

## **УПРАВУВАЊЕ СО ВОДИТЕ - УПРАВУВАЧКИ АКЦИИ СО ВОДОСТОПАНСКИТЕ СИСТЕМИ**



МК0300080

### **SUMMARY**

In this paper are presented a general description of water resource systems, a systematisation of the management tasks and the approaches for solution, including a review of methods used for solution of water management tasks and the fundamental postulates in the management. The management of water resources is a synonym for the management actions applied to water resource systems. It is a general term that unites planning and exploitation of the systems. The modern planning assumes separating the water resource part from the hydrotechnical part of the project. The water resource study is concerned with the solution for the resource problem. This means the parameters of the system are determined in parallel with the definition of the water utilisation regime. The hydro-technical part of the project is the design of structures necessary for the water resource solution.

**Key words:** water resources management, simulation model, optimization model

### **РЕЗИМЕ**

Во рефератот се прикажани: општите поими за водостопанските системи, систематизацијата на управувачките задачи и пристапите во нивното решавање, како и прегледот на методите кои се применуваат за решавање на водостопанските управувачки задачи и основните постулати во управувањето. Управувањето со водните ресурси е синоним за управувачките акции со водостопанските системи. Управувањето со водостопанските системи е генерален поим кој ги обединува термините планирање и искористување на системите. Современото планирање на хидросистемите подразбира раздвојување на водостопанскиот од хидротехничкиот дел на проектот. Во водостопанскиот елаборат се избира решението за водостопанскиот проблем, односно се определуваат параметрите на системот - паралелно со утврдувањето на режимот на користење на водите. Во хидротехничкиот дел од проектот се димензионираат објектите со чија изградба би се исполнило водостопанското решение.

**Клучни зборови:** управување со водните ресурси, симулационен модел, оптимизационен модел

### **1. ВОВЕД - ОСНОВНИ ПОИМИ ЗА ВОДОСТОПАНСКИТЕ СИСТЕМИ**

Најсеопфатното толкување на поимот - управување со водните ресурси - е дека управувањето со водите е збир од управувачки акции со кои се унапредува организираноста на водостопанските системи, се подобрува ефективноста и се намалува ентропијата. Неопходната база на знаења за управувањето со водите треба да биде изградена врз основа на познавањето и разбирањето на основните поими во водо-

стопанството. Под водостопанство се подразбира секоја организирана човечка дејност на водите која има стопанско значење, било да се работи за производство на нови добра, било за заштита на произведените или природните добра. Современото водостопанство почнува да се развива од почетокот на XX век и во своите почетоци, изборот на водостопанските решенија претставувал чиста емпирија и се идентификувал со хидротехниката. Водостопанскиот систем (ВСС) го сочинуваат природниот воден систем и сите хидротехнички објекти наменети за реализирање на водостопанските дејности во трите сфери на стопанисувањето со водите: (1) искористување на водите, (2) одбрана од водите и (3) заштита на водите.

Процесот на општествен, економски, технолошки, демографски и урбан развој условува извесна законита еволуција во развојот на водостопанските системи (Dodgevia B., 1990). Паралелно со порастот на потрошувачката на вода и намалувањето на квалитетните расположливи водни ресурси, ВСС се развиваат од еднонаменски и изолирани хидросистеми во првата фаза на водно изобилство, преку повеќенаменски системи во втората фаза, до комплексни повеќедимензионални системи во третата фаза, наменети за целосно искористување на водните ресурси. Не е тешко да се предвиди дека поради ограничувањето на просторот и расположливите ресурси, во иднина ВСС ќе бидат третираани како интегрални и одржливи системи. Интегрално е она комплексно решение кое во тек на планирањето е оптимизирано преку усогласување на интересите на водостопанството со другите корисници на просторот, а одржливо решение е изборот на соодветен начин на користење на обновливите ресурси, со што нема да се загрози нивното користење за идните генерации.

