

## ZBATIME TË RRJETAVE NERVORE TË VAGËTA NË PARASHIKIMET HIDROLOGJIKE

\*DARA F., OSMANI S.

Universiteti i Tiranës, Fakulteti i Shkencave të Natyrës, Departamenti i Matematikës

e-mail: frederik.dara@fshn.edu.al

### Përmbledhje

Dëmet për shkak të përmbytjeve janë rritur mjaft në shumë vende, siç ka ndodhur edhe tek ne veçanërisht viteve të fundit. Për shkak të ndryshimit të klimës globale, që siç dihet është bërë një kërcënim real, ka shumë mundësi që në vitet e ardhshme të vazhdojë të rritet numri i përmbytjeve dhe veçanërisht i përmbytjeve të shpejta. Në këto kushte, si dhe të ndërtimit të strukturave të reja mbrojtëse ndaj përmbytjeve për mbrojtjen e zonave që preken, ka një rëndësi të madhe financiare parashikimi në kohë i përmbytjeve. Ky parashikim është bërë më i rëndësishëm për mbrojtjen nga përmbytjet dhe në përgjithësi për qëllimet e administrimit të ujërave. Artikulli paraqet një vështrim të përgjithshëm të disa qasjeve të modelit të rrjetave nervore artificiale (RNA) dhe sistemet e logjikës së vagët (LV), që mund të zbatohen për përmirësimin e Sistemit Operacional të Parashikimit Hidrologjik (PH), ku paraqiten edhe disa shembuj të zbatimit të modelit të rënies së reshjeve. RNA edhe sistemet modeluese me LV ofrojnë potenciale për një qasje më fleksibël, me më pak supozime për proceset hidrologjike, ku ato janë demonstruar tashmë si zëvendësues të suksesshëm të modeleve klasike të reshje-rrjedhjeve, si dhe si mjete për përditësimin në kohë reale të modeleve PH dhe veçanërisht për qasjen me shumë modele.

### Abstract

Damage due to flooding has increase in many countries, as happened to us especially in the last years. Due to the global climate change, which is now recognized as a real threat, an increase in the occurrence of flooding events and especially of flash flooding events is likely to continue into the future. In those conditions and because building new flood defenses structures for defending vulnerable areas has serious financial implications, the timely forecasting of floods is becoming more important for flood defense and in general for water management purposes. The paper presents an overview of some alternative and complementary modelling approaches, artificial neural networks (ANN) and fuzzy logic (FL) systems, possible applications for the improvements of the Operational Hydrological Forecasting Systems, and presenting also some example of rainfall-runoff modelling implementations. Both ANNs and FL modelling systems offer the potential for a mode flexible, less assumption approach to hydrological processes, and they have already been demonstrated as successfully substitutes for the classical rainfall – runoff models, and also as tools for the real time updating of hydrological forecasting models and especially for the multimodel approach.

**Fjalëkyçe:** rrjeta nervore, logjika e vagët, sistemet operacionale të parashikimit hidrologjik.

## Hyrje

### Sistemet operacionale të parashikimit hidrologjik (SOPH)

Në shkallë globale, përmbytjet për më shumë se 65% të njerëzve konsiderohen se ndikohen nga fatkeqësitë natyrore dhe ato janë më shkatërrimtare nga çdo fatkeqësi natyrore. Parashikimi sa më mirë dhe sa më përpara në kohë i përmbytjeve, është mënyra kryesore më e mirë për t'iu përshtatur këtyre fatkeqësive dhe për t'i menaxhuar ato.

SOPH, që lidhin gjendjen e ujëmbledhësve të lumit, e shkarkesa të lumit dhe niveleve të ujit, reshjeve të regjistruara dhe parashikimeve të motit, mund të përdoren për t'ju përgjigjur përmbytjeve kur ato ndodhin dhe për të zvogëluar dëmet e tyre në njerëz, materiale. Sistemet aktuale të parashikimit dhe paralajmërimit të përmbytjeve kanë disa kufizime, si kohën paraprake të pamjaftueshme për të siguruar paralajmërimin e saktë të përmbytjeve, zgjidhjen e papërshtatshme në hapësirë dhe kohë të vëzhgimeve dhe parashikimeve në kohë reale të reshjeve për përmbytjet e shkaktuara nga rrebeshet, integrimin e pakët të burimeve të ndryshme të informacioneve parashikuese. Për më tepër, aftësia e tyre për të marrë parasysh pasiguritë në vlerësimin dhe parashikimin e reshjeve dhe shkarkimeve me përmbytje është shumë e kufizuar.

