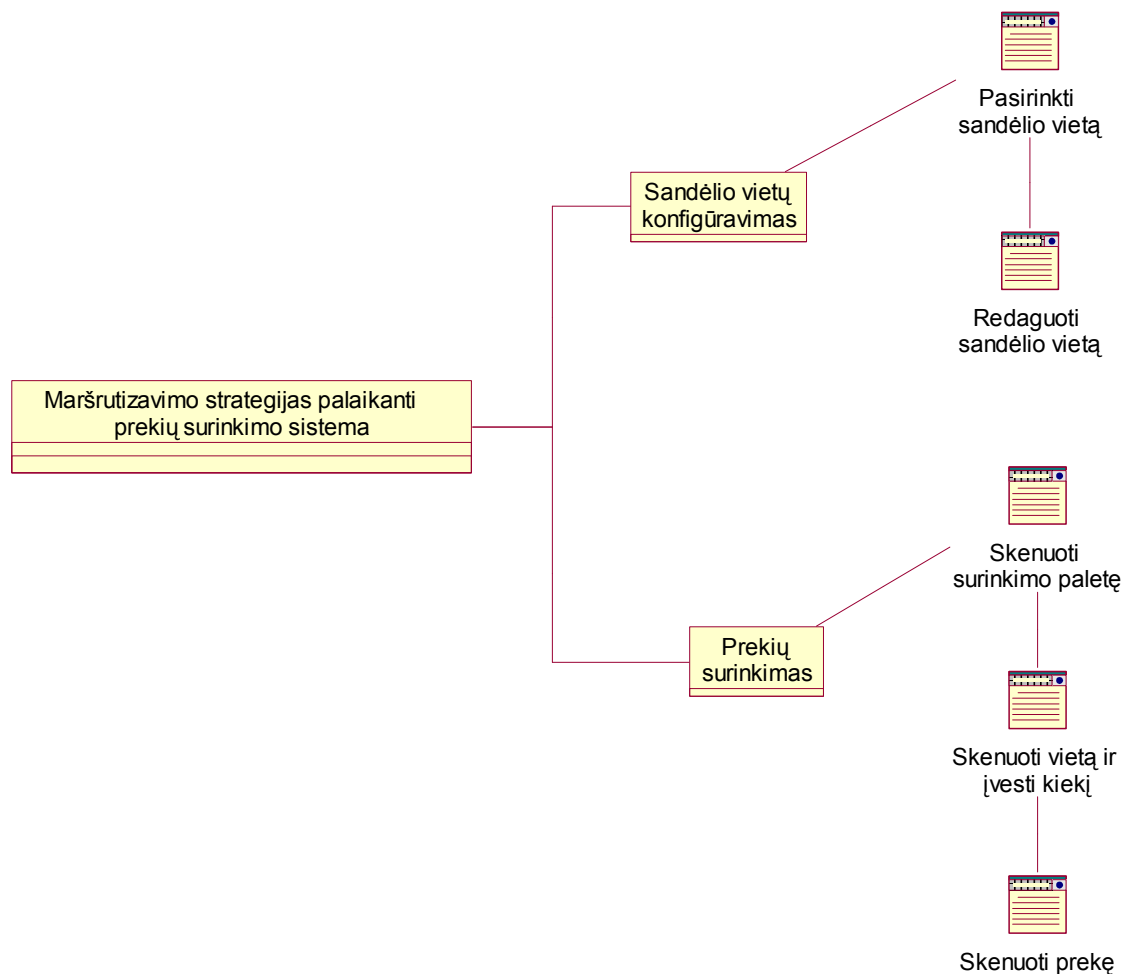
16 paveikslėlyje pateikiamas sandėlio vietų redagavimo langas, kuris iškviečiamas pasirinkus konkrečią vietą ir paspaudus mygtuką „Redaguoti“. Atlikus pakeitimus spaudžiamas mygtukas „Gera“.



17 pav. RF terminalo ekrano langas

17 paveikslėlyje pavaizduotas RF terminalo ekranas. Renkant prekes, „Info“ komponentuose turi būti rodoma informacija apie prekę, jos buvimą vietą, užsakytą kiekį. Komponentas „Skenuoti“ reikalingas prekės, vietos brūkšniniam kodui skenuoti.

Reikalavimai vartotojo navigavimui aprašomi diagrama. Tam naudojamas sistemos vartotojų interfeiso navigavimo planas, kuris rodo, kaip galima pereiti iš vieno lango į kitą.



18 pav. Vartotojo navigavimo planas

18 paveikslėlyje pavaizduotame vartotojo navigavimo plane pateikiami prekių surinkimo sistemoje naudojami langai ir perėjimai tarp jų. Sandėlio vietų konfigūravimo grafinė sąsaja naudoja du langus: sandėlio vietos pasirinkimo ir vietos redagavimo. Viename lange pasirenkama norima sandėlio vieta, kitame keičiami tos vietos nustatymai. Prekių surinkimo grafinė sąsaja naudoja tris langus, kurių pagalba atliekami šie veiksmai: skenuojama paletė į kurią bus dedamos prekės, skenuojama vieta iš kurios bus imamos prekės ir įvedamas imamų prekių kiekis, skenuojama prekė. Nuskenavus prekę grįžtama į vietos skenavimo langą. Į paletės skenavimo langą galima grįžti iš vietos skenavimo lango.

3.4 Nefunkciniai reikalavimai

Nefunkciniai reikalavimai apima reikalavimus, įtakojančius funkcionalumą, patikimumą, patogumą, efektyvumą, priežiūros savybes, perkeliamumą. Maršrutizavimo strategijas palaikančios prekių surinkimo sistemos nefunkciniai reikalavimai pateikiami šiose lentelėse:

12 lentelė

Reikalavimai sistemos išvaizdai

Reikalavimai sistemos išvaizdai		
1.1	Grafinės sąsajos standartiškumas	
	Panaudojimo atvejai	Visi
	Pagrindimas	Sistema bus naudojama kasdien, todėl ja naudotis turi būti paprasta. Langai, mygtukai, meniu ir kiti komponentai neturi skirtis nuo standartinių „Windows“ komponentų. Tai leis vartotojams lengviau priprasti prie naujos sistemos.
	Tinkamumo kriterijus	Žinantis sistemos funkcines galimybes vartotojas sugebėtų naudotis sistema be apmokymo.
	Užsakovo patenkinimas	4
	Užsakovo nepatenkinimas	5
	Priklausomybės	Nėra
	Konfliktai	Nėra

13 lentelė

Reikalavimai panaudojamumui

Reikalavimai panaudojamumui		
2.1	Lituanizacija	
	Panaudojimo atvejai	Visi
	Pagrindimas	Vartotojai sistema turi naudotis gimtąja kalba, nes ne visi vartotojai gali mokėti anglų kalbą, kuri standartiškai naudojama programinėje įrangoje.
	Tinkamumo kriterijus	Mokantis tik lietuvių kalbą vartotojas supranta sistemoje esančius tekstus.

	Užsakovo patenkinimas	4
	Užsakovo nepatenkinimas	4
	Priklausomybės	Nėra
	Konfliktai	Nėra
2.2	Duomenų sąrašų (klasifikatorių) panaudojimas	
	Panaudojimo atvejai	Visi
	Pagrindimas	Siekiami sumažinti vartotojo padarytų klaidų kiekį įvedant duomenis.
	Tinkamumo kriterijus	Iš anksto žinomi ir standartiniai duomenys pateikiami sąrašuose.
	Užsakovo patenkinimas	4
	Užsakovo nepatenkinimas	4
	Priklausomybės	Nėra
	Konfliktai	Nėra
2.3	Aiškūs pranešimai apie įvykusias klaidas	
	Panaudojimo atvejai	Visi
	Pagrindimas	Pranešimai apie neteisingą darbą su sistema turi būti suprantami ir aiškūs. Tai turi padėti vartotojams suprasti jų daromas klaidas.
	Tinkamumo kriterijus	Sistema draudžia atlikti negalimus veiksmus ir neišsaugo neteisingų duomenų.
	Užsakovo patenkinimas	4
	Užsakovo nepatenkinimas	4
	Priklausomybės	Nėra
	Konfliktai	Nėra

14 lentelė

Reikalavimai vykdymo charakteristikoms

Reikalavimai vykdymo charakteristikoms		
3.1	Sistemos atsparumas apkrovimui	
	Panaudojimo atvejai	Visi
	Pagrindimas	Sistema turi aptarnauti daug vartotojų vienu metu.
	Tinkamumo kriterijus	Daug vartotojų gali prisijungti ir naudotis sistema tuo pačiu metu.

	Užsakovo patenkinimas	4
	Užsakovo nepatenkinimas	4
	Priklausomybės	Nėra
	Konfliktai	Nėra
3.2	Sistemos patikimumas esant bet kokiai veikimo trukmei	
	Panaudojimo atvejai	Visi
	Pagrindimas	Sistema turi veikti patikimai ir be sutrikimų ilgą laiką. Sistemos paleidimas iš naujo turi būti atliekamas tik specialiais atvejais (pašalinus techninius gedimus, pakeitus konfigūraciją).
	Tinkamumo kriterijus	Sistema aptarnauja klientus realiame laike.
	Užsakovo patenkinimas	4
	Užsakovo nepatenkinimas	4
	Priklausomybės	Nėra
	Konfliktai	Nėra

15 lentelė

Reikalavimai sistemos priežiūrai

Reikalavimai sistemos priežiūrai		
4.1	Sistemos atnaujinimų automatizavimas	
	Panaudojimo atvejai	Visi
	Pagrindimas	Sistemos pakeitimai turi būti diegiami tik duomenų bazių ir aplikacijų serveriuose. Sistemos klientams pakeitimai įdiegiami automatiškai.
	Tinkamumo kriterijus	Atlikus sistemos pakeitimus, sistema atsinaujina visose darbo vietose.
	Užsakovo patenkinimas	5
	Užsakovo nepatenkinimas	4
	Priklausomybės	Nėra
	Konfliktai	Nėra
4.2	Sistemos praplėtimo galimybė	
	Panaudojimo atvejai	Visi
	Pagrindimas	Sistemą turi būti įmanoma adaptuoti prie pasikeitusių veiklos taisyklių.

	Tinkamumo kriterijus	Pasikeitus veiklos taisyklėms, sistemos kurti iš naujo nereikia
	Užsakovo patenkinimas	5
	Užsakovo nepatenkinimas	4
	Priklausomybės	Nėra
	Konfliktai	Nėra

16 lentelė

Reikalavimai saugumui

Reikalavimai saugumui		
5.1	Autentifikavimas	
	Panaudojimo atvejai	Visi
	Pagrindimas	Naudotis sistema gali tik registruoti asmenys. Pašaliniai, su sistema nesusipažinę asmenys gali įvesti klaidingus duomenis.
	Tinkamumo kriterijus	Neregistruoti asmenys negali prisijungti prie sistemos.
	Užsakovo patenkinimas	5
	Užsakovo nepatenkinimas	5
	Priklausomybės	Nėra
	Konfliktai	Nėra

