

Projekta aktivitātes „Pētījumi par datu noliktavām” atskaite

Datu noliktavas pētījumu grupa

Aktivitātes vadītāja: Laila Niedrīte, dalībnieki: Natālija Kozmina, Darja Solodovņikova, Jānis Zuters, Aivars Niedrītis, Māris Treimanis.

Pētījumu virzieni: paveiktais un rezultāti

Aktivitātes ietvaros tiek veikti pētījumi par trim virzieniem: datu noliktavu evolūcija, datu noliktavu personalizācija un procesu datu noliktavas

Datu noliktavu evolūcijas pētījumi

Datu noliktavām ir tendence attīstīties mainīgu datu avotu un lietotāju darījumprasību dēļ. Visas šīs izmaiņas ir atbilstoši jāapstrādā. Pētījumu rezultātā tika piedāvāts uz evolūciju orientēts un uz lietotāju vērsts datu noliktavas metamodelis, kas atļauj pārvaldīt datu noliktavu evolūciju automātiski vai pusautomātiski, un nodrošina lietotājiem saskaņotas un korektas datu analīzes iespējas.

Piedāvātā pieeja atbalsta datu noliktavas shēmu versijas un datu semantikas versijas. Metamodelis veidots balstoties uz CWM metadatu standartu, atbilstošās UML pakotnes paplašinot ar shēmas versiju aprakstīšanai vajadzīgiem metadatiem. Metadati sastāv no fiziskā, loģiskā un semantiskā līmeņa un atskaišu specifikācijas. Fiziskais metadatu līmenis apraksta fizisko shēmas versiju reprezentāciju datu bāzē, loģiskais metadatu līmenis apraksta datu noliktavas loģisko shēmu vairākām versijām, tiek piedāvāts arī algoritms atskaišu konstruēšanai un izpildīšanai uz vairākām datu noliktavas shēmas versijām.

Datu noliktavas evolūcijas ietvars atbalsta fiziskas, loģiskas un semantiskas izmaiņas datu noliktavas shēmai, kas rada jaunu datu noliktavas versiju.

Fiziskās izmaiņas darbojas ar datubāzes objektiem (tabulām, kolonām), fizisko izmaiņu rezultātā tiek mainīti gan loģiskā, gan fiziskā līmeņa metadati. Fizisku izmaiņu piemēri ir jaunais dimensijas atribūts, dimensijas atribūta datu tipa maiņa, dimensijas atribūta dzēšana, jaunas faktu tabulas izveide u.c.

Loģiskās izmaiņas maina tikai metadatus (netiek veiktas izmaiņas ar datubāzes objektiem), loģisko izmaiņu rezultātā tiek mainīti loģiska līmeņa metadati vai var tikt pievienotas jaunas atslēgas un atslēgu kolonas. Izmaiņu piemēri ir: dimensijas piesaistīšana faktu tabulai, jaunā dimensijas hierarhija, dimensijas hierarhijas dzēšana u.c.

Semantiskās izmaiņas attiecas uz eksistējoša datu elementa nozīmes maiņu.

Loģiskie metadati tiek izmantoti, lai aprakstītu datu noliktavas shēmu, fiziskie metadati – lai aprakstītu, kā datu noliktavas shēma tiks glabāta relāciju datu bāzē, semantiskie metadati apraksta glabāto datu nozīmi biznesa valodā, atskaišu metadati apraksta atskaišu definīcijas uz datu noliktavas shēmu, OLAP preferenču metadati apraksta lietotāju iestatījumus attiecībā pret atskaišu struktūru un datiem.

Šajā pētījumu virzienā strādāts pie atskaišu rīka metadatu modeļa attīstīšanas, lai tas ietvertu arī datu noliktavas personalizācijas nolūkiem vajadzīgos metadatus. Iepriekš jau izstrādātie un citos rakstos aprakstītie līmeņi papildināti ar vēl vienu – iestatījumu (preferenču) metadatu līmeni. Pētījuma rezultāti apkopoti rakstā D.Solodovnikova, L. Niedrite „Evolution-Oriented User-Centric Data Warehouse”.

Projekta ietvaros tika veikts darbs pie Darjas Solodovņikovas promocijas darba pabeigšanas, promocijas darbs „Uz datu noliktavas shēmas evolūciju orientēts vaicājumu definēšanas un attēlošanas rīks” tika aizstāvēts 2011. gada 9. februārī.

Pētījumu ietvaros izstrādāts atskaišu rīka prototips, rīka darbības pamatā ir vairāki metadatu līmeņi. Atskaišu rīks tiek izstrādāts kā daļa no evolūciju atbalstošas un lietotāju orientētas datu noliktavas. Rīks atļauj automātiski vai pusautomātiski apstrādāt noteikta tipa izmaiņas datu noliktavā, tai pat laikā orientēts uz viegli saprotamu un viegli saprotamu datu analīzi lietotājiem. Datu noliktavas evolūcijas ietvars ietver 2 vides – izstrādes un lietotāja vidi, kur izstrādes vide ir pamatā dažāda tipa metadatu pārvaldības atbalsts, kā arī datu noliktavas izmaiņu atbalsts. Lietotāja vidē ir atskaišu rīks ar iespēju korekti, neatkarīgi no datu noliktavas izmaiņām (versijām) definēt un skatīt atskaites. Vienai un tai pašai atskaitei var būt dažādas versijas, ja datu noliktavas shēmā notikušas izmaiņas. Lietotājs var izvēlēties attēlot atskaiti saskaņā ar vienu konkrētu shēmas versiju vai attēlot atskaites datus atsevišķi divās atskaitēs katrai shēmas versijai.

