



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 АКВИЗИЦИЈУ, ЛОГИЧКУ КОНТРОЛУ,
ФИЛТРИРАЊЕ И ОБРАДУ ПОДАТАКА
ПРИКУПЉЕНИХ НА РАЧУНАРСКИ ПОДРЖАНИМ
СИСТЕМИМА МЕРЕЊА НА ВЛАСИНСКИМ ХЕ**

Аутори техничког решења:

Душан Микавица,

Немања Бранисављевић,

Ненад Грујовић,

Здравко Стојановић и

Зоран Симић

Београд, 2010 год.

САДРЖАЈ:

1. Предлог Министарству науке и технолошког развоја да се техничко решење уврсти у категорију M85
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.

Београд

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 аквизицију, логичку контролу, филтрирање и обраду података прикупљених на рачунарски подржаним системима мерења на Власинским ХЕ“ уврсте у категорију резултата М 85.



ПРЕДСЕДНИК НАУЧНОГ ВЕЋА

Проф. Др Стеван Прохаска

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.
Београд

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 аквизицију, логичку контролу, филтрирање и обраду података прикупљених на рачунарски подржаним системима мерења на Власинским ХЕ”**

Рецензенти за наведена техничка решења су били: проф. др Душан Продановић, дипл. инж., ванредни професор Грађевинског факултета у Београду 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

7.

ПРЕДМЕТ: Рецензија техничког решења “СОФТВЕР ЗА АКВИЗИЦИЈУ, ЛОГИЧКУ КОНТРОЛУ, ФИЛТРИРАЊЕ И ОБРАДУ ПОДАТАКА ПРИКУПЉЕНИХ НА РАЧУНАРСКИ ПОДРЖАНИМ СИСТЕМИМА МЕРЕЊА НА СИСТЕМИМА МЕРЕЊА НА ВЛАСИНСКИМ ХЕ”

Група аутора (Микавица Душан, дипл. инж. геол., др Стојановић Здравко, научни сарадник, др Грујовић Ненад, ред. проф., Симић Зоран, дипл. инж грађ., и мр Немања Бранисављевић, дипл. грађ. инж.) је развила софтвер за аквизицију, логичку контролу, филтрирање и обраду података прикупљених на рачунарски подржаним системима мерења на системима мерења на Власинским хидроелектранама. Софтвер је развијен за потребе Института Јарослав Черни, због имплементације у хидроинформациони систем Власинских хидроелектрана, који је успешно примењен код крајњег корисника, Електропривреде Србије.

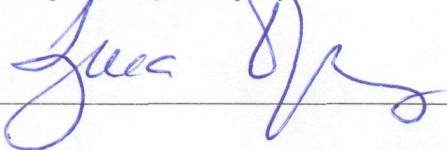
У овом техничком решењу је представљена процедура за проверу и побољшање квалитета хидрометеоролошких и експлоатационих података узоркованих у континуитету. Употреба у прогностичком моделу је једна од намена прикупљених података, па се овим решењем обезбеђују и механизми сигурног преузимања и валидације, односно контроле квалитета података да би се могао обезбедити и потребан квалитет рада других модела. Квалитетним преузимањем података и валидацијом велики је степен поузданости како прогнозе, тако и свих симулација које се врше на основу прикупљених података.

Софтвер је успешно примењен у систему Власинских хидроелектрана. Економски значај софтвера се одликује и у томе што се у пракси користи као “on-line” процедура коју стручњак само повремено проверава али се може касније проширити и на примену у облику “off-line” процедура под контролом стручњака.

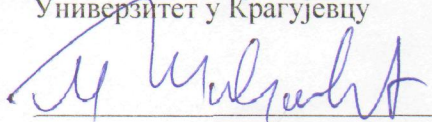
Јединствено софтверско решење, које је детаљно описано у овом техничком решењу заједно са његовом имплементацијом на систему Власинских хидроелектрана, има потпуно оригиналан, поуздан и савремени приступ, па стога препоручујемо и предлажемо његово усвајање и уврштавање у категорију резултата М85, према правилнику о вредновању научно истраживачких резултата.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Др Душан Продановић дипл. инж. грађ, ванредни професор Грађевинског факултета Универзитета у Београду.



др Мирослав Живковић, редовни професор, Машински факултет у Крагујевцу, Универзитет у Крагујевцу



Потврда корисника



ЕЛЕКТРОПРИВРЕДА СРБИЈЕ

Број: *1-1292/4-10*
Датум: 28.06.2010. год.

ПРЕДМЕТ: *Техничко решење - Софтвер:*

Софтвер за аквизицију, логичку контролу, филтрирање и обраду података прикупљених на рачунарски подржаним системима мерења на системима мерења на Власинским ХЕ

Овим се потврђују следеће чињенице у вези предметног техничког решења:

Врста техничког решења:

Софтвер

Назив техничког решења:

Софтвер за аквизицију, логичку контролу, филтрирање и обраду података прикупљених на рачунарски подржаним системима мерења на системима мерења на Власинским ХЕ

Аутори техничког решења:

Душан Микавица,
Немања Бранисављевић,
Ненад Грујовић,
Здравко Стојановић и
Зоран Симић

Инвеститор и корисник:

ЈП "Електропривреда Србије"

Година израде:

2010. година

Субјекти код којих се техничко решење примењује:

ПД "Власинске ХЕ"
ЈП "Електропривреда Србије" - Дирекција за стратегију и инвестиције, Београд

Напомена:

Софтвер за аквизицију, логичку контролу, филтрирање и обраду података прикупљених на рачунарски подржаним системима мерења на системима мерења на Власинским ХЕ 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 финансирани Министарство за науку и технолошки развој Републике Србије уз партиципацију ЈП Електропривреда Србије.



Дирекција за стратегију и инвестиције
Помоћник директора
Слободан Митровић, дипл.инж.

Опис техничког решења

ОСНОВНИ ПОДАЦИ О РЕШЕЊУ

Назив техничког решења	СОФТВЕР ЗА АКВИЗИЦИЈУ, ЛОГИЧКУ КОНТРОЛУ, ФИЛТРИРАЊЕ И ОБРАДУ ПОДАТАКА ПРИКУПЉЕНИХ НА РАЧУНАРСКИ ПОДРЖАНИМ СИСТЕМИМА МЕРЕЊА НА СИСТЕМИМА МЕРЕЊА НА ВЛАСИНСКИМ ХЕ
Аутори решења	Немања Бранисављевић, Микавица Душан, Стојановић Здравко, Грујовић Ненад, Симић Зоран
За које решење радимо	Министарство за науку и технолошки развој Републике Србије
Корисници	Јавно предузеће Електропривреда Србије ХЕ Ђердап 1 и ХЕ Ђердап 2 Институт за водопривреду „Јарослав Черни“
Година израде решења	2009
Ко прихвата и примењује техничко решење	Јавно предузеће Електропривреда Србије Институт за водопривреду „Јарослав Черни“
Како су резултати верификовани	Резултати су верификовани на основу историјских података о раду система и у току тест фазе имплементације сервиса.
На који начин се резултати користе	Техничко решење се користи као сервис у оквиру мерног система на Власинским ХЕ и имплементираног ХИС Власина.
Област на коју се техничко решење односи	Техничко решење припада области хидроенергетике и система за производњу електричне енергије.
Проблем који се решава техничким решењем	Обзиром да је једна од намена прикупљених података и употреба у прогностичком моделу неопходно је обезбедити механизме сигурног преузимања и валидације, односно контроле квалитета података да би се могао обезбедити и потребан квалитет рада других модела. Уколико нема оваквог сервиса није могуће утврдити степен поузданости како прогнозе, тако и свих симулација које се врше на основу прикупљених података.
Стање решености проблема у свету	Праћење хидрометеоролошких променљивих је један од главних задатака у хидрометеоролошкој пракси и истраживању. Светска метеоролошка организација (WMO) је објавила водич [1] који наводи стандардне хидрометеоролошке променљиве које треба мерити како би се формирала база података за хидрометеоролошку прогнозу, моделирање, анализу итд. [2]. Влажност, падавине и температура су само неке од више од десет променљивих које се наводе у водичу WMO. Да би се осигурао квалитет података дате су и технике мерења и строги услови под којима се оне морају примењивати
Објашњење суштине решености	У овом техничком решењу је представљена процедура за проверу и побољшање квалитета хидрометеоролошких и експлоатационих података узоркованих у континуитету. Рад представља иновативни приступ са основном