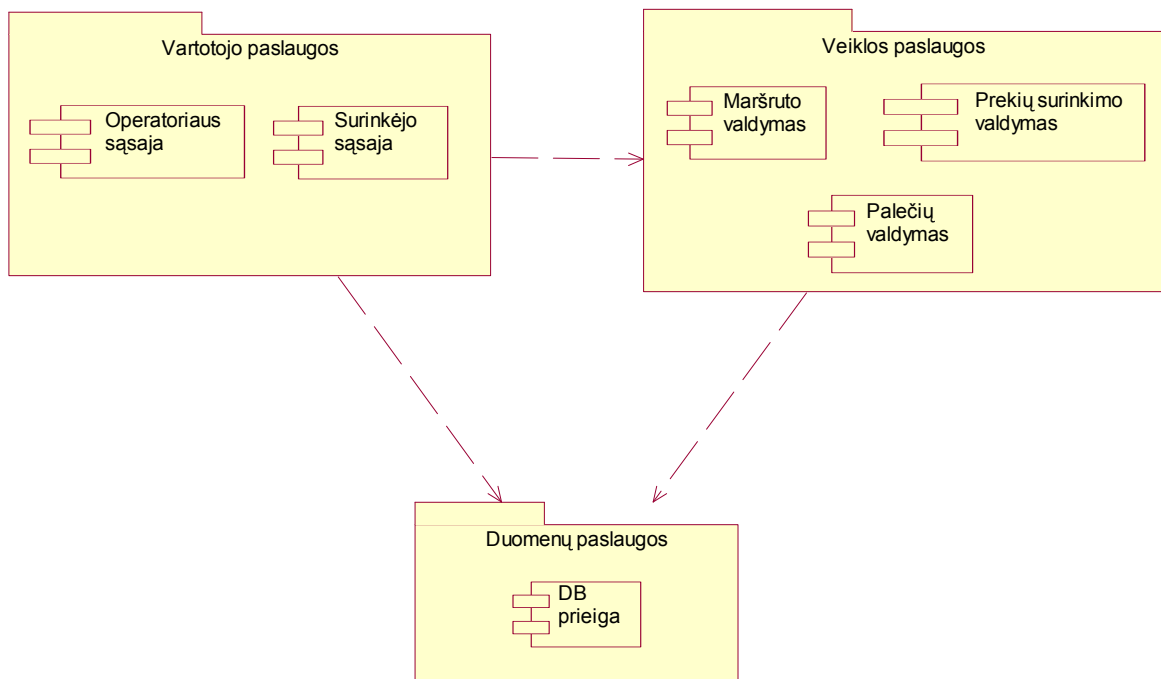
4 MARŠRUTIZAVIMO STRATEGIJAS PALAIKANČIOS PREKIŲ SURINKIMO SISTEMOS PROJEKTAS

4.1 Projekto tikslas

Sistemos projektavimo metu, sudarant eilę modelių bei specifikacijų, kuriamas sistemos projektas, kurio pagrindu galima realizuoti sistemos funkcionavimui reikalingą programinę įrangą. Šio projekto tikslas – suprojektuoti ir realizuoti maršrutizavimo strategijas palaikančią prekių surinkimo sistemą, taikant CASE priemones.

4.2 Sistemos architektūra

Loginė sistemos architektūra – sistemą sudarantys komponentai, jų tarpusavio ryšiai, išdėstymas vienas kito atžvilgiu. Maršrutizavimo strategijas palaikančios prekių surinkimo sistemos architektūra pavaizduota šioje diagramoje:



19 pav. Prekių surinkimo sistemos architektūra

19 paveikslėlyje pateiktą sistemos architektūrą sudaro trys pagrindiniai lygiai: vartotojo interfeiso, veiklos ir duomenų. Kiekviename lygyje išskirti skirtingo funkcionalumo komponentai. Vartotojo paslaugų lygio komponentai yra šie:

- Operatoriaus sąsaja – šis komponentas skirtas sandėlio operatoriams, kurie konfigūruoja sandėlio vietas: nustato naudojamas ir nenaudojamas, priskiria sandėlio apėjimo sekos numerius.
- Surinkėjo sąsaja – tai prekių surinkėjų naudojamas komponentas. Jis leidžia matyti prekių surinkimui reikalingą informaciją, skenuoti paletes, prekes, sandėlio vietas, įvesti papildomą informaciją

Veiklos paslaugų lygį sudarantys komponentai yra šie:

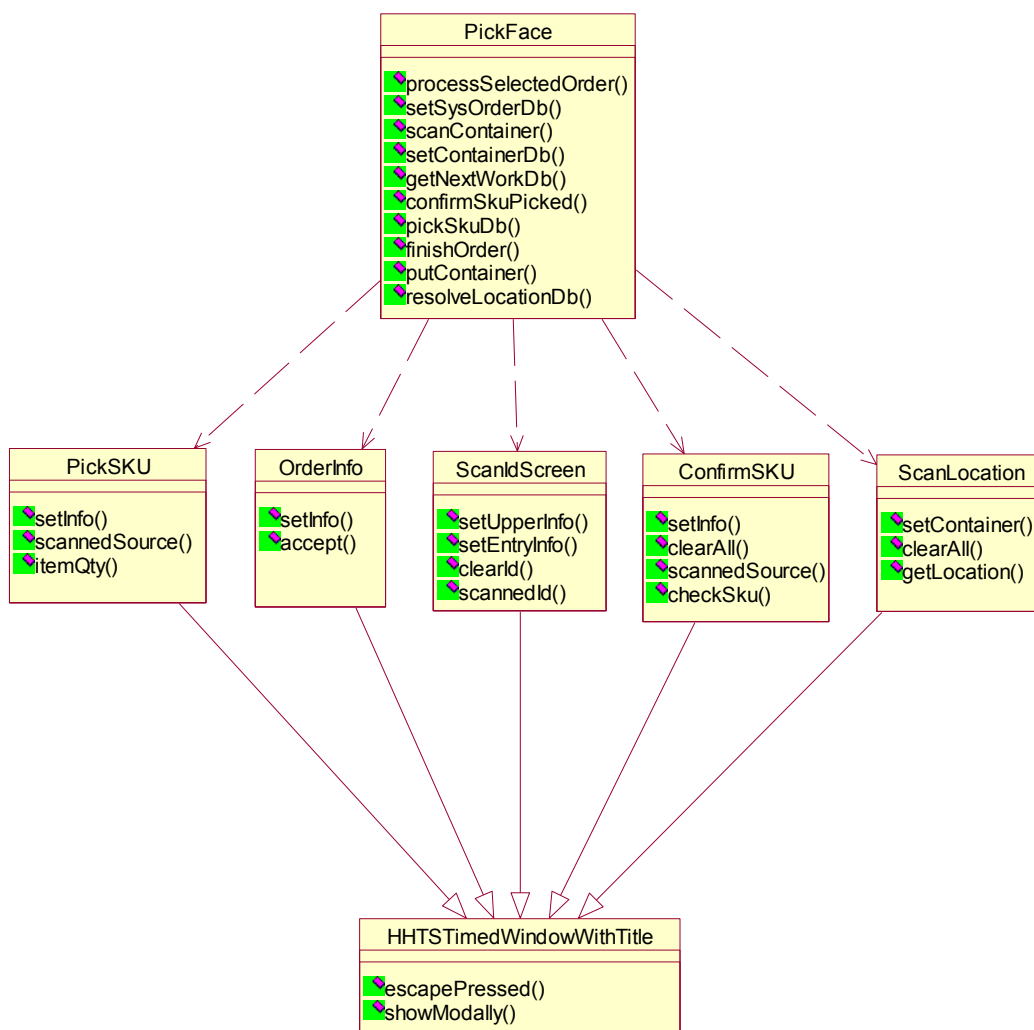
- Maršruto valdymas – šis komponentas atsakingas už vietų, kurias reikia aplankyti, eiliškumo sudarymą, atsižvelgiant į operatoriaus atliktą sandėlio vietų konfigūraciją.
- Prekių surinkimo valdymas – komponentas, kuris atlieka surinktų prekių registravimą, t.y. fiksuoja duomenis apie jau surinktas prekes, jų kiekius, surinkimo paletę, į kurią talpinamos prekės.
- Palečių valdymas – tai komponentas, kurio funkcionalumas apima surinkimo palečių sukūrimą ir padėjimo vietos registravimą pasibaigus surinkimui.

Duomenų paslaugų lygio komponentas yra šis:

- DB prieiga – šis komponentas skirtas duomenų laikymui ir apdorojimui. Jo pagalba atliekami visi reikalingi veiksmai su duomenimis.

4.3 Detalus projektas

Detalizuojant loginę sistemos architektūrą sudaromos klasių diagramos su operacijomis. Maršrutizavimo strategijas palaikančiai prekių surinkimo sistemai suprojektuotos dvi klasių diagramos, kurių viena atspindi prekių surinkėjų naudojamos sistemos dalies klases, o kita vaizduoja operatoriams skirto funkcionalumo klases. Diagramos tarpusavyje nėra susijusios, nes jas sudaro skirtingų sistemos dalių (prekių surinkimo ir maršruto sudarymo) klasės.



20 pav. Prekių surinkimo klasių diagrama

20 paveikslėlyje pavaizduotos klasės, ryšiai tarp jų ir atliekamos operacijos aprašytos šiose lentelėse:

17 lentelė

„PickFace“ klasės aprašymas

	Klasė	Aprašymas
Klasės pavadinimas	PickFace	Pagrindinė klasė, kuri valdo visą prekių surinkimo procesą panaudodama kitų klasių objektus.
Klasės ryšiai	Priklausomybės ryšys su PickSKU klase	Naudojamas PickSKU klasės objektas prekės buvimo vietos skenavimui ir kiekio įvedimui.
	Priklausomybės ryšys su OrderInfo klase	Naudojamas OrderInfo klasės objektas užsakymo informacijos parodymui.

	Priklausomybės ryšys su ScanIdScreen klase	Naudojamas ScanIdScreen klasės objektas paletės skenavimui.
	Priklausomybės ryšys su ConfirmSKU klase	Naudojamas ConfirmSKU klasės objektas prekės skenavimui.
	Priklausomybės ryšys su ScanLocation klase	Naudojamas ScanLocation klasės objektas paletės padėjimo vietos skenavimui.
Klasės operacijos	processSelectedOrder()	Įvedamas prekių surinkimo užsakymo numeris.
	setSysOrderDb()	Užregistruojamas prekių užsakymo numeris duomenų bazėje.
	scanContainer()	Skenuojama surinkimo paletė.
	setContainerDb()	Užregistruojama surinkimo paletė duomenų bazėje.
	getNextWorkDb()	Nustatoma sekanti surinkimui reikalinga prekė bei jos buvimo vieta.
	confirmSkuPicked()	Skenuojama renkama prekė.
	pickSkuDb()	Registruojamas prekės surinkimas duomenų bazėje.
	finishOrder()	Uždaromas prekių surinkimo užsakymas.
	putContainer()	Padedama surinkimo paletė.
	resolveLocationDb()	Tikrinamas nuskenuotos vietos egzistavimas.

18 lentelė

„PickSKU“ klasės aprašymas

Klasė		Aprašymas
Klasės pavadinimas	PickSKU	Klasė, kuri rodo informaciją apie surinkimui reikalingą prekę, jos buvimo vietą, taip pat leidžia skenuoti prekės vietą ir įvesti imamą kiekį.
Klasės ryšiai	Generalizacijos ryšys su HHTSTimedWindowWithTitle klase	PickSKU klasė paveldi bazinį HHTSTimedWindowWithTitle klasės funkcionalumą.
Klasės operacijos	setInfo()	Parodoma informacija apie surinkimui reikalingą prekę.
	scannedSource()	Grąžina nuskenuotą vietą.
	itemQty()	Grąžina įvestą kiekį.

19 lentelė

„OrderInfo“ klasės aprašymas

Klasė		Aprašymas
Klasės pavadinimas	OrderInfo	Klasė, kuri rodo informaciją apie prekių surinkimo užsakymą.
Klasės ryšiai	Generalizacijos ryšys su HHTSTimedWindowWithTitle klase	OrderInfo klasė paveldi bazinį HHTSTimedWindowWithTitle klasės funkcionalumą.
Klasės operacijos	setInfo()	Parodoma informacija apie prekių surinkimo užsakymą.
	accept()	Grąžina surinkėjo sutikimą arba atsisakymą rinkti prekes pagal įvestą užsakymą.

20 lentelė

„ScanIdScreen“ klasės aprašymas

Klasė		Aprašymas
Klasės pavadinimas	ScanIdScreen	Klasė, kuri rodo informaciją apie skenuojamą objektą ir leidžia jį skenuoti.
Klasės ryšiai	Generalizacijos ryšys su HHTSTimedWindowWithTitle klase	ScanIdScreen klasė paveldi bazinį HHTSTimedWindowWithTitle klasės funkcionalumą.
Klasės operacijos	setUpperInfo()	Parodo informaciją apie skenuojamą objektą.
	setEntryInfo()	Parodo instrukciją.
	clearId()	Išvalo skenavimo laukelį.
	scannedId()	Grąžina nuskenuotą vertę.

21 lentelė

„ConfirmSKU“ klasės aprašymas

Klasė		Aprašymas
Klasės pavadinimas	ConfirmSKU	Klasė, kuri reikalinga renkamos prekės patvirtinimui ir skenavimui.

