

УДК 007

Оригинални научни рад

Верка ЈОВАНОВИЋ*

Радмило Б. ЈОВАНОВИЋ

ГИС – СТРАТЕГИЈА ИНТЕГРАЦИЈЕ ХИДРОЛОШКИХ ИНФОРМАЦИЈА

Извод. Стратегија интеграције хидролошких података у ГИС-у подразумева избор модела где се као савремено решење намеће георелациони модел. Сем модела, сви нивои интеграције условљени су применом базичних принципа географског информационог система. Интеграција хидролошких информација је сложен процес у коме различити скупови података уз помоћ ГИС-а постају међусобно компатибилни при чему се из различитих скупова информација изводе квалитативно виши нивои сазнања. У овом раду је разматрана интеграција хидролошких информација само за потребе просторне анализе. Решавање сложених хидролошких и водопривредних проблема захтева другачији приступ, примерен стандардном референтном моделу за ту специфичну област примене.

Кључне речи. хидролошка информација, интеграција, стратегија, референтни модел

Вода је део географске средине који се прожима са готово свим другим елементима у свом окружењу. Сама хидросфера представља сложен систем са многобројним унутрашњим параметрима и процесима. Пошто комплетна природа и човек зависе од воде важно је осматрање, проучавање и контрола тих процеса.

* др Верка Јовановић, научни сарадник, Географски институт „Јован Цвијић” САНУ, Београд

мр Радмило Б. Јовановић, Географски институт „Јован Цвијић” САНУ, Београд

Због обиља појава и процеса који хидросферу чине веома комплексним системом, почетком 19. века се успостављају прве хидрометеоролошке службе са циљем да прикупе и систематизују податке, што представља саме почетке формирања неке врсте информационог система о овим феноменима. Тек је појавом и развојем рачунарске технологије створена могућност прикупљања, обраде и интеграције мноштва информација у *реалном времену*, а тиме и квалитетније спознаје суштине процеса у хидросфери.

Израда ма ког ГИС-а подразумева организацију низа поступака од захватања података преко њихових трансформација у информације у бази података¹, обраде и интеграције тих података, до креирања излазних форми и докумената. Према томе, интеграција информација представља само сегмент у конституисању ГИС-а, али веома важан, који чини само средиште сваког информационог система.

Дефинисање појма интеграција хидролошких информација

У пројектовању информационог система реализују се подпрограми за захватање података. Подаци су основни улазни параметри преко којих информациони систем прикупља обавештења о реалном свету. Према *McDonnell and Kemp K. [1995]* географски подаци описују феномене директно или индиректно везане за локацију на површини Земље. Сходно томе, хидролошки подаци описују појаве и процесе у хидросфери као саставном делу геосистема.

Захватањем података и њиховим укључивањем у хидролошку базу они добијају карактер информације. Према стандардној ГИС терминологији информација значи: „обавештење које је резултат сакупљања, анализе или сумирања података у смисленом облику” [ISO TC 211, Document 301-305, 1998]. Како је реч о ГИС-у у коме се оперише са подацима везаним за геосистем најчешће је реч о географским информацијама које *McDonnell and Kemp K. [1995]* дефинишу као феномен директно или индиректно везан за локацију на површини земље. Из претходног се може закључити да су хидролошке информације електронски облик феномена везаних за воде на земљиној површини.

¹ база података - e. database - колекција података организованих према концептуалној (просторној и временској) шеми са сетом процедура за додавање, измену и чување података [*McDonnell and Kemp K. 1995*].

Складиштењем података и претварањем у информације долази се до кључних питања на које се односи овај рад а то је стратегија интеграције (обједињавања - повезивање) хидролошких информација у јединствен и функционално целовит систем. Где се интеграција дефинише као комбиновање различитих типова хидролошких информација из различитих извора и система. Према томе да би се реализовала интеграција података, помоћу програмских поступака за њихово процесирање, потребни су референтни модели, стандарди и концептуалне шеме (просторне и временске). На тај начин се обезбеђује поуздана примена основних принципа у конституисању ГИС база, које чине осим интегративноси и: доступност, тачност, језичку и термилошку одређеност и очигледност [Јовановић В. и др, 1996].