Водостопанството и хидроградежништвото, како стопански гранки, секако дека треба да се издвојат од научните дисциплини и применетите техники: наука за водостопански системи или ВСС и наука за хидротехничките објекти или ХТО. Во продолжение ќе се задржиме на базичните поими во хидротехниката, со цел да се потенцира дистинкцијата помеѓу дисциплините ВСС и ХТО.

## **2. ВОДОСТОПАНСКИ СИСТЕМИ И ХИДРОТЕХНИЧКИ ОБЈЕКТИ**

Со интензивниот развој на ВСС, за решавање на сè посложените управувачки задачи на водостопанството (планирање и користење на системите), се надминаа можностите на традиционалните методи и почнаа да се развиваат нови методи. На тој начин, во седумдесеттите години од XX век, на спојот меѓу хидротехниката и информатиката настанува нова научна техничка дисциплина “Водостопански системи”. ВСС е наука која се занимава со следниве задачи: оперативно управување (во реално време), користење во експлоатационен период (анализа), определување на параметри (синтеза) и избор на водостопански развој (конфигурација) на хидросистемите. Науката за хидротехничките објекти (или најчесто користениот термин - хидротехника) која до првите децении од XX век била збир од инженерски вештини базирани на искуство и традиција, претставува применета научна дисциплина што се занимава со: општа теорија, проектирање, градба и експлоатација на хидротехнички објекти.

Современиот пристап во планирањето на хидросистемите подразбира поделба на водостопански и хидротехнички дел. Со водостопанскиот проект се избира решение на водостопанскиот проблем, предизвикан од сè поголемиот притисок врз водните ресурси - како резултат од зголемената потрошувачка, намалувањето на расположливите води и порастот на бараната ефективност на системите. Во водостопанското решение се усвојуваат: параметрите и конфигурацијата на хидросистемот (број на акумулации,

големина на корисен простор - кота на нормално ниво, инсталираност на ХЕЦ, големина на површина за наводнување и слично), со истовремено утврдување на режимот на користење на водите во идниот експлоатационен период. Во следната фаза се изработува хидротехничкиот проект во кој се димензионираат објектите со чија реализација би се исполнило водостопанското решение. Во хидротехничкиот проект се определуваат и избираат: кота на круна на брана, тип на брана, начин на фундаирање, вид на прелевање, димензии на хидроенергетски и хидромелиоративни објекти и сл. Со ваквото раздвојување, со ВСС се потврдува функционалната (задоволување на поставените цели) и економската сигурност на системот, а со ХТО се потврдува конструктивната (статичка и динамичка) и хидрауличката сигурност на објектите од системот.

Границите помеѓу научните дисциплини ВСС и ХТО се јасни само во доменот на теоријата. Теориските основи на ВСС се: теорија на информации, теорија на системи, веројатност, оперативни истражувања (математичко програмирање); додека основите на ХТО се: хидраулика, геотехника, хидрологија, теорија на конструкции. Кога ќе се премине на проблеми од практиката, границите меѓу ВСС и ХТО стануваат неодредени, па голем дел од хидротехничките анализи се неопходни уште во првата фаза - водостопанскиот елаборат.

Со изработката на водостопанската студија се внесува најкрупната стратешка определба во планирањето на хидросистемот. Затоа, евентуалните грешки во доменот на водостопанскиот дел од проектот имаат катастрофални последици за системот и не можат да бидат отстранети, независно од количината на енергија што се вложува во хидротехничкиот дел од проектот. Според хидротехничката практика во нашата средина, загрижувачки малку е присутна современата водостопанска анализа во проектите за хидросистемите. Затоа, денес сме сведоци на квалитетно проектирање во доменот на хидротехничкиот дел (со задоволување на високите критериуми за конструктивна и хидрауличка сигурност на објектите), но потфрлување во обезбедувањето на функционалната и економската сигурност на системот. Оваа констатација, во експлоатација се манифестира со погрешно оперативно управување и лошо одржување на бројни скапи хидросистеми и има за последица забрзано и неминувано рунирање на тие објекти. Непознавањето на современите нумерички методи за водостопанска анализа можеби објаснува зошто овој толку важен сегмент од хидротехничкото планирање не е вклучен во комплетниот проект, но секако не го оправдува проектантот, а уште помалку го ослободува од одговорноста за лошиот квалитет на планирањето на хидросистемот.

