ИНСТИТУТ ЗА ВОДОПРИВРЕДУ "ЈАРОСЛАВ ЧЕРНИ"
Завод за бране, хидроенергетику, руднике и саобраћајнице

ул. Ј. Черног 80, 11 226 Пиносава, Београд, тел. + 381 11 3906 486, www.jcerni.rs

ТЕХНИЧКО РЕШЕЊЕ:

СОФТВЕР ЗА УПРАВЉАЊЕ ПОДАЦИМА О СИСТЕМУ ХЕ ЂЕРДАП 1 И ХЕ ЂЕРДАП 2

Аутори техничког решења:

Дејан Дивац,

Никола Миливојевић,

Небојша Поповић,

Грујовић Ненад и

Стојановић Здравко

Београд, 2010 год.

С А Д Р Ж А Ј :

1. Предлог Министарству науке и технолошког развоја да се техничко решење уврсти у категорију М85

2. Одлука Научног већа Института за водопривреду „Јарослав Черни“ о прихватању рецензије техничког решења

3. Рецензија техничког решења

4. Потврда корисника

5. Опис техничког решења

Предлог Министарству науке и технолошког развоја да се техничко решење уврсти у категорију М85

ИНСТИТУТ ЗА ВОДОПРИВРЕДУ
„Јарослав Черни“ АД
Број: 5/12
Датум: 03.03.2010.
Б е о г р а д

Након уводног излагања председника Научног већа, Научно веће Института «Јарослав Черни» је, на седници одржаној 03.03.2010. године, једногласно донело следећу

ОДЛУКУ

ПРЕДЛАЖЕ СЕ Министарству науке и технолошког развоја да се техничко решење **„Софтвер за управљање подацима о систему ХЕ Ђердап 1 и ХЕ Ђердап 2“** уврсте у категорију резултата М 85.

ПРЕДСЕДНИК НАУЧНОГ ВЕЋА

Проф. Др Стеван Прохаска

ИНСТИТУТ ЗА ВОДОПРИВРЕДУ „ЈАРОСЛАВ ЧЕРНИ“ БЕОГРАД

Одлука Научног већа Института за водопривреду „Јарослав Черни“ о прихватању рецензије техничког решења

ИНСТИТУТ ЗА ВОДОПРИВРЕДУ
„Јарослав Черни“ АД
Број: 5/12
Датум: 03.03.2010.
Б е о г р а д

Након уводног излагања председника Научног већа, Научно веће Института «Јарослав Черни» је, на седници одржаној 03.03.2010. године, једногласно донело следећу

ОДЛУКУ

ПРИХВАТА се резензија за оригинално техничко решење и то за:

1. **’’Софтвер за управљање подацима о систему ХЕ Ђердап 1 и ХЕ Ђердап 2’’**

Рецензенти за наведена техничка решења су били: др Бобан Стојановић, дипл. инж., доцент на Природно-математичком факултету у Крагујевцу и проф. др Мирослав Живковић, дипл. инж., редовни професор Машинског факултета у Крагујевцу.

Рецензија за наведено техничко решење се налази у прилогу овог записника и чини њен саставни део.

ПРЕДСЕДНИК НАУЧНОГ ВЕЋА

Проф. Др Стеван Прохаска

Рецензија техничког решења

8.

ПРЕДМЕТ: Рецензија техничког решења «Софтвер за управљање подацима о систему ХЕ Ђердап 1 и ХЕ Ђердап 2»

У оквиру рада на пројекту Министарства за науку Републике Србије: ТР 18034 - "Развој и примена хидроинформационих система у циљу повећања енергетске ефикасности у управљању хидропотенцијалом у Републици Србији", 2008 – 2010, група аутора (др Миливојевић Никола, доцент, др Дејан Дивац, виши научни сарадник, Поповић Небојша, дипл. грађ. инж., др Грујовић Ненад, редовни професор, и др Стојановић Здравко, научни сарадник) је развила софтвер за управљање подацима о систему ХЕ Ђердап 1 и ХЕ Ђердап 2. Софтвер је развијен за потребе крајњег корисника, ПД „Хидроелектране Ђердап" д.о.о.

Сложени хидроенергетски систем ХЕ Ђерап 1 – ХЕ Ђердап 2 је обрађен у софтверу за управљање подацима у циљу што прецизнијег и флексибилнијег описа података релевантних за моделе хидрауличких процеса. Временски променљиве карактеристике које описују течење у реци и акумулацији су дефинисане на начин који обезбеђује ажурност података, а отворени формат записа пружа могућност њихове употребе у различитим симулационим моделима.

Осим што пружа податке за прорачуне течења у систему ХЕ Ђердап 1 – ХЕ Ђердап 2, софтвер за управљање подацима омогућава ефикаснији рад симулационих модела и оптимизационих алата систематизацијом и стандардизацијом токова података у циљу побољшања оперативног управљања овим системом.

Техничко решење је јасно презентовано, у складу са специфичним потребама корисника. Мишљења смо да се ово техничко решење усвоји према Правилнику о вредновању научно истраживачких резултата као резултат категорије М85.

Рецензенти:

Др Бобан Стојановић,
доцент Природно-математичког
факултета Универзитета у Крагујевцу,

Др Мирослав Живковић,
редовни професор Машинског
факултета у Крагујевцу, Универзитета у
Крагујевцу

Потврда корисника

ЕЛЕКТРОПРИВРЕДА СРБИЈЕ

ПРИВРЕДНО ДРУШТВО ЗА ПРОИЗВОДЊУ ХИДРОЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ
„ХИДРОЕЛЕКТРАНЕ ЂЕРДАП" д.о.о.
19320 Кладово, Трг Краља Петра 1
тел.: 019/801-224, 801-651, 011/3810-167; факс: 019/801-646, 801-659, 011/3809-802
www.djerdap.rs
ХЕ ЂЕРДАП

ПРЕДМЕТ: Техничко решење - Софтвер:

Софтвер за управљање подацима о систему ХЕ Ђердап 1 и ХЕ Ђердап 2

Овим се потврђују следеће чињенице у вези предметног техничког решења:

Врста техничког решења:
Софтвер

Назив техничког решења:
Софтвер за управљање подацима о систему ХЕ Ђердап 1 и ХЕ Ђердап 2

Аутори техничког решења:
Дејан Дивац,
Никола Миливојевић,
Небојша Поповић,
Грујовић Ненад и
Стојановић Здравко

Инвеститор и корисник:
ЈП "Електропривреда Србије", ПД „Хидроелектране Ђердап" д.о.о.

Година израде:
2009. година

Субјекти код којих се техничко решење примењује:
ХЕ "Ђердап 1" – Кладово
ХЕ "Ђердап 2" – Неготин
Сектор за одржавање приобаља – Београд
Дирекција за производњу ХЕ "Ђердап" - Београд
Дирекција за модернизацију и ревитализацију - Београд

Напомена:
Софтвер за управљање подацима о систему ХЕ Ђердап 1 и ХЕ Ђердап 2 је оригинални софтвер направљен за потребе ЈП "Електропривреда Србије". Развијен је у Институту за водопривреду "Јарослав Черни" у сарадњи са Машинским факултетом Универзитета у Крагујевцу у оквиру пројекта ТР18034 („Развој и примена хидроинформационих система у циљу повећања енергетске ефикасности у управљању хидропотенцијалом у Републици Србији") који су финансирали Министарство за науку и технолошки развој Републике Србије уз партиципацију ЈП Електропривреда Србије.

Број: 35/1-249
29.06.2010. год.
Београд

„ХЕ Ђердап" д.о.о. Кладово
Сектор за одржавање приобаља
Заменик директора
Предраг Радосављевић, дипл. инж.

Привредно друштво „Хидроелектране Ђердап" д.о.о. ХЕ ЂЕРДАП Кладово

Опис техничког решења

ОСНОВНИ ПОДАЦИ О РЕШЕЊУ

Назив техничког решења	Софтвер за управљање подацима о систему ХЕ Ђердап1 и ХЕ Ђердап 2
Аутори решења	Дејан Дивац, Никола Миливојевић, Небојша Поповић, Грујовић Ненад и Стојановић Здравко
За које решење радимо	Министарство за науку и технолошки развој Републике Србије
Корисници	ЈП "Електропривреда Србије", ПД„Хидроелектране Ђердап" д.о.о., Институт за водопривреду„Јарослав Черни"
Година израде решења	2009
Ко прихвата и примењеује техничко решење	ЈП "Електропривреда Србије", ПД„Хидроелектране Ђердап" д.о.о., Институт за водопривреду„Јарослав Черни"
Како су резултати верификовани	Резултати су верификовани практичном употребом
На који начин се резултати користе	Техничко решење се користи за управљање подацима у циљу подршке оптималном планирању експлоатације хидросистема Ђердап.
Област на коју се техничко решење односи	Техничко решење припада области хидроенергетике и система за производњу електричне енергије.
Проблем који се решава техничким решењем	Експлоатација система "Ђердап 1" и "Ђердап 2", глобално је регулисана Конвенцијом о експлоатацији из 1998. године, а детаљније Правилником о организацији и раду Заједничке диспечерске службе за енергетику (Правилник ЗДСЕ) и Правилником о организацији и раду Заједничке диспечерске службе за пловидбу (Правилник ЗДСП) из 1998. године. У експлоатацији система се, према Правилнику о експлоатацији ЗДСЕ, свакодневно израђује дневни план експлоатације за текући и наредне дане. Дневни план експлоатације се затим усаглашава између румунске и српске стране и након тога примењује. Експлоатација система се врши према коригованом и усаглашеном дневном плану за текући дан. Коригованим и усаглашеним дневним планом се одређује начин експлоатације у текућем дану, при чему се под текућим даном подразумева период од 6 сати текућег до 6 сати наредног дана по средњеевропском времену. Ради рационалног искоришћења хидроенергетског потенцијала и уклапање у задата ограничења нивоа на свим контролним профилима на Дунаву, неопходно је располагати великим бројем података о експлоатацији и стању сложеног хидроенергетског и пловиденог система. Софтверско решење има задатак да потпомогне ефикасно доношење управљачких одлука и начина

	експлоатације.
Стање решености проблема у свету	Напредак у ICT технологијама, посебно у развоју софтвера (објектно оријентисана архитектура, дистрибуирано и паралелно програмирање и сл.), обради информација (неуронске мреже, експертни системи, екстраховање знања из података и сл.) и третирању случајних догађаја у условима неодређености (теорија игара, фази логика и сл.) омогућују да се крути традиционални начини планирања и управљања хидроенергетским објектима (статични, строго хијерархијски) трансформишу у динамичке процесе. Од посебног је значаја је што се данас на бази модела развијају системи у којима се употребом ажурних података у потпуности омогућава интеракција менаџерског управљања и техничких приступа управљању системом. На овај начин се повећава учешће менаџмента у процесу проналажења оптималних решења, док се са друге стране стимулише креативност техничког особља и повећава њихов утицај на одлучивање. Слични системи су у примени за планирање експлоатације водопривредних објеката и заштите од поплава (IWHR, DHI MIKE, HEC-RAS и др.). Још није значајније обрађено управљање подацима у циљу оптимизације управљања сложеним хидроенергетским системима какви су ХЕ Ђердап 1 и 2.
Објашњење суштине техничког решења	Ради постизања оптималности рада система ХЕ Ђердап 1 и ХЕ Ђердап 2 неопходно је било имплементирати софтвер за управљање подацима о експлоатацији објеката. Сви подаци који се користе у процесу оперативног управљања сврстани у категорије и смештени у јединствену базу података и обезбеђени су алати за приступ овим подацима. За потребе израде софтверског система коришћене су најновије технологије, како у процесу пројектовања система, тако и у процесу писања апликација и имплементације базе података. Пошто се ради о комплексном систему који претпоставља и потенцијално даље проширивање и усложњавање, скалабилност апликације је од великог значаја, па се од самог почетка предвиђа таква могућност.

1 ДЕТАЉАН ОПИС ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

Ради постизања оптималности рада система ХЕ Ђердап 1 и ХЕ Ђердап 2 неопходно је било имплементирати софтвер за управљање подацима о експлоатацији објеката. Сви подаци који се користе у процесу оперативног управљања сврстани у категорије и смештени у јединствену базу података и обезбешени су алати за приступ овим подацима. За потребе израде софтверског система коришћене су најновије технологије, како у процесу пројектовања система, тако и у процесу писања апликација и имплементације базе података. Пошто се ради о комплексном систему који претпоставља и потенцијално даље проширивање и усложњавање, скалабилност апликације је од великог значаја, па се од самог почетка предвиђа таква могућност.

1.1 Увод

На заједничком српско-румунском сектору Дунава изграђена су два хидроенергетска и пловидбена система: "Ђердап 1" и "Ђердап 2". Ови системи су најзначајнији системи за производњу хидроенергије у Србији (покривају преко 50% хидроенергетске производње, односно око 15% укупне производње електричне енергије). Системи "Ђердап 1" и "Ђердап 2" имају велики утицај на нивое реке Дунава у дужини од преко 300 km.

У циљу рационалног коришћења расположивог хидроенергетског потенцијала Дунава, рад електрана система "Ђердап 1" и "Ђердап 2" и начин евакуације воде Дунава преко преливних брана је планиран и координиран између српске и румунске стране. Рационално управљање сложеним системима "Ђердап 1" и "Ђердап 2" подразумева задовољење захтева енергетских система Србије и Румуније, који се разликују у погледу снаге и времена, уз задовољење низа ограничења на контролним профилима на Дунаву која су дефинисана међудржавним документима.

Експлоатација система "Ђердап 1" и "Ђердап 2", глобално је регулисана Конвенцијом о експлоатацији из 1998. године, а детаљније Правилником о организацији и раду Заједничке диспечерске службе за енергетику (Правилник ЗДСЕ) и Правилником о организацији и раду Заједничке диспечерске службе за пловидбу (Правилник ЗДСП) из 1998. године.

У експлоатацији система се, према Правилнику о експлоатацији ЗДСЕ, свакодневно израђује дневни план експлоатације за текући и наредне дане. Дневни план експлоатације се затим усаглашава између румунске и српске стране и након тога примењује. Експлоатација система се врши према коригованом и усаглашеном дневном плану за текући дан. Коригованим и усаглашеним дневним планом се одређује начин експлоатације у текућем дану, при чему се под текућим даном подразумева период од 6 сати текућег до 6 сати наредног дана по средњеевропском времену.

Ради рационалног искоришћења хидроенергетског потенцијала и уклапање у задата ограничења нивоа на свим контролним профилима на Дунаву, неопходно је располагати великим бројем података о експлоатацији и стању сложеног хидроенергетског и пловиденог система. Софтверско решење има задатак да потпомогне ефикасно доношење управљачких одлука и начина експлоатације.

1.2 База података

При изради базе података један од почетних корака био је да се, након претходног сагледавања свих захтева информационог система у погледу садржаја и обима информација, изврши општа класификација свих релевантних података.

База података садржи следеће информације: подаци о конфигурацији система, перформансе свих објеката релевантних за рад хидросистема "ЂердаП" (перформансе агрегата, режим рада електрана,

режим преливања и др.), хидрографска мрежа, морфологија речног тока, телемниметарске станице и мерна места, хидролошки подаци (нивои воде на сталним телемниметарским станицама, зависности између водостаја и протицаја, серије средње дневних вредности протицаја).

Слика 1. Модел података коришћен у бази података

1.2.1 Елементи базе података

У циљу прихватања организације података према претходно описаним тематским нивоима база података је организована око неколико главних категорија података: конфигурација система, хидрографска мрежа, детаљи о морфологији корита речног тока, временска серије података и опис објеката. Организација главних компоненти модела података приказана је на *слици 1.*

1.2.2 Подаци о Систему Ђердап

Компонента Систем Ђердап садржи податке о делу речног тока Дунава, који омогућавају његово упрошћено приказивање у облику једноставне мреже међусобно повезаних линија и чворова. Посматрани део тока представљен је коришћењем већег броја линија (*edges*) које су међусобно одвојене чворовима (*junctions*).

Слика 2. Део хидрографске мреже слива реке Дунав

У случају акумулација врши се реконструисање водотокова без акумулације, чиме се постиже непрекидност мреже и могућност праћења тока воде. На *слици 2.* је приказан један део сложеног случаја водотока кроз акумулацију.

1.2.2.1 UML модел података о Систему Ђердап

Модел података о Систему Ђердап описује ток воде кроз природно окружење као мрежу водних ресурса. Основну класу представља Hidromreža (*HydroNetwork*) која се састоји од HidroLinija (*HydroEdges*) и HidroČvorova (*HydroJunctions*). Вода тече дуж HidroLinija које су спојене HidroČvorovima.

На *слици 3.* приказан је UML модел података о Систему.

Слика 3. UML модел података о Систему Ђердап

1.2.2.2 Релациони дијаграм података о Систему Ђердап

Мрежа дела речног тока Дунава је у бази података имплементирана као на *слици 4.,* на којој се може видети релациони дијаграм података о Систему Ђердап. Основу чине две табеле: *HydroJunction* и *HydroEdge*.

Слика 4. Релациони дијаграм података о систему (линијама су представљене релације један према више, при чему је кључ на страни један)

Табела *HydroEdge* састоји се од следећих поља:

- **HidroID** (*HydroID*): integer–Јединствени идентификациони број хидро-објекта (*HydroFeature*) у целој бази.
- **HidroKod** (*HydroCode*): string–Стални јавни идентификатор хидро-објекта, јединствен у скупу више база.
- **KodZahvata** (*ReachCode*): string–Јединствени идентификатор реке или сегмента, при чему је сегмент део тока или реке између чворова,
- **Naziv** (*Name*): string–Географски назив.
- **Dužina** (*LengthKm*): double–Дужина HidroLinije дата у километрима независно од јединица на мапи.
- **NizvodnaDužina** (*LengthDown*): double–Растојање од низводног краја HidroLinije дуж најкраће путање до најближег одвода мреже.
- **SmerToka** (*FlowDir*): integer–Овај атрибут указује на правац тока дуж HidroLinije. Дефинише се преко кода и то: Није унет = 0, Дуж линије = 1, Супротно од правца линије = 2, Неодређен = 3.

- **TipToka** (*Ftype*): string–Описује тип HidroLinije и може се, коришћењем одређеног система кодирања, дефинисати да ли је реч о природном каналу, вештачком каналу, цевоводу, обали реке или мора, итд.
- **TipLinije** (*EdgeType*): integer–Дефинише код типа линије, тј. да ли је HidroLinija LinijaToka (*Flowline*) или LinijaObale (*Shoreline*). Подразумевана вредност је LinijaToka (код = 1)
- **Uključen** (*Enabled*): smallint - Овај атрибут може имати кодирану вредност 0 (искључен) или 1 (укључен-подразумевана вредност). Користи се за искључивање дела токова који се појављују на мрежи, али нису неопходни за праћење водотокова на терену. Пример су мали сегменти канала или река који нису повезани са остатком мреже. Када је овај атрибут искључен, нема протицаја кроз ову HidroLiniju.

Tabela *HydroJunction* sastoji se od sledećih polja:

- **HidroID** (*HydroID*): integer–Јединствени идентификациони број хидро-објекта (*HydroFeature*) у целој бази.
- **HidroKod** (*HydroCode*): string–Стални јавни идентификатор хидро-објекта, јединствен у скупу више база.
- **SledećiID** (*NextDownID*): string–HidroID следећег низводног HidroČvora
- **DužinaNizvodno** (*LengthDown*): double–Растојање најкраћом путањом од HidroČvora (низводно) до најближег одвода на мрежи
- **Tip** (*Ftype*): string–Описује тип HidroČvora и може се, коришћењем одређеног система кодирања, дефинисати да ли је реч о ушћу, дренажном одводу, мерном месту, брани, итд.
- **Uključen** (*Enabled*): smallint - Овај атрибут указује на то да ли је HidroČvor укључен у мрежу или не и може имати кодирану вредност 0 (Искључен) или 1 (Укључен-подразумевана вредност). Ако чвор није укључен, онда кроз њега не може бити протицаја. Основна мрежа водотокова главних река и токова се може формирати тако што се одреди праг тј. минимална област дренирања, а затим се искључе сви чворови који имају мању област дренирања од овог прага.
- **Uloga** (*AncillaryRole*) smallint - Кодирани атрибут који описује улогу чвора у мрежи. Вредности кодова су: Ништа = 0, Извор = 1, Одвод = 2. Почетна, подразумевана вредност је 0. Када се формира геометријска мрежа, неопходно је HidroČvorove на низводним испустима мреже означити као одводе и њихову Улогу поставити на 2. Смер тока на HidroLinijama се тада одређује коришћењем различитих алата за анализу мреже тако да токови буду усмерени ка овим одводима.

1.2.3 Морфологија речних токова

Подаци груписани у компоненту Kanali омогућавају тродимензионални приказ корита река и других водених токова. Реч је о подацима који дефинишу изглед конкретних попречних пресека корита водених токова управно на правац тока. Ови подаци су од великог значаја при анализи опасности од поплава, као и при проучавању екологије и морфологије водених токова. Због великог значаја, на релационом моделу података о морфологији речних токова демонстрираће се неки детаљи модела базе података.

Морфологија корита реке мора се налазити у бази података у облику који је погодан за вишеструке намене. Морфологија корита реке је један од полазних података за симулациони модел нестационарног течења, али се може обезбедити и да излазни формат из базе података буде прилагођен сваком другом захтеву који омогућава преглед и анализу појава на морфологији корита реке. Са друге стране, структура уписаних података о речном кориту биће отворена за могућа проширивања, побољшања прецизности, али и узимања у обзир да су одређени параметри променљиви у времену.

1.2.3.1 UML модел података о морфологији речног корита

Скуп података о речном кориту (Kanal) обезбеђује тродимензионални приказ канала река и токова, који се користи за студије плављења, екологију токова и морфологију. Дефинисане су две класе испод класе Kanal, и то су ProfilnaLinija и PoprečniPresek, и једна класа објеката TačkaPoprečnogPreseka. Профилне линије се цртају дуж тока, а попречни пресеци попреко на ток. Обе поменуте класе су изведене из апстрактне класе Kanal. Подаци о каналу се могу добити директним мерењем, или реконструкцијом из дигиталних елевационих модела. Овакав приступ организације података о морфологији речног корита показао се у досадашњем раду као поуздан и отворен модел, лако искористив како од стране математичких симулационих модела, тако и од различитих специфичних корисничких апликација.

Слика 5. UML модел објекта Kanal

Сврха апстрактне класе Kanal је груписање атрибута заједничких за канале. Ова класа дефинише следеће атрибуте:

- **KodZahvata** (*ReachCode*): string – Овај код је јединствени идентификатор за сваки захват канала. Може бити дескриптиван, на пример, «Захват „Ђердап 1"–„Ђердап 2", река Дунав», или може бити формално дефинисан као спој идентификатора слива у коме се налази захват и броја сегмента самог захвата.
- **KodReke** (*RiverCode*): string – Јединствени идентификатор реке у бази. Река је линеарна секвенца захвата која тече од извора ка ушћу у море или већу реку. Може бити дескриптиван, рецимо само географско име реке, а може бити и формално дефинисан као спој географске ширине и дужине крајње тачке реке.

1.2.3.2 Релациони дијаграм података о морфологији речног корита

Попречни пресек је 3D полилинија, где је свака тачка дефинисана са четири координате: x, y, z, i m. Координате x и y одређују положај тачке у хоризонталној равни, z представља надморску висину, а m је мера попречног пресека, или удаљеност дуж равни пресека.

Табела PoprečniPresek садржи следеће атрибуте:

- **PPKod** (*CSCode*): string – Korisnički дефинисан идентификатор секције јединствен за сваки попречни пресек, најчешће се добија спајањем идентификатора реке, захвата и измерене вредности профилне линије.
- **ČvorID** (*JunctionID*): integer–Идентификатор хидролошке локације датог попречног пресека.
- **PorekloPP** (*CSOrigin*): string – описује извор података и метод којим је реконструисан

попречни пресек.

- **Profil** (*ProfileM*): double–Локација попречног пресека у јединицама мере профилне линије (стационажа и сл.).

Слика 6. Релациони модел објекта канала

Профилна линија је уздужни приказ канала, који се добија повлачењем линија паралелних току. Као и у случају попречних пресека, подаци се памте као 3D полилинија, што значи да су дефинисани са четири координате (x, y, z, m). Овде координата м представља удаљеност у километрима у односу на неку референтну тачку.

Табела TačkaPoprečnogPreseka чува податке о тачкама попречног пресека, и у релацији је са попречним пресеком. Како једна линија попречног пресека означава локацију попречног пресека, у случају када имамо више тачака у пресеку, добијамо и геометријски опис корита. Ова табела има следеће атрибуте:

- **PPKod** (*CSCode*): string – Кориснички дефинисан идентификатор за попречни пресек, јединствен за сваки пресек.
- **Lokacija** (*CrossM*): double–Мера вредности удаљености тачке у пресеку.
- **Kota** (*Elevation*): double–Садржи вредност елевације, тј. вредност за z.

На *слици 7.* је дат графички приказ релације у ентитету Poprečni presek, са kojer се може видети сложеност релација унутар ентитета.

Слика 7. Графички приказ релације у ентитету попречни пресек

1.2.4 Хидрографски подаци

Компонента Hidrografija садржи картографске и табеларне податке о површинским воденим токовима. Поред података о положају и простирању водених токова који се могу добити са топографских мапа, овде су укључени и подаци о различитим објектима дуж водених токова (телелимниметарске станице, бране, бродске преводнице и друго).

1.2.4.1 UML модел хидрографских података

Апстрактна класа Hidrografija (*Hydrography*) има дефинисане следеће атрибуте:

- **Tip** (*FType*): string–представља тип ентитета. Може се произвољно проширити у зависности од намене реалног ентитета. На пример, ентитет типа Merno mesto (*MonitoringPoint*) може имати више дефинисаних типова (телелимниметарска станица и сл.).
- **Ime** (*Name*): string–географски назив ентитета.

Слика 8.UML модел хидрографских података

1.2.4.2 Релациони дијаграм хидрографских података

Слика 9. Релациони дијаграм хидрографских података

Табела MernoMesto састоји се од следећих поља:

- **HidroID** (*HydroID*): integer–Јединствени идентификациони број хидро-објекта (*HydroFeature*) u целој бази.
- **HidroKod** (*HydroCode*): string – Стални јавни идентификатор хидро-објекта, јединствен у скупу више база.
- **TipEntiteta** (*FType*): string – Опис типа објекта. Може се дефинисати на основу функције објеката, као на пример поток, река, канал, или на основу њиховог картографског приказа, као на пример линија обале. У детаљнијој картографској бази података у којој постоји шири опис типова објеката, овај атрибут се може детаљније приказати нумеричким

вредностима и текстуалним описом за сваки тип објекта.

- **Naziv** (*Name*): string – Географски назив објекта. Овај атрибут се може повезати са јединственим идентификатором тако да се кад више објеката у различитим областима имају иста имена они могу међусобно разликовати.
- **ČvorID** (*JunctionID*): integer–HidroID HidroČvora са којим је мерно место повезано.
- **OBJECTID** - Јединствени идентификациони број објекта у бази.
- **Tip** (TYPE)–Тип мерног места (хидро, на објекту)
- **COORD_X** - X координата објекта (географска дужина).
- **COORD_Y** - Y координата објекта (географска ширина).
- **COORD_Z** - Z координата објекта (надморска висина).
- **STACIONAZA**–Стационажа мерног места до ушћа.
- **REKA**–Назив реке на којој се налази мерно место.

Табела KorisničkaTačka (UserPoint) омогућава дефинисање произвољних објеката од интереса за корисника, које нису дефинисане другим класама ArcGIS стандарда. Ова класа је веома погодна за чување велике количине података о различитим врстама тачака које се касније могу другачије организовати и пребацити у друге, погодније класе, а састоји се од:

- **HidroID** (*HydroID*): integer–Јединствени идентификациони број хидро-објекта (*HydroFeature*) у целој бази.
- **HidroKod** (*HydroCode*): string – Стални јавни идентификатор хидро-објекта, јединствен у скупу више база.
- **FTip** (*FType*): string – Опис типа објекта. Може се дефинисати на основу функције објеката, као на пример, поток, река, канал, или на основу њиховог картографског приказа, као на пример линија обале. У детаљнијој картографској бази података у којој постоји шири опис типова објеката, овај атрибут се може детаљније приказати нумеричким вредностима и текстуалним описом за сваки тип објекта.
- **Naziv** (*Name*): string – Географски назив објекта. Овај атрибут се може повезати са јединственим идентификатором тако да се кад више објеката у различитим областима имају иста имена они могу међусобно разликовати.
- **Opis** (*Description*): string–Текстуални опис корисничке тачке.
- **ČvorID** (*JunctionID*): integer–HidroID HidroČvora са којим је мерно место повезано.
- **OBJECTID** - Јединствени идентификациони број објекта у целој бази.
- **Tip** (TYPE) - Тип корисничке тачке који једнозначно одређује функцију корисничке тачке у моделу (Izvor, Reverzibilna elektrana, Korisnik, Otvoreni tok, итд). Скуп понуђених типова је дат у табели TipoviKorisničkihTačaka (*UserPointTypes*).
- **DEFAULT_SET** – Јединствени идентификациони број сета подразумеваних вредности за све параметре којима је функционисање корисничке тачке потпуно дефинисано.

1.2.5 Временске серије

Све досад описане компоненте модела података садрже податке који су, заправо, геопросторне карактеристике које описују физичко окружење кроз које вода тече. Међутим, веома значајне су и карактеристике самих водених токова: протицај, ниво воде итд. Пошто похрањивање оваквих мерења у базу података представља један од фундаменталних елемената у праћењу и контроли процеса у мерљивим системима, формати записа у базама података су углавном стандардизовани.

1.2.5.1 UML модел временских серија

Слог једног мерења се састоји од индекса мерног места, индекса мерене величине, податка о датуму и времену мерења и податка о вредности самог мерења. Могуће је и додавање једног поља са глобалним индексом који би се искористио у случају повезивања ове базе података са неком другом базом (која може бити независтан део информационог система, али може бити и неки други хидро систем) која поседује идентично дефинисан слог за запис мерења.

Индекс мерене величине представља везу ка табели која описује мерену величину са неколико података. Слог у датој табели састоји се од назива величине, индекса мерне јединице у којој се представља, типа величине (тренутна, интегрална, осредњавајућа, минимална на интервалу или максимална на интервалу) и извора података (мерена вредност, посредно измерена, генерисана и сл.). Индекс мерног места указује на табелу са подацима из слоја хидрографске тачке.

Слика 10. Релациони дијаграм хидрографских података

1.2.5.2 Релациони дијаграм временских серија

Типови података су димензионисани по два критеријума: минимум је одређен према захтеву да се прихвате сви постојећи подаци из разнородних извора без губитка тачности, а максимум су према хардверским капацитетима и жељеним фреквенцијама семпловања и уписивања у базу података. Тип података о времену мерења дозвољава корак семпловања до нивоа секунде, а за вредност мерења је коришћен стандардан децималан формат. Приступ измереним и уписаним подацима остварује се кроз ускладиштене процедуре што представља оптималан начин, јер се ове процедуре извршавају без обавезног претходног парсирања, одређивања валидности, оптимизације и компајлирања, чиме се добија најбржи могући одзив.

Слика 11. Релациони дијаграм временских серија

Табела VremenskeSerije (*TimeSeries*) састоји се од поља:

- **EntitetID** (*FeatureID*): integer–ID мерног места на коме је извршено мерење.
- **TipVremenskeSerijeID** (*TSTypeID*): integer–ID серије мерења.
- **VremeMerenja** (*TSDateTime*): datetime–време када је извршено мерење.
- **IzmerenaVrednost** (*TSValue*): double–измерена вредност на датом мерном месту.

Табела TipVremenskeSerije (*TSType*) састоји се од поља:

- **TipVremenskeSerijeID** (*TSTypeID*): integer – Јединствени идентификациони број серије мерења.
- **Veličina** (*Variable*): string–Словни опис мерене величине (падавине, протицај, итд).
- **Jedinice** (*Units*): string–Јединица којом су изражени мерени подаци.
- **RegularnaSerija** (*IsRegular*): bit–Индикатор који показује да ли су подаци мерени у једнаким временским интервалима.
- **IntervalVremenskeSerije** (*TSInterval*): TSIntervalTip (*TSIntervalType*) – Временски интервал између два узастопна мерења.
- **TipPodatka** (*TSDataType*): TSDataTip (*TSDataType*)–Означава која карактеристика величине је мерена (тренутна вредност, збирна (интегрална) вредност током интертвала, средња, минимална или максимална вредност).

- **Poreklo** (*Origin*): TSPoreklo (*TSOrigins*) - Порекло серије података (измерени или израчунати)

Последња три поља се позивају на одређен број података који су нумерисани, попут типа податка који се мери (кумулативан, просечан, последње мерење, минимум, максимум итд.), његовог извора (измерен, вештачки генерисан) и корака дискретизације (минутни, сатни, дневни, итд.), као што се и може видети на слици 12.

Слика 12. Табеле енумерисаних вредности

1.2.6 Перформансе објеката у бази података

1.2.6.1 Објекти система

Сваки ентитет (акумулација, електрана, преливно поље итд.) у оквиру хидросистема Ђердап дефинисан скупом података који представљају перформансе (могу бити реални бројеви, криве, фамилије кривих или временске серије). У оквиру релационе базе података сваки улазни параметар, независно од типа, има јединствени идентификациони број. Сваки модел објекта описан је својим улазним параметрима тј. њиховим идентификационим бројевима. Такође је дефинисан и скуп подразумеваних вредности улазних параметара за све објекте.

Слика 13. Релациони дијаграм описа модела објеката

У табели подразумеваних вредности реалних параметара у оквиру једног слога наведен је идентификациони број параметра, конкретна вредност датог параметара, и идентификациони број сета подразумеваних вредности коме је та вредност придружена. Подразумеване вредности сложених параметара као што су криве, фамилије кривих и временске серије наводе се на сличан начин као у случају реалних параметара са јединoм разликом што се код оваквих параметара не наводи конкретна вредност већ идентификациони број криве, фамилије кривих или временске серије. Конкретне вредности сваког од ових параметара наведене су у посебним табелама. У случају кривих сваки слог у табели садржи идентификациони број криве, редни број тачке на кривој и вредност X и Y компоненте. Слично је и код фамилије кривих; сваки слог садржи идентификациони број фамилије, параметар (може бити реални број или време) и идентификациони број криве за дати параметар. У табели са временским кривама слог садржи идентификациони број криве, време и вредност у том временском тренутку.

Слика 14. Детаљан релациони дијаграм описа параметара

Релациони дијаграм подразумеваних вредности параметара модела

Слика 15.Релациони дијаграм параметара са сложеном структуром

1.3 Архитектура софтверске платформе

Обзиром да се ради о савременом софтверском рађењу намењеном за манипулацију огромним бројем података, систем је развијен не према класичном једнослојном моделу, у коме апликација директно приступа подацима, већ према трослојном моделу као на слици 16.

Слика 16. Трослојна архитектура софтвера

За разлику од једнослојног приступа (сав функционалан кôд налази се у самој апликацији и скоро да је немогуће написати такву апликацију која би се могла одржавати и развијати без обзира на количину података и не би била осетљива на промену) у трослојном моделу су јасно раздвојене функционалне целине: презентациони слој, средњи слој и слој са подацима. Презентациони слој је део апликације видљив за корисника. Реализује се преко Windows форми које се приказују кориснику. Средњи слој може бити реализован на два начина: у виду кода унутар форми, или у виду самосталног Web сервиса, са којим форме комуницирају преко SOAP порука. У случају овог софтверског система примењен је први приступ.

Слој са подацима представља Microsoft SQL Server, а веза са средњим слојем је обезбеђена објектима ADO.NET окружења. На овај начин добија се на скалабилности апликације, јер се правила која одређују шта ће се и када радити са подацима деле у два слоја: онај на страни клијента и онај на страни сервера. Пошто се у оваквој архитектури постиже енкапсулација одређених функција, лакше је и одржавање и даљи развој апликације.

Избором Microsoft .NET Framework-а за развој решења постигнути су следећи циљеви:

- Формирано је консистентно ООП окружење и када се апликација преводи и извршава на локалном рачунару, када се извршава локално, али ради дистрибуирано или када се извршава на удаљеним рачунарима.
- Обезбеђено је окружење које извршава кôд на сигуран начин.
- Омогућено повезивање са највећим бројем постојећих технологија.
- Продужава се трајност апликације, јер је портабилност кôда на нове платформе знатно побољшана.
- Омогућује се извршавање неуправљивог кода у заштићеном окружењу.

Слој за приступ подацима и пратећи алати развијени су у објектно оријентисаном програмском језику C#, који омогућава креирање ефикасног и безбедног кода. Извршавањем тог кода може се управљати, тако да се потпуно елиминишу проблеми са управљањем меморијом, ресурсима, а паралелно процесирање је знатно поједностављено. Наведене могућности доприносе успешности оптимизације и тачности прорачуна.
Било која COM компонента или Win32 динамичка библиотека може се позивати из управљивог кода, а прилагођавање је аутоматизовано у већини случајева. Ово се постиже употребом „омотача" (Runtime Callable Wrapper – RCW). Њиме се истурени COM интерфејси претварају у .NET компатибилне интерфејсе. За OLE Automation интерфејсе, омотачи се формирају аутоматски. За остале, могу се написати наменски омотачи, који ће мапирати COM интерфејс у .NET компатибилан облик. Кôд који се извршава кроз омотач има готово исте аспекте безбедности и управљивости као и .NET кôд.
Као сервер базе података изабран је софтверски пакет за анализу и управљање базама SQL Server 2005 који превазилази захтеве и обезбеђује иновативне могућности које повећавају ефикасност система у условима хетерогених платформи. Проверен на тестовима проширивости, брзине и перформанси, SQL Server 2005 представља комплетан производ за базе података намењен великим системима, који у самој основи подржава XML и Интернет упите.

Основна компонента за израду слоја за приступ подацима је ActiveX Data Objects за .NET окружење (ADO.NET). То је скуп класа преко којих је у .NET окружењу омогућен приступ подацима. ADO.NET нуди обиман скуп компоненти за креирање дистрибуираних апликација, а могућа је комуникација са најразличитијим изворима података. Представља интегрални део .NET окружења, који омогућује приступ релационим, XML, и апликацијским подацима.
У традиционалним клијент/сервер апликацијама, компоненте успостављају конекцију "ка бази података" и држе је отвореном све док се апликација извршава. Овакав приступ је непрактичан, из више разлога: Отворене конекције "ка бази података" заузимају драгоцене системске ресурсе. Чест је случај да базе могу подржавати мали број истовремених конекција. Ово оптерећење одржавања конекција директно утиче на умањење перформанси апликације.
Слично томе, апликације које захтевају отворене конекције нису скалабилне. Такве апликације могу добро функционисати у раду са неколико корисника истовремено, али не и са неколико стотина. Модел заснован на сталним конекцијама чини тешком размену података између апликација које користе спојену архитектуру. Ако две компоненте треба да деле исте податке, обе морају бити конектоване, или се мора осмислити начин да размењују податке.
Због свих наведених проблема, приступ подацима кроз ADO.NET је заснован на архитектури која само повремено користи повезивање (конекције) базе и апликације. Апликације су конектоване на базу само за време потребно да се подаци преузму или пошаљу. Како база података није оптерећена конекцијама које су углавном беспослене, она може да опслужи много више корисника.

2 Пример примене

Преглед и претраживање базе података врши се кроз елементе интерфејса који су дефинисани у складу са категоријама података (као на наредној слици).

Слика 17.Категорије података у бази

Могуће је прегледати следеће податке:

- перформансе објеката,
- коришћење система (мерења на мерним местима) - серије протицаја и нивоа на контролним профилима и мерним местима на објектима система,
- морфолошки подаци и
- ограничења у систему.

2.1 Објекти бране

У оквиру овог менија доступни су подаци о перформансама објеката бране – хидроелектране и прелива. Селекцијом објекта приказују се њихови релевантни подаци.
Могуће је приступати перформансама следећих објеката:

- Објекат брана,
- Објекат агрегат,
- Објекат преливно поље,
- Изглед дијалога је исти као и у моду симулација.

2.2 Мерне станице

У менију су доступни подаци (мерења) за следеће величине:

- нивои воде на профилу,
- протицаји на профилу,
- прогнозирани протицај,
- произведена енергија,
- протицај кроз турбине,
- протицај преко прелива,
- празан ход и
- рад бродских преводница.

Слика 18.Преглед података

За приступ временској серији селектованог објекта задају се временски период, мерна величина и временска дискретизација. Форма прегледа података иста је за све величине.

2.3 Морфолошки подаци

У менију морфолошки подаци доступни су следећи подаци:

- Попречни профили речних деоница,
- Карактеристике речне деонице и
- Карактеристике контролних профила.

Селекцијом конкретног профила са графичке подлоге или из оквира за селекцију приказују се подаци везани за попречни профил. Изглед дијалога је приказан на следећој слици:

Слика 19.Попречни профил

Селекцијом речне деонице добија се следећи дијалог (слика 22) - зависност n(Q).

Слика 20.Приказ карактеристике селектоване речне деонице

Подаци везани за контролне објекте су криве протицаја (илустрација дата на слици 23).

Слика 21.Крива протицаја

3 Закључак

Усвојена архитектура софтвера за управљање подацима о раду Система „Ђердап 1" и Система "Ђердап 2" поседује важне карактеристике модуларности и отворености. Модуларни дизајн знатно олакшава одржавање и употребу. Применом стандардних интерфејса између модула могуће је додавање нових и побољшање постојећих модула, без проблема са верзијама. Отвореност

софтверског система је остварена у свим његовим сегментима, од комуникације са извором података до комуникације са другим софтверским системима.
Чињеница да је систем развијан у Visual Basic .NET, C# и C++ .NET језику и да се кôд писан у било ком језику се преводи у IL, да би се затим извршавао на различитим платформама олакшава даљи развој. Програмер може да пише апликацију у језику који му је близак, а да истовремено искористи библиотеке класа и компоненти које су писане у другим језицима.
Безбедност кода је употпуњена чврстом везом са безбедносним механизмима у Windows оперативном систему. Тако је значајно олакшано управљање правима корисника, па је могуће вршити контролу извршавања кода преко познатих административних алата Windows оперативног система, као што је Microsoft Management Console–MMC.
За вршење операција над базом података користи се ADO.NET који је део .NET платформе. У комуникацији ADO.NET-а и базе података користе се SQL изрази или похрањене процедуре (у којима се садрже SQL изрази). Операције које се овако могу позивати су читање и писање записа и извршавање агрегатних функција, као што су сабирање или осредњавање. SQL изразима је могуће креирати и модификовати табеле, правити трансакције и слично.
Захваљујући приказаној отвореној архитектури софтверског система, могуће је интегрисати информационе системе засноване на SQL Server 2005. С обзиром на хетерогеност извора података (присутне су разне базе података: MySQL, Access, DBS Clipper) и потребу да се подаци чувају у једној бази, треба указати на могућности ADO.NET и Microsoft SQL Server 2005 да транспарентно за корисника врше интеграцију података, без обзира да ли се ради о историјским подацима, онлине мерењима, или прогнозираним величинама.

4 Референце

Labadie J W (2004), Optimal operation of multireservoir systems: state-of-the-art review, Journal of Water Resources Planning and Management, 2004. pp. 93–111.

Mahmood K, Yevjevich VM, Miller WA (1975), Unsteady flow in open channels, Paperback, Water Resources Publications, June 1975

Divac D, Milivojević N, Grujović N, Arsić M (2007), The Serbian-Romanian Hydropower System „Djerdap": Mathematical Model, HYDRO2007, Granada, Spain

Grujović N, Divac D, Stojanović B, Stojanović Z, Milivojević N (2009), Modeling of One-Dimensional Unsteady Open Channel Flows in Interaction with Reservoirs, Dams and Hydropower Plant Objects. Journal of the Serbian Society for Computational Mechanics, Vol. 3, No. 1. pp. 154-181.

http://www.iwhr.com/zswwenglish/index.htm, China Institute of Water Resources and Hydropower Research

http://www.hec.usace.army.mil/, Department of The Army, Corps of Engineers, Institute for Water Resources, Hydrologic Engineering Center

http://www.dhigroup.com/DHIprojRefs/?selection=RiverHydraulics, Danish Hydraulic Institute