حل نرم افزاری مسئله(**unit commitment**) و ارائه روش

(**unit decommitment**) برای حل آن

احمد یعقوبی اول ریابی

دانشگاه آزاد اسلامی واحد گناباد E.mail:yaghoobi2003@yahoo.com

کامران ترابی

دانشگاه آزاد اسلامی واحد گناباد E.mail:torabi_kamran@yahoo.com

چکیده :

يكي از مهمترين مسائل روز بهينه سازي توليد انرژي، تعيين نحوه آرايش نيروگاهها جهت توليد بار مصرفي در يك دوره كوتاه مدت (معمولا ٢٤ سـاعت) اسـت كـه از آن بعنـوان مسئله (**unitcommitment**) ياد مي شود . اين مسئله بدليل حجم زياد محاسباتي و وسـعت ابعاد در زمره مسائل دشوار قرار مي گيرد .حل اين مسئله پيـشتر بـا روشـهاي گونـاگوني انجام پذيرفته است كه از آن جمله مي توان به روش برنامه ريزي تركيبات خطي پويا اشاره كرد . تلاش مقاله حاضر بر اين است كه نرم افزاري جامع جهت حل مسئله فوق بـر اسـاس

برنامه ريزي تركيبات خطي پويا ارائه شده و نتايج آن با برخي از روشـهاي متـداول ديگـر مقايسه گردد.همچنين يادآور مي شويم كه دراين مقاله به ارائه روش(**unit decommit ment**) جهت حل مسئله پرداخته مي شود .

واژگان كليدی:برنامه ريزی پويا،آزاد سازی لاگرانژ،**unitcommitment، unit decommitment**

مقدمه :

تا كنون روشهاي رياضي متعددي جهت حل مسئله " ترتيب اقتصادي ورود و خروج واحد هـاي حرارتـي در مدار" به كار گرفته شده است . كه از قديمي ترين آنها مي توان به روش برنامه ريزي پويا اشـاره كـرد اين روش نخستين بار در سال ١٩٦٦ مطرح شد . بدنبال آن روشهاي برنامه ريزي پويـا ، تركيبـات قطـع شده ، روش آزاد سازي لاگرانژ ، روش برنامه ريزي عدد صحيح ـ مختلط و نيز روش استفاده از الگوريتم ژنتيكي به كار گرفته شده است كه ذيلا به بررسي مختصر و ارائه مزاياي آنها مي پردازيم .

ـ روش برنامه ريزي پويا :

اين روش داراي تضمين بالايي جهت همگرايي است ، ولي نيازمند فضايي زياد براي حافظه است همچنين حجم مسئله بر اساس تعداد واحدها به صورت نمايي تغيير مي كند ، زمان اجرا نيز بدليل لحـاظ كـردن قيود حداقل زمان روشن بودن و حداقل زمان خاموش بودن افزايش مي يابد .

ـ روش برنامه ريزي پويا ـ تركيبات قطع شده :

اين روش نيز داراي تضمين بالاي همگرايي است . و در عين حال تغيير تعداد واحدهاي حرارتي موجـود درزمان اجراي برنامه تغييرات اندكي راسبب مي شود ، اما همچنان نيازمند حافظه زياد كامپيوتري است

ـ روش آزاد سازي لاگرانژ:

در اين روش تغييرات برنامه نسبت به تغيير تعداد واحدها به صورت خطي صورت مي گيـرد و همچنـين حافظه كمي نياز دارد ، اين روش در شبكه هايي با ابعاد وسيع به سختي همگـرا مـي شـودو حـساسيت بالايي نسبت به مقادير اختيار شده به عنوان ضرايب لاگرانژدارد .

ـ روش برنامه ريزي عدد صحيح ـ مختلط :

در اين روش حل مسئله **ED** (پخش بار اقتصادي) ضرورت ندارد ليكن حجم بالاي حافظـه مـورد نيـاز زمان طولاني اجراي برنامه ، تغييرات متوالي تابع هدف و قيود بر اثر تغييرات شرايط موجـود در برنامـه ريزي ، استفاده از رايانه هاي شخصي را براي اتين روش ممكن مي سازد .