Veikta rīka aprobācija LU e-studiju datuvē, realizējot e-studiju datuves izmaiņu apstrādi rīka metadatos, versiju definēšanai izmantojot rīka metamodeli.

Veikti pētījumi par datu noliktavu konceptuālo modeļu izstrādi, un viena izstrādātā metode saistīta ar datu noliktavu konceptuālo modeļu jaunu versiju rekomendācijām, balstoties uz lietotāju darbību analīzi datu noliktavas datu avotu sistēmās. Tika uzrakstīts zinātniskais raksts D.Solodovnikova, L.Niedrite, and A.Niedritis, „Query-Driven Method for Improvement of Data Warehouse Conceptual Model”, kas tika prezentēts ISD2012 konferencē un iekļauts pēckonferences rakstu krājumā (Springer izdevniecībā).

Datu noliktavu personalizācijas pētījumi

Projekta laikā veiktas literatūras studijas par personalizāciju datubāzu kontekstā - lietotāju iestatījumu organizēšana pēc *iestatījumu tīkla* principa; datu noliktavu kontekstā - OLAP personalizācijas dimensiju apraksts: personalizācijas faktori un darbības, dinamiskā personalizācija, lietotāju iestatījumiem un personalizāciju informācijas izguves (*Information Retrieval*) kontekstā - lietotāju profilu veidošana un lietotāju iestatījumu novērtēšana. Tika izpētīti raksti, kas attiecās uz rekomendācijas sistēmām un to īpašībām, par rekomendācijām atsevišķām cilvēku grupām, rekomendācijas sistēmu lietotāju novērtēšanu, rekomendāciju sistēmu projektēšanas metodēm

Balstoties uz literatūras studijām, notika darbs pie pārskata raksta veidošanas par datu noliktavu personalizācijas problēmām. Rakstā tika aplūkotas piecas pieejas OLAP personalizācijas ieviešanai: iestatījumu konstruktori, dinamiskā personalizācija, vizuālais OLAP, rekomendācijas ar lietotāju sesiju analīzi un rekomendācijas ar lietotāju profilu analīzi. Tika piedāvāts šo pieeju novērtējums, lai noskaidrotu a) personalizācijas pielietojamību OLAP shēmas elementiem, agregātfunkcijām, OLAP operācijām, b) ierobežojumus (*hard/soft constraints*), kas ir pielietotas katrā pieejā, c) metodes lietotāju

iestatījumu un lietotāju informācijas iegūšanai. Šī raksta mērķis ir sistematizēt jau piedāvātas idejas OLAP personalizācijas jomā, lai atrastu iespējas tālākai ideju papildināšanai vai jaunu pieeju veidošanai OLAP personalizācijas jomā. Rezultāti ietverti rakstā N. Kozmina, L. Niedrite „Research Directions of OLAP Personalization”.

Tika pētīta iestatījumu ieviešanas tēma datu noliktavās un detalizētāk izpētīta viena no pieejām – rekomendācijas ar lietotāju profilu analīzi. Darba gaitā izstrādāts lietotāju profilu metamodelis, kas iekļauj sevī lietotāja, laika, atrašanās vietas, lietotāja tiesību, iestatījumu, aparatūras, atskaites un rekomendācijas profilus. Profilu metamodeļa veidošana balstās uz doktorantes Darjas Solodovņikovas promocijas darba ietvaros izstrādātā atskaišu rīka (turpmāk - EVO) īpašību pētīšanu, kā arī uz zinātniskās literatūras pētīšanu, kas attiecās uz lietotāju modeļiem un lietotāju kontekstu. Tika uzsākts pētījums, kas ir saistīts ar eksistējošo rekomendāciju sistēmu īpašībām – izmantotajiem kritērijiem rekomendāciju atlasei, rekomendāciju vizuālo izkārtojumu, u.c. Šī pētījuma mērķis ir piedāvāt algoritmu rekomendāciju ģenerēšanai, kritērijus rekomendāciju atlasei, kā arī, iespējamo LU atskaišu pārvaldības rīka EVO prototipa jaunu versiju, kurā ir integrētas datu noliktavas atskaišu rekomendācijas.

Pētījumu rezultātā tika izstrādāta lietotāju aprakstošo profilu klasifikācija, kas iekļauj sevī sešus profilus – mijiedarbības, lietotāja, laika, atrašanās vietas, iestatījumu un rekomendāciju profilus un modelis, kas apraksta lietotāju profilu savstarpējās sakarības, kā arī diagramma, kas raksturo profilu datu veidus (kopā 5 veidi – konteksta, statistiskie, analīzes, aktivitātes un tiešā ievada dati). Lai konstruētu atribūtu kopas mijiedarbības, lietotāja, laika, atrašanās vietas profiliem, tika izmantota metode, kas iekļauj sevī dažādu informācijas avotu pētīšanu, t.i., datu noliktavas literatūru, Common Warehouse Metamodel (CWM) standartu, zinātniskie un tehniskie rakstus, tīmekļa servisu, LU datu noliktavu u.c. (kopā 13 dažādi avoti). Rezultātā tika veikts projektējums mijiedarbības, lietotāja, laika, atrašanās vietas profilu klašu diagrammām. Tika piedāvāti vairāki scenāriji, kas apraksta iespējamus lietotāja iestatījumu tipus. Tika izveidots metamodelis, kas apraksta lietotāja atskaites vizuālā noformējuma iestatījumus un iestatījumus OLAP shēmas elementiem. Tiek attīstītas idejas par personalizācijas pieejas, kas balstās uz lietotāja iestatījumiem, ieviešanu LU atskaišu pārvaldības rīkā. Tika piedāvāta un formāli pierakstīta kā UML aktivitāšu diagramma rekomendāciju veidošanas algoritma ideja.

