

PARASHIKIMI OPTIMAL I PROGRAMIT AFATGJATË TË ENERGJISË ELEKTRIKE DUKE SHFRYTËZUAR TEKNIKËN OPTIMIZUESE PSO

*SIMONI (FERRJA) A.¹, GJIKA (DHAMO) E.², KAMBERI A.³.

^{1,2}Universiteti i Tiranës, Fakulteti i Shkencave të Natyrës, Departamenti i Matematikës së Aplikuar

³Korporata Elektroenergjetike Shqiptare, Departamenti i Shfrytëzimit, Sektori i Analizës dhe Programimit

e-mail: aurora.simoni@fshn.edu.al

Përmbajtje

Prodhimi i energjisë elektrike në vendin tonë dhe jo vetëm, është thelbësor në zhvillimin ekonomik dhe shoqëror të vendit. Në këtë punim do të paraqesim problematikën e planifikimit afatgjatë optimal të prodhimit të energjisë elektrike, të cilat kanë rëndësi të madhe për programimin e energjisë ndërmjet Korporatës Prodhuese (KESH) dhe të Shpërndarjes së Energjisë (OSHEE). Qëllimi kryesor është dhënia e një vlere sa më të përafërt për prodhimin mujor të kaskadës Drin me synimin e maksimizimit të energjisë prodhuese duke mënjanuar nevojat për shkarkime të ujit pa prodhuar energji. Duke analizuar me kujdes faktorët natyror që ndikojnë në prodhimin total të kaskadës së Drinit ndër vite, ne ndërtojmë modele të serive kohore për të parashikuar këta faktorë thelbësor në prodhimin total të kaskadës. Ne përdorim teknikën PSO (Particle Swarm Optimization) për të zgjidhur problemin e optimizimit duke shfrytëzuar vlerat e parashikuara nga modeli (ETS) i serive kohore dhe propozojmë mesataren e rezultateve të marra nga dy teknikat e përdorura. Qëllimi i këtij punimi është të japim një vlerë të parashikuar mujore të fuqisë prodhuese të kaskadës së marrë në shqyrtim. Vlerat e parashikuara kanë rëndësi për mbarëvajtjen e shoqërive përbërëse të Sistemit Elektroenergjetik.

Abstract

The electricity production in our country and not only is essential to economic and social development of the country. In this paper we present the problems of long-term optimal energy production, which are of great importance for energy programming between Production Corporation (KESH) and Power Distribution (OSHEE). The main purpose is to provide an approximate value of monthly production in Drin cascade, to maximize the energy production without losing water downloads. Analyzing the natural factors which affect the total production in Drin cascade during the years, we build time series models to forecast these essential factors in the total production of the cascade. We use the technique PSO (Particle Swarm Optimization) to solve the Optimization Problems using the values provided by (ETS) model of time series and we propose the average of the values obtained by the two techniques. The goal is to provide a monthly approximated value of the hydropower cascade taken into consideration. Expected values are important for the progress of the constituent companies of the Electricity System.

Fjalëkyçe: Kaskad, Optimizim, HEC, Seri Kohore, PSO, ETS.

Hyrje

Problemi i planifikimit të gjenerimit të energjisë elektrike janë të kategorizuara si probleme të vështira jolineare, dinamike dhe jo konveks. Shumë autorë kanë dhënë formulime të ndryshme dhe teknika zgjidhjeje të cilat zbatohen për zgjidhjen e problemeve të hidrocentraleve (HEC). Me këto probleme janë marr autor të ndryshëm si Jian *et.al.*, (2008); Zhou *et.al.*, (2013). Soliman & Mantawy (2012) kanë studiuar problemet e funksionimit afatgjatë në prodhimin e energjisë elektrike. Zheng & Fu (2013) kanë bërë vlerësimin e rendimentit të fuqisë gjeneruese të HEC-ve në kaskadat e Kinës. Mahor dhe Rangnekar përdorin TVAC_PSO, shpejtësia e ndryshimit të koeficientëve të PSO në varësi të kohës (modifikim i PSO) ka studiuar shpërndarjen optimale të energjisë elektrike të kaskadës mbi lumin Narmada në Madhya Pradesh, India. Rahi dhe Chandel bëjnë një studim të sistemit elektroenergjetik duke përdorur PSO.

