

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
INFORMATIKOS FAKULTETAS
PROGRAMŲ INŽINERIJOS KATEDRA

Ričardas Kudukis

**Dietos vektorinio optimizavimo modelio realizavimas
ir tyrimas atsižvelgiant į skonio ir sveikatos kriterijus**

Magistro darbas

Darbo vadovas:

Prof. Habil. Dr. Jonas Mockus

Kaunas, 2011

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
INFORMATIKOS FAKULTETAS
PROGRAMŲ INŽINERIJOS KATEDRA

Ričardas Kudukis

**Dietos vektorinio optimizavimo modelio realizavimas
ir tyrimas atsižvelgiant į skonio ir sveikatos kriterijus**

Magistro darbas

Recenzentas

Doc. Dr. Aleksas Riškus

2010-05

Vadovas:

Prof. Habil. Dr. Jonas Mockus

2011-05

Atliko:

IFM – 9/2 gr. stud.

Ričardas Kudukis

2011-05-27

Kaunas, 2011

Implementation and investigation of the diet vector optimization model with taste and health criteria

Ričardas Kudukis

SUMMARY

In this work well-known diet optimization models are examined and the new one is proposed. The new model differs from others by applying vector, global and heuristic optimization theories together. A new element of this model is analysis of method efficiency to define the best parameters of simulated annealing. The novelty of realization is that diet optimization system consists of two parts: the user interface, as a web site implemented in PHP and diet creator, as an application implemented in Java. The theory of Pareto optimality is used to facilitate the choice of the best diet for an individual consumer.

Santrauka

Šiame darbe išnagrinėti žinomi dietos optimizavimo modeliai ir pasiūlytas naujas. Naujasis modelis nuo esamųjų skiriasi tuo, kad kartu panaudotos vektorinio, globalaus ir euristinio optimizavimo teorijos. Skirtingai nuo žinomų modelių, čia yra ištirta metodo efektyvumo priklausomybė nuo, atkaitinimo modeliavimo algoritmo, laisvųjų parametrų parinkimo ir nustatyti tinkamiausi. Realizacijos atžvilgiu, sukurtosios dietos sudarymo sistemos, naujumas yra tai, kad šią ją sudaro dvi, skirtingomis kalbomis realizuotos, posistemes: vartotojo sąsaja - tai internetinė svetainė realizuota PHP kalba ir dietos sudarymo – taikomoji programa realizuota Java kalba. Siekiant palengvinti vartotojui tinkamiausios dietos pasirinkimą yra panaudota Pareto optimalumo teorija.

TURINYS

1.	IVADAS.....	8
1.1.	Temos aktualumas.....	8
2.	DIETOS OPTIMIZAVIMO MODELIO ANALIZĖ	9
2.1.	Darbo tikslai ir uždaviniai	9
2.2.	Optimalios dietos analizė.....	9
2.2.1.	Optimalios dietos samprata	9
2.2.2.	Klasikinis dietos uždavinys	9
2.2.3.	Dietos uždavinio optimizavimo modelių optimalumo kriterijai	10
2.2.4.	Dietos optimizavimo modelis.....	10
2.3.	Optimizavimo algoritmų analizė	14
2.3.1.	Meta-euristiniai optimizavimo algoritmai.....	14
2.3.2.	Atkaitinimo modeliavimo algoritmas.....	15
2.3.3.	Atkaitinimo modeliavimo algoritmo specializavimas.....	16
2.4.	Pareto optimalumo teorijos panaudojimas	17
3.	DIETOS OPTIMIZAVIMO MODELIO PROJEKTINĖ DALIS	18
3.1.	Bendra sistema.....	18
3.1.1.	Sistemos paskirtis	18
3.1.2.	Sistemos panaudos atvejai	19
3.1.3.	Nefunkciniai reikalavimai	23
3.1.4.	Architektūra.....	24
3.1.5.	Išdėstymo vaizdas.....	25
3.2.	Sistemos testavimas.....	27
3.2.1.	Testavimo prioritetai	27
3.2.2.	Vienetų testavimas	27
3.2.3.	Integracinis testavimas	28

3.2.4.	Priėmimo testavimas	28
3.2.5.	Aukšto lygmens testavimas	28
4.	DIETOS OPTIMIZAVIMO MODELIO KOKYBĖS TYRIMAS.....	29
4.1.	Įvadas.....	29
4.2.	Kokybės analizė.....	29
4.2.1.	Kokybės tyrimo procesas	29
4.2.2.	Kokybės vertinimo kriterijai	29
4.2.3.	Kokybės tyrimo rezultatai	30
4.3.	Iškiliusios problemos	31
4.3.1.	Vidutiniškas sistemos panaudojamumas	31
4.4.	Siūlymai tobulinti programą.....	31
4.4.1.	Sistemos pritaikymas ne tik metrinei matavimo vienetų sistemai	31
4.4.2.	Dietos eigos žymėjimo funkcionalumo įgyvendinimas	31
4.5.	Išvados	31
5.	DIETOS OPTIMIZAVIMO MODELIO EKSPERIMENTINĖ DALIS.....	32
5.1.	Tikslai	32
5.1.1.	Metodo efektyvumo priklausomybės nuo laisvųjų parametrų tyrimas	32
5.1.2.	Sudarytųjų dietų palyginimas ir jų tinkamumo įvertinimas	35
5.2.	Eksperimentinės dalies išvados	38
6.	IŠVADOS.....	39
7.	LITERATŪRA.....	40
8.	TERMINŲ IR SANTRUMPŲ ŽODYNAS	43

LENTELĖS

1 lentelė. Sąsajos tarp optimizavimo problemos ir fizinės sistemos.....	15
2 lentelė. Panaudojimo atvejis „Naujo valgio įkėlimas“	19
3 lentelė. Panaudojimo atvejis „Valgių paieška“	20
4 lentelė. Panaudojimo atvejis „Valgio dietai pasirinkimas“	20
5 lentelė. Panaudojimo atvejis „Vartotojo sveikatos profilių peržiūra“	21
6 lentelė. Panaudojimo atvejis „Naujo sveikatos profilio kūrimas“	21
7 lentelė. Panaudojimo atvejis „Paraiškos, optimaliai dietai sudaryti, pateikimas“	22
8 lentelė. Panaudojimo atvejis „Vartotojo dietos sudarymas“	23
9 lentelė. Kokybės vertinimo kriterijai	29
10 lentelė. Kokybės įvertinimo rezultatai	30
11 lentelė. Sudarytųjų dietų atitikimai sveikatingumo normoms.	35
12 lentelė. Valgių kiekiai sudarytose dietose.....	36

PAVEIKSLAI

1 pav. Atkaitinimo modeliavimo algoritmo pseudo-kodas.....	16
2 pav. Apibendrintas dietos sudarymo principas	18
3 pav. Dietos būsenų diagrama	18
4 pav. Sistemos panaudojimo atvejų diagrama.....	19
5 pav. Skaičiavimų posistemės veiklos diagrama.....	24
6 pav. Išdėstymo vaizdas	25
7 pav. Tikslų funkcijos vidutinių įgaunamų reikšmių žemėlapis 1-oje iteracijoje	33
8 pav. Tikslų funkcijos vidutinių įgaunamų reikšmių žemėlapis 2-oje iteracijoje	34

1. ĮVADAS

Atsižvelgus į svarbią šių laikų problemą – nesubalansuotos mitybos sukeliama žalą sveikatai, yra gilinamasi į automatizuotą dietos sudarymą, panaudojant vektorinio optimizavimo modelį, ir jo pritaikymo galimybes.

Šiame darbe išnagrinėjami žinomi dietos modeliai, ir pasiūlomas naujas, apjungiantis vektorinio, globalaus ir euristinio optimizavimo teorijas. Aptariamas dietos vektorinio optimizavimo modelio realizavimas ir pritaikymas automatizuotos dietos sudarymo sistemoje. Įvykdoma sukurtosios sistemos kokybės analizė bei eksperimentiškai atliekami tyrimai siekiant nustatyti metodo efektyvumo priklausomybę nuo laisvųjų, atkaitinimo modeliavimo algoritmo, parametrų parinkimo, taip pat nustatomas sudarytųjų dietų pritaikomumas vartotojui.

1.1. Temos aktualumas.

Tinkama mityba yra labai svarbi, ji didžiulę profilaktinę reikšmę, siekiant užtikrinti gerą sveikatą ir ilgą gyvenimą. Remiantis tyrimų duomenimis „Lietuvoje kas antra moteris ir kas ketvirtas vyras yra nutukę ar turi antsvorį, o kas ketvirtas gyventojas turi padidėjusį kraujospūdį“ [17]. Šias problemas galima dalinai išspręsti sudarant asmeninę dietą, kurios laikantis, organizmas gauna reikiamas energijos ir maistingųjų medžiagų normas, taip palengvinant tinkamo svorio ir geros sveikatos išlaikymą.

Individualios dietos sudarymui yra reikalingos dietologo konsultacijos, kurios nėra pigios ir užima laiką. Atsižvelgus į tai, galima teigti, kad automatizuotas individualios dietos sudarymas, realizavus dietos optimizavimo modelį, yra aktuali tema.

2. DIETOS OPTIMIZAVIMO MODELIO ANALIZĖ

Šiame skyriuje pateikiama optimalios dietos samprata, išnagrinėjami esami dietos modeliai, pasiūlomas naujas, bei atliekamas optimizavimo algoritmo parinkimas.

2.1. Darbo tikslai ir uždaviniai

Darbo tikslai – tai žmogaus dietos optimizavimo modelio sudarymas, realizavimas ir pritaikomumo tyrimas.

2.2. Optimalios dietos analizė

2.2.1. Optimalios dietos samprata

Optimali dieta – tai maksimaliai optimalumo kriterijus tenkinantis valgių rinkinys tam tikram laikotarpiui. Valgių suvartojimo išdėstymas laikotarpyje - subjektyvus, todėl yra atliekamas paties dietos naudotojo.

2.2.2. Klasikinis dietos uždavinys

Klasikinis dietos uždavinys [9] buvo suformuluotas Jungtinių Amerikos Valstijų ekonomisto, 1982 metų Nobelio premijos laureato, George J. Stigler 1945 metais. Uždavinio formuluotė: „Kiek iš 77 valgių kas dieną turėtų suvalgyti vidutiniškai aktyvus žmogus (ekonomistas), sveriantis 154 svarus taip, kad gaunamų maistingųjų medžiagų kiekiai būtų lygūs arba didesni už rekomenduojamas mitybos normas, pateiktas Nacionalinės Tyrimų Tarybos 1943 metais, dietos kainai esant minimaliai.“[24]. Dietos, kaip tiesinio programavimo uždavinį, 1947 metai identifiko matematikas George Dantzig [9].

