

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
INFORMATIKOS FAKULTETAS
MULTIMEDIJOS INŽINERIJOS KATEDRA

Vaida Petreikienė

Vaizdų autentiškumo kontrolė

Magistro darbas

Darbo vadovas

doc. dr. A. Ostreika

Kaunas, 2006

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
INFORMATIKOS FAKULTETAS
PRAKTINĖS INFORMATIKOS KATEDRA

Vaida Petreikienė

Vaizdų autentiškumo kontrolė

Magistro darbas

Kalbos konsultantas

Lietuvių k. katedros lekt.

J. Jonušas

2006-05-25

Vadovas

doc. dr. A. Ostreika

2006-05-29

Recenzentas

doc. dr. K. Motiejūnas

2006-05-29

Atliko

IFM – 0/3 gr. stud.

Vaida Petreikienė

2006-05-29

Kaunas, 2006

TURINYS

1.	ĮVADAS.....	5
2.	ANALITINĖ DALIS	6
2.1.	Probleminės srities aptarimas.....	6
2.2.	Vandens ženklo sąvoka, samprata, turinys	7
2.3.	Reikalavimai vandens ženklams.....	12
2.3.1.	Saugumas ir raktai	12
2.3.2.	Patvarumas.....	13
2.3.3.	Nematomumas	14
2.3.4.	Vaizdo adekvatumo išlaikymas.....	14
2.3.5.	Vandens ženklo atkūrimas.....	15
2.4.	Skaitmeninių vandens ženklų tipai.....	15
2.4.1.	Matomi vandens ženklai.....	16
2.4.2.	Nematomi patvarūs vandens ženklai.....	17
2.4.3.	Nematomi nepatvarūs vandens ženklai.....	18
2.5.	Galimi vandens ženklų pažeidimai.....	18
2.6.	Skaitmeninio žymėjimo vandens ženklais metodai	20
2.6.1.	Mažiausiai reikšmingų bitų modifikavimo metodas.....	20
2.6.2.	Informacijos pritvirtinimo metodas.....	21
2.6.3.	Kvantavimo triukšmo įterpimo metodas.....	21
2.6.4.	Statistiniai metodai	22
2.6.5.	Amplitudės moduliavimo metodas	22
2.7.	Realizuoti pasirinktų algoritmų analizė.....	23
2.7.1.	Cox algoritmas.....	23
2.7.2.	Kim algoritmas	25
2.7.3.	Wang algoritmas.....	27
2.7.4.	Xia algoritmas.....	28
2.7.5.	Dugad algoritmas.....	30
2.7.6.	Zhu algoritmas.....	31
2.8.	Panašios programinės įrangos analizė.....	31
3.	PROJEKTINĖ DALIS	35
3.1.	Reikalavimų projektuojamai sistemai specifikacija (Volere šablonas).....	35
3.1.1.	Projekto varovai.....	35
3.1.2.	Projekto apribojimai	37
3.1.3.	Funkciniai reikalavimai	39
3.1.4.	Nefunkciniai reikalavimai	47
3.1.5.	Projekto išeiga	52
3.2.	Projektuojamos sistemos architektūra	55
3.2.1.	Architektūros pateikimas.....	55
3.2.2.	Architektūros tikslai ir apribojimai	56

3.2.3. Panaudojimo atvejų vaizdas	57
3.2.4. Sistemos statinis vaizdas (klasių diagramos).....	57
3.2.5. Sistemos dinaminis vaizdas.....	77
3.2.6. Išdėstymo vaizdas.....	83
3.2.7. Duomenų vaizdas	84
3.3. Testavimas.....	84
3.3.1. Testavimo medžiaga.....	84
3.3.2. Testavimo išvados	85
4. VARTOTOJO DOKUMENTACIJA.....	86
4.1. Sistemos funkcinis aprašymas	86
4.2. Sistemos vadovas	86
4.3. Sistemos instaliavimo dokumentas.....	94
4.3.1. Instaliavimo instrukcija	94
4.3.2. Reikalavimai techninei ir programinei įrangai	95
5. PRODUKTO KOKYBĖS ĮVERTINIMAS IR EKSPERIMENTINIS TYRIMAS	96
5.1. Produkto kokybės įvertinimas	96
5.1. Eksperimentinis tyrimas	96
6. IŠVADOS.....	101
7. LITERATŪRA.....	102
8. Image Authentication Control	105
9. TERMINŲ IR SANTRUMPŲ ŽODYNAS	106
10. PRIEDAI	107
1 priedas. Ženklinių vaizdų pavyzdžiai.....	107
2 priedas. Vaizdų autentiškumo kontrolės sistemos diegimo aktas.....	109
3 priedas. Instaliacinis kompaktinis diskas.	110

1. ĮVADAS

Vienas svarbiausių pastarųjų dviejų dešimtmečių technologinių įvykių – skaitmeninių terpių (*media*) išpopuliarėjimas kasdieniniame gyvenime. Internetas įgalina platinti skaitmeninius vaizdus didžiuliam žmonių skaičiui, neįdedant į šį procesą daug laiko ar pastangų. Be to, skaitmeninės priemonės leidžia paprastai ir greitai sukurti didžiulį kiekį tobulų skaitmeninio vaizdo kopijų. Toks platinimo internetu paprastumas bei galimybė kurti neribotą kiekį kopijų kelia didesnę nei bet kada grėsmę autorių teisių apsaugai. Taigi, skaitmeninių vaizdų kūrejams būtina technologija, kuri padėtų užtikrinti jų teises.

Vienas šios problemos sprendimo būdų – skaitmeninio vaizdo žymėjimas vandens ženklais. Pats žymėjimas vandens ženklais yra gana neseniai atsiradusi tyrinėjimų sritis. Ir nors tyrimai šioje srityje vyksta gana intensyviai ir poreikis tokio pobūdžio produktams yra tikrai didelis, vis dėlto iki šiol nėra sukurta visiškai efektyvių realių taikomųjų programų. Šiuo metu egzistuojantys programinės įrangos produktai neužtikrina atsparaus vandens ženklo sukūrimo.

Pagrindinis vandens ženklo uždavinys – įrodyti, kad vaizdas tikrai priklauso tam tikram asmeniui. Čia esminiai reikalavimai vandens ženklui yra tokie: nematomumas, atsparumas modifikavimui; taip pat akcentuojamas pusiau keičiamo, aklo ir privataus žymėjimo vandens ženklais schemas reikalingumas.

Šiame darbe bus koncentruojamasi ties žymėjimu nematomais vandens ženklais, kadangi žymėjimo matomais vandens ženklais metodai labai skiriasi nuo žymėjimo nematomais vandens ženklais metodų. Darbe pasirinkti, realizuoti bei aptarti šeši žymėjimo vandens ženklais algoritmai.

Pagrindiniai šio darbo tikslai:

- aptarti probleminę sritį,
- parodyti žymėjimo vandens ženklais principus ir teorinius pagrindus,
- išsiaiškinti ir realizuoti eilę skirtingų algoritmų,
- suprojektuoti ir realizuoti žymėjimo vandens ženklais sistemą,
- parengti reikalingą vartotojo dokumentaciją,
- testuoti sistemą, atlikti reikiamus eksperimentus bei aptarti rezultatus.

2. ANALITINĖ DALIS

2.1. Probleminės srities aptarimas

Skaitmeniniai garso bei vaizdo produktai, skaitmeniniai vaizdai ir multimedijos dokumentai šiuo metu tampa vis labiau paklausesni, tad jų dominavimas mene, švietime, pramogų pasaulyje ir kitose panašiose srityse yra tik laiko klausimas. Skaitmeninių duomenų saugojimas yra patogus, efektyvus ir kokybiškas, skaitmeninių duomenų manipuliavimas naudojantis kompiuteriais yra gana paprastas dalykas. Be to, naudojantis komunikaciniais tinklais, skaitmeninių duomenų perdavimas tampa greitas ir nebrangus.

Tačiau toks paprastas ir lengvas skaitmeninių duomenų perdavimas bei manipuliavimas jais sukelia rimtą grėsmę informacijos kūrėjams ir platintojams, pvz., naujienų agentūroms, muziejams, bibliotekoms, menininkams, mokslininkams, multimedijos dokumentų autoriams ir t.t. Taigi, vis labiau išskyla skaitmeninių duomenų autorinių teisių apsaugos problema. Autorinių teisių apsauga apima autorystės patvirtinimą bei (galimai suklastotų) vaizdų nelegalių kopijų identifikavimą. Tai, kad skaitmeninėmis priemonėmis galima sukurti neribotą skaičių tobulų kopijų, išskyla kaip tikra grėsmė autorinėms teisėms.

Vienas šios problemos sprendimo būdų – apriboti prieigą prie duomenų, naudojant koki nors kodavimo būdą. Tačiau toks metodas nesuteikia visasapusiškos apsaugos – iššifravus duomenis, juos galima laisvai platinti ar jais manipuluoti. Taigi, buvo ieškoma įvairių būdų, kaip būtų galima išspręsti skaitmeninės technologijos iškeltas problemas. Galima pasinaudoti technika, kurios ištakos glūdi senajame Egipte ir Graikijoje: duomenų slėpimas arba steganografija. Steganografija aptaria metodus, kaip įterpti duomenis į laikmeną nepastebimai. Visas skaitmeninių duomenų formas (vaizdus, garso, video, tekstinius dokumentus, multimedijos dokumentus) galima naudoti informacijos slėpimui.

Taigi, vaizdą galima pažymėti tam tikra matoma ar nematoma struktūra. Tokios struktūros yra vadinamos skaitmeniniais vandens ženklais (*digital watermark*). Vandens ženklas gali savyje turėti tokią informaciją kaip autentiškumo kodas ar „legendą“, svarbią vaizdo interpretavimui. Toks ženklas nepakeičia vaizdo kokybės; jo dažniausiai neįmanoma aptikti vizualiai. Ženkilai turi atitikti tam tikrus reikalavimus: nedingtį archyvuojant failą, keičiant failo formatą arba po daugkartinių vertimų iš analogo į kodą ir atvirkščiai. Be to, vandens ženklų signalas turi būti suderintas su pačiu vaizdo signalu, nes kitaip jis išnyks vaizdą apdorojant. Vandens ženklą gali sudaryti įvairios rūšies informacija: tekstas,

dvejetainis kodas, televizijos programos, užsakovo ar gamintojo firminis ar kitas tapatybę rodantis ženklas. Jį kuriant reikalingas gan sudėtingas matematinis aparatas.

Be to, galima pakalbėti ne tik apie autorystės teisių apsaugą, bet ir apie komerciją. Žymėjimo vandens ženklaish technologija naudojama palengvinti tiek tradicinę, tiek elektroninę komerciją. Abiejuose komercijos tipuose labai plačiai naudojami nejudantys vaizdai. Patarlė „vaizdas vertas tūkstančio žodžių“ – tai pagrindinė varomoji šio naudojimo jėga. Paprastai tariant, vaizdas natūraliai perduoda daug daugiau informacijos, nei vien tik tekstas ar garsas. Atsiradus žymėjimo skaitmeniniais vandens ženklaish technologijai, vaizdas savyje gali turėti įterptą vandens ženklą, nematomą vartotojui bei slepiantį papildomą informaciją, kuri tarsi miega tol, kol tam tikra programinė ar techninė įranga jį aptinka. Ši informacija gali būti savarankiška arba gali turėti savyje nuorodas į pilną duomenų struktūrą vietinėje duomenų bazėje arba Internete. Šioje duomenų struktūroje gali būti informacija apie nuosavybės teises, vaizdo sukūrimą, vaizdo turinį, ir pan.

Apibendrinant galima teigti, kad apsisaugojimui nuo nelegalaus kopijavimo skiriamos tokios technologijos:

- Šifravimo (*encryption*) metodai – viešų ir privačių raktų naudojimas duomenims užkoduoti taip, kad vaizdą būtų galima iškoduoti tik su reikiamu raktu; tačiau toks apsaugos būdas nesuteikia visapusės apsaugos, kadangi vieną kartą iššifravus duomenis, juos galima laisvai platinti ar manipuliuoti jais;
- Įvairios tinklalapių apsaugos priemonės – slaptažodžiai, apsaugos sienos (*firewalls*);
- Pasirinkimas viešai naudoti tik žemos kokybės vaizdus („*thumbnails*“);
- Žymėjimas vandens ženklaish.

2.2. Vandens ženklo sąvoka, samprata, turinys

Pavadinimas „vandens ženklas“ atsirado, remiantis vos matomais vandens ženklaish, naudojamais popierinių dokumentų apsaugai (tai plačiausiai paplitęs ir geriausiai žinomas tokių dokumentų apsaugos elementas). „Popierinis“ vandens ženklas atsirado gana seniai – maždaug prieš 700 metų. Nors originaliai toks ženklas buvo sukurtas tam, kad žymėtų popieriaus rūšį ar popieriaus gamintoją, jis išplito kaip popieriaus kokybės identifikatorius bei buvo pradėtas naudoti popieriaus datavimui ir autentiškumo užtikrinimui. Iš tikrųjų, analogija tarp vandens ženklių, steganografijos ir skaitmeninio žymėjimo vandens ženklaish yra akivaizdi; negalima atmesti to fakto, kad būtent popieriniai vandens ženklaish, naudojami banknotų žymėjimui, ir inspiravo paties termino panaudojimą skaitmeninėje plotmėje. Pati

žymėjimo vandens ženklais idėja gimė apie 1990-uosius metus, kai buvo pasiūlyta vaizdų žymėjimo metodas, tačiau tik 1995-1996 metais į tai buvo atkreiptas didesnis dėmesys (Hartung; Kutter, 1999: 1080). Ir nuo tada skaitmeninis žymėjimas vandens ženklais sparčiai evoliucionavo, buvo sukurta nemažai praktinių metodų ir sistemų.

Taigi, „popierinis“ vandens ženklas formuojamas popieriaus gamybos (liejimo) metu, suformuojant lokalinius popieriaus juostos storio pokyčius, kurie sukuria vizualinį paslėpto paveikslėlio efektą. „Popieriniai“ vandens ženklai būna nematomi (ar beveik nematomi) ir gali būti identifikuojami peršviečiant arba žiūrint tam tikru kampu (t.y. jų identifikavimui nereikia papildomos įrangos), tuo tarpu skaitmeniniai vandens ženklai yra sukuriami taip, kad būtų visiškai nematomi ir juos galima aptikti tik naudojantis atitinkama programine įranga.

Skaitmeninis žymėjimas vandens ženklais yra gana naujas intelektualiosios nuosavybės apsaugos būdas, tačiau jis remiasi kitomis teorijomis ir metodais: tai kompiuterinės kriptografijos metodas, sklaidos spektro ryšys (*spread-spectrum communications*) ir triukšmo teorija. Tradiciniai kriptografiniai metodai (tokie kaip paprastas nematomas rašalas, mikroskopinės nuotraukos (*microdots*), ir t.t.) neatitinka griežtesnių skaitmeninio žymėjimo vandens ženklais reikalavimų. Dabartinės kriptografinės sistemos naudoja sklaidos spektro ryšį uždėti siauro diapazono signalą ant daug didesnės dažnių juostos taip, kad signalo spektrinis tankumas kanale atrodo kaip triukšmas. Pats triukšmas yra natūrali bet kokios skaitmeninės informacijos sudedamoji dalis, be to, triukšmas – tai esminė skaitmeninio žymėjimo vandens ženklais prielaida. Pats žymėjimo vandens ženklais procesas užkoduoja paslėptą informaciją kaip papildomą triukšmą ir įterpia jį į dokumentą.

Žymėjimas vandens ženklais taip pat yra vadinamas duomenų įterpimu (*embedding*) ir informacijos paslėpimu. Taigi, žymėjimas vandens ženklais – tai paslėptos informacijos užkodavimas vaizde, atliekant tam tikras nedideles pikselių turinio modifikacijas. Skirtingai nuo šifravimo (*encryption*), kuris saugo duomenų turinį jų persiuntimo metu, skaitmeninis žymėjimas vandens ženklais neapriboja prieigos prie vaizdo informacijos. Žymėjimo vandens ženklų metu į duomenis tiesiogiai įterpiamas signalas. Taigi, galima sakyti, kad vandens ženklų pagrindinė paskirtis yra pastovus buvimas vaizde tam, kad būtų užtikrinamas autentiškumas. Žymėjimas vandens ženklais gali būti matomas arba nematomas; ir nors pastarieji terminai yra regimieji, žymėjimas vandens ženklais neapsiriboja vaizdais, bet yra naudojamas ir kitų tipų multimedijos objektų apsaugai – garsui, video, netgi tekstui apsaugoti. Be to, reikia pažymėti ir tai, kad žymėjimas vandens ženklais naudojamas toli gražu ne vien tik siekiant autorinių teisių apsaugos; taip pat šis metodas gali būti naudojamas savininko identifikavimui, siekiant nustatyti, ar vaizdas buvo keičiamas, taip pat kriminalistikoje.

Žymėjimo vandens ženklais sistemos paprastai naudoja vieną ar daugiau kriptografiškai saugių raktų, kad būtų užtikrinta apsauga nuo manipuliavimo vandens ženklu ar jo ištrynimo.

Hartung ir Kutter (1999: 1083) teigia, kad, kuriant žymėjimo vandens ženklais sistemą, reikia apsvarstyti tokius tris pagrindinius aspektus:

- 1) Vandens ženklo signalo W , kuris bus sujungtas su pagrindiniu signalu, projektavimą. Paprastai vandens ženklo signalas priklauso nuo rakto K ir vandens ženklo informacijos I

$$W = f_0(I, K)$$

Taip pat vandens ženklo signalas gali būti priklausomas nuo pagrindinių duomenų X , į kuriuos jis yra įterpiamas

$$W = f_0(I, K, X).$$

- 2) Toliau projektuojamas įterpimo metodas, įjungiantis vandens ženklo signalą W į pagrindinius duomenis X , taip gaunant vandens ženklu pažymėtus duomenis Y

$$Y = f_1(X, W).$$

- 3) Projektuojamas atitinkamas išgavimo metodas, atkuriantis vandens ženklo informaciją iš signalų mišinio, naudojant raktą ir originalą

$$\hat{I} = g(X, Y, K)$$

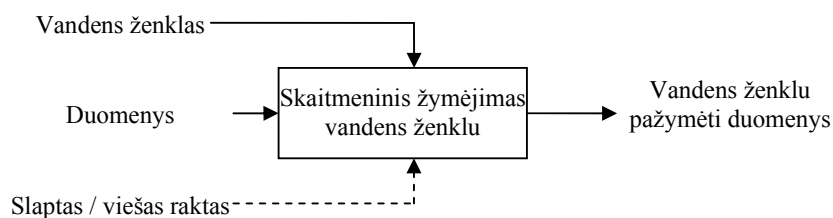
arba be originalo

$$\hat{I} = g(Y, K).$$

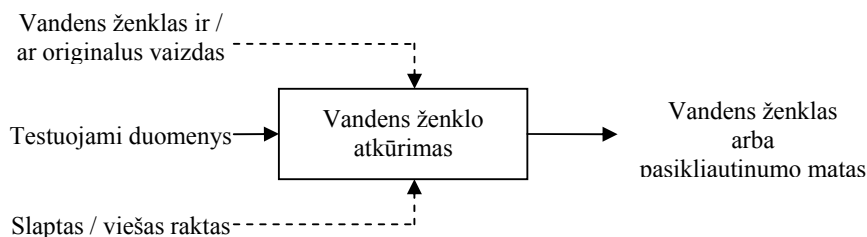
Pirmieji du klausimai – vandens ženklo signalo projektavimas ir vandens ženklo signalo įterpimas – dažnai traktuojami kaip vienas etapas, ypač tokių metodų atveju, kai įterptas vandens ženklas yra prisitaikantis prie pagrindinio signalo.

Žymėjimo vandens ženklais schemą sudaro trys dalys:

1. vandens ženklo generavimas;
2. žymėjimo algoritmas (įterpimas);
3. verifikavimo, išėmimo arba aptikimo algoritmas (dekodavimas ir palyginimas).



1 pav. Apibendrinta žymėjimo vandens ženklų algoritmo schema.



2 pav. Apibendrinta vandens ženklų atkūrimo schema.

Įvestis schemoje – tai vandens ženklas, pagrindiniai duomenys ir galimas viešas arba privatus raktas. Pagrindiniai duomenys gali būti nesuspausti arba suspausti, tačiau daugelis siūlomų metodų skirti nesuspaustiems duomenims. Pats vandens ženklas gali būti bet kas – skaičius, tekstas, vaizdas. Naudojant slaptą ar viešą raktą galima sustiprinti saugumą. Jei vandens ženklas skirtas tik autorizuotiems vartotojams, jis gali būti apsaugotas raktu. Žymėjimo vandens ženklais metodai, kai naudojamas slaptas ar viešas raktas, paprastai vadinami slapto ir viešu žymėjimo vandens ženklais metodu. Žymėjimo vandens ženklų schemos išvestis – modifikuoti, t.y. pažymėti vandens ženklų, duomenys.

Įvestis šioje schemoje – vandens ženklų pažymėti duomenys, slaptas arba viešas raktas ir – atsižvelgiant į metodą – originalūs duomenys ir originalus vandens ženklas. Vandens ženklų atkūrimo proceso išvestis – arba atkurtas vandens ženklas, arba tam tikras pasikliautinumo matas, nurodantis, kiek tikėtina, kad nurodytasis vandens ženklas yra tiriamuose duomenyse.

Kalbant apie autorines teises, kiekvienas autorius turi savo asmeninį unikalų vandens ženklą, kurį naudoja savo darbams žymėti. Kitaip sakant, vandens ženklų generavimo etapo rezultatas – vandens ženklų šablonas, naudojantis savininkui ir/ar vaizdai priklausantį raktą. Žymėjimo algoritmas įrašo šį vandens ženklą į skaitmeninį vaizdą – kitaip šis etapas vadinamas vandens ženklų signalo sutapdinimu su originaliu vaizdu (Nikolaidis; Pitas, 1999:

2). Naujant verifikavimo algoritmą galima patikrinti vandens ženklų pažymėtos informacijos autentiškumą, nustatant ir autorių (ar savininką), ir vaizdo integralumą.

Kita vertus, pats žymėjimas vandens ženklais – tai tik maža bet kokios kontroliuojamos prieigos ir paskirstymo schemos dalis; saugaus platinimo metodas turėtų šifravimą (*encryption*) sujungti su skaitmeniniu žymėjimu vandens ženklais (Storch; Koch, 1997: 276). Be to, idealiu atveju tas pats skaitmeninio vandens ženklo algoritmas turi būti pritaikomas ir garso, ir video produktams, ir vaizdams žymėti, o tai supaprastintų multimedijos produktų žymėjimą vandens ženklais. Taigi, čia išskyla universalumo svarba.

Dauguma žymėjimo vandens ženklais metodų reikalauja, kad aptikimo metu būtų naudojamas ir originalus vaizdas. Tokios schemos kartais nurodomos kaip privačios schemos arba sąlyginio disponavimo vaizdu schemos. Kadangi aptikimo etapo metu pagrindinis vaizdas atlieka triukšmo vaidmenį, jo prieinamumas žymiai supaprastina aptikimą. Tačiau tokio pobūdžio metodai ne visur tinkami, pvz., jie nenaudotini automatinės internetinės paieškos atveju. Tie metodai, kuriems nereikalingas originalus vaizdas, vadinami aklaisiais (*blind*) metodais, tačiau jų atsparumas vaizdo modifikavimui bei galimoms atakoms yra mažesnis nei privačių metodų (Nikolaidis; Pitas, 1999).

Dauguma žymėjimo vandens ženklais metodų, skirtų vaizdų žymėjimui, naudoja bendrus principus. Taigi, vandens ženklo signalas paprastai yra pseudo atsitiktinis signalas ir dauguma metodų iš esmės yra labai panašūs ir skiriasi tik atskirais savo aspektais, susijusiais su signalo projektavimu, įterpimu ir atkūrimu.

Įterpiama informacija žymėjimui vandens ženklais iš esmės nėra svarbi. Tačiau yra tokių metodų, sukurtų vieno kodo iš kodų knygos įterpimui ir išgavimui, taigi, jie nesiderina su pasirenkama informacija (Hartung; Kutter, 1999: 1084). Kitos siūlomos schemos moduliuoja kodus, esančius kodų knygoje, derindamos juos su pasirenkamos informacijos bitais, tuo būdu ir su pasirenkamais pranešimais. Ir nors kai kurie autoriai griežtai atskiria šiuos du tipus, tačiau iš esmės jie yra labai artimi.

Vandens ženklo signalas dažnai kuriamas kaip baltas (Van Schyndel; Tirkel; Mee; Osborne, 1994) arba spalvotas pseudo atsitiktinis signalas. Tam, kad būtų įterptas vandens ženklas būtų nematomas, dažnai taikomas erdvės arba spektro formavimas, taip susilpninant vandens ženklą tose vaizdo vietose, kur jis būtų pastebimas. Kartais gaunamas vandens ženklo signalas yra retas ir nepakeičia vaizdo pikselių, tačiau dažniausiai šis signalas yra tankus ir vaizdo pikseliai pakinta. Dažniausiai vandens ženklo signalas kuriamas erdvės srityje, tačiau kartais naudojama, pvz., viso vaizdo diskretaus kosinuso transformavimo sritis (DCT) (Cox; Kilian; Leighton; Shamoan, 1997) ar blokinio pobūdžio DCT (Koch; Zhao, 1995).

Apskritai signalo įterpimas atliekamas naudojant papildymą (Van Schyndel; Tirkel; Mee; Osborne, 1994) arba signalus pritaikantį papildymą; dažniausiai šis papildymas susijęs tik su skaisčio (*luminance*) kanalu, tačiau kartais naudojami ir spalviniai kanalai arba vien tik pastarieji (Kutter; Jordan; Bossen, 1997). Papildymas (sudėtis) gali būti vykdomas įvairiose srityse – tiek erdvinėje, tiek transformavimo. Vis dar ginčijamasi, kuriuos dažnius naudoti vandens ženklų įterpimui, tačiau vis dėlto patys patvariausi vandens ženklai sukuriami tuomet, kai įterpiamas signalas į tuos pačius spektro komponentuos, kuriuos jau turi pagrindiniai duomenys. Vaizdams bei video medžiagai tinkamiausias yra žemo dažnio diapazonas (Hartung; Kutter, 1999: 1084).

Kaip jau minėta, vandens ženklo signalo generavimas ir jo įterpimas dažnai traktuojamas kaip dvi to paties proceso dalys, juo labiau, kad kai kurių metodų atveju šių etapų ir negalima išskirti (ypač tuo atveju, kai vandens ženklas pritaiko turimą signalą).

2.3. Reikalavimai vandens ženklams

Tam, kad vandens ženklas būtų tikrai efektyvus, jis turi atitikti šiuos reikalavimus:

- Vandens ženklas turi perduoti kiek įmanoma daugiau informacijos;
- Vandens ženklas dažniausiai turi būti slaptas ir prieinamas tik autorizuotoms šalims. Šis reikalavimas nurodomas kaip saugumo garantas ir paprastai jis pasiekiamas naudojant kriptografinius raktus;
- Vandens ženklas turi išlikti duomenyse nepaisant to, kas tiems duomenims nutinka – taigi, būti atsparus bet kokiam signalų apdorojimui (suspaudimui (*compression*), apkarpymui (*cropping*), ir pan.) bei neautorizuotų asmenų atakoms. Šis reikalavimas nurodomas kaip vandens ženklo patvarumas. Tokia savybė yra esminė autorinių teisių apsaugai, tačiau kai kuriais atvejais ši savybė yra mažiau svarbi (pvz., tuomet, kai vandens ženklas apima viešą informaciją);
- Dažniais atvejais vandens ženklas turi būti nematomas.

2.3.1. Saugumas ir raktai

Tokiu atveju, kai reikalingas įterptos informacijos saugumas, t.y. slaptumas, įterpimo ir išgavimo (*extraction*) procesams turi būti naudojamas vienas ar keletas slapčių ir

kriptografiškai saugių raktų. Yra du saugumo lygmenys. Pirmajame neautorizuotas vartotojas negali nei nuskaityti, nei iššifruoti įterpto vandens ženklo, be to, toks vartotojas negali ir žinoti, ar duota duomenų aibė turi savyje vandens ženklą. Antrajame saugumo lygmenyje neautorizuoti vartotojai žino, ar duomenys yra pažymėti vandens ženklais, tačiau įterptos informacijos neįmanoma perskaityti nenaudojant tam tikro rakto. Yra žymėjimo vandens ženklais schemų, kur kartu su vienu ar keliais viešais kodais naudojamas asmeninis kodas.

2.3.2. Patvarumas

Žymėjimo vandens ženklų metu yra į duomenis įterpiamas (iš esmės paslepiamas) signalas, kuris tampa neatsiejama duomenų dalimi. Tokiu būdu duomenys yra apsaugoti tol, kol vandens ženklas yra juose ir kol jį galima aptikti. Taigi, vandens ženklo tikslas – visados išlikti duotajame vaizde. Vandens ženklą turi būti sunku (geriausiu atveju – neįmanoma) pašalinti. Žinoma, teoriškai bet kokią vandens ženklą galima pašalinti, turint pakankamai žinių apie jo įterpimo procesą. Tačiau tuo atveju, jei žinių nepakanka, pvz., jei tiksliai vandens ženklo buvimo vaizde vieta yra nežinoma, tuomet bandymai pašalinti vandens ženklą ar jį pakeisti turėtų akivaizdžiai sumažinti duomenų tikslumą (*fidelity*).

Iš esmės vandens ženklas turi būti atsparus tokio pobūdžio apdorėjimui:

- įprastam signalų apdorėjimui: turi būti galima atkurti vandens ženklą po to, kai duomenys yra apdorojami įprastinėmis signalų apdoravimo operacijomis (pvz., kontrasto ar spalvų pakeitimais);
- įprastoms geometrinėms transformacijoms: vandens ženklai privalo turėti imunitetą tokioms geometrinėms operacijoms kaip pasukimas (*rotation*), apkarpymas (*cropping*), mastelio keitimas (*scaling*) ir pan.

Taip pat skaitmeninis vandens ženklas turi būti atsparus visoms galimoms atakoms, siekiant vandens ženklo panaikinimo ar pakeitimo.

Nors įmanoma sukurti žymėjimo atspariais vandens ženklais metodus, reikia atkreipti dėmesį į tai, kad vandens ženklas yra atsparus tol, kol jis nėra viešas, t.y. tol, kol jį ne visi gali nuskaityti. Jei vandens ženklo aptikimo principas ir raktas yra vieši, vandens raktas yra neapsaugotas nuo galimų atakų (Hartung; Kutter, 1999:1082). Taigi, vieši vandens ženklai nėra patvarūs, išskyrus tą atvejį, kai kiekvienas gavėjas naudoja skirtingą raktą. Tačiau tai įgyvendinti praktiškai yra pakankamai sudėtinga.

Reikalavimai patvarumui taip pat priklauso nuo vandens ženklo panaudojimo srities. Tarkim, autentifikavimo atveju vandens ženklai turi būti atsparūs tik tam tikroms atakoms;

lyginant su kitomis žymėjimo vandens ženklais pritaikymo sritimis, autentifikavimo vandens ženklų atsparumo lygmuo yra pats žemiausias. Tuo tarpu duomenų priežiūrai ir stebėjimui reikalingas didesnis patvarumas. Pagrindinis tikslas pastaruoju atveju yra aptikti ar identifikuoti saugomus ar perduodamus duomenis (pvz., vaizdų internete identifikavimas naudojant žiniatinklio roplius (*web crawlers*)). Tad vandens ženklai turi būti nesunkiai atkuriami ir pakankamai atsparūs bent jau standartiniam duomenų apdorojimui (formato pakeitimas, suspaudimas ir pan.). Didžiausio patvarumo vandens ženklų reikia autorinių teisių apsaugai, tačiau šiuo atveju vien vandens ženklų nepakanka.

2.3.3. Nematomumas

Vandens ženklas turi būti nematomas (*invisible*) stebėtojų, taip pat vandens ženklas neturi mažinti turinio kokybės. Cox ir kt. (1996) savo darbuose naudoja terminą „nepastebimas“ (*imperceptible*) – šis terminas puikiai atskleidžia esmę. Taigi, vandens ženklo įterpimas neturi sukelti jokių pastebimų pokyčių pradinuose duomenyse. Kita vertus, tam, kad būtų pasiektas aukštas patvarumo lygmuo, pageidautina, kad vandens ženklo amplitudė būtų kiek galima platesnė (Hartung; Kutter, 1999:1082). Taigi, žymėjimo vandens ženklais metodo kūrimas visuomet turi atrasti tam tikrą kompromisą tarp nematomumo ir patvarumo. Optimalus sprendimo būdas būtų toks: įterpti vandens ženklas, kuris būtų žemiau suvokimo slenksčio. Tačiau tokio slenksčio nustatymas realaus pasaulio vaizdų, video ir garso signalų atveju yra gana sudėtingas dalykas. Todėl, kuriant žymėjimo vandens ženklais sistemas, paprastai reikalingi papildomi tyrimai dalyvaujant savanoriams. Dar viena problema iškyla apdorojant jau pažymėtus vaizdus – įvykdžius tokį apdorojimą galimas vandens ženklo sustiprinimas, o dėl šios priežasties jis gali tapti matomas. Pavyzdžiui, didinant vandens ženklais pažymėtus vaizdus ar didinant vaizdo kontrastingumą vandens ženklai dažnai tampa matomi.

2.3.4. Vaizdo adekvatumo išlaikymas

Vandens ženklas turi būti ne tik nematomas, tačiau jo įterpimas neturi suvokiamai pabloginti pirminio vaizdo kokybės. Nereikia maišyti adekvatumo ir kokybės – tai skirtingi terminai. Adekvatumas matuoja panašumą tarp signalų prieš ir po apdorojimo, o kokybė, kita vertus, yra daugiau išvaizdos matas. Taigi, įmanoma turėti aukštos kokybės, tačiau nelabai adekvatų vaizdą, ir atvirkščiai. Ir jei vandens ženklas nėra sukurtas taip, kad būtų matomas,

tuomet jis neturi pabloginti suvokiamos vaizdo kokybės. Trumpai tariant, suvokiamas panašumas tarp originalios ir vandens ženklų pažymėtos vaizdo versijų turi būti kiek įmanoma didesnis.