Karakteristikat që duhet të ketë një sistem i mirë i parashikimit të përmbytjeve janë: 1) *Kohërrjedhja*: Koha paraprake është koha ndërmjet kryerjes së një parashikimi të një ngjarjeje dhe ndodhjes së saj, në qoftë se disponohet koha paraprake e mjaftueshme dhe parashikimet janë të sakta atëherë mund të jetë i mundshëm edhe evakuimi i një numri relativisht të madh njerëzish. Rritja e kohës paraprake të parashikimit kufizohet kryesisht nga disponueshmëria e parashikimeve të besueshme të sasisë së reshjeve, por mund të kufizohet edhe nga modelet hidrologjike ose metodologjitë parashikuese që ato përdorin. 2) *Saktësia*: Zakonisht është e lidhur me korrektësinë e parashikimeve të magnitudës dhe kohës së pikut të përmbytjes dhe të niveleve të përmbytjeve. Në situata të veçanta, ajo mund të lidhet me parashikimet e hidrografeve të plota të përmbytjes. Sa më i saktë të jetë parashikimi aq më mirë mund të kontrollohet/modifikohet përmbytja dhe mund të zbatohen masat e zvogëlimin e dëmeve të përmbytjes. 3) *Besueshmëria*: Mund të shoqërohet me saktësinë, por është e lidhur me sigurinë tërësore afat-gjatë të sistemit të parashikimit të përmbytjeve, dhe jo vetëm me saktësinë e një parashikimi për një përmbytje të veçantë. Zakonisht besueshmëria afatgjatë e sistemit mund të vlerësohet nga efektiviteti i tij në dy drejtime. Ai duhet të parashikojë gjithnjë një përmbytje kur ndodh ajo dhe nuk duhet të parashikojë asnjë përmbytje kur nuk ndodh ajo. Besueshmëri, si saktësia, prek besimin në vendimin mbi masat përgjegjëse, pasi perceptimi publik i mesazheve paralajmëruese mund të jetë shumë i rëndësishëm.

Parashikimet kanë nevojë si për grupin e të dhënave ashtu dhe për modelimin e tyre. Sasia e të dhënave dhe kompleksiteti i modelimit të nevojshme për të arritur objektivat specifike të kohës paraprake, saktësia dhe besueshmëria variojnë nga ujëmbledhësi në ujëmbledhës, dhe ka një konflikt të natyrshëm ndërmjet dëshirës për kohën sa më të madhe paraprake të parashikimit dhe saktësisë dhe besueshmërisë sa më të madhe (zakonisht mesazhet paralajmëruese bazohen në modelet e simulimit që marrin parasysh vetëm reshjet e regjistruara dhe jo reshjet e parashikuara). Në përgjithësi sa më e gjatë të jetë koha paraprake aq më pak të sakta dhe të besueshme janë parashikimet e magnitudës së përmbytjes, vendndodhjes dhe kohës.

SOPH kanë (ose duhet të kenë) këto komponente:

- *Sistemet e përfimit të të dhënave:* Është komponentja kryesore për një sistem shfrytëzues dhe tipi i të dhënave dhe disponueshmëria kanë pasoja madhore mbi pjesën modeluese të sistemit.
- *Modelet e parashikimit të reshjeve:* Është pjesa më e rëndësishme për të rritur kohën paraprake të parashikimit. Fatkeqësisht rezultatet aktuale të modeleve numerike meteorologjike nuk janë mjaft të sakta për zbatimet e parashikimeve hidrologjike. Me pak fjalë, zgjidhja mund të jetë një kombinim me vlerësimet skanuese afatshkurtra të bazuar në informacionin radar.
- *Modelet e parashikimit reshje-rrjedhje:* Qasja e mundshme shtrihet nga relacionet parashikuese jashtëzakonisht të thjeshta, model i tipit ngjarje, në modelet konceptuale gjysmë të shpërndara, të cilët janë akoma modelet më të përdorshme në modelet operacionale, deri në modelet fizikisht komplekse.
- *Rutina e përmbytjes dhe modelet e përmbytjes së thjeshtë:* Metodat rutinë hidrologjike vazhdojnë të përdoren gjerësisht, por drejtimi i përgjithshëm është të përdoret modelet e përshtatshme hidraulike, të cilat marrin parasysh gjeometrinë e lumit dhe lejojnë vlerësime të arsyeshme të hartave të përmbytjes.
- *Komponentja e analizës së ndikimit të përmbytjes:* Nëse disponohen hartat e përmbytjeve, analiza e ndikimit të përmbytjes mund të sigurohet së fundmi duke mbivendosur hartat e përmbytjeve me të dhënat hapësinore GIS të gjeoreferuara mbi konstruktet, trafikun, bujqësinë, etj.