Klasės ryšiai	Generalizacijos ryšys su HHTSTimedWindowWithTitle klase	ConfirmSKU klasė paveldi bazinį HHTSTimedWindowWithTitle klasės funkcionalumą.
Klasės operacijos	setInfo()	Parodo informaciją apie renkama prekę.
	clearAll()	Išvalo visus laukelius.
	scannedSource()	Gražina nuskenuotą vertę.
	checkSku()	Patikrina ar nuskenuota reikiama prekė.

22 lentelė

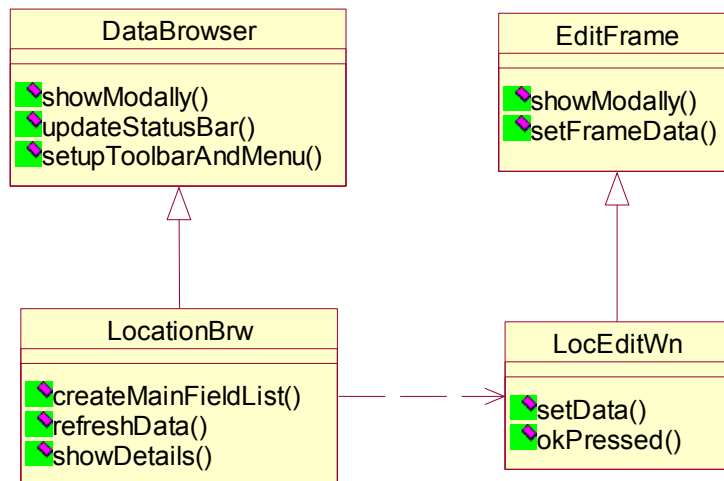
„ScanLocation“ klasės aprašymas

Klasė		Aprašymas
Klasės pavadinimas	ScanLocation	Klasė, kuri rodo informaciją apie surinkimo paletę ir leidžia skenuoti padėjimo vietą.
Klasės ryšiai	Generalizacijos ryšys su HHTSTimedWindowWithTitle klase	ScanLocation klasė paveldi bazinį HHTSTimedWindowWithTitle klasės funkcionalumą.
Klasės operacijos	setContainer()	Parodo informaciją apie surinkimo paletę.
	clearAll()	Išvalo visus laukelius.
	getLocation	Gražina nuskenuotą vietą.

23 lentelė

„HHTSTimedWindowWithTitle“ klasės aprašymas

Klasė		Aprašymas
Klasės pavadinimas	HHTSTimedWindowWithTitle	Bazinė RF terminalo ekrano klasė.
Klasės operacijos	escapePressed()	Gražina surinkėjo pageidavimą uždaryti langą.
	showModally()	Iškviečia ir parodo langą.



21 pav. Maršruto sudarymo klasių diagrama

21 paveikslėlyje pavaizduotos klasės, ryšiai tarp jų ir atliekamos operacijos aprašytos šiose lentelėse:

24 lentelė

„DataBrowser“ klasės aprašymas

Klasė		Aprašymas
Klasės pavadinimas	DataBrowser	Bazinis duomenų peržvalgos langas.
Klasės operacijos	showModally()	Iškviečia ir parodo langą.
	updateStatusBar()	Parodo informaciją būsenos eilutėje.
	setupToolBarAndMenu()	Parengia įrankių juostą ir meniu.

25 lentelė

„LocationBrw“ klasės aprašymas

Klasė		Aprašymas
Klasės pavadinimas	LocationBrw	Klasė, kuri parodo sandėlio vietų duomenis.
Klasės ryšiai	Generalizacijos ryšys su DataBrowser klase	LocationBrw klasė paveldi bazinį DataBrowser klasės funkcionalumą.
	Priklausomybės ryšys su LocEditWn klase	Naudojamas LocEditWn klasės objektas sandėlio vietos detalių redagavimui.
Klasės operacijos	createMainFieldList()	Sukuria rodomų laukų sąrašą.

operacijos	refreshData()	Įkrauna duomenis iš naujo.
	showDetails()	Išskviečia sandėlio vietos detalių langą.

26 lentelė

„LocEditWn“ klasės aprašymas

Klasė		Aprašymas
Klasės pavadinimas	LocEditWn	Klasė, kuri rodo sandėlio vietos detales ir leidžia jas redaguoti.
Klasės ryšiai	Generalizacijos ryšys su EditFrame klase	LocEditWn klasė paveldi bazinį EditFrame klasės funkcionalumą.
Klasės operacijos	setData()	Parodo sandėlio vietos detales.
	okPressed	Išsaugo pakeistus duomenis.

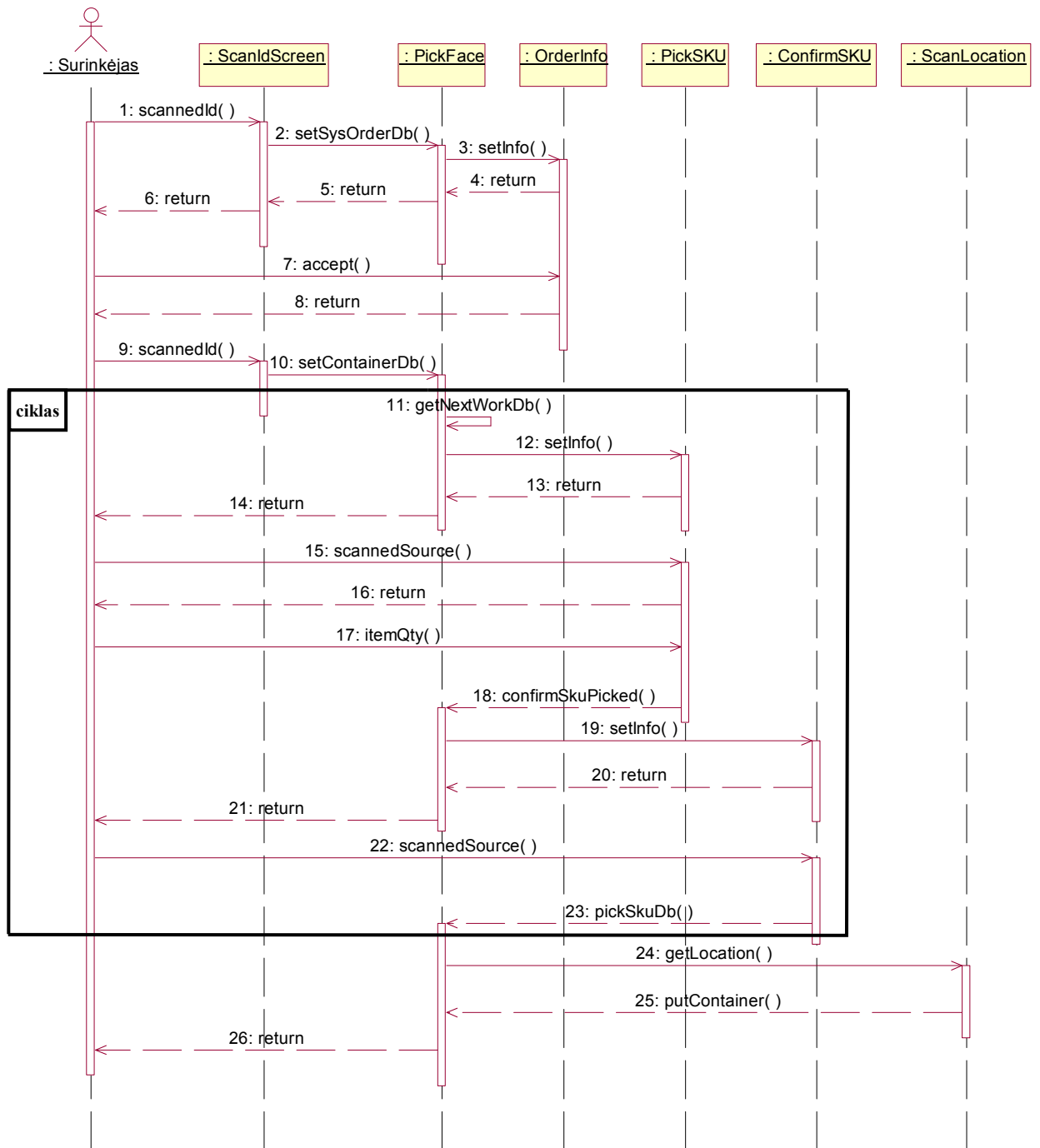
27 lentelė

„EditFrame“ klasės aprašymas

Klasė		Aprašymas
Klasės pavadinimas	EditFrame	Bazinis duomenų redagavimo langas.
Klasės operacijos	showModally()	Išskviečia ir parodo langą.
	setFrameData()	Parodo bazinius duomenis.

4.4 Sistemos elgsenos modelis

Sistemos elgsenos modelyje aprašoma kuriamos sistemos elementų elgsena. Šiame modelyje skaidoma ir nagrinėjama reikalavimų specifikacijoje aprašytų panaudojimo atvejų realizacija. Nors sistemos elgsena detalizuojama, tačiau nekeičiamos reikalavimų specifikacijoje apibrėžtos kompiuterizuojamos funkcijos. Maršrutizavimo strategijas palaikančios prekių surinkimo sistemos elgsenos modelis pateiktas šioje diagramoje:



22 pav. Surinkimo proceso sekų diagrama

22 paveikslėlyje pavaizduotoje sekų diagramoje pateikta prekių surinkimo proceso veiksmų seka. Apibendrintai ją galima apibūdinti taip:

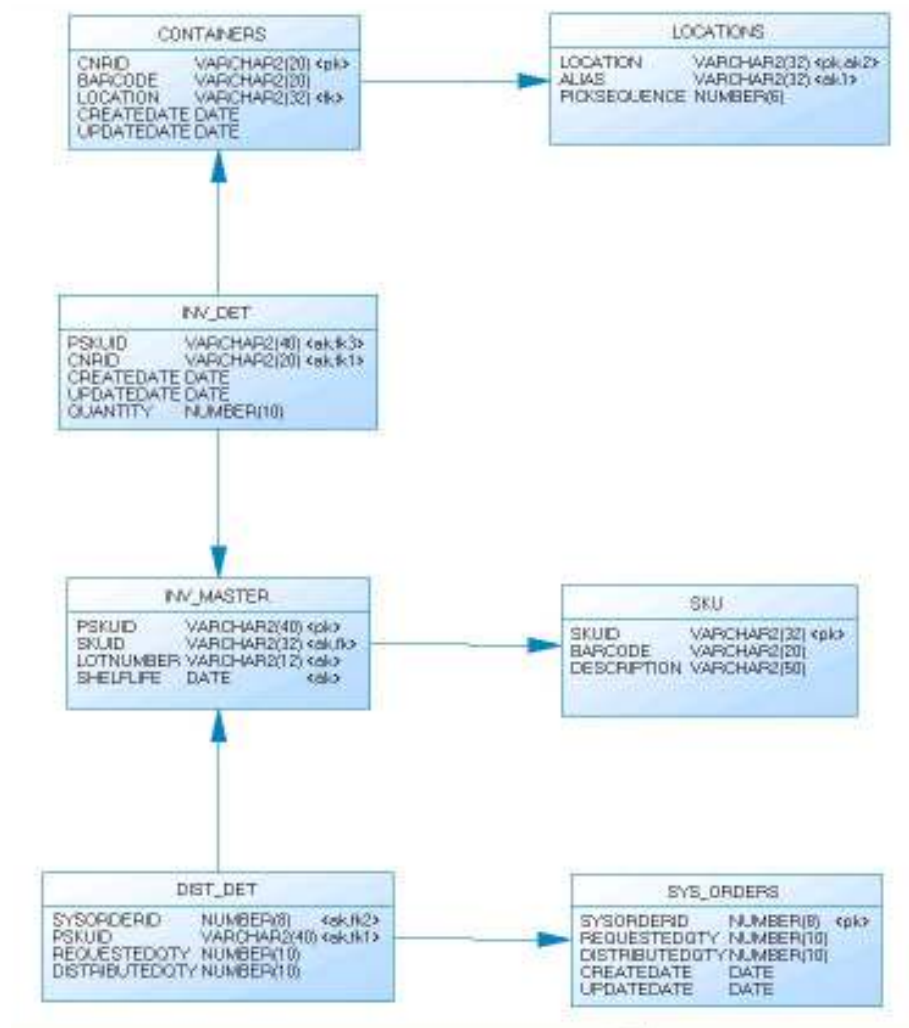
1. Įvedamas prekių surinkimo užsakymo numeris.
2. Parodoma prekių surinkimo užsakymo informacija ir patvirtinamas sutikimas rinkti prekes.
3. Skenuojama surinkimo paletė.