2.3.5. Vandens ženklų atkūrimas

Tam, kad vandens ženklas būtų naudingas, jį turi būti įmanoma aptikti ir atkurti. Atsižvelgiant į vandens ženklų įterpimo būdą bei į žymėjimo vandens ženklų algoritmo pobūdį vandens ženklų aptikimo metodas gali būti susijęs su labai įvairiais principais. Kai kuriose žymėjimo vandens ženklais schemose vandens ženklą galima išimti tiksliai tokį, koks jis yra, ir ši procedūra yra vadinama vandens ženklų išėmimu. Kitais atvejais galima tik aptikti, ar specialiai nurodytas vandens ženklas yra vaizde, ar ne, ir ši procedūra yra vadinama vandens ženklų aptikimu (Mohanty, 1999).

Vandens ženklų atkūrimas paprastesnis, jei turimi originalūs, nepažymėti vandens ženklų duomenys. Be to, atkūrimo procese turint originalius duomenis lengviau aptikti galimus iškreipimus, o tai padeda, pavyzdžiui, aptikti buvusias atakas. Tačiau toli gražu ne visais atvejais originalūs duomenys yra prieinami. Tad dauguma pastaruoju metu sukurtų žymėjimo vandens ženklais metodų nereikalauja originalių duomenų prieinamumo (vadinamieji „akli“ metodai).

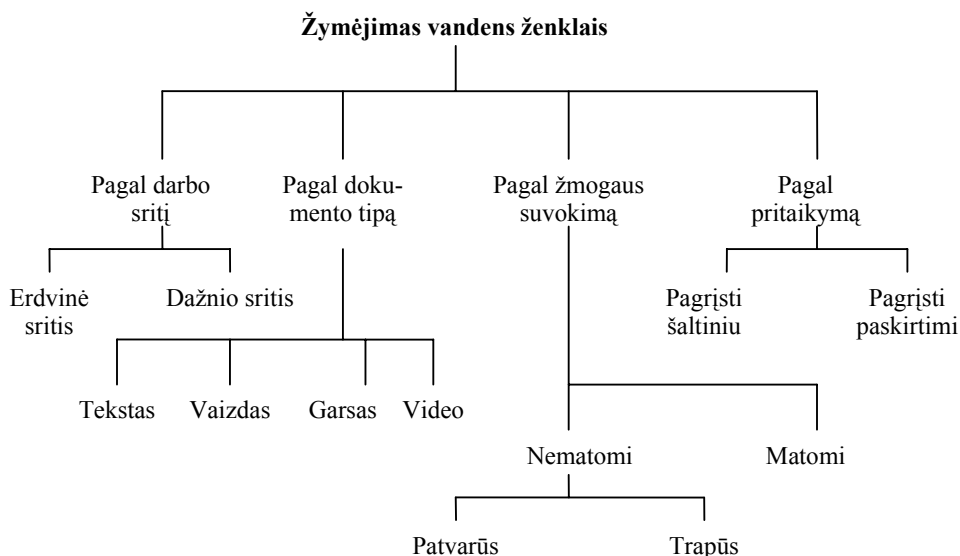
Vandens ženklų atkūrimas paprastai atliekamas naudojant kurį nors koreliacijos metodą. Reikia paminėti ir tai, kad paprastai vandens ženklas kuriamas neturint žinių apie pagrindinį signalą, o tai reiškia, kad galima tam tikras nesutarimas tarp vandens ženklų signalo ir pagrindinių duomenų. Siekiant to išvengti, daugelis siūlomų schemų reikalauja originalių, nepažymėtų vandens ženklų duomenų. Kiti siūlomi metodai naudoja išankstinį filtravimą.

2.4. Skaitmeninių vandens ženklų tipai

Vandens ženklai skirstomi į matomus ir nematomus. Šiame darbe bus koncentruojamasi ties nematomų vandens ženklų algoritmais ir metodais. Kaip minėta, nematomiems vandens ženklams keliami tokie pagrindiniai reikalavimai: visų pirma, vandens ženklas turi būti nematomas, ir antra – atsparus įprastiniam vaizdo apdorojimui ir galimoms atakoms. Anksčiau skaitmeninių vandens ženklų tyrinėjimai koncentravosi ties pirmuoju

tikslu, antrąjį paliekant nuošalyje. Tačiau pastaruoju metu daug dėmesio skiriama antrajam reikalavimui.

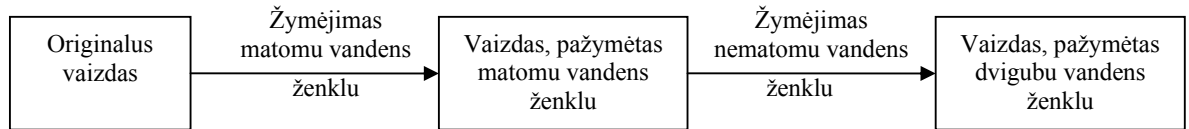
Vandens ženklai ir žymėjimo vandens ženklais metodai gali būti skiriami į įvairias kategorijas įvairiais būdais. Vandens ženklai gali būti taikomi erdvinėje srityje (*spatial domain*); tokio žymėjimo vandens ženklais alternatyva – dažnio srities (*frequency domain*) žymėjimas vandens ženklais. Yra ištirta, kad dažnio srities metodai yra patvaresni (*robust*) už erdvinės srities metodus (Mohanty, 1999). Vandens ženklų tipai parodyti 3 pav.



3 pav. Vandens ženklų tipai.

2.4.1. Matomi vandens ženklai

Matomas vandens ženklas – tai permatoma struktūra, uždėta ant pirminio vaizdo (labai panašu į matomus „popierinius“ vandens ženklus). Toks vandens ženklas yra matomas, atidžiau pažvelgus į vaizdą. Nematomas patvarus vandens ženklas yra įterpiamas taip, kad bet kokie pakeitimai, padaryti vaizdai, yra nepastebimi (suvokimo lygmenyje); toks ženklas gali būti pamatomas / atskleidžiamas tik naudojantis atitinkamu dekodavimo mechanizmu. Nematomas trapus vandens ženklas yra įterpiamas taip, kad bet koks manipuliavimas vaizdu ar bet kokia vaizdo modifikacija vandens ženklą pakeičia ar visai suardo (Mohanty, 1999). Dar skiriamas dvigubas vandens ženklas – tai matomo ir nematomo vandens ženklų derinys. Šiuo atveju nematomas vandens ženklas naudojamas kaip atsarginė matomo vandens ženklų kopija (žr. 4 pav.).



4 pav. Žymėjimo dvigubu vandens ženklu schema

Matomi vandens ženklai gali būti naudojami tokiais atvejais:

- Autorinių teisių apsaugai tuo atveju, kuomet vaizdai talpinami Internete ir autoriui yra svarbu tai, kad jie nebūtų panaudoti komerciniais tikslais (pvz., etiketėms ar pan.) nelegaliu būdu. Čia autoriui svarbu tai, kad būtų panaudotas vizualiai matomas autorystę patvirtinantis ženklas, kuris iš esmės neapsaugo nuo vaizdo panaudojimo kitais tikslais (švietimas, etc.).
- Nuosavybės nurodymui.

Matomi vandens ženklai turėtų būti akivaizdūs tiek spalviniuose, tiek monochrominiuose vaizduose; toks vandens ženklas turi apimti didelę arba svarbiausią vaizdo dalį, kad būtų išvengta jo panaikinimo iškerpant; taip pat svarbu ir tai, kad vandens ženklas būtų pakankamai permatomas, neuždengiant po juo esančio vaizdo detalių. Matomo vandens ženklo panaikinimas turėtų būti sudėtingas ir brangus, palyginus su jo įsigijimu. Taip pat svarbu ir tai, kad tokį vandens ženklą būtų lengva ir paprasta uždėti (pageidautina – automatiškai).

2.4.2. Nematomi patvarūs vandens ženklai

Nematomi patvarūs vandens ženklai naudojami tokiais atvejais:

- Norint aptikti neteisėtai pasisavintus vaizdus. Šiuo atveju skaitmeninių vaizdų pardavėjui rūpi, kad, pirkėjui įsigijus norimą vaizdą, pastarasis neplatintų jo veltui, kas savo ruožtu neleistų autoriui gauti atlygio.
- Žymėjimas nematomais vandens ženklais kaip nuosavybės įrodymas. Šiuo atveju pardavėjo vandens ženklo aptikimas vaizde turėtų tarnauti kaip įrodymas, kad panaudotas vaizdas yra pardavėjo nuosavybė.

Nematomas patvarus vandens ženklas neturi būti matomas bei neturi įtakoti vaizdo kokybės pablogėjimo. Toks vandens ženklas turi būti atsparus įprastiniam apdorojimui bei įvairaus pobūdžio atakoms, kurių tikslas – tokio ženklo panaikinimas. Nematomas patvarus vandens ženklas turi vienareikšmiškai nurodyti savininką / autorių. Žymint aukštos kokybės vaizdus ir meno kūrinius, pikselių modifikavimo mastas turi būti minimalus. Kaip ir matomų vandens ženklų atveju, svarbu tai, kad tokį vandens ženklą būtų lengva ir paprasta uždėti.

2.4.3. Nematomi nepatvarūs vandens ženklai

Nematomi nepatvarūs vandens ženklai naudojami tokiais atvejais:

- Toks žymėjimo vandens ženklausias metodas naudojamas skaitmeniniuose fotoaparatuose. Šiuo atveju yra siekiama užtikrinti, kad vaizdas yra tikras ir nemodifikuotas, norint sufalsifikuoti. Nematomas vandens ženklas įterpiamas fotografavimo metu. Toks metodas labai pravartus tiek žurnalistikoje, tiek kriminalistikoje.
- Nematomi nepatvarūs vandens ženklai naudojami norint pastebėti bet kokius pakeitimus vaizduose, saugomuose skaitmeninėje bibliotekoje. Šiuo atveju vaizdai (pvz., pirštų atspaudai) yra skenuojami, vandens ženklas yra uždedamas skenavimo metu.

Tokie vandens ženklai turi būti ir nepastebimi, ir nekenkiantys vaizdo kokybei. Jei vaizdas yra modifikuojamas, nematomas nepatvarus vandens ženklas arba visiškai, arba dalinai suyra. Toks vandens ženklas turi būti itin saugus – tai reiškia, kad po vaizdo apdorojimo toks vandens ženklas yra nebeatstatomas net ir žinant žymėjimo procedūrą ir / ar patį vandens ženklą. Žymint aukštos kokybės vaizdus, pikselių modifikavimo mastas turi būti minimalus.

2.5. Galimi vandens ženklų pažeidimai

Tikėtina, kad vaizdas, pažymėtas vandens ženklu, gali patirti tam tikras manipuliacijas – tiek netyčines, tiek tyčines. Kaip jau minėta, vienas pagrindinių reikalavimų, keliamų skaitmeniniam vandens ženklu, yra atsparumas įvairiems pažeidimams. Savaiame aišku, kad absoliutaus atsparumo visiems galimiems apdorojimams pasiekti praktiškai neįmanoma.

Remiantis Hartung ir Kutter (1999), pabandysime išskirti kelis galimų pažeidimų tipus:

- 1) vadinamieji paprasti pažeidimai. Tai konceptualiai paprastas apdorojimas, kurio metu bandoma sunaikinti vandens ženklą manipuluojant visais vandens ženklų pažymėtais duomenimis (pagrindiniai duomenys ir vandens ženklas) ir nebandant identifikuoti vandens ženklo bei izoliuoti jį. To pavyzdžiai – linijinis ir bendras nelinijinis filtravimas, signalo forma pagrįstas suspaudimas (JPEG), triukšmo pridėjimas, apkarpymas, kvantavimas pikselių srityje, gama korekcija ir pan.
- 2) aptikimą blokuojantys iškraipymai (dar vadinamos sinchronizavimo pažeidimais, geometriniais pažeidimais). Tokio apdorojimo metu bandoma panaikinti koreliaciją bei padaryti taip, kad vandens ženklo detektorius būtų neįmanoma atkurti vandens ženklą. Šiuo atveju dažniausiai naudojama geometrinis iškraipymas – padidinimas, perkėlimas erdvėje, rotacija, apkarpymas, pikselių sukeitimas ir kitos geometrinės duomenų transformacijos.
- 3) nevienareikšmiškumo atakos (dar vadinamos aklaviečių atakos, inversijos atakos). Tokios atakos kuria fiktyvius originalius duomenis arba fiktyvius vandens ženklų pažymėtus duomenis. Pavyzdžiui, inversijos atakos metu bandoma diskredituoti vandens ženklą įterpiant dar vieną ar kelis papildomus vandens ženklus taip, kad tampa nebeaišku, kuris gi iš jų buvo pirmasis, tikrasis ženklas.
- 4) panaikinimo atakos. Tokios atakos bando analizuoti vandens ženklų pažymėtus duomenis, įvertinti vandens ženklą ar pagrindinius duomenis, atskirti vandens ženklą nuo pagrindinių duomenų ir visiškai panaikinti vandens ženklą. Pavyzdžiais galėtų būti triukšmo nuėmimas, tam tikros nelinijinės filtravimo operacijos, kvantavimas, etc. Ne visiems šiems metodams pavyksta pilnai panaikinti vandens ženklą, tačiau nepaisant to, jie ženkliai sugadina vandens ženklo perduodamą informaciją (Voloshynovskiy; Pereira; Pun; Eggers; Su, 2001).

Reikėtų atkreipti dėmesį į tai, kad toks skirstymas yra gana sąlyginis. Pasitaiko atakų, kurias sunku priskirti griežtai kuriam nors vienam tipui.

Apibendrinant galima pastebėti, kad skaitmeninių vandens ženklų atakos turi įvertinti ir vandens ženklo išlikimą, ir atakuojamo dokumento deformavimą.

2.6. Skaitmeninio žymėjimo vandens ženklais metodai

Taigi, labai svarbu, kad vandens ženklas būtų toks, kad būtų neįmanoma jo identifikuoti ir manipuliuoti. Šiuos reikalavimus patenkinti yra gana sunku, tačiau tam yra sukurta įvairių metodų. Šiuos metodus galima išskirti į dvi pagrindines kategorijas pagal vandens ženklo paskirtį:

1. Žymėjimas vandens ženklais, skirtais aptikti vaizdų klastojimą;
2. Žymėjimas vandens ženklais, skirtais įterpti informaciją apie autorines teises.

Vienas pirmų žymėjimo vandens ženklais algoritmų yra paremtas mažiausiai reikšmingų bitų (*Least Significant Bit – LSB*) pikselio turinyje modifikavimu (Van Schyndel, Tirkel ir kt., 1994). Vandens ženklai taip pat gali tiesiogiai modifikuoti vaizdo spektro ar transformavimo koeficientus. Tokie algoritmai dažnai moduliuoja diskretaus kosinuso transformavimo (*Discrete Cosine Transform – DCT*) koeficientus pagal tokią seką, kuri žinoma tik autoriui (Cox ir kt., 1996: 244). Taip pat žymėjimo vandens ženklais metodai gali būti priklausomi nuo vaizdo; tokie metodai padidina vandens ženklo vaizde lygmenį tuo pačiu išlaikant ženklo nepastebimumą (Swanson ir kt., 1996: 212). Taip pat naudojami ir matomi vandens ženklai; pvz., yra sukurti matomi vandens ženklai, skirti vaizdų, priklausančių skaitmeninei Vatikano bibliotekai, apsaugojimui (Mintzer ir kt., 1997: 10).

Toliau bus aptarta keletas žinomesnių metodų.

2.6.1. Mažiausiai reikšmingų bitų modifikavimo metodas

Pats įprasčiausias ir seniausiai sukurtas žymėjimo vandens ženklais metodas – tai mažiausiai reikšmingų bitų (*Least Significant Bits*; toliau – *LSB*) modifikavimas, pagrįstas prielaida, kad *LSB* duomenys neturi didelės reikšmės. Van Schyndel ir kt. (1994) aptaria du *LSB* metodus: naudojant pirmąjį metodą, vaizdo *LSB* pakeičia pseudo-triukšmo (*pseudo-noise*, toliau – *PN*) seka; antrojo metodo atveju *PN* seka yra įjungiamą į vaizdo *LSB*. Kitas gana seniai sukurtas žymėjimo vandens ženklais metodas išgauna vaizdo duomenų kontrolinę sumą (*checksum*) ir tuomet ją įterpia į atsitiktinai parinktų pikselių *LSB*.

Digimarc korporacija pateikia metodą, kuris prideda ar atima mažus atsitiktinius dydžius iš kiekvieno pikselio. Pridėjimas ar atėmimas apibrėžiamas palyginant binarinę *L* bitų kaukę su kiekvieno pikselio *LSB*. Jei *LSB* yra lygus atitinkamam kaukės bitui, tuomet pridedamas atsitiktinis dydis, kitu atveju jis yra atimamas.

Macq ir Quisquater (1995) skaitmeninių vaizdų žymėjimo vandens ženklais klausimą pateikia kaip kriptografijos ir skaitmeninės televizijos tyrimo dalį. Autoriai aprašo procedūrą, kurios pagalba vandens ženklas yra įterpiamas į tų pikselių, kurie yra išdėstyti prie vaizdo kontūrų, LSB. Tačiau tokį vandens ženklą lengva panaikinti, nes jis yra pagrįstas mažiausiai reikšmingų bitų modifikavimu. Be to, šis metodas nėra geras, kadangi vandens ženklas yra įterpiamas į tas vaizdo sritis, kurios yra greta kontūrų.

2.6.2. Informacijos pritvirtinimo metodas

Siūlomas ir toks metodas: įterpti žymes (*tags*) – mažus geometrinius piešinius – į skaitmeninius vaizdus tuose šviesumo lygmenyse, kurie yra nepastebimi. Ir nors tokia erdvinio vandens ženklo paslėpimo vaizde idėja skamba neblogai, tačiau ši schema gana neatspari filtravimui ir *redigitization*. Be to, tokia schema gali būti neatspari geometrinėms transformacijoms, ir ypač apkarpymui (*cropping*).

2.6.3. Kvantavimo triukšmo įterpimo metodas

Tanaka ir kt. (1990) nagrinėja keletą žymėjimo vandens ženklais schemų, kurios remiasi vandens ženklų, panašių į kvantavimo triukšmą, įterpimu (*quantization noise embedding*). Šis metodas remiasi tuo, kad kvantavimo triukšmas paprastai yra nepastebimas. Šie autoriai pateikia schemą, pagal kurią vandens ženklas yra įterpiamas į vaizdą naudojant iš anksto nustatytą duomenų srautą, kuris valdo lygmens pasirinkimą duomenų keitiklyje (*quantizer*). Duomenų srautas pasirenkamas taip, kad vaizdas po tokio apdorojimo atrodytų kaip kvantavimo triukšmas. Taip pat šiame straipsnyje pateikiamas kitas šios schemos variantas, kuriame vandens ženklas pateikiamas „svyruojančia“ (*dithering*) matrica ir yra naudojamas keisti vaizdą tam tikru būdu. Tačiau šios schemos turi tam tikrų trūkumų – visų pirma, jos yra imlios signalo apdorojimui – ypač pakartotiniam kvantavimui (*requantization*) – bei tokiems geometriniams pakeitimams, kaip apkarpymui. Be to, naudojant šias schemas prastėja vaizdo kokybė.

2.6.4. Statistiniai metodai

Qiao ir Nahrstedt (1998) apibūdina dvi žymėjimo vandens ženklais schemas. Pirmoji – tai statistinis metodas, vadinamas „Patchwork“. Šiuo metodu yra atsitiktinai parenkama n porų vaizdų taškų (a_i, b_i); šviesumas taškuose a_i yra padidinamas vienu vienetu, o šviesumas taškuose b_i yra atitinkamai sumažinamas. n porų skirtumų sumos reikšmė turėtų būti $2n$. Iš esmės čia daroma prielaida, kad visi šviesumo lygmenys yra vienodai tinkami, t.y., kad intensyvumo pasiskirstymas yra tolygus. Tačiau praktikoje tai praktiškai neįmanoma. Taigi, tokia schema gali būti nepakankamai patvari atsitiktiniam intensyvumo lygmens pakeitimui vienu vienetu, o taip pat tokia schema gali būti ypač neatspari įvairioms geometrinėms transformacijoms.

Antrasis metodas – tai vadinamasis „tekstūros bloko kodavimas“ (*texture block coding*). Šiuo atveju iš vaizdo atsitiktiniu būdu parinkto tekstūros šablono (*pattern*) sritis nukopijuojama į vaizdo vietą, turinčią panašią struktūrą. Tuomet kiekvienai tekstūros sričiai atidengti naudojama autokoreliacija. Pats didžiausias šio metodo trūkumas yra tai, kad jis tinkamas tik tiems vaizdams, kuriuose yra didelės sritys, talpinančios atsitiktines tekstūras.

2.6.5. Amplitudės moduliavimo metodas

Kutter ir kt. (1997) pasiūlytas metodas pagrįstas sklaidos spektro žymėjimu erdvinėje srityje. Šiame metode išskirtinai dirbama su mėlynuoju komponentu RGB spalvų erdvėje, siekiant, kad vandens ženklas būtų kuo stipresnis tuo pat metu išlaikant minimalius regimuosius artefaktus. Be to, šie autoriai siūlo apdoroti vaizdą prieš dekoduojant vandens ženklą. Ši koncepcija sustiprina patvarumą ir yra tinkama visiems sklaidos spektro žymėjimo vandens ženklais metodams erdvinėje srityje. Šis metodas įterpia vandens ženklą dvejetainio skaičiaus pavidalu naudojant erdvinės srities amplitudės moduliavimą. Atskiras bitas b įterpiamas pseudo atsitiktinai pasirinktoje vietoje (i,j) arba pridodant jį, arba atimant, priklausomai nuo to, koks skaistis yra toje vietoje. Norint atkurti įterptą bitą, reikia įvertinti originalią, nepažymėtą vandens ženklų vertę, ir tam naudojama linijinė kaimyninių pikselių kombinacija. Patvarumo užtikrinimui kiekvienas bitas įterpiamas keletą kartų.

2.7. Realizuoti pasirinktų algoritmų analizė

Galima išskirti tokias dvi vandens ženklų klases pagal vandens ženklo įterpimo sritį: žymėjimas vandens ženklais erdvinėje srityje (*spatial domain*) ir žymėjimas vandens ženklais dažnio srityje (*frequency domain*). Pirmasis metodas yra paprastai įgyvendinamas, čia vandens ženklo aptikimui nereikia originalaus vaizdo, tačiau tokio pobūdžio vandens ženklas paprastai yra gana neatsparus įvairiems apdorojimams. Tuo tarpu žymėjimas vandens ženklais dažnio srityje yra žymiai atsparesnis pažeidimams, tačiau dauguma tokių metodų vandens ženklo aptikimui reikalauja originalaus vaizdo turėjimo, o tai nėra patogiu. Paminėtina ir tai, kad žymėjimas atspariu vandens ženklų, naudojant erdvinę sritį, pasiekiamas tik prarandant dalį originalaus vaizdo kokybės, tuo tarpu dažnio srities panaudojimas leidžia ją išlaikyti.

Realizuoti pasirinkti šeši žymėjimo vandens ženklais metodai, kurie vandens ženklui įterpti naudoja dažnio sritį. Penki pasirinktų algoritmų vandens ženklo įterpimui naudoja diskretaus bangelių transformavimo (DWT) koeficientų moduliavimą, ir tik vienas jų veikia diskretaus kosinuso transformavimo (DCT) srityje. Pastarasis algoritmas yra vienas žinomiausių bei padariusių didelę įtaką kitų žymėjimo vandens ženklais algoritmų kūrimui. Žemiau pateikiama algoritmų analizė.

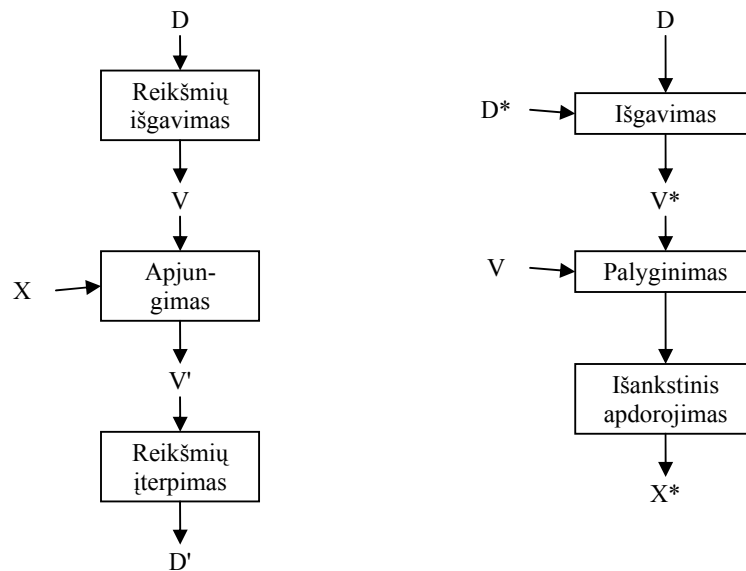
2.7.1. Cox algoritmas

Toliau aptariamas algoritmas aprašytas Cox, Kilian, Leighton ir Shamoony (1996). Tai turbūt pats žinomiausias straipsnis žymėjimo vandens ženklais tema. Čia išskeltos idėjos turėjo didelį poveikį vėlesniems žymėjimo vandens ženklais tyrimams. Autoriai atskleidžia ryšį tarp sklaidos spektro ryšio ir žymėjimo vandens ženklais, iškeliami vandens ženklo įterpimo į suvokiamai reikšmingus vaizdo komponentus idėja, taip pat vandens ženklą padarant patvaresniu.

Sklaidos spektro ryšio atveju siauro diapazono signalas perduodamas per žymiai platesnę dažnių juostą taip, kad signalas yra praktiškai nepastebimas. Analogiškai gali būti daroma įterpiant vandens ženklą, o kadangi vandens ženklo verifikavimo procesas žino vandens ženklo vietą ir turinį, galima sujungti šiuos silpnus signalus į vieną. Paminėtina tai, kad tokio pobūdžio vandens ženklo paskleidimas per vaizdo spektrą padaro jį žymiai atsparesniu įvairaus pobūdžio atakoms: pati vandens ženklo buvimo vieta nėra akivaizdi.

Vandens ženklas šiuo atveju – tai Gauso skaičių seka; skaičiai parenkami nuo $N(0,1)$ (kur $N(\mu, \sigma^2)$ pažymi normalų pasiskirstymą, kur vidurkis μ , o dispersija σ^2). Galimi ir kiti pasiskirstymai, kaip $\{1,-1\}$, $\{0,1\}$ ar $[0,1]$, tačiau autorių teigimu, tokių pasiskirstymų panaudojimo atveju vaizdai tampa gana neatsparūs galimoms atakoms.

Visų pirma iš vaizdo D ištraukiama reikšmių seka $V = v_1, \dots, v_n$, į kurią įterpiamas vandens ženklas $X = x_1, \dots, x_n$, kad būtų gauta pakeista reikšmių seka $V' = v'_1, \dots, v'_n$. Tada V' įterpiamas atgal į vaizdą į V vietą, ir taip gaunamas vandens ženklu pažymėtas vaizdas D' . Darant prielaidą apie galimas atakas, tarkim, kad D' modifikuojamas koku nors būdu, taip gaunant naują vaizdą D^* . Turint D ir D^* išgaunamas galimai sugandintas vandens ženklas X^* ir palyginamas su X statistiškai.



5 pav. Vandens ženklo kodavimas ir dekodavimas.

Taigi, n reikšmingų koeficientų pakeičiama pagal formulę (1). Tuo pačiu metu n žymi vandens ženklo $X = x_1, \dots, x_n$ ilgį, o v_i yra DCT koeficientai.

$$v'_i = v_i(1 + \alpha_i x_i) \quad (1)$$

α_i yra perskaičiavimo parametras ir priklauso nuo koeficiento, kadangi skirtingi spektriniai komponentai gali būti daugiau ar mažiau pakantūs modifikacijoms. Autoriai savo eksperimentuose naudoja pastovią reikšmę $\alpha = 0.1$.

Vandens ženklo išgavimui naudojama prielaida, kad detektorius gali pasinaudoti originaliu vaizdu. Žinoma, mažai tikėtina, kad išgautas vandens ženklas X^* bus identiškas originaliajam vandens ženklui X . Panašumas tarp X ir X^* matuojamas, naudojant tokią formulę

$$\text{sim}(X, X^*) = \frac{X^* \cdot X}{\sqrt{X^* \cdot X^*}} \quad (2)$$

X^* galima apdoroti taip, kad galimybė išgauti vandens ženklą potencialiai padidėtų. Autoriai naudoja tokias paprastas transformacijas kaip $x_i^* \leftarrow x_i^* E_i(X^*)$ ar $x_i^* \leftarrow \text{sign}(x_i^* - E_i(X^*))$. Tokiu būdu gaunamos tikslesnės panašumo reikšmės.

Būtina pažymėti tai, kad, naudojant šį metodą, vandens ženklą išgauti gali tik savininkas, kadangi šiam procesui reikalingas originalus vandens ženklus nepažymėtas vaizdas.

2.7.2. Kim algoritmas

Šis metodas generuoja vandens ženklą naudojant Gauso paskirstytą atsitiktinį vektorių. Vandens ženklas generuojamas naudojant Box-Muller transformaciją. Naudojant daugialygmę slenksčio parinkimą iš bangelių (*wavelet*) koeficientų parenkami suvokiamai reikšmingi koeficientai. Vandens ženklas įterpiamas į pasirinktus koeficientus, naudojant skirtingus mastelio faktorius pagal dekompozicijos lygmenį (Kim; Moon, 1999).

Kadangi bangelių koeficientus paprastai galima charakterizuoti Gauso pasiskirstymu, šis metodas naudoja Gauso pasiskirstymo atsitiktinį vektorių kaip vandens ženklą, siekiant nematomumo ir atsparumo. Gauso paskirstytas atsitiktinis vektorius generuojamas naudojant Box-Muller transformaciją iš tolygaus paskirstyto vektoriaus E_i , kaip parodyta formulėje (3) (N – generuojamų vandens ženklų skaičius).

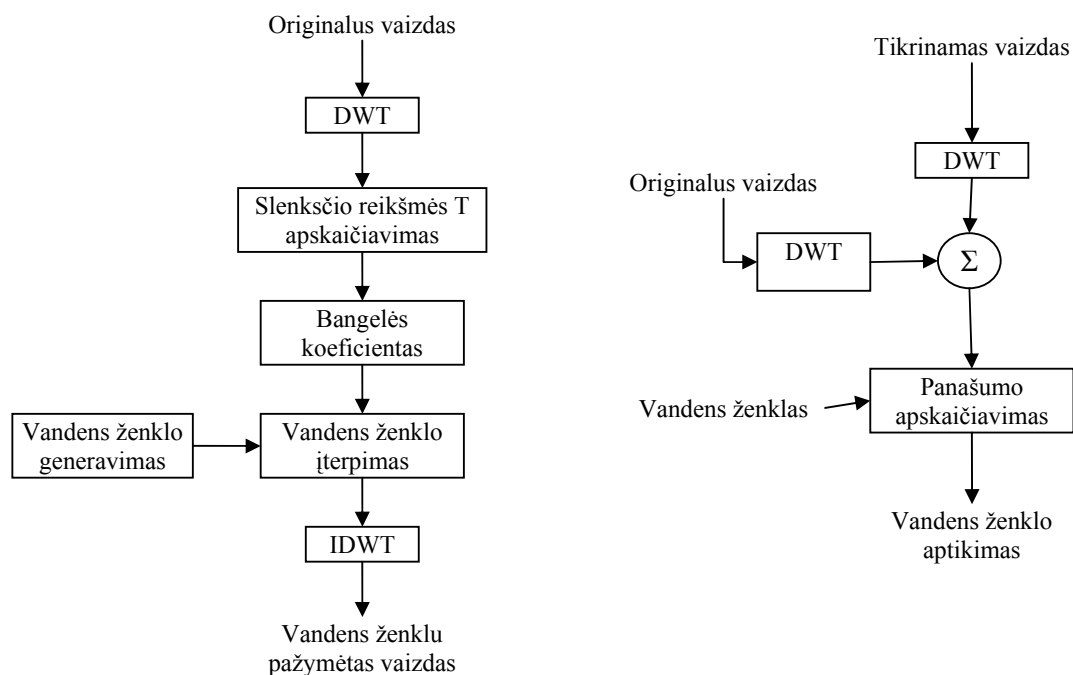
$$x_i = \sqrt{-2 \ln E_i} \cos(2\pi E_i + N) \quad (3)$$

Toks vandens ženklas apjungiamas su suvokiamai reikšmingais koeficientais, kurie nustatomi naudojant prie lygmens prisitaikančią slenksčio parinkimo schemą, nusakoma formulė (3), kur slenkstis T_i i-tajam DWT dekompozicijos lygmeniui priklauso nuo maksimalaus absoliutaus koeficiento C_i i-tojo lygmens juostose, t.y. LH₁, HL₁ ir HH₁.

$$T_i = 2^{\lfloor \log_2 C_i \rfloor - 1} \quad (4)$$

Apskaičiavus slenksčius kiekvienai juostai, vandens ženklas įterpiamas į pasirinktus koeficientus adaptyviai pagal koeficiento reikšmę pagal formulę $V'_i = V_i + \alpha V_i X_i$, kur V'_i ir V_i nurodo vandens ženklus pažymėtus ir originalius pasirinktus koeficientus, atitinkamai, X_i yra i-tasis atsitiktinio vektoriaus elementas, o α yra maža reikšmė, kaip, pvz., 0.04 LL juostai, kur koeficientų reikšmės yra daug didesnės, nei kituose juostose. Kitų juostų atveju šis

faktorių yra atitinkamai modifikuojamas, atsižvelgiant į dekompozicijos lygmenį. Kadangi bangelių koeficientų vidurkis yra mažinamas pusiau, perejus į aukštesnį lygmenį, tad faktorius α didinamas du kartus. Kim ir Moon (1999) naudoja faktorius 0.1, 0.2 ir 0.4 3-iam, 2 ir 1 lygmenims, atitinkamai. Toks faktorių pritaikymas padidina vandens ženklų atsparumą ir nematomumą.



6 pav. Vandens ženklo įterpimo ir aptikimo procesai.