Садржај и начин интеграције хидролошких информација у ГИС-у

Улога интеграције је да повеже и обједини велики број разнородних информација. У том смислу она представља саму срж или окосницу читавог информационог система. У ГИС-у је наиме, реч о две врсте информација. Прве се односе на геометрију и тополошке особине објеката у бази података, а други на њихова својства. Тек обједињавањем првих и других добијамо целовиту слику о посматраном објекту и процесима у проучаваној средини.

У процесу интеграције улазни подаци су хидролошки објекти и њихове карактеристике. Објекти се преузимају из базе графичких података која може бити у векторском (што је најчешћи случај) или растерском (грид) формату. Карактеристике објеката, односно њихова описна својства (атрибути) се преузимају из одговарајућих релационих база, где су табеларно сређени према стандардизованим ГИС принципима.

У процесу интеграције поменуте две врсте информација (просторне и атрибутивне) се могу обједињавати на два начина:

- *модел композитне мапе* - значи формирање више слојева мапа. То је компјутеризована верзија преклапања мрежом издељених карата на ћелије и међусобно укрштање и преклапање својства појединих ћелија. Те ћелије имају константан облик, величину и орјентацију и њима се додељују атрибутивна својства појединих хидролошких објеката. Примена овог модела је веома ретка у хидролошким информационом система и то углавном код

директног преузимања графичких атрибута са сателитских и аерофото снимака [*Shepherd I D H.* 1994. s. 339].

- *георелациони модел* - је савремени приступ интеграције информација у коме су графички подаци векторски представљени у облику тачака, линија и полигона, који детаљно описују особине географских објеката. Атрибутивна својства су спакована у посебне табеле које су елементима релационог управљања спрегнуте са графичким, наиме реч је о објектно орјентисаној релационој бази података, где је векторски приказ хидролошког објекта кључ интеграције информација. [*Shepherd I D H.* 1994. s. 340]. На пример: извору који је приказан као тачка додељени су атрибути издашност, температура воде, минерални састав, квалитет, тип, и сл.

У оваквом процесирању података јављају се извесни недостаци и ограничења. Ово се пре свега односи на први модел интеграције у коме је величином ћелије унапред одређен степен генерализације података. Наиме, што је већа ћелија то је већи ниво уопштавања садржаја. Код гео-релационог модела проблем се јавља у позиционирању векторских чворова, што посебно долази до изражаја код полигоналних облика. Наиме како полигони представљају затворене изломљене линије, уколико се код суседних полигона векторска чворишта потпуно не поклапају ствара се привид нових полигона који су без икаквих својстава. Ово у оквиру једног слоја (лаџер) и нема нарочит значај, међутим код вишеслојног преклапања може да доведе до значајних промена у садржају.

Излаз из процеса интеграције је нова информација која у себи носи нови квалитет. Повезивањем графичких објекта и њихових атрибута у задатом броју слојева креира се нова база података која у себи садржи квалитативно виши ниво интеграције информација. На пример интеграцијом речне мреже (која носи своја атрибутивна својства као што је протицај) са површином слива у који су интегрисана својства других слојева (геолошки састав, падавине, пошумљеност, нагиб терена, експозиција, и сл.) формирамо модел² отицаја.

² *модел* - e. model - апстракција и опис стварног света или његовог дела [*McDonnell and Kemp K.* 1995]

Процес интеграције хидролошких информација у ГИС–у

Интеграција информација у формалном смислу представља скуп програмираних и аутоматизованих поступака који се реализују на основу задатог низа наредби. Окосницу њене реализације, према томе, представљају два скупа софтверских решења и то:

- аутоматски - који обавља системски софтвер који представљају саставни део програмског пакета за управљање ГИС-ом
- програмабилни - који представља изабрани формални језик за управљање поступцима, операцијама и токовима интеграције података (стандардно EXPRES, C++, Paskal, SQL и сл.).

Комбинацијом аутоматизованих и програмираних поступака, а на основу задатих или стандардизованих алгоритама реализује се низ команди које доводе до различитих нивоа интеграције по степену сложености. Најједноставнији облици интеграције односе се на обједињавање објеката са својим атрибутивним својствима, док се најкомплекснији поступци реализују кроз вишеслојне логичке филтере.