2.2.3. Dietos uždavinio optimizavimo modelių optimalumo kriterijai

Dietos uždaviniui spręsti yra sudaryta pakankamai daug optimizavimo modelių [1, 6, 10, 12, 13, 16, 18, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 32, 33, 34].

Juos išnagrinėjus galima teigti, kad dietos optimalumo kriterijai yra trys:

- Sveikatingumo – dietos atitikimas, reikalingiems makro ir mikro maistingųjų medžiagų bei energijos kiekiams, kurį siekiama maksimizuoti.
- Kainos – dietos valgių kaina, kurią siekiama minimizuoti.
- Skonio – dietos atitikimas, vartotojo subjektyviems kriterijams, kurį siekiama maksimizuoti.

Pagal optimalumo kriterijų panaudojimą modeliai yra pasiskirstę į keturias grupes:

- Sveikatingumas [27, 28, 29]
- Sveikatingumas ir kaina [6, 10, 21, 22, 26, 32, 33, 34]
- Sveikatingumas ir skonis [12, 13, 18, 25]
- Sveikatingumas, kaina ir skonis [1, 16, 20]

Remiantis profesionalių dietologų nuomone [3, 11, 14] svarbiausi optimalios dietos kriterijai yra:

- Dietos atitikimas maistingumo reikalavimams t.y. sveikatingumo kriterijus.
- Tinkamumas vartotojo naudojimui t.y. skonio kriterijus.

2.2.4. Dietos optimizavimo modelis.

Igyvendinamame modelyje kainos kriterijaus yra atsisakoma. Šis sprendimas priimtas atsižvelgiant į tai, kad valgių kaina yra nuolat kintantis dydis, skirtingas šalims ar net šalių regionams, bei aktualus ne visiems vartotojams. Pavyzdžiui, vakarų šalyse labiau naudojami sveikatos ir skonio kriterijai, o Kinijoje – sveikatos ir kainos.

Toliau bus nagrinėjamas sudarytasis dietos optimizavimo modelis, kurio optimalumo kriterijai yra sveikatingumas ir skonis – tai daugiakriterinio optimizavimo [5, 7, 8, 20, 23, 31, 30] uždavinys.

Atsižvelgiant į tai, kad žmonės valgius valgo porcijomis, o skonis ir sveikata yra nesulyginami dydžiai, formuluojamos dietos optimizavimo uždavinys yra vektorinis sveikaskaitis.

Tikslo funkcijos skaliarizacijai naudojamas svorių metodas [20, 30, 31],

Maksimizuojama tikslo funkcija:

$$f(x) = (t T(x) - h H(x))$$

h – žalos sveikatai funkcijos, t.y. nukrypimo nuo rekomenduojamų reikšmių, vieneto svoris.

$H(x)$ – žalos funkcija – nukrypimas nuo rekomenduojamų sveikatai reikšmių.

t – skonio funkcijos vieneto svoris.

$T(x)$ – skonio funkcija.

Patogumo dėlei laikoma, kad $h + t = 1$

x – dietą apibūdinantis vektorius, kurio sveikaskaitės komponentės x_i nurodo valgio i kiekį.

Maistingųjų medžiagų kiekiai dietoje apibrėžiami kaip minimali ir leistina paros normos [3, 11, 14], o jų pažeidimo pasekmės yra skirtingos svarbos [2] .

Funkcijos $H(x)$ reikšmė nustatoma naudojant baudos funkciją, kurios dydis priklauso nuo normų pažeidimo svarbos. Tai reiškia, kad: žalos funkcija $H(x)=0$ - jei visos normos yra tenkinamos, $H(x) > 0$ - jei nors vienos maistingosios medžiagos kiekis išeina iš normų ribų, kas yra beveik neišvengiama realioje dietoje.

$$H(x) = \sum_{j=1}^m (U_j(x) + L_j(x))$$

m – maistingųjų medžiagų skaičius dietoje.

$U_j(x)$ – Maistingosios medžiagos, leistinos normos u_j , viršijimo baudos funkcija.

$L_j(x)$ – Maistingosios medžiagos, minimalios normos l_j , nesiekimo baudos funkcija.

$$U_j(x) = 0, \text{ kai } v_j(x) \leq u_j$$

$$U_j(x) = o_j * \left(\frac{v_j(x)}{u_j} - 1 \right), \text{ kai } v_j(x) > u_j$$

$$L_j(x) = 0, \text{ kai } v_j(x) \geq l_j$$

$$L_j(x) = z_j * \left(1 - \frac{v_j(x)}{l_j}\right), \text{ kai } v_j(x) < l_j$$

$$v_j(x) = \sum_{i=1}^n (a_{ij} x_i)$$

$v_j(x)$ – maistingosios medžiagos j kiekis dietoje.

u_j – maistingosios medžiagos leistina norma.

o_j – bauda už dvigubai didesnę, nei leistina maistingosios medžiagos norma, kiekį.

l_j – maistingosios medžiagos minimali norma.

z_j – bauda už dvigubai mažesnę, nei minimali maistingosios medžiagos norma, kiekį.

n – patiekalų skaičius dietoje.

a_{ij} – maistingosios medžiagos kiekis patiekale.

Skonio funkciją sudaro dvi komponentės: patiekalų patikimo vartotojui ir dietos įvairovės pažeidimo.

$$T(x) = P(x) - D(x)$$

$P(x)$ – patiekalų skonio naudingumo funkcija.

$D(x)$ – dietos įvairovės pažeidimo baudos funkcija.

Dietos įvairovės pažeidimo baudos funkcijoje yra laikoma, kad kiekvienas, maksimalų norimą patiekalo kiekį dietoje, viršijęs patiekalo vienetas prideda tam tikrą neigiamą skonį, kurį įvertina vartotojas.

$$D(x) = \sum_{i=1}^n d_i$$

$$d_i = 0, \text{ kai } x_i \leq e_i$$

$$d_i = q_i(x_i - e_i), \text{ kai } x_i > e_i$$

d_i – bauda už patiekalo maksimalaus norimo kiekio viršijimą.

q_i – bauda už patiekalo maksimalaus norimo kiekio viršijimą vienu vienetu.

e_i – maksimalus norimas patiekalo kiekis dietoje.

Sudarytame dietos modelyje laikoma, kad vartotojas jam patinkančius patiekalus įvertina teigiamai, nepatinkančius – neigiamai. Patinkančių patiekalų naudingumas auga tik tol, kol nėra viršijamas to patiekalo maksimalus norimas kiekis dietoje. Nepatinantiems patiekalams naudingumas (neigiamas) skaičiuojamas visada.

$$P(x) = \sum_{i=1}^n p_i$$

$$p_i = y_i x_i, \text{ kai } x_i \leq e_i \text{ arba } y_i < 0$$

p_i – bauda (neigiamas naudingumas) už patiekalo nepatikimą vartotojui (įvertinimas).

y_i – patiekalo naudingumas (patikimas vartotojui).

2.3. Optimizavimo algoritmų analizė

2.3.1. Meta-euristiniai optimizavimo algoritmai

Dietos vektorinio optimizavimo modelio sprendimui renkamais būtent iš meta-euristinių algoritmų todėl kad, šie algoritmai įgalina neužstrigimą lokaliame minimume ir per fiksuotą laiko tarpą randa globaliai optimalų arba artimą optimaliam sprendinį [7, 23, 30, 31].

Įvertinus meta-euristinių algoritmų tyrimo rezultatus [19], kuriame nagrinėjami šie algoritmai: atkaitinimo modeliavimo, tabu paieškos, genetiniai, skruzdėlių (angl. ant) ir iteraciniai lokalios paieškos. Kaip galimi kandidatai dietos sudarymui pasirinkti du algoritmai:

- Atkaitinimo modeliavimo [4, 15, 19, 23] – remiasi fizikiniu atkaitinimo procesu. Kiekvienos iteracijos metu naujas sprendinys parenkamas iš esamojo kaimyninių sprendinių. Jei parinktas sprendinys yra geresnis jis tampa esamuoju, jei blogesnis - esamuoju jis gali tapti pagal tikimybę, kurią apsprendžia einamoji temperatūra. Kuo aukštesnė einamoji temperatūra – tuo didesnė tikimybė blogesniame sprendiniui tapti esamuoju. Temperatūra mažinama kiekvienos iteracijos metu. Laisvai parenkami parametrai: pradinė temperatūra, šalimo greitis.
- Genetiniai algoritmai [7, 19, 23] – remiasi biologiniu evoliucijos procesu. Šio algoritmo vykdymo metu iš pradinės populiacijos, iteraciškai sudaromos vis naujos. Sudarant naują populiaciją, esami sprendiniai reitinguojami, išrenkamas ir į populiaciją įtraukiamas fiksuotas geriausių sprendinių kiekis. Likusi populiacijos dalis užpildoma, geriausius sprendinius pagal tikimybę, mutuojuant arba kryžminant. Laisvai parenkami parametrai: populiacijos dydis, geriausių sprendinių kiekis (elitas) ir mutacijos tikimybė.

Šie algoritmai davė geriausius rezultatus skaičiuojant didesnės apimties uždavinius tiek trumpame veikime, tiek ir ilgajame [19]. Atsižvelgiama tik į didesnės apimties skaičiavimų rezultatus todėl, kad sudarant dietą, patiekalų skaičius yra didelis t.y. apie šimtą.

2.3.2. Atkaitinimo modeliavimo algoritmas.

Dietos uždaviniui buvo pasirinktas atkaitinimo modeliavimo algoritmas [4, 7, 15, 20, 23, 30, 31]. Šis algoritmas pasirinktas todėl, kad jis yra plačiai žinomas ir dažnai naudojamas globalaus optimizavimo metodas [7, 20]. Taip pat atkaitinimo modeliavimo algoritmas, lyginant su genetiniais algoritmais, turi mažesnę kiekį laisvųjų parametrų, kas leidžia juos geriau ištirti ir parinkti tinkamiausius sprendžiamajam uždaviniui [7, 20].

Atkaitinimo modeliavimo metodas buvo pateiktas [7] 1983 metais Scott Kirkpatrick, C. Daniel Gelatt ir Mario P. Vecchi [15] ir nepriklausomai 1985 metais Vlado Černý [4].

Atkaitinimo modeliavimo algoritmas remiasi fizikiniu, metalurgijoje naudojamu procesu – atkaitinimu. Atkaitinimo esmė - tai stabilios (minimalios energijos) būsenos gavimas, įkaitinant lydinį iki labai aukštos temperatūros ir tada lėtai jį vėsinant. Esant aukštoje temperatūroje atomai gali judėti laisvai, o palaipsniui šaldant jie nusistovi minimalios energijos būsenose [7]. Sąsajos tarp optimizavimo problemos ir fizinės sistemos pateikiamos 1 lentelėje.