Në fillim të çdo muaji KESH i konfirmon OSHEE-së sasinë e energjisë që mund t'i vendosë në dispozicion për muajin në vazhdim, në mënyrë që kjo e fundit të ketë mundësi për të bërë planifikimin e programit operues, në qoftë se ka mungesa ta sigurojë atë me anë të importit në vendet fqinje. Nëse KESH prodhon më pak energji se marrvëshja e bërë me OSHEE, i duhet ta blej me çmimin aktual i cili mund të jetë më i lartë dhe t'i sjell humbje Kesh-it. Nëse prodhon më shumë energji, ajo shitet në bursën rajonale duke i sjellë fitime korporatës.

Në këtë punim ne do të prezantojmë një planifikim afatgjatë vjetor dhe mujor (periudha kohore Mars-2015-Mars-2017) për prodhimin e energjisë elektrike me ndihmën e serive kohore dhe modelimin e këtij problemi si një problem Optimizimi. Vlerat e parashikuara nga modeli ETS do ti përdorim si të dhëna në problemin e optimizimit të Sistemit Elektroenergjetik Shqiptar, i propozuar në punimet e SPNA 2014 dhe ISTI 2015, i cili zgjidhet duke përdorur teknikën PSO. Synimin jonë është që të japim në fillim të çdo muaji një vlerë optimale të kapacitetit prodhues.

Formulimi i problemit

Qëllimi kryesor i punës tonë është gjetja e një rruge të përshtatshme për të optimizuar fuqinë prodhuese. Për këtë arsye funksioni i qëllimit kërkohet i trajtës:

$$\text{Funksioni objektiv} \quad \text{Max} E = \sum_t^T P_t \Delta t \quad \text{ku} \quad P_{i,t} = g \eta_{i,t} \rho Q_{i,t} H_{i,t}$$

$\eta_{i,t}$ është rendimenti i gjeneratorit në HEC-in i gjatë kohës t ; $Q_{i,t}$ janë prurjet totale në HEC-in i gjatë kohës t ; $H_{i,t}$ është diferenca midis nivelit të sipërm me nivelin e poshtëm të HEC-it i gjatë kohës t , g është nxitimi i rënies së lirë dhe ρ është densiteti i ujit.

Kufizimet të cilat janë interpretuar si ekuacione, inekuacione ose variabla ndërmjet kufijve si më poshtë.

- Ekuacioni i balancit energjetik

$$M_{i,t} = M_{i,t-1} + I_{i,t} + \left(\sum_{m \in M_j} q_{t,m} + s_{t,m} \right) - q_{i,t} - s_{ki,t}$$

ku $M_{i,t}$ është vëllimi i rezervuarit i gjatë kohës t ; $I_{i,t}$ prujat natyrore në rezervuarin i gjatë kohës t ; $q_{k,j}$ shkarkimet nga turbinat në HEC-in i gjatë kohës t ; $s_{k,j}$ shkarkimet nga portat në HEC-in i gjatë kohës t ; $s_{k,m}$ shkarkimet nga portat k në rezervuarin e sipërm m ; $q_{k,m}$ shkarkimet nga turbinat k në rezervuarin e sipërm m .

- Kufijtë e nivelit të rezervuarit.

$$M_{i,\min} \leq M_{i,t} \leq M_{i,\max} \quad \left[m^3 \right] \quad \text{ose} \quad X_{i,\min} \leq X_{i,t} \leq X_{i,\max} \quad \left[m \right]$$

$M_{i,t}$ vëllimi i rezervuarit i gjatë kohës t ; $M_{i,\max}$ vëllimi max i lejuar i rezervuarit i gjatë kohës t ; $M_{i,\min}$ vëllimi min i lejuar i rezervuarit i gjatë kohës t ; $X_{i,t}$ niveli i rezervuarit i gjatë kohës t ; $X_{i,\max}$ niveli max i rezervuarit i gjatë kohës t ; $X_{i,\min}$ niveli min i rezervuarit i gjatë kohës t .