Rezultāti atspoguļoti rakstā par lietotāju aprakstošo profilu izmantošanu personalizācijas ieviešanai datu noliktavās: N.Kozmina, L.Niedrite „OLAP Personalization with User-Describing Profiles”.

Turpināts darbs pie datu noliktavas atskaišu rīka attīstīšanas, iekļaujot personalizācijas iespējas, izstrādāta metode semantisko metadatu izmantošanai datu noliktavas iestatījumu definēšanai. Atskaišu rīka metadatu modelis ir papildināts ar preferenču metamodeli, kas apraksta 2 veidu lietotāju preferences –shēmu specifiskas (definētas attiecībā pret OLAP shēmas elementiem- piemēram, dimensiju, hierarhiju u.c.) un atskaišu specifiskas (definētas attiecībā uz atskaišu datiem, kas izveidotas konkrētajā OLAP shēmā) . Lietotājs var definēt savu intereses pakāpi katrai OLAP preferencī.

Piedāvātajā metadatu modelī ir nedefinētas saistības starp dažādiem metadatu līmeņiem, preferenču metadatu līmenis ir saistīts gan ar loģiskiem metadatiem, gan atskaišu metadatiem (piemēram, preference var būt definēta attiecībā pret pieļaujamo

agregācijas funkciju, kas ir loģiskie metadati, vai preferences definīcija var būt saistīta ar atskaites elementu no atskaišu metadatu līmeņa).

Atskaišu specifiskās preferences ietver ierobežojumus uz atskaišu datiem, katra no preferencēm var saturēt ierobežojumu kopu, kas saistītas ar loģiskiem operatoriem, kā arī var saturēt izteiksmes, salīdzināšanu un konstantes.

OLAP preferences savukārt tiek definētas izmantojot atskaišu rīka semantiskā līmeņa metadatu jēdzienus, vai precīzāk, komponentes lietotāju preferencēm, kas definētas uz atskaišu struktūru, ir OLAP shēmu elementi no loģiskā metadatu līmeņa, kas atbilst semantiskā metadatu līmeņa konceptiem. Tas pats attiecas uz preferencēm, kas ietver atskaišu datus. Tādejādi pastāv sakarība starp preferenču metadatiem un semantiskajiem metadatiem. Pētījuma ietvaros tiek piedāvāts uzskatīt semantiskos metadatus kā līdzekli, lai formulētu lietotāju preferences datu noliktavu atskaitēm, pielietojot iepriekš definētus datu noliktavu elementu aprakstus ar semantiskiem metadatiem.

Rezultāti par rīka metamodeļa paplašināšanu ar iestatījumu un semantiskajiem metadatiem izmantoti rakstos "Towards Introducing User Preferences in OLAP Reporting Tool"(N. Kozmina, D. Solodovnikova) un „Determining Preferences from Semantic Metadata in OLAP Reporting Tool” (N. Kozmina, D. Solodovnikova)

Viens no pētījuma mērķiem ir izstrādāt un implementēt metodi datu noliktavas personalizācijai, kuras pamatā ir datu noliktavas personalizācijas metamodelis, lai sniegtu lietotājam iespēju iegūt no datu noliktavas informāciju, kas maksimāli atbilst lietotāja vajadzībām. Var ieviest personalizācijas iespējas atskaišu rīkā, lai lietotājs varētu uzdot iestatījumus atskaišu struktūrai, saturam un noformējumam.

Pirms sākt veidot lietotāju iestatījumu metamodeli atskaišu rīkam, bija nepieciešams klasificēt lietotāju iestatījumus. Lietotāju iestatījumi tika sadalīti divās grupās: iestatījumi atskaišu saturam, t.i. struktūrai un datiem (OlapPreference), un iestatījumi atskaišu noformējumam (VisualLayoutPreferences). Iestatījumu metamodelis ir izveidots tā, lai tas varētu papildināt jau eksistējošo iepriekšējos pētījumos izstrādāto LU atskaišu rīka metamodeli. Iestatījumus var sadalīt arī pēc informācijas uzkrāšanas principa tiešajos, t.i., ja lietotājs pats manuāli piešķir intereses pakāpi iestatījumu elementiem, un netiešajos, t.i., ja intereses pakāpes iestatījumu elementiem tiek izrēķināti automātiski.