1 lentelė. Sąsajos tarp optimizavimo problemos ir fizinės sistemos

Optimizavimo problema	Fizinė sistema
Tikslo funkcija	Laisvoji energija
Problemų parametrai	Atomo „koordinatės“
Prastesnio sprendinio priėmimas	Laisvas judėjimas
Rasti gerą (net gi optimalų) sprendinį	Rasti žemos energijos būseną

Bendrinis atkaitinimo modeliavimo algoritmas pseudo-kodu [19] pateikiamas 1 pav.

```
procedūra atkaitinimo modeliavimas
//įvestis:  $s^0$  – pradinis sprendinys; išvestis:  $s^*$  – geriausias rastas sprendinys
 $s \leftarrow s^0$ ;  $s^* \leftarrow s^0$ ;
nustatoma pradinė temperatūra  $t_0$ ;  $t := t_0$ 
kartojame
    apskaičiuojama  $\Delta f = f(s') - f(s)$ , kur  $s' \in N(s)$ ;
    generuojamas tolygiai pasiskirsčiusi atsitiktinį skaičių  $r$  iš intervalo  $[0,1]$ ;
    jei ( $\Delta f < 0$ ) arba ( $r < e^{-\Delta f/t}$ ) tada  $s \leftarrow s'$  //esamasis sprendinys pakeičiamas nauju
    jei  $f(s') < f(s)$  tada  $s^* \leftarrow s$ 
    atnaujinama esamoji temperatūra  $t$ 
iki pasiekiamas pabaigos kriterijus
pabaiga //procedūros pabaiga//
```

1 pav. Atkaitinimo modeliavimo algoritmo pseudo-kodas

$e^{-\Delta f/t}$ – išreiškia, prastesnio sprendinio priėmimo esamuoju, priklausomybę nuo temperatūros.

$N(s)$ – gretimų sprendinių esamajam aibė.

2.3.3. Atkaitinimo modeliavimo algoritmo specializavimas

Esamosios temperatūros (t_k) atnaujinimas yra atliekamas, remiantis rekomendacijomis [7, 30, 31], pagal formulę:

$$t_{k+1} = \alpha t_k, \text{ kur } 0 < \alpha < 1$$

α – šalimo greičio koeficientas, jo parinkimas atliekamas eksperimentiškai. Rekomenduojamas [7, 30, 31] – nuo 0,7 iki 0,99.

Algoritmo pabaigos kriterijus – temperatūros sumažėjimas iki labai mažos reikšmės [31].

$$t_k < 10^{-10}$$

Pradinės temperatūros t_0 parinkimas atliekamas eksperimentiniu būdu.

2.4. Pareto optimalumo teorijos panaudojimas

Atsižvelgiant į tai, kad yra tikėtina jog vartotojas negalės objektyviai įvertinti sveikatingumo ir skonio dietoje svarbos, jam reikia suteikti galimybę rinktis iš kelių Pareto optimalių sprendinių, priklausomai nuo individualių poreikių.

Pareto optimalus sprendinys [5, 7, 8, 20, 23, 30, 31] tai aibė X^* gaunama maksimizuojant vektorinę tikslo funkciją:

$$f(x) = (f_i(x), i = 1, \dots, c)$$

c - tikslų skaičius

$x^* \in X^*$, tada ir tik tada, jei neegzistuoja toks x , kuris tenkintų šias dvi sąlygas:

$$1) f_i(x) \geq f_i(x^*), \text{ visiems } i \in [1, c]$$

$$2) f_j(x) > f_j(x^*), \text{ nors vienam } j \in [1, c]$$

Sudarytojo dietos optimizavimo modelio atžvilgiu:

$$c = 2$$

$$f_1(x) = t T(x),$$

$$f_2(x) = -h H(x),$$

Paprasčiausias būdas, garantuojantis [7, 8, 20] Pareto optimalų sprendinį x^* - tai vektorinio kriterijaus skaliarizacija, naudojant vartotojo nustatomus kriterijų reikšmingumo koeficientus t ir h :

$$x^* = x(t, h) = \arg \max_x (t T(x) - h H(x)), \quad \text{kur } t > 0, h > 0$$

Koeficientai $t + h = 1$ atspindi vartotojo požiūrį į skonį ir sveikatingumą, t.y. nurodo kas jam yra svarbiau.

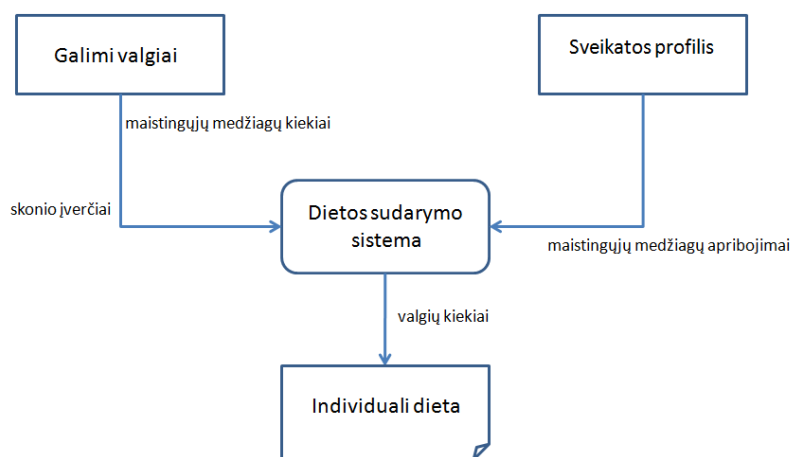
Šiuo būdu, panaudojus Pareto optimalumo teoriją, eliminuojamos visos akivaizdžiai netinkamos dietos, lieka tik tokios už kurias neatsiras geresnių, atsižvelgiant į abu – skonio ir sveikatos kriterijus.

3. DIETOS OPTIMIZAVIMO MODELIO PROJEKtinė DALIS

3.1. Bendra sistema

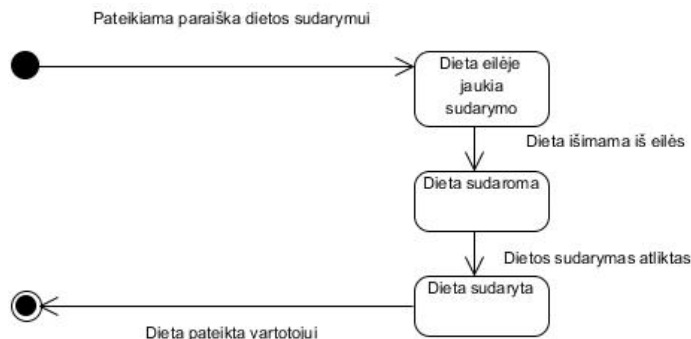
3.1.1. Sistemos paskirtis

Sukurtosios sistemos paskirtis – tai individualios dietos vartotojui sudarymas. Valgius, kurie gali būti dietos sudėtyje, pasirenka ir jų skonį įvertina vartotojas. Sistema dietą sudaro atsižvelgdama į vartotojo maistingųjų medžiagų poreikį ir patiekalų skonio įvertinimus. Apibendrintas dietos sudarymo principas pateikiamas paveikslėlyje 2 pav.



2 pav. Apibendrintas dietos sudarymo principas

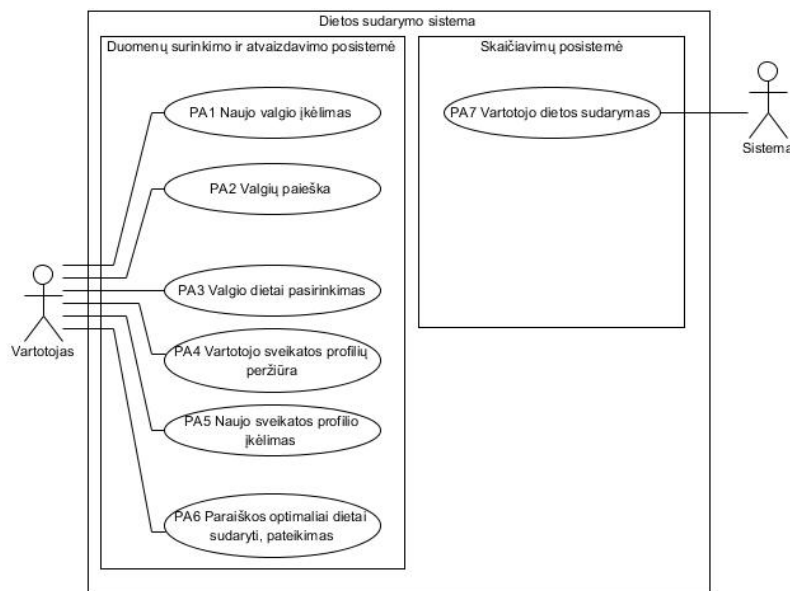
Siekiant išvengti sistemos resursų perkrovimo, dietų sudarymas atliekamas remiantis eilės principu. Tai yra vienu metu sudaromas ribotas dietų kiekis, prioritetą teikiant anksčiausiai sukurtooms. Dietos būsenų diagrama pateikiama paveikslėlyje pav. 3.



3 pav. Dietos būsenų diagrama

3.1.2. Sistemos panaudos atvejai

Projekto metu sukurtos sistemos panaudojimo atvejų diagrama, sudaryta remiantis funkciniais reikalavimais, pateikiama paveikslėlyje 4 pav., o jų detalus aprašymai – nuo 8 iki 10 lentelės.



4 pav. Sistemos panaudojimo atvejų diagrama

2 lentelė. Panaudojimo atvejis „Naujo valgio įkėlimas“

Nr.	PA1
Pavadinimas:	Naujo valgio įkėlimas
Vartotojo pavadinimas:	Vartotojas
Aprašas:	<ul style="list-style-type: none"> Pagrindinis scenarijus: <ol style="list-style-type: none"> Vartotojui parodoma valgio įvedimo forma. Vartotojas užpildo forma valgio duomenimis Vartotojas spaudžia mygtuką „Kurti“. Patikrinamas duomenų teisingumas. Naujas valgis įkeliamas į sistemą. Alternatyvūs scenarijai: <ul style="list-style-type: none"> Vartotojo užpildyti duomenys nėra teisingi.
Prieš sąlyga:	Vartotojas mato pagrindinį meniu.
Sužadinimo sąlyga:	Vartotojas paspaudė meniu punktą „Įkelti savo valgi“.
Po sąlyga:	Į sistemą įkeliamas naujas valgis.