- Kufijtë e shkarkimit të ujit nga turbinat.

$$Q_{i,\min} \leq Q_{i,t} \leq Q_{i,\max} \quad \left[m/s^2 \right]$$

$Q_{i,t}$ shkarkimet e ujit nga turbinat në HEC-in i gjatë kohës t ; $Q_{i,\max}$ shkarkimet max të HEC-it i ; $Q_{i,\min}$ shkarkimet min të HEC-it i .

- Kufijtë e fuqisë prodhuese.

$$P_{i,\min} \leq P_{i,t} \leq P_{i,\max} \quad \left[MW \right]$$

$P_{i,t}$ prodhimi i energjisë elektrike gjatë kohës t në HEC-in i ; $P_{i,\max}$ max prodhimin në HEC-in i ; $P_{i,\min}$ min prodhimin në HEC-in i .

- Shkarkimet nga portat. $X_{i,t} \succ X_{i,\max}$

$$S_{i,t} \geq 0 \quad S_{i,t} = Q_{i,t} - Q_{i,t} \quad \text{nqs} \quad Q_{i,t} > Q_{i,t}$$

- Fillimi dhe fundi i niveleve të rezervuarëve

$$X_j^0 = X_j^{\text{fillim}} \quad \text{and} \quad X_j^T = X_j^{\text{fund}}$$

$$X_j^T - X_j^0 = d, \quad \text{ku} \quad |d| \leq 0.09.$$

Niveli i rezervuarit që është në fillim duhet të jetë i njëjtë me nivelin e ujit në fund mbasi në kemi operuar.

Analiza e serive kohore (prurjet dhe prodhim)

I) Të dhënat Modelimi i rezervave ujore të një vendi në zhvillim është i rëndësishëm pasi një menaxhim i mirë i tyre mund të jetë fitimprurës për vendin. Në këtë punim analizohen seritë kohore të prurjeve ujore dhe prodhimit të tre hidrocentraleve kryesor në rrjedhën e lumit Drin. Seritë kohore përmbajnë si vrojtime mesatare ditore të atij muaji. Seria kohore e prurjeve përmban vrojtime për periudhën 1998 deri Shkurt 2015; seria kohore e prodhimit përmban vrojtime 1991 deri Shkurt 2015. Seria kohore e prurjeve në HEC-in e Fierzës përmban më shumë vrojtime (1948 deri 2015) duke qënë se ky HEC është më i vjetri i ndërtuar në lumin Drin. Për dy HEC-et e tjerë Koman dhe Vau Dejës vrojtimet mbi prurjet janë prej 1998.

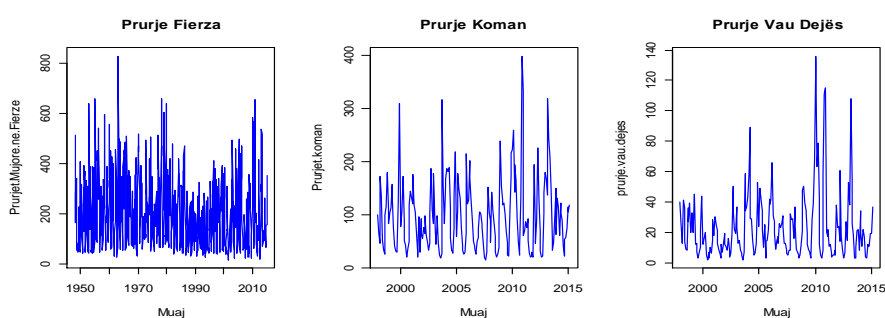


Figura 1. Prurjet sipas mesatares ditore të muajit në kaskadën e lumit Drin

Sikurse vihet re edhe nga Figura 1 seritë kohore shfaqin sezonalitete të dukshme. Shkak për këtë mund të jetë edhe klima që ka vendi ynë.