ـ روش استفاده از الگوريتم ژنتيكي :

حجم مسئله به دليل لحاظ شدن برخي قيود در زمان كد بندي و ارزيابي بـسيار كـاهش مـي يابـد امـا موفقيت آن به شدت به نحوه كد كردن وابسته است و عدم كد كردن مناسب عـدم موفقيـت برنامـه را نتيجه مي دهد .

در مقاله حاضر روش برنامه ريزي پويا جهت ارائه نرم افزار استفاده قرار گرفته است و همچنين از روش **UD** براي حل مسئله بهره برديم .

ترتيب ارائه مقاله به اين صورت است كه در قسمت (II) بـه ارائـه شـكل مـسئله بـه صـورت گـسترده پرداختيم ، سپس قيود موجود در مسئله را در (III) ذكر كرده ايم،و در قسمت(Iv) بـه بيـان روش كلـی برنامه ريزی پويا مستقل از اين مساله پرداخته ايم ،در قسمت (v)روش برنامه ريزی پويا را براي مـسئله **UC** پياده سازي كرده و به طرح روش **UD** پرداخته ايم در ادامه مسئله اي را به عنوان نمونه در بخـش (vI) در نظر گرفته و به روشهاي مختلف حل كرده ايم كه در (vII) نتايج حاصل از حل مسئله به روشهاي مختلف با يكديگر مقايسه شده است . نتايج كمي بحث درقسمت (vIII) ارائه مي گردد.

II - بيان مسئله :

هدف اين مسئله تعيين نحوه مشاركت واحدهاي نيروگاهي در توليد بر اسـاس بـار مـورد نيـاز شـبكه مي باشد ، فرض بر اين است كه توانسته ايم نمودار بار مورد نياز شبكه را بر اساس بار مصرفي پيـشين و نحوه رشد بار پيش بيني نمائيم و اين نمودار بار بعنوان يكي از ورودي هاي مسئله در دسترس است .

ورودي مهم ديگر اين مسئله مشخصه هاي واحدهاي نيروگاهي موجود در شبكه است كـه تـابع هزينـه توليد ، حداقل و حداكثر توليد بر اساس تاسيسات موجود در نيروگاه ، حداقل زمان مجاز روشن بـودن و حداقل زمان مجاز خاموش بودن ، هزينه هاي مربوط به نحوه راه اندازي نيروگاهها و ...از آن جملـه انـد . پاسخ اين مسئله مبين حضور يا عدم حضور هر نيروگاه در توليد بار مورد نظر و همچنين تعيين سهم هر كدام از نيروگاههاي حاضر در تركيب مي باشد .

۱۱۱ -قيود موجود در مساله

۱۱۱ -۱-قيدهاي عمومي :

اين پارامترها براي تمامي نيروگاهها قابل بررسي است .

۱۱۱ ـ۱-۱)تابع هزينة توليد هر واحد نيروگاهي (Coast Function)

براي هر واحد نيروگاهي توسط شركت سازنده تابعي درجة دو به نام تابع هزينة توليد مشخص مي شـود

كه رابطةاين تابع بصورت زير است : $c(p)=\alpha *p^2+\beta*p+ \gamma$

P : توان توليدي در نيروگاه است .**α**: نرخ افزايشي حرارتي .**β**: هزينه متوسط دربار كامل .**γ**:هزينـه بـی باری

اين تابع هزينة توليد را بر اساس توان خروجي نيروگاه محاسبه مي كند . مقـاديرα,β,γ بـراي نيروگـاه هموارة ثابت هستند و تنها مقدار متغير اين تابع **P** يا توان خروجي نيروگاه است .

۱۱۱ -۱- ۲-:حداكثر توان توليدي **(Pmax)** :

اين پارامتر بيشترين تواني است كه نيروگاه ظرفيت توليد آن را داراست .

۱۱۱ -۱-۳:حداقل توان توليدي **(Pmin)** :

اين پارامتر كمترين تواني است كه نيروگاه مجاز به توليد آن مي باشد .

۱۱۱ -۲) قيدهاي واحدهاي حرارتي :

يك واحد حرارتي تعييرات حرارتي كمي را مي تواند تحمل كند كه اين خود باعث مي شـود وارد كـردن واحد به مدار تا چندين ساعت به درازا بكشد در اين رابطه قيود خاصي بروز مي كند كه از آن جمله مـي توان به قيود زير اشاره كرد .