### **Modelet e Rrjetave Nervore Artificiale**

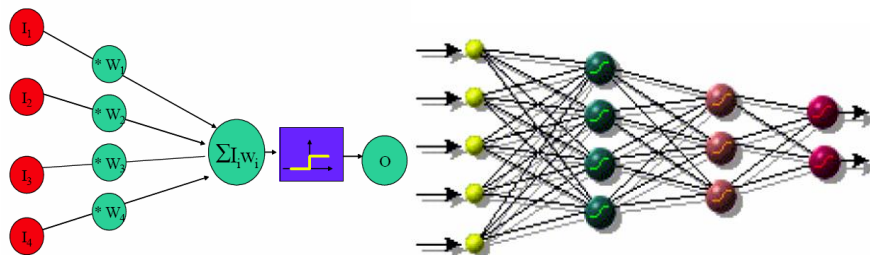
Fusha e RNA ka një histori prej pesë dekadash por ka gjetur zbatimet të qëndrueshme vetëm dekadën e fundit dhe është akoma në zhvillim të shpejtë. RN janë të përbëra nga shumë elementë të thjeshtë që veprojnë në paralel. Funksionimi i rrjetës përcaktohet në një masë të madhe nga lidhjet ndërmjet elementeve. RNA stërviten për të kryer funksionet komplekse të zbatimeve në fusha të ndryshme. Ato mund të karakterizohen në mënyrën më të përshtatshme

si modele llogaritëse me veti të veçanta si aftësia për tu përshtatur ose për të nxënë, për të përgjithësuar, ose për të grupuar ose organizuar të dhënat dhe që vepron mbi bazën e përpunimit në paralel. Një RNA përbëhet nga një grumbull njësisish të thjeshta të përpunimit të cilat komunikojnë duke dërguar sinjale te njera tjetra nëpërmjet një numri të madh lidhjesh të peshuara. Mund të veçohet një grup aspektesh kryesore:

- Grupi i njësive të përpunimit (nervat);
- Gjendja e aktivizimit për çdo njësi, që përcakton edhe daljen e njësisë;
- Lidhjet ndërmjet njësive, në përgjithësi çdo lidhje përcaktohet nga një peshë e cila përcakton efektin që ka sinjali i një njësie mbi njësinë tjetër;
- Rregulli i përhapjes, që përcakton hyrjen efektive të një njësie nga hyrjet e jashtme të saj;
- Funkzioni aktivizues, i cili përcakton nivelin e ri të aktivizimit duke u mbështetur në hyrjen efektive dhe gjendjen aktuale;
- Hyrja e jashtme ose zhvendosje për çdo njësi;
- Arkitektura e rrjetës nervore;
- Metoda e stërvitjes.

Në sistemet nervore është e rëndësishme të dallohen tre tipe njësish: njësitë e hyrjes të cilat mund të marrin të dhëna nga jashtme sistemi, njësitë dalëse të cilat i dërgojnë të dhënat jashtme sistemit dhe njësitë e fshehta sinjalet hyrëse dhe dalëse të të cilave mbeten brenda vetë sistemit [Haykin, S. 2008].

Modeli nervor dhe arkitektura e RN përshkruan sesi rrjeta shndërron hyrjen e saj në dalje. Edhe modeli nervor edhe arkitektura e rrjetës vendosin kufizime mbi atë që mund të llogarisë një model. Mënyra sesi një rrjetë llogarit daljen e saj duhet të kuptohet përpara metodave të stërvitjes së rrjetës.