3 lentelė. Panaudojimo atvejis „Valgių paieška“

Nr.	PA2
Pavadinimas:	Valgių paieška
Vartotojo pavadinimas:	Vartotojas
Aprašas:	<ul style="list-style-type: none"> Pagrindinis scenarijus: <ol style="list-style-type: none"> Vartotojui parodoma filtravimo forma (paieškos žodis, galimos kategorijos). Vartotojas pagal poreikį įveda raktinį žodį ir pažymi norimas kategorijas. Vartotojas spaudžia mygtuką „Ieškoti“. Parodomi receptai atitinkantys filtraciją ir prie kiekvieno jų recepto meniu. Alternatyvūs scenarijai: <ul style="list-style-type: none"> Nėra randama, filtravimą atitinkančių, receptų.
Prieš sąlyga:	Vartotojas mato pagrindinį meniu.
Sužadinimo sąlyga:	Vartotojas paspaudė meniu punktą „Valgiai“.
Po sąlyga:	Randami ieškotų receptų sąrašas.

4 lentelė. Panaudojimo atvejis „Valgio dietai pasirinkimas“

Nr.	PA3
Pavadinimas:	Valgio dietai pasirinkimas
Vartotojo pavadinimas:	Vartotojas
Aprašas:	<ul style="list-style-type: none"> Pagrindinis scenarijus: <ol style="list-style-type: none"> Vartotojui parodoma pasirinkimo forma. Vartotojas vertinimo formoje pasirenka norimą balų skaičių. Vartotojas paspaudžia mygtuką „Gerai“. Receptas priskiriamas, kaip galimas dietos valgis. Alternatyvūs scenarijai: <ul style="list-style-type: none"> Vartotojas nutraukė darbą.
Prieš sąlyga:	Vartotojas mato valgių sąrašą.
Sužadinimo sąlyga:	Vartotojas valgių sąrašė paspaudė mygtuką „Pasirinkti valgį“.
Po sąlyga:	Valgis pažymimas kaip galimas vartotojo dietų valgis.

5 lentelė. Panaudojimo atvejis „Vartotojo sveikatos profilių peržiūra“

Nr.	PA4
Pavadinimas:	Vartotojo sveikatos profilių peržiūra
Vartotojo pavadinimas:	Vartotojas
Aprašas:	<ul style="list-style-type: none"> Pagrindinis scenarijus: <ol style="list-style-type: none"> Vartotojui parodomi jo įvesti sveikatos profiliai ir naujo sveikatos profilio kūrimo nuoroda. Alternatyvūs scenarijai: <ul style="list-style-type: none"> Vartotojas nėra įvedęs sveikatos profilių.
Prieš sąlyga:	Vartotojas mato pagrindinį meniu.
Sužadinimo sąlyga:	Vartotojas paspaudė meniu punktą „Mano sveikatos profiliai“.
Po sąlyga:	Parodomi vartotojo įvesti sveikatos profiliai.

6 lentelė. Panaudojimo atvejis „Naujo sveikatos profilio kūrimas“

Nr.	PA5
Pavadinimas:	Naujo sveikatos profilio kūrimas
Vartotojo/aktoriaus pavadinimas:	Prisijungęs vartotojas.
Aprašas:	<ul style="list-style-type: none"> Pagrindinis scenarijus: <ol style="list-style-type: none"> Vartotojui parodoma naujo sveikatos profilio kūrimo forma. Vartotojas užpildo formą norimais duomenimis. Vartotojas spaudžia mygtuką „Kurti“. Patikrinamas duomenų teisingumas. Vartotojui sukuriamas naujas sveikatos profilis. Alternatyvūs scenarijai: <ul style="list-style-type: none"> Vartotojo užpildyti duomenys nėra teisingi.
Prieš sąlyga:	Vartotojas mato pagrindinį meniu.
Sužadinimo sąlyga:	Vartotojas paspaudė meniu punktą „Sukurti naują sveikatos profilį“.
Po sąlyga:	Sukuriamas naujas vartotojo sveikatos profilis.

7 lentelė. Panaudojimo atvejis „Paraiškos, optimaliai dietai sudaryti, pateikimas“

Nr.	PA6
Pavadinimas:	Paraiškos, optimaliai dietai sudaryti, pateikimas
Vartotojo pavadinimas:	Prisijungęs vartotojas.
Aprašas:	<ul style="list-style-type: none"> • Pagrindinis scenarijus: <ol style="list-style-type: none"> 1. Parodomas optimalios dietos kūrimo langas kuriame matomi vartotojo ir sistemoje pagal nutylėjimą esantys sveikatos profiliai. 2. Vartotojas pasirenka norimą sveikatos profilį. 3. Vartotojas spaudžia mygtuką „Pateikti“. 4. Patikrinama ar pasirinktas sveikatos profilis. 5. Pateikiama paraiška sistemai ir, apie poreikį sukurti naują dietą ir ji įdedama į eilę. • Alternatyvūs scenarijai: <ul style="list-style-type: none"> • Vartotojo pasirinktų valgių skaičius nepakankamas. • Vartotojas nutraukia darbą. • Vartotojas neturi savo sveikatos profilių. • Vartotojas nepasirinko sveikatos profilio.
Prieš sąlyga:	Vartotojas turi pasirinkęs norimus valgius ir mato pagrindinį meniu.
Sužadinimo sąlyga:	Vartotojas paspaudė meniu punktą „Sukurti dietą“.
Po sąlyga:	Sistemai nurodoma, kad norima gauti optimalią dietą.

8 lentelė. Panaudojimo atvejis „Vartotojo dietos sudarymas“

Nr.	PA7
Pavadinimas:	Vartotojo optimalios dietos sudarymas
Vartotojo/aktoriaus pavadinimas:	Sistema
Aprašas:	<ul style="list-style-type: none"> Pagrindinis scenarijus: <ol style="list-style-type: none"> Iš dietos sudarymo paraiškų eilės išrenkama seniausia paraiška. Įvertinant vartotojo pasirinktą sveikatos profilį ir dietos valgius sudaroma optimali dieta. Sudaryta dieta įrašoma į duomenų saugyklą.
Prieš sąlyga:	Eilėje yra paraiškų optimaliai dietai sudaryti.
Sužadinimo sąlyga:	Gauta paraiška optimaliai dietai sudaryti, arba baigta sudaryti optimalią dietą.
Po sąlyga:	Paraišką pateikusiam vartotojui sudaroma optimali dieta.

3.1.3. Nefunkciniai reikalavimai

- Lengvas pasiekiamumas – taip siekiama pritraukti didesnę vartotojų skaičių.
- Lengvas sistemos įsisavinimas - kadangi sistema bus prieinama visiems interneto vartotojams. Specialūs apmokymai yra neįmanomi.
- Vartotojų duomenų apsauga – sudarytos dietos ir vartotojų sveikatos profiliai yra galimai konfidenciali informacija.
- Lengvas sistemos horizontalus išplečiamumas – horizontalus išplečiamumas, lyginant su vertikaliu, nėra apribotas ir jo kaštai yra mažesni.
- Optimalus resursų išnaudojimas – dieta turi būti sudaroma per kuo trumpesnę laiką.

3.1.4. Architektūra

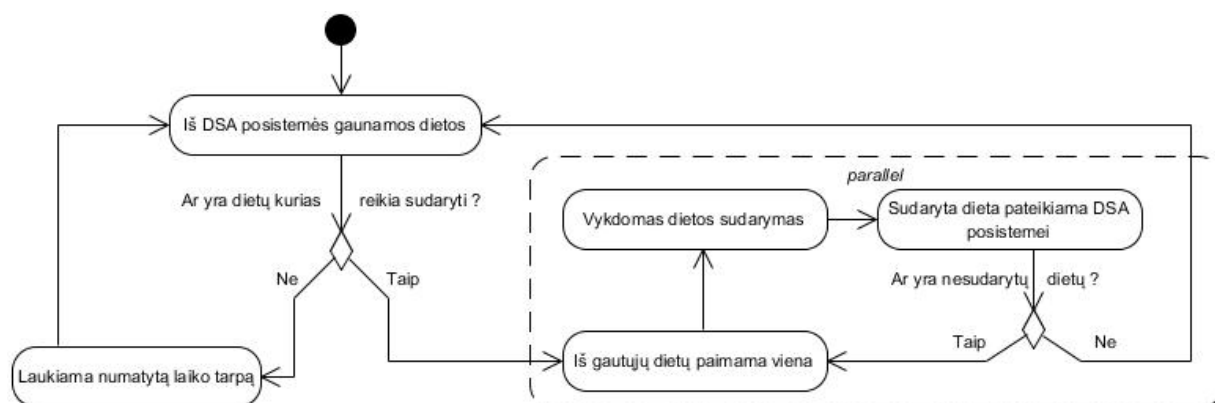
Atsižvelgus į keliamus nefunkcinius reikalavimus sistema buvo įgyvendinta kaip internetinė svetainė – taip sudarant lengvą pasiekiamumą. Siekiant optimaliai išnaudoti resursus, ir užtikrinti lengvą sistemos horizontalų išplečiamumą, sistema yra išskaidyta į dvi posistemes: duomenų surinkimo ir atvaizdavimo bei skaičiavimų.

3.1.4.1. Duomenų surinkimo ir atvaizdavimo posistemė

Duomenų surinkimo ir atvaizdavimo posistemes funkcijos yra duomenų iš vartotojo gavimas, nesudėtingų veiksmų ir skaičiavimų atlikimas, bei rezultatų pateikimas vartotojui. Ši posistemė teikia web servigus, reikalingus skaičiavimų posistemės veikimui. Posistemė realizuota PHP programavimo kalba, panaudojant „Zend Framework“ karkasą.

3.1.4.2. Skaičiavimų posistemė

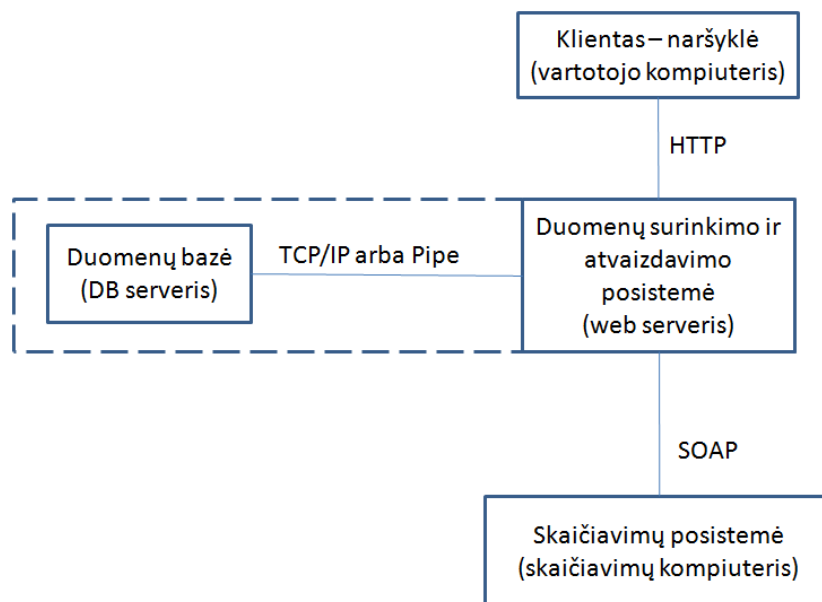
Skaičiavimų posistemės funkcija yra optimalios dietos, pagal skonio ir sveikatos kriterijus, sudarymas vartotojui. Ši posistemė naudoja duomenų surinkimo ir atvaizdavimo posistemės teikiamus web servigus. Skaičiavimų posistemė yra realizuota Java programavimo kalba. Vienu metu, panaudojant gijas, lygiagrečiai gali būti sudarinėjamos kelios dietos. Posistemės veiklos diagrama pateikiama 5 pav.