<p>техничког решења</p>	<p>платформом која се може применити на разматрани систем за аквизицију података. Платформа се састоји из три јасна корака: 1) валидације података, 2) реконструкције података и 3) прилагођавања података, и подржана је системом за управљање подацима. Предложена може се лако по мери прилагодити карактеристикама сваке мерене променљиве. Ова платформа омогућава само-подешавање и повратну спрегу како би се подржало само-учење код коришћених метода валидације, као и учење под контролом стручњака и стручни надзор.</p> <p>Након валидације података квалитет лоше оцењених података се може побољшати у модулу за реконструкцију података. Применом различитих техника интерполације или употребом редувантних вредности података стварају се нови подаци, заједно са припадајућим метаподацима који садрже историју реконструкције. Након реконструкције података, платформа омогућава прилагођавање података у оквиру фазе накнадне обраде у којој се подаци прилагођавају конкретним потребама сваког корисника.</p> <p>Предложена платформа се у пракси користи као „on-line“ процедура коју стручњак само повремено проверава али се може касније проширити и на примену у облику „off-line“ процедура под контролом стручњака.</p>
-------------------------	--

ДЕТАЉАН ОПИС ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

1 ПОСТАВКА ИДЕЈЕ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

Усвојена имплементација сервиса за аквизицију, логичку контролу, филтрирање и обраду података прикупљених на рачунарски подржаним системима мерења на системима мерења на власинским ХЕ је базирана на примени већег броја **валидационих метода**, које се примењују над једним истим податком [3]. Подаци потребни за валидацију се могу сврстати у две групе: **атрибути** су ретко променљиве вредности којима се дефинише рад валидационих метода (ред филтера, гранична вредност, итд.) а **параметри** су вредности других мерених величина које се узимају из базе података или резултата већ других извршених валидационих метода. **Менаџер метода** се брине о редоследу извршавања валидационих метода и комуникације са базом података. Цео систем је дизајниран на основу претпостављаних следећих захтева и ограничења:

Захтеви	Ограничења
1. Потребно је да се омогући креирање различите валидационе шеме (путање податка за валидацију) за сваку мерну величину	1. У једном тренутку се валидује само један податак, све остале вредности се сматрају помоћним вредностима, параметрима или атрибутима.
2. Потребно је омогућити да се лако уводе нове методе валидације у одређену валидациону шему као и нови подаци (друге величине или метаподаци који су доступни у бази података) који би у томе помогли	2. Процес валидације се спроводи функцијама у редној линијској вези. Петље нису омогућене. То води ка једноставној имплементацији која је лако разумљива, док се њено извршавање не може завршити бесконачним петљама или сличним проблемима.
3. Потребно је да се омогући стварање мета-података који би пратили податак, чували историју валидације и указивали на његов квалитет	3. Управљање системом је омогућено IF-THEN (<i>Rule Based</i> управљање) везама. На овај начин је могуће у реалном времену прилагодити тестове за валидацију вредностима и времену.
4. Потребно је омогућити укључење нових метода валидације у систем за валидацију	4. На основу резултата валидације једног податка, промена атрибута методе је омогућена али само за наредни податак који се валидује. Овиме се омогућава аутоматско прилагођавање атрибута тестова за валидацију ради што бољих резултата.

Један од основних задатака дизајнера система за валидацију је да процени редослед величина у сисему које се валидују. Тај редослед може бити под утицајем следећих фактора: А-приори поузданости мерне методе и мерног система за мерење поједине величине и учестаности доласка података у базу и сл. Обзиром да се валидација једног податка обавља у једном пролазу, са осталим подацима који су као параметри и атрибути активни само као помоћ у валидацији, и обзиром да нема враћања на валидовани

податак (нема петљи), одабир редоследа валидације података у систему је изузетно важан.

1.1 Блокови (функције) система за валидацију

У процесу валидације сваки податак се проверава (посебно) у погледу своје веродостојности, тј. колико верно репрезентује мерену величину. У том процесу се поред испитиваног податка користе и додатне информације о техничким карактеристикама мерног система, експертски закључци о мереном процесу и релације које се могу успоставити између мерених података и додатних података који су доступни. Процес валидације се завршава доделом оцене поузданости сваком податку.

Понекад је потребно мерени податак трансформисати да би се прилагодио форми која је предефинисана у централној бази података (претходно усклађена са потребама). Трансформација података у виду конверзије јединица, агрегације података или промене временског корака спада у домен обраде која мења оригинални податак/податке. Ову трансформацију је понекад потребно обавити пре валидације, понекад у току, а понекад после у зависности од тога да ли ће се обрадом повећати ефикасност метода које се користе у валидацији.

Обзиром да процедура валидације података пре свега зависи од карактеристика мерене величине, а даље и од расположивих података, метода и знања, јасно је да се за сваку временску серију мора обезбедити специфичан процес састављен од одговарајућих метода и поступака. Да би се систем за валидацију и обраду података учинио што флексибилнијим и прилагодљивијим мереним величинама (нпр. различитим типовима временских серија, доступности одређених података, увођењу нових временских серија, нових додатних информација, итд.) потребно га је осмислити тако да се за сваку мерену величину може саставити из делова (блокова) који се могу уклапати у целину која би била прилагођена временској серији чији се подаци валидују. То значи да је потребно обезбедити да архитектура поступка валидације за сваку мерену величину може осмислити и имплементирати помоћу типских блокова који представљају објекте за обраду и валидацију података, при чему подаци који се валидују, подаци који се односе на процес валидације и резултати међукорака обраде и валидације треба да су у сваком тренутку доступни.

Сиситем за валидацију се састоји из четири дела:

1. **контејнера**, тј. објекта који чува податке у процесу валидације. У њему се налазе:
 - a. један податак који се валидује,
 - b. параметри метода валидације,
 - c. историјски подаци који служе као параметри валидације (исте и осталих расположивих временских серија мерених величина),
 - d. резултати међукорака у процесу валидације,
 - e. додатне информације које се користе у процесу валидације (мета-подаци) и
 - f. поруке које шаљу блокови и које мењају параметре блокова даље у редној вези
2. **блокова** у којима се обавља неки сегмент везан за валидацију:
 - a. блокови за процесирање и обраду података,
 - b. блокови за примену метода валидације и

- c. блокови за интерпретацију резултата валидације и аутоматскио управљање процесом
 - d. блокови за гранање структуре система за валидацију и
 - e. блокови за издавање захтева за променом параметара неких блокова даље у редној шеми
3. **веза** које означавају редослед извршавања блокова у процесу валидације и које заједно са блоковима чине структуру система за валидацију, и
4. **менаџера података**, који се састоји из два дела:
- a. менаџера на нивоу валидације једне величине, који на почетку сваке валидације формира Контејнер и на крају валидације уписује податке из Контејнера (мета-податке) у радну базу података, и
 - b. менаџера на нивоу целог система, који управља валидацијом групе података

Податак који се валидује се на почетку процеса валидације смешта у **контејнер**, заједно са неопходним параметрима (деловима временских серија исте или других мерних величина, историјски подаци и слично, који су већ прошли валидацију или тек треба да прођу), параметрима који се трансформишу у току рада валидације (у току валидације, могуће је да се неки од помоћних параметара привремено и измени) као и поруке које блокови шаљу и које се односе на промену атрибута других блокова који се налазе даље у редној вези процеса валидације. За сваки податак који се валидује се креира посебан контејнер (са одговарајућим параметрима).