**Figura. 1.** Paraqitja e zakonshme e një modeli nervi artificial dhe për një rrjetë nervore të drejtpërdrejt plotësisht të lidhur, me dy shtresa të fshehta

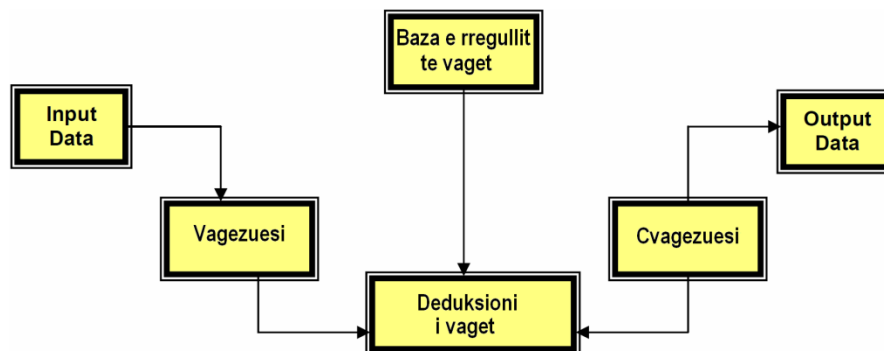
RNA me prapapërhapje janë përdorur me sukses si një mjet kryesor për ndërtimin e skemave efektive parashikuese [Govindaraju *et al.*,1995, Sarkar, Kumar, 2012]. Arkitektura të ndryshme RNA janë propozuar si bazë për metodat e parashikimit. Rrjeta e drejtpërdrejt me një shtrese të fshehtë ka fituar pëlqimin e gjerë për shkak të thjeshtësisë së saj dhe fuqisë shprehëse. Kjo rrjetë mund të mendohet si një model (autoregresi) jolinear [Suzuki K, 2013, Tiwari *et al.*, 2012, Govindaraju *et al.*, 1995]. Relacioni matematik, i vendosur ndërmjet elementeve të përpunimit në trajtë S-je të rrjetës, është në thelb jolinear.

### Modelet e Logjikës së Vagët

Zanafilla e LV daton më 1965 kur Lotfi Zadeh [Zadeh, 1965] futi teorinë e bashkësive të vagëta dhe zbatimet e saj. Që nga ajo kohë koncepti i LV ka pasur një gamë shumë të gjerë zbatimesh në fusha të ndryshme si: vlerësimi, parashikimi, kontrolli, arsyetimi i përafërt, njohja e shabllonit, llogaritjet mjekësore, robotikë, optimizimi dhe inxhinieria industriale, etj.

Në LV qasja e logjikës buliane zgjerohet për të trajtuar konceptin e të vërtetës së pjesshme e cila sjell që e vërteta të marrë një vlerë ndërmjet vlerës së plotë të vërtetë dhe të gabuar. Për shembull, e vërteta e pjesshme mund të ketë vlerat në ndryshoret gjuhësore si jo shumë e vërtetë, pak a shumë e gabuar, etj. Për të përmbushur këtë ide duhet të futet koncepti i bashkësisë së vagët, e cili është një grup objektesh që mund ti përkasë një bashkësie me një shkallë, që merr çdo vlerë ndërmjet 0 dhe 1, në vend që të marrë një vlerë të prerë (0 ose 1).

Qasja e LV është një mjet jashtëzakonisht i pëlqyeshëm për shqyrtimin e problemeve me informacion të paqartë dhe të pasaktë.



**Figura. 2.** Bllok-skema e përgjithshme e një sistemi deduktiv të vagët

Në përgjithësi, në një zbatim i modelit të vagët gjenden këto hapa:

- Vagëzimi i ndryshoreve hyrëse dhe dalëse duke marrë parasysh nëngrupet gjuhësore të përshtatshme si shumë i lartë, i lartë, mesatar, i ulët, shumë i ulët, i madh i vogël, etj.
- Ndërtimi i rregullave që mbështeten në njohuritë e ekspertëve dhe/ose në teoritë e disponueshme. Rregullat lidhin nëngrupet gjuhësore të kombinuara të ndryshoreve hyrëse me nëngrupin e përshtatshëm gjuhësor dalës. Çdo rregull i vagët përmban formulimin “IF-THEN” me dy pjesë. Pjesa e parë nis me IF dhe përfundon përpara THEN quhet kusht (predikat, premisë), që kombinon në mënyrë harmonike nëngrupet e ndryshoreve hyrëse. Pas THEN vjen pjesa pasuese, e cila përmban nëngrupin e vagët të përshtatshëm të daljes të bazuar në pjesën e kushtit (premissa). Kjo sjell që ka një grup rregullash ku secili prej tyre është i vlefshëm për një pjesë të veçantë të bashkësisë së variacionit të hyrjeve. Nëngrupet hyrëse me pjesën e kushtit kombinohen më së shumti me lidhëzën logjike “dhe” ndërsa rregullat kombinohen me “ose”.
- Rezultati del si një nënbashkësi e vagët dhe si rrjedhim, ka nevojë të çvagëzohet bashkësia e daljes për të arritur në një vlerë të prerë që do të kërkohet nga përdoruesi. Ekzistojnë dy tipe kryesore të deduksionit të vagët: Mamdani dhe Sugeno. Deduksioni i tipit Mamdani, në të cilin funksionet anëtar dalës janë bashkësi të vagëta. Pas procesit të bashkimit, për çdo ndryshore dalëse ka një bashkësi të vagët që duhet të çvagëzohet, në të cilën integrojnë me anë të funksionit me dy përmasa për të gjetur centroidin. Deduksioni i tipit Sugeno mund të përdoret për të modeluar çdo sistem deduksioni në të cilin funksionet anëtar dalës janë ose linear ose konstant. Nganjëherë ky quhet funksion anëtar dalës *singleton*, dhe mund të mendohet si një bashkësi e vogël e para-çvagëzuar. Ai e rrit efektshmërinë e procesit të çvagëzimit sepse thjeshton së tepërmi llogaritjet që nevojiten nga metoda më e përgjithshme Mamdani, e cila gjen centroidin e një funksioni me dy përmasa, thjesht mund të përdorim mesataren e peshuar të disa pikave të të dhënave.

### Materiali dhe metodat

Modelet e parashikimit të përmbytjeve të bazuara në RNA u përdorën gjithnjë e më shumë në hidrologji, veçanërisht dekadën e fundit [Suliman *et al.*, 2013, Sarkar, Kumar, 2012; Wilby *et al.*, 2003; Maier and Dandy, 1996, Liong *et al.*, 1994, French *et al.*, 1992]. Zakonisht, të dhënat hyrëse të rrjetës përbëhen nga matjet e kaluara të rrjedhjes dhe reshjeve, dhe në fund të fundit gjendja e bazenit mund të vlerësohet duke analizuar reshjet e rëna në një periudhe kohe të caktuar përpara ndodhjes së përmbytjes. Tipi i RNA më të përdorur është rrjeta e drejtpërdrejt me algoritmet e familjes së prapapër-hapjes. Në disa zbatime janë përdorur RNA rekurente, dmth daljet e disa niveleve kthehen pas si hyrje. Kjo bën që rrjeta të stërvitet më mirë ndaj të dhënave që varen nga koha. Shembuj të kësaj janë rrjetat Jordan, Elman, Real-Time Recurrent Learning (RTRL), ose

RNA me vonesë kohe Time, të cilët përdorën jo vetëm vlerat e të dhënave hyrëse aktuale (kohën  $t$ ) por edhe disa grupe hyrjesh të mëparshme ( $t - 1$ ,  $t - 2$ , etj.). Në përgjithësi, modelet e vagëta të përdorura për PH mbështeten në bazën e rregullave të vagëta që përshkruajnë sjelljen hidrologjike të bazenit të lumit [Zekai, 2004]. Njohuritë eksperte mbi situatat specifike të shkarkimit të kombinuara me informacioni e reshjeve dhe kushtet e lagështisë së tokës mund të shndërrohen direkt në rregulla IF...THEN..., duke përdorur entitete gjuhësore si shkarkesa=e ulët AND reshjet=e lartë AND lagështia e tokës = e lartë dhe kështu ngrihet një bazë rregullash fillestare. Pastaj përdoren procedura të optimizimit për të përshtatur bazën e rregullave me bazën e të dhënave nga ngjarjet e përmbytjeve të mëparshme me qëllim që të fitohet një model parashikues optimal. Këto lloj sisteme modeluese janë përdorur tashmë me sukses për zhvillimin e parashikimeve operacionale hidrologjike në bazenin e lumenjve me madhësi të ndryshme dhe me kohë paraprake të ndryshme [Alvisi *et. al.*, 2005]. Përpjekja njehsuese e parashikimeve me horizonte kohe të ndryshme kërkon vetëm disa sekonda në një PC standarde.