5 pav. Skaičiavimų posistemės veiklos diagrama

3.1.5. Išdėstymo vaizdas

Sistemos komponentų išdėstymo vaizdas pateikiamas 6 pav.



6 pav. Išdėstymo vaizdas

3.1.5.1. Duomenų surinkimo ir atvaizdavimo posistemė (web serveris)

Duomenų rinkimo ir atvaizdavimo posistemė teikia www paslaugas reikalingas vartotojui, kad jis galėtų naudotis sistema, bei web servisus, reikalingus skaičiavimų posistemės veikimui.

Minimalūs reikalavimai:

- Operacinė sistema: CentOS 5.1
- Palaikomi protokolai: TCP/IP, HTTP, SOAP.
- Apache HTTP Server 2.2
- PHP 5.2
- Procesorius: 2 GHz dviejų branduolių.
- Operatyvinė atmintis: 2 GB.
- Disko vieta: 5 GB
- 10 Mbps spartos interneto ryšys.

3.1.5.2. Skaičiavimų posistemė (skaičiavimų kompiuteris)

Skaičiavimų posistemė su web serveriu komunikuoja web servisų pagalbą, SOAP protokolu. Nustatytais laiko intervalais kreipiamasi į web serverį ir iš jo gaunami duomenys, reikalingi skaičiavimams atlikti. Atlikus skaičiavimus rezultatai pateikiami web serveriui. Skaičiavimų posistemė gali būti diegiama bet kuriame asmeniniame kompiuteryje, kuris atitinka keliamus reikalavimus.

Minimalūs reikalavimai:

- Operacinė sistema: palaikoma Sun Java JRE 6.
- Palaikomi protokolai: SOAP.
- Procesorius: 1.4 GHz dviejų branduolių.
- Operatyvinė atmintis: 1 GB.
- Disko vieta: 5 GB
- 512 Kbps spartos interneto ryšys.

3.1.5.3. Duomenų bazė (DB serveris)

Duomenų bazės valdymo sistema MySQL 5 diegiama atskirame serveryje (DB serveris, komunikuojama TCP/IP) , tačiau esant mažam vartotojų skaičiui, kartu ir mažam sistemos apkrovimui, ją galima diegti duomenų surinkimo ir atvaizdavimo posistemės serveryje (Web serveris, komunikuojama per pipe) .

Minimalūs reikalavimai diegiant atskirame DB serveryje:

- Operacinė sistema: palaikoma MySQL 5.
- Palaikomi protokolai: TCP/IP.
- Procesorius: 1,8 GHz vieno branduolio.
- Operatyvinė atmintis: 1 GB.
- 10 Mbps spartos interneto ryšys.
- Disko vieta: 5 GB

3.1.5.4. Klientas (vartotojo kompiuteris)

Vartotojai sistema naudosis interneto naršyklės pagalba. Vartotojo įrenginys – nebūtinai personalinis kompiuteris, tai gali būti išmanusis telefonas, delninukas ar kt. Svarbus tik atitikimas keliamiems reikalavimams.

Minimalūs reikalavimai:

- Interneto naršyklė, palaikanti Javascript.
- 256 Kbps spartos interneto ryšys.

3.2. Sistemos testavimas

Šiame skyriuje pateikiamos programinės įrangos testavimo metu naudotos strategijos.

3.2.1. Testavimo prioritetai

Testavimo prioritetai mažėjimo tvarka:

- Funkcionalumas – ar programinė įranga atlieka specifikacijoje nurodytas funkcijas.
- Saugumas – ar galimai konfidencialūs vartotojo duomenys nėra prieinami kitiems vartotojams.
- Našumas – ar programinės įrangos našumas atitinka kriterijus numatytus reikalavimuose.
- Panaudojamumas – ar vartotojo sąsaja yra patogi naudojimui ir yra korektiškai atvaizduojama.

3.2.2. Vienetų testavimas

Testuojant programinės įrangos komponentus buvo naudojamas vienetų testavimas. Kadangi programinės įrangos išeities tekstai buvo prieinami, remtasi baltos dėžės (angl. White Box) testavimo principu. Testavimo metu buvo paduodami įėjimų duomenys ir lyginami gauti išeities rezultatai su laukiamaisiais. Testinius atvejus kūrė ir vykdė programuotojas.

3.2.3. Integracinis testavimas

Apjungiant posistemes buvo naudojamas integracinis testavimas iš apačios į viršų. Testuojant posistemę „Duomenų atvaizdavimas ir surinkimas“ pirmiausia buvo testuojamas duomenų, po to biznio logikos ir vėliausiai – kontrolės sluoksniai.

Testuojant posistemę „Skaičiavimai“ pirmiausia buvo testuojami komponentai atsakingi už duomenų apykaitą tarp posistemių, po to - skaičiavimų atlikimą, vėliausiai – kontrolę

3.2.4. Priėmimo testavimas

Šio testavimo metu sukurta programinė įranga buvo pateikta užsakovo įvertinimui. Tikrinta ar programinė įranga atitinka programinės įrangos specifikacijoje keliamus reikalavimus panaudos atvejams.

3.2.5. Aukšto lygmens testavimas

- Regresinis testavimas: atlikus pakeitimus programinėje įrangoje buvo pakartotinai vykdomi seni testai, taip pat sukuriami nauji testai, taip siekiant patikrinti naujų ir anksčiau sukurtų programinės įrangos dalių funkcionavimo teisingumą.
- Stresinis testavimas: naudotas testuojant posistemę „Duomenų surinkimas ir atvaizdavimas“. Buvo imituojamas didelis (>50) vienu metu sistema besinaudojančių vartotojų kiekis ir tikrinami posistemės atsako laikai bei neapdorotų užklausų kiekiai.
- Vartotojo sąsajos testavimas: šis testavimas, posistemei „Duomenų surinkimas ir atvaizdavimas“, buvo atliekamas rankiniu būdu, vykdant testavimo plane nurodytus vartotojo darbo scenarijus.

4. DIETOS OPTIMIZAVIMO MODELIO KOKYBĖS TYRIMAS

4.1. Įvadas

Šiame skyriuje pateikiami projekto kokybės tyrimo rezultatai, jo išvados, bei numatomi patobulinimai.

4.2. Kokybės analizė

4.2.1. Kokybės tyrimo procesas

Projekto eigoje, kas mėnesį, kartu su užsakovu, buvo atliekamos peržiūros. Šių peržiūrų tikslas buvo problemų, klaidų bei defektų, kuriuos reikia šalinti, kuo ankstesnis pastebėjimas. Projekto pabaigoje buvo atlikta generalinė projekto peržiūra, jos metu aptartos projekto kūrimo metu iškilusios problemos ir galimi sistemos patobulinimai.

4.2.2. Kokybės vertinimo kriterijai

Įgyvendintosios programų sistemos kokybė buvo vertinama pagal šiuos, 9 lentelėje pateikiamus, kriterijus.

9 lentelė. Kokybės vertinimo kriterijai

Parametras	Aprašymas
Išplečiamumas	Galimybė esant poreikiui sistemą praplėsti horizontaliai.
Patikimumas	Sistemos nenutrūkstamo veikimo užtikrinimas
Saugumas	Vartotojų duomenų saugumas
Panaudojamumas	Vartotojo sąsajos įsisavinimas, išmokymas dirbti sistema.
Patvarumas	Sistemos tolerantiškumas vartotojo klaidoms.
Vartotojo sąsajos korektiškumas.	Ar gerai atvaizduojamas tinklalapis skirtingose naršyklėse.
Atitikimas funkciniais reikalavimams.	Kaip išpildomi sistemos funkciniai reikalavimai.

4.2.3. Kokybės tyrimo rezultatai

Igyvendintosios programų sistemos kokybės įvertinimo, pagal kriterijus nurodytus 9 lentelėje, rezultatai pateikiami 10 lentelėje.

10 lentelė. Kokybės įvertinimo rezultatai

Parametras	Įvertinimas	Pastabos
Išplečiamumas	Labai gerai	Sistemą galima nesunkiai pralėsti horizontaliai.
Patikimumas	Labai gerai	Sistemos patikimumą galima nesunkiai didinti.
Saugumas	Labai gerai	Vartotojai neturi galimybės peržiūrėti kitų vartotojų prisijungimo duomenų, sveikatos profilių ir valgiaraščių.
Panaudojamumas	Vidutiniškai	Buvo vykdoma vartotojų apklausa. Dauguma vartotojų nurodė, kad duomenų įvedimas yra painus.
Patvarumas	Labai gerai	Klaidos tinkamai apdorojamos, darbas sistema nenutrūksta, išlieka įvesti duomenys.
Vartotojo sąsajos korektiškumas.	Labai gerai	Tinklapis korektiškai atvaizduojamas populiariausiose naršyklėse.
Atitikimas funkciniam reikalavimams.	Labai gerai	Pilnas atitikimas nurodytiems funkciniam reikalavimams.

Kadangi tai internetinė sistema, teikianti vartotojams paslaugas, vieni iš svarbiausių vertinimo kriterijų, yra išplečiamumas bei patikimumas.

Kiekvieną sistemos komponentą galima plėsti vertikalčiai, tačiau, esant poreikiui, sistema yra lengvai išplečiama horizontaliai: duomenų bazė - panaudojant replikavimą, duomenų surinkimo ir atvaizdavimo – pridedant papildomus web serverius ir krūvio skirstytoją, skaičiavimų – įdiegiant skaičiavimų posistemę į papildomus kompiuterius.

Pagal esamą sistemos architektūrą, norint užtikrinti jos veikimo patikimumą, sistemą reikia plėsti horizontaliai. Sistemos krūvio padalinimas, pradėjus neveikti kuriam nors komponentui, natūraliai leidžia sistemai funkcionuoti toliau.

4.3. Iškilusios problemos

4.3.1. Vidutiniškas sistemos panaudojamumas

Atsižvelgus į kokybės tyrimo rezultatų suvestinę, buvo nuspręsta supaprastinti vartotojo duomenų įvedimą. Tam sistema buvo perdaryta, kad jos veikimas būtų panašus į vartotojams jau gerai žinomas sistemas – elektronines parduotuves. Taip pat kai kuriems duomenų įvedimo laukams nurodomi duomenys pagal nutylėjimą, bei pateikiami pasirinkimo sąrašai.