۱۱۱ -۲-۱:) حداقل زمان روشن بودن **(Minimum UP Time = MUT)** :

پس از ورود واحد به مدار نمي توان بلافاصله آن را از مدار خارج كرد مدت زماني كه بـراي خـروج آن از مدار لازم است **MUT** مي ناميم .

۱۱۱ -۲-۲:) حداقل زمان خاموش بودن **(Minimum Down Time = MDT)** :

زماني كه واحد از مدار خارج شود نمي توان آن را بلافاصله وارد مدار كرد مـدت زمـان لازم بـراي ورود مجدد واحد به مدار را **MDT** مي ناميم .

۱۱۱ -۲-۳ :) تعداد خدمه **(Crew Constraints = CC)** :

اگر نيروگاهي از دو يا تعداد بيشتري واحد تشكيل شده باشد محدوديت اقتصادي تعداد خدمه باعث مي شود كه راه اندازي هم زمان تمام واحد ها ميسر نباشد .

۱۱۱ -۲-۴) هزينه راه اندازي**(Banking Or Cold Start Coast)**

از آنجا كه درجه حرارت و فشار يك واحد حرارتي بايد به آهستگي تغيير نمايد حد مشخـصي از انـرژي بايد مصرف شود تا بتوان واحد را وارد مدار كرد . اين انرژي هيچ توليد مؤثري از واحد را سبب نمي شود و در مسئله **UC** به راه اندازي واحد موسوم است . راه اندازي واحد به دو صورت امكان پذير است :

۱) هزينة راه اندازي سرد **(Cold Start)**:

در اين روش اجازه مي دهيم كه ديگ بخار كاملاً سرد شود . به همين دليل هزينه راه اندازي مجدد آن به سطح مطلوب فشار و حرارت ،ماكزيمم هزينه راه اندازي است .

۲) هزينه راه اندازي گرم **(Banking)** :

در اين روش انرژي كافي به ديگ بخار داده مي شود به طوري كه درجه حرارت در حالـت معمـول بهـره برداري باقي بماند . براي خروج و ورود واحد به مدار بايد هزينه راه اندازي بـه هـر دو روش را محاسـبه نموده و پس از مقايسه نتيجه اقتصادي، روش راه اندازي را انتخاب كنيم .

۱۱۱ -۳) ساير قيود :

۱۱۱ ـ ۳-۱) قيد مربوط به سوخت **(Fuel Constraints)** :

يكي از مشكل ترين مراحل در **UC** اين است كه برخي از واحد ها قيودي از نظر مواد سوختي دارند و يـا اينكه قيودي وجود دارد كه بر طبق آن بايد مقدار مشخـصي از سـوخت را در زمـان مشخـصي مـصرف نمايند . تا كنون براي رفع اين مشكل راه حل ممكني و جامعي پيدا نشده است .

۱۱۱ ـ۳- ۲) حالت كار اجباري

به دليل وضعيت ولتاژ در شبكه انتقال يا جهت تأمين بخار به منظور استفاده خارج از خود واحد بخـاري بعضي از واحد ها بايد در زمان هاي بخصوصي در حالت كار اجباري باشند .

۱۱۱ ـ ۳-۳) ذخيره چرخان (Spining Resereve) :

به تفاوت بين كل ظرفيت بالقوه فعال سيستم و مجموع بار و تلفات، ذخيره چرخان اطلاق مي شود .مقدار ذخيره چرخان درصد اطمينان شبكه را مشخص مي كند، قواعد مختلفي براي تعيـين ذخيـره چرخـان وجود دارد .

۱) ذخيره بايد مساوي درصدي از حداكثر بار باشد .

۲) ذخيره بايد قابليت تأمين كمبود در اثر از دست رفتن پر بار تـرين واحـد را در زمـان مـشخص داشته باشد.

و ...

ذخيرة چرخان بايد در بين تمام واحدها پخش شود .

۱v -برنامه ريزی پويا:

اين روش برنامه ريزی ماهيتا روشی رياضی است .معمولا در مسايل مرتبط با برنامه ريزی پويا با تـصميم گيری های متوالی روبرو هستيم و هر تصميم از تصميمات ماقبل و مابعد خـود تـاثير پـذير اسـت.ايـن الگوريتم طی يک فرايند نظم گرا تركيبی از تصميمات متوالی و مرتبط بـه هـم توليـد ميكنـد كـه بـه حداكثرشدن كارايي می انجامد،چهار چوب استانداردی برای فرموله كردن اين مسايل وجود ندارد تنهـا ميتوان روشی كلی و ويژگی هايي عمومی به شرح زير برای آن ارائه داد.