У савременој програмерској пракси модуларно програмирање представља најчешћи начин конципирања софтвера. При чему се скуп алгоритама, који обављају исту или сличну функцију, ради прегледности и јасноће, издваја у посебан одељак (модул). Модуларни поступак се као правило примењује у ГИС-у, без обзира на програмски језик, што произилази из релативне хомогености појединих субсистема у реалном геосистему (воде, земљиште, биљни свет, и сл.). Сходно томе се интеграција хидролошких информација стратешки планира као издвојен модул.

У процесу интеграције информација, у оквиру хидролошког модула, користе се стандардизоване и специфичне или посебне процедуре и поступци. Стандардизоване - концептуалне шеме могу се сврстати у више категорија, и то:

- концептуална шема за описивање просторних оператора за приступ, управљање и поцесирање,
- концептуална шема за описивање просторних карактеристика типова објеката,
- концептуална шема за описивање временских карактеристика објеката,

- стандардне дефиниције за описивање шеме модула, апликације, укључујући правила за класификацију хидролошких објеката и њихових веза са информацијама из других модула, као и
- стандардизовани методолошки поступци за интеграцију изворних информација и креирање нових објеката и атрибута.

Као што је речено постоје две врсте информација у оквиру хидролошке интеграције и то информације графичког типа које обележавају хидролошке објекте и алфанумеричког типа који обележавају карактеристике тих објеката.

Хидролошки објекти у ГИС-у се разликују по форми свога приказа, што проистиче из њихових физичких карактеристика. Сходно томе они се обележавају у три познате форме као што је приказано у табели 1.

Таб. 1. - Начин приказа хидролошких објеката у ГИС-у

Tab. 1 – Način prikaza hidroloških objekata u GIS-u

Тачке	Линије	Полигони
извори	водотоци	слив
хидролошке станице	канални	језера
метеоролошке станице		баре
пијезометри (бунари)		море

Савремени софтвер, прилагођен ISO TC/211 стандардима, за управљање ГИС-ом садржи низ аутоматизованих програмских операција за ажурирање основних информација о графичким (хидролошким) објектима. Тако се уношењем хидролошког објекта који се описује тачком аутоматски отвара у бази података листа следећих атрибута: идентификационо обележје, x координата и y координата. За хидролошке објекте који се описују линијом аутоматски се отвара листа атрибута са идентификационим обележјем и дужином линије. У коначно за хидролошке објекте који се описују полигоном аутоматски настаје листа атрибута са идентификационим бројем, површином полигона, полупречником описаног круга око полигона, x координатом описаног круга око полигона и y координатом описаног круга око полигона.

Алфанумеричке информације, које нису у склопу аутоматизованих програмских операција, у зависности од

- водостаји - ниво воде у цм у односу на коту "0"
- протицај - количина протицајне воде у јединици времена (m^3/s или l/s),
- физичке карактеристике - температура и радиоактивност подземних вода, суспендовани нанос;
- хемијске карактеристике површинских вода (киселост и минерални састојци, хемијска и органска једињења);
- биолошке карактеристике.
- метеоролошке станице - код којих се посматрају (таб.2)
 - врста падавина - (киша, снег, град)
 - висина падавина - висина падавина (у mm, cm)
 - температура ваздуха (у $^{\circ}C$)
 - ваздушни притисак (у mb)
 - влажност ваздуха (у %)
 - трајање сунчевог сјаја (број сати)
 - облачност (% покривености неба облацима)
 - брзина ветра (m/s или km/sat)
 - правац ветра
 - евапорација - испаравање са водене површине (у mm)

Таб. 3. - Атрибути хидролошких објеката представљених линијом

Таб. 3 Ђ Атрибути хидролошких објеката представљених линијом

водотоци	каналы
ширина корита	тип
дубина корита	ширина корита
надморска висина чвора	дубина корита
	надморска висина чвора

Другој групи објеката припадају хидролошке информације које се приликом интеграције везују за објекте представљене линијама (таб. 3). То су информације о:

- водотоцима - подаци о геометрији речног корита (таб. 3):
 - ширина и дубина речног корита (у m),