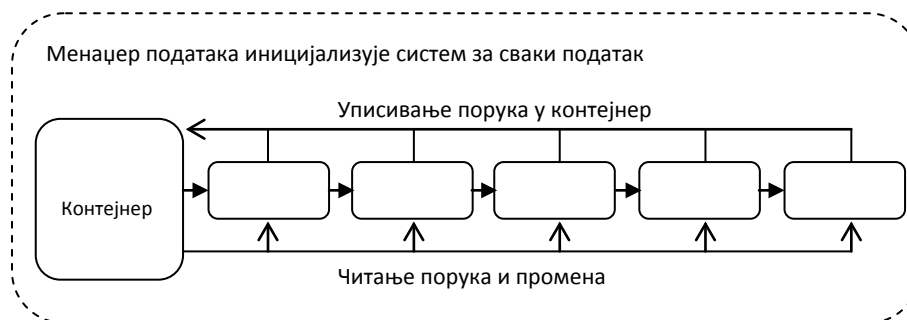
Након обављене валидације **контејнер** представља документ о процесу валидације и употребљеним параметрима који су коришћени. **Блокови** који се користе за потребу валидације носе функционалност система за валидацију и у њима се налазе функције које по потреби трансформишу податке који се валидују, дају оцене о квалитету, итд. **Структуру система** за валидацију чине наведени **блокови** и **везе** које их повезују. Везе имају улогу да оформе структуру система за валидацију.

Рад са подацима, пуњење контејнера, размену са радном базом података и контејнера са параметрима и остало контролише Менаџер података. Менаџер података се формира у два нивоа: 1) менаџер задужен за једну мерену величину (Конфигурациони Менаџер) и 2) менаџер задужен за читав систем (више величина у истом систему) који је назван Системски Менаџер.

1.2 Делови система за валидацију и обраду података

Елементе система за валидацију података је за сваку мерену величину потребно "сложити" у "структуру" која је записана у Конфигурационом XML документу (помоћу ње Конфигурациони Менаџер формира структуру за валидацију за сваки податак). Структура је прилагођена карактеристикама мерене величине која се валидује, начину мерења и осталим условима о којима постоје информације. Структура система подразумева место блока у систему за поједину временску серију и путању података и параметара метода кроз систем. Систем се снабдева подацима из објекта који се назива контејнер, чија се инстанца формира за сваки податак који се валидује, док се атрибути који су саставни део сваке методе записани у самом блоку. У исти контејнер се похрањују резултати

међукодела валидације, додатне информације, поруке блокова, итд. Скица система је приказана на слици 1.

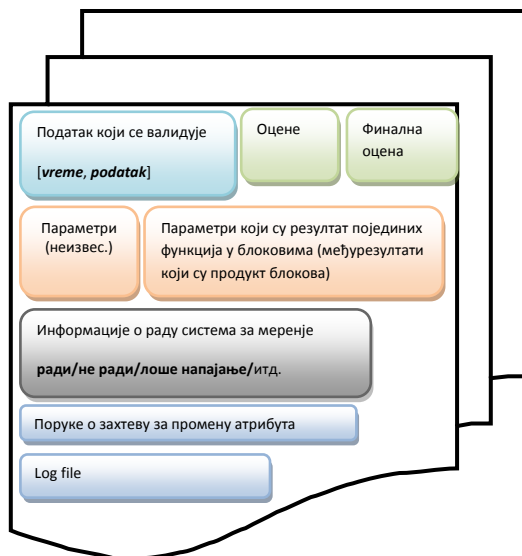


Слика 1. Основни делови система за валидацију података: контејнер, блокови и конфигурациони менаџер података

1.2.1 Контејнер

Податак који се валидује и за то неопходни остали пратећи параметри смештени су у један контејнер који се формира непосредно пре уласка податка у процес валидације, (слика 2). У сваком кораку процеса валидације у контејнеру за чување података се налазе све информације добијене у претходним корацима, па их сваки наредни корак има на располагању. Варијабле које садржи овај објекат могу се поделити на:

- 1) варијабле које се попуњавају при иницијализацији (из база података) и
- 2) варијабле које се попуњавају у току процеса валидације



Слика 2. Садржај контејнера за чување података

Варијабле које се попуњавају при иницијализацији су:

1. Податак који се валидује (**[vreme, podatak]**),
2. Информација о алармима које је укључио оператер (уређај ради/не ради, нестанак струје, итд.),

3. Параметри метода које се користе у блоковима у виду временских серија и њихова неизвесност,
4. Подаци који се аутоматски израчунавају методама чланицама контејнера (нпр. на основу датума се може одредити сезона или доба дана).

Поред варијабли које се попуњавају у моменту иницијализације, у току процеса валидације се попуњавају следеће варијабле:

- Резултати блокова за препроцесирање и обраду параметара и податка који се валидује
- Индикатори успешно/неуспешно обављеног препроцесирања или обраде података (Log file)
- Резултати метода за валидацију (поједине оцене валидације)
- Индикатори успешно/неуспешно обављеног процеса валидације неком од метода (Log file)
- Финални резултат функције блока за интерпретацију резултата метода валидације
- Индикатори успешно/неуспешно обављене интерпретације резултата (Log file)
- Поруче о потреби за променом атрибута метода које се користе у процесу валидације (један блок може само да мења атрибуте метода које следе после њега у редној вези)
- Индикатори успешно/неуспешно обављеног аутоматског управљања системом за промену атрибута (Log file)
- Кодови грешака (Log file)

Треба нагласити да је у бази података потребно сачувати: 1) податак који се валидује, 2) све оцене метода валидације, 3) финалну оцену квалитета податка, као и 4) поруче о променама атрибута блокова. На основу сачуваних података је могуће реконструисати читаву процедуру валидације неког податка. Такође, треба нагласити да се контејнер формира према структури и атрибутима система за валидацију, и то за сваку валидовану величину посебно. Након спроведене валидацијем контејнер се може сачувати као документ (мета-податак) о спроведеном процесу валидације.

1.2.2 Блокови

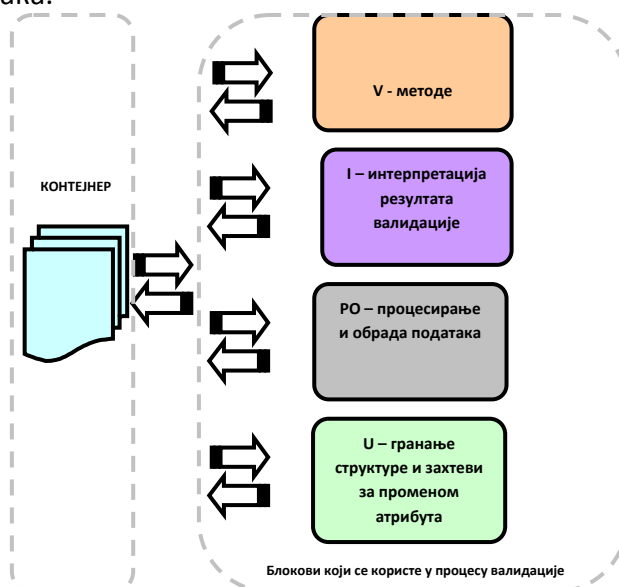
Блокови носе функционалност система за валидацију и могу се поделити у четири групе:

- **РО блокови** за процесирање и обраду података – имају улогу да трансформишу податке
- **V блокови** за валидацију - имају улогу да уз помоћ метода валидације производе оцену о квалитету податка
- **I блокови** за интерпретацију резултата валидације – имају улогу тумачења резултата модела валидације и управљања процесом валидације на основу резултата метода валидације
- **U блокови** за гранање структуре система за валидацију и издавање захтева за промену атрибута неких блокова даље у редној шеми.