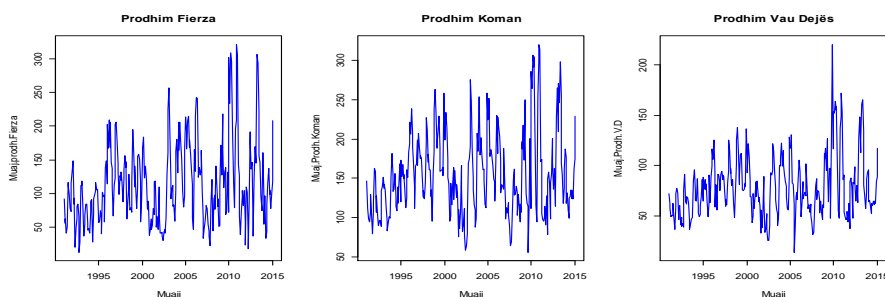


Figura 2. Prodhimi sipas mesatares ditore të muajit në kaskadë

Seria kohore e prodhimit që ofron secili prej hidrocentraleve varet sigurisht nga seria kohore e nivelit të prurjeve ujore në atë hidrocentral. Nga një vështrim i grafikëve korrespondues të prurjeve dhe prodhimit vihet re natyra pothuaj e njëjtë e sjelljes së serive kohore në secilin HEC.

II) Metodologjia Analiza e serive kohore mbi të dhëna reale është një sfidë për ndërtimin e modeleve të mira parashikuese. Faktorë të jashtëm si për shembull ata klimaterik ndikojnë në zhvillimet e këtyre serive kohore në kohë. Në punimet e tyre Samsudin, Saad, & Shabri (2011); Otache *et al.* (2011); Mirzavand *et al.* (2014) kanë treguar se modelet e serive kohore ETS dhe ARIMA janë të përshtatshme për të modeluar seritë kohore për të dhëna

hidrologjike. Metodologjia që kemi përdorur për të ndërtuar një model të mirë parashikimi mbi këto dy seri kohore në HEC-et e lumit Drin është metodologjia klasike Box- Jenkins.

Bazuar mbi një analizë paraprake të serive kohore si dhe kritereve të ndryshëm në përzgjedhjen e modelit më të përshtatshëm për qëllime parashikimi ne kemi përzgjedhur si model parashikimi modelin ETS (Error-Trend-Seasonality). Disa prej kritereve që kemi konsideruar janë: *ME*, *RMSE*, *MAE*, *MPE*, *MAPE*, *MASE*, *AIC*, *BIC* etj. Përveç këtyre kritereve ne kemi konsideruar edhe kërkesat e Operatorit të Energjisë Elektrike (OSHEE) për të përzgjedhur një model të mirë. Modelet e propozuar për serinë kohore të prurjeve dhe prodhimeve sipas modelit ETS jepen në Tabelën 1 dhe Tabelën 2.

Tabela 1. Modeli i serisë kohore për prurjet

<i>Fierza Modeli ETS</i>	ETS(M,N,M)
Parametrat e sheshimit:	alpha = 0.3173 ; gamma = 1e-04
Gjendja fillestare:	l = 181.4223
s=	1.3627 1.0713 0.5983 0.3995 0.2415 0.3563 0.7254 1.3573 1.6038 1.525 1.3817 1.3772
sigma:	0.4708

<i>Koman Modeli ETS</i>	ETS(M,N,M)
Parametrat e sheshimit:	alpha = 0.2361 ; gamma = 0.0016
Gjendja fillestare:	l = 99.5945
s=	1.8934 1.3623 1.347 0.4729 0.2069 0.2872 0.5584 0.9829 1.4328 1.2971 1.02 1.1393
sigma:	0.475

<i>Vau- Dejës Modeli ETS</i>	ETS(M,N,M)
Parametrat e sheshimit:	alpha = 0.5409 ; gamma = 1e-04
Gjendja fillestare:	l = 25.3932
s=	1.842 1.2623 1.2119 0.5002 0.2903 0.2982 0.3521 0.6397 1.4729 1.4235 1.2493 1.4577
sigma:	0.6863