- надморска висина чвора - надморска висина тачке (у m),
- канали - иригациони и пловни објекти (таб. 3):
 - геометрија канала - ширина и дубина (у m и km)
 - надморска висина чвора - надморска висина тачке (у m),

Трећу групу хидролошких информација чине објекти представљени као полигони. Ту припадају информације које се односе на (таб. 4):

- слив (таб. 4):
 - надморска висина чвора - надморска висина тачке (у m),
- језера (таб. 4):
 - тип - вештачка, природна,
 - дубина - у m у односу на "0" коту акваторије,
 - физичке карактеристике - температура воде и ваздуха и радиоактивност воде,
 - хемијске карактеристике језерских вода (киселост и минерални састојци, хемијска и органска једињења),
 - биолошке карактеристике.

Таб. 4. - Атрибути хидролошких објеката представљених полигоном

Таб. 4 Ђ

слив	језера	мочваре	море
надморска висина чворова дуж развођа	тип	тип	температура површине мора
	дубина	хидролошки режим	висина таласа
	температура вода	статус заштите	период појављивања таласа
	температура ваздуха		салинитет
	мирис		провидност
	боја		ниво мора
	мутноћа		
	пХ вредност		
	електропроводљивост		

	слободни CO ₂		
	алкалитет		
	растворени кисеоник		
	ВРК5		
	НРК		
	суспендоване материје		
	растворене материје		
	калцијум		
	магнезијум		
	укупна тврдоћа		
	силицијум диоксид		
	натријум калијум		
	сулфати		
	хлориди		
	укупни фосфор		
	амонијум		
	нитрати		
	нитрити		
	органски азот		
	укупни азот		
	хлорофил		
	сулфиди		
	танини		
	цијаниди		
	цинк		
	кадмијум		
	олово		
	бакар		
	арсен		
	никл		
	жива		
	хром		
	гвожђе		
	укупна радиоактивност		

- мочваре (таб. 4):
 - тип - еутрофне, мезотрофне, олиготрофне,

- хидролошки режим - са текућом, стајаћом водом и ледом,
- статус заштите - природни резервати и без заштите,
- море (таб. 4):
 - температура морске воде $^{\circ}\text{C}$
 - висина таласа (у m)
 - период појављивања (у s)
 - салинитет (у ‰).
 - провидност (у m)
 - ниво мора - висина у односу на утврђену "0" коту (у m).

Механизми интеграције

Најнижи ниво интеграције, неопходан да би се уопште успоставила гео-релациона база, је између објеката и атрибута. Тај поступак се обавља у оквиру сваког појединачног слоја - лејера. Низом аутоматских, а у знатно већој мери, програмираних поступака организује се додела атрибута хидролошким графичким објектима (ентитетима). Овај део посла чини саставни део интеграције који мора бити правилно испланиран, јер од њега зависе виши нивои интеграције информација. Наиме уколико се у вишем степену интеграције покаже да недостају неки од атрибута који описује задати објекат није могуће извршити све постављене задатке одговарајуће хидролошке ГИС - апликације.

На пример ако ентитету хидролошка станица не програмирамо доделу атрибута ВРК5 или НРК у даљем току разраде базе података није могуће формирати лејере за процену бактериолошке исправности воде. Довољно је да малом броју станица није додељен овај податак па ће се у процесу интеграције на картама појавити читав низ празних поља без обележја. То значи да за појам хидролошка станица мора да се предвиди додела сваког појединачног атрибута сходно шеми датај у табелама 2, 3, 4, да би била задовољена укупна стратегија пројекта.

Истом нивоу интеграције припада и програмирање обједињавања појединачних графичких објеката. Оно се, за основне потребе, по правилу, организује у оквиру једног слоја. Рецимо, окупљање свих хидролошких објеката у јединствену целину - под називом хидролошки објекти. Највећи део поступака у овој области

се одвија аутоматски и представља саставни део свих савремених програмских пакета за управљање ГИС апликацијама. Најчешће се овај део интеграције планира и реализује још у процесу уношења основних података - при изради хидролошке картографске подлоге за одговарајући лејер.