Një tjetër teknikë kompjuterike e zhvilluar kohët e fundit është qasja e nervo-vagët, e cila është një bashkim i qasjes kompjuterike të vagët dhe i një teknike RNA [Nayak *et al.*, 2005, Stuber *et al.*, 2000, Linda *et al.*, 1998; Alvisi *et al.*, 2005]. Kjo qasje po bëhet një nga fushat kryesore të interesit sepse ajo merr përfitimet si të RNA ashtu dhe ato të sistemeve të LV dhe shmang të metat individuale duke i bashkuar ato në tipare të përbashkëta. RNA dhe LV kanë disa karakteristika të përbashkëta si paraqitja e shpërndarë e njohurive, vlerësimi me model të lirë, aftësia për të trajtuar të dhëna të dyshimta dhe të pasakta, etj. LV ka tolerancë ndaj pasaktësisë së të dhënave, ndërsa RNA kanë tolerancë për të dhënat me zhurmë. Aftësia për të nxënë e RNA jep një mënyrë të mirë për të përshtatur njohuritë e ekspertit dhe ajo gjeneron në mënyrë automatike rregullat e vagëta dhe funksionet anëtar për të plotësuar specifitime të caktuara. Kjo zvogëlon kohën dhe koston e projektimit. Nga ana tjetër, qasja e LV ndoshta rrit aftësinë përgjithësues të një RNA duke siguruar një dalje më të besueshme kur nevojitet ekstrapolimi përtej kufijve të të dhënave të stërvitjes.

Sistemi i nervo-vagët përbëhet nga komponente të një sistemi tradicional të vagët përveç që llogaritjet në çdo stad kryhen nga një shtresë nervash të fshehtë dhe aftësia e nxënies së RNA siguron shtimin e njohurive të sistemit. Sistemi përmban të paktën tre shtresa të ndryshme:

- *Shtresën e vagëzimit:* Në një shtresë vagëzimi çdo nerv paraqet një funksion anëtar hyrës të më pasqes së një rregulli të vagët.
- *Shtresa e rregullit të vagët:* Në një shtresë deduksioni të vagët caktohen rregullat e vagët dhe vlera në fund të çdo rregulli paraqet peshën fillestare të rregullit, dhe ndreqet në nivelin e saj të përshtatshëm në fund të stërvitjes.

- *Shtresë e çvagëzimit:* Në shtresën e çvagëzimit çdo nerv paraqet një pohim logjik dhe funksioni i tij anëtar mund të zbatohet duke bashkuar një ose dy funksione në trajtë S-je dhe linear. Pesha e çdo lidhjeje daljeje këtu paraqet qendrën e gravitetit të çdo funksioni anëtar dalës të rrjedhimit dhe është e stërvitur. Pas marrjes së daljes përkatëse bëhet ndreqja e peshave të lidhjeve dhe funksionet anëtar me qëllim që të kompensohet gabimi dhe të nxirret një sinjal i ri kontrolli.

Zbatimet e ndryshme të suksesshme të këtyre teknikave llogaritëse janë raportuar nga një numër i madh kërkuesish, veçanërisht dekadën e fundit.

### **Eksperimentimi i modeleve të Rrjetave nervore**

Në eksperimentet fillestare të përdorimit të modeleve të rrjetave nervore në zhvillimin e parashikimeve hidrologjike, u vunë në jetë dy tipe modelet të parashikimit të ngjarjeve duke përdorur rrjetat nervore të drejtpërdrejta me strukturë modulare.