Tabela 2. Modeli i serisë kohore për prodhimin

<i>Fierza Modeli ETS</i>	ETS(A,N,A)
Parametrat e sheshimit:	alpha = 0.8783 ; gamma = 1e-04
Gjendja fillestare:	l = 77.806
s=	2.5922 -24.3716 -26.8665 -27.5256 -5.6709 6.3715 4.9861 5.8705 1.9111 15.9688 13.099 33.6355
sigma:	41.3968

<i>Koman Modeli ETS</i>	ETS(M,N,M)
Parametrat e sheshimit:	alpha = 0.5598 ; gamma = 1e-04
Gjendja fillestare:	l = 116.301
s=	1.2444 1.0422 0.9463 0.7532 0.7508 0.8302 0.8914 0.9765 1.0593 1.1078 1.0992 1.2986
sigma:	0.2148

<i>Vau- Dejës Modeli ETS</i>	ETS(M,N,M)
Parametrat e sheshimit:	alpha = 0.5067 ; gamma = 1e-04
Gjendja fillestare:	l = 58.1921

$s = 1.3217 \quad 1.1452 \quad 0.999 \quad 0.7907 \quad 0.6917 \quad 0.7412 \quad 0.8323 \quad 0.9274 \quad 1.0624 \quad 1.1007 \quad 1.1004$ 1.2871 sigma: 0.2389

Pas aplikimit të modeleve të mësipërme në të dhënat reale parashikimet deri në Shkurt të vitit 2017 paraqiten grafikisht në Figurat 3 dhe Figurat 4.

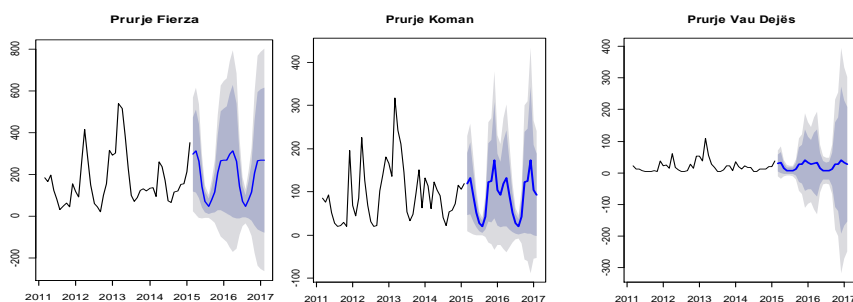


Figura 3. Parashikimi për prurjet sipas mesatares ditore të muajit në kaskadë

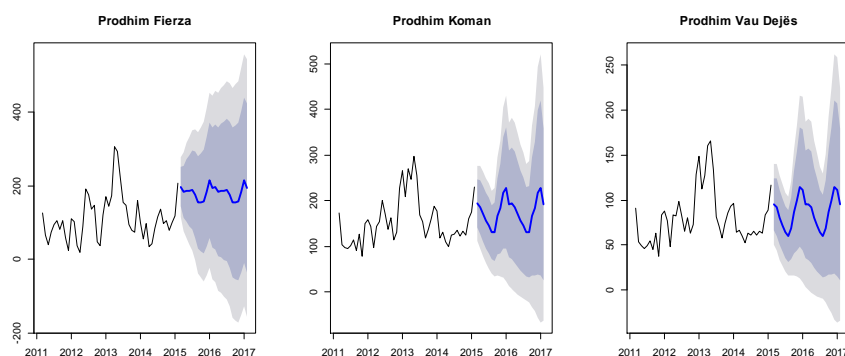


Figura 4. Parashikimi për prodhimin sipas mesatares ditore të muajit në kaskadë

Vlerat e parashikuara për secilin rast duket t'i përshtaten mirë të dhënave reale. Figurat 3 dhe 4 paraqesin vrojtimitet reale, vrojtimitet e parashikuara për 24 muaj si dhe intervalet e besimit 80% dhe 95% për parashikimet.

Një përshkrim i përgjithshëm i PSO

Koncepti bazë i teknikës PSO është zhvilluar fillimisht nga Kenedy dhe Eberhart 1995. Një teknikë optimizimi e frymëzuar nga sjellja shoqërore e popullatës së zogjve që fluturojnë apo peshqve që notojnë në të cilën anëtarët individualë të tufës mund të përfitojnë nga zbulimet dhe përvoja e mëparshme e anëtarëve të tjerë të popullatës.