4. Parodoma surinkimui reikalingos prekės informacija, jos buvimo vieta, užsakytas kiekis. Skenuojama prekės vieta ir įvedamas imamas kiekis.
5. Skenuojama prekė.
6. Padedama baigta rinkti surinkimo paletė.

4 ir 5 žingsniai sudaro ciklą ir kartojami tol, kol surenkamos visos užsakytos prekės.

4.5 Duomenų bazės modelis

Duomenų bazėje kaupiami reikiami duomenys, atliekamas jų teisingumo patikrinimas. Esant reikalui, duomenys koreguojami ir panaudojami įvairioms sistemos vartotojų reikmėms. Maršrutizavimo strategijas palaikančios prekių surinkimo sistemai suprojektuota ši duomenų bazės schema:



23 pav. Duomenų bazės schema

23 paveikslėlyje pavaizduotos duomenų bazės schemos aprašymui sudarytos lentelės, kuriose paaiškinama bazės lentelių paskirtis bei savybės, kiekvienos lentelės stulpelių paskirtis ir savybės.

28 lentelė

Duomenų bazės lentelės „CONTAINERS“ aprašymas

CONTAINERS	Duomenys apie paletes	
Atributas	Tipas	Paskirtis
CNRID	VARCHAR2(20)	Pirminis raktas
BARCODE	VARCHAR2(20)	Paletės brūkšninis kodas
LOCATION	VARCHAR2(32)	Išorinis raktas. Paletės buvimo vieta
CREATEDATE	DATE	Paletės sukūrimo data
UPDATEDATE	DATE	Paletės duomenų pakeitimo data

29 lentelė

Duomenų bazės lentelės „INV_DET“ aprašymas

INV_DET	Duomenys apie sandėlyje esantį inventorių (prekių likučius)	
Atributas	Tipas	Paskirtis
PSKUID	VARCHAR2(40)	Išorinis raktas. Konkreti prekė
LOCATION	VARCHAR2(32)	Išorinis raktas. Prekės buvimo vieta
CNRID	VARCHAR2(20)	Išorinis raktas. Paletė, kurioje yra prekė
CREATEDATE	DATE	Inventoriaus sukūrimo data
UPDATEDATE	DATE	Inventoriaus duomenų pakeitimo data
QUANTITY	NUMBER(10)	Prekės kiekis

30 lentelė

Duomenų bazės lentelės „LOCATIONS“ aprašymas

LOCATIONS	Duomenys apie sandėlio vietas	
Atributas	Tipas	Paskirtis
LOCATION	VARCHAR2(32)	Pirminis raktas
ALIAS	VARCHAR2(32)	Vietos pseudonimas
PICKSEQUENCE	NUMBER(6)	Vietos apilankymo sekos numeris

31 lentelė

Duomenų bazės lentelės „INV_MASTER“ aprašymas

INV_MASTER	Duomenys apie prekių požymius	
Atributas	Tipas	Paskirtis
PSKUID	VARCHAR2(40)	Pirminis raktas
SKUID	VARCHAR2(32)	Išorinis raktas. Prekių kortelė
LOTNUMBER	VARCHAR2(12)	Prekės partija
SHELFLIFE	DATE	Prekės galiojimo data

32 lentelė

Duomenų bazės lentelės „SKU“ aprašymas

SKU	Duomenys apie prekių korteles	
Atributas	Tipas	Paskirtis
SKUID	VARCHAR2(32)	Pirminis raktas
BARCODE	VARCHAR2(20)	Prekės brūkšninis kodas
DESCRIPTION	VARCHAR2(50)	Prekės aprašymas

33 lentelė

Duomenų bazės lentelės „DIST_DET“ aprašymas

DIST_DET	Duomenys apie užsakymų detales	
Atributas	Tipas	Paskirtis
SYSORDERID	NUMBER(8)	Išorinis raktas. Užsakymo numeris
PSKUID	VARCHAR2(40)	Išorinis raktas. Užsakyta prekė
REQUESTEDQTY	NUMBER(10)	Užsakytų prekių kiekis
DISTRIBUREDQTY	NUMBER(10)	Surinktų prekių kiekis

34 lentelė

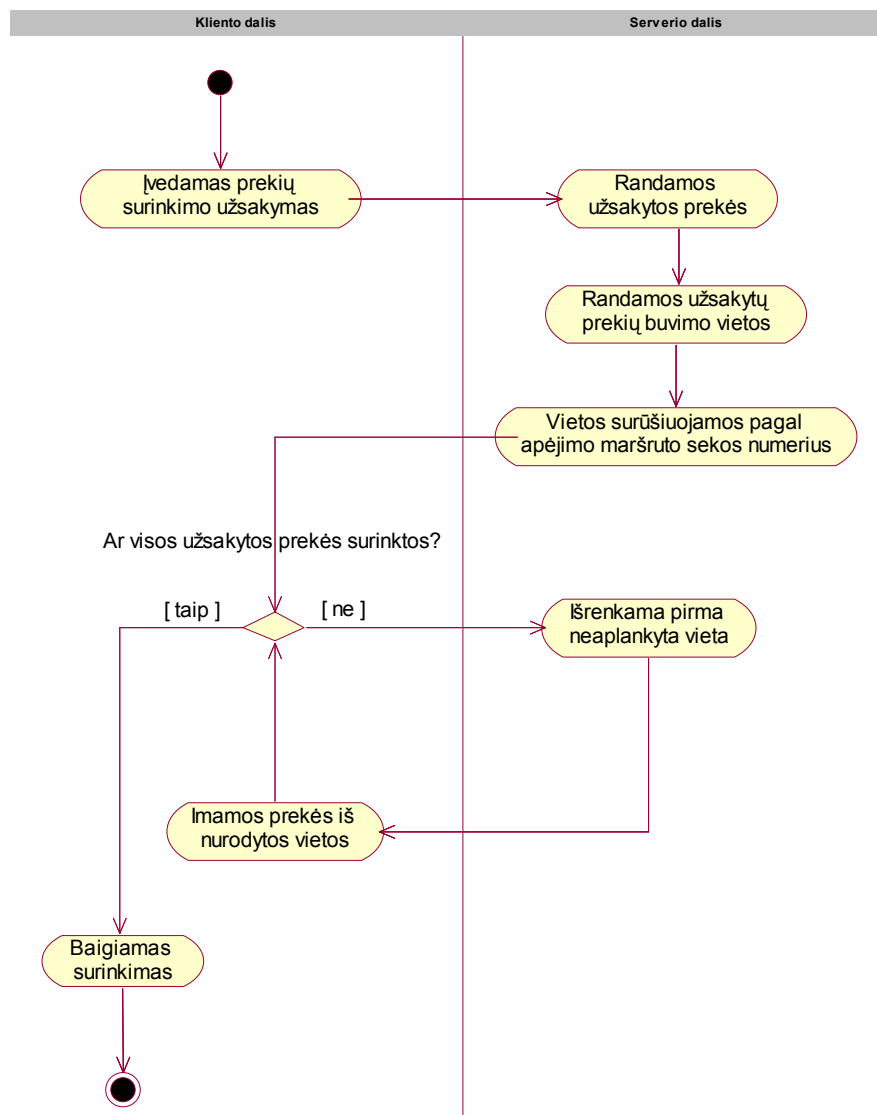
Duomenų bazės lentelės „SYS_ORDERS“ aprašymas

SYS_ORDERS	Duomenys apie prekių surinkimo užsakymus	
Atributas	Tipas	Paskirtis
SYSORDERID	NUMBER(8)	Pirminis raktas
REQUESTEDQTY	NUMBER(10)	Bendras užsakytų prekių kiekis
DISTRIBUREDQTY	NUMBER(10)	Bendras surinktų prekių kiekis

CREATEDATE	DATE	Užsakymo sukūrimo data
UPDATEDATE	DATE	Užsakymo duomenų pakeitimo data

4.6 Metodo, atspindinčio darbo idėją bei naujumą, aprašas

Pagrindinis maršrutizavimo strategijas palaikančios prekių surinkimo sistemos naujumas – sandėlio apėjimo maršruto organizavimas remiantis iš anksto numatyta strategija, netaikant sistemą apkraunančių algoritmų. Galimos strategijos neapsiriboja esamais euristiciniais metodais, sistema suteikia galimybę sudaryti individualų apėjimo planą, į kurį įtraukiamos visos sandėlyje esančios vietos. Todėl maršrutas gaunamas itin tikslus ir atitinkantis sandėlio išplanavimą. Žemiau pateikta veiklos diagrama iliustruoja maršrutizavimo metodo panaudojimą prekių surinkimo procese.



24 pav. Maršrutizavimo panaudojimas prekių surinkimo procese

Prekių surinkimo proceso, kurio vykdymo metu aplankomų vietų seka yra valdoma maršrutizavimo strategijos, žingsniai yra šie:

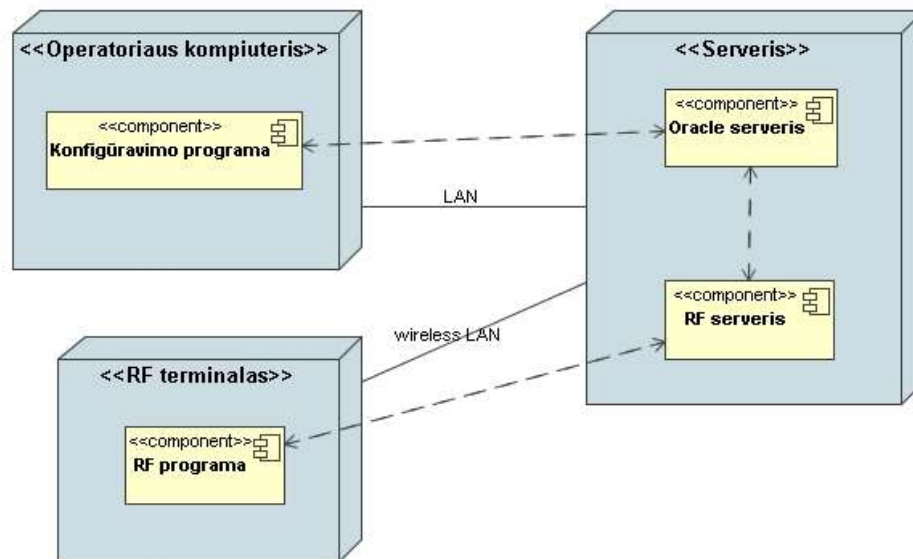
1. Įvedamas prekių surinkimo užsakymo numeris.
2. Randamos įvestą užsakymą sudarančios prekės.
3. Randamos įvestą užsakymą sudarančių prekių buvimo vietos.
4. Prekių buvimo vietos surūšiuojamos pagal vietoms priskirtas aplankymo sekos vertes.
5. Pagal surūšiuotą sąrašą iš eilės lankomos vietos tol, kol baigiamos rinkti visos prekės.

5 MARŠRUTIZAVIMO STRATEGIJAS PALAIKANČIOS PREKIŲ SURINKIMO SISTEMOS REALIZACIJA

5.1 Realizacijos modelis

Igyvendinimo etapo metu atliekamas suprojektuotos sistemos realizavimas. Realizavimas apima projektavimo specifikacijų pervedimą į programos kodą, derinimą bei modulių testavimą.

Aprašant sistemos realizavimo etapą, pateikiama fizinė sistemos architektūra – sistemą realizuojantys tarpusavyje susieti komponentai, įdiegti tam tikruose mazguose. Maršrutizavimo strategijas palaikančios prekių surinkimo sistemos fizinei architektūrai pavaizduoti sudaryta įdiegimo diagrama:



25 pav. Sistemos diegimo modelis

25 paveikslėlyje pavaizduotoje diagramoje išskirti trys mazgai: serveris, operatoriaus kompiuteris ir RF terminalas. Juose turi būti įdiegti skirtingi realizuotos prekių surinkimo sistemos moduliai. Serveryje patalpintas duomenų bazės serveris ir RF serveris. RF serveris aptarnauja visus RF terminalus bevieliu tinklu, taip pat atlieka duomenų siuntimą iš duomenų bazės serverio į terminalus ir atgal. Operatoriaus kompiuteryje įdiegta konfigūravimo

programa, kuri susieta su duomenų baze vietiniu tinklu. Tokiu būdu operatorius modifikuoja surinkimo maršrutą, pagal kurį RF terminalų pagalba prekės yra renkamos. Laikantis šio mazgų išdėstymo ir teisingai sukonfigūravus komponentus užtikrinamas prekių surinkimo sistemos veikimas.