### **3. ЗАДАЧИ НА УПРАВУВАЊЕ СО ВОДОСТОПАНСКИТЕ СИСТЕМИ**

Управувањето со водостопанските системи е генерален поим кој ги обединува термините планирање и искористување на системите. Првиот чекор во водостопанската анализа за избор на водостопанско решение е одредувањето на видот на управувачката задача, соодветна на идентификуваниот водостопански проблем. При управувањето со ВСС се среќаваат повеќе видови на задачи кои се групираат според усвоениот критериум за поделба (Ђорђевиќ В., 1990):

- а) особина на управувачката задача,
- б) временски период опфатен со управувањето и
- в) број на управувачки координати.

Според особината на управувачката задача се разликуваат задачи на: (1) стабилизација, (2) извршување на зададена програма, (3) следење, (4) екстремно управу-

вање, (5) оптимално управување и (6) терминално управување.

Според временскиот период опфатен со управувањето, постојат следните под-групи на управувачки задачи: (1) оперативно - управување во реално време адаптирано на новодобиените информации; (2) тактичко - управување во периодот на експлоатација или управување во фазата на планирање за конкретен водостопански проект, со временски чекор (час, ден, недела, месец) прилагоден на капацитетот за временска прераспределба на протекувањата и карактерот на хидросистемот и (3) стратешко - планирање на долгорочен развој на водните ресурси на ниво на водостопански основи. Според бројот на управувачките координати, се разликува задача на: (1) анализа, (2) синтеза и (3) степен на водостопански развој.

Во натамошниот текст подетално ќе биде анализирана систематизацијата на управувачките задачи според бројот на управувачките координати која има најголемо значење при планирањето на ВСС. Управувачките координати во задачите на ВСС со акумулациите (единствените објекти кои ВСС суштински ги прават контролирачки) се: (1) режим на користење (во зависност од можностите на системот за дневно, неделно и месечно регулирање на протекувањата); (2) физички параметри (корисен волумен, инсталираност на хидроцентрала, површина за наводнување, корисници или индустриски капацитет за водоснабдување) и (3) конфигурација (број на акумулации и сериски и/или паралелни интеракции меѓу потсистемите).

Во задачата на користење (анализа на системот), за одредена конфигурација и параметри на ВСС, се утврдува единствената управувачка координата - режимот на користење на ВСС кој ја екстремизира целната функција на задачата на анализа. Во задачата на планирање (синтеза на системот) е зголемен бројот на управувачките координати - се определуваат параметрите на системот кои при најповолно користење, за секоја варијанта на системот добиена со промена на физичките параметри, го екстремизираат критериумот на синтеза. Во задачата на оптимален степен на водостопански развој - за избор на најповолна конфигурација на комплексниот ВСС, неопходно е решавање на задачите на синтеза за секоја алтернативна конфигурација. Задачата на анализа, поради спрегнатиот карактер на наведените три класи на задачи е секогаш инкорпорирана во управувачките проблеми во водостопанската практика, независно дали се работи за планирање на иден ВСС или за подобрување на работните перформанси на изграден хидросистем. Од пресметковен карактер, не според обемноста, туку поради сложеноста на алгоритамот, неспоредливо најтешка е задачата на анализа. Задачата на синтеза или определувањето на физичките параметри на системот се решава со едноставен метод на пребарување, а за избор на најповолна конфигурација на системот се користи повеќекритериумски концепт, односно векторска оптимизација. Поради сложеноста на пристапите и методите кои се користат во решавањето на задачата на анализа на ВСС, натамошниот текст од рефератов е посветен токму на оваа проблематика.