PSO, si një mjet optimizimi, siguron një procedurë kërkimi në të cilën individët të quajtur grimca ndryshojnë pozicionin e tyre në varësi të kohës. Grimcat fluturojnë nëpër hapësirën kërkimore shumëdimensionale me synimin që të gjejnë zgjidhjen optimale. Çdo grimcë i në hapësirën d-

dimensionale të marr në shqyrtim, ka vektorin e pozicionit dhe të shpejtësisë të cilët jepen $X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{id})$ dhe $V_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{id})$ respektivisht.

Pozicioni më i mirë i grimcës së i -të jepet $pbest_i = (pbest_{i1}, pbest_{i2}, \dots, pbest_{id})$. Pozicioni më i mirë i të gjitha grimcave është $gbest_d$. Shpejtësia dhe pozicioni i modifikuar në hapin pasardhës për çdo grimcë mund të llogaritet duke përdorur shpejtësinë dhe distancën ndërmjet $pbest_{id}$ dhe $gbest_d$ si më poshtë

$$V_{id}^{k+1} = w \times V_{id}^k + C_1 \times rand() \times (pbest_{id} - X_{id}^k) + C_2 \times rand() \times (gbest_d - X_{id}^k)$$

$$i = 1, 2, \dots, N_p \quad d = 1, 2, \dots, N_g$$

Ku N_p dhe N_g janë përkatësisht numri i grimcave dhe numri i koordinatave të një grimce. V_{id}^k është shpejtësia e grimcës i në iteracionin e k -të, w pesha, C_1 dhe C_2 janë konstantet e përshpejtimit dhe $rand()$ është uniformisht e shpërndarë në $[0,1]$.

Pozicioni i çdo grimce ndryshohet duke shfrytëzuar shpejtësinë e modifikuar si më poshtë :

$$X_{id}^{k+1} = X_{id}^k + V_{id}^{k+1}$$

Pesha llogaritet me formulën e mëposhtme:

$$w = w_{\max} - \frac{w_{\max} - w_{\min}}{iter_{\max}} \times iter$$

Ku $iter_{\max}$ është numri maksimal i iteracioneve, iter është numri i iteracionit actual. (Kamal-Mandal & Niladri, 2011). PSO (Kassabalidis *et.al.*, 2004; Ghoshal, (2004)).

Rezultatet

Në Tabelën 1 (Mars 2015-Shkurt 2016) dhe Tabelën 2 (Mars 2016- Shkurt 2017) tre rreshtat e parë japin vlerat e prodhimit mujor si rezultate të teknikës PSO, në të cilën janë përdorur si ndryshore vlerat e parashikuara të prurjeve natyrore nga modeli i serisë kohore për secilin HEC.

Tabela 3. Rezultatet e mara nga PSO dhe ETS për periudhën 2015-2016

Gëh	Mar 15	Pri 15	Maj 15	Qer 15	Kor 15	Gus 15	Sht 15	Tet 15	Nën 15	Dhj 15	Jan 16	Shk 16
Prod(PSO) Fierze	124	210	217	120	124	109	60	62	60	93	186	182
Prod(PSO) Koman	171	270	248	129	133	108	75	140	135	202	233	210
Prod(PSO) VauDejes	78	156	124	60	62	62	30	77	75	124	105	101
Prod(ETS) Fierze	198	184	187	187	188	176	154	155	157	184	215	195
Prod(ETS) Koman	194	186	171	156	146	132	132	166	183	218	228	193
Prod(ETS)	95	92	80	72	64	60	69	87	99	115	112	95

VauDejes												
Prod(PSO)												
Kaskad	372	636	589	309	319	279	165	279	270	419	524	493
Prod(ETS)												
Kascad	486	462	438	415	398	368	355	408	439	517	555	483
Mes (PSO, ETS)	415	549	514	362	359	324	260	344	355	468	540	488

Në rreshtin e katërt, të pestë dhe të gjashtë jepen vlerat e prodhimit mujor të parashikuara nga seritë kohore. Në rreshtin e shtatë dhe të tetë jepet prodhimi total i kaskadës si rezultat i PSO dhe ETS përkatësisht.