Aptikimo procedūra yra priešinga vandens ženklo įterpimo procedūrai. Ir čia reikalingas originalus vaizdas. Visų pirma tikrinamas vaizdas ir originalus vaizdas yra transformuojami naudojant DWT. Tuomet originalaus vaizdo bangelių juostos atimamos tikrinamo vaizdo bangelių juostų, tokiu būdu išgaunamas vandens ženklas. Norint įsitikinti vandens ženklo tikrumu lyginami originalusis ir išgautasis vandens ženklai, siekiant nustatyti jų panašumą. Tam naudojama tokia formulė:

$$sim_2(X, X^*) = \frac{X \cdot X^*}{\sqrt{X^* \cdot X^*}} \times 100 \quad (5)$$

kur X žymi originalų vandens ženklą, X^* - išgautą vandens ženklą. Ir jei ši panašumo reikšmė yra didesnė už slenksčio reikšmę S formulėje (6)

$$S = \frac{\alpha}{2M} \sum |V_i'| \quad (6)$$

(kur M yra koeficientų, kur įterptas vandens ženklas, skaičius, o α nurodo mastelio faktorių, naudotą įterpiant vandens ženklą), nustatomas vandens ženklo buvimas.

Naudojant šį metodą vandens ženklas yra praktiškai nepastebimas.

2.7.3. Wang algoritmas

Šis metodas ieško reikšmingų koeficientų tarp juostų, kad įterptų vandens ženklą. Vandens ženklas adaptyviai pritaikomas skirtingose juostose, siekiant atsparumo bei aukštos kokybės nepastebimumo atžvilgiu (Wang; Su; Jay Kuo, 1998). Taip pat šiuo atveju galima taikyti aklą vandens ženklo išgavimo būdą (t.y. vandens ženklo išgavimui nereikalingas originalus vaizdas).

Šiame algoritme vandens ženklą sudaro seka realių skaičių nuo -1 iki 1, kurios ilgis N_w . Šios vandens ženklo sekos k -asis elementas žymimas W_k , kur $k \in [1 \dots N_w]$. Vaizdas visų pirma transformuojamas naudojant DWT, tuomet vandens ženklas įterpiamas tik į pasirinktą reikšmingų koeficientų kiekį juostose. Koeficientai juostoje s nurodomi $C_s(x, y)$. Pačių koeficientų parinkimas vyksta remiantis daugiaslenksčio bangelių kodavimo (*multithreshold wavelet codec*, MTWC) principu. Naudojant šį metodą pasirenkami suvokiamai reikšmingi koeficientai ir surūšiuojami pagal jų svarbą. Šis metodas leidžia nustatyti ribą adekvatumo praradimui, uždėjus vandens ženklą. Reikšmingų koeficientų atranka prasideda kiekvienai juostos daliai priskiriant pradinę slenksčio reikšmę, apskaičiuojamą pagal formulę (7).

$$T_s = \beta_s \frac{\max_{x,y} [C_s(x, y)]}{2} \quad (7)$$

Pradžioje visi koeficientai paliekami neparinkti. β_s yra juostos s svorio faktorius. Toliau pasirenkama ta juosta, kurios T_s reikšmė yra didžiausia, ištiriami visi nepasirinkti šios juostos koeficientai $C_s(x, y)$ ir kaip reikšmingi koeficientai parenkami tie, kurie yra didesni už esantį slenksčių T_s . Kiekvienas pasirinktas koeficientas modifikuojamas pridėdam vandens ženklo simbolius W_k pagal formulę $C'_{s,k}(m, n) = C_s(m, n) + \alpha_s T_s W_k$, kur C' žymi vandens ženklu pažymėto vaizdo koeficientą, $\alpha_s \in (0.0, 1.0]$ yra reikšmė, atspindinti suderinamumą tarp patvarumo ir vaizdo adekvatumo (α_s padidinimas/sumažinimas padidina/sumažina vandens ženklo atsparumą, tačiau tuo pačiu ir sumažina/padidina vizualinį atitikimą).

Vandens ženklo aptikimo mechanizmui vis dėlto reikalingas originalus vaizdas. Tarkim, kad C^* yra gauto vaizdo, kuris yra galimai paveiktas įvairaus pobūdžio atakomis,

koeficientai. Skirtumas tarp C^* ir originalių nepažymėtų koeficientų C pasirinktoje reikšmingo koeficiento pozicijoje gali būti užrašytas kaip:

$$E_{s,k}^*(m,n) = C_{s,k}^*(m,n) - C_s(m,n) \quad (8)$$

Tuomet panašumas tarp C^* ir C apskaičiuojamas taip:

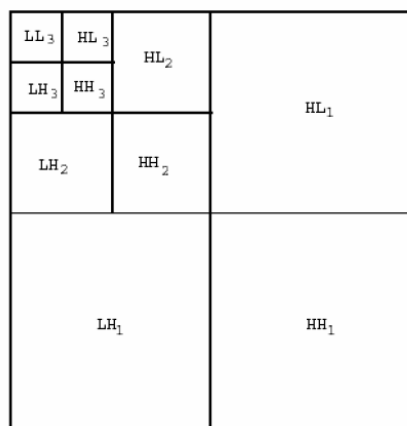
$$\text{sim}(C^*, C) = N_w \frac{\sum_{k=1}^{N_w} E_{s,k}^*(m,n) \square E_{s,k}(m,n)}{\|E_{s,k}^*(m,n)\| \|E_{s,k}(m,n)\|} \quad (9)$$

kur $E_{s,k}(m,n) = \alpha_s T_s W_k$ yra originalusis vandens ženklas.

2.7.4. Xia algoritmas

Šis žymėjimo vandens ženklaais metodas pagrįstas bangelių transformavimu. Pagrindinė idėja čia yra labai panaši į Cox, Killian, Leiton ir Shamoona (1997) iškeltą idėją, tačiau Xia ir kt. pateikiamas metodas turi savų privalumų: šis žymėjimo vandens ženklaais metodas yra multirezoliucinis bei hierarchinis, tad jei gautasis vaizdas nėra smarkiai apdorotas, tarpusavio koreliacijos su visu vaizdo dydžiu gali neprireikti, taip sumažinant skaičiavimų apimtį. Kitas privalumas yra susijęs su tuo, kad paprastai žmogaus akis nepastebi mažų pakitimų vaizdo kraštuose/briaunose ar daugiau detalių turinčiose vietose, tačiau jautriai reaguoja į menkiausius pasikeitimus tolygiose vaizdo dalyse. DWT atveju kraštai ir tekstūros priskiriami aukšto dažnio juostoms, kur dideli koeficientai žymi briaunas, taigi, vandens ženklas, įterptas būtent į šiuos didelius koeficientus, žmogaus akiai yra praktiškai nepastebimas.

Xia, Boncelet ir Arce (1998) pasiūlytas metodas – tai žymėjimo vandens ženklaais schema, pagrįsta atsitiktinės Gauso sekos įterpimu. Visų pirma vaizdas išskaidomas į keletą juostų naudojant piramidinę struktūrą, kaip parodyta 2 pav. Visi koeficientai $y(m,n)$, išskyrus tuos,



7 pav. Vaizdo DWT piramidinis išskaidymas.

kurie yra žemiausio dažnio LL juostoje (duotuoju atveju tai būtų LL₃; žr. 2 pav.), pažymimi vandens ženklu, t.y. Gauso triukšmo seka $N[m, n]$, kurios vidurkis 0 ir dispersija 1 pagal formulę (10)

$$\tilde{y}[m, n] = y[m, n] + \alpha y^2[m, n]N[m, n] \quad (10)$$

kur α yra parametras, kontroliuojantis vandens ženklo lygmenį, o kvadratas žymi didelių DWT koeficientų sustiprinimą. DWT koeficientai žemiausioje rezoliucijoje lieka nepakeisti. Tuomet modifikuotų koeficientų dvimačiai IDWT apjungiami su nepakeistais koeficientais, taip gaunant $\tilde{x}[m, n]$. Tam, kad iš to išplaukiantis vaizdas turėtų tą patį dinaminį diapazoną, kaip ir originalusis vaizdas, jis modifikuojamas pagal formulę (11)

$$\hat{x}[m, n] = \min(\max(x[m, n]), \max\{\tilde{x}[m, n], \min(x[m, n])\}). \quad (11)$$

Taigi, rezultate gaunamas vandens ženklu pažymėtas vaizdas.

Čia naudojamas dekodavimo metodas yra hierarchinis. Visų pirma gautasis ir originalusis vaizdai yra išskaidomi į keturias juostas, t.y. LL₁, LH₁, HL₁ ir HH₁. Pradedama lyginti nuo HH₁ juostos. Tada palyginama signatūra, įterpta į HH₁ juostą, ir DWT koeficientų skirtumas originalaus ir gauto vaizdų HH₁ juostose, apskaičiuojant jų tarpusavio koreliaciją. Jei tarpusavio koreliacijose yra aukščiausias taškas, teigiama, kad signatūra yra aptikta. Priešingu atveju lyginama signatūra, įterpta į HH₁ ir LH₁ juostas, su DWT koeficientų skirtumu HH₁ ir LH₁ juostose, atitinkamai. Jei pastebimas aukščiausias taškas, signatūra aptinkama. Jei taip vis dar neįvyksta, tuomet originalusis ir gautasis signalai LL₁ juostoje išskaidomi į keturias papildomas juostas LL₂, LH₂, HL₂ ir HH₂, ir taip daroma tol, kol tarpusavio koreliacijose randamas aukščiausias taškas. Jei taip neįvyksta, signatūros aptikti nepavyko.

Teigiama, kad šis metodas atsparesnis už DCT metodą.

2.7.5. Dugad algoritmas

Šio algoritmo pagrindas – vaizdo bangelių transformacijos pateikties juostų modifikavimas. Vandens ženklas čia – Gauso pseudo atsitiktinių realių skaičių seka x_i , kurios vidurkis 0, o dispersija – 1, atitinkant juostų dydį po to, kai pagrindinis vaizdas išskaidomas naudojant trijų lygmenų bangelių transformaciją. Žemesnioji juosta nenaudojama; pasirenkami visi koeficientai iš kitų juostų, esantys virš duotojo slenksčio (T_1), ir vandens ženklas įterpiamas tik į šiuos koeficientus. T_1 kontroliuoja į vaizdą įterpiamo vandens ženklo apimtį, be to, vandens ženklo įterpimas į didelius koeficientus yra visiškai natūralus, kadangi maži koeficientai DWT srityje labiau pasiduoda įvairioms atakoms (Dugad; Ratakonda; Ahuja, 1998).

Įterpimo metu vizualus maskavimas neatliekamas, kadangi DWT juostos turi savyje informaciją apie briaunas ir detales, be to, kiekvienas koeficientas aukšto dažnio juostoje veikia tik erdviškai apribotą vaizdo dalį. Taigi, vandens ženklo įterpimas į aukšto dažnio juostas yra ekvivalentiškas vandens ženklo įterpimui į vaizdo kraštines vietas, kas padaro vandens ženklą nepastebimu žmogaus akiai. Taigi, maskavimas yra neatskiriama šio metodo dalis.

Vandens ženklas įterpiamas taip: $V'_i = V_i + \alpha |V_i| x_i$. Aptikimas atliekamas naudojant koreliaciją. Nagrinėjami tik tiek koeficientai, kurių aptikimo slenkstis yra $T_2 \geq T_1$, kadangi negalima paskaičiuoti koreliacijos tarp tų koeficientų, į kuriuos joks vandens ženklas nebuvo įterptas. T_2 parenkamas būtinai didesnis už T_1 , siekiant atsparumo, kadangi kai kurie koeficientai, kurie originaliai buvo mažesni už T_1 , dėl manipuliacijų su vaizdu gali tapti didesniais.

Aptikimo procesas naudojant šį metodą yra aklas, t.y. originalus vaizdas jam nereikalingas. Koreliacija z tarp gauto galimai apdoroto vaizdo DWT koeficientų \hat{V}_i ir galimai kitokio vandens ženklo Y apskaičiuojama pagal formulę (12),

$$z = \frac{1}{M} \sum_i \hat{V}_i y_i \quad (12)$$

kur i pereina per visus DWT koeficientus, kurie yra didesni už T_2 , ir M yra tokių koeficientų skaičius. Slenksčio dydis S apskaičiuojamas taip pat, kaip ir Kim algoritme naudojamoje formulėje (6), tik daliklis skiriasi – duotuoju atveju imamas $2M$, o ne $3M$, kadangi pavyzdžių, su kuriais skaičiuojama koreliacija, kiekis yra nedidelis.

2.7.6. Zhu algoritmas

Čia naudojamas vandens ženklas – tai Gauso pseudo-atsitiktinių realių skaičių seka. Visų pirma originalus vaizdas transformuojamas naudojant diskrečią bangelių transformaciją. Vandens ženklas įterpiamas į aukšto dažnio juostas bangelių srityje. Paprastumo dėlei Zhu laiko, kad vaizdo dydis yra $N \times N$, ir kad vaizdo bangelių atvaizdavime iš viso yra $R+1$ suskaidymų (kas atitinka R -lygmenų bangelių transformavimą). Vandens ženklo vektorius apibrėžiamas kaip $X = \{x_1, \dots, x_{n_1}, \dots, x_{n_2}, \dots, x_{n_R}\}$. Vandens ženklo seka skirtinguose suskaidymuose yra grupuojama, t.y. $X_1 \subset X_2 \subset \dots \subset X_R$. Siekiant įterpti vandens ženklą X į aukšto dažnio bangelių koeficientus, pastarieji apjungiami į vektorių V ir vandens ženklas X įterpiamas į šį vektorių pagal formulę $v'_i = v_i(1 + \alpha x_i)$. Tokia nelinijinė įterpimo procedūra pritaiko vandens ženklą kiekvienam bangelių koeficientui. Siekiant patikrinti vandens ženklą X' , išgautą iš V' , visų pirma reikia įvertinti X ir X' panašumą pagal formulę

$$\text{sim}(X, X') = \frac{X' \cdot X}{\|X'\|_2} \quad (13)$$

ir palyginti jį su slenksčiu $T(=6)$, kad būtų galima nuspręsti, ar vandens ženklai sutampa. Autoriai teigia (Zhu; Xiong; Xhang, 1998), kad $\text{sim}(X, X')$ paklūsta standartiniam normaliam pasiskirstymui.

2.8. Panašios programinės įrangos analizė

Atlikus panašių programinės įrangos produktų rinkoje paiešką, buvo aptikta visa eilė produktų, skirtų vaizdų pažymėjimui vandens ženklais. Dauguma šių produktų skirti žymėjimui matomais vandens ženklais – tai tokie produktai, kaip PhotoWatermark Professional, AiS Watermark Pictures Protector (AiS WPP), ACDSsee (būtinasis priedas ACDSsee Plugin - RoboEnhancer 1.0), Easy WaterMark, uMark Professional, DropWaterMark v3.5 ir kt. Tokio pobūdžio programinė įranga leidžia įterpti matomą vandens ženklą, kuris dažniausiai pasižymi tokiomis savybėmis, kurias galima norimai keisti: tekstas, vaizdas, spalva, fono spalva, vieta, dydis, permatomumas. Kai kurie produktai leidžia įterpti vandens ženklą į keletą grafinių failų iš karto; kai kur yra galimybė išsaugoti sukurtą vandens ženklą.

Tačiau šiame darbe bus koncentruojamasi ties žymėjimu nematomais vandens ženklais, kadangi žymėjimo matomais vandens ženklais metodai labai skiriasi nuo žymėjimo

nematomais vandens ženklais metodų. Todėl aptarsime keletą produktų, kurie naudoja žymėjimo nematomais vandens ženklais metodus.

Iš esmės tokių produktų rinkoje – itin nedaug; žymiausi jų – Alpha Tec. Ltd. produktas EIKONAmark ir Digimarc produktas MyPictureMarc.

EIKONAmark programinė įranga skirta tokioms operacinėms sistemoms: Windows 9x/NT/2000/ME/XP; palaikomi formatai: TIFF, BMP, JPEG, GIF ir TARGA. Ši programinė įranga skirta nematomų vandens ženklų įterpimui į skaitmeninius vaizdus bei tokių vandens ženklų aptikimui. Naudojama arba autorystės teisių apsaugai, arba skaitmeninio vaizdo autentifikavimui. Šios programinės įrangos pagalba sukuriamas vandens ženklas, talpinantis norimą identifikavimo informaciją. Vaizdas, pažymėtas vandens ženklu, išsaugomas naujame faile. Yra galimybė pažymėti vandens ženklu grupę failų iš karto.

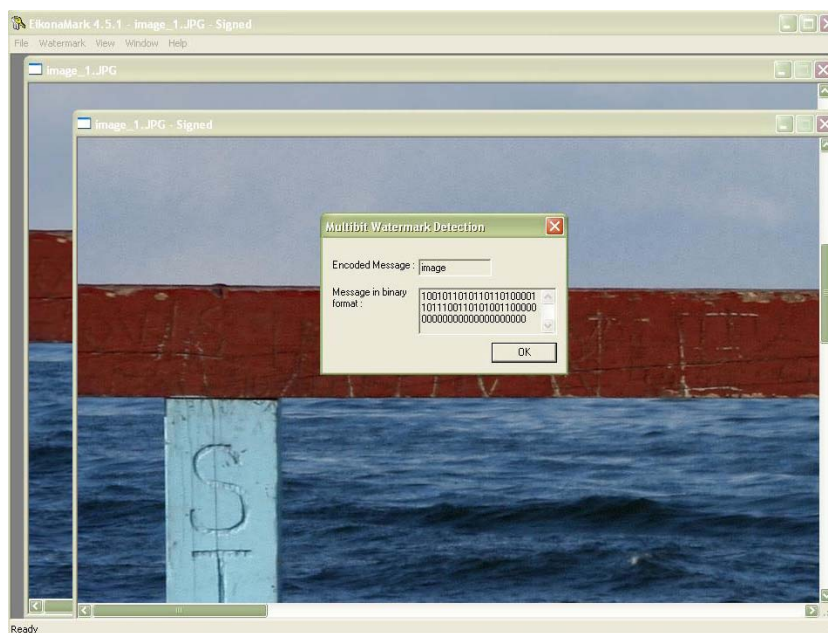
EikonaMark 4.5.1 apima tris skirtingus metodus. Pirmasis susijęs su nematomais vandens ženklais, naudojant nepastebimą skaitmeninę informaciją, įterpiamą į bet kokius skaitmeninius vaizdus. Šis metodas vadinamas *Zero Bit Watermark*. Pirmasis ir antrasis metodai skiriasi tuo, kad pastarasis palaiko *multibit* vandens ženklo įterpimą iki 64 bitų (8 ASCII simboliai). Šis metodas vadinamas *Multibit Bit Watermark*. Vandens ženklo aptikimui nėra reikalingas originalus vaizdas. Šie du metodai yra atsparūs vaizdo suspaudimui, filtravimui ir kitoms vaizdų apdorojimo operacijoms (pvz., histogramos išlyginimui). *Zero Bit Watermark* metodas yra atsparus ir geometrinėms vaizdo deformacijoms. Toks atsparumas pasiekiamas naudojant vandens ženklus, turinčius tam tikrą struktūrą, ir greitus algoritmus vandens ženklo aptikimui.

Trečiasis metodas apima matomus vandens ženklus, kur naudojamas logotipo įterpimas. Taigi, šiuo atveju vaizdas pažymimas matomu (kontroliuojant padengimo ir permatomumo parametrus) logotipu. Tokio apsaugos metodo privalumas tame, kad logotipą nuo originalaus vaizdo atskirti yra sunku, kadangi logotipas uždedamas taip, kad, jį pašalinus, vaizdas įgauna daug trūkumų.

Aptikimo procedūra šiame programiniame pakete taikoma tik tiems vaizdams, kurie pažymėti nematomu vandens ženklu.

Apribojimai: didžiausias galimas vaizdo plotis lygus 4096; didžiausias galimas vaizdo ilgis lygus 4096; tiek matomais, tiek nematomais logotipais gali būti tik tokie vaizdai, kurių ilgis ir plotis yra vienodi; nematomo logotipo pikselių skaičius negali viršyti 10% vaizdo pikselių; mažiausias vaizdo dydis, norint panaudoti *multibit* vandens ženklo metodą, turi būti 512x512.

Trūkumai: atsidarius vaizdą, jis matomas tik 100%, o tai sukelia tam tikrų nepatogumų; naudojant *multibit* vandens ženklų metodą vandens ženklą gali sudaryti tik 8 simboliai, ko tikrai ne visada pakanka.



8 pav. Išgautas vandens ženklas, naudojant EikonaMark .

Kitas paminėtinas produktas – MyPictureMarc, kur galima naudoti tiek nematomą, tiek ir matomą vandens ženklus. Informacija, kuri bus įterpiama, perverčiama į skaitmeninę formą ir išsaugoma vaizdo skaisčio (*luminance*) kanale. Kiekvieno pikselio skaisčio reikšmė yra šiek tiek padidinama ar sumažinama (tiek, kad pats vandens ženklas lieka nepastebimu).

Šios programinės įrangos dėka sukuriamas vandens ženklas laikomas atspariu atakoms. Digimarc vandens ženklas išlieka, konvertavus failą į kitą formatą. Taip pat jis yra atsparus įvairioms vaizdo korekcijoms (kaip spalvų koregavimas, užaštrinimas ir pan.). Žinoma, dėl kai kurių korekcijų vandens ženklų turinys gali pasidaryti nebuskaitomas, tačiau tokios korekcijos paprastai pakeičia vaizdo vizualinę išvaizdą. Digimarc vandens ženklas išlieka netgi vaizdą atspausdinus: kadangi vandens ženklas įterpiamas nežymiai pakeičiant pikselių skaisčio reikšmes, jis tampa vaizdo dalimi net ir tą vaizdą atspausdinus. Tereikia atspausdinti vaizdą nuskenuoti.

Paminėtina, kad, jei vaizdas jau buvo pažymėtas vandens ženklu, kito vandens ženklo nebus galima įterpti. Nematomas vandens ženklas suteikia galimybę atsekti, kur ir kaip panaudojami vaizdai.

Skiriamos trys šios PĮ versijos: Professional, Collection ir Portfolio, besiskiriančios tiek kaina, tiek ir galimybėmis. Pažymėtina, kad visose versijose galimas pažymėjimų

nematomu vandens ženklų kiekis yra skirtingas – 5000, 3000 ir 1000 vaizdų atitinkamai. Tuo tarpu matomu vandens ženklų vartotojas gali žymėti neribotai. Taip pat galimybė atsekti vaizdų panaudojimą suteikiama tik įsigijus MyPictureMarc Professional.

Naujausias produktas – PictureMarc Personal Lite, kur naudojama ta pati žymėjimo vandens ženklais technologija, kaip ir profesionaliam naudojimui skirtoje programinėje įrangoje, paskirstant kūrėjo identifikacinį kodą tarp skaitmeninio vaizdo žemesniosios skilties (*low-order*) bitų. Šis produktas yra nemokamas; kiekvienas gali gauti ID, užsiregistruodamas Digimarc internetinėje svetainėje. Tačiau šis ID apima tik autorystės datą, fotografo vardą ir pavardę. Profesionaliam naudojimui skirta PĮ taip pat įterpia nuotraukos serijinį numerį bei vartotojo priskiriamą transakcijos kodą, o taip pat profesionaliuoju atveju teikiama duomenų bazės paslauga, leidžianti vaizdo vartotojams pamatyti licencijavimo informaciją.

3. PROJEKTINĖ DALIS

Šioje darbo dalyje pateikiama reikalavimų projektuojamai sistemai specifikacija, projektuojamos sistemos architektūra, sistemos testavimo aprašas.

3.1. Reikalavimų projektuojamai sistemai specifikacija (Volere šablonas)

Volere šablonas naudojamas pradiniam sistemos kūrimo etape kaip bazinis šablonas vartotojų reikalavimų užregistravimui. Šablonas suskirstytas į skyrius pagal reikalavimų tipą. Šablonas padeda sukaupti reikalavimus, kuriuos pateikia vartotojai per interviu arba kurie yra užregistruoti analizuojamo objekto veiklą reglamentuojančioje dokumentacijoje. Remiantis šablonu, galima aprašyti pagrindinius funkcinis bei nefunkcinius reikalavimus, sudarančius bendrą vartotojo reikalavimų modelį.

3.1.1. Projekto varovai

Sistemos paskirtis

Kuriama vaizdų autentiškumo kontrolės programinė įranga skirta vandens ženklų generavimui ir įterpimui į skaitmeninį vaizdą bei vandens ženklų skaitmeniniame vaizde atpažinimui ir patikrinimui. Tokios programinės įrangos dėka galima spręsti autorių teisių apsaugos problemą, patvirtinant autorystę bei identifikuojant (galimai suklastotų) skaitmeninių vaizdų nelegalias kopijas. Taip pat tokia programinė įranga leidžia nustatyti, ar vandens ženklu pažymėtas vaizdas buvo kaip nors apdorojamas.

Projekto kūrimo pagrindas (pagrindimas)

Vis labiau pastebimas skaitmeninių garso bei video produktų, skaitmeninių vaizdų ir multimedijos dokumentų įsiveržimas į kasdieninio gyvenimo aspektus kelia tam tikrą grėsmę tokio pobūdžio informacijos kūrėjams ir platintojams, pvz., naujienų agentūroms, muziejams, bibliotekoms, menininkams, mokslininkams, multimedijos dokumentų autoriams, ir t.t. Išskylanti skaitmeninių duomenų autorių teisių apsaugos problema gali būti sprendžiama, pasitelkiant vaizdų autentiškumo kontrolę. Paminėtina, kad pasirinktas žymėjimo vandens ženklaais metodas yra palyginti naujas, atsiradęs maždaug prieš dešimtį metų, tad sukurtų

algoritmų nėra daug ir tie patys reikalauja tam tikro tobulinimo. Kuriant programinę įrangą buvo siekiama realizuoti, ištyrinėti bei palyginti keletą egzistuojančių metodų.

Sistemos tikslai (paskirtis)

Vaizdų autentiškumo kontrolės sistemos pagrindinis tikslas yra vandens ženklo generavimas, įterpimas ir verifikavimas. Siekiant šio tikslo, programa privalo sugebėti atlikti tokius pagrindinius veiksmus:

- vaizdo importavimas į programą;
- vandens ženklo generavimas;
- skaitmeninis vaizdo žymėjimas vandens ženklu;
- pažymėto vaizdo eksportavimas;
- vandens ženklo atkūrimas.

Užsakovai, pirkėjai ir kiti sistema suinteresuoti asmenys

Užsakovas:

Kompiuterinės grafikos mokslo laboratorija, KTU
KTU, Informatikos fakultetas, Multimedijos inžinerijos katedra
Tel.: 300353.

Pirkėjas:

Kompiuterinės grafikos mokslo laboratorija, KTU
KTU, Informatikos fakultetas, Multimedijos inžinerijos katedra
Tel.: 300353.

Kiti sistema suinteresuoti asmenys:

Kadangi projektas yra magistrinis darbas, juo suinteresuota jo kūrėjai, t.y. , t.y. magistrinio darbo vadovas – doc. Armantas Ostreika, ir KTU Informatikos fakulteto Multimedijos inžinerijos katedros magistrantė Vaida Petreikienė.

Vartotojai

Programinės įrangos vartotojais bus:

- Kompiuterinės grafikos mokslo laboratorija (KTU)
- Universitetai, mokslinės grupės, studentai
- Skaitmeninių vaizdų kūrėjai ir platintojai (fotografai, grafikos dizaineriai, naujienų agentūros, ir t.t.)
- Visi, kuriems reikia užtikrinti vaizdų autentiškumą

Vartotojų tikslai:

- Produktas turi būti lengvai naudojamas;
- Intuityviai suprantamas;
- Pilnai dokumentuotas;
- Produkto palaikymas ir tolimesnių funkcijų praplėtimas reikalui esant.

Sprendžiami uždaviniai:

- Skaitmeninio vaizdo importavimas (konvertavimas į darbinį failą);
- Vandens ženklo sukūrimas;
- Vandens ženklo įterpimas į vaizdą;
- Vandens ženklo aptikimas vaizde.

Būtinasis vartotojo pasirengimas: bendros žinios apie skaitmeninius grafinius formatus, pageidautina darbo su programiniais grafikos redaktoriais patirtis.

3.1.2. Projekto apribojimai

Apribojimai sprendimui

- Sistemos funkcijos turi atitikti vartotojų sprendžiamus uždavinius;
- Sistema turėtų būti praplečiama ar adaptuojama ateityje pasikeitus vartotojo poreikiams ar atsiradus naujiems reikalavimams;
- Kuriama sistema turi veikti Windows 98/ 2000/ XP operacinėse sistemose.

Diegimo aplinka

Sistema bus diegiama konkrečioje kompiuterizuotoje darbo vietoje. Minimalūs reikalavimai kompiuterio techninei bei programinei įrangai:

- Procesorius: ne mažiau 300MHz;
- Operatyvinė atmintis: ne mažiau 128MB;
- Laisva vieta kietajame diske: ne mažiau 1.5GB;
- *Windows 98/2000/XP* operacinė sistema;
- Įdiegtas *Windows .NET Framework 2.0*.

Bendradarbiaujančios sistemos

Kuriama sistema yra savarankiškas produktas, todėl darbo metu bendradarbiaujančių sistemų nėra.

Komerciniai specializuoti programų paketai

Į kuriamą sistemą nenumatoma įtraukti jokių papildomų specializuotų programų paketų.

Numatoma darbo vietos aplinka

- Stacionari tradicinė kompiuterizuota darbo vieta;
- Programa nereikalauja autorizuoto vartotojo prisijungimo;
- Laisvas priėjimas prie reikiamų resursų (darbo metu sukurtų failų);

Sistemos kūrimo terminai

- Projekto aplinkos analizė (2005 m. sausio mėn.);
- Reikalavimų analizė (2005 m. kovo mėn.);
- Projektavimas (2005 m. birželio mėn.);
- Posistemių realizavimas ir testavimas (2006 m. vasario mėn.);
- Posistemių integracija ir testavimas (2006 m. balandžio mėn.);
- Programų sistemos diegimas (2006 m. gegužės mėn.).

Sistemos kūrimo biudžetas

Kadangi projektas vykdomas studijų ribose, biudžetas ir finansavimas nėra numatyti.

Terminų žodynas

PĮ – programinė įranga.

Produktas – vaizdų autentiškumo kontrolės PĮ.

Skaitmeninis vaizdas – vaizdas elektroninėje formoje, sudarytas iš atskirų taškų (pixel).

Vandens ženklas – matoma arba nematoma struktūra, sutapdinama su originaliu vaizdu.

Sistemos vartotojas – bet kuris asmuo, paminėtas reikalavimų specifikacijos skyriuje „Vartotojai“.

Svarbūs faktai ir prielaidos

Faktai: nėra.

Prielaidos:

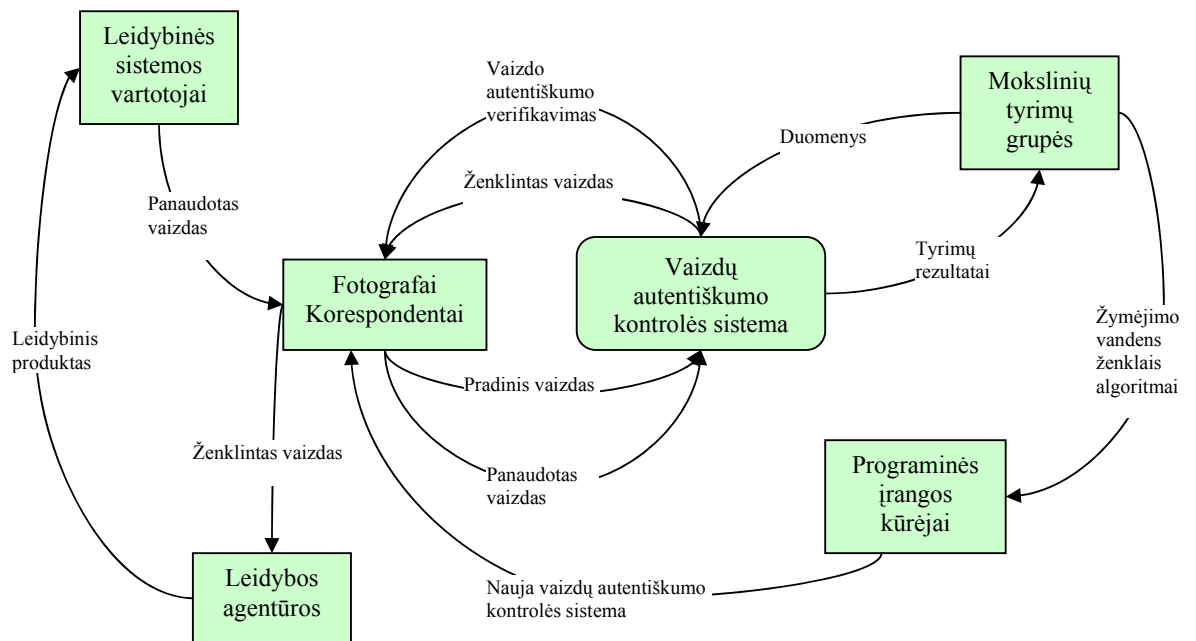
- Atskiros programos funkcijos gali būti pakeistos (patikslintos) pagal vartotojų pageidavimą;

- Atskirų komponentų kūrimas gali nesutapti su numatytu terminu;
- Tikimasi toliau tobulinti produktą ir pritaikyti pardavimui.