4.4. Siūlymai tobulinti programą

Atsižvelgus į kokybės tyrimo rezultatus, buvo pateikti programos tobulinimo pasiūlymai.

4.4.1. Sistemos pritaikymas ne tik metrinei matavimo vienetų sistemai

Atsižvelgiant į tai, kad ne visose šalyse yra naudojama metrinė matavimo vienetų sistema, reikėtų sistemą pritaikyti ir kitoms labiausiai paplitusioms sistemoms: imperinei ir Jungtinių Valstijų.

4.4.2. Dietos eigos žymėjimo funkcionalumo įgyvendinimas

Siekiant padidinti vartotojų pasitenkinimą programa, reikėtų įgyvendinti funkcionalumą, leidžianti pasirinkti tinkamiausią dietą ir leisti žymėti jos eigą.

4.5. Išvados

Sukurtoji programų sistema, su išlygomis dėl panaudojamumo, atitinka užsibrėžtus kokybės reikalavimus. Taip pat yra numatyti programos tobulinimai ateičiai.

5. DIETOS OPTIMIZAVIMO MODELIO EKSPERIMENTINĖ DALIS

5.1. Tikslai

- Atlikti metodo efektyvumo priklausomybės nuo jo laisvųjų parametrų, pradinės temperatūros ir šalimo greičio, tyrimą. Parinkti geriausius laisvuosius parametrus.
- Palyginti sistemos sudarytas dietas ir įvertinti jų tinkamumą.

5.1.1. Metodo efektyvumo priklausomybės nuo laisvųjų parametrų tyrimas

Metodo efektyvumo priklausomybės, nuo modeliujamo atkaitinimo algoritmo laisvųjų parametrų parinkimo, tyrimas buvo atliekamas iteraciškai. Kiekvienoje iteracijoje laisvieji parametrai, pradinė temperatūra (t_0) ir šalimo greitis (α), buvo apribojami režiais, režiai padalinami į lygias 100 dalių. Tada imant visas skirtingas poras (10 000), 10 kartų buvo atliekamas dietos sudarymas, taip vienoje iteracijoje atliekant viso 100 000 dietos sudarymų.

Pasibaigus iteracijos skaičiavimams, atsižvelgiant į geriausią vidutinę tikslo funkcijos reikšmę, parenkami režiai sekančiai iteracijai. Parenkamieji režiai – kaimyniniai parametrams prie kurių gauta geriausia tikslo funkcijos reikšmė.

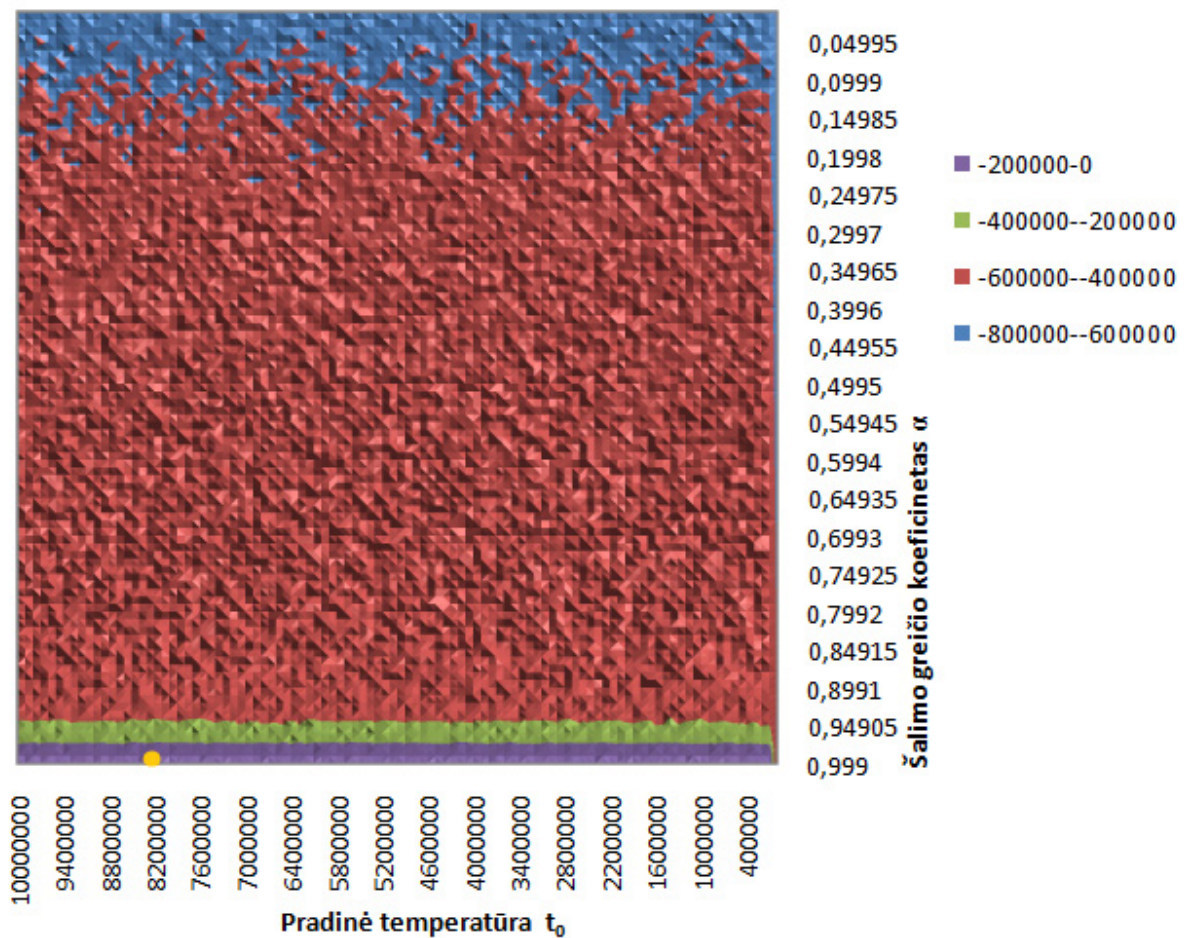
5.1.1.1. Tyrimo eiga

- 1-a iteracija:

Temperatūra t_0 kinta nuo 10 000 000 iki 0.

Šalimo greitis α kinta nuo 0,999 iki 0.

Tikslo funkcijos įgaunamų vidutinių reikšmių žemėlapis pateikiamas 7 pav.



7 pav. Tikslo funkcijos vidutinių įgaunamų reikšmių žemėlapis 1-oje iteracijoje

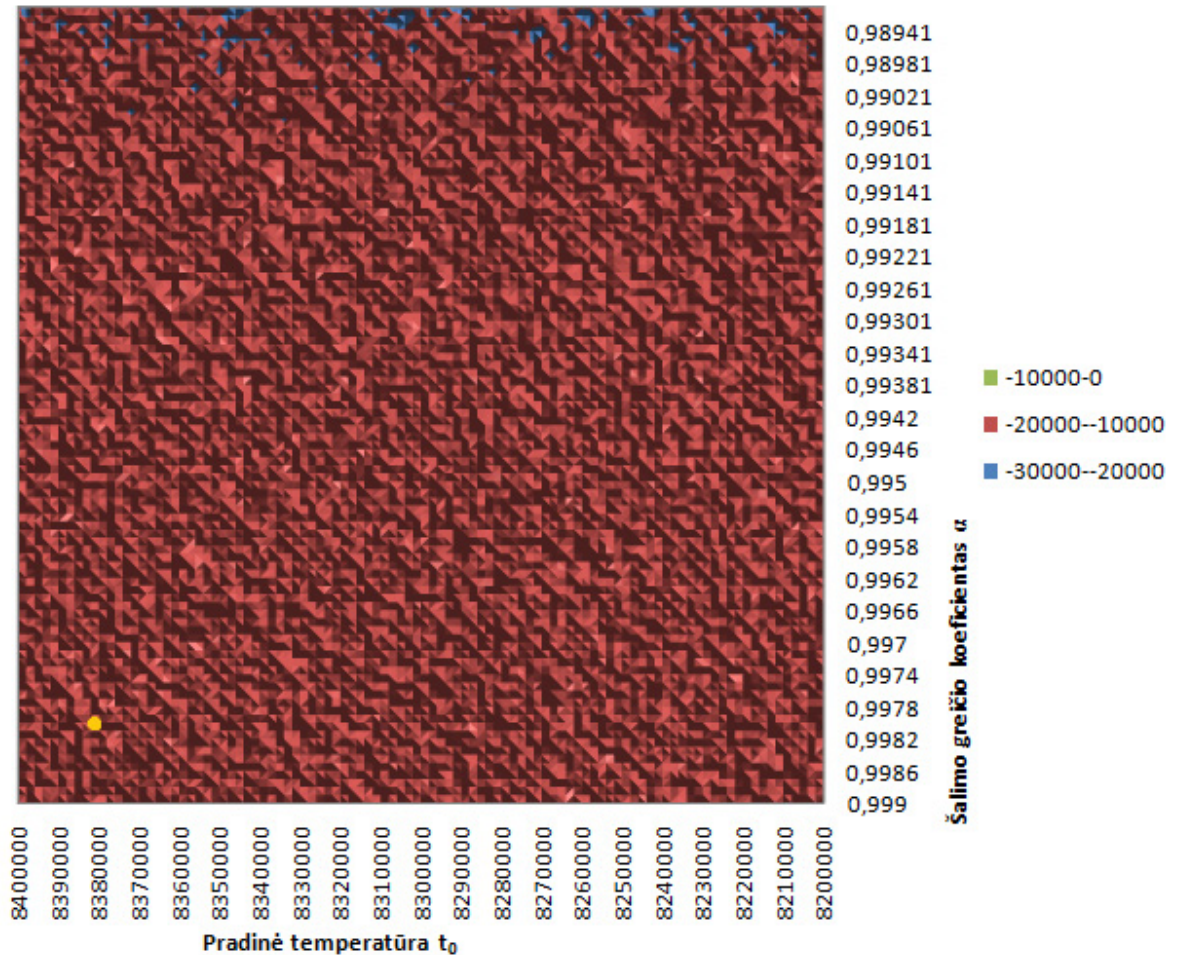
Geriausia vidutinė reikšmė (7 pav. pažymėta geltonu tašku): -13272,68682, kai $t_0=8300000$, o $\alpha=0,999$. Iteracijų skaičius: 38939, maksimalios ir minimalios reikšmės skirtumas: 2522,022.

- 2-a iteracija:

Temperatūra t_0 kinta nuo 8 400 000 iki 8 200 000.