۱-مساله را می توان به چند مرحله تقسيم كرد.

۲-در هر مرحله با تصميم گيری مواجه هستيم.تعداد اين انتخاب ها به حالتهای محتمل در مرحلـه بعـد وابسته است.

۳-حالتهای هر مرحله به اتفاقات محتمل در همان مرحله وابسته است.

۴-در هر مرحله حالت فعلی با اتخاذ يک تصميم به حالتی از مرحله بعد انتقال می يابد.

۵-در هر مرحله دانستن سياستِ همان مرحله و حالت مرحله قبل كافی است،و ساير مراحل دخـالتی در تصميم گيری ندارند.

۶-تمام اطلاعات مسير در دانستن حالت فعلی خلاصه می شود(اصل بهينگی).

۷-حل مساله از مرحله آخر و تعيين جواب بهينه آن آغاز می شود.

۸-با معلوم بودن حالت هر مرحله مثل **n+1**حالت مرحله **n** معلوم مـی شـود، بـرای ايـن كـار از روابـط بازگشتی استفاده می كنيم.

Fn(S,Xn)=C(S,Xn)+F*(S,Xn+1)

F*(S,Xn)=Min[Fn(S,Xn)] در كمينه سازی

در بیشینه سازی $F^*(S,Xn)=Max\ [Fn(S,Xn)]$

S:مقصد منتخب،Xn:مبدا در مرحله n، C(S,Xn) :ارزش تصمیم در حرکت از Xnبـه S، F*:ارزش بهتـرین انتخاب در مرحله n،

۹-حل با حرکت پسرو و با استفاده از روابط بازگشتی فوق انجام میشود.

برنامه ریزی پویا به روشهايي ديگر از جمله پیشرو ،قطعی و احتمالی نیز امکان پذیر است.

v - پیاده سازي روش برنامه ریزی پویا در مسئله UC و ارائه روش UD

برنامه ريزي ديناميكي محاسن بسياري نسبت به ساير روشها ي حـل مـساله UCدارد كـه از آن جملـه كاهش ابعاد مساله است .

فرض كنيد كه شبكه اي با n واحد نيروگاهي داشته باشيم و هر تركيبي از آنها بتواند ميـزان بـار پـيش بيني شده را تامين نمايد ، بنابراين تعداد حداكثر ۲^n-1 تركيب وجود دارد كه بايد مورد آزمـايش قـرار بگيرد . اساس حل نرم افزاري UC به روش ديناميكي پس رو به طور مختصر به شرح زير است :

گام ۱: تشخيص تركيبات مجاز هر ساعت با استفاده از الگوريتم زير .

۰- شروع

۱- توليد ۲^n-1 تركيب اوليه براي توليد توان (n تعداد واحدهاي نيروگاهي)

۲- اعمال قيود PMIN . PMAX و حذف تعدادي از تركيبات غير مجاز .

۳- اعمال قيود MUT . MDT وحذف تعدادي ديگرازتركيبات

٤- پايان .

در الگوريتم فوق در هر ساعت با توجه به نمودار بار پيش بيني شده براي شبكه تعدادي از تركيبات را كه غير موفيد تشخيص داده مي شوند حذف مي كنيم. اين امر جهت كاهش ابعد مسئله بسيار موثر است .

گام ۲: اعمال الگوريتم پخش بار اقتصادي (ED يا Economic Dispach) .

ما در اين گام به دنبال تعيين سهم هر واحد به صورت اقتصادي با توجه به ميزان بار در آن ساعت در هر كدام از تركيبات مشخص شده در پايان گام ۱ هستيم .

گام ۳: محاسبه هزينه توليد در هر تركيب در هر ساعت با توجه به نتيجه ED در گام ۲.

با توجه به نتيجه گام ۲ ميزان هزينه توليد هر تركيب به صورت c(p) محاسبه مي شود .

گام ٤: محاسبه هزينه رفتن از هر تركيب در ساعتi به تمامي تركيبات مجاز در ساعت i+1 .

اين هزينه شامل مينيمم هزينه رسيدن به تركيب مبدا در ساعت i هزينه راه اندازي واحدهاي فعال شده بين ساعتهاي i و i+1 و هزينه توليد تركيب مقصد در ساعت i+1 است .