3.1.3. Funkciniai reikalavimai

Veiklos sfera

Veiklos kontekstas



9 pav. Konteksto diagrama

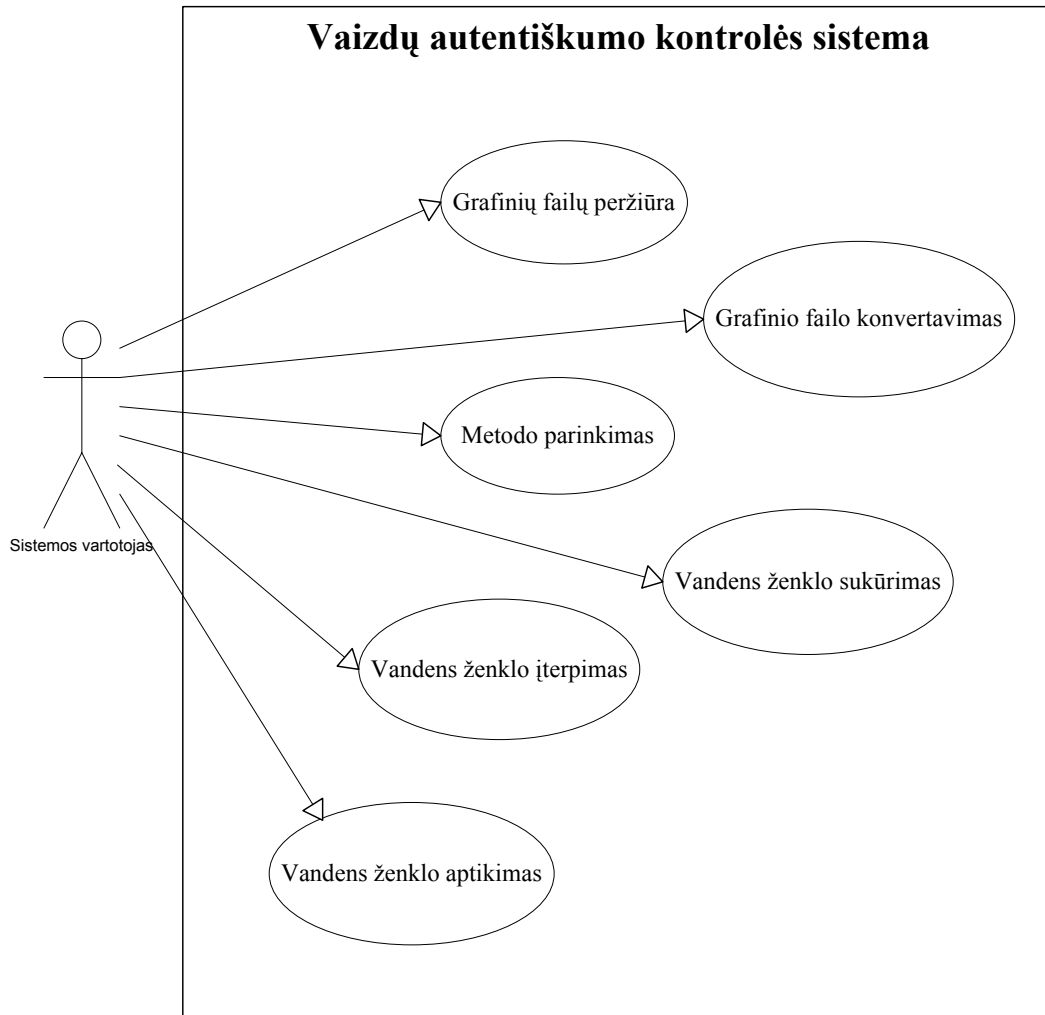
Veiklos padalinimas

Lentelė 1. Veiklos įvykių sąrašas

<i>Eil. Nr.</i>	<i>Įvykio pavadinimas</i>	<i>Įeinantys(in)/Išeinantys(out) informacijos srautai</i>
1	Vartotojas pasirenka skaitmeninį vaizdą.	Grafinis failas (in)
2	Sistema skaito grafinį failą ir konvertuoja jį į savo formatą.	Formatas (out)
3	Vartotojas nurodo norimus vandens ženklų parametrus (ilgis, dekompozicijos lygis, apdorojimo metodas).	Parametrai (in)
4	Sistema sukuria vandens ženklą ir atvaizduoja gautą rezultatą ekrane.	Ženklas (out)
5	Vartotojas nurodo rezultatų failą.	Formatas (in)
6	Sistema konvertuoja rezultatą į reikiamą formatą ir jį užsaugo.	Grafinis failas (out)
7	Vartotojas pateikia sistemai vandens ženklu pažymėtą vaizdą.	Grafinis failas (in)
8	Sistema atlieka vandens ženklų aptikimą ir pateikia gautus rezultatus.	Pranešimas (out), ženklas (out)

Produkto veiklos sfera

Sistemos ribos



10 pav. Panaudojimo atvejų diagrama

Panaudojimo atvejų sąrašas

1. PANAUDOJIMO ATVEJIS:	Grafinių failų peržiūra.
Vartotojas/Aktorius:	Sistemos vartotojas.
Aprašas:	Grafinio formato failai rodomi ekrane.
Prieš sąlyga:	Vartotojo kompiuterio kietajame diske turi būti bent vienas grafinio formato failas.
Sužadinimo sąlyga:	Vartotojas turi pasirinkti direktoriją, kurioje yra grafinio formato failų.
Po-sąlyga:	Pasirinktas grafinio formato failas atvaizduotas kompiuterio ekrane.

2. PANAUDOJIMO ATVEJIS:	Grafinio failo konvertavimas.
Vartotojas/Aktorius:	Sistemos vartotojas.
Aprašas:	Grafinio formato failas verčiamas į darbinį sistemos failą.
Prieš sąlyga:	Vartotojas ekrane turi matyti grafinio failo vaizdą ekrane.
Sužadinimo sąlyga:	Vartotojas pasirinko direktoriją, kurioje yra grafinio formato failų.
Po-sąlyga:	Grafinio formato failas perskaitytas.

3. PANAUDOJIMO ATVEJIS:	Metodo parinkimas.
Vartotojas/Aktorius:	Sistemos vartotojas.
Aprašas:	Pasirenkamas norimas žymėjimo vandens ženklų metodas.
Prieš sąlyga:	Nėra.
Sužadinimo sąlyga:	Vartotojas pažymi pasirinktą žymėjimo vandens ženklų metodą iš tų, kuriuos siūlo sistema.
Po-sąlyga:	

4. PANAUDOJIMO ATVEJIS:	Vandens ženklo sukūrimas.
Vartotojas/Aktorius:	Sistemos vartotojas.
Aprašas:	Sukuriamas vandens ženklas.
Prieš sąlyga:	3 PA.
Sužadinimo sąlyga:	Vartotojas pasirenka šį veiksma.
Po-sąlyga:	Vandens ženklas sukurtas.

5. PANAUDOJIMO ATVEJIS:	Vandens ženklo įterpimas.
Vartotojas/Aktorius:	Sistemos vartotojas.
Aprašas:	Į skaitmeninį vaizdą įterpiamas norimas vandens ženklas.
Prieš sąlyga:	2 PA 4 PA
Sužadinimo sąlyga:	Vartotojas pasirenka šį veiksma.
Po-sąlyga:	Vandens ženklu pažymėtas vaizdas išsaugomas

	kietajame diske.
6. PANAUDOJIMO ATVEJIS:	Vandens ženklų aptikimas.
Vartotojas/Aktorius:	Sistemos vartotojas.
Aprašas:	Sistema tikrina, ar vaizde yra įterptas vandens ženklas.
Prieš sąlyga:	2 PA 4 PA
Sužadavimo sąlyga:	Vartotojas pasirenka šį veiksmą.
Po-sąlyga:	Sistema praneša, ar duotame faile yra vandens ženklas.

Funkciniai reikalavimai ir reikalavimai duomenims

Funkciniai reikalavimai

Reikalavimas #:	R1	Reikalavimo tipas:	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	1, 2
Aprašymas:		Sistemoje turi būti priemonės, skirtos reikiamo grafinio formato failo paėmimui iš vartotojo kompiuterio pastovios atminties į sistemos aplinką.		
Pagrindimas:		Jokie kiti failų formatai negali būti pasiekiami.		
Šaltinis:		Vartotojas		
Tinkamumo kriterijus:		Failo pasirinkimo/atidarymo metu, matomas tik reikiamų grafinių formatų failų sąrašas.		
Priklausomybės:	Nėra		Konfliktai:	Nėra
Papildoma medžiaga:				
Istorija:		Užregistruotas 2005m. kovo 5d.		

Reikalavimas #:	R2	Reikalavimo tipas:	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	1, 2
Aprašymas:		Sistema grafinio formato failą konvertuoja į savo darbinį failą.		
Pagrindimas:		Sistema gali apdoroti kelių tipų grafinių formatų failus.		
Šaltinis:		Vartotojas		
Tinkamumo kriterijus:		Sistemos suformuotas darbinis failas (duomenų masyvas).		
Priklausomybės:	R1		Konfliktai:	Nėra
Papildoma medžiaga:				
Istorija:		Užregistruotas 2005m. kovo 5d.		

Reikalavimas #:	R3	Reikalavimo tipas:	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	3, 4
Aprašymas:	Sistema turi leisti pasirinkti metodą vandens ženklo sukūrimui.			
Pagrindimas:	Vandens ženklas gali būti kuriami įvairiais metodais.			
Šaltinis:	Vartotojas			
Tinkamumo kriterijus:	Vandens ženklo sukūrimo metodų pasirinkimo sąrašas.			
Priklausomybės:	Nėra	Konfliktai:	Nėra	
Papildoma medžiaga:				
Istorija:	Užregistruotas 2005m. kovo 5d.			

Reikalavimas #:	R4	Reikalavimo tipas:	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	4
Aprašymas:	Sistema turi leisti sukurti vandens ženklą ir jį išsaugoti kompiuterio kietajame diske.			
Pagrindimas:	Vandens ženklo failas reikalingas jį įterpian (aptinkant) į skaitmeninį vaizdą.			
Šaltinis:	Vartotojas			
Tinkamumo kriterijus:	Kompiuterio kietajame diske išsaugotas vandens ženklo failas.			
Priklausomybės:	R9, R11	Konfliktai:	Nėra	
Papildoma medžiaga:				
Istorija:	Užregistruotas 2005m. kovo 5d.			

Reikalavimas #:	R5	Reikalavimo tipas:	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	5, 6
Aprašymas:	Sistema turi leisti pasirinkti norimą vandens ženklo failą.			
Pagrindimas:	Sistemoje gali būti naudojama keletas vandens ženklų.			
Šaltinis:	Vartotojas			
Tinkamumo kriterijus:	Pasirinktas vandens ženklo failas.			
Priklausomybės:	Nėra	Konfliktai:	Nėra	
Papildoma medžiaga:				
Istorija:	Užregistruotas 2005m. kovo 5d.			

Reikalavimas #:	R6	Reikalavimo tipas:	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	3, 4, 5, 6
Aprašymas:	Vartotojas pats pateikia sistemai metodo darbo parametrus.			
Pagrindimas:	Atskiru atveju vartotojui gali reikėti įvairaus pobūdžio vandens ženklų.			
Šaltinis:	Vartotojas			
Tinkamumo kriterijus:	Tam tikros formos sistemoje, kur vartotojas gali pasirinkti arba įrašyti reikiamus parametrus.			
Priklausomybės:	Nėra	Konfliktai:	Nėra	
Papildoma medžiaga:				
Istorija:	Užregistruotas 2005m. kovo 5d.			

Reikalavimas #:	R7	Reikalavimo tipas:	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	1, 2, 3, 4, 5, 6
Aprašymas:	Sistema praneša apie sėkmingą operacijos pabaigą arba apie įvykusią klaidą.			
Pagrindimas:	Sistema turi informuoti vartotoją apie operacijos užbaigimą.			
Šaltinis:	Vartotojas			
Tinkamumo kriterijus:	Į ekraną išvedamas pranešimas apie sėkmingą/nesėkmingą operacijos įvykdymą.			
Priklausomybės:	R2, R4, R9, R11	Konfliktai:	Nėra	
Papildoma medžiaga:				
Istorija:	Užregistruotas 2005m. kovo 5d.			

Reikalavimas #:	R8	Reikalavimo tipas:	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	3, 5
Aprašymas:	Sistema turi leisti pasirinkti žymėjimo vandens ženklų metodą.			
Pagrindimas:	Sistemoje bus realizuoti keli žymėjimo vandens ženklais metodai.			
Šaltinis:	Vartotojas			
Tinkamumo kriterijus:	Korektiškai veikiantys žymėjimo vandens ženklais algoritmai.			
Priklausomybės:	Nėra	Konfliktai:	Nėra	
Papildoma medžiaga:				
Istorija:	Užregistruotas 2005m. kovo 5d.			

Reikalavimas #:	R9	Reikalavimo tipas:	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	5
Aprašymas:	Sistema generuoja galutinį grafinio formato failą ir išsaugoją jį kompiuterio atmintyje.			
Pagrindimas:	Vandens ženklų pažymėtas vaizdas turi būti išsaugotas, taip įtvirtinant sistemos darbo metu gautą rezultatą kaip galutinį sistemos darbo produktą.			
Šaltinis:	Vartotojas			
Tinkamumo kriterijus:	Kompiuterio kietajame diske išsaugotas grafinio formato failas.			
Priklausomybės:	Nėra	Konfliktai:	Nėra	
Papildoma medžiaga:				
Istorija:	Užregistruotas 2005m. kovo 5d.			

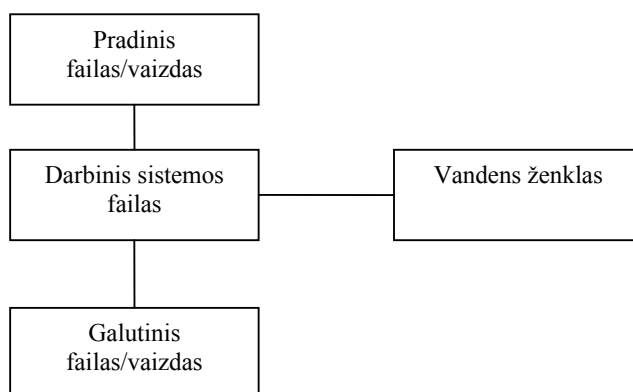
Reikalavimas #:	R10	Reikalavimo tipas:	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	3, 6
Aprašymas:	Sistema turi leisti pasirinkti vandens ženklų aptikimo metodą.			
Pagrindimas:	Sistemoje bus realizuoti keli vandens ženklų aptikimo metodai.			
Šaltinis:	Vartotojas			
Tinkamumo kriterijus:	Korektiškai veikiantys vandens ženklų aptikimo algoritmai.			
Priklausomybės:	Nėra	Konfliktai:	Nėra	
Papildoma medžiaga:				
Istorija:	Užregistruotas 2005m. kovo 5d.			

Reikalavimas #:	R11	Reikalavimo tipas:	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	6
Aprašymas:	Sistema generuoja galutinį aptikto vandens ženklų failą ir išsaugoją jį kompiuterio atmintyje.			
Pagrindimas:	Aptiktas vandens ženklų failas turi būti išsaugotas, taip įtvirtinant sistemos darbo metu gautą rezultatą kaip galutinį sistemos darbo produktą.			
Šaltinis:	Vartotojas			
Tinkamumo kriterijus:	Kompiuterio kietajame diske išsaugotas vandens ženklų failas.			
Priklausomybės:	Nėra	Konfliktai:	Nėra	
Papildoma medžiaga:				
Istorija:	Užregistruotas 2005m. kovo 5d.			

Reikalavimas #:	R12	Reikalavimo tipas:	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	6
Aprašymas:	Sistema aptinka vandens ženklą..			
Pagrindimas:	Sistema turi gebėti aptikti vaizde esantį vandens ženklą ir neaptikti jo ten, kur jo iš tikrųjų nėra..			
Šaltinis:	Vartotojas			
Tinkamumo kriterijus:	Korektiškai veikiantys vandens ženklo aptikimo algoritmai..			
Priklausomybės:	Nėra	Konfliktai:	Nėra	
Papildoma medžiaga:				
Istorija:	Užregistruotas 2005m. kovo 5d.			

Reikalavimai duomenims

Pradinis duomenų modelis, kuris ateityje gali kisti.



11 pav. Duomenų modelio diagrama.

3.1.4. Nefunkciniai reikalavimai

Reikalavimai sistemos išvaizdai

- Intuityviai suprantama ir vartotojui „draugiška“ grafinė sąsaja.
- Neįkyri sąsaja, nereikalaujanti pastoviai ką nors kelis kartus patvirtinti.
- Profesionalus, techninis dizainas.

Reikalavimas #:	R13	Reikalavimo tipas:	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	Visi
Aprašymas:	Lengvai suvokiama vartotojo sąsaja.			
Pagrindimas:	Sudėtingas naudojimasis programine įranga vartotojui būtų nepatogus.			
Šaltinis:	Vartotojas			
Tinkamumo kriterijus:	Nereikalaujanti konsultacijų vartotojo sąsaja.			
Priklausomybės:	Nėra	Konfliktai:	Nėra	
Papildoma medžiaga:	Sistemos vadovas.			
Istorija:	Užregistruotas 2005m. kovo 15d.			

Reikalavimai panaudojamumui (*Usability*)

Reikalavimas #:	R14	Reikalavimo tipas:	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	Visi
Aprašymas:	Paprastas panaudojumas, nereikalaujantis specialaus vartotojo apmokymo.			
Pagrindimas:	Sistema bus naudojama dažnai, todėl ji turi būti pakankamai paprasta, kad darbuotojas neventų naudotis sistema. Sistema turi būti patogi vartotojui (<i>user friendly</i>).			
Šaltinis:	Vartotojas			
Tinkamumo kriterijus:	Žinantis funkcines sistemos galimybes darbuotojas sugebėtų naudotis sistema be apmokymo. 80-90% darbo be klaidų dirbant su sistema pirmą kartą.			
Priklausomybės:	Nėra	Konfliktai:	Nėra	
Papildoma medžiaga:	Užregistruotas 2005m. kovo 15d.			
Istorija:	Užregistruotas 2005m. kovo 15d.			

Reikalavimai vykdymo charakteristikoms (*Performance*)

Reikalavimas #:	R15	Reikalavimo tipas:	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	Visi
Aprašymas:	Resursų panaudojimo efektyvumas.			
Pagrindimas:	Sistema turi efektyviai išnaudoti turimus resursus, nekenkiant kitoms gretimai instaliuotoms sistemoms, netrikdant jų veiklos.			
Šaltinis:	Vartotojas			
Tinkamumo kriterijus:	Sistema netrikdo kitų programų darbo. Leidžia vartotojui lygiagrečiai dirbti su keliomis programomis.			
Priklausomybės:	Nėra	Konfliktai:	Nėra	
Papildoma medžiaga:	Užregistruotas 2005m. kovo 15d.			
Istorija:	Užregistruotas 2005m. kovo 15d.			

Reikalavimas #:	R16	Reikalavimo tipas:	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	Visi
Aprašymas:	Sistemos išplečiamumas.			
Pagrindimas:	Galimybė integruoti į sistemą naujus komponentus arba patobulinti esamus.			
Šaltinis:	Vartotojas			
Tinkamumo kriterijus:	Naujo programinio komponento integravimas neturi sukelti didelių problemų, net jeigu šio projekto vykdytojai negalės tiesiogiai dalyvauti sistemos pakeitimuose.			
Priklausomybės:	Nėra	Konfliktai:	Nėra	
Papildoma medžiaga:				
Istorija:	Užregistruotas 2005m. kovo 15d.			

Reikalavimas #:	R17	Reikalavimo tipas:	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	Visi
Aprašymas:	Korektiškumas.			
Pagrindimas:	Sistemoje neturi būti klaidų.			
Šaltinis:	Vartotojas			
Tinkamumo kriterijus:	Sistema funkcionuoja be klaidų arba klaidų skaičius yra minimalus ir netrikdo vartotojo darbo.			
Priklausomybės:	Nėra	Konfliktai:	Nėra	
Papildoma medžiaga:				
Istorija:	Užregistruotas 2005m. kovo 15d.			

Reikalavimas #:	R18	Reikalavimo tipas:	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	Visi
Aprašymas:	Operacijų vykdymo greitis.			
Pagrindimas:	Operacijos turi būti vykdomos taip, kad vartotojui nekiltų įtarimas, jog sistema nefunkcionuoja arba užduotis nėra vykdoma.			
Šaltinis:	Vartotojas.			
Tinkamumo kriterijus:	Operacijų vykdymo greitis turi būti proporcingas paduotam duomenų kiekiui.			
Priklausomybės:	Nėra	Konfliktai:	Nėra	
Papildoma medžiaga:				
Istorija:	Užregistruotas 2005m. kovo 15d.			

Reikalavimai veikimo sąlygoms (*Operational*)

Reikalavimas #:	R19	Reikalavimo tipas:	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	Visi
Aprašymas:	Sistema - nepriklausomas išbaigtas produktas.			
Pagrindimas:	Sistema turi būti pritaikyta darbui konkrečioje nepriklausomoje kompiuterizuotoje darbo vietoje. Ypatinę darbo sąlygų nėra.			
Šaltinis:	Vartotojas			
Tinkamumo kriterijus:	Sistema funkcionuoja nepriklausomoje kompiuterizuotoje darbo vietoje.			
Priklausomybės:	Nėra	Konfliktai:	Nėra	
Papildoma medžiaga:	Užregistruotas 2005m. kovo 15d.			
Istorija:	Užregistruotas 2005m. kovo 15d.			

Reikalavimas #:	R20	Reikalavimo tipas:	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	Visi
Aprašymas:	Sistema turi veikti su Windows 98/2000/XP operacinėmis sistemomis.			
Pagrindimas:	Šios operacinės sistemos šiuo metu populiariausios.			
Šaltinis:	Vartotojas			
Tinkamumo kriterijus:	Programinės įrangos panaudojimas Windows 98/2000/XP operacinėse sistemose.			
Priklausomybės:	Nėra	Konfliktai:	Nėra	
Papildoma medžiaga:	Užregistruotas 2005m. kovo 15d.			
Istorija:	Užregistruotas 2005m. kovo 15d.			

Reikalavimai sistemos priežiūrai (*Maintainability and portability*)

Sistemos priežiūros veiksniai:

- Atsiradusios klaidos (kūrimo metu, testavimo metu);
- Užsakovo reikalavimų pasikeitimas;
- Personalo kaita (kaip projekto vykdytojų komandoje, taip ir užsakovo pusėje);
- Techninės įrangos ir kuriamo produkto suderinamumo klausimai.

Efektyvesniam sistemos palaikymui ir priežiūrai sistemą būtina dokumentuoti.

Dokumentacija turi būti laiku atnaujinama, vos atsiradus sistemos pakeitimams.

Reikalavimas #:	R21	Reikalavimo tipas:	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	Visi
Aprašymas:	Minimalus rezervas palaikymo darbams atlikti.			
Pagrindimas:	Daugelis projektų vėluoja dėl nenumatytų darbų atsiradimo projekto pabaigoje, todėl turi būti iš anksto suplanuotas laikas, kuris bus skirtas palaikymo darbams atlikti.			
Šaltinis:	Vartotojas			
Tinkamumo kriterijus:	Nevėluojantis projektas (vėluojantis minimaliai).			
Priklausomybės:	Nėra	Konfliktai:	Nėra	
Papildoma medžiaga:				
Istorija:	Užregistruotas 2005m. kovo 15d.			

Reikalavimas #:	R22	Reikalavimo tipas:	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	Visi
Aprašymas:	Dokumentavimo sistema.			
Pagrindimas:	Palaikyti tokią dokumentavimo sistemą, kuri vėliau leistų atlikti palaikymo darbus minimaliomis sąnaudomis.			
Šaltinis:	Vartotojas			
Tinkamumo kriterijus:	Savalaikiška dokumentacija.			
Priklausomybės:	Nėra	Konfliktai:	Nėra	
Papildoma medžiaga:				
Istorija:	Užregistruotas 2005m. kovo 15d.			

Reikalavimai saugumui (*Security*)

Reikalavimas #:	R23	Reikalavimo tipas:	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	Visi
Aprašymas:	Vientisumas.			
Pagrindimas:	Sistemai perduodami šaltinio duomenys neturi būti iškraipomi.			
Šaltinis:	Vartotojas.			
Tinkamumo kriterijus:	Sistemos duomenys vienareikšmiškai atitinka šaltinio duomenis (pvz., nėra iškraipomi nuskaitymo metu).			
Priklausomybės:	Nėra	Konfliktai:	Nėra	
Papildoma medžiaga:				
Istorija:	Užregistruotas 2005m. kovo 15d.			

Kultūriniai-politiniai reikalavimai

Reikalavimas #:	R24	Reikalavimo tipas:	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	Visi
Aprašymas:	Sistema nenaudoja įžeidžiančių terminų ir simbolių.			
Pagrindimas:	Sistemą gali naudoti įvairių tikėjimų ir įsitikinimų žmonės, todėl privalo būti naudojamos tik visoms vartotojų kategorijoms priimtinos notacijos.			
Šaltinis:	Vartotojas.			
Tinkamumo kriterijus:	Produktas atitinka etikos normas.			
Priklausomybės:	Nėra	Konfliktai:	Nėra	
Papildoma medžiaga:				
Istorija:	Užregistruotas 2005m. kovo 15d.			

Teisiniai reikalavimai

Reikalavimas #:	R25	Reikalavimo tipas:	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	Visi
Aprašymas:	Sistema nepažeidžia Lietuvos valstybės įstatymų.			
Pagrindimas:	Visi sistemos atliekami veiksmai yra teisėti, neprieštaruja LR įstatymams.			
Šaltinis:	Vartotojas.			
Tinkamumo kriterijus:	Sistema nėra naudojama neteisėtai arba uždraustų (nepageidaujamų, teroristinių) organizacijų viduje.			
Priklausomybės:	Nėra	Konfliktai:	Nėra	
Papildoma medžiaga:				
Istorija:	Užregistruotas 2005m. kovo 15d.			

3.1.5. Projekto išėiga

Egzistuojantys sprendimai (Off-the-Shelf Solutions)

Pagamintos sistemos, kurios gali būti nupirktos

Nei viena iš šiuo metu egzistuojančių panašių sistemų nebus taikoma kuriamame produkte.

Pagaminti komponentai, kurie gali būti panaudoti

Pasirinkti algoritmai buvo realizuoti Peter Meerwald. Adaptavus ir sukompilavus jo publikuojamus išeities tekstus, buvo gauti kiekvienam algoritmui reikalingi vykdomieji failai. Sukurta programinė įranga integruoja šiuos vykdomuosius failus į vientisą sistemą, pateikiančią vartotojui patogią grafinę sąsają.

Galimas pakartotinas panaudojimas

Pakartotino panaudojimo nebus, produktas kuriamas naujai.

Naujos problemos

Problemos diegimo aplinkai

Jei kompiuterio techninės charakteristikos atitinka prieš tai minėtus reikalavimus, problemų diegimo aplinkai neturėtų būti.

Įtaka jau instaliuotoms sistemoms

Kuriama sistema neturi jokios įtakos jau instaliuotoms sistemoms.

Neigiamas vartotojų nusiteikimas

Vartotojų neigiamo nusiteikimo nėra.

Kliudantys diegimo aplinkos apribojimai

Turi būti įdiegtas *Windows .NET Framework 2.0..*

Galimos naujos sistemos sukeltos problemos

Nėra.

Uždaviniai

Sistemos pateikimo žingsniai (etapai)

1. Reikalavimų nustatymas:

- poreikių surinkimas;
- poreikių specifikavimas.

2. Analizė:

- reikalavimų sistemai specifikavimas.

3. Projektavimas:

- architektūros specifikavimas;
- detalus architektūros specifikavimas.

4. Realizavimas:

- funkcijų hierarchijos sudarymo modulis;
- veiksmų, formuojančių rezultatus, diagramos modulis;
- funkcinių modulių realizacija.

5. Testavimas:

- modulių testavimas;
- bendras sistemos testavimas.

6. Diegimas ir eksploatavimas.

7. Vartotojo apmokymas.

Vystymo etapai

Vaizdų autentiškumo kontrolės sistemos vystymo etapai:

- paveikslėlių peržiūros priemonių vystymas
- grafinio formato failų konvertavimo priemonių vystymas;
- vandens ženklo kūrimo priemonių vystymas;
- vandens ženklo įterpimo operacijos;
- vandens ženklo aptikimo priemonių vystymas.

Pritaikymas (Cutover)

Reikalavimai esamų duomenų perkėlimui

Jokių duomenų perkelti nereikia.

Reikalingas duomenų transformavimas perkeliant į naują sistemą

Duomenų transformavimas nereikalingas.

Rizikos

Galimos sistemos kūrimo rizikos

<i>Rizikos faktorius</i>	<i>Tikimybinis įvertinimas*</i>
Projekte dalyvaujančio personalo patirtis ir sugebėjimai	10
Algoritmų ir metodų naudojimas pirmą kartą	10
Vartotojo reikalavimų pasikeitimai	6
Architektūros klaidų aptikimas realizavimo fazėje	8

* – įvertinimo skalė: 10 – rizika tikrai sukels problemas, 1 – rizika nesukels problemų.

Atsitiktinumų (rizikų) valdymo planas

Rizikos faktoriai ir numatomi planai problemoms spręsti.

<i>Rizikos faktorius</i>	<i>Problemos sprendimas</i>
Projekte dalyvaujančio personalo patirtis ir sugebėjimai	Susitarti su vadovu naudoti programinę įrangą, su kuria personalas turi bent minimalios darbo patirties.
Algoritmų ir metodų naudojimas pirmą kartą	Reikia pasistengti, kad naujų algoritmų ir metodų naudojimas kuo įmanoma mažiau vėlintų projektą.
Vartotojo reikalavimų pasikeitimas	Nuolatinis bendravimas su vartotoju, kad reikalavimų pasikeitimai nebūtų netikėti ar kardinalūs. Projekto plane palikti laiko rezervą pakeitimams atlikti.
Architektūros klaidų aptikimas realizavimo fazėje	Numatyti laiko rezervą projekto plane.

Kaina

Atviras klausimas.

Vartotojo dokumentacija ir apmokymas

- Programos įdiegimo vadovas;
- Vartotojo vadovas (sistemos funkcijos bei galimybės);

Perspektyviniai reikalavimai (*Waiting room*)

Konfidencialumo reikalavimas: autorizuotas vartotojų naudojimas sistema.

Projekto sėkmės atveju galimas produkto pritaikymas rinkai, todėl projektuojant turi būti atsižvelgta į projekto išplečiamumą.

3.2. Projektuojamos sistemos architektūra

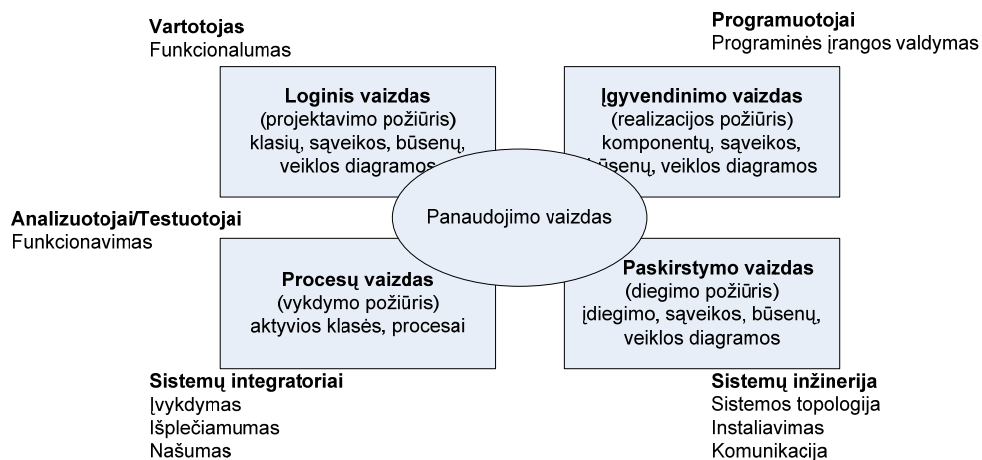
Dokumentas skirtas vaizdų autentiškumo kontrolės sistemos architektūrai specifikuoti. Tam naudojami keli skirtingi architektūriniai vaizdai, kurie parodo skirtingus kuriamos sistemos architektūrinius aspektus. Šis dokumentas tarnauja kaip bendravimo medžiaga tarp programinės įrangos architekto ir kitų komandos narių dėl architektūrinių sistemos kūrimo sprendimų.

2 lentelė. Galimi dokumento vartotojai

Galimi dokumento vartotojai	Dokumento panaudojimas
Užsakovas	Noras detaliau susipažinti su kuriama sistema.
Vadovas	Susipažinti su projektavimo eiga, ją koreguoti atradus netikslumus/klaidas.
Sistemos projektuotojas	Pradinio sistemos architektūros vaizdo kūrimas, kuris vėliau bus detalizuotas.
Sistemos analitikas	Aptikti sistemos architektūros trūkumus.
Sistemos programuotojas (realizuotojas)	Dalies kodo generavimas iš pateiktų diagramų.
Kiti vartotojai	Susipažinti su UML ir RUP taikymu sistemų projektavime.

3.2.1. Architektūros pateikimas

Sistemos architektūra pateikta remiantis RUP rekomendacijomis ir Rational Architecture Practice gairėmis (Kruchten, 2003). Visos reikalingos diagramos bus vaizduojamos UML notacija.



12 pav. Sistemos architektūros pateikimo vaizdai

3 lentelė. Sistemos architektūros pateikimo diagramų sąrašas

Vaizdas	Diagramos
Panaudojimo (Use-Case)	Panaudojimo atvejų diagrama
Loginis (Logical)	Klasių diagramos
Procesų (Process)	Būsenų diagramos Sekų diagramos
Komponentų išdėstymo (Deployment)	Išdėstymo diagrama
Duomenų	Duomenų struktūros diagrama

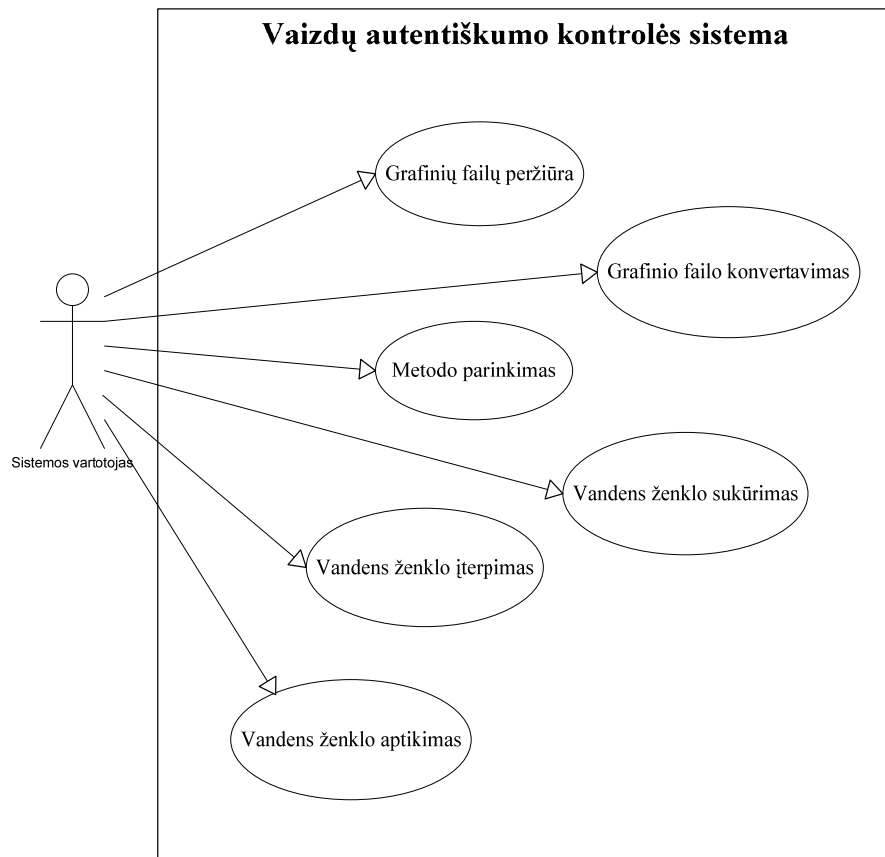
3.2.2. Architektūros tikslai ir apribojimai

Specifiniai reikalavimai ir apribojimai: duomenys sistemai turi būti pateikti korektiškai, kad sistema galėtų juos panaudoti ir nesutriktų jos veikimas.