Šalimo greitis α kinta nuo 0,999 iki 0,98901.

Tikslo funkcijos įgaunamų vidutinių reikšmių žemėlapis pateikiamas 8 pav.



8 pav. Tikslo funkcijos vidutinių įgaunamų reikšmių žemėlapis 2-oje iteracijoje

Geriausia vidutinė reikšmė (8 pav. pažymėta geltonu tašku): -13012,4, kai $t_0 = 8386000$, $\alpha = 0,9979$. Iteracijų skaičius: 18547, maksimalios ir minimalios reikšmės skirtumas: 1829,27. Lyginant su 1-ąją iteraciją: tikslo funkcijos reikšmė pagerėjo 2%, o iteracijų skaičius sumažėjo 53%.

5.1.1.2. Tyrimo rezultatai

Geriausia tikslo funkcijos reikšmė -13012,4 gaunama esant tokioms laisvųjų parametru reikšmėms: pradinė temperatūra $t_0 = 83860000$, šalimo greičio koeficientas $\alpha = 0,9979$.

5.1.2. Sudarytųjų dietų palyginimas ir jų tinkamumo įvertinimas

Sudarant palyginimui ir įvertinimui reikalingas Pareto aibės dietas, valgių iš kurių buvo renkama sąrašo ilgis - 105, sveikatos normų kiekis – 29, tiek viršutinės, tiek apatinės normų ribų svarbumai – vienodi.

Lyginant sudarytas dietas galima lengvai pastebėti, kad priklausomai nuo parinktųjų vienetų svorių, sudarant dietą, prioritetai teikiami arba sveikatai, kai didinamas žalos sveikatai funkcijos vieneto svoris, arba skoniu, kai didinamas skonio funkcijos vieneto svoris. Tai patvirtina 11 ir 12 lentelėse pateikiami duomenys. Iš 11 lentelės matoma, kad mažinant žalos sveikatai funkcijos vieneto svorį labiau pažeidžiamos sveikatos normos t.y. sudarytoje dietoje žalos sveikatai funkcijos reikšmė yra didesnė. Ta pati tendencija galioja ir dietos skoniu, pagal 12 lentelėje pateikiamus duomenis, galima pastebėti, kad didinant skonio funkcijos vieneto svorį, į dieta įraukiama daugiau vartotojui patinkančių patiekalų ir mažiau viršijami, maksimaliai suvalgyti norimi, kiekiai t.y. skonio funkcijos reikšmė yra didesnė.

Nei vienoje dietoje sudarytoje dietoje sveikatos normos nėra pilnai tenkinamos, tačiau tas pats galioja ir dietologų sudarytoms klinikinėms dietoms t.y. sudaroma maksimaliai normas tenkinanti dieta ir kartų, siekiant pilnai atitikti normoms, naudojami maisto papildai [14].

Taigi galima teigti, kad lyginamos dietos teoriškai yra vienodai geros, tiesiog kiekvienoje jų prioritetai yra teikiami skirtingiems kriterijams. Tinkamiausios dietos pasirinkimas priklauso tik nuo to kaip vartotojas vertina sveikatos ir skonio svarbą.

11 lentelė. Sudarytųjų dietų atitikimai sveikatingumo normoms.

Dietos pavadinimas				Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4	Dieta 5
Žalos sveikatai funkcijos vieneto svoris				0,9	0,7	0,5	0,3	0,1
Skonio funkcijos vieneto svoris				0,1	0,3	0,5	0,7	0,9
Normos pavadinimas	Matavimo vienetai	Nuo	Iki	Nuokr. (%)	Nuokr. (%)	Nuokr. (%)	Nuokr. (%)	Nuokr. (%)
Energija	kcal	12600	15400	0	0	2,47	5,04	0
Proteinai	g	315	385	59,19	55,13	65,58	96,12	136,34
Riebalai	g	409,5	500,5	11,4	24,43	25,52	16,59	23,01
Angliavandeniai	g	1890	2310	24,23	29,1	43,66	50	51,78
Skaidulos	g	157,5	192,5	0	0,06	0,02	0	4,23
Kalcis	mg	6300	7700	0	0	0,96	2,1	34,39

Geležis	mg	113,4	138,6	0	0,24	0	0	0
Magnis	mg	2520	3080	5,01	14,82	5,92	0,06	2,41
Fosforas	mg	6300	7700	17,78	16,77	19,14	24,64	25,36
Kalis	mg	22050	26950	0	0	0	0	0
Natris	mg	15120	18480	0	0	0	0	0
Cinkas	mg	94,5	115,5	22,75	27,1	22,68	2,01	0
Varis	mg	12,6	15,4	17,38	18,57	1,98	0,87	65,56
Manganas	mg	12,6	15,4	23,44	16,82	6,95	0	3,31
Seleniumas	mcg	441	539	0	0	0,17	0	0
Vitaminas C	mg	378	462	0	0	0	0	0
Vitaminas B1	mg	9,45	11,55	0,42	0	2,22	0	2,86
Vitaminas B2	mg	10,71	13,09	33,15	22,5	1,12	15,41	21,85
Niacinas	mg	126	154	12,63	14,45	9,18	25,45	75,21
Vitaminas B5	mg	63	77	72,89	66,98	68,71	52,49	50,3
Vitaminas B6	mg	12,6	15,4	1,03	1,59	0	26,19	37,54
Folis	mcg	2520	3080	0,09	0	11,64	4,81	7
Vitaminas B12	mcg	37,8	46,2	8,01	2,08	8,72	137,01	74,31
Vitaminas A	IU	31500	38500	1,66	0	0,26	0	0
Vitaminas E	mg	126	154	0,44	0	0	0	6,71
Vitaminas D	IU	2520	3080	9,91	5,48	16,96	0	43,36
Vitaminas K	mcg	504	616	0,88	7,13	34,3	39,11	61,01
Riebiosios rugštys	g	126	154	4,21	3,07	0	0	0
Cholesterolis	mg	1890	2310	46,42	59,62	61,69	32,57	9,76
Nuokrypio nuo normos vidurkis:				12,859	13,308	14,133	18,292	25,39
Žalos sveikatai funkcijos reikšmė:				-26105	-27016	-28690	-37134	-51540

12 lentelė. Valgių kiekiai sudarytose dietose

Dietos pavadinimas				Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4	Dieta 5
Žalos sveikatai funkcijos vieneto svoris				0,9	0,7	0,5	0,3	0,1
Skonio funkcijos vieneto svoris				0,1	0,3	0,5	0,7	0,9
Valgis	Skonis	Maks. Kiekis	Bauda už virš.	Valgio kiekis (vnt.)	Valgio kiekis (vnt.)	Valgio kiekis (vnt.)	Valgio kiekis (vnt.)	Valgio kiekis (vnt.)
V1	10	1	5	34	1	1	1	1
V2	0	5	10	5	14	9	5	2
V3	5	6	1	1	0	2	2	1
V4	-10	2	5	0	0	0	0	0
V5	10	1	1	1	0	1	1	0
V6	10	5	10	0	0	0	3	5
V7	5	2	1	0	0	0	2	1
V8	-5	5	1	0	0	0	0	0

V9	-5	7	10	24	4	1	0	0
V10	5	7	1	11	9	11	10	7
V11	1	6	1	3	4	4	0	1
V12	1	7	1	5	6	2	1	4
V13	1	7	10	5	2	4	6	0
V14	5	6	5	0	0	0	0	4
V15	10	2	10	0	0	0	2	2
V16	5	6	10	1	0	1	0	0
V17	5	1	10	0	0	0	0	0
V18	1	5	5	0	3	3	5	1
V19	1	7	10	5	4	5	4	1
V20	1	2	1	1	3	4	3	6
V21	1	7	1	12	4	2	7	1
V22	5	3	5	46	36	4	3	3
V23	-10	7	10	0	2	4	0	0
V24	10	5	5	0	0	0	0	3
V25	0	4	10	0	0	2	1	0
V26	-10	1	5	2	0	0	0	0
V27	-5	5	5	0	0	0	0	1
V28	-5	3	1	0	0	0	0	1
V29	10	3	5	0	1	0	1	3
V30	10	3	5	0	0	0	0	3
V31	5	6	1	0	0	1	0	0
V32	10	3	1	0	0	0	0	3
V33	10	3	5	0	0	0	3	0
V34	-10	3	1	0	0	0	0	1
V35	5	2	10	0	0	0	0	1
V36	5	6	1	0	0	0	1	0
V37	10	2	1	0	0	0	2	3
V38	5	1	5	0	0	0	0	0
V39	1	7	5	0	0	0	1	0
V40	5	7	1	0	0	0	0	1
V41	10	4	1	0	0	2	4	4
V42	10	1	1	1	0	0	0	0
V43	10	7	1	0	0	0	0	2
V44	5	1	5	0	0	0	1	1
V45	10	7	5	0	0	0	1	6
V46	10	6	10	0	0	0	1	5
V47	-1	6	10	5	6	6	6	6
V48	1	2	1	1	0	0	0	0
V49	5	4	10	0	3	2	0	0
V50	10	4	5	0	0	0	0	0
V51	1	6	5	0	9	6	6	6

V52	1	1	5	0	0	0	0	1
V53	-5	4	10	2	4	3	1	0
V54	5	2	1	2	1	1	3	2
V55	1	6	5	0	1	1	1	1
V56	1	6	10	2	1	0	2	1
V57	5	3	10	3	9	7	3	6
V58	-5	1	5	4	4	3	2	1
V59	10	6	1	0	0	0	0	1
V60	10	7	5	0	3	7	7	7
V61	10	2	1	0	5	4	2	2
V62	-10	7	1	1	1	0	0	0
V63	10	7	10	0	0	0	0	4
V64	5	2	5	5	3	0	3	2
V65	10	1	10	0	0	0	0	1
V66	5	1	1	0	0	0	0	1
V67	-5	3	1	1	0	0	0	0
V68	5	7	10	1	3	0	1	0
V69	1	2	1	0	0	0	2	1
V70	1	6	5	0	0	0	3	0
V71	-5	1	5	0	0	0	0	1
Skonio funkcijos reikšmė				-6250	-2390	750	4040	6240

5.2. Eksperimentinės dalies išvados

- Atliktas metodo efektyvumo priklausomybės nuo jo laisvųjų parametų, pradinės temperatūros ir šalimo greičio, tyrimas rodo, kad:
 - Parenkant atsitiktinius laisvuosius parametrus, šiame modelyje, atkaitinimo modeliavimo algoritmas efektyvumu mažai skiriasi nuo paprasčiausio Monte Carlo metodo.
 - Atkaitinimo modeliavimo algoritmo efektyvumui padidinti reikia optimizuoti jo laisvuosius parametrus – pradinę temperatūrą ir šalimo (atkaitinimo) greitį.
- Sudarytųjų dietų tyrimas parodė, kad:
 - Siūlomas dietos modelis gali būti naudojamas sudarant realias, individualiai pritaikytas, dietas.
 - Pareto optimalumo teorijos panaudojimas palengvina individualų, tinkamiausios dietos, pasirinkimą.