Блокови за процесирање и обраду података трансформишу податак на основу захтева централне базе података (нпр. најмања дискретизација је 1 сат) и побољшања ефикасности метода за валидацију. Блокови за валидацију података представљају методе за валидацију. Ови блокови не мењају податак већ као излаз дају оцену квалитета

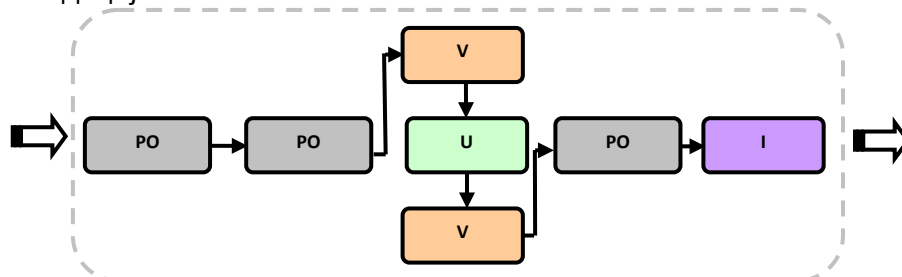
податка (0-1 или 0-100). Након спроведеног поступка валидације, уз помоћ метода валидације, објекти за интерпретацију резултата метода валидације као излаз дају јединствену оцену квалитета податка. Блокови који служе за промену атрибута других блокова даље у редној шеми, имају улогу и да аутоматски управљају процесом валидације тако што мењају атрибуте функција блокова за процесирање и обраду и функција блокова за валидацију (нпр. уколико долазе подаци оптерећени повећаним шумом повећати прозор линеарног филтра).

На слици 3 је приказана шема позиције објеката у систему за валидацију и њихове међусобне релације као и место података, параметара, додатних информација и резултата међукока. Сви подаци који се користе у процесу валидације, почевши од податка који се валидује, преко додатних информација, параметара математичких модела, порука о промени параметара атрибута блокова, итд., смештени су у контејнеру за складиштење података.



Слика 3. Место контејнера и блокова у систему за валидацију и обраду података

За сваку временску серију, је потребно дизајнирати распоред блокова у систему за валидацију, у који се укључују и блокови за интерпретацију резултата и управљање процесима валидације.



Слика 4. Пример распореда (структуре) блокова и веза у систему за валидацију података

Процедура валидације података се дизајнира за сваку временску серију понаособ (пример је приказан на слици 4). Као што се може видети на слици 3, структура је

состављана из блокова који представљају функције објеката и веза, тј. редослед којим се извршавају блокови у процесу валидације.

1.2.3 Везе

Везе се формирају између два блока. Везе са блоковима представљају структуру система за валидацију и обраду података. Везе, делом, треба схватити као „виртуелни пут“ података, док су **подаци у стварности све време у контејнеру**, а блокови се обрађају датим редоследом контејнеру за податке и враћају **истом контејнеру** своје резултате заједно са порукама, кодовима о грешкама и остало. Формално, везе представљају распоред извршавања функција у блоковима у редној вези.

Подаци који су потребни да се изврши неки корак у процесу валидације (препроцесирања, обрада, евалуација методама валидације или интерпретација резултата) налазе се у контејнеру за чување података и у сваком од корака валидације блок се снабдева параметрима и додатним информацијама из тог објекта.

Структура система за валидацију је редног типа, тј. не постоје паралелена извршаваја нити цикличне везе за поједине податке. Повратна спрега која се огледа у промени атрибута блокова се односи искључиво на блокове које се још нису извршили и на блокове који ће се тек формирати за валидацију наредног податка исте или неке друге величине. Структура система је састављена од: 1) блокова и 2) веза које означавају путању податка у процесу валидације.

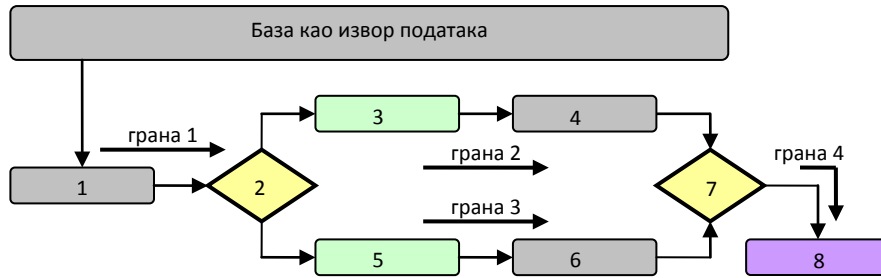
1.2.4 Менаџер података

Постоје два типа менаџера података: 1) Конфигурациони Менаџер података и 2) Системски менаџер података. Конфигурациони менаџер података на почетку валидације неког податка, на основу XML документа, формира структуру валидационог процеса једне величине, и снабдева контејнер свим предефинисаним параметрима. Након обављене валидације, Конфигурациони менаџер уписује одабране податке у базу података. Пре почетка валидације Конфигурациони менаџер проверава захтеве за променом атрибута блокова и мења атрибуте према у захтевану вредност.

Системски менаџер управља валидацијом више величина које се истовремено мере. Он води рачуна о распореду величина којима се приступа у валидацији и проверава захтеве за променом атрибута у блоковима система за валидацију других величина.

1.3 Гранање структуре система за валидацију

Додатна флексибилност систему за валидацију имплементирана је омогућавањем гранања структуре блокова у систему валидације IF-THEN везама. Гранање структуре (слика 5) омогућава промену тока валидације у зависности од резултата неког блока који се извршио пре гранања.

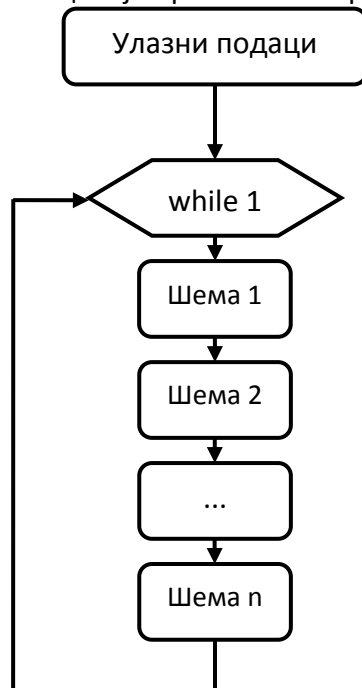


Слика 5. Гранање током валидације

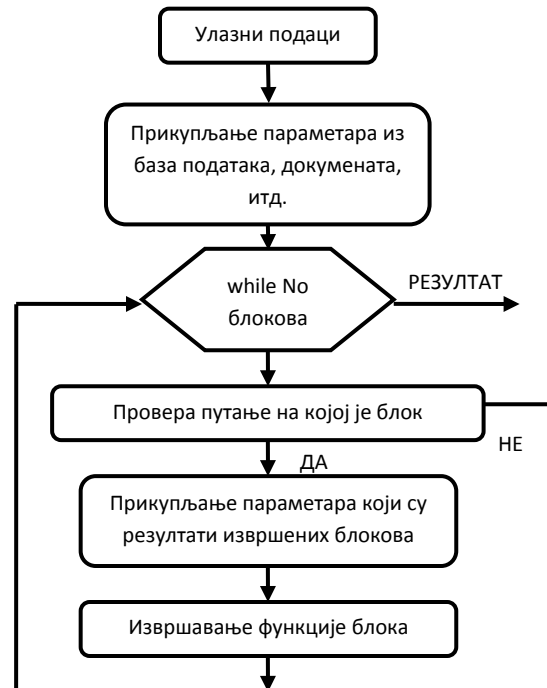
Да би се гранање записало у једном фајлу са секвенцијалном структуром, потребно је у процесу дизајна система поделити процес на гране секвенцијалних извршавања тестова и гране поређати у растући низ (то се може постићи у процесу провере исправности структуре). Када се изврши једна грана у гранању (на пример грана 2), грана 3 се не извршава и прелази се на грану 4. Важна предност је да блок за гранање не мора да зна који блокови следе, већ само грану којој припадају.

1.3.1 Алгоритам система за валидацију

Алгоритам система за валидацију се састоји од функције која управља валидацијом на целом систему и функције која валидује једну вредност једне променљиве [4][5]. На слици 6 је приказан алгоритам на нивоу система.