Projektavimo ir įgyvendinimo strategija: sistema projektuojama pagal RUP metodiką; įgyvendinant galimi pakeitimai (pakeitimams fiksuoti bus kuriamos dokumento versijos).

Projektavimo įrankiai: MS Word, MS Visio.

3.2.3. Panaudojimo atvejų vaizdas

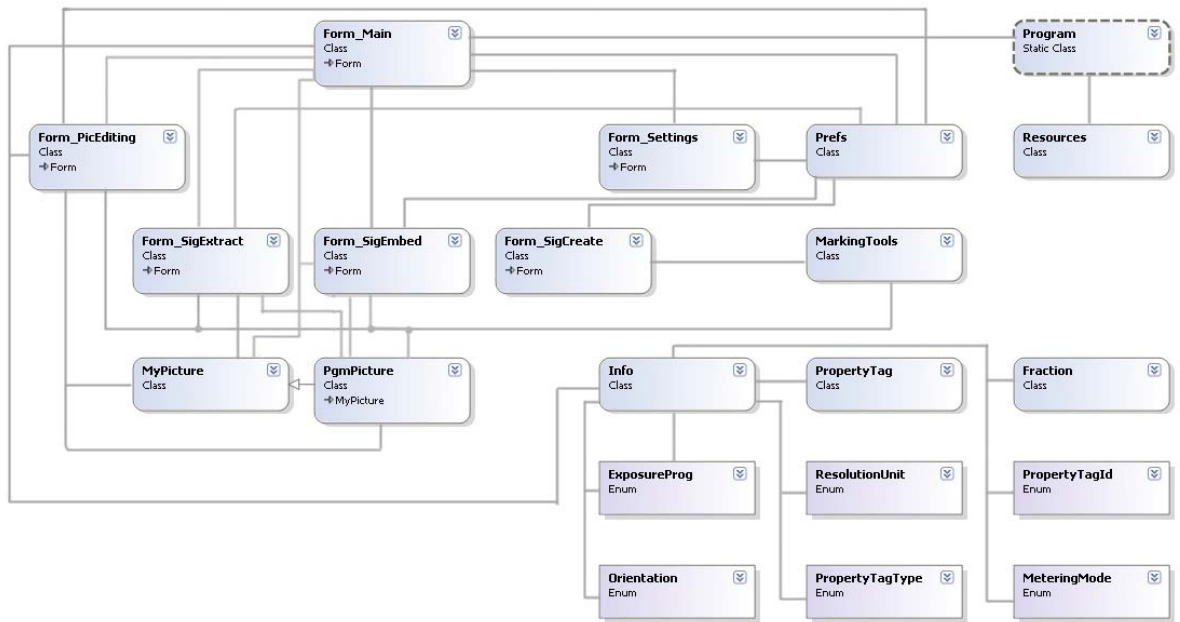


13 pav. Panaudojimo atvejų diagrama.

Panaudojimo atvejai aprašyti 40-42 puslapiuose.

3.2.4. Sistemos statinis vaizdas (klasių diagramos)

Šiame skyriuje aprašoma loginė sistemos struktūra. Pateikiama sistemos klasių diagrama. Visa kuriama sistema aukščiausiame lygyje išskaidyta į tokias klases



14 pav. Sistemos klasių diagrama.

3.2.4.1. *Form_Main*

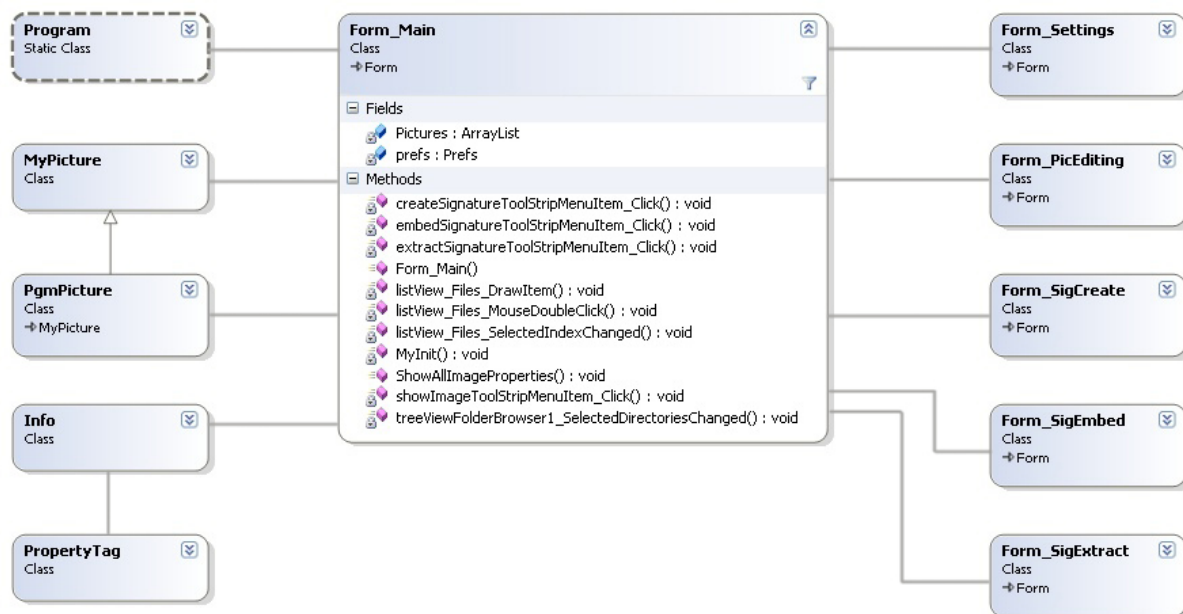
Klasifikacija Klasė.

Apibrėžimas Pagrindinio programos lango klasė.

Atsakomybės Atsakinga už pagrindinio programos lango ir jo komponentų sukūrimą ir apdorojimą.

Struktūra Klasę sudaro žemiau aprašyti metodai.

Sąveikavimas Klasė naudojami *Form_Settings*, *Form_SigCreate*, *Form_SigEmbed*, *Form_SigExtract*, *Form_PicEditing*, *MyPicture*, *PgmPicture*, *Info* klasėmis.



15 pav. Klasė Form_Main

Klasės metodai

`treeViewFolderBrowser1_SelectedDirectoriesChanged()`

Atsakomybės Sekti pasirinktos direktorijos pasikeitimą direktorių medyje.

Skaičiavimai Sudaromas aktyvioje direktorijoje esančių jpg ir pgm formatų failų sąrašas.

`listView_Files_DrawItem()`

Atsakomybės Vaizduoti pasirinktos direktorijos grafinius failus sąrašė.

Skaičiavimai Kiekvienas sąrašė esantis elementas vaizduojamas ekrane.

`ShowAllImageProperties()`

Atsakomybės Parodyti pasirinkto grafinio failo Exif informaciją ypatybių sąrašė.

Skaičiavimai Kiekviena ypatybė išvedama į ypatybių sąrašą.

`listView_Files_SelectedIndexChanged()`

Atsakomybės Sekti pasirinkto grafinio failo pasikeitimą failų sąrašė.

Skaičiavimai Pasirinkto failo Exif informacija parodoma ypatybių sąrašė.

`listView_Files_MouseDoubleClick()`

Atsakomybės Reaguoti į grafinio failo pasirinkimą iš failų sąrašo.

Skaičiavimai Pasirinktas failas parodomas ekrane atskirame lange.

`exitToolStripMenuItem_Click()`

Atsakomybės Reaguoti į meniu punkto „Close“ pasirinkimą.

Skaičiavimai Uždaro langą.

`showImageToolStripMenuItem_Click()`

Atsakomybės Reaguoti į meniu punkto „*Show Image*“ pasirinkimą.

Skaičiavimai Aktyvuoja *Form_PicEditing* langą.

`createSignatureToolStripMenuItem_Click()`

Atsakomybės Reaguoti į meniu punkto „*Create Signature*“ pasirinkimą.

Skaičiavimai Aktyvuoja *Form_SigCreate* langą.

`embedSignatureToolStripMenuItem_Click()`

Atsakomybės Reaguoti į meniu punkto „*Embed Signature*“ pasirinkimą.

Skaičiavimai Aktyvuoja *Form_SigEmbed* langą.

`extractSignatureToolStripMenuItem_Click()`

Atsakomybės Reaguoti į meniu punkto „*Extract Signature*“ pasirinkimą.

Skaičiavimai Aktyvuoja *Form_SigExtract* langą.

`toolStripMenuItem2_Click()`

Atsakomybės Reaguoti į meniu punkto „*Settings*“ pasirinkimą.

Skaičiavimai Aktyvuoja *Form_Settings* langą.

`aboutToolStripMenuItem_Click()`

Atsakomybės Reaguoti į meniu punkto „*About*“ pasirinkimą.

Skaičiavimai Aktyvuoja *AboutBox* langą.

3.2.4.2. *Form_PicEditing*

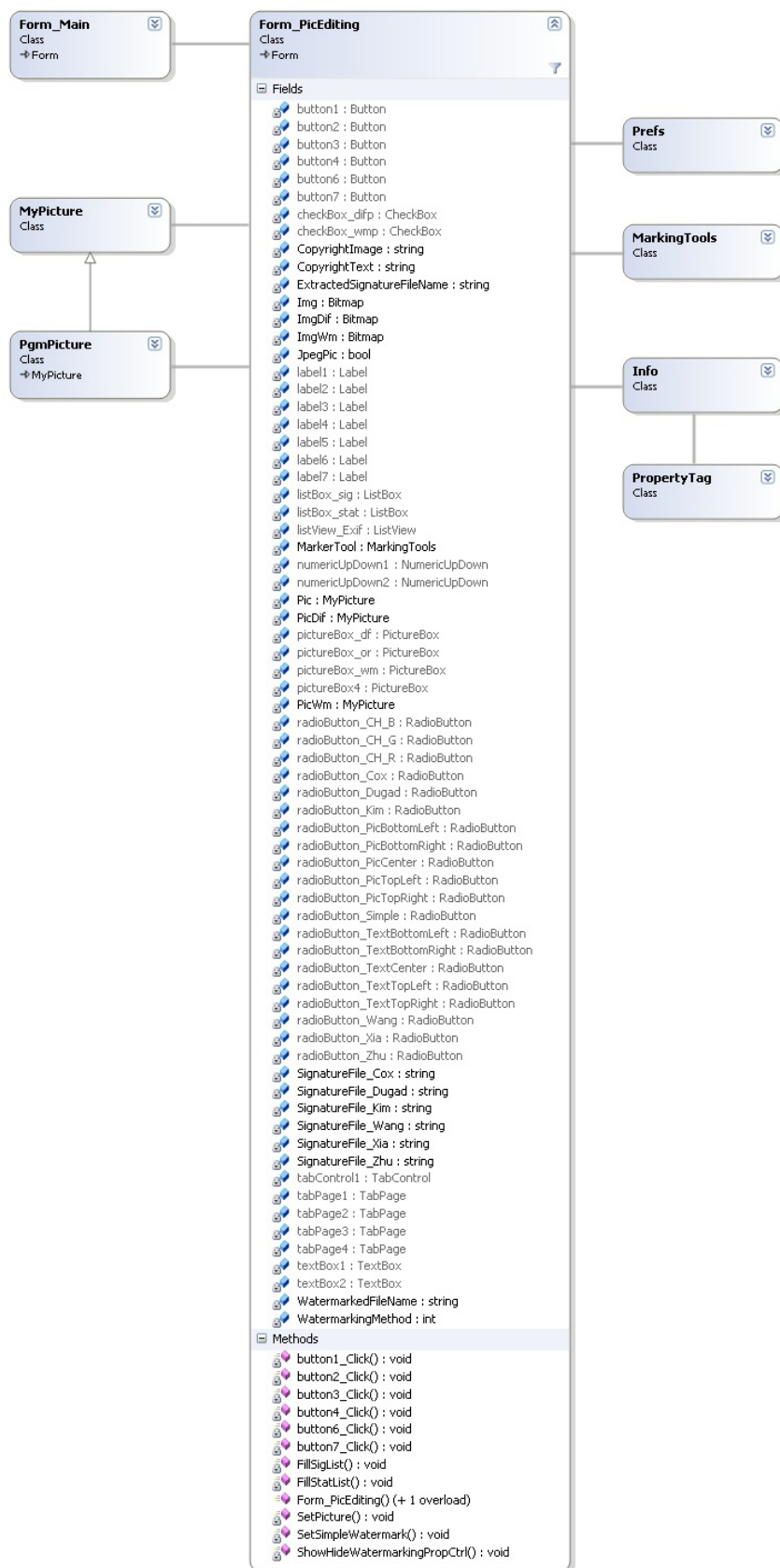
Klasifikacija Klasė.

Apibrėžimas Pasirinkto paveikslėlio apdorojimo lango klasė.

Atsakomybės Atsakinga už paveikslėlio apdorojimo lango ir jo komponentų sukūrimą ir apdorojimą.

Struktūra Klasę sudaro žemiau aprašyti metodai.

Sąveikavimas Klasė naudojasi *MyPicture*, *PgmPicture*, *Info*, *Prefs*, *MarkingTools* klasėmis. Klase naudojasi *Form_Main* klasė.



16 pav. Klasė Form_PicEditing

Klasės metodai

ShowHideWatermarkingPropCtrl()

Atsakomybės Lango objektų rodymas arba slėpimas.

Skaičiavimai Parodo arba paslepia atitinkamus lango objektus.

button2_Click()

Atsakomybės Reaguoti į mygtuko „*Set Signature*“ paspaudimą.

Skaičiavimai Įterpia vandens ženklą į paveikslėlį.

SetSimpleWatermark()

Atsakomybės Paprasto vandens ženklo įterpimas į paveikslėlį.

Skaičiavimai Apdoroja paveikslėlių.

SetPicture()

Atsakomybės Reikiamo paveikslėlio rodymas ekrane.

Skaičiavimai Keičia paveikslėlio dydį pagal lango dydį.

button3_Click()

Atsakomybės Reaguoti į mygtuko „*Mark Picture*“ paspaudimą.

Skaičiavimai Leidžia pasirinkti paveikslėlį.

button6_Click()

Atsakomybės Reaguoti į mygtuko „*Create Signature*“ paspaudimą.

Skaičiavimai Sukuria vandens ženklą.

button7_Click()

Atsakomybės Reaguoti į mygtuko „*Select Signature*“ paspaudimą.

Skaičiavimai Leidžia pasirinkti vandens ženklo failą.

FillSigList()

Atsakomybės Vandens ženklo failo skaitymas.

Skaičiavimai Skaito vandens ženklo failą ir parodo jį ekrane.

button4_Click()

Atsakomybės Reaguoti į mygtuko „*Extract Signature*“ paspaudimą.

Skaičiavimai Aptinka vandens ženklą paveikslėlyje.

FillStatList()

Atsakomybės Veiksmų statistikos rodymas.

Skaičiavimai Rodo turimą statistinę informaciją apie atliktus veiksmus ekrane.

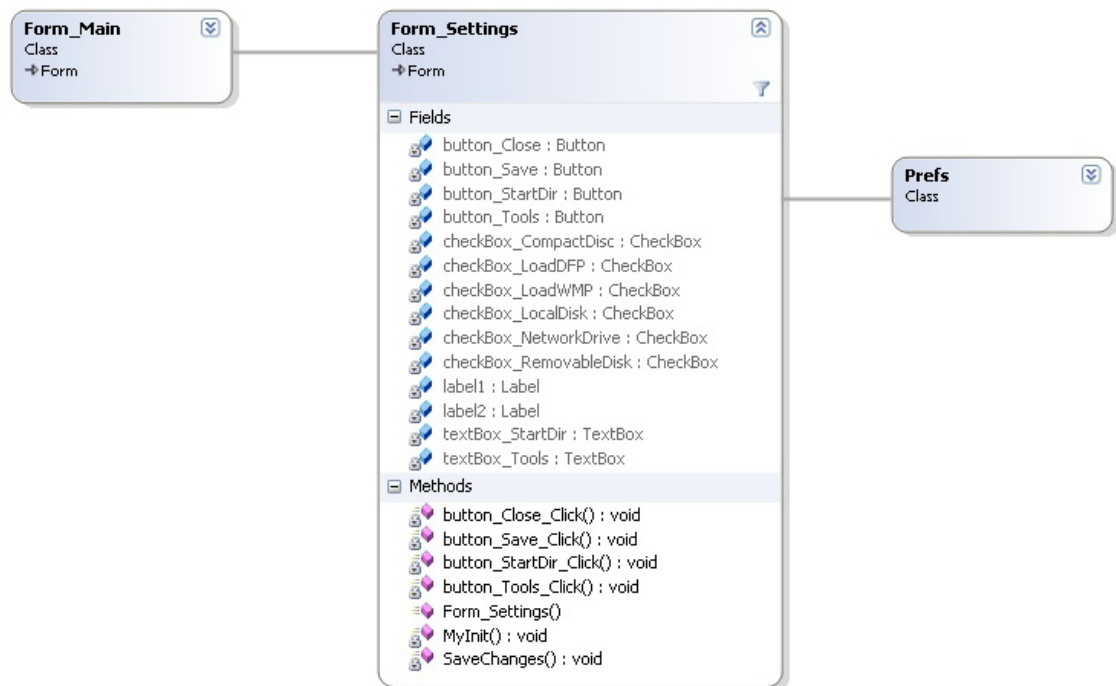
button1_Click()

Atsakomybės Reaguoti į mygtuko „*Close*“ paspaudimą.

Skaičiavimai Uždaro langą.

3.2.4.3. *Form_Settings*

Klasifikacija	Klasė.
Apibrėžimas	Programos nustatymų parinkimo lango klasė.
Atsakomybės	Atsakinga už programos nustatymų lango ir jo komponentų sukūrimą ir apdorojimą.
Struktūra	Klasę sudaro žemiau aprašyti metodai.
Sąveikavimas	Klasė naudojami <i>Prefs</i> klase. Klase naudojami <i>Form_Main</i> klase.



17 pav. Klasė *Form_Settings*

Klasės metodai

`button_Save_Click()`

Atsakomybės Reaguoti į mygtuko „Save“ paspaudimą.

Skaičiavimai Išsaugo programos nustatymus.

`button_Close_Click()`

Atsakomybės Reaguoti į mygtuko „Close“ paspaudimą.

Skaičiavimai Uždaro langą.

`MyInit()`

Atsakomybės Inicializuoti lango komponentus.

Skaičiavimai Nustato lango komponentų savybes.

SaveChanges()

Atsakomybės Išsaugoti programos nustatymus faile.

Skaičiavimai Įrašo pasirinktus programos nustatymus į failą.

button_Tools_Click()

Atsakomybės Reaguoti į mygtuko „...“ (įrankių direktorijos parinkimas) paspaudimą.

Skaičiavimai Leidžia pasirinkti direktoriją, kurioje yra reikalingi įrankiai.

button_StartDir_Click()

Atsakomybės Reaguoti į mygtuko „...“ (dialogo langų pradinės direktorijos parinkimas) paspaudimą.

Skaičiavimai Leidžia pasirinkti pradinę dialogo langų direktoriją.

3.2.4.4. *Form_SigCreate*

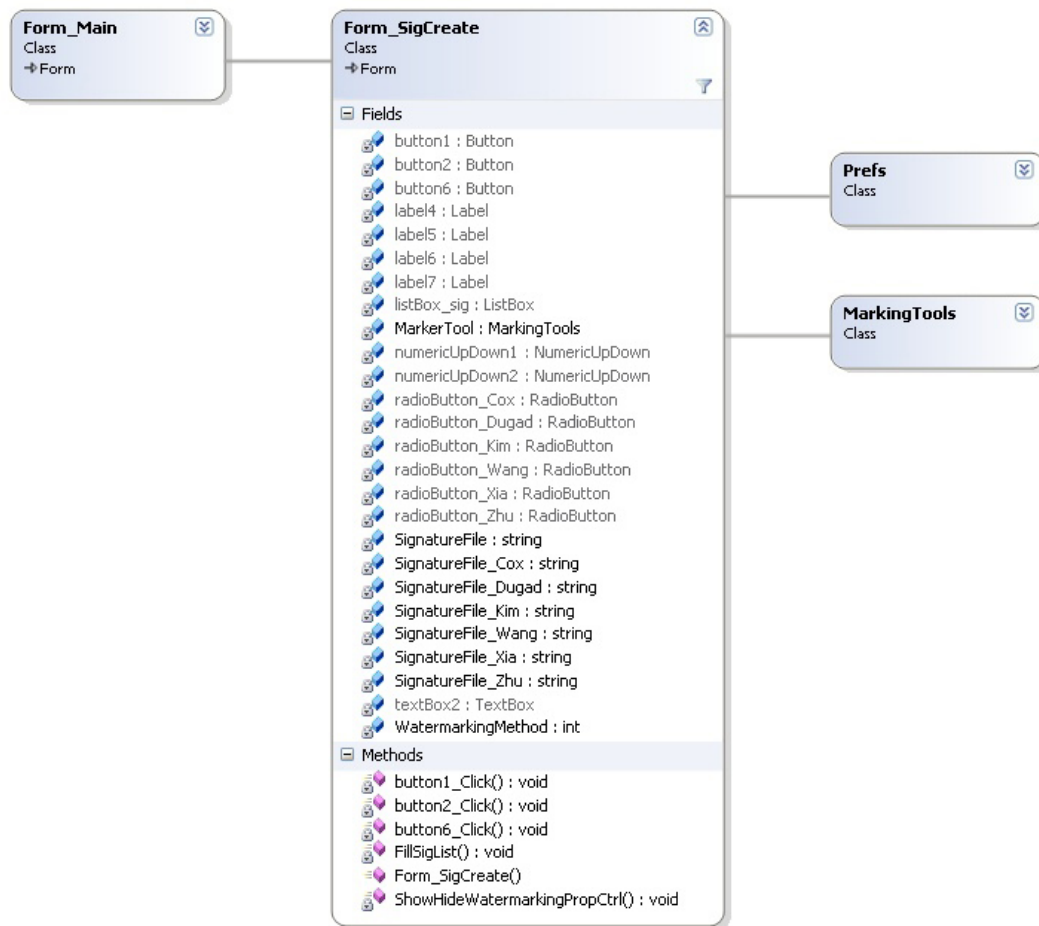
Klasifikacija Klasė.

Apibrėžimas Vandens ženklų sukūrimo lango klasė.

Atsakomybės Atsakinga už vandens ženklų sukūrimo lango ir jo komponentų sukūrimą ir apdorojimą.

Struktūra Klasę sudaro žemiau aprašyti metodai.

Sąveikavimas Klasė naudojami *Prefs*, *MarkingTools* klasėmis. Klase naudojami *Form_Main* klasė.



18 pav. Klasė Form_SigCreate

Klasės metodai

`button2_Click()`

Atsakomybės Reaguoti į mygtuko „Close“ paspaudimą.

Skaičiavimai Uždaro langą.

`button1_Click()`

Atsakomybės Reaguoti į mygtuko „...“ (vandens ženklo failo parinkimas) paspaudimą.

Skaičiavimai Leidžia pasirinkti failą, kuriame bus išsaugotas vandens ženklas.

`button6_Click()`

Atsakomybės Reaguoti į mygtuko „Create Signature“ paspaudimą.

Skaičiavimai Sukuria vandens ženklą.

`FillSigList()`

Atsakomybės Vandens ženklo failo skaitymas.

Skaičiavimai Skaito vandens ženklo failą ir parodo jį ekrane.

ShowHideWatermarkingPropCtrl()

Atsakomybės Lango objektų rodymas arba slėpimas.

Skaičiavimai Parodo arba paslepia atitinkamus lango objektus.

3.2.4.5. *Form_SigEmbed*

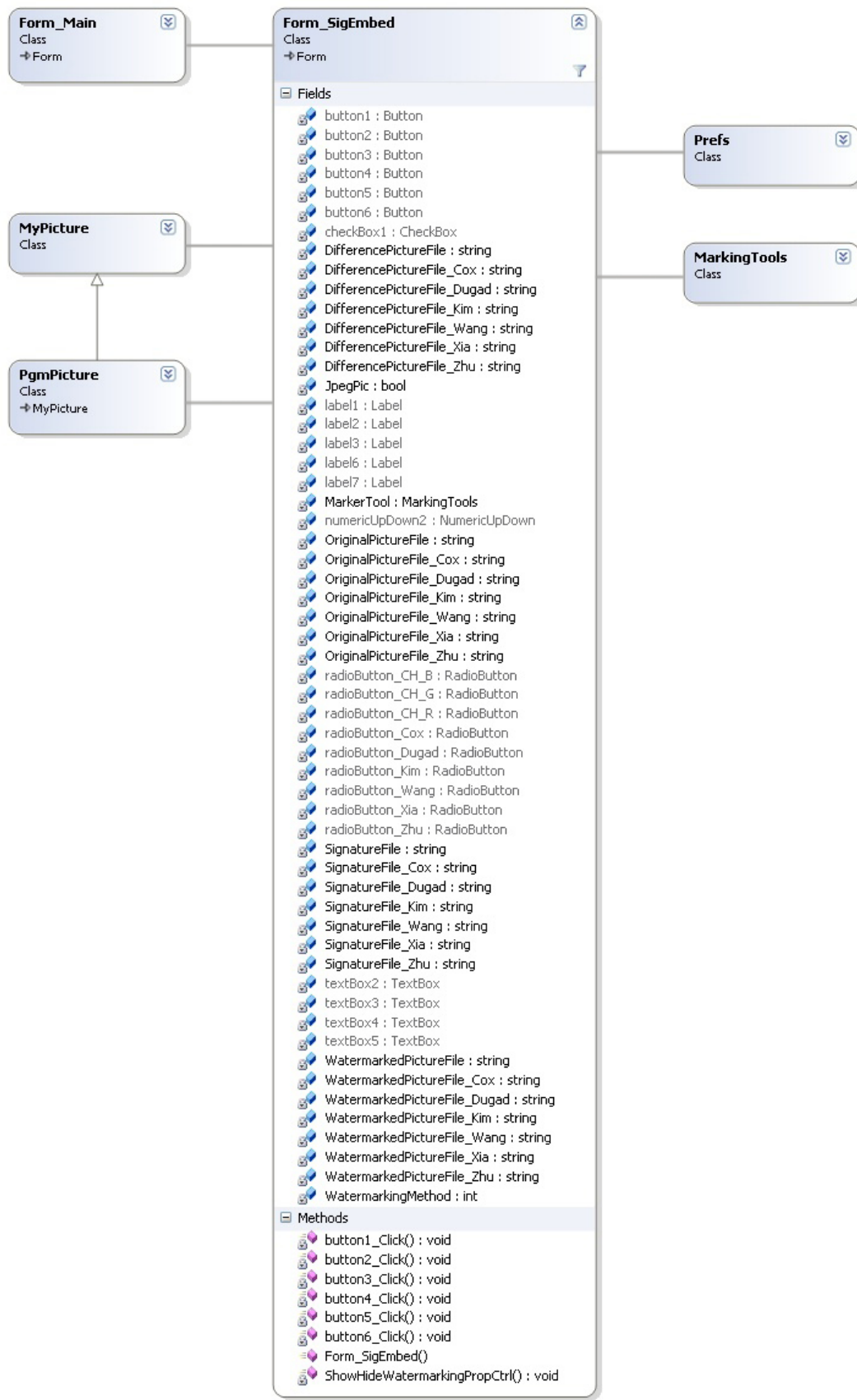
Klasifikacija Klasė.

Apibrėžimas Vandens ženklo įterpimo lango klasė.

Atsakomybės Atsakinga už vandens ženklo įterpimo lango ir jo komponentų sukūrimą ir apdorojimą.

Struktūra Klasę sudaro žemiau aprašyti metodai.

Sąveikavimas Klasė naudojami *MyPicture*, *PgmPicture*, *Prefs*, *MarkingTools* klasėmis. Klase naudojami *Form_Main* klasė..



19 pav. Klasė Form_SigEmbed

Klasės metodai

`button1_Click()`

Atsakomybės Reaguoti į mygtuko „...“ (vandens ženklo failo parinkimas) paspaudimą.

Skaičiavimai Leidžia pasirinkti vandens ženklo failą.

`button2_Click()`

Atsakomybės Reaguoti į mygtuko „...“ (pradinio paveikslėlio failo parinkimas) paspaudimą.

Skaičiavimai Leidžia pasirinkti pradinio paveikslėlio failą.

`button3_Click()`

Atsakomybės Reaguoti į mygtuko „...“ (ženklinto paveikslėlio failo parinkimas) paspaudimą.

Skaičiavimai Leidžia pasirinkti ženklinto paveikslėlio failą.

`button4_Click()`

Atsakomybės Reaguoti į mygtuko „Close“ paspaudimą.

Skaičiavimai Uždaro langą.

`button5_Click()`

Atsakomybės Reaguoti į mygtuko „...“ (skirtuminio paveikslėlio failo parinkimas) paspaudimą.

Skaičiavimai Leidžia pasirinkti skirtuminio paveikslėlio failą.

`button6_Click()`

Atsakomybės Reaguoti į mygtuko „Embed Signature“ paspaudimą.

Skaičiavimai Įterpia vandens ženklą į paveikslėlį.

`ShowHideWatermarkingPropCtrl()`

Atsakomybės Lango objektų rodymas arba slėpimas.

Skaičiavimai Parodo arba paslepia atitinkamus lango objektus.

3.2.4.6. *Form_SigExtract*

Klasifikacija Klasė.

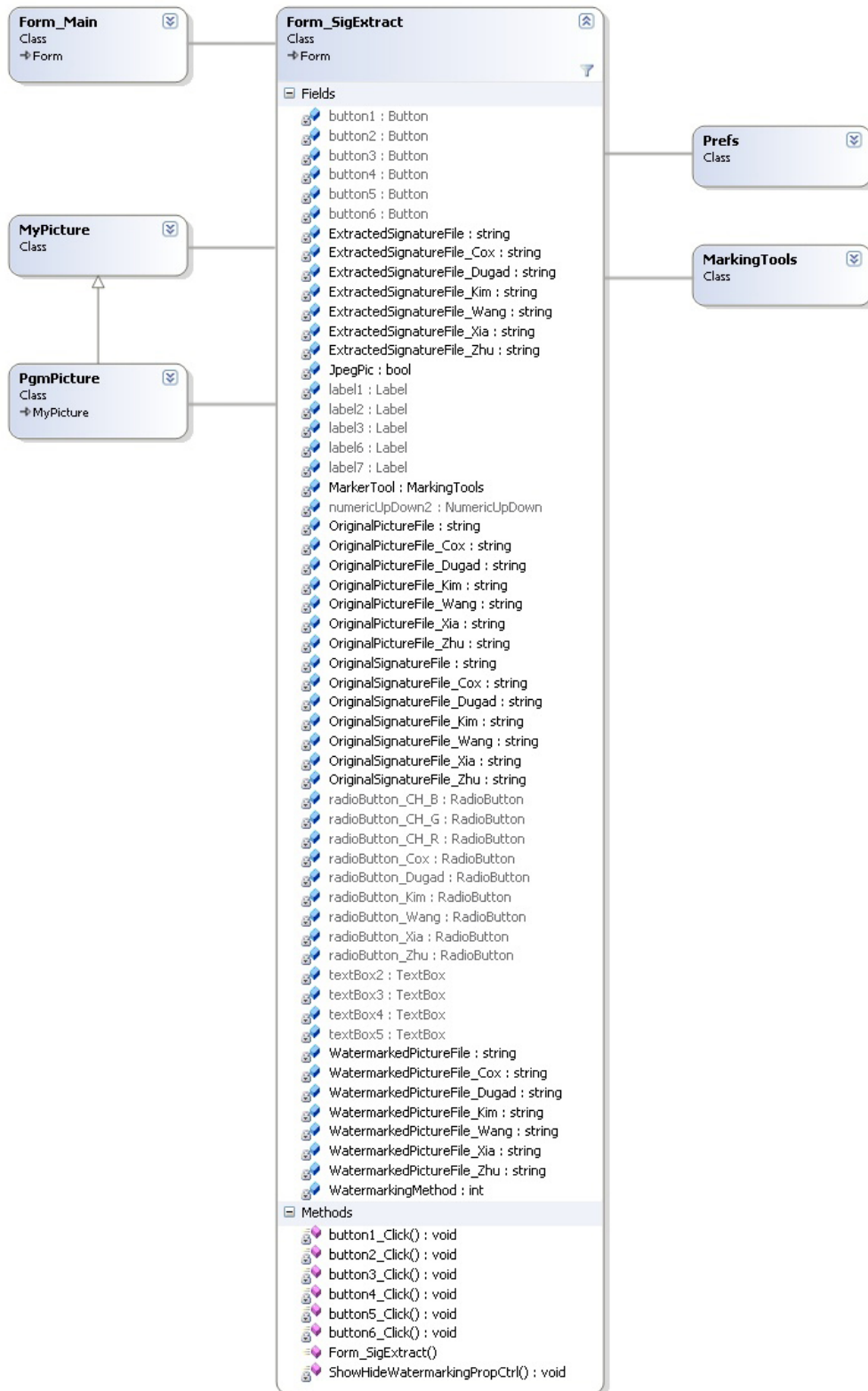
Apibrėžimas Vandens ženklo aptikimo lango klasė.

Atsakomybės Atsakinga už vandens ženklo aptikimo lango ir jo komponentų sukūrimą ir apdorojimą.

Struktūra Klasę sudaro žemiau aprašyti metodai.

Sąveikavimas

Klasė naudojami *MyPicture*, *PgmPicture*, *Prefs*, *MarkingTools* klasėmis. Klase naudojami *Form_Main* klasė.