Pētījumu rezultātā izstrādātas 2 metodes, kā piedāvāt lietotājam potenciāli interesantas atskaites, balstoties uz netiešajiem iestatījumiem OLAP shēmas elementiem (t.i., shēmai, dimensijām, atribūtiem, faktu tabulām, mērījumiem, hierarhijām) un pieļaujamām agregātfunkcijām. Hot-start metode tiek pielietota tad, ja lietotājam ir bagāta aktivitātes vēsture atskaišu rīkā. Cold-start metode tiek pielietota tad, ja (i) lietotājs pirmo reizi izmanto atskaišu rīku, vai ja (ii) lietotājs izmanto atskaišu rīku diezgan pasīvi (ierakstu skaits aktivitātes vēsturē ir mazāks par iepriekšdefinētu sliekšni). Savukārt, sliekšnis ir pozitīva konstantes vērtība, kas atbilst lietotāja aktivitātes ierakstu skaitam žurnālfailā un kas tiek uzskatīts par pietiekamu, lai pārietu no cold-start uz hot-start metodi.

COLD-START metodes pamatā ir atskaišu struktūras aprakstīšana ar vektoriem, kuru koordinātes raksturo atskaišu OLAP shēmas elementu instanču esamību katrā atskaitē. Tālāk notiek vektoru līdzības izrēķināšana atskaišu pāriem (Vector/Cosine Similarity) un

beigās notiek Top-N atskaišu atlasīšana ar visaugstākajām vektoru līdzības vērtībām, sakārtotām dilstošā secībā.

HOT-START metodes pamatā ir īpašā veidā svaru piekārtošana visām datu noliktavas shēmām un to elementiem, ko izmanto sekojošos algoritmos - (a) tiek aprēķināta un piefiksēta lietotāja profilā intereses pakāpe shēmas elementiem, kas ir sastopami lietotāja aktivitātes vēsturē; (b) katrai atskaipei tiek noteikti tajā izmantotie shēmas elementi; (c) katrai atskaipei tiek izrēķināta līdzība starp lietotāja intereses pakāpēm shēmas elementiem atskaitē un lietotāja profilā. Beigās notiek Top-N atskaišu atlasīšana ar visaugstākajām lietotāja profila un atskaišu intereses pakāpes līdzības vērtības, sakārtotām dilstošā secībā.

Rezultāti par abām metodēm atspoguļoti rakstā: “On Implicitly Discovered OLAP Schema-Specific Preferences in Reporting Tool” (N. Kozmina, D. Solodovnikova).

Tika attīstīts pētījums par OLAP personalizāciju datu noliktavās: tika nerealizēta procedūru līmenī atskaišu rekomendācijas metode (Cold-start). Procedūras tika testētas, papildinātas un optimizētas. Tika uzsākta un joprojām turpinās atskaišu rekomendācijas metodes realizācija procedūru līmenī (Hot-start). Procedūras un jaunizveidotās datu struktūras tika testētas, papildinātas un optimizētas.

Ir izveidota jauna aprobācijas vide, kur pielietot atskaišu rīku, kurā tiek realizētas pētījumos piedāvātās metodes, t.i. datu datu noliktavas atskaitēm par studentu vērtējumiem, galvenā fakto tabula ir Studentu vērtējumi Moodle e-kursos. Dimensijas ir Laiks, E-kurss, E-kursa kategorija, Pasniedzējs, Students, Programma, Struktūrvienība. Analīzes mērķis ir gūt priekšstatu par to, kas un cik bieži lieto studentu vērtējumu grāmatas rīku.

Procesu datu noliktavu pētījumi

Veikti pētījumi biznesa procesa pārvaldības sistēmas arhitektūras izveidei, kurā iekļautas datu noliktavai nepieciešamās komponentes un kas nodrošinātu iespēju elastīgas un izmaksu efektīvas IS izstrādei. Tika pētītas sekojošas pieejas: 1) „SPL – software product line”, kur pamatā iepriekš definēta arhitektūra un zināmas pamatfunkcijas. Visi atkalizmantojamie komponenti tiek iepriekš jau ieplānoti, lai iegūtu atšķirīgu instanci programmatūrai, tradicionāli tiek veiktas izmaiņas programmatūras kodā. 2) ”Software as a service (SaaS)”: jauns veids, kā nodrošināt piekļuvi programmatūrai, ko piedāvā kā pakalpojumu dažāda lieluma organizācijām, lai nodrošinātu šīm organizācijām līdzīgus biznesa procesus; pakalpojuma sniedzējs izvieto SaaS programmatūru uz saviem serveriem, uztur gan programmatūru, gan infrastruktūru. Eksistē dažādi realizācijas veidi, par piemērotāko tika atzīts konfigurējams daudzu nomnieku (multi-tenant) vienas instances risinājums uz pakalpojuma piegādātāja servera.

Biznesa procesu pārvaldības sistēmas arhitektūras izstrāde realizēta, kā informācijas sistēmu adaptācijas platformas sastāvdaļa, iestrādājot arhitektūrā komponentes, kas nodrošina biznesa likumu definēšanas, implementācijas un kontroles atbalstu biznesa procesu izpildes kontroles vajadzībām, veiktā pētījuma rezultāts, ir informācijas sistēmu adaptācijas arhitektūras koncepcija.