#### **4. ПРИСТАПИ ВО РЕШАВАЊЕТО НА УПРАВУВАЧКИТЕ ЗАДАЧИ**

За решавање на бројните управувачки задачи со водостопанските системи се користат следниве два пристапи: (1) управување со експеримент на реалниот систем и (2) управување со математички модел (ММ). Првиот вид на управување, за жал, е најчесто присутен во водостопанската практика во нашата средина. Со експериментирањето со реалниот систем не може да се искористат сите перформанси на ВСС и голем е ризикот со погрешни одлуки да се направат големи штети. Всушност,

со овој пристап не може да се потврди функционалната сигурност на системот, па затоа е и создадена науката за ВСС - со првенствена цел да се прекине оваа неефикасна практика на управување со системите.

Преминот кон управување со ММ, за сложените системи, каде што осознавањето на процесот е во класата на тешко структурирани проблеми, доведува до промена на гносеолошки план, бидејќи наместо ЗАКОН - кој според традиционалното воспитување го бараме во појавите, се воведува суштински нов поим, МОДЕЛ. Основни карактеристики на моделот се: (а) моделот е само една од можните апроксимации на реалниот систем и нема карактер на апсолутна категорија - точен или неточен; (б) различните модели за еден ист систем не се во опоненција и (в) моделот му помага на планерот, но не го ослободува од одговорноста при интерпретацијата на резултатите и донесувањето на одлука. Со ММ може да се провери секоја управувачка одлука пред да се примени на реалниот систем. Управувањето со ВСС може да биде: (1) симулационо, (2) оптимизационо и (3) комбинирано. Во симулациониот модел не постои механизам за да се определи оптималното управување и екстремот на критериумскиот функционал на задачата на анализа на ВСС, па затоа до најповолно управување се доаѓа преку итеративен циклус од нумерички експерименти со различна оперативна политика при користењето на водите. Со оптимизациониот модел точно се определува екстремот на целната функција на задачата на анализа и оптималното управување, но за примена е неопходно познавање на комплетната информација на влезните големини во периодот на анализата, што е нереално, па затоа резултатите од оптималното управување се идеализирани. Со комбинираниот модел (развиен со цел да се ублажат недостатоците на симулационото и оптимизационото управување), резултатите од оптималното управување со историските - хронолошки низи на влезни податоци, се инкорпорираат во оперативната политика на симулационен (секвенционален или чекор по чекор) управувачки модел (Karimouz M., Houck M., 1982) и се генерираат реални и најповолни излезни резултати од управувањето со ВСС. Овде би требало да се потенцира дека без разлика колку поимот "оптимизација на водостопанските системи" длабоко се вкоренил во водостопанската терминологија, од математички аспект станува збор за "субоптимизација". Единствено со субоптимизацијата може да се опфати решавањето на управувачките задачи со ВСС кои спаѓаат во класата на тешко структурирани проблеми, поради: (1) неможност за потполна аналитичка формализација на физичките процеси, (2) непостоење на еднозначна целна функција и (3) стохастички (случаен) карактер на појавите.

## **5. МЕТОДИ ЗА РЕШАВАЊЕ НА УПРАВУВАЧКИТЕ ЗАДАЧИ**

При решавањето на управувачките задачи, првиот проблем претставува креирање на математичкиот модел на системот, независно од подоцнежниот избор на управувачката процедура (симулациона или оптимизациона) за решавање на управувачката задача. Во математичкиот модел на системот со акумулација треба да бидат содржани следните елементи: (1) аналитичка формализација на сите врски меѓу потсистемите и интеракции со опкружувањето кои имаат релевантно влијание во управувачката задача; (2) усвојување на ограничувањата на состојбите и управувањата кои мора да се почитуваат при реализацијата на процесот; (3) осмислување на целна функција и определување на математичка форма на егзактен критериумски функционал за вреднување на управувањето; (4) избор на чекор на временската дискретизација, прилагоден на капацитетот за регулирање на протекувањата и целна-

та функција и (5) хидрауличко-хидролошко истражување на појави сигнификантни за управувачките координати на водостопанскиот систем (USACE ED, 1987., 1994., 1997).