20 pav. Klasė **Form_SigExtract**

Klasės metodai

`button1_Click()`

Atsakomybės Reaguoti į mygtuko „...“ (pradinio vandens ženklų failo parinkimas) paspaudimą.

Skaičiavimai Leidžia pasirinkti pradinį vandens ženklų failą.

`button2_Click()`

Atsakomybės Reaguoti į mygtuko „...“ (pradinio paveikslėlio failo parinkimas) paspaudimą.

Skaičiavimai Leidžia pasirinkti pradinio paveikslėlio failą.

`button3_Click()`

Atsakomybės Reaguoti į mygtuko „...“ (ženklinto paveikslėlio failo parinkimas) paspaudimą.

Skaičiavimai Leidžia pasirinkti ženklinto paveikslėlio failą.

`button4_Click()`

Atsakomybės Reaguoti į mygtuko „Close“ paspaudimą.

Skaičiavimai Uždaro langą.

`button5_Click()`

Atsakomybės Reaguoti į mygtuko „...“ (aptikto vandens ženklų failo parinkimas) paspaudimą.

Skaičiavimai Leidžia pasirinkti aptiktą vandens ženklų failą.

`button6_Click()`

Atsakomybės Reaguoti į mygtuko „*Extract Signature*“ paspaudimą.

Skaičiavimai Aptinka vandens ženklų paveikslėlyje.

`ShowHideWatermarkingPropCtrl()`

Atsakomybės Lango objektų rodymas arba slėpimas.

Skaičiavimai Parodo arba paslepia atitinkamus lango objektus.

3.2.4.7. Info

Klasifikacija Klasė.

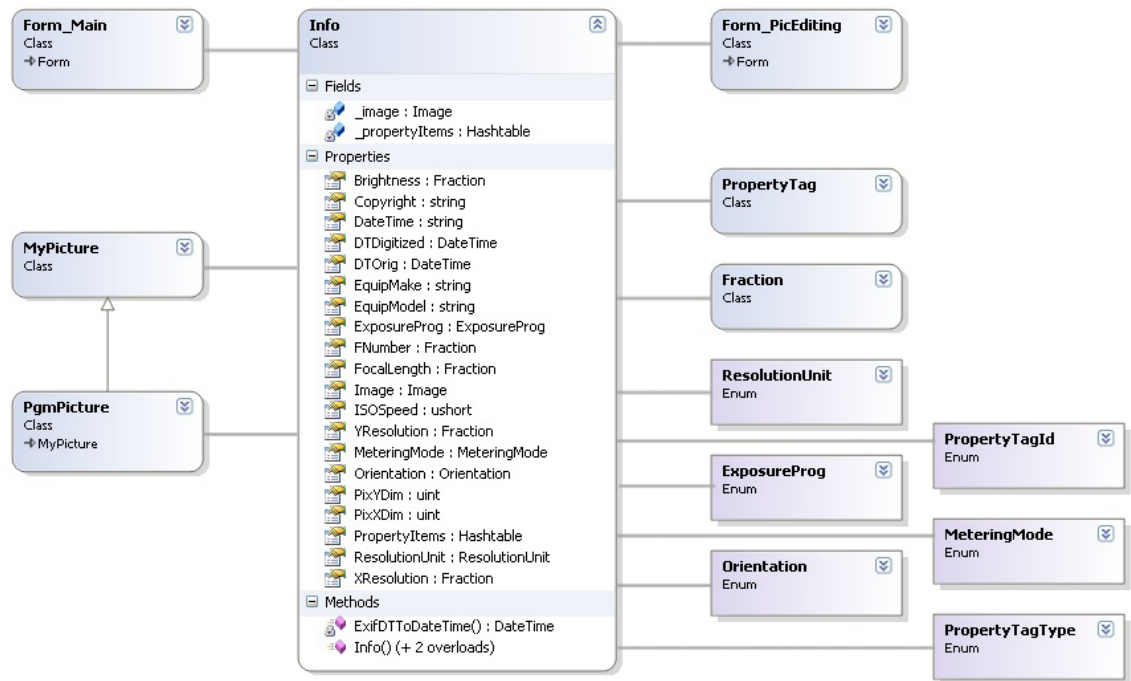
Apibrėžimas Paveikslėlio informacijos saugojimo klasė.

Atsakomybės Atsakinga už paveikslėlio informacijos saugojimą.

Struktūra Klasę sudaro žemiau aprašyti metodai.

Sąveikavimas Klasė naudojami *Fraction* klase bei *ResolutionUnit*, *ExposureProg*, *Eriention*, *PropertyTagId*, *MeteringMode*, *PropertyTagType* tipais.

Klasė naudojami *Form_Main*, *Form_PicEditing*, *MyPicture*, *PgmPicture* klasės.



21 pav. Klasė Info

Klasės metodai

ExifDTToDateTime()

Atsakomybės Datos formavimas.

Skaičiavimai Suformuoja datą iš pateiktos Exif informacijos.

3.2.4.8. *MarkingTools*

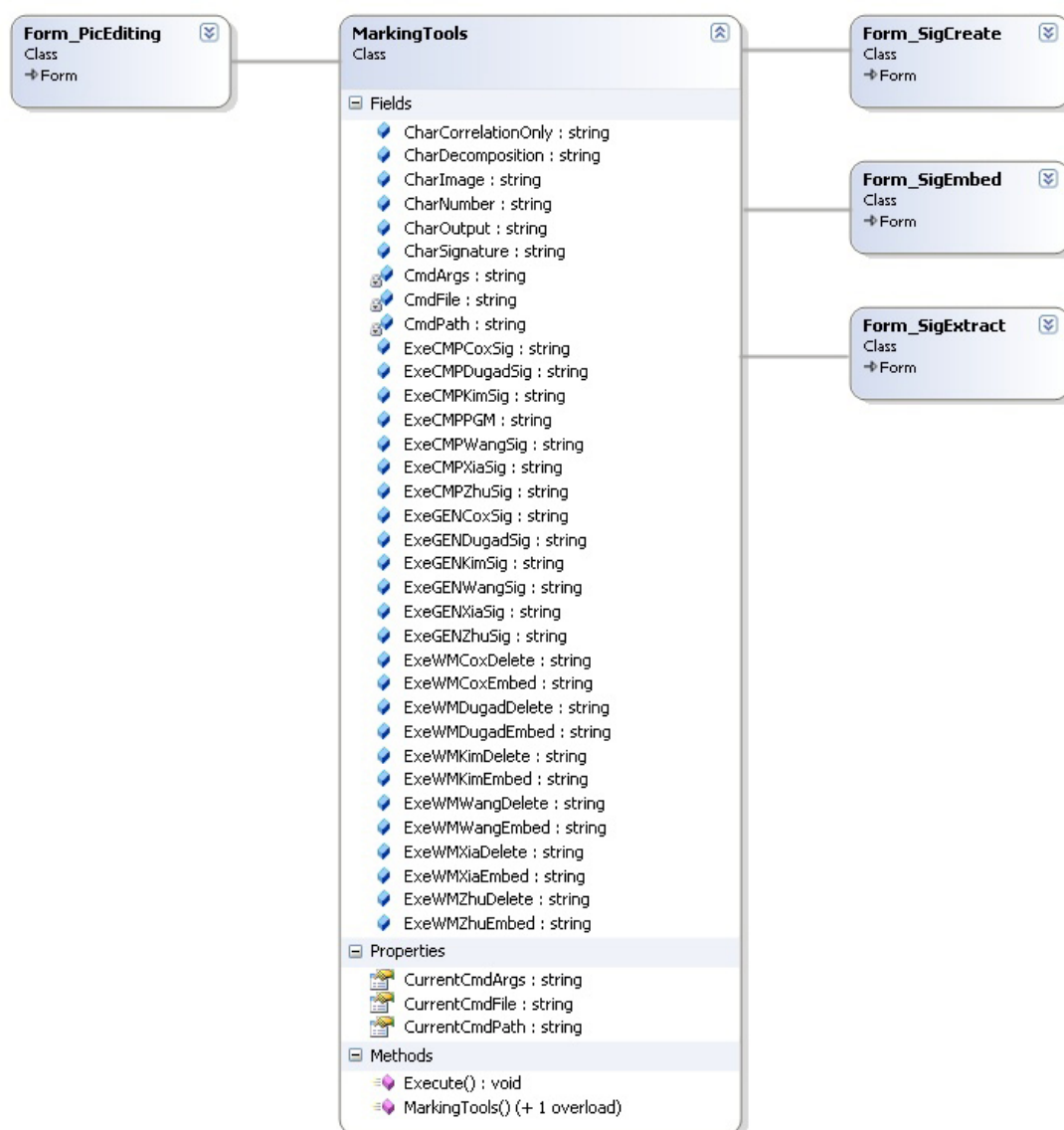
Klasifikacija Klasė.

Apibrėžimas Veiksmų su paveikslėliais ir vandens ženklais klasė.

Atsakomybės Atsakinga veiksmų su paveikslėliais ir vandens ženklais atlikimą.

Struktūra Klasę sudaro žemiau aprašyti metodai.

Sąveikavimas Klasė naudojami *Form_PicEditing*, *Form_SigCreate*, *Form_SigEmbed*, *Form_SigExtract* klasės.



22 pav. Klasė MarkingTools

Klasės metodai

Execute()

Atsakomybės

Veiksmų su paveikslėliais ir vandens ženklais atlikimas.

Skaičiavimai

Atlieka nurodytus veiksmus su paveikslėliais ir vandens ženklais su nurodytais parametrais.

3.2.4.9. MyPicture

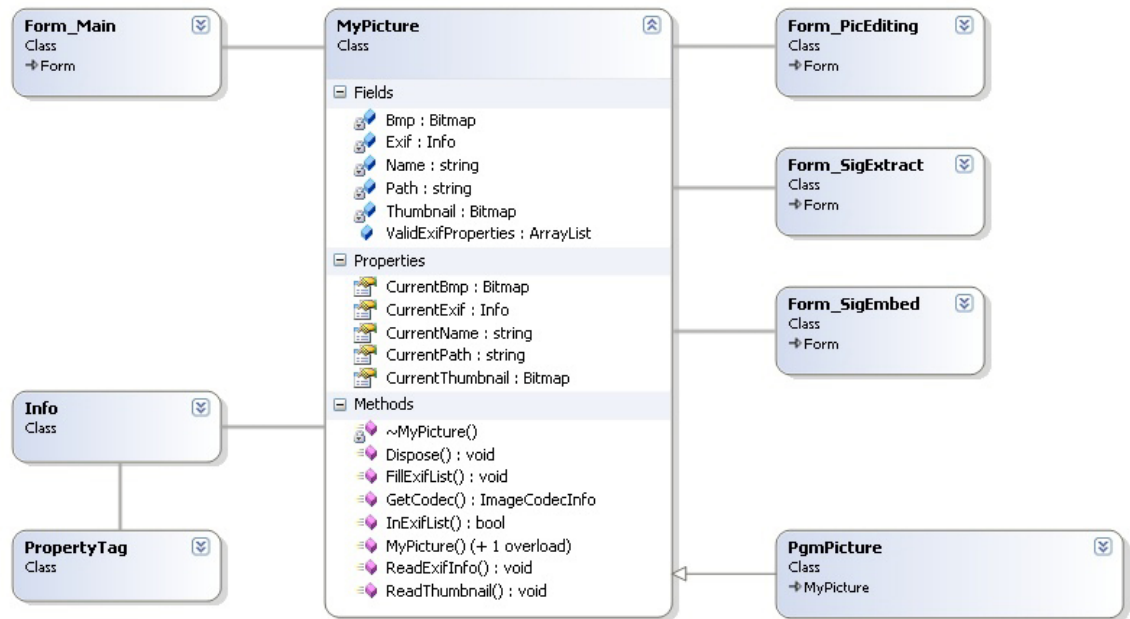
Klasifikacija

Klasė.

Apibrėžimas

Jpg formato paveikslėlių apdorojimo klasė.

Atsakomybės	Atsakinga veiksmus (nuskaitymas, konvertavimas, vaizdavimas, išsaugojimas) su jpg formato paveikslėliais.
Struktūra	Klasę sudaro žemiau aprašyti metodai.
Sąveikavimas	Klasė naudojami <i>Form_Main</i> , <i>Form_PicEditing</i> , <i>Form_SigEmbed</i> , <i>Form_SigExtract</i> klasės. Klasė naudojami <i>Info</i> klase.



23 pav. Klasė MyPicture

Klasės metodai

`ReadExifInfo()`

Atsakomybės Perskaityti Exif informaciją.

Skaičiavimai Perskaito paveikslėlio Exif informaciją.

`ReadThumbnail()`

Atsakomybės Paveikslėlio piktogramos skaitymas.

Skaičiavimai Perskaito paveikslėlį ir suformuoja jo piktogramą.

`GetCodec()`

Atsakomybės Paveikslėlio koduotojo parinkimas.

Skaičiavimai Parenka ir gražina sistemoje esantį paveikslėlio koduotoją.

`InExifList()`

Atsakomybės Exif ypatybės legalumo nustatymas.

Skaičiavimai Nustato, ar pateiktoji Exif ypatybė yra pradiniam ypatybių sąrašui.

FillExifList()

Atsakomybės Galimų Exif ypatybių sąrašo užpildymas.

Skaičiavimai Užpildo pradinį Exif ypatybių sąrašą.

3.2.4.10. PgmPicture

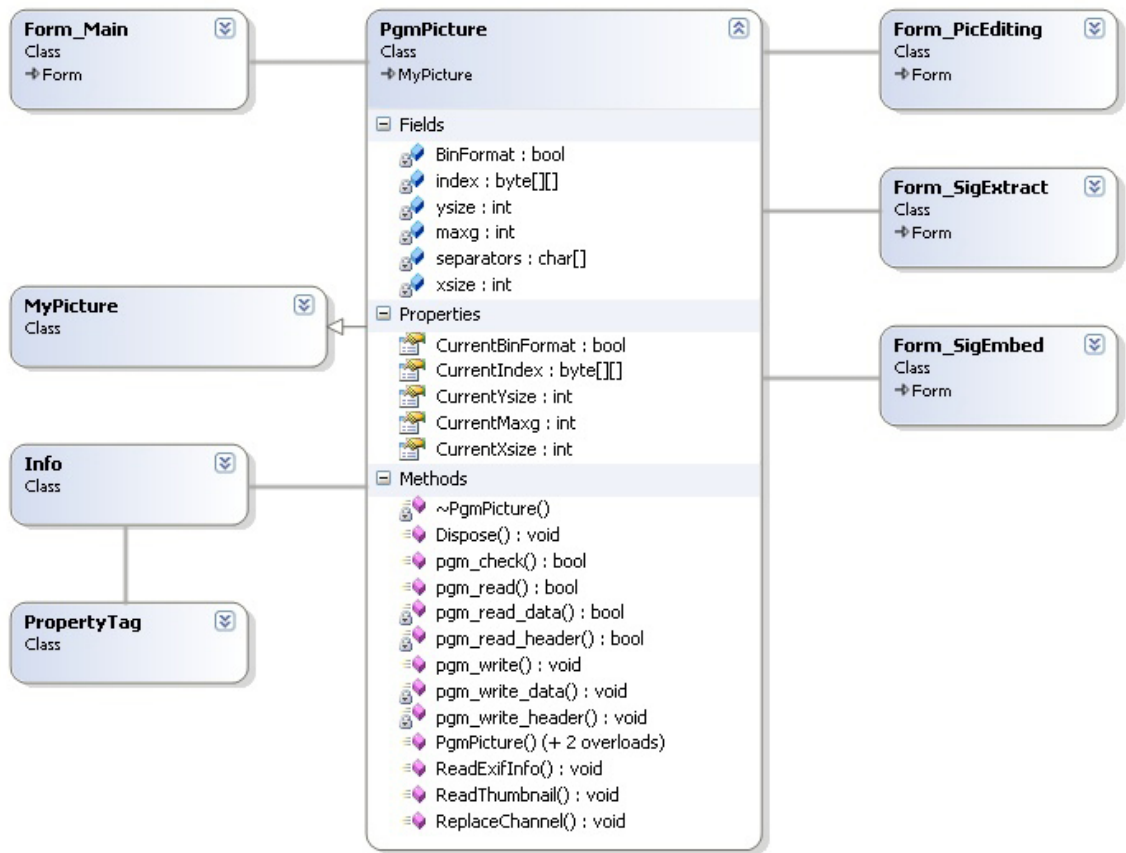
Klasifikacija Klasė.

Apibrėžimas Pgm formato paveikslėlių apdorojimo klasė.

Atsakomybės Atsakinga veiksmus (nuskaitymas, konvertavimas, vaizdavimas, išsaugojimas) su pgm formato paveikslėliais.

Struktūra Klasę sudaro žemiau aprašyti metodai.

Sąveikavimas Klasė naudojami *Form_Main*, *Form_PicEditing*, *Form_SigEmbed*, *Form_SigExtract* klasės. Klasė naudojami *Info* klasė.



24 pav. Klasė PgmPicture

Klasės metodai

pgm_check()

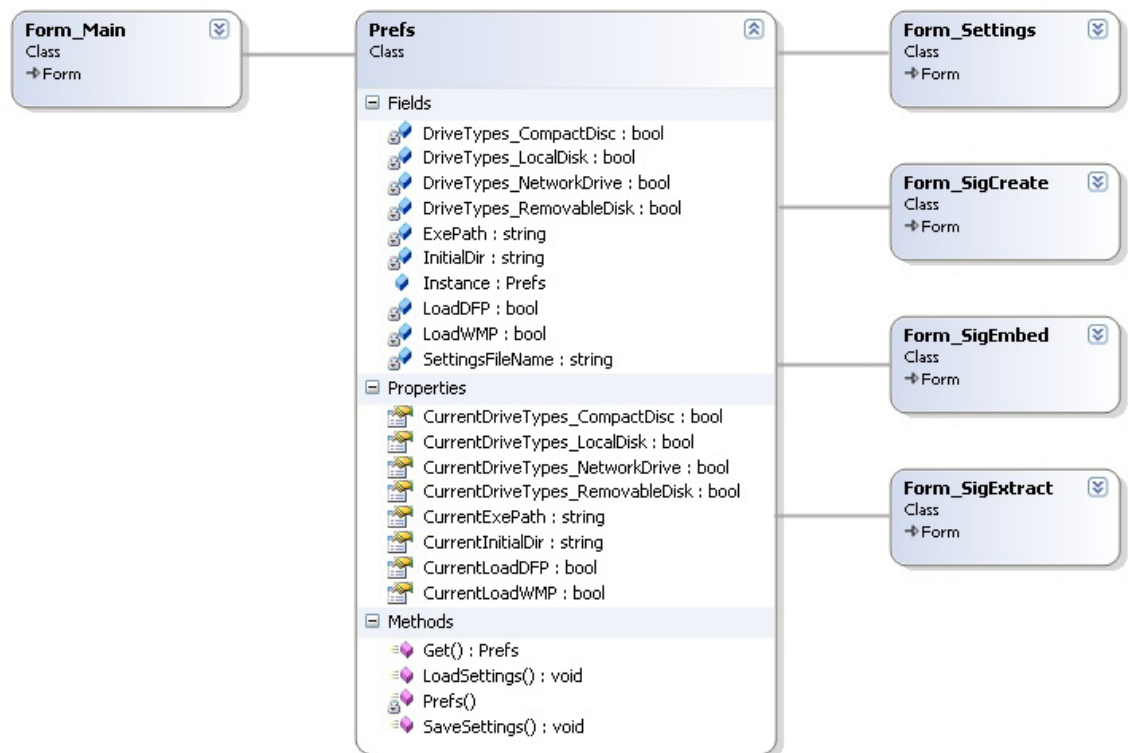
Atsakomybės Pgm failo duomenų tikrinimas.

Skaičiavimai Patikrina pgm failo duomenis.

<code>pgm_read()</code>	
Atsakomybės	Pgm failo skaitymas.
Skaičiavimai	Perskaito pgm failą.
<code>pgm_read_header()</code>	
Atsakomybės	Pgm antraštės skaitymas.
Skaičiavimai	Perskaito pgm antraštę iš failo.
<code>pgm_read_data()</code>	
Atsakomybės	Pgm duomenų skaitymas.
Skaičiavimai	Perskaito pgm duomenis iš failo.
<code>pgm_write()</code>	
Atsakomybės	Pgm failo išsaugojimas.
Skaičiavimai	Išsaugo pgm failą.
<code>pgm_write_header()</code>	
Atsakomybės	Pgm antraštės įrašymas.
Skaičiavimai	Įrašo pgm antraštę į failą.
<code>pgm_write_data()</code>	
Atsakomybės	Pgm duomenų įrašymas.
Skaičiavimai	Įrašo pgm duomenis į failą.
<code>ReadExifInfo()</code>	
Atsakomybės	Perskaityti Exif informaciją.
Skaičiavimai	Perskaito paveikslėlio Exif informaciją.
<code>ReadThumbnail()</code>	
Atsakomybės	Paveikslėlio piktogramos skaitymas.
Skaičiavimai	Perskaito paveikslėlį ir suformuoja jo piktogramą.
<code>ReplaceChannel()</code>	
Atsakomybės	Nurodytos spalvos kanalo duomenų pakeitimas.
Skaičiavimai	Pakeičia nurodytos spalvos kanalo duomenis naujai pateiktais.
3.2.4.11. <i>Prefs</i>	
Klasifikacija	Klasė.
Apibrėžimas	Programos nustatymų saugojimo klasė.
Atsakomybės	Atsakinga už programos nustatymų nuskaitymą ir išsaugojimą.
Struktūra	Klasę sudaro žemiau aprašyti metodai.

Sąveikavimas

Klasė naudoja *Form_Main*, *Form_Settings*, *Form_SigCreate*, *Form_PicEditing*, *Form_SigEmbed*, *Form_SigExtract* klases.



25 pav. Klasė Prefs

Klasės metodai

Get()

Atsakomybės

Programos nustatymų perdavimas.

Skaičiavimai

Nėra.

LoadSettings()

Atsakomybės

Programos nustatymų perskaitymas iš failo.

Skaičiavimai

Perskaityti programos nustatymus iš failo.

SaveSettings()

Atsakomybės

Programos nustatymų išsaugojimas faile.

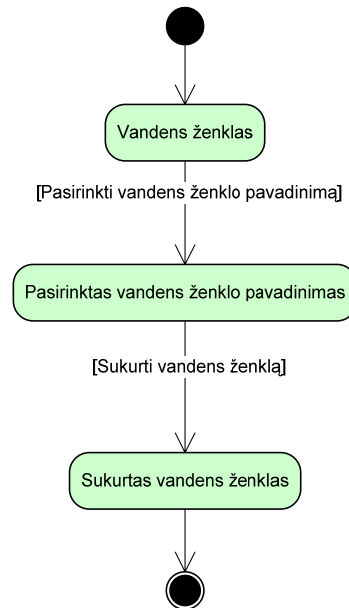
Skaičiavimai

Išsaugoti programos nustatymus faile.

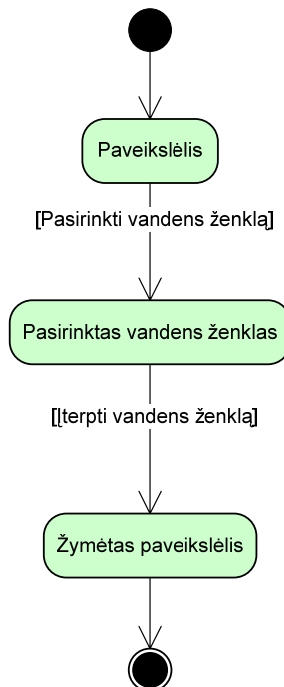
3.2.5. Sistemos dinaminis vaizdas

Šiame skyrelyje pateikiamos kuriamos sistemos objektų būsenų diagramos, sistemos elementų bendradarbiavimo ir sekų diagramos.

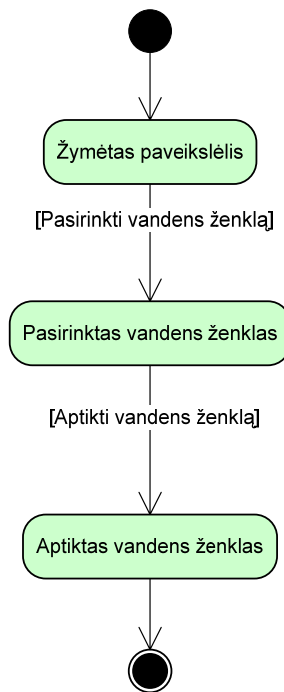
Būsenų diagramos



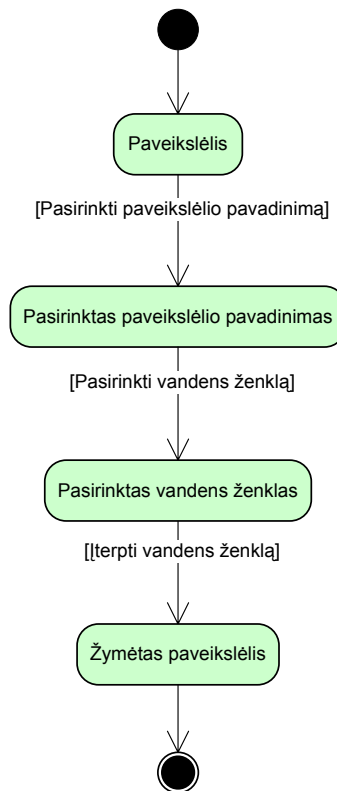
26 pav. Objekto Vandens ženklas būsenų diagrama (sukūrimas)



27 pav. Objekto Vandens ženklas būsenų diagrama (įterpimas)

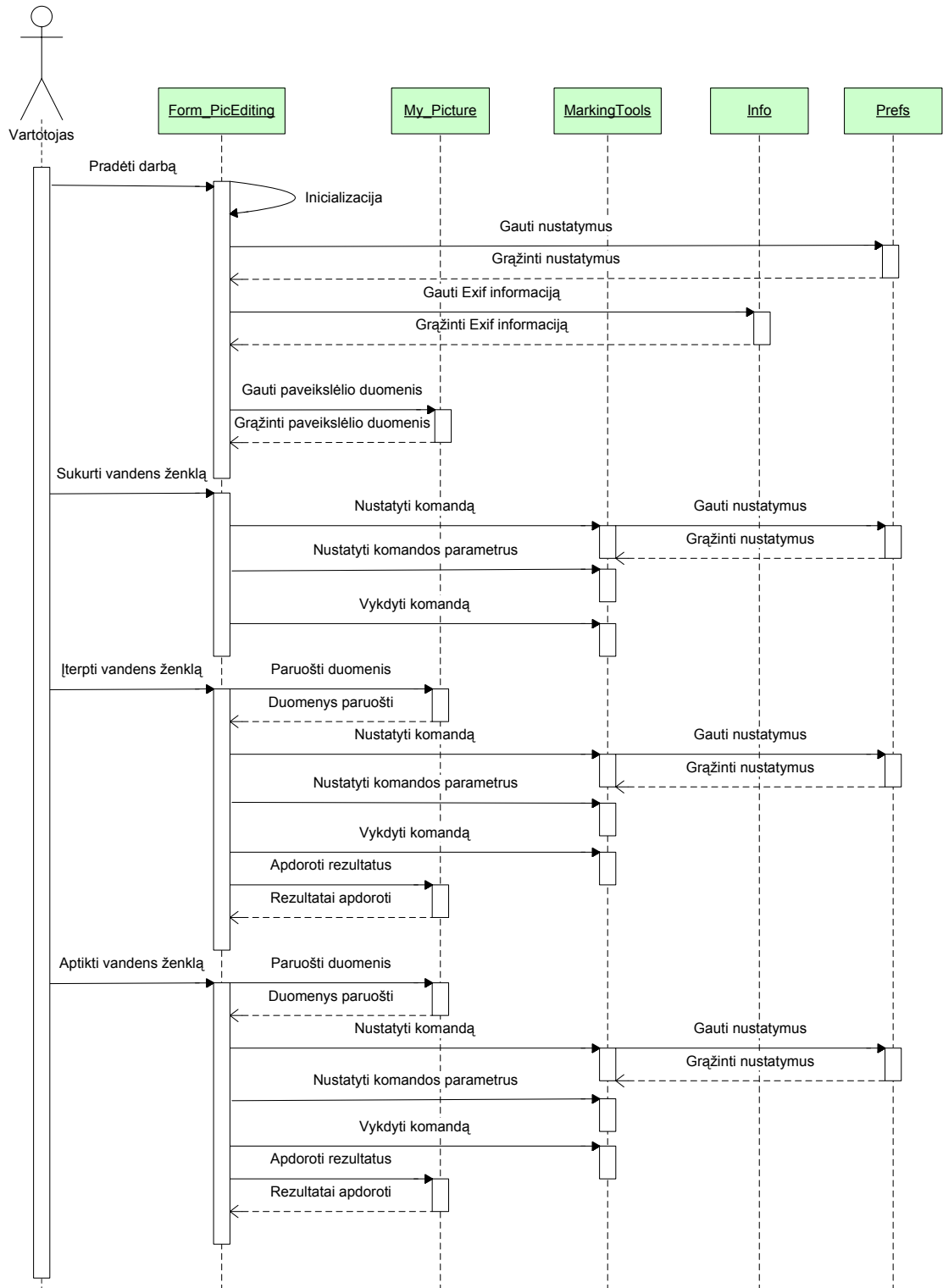


28 pav. Objekto Vandens ženklas būsenų diagrama (aptikimas)

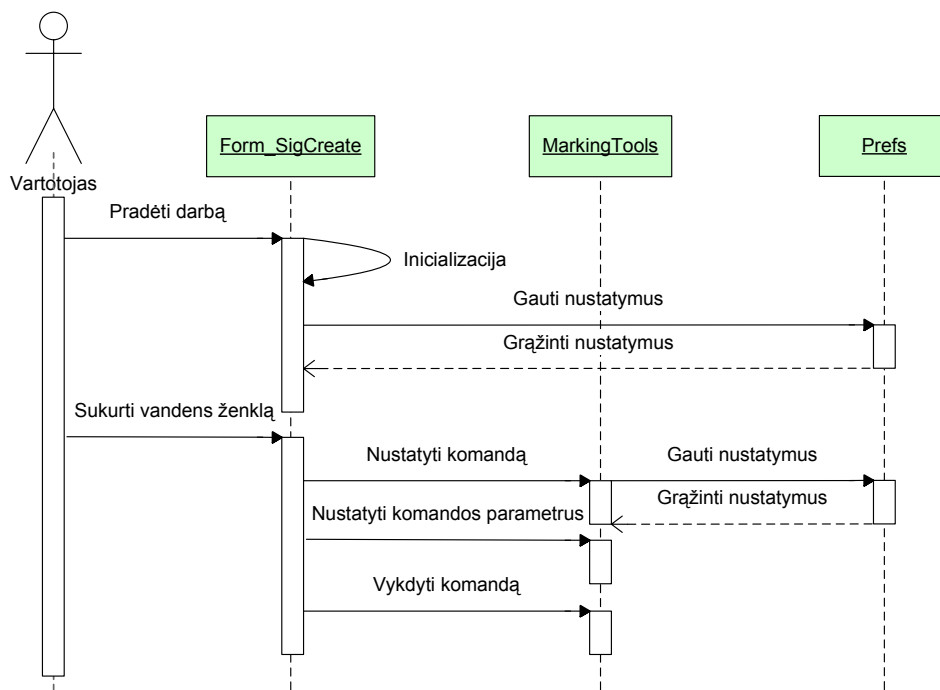


29 pav. Objekto Paveikslėlis būsenų diagrama (įterpimas)

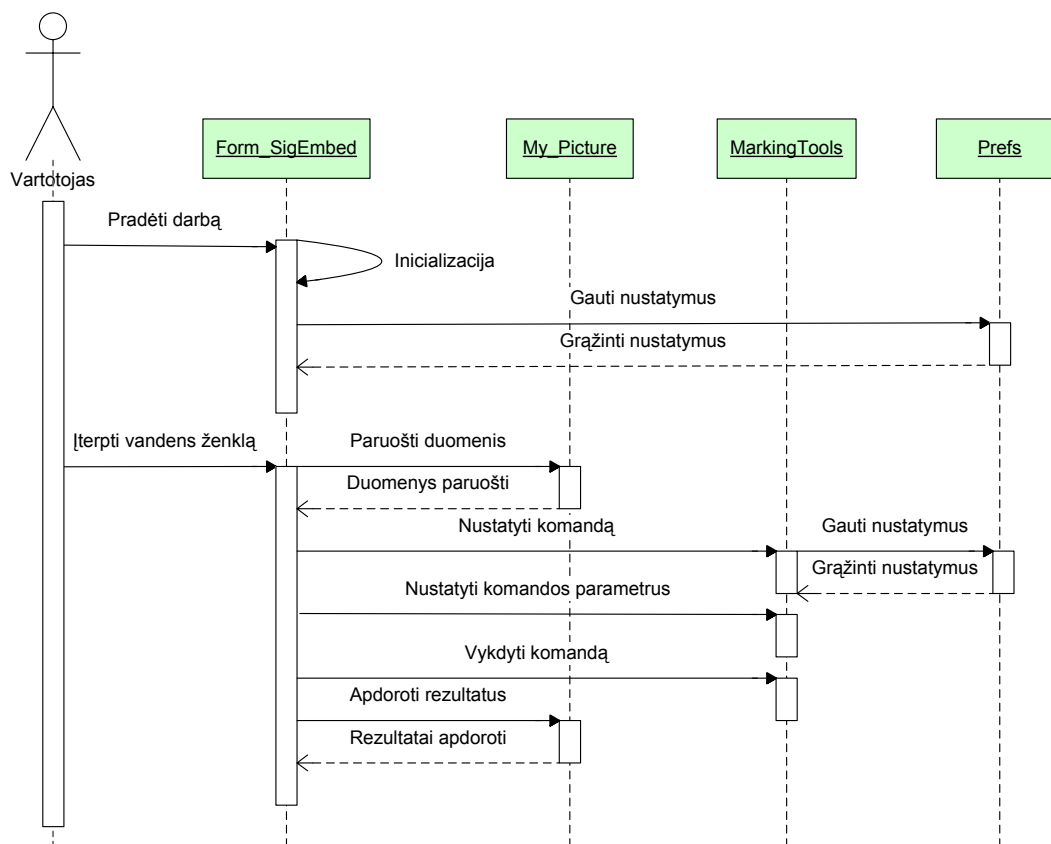
Seku diagramos



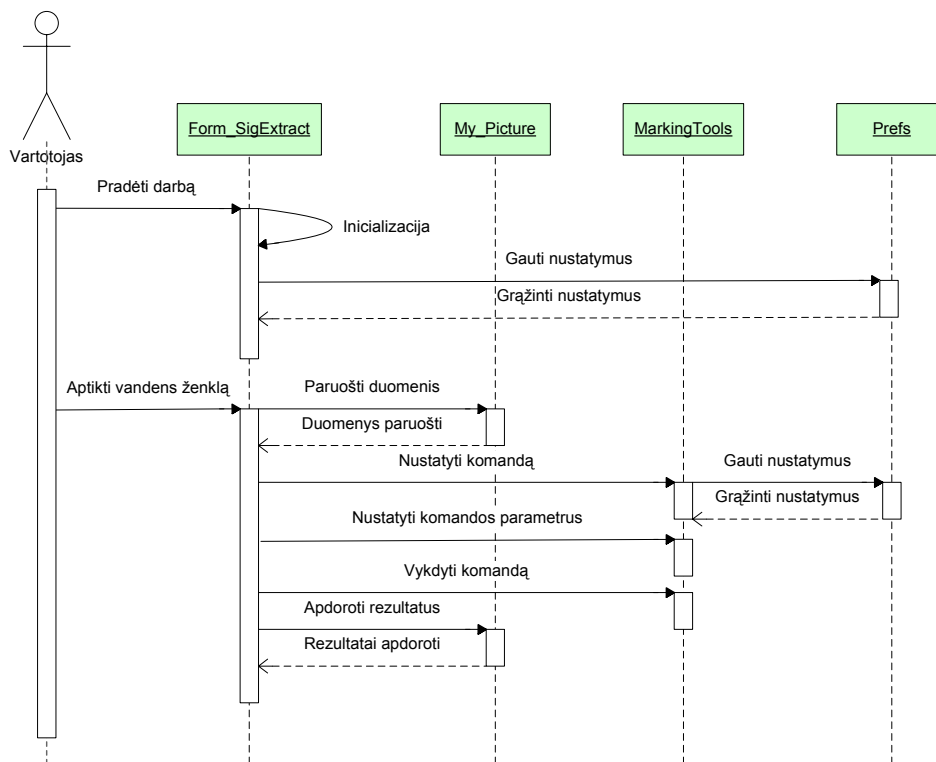
30 pav. Paveikslėlio redagavimo (vandens ženklų sukūrimas, įterpimas, aptikimas) sekų diagrama