گام ٥: انتخاب تركيب داراي هزينه مينيمم در ساعت آخر .

در پايان ساعت ٢٤ هزينه نهايي تمام تركيبات مجاز اين ساعت برآورد شده است از بين آنها تركيبي كه داراي كمترين هزينه مي باشد انتخاب مي كنيم . اين هزينه در واقع هزينه نهايي توليد نيز مي باشد . به تركيب انتخاب شده به چشم مقصد نهايي نگاه مي كنيم .

گام ٦: بازگشت از مقصد نهايي با عبور از مسيرهاي مينيمم

روشي كه در اين قسمت پيشنهاد مي شود روش از مدار خارج كردن واحد ها (UD) مي باشد. براي حـل مسئله در مدار قرار گرفتن واحدهاي نيروگاهي با اين روش ابتدا براي هر ساعت در افـق برنامـه ريـزي

فرض مي كنيم كه تمام واحدهاي در دسترس ، در مـدار قـرار گرفتـه باشـند . ايـن روش بيـانگر يـك استراتژي بهينه جهت خارج كردن تك تك واحدهاي پر هزينه از مدار است . همچنين ثابت ميشود كـه روش پيشنهاد شده را مي توان بعنوان اجراي تقريبي از روش آزادسازي لاگرانژ در نظر گرفت . علاوه بـر اين نشان داده مي شود كه تعداد تكرارهاي لازم براي حل مسئله **UC** با اين روش توسط تعداد واحدهاي موجود برنامه ريزي مشخص مي شود .

الگوريتم **UD** به صورت زير است :

يک نقطه شروع برای حل مساله داده می شود.**((U'(0),P'(0)**

مرحله صفر:**K=0**در نظر گرفته و به ازای **i=1,…,I**مقدار **(θi)'(0)**در مرحله صـفر رابدسـت مـی آوريـم.

(θi)'(0) هزينه كل توليد در مرحله صفر برای واحد**i** است.

مرحله ۱:با در نظر گرفتن توان مرحله **K** واحد **i**-ام زوج های**(Ui(k),Pi(k))** را بدست آورده و با توجه به آنها**(θi)(k)**را بدست می آوريم.

مرحله ۲-واحد **m**را به گونه ای انتخاب می کنيم که **0<(θm) (k)- (θm)'(k)**.اگر چنين واحـدی وجـود نداشته باشد متوقف شويم و در غير اين صورت در مدار قـرار گيـری واحـد**m** را در **U'(k)** بـه وسـيله اطلاعات در مدار قرار گيری آزمايشی که در **Pm (K)** بدست امده به روز می کنيم. در مدار قـرار گيـری واحد منتجه به **U'(k+1)** واگذار می شود.

مرحله ۳-الگوريتم پخش بار اقتصادی محدود شده را بر **U'(k+1)** اعمال کرده و **P'(k+1)** را بدست مـی آوريم، و از روی آن **(θi)'(k+1)** را ارزيابی می کنيم.

مرحله ۴-پس از يک واحد افزايش **K**به مرحله يک باز می گرديم.