Piedāvātā informācijas sistēmas arhitektūra, kas nodrošinātu tās izmantošanu vairākās vienas biznesa jomas organizācijās ar līdzīgiem biznesa procesiem, adaptējot to katras atsevišķas organizācijas vajadzībām, sastāv no sekojošiem komponentiem: 1) Konteksta monitora, kas nosaka sistēmas lietošanas konteksta īpašības, 2) Adaptācijas komponenta, kas nodrošina tai divu līmeņu adaptāciju: a) “rupjo adaptāciju” – kas veic organizācijas līmeņa instances izveidi; b) “detalizētu adaptāciju”, ko nosaka lietotāja profils un kam ir divi soļi: navigācijas adaptācija un satura adaptācija; 3) Darbību monitora, kas tiek izmantots, lai uzkrātu datus par izmantotajām IS funkcijām, lai šo informāciju izmantotu IS darbības operatīvai analīzei un vēlākai šo datu izmantošanai tālākai IS attīstīšanas stratēģijas izstrādei. 4) IS datu slāņa, kas satur profilus, kas tiek izmantoti abu līmeņu adaptācijā un atbilstošos biznesa datus. Datu slānī tiek glabāta arī informācija par IS funkciju darbību vēsturi, ko savāc darbību monitors.

Darba rezultāti par informācijas sistēmas arhitektūras izveidi, kurā iekļauta procesu monitorēšanas komponente ar datu noliktavu un izmantotas pieejas, kas nodrošinātu elastīgas un izmaksu efektīvas IS izstrādi, izmantoti raksta sagatavošanai A. Niedrītis, L.Niedrite „The Adaptation of a Web Information System: a Perspective of Organizations”.

Biznesa procesu pārvaldības ietvaram kā vienu no alternatīvām iespējām, ko ņemt par pamatu ietvara definēšanai, tika izskatīti ISTehnoloģijas realizācijas principi un metamodelis. ISTehnoloģija sastāv no metamodeļa un lietojumprogrammām, lai definētu platformneatkarīgus organizācijas biznesa modeļus un realizētu šos modeļus specifiskās platformās. ISTehnoloģijas pamatnostādnes tika izvērtētas un papildinātas ar jaunākām atziņām no Informācijas Sistēmu izstrādes pētījumiem – par modeļu bāzētu arhitektūru (MDA) un par SPL pieeju (Software product line). Atbilstoši jaunajām nostādnēm aprakstīts ISTehnoloģijas metamodelis, kura metamodelis sastāv no vairākiem moduļiem: darba vietas (Workplace), organizācijas (Organizational), objektu (Object), procesu (Process), atskaišu (Report) un monitorēšanas (Monitoring) moduļiem. Darba rezultāti par ISTehnoloģijas pamatā esošiem principiem un metamodeli izmantoti raksta sagatavošanai J.Iljins, M.Treimanis „From Organization Business Model to Information System: One approach and Lessons Learned”, ISD konferencei.

Veikts pētījums, kā rezultātā izstrādāta datu noliktavas datu avotu lietotāju modeļu integrācijas metode, kas izmanto vispārīgu lietotāju modeli. Integrētais lietotāja modelis paredzēts informācijas uzkrāšanai par lietotāju un viņa darbībām datu avotos, kā rezultātā integrēto lietotāja informāciju iespējams izmantot par pamatu eksistējošas datu noliktavas jaunu datu modeļu izstrādei jaunām datu noliktavas daļām. Rezultāti atspoguļoti rakstā .Niedrītis, L.Niedrite, N.Kozmina „Integration Architecture of User Models”.

Veikts darbs pie biznesa procesu pārvaldības sistēmas arhitektūras izstrādes, kas iekļauta, kā informācijas sistēmu adaptācijas platformas sastāvdaļa, iestrādājot arhitektūrā komponentes, kas nodrošina biznesa likumu definēšanas, implementācijas un kontroles atbalstu biznesa procesu izpildes kontroles vajadzībām, izstrādāts modelis datu glabāšanai vairākām adaptētām vienas IS instancēm, kas realizē viena biznesa procesa dažādas variācijas. Rezultāti atspoguļoti rakstā A. Niedrītis, „Delivery of Consistent and Integrated User’s Data within a Multi-Tenant Adaptive SaaS Application”.

Tika veikti pētījumi saistībā ar galveno veikspējas indikatoru (KPI) definēšanas, implementācijas un kontroles atbalstu procesu izpildes kontroles vajadzībām. Biznesa procesu izpildes kontrolei kā risinājums tiek piedāvāta datu noliktava, kuras modelis jāveido atbilstoši veikspējas indikatoru definīcijām. Veikta veikspējas indikatoru īpašību analīze un klasifikācija. Pētījuma ietvaros izstrādāts formāls indikatoru pieraksts, kā arī definēts 5 soļu veikspējas indikatoru dzīves cikls un indikatorus aprakstošie atribūti katra dzīves cikla posma kontekstā. Rezultāti atspoguļoti rakstā A.Niedritis, L. Niedrite, N. Kozmina, „Performance Measurement Framework with Formal Indicator Definitions”.

Veikts darbs pie biznesa procesu pārvaldības sistēmas izveides, kas balstīta uz datu noliktavu tehnoloģijām. Iepriekšējos pētījumos definētais biznesa procesu pārvaldības ietvars (BPPI), kas apraksta dažādus biznesa procesus raksturojošo indikatoru aspektus, formalizēts ar modeli, kas nodrošina galveno veikspējas indikatoru dzīves ciklu – definēšanu, mērīšanu, analīzi, reakciju un izvērtēšanu. Izstrādāts šo komponentu mijiedarbības modelis un notiek darbs pie komponentu datu modeļa izstrādes un pie mijiedarbības procesu formalizācijas, aprakstot šos algoritmus ar pseidokodu. Modeļa ietvaros:

1) noteikta mērījumu veikšanas konceptuālā shēma, kas pamatā balstās uz datu noliktavas funkcionalitāti. Mērīšanas komponents tiek projektēts kā datu noliktavas ETL procesu sastāvdaļa (ETL – datu izguve, transformēšana un ielāde); tiek projektēts mērīšanas metadatu uzkrāšanas modulis un definēti mērīšanai nepieciešamie metadati.