31 pav. Vandens ženklų sukūrimo sekų diagrama

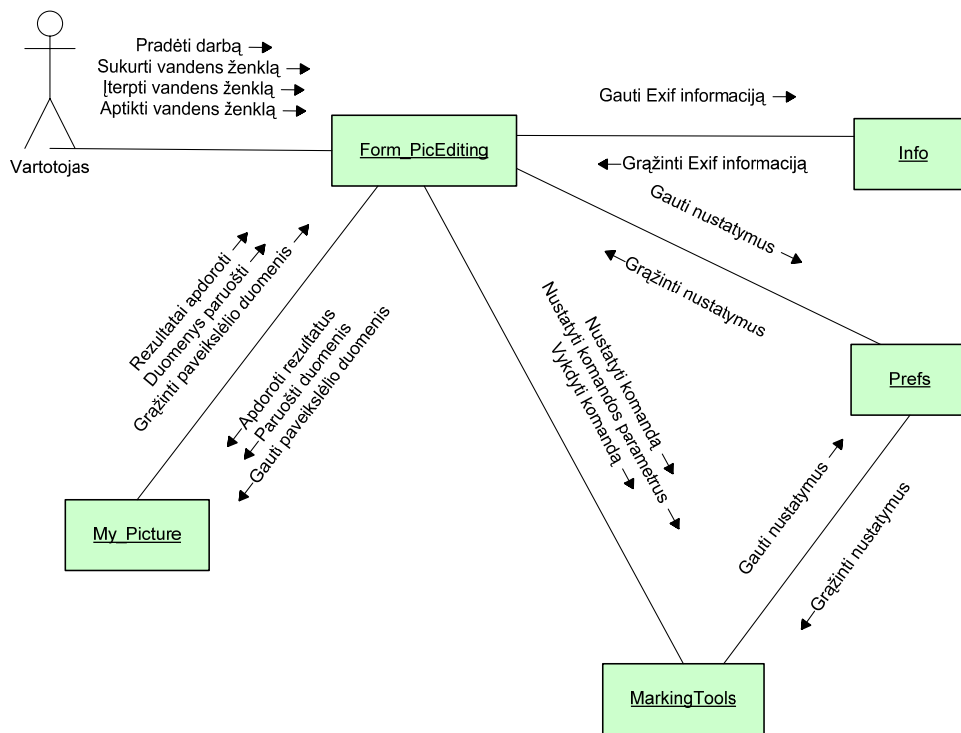


32 pav. Vandens ženklų įterpimo sekų diagrama

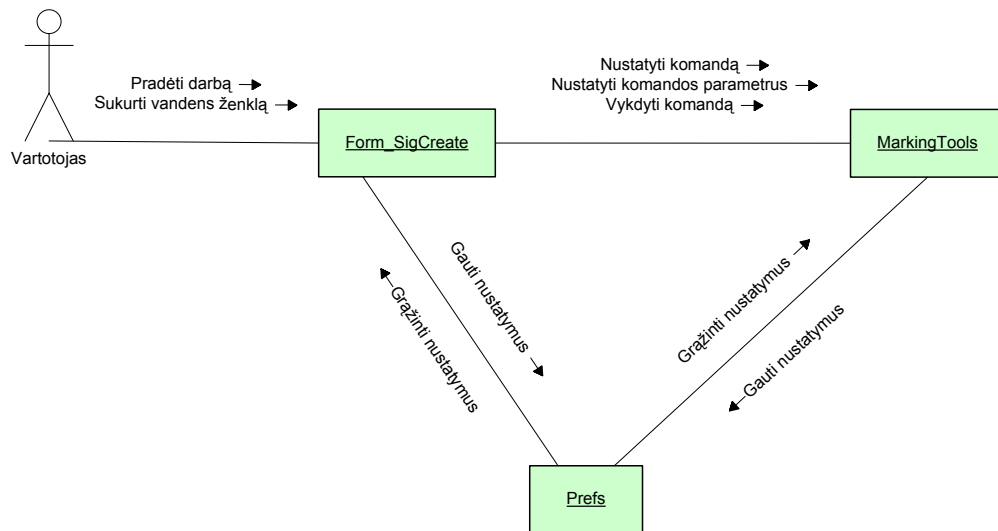


33 pav. Vandens ženklų aptikimo sekų diagrama

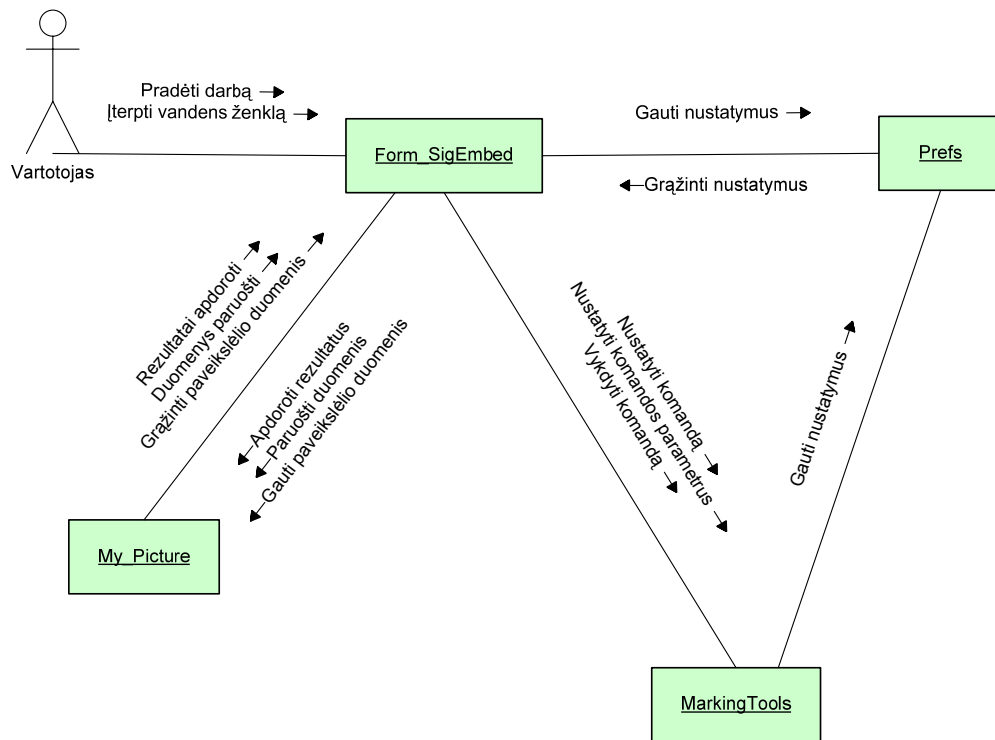
Bendradarbiavimo diagramos



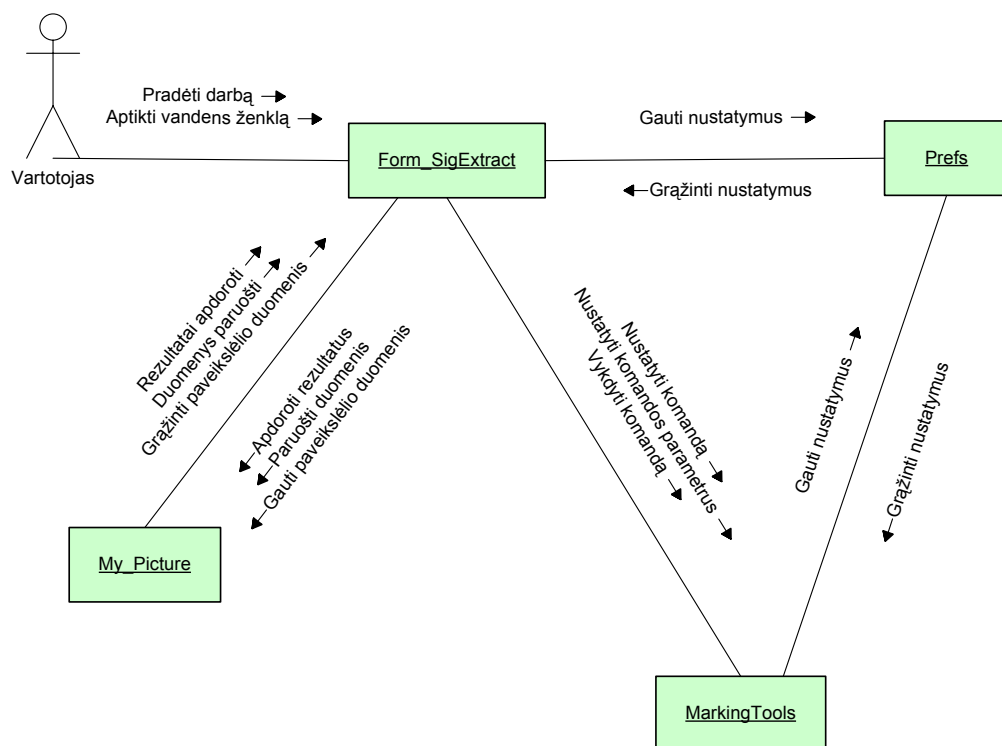
34 pav. Paveikslėlio redagavimo (vandens ženklų sukūrimas, įterpimas, aptikimas) bendradarbiavimo diagrama



35 pav. Vandens ženklų sukūrimo bendradarbiavimo diagrama



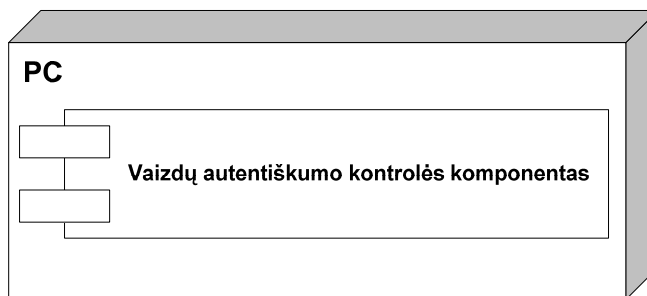
36 pav. Vandens ženklų įterpimo bendradarbiavimo diagrama



37 pav. Vandens ženklų aptikimo bendradarbiavimo diagrama

3.2.6. Išdėstymo vaizdas

38 pav. pateikiama sistemos komponentų išdėstymo diagrama. Kuriama sistema nėra paskirstyta, tiesiog yra įdiegiama vartotojo kompiuteryje. Visi reikalingi duomenys saugomi lokaliai (PC).



38 pav. Fizinė sistemos išdėstymo diagrama

Minimalūs reikalavimai kompiuterio techninei bei programinei įrangai:

- Procesorius: ne mažiau 300MHz;
- Operatyvinė atmintis: ne mažiau 128MB;

- Laisva vieta kietajame diske: ne mažiau 1.5GB;
- *Windows 98/2000/XP* operacinė sistema;
- Įdiegtas *Windows .NET Framework 2.0*.

3.2.7. Duomenų vaizdas

Duomenų bazė sistemoje nenaudojama. Duomenys saugomi failo pavidalu kompiuterio atmintyje: pradinis grafinis failas, galutinis failas, sukurto vandens ženklo failas, ištraukto vandens ženklo failas saugomi kietajame diske, o darbinis failas yra laikinas, reikalingas tik vaizdų kontrolės sistemos darbo metu, todėl saugomas kompiuterio operatyvinėje atmintyje.

3.3. Testavimas

3.3.1. Testavimo medžiaga

Testavimo objektas – patikrinti programiniam įrankiui darbo uždaviniuose keltus reikalavimus.

Testuotos PĮ versija 1.0.0.0.

PĮ bus testuojama *Windows XP* operacinėje sistemoje.

PĮ testavimui numatytas laikas 6 valandos.

Testavimui bus naudojamos šios metodikos:

1. Lango interfeiso testavimas;
2. Pasirinkimo laukų testavimas;
3. Lango veikimo testavimas;
4. PĮ funkcionalumo testavimas.

4 lentelė. Lango interfeiso testavimas

Patikrinti:	
·1. ar lange naudojamas vienas šriftas;	<i>Taip</i>
·2. ar laukai ir jų pavadinimai sulygiuoti;	<i>Taip</i>
·3. ar prie įvedimo laukų yra jų pavadinimai;	<i>Taip</i>
·4. ar pavadinimų pirmas žodis iš didžiosios raidės;	<i>Taip</i>
·5. ar lango objektai turi karštus klavišus ir jie veikia teisingai;	<i>Taip (Tab, space)</i>
·6. ar, atidarius projekto langą, jis yra aktyvus;	<i>Taip</i>
·8. ar nėra nenaudotinių mygtukų.	<i>Nėra</i>

5 lentelė. Pasirinkimo laukų testavimas

1. Patikrinti ar PĮ leidžia pasirinkti vieną iš kelių galimų atsakymų.	<i>Taip</i>
2. Patikrinti ar PĮ leidžia pildyti tam skirtus laukus	<i>Taip</i>

6 lentelė. Lango veikimo testavimas

Patikrinti, ar langas maksimizuojamas, minimizuojamas, didinamas. Jei langas turi būti modalinis ar yra uždraudžiama pasiekti kitus langus. Patikrinti:	<i>Taip</i> <i>Ne</i>
1. ·vaikščiojimą per redaguojamus laukus su TAB klavišu.	<i>Veikia</i>
2. ·ar veikia klavišas ESCAPE.	<i>Taip</i>
3. ·ar veikia klavišų kombinacija ALT+F4.	<i>Taip</i>

7 lentelė. PĮ funkcionalumo testavimas

1. Patikrinti ar PĮ leidžia sukurti vandens ženklą.	<i>Taip</i>
2. Patikrinti ar PĮ leidžia naudotis sukurtais vandens ženklais.	<i>Taip</i>
3. Patikrinti ar PĮ leidžia įterpti vandens ženklą.	<i>Taip</i>
4. Patikrinti ar PĮ leidžia aptikti vandens ženklą.	<i>Taip</i>
5. Patikrinti ar PĮ leidžia naudotis pagalbos langu.	<i>Taip</i>

3.3.2. Testavimo išvados

Vaizdų autentiškumo kontrolės programinė įranga atitiko testavimo keliamus reikalavimus, visais nurodytais atvejais veikė korektiškai.

4. VARTOTOJO DOKUMENTACIJA

4.1. Sistemos funkcinis aprašymas

Vaizdų autentiškumo kontrolės programinė įranga „*WaterMarker*“ skirta vandens ženklo generavimui, jo įterpimui į skaitmeninį vaizdą ir vandens ženklo skaitmeniniame vaizde aptikimui bei patikrinimui.

Pagrindinės sistemos galimybės:

- Vandens ženklo sukūrimas;
- Vandens ženklo įterpimas į skaitmeninį vaizdą;
- Vandens ženklo aptikimas skaitmeniniame vaizde ir jo sulyginimas su pateiktu autentišku;
- Skaitmeninių vaizdų peržiūra;

4.2. Sistemos vadovas

Meniu aprašymas

File

- **Settings** – programos nustatymų redagavimas.
- **Close** – išėjimas iš programos.








Tools

- **Show Image** – pasirinkto einamosios direktorijos skaitmeninio vaizdo failo redagavimas.
- **Create Signature** – atidaromas vandens ženklo sukūrimo langas.
- **Embed Signature** – vandens ženklo įterpimas į skaitmeninį vaizdą.
- **Extract Signature** – vandens ženklo aptikimas skaitmeniniame vaizde ir palyginimas su nurodytu autentišku vandens ženklu.

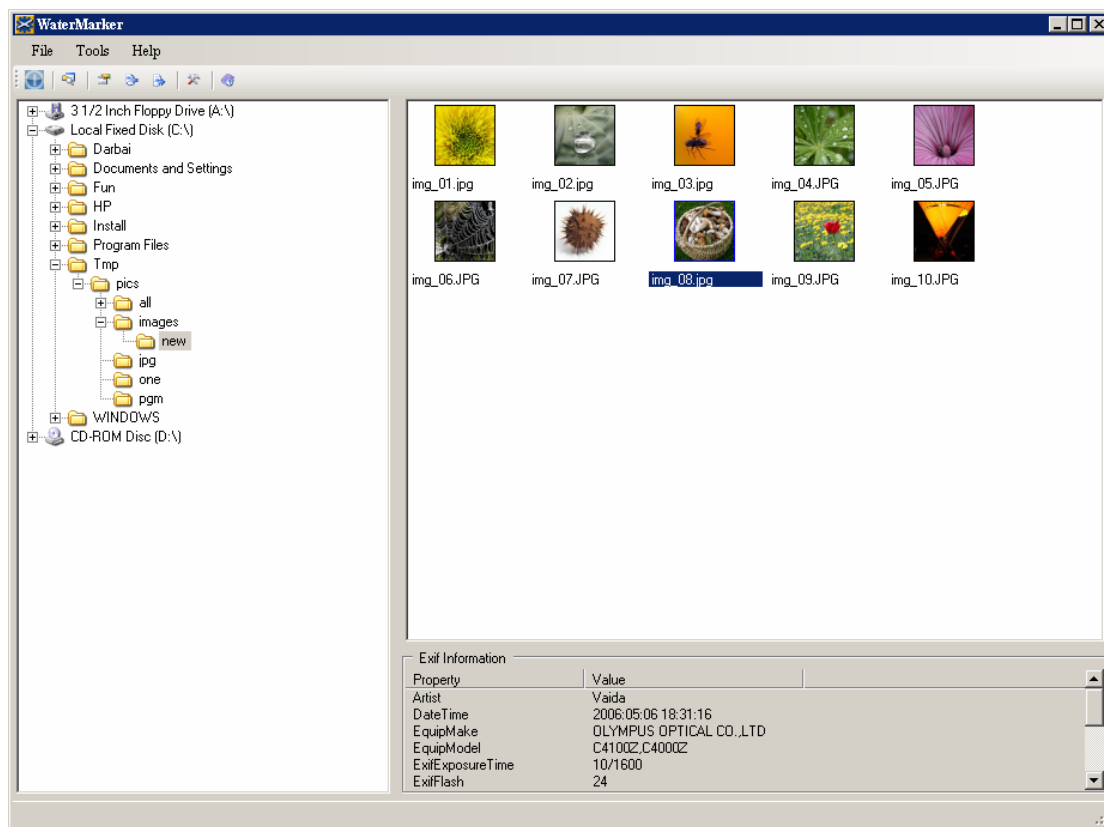
Help

- **About** – informacijos apie programą pateikimas.

Įrankių juosta


-  – išėjimas iš programos.
-  – pasirinkto einamosios direktorijos skaitmeninio vaizdo failo redagavimas.
-  – atidaromas vandens ženklo sukūrimo langas.
-  – vandens ženklo įterpimas į skaitmeninį vaizdą.
-  – vandens ženklo aptikimas skaitmeniniame vaizde ir palyginimas su nurodytu autentišku vandens ženklu.
-  – programos nustatymų redagavimas.
-  – informacijos apie programą pateikimas.

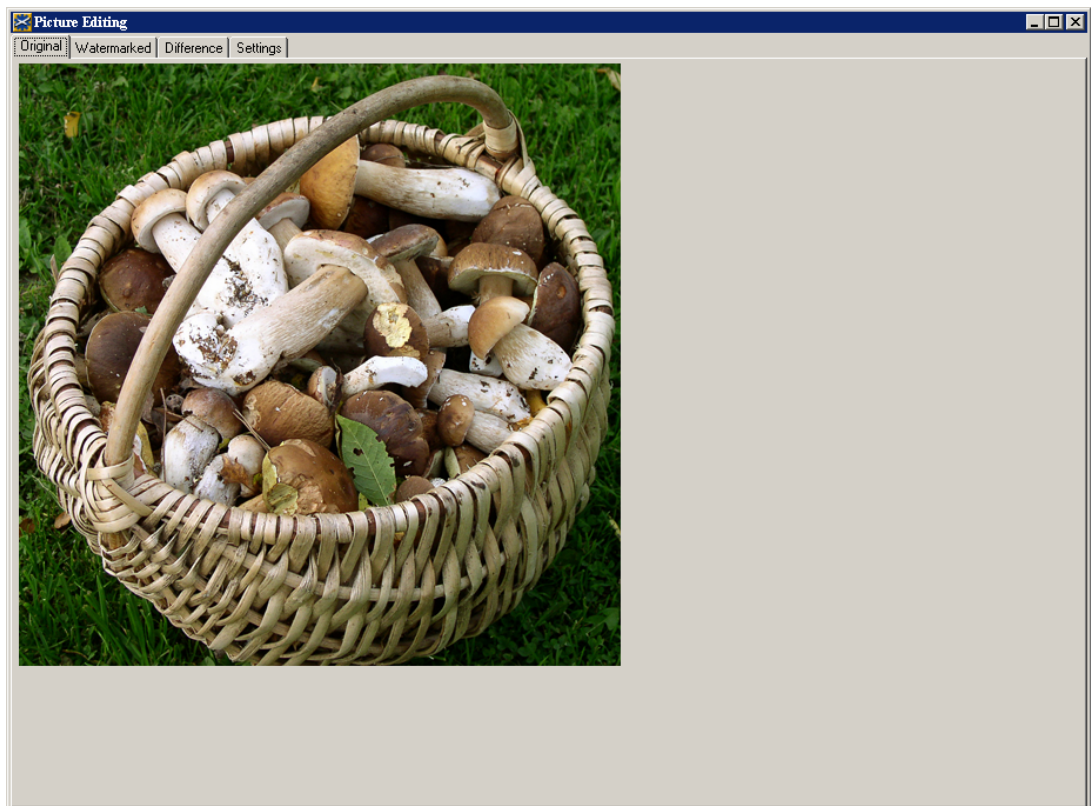
Dialogų langai



39 pav. Pagrindinis programos langas.

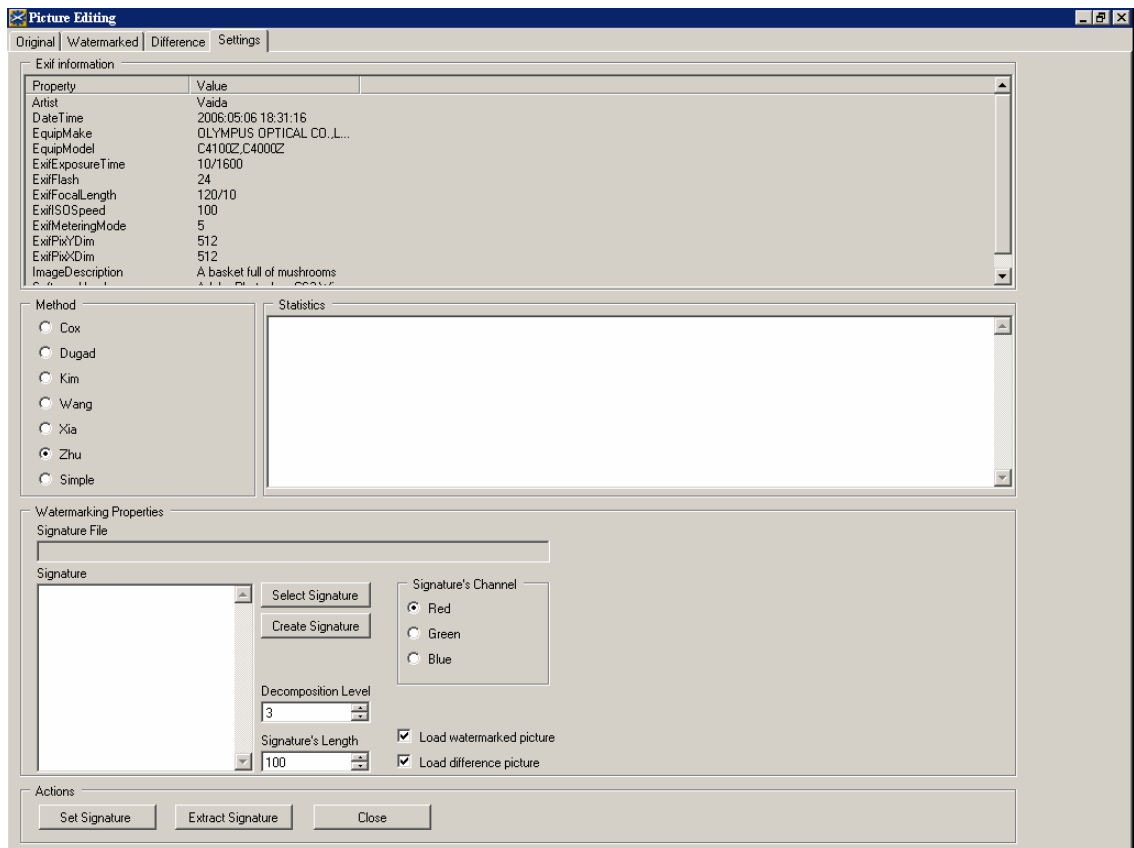
Pagrindinio lango kairėje pusėje pateikiamas direktorių medis, kuris, programai pradėjus darbą, yra neišskleistas. Programos darbo metu pasirinkus norimą direktoriją, dešinėje lango pusėje pateikiamas nurodytoje direktorijoje esančių paveikslėlių (*jpg* ir *pgm* formatų) sąrašas. Pasirinkus norimą paveikslėlį, lango apačioje parodoma jo *Exif* informacija.

Pasirinktą paveiksluką du kartus spragtelėjus pele (arba pasirinkus meniu punktą „Tools/ Show Image“ arba įrankių juostoje paspaudus mygtuką ) galima redaguoti atskirame lange.



40 pav. Paveikslėlio redagavimo langas.

Paveiksluko redagavimo lange galima matyti pasirinktą paveikslėlį („Original“), paveikslėlį su vandens ženklų („Watermarked“) (po to kai vandens ženklas įterpiamas į paveikslėlį), originalaus ir ženklinto paveikslėlių skirtumą („Difference“) bei nustatymus ir galimus veiksmus („Settings“).



41 pav. Paveikslėlio redagavimo lango skiltis *Settings*.


Skiltyje „*Settings*“ pateikiama pasirinkto paveikslėlio *Exif* informacija („*Exif Information*“ sritis). Sirtyje „*Method*“ galima pasirinkti metodą, kurio pagalba norima sukurti vandens ženklo failą ir jį įterpti į paveikslėlį ar aptikti paveikslėlyje bei palyginti. Sirtyje „*Statistics*“ vartotojui pateikiama tam tikra programos darbo statistika (veiksmų atlikimo laikas, kai kurie rezultatai). Sirtyje „*Watermarking Properties*“ galima nustatyti norimas ženklavimo ypatybes. Dekompozicijos lygio laukas („*Decomposition Level*“) rodomas ne visiems ženklavimo metodams. Paspaudus mygtuką **Select Signature**, pasirenkamas norimas vandens ženklo failas. Pasirinkto failo, pavadinimas ir turinys parodomas vartotojui ekrane. Norint sukurti naują vandens ženklo failą, reikia spausti mygtuką **Create Signature**. Vartotojui nurodžius naujojo vandens ženklo failo pavadinimą, jis bus sukurtas. Kuriant naują vandens ženklą, galima nurodyti jo ilgį („*Signature's Length*“). Vartotojui pasirinkus jpg formato paveikslėlį, tarp ženklavimo ypatybių pateikiamas ir pasirinkimas į kurį paveikslėlio spalvos kanalą vandens ženklas bus įterpiamas arba aptinkamas („*Signature's Channel*“). Pasirinkus pgm formato paveikslėlį, toks pasirinkimas vartotojui nepateikiamas. Įterpus vandens ženklą į paveikslėlį, rezultatas – gautas paveikslėlis ir originalaus ir ženklinto paveikslėlių skirtumas – vartotojui ekrane gali būti parodomas arba ne priklausomai nuo **Load watermarked picture** ir

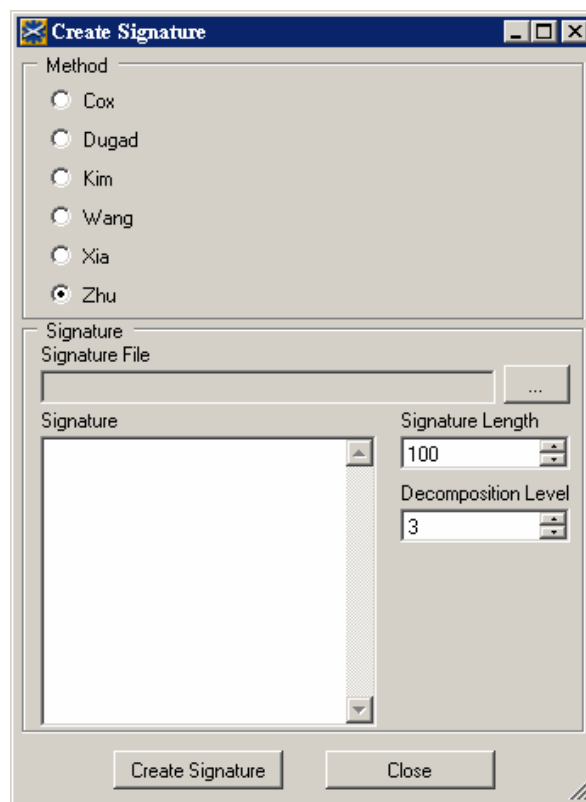
Load difference picture pasirinkimų. Srityje „Actions“ vartotojas gali paspausti vieną iš mygtukų:

– vandens ženklo įterpimas į paveikslėlį (vartotojui bus leista pasirinkti ženklinto paveikslėlio failo vardą);

– vandens ženklo aptikimas paveikslėlyje ir palyginimas su originaliu (vartotojui bus leista pasirinkti aptikto vandens ženklo failo vardą);


– lango uždarymas.


Pagrindiniame programos lange pasirinkus meniu punktą „Tools/ Create Signature“ arba mygtuką , atidaromas vandens ženklo sukūrimo langas.

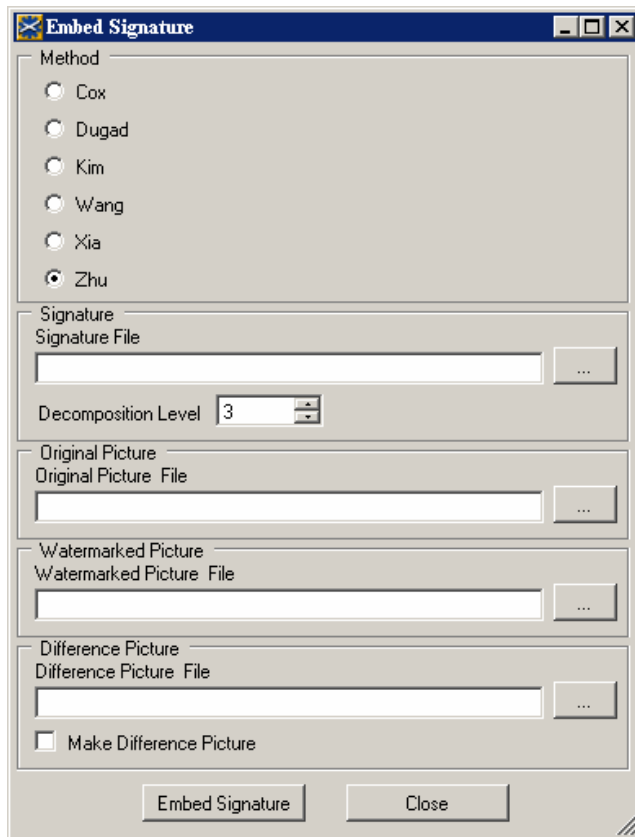


42 pav. Vandens ženklo sukūrimo langas.






Srityje „Method“ galima pasirinkti metodą, kurio pagalba norima sukurti vandens ženklo failą. Dekompozicijos lygio laukas („Decomposition Level“) rodomas ne visiems ženklinimo metodams. Srityje „Signature“ pateikiama vandens ženklo informacija (failo vardas, ilgis, dekompozicijos lygis, turinys). Paspaudus mygtuką , galima pasirinkti norimą vandens ženklo pavadinimą. Paspaudus mygtuką , sukuriamas naujas


vandens ženklas naudojant pasirinktus nustatymus. Paspaudus mygtuką , langas uždaromas.