Zbatimi i modeleve u bë duke përdorur software:

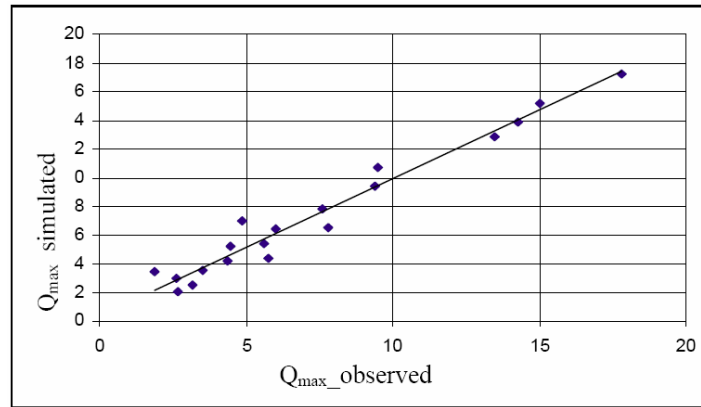
JOONE (<http://www.joone.org/>), i cili është një Open Source Java framework (LGPL licence) që mund të përdoret për të ngritur dhe luajtur aplikime me rrjetat nervore. Aplikimet JOONE mund të ndërtohen në një makinë lokale, të stërviten në mjedisin e shpërndarë dhe të ekzekutohen në çfarëdo pajisje ose nga aplikacione jashtme Java duke përdorur klasat që siguron biblioteka, duke qenë kështu një zgjedhje e mirë për jetëvëniet në kohë reale të modeleve të rrjetave nervore.

Modeli i parë mund të përdoret për të vlerësuar shkarkesën pik dhe momentin që shoqëron ngjarjen duke përdorur si të dhëna hyrëse sasinë e reshjeve dhe kohëzgjatjen, shkarkesën fillestare dhe vlerat e reshjeve ditore për 10 vitet e fundit. Sasia e reshjeve dhe kohëzgjatja mund të merren nga parashikimet meteorologjike, duke siguruar kështu një vlerë kohe paraprake maksimale. Një modul, në rrjetë, përdor informacionin e reshjeve për 10 ditët e fundit dhe shkarkesën fillestare me qëllim që të vlerësojë një indeks të brendshëm për gjendjen e lagështisë së tokës, e cila përdoret në modulin kryesor të rrjetës, për vlerësimin e karakteristikave të përmbajtjeve.

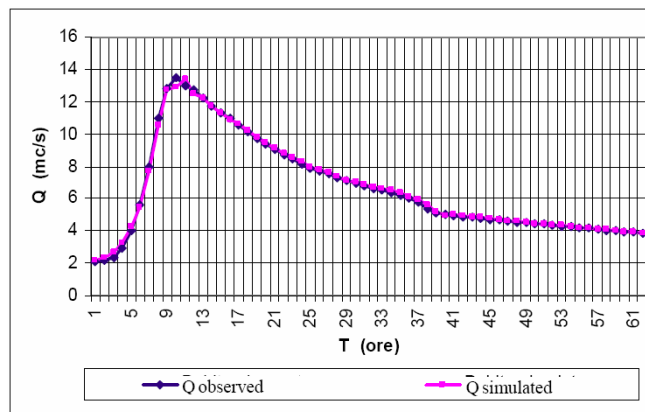
Zbatimi i modelit të dytë është një model i ngjarjes së vazhdueshme, që përdor si të dhëna hyrëse vlerat e serisë kohore të çdo ore për reshjet dhe shkarkesat, të regjistruara 3 orët e fundit, me qëllim që të simulojë me një orë avancë, vlerën e shkarkesës. Te dy modelet u zbatuan për bazenin e lumit Moneasa, me sipërfaqe 76.2 km<sup>2</sup> dhe lartësi mesatare 586 m, që është vendosur në pjesën perëndimore të Rumanisë, në bazenin e lumit Crisul Alb.

Në figurat 3 dhe 4 paraqiten disa nga rezultatet me dy modelet.