2) noteikta indikatoru apraksta piesaiste mērījumiem. Galveno veikspējas indikatoru (KPI) dzīves cikla nodrošināšanas shēma veidota, nodrošinot tā saikni ar KPI formālo definīciju metamodeli.

3) definēta shēma mērījumu analīzei, kas balstās uz datu noliktavu pētījumu grupas realizētu atskaišu rīka risinājumu. kas tiek izmantots KPI mērīšanas rezultātu analīzei.

4) aprakstīta ietvara funkcionalitāte sadarbībai ar lietotāju un reakcijas apstrāde uz mērījumiem.

Veikts darbs pie biznesa procesu mērīšanas sistēmas prototipa, kas balstīts uz projekta ietvaros izstrādāto integrēto biznesa procesu pārvaldības ietvara arhitektūru. Notiek darbs pie KPI dzīves cikla nodrošināšanas (definēšanas, mērīšanas, analīzes, reakcijas un izvērtēšanas) komponentu datu struktūru izveides, testa piemēru izveides komponentu mijiedarbības algoritmu darbības pārbaudei, modelis papildināts ar biznesa likumu kontroles atribūtiem.

Rezultāti atspoguļoti rakstā „Performance Measurement Framework with Indicator Life-cycle Support”.

Veikts pētījums par reālā laika datu noliktavu realizācijas iespējām un nepieciešamību biznesa procesu pārvaldības datu noliktavām. Veikta dažādu datizrades metožu izpēte, kas varētu tikt izmantotas risinājuma izstrādē no laika apstrādes viedokļa. Tika apzinātas galvenās prasības un iespējamie optimizācijas mehānismi biznesa procesu datu apstrādes „tieši laikā” nodrošināšanai datu noliktavā. Rezultāti atspoguļoti rakstā J.Zuters, „Near Real-time Data Warehousing with Multi-stage Trickle & Flip”.

Papildināti pētījumi biznesa procesu pārvaldības sistēmas arhitektūras izstrādē, kas veidota kā informācijas sistēmu adaptācijas platformas sastāvdaļa; attīstīta adaptācijas

arhitektūras koncepcija ar prezentācijas adaptācijas iespēju. Pētījums atspoguļots rakstā A.Niedritis, L.Niedrite „Adaptation of the Presentation in a Multi-tenant Web Information System”.

Dalība starptautiskās konferencēs un publikācijās

- N. Kozmina, L. Niedrite (2010) “OLAP Personalization with User-describing Profiles”, In: Forbrig P, Günther H (eds.) BIR 2010. Springer, Heidelberg, LNBIP, 64:188-202
- D.Solodovnikova, L. Niedrite. (2011) Evolution-Oriented User-Centric Data Warehouse. // J.Pokorny, V.Repa, K.Richta et.al. (Eds), Proceedings of the 19th International Conference on Information Systems Development, Springer, pp. 721 – 734.
- A.Niedritis, L.Niedrite . (2011) The Adaptation of a Web Information System: a Perspective of Organizations. // J.Pokorny, V.Repa, K.Richta et.al. (Eds) Proceedings of the 19th International Conference on Information Systems Development, Springer, pp. 539- 550.
- J.Iljins, M.Treimanis. (2011) From Organization Business Model to Information System: One Approach and Lessons Learned. // J.Pokorny, V.Repa, K.Richta et.al. (Eds) Proceedings of the 19th International Conference on Information Systems Development, Springer, pp. 309 – 320.
- N.Kozmina, L.Niedrite. (2011) Research Directions of OLAP Personalization. // J.Pokorny, V.Repa, K.Richta et.al. (Eds) Proceedings of the 19th International Conference on Information Systems Development, Springer, pp. 345 – 356
- A.Niedritis, L. Niedrite, N. Kozmina. (2011) Performance Measurement Framework with Formal Indicator Definitions. // J.Grabis, M.Kirikova (Eds), Perspectives in Business Informatics Research, Lecture Notes in Business Information Processing, Volume 90, Springer, p. 44-58.
- J.Zuters. (2011) Near Real-time Data Warehousing with Multi-stage Trickle & Flip. // J.Grabis, M.Kirikova (Eds), Perspectives in Business Informatics Research, Lecture Notes in Business Information Processing, Volume 90, Springer, pp. 73-82.
- N. Kozmina, D.Solodovnikova. (2011) On Implicitly Discovered OLAP Schema-Specific Preferences in Reporting Tool. // J.Grunspenķis (Ed.), Scientific Journal of Riga Technical University, Computer Science, Ser. 5, Vol. 46, Special issue for 10th International Conference on Perspectives in Business Informatics Research, Riga, RTU, pp. 35.-42.
- A.Niedritis, L.Niedrite, N.Kozmina, (2011) Integration Architecture of User Models. // L.Niedrite, R.Strazdina, B.Wangler (Eds.), Perspectives in Business Informatics Research, Local Proceedings, 10th International Conference, BIR 2011 Associated Workshops and Doctoral Consortium, Riga Technical University, pp. 323 – 330.
- N. Kozmina, D. Solodovņikova, (2011) Determining Preferences from Semantic Metadata in OLAP Reporting Tool. // L.Niedrite, R.Strazdina, B.Wangler (Eds.), Perspectives in Business Informatics Research, Local Proceedings, 10th International Conference, BIR 2011 Associated Workshops and Doctoral Consortium, Riga Technical University, pp. 363-370.

