حل مساله "در مدار قرار گرفتن واحد های نیروگاهی"به صورت یک مساله برنامه ریزی خطی فازی با در نظر گرفتن تغییرات بار شبکه

احمد یعقوبی اول ریابی
دانشجوی کارشناسی ارشدگرایش کنترل
دانشگاه آزاد اسلامی واحد گناباد
Yaghoobi2003@yahoo.com

آصف زارع
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد گناباد
A-zare@iau-gonabad.ac.ir

چکیده:

در این مقاله به حل مساله "در مدار قرار گرفتن واحد های نیروگاهی" به صورت یک مساله برنامه ریزی فازی پرداخته شده است.اثر ناشی از وجود تغییرات در نمودار بارپیش بینی شده برای شبکه نیز در برنامه ریزی لحاظ گردیده است.روش مورد استفاده جهت حل مساله ،روش برنامه ریزی پویا می باشد.یک شبکه نمونه جهت پیاده سازی روش ارائه شده معرفی و نتایج حل مساله در انتها بیان گردیده است.

واژه های کلیدی:

برنامه ریزی پویا،برنامه ریزی خطی فازی ،واحد نیروگاهی،UNIT COMMITMENT.

مقدمه

یکی از مهمترین مسائل روز بهینه سازی تولیدانرژی،تعیین نحوه آرایش نیروگاه ها موجود جهت تولید بار مصرفی در یک دوره کوتاه مدت (معمولا ۲۴ ساعت)است،که از آن به عنوان مسئله"UNIT COMMITMENT" یا به اختصارمسالuc یاد می شود.این مساله به دلیل حجم زیاد محاسباتی و وسعت ابعاد در زمره مسائل سخت قرار می گیرد. تا کنون روش های ریاضی متعددی جهت حل آن به کار گرفته شده است،که ازآن جمله به ترتیب می توان به روش لیست حق تقدم،روش برنامه ریزی پویا،روش برنامه ریزی پویا–ترکیبات قطع شده،روش آزادسازی لاگرانژ، روش برنامه ریزی عدد صحیح-مختلط،روش از مدار خارج کردن واحد های نیروگاهی (UD)وروش استفاده از الگوریتم ژنتیک و... اشاره کرد.روش برنامه ریزی پویا یکی

از قدیمی ترین روش های حل این مساله بوده که نخستین بار در سال ۱۹۶۶ مطرح شد.در سیر تکاملی روش های بیان شده فوق هیچ تغییری در صورت مساله داده نشده است و فقط یک سری از ملاکها همچون سرعت حل مساله ،قابلیت اعمال روش حل به سیستمهای کامپیوتری و... باعث پیشنهاد روش های فوق جهت حل مساله گردیده است ،اما نکته ای که حائز اهمیت میباشد این است که در تمام روش های فوق فرض براین میباشد،که نمودار بار شبکه به عنوان یکی از ورودی های مساله و به صورت ثابت پیش بینی شده است،حال آنکه اگر بخواهیم به مساله به دید عملی نگاه کنیم،در عمل بار شبکه به صورت ثابت نبوده و مسلما دارای مقداری تغییر نسبت به مقدار پیش بینی شده آن خواهد بود .لذا بایستی تدبیری اندیشیده شود تا امکان وجود تلورانس در مقدار بار پیش بینی شده نیز در برنامه ریزی لحاظ گردد.لذا در این مقاله به حل مساله "در مدار قرار گرفتن واحد های نیروگاهی "به عنوان یک مساله برنامه ریزی خطی با منابع فازی پرداخته شده است.

روشی که جهت حل مساله از آن استفاده شده است،روش برنامه ریزی پویاو با برنامه نویسی تحت نرم افزار مطلب می باشد.

ترتیب ارائه مقاله به این صورت است که در قسمت دوم به بیان مساله UC و ارائه شکل کلی و هچنین شکل فازی مساله به صورت ریاضی پرداخته ایم،در قسمت سوم روش برنامه ریزی پویا در حالت کلی ومستقل از این مساله ذکر گردیده است