По креирањето на математичкиот модел и комплетното осознавање на водостопанскиот систем, се врши избор на процедура за решавање на идентификуваната управувачка задача. Во водостопанската литература се наведени бројни методи кои се применуваат за решавање на одредени водостопански проблеми. Постојат повеќе критериуми и можности за систематизација на методите за решавање на управувачките водостопански задачи.

Според алгоритмот на пресметувањето (USACE ED, 1985), се разликува: (1) конвенционален метод - со примена на линии на траење (или кондензирана форма на хидролошките влезни податоци) и (2) современ нумерички метод - со примена на векторски низи на влезни податоци и поддршка на секвенционално управување во текот на временските етапи. Несомнено дека нумеричките методи, за чија примена бил неопходен соодветен развој на software и hardware, се супериорни според квалитетот на управувањето, споредени со традиционалните методи применувани во раната фаза на создавањето на науката за водостопанските системи.

Според можноста за примена за различни конфигурации на ВСС (Wurbs R.A., 1994), методите се делат на: (1) општи - применливи за каква било конфигурација и димензионалност (според бројот на резервоарите) на системот и (2) специфични - креирани за одредена конфигурација на ВСС, со ограничена можност за примена. Во групата на општи (или генерални) методи, секако треба да се истакне примената на симулациониот модел MITSIM за избор на водостопански решенија во долината на реката Вардар уште пред две децении (Слика 1).

Според постоењето на нормативен метод за екстремизација на критериумскиот функционал на управувачката задача, методот може да биде: (1) симулационен - за определување на вредноста на целната функција при зададена оперативна политика и (2) оптимизационен - за утврдување на оперативна политика што ја екстремизира целната функција.

Основен недостаток на симулациониот метод е интуитивноста, бидејќи не содржи алгоритам за оптимизација и доколку податоците од управувањето при планирањето се користат за избор на најповолни физички параметри на ВСС, секогаш постои опасност од донесување на погрешна одлука (Hydrologic Engineering Center, 1998). Овој недостаток што произлегува од субјективноста на планерот во моделирањето на правилата на оперативната политика, е исклучен кај оптимизациониот модел, каде што со примена на методите на операционите истражувања, директно се добива оптималното управување со системот (Yakowitz S., 1982). Предностите на симулациониот метод спореден со оптимизациониот, што го прават овој метод популарен во водостопанската практика, се: (1) оптимизациониот метод е применлив само доколку се изработи уникатна програма (креирање и тестирање) за одредена специфична конфигурација, односно има повеќе теоретско и развојно значење во универзитетските центри, додека сите досегашни комерцијални општи програми (директно применувани во водостопанската практика за конкретни водостопански системи со различна конфигурација) се базирани на симулациониот метод; (2) оптимизациониот метод подразбира комплетна информација на влезната стохастичка големина (до текување во акумулација) во периодот на анализата што е далеку од реалноста, додека со оперативната политика во симулациониот модел се поддржува реалното sukcesивно донесување одлуки и (3) доколку нестационарните хидраулички појави во системот се со времетраење поголемо од временската рамка на управувачката

задача, на пример кај ВСС наменет за одбрана од поплави или ХЕЦ со часовно регулирање на протекувањата, тогаш единствено кај симулациониот модел може да биде вклучено хидрауличкото влијание во управувачката задача што најчесто се спроведува со хидролошки модели (BOSS, 1999., Hydrologic Engineering Center, 1998).