- A. Niedritis, (2011) Delivery of Consistent and Integrated User's Data within a Multi-Tenant Adaptive SaaS Application. // L.Niedrite, R.Strazdina, B.Wangler (Eds.), Perspectives in Business Informatics Research, Local Proceedings, 10th International Conference, BIR 2011 Associated Workshops and Doctoral Consortium, Riga Technical University, pp. 307-314.
- N. Kozmina, D. Solodovnikova (2012) Towards Introducing User Preferences in OLAP Reporting Tool, In: Niedrite L, et al. (eds.) BIR 2011 Workshops. Springer, Heidelberg, LNBIP 106:209-222
- Niedritis, A., Niedrite, L., Zuters, J. (2012) Performance Measurement Framework with Indicator Life-cycle Support, In: A.Caplinskas, G.Dzemyda, A.Lupeikiene, O.Vasilecas (Eds.) Databases and Information Systems. 10th Int. Baltic Conf. on Databases and Information Systems. Local Proceedings, Materials of Doctoral Consortium. Vilnius, Žara, pp. 115-127.
- Solodovnikova, D, Niedrite, L., and Niedritis, A. (2012) Query-Driven Method for Improvement of Data Warehouse Conceptual Model, Proceedings of the 21st International Conference on Information Systems Development (ISD2012), Prato, Italy, Springer (in print)
- Niedritis, A, Niedrite, L. (2012) Adaptation of the Presentation in a Multi-tenant Web Information System, In: Skersys, T., Butleris R., Butkiene R. (Eds.), Information and Software Technologies, CCIS , Vol. 319, Springer, pp. 176 – 186.

Sagatavotas publikācijas un iesniegtas izvērtēšanai konferenču programmu komitejām:

- Zuters, J., Niedritis, A., Niedrite, L. „Implementation of Performance Measurement Framework with Indicator Life-Cycle”, kas iesniegts izvērtēšanai konferencei BIS2013.
- L.Niedrite, N.Kozmina, M.Golubs, Deriving the Conceptual Model of a Data Warehouse from Information Requirements, EDBT 2013 konference

Dalība starptautiskās zinātniskās konferencēs ar referātu

2010. gada 24.- 28. augusts, ISD 2010 konferencē, Prāga, Čehija:

- Natālija Kozmina prezentēja rakstu N. Kozmina, L. Niedrite „Research Directions of OLAP Personalization”,
- Darja Solodovnikova prezentēja rakstu Solodovnikova D., Niedrite L. ‘Evolution-Oriented User-Centric Data Warehouse’.
- Aivars Niedrītis prezentēja rakstu A.Niedritis, L.Niedrite „The Adaptation of a Web Information System: a Perspective of Organizations”.

2010. gada 28. septembris - 2. oktobris, BIR 2010 konference, Rostokā, Vācijā:

- Natālija Kozmina prezentēja rakstu N. Kozmina, L. Niedrite „OLAP Personalization with User-describing Profiles”.

2011. gada 7.-8. oktobris, BIR 2011 konference, Rīga, Latvija:

- Laila Niedrite prezentēja rakstu A.Niedritis, L.Niedrite, N.Kozmina, Performance Measurement Framework with Formal Indicator Definitions,

- Jānis Zuters prezentēja rakstu J.Zuters, Near Real-Time Data Warehousing with Multi-Stage Trickle and Flip.
- Darja Solodovņikova prezentēja rakstu N.Kozmina, D.Solodovņikova, On Implicitly Discovered OLAP Schema-Specific Preferences in Reporting Tool,

2011. gada 6. oktobris, BIR2011 konferences darbnīca UOII, Rīga, Latvija

- Aivars Niedrītis prezentēja rakstu A.Niedritis, Delivery of Consistent and Integrated User's Data within a Multi-Tenant Adaptive SaaS Application,
- Laila Niedrīte prezentēja rakstu A.Niedritis, L.Niedrite, N. Kozmina, Integration Architecture of User Models,
- Darja Solodovņikova prezentēja rakstu D.Solodovņikova, Natalija Kozmina, Determining Preferences from Semantic Metadata in OLAP Reporting Tool,

2012. gada 8.-11. jūlijā DB&IS2012 konferencē, Viļņā, Lietuvā:

- Aivars Niedrītis prezentēja rakstu: A.Niedritis, L.Niedrite, J.Zuters „Performance Measurement Framework with Indicator Life-cycle Support”.