Sistemos komponentų realizavimo priemonės ir technologijos yra šios:

- Sistemai realizuoti naudojama PL/SQL programavimo kalba ir PL/SQL Developer programavimo aplinka. Duomenų bazė realizuota naudojant ORACLE 10g DBVS.
- RF terminalų ir konfigūravimo programos vartotojo sąsajai kurti naudojama Visual C++ programavimo kalba ir Microsoft Visual Studio .NET 2005 programavimo aplinka.
- Projektavimui pasirinkta UML kalba. Projektavimo įrankiais pasirinkti Rational Rose Enterprise Edition 2006 ir MagicDraw UML 12.0 paketai.
- Sistemos dokumentacija ruošta su Microsoft Office Word 2003 programa.

5.2 Testavimo planas ir rezultatai

Matšrutizavimo strategijas palaikančios prekių surinkimo sistemos testavimo tikslai yra šie:

- Surasti sistemos architektūros ir realizavimo defektus, kad juos būtų galima ištaisyti.
- Užtikrinti, kad galutinis produktas yra kokybiškas.

Sistemos testavimui, kurį atliko sistemą sukūręs programuotojas, buvo skirta 20 dienų. Šiuo laikotarpiu buvo naudojama tokia programinė bei aparatūrinė įranga:

- Oracle ir RF serveriai buvo įdiegti kompiuteryje, kurio techniniai parametrai yra šie: Intel Core 2 Duo E6550 2.33 GHz centrinis procesorius, 2x1024 MB Dual DDR2 operatyvioji atmintis, 200 GB talpos standusis diskas, ATI Radeon X2600 XT 256 MB grafikos lustų rinkinys. Įdiegta ši programinė įranga: Microsoft Windows Server 2003 R2, Oracle Database 10g Release 2 (10.2).
- Konfigūravimo programa buvo įdiegta kompiuteryje, kurio techniniai parametrai yra šie: Intel Pentium Dual Core E2160 1.8 GHz centrinis procesorius, 1x1024 MB DDR2 operatyvioji atmintis, 200 GB talpos standusis diskas, nVidia GeForce 8400 GS 256 MB grafikos lustų rinkinys. Įdiegta ši

programinė įranga: Microsoft Windows XP SP2, Microsoft .Net Framework 2.0, Oracle Database 10g Client.

- RF terminalo Symbol MC3000 techniniai duomenys yra šie: IntelXScale PXA270 520 MHz procesorius, 64MB operatyvioji atmintis, 320x320 skiriamoji geba, Symbol Spectrum24, 802.11b, 802.11g WLAN. Įdiegta programinė įranga yra ši: Microsoft Windows CE4.2 Professional Version, Microsoft Windows CE SDK Environment.

Maršrutizavimo strategijas palaikanti prekių surinkimo sistema buvo testuojama statiškai (programuotojas išdėmiai peržiūri programos kodą ir taip aptinka klaidas) ir dinamiškai (testuojama paruoštais duomenimis). Testavimas vyko keliais etapais:

- Pirmas etapas. Testuojami atskiri komponentai (klasės, objektai ir kt.). Įsitikinama, kad jie veikia be klaidų, vykdo priskirtas funkcijas bei grąžina korektiškas reikšmes.
- Antras etapas. Testuojami atskiri moduliai. Didžiausias dėmesys skiriamas vartotojo sąsajos testavimui. Įvedami nauji duomenys, jie redaguojami, trinami, stebima kaip vieno elemento būsenos pasikeitimas atsiliepia kitų elementų atsinaujinimui, vaizdavimui bei rezultatams. Tikrinama ar teisingi skaičiavimų rezultatai.
- Trečias etapas. Bendras sistemos testavimas. Testuota atskirų modulių sąveika tarpusavyje ir visų modulių bendras funkcionavimas.

Prekių surinkimo sistemos testavimui buvo panaudotos PL/SQL Developer priemonės. Vykdomo scenarijų pagalba buvo atliekamas testavimas bei stebimi jo rezultatai.

Testuojant didžiausias dėmesys buvo skiriamas maršrutizavimui, t.y. prekių rinkimui pagal užsibrėžtą apėjimo strategiją. Todėl svarbiausia įsitikinti, kad sistema nurodo prekių buvimo vietas pagal surinkimo maršrutą.

Testinio scenarijaus pagalba imituojamas prekių surinkimas, t.y. vykdomas operacijos, kurios kviečiamos surenkant prekes RF terminalu. Vykdomo scenarijaus pagalba pagreitinamas testavimo procesas bei sudaroma galimybė stebėti norimus sistemos darbo ypatumus.

Prieš pradėdant testuoti sistemos nurodomų vietų eiliškumą, pasirenkamas užsakymas – surenkamų prekių sąrašas:

	dd.sysorderid	im.skuid	s.description	dd.requestedqty	dd.distributedqty
1	32720	477007911001	Kvietiniai miltai MALSENA 550D 2kg/8	144	0
2	32720	477007911006	Kvietiniai miltai MALSENA 550D 1kg/10	40	0
3	32720	475002004049	Lietiniai blynai. Sausas mišinys 400g/20	20	0
4	32720	475002004042	Miltinis mišinys picai DOBELE 400g/20	20	0
5	32720	477007911020	Miltinis mišinys picai MALSENA 500g/12	24	0
6	32720	477007911021	Miltinis mišinys blynams MALSENA 500g/12	12	0
7	32720	477007911022	Milt.mišinys blyneliams MALSENA 500g/12	24	0
8	32720	477007911079	Milt.miš.bulvin. blyn.MALSENA 0.3kg/25	12	0
9	32720	477007911082	Milt.miš.cepelinams MALSENA 0.5 kg/24	12	0
10	32720	482000227001	Akmens druska ūkio reikmėms 1kg/20	220	0
11	32720	481002300011	Joduota druska EKSTRA 500g/32	32	0
12	32720	482000227012	Joduota akmens druska 1kg/20	20	0
13	32720	477043917104	PANEVĖŽIO cukrus 1kg/12	120	0
14	32720	590213683770	Cukraus gabaliukai BRIDŽAS 500g/10	20	0
15	32720	477010700029	Kvietiniai miltai EKSTRA, 1,75kg/4	21	0

26 pav. Testinis surenkamų prekių sąrašas

26 paveikslėlyje pateikti šie testiniai duomenys:

- sysorderid – prekių surinkimo užsakymo numeris;
- skuid – prekės identifikacijos numeris;
- description – prekės apibūdinimas;
- requestedqty – reikiamas surinkti kiekis;
- distributedqty – surinktas kiekis.

Testavimui taip pat reikalingi duomenys apie sandėlio vietas ir joms priskirtus aplankymo eilės numerius. Duomenys apie sandėlio vietas atrodo taip:

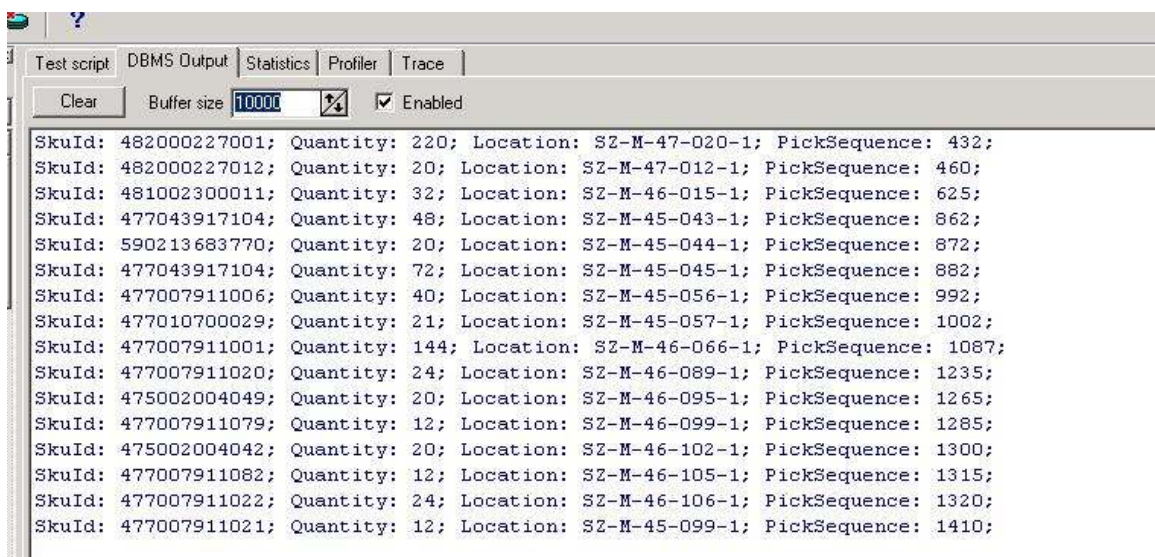
	LOCATION	ALIAS	PICKSEQUENCE
1	S2-M-47-111-1	S2M471111	1
2	S2-M-47-110-1	S2M471101	6
3	S2-M-47-109-1	S2M471091	11
4	S2-M-47-108-1	S2M471081	16
5	S2-M-47-107-1	S2M471071	21
6	S2-M-47-106-1	S2M471061	26
7	S2-M-47-105-1	S2M471051	31
8	S2-M-47-104-1	S2M471041	36
9	S2-M-47-103-1	S2M471031	41
10	S2-M-47-102-1	S2M471021	46
11	S2-M-47-101-1	S2M471011	51
12	S2-M-47-100-1	S2M471001	56
13	S2-M-47-099-1	S2M470991	61
14	S2-M-47-098-1	S2M470981	66
15	S2-M-47-097-1	S2M470971	71
16	S2-M-47-096-1	S2M470961	76

27 pav. Testiniai sandėlio vietų duomenys

27 paveikslėlyje pateikti šie testiniai duomenys:

- location – sandėlio vietos žymėjimas;
- alias – sandėlio vietos pseudonimas;
- picksequence – sandėlio vietos aplankymo eilės numeris.

Sandėlio vietų aplankymo eilės numeriai nuo mažiausio iki didžiausio sudaro tam tikrą apėjimo seką. Prekių surinkimo sistema veiks teisingai, jei ji siūlys rinkti prekes būtent pagal nustatytą seką. Įvykdžius testavimo scenarijų gauti tokie rezultatai:



```
Skuid: 482000227001; Quantity: 220; Location: SZ-M-47-020-1; PickSequence: 432;
Skuid: 482000227012; Quantity: 20; Location: SZ-M-47-012-1; PickSequence: 460;
Skuid: 481002300011; Quantity: 32; Location: SZ-M-46-015-1; PickSequence: 625;
Skuid: 477043917104; Quantity: 48; Location: SZ-M-45-043-1; PickSequence: 862;
Skuid: 590213683770; Quantity: 20; Location: SZ-M-45-044-1; PickSequence: 872;
Skuid: 477043917104; Quantity: 72; Location: SZ-M-45-045-1; PickSequence: 882;
Skuid: 477007911006; Quantity: 40; Location: SZ-M-45-056-1; PickSequence: 992;
Skuid: 477010700029; Quantity: 21; Location: SZ-M-45-057-1; PickSequence: 1002;
Skuid: 477007911001; Quantity: 144; Location: SZ-M-46-066-1; PickSequence: 1087;
Skuid: 477007911020; Quantity: 24; Location: SZ-M-46-089-1; PickSequence: 1235;
Skuid: 475002004049; Quantity: 20; Location: SZ-M-46-095-1; PickSequence: 1265;
Skuid: 477007911079; Quantity: 12; Location: SZ-M-46-099-1; PickSequence: 1285;
Skuid: 475002004042; Quantity: 20; Location: SZ-M-46-102-1; PickSequence: 1300;
Skuid: 477007911082; Quantity: 12; Location: SZ-M-46-105-1; PickSequence: 1315;
Skuid: 477007911022; Quantity: 24; Location: SZ-M-46-106-1; PickSequence: 1320;
Skuid: 477007911021; Quantity: 12; Location: SZ-M-45-099-1; PickSequence: 1410;
```

28 pav. Testavimo scenarijaus rezultatai

Iš 28 paveikslėlio matome, kad surinktos visos užsakymo sąraše buvusios prekės. Rezultatuose informacija pateikiama tokia tvarka:

1. Surinktos prekės identifikavimo numeris;
2. Surinktas kiekis;
3. Vieta, iš kurios paimta prekė;
4. Vietos aplankymo sekos numeris.