Според пресметковниот аспект кој произлегува од карактерот на водокорисниците инкорпирани во повеќенаменскиот ВСС (USACE ED, 1997), методите за решавање на управувачките задачи се групираат во: (А) методи за квантитативно управување со водите: (1) метод за одбрана од поплави (Petkovski L., 2000); (2) метод за временска и количинска обезбеденост на приоритетните корисници (еколошки гарантирано протекување, водоснабдување на населението и индустријата, наводнување на земјоделски површини, рекреација) и (3) метод за утврдување на гарантираната снага во критичен период и производство на електрична енергија; и (Б) методи за квалитативно управување со водните ресурси (Petkovski L., Dodeva S., 1999).

Во последната декада на XX век, методите за решавање на управувачките задачи во водостопанството, својот развој го достигнуваат во областите на приближно размислување и усовршување преку учење, односно во области каде што досега човекот беше супериорен во однос на пресметувачките машини. Способноста за апроксимативно размислување и внесување на човековата интуиција во софтверот за решавање на управувачки задачи во услови на неопределеност е овозможена со “Теоријата на фази множества” (Đordević B., 1994). Способноста за учење и усовршување во водостопанскиот софтвер е можна со развојот на “Вештачки невронски мрежи” (Zdravkova K., Petkovski L., 1999). Овие најнови алатки во развојот на информационите системи за управување со ВСС се особено корисни во кодирањето на оптималните правила во симулационо-оптимизациониот модел за управување со системот (Petkovski L., 1998), (Petkovski L., Tančev L., 1998).

## **6. ЗАКЛУЧОЦИ - ОСНОВНИ ПОСТУЛАТИ ВО УПРАВУВАЧКИТЕ ЗАДАЧИ СО ВОДОСТОПАНСКИТЕ СИСТЕМИ**

Современиот приод во хидротехничкото проектирање подразбира расчленување на водостопански и хидротехнички дел на проектот. Прво, со водостопанската студија се избира водостопанско решение за идентификуваните водостопански проблеми (конфигурација, параметри и режим на користење на водните ресурси во експлоатација), а потоа, во натамошната хидротехничка проектна документација се димензионираат објектите со чија изградба би се исполнило водостопанското решение. Овој логичен редослед во комплетирањето на хидротехничката документација, во инженерската практика во нашето поднебје, честопати е напуштен, па, на пример, се бара утврдување на режимот на користење на водите при изработката на главен - изведбен проект или после изготвувањето на главниот проект. Апсурдноста на ова барање е во непознавањето на целите зошто се изработува водостопанската студија, каде што параметрите на системот (за кои се прави главниот хидротехнички проект) се усвојуваат за определен режим на користење на водите во експлоатација, односно за некој друг режим би се промениле и вредностите на физичките параметри - висина на брана или инсталирано протекување низ ХЕЦ. Во хидротехничката практика карактеристична за нашата средина, сè уште има бројни примери со елементарно непочитување на спрегнатоста на задачите на синтеза и анализа на водостопанските системи (кои треба да бидат решени на ниво на водостопанска студија), па во проектните програми за изработка на главни проекти (секако со

усвоени параметри на системот) се бара анализа на режимот на користење на системот.

Водостопанскиот елаборат за избор на водостопанско решение содржи три суштински елементи. Првиот чекор во водостопанската студија е одредувањето на видот на управувачката задача, соодветна на идентификуваниот водостопански проблем. За жал, во нашата хидротехничка практика, сè уште има поединци кои иако не разликуваат управувачки задачи од оперативно користење во реално време со управување во идниот експлоатационен период при планирање на хидросистемите, се впуштаат во сложени водостопански планирања и го нарушуваат квалитетот на проектите. Следната содржина е креирање на математички модел, со аналитичка формализација на: (1) интеракциите кои се релевантни во решавањето на управувачката задача, (2) ограничувањата на состојбите и управувањата, (3) критериумски функционал за вреднување на управувањето и (4) модули за ефективност на водокорисниците во одредена временска етапа од анализата (на пример - максимална можна испорачана снага или производство на енергија во ХЕЦ). Основен постулат во sukcesivниот метод за анализа на управувањето во идниот експлоатационен период во фаза на планирање, е дека сите координати на управувањата и состојбите на системот претставуваат средни големини во временските рамки на задачата на анализа. Неразбирањето на ова основно начело во нумеричките експерименти за решавање на управувачките водостопански задачи е главната причина за одредени недоразбирања меѓу планерите на водостопанските системи. Во крајната фаза се избира и применува управувачка процедура (симулациона или оптимизациона), односно метод за решавање на управувачката задача кој најдобро се прилагодува и на управувачката задача и на математичкиот модел.