Tabela 4. Rezultatet e mara nga PSO dhe ETS për periudhën 2016-2017

Gëh	Mar 16	Pri 16	Maj 16	Qer 16	Kor 16	Gus 16	Sht 16	Tet 16	Nën 16	Dhj 16	Jan 17	Shk 17
Prod(PSO) Fierze	217	225	233	165	109	93	90	93	90	109	171	182
Prod(PSO) Koman	257	276	264	180	93	109	105	165	165	202	217	199
Prod(PSO) VauDejes	130	135	124	90	62	47	45	78	75	93	124	92
Prod(ETS) Fierze	198	184	187	187	188	176	154	155	157	184	215	195
Prod(ETS) Koman	194	186	171	156	146	132	132	166	183	218	228	193
Prod(ETS) VauDejes	95	92	80	72	64	60	69	87	99	115	112	95
Prod(PSO) Kaskad	604	636	621	435	264	249	240	336	330	404	512	473
Prod(ETS) Kascad	486	462	438	415	398	368	355	408	439	517	555	483
Mes(P.PSO, P.ETS)	545	549	530	425	331	309	298	372	385	461	534	478

Për të përftuar një vlerë optimale të prodhimit mujor ne propozojmë mesataren e dy rezultateve të përfuara nga dy teknikat PSO dhe ETS. Vlerat e propozuara për secilin vit respektivisht jepen në rreshtin e fundit të secilës prej tabelave. Këto vlera propozohen nga ky studim si vlera optimale për planifikimin mujor të marrëdhënieve ndërmjet shoqërisë prodhuese dhe shpërndarëse të Sistemit Elektroenergetik Shqiptar.

Në figurën e mëposhtme jepet një paraqitje grafike e rezultateve të përfuara nga dy teknikat PSO dhe ETS për dy vitet e marr në konsideratë (Mars 2015-Shkurt 2017), gjithashtu jepet edhe vija që përfaqëson mesataren e vlerave të përfuara nga dy teknikat e përdorura.

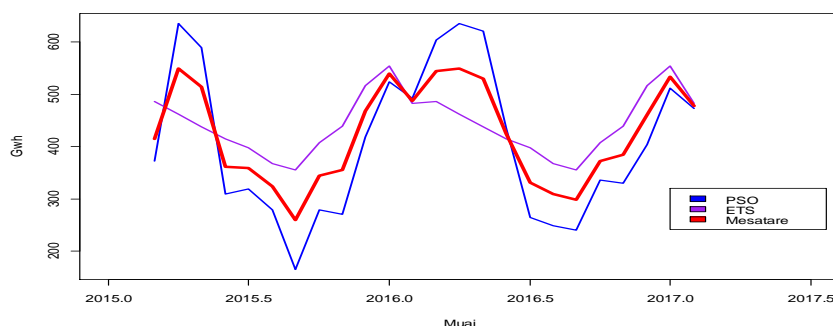


Figura 5. Paraqitja grafike e Prod.PSO, Prod.ETS dhe Mes(PSO,ETS)

Nga Figura 5 shohim që modeli ETS është më i sheshuar dhe nuk parashikon vlerat ekstremale të cilat janë tipike të prurjeve natyrore e për rrjedhojë të prodhimit, në të kundërt teknika PSO i ruan këto amplituda. Vihet re gjithashtu se kurbat e prodhimit të përfuara nga dy teknikat e sipër përmendura kanë pika të përbashkëta, kështu që vlerat e parashikuara nga PSO dhe ETS mund të shërbejnë si intervale besimi për prodhimin mujor, dhe mesatarja e tyre si vlerësim pikësor.

Ne konsideruam edhe vrojtimit ditore për një muaj të periudhës së lagësht (Janar) dhe periudhës së thatë (Gusht) me qëllim të përfutimit të një parashikimi më të mirë. U vu re se seritë kohore me të dhëna ditore shfaqnin luhatshmëri të lartë dhe për më tepër nuk ishin stacionare, gjë që vështirëson modelimin e tyre sipas teknikës ETS. Në vazhdim mund të konsiderojmë teknika të tjera të serive kohore që modelojnë më mirë të dhënat me luhatshmëri të lartë (si për shembull GARCH, ARCH etj).