**Figura 3:** Krahaskimi ndërmjet shkarkesave (cm/s) maksimale të vëzhguara dhe simuluar, (modeli i parë i RNA)



**Figura 4:** Shkarkesat e vëzhguara dhe të simuluar nga modeli i ngjarjes së rrjetit të dytë, për një ngjarje përmblytjeje të disponueshme

### Përfundime

Pas një vështrimi të përgjithshëm të karakteristikave të RNA dhe qasjes së modelimit të LV dhe aplikimeve mund përmbledhim përfundimet:

- RNA dhe modelet e LV janë që të dyja një mënyrë e favorshme për të pasqyruar një hapësirë hyrëse me  $n$  përmasa në një hapësirë dalëse me  $m$  përmasa, duke qenë jashtëzakonisht e dobishme kur nuk njihet marrëdhënia ndërmjet ndryshoreve të hapësirës hyrëse dhe dalëse, përveç faktit që ajo është jolineare.
- RNA përdoren gjerësisht si një qasje e efektshme për trajtimin e të dhënave jo lineare dhe me zhurmë, veçanërisht në situatat ku marrëdhëniet e

proceseve fizike nuk janë kuptuar plotësisht dhe ato përshtaten jashtëzakonisht edhe për sistemeve komplekse modeluese që kane në bazë kohën reale.

- LV është një mjet shumë i fuqishëm për të vepruar shpejt dhe me efikasitet me pasaktësinë dhe jolinearitetin.
- Gjenerimi i një modeli parashikues të vogël mund të mbështet si mbi njohuritë e eksperteve ashtu dhe mbi të dhënat historike.
- RNA dhe sistemet e modelit të LV që të dyja ofrojnë potencial për një qasje më fleksibël, me më pak supozime për proceset hidrologjike dhe ato janë demonstruar tashmë si zëvendësues të suksesshëm të modeleve klasike të reshjeve-rrjedhjeve, edhe si një mjete për rifreskimin në kohë reale të modeleve PH e veçanërisht për qasjen multimodele.

### Literatura

Alvisi, S., Mascellani, G., Franchini, M., Bardossy, A., (2005): Water level forecasting through fuzzy logic and artificial neural network approaches, published in Hydrology and Earth System Science Discussions, EGU

French, M.N., Krajewski, W.F. and Cuykendall, R.R., (1992): Rainfall forecasting in space and time using a neural network, Journal of Hydrology, 137, 1-31

Haykin, S.. (2008): Neural Networks and Learning Machines. New York: Prentice-Hall, 3rd edition

Linda See, Robert J. Abraham, Stan Openshaw, (1998): An Integrated Neuro-Fuzzy-Statistical Approach to Hydrological Modelling, School of Geography, University of Leeds, UK

Liong, S.Y., Nguyen, V.T.V., Chan, W.T. and Chia, Y.S., (1994): Regional Estimation of Floods for Ungaged Catchments with Neural Networks. In Cheong, H-F., Shankar

Maier, H.R. and Dandy, G.C., (1996): The use of artificial neural networks for the prediction of water quality parameters, Water Resources Research, 32, 4, 1013-1022

Nayak, P.C., Sudheer, K.P., Rangan, D.M., Ramasastri, K.S., (2005): Short-term flood forecasting with a neurofuzzy model, Water Resources Research, Vol. 41

Sarkar, A., Kumar, R., (2012): Artificial Neural Networks for Event Based Rainfall-Runoff Modeling, Journal of Water Resource and Protection, 4, 891-897

Stuber, M., Gemmar, P., Greving, M., (2000): Machine supported Development of Fuzzy – Flood Forecast Systems, European Conference on Advances in Flood Research, Potsdam, PIK Report Nr. 65.

Suliman, A., Nazri, N., Othman, M., Melek, M.A., Ku-Mahumad K.R., (2013). Artificial neural network and support vector machine in flood forecasting: a review, 4th International Conference on Computing and Informatics, Sarawak, Malaysia

Suzuki K, ed. (2013): Artificial Neural Networks - Architectures and Applications, Publisher: InTech

Tiwari, M., Song, K., Chatterjee, C., and Gupta, M., (2012): River-Flow Forecasting Using Higher-Order Neural Networks, *J. of Hydrol. Eng.*, 17(5), 655–666

Zadeh, L.A., (1965): Fuzzy set, *Information Control*, 8(3), 338-353

Zekai, Sen, (2004): Fuzzy logic and system models in water sciences, Turkish Water Foundation, Istanbul

Wilby, R.L., Abrahart, R.J., Dawson, C.W., (2003): Detection of conceptual model rainfall-runoff processes inside an artificial neural network, *Hydrological Sciences Journal*, 48, 2, 163-181