## ЛИТЕРАТУРА

1. BOSS, 1999. "ARSP, Acres Reservoir Simulation Program", User's Manual
2. BOSS, 1999. "DAMBRK, Hydrodynamic Flood Routing", User's Manual, Version 3.0
3. Đorđević B., 1990. "Vodoprivredni sistemi", Beograd
4. Đorđević B., 1994. "Primena teorije rasplinutih skupova za rešavanje zadataka upravljanja i odlučivanja u vodoprivredi", Vodoprivreda 150-152, Beograd, p.95-105
5. Hydrologic Engineering Center, 1998. "HEC-5, Simulation of Flood Control and Conservation Systems", User's Manual, Version 8.0, US Army Corps of Engineers
6. Hydrologic Engineering Center, 1998. "HEC-HMS, Hydrologic Modeling System", User's Manual, Version 1.0, US Army Corps of Engineers
7. Hydrologic Engineering Center, 1998. "HEC-RAS, River Analysis System", User's Manual, Version 2.2, US Army Corps of Engineers
8. Karamouz M., Houck M., 1982. "Annual and Monthly Reservoir Operating Rules Generated by Deterministic Optimization", Water Resources Research (AGU), Vol. 18(5) October, p.1337-1344.
9. Petkovski L., 1998. "Fazi model za simulaciono upravljanje višenamenskom akumulacijom", statija, Vodoprivreda 171-172, Beograd, p. 93-102
10. Petkovski L., 2000. "Development of an Information System for Flood Defences using a Simulation Model for Operational Management", paper, International Conference on River Flood Defence, September 20-23, Kassel, Germany, Proceedings Vol.1, D65-D73;
11. Petkovski L., Dodeva S., 1999. "Influence of the effect of self-purification of the water in reservoirs on the management of water resource systems", paper, International Conference on Problems in Fluid Mechanics and Hydrology, June 23-26, Prague, Czech Republic, Proceedings Vol.2, 513-520;



12. Petkovski L., Tanđev L., 1998. "Comparison between conventional and fuzzy controllers for real management of a water resources system", VI International Symposium on water management and hydraulic engineering, Dubrovnik, Croatia, Proceedings Vol.1, p.73-80
13. USACE ED, 1985. "Hydropower, Appendix C - Computer models for power studies", EM-1110-2-1701, Washington, DC
14. USACE ED, 1987. "Management of Water Control Systems", EM-1110-2-3600, Washington, DC
15. USACE ED, 1994. "Flood-Runoff Analysis", EM-1110-2-1417, Washington, DC
16. USACE ED, 1997. "Hydrologic Engineering Requirements for reservoirs", EM-1110-2-1420, Washington, DC
17. Wurbs R.A., 1994. "Computer Models for Water Resources Planning and Management", USACE, IWR 94-NDS-7, Virginia
18. Yakowitz S., 1982. "Dynamic Programming Applications in Water Resources", *Water Resources Research (AGU)*, Vol. 18(4) August, p.673-696
19. Yang X., Parent E., Michel E., Roche P.A., 1995. "Comparison of Real-Time Reservoir -Operation Techniques", *Water Resources Planning and Management (ASCE)*, Vol 121. No.5 Sep/Oct, p.345-351
20. Zdravkova K., Petkovski L., 1999. "Application of neural networks in simulation of hydrological sets", paper, 21st International Conference on Information Technology Interfaces, June 15-18, Pula, Croatia, Proceedings, 439-444;