На пример, када се хидролошки објекти исте класе уносе посебно (извори, речни токови и сл.) а затим се њихова интеграција и тополошке релације успостављају у посебном модулу или други начин када се сви хидролошки објекти уносе одједном у исти лејер. Неки од примера за ову врсту интеграција било би и извођење нових информација када се врши интеграција појединачних елемената речних токова у јединствену речну мрежу или изводе координате извора, ушћа састава притока и главног тока. Један од метода за реализацију дао је М. Оцокољић [1996. с. 205-209] кога чини јединствен регистар за кодификовање речне мреже.

Следећем, вишем, нивоу припада извођење нових информација међусобним повезивањем и комбиновањем изворних информација или података. Овде је реч о укрштању атрибутивних својстава једног или више објеката и формирању нових атрибута који се додељују појединачном објекту или групи објеката. Интеграција се на овом нивоу реализује употребом математичких оператора и стандардних математичких и статистичких функција који су саставни део софтвера за управљање базама података. Остале сложеније функције се морају посебно програмирати (додавањем као подпрограмски модули).

Најједноставнији облик би био математичка или статистичка интеграција изворних информација у нове категорије. На пример стандардно одступање у серији просечних дневних протицаја за неку станицу, које се рачуна по формули:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n}}$$

У пракси се примењују и знатно компликованији поступци који подразумевају сложне и разгранате алгоритме за обједињавање информација између већег броја атрибута често везаних за скупове или све објекте неке хидролошке категорије. Као један од примера може послужити израчунавање вероватноће протицаја помоћу Pearson III типа, *McCuen R. H. and Snyder W. M.* [1986, с. 119 -121].

Најкомплекснији ниво интеграције информација у хидролошком ГИС-у је међуслојно укрштање и повезивање објеката и њихових изабраних атрибута. Тиме се добијају квалитативно сложенији скупови објеката уз аутоматско додељивање нових својстава (атрибута) и формирање новог слоја. Основу поступка за реализацију овог нивоа интеграције чини систем сложених упита базиран на математичкој таутологији односно у највећем делу употреби оператора *Boolean algebra*³ [AND, OR, NOT, XOR, итд.]. Осим тога могу се користити и поступци везаних за геометријско - тополошке операције са објектима као и сложене моделске операције са атрибутима из различитих слојева.

Када је реч о хидролошком ГИС-у предмет међуслојних операција могу бити или искључиво хидролошки објекти и њихове карактеристике, или што је много чешћи случај скупови објеката и њихових атрибута из различитих модула који садрже информације о објектима са којима се хидросфера прожима. Тако се ка модулу хидролошке интеграције, у зависности од намене апликације, могу усмеравати изворне хидролошке, геолошке, геоморфолошке, биогеографске, метеоролошке информације, као и информације о антропогено изграђеним структурама (Ск. 1). На тај начин се ГИС у својој употреби у знатној мери изједначава са применом географског метода у најкомплекснијој анализи хидросфере.

³ *Boolean* алгебра, је грана математике базирана на законитостима и правилима сличним, али ипак различитим од правила више алгебре. Формално Боолан алгебра је математички систем који се састоји од скупа елемената, који могу бити именовани као В укључујући и два типа бинарних операција који се могу означити као AND и OR. Док су други оператори изведени комбинацијом њихових карактеристика ["*Microsoft® Encarta® 97 Encyclopedia*. © 1993-1996 Microsoft Corporation].



Ск. 1. - Модел међуслојне интеграције информација у хидролошком ГИС-у

Закључак

Сходно изнетим чињеницама, интеграција хидролошких информација је сложен процес у коме различити скупови података уз помоћ ГИС-а постају међусобно компатибилни и где се из различитих скупови информација изводе квалитативно виши нивои сазнања.