2012. gada 29.-30. augustā ISD2012 konferencē, Prato, Itālijā:

- Aivars Niedrītis prezentēja rakstu D.Solodovņikova, L.Niedrite, and A.Niedritis, „Query-Driven Method for Improvement of Data Warehouse Conceptual Model”

2012. gada 13.-14. septembrī ICIST 2012 konferencē, Kauņā, Lietuvā:

- Aivars Niedrītis prezentēja rakstu: A.Niedritis, L.Niedritis „Adaptation of the Presentation in a Multi-tenant Web Information System”

LU 69. zinātniskā konference, projekta semināri un zinātniskās darbnīcas organizēšana

Datu noliktavu darba grupa par saviem pētījumu virzieniem referēja 2 ESF projekta iekšējos semināros ar mērķi apspriest šos pētījumu virzienus ar citu aktivitāšu dalībniekiem:

- 2010. gada 1. jūnijā – tēmas un referenti: D.Solodovņikova "Datu noliktavu evolūcijas problēmas" un L.Niedrīte "Procesu datu noliktavas"
- 2010. gada 17. jūnijā (turpinājums 1. semināram par datu noliktavām) - nepabeigtās tēmas un referenti: L.Niedrīte "Metodes datu noliktavu konceptuālo modeļu izveidei: mērķu bāzēta metode procesu datu noliktavas gadījumā", un N.Kozmina "OLAP personalizācijas pētījumu virzieni "

LU 69. zinātniskajai konferencē nolasīts referāts L.Niedrīte, N.Kozmina, D.Solodovņikova „Datu noliktavu pētījumi Latvijas Universitātē”, prezentēts 2011. gada 11. februārī, Datorzinātņu un informācijas tehnoloģiju apvienotajā sekcijā (uzstājās N.Kozmina).

Viedo sensoru un kvantu skaitļošanas seminārā, ko organizēja A.Ambaiņa un L.Seļāvo jauno zinātnieku grupas, 27.05.2011. tika nolasīts referāts Natālija Kozmina, „Personalizācijas un evolūcijas atbalsts datu noliktavas atskaišu rīkā”.

Lai apspriestu datu noliktavas grupas darbībai aktuālas tēmas, tika pieteikta konferences BIR2011 darbnīca „User oriented information integration”, tika saskaņota programmas komiteja, sagatavota mājas lapa www.lu.lv/uoi ar informāciju par darbnīcas mērķiem, tēmām, tika izsūtīti radniecīgām pētnieku grupām uzaicinājumi piedalīties. Veikta BIR zinātniskās darbnīcas UOII organizēšana un programmu komitejas darba koordinēšana. Gala versijas, ko akceptēja programmu komiteja, tika iesniegtas 10 rakstiem. No projekta datu noliktavu grupas UOII zinātniskajai darbnīcai tika iesniegti 3 raksti. Tika novadīta BIR 2011 konferences asociētā zinātniskā darbnīca UOII - 06.10.2011. Dalībnieku skaits – 15, prezentēto rakstu skaits – 10

Sagatavoti divi rakstu krājumi:

- Laila Niedrite, Renate Strazdina, Benkt Wangler (Eds.), Perspectives in Business Informatics Research, Local Proceedings, 10th International Conference, BIR 2011 Associated Workshops and Doctoral Consortium, Riga Technical University, 2011, p 449.
- L.Niedrite, R.Strazdina, B.Wangler (Eds.) (2012) „Workshops on Business Informatics Research, BIR 2011 International Workshops and Doctoral Consortium, Riga, Latvia, October 6, 2011, Revised Selected Papers”, LNBIP Vol. 106, Springer.

Datu noliktavu pētniecības grupa sniedza arī atskaiti projekta nobeiguma seminārā (uzstājās L. Niedrīte un N.Kozmina).

Maģistra un Promocijas darbi, grupas dalībnieku doktorantūras studijas

Natālija Kozmina projekta laikā pabeidza LU Datorzinātņu maģistrantūru, aizstāvēja maģistra darbu „Datu noliktavu personalizācija” (vadītāja Dr.sc.comp.L.Niedrīte), iestājās doktorantūrā un 2012. gadā pabeidza doktorantūras 2. studiju gadu un reģistrējās 3. studiju gadam, regulāri piedalījās datorzinātņu doktorantu seminārā, referēja par savu paveikto pētniecībā, saistībā ar paveikto projekta ietvaros.

Darjas Solodovņikovas promocijas darbs (vadītāja Dr.sc.comp. Laila Niedrīte), „Uz datu noliktavas shēmas evolūciju orientēts vaicājumu definēšanas un attēlošanas rīks” tika aizstāvēts 2011. gada 9. februārī.

Aivars Niedrītis 2011. gada septembrī nokārtoja promocijas eksāmenu, pabeidza LU datorzinātņu doktora studiju programmu. A. Niedrīša promocijas darbs „Daudzu nomnieku adaptīvas tīmekļa informācijas sistēmas arhitektūra” (vad. Prof. Māris Treimanis) saņēmis LU Datorikas fakultātes programmēšanas katedras atzinumu, ka promocijas darbs iesniedzams LU akadēmiskajā departamentā. 2012. gada 30. novembrī A. Niedrīša promocijas darbs, kopsavilkums un publikāciju kopijas iesniegtas akadēmiskajā departamentā.

Rīku prototipi

Projektā izstrādāto rīku prototipi (Atskaišu rīks un Procesu mērīšanas sistēma) ar testa piemēru datiem un Instrukciju faili rīku uzstādīšanai, kā arī vajadzīgie skripti vai instalāciju faili atrodami sekojošā vietnē:

<https://luis.lu.lv/pls/pub/indk.faili>