Rezultatų paskutiniame stulpelyje esantys vietų aplankymo numeriai išsidėstę didėjančia tvarka. Tai reiškia, kad sistema prekes rinko laikydamasi maršruto. Dar daugiau, visada bus laikomasi bet kokios vietų apėjimo strategijos, kuri bus įgyvendinta sekos numeriais.

Po testinio scenarijaus įvykdymo pradiniai duomenys, t.y. užsakytų prekių sąrašas, atrodo taip:

	idit.sysorderid	im.skaid	s.description	idit.requestedqty	idit.distributedqty
1	32720	477007911001	Kviešiniai miltai MALSENA 550D 2kg/8	144	144
2	32720	477007911006	Kviešiniai miltai MALSENA 550D 1kg/10	40	40
3	32720	475002004049	Lietiniai blynai, Sauses mišinys 400g/20	20	20
4	32720	475002004042	Miltinis mišinys piciui DOBELE 400g/20	20	20
5	32720	477007911020	Miltinis mišinys piciui MALSENA 500g/12	24	24
6	32720	477007911021	Miltinis mišinys blynams MALSENA 500g/12	12	12
7	32720	477007911022	Miltinis mišinys blynams MALSENA 500g/12	24	24
8	32720	477007911079	Miltinis bulvin. blyn MALSENA 0.3kg/25	12	12
9	32720	477007911082	Miltinis cepelinams MALSENA 0.5 kg/24	12	12
10	32720	462000227001	Akmens druska tikai reikmėms 1kg/20	220	220
11	32720	461002300011	Joduota druska EKSTRA 500g/32	32	32
12	32720	462000227012	Joduota akmens druska 1kg/20	20	20
13	32720	477043917104	PANEVĖŽIO cukrus 1kg/12	120	120
14	32720	590219683770	Cukraus gabalukai BRIDŽAS 500g/10	20	20
15	32720	477010700029	Kviešiniai miltai EKSTRA, 1.75kg/4	21	21

29 pav. Pradiniai duomenys po testavimo scenarijaus įvykdymo

29 paveikslėlyje pateikti duomenys rodo, kad visos užsakytos prekės buvo surinktos. Vadinasi, prekių surinkimo sistema veikia be sutrikimų.

6 EKSPERIMENTINIS MARŠRUTIZAVIMO STRATEGIJAS PALAIKANČIOS PREKIŲ SURINKIMO SISTEMOS TYRIMAS

6.1 Eksperimentinio diegimo aprašymas

Eksperimentinio tyrimo tikslas – apibendrinti ir įvertinti tiriamojo darbo rezultatus. Šiam tikslui pasiekti parodoma gauto rezultato praktinė svarba ir funkcionalumas, susiejamas sprendimas su teorija ir kitais sprendimais, įvertinamos rezultato savybės kitų sprendimų atžvilgiu. Kadangi tiriamojo darbo rezultatas yra realizacija, ją patikimai patvirtinti galima pateikiant pakankamai reprezentatyvų pavyzdį.

Maršrutizavimo strategijas palaikančios prekių surinkimo sistemos eksperimentinio tyrimo metu numatoma atlikti užsakytų prekių surinkimą panaudojant įvairias apėjimo strategijas. Skirtingais maršrutais įveikti keliai palyginami tarpusavyje.

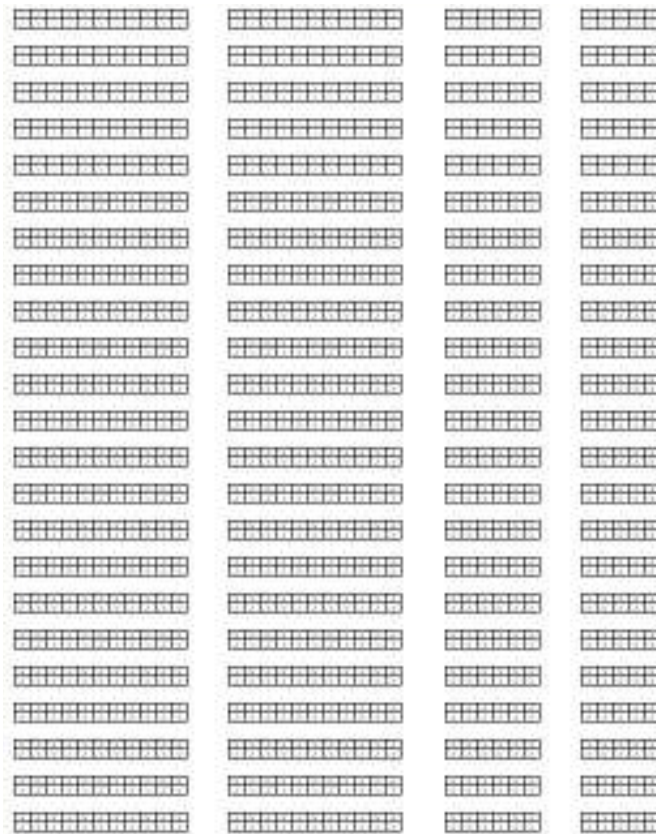
Prieš pradėdant eksperimentą, privalu atlikti eksperimentinių duomenų atrinkimą ir vykdymo aplinkos sudarymą. Vykdymo aplinką sudaro:

1. Sandėlio vietų išplanavimas ir sužymėjimas;
2. Prekės sandėlyje.

Aplinka suprantama kaip vykdymo sąlygos, kurios yra privalomos ir eksperimento metu nesikeičia. Pavyzdžiui, sandėlyje turi būti prekių ir sandėlio vietos turi būti sužymėtos. Taip pat būtina, kad ši informacija būtų užfiksuota sistemoje. Pasirinktas sandėlio išplanavimas atitinka šiuos reikalavimus:

1. Didelis vietų skaičius;
2. Vertikalių perkirtimų skaičius didesnis už 1;
3. Tiesinis lentynų išdėstymas;
4. Stačiakampio forma.

Sandėlio išplanavimas reiškia prekių lentynų išdėstymą prekių saugojimo zonoje. Pasirinktas sandėlio išplanavimas turi daug prekių laikymo vietų, tris vertikalius perkirtimus, vienos krypties lentynas.



30 pav. Sandėlio išplanavimo schema

30 paveikslėlyje pavaizduotame sandėlyje yra 4500 prekių laikymo vietų, t.y. kiekvienoje lentynų eilėje po 300 vietų. Kiekviena vieta turi savo žymėjimą ir jį atitinkantį brūkšninį kodą.

Eksperimentinius duomenys sudaro:

1. Prekių surinkimo užsakymai;
2. Sandėlio vietų apėjimo sekos.

Kad atlikto eksperimento rezultatų patikimumas būtų didesnis, kiekvienos nagrinėjamos apėjimo strategijos atveju įvykdoma 50 prekių surinkimo užsakymų, t.y. surenkamos visos šiuose užsakymais paminėtos prekės. Tas pats užsakymų rinkinys taikomas visoms apėjimo strategijoms. Kiekvieną užsakymą vidutiniškai sudaro 27 skirtingos prekės. Surinkinėjant prekes taikomos S-formos, grįžimo, vidurinės linijos ir bandomoji euristikos. Prekių rinkimo metu skaičiuojamos į apėjimo kelią patenkančios, tačiau surinkimui nereikalingos vietos, t.y. tos vietos, šalia kurių surinkėjas praeina. Taip fiksuojamas prekių surinkimo metu įveikiamas kelias. Visų eksperimente naudojamų duomenų apibūdinimai pateikti šioje lentelėje:

35 lentelė

Eksperimento metu naudojamų duomenų grupės

Duomenų grupės	Apibūdinimas
Sandėlio vietos	Sandėlį sudaro 4500 prekių laikymo vietų
Prekių surinkimo užsakymai	Įvykdoma 50 užsakymų kiekvienos apėjimo strategijos atveju
Užsakymus sudarančios prekės	Kiekvieną užsakymą sudarančių prekių skaičius svyruoja nuo 23 iki 31, vidutiniškai 27
Apėjimo strategijos	Taikomos S-formos, grįžimo, vidurinės linijos, bandomoji euristikos

Pasirinkus eksperimentinius duomenis, atliekamas tyrimas. Jo vykdymo tvarka yra ši:

1. Prekių saugojimo vietoms suteikiami jų aplankymo sekos numeriai (nustatoma apėjimo euristika);
2. Po vieną vykdomi užsakymai ir fiksuojamas įveiktas kelias;
3. Įvykdžius 50 prekių surinkimo užsakymų, suskaičiuojama vidutinė įveikto kelio reikšmė.

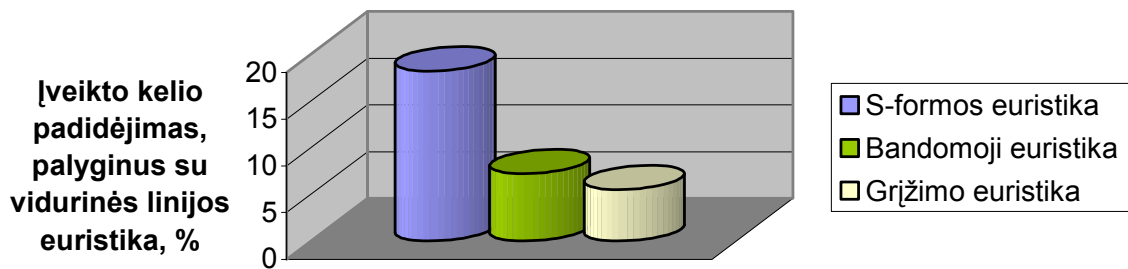
Atlikto eksperimento rezultatai rodo, kad mažiausiai kelio įveikiama prekes renkant vidurinės linijos euristika. S-formos, grįžimo ir bandomosios euristikos atvejais įveikto kelio padidėjimai pateikti šioje lentelėje:

36 lentelė

S-formos, bandomosios, grįžimo ir vidurinės linijos euristikų palyginimas

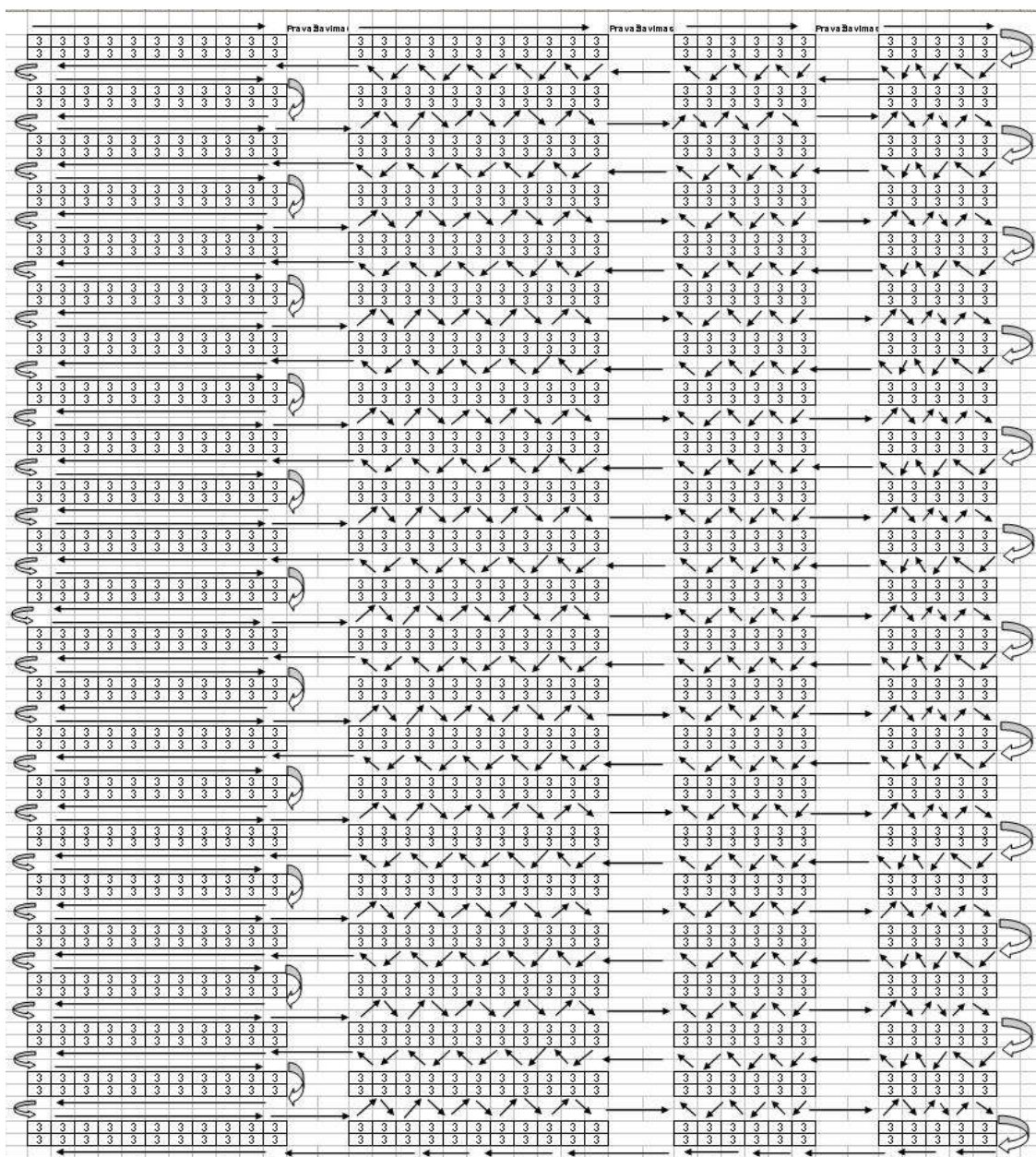
Euristikos pavadinimas	Palyginimas su vidurinės linijos euristika
S-formos	18,2 %
Bandomoji	7,2 %
Grįžimo	5,5 %

36 lentelėje esantys duomenys rodo, kad daugiausiai kelio įveikiama sandėlio vietas apeinant S-formos strategija. Grįžimo euristika gauti rezultatai mažiausiai skiriasi nuo vidurinės linijos euristika gautų rezultatų. Grafiškai euristikų palyginimai atrodo taip:



31 pav. S-formos, bandomosios, grįžimo ir vidurinės linijos euristicų palyginimas

Bandomoji apėjimo strategija, kuri S-formos ir grįžimo strategijų derinys, grafiškai atrodo taip:



32 pav. Bandomoji apėjimo strategija

Atlikus eksperimentinį tyrimą buvo įsitikinta, kad prekių surinkimo sistema funkcionuoja laikydamasi nustatyto apėjimo maršruto. Sistemą galima sukongūruoti taip, kad prekių buvimo vietos rinkimo metu būtų siūlomos pagal bet kokią apėjimo strategiją, kuri yra žinoma iš anksto ir nepriklauso nuo užsakymo. Pavyzdžiui, prekių surinkimo sistema nepalaiko didžiausios spragos euristicos, nes kiekvienam prekių surinkimo užsakymui didžiausia spraga yra skirtinga ir be atitinkamų skaičiavimų nėra žinoma. Esant tokiai situacijai, neįmanoma iš anksto ir teisingai prekių saugojimo vietoms priskirti aplankymo sekos numerius. Tai yra pagrindinis sukurtos prekių surinkimo sistemos trūkumas.

6.2 Sukurtos sistemos kokybės įvertinimas

Kokybės įvertinimas susideda iš eilės kokybę veikiančių faktorių. Kiekvieną faktorių apibūdinantys kokybės kriterijai turi įrodyti, kad užtikrinamas tam tikras kokybės faktorius. Kriterijai įvertinami balais intervale nuo 0 iki 10. Maršrutizavimo strategijas palaikančios prekių surinkimo sistemos kokybės įvertinimas pateiktas šioje lentelėje:

37 lentelė

Kokybės įvertinimas

Kokybės faktorius	Kokybės kriterijus	Įvertinimas
Sistemos veiksmingumas	– Sistema veikia	10
	– Sistema išsprendžia problemą	8
	– Sistema patvirtinta eksperimentu	10
Sistemos našumas	– Sistema pagreitina surinkimo procesą	9
Sistema atliekamo darbo patikimumo ir tikslumo padidinimas	– Sistema sumažina surinkimo metu daromas klaidas	9
Sistemos lankstumas	– Sistemą galima plėsti	10
Mokymosi bei naudojimosi paprastumas ir lengvumas	– Sistemos sąvokos gerai apibrėžtos ir suprantamos	10
	– Aiški sistemos taikymo metodika	9
	– Sistema intuityviai suprantama	10
Palaikomumas	– Sistemos kūrimo taikomi automatizuoti įrankiai	8
Įvertinimų vidurkis		9.3

Prekių surinkimo sistemos vidutinis įvertinimas atsižvelgiant į įvairius kriterijus yra 9.3. Tai gana aukštas įvertinimas, apimantis sistemos veiksmingumo, našumo, tikslumo, lankstumo ir palaikomumo faktorius. Remiantis šiuo įvertinimu daroma išvada, kad prekių surinkimo sistema yra patikima ir tinkama naudoti.

7 IŠVADOS

1. Apžvelgus šiandienines sandėliavimo operacijas nustatyta, kad prekių surinkimas sudaro apie 50% visų sandėlio valdymo išlaidų. Renkant užsakytas prekes daugiausiai laiko sugaištama keliaujant nuo vienos reikiamos vietos prie kitos.
2. Literatūros šaltiniuose pateiktus sandėlio vietų apėjimo būdus galima suskirstyti į algoritminius ir euristinius.
3. Algoritminiai apėjimo maršrutus randantys metodai sunkiai pritaikomi praktikoje dėl sudėtingumo, reikalingų duomenų trūkumo bei sunkumų įvertinant specifinius darbo ypatumus sandėlyje.
4. Euristiniai maršrutai yra gana paprasti, tačiau norint juos taikyti reikalingas sandėlio pertvarkymas. Efektyviausi yra mišrusis ir didžiausios spragos maršrutai.
5. Egzistuojančios prekių surinkimo sistemos apėjimo maršrutus palaiko dalinai. Naudojami algoritmai arba tokie metodai kaip prekių surinkimas pagal zonas, grupinis surinkimas.
6. Suprojektuota prekių surinkimo sistema palaiko didžiąją dalį euristinių maršrutų. Taip pat leidžia sudaryti individualius maršrutus bei modifikuoti euristinius taip išvengiant prekių pertvarkymų sandėlyje.
7. Realizuojant sukurtą prekių surinkimo sistemą panaudota radijo ryšio (RF) technologija. Darbas radijo ryšio terminalais užtikrina efektyvų prekių surinkimą ir minimalų padaromų klaidų skaičių.
8. Eksperimento metu nustatyta, kad mažiausiai kelio įveikiama prekes renkat vidurinės linijos euristiniu maršrutu. Taip pat buvo sumodeliuoti S-formos, grįžimo ir bandomasis pavyzdžiai. Gauti rezultatai parodė, kad įveiktas kelias nuo 5.5% iki 18.2 % ilgesnis nei vidurinės linijos atveju gautas kelias.
9. Sukurtoji prekių surinkimo sistema, sukonfigūravus sandėlį atitinkantį apėjimo maršrutą, sumažina įveikiamą kelią.
10. Didžiausias sukurtos prekių surinkimo sistemos trūkumas yra negalėjimas palaikyti tokių maršrutų, kurie priklauso nuo surenkamų prekių išsidėstymo ir reikalauja tam tikrų skaičiavimų. Vienas iš nepalaikomų euristinių maršrutų yra didžiausios spragos.

8 LITERATŪRA

- [1] Frazelle, E. H. (2002). *World-Class Warehousing and Material Handling*. McGraw Hill, New York.
- [2] Petersen, C.G. and Aase, G., A comparison of picking, storage, and routing policies in manual order picking. *International Journal of Production Economics*, 2004, 92, 11-19.
- [3] Tompkins, J.A., White, J.A., Bozer, Y.A., Frazelle, E.H. and Tanchoco, J.M.A., *Facilities Planning*, 2003 (NJ: John Wiley & Sons).
- [4] Lawler, E.L., Lenstra, J.K., Rinnooy Kan, A.H.G., and Shmoys, D.B., *The traveling salesman problem*, 1995, (Chichester: Wiley).
- [5] de Koster, R., Le-Duc, T., Roodberg, K.J. (2006), "Design and control of warehouse order picking a literature review", Erasmus Research Institute of Management (ERIM), Rotterdam, Report ERS-2006-005-LIS.
- [6] Ratliff, H.D. and Rosenthal, A.S., Orderpicking in a rectangular warehouse: a solvable case of the traveling salesman problem. *Operations Research*, 1983, 31(3), 507-521.
- [7] Cornuéjols, G., Fonlupt, J., and Naddef, D. (1985), The travelling salesman problem on a graph and some related integer polyhedra, *Mathematical Programming* 33, 1-27
- [8] Roodbergen, K.J. and De Koster, R. (2001b). Routing order-pickers in a warehouse with a middle aisle. *European Journal of Operational Research* 133, 32-43.
- [9] Hall, R.W. (1993). Distance approximation for routing manual pickers in a warehouse. *IIE Transactions* 25, 77-87.
- [10] Goetschalckx, M. and Ratliff, D.H. (1988a). An efficient algorithm to cluster order picking items in a wide aisle. *Engineering Costs and Production Economy* 13, 263-271.
- [11] Gademann, N. and Van de Velde, S. (2005). Order batching to minimize total travel time in a parallel-aisle warehouse. *IIE Transactions* 37(1), 63-75.

- [12] Petersen, C.G. (1997). An evaluation of order picking routing policies. *International Journal of Operations & Production Management* 17(11), 1098-1111.
- [13] De Koster, R. and Van der Poort, E.S. (1998). Routing orderpickers in a warehouse: a comparison between optimal and heuristic solutions. *IIE Transactions* 30, 469-480.
- [14] W3logistics, žiūrēta 2007-03-20. Prieiga per Interneta: <http://w3logistics.com/lvs/w3max.php>
- [15] IntelliTrack® Warehouse Management System, žiūrēta 2007-03-20. Prieiga per Interneta: http://www.intellitrack.net/warehouse_management_system_WMS.asp
- [16] Sage Accpac Enterprise Resource Planning, žiūrēta 2007-04-01. Prieiga per Interneta: <http://www.sageaccpac.com/products/warehousemanagement/>
- [17] IRMS Order Management, žiūrēta 2007-04-01. Prieiga per Interneta: http://www.irmswms.com/products/irms_ordermanagement.htm
- [18] Radio Beacon WMS, žiūrēta 2007-04-08. Prieiga per Interneta: <http://www.linikodas.lt/index.php/lt/29658/>

9 TERMINŲ IR SANTRUMPŲ ŽODYNAS

38 lentelė

Terminai ir santrumpos

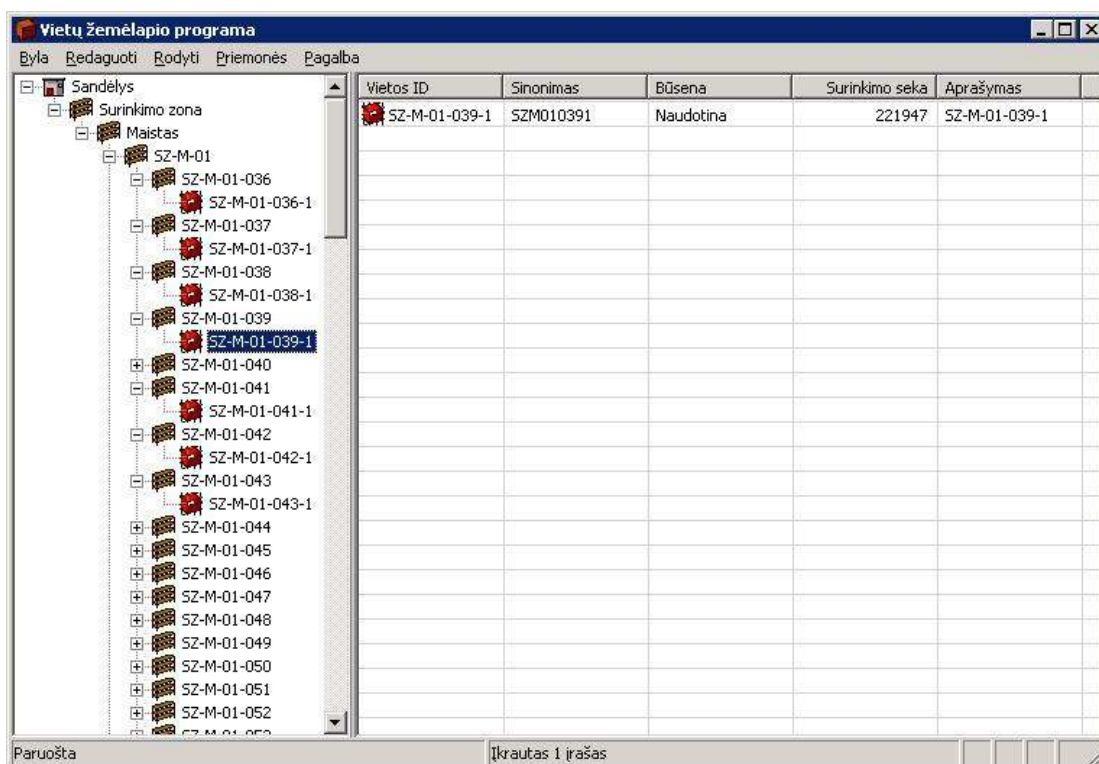
Terminas	Angliškas pavadinimas	Paiškinimas
CASE	Computer aided software engineering	Kompiuterio padedama programų inžinerija
DB	Database	Duomenų bazė
DBVS	–	Duomenų bazių valdymo sistema
RF	Radio Frequency	Radijo ryšio terminalas
SQL	Structured Query Language	Struktūrizuota užklausų kalba
UML	Unified Modeling Language	Unifikuota modeliavimo kalba

10 PRIEDAI

10.1 Vartotojo instrukcija

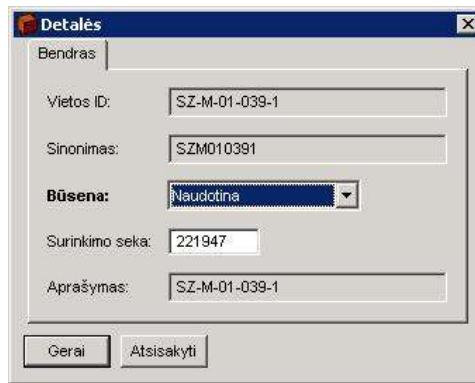
Operatoriaus vartotojo instrukcija

Operatorius savo darbą pradeda paleisdamas „Vietų žemėlapiu programą“:



33 pav. Vietų žemėlapiu programa

Kairėje lango pusėje rodomos visos sandėlyje esančios prekių laikymo vietos. Pasirinkus konkrečią vietą kairėje pusėje rodomi tos vietos duomenys: vietos ID, sinonimas, būsena, surinkimo seka ir aprašymas. Meniu juostoje pasirinkus punktą redaguoti iškviečiamas vietos redagavimo langas:



34 pav. Vietų žemėlapiu redagavimo langas

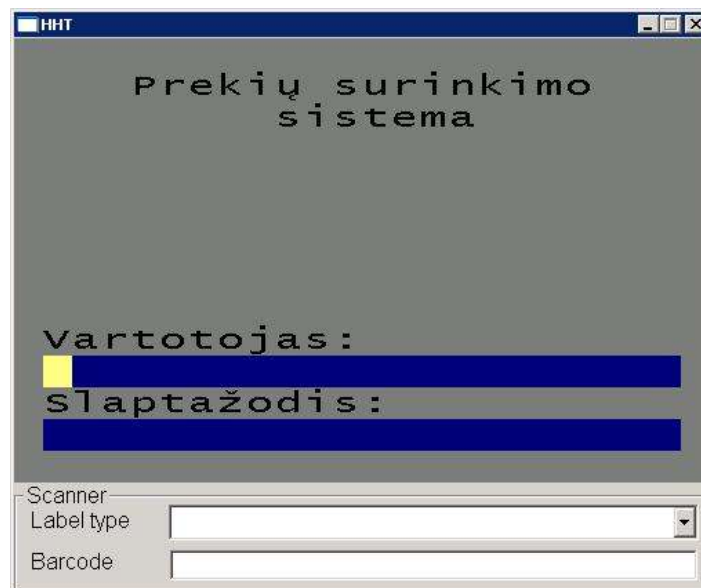
Operatorius vietų žemėlapiu redagavimo lange gali redaguoti šiuos laukus:

- Būsena – pasirenkama norima vietos būsena (naudotina, nenaudotina).
- Surinkimo seka – įvedamas vietos apšankymo eilės numeris.

Tokiu būdu sudaromas sandėlio vietų apėjimo maršrutas.

Surinkėjo vartotojo instrukcija

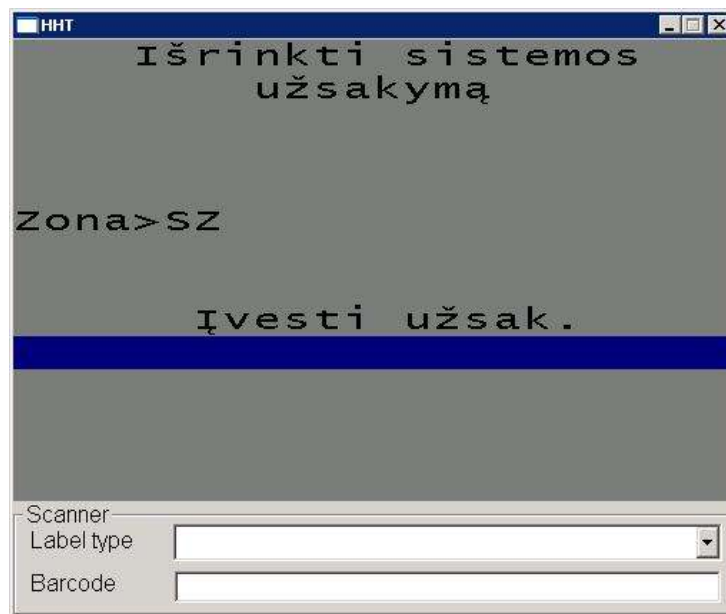
Ijungus RF terminalą atidaromas prisijungimo prie prekių surinkimo sistemos langas:



35 pav. Prisijungimo prie sistemos langas

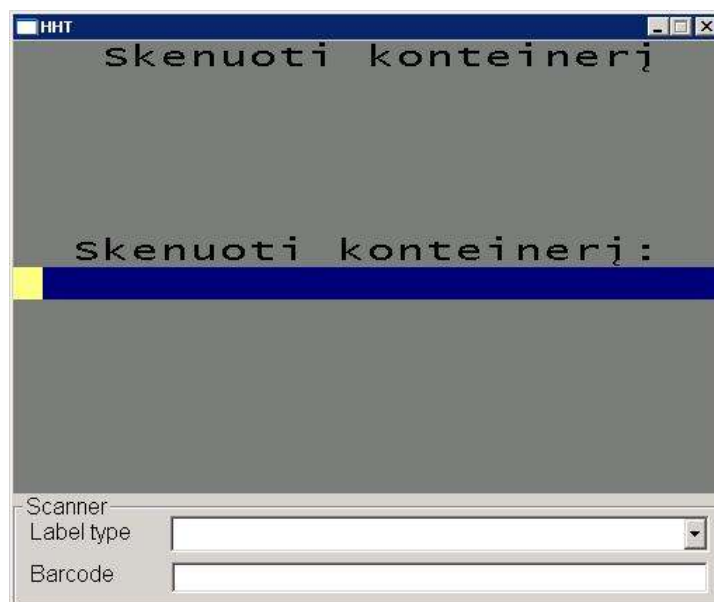
Surinkėjas prisijungimo lange įveda savo vartotojo vardą ir slaptažodį. Neteisingai įvedus duomenis pasirodo klaidos pranešimas.

Prisijungus prie sistemos, įvedamas prekių surinkimo užsakymo numeris:



36 pav. Užsakymo įvedimo langas

Įvedus užsakymo numerį, skenuojamas paletės (konteinerio) brūkšninis kodas. Ant šios paletės bus dedamos surenkamos prekės.

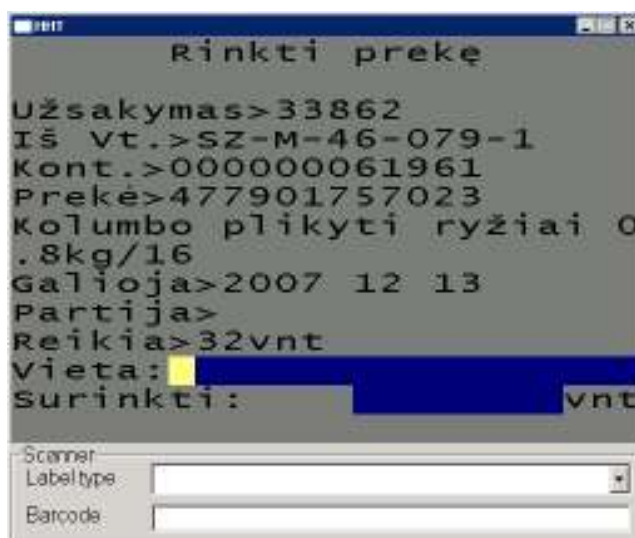


37 pav. Konteinerio skenavimo langas

Nuskenavus surinkimo paletę, atidaromos prekės rinkimo langas, kuriame rodoma ši informacija:

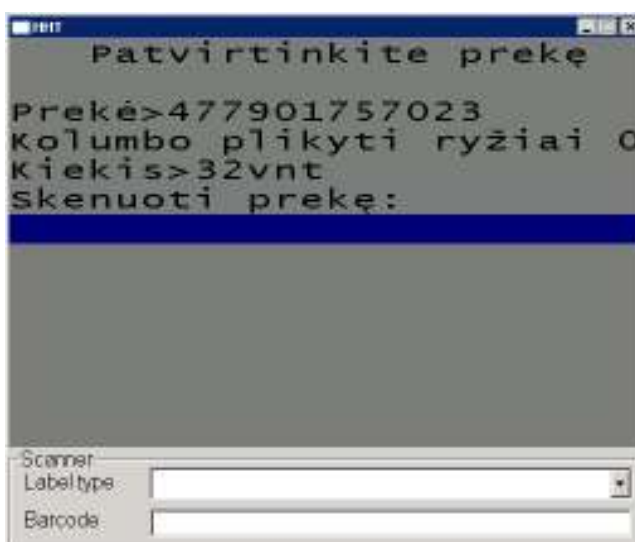
- Vykdomo užsakymo numeris;
- Surinkimui reikalingos prekės buvimo vieta;
- Prekės skaitinis kodas;
- Prekės aprašymas;
- Prekės galiojimo data;
- Užsakytas prekių kiekis.

Lange rodoma vieta turi mažiausią aplankymo sekos numerį.



38 pav. Vietos skenavimo langas

Surinkėjas, nuėjęs į nurodytą vietą, skenuoja jos brūkšninį kodą ir įveda imama prekių kiekį. Po šių veiksmų atidaromas prekės skenavimo langas:



39 pav. Prekės skenavimo langas

Prekių skenavimo lange rodoma reikiamos skenuoti prekės informacija. Nuskenavus prekę, įvestas prekių kiekis atimamas iš sandėlyje esančio kiekio ir pridedamas prie surinktų prekių kiekio.

Jei ne visos užsakytos prekės surinktos, grįžtama į vietos skenavimo langą, kuriame rodoma sekanti pagal apėjimo maršrutą atrinkta vieta. Nuskenavus vietą ir įvedus kiekį, vėl atidaromas prekės skenavimo langas. Tokia veiksmų seka kartojama tol, kol surenkamos visos užsakytos prekės.