Стратегија интеграције у првој фази подразумева избор модела где се као савременије и квалитетније решење намеће гео - релациони модел. У даљем току развоја апликације морају се

предвидети и издвојити информације према типу аквизиције, што уједно може да подразумева и изградњу оних програмских модула који нису интегрални део софтвера за управљање ГИС-ом. Такође је неопходно успоставити јасне релације између аутоматизовано и програмабилно управљивих информација. Сходно карактеристикама појединих хидролошких објеката, односно њиховом графичком изразу, неопходно је формирати и листе припадајућих атрибута и то на такав начин да буде успостављена њихова међусобна компатибилност. Ко што је већ речено развој ГИС апликација подразумева и квалитативно различите нивое интеграције информација. Од оне између објеката и атрибута, преко релација међу објектима, сложенијих релација међу атрибутима који могу послужити за изградњу нових квалитета, па све до најкомплексније вишеслојне интеграције информације. Сви ови нивои захтевају дословну примену базичних принципа географског информационог система. Неопходно је нагласити да се при програмирању хидролошких апликација за просторну анализу мора формирати низ комплексних модула за различите нивое интеграције јер они нису уграђени у софтвер за управљање ГИС-ом.

У овом раду искључиво је било речи о интеграцији хидролошких информација у оквиру ГИС-а за потребе просторне анализе па је сходно томе и конципирана читава стратегија интеграције. Осим за ову намену могу се пројектовати и друге ГИС апликације оријентисане ка водопривреди што представља посебан независан проблем који би требало решавати у даљем току истраживања ове проблематике. С обзиром да хидролошки елементи представљају један од основних делова ГИС апликације намењене просторној анализи при проучавању геосистема, они се за потребе водопривреде могу разматрати и као самосталан и целовит подсистем са специфичним циљевима и излазима. Опредељење за један од ова два приступа битно утиче на ниво генерализације, а тиме и скуп података и информација којима се оперише у току њиховог процесирања и интеграције. Сходно томе се у процесу пројектовања, мења низ параметара почев од обима и начина захватања података преко облика процесирања и интеграције до карактера и садржаја њиховог приказивања.

Литература

McDonnell, Kemp K. (1995): *International GIS Dictionary*. GeoInformation International, Cambridge, UK.

ISO TC 211 [1998]: *Документ 301-305*.

Јовановић В. и др. (1996): "Основни принципи Географског информационог система". Зборник радова -*YUGIS 96* Географски институт "Јован Цвијић" САНУ, Београд.

Shepherd I H D (1994): "Information Integration and GIS" . *Geographical Information Systems*, Vol. 1. Longman Scientific and Technical, New York.

Оцокољић М. (1996): "Хидрографска мрежа у географском информационом систему". Зборник радова -*YUGIS 96*, Географски институт "Јован Цвијић" САНУ, Београд.

McCuen R. H and Snyder W. M. (1986): *Hydrological Modeling - statistical methods and applications*. Prentice - Hall, New Jersey 07632.

Summary

Verka JOVANOVIĆ, Radmilo JOVANOVIĆ

THE GIS* – STRATEGY OF HYDROLOGICAL INFORMATION INTEGRATION

Strategy of integration presumes the choice of models at the first stage when the geo-relation model is enforced as a more advanced and qualitative solution. In further course of application development, information according to the type of its acquisition should be predicted and selected. This action can at the same time presume elaboration of the programme modules, which do not represent integral parts of the software for management with the GIS. It is also necessary to establish clear relations between automated and programme manageable information. According to the characteristics of certain hydrological objects and their graphic expression respectively, it is necessary to create the lists

of belonging attributes so that their mutual compatibility can be established. As it has already been said development of the GIS applications presupposes qualitatively different levels of information integration too, which calls for the truthful application of the basic principles of the Geographical Information System. It is necessary to emphasize that in making programmes of hydrological applications and spatial analysis a series of complex modules for various levels of integration should be established because they are not built into the software for management with the GIS.

Integration of hydrological information in the framework of the GIS has solely been dealt with in the paper and consequently the whole strategy of integration has been outlined. With the exception of that purpose other GIS applications orientated towards water management can be elaborated (projected) which represents a separate and self-sufficient problem to be solved in further course of research into that group of problems. Bearing in mind that hydrological elements represent one of the basic parts of the GIS applications devoted to spatial analysis in the study of the geosystem, they can be taken into consideration for the needs of water management too as an independent and wholesome subsystem with specific goals and solutions. The choice of one or another approach essentially influences the level of generalization and thereby the collection of data and information by means of which one operates with in the course of their processing and integration. Consequently, in the process of project making the series of parameters changes beginning with the scope and method of data acquisition over techniques of their procession and integration up to the kind and contents of their presentation.