Përfundime

Në këtë punim u parashikuan vlerat e prurjeve natyrore me ndihmën e modeleve të serive kohore ETS dhe më pas u përdorën si të dhëna në problemin e optimizimit (për modelimin e problemit Elektroenergjetik Shqiptar), i cili u zgjidh me teknikën PSO.

U vu re se modeli ETS ruan sezonalitetet por jep parashikime më të sheshuara duke lënë mënjanë vlerat ekstremale, ndërkohë që teknika PSO përveçse ruan sezonalitetet ajo ruan njëherëshi edhe amplitudat. Vlerat e parashikuara nga PSO dhe ETS mund të shërbejnë si intervale besimi për prodhimin mujor, dhe mesatarja e tyre si vlerësim pikësor për të marr një vlerë optimale.

Nga informacioni i marrë nga departamenti i shfrytëzimit pranë KESH për muajin Mars dhe Prill të vitit 2015 rezulton se vlerat e prodhimit janë përkatësisht 450 Gwh dhe 590 Gwh. Të krahasuara me vlerat e përfuara nga kombinimi i teknikave të serive kohore (ETS) me teknikën e zgjidhjes së problemeve të optimizimit (PSO) rezultatet janë të kënaqshme për planifikimin afatgjatë të fuqisë prodhuese.

Literatura

Kamal K. Mandal, Niladri Chakraborty (2011): Optimal Scheduling of Cascade Hydrothermal Systems Using a New Improved PSO Technique, SciRes. doi: 10.4236/sgre.23032

Kassabalidis I.N., El-Sharkawi M.A., Marks RJ, Moulin L.S., Silva A. P. (2002): Dynamic security border identification using enhanced particle swarm optimization, No. 3d IEEE Trans. Power Syst, vol.17; 723–729

Mirzavand M, Sadatinejad S. J, Ghasemieh H, Imani R, Motlagh M. S. (2014): Prediction of Ground Water Level in Arid Environment Using a Non-Deterministic Model”, Journal of Water Resource and Protection; 6, 669-676

Otache Y. Martins, M. A. Sadeeq, I. E. (2011): Ahaneku ARMA Modelling of Benue River Inflow Dynamics: Comparative Study of PAR Model. Open Journal of Modern Hydrology, 1-9, Published Online July

Ghoshal S. P. (2004): Optimizations of PID gains by particle swarm optimizations in fuzzy based automatic generation control, No. 3d Electric Power Syst. Res., vol. 72; 203–212

Simoni A., Noka E., Kamberi A. (2014): Optimization the profit from generation resource in a hydroelectric station with recirculating water, Conference in Probability Statistics and Numerical Analysis; 104-109

Simoni A., Gjika (Dhamo) E. (2015): Forecasting the Maximum Power in Hydropower Plant Using PSO, International Conference Proceedings ISTI.

Samsudin R, Saad P, & Shabri A. (2011): River inflow time series using least squares support vector machine”, Hydrol. Earth Syst. Sci., 15, 1835–1852.

Jian L., Chun C., Bin Y.U. (2008), Cascaded hydroelectric optimized operation based on coarse-grain parallel improved ant colony optimization algorithm [J]. Water Resources and Power, 26(4): 53-56

Mahor A, Rangnekar S. (2010): Short term generation scheduling of cascaded hydro electric system using time varying acceleration coefficients PSO. International Journal of Energy and Environment Volume 1, Issue 5, 2; 769-782

Rahia O, Chandel K, Sharma M. (2011): Optimization of Hydro Power Plant Design by Particle Swarm Optimization (PSO), International Conference on Communication Technology and System Design, Proc Engineering 30; 418 – 425

Zheng Y., Fu X., Wei J. (2013): Evaluation of Power Generation Efficiency Of Cascade Hydropower Plants. A Case Study, Energies. ISSN1996 -1073