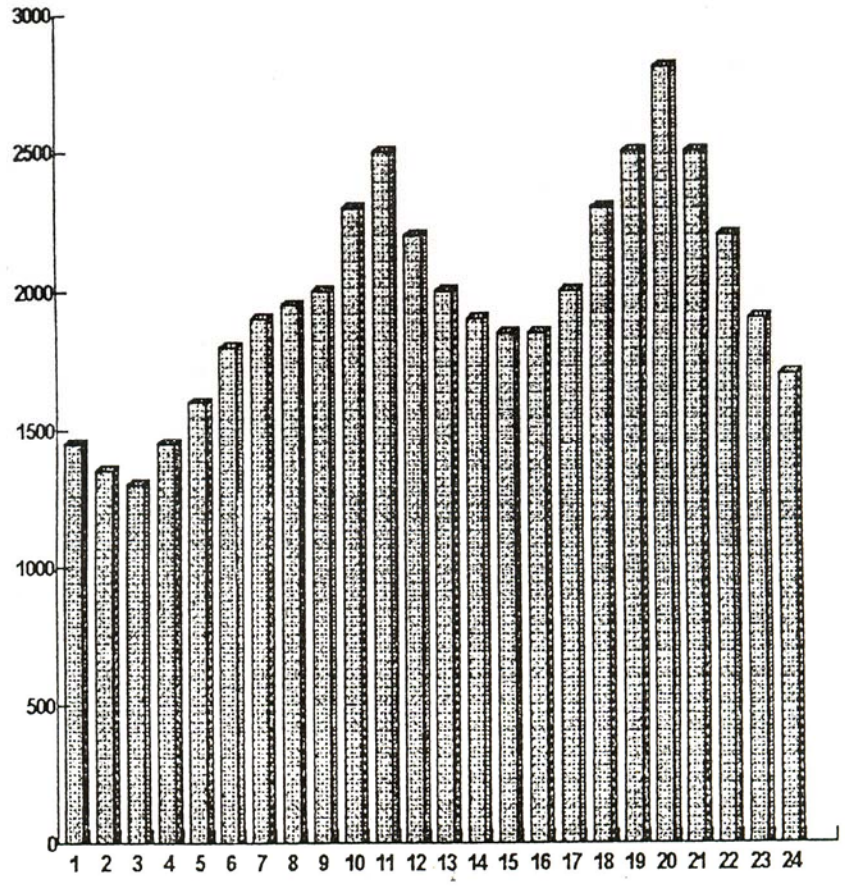
V-ارائه مساله نمونه

در اين قسمت به ارائه يک مساله نمونه مي پردازيم. اطلاعات مربوط به واحد های در دسترس در جدول (۱) آمده است:

جدول(۱):اطلاعات مربوط به واحد های نیرو گاهی

واحد	A ($/MWH)	B ($/MWH)	C ($/Hr)	STCi ($)	PMIN (MW)	PMAX (MW)	MDT (Hr)	MUT (Hr)
۱	۰/۰۰۰٤۸	۱٦/۱۹	۱۰۷۸/۸	۱۹۹۳۹	۱۵۰	۴۵۵	۸	۸
۲	۰/۰۰۰۳۱	۱۷/۲٦	۹٦۹/۸	۲۰۱۲۹	۱۵۰	٤۵۵	۸	۸
۳	۰/۰۰۲۱۱	۱٦/۵۱	۷۰۲/۹	۲۲٤۷	۲۰	۱۳۰	٦	٦
٤	۰/۰۰۲۱۱	۱٦/۵۱	۷۰۲/۹	۲۲٤۷	۲۰	۱۳۰	٦	٦
۵	۰/۰۰۳۹۸	۱۹/۷	٤٤۵/٤	۳۸۸۸	۲۵	۱٦۲	٤	٤
٦	۰/۰۰۰٤۳	۲۱/۹	۹۵۱/۲	۲۳٤۹	۱۵۰	٤۲۰	٤	٤
۷	۰/۰۰۰۷۸	۲۱/۰٤	۱۱٦۸/۱	۲٤۰۹۹	۱۳۵	٤٦۵	٤	۲
۸	۰/۰۰۰٦۳	۲۱/۰۵	۱۳۱۳/٦	۲۳۵۷۷	۱۳۵	٤٦۰	٤	۲
۹	۰/۰۰۲۵٤	۲۲/٦۸	۳۷۲/۲	۳۹٦۰	۲۰	۱٦۰	٤	۲
۱۰	۰/۰۰۰۷	۲۳/۹	٤۷۱/٦	۱۳۱۳۳	٦۰	۳۰۰	٤	۲

همچنین فرض می کنیم که نمودار بار پیش بینی شده به صورت نمودار (۱)باشد.



نمودار(۱):نمودار بار شبکه

VI-مقایسه حل مساله با دو روش برنامه ریزی پویا و روش آزاد سازی لاگرانژ

جدول(۲):نتایج حل مساله با استفاده از روش برنامه ریزی پویا

	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰
۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱
۲	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱
۳	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱
٤	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱
٥	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱
٦	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱
۷	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱
۸	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱
۹	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱
۱۰	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۱
۱۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۰
۱۲	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۰
۱۳	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۰
۱٤	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۰	۰
۱٥	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۰	۰
۱٦	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۰	۰
۱۷	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۰
۱۸	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰
۱۹	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰
۲۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۲۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۱
۲۲	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۰
۲۳	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۰
۲٤	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰

جدول(۳):نتایج حل مساله با استفاده از روش ضرایب لاگرانژ

	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰
۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱
۲	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱
۳	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱
٤	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۱	۱
٥	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۰
٦	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰
۷	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰
۸	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰
۹	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰
۱۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰
۱۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰
۱۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰
۱۳	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰
۱٤	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۰
۱٥	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۰
۱٦	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۰
۱۷	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۱	۰
۱۸	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۰
۱۹	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰
۲۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۲۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱
۲۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱
۲۳	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۱
۲٤	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۱

VII-نتايج عددي و جمع بندي

جدول(٤):مقايسه نتايج حل با دو روش

حجم مسائل (زمان*واحد)	کیفیت حل			زمان حل	
	UD	LR	DG(%)	UD	LR
١٠*٢٤	١/٠٠١٠ (٠/٩٩٣٣-١/٠١٠٥)	١	٠/٩ (٠/٠٩-٢/٨٥)	٠/٢١٨٥ (٠/١٠٢٨-٠/٤٧٧٣)	١
١٠*١٦٨	١/٠٠٠٨ (٠/٩٩٧٦-١/٠٠٥٤)	١	٠/٩ (٠/٣٨-٢/٠٤)	٠/١٥٠٠ (٠/٠٩٧٨-٠/٣٤٤٦)	١
٣٠*٢٤	١/٠٠١٣ (٠/٩٩٨١-١/٠٠٩١)	١	٠/٢٨ (٠/٠٦-٠/٨١)	٠/٥٢١٤ (٠/٣٣٤٤-٠/٨٦٠٨)	١
٣٠*١٦٨	١/٠٠١٧ (٠/٩٩٩٧-١/٠٠٥٨)	١	٠/٣٥ (٠/١٥-١/٧٨)	٠/٢٧٤٥ (٠/١٥١٣-٠/٤١٥٢)	١

براي مقايسه دو روش **UD** و **LR** تعدادي مسئله بعنوان نمونه حل شده است . چهار مورد تركيـب ١٠و ٣٠ واحدي با افق برنامه ريزي ٢٤ و ١٦٨ ساعت بر روي ١٠٠ مسئله **UC** تصادفي پياده سازي شـد . هـر مسئله با هر دو روش حل شده است . نتايج آزمايش شامل كيفيت حل و زمان مورد نياز **CPU** براي حل مسئله است كه در جدول ٤ اين مطالب را نمايش داده ايم . در اين جدول تفـاوت كيفيـت دو روش را در ستوني تحت عنوان **DG** (**DUAL GAP**) ذخيره نموديم .

در اين مقايسه نتايج را به گونه اي نرماليزه كرده ايم كه اعداد ستون **LR** همگي يك باشد يا به عبـارت ديگر **LR** را محور مقايسه قرار داده ايم . در ستون **UD** اعداد درون پرانتز محدوده نقاط نمونه را بيـان مي كند و در بالاي هر پرانتز ارزش اعداد قيد شده است . با استفاده از جدول ٤ متوجه مـي شـويم كـه اختلاف بين **LR** و **UD** در كيفيت حل در حد ٢ درصد است اما از نظر زمان لازم جهت محاسـبات **UD**

حداقل۵۰ درصد کمتر از**LR** به زمان نیاز دارد از این گذشته **UD** براي رسيدن به ترکيب توليـد در هـر ساعت نياز به ذخيره سازي مسير هاي بهينه اضافي ندارد ، به طور خلاصه نتايج اين آزمايش بيانگر ايـن مطلب است که **UD** مي تواند جايگزيني مطمئن ، موثر و قدرتمند براي روش **LR** در حـل مـسائل **UC** باشد .

VIIIمراجع:

۱-تولید، بهره برداری و کنترل در سیستم های قدرت.ولنبرگ-وود/انتشارات دانشگاه تهران:۱۳۷۸

۲-پایان نامه تحصیلات تکمیلی -مخدومی-دانشگاه فردوسي مشهد

[3]solving unit commitment by unit decommitment methode-By:chung-li-tseng,chao_an Li.shumel S.oren

[4] short-term scheduling of thermal-electric generators using lagrangian relaxtion by:BARD,J.F.

[5] nonlinear programming theory and algorithms by: BAZARAA,M.S.,SHERALI,H.D. and SHETTY,C.M.