Слика 6. Алгоритам валидације на нивоу система



Слика 7. Алгоритам функције која валидује један податак једне серије

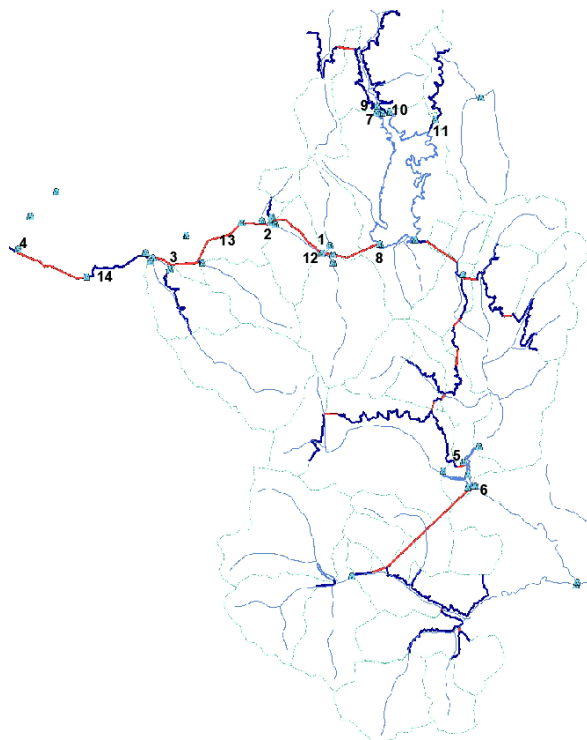
Улазне податке представљају сви потребни параметри и атрибути за валидацију свих величина у систему. На слици 6 Шема 1- Шема н представљају шеме које валидују један по један податак одређених величина. Шеме је потребно поређати у логичан распоред, према критеријумима наведеним у Уводу. На слици 7 је приказан алгоритам функције која валидује један податак једне серије.

Алгоритам почиње комплетним улазним подацима - структуром атрибута и базама података за приступ параметрима. У првом кораку се прикупљају параметри кој ису већ доступни (из база података, докумената, итд.). Уколико неки податак није расположив могуће је да процес валидације сачека да он то постане. Након тога се иде по блоковима наведеним у структури са шемом и атрибутима и извршавају се функције које су предвиђене одређеним блоком. Пре извршавања се прикупљају параметри из резултат већ извршених блокова. На овај начин је омогућена било која комбинација блокова која задовољава принцип да се параметри преузимају из блокова који су већ извршени.

2 ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА НА СИСТЕМУ ВЛАСИНСКИХ ХЕ

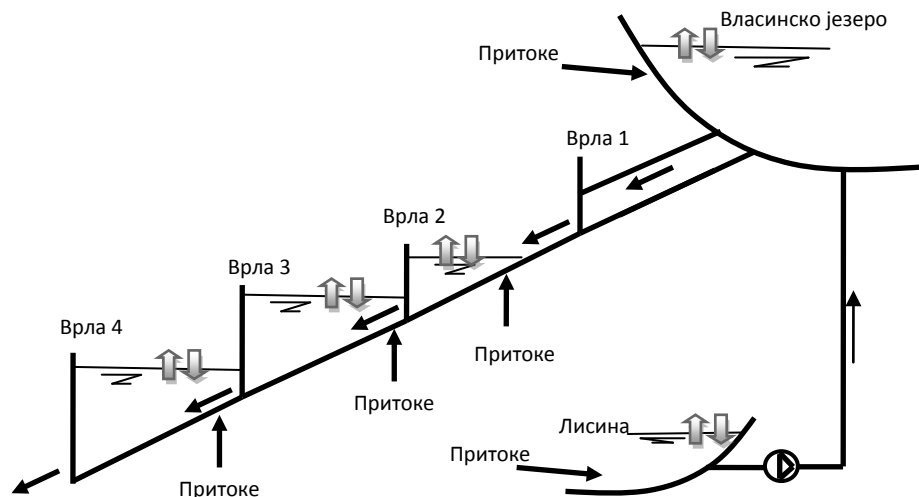
2.1 Опис постојећег стања

Власинске хидроелектране представљају систем од 4 акумулационе хидроелектране "Врла 1", "Врла 2", "Врла 3" и "Врла 4" које су степенасто постављене од Власине до Владичиног Хана. У њима је инсталисано 10 хидроагрегата, укупне снаге 129 MW [1]. Просечна годишња производња овог система је око 370 милиона KWh електричне енергије [1].



Слика 8. Скица ситуације хидроенергетских објеката на систему Власина

Воде из Власинског језера, насталог изградњом насуте земљине бране на реци Власини, као и воде из слива Битврђе, Романовске и Масуричке реке, долазе тунелима под притиском. У склопу система Власинских хидроелектрана, на саставу планинских река Божица и Лисина, изграђено је велико пумпно акумулационо постројење "Лисина", снаге 28 KWh. Задатак овог постројења је да воде из Лисинског језера према потреби и могућностима система препумпава у Власинско језеро које је главна акумулација система Власинских хидроелектрана [1].



Слика 9. Скица хидроенергетског система Власина

2.2 Захтеви у погледу формата временских серија

Биланс хидроенергетског система (укупна произведена активна и реактивна енергија [MWh]) се одређује на основу сатних записа активних и реактивних снага. Евиденција се спроводи ажурно 365/7/24 и подаци се уписују у за то предвиђене табеле (hard copy). Историјски подаци су прекуцани у MsAccess базу података, док се очекује да се актуелни подаци ажурно уписују, преко веб сервиса у реалном времену (сваког сата) у за то дизајнирану базу података.

Поред активних и реактивних снага, прикупљају се и подаци о котама нивоа акумулационих језера Власина и Лисина. Подаци се у табеле уписују на сваких шест сати, у метрима над морем (једном у току сваке смене). Поред кота нивоа пумпно акумулационог постројења Лисина, бележе се и снаге утрошене на пумпање воде из језера Лисина у Власинско језеро [MW]. Као део хидроинформационог система прикупљају се и одређени метеоролошки параметри као што су падавине, температура и влажност. Списак свих мерених серија дат је у табели 1.

	ВЛАСИНА	ЛИСИНА	ВРЛА 1	ВРЛА 2	ВРЛА 3	ВРЛА 4	ПАП ЛИСИНА
Падавине	Дневна	Дневна	-	-	-	-	-
Средња дневна температура	Дневна	-	-	-	-	-	-
Релативна влажност	Дневна	-	-	-	-	-	-
Ниво у акумулацији	-	Дневна	-	-	-	-	-
Производња енергије	-	-	Сатна	Сатна	Сатна	Сатна	-
Реактивна енергија	-	-	Сатна	Сатна	Сатна	Сатна	-
Реактивна снага	-	-	Сатна	Сатна	Сатна	Сатна	-
Активна снага	-	-	Сатна	Сатна	Сатна	Сатна	-
Кота нивоа	-	-	-	Сатна	Сатна	Сатна	-
Активна снага пумпе	-	-	-	-	-	-	Сатна