Pagrindiniame programos lange pasirinkus meniu punktą „**Tools/ Embed Signature**“ arba mygtuką , atidaromas vandens ženklo įterpimo į paveikslėlį langas.

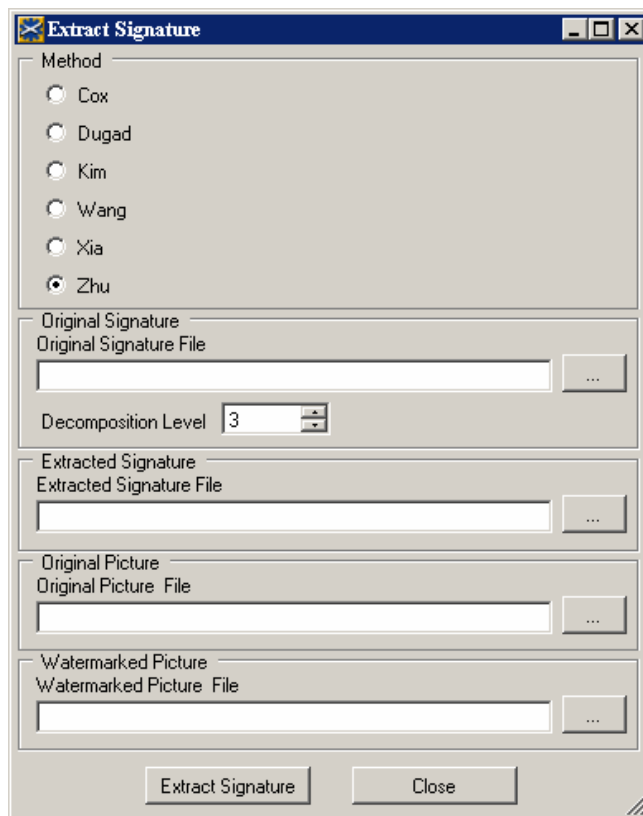


43 pav. Vandens ženklo įterpimo langas.






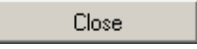
Srityje „*Method*“ galima pasirinkti metodą, kurio pagalba norima įterpti vandens ženklą į paveikslėlį. Srityje „*Signature*“ parenkamas norimas vandens ženklo failas (mygtukas ). Dekompozicijos lygio laukas („*Decomposition Level*“) rodomas ne visiems ženklinimo metodams. Srityje „*Original Picture*“ parenkamas paveikslėlis, į kurį norima įterpti vandens ženklą (mygtukas ). Srityje „*Watermarked Picture*“ parenkamas failo vardas, kuriuo bus užsaugotas ženklintas paveikslėlis (mygtukas ). Srityje „*Difference Picture*“ parenkamas ženklinto ir pradinio paveikslėlių skirtumo paveikslėlio failo vardas (mygtukas ). Skirtumo paveikslėlis gali būti formuojamas arba ne priklausomai nuo *Make Difference Picture* pasirinkimo. Paspaudus mygtuką , sukuriamas naujas


ženklintas paveikslėlis naudojant pasirinktus nustatymus. Paspaudus mygtuką , langas uždaromas.

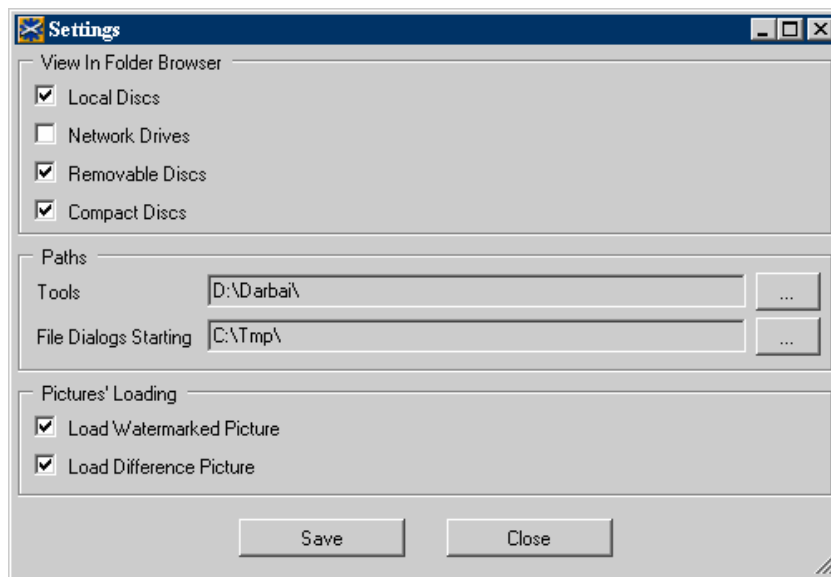
Pagrindiniame programos lange pasirinkus meniu punktą „**Tools/ Extract Signature**“ arba mygtuką , atidaromas vandens ženklų aptikimo paveikslėlyje langas.



44 pav. Vandens ženklų aptikimo langas.

Srityje „*Method*“ galima pasirinkti metodą, kurio pagalba norima aptikti vandens ženklą paveikslėlyje. Srityje „*Original Signature*“ parenkamas pradinis vandens ženklų failas (mygtukas ).. Dekompozicijos lygio laukas („*Decomposition Level*“) rodomas ne visiems ženklavimo metodams. Srityje „*Extracted Signature*“ parenkamas aptikto vandens ženklų failas (mygtukas ).. Srityje „*Original Picture*“ parenkamas paveikslėlis, į kurį buvo įterpiamas vandens ženklas (mygtukas ).. Šis pasirinkimas rodomas ne visiems ženklavimo metodams. Srityje „*Watermarked Picture*“ parenkamas ženklinto failo vardas (mygtukas ).. Paspaudus mygtuką , vandens ženklas aptinkamas nurodytame paveikslėlyje naudojant pasirinktus nustatymus ir parodoma vandens ženklų atitikimo tikimybė. Paspaudus mygtuką , langas uždaromas.

Pagrindiniame programos lange pasirinkus meniu punktą „**File/ Settings**“ arba mygtuką , atidaromas programos nustatymų redagavimo langas.



45 pav Programos nustatymų redagavimo langas.

Srityje „*View In Folder Browser*“ vartotojas gali nustatyti, kokius diskus rodyti arba nerodyti pagrindinio lango direktorių medyje:

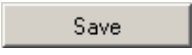

- **Local Discs** – lokalūs kompiuterio diskai;
- **Network Drives** – tinklo diskai;
- **Removable Discs** – ištraukiamieji diskai;
- **Compact Discs** – kompaktiniai diskai.


Srityje „*Paths*“ nurodomi pagrindiniai programos naudojami keliai:

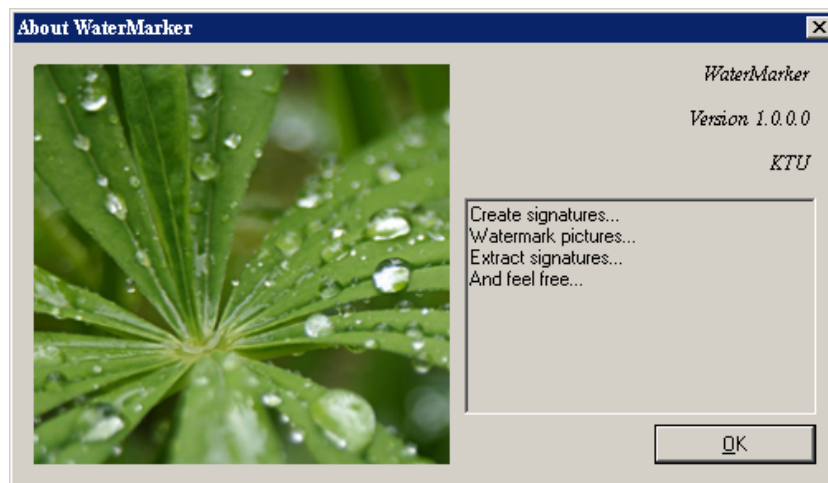
- **Tools** – kelias iki reikalingų papildomų įrankių direktorijos;
- **File Dialogs Starting** – direktorija, kuri rodoma leidžiant vartotojui pasirinkti failus (duomenų, rezultatų);

Srityje „*Pictures' Loading*“ galima nustatyti vartotojo pasirinkimų reikšmes pagal nutylėjimą vartotojo pasirinktims paveikslėlio redagavimo lange


- Load Watermarked Picture – rodyti žymėtą paveikslėlį (po jo sukūrimo);
- Load Difference Picture – rodyti skirtumo paveikslėlį (po jo sukūrimo).

Paspaudus mygtuką , vartotojo pasirinkti nustatymai išsaugomi programos nustatymų faile. Paspaudus mygtuką , langas uždaromas.

Pagrindiniame programos lange pasirinkus meniu punktą „**Help/ About**“ arba mygtuką , pateikiama informacija apie programą.



46 pav. Informacijos apie programą langas.

Paspaudus mygtuką , langas uždaromas.

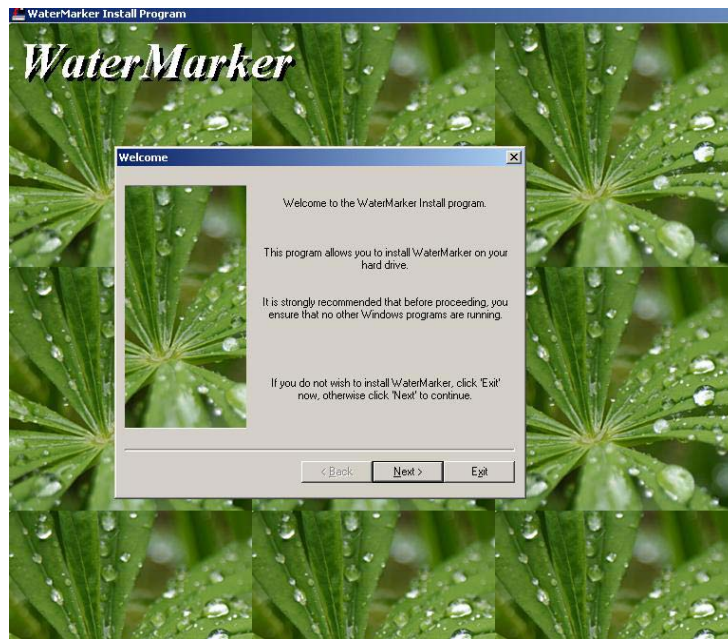
4.3. Sistemos instaliavimo dokumentas

Sistemos instaliavimo dokumentas sudarytas iš programos instaliavimo instrukcijos, reikalavimų techninei ir programinei įrangai ir sistemą sudarančių failų.

Programa pateikiama CD laikmenoje.

4.3.1. Instaliavimo instrukcija

Sistema instaliuojama aktyvuojant CD laikmenoje esantį *Install.exe* failą. Paleidus šį failą atsidaro pradinis instaliacijos programos langas (žr. 47 pav.).



47 pav. Instaliacijos programos langas.

Toliau sistema instaliuojama, laikantis pateiktų nurodymų.

4.3.2. Reikalavimai techninei ir programinei įrangai

Minimalūs reikalavimai kompiuterio techninei bei programinei įrangai:

- Procesorius: ne mažiau 300MHz;
- Operatyvinė atmintis: ne mažiau 128MB;
- Laisva vieta kietajame diske: ne mažiau 1.5GB;
- *Windows 98/2000/XP* operacinė sistema;
- Įdiegtas *Windows .NET Framework 2.0*.

5. PRODUKTO KOKYBĖS ĮVERTINIMAS IR EKSPERIMENTINIS TYRIMAS

Šiame skyriuje pateikiamas sukurto produkto kokybės įvertinimas bei eksperimentų, atliktų su sukurta vaizdų autentiškumo kontrolės sistema, rezultatų aprašymas.

5.1. Produkto kokybės įvertinimas

Sistemos kokybė bus vertinama pagal šiuos kriterijus:

1. Pagal vartotojų pasitenkinimą, naudojus PĮ, nuomonė apie įrankio patogumą.
2. Pagal kritinių klaidų skaičių (tos, kurios turi įtakos PĮ darbui).
3. Pagal nekritinių klaidų skaičių (tos, kurios neturi įtakos PĮ darbui).

Sukurta programinė įranga pateikia vartotojui patogią grafinę sąsają, kurios dėka vartotojas gali atlikti įvairaus pobūdžio operacijas, kaip vandens ženklo generavimas, jo įterpimas, vandens ženklo aptikimas, ir t.t. Taip pat sukurta programinė įranga veikia kaip įrankis, skirtas JPEG ir PGM formatų failų peržiūrai (sukuria miniatiūras (*thumbnails*) ir parodo *Exif* informaciją).

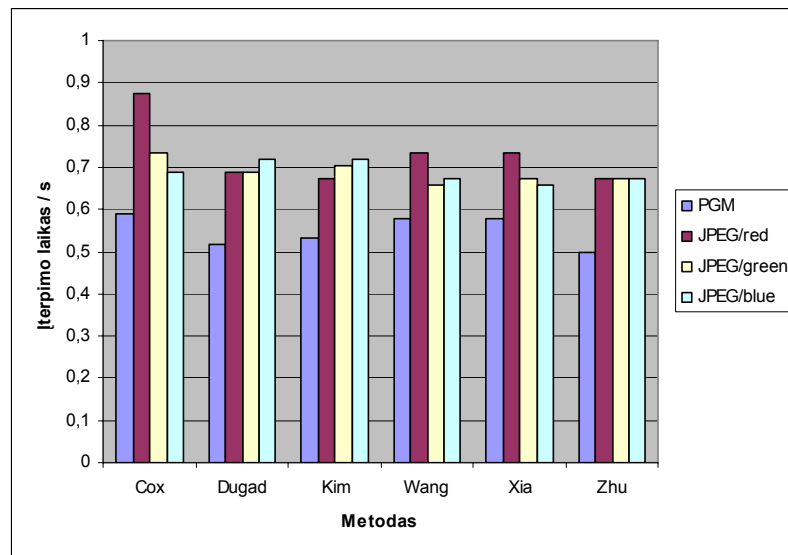
Sukurta sistema buvo sėkmingai įdiegta Kompiuterinės grafikos mokslo laboratorijoje, Kauno Technologijos universitete, šių metų balandžio 21 dieną. Sistemos vartotojai jokių priekaištų ar nusiskundimų nepareiškė. Nei kritinių, nei nekritinių klaidų nepastebėta. Sukurtas produktas nereikalauja didelių sisteminių resursų. Vaizdų autentiškumo kontrolės sistema yra lengvai pernešama į kitą darbo vietą.

5.1. Eksperimentinis tyrimas

Šioje darbo dalyje pateikiami eksperimentų, atliktų naudojant aukščiau aprašytus realizuotus žymėjimo vandens ženklais metodus, rezultatai.

Sukurta programinė įranga nebuvo lyginama su koku nors konkrečiu rinkoje esančiu panašiu produktu. Analogiškos programinės įrangos, kurios paskirtis ir funkcionalumas būtų bent kiek panašūs, neaptikta. Sukurtoji programinė įranga skirta ne tiek masiniam vartotojui, kiek mokslinių eksperimentų atlikimui, siekiant palyginti skirtingus žymėjimo vandens ženklais algoritmus.

Vaizdų autentiškumo kontrolės sistema buvo panaudota eksperimentams. Tyrimas buvo atliekamas naudojant kompiuterį, kurio parametrai: 3 GHz Pentium procesorius, 512 MB darbinė atmintis, 80 GB talpos kietasis diskas. Visų pirma buvo patikrinta, ar pasirinkti ir realizuoti algoritmai tikrai veikia, tam panaudojant standartinį vaizdą žymėjimo vandens ženklais tyrimuose – vadinamąją „Lena“ (PGM formate). Šis tyrimas atskleidė, kad sukurta sistema funkcionuoja nepriekaištingai, realizuoti algoritmai veikia korektiškai. Pateikus sistemai JPEG formato failus, sistemos funkcionavimo trukumų taip pat nepastebėta. Vandens ženklas įterpiamas paprastai ir greitai; žemiau pateikiamas vandens ženklo įterpimo greičio grafikas, kur akivaizdžiai matoma, kad vandens ženklas kiek greičiau įterpiamas į PGM formato failą.



48 pav. Vandens ženklo įterpimo sparta.

Vandens ženklo matomumas bei žymėjimo vandens ženklų poveikis skaitmeninio vaizdo kokybei priklauso nuo pasirinkto žymėjimo metodo. Paminėtina, kad visi nagrinėti algoritmai kiek pablogina galutinio vaizdo kokybę. Žymint vandens ženklais nesuspausto grafinio formato (PGM) failus šis poveikis yra kiek mažesnis, nei žymint suspausto grafinio formato failus (JPEG), be to, pastaruoju atveju galutinio vaizdo kokybė taip pat priklauso ir nuo to, koks kanalas pasirenkamas vandens ženklo įterpimui. Žemiau pateikiami vaizdų, pažymėtų vandens ženklais naudojant pasirinktus metodus, pavyzdžiai.



a) originalus vaizdas.



b) Cox metodu pažymėtas vaizdas



c) Dugad metodu pažymėtas vaizdas



d) Wang metodu pažymėtas vaizdas



e) Kim metodu pažymėtas vaizdas



f) Xia metodu pažymėtas vaizdas



g) Zhu metodu pažymėtas vaizdas

49 pav. PGM formato vaizdas.

Taigi, pabandžius pažymėti duotą PGM formato vaizdą visais šešiais algoritmais, pastebėta, kad labiausiai galutinio vaizdo kokybę įtakoja Kim ir Cox metodai. Cox metodas vandens ženklą įterpia, naudodamas DCT sritį. Yra žinoma, kad, modifikuojant tokį patį koeficientų skaičių, DCT pagrįsti algoritmai labiau iškraipo galutinį vaizdą, nei DWT pagrįsti algoritmai. Tai galima paaiškinti tuo, kad algoritmai, vandens ženklo įterpimui naudojantys DWT sritį, pasižymi maskavimo savybėmis.

Toliau pateikiami JPEG formato vaizdų pavyzdžiai (vandens ženklas šiuo atveju įterpiamas į mėlynąjį kanalą – vandens ženklo įterpimo į kitus kanalus pavyzdžiai pateikiami I priede).



a) originalus vaizdas.



b) Cox metodu pažymėtas vaizdas



c) Dugad metodu pažymėtas vaizdas



d) Wang metodu pažymėtas vaizdas



e) Kim metodu pažymėtas vaizdas



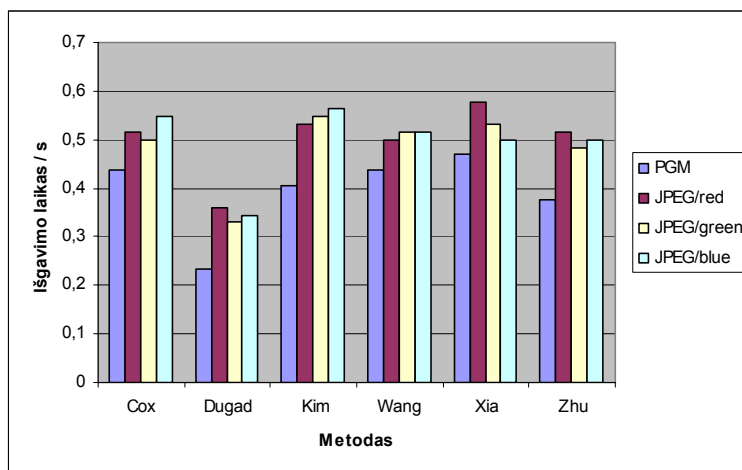
f) Xia metodu pažymėtas vaizdas



g) Zhu metodu pažymėtas vaizdas

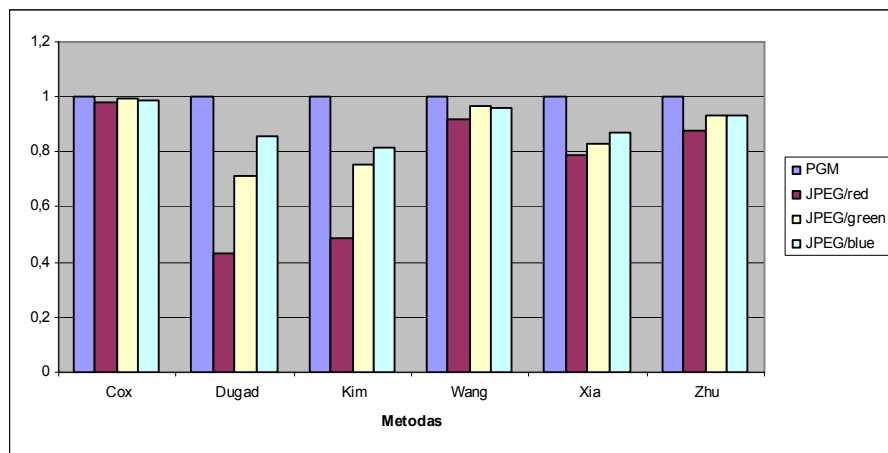
50 pav. JPEG formato vaizdas (žymėjimui naudotas *blue channel*).

Vandens ženklų išgavimas iš paženklinto vaizdo vyksta taip pat paprastai ir greitai, kaip ir įterpimas; žemiau pateikiamas vandens ženklų išgavimo greičio grafikas, kur akivaizdžiai matoma, kad vandens ženklas kiek greičiau išgaunamas iš PGM formato failo.



51 pav. Vandens ženklų išgavimo sparta.

Kaip minėta, vandens ženklą gali sudaryti tam tikri dvejetainiai duomenys, mažas paveikslėlis (logo) ar tam tikra skaičių seka, sugeneruota pagal tam tikrą pasiskirstymą (pvz., Gauso). Mūsų atveju signatūrą sudaro skaičių sekos. Vandens ženklo išgavimo metu gaunamas rezultatas parodo originalaus ir ištraukto vandens ženklų atitikimą. Pageidautina, kad šis skirtumas būtų kuo mažesnis. Tačiau vandens ženklų pažymėto vaizdo suspaudimas gali itin apsunkinti vandens ženklo aptikimą. Tuo tikslu buvo patikrinta, kiek mūsų sukurtos vaizdų autentiškumo kontrolės sistemos pagalba sukurtas ir įterptas vandens ženklas atitinka išgautą vandens ženklą. Tikrinimas sistemoje atliekamas, naudojantis aukščiau aprašytomis formulėmis (2), (5), (9), (12), (13) bei Wang algoritmo aprašymu (žr. 29 psl). Toliau pateikiamas įterpto bei išgauto vandens ženklų atitikimo grafikas.



52 pav. Originalaus ir išgauto vandens ženklų atitikimas.

Akivaizdu, kad PGM formatas geriausiai išlaiko vandens ženklą. Tuo tarpu JPEG suspaudimas aiškiai įtakoja vandens ženklo aptikimą. Cox algoritmas geriausiai atlaiko JPEG suspaudimą, taigi, vertinant pagal šį kriterijų jį galima laikyti atspariausiu. Tai gali būti paaiškinta tuo, kad pats JPEG suspaudimas yra vykdomas būtent DCT srityje. Taigi, tai, kad šis algoritmas pasiteisino kaip atspariausias neturėtų būti naujiena.

Apibendrinant galime teigti, kad sukurta sistema atitinka jai keltus reikalavimus.

6. IŠVADOS

1. Darbe išanalizuota vaizdų autentiškumo kontrolės probleminė sritis, jos aktualumas, aptarti galimi šios problemos sprendimo būdai, išskiriant žymėjimo skaitmeniniais vandens ženklais metodus.
2. Pateikti žymėjimo vandens ženklais teoriniai pagrindai, eilės algoritmų analizė.
3. Atlikta panašios programinės įrangos analizė, kuri parodė, kad rinkoje vyrauja tokie produktai, kurie leidžia žymėti vaizdą tik matomais vandens ženklais, tuo tarpu produktų, kuriuose būtų realizuotas žymėjimas nematomais vandens ženklais, yra vos keletas.
4. Probleminės srities, teorinės analizės bei vartotojų apklausos pagrindu buvo suformuluoti galimi vartotojų reikalavimai, atliktas vaizdų autentiškumo kontrolės sistemos specifikavimas pagal Volere šabloną. Suprojektuota žymėjimo vandens ženklais sistema.
5. Išanalizuoti šeši žymėjimo vandens ženklais metodai: Cox, Kim, Wang, Xia, Dugad ir Zhu sukurti algoritmai.
6. Įgyvendintas vienas pagrindinių darbo tikslų – vaizdų autentiškumo kontrolės sistemos realizavimas. Sukurta vaizdų autentiškumo kontrolės sistema, leidžianti peržiūrėti PGM ir JPEG formatų failus, kurti, įterpti bei aptikti vandens ženklus.
7. Atliktas realizuotos sistemos testavimas. Vaizdų autentiškumo kontrolės programinė įranga atitiko testavimo keliamus reikalavimus.
8. Eksperimentinio tyrimo metu išbandyti šeši žymėjimo vandens ženklais metodai. Šis tyrimas atskleidė, kad atspariausias JPEG suspaudimui yra Cox sukurtas algoritmas.

7. LITERATŪRA

1. ALATTAR M. A. „Smart Images“ Using Digimarc’s Watermark Technology. *Proceedings of IS&T/SPIE’s 12th International Symposium on Electronic Imaging*. San Jose, CA, USA, 2000, Volume 3971, number 25. Prieiga per internetą: <http://www.digimarc.com/DOCS/Papers/SPIE%272000-alattar.PDF>.
2. COX I. J., KILIAN J., LEIGHTON T., SHAMOON T. Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia. *Image Processing: IEEE International Conference*. Lausanne, Switzerland, 1997, Volume 6(12), p. 1673-1687. Prieiga per internetą: <http://citeseer.ist.psu.edu/cox95secure.html>.
3. DUGAD R., RATAKONDA K., AHUJA N. A New Wavelet-Based Scheme for Watermarking Images. *Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing, ICIP '98*, Chicago, IL, USA, 1998. Prieiga per internetą: <http://citeseer.ifi.unizh.ch/97595.html>.
4. HARTUNG F., KUTTER M. Multimedia Watermarking Techniques. *Proceedings of the IEEE, Special Issue on Identification and Protection of Multimedia Information*, 1999, Volume 87, No. 7, p.1079-1107. Prieiga per internetą: <http://citeseer.ist.psu.edu/hartung99multimedia.html>.
5. KIM J. R., MOON Y. S. A Robust Wavelet-Based Digital Watermarking Using Level-Adaptive Thresholding. *Proceedings of the 6th IEEE International Conference on Image Processing*, Kobe, Japan, ICIP '99, p. 202, 1999. Prieiga per internetą: <http://www.cs.bris.ac.uk/home/xl2509/paper2.pdf>.
6. KOCH E., ZHAO J. Towards Robust and Hidden Image Copyright Labeling. *Proceedings of 1995 (IEEE) Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing*, Marmaros, Greece, 1995, p. 452-455. Prieiga per internetą: <http://citeseer.ist.psu.edu/koch95towards.html>.
7. KRUCHTEN P. *The Rational Unified Process: An Introduction*, Third Edition. Boston: Addison-Wesley Pub Co, 2003.
8. KUTTER M., JORDAN F., BOSSON F. Digital Signature of Color Images Using Amplitude Modulation. *Proceedings of Electronic Imaging 1997 (EI 97)*, San Jose,

- USA, 1997, p.518-526. Prieiga per internetą:
<http://citeseer.ist.psu.edu/kutter97digital.html>.
9. MACQ B.M., QUISQUATER J.J. Cryptology for Digital TV Broadcasting. *Proceedings of the IEEE*, 1995, Volume 83 p. 944 - 957. Prieiga per internetą:
<http://ieeexplore.ieee.org/iel1/5/8772/00387094.pdf?tp=&isnumber=8772&arnumber=387094&type=ref>.
 10. MEERWALD P. Digital Image Watermarking in the Wavelet Transform Domain. *Master's Thesis*. Department of Scientific Computing, University of Salzburg, Austria, 2001. Prieiga per internetą:
<http://www.cosy.sbg.ac.at/~pmeerw/Watermarking/MasterThesis/>.
 11. MINTZER F., BRAUDAWAY G.W., YEUNG M. M. Effective and Ineffective Digital Watermarks. *Image Processing: IEEE International Conference*, Santa-Barbara, California, USA, 1997, Volume 3, p. 9-12; Prieiga per internetą:
<http://citeseer.ist.psu.edu/mintzer97effective.html>.
 12. MOHANTY S. P. Digital Watermarking: A Tutorial Review. 1999. Prieiga per internetą:
<http://www.csee.usf.edu/~smohanty/research/Reports/WMSurvey1999Mohanty.pdf>.
 13. NIKOLAIDIS N., PITAS I. Digital Image Watermarking: an Overview. Proceedings of International Conference on Microelectronics and Computer Science (ICMCS), 1999, Vol. 1, p.1-6. Prieiga per internetą:
<http://citeseer.ist.psu.edu/nikolaidis99digital.html>.
 14. QIAO L., NAHRSTEDT K. Watermarking Schemes and Protocols for Protecting Rightful Ownership and Customer's Rights". *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 1998, No.9, p. 194-210; Prieiga per internetą:
<http://citeseer.ist.psu.edu/701348.html>.
 15. STORCH D., KOCH E. Controllable User Access on Multimedia Data in the World Wide Web. *Imaging Science, Systems, and Technology: International Conference*, Las Vegas, Nevada, USA, 1997, p.270-278. Prieiga per internetą:
<http://citeseer.ist.psu.edu/storck97controlable.html>.
 16. SWANSON M.D., ZHU B., TEWFIK A.H. Transparent Robust Image Watermarking. *Image Processing: IEEE International Conference*, Lausanne, Switzerland, 1996, Volume 3, p. 211-214; Prieiga per internetą:
<http://citeseer.ist.psu.edu/swanson96transparent.html>

17. TANAKA K., NAKAMURA Y., MATSUI K. Embedding Secret Information into a Dithered Multilevel Image. *Military Communications: IEEE Conference*, 1990, p. 216 - 220. Prieiga per internetą: <http://citeseer.ist.psu.edu/storck97controlable.html>.
18. VAN SCHYNDEL R. G., TIRKEL A. Z., MEE N. R. A., OSBORNE C. F. A Digital Watermark. *Image Processing: IEEE International Conference*, Austin, Texas, USA, 1994, Volume 2, p.86-90. Prieiga per internetą: <http://citeseer.ist.psu.edu/schyndel94digital.html>.
19. VOLOSHYNOVSKIY S., PEREIRA S., PUN T., EGGERS J. J., SU J. K. Attacks on Digital Watermarks: Classification, Estimation-based Attacks and Benchmarks. *IEEE Communications Magazine, Special Issue on Watermarking*, 2001. Prieiga per internetą: <http://www.nt.e-technik.uni-erlangen.de/~egggers/texte/IEEEcom2.pdf>
20. WANG H.-J. M., SU P.-C., JAY KUO C.-C. Wavelet-Based Digital Image Watermarking. *Optics Express* 3, 1998, 491-496. Prieiga per internetą: <http://www.opticsexpress.org/ViewMedia.cfm?id=63350&seq=0>.
21. WOLFGANG R. B., PODILCHUK C. I., DELP E. J. Perceptual Watermarks for Digital Images and Video. *Proceedings of the IEEE, Special Issue on Identification and Protection of Multimedia Information*, 1999, Volume 87, No. 7, p.1108-1126. Prieiga per internetą: <http://citeseer.ist.psu.edu/534192.html>.
22. XIA X.-G., BONCELET CH. G., ARCE G. R. Wavelet Transform Based Watermark for Digital Images. *Optics Express* 3, 1998, 497-511. Prieiga per internetą: <http://www.opticsexpress.org/ViewMedia.cfm?id=63351&seq=0>.
23. ZHU W., XIONG Z., ZHANG Y.-Q. Multiresolution Watermarking for Images and Video: a Unified Approach. *Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing, ICIP '98*, Chicago, IL, USA, 1998. Prieiga per internetą: http://research.microsoft.com/china/papers/Multiresolution_Watermarking_Images_Video.pdf

8. Image Authentication Control

Summary

Digital watermarking is the way to solve digital image copyright protection problem. Such a solution is quite new and the need for software, which would ensure image authentication, is huge. Image authentication control area and its relevance are analyzed in this work. Digital watermarking theoretical basics are presented; six algorithms – Cox, Kim, Wang, Xia, Dugad and Zhu – are analyzed. The analysis of similar software was performed; it revealed the predominance of such software products that allows only visible (though transparent) watermarking, and the number of software with a possibility of invisible watermarking is small.

The work consists of these main parts: analysis, design, user documentation and experimental research. The main objective of this work was to design and implement image authentication control system. This system has such features: PGM and JPEG format images review, digital watermark generation, embedding, extraction. The designed system was implemented in Computer Graphics Science Laboratory, Kaunas University of Technology.

9. TERMINŲ IR SANTRUMPŲ ŽODYNAS

PI – programinė įranga.

RUP – apibendrintas projektavimo metodas (angl. *Rational Unified Process*).

UML – apibendrinta modeliavimo kalba (angl. *Unified Modeling Language*).

DCT – diskretus kosinuso transformavimas (angl. *Discrete Cosine Transform*).

DWT – diskretus bangelių transformavimas (angl. *Discrete Wavelet Transform*).

PGM – pustonų skalės vaizdo formatas (angl. *Portable Gray Map*).

JPEG – suspaustas fotografinių vaizdų išsaugojimo formatas (angl. *Joint Photographic Expert Group*).

EXIF – informacijos saugojimo grafiniuose failuose standartas (angl. *Exchangeable Image File Format*).

10. PRIEDAI

1 priedas. Ženklintų vaizdų pavyzdžiai.



a) originalus vaizdas.



b) Cox metodu pažymėtas vaizdas



c) Dugad metodu pažymėtas vaizdas



d) Wang metodu pažymėtas vaizdas



e) Kim metodu pažymėtas vaizdas



f) Xia metodu pažymėtas vaizdas



g) Zhu metodu pažymėtas vaizdas

53 pav. JPEG formato vaizdas (žymėjimui naudotas *red channel*).



a) originalus vaizdas.



b) Cox metodu pažymėtas vaizdas



c) Dugad metodu pažymėtas vaizdas



d) Wang metodu pažymėtas vaizdas



e) Kim metodu pažymėtas vaizdas



f) Xia metodu pažymėtas vaizdas



g) Zhu metodu pažymėtas vaizdas

54 pav. JPEG formato vaizdas (žymėjimui naudotas *green channel*).

2 priedas. Vaizdų autentiškumo kontrolės sistemos diegimo aktas

3 priedas. Instaliacinis kompaktinis diskas.