6. IŠVADOS

1. Siūlomas dietos optimizavimo modelis nuo esamųjų skiriasi tuo, kad vektorinio, globalaus ir euristinio optimizavimo teorijos panaudotos kartu.
2. Optimizavimo metodo efektyvumas priklauso nuo jo parametrų: pradinės temperatūros ir šalimo greičio:
 - a. Parenkant atsitiktinius laisvuosius parametrus, šiame modelyje, atkaitinimo modeliavimo algoritmas efektyvumas mažai skiriasi nuo paprasčiausio Monte Carlo metodo.
 - b. Atkaitinimo modeliavimo algoritmo efektyvumui padidinti, reikia optimizuoti jo laisvuosius parametrus.
3. Sudarytųjų dietų tyrimas rodo, kad:
 - a. Siūlomas dietos modelis gali būti naudojamas sudarant realias, individualiai pritaikytas, dietas.
 - b. Pareto optimalumo teorijos panaudojimas palengvina individualų, tinkamiausios dietos, pasirinkimą.
4. Siūlomos dietos optimizavimo sistemos, veikiančios interneto aplinkoje, naujumo elementas – tai dviejų posistemų realizacija, siekiant palengvinti praktinį panaudojimą:
 - a. Vartotojo sąsajos – tai internetinė svetainė, realizuota PHP programavimo kalba.
 - b. Dietos sudarymo – tai taikomoji programa, realizuota Java programavimo kalba.

7. LITERATŪRA

- [1] BALINTFY, J. L. Mathematical Modeling and Human Nutrition. *Science*, 1945, Nr. 10, p. 581-582.
- [2] BALL, G. F. M. *Vitamins Their Role in the Human Body*. Oxford, 2004.
- [3] BENDICH, A. *Nutrition and Health*. New York, 2010.
- [4] ČERNÝ, V. Thermodynamical Approach to the Traveling Salesman Problem: An Efficient Simulation Algorithm. *Journal of Optimization Theory and Applications*. 1985, Nr. 1, p. 41-51.
- [5] CHINCHULUUN, A.; PARDALOS, P. M.; MIGDALAS, A.; PITSOULIS, L. *Pareto Optimality, Game Theory and Equilibria*. New York, 2008.
- [6] CZYZYK, J.; WISNIEWSKI T. J. *The Diet Problem: a WWW-based Interactive Case Study in Linear Programming*. Argonne, 1996.
- [7] DRÉO, J.; PÉTROWSKI, A.; SIARRY, P.; TAILLARD E. *Metaheuristics for Hard Optimization*. Heidelberg, 2006.
- [8] EHRGOTT, M. *Multicriteria Optimization Second Edition*. Heidelberg, 2005.
- [9] GASS, S. I.; Assad, A. A. *An Annotated Timeline of Operations Research: An Informal History*. Boston, 2005.
- [10] HAMILTON, D. Decomposition and Diet Problems. *Daktaro disertacija*. University of Edinburgh, 2009.
- [11] JACQUELINE, C. M. *Dietitian's Guide to Assessment and Documentation*. Sudbury, 2011.
- [12] KAHRAMAN, A.; SEVEN H. A. Healthy Daily Meal Planner. *GECCO '05 Genetic and Evolutionary Computation Conference: tarptautinės konferencijos pranešimo medžiaga*. Washington, p. 390-393.
- [13] KASHIMA, T.; MATSUMOTO, S.; ISHII, H. Evaluation of Menu Planning Capability Based on Multi-dimensional 0/1 Knapsack Problem of Nutritional Management System. *IAENG International Journal of Applied Mathematics*, 2009, Nr. 3, p. 163-170.
- [14] KATZ, D. L. *Nutrition in Clinical Practice: A Comprehensive, Evidence-Based Manual for the Practitioner, 2nd Edition*. Baltimore, 2008.
- [15] KIRKPATRICK, S.; GELATT, Jr., C. D.; VECCHI, M. P. Optimization by Simulated Annealing. *Science*. 1983, Nr. 4598, p. 671-680.
- [16] KOROUŠIĆ, SELJAK, B. Dietary Menu Planning Using an Evolutionary Method. *Electrotehniški vestnik*, 2008, Nr. 5, p. 285-290.

- [17] Lietuvos gyventojų sveikatos tyrimo rezultatai [žiūrėta 2011-04-07]. Prieiga per internetą: <<http://www.stat.gov.lt/lt/news/view/?id=1521>>
- [18] MINO, Y.; KOBAYASHI, I. Recipe Recommendation for a Diet Considering a User's Schedule and Balance of Nourishment. *ICIS 2009. IEEE International Conference: tarptautinės konferencijos pranešimo medžiaga*. Shanghai, 2009, p. 383-387.
- [19] MISEVIČIUS, A.; BLAŽAUSKAS, T.; BLONSKIS, J.; SMOLINSKAS, J. An Overview of Some Heuristic Algorithms for Combinatorial Optimization Problems. *Informacinės technologijos ir valdymas*. 2004, Nr. 1, p. 21-31.
- [20] MOCKUS, J. *A small tour of optimization models* [žiūrėta 2010-11-07]. Prieiga per internetą: <<http://pilis.if.ktu.lt/~jmockus/docj/sliden.pdf>>
- [21] MOE, S. H.; TIN, T. T.; PYKE, T. Linear Programming Approach to Diet Problem for Black Tiger Shrimp in Shrimp Aquaculture. *APSITT 2005 Proceedings. 6th Asia-Pacific Symposium: simpoziumo pranešimo medžiaga*. Yangon, 2005, p. 165-170.
- [22] PINGSUN, L.; KULAVIT, W.; LYNNE, A. Q. A recipe-based, diet-planning modelling system. *British Journal of Nutrition*, 1995, Nr. 74, p. 151-162.
- [23] RAO, S. S. *Engineering Optimization Theory and Practice Fourth Edition*. New Jersey, 2009.
- [24] STIGLER, G. J. The Cost of Subsistence. *Journal of Farm Economics*, 1945, Nr. 2, p. 303-314.
- [25] SUN, Y.; WANG G. Applications of MOGA in Nutritional Diet for Diabetic Patients. *ITIME '09. IEEE International Symposium: tarptautinio simpoziumo pranešimo medžiaga*. Jinan, 2009, p. 250-253.
- [26] WANG, G.; SUN, Y. An Improved Multi-objective Evolutionary Algorithms for Hypertension Nutritional Diet Problems. *ITIME '09. IEEE International Symposium: tarptautinio simpoziumo pranešimo medžiaga*. Jinan, 2009, p. 312-315.
- [27] WANG, G.; SUN, Y.; CHEN, Y. Constrained Multi-objective Evolutionary Algorithm for Application Decision-making in Nutrition. *2010 International Conference on Computer and Communication Technologies in Agriculture Engineering: tarptautinės konferencijos pranešimo medžiaga*. Chengdu, 2010, p. 173-176.
- [28] WANG, G.; WANG, Y. A Game Model Based Co-evolutionary Algorithms for Multiobjective Optimization. *ICICIC '06. First International Conference: tarptautinės konferencijos pranešimo medžiaga*. Beijing, 2006, p. 312-315.

- [29] WANG, G.; WANG, Y. Game Model Based Co-evolutionary Algorithm and its Application for Multiobjective Optimization Problems. *Computational Intelligence and Security, 2006 International Conference: tarptautinės konferencijos pranešimo medžiaga*. Guangzhou, 2006, p. 274-277.
- [30] YANG, X. *Engineering Optimization An Introduction with Metaheuristic Applications*. New Jersey, 2010.
- [31] YANG, X. *Introduction to Mathematical Optimization – From Linear Programming to Metaheuristics*. Cambridge, 2008.
- [32] YOUBO, L. Combined Quantum Particle Swarm Optimization for Multi-objective Nutritional Diet Decision Making. *ICCSIT 2009. 2nd IEEE International Conference: tarptautinės konferencijos pranešimo medžiaga*. Beijing, 2008, p. 279-282.
- [33] YOUBO, L. Multi-Objective Nutritional Diet Optimization Based on Quantum Genetic Algorithm. *2009 Fifth International Conference on Natural Computation: tarptautinės konferencijos pranešimo medžiaga*. Tianjian, 2009, p. 336-340.
- [34] ZHANG, Q.; WANG, G. Optimization of Nutrition Prescription for Meals Based on Multi-objective GA. *ITIME '09. IEEE International Symposium: tarptautinio simpoziumo pranešimo medžiaga*. Jinan, 2008, p. 308-311.

8. TERMINŲ IR SANTRUMPŲ ŽODYNAS

- Apache HTTP Server - labiausiai paplitęs nemokamas HTTP serveris internete;
- CentOS (angl. "Community Enterprise Operating System") - laisvai platinama operacinė sistema;
- DB – duomenų bazė;
- DSA – duomenų surinkimo ir atvaizdavimo posistemė;
- GB -gigabaitas;
- GHz - gigahercas;
- HTTP - (angl. Hypertext Transfer Protocol) - hiperteksto perdavimo protokolas;
- Java – objektinė programavimo kalba;
- Javascript – prototipais paremta, objektiškai orientuota, programavimo kalba, dažniausiai naudojama siekiant suteikti interaktyvumo tinklalapiams;
- JRE– (angl. Java Runtime Enviroment) – Java veikimo aplinka;
- Kbps -kilobitai per sekundę;
- Mbps - megabitai per sekundę;
- MySQL - nemokama duomenų bazių valdymo sistema;
- Nuokr. – nuokrypis;
- PA – panaudos atvejis;
- Pav. – paveikslėlis;
- PHP - (angl. Hypertext Preprocessor) – dinaminė, interpretuojama programavimo kalba, specialiai pritaikyta interneto svetainių kūrimui;
- Pipe- unix paremtų sistemų, komunikavimo tarp procesų, tipas.
- Skaliarizacija – suvedimas į skaliarinį kriterijų
- SOAP - (angl. Simple Object Access Protocol) – paprastas objektų pasiekimo protokolas;
- TCP/IP – duomenų perdavimo tinklu protokolas;
- Web servisas - tai protokolų ir standartų rinkinys, naudojamas duomenų apsikeitimui tarp programų ir sistemų;
- Web serveris – žiniatinklio serveris;
- WWW (angl. World Wide Web) - žiniatinklis.

- Vnt. – vienetas.
- Zend Framework – atviro kodo, objektiškai orientuotas karkasas įgyvendintas PHP 5 programavimo kalba;