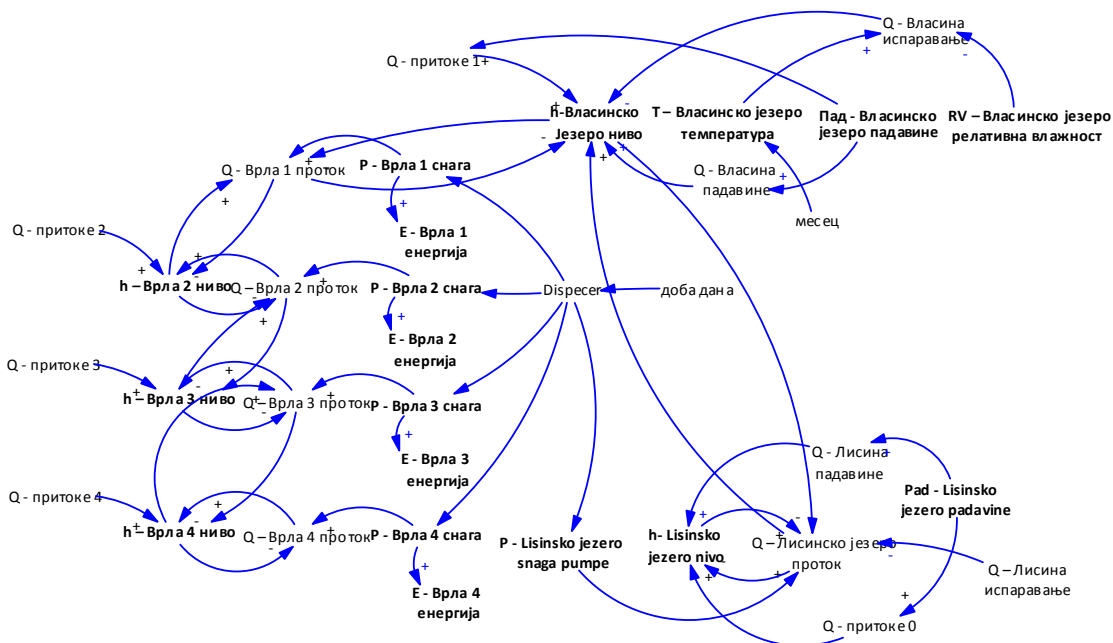
Табела 1. Релевантна мерења у систему.

2.3 Динамика уноса података и пут информација кроз систем

Временске серије се у базу података за сада уписују ручно, док се предвиђа аутоматски трансфер података телеметријским системом. Неке серије се уписују континуално (нпр. на сваки сат), док се неке серије уписују у пакетима у једнаким или неједнаким временским интервалима (нпр. дневне податке за прошли месец уписују се једном месечно). Вредности везане за електричну енергију, као што су активна и реактивна снага се уписују у току сваког сата (претпоставља се да се уписује тренутна вредност). Енергије се рачунају преко снага које су регистроване, такође на сваки сат. Коте нивоа се уписују на сваких 6 сати и за потребе валидације се могу интерполовати. Дневне вредности температуре, влажности и падавина се уносе повремено, у пакетима (сваких месец дана се унесе прошли месец).

2.3.1 Динамика осматраног система

Дијаграм динамике осматраног система израђен је у програму VenSim I приказан на слици 10. Основни делови су нивои у акумулацијама и језерима, снаге агрегата и пумпи, као и протоци који формирају биланс у систему. Фокус динамичког модела су нивои у акумулацијама који су под утицајем дотока од стране узводних субјеката, притока и рада хидроелектрана или пумпних постројења. На основу глобалног динамичког модела, формиран су узрочни дијаграми за сваку разматрану величину.



Слика 10. Дијаграм динамике система Власинских хидроелектрана

2.3.1.1 Ниво Власинског језера

На ниво у Власинском језеру повећавају падавине, доток из Лисинског језера и притоке, док га истицање за потребе производње електричне енергије агрегатима хидроелектране Врла 1 и испаравање смањују.



Слика 11. Дијаграм динамике система Власинских хидроелектрана

Билансна једначина којом се може описати промена нивоа у Власинском језеру:

$$(Q_{padavina} + Q_{Lis} + Q_{1prit} - Q_{Vr1a1} - Q_{isparavanja}) \times \Delta t / A(h) = \Delta h_{Vlas} = h_{Vlas}^t - h_{Vlas}^{t-1} \quad (1)$$

где $Q_{падавина}$ представља доток од стране падавина ($Q_{падавина} = 0.001PA(h) / \Delta t$, где је P висина падавина [mm]).

Доток из Лисинског језера се може израчунати помоћу релације:

$$Q_{Lis} = \frac{P_{Lis} \eta_{Lis}}{\rho g (h_{Vlas} - h_{Lis})} \quad (2)$$

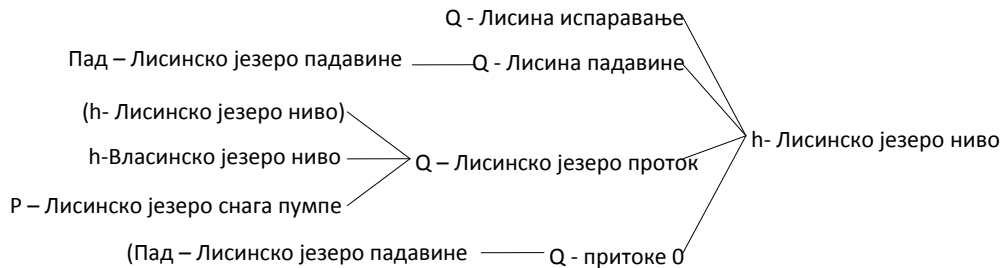
Проток кроз агрегате хидроелектране Врле 1 се могу израчунати као:

$$Q_{Vrla1} = \frac{P_{Vrla1} \eta_{Vrla1}}{\rho g (h_{Vlas} - h_{Vrla2})} \quad (3)$$

Проток од стране притока се мора измерити или израчунати неком од хидролошких метода.

2.3.1.2 Ниво Лисинског језера

У случају Лисинског језера једначине су сличне као и код Власинског језера, са прилагођеним параметрима. Обзиром да не постоје подаци којим би се израчунали протоци притока и испаравање, ови подаци се морају проценити или израчунати из историјских података.



Слика 12. Дијаграм утицаја на величину нивоа Лисинског језера.

2.3.1.3 Ниво акумулационог језера хидроелектране Врла 2

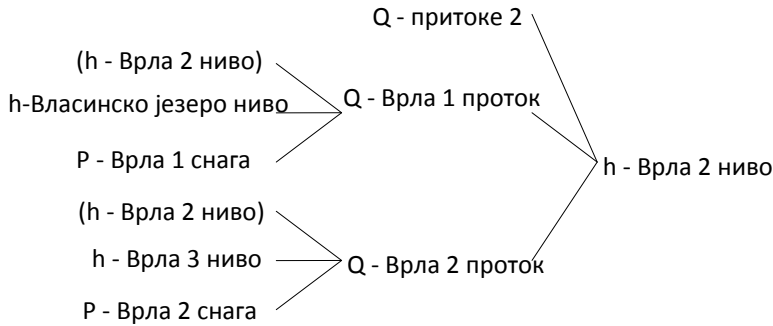
Промена нивоа акумулационог језера хидроелектране Врла 2 се може описати следећом билансном једначином:

$$(Q_{Vrla1} + Q_{prit} - Q_{Vrla2}) \times \Delta t / A(h) = \Delta h_{Vrla2} = h_{Vrla2}^t - h_{Vrla2}^{t-1} \quad (4)$$

где су:

$$Q_{Vrla1} = \frac{P_{Vrla1} \eta_{Vrla1}}{\rho g (h_{Vlas} - h_{Vrla2})}, \quad Q_{Vrla2} = \frac{P_{Vrla2} \eta_{Vrla2}}{\rho g (h_{Vrla2} - h_{Vrla1})} \quad (5)$$

На наредној слици је приказан дијаграм утицаја на величину нивоа акумулације Врла 2.



Слика 13. Дијаграм утицаја на величину нивоа акумулације Врла 2.

2.3.1.4 Ниво акумулационог језера хидроелектране Врла 3

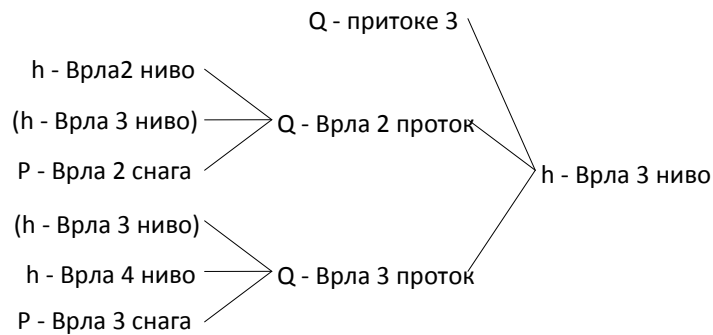
Промена нивоа акумулационог језера хидроелектране Врла 3 се може описати следећом билансном једначином:

$$(Q_{Vrла2} + Q_{prit} - Q_{Vrла3}) \times \Delta t / A(h) = \Delta h_{Vrла3} = h_{Vrла3}^t - h_{Vrла3}^{t-1} \quad (6)$$

где су:

$$Q_{Vrла2} = \frac{P_{Vrла2} \eta_{Vrла2}}{\rho g (h_{Vrла2} - h_{Vrла1})}, \quad Q_{Vrла3} = \frac{P_{Vrла3} \eta_{Vrла3}}{\rho g (h_{Vrла2} - h_{Vrла3})} \quad (7)$$

На наредној слици је приказан дијаграм утицаја на величину нивоа акумулације Врла 3.



Слика 14. Дијаграм утицаја на величину нивоа акумулације Врла 3.

2.3.1.5 Ниво акумулационог језера хидроелектране Врла 4

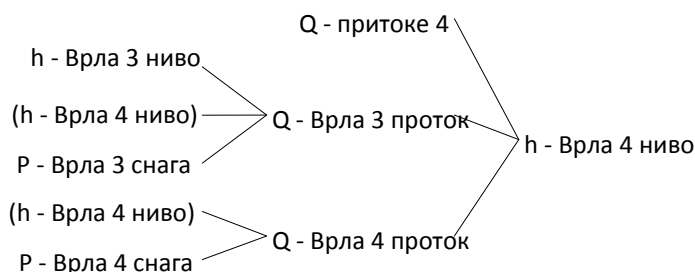
Промена нивоа акумулационог језера хидроелектране Врла 4 се може описати следећом билансном једначином:

$$(Q_{Vrла3} + Q_{prit} - Q_{Vrла4}) \times \Delta t / A(h) = \Delta h_{Vrла4} = h_{Vrла4}^t - h_{Vrла4}^{t-1} \quad (8)$$

где су:

$$Q_{Vrла3} = \frac{P_{Vrла3} \eta_{Vrла3}}{\rho g (h_{Vrла2} - h_{Vrла3})}, \quad Q_{Vrла4} = \frac{P_{Vrла4} \eta_{Vrла4}}{\rho g (h_{Vrла4} - h_{Vrла4})} \quad (9)$$

На наредној слици је приказан дијаграм утицаја на величину нивоа акумулације Врла 4.



Слика 15. Дијаграм утицаја на величину нивоа акумулације Врла 4.

2.3.2 Остале зависности између величина

У претходном тексту су развијени модели према познатим једначинама одржања (једначини континуитета). Понекад веза између величина није очигледна па ју је потребно дефинисати и одредити. Такође, веза између величина не мора да означава релацију у зависности егзактних вредности, већ то може бити и област у којој се подаци очекују.

Подаци о измереним температурама, влажности ваздуха и падавинама на Власинском језеру показују изузетно ниски степен корелације. На узорку дневних податка од 1965. до 1991. године израчуната је матрица коефицијент корелације. када су у питању падавине, рачунато је само са данима када је било падавина.

Табела 2. Корелација метеоролошких величина.

корелација	Температура	Влажност	Падавине
Температура	1	-0.34	0.05
Влажност	-0.34	1	0.06
Падавине	0.05	0.06	1

Иако је корелација изузетно слаба, могуће је формирати статистичке моделе који би указали на могуће вредности које излазе из моделираних расподела. Подаци из којих је могуће формирати расподеле су приказани у табелама 3 и 4.

2.3.3 Калибрација модела и одређивање параметара

Обзиром да недостају подаци о притокама и у великој мери нивоима, није могуће калибрисати билансни модел. Због тога су развијени математички модели који се заснивају на неједнакостима којима се могу валидовати нивои у акумулацијама и језерима.

Границе у којима се налазе температура, падавине и релативна влажност ваздуха се могу одредити на два начина: 1) историјским подацима и 2) формирањем статистичке расподеле и претпоставком да ће се те вредности јавити у интервалу $[\mu-3\sigma, \mu+3\sigma]$ који обухвата 99% података из којих су формиране расподеле. Параметри историјских података су приказани у табелама 3 и 4.

Табела 3. Минимуми и максимуми историјских вредности температуре, влажности и падавина

Месец	минимум			максимум		
	Температура	Влажност	Падавине	Температура	Влажност	Падавине
1	-15.35	51	0	7.5	99	38
2	-19.8	45	0	7.8	99	41.1
3	-17.8	43	0	11.4	100	43.2
4	-4.95	30	0	18.3	100	41.2
5	-1.75	47	0	19.1	100	43.6
6	3.8	51	0	22.5	100	59.5
7	3.35	46	0	25.3	100	53.2
8	1.65	47	0	21.9	100	56
9	1.15	56	0	19.35	100	48.4
10	-4.6	40	0	16.2	100	51.2
11	-10.8	40	0	12.9	99	51.3
12	-15.75	53	0	12.45	99	32

Табела 4. Средње вредности и стандардне девијације низова историјских вредности температуре, влажности и падавина

Месец	средња вредност			Стандардна девијација		
	Температура	Влажност	Падавине	Температура	Влажност	Падавине
1	-1.72	85.70	1.89	3.25	7.89	4.46
2	-1.11	85.87	1.80	3.72	7.54	3.90
3	1.59	82.39	1.62	3.88	10.62	3.92
4	5.50	76.77	1.80	3.43	12.50	4.15
5	9.81	78.60	2.23	3.43	10.71	4.80
6	12.66	81.20	2.96	3.12	8.55	7.14
7	14.52	80.60	1.66	2.99	9.16	5.10
8	14.34	79.91	1.48	2.97	9.20	4.77
9	11.13	82.57	1.49	3.33	8.20	5.00
10	6.27	81.45	1.32	3.74	10.08	4.52
11	1.65	84.93	1.98	3.74	9.58	4.75
12	-1.27	86.68	1.89	3.35	7.92	3.90

Анализирани су историјски подаци у трајању од 5 година, од 1998. до 2002. У историјским подацима о нивоу у акумулацијама је примећен већи број података који се могу оправдати лошом резолуцијом записа података (ниво се записивао у резолуцији од 0,1m)

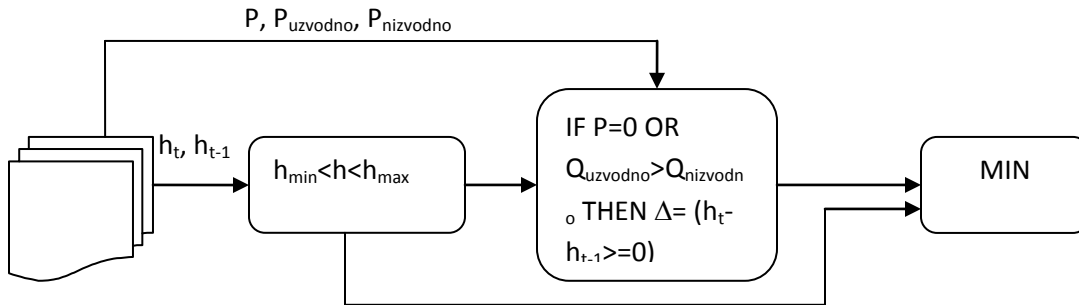
2.3.4 Примењени модели за валидацију података

На основу изнетих анализа утврђен је скуп одговарајућих модела за валидацију података на мерним системима Власинских ХЕ који се преузимају од стране ХИС Власина. У наредној табели дат је приказ предложених модела.

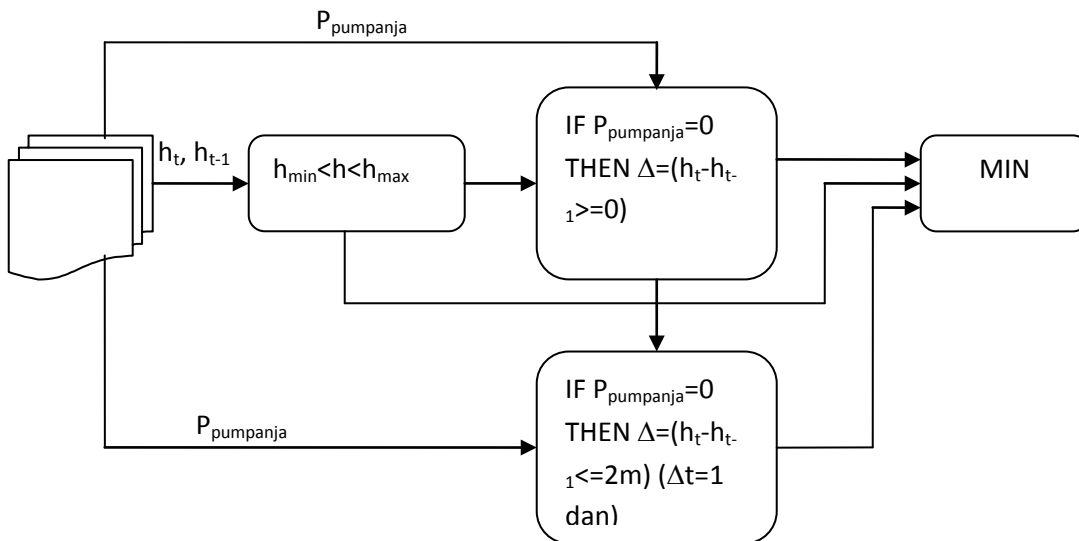
Снаге на агрегатима и пумпама						
1. Тест 1: $P = [0, P_{instalirano}]$						
Нивои у језерима и акумулацијама						
1. Тест 1 за све величине: $h = [h_{min}, h_{max}]$ (историјске вредности или $h = [h - 3\sigma, h + 3\sigma]$)						
2. Тест 2 за агрегате: IF $P=0$ OR $Q_{uzvodno} > Q_{nizvodno}$ THEN $\square = (h_{t-1} >= 0)$ $Q_{uzvodno} = P_{uzvodno} \square_{uzvodno} / \square g (h_{uzvodno} - h)$, $Q_{nizvodno} = P_{nizvodno} \square_{nizvodno} / \square g (h_{nizvodno})$						
3. Тест 3 за Лисинско језеро: IF $P_{pumpanja} = 0$ THEN $\square = (h_{t-1} >= 0)$ (осим за летње месеце)						
4. Тест 4 за Лисинско језеро: IF $P_{pumpanja} = 0$ THEN $\square = (h_{t-1} <= 2m)$ ($\square t = 1$ дан)						
5. Тест 5 за Власинско језеро: IF $P_{Vr1a1} = 0$ THEN $\square = (h_{t-1} >= 0)$ (осим за летње месеце)						
6. Тест 6 за Власинско језеро: $\square = abs(h_{t-1} <= 0.1)$						
Температура						
1. Тест 1: $T = [T_{min}, T_{max}]$, (месећно према подацима)						
Релативна влажност						
1. Тест 1: $RV = [RV_{min}, RV_{max}]$						
Падавине						
1. Тест 1: , $P_{min} = 0$ mm, $P_{max} = 100$ mm						
Историјске граничне вредности						
Табела 5: Историјске минималне вредности 1986-2003						
	Кота нивоа	Производња енергије	Реактивна енергија	Реактивна снага	Активна снага	
минимуми	[mnm]	[MWh]	[MVarh]	[MVar]	[MW]	
ПАП Лисина	/	/	/	/	0	
Врла 1	/	0	0	0	0	
Врла 2	862	0	0	0	0	
Врла 3	700	0	0	0	0	
Врла 4	500	0	0	0	0	
Табела 6: Историјске максималне вредности 1986-2003						
	Кота нивоа	Производња енергије	Реактивна енергија	Реактивна снага	Активна снага	
максимуми	[mnm]	[MWh]	[MVarh]	[MVar]	[MW]	
ПАП Лисина	/	/	/	/	28	
Врла 1	/	59	49	44	49	
Врла 2	869.6	24.8	24.6	24.1	24	
Врла 3	710	30.8	30.1	28.1	30.2	
Врла 4	504	25.9	25	25	25	

2.4 Шематски приказ структура неких валидационих тестова

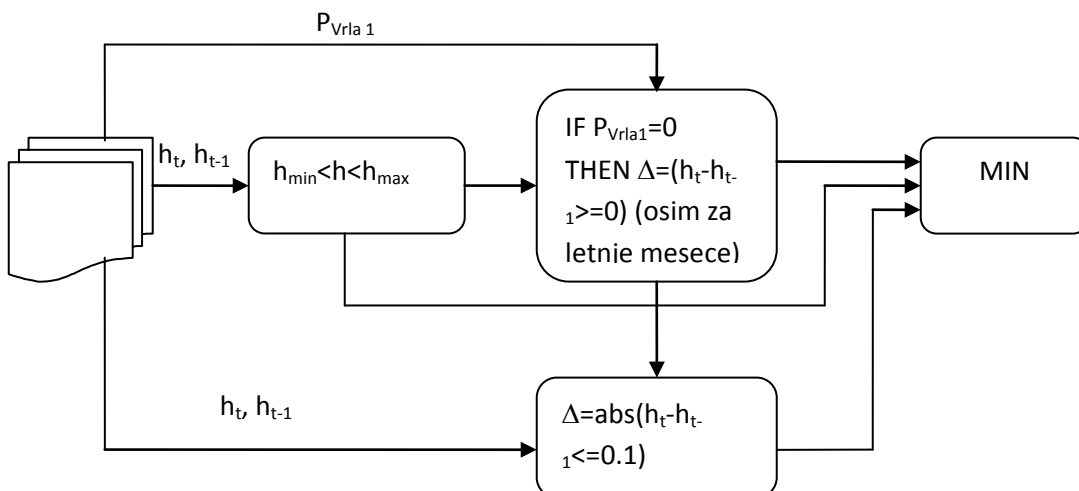
На основу предложених модела врши се композиција валидационих шема помоћу одговарајућих блокова за валидацију. На наредним сликама (Слика 16 до Слика 18) дат је графички приказ, односно блок шема процеса валидације према предложеним моделима.



Слика 16. Валидациона шема за акумулације



Слика 17. Валидациона шема за Лисинско језеро



Слика 18. Валидациона шема за Власинско језеро

3 ЛИТЕРАТУРА

- [1] World Meteorological Organization Operational hydrology report no. 48 (2003). Hydrological data management: present state and trends, by A. Terakawa
- [2] Kumar M, Budhathoki N R, Kansakar S (2002), Hydro-Meteorological Information System: Implementation Of Multi-User Geodatabase Concept In Nepal
- [3] Branisavljevic, N., Prodanovic, D. and Kapelan, Z., (2010), "Automated Validation of Real-Time Sewer Monitoring Data", Proc. 9th International Conference on Hydroinformatics, Tianjin, China,
- [4] Branisavljević Nemanja, Prodanović Dušan, Arsić Miomir, Simić Zoran, Borota J, Hydro-meteorological data quality assurance and improvement, Journal of Serbian Society for Computational Mechanics – JSSCM, Special Issue dedicated to: "Modeling, Simulation and Optimization Methods in Hydropower Systems Management and Design", Vol. 3, No. 1, December 2009, Kragujevac.
- [5] Nemanja Branisavljević, Dušan Prodanović, Zoran Simić, Provera, validacija i poboljšanje kvaliteta vremenskih serija, HIDROINFORMACIONI SISTEMI ZA UPRAVLJANJE HIDROENERGETSKIM RESURSIMA U SRBIJI, monografija, Institut Jaroslav Černi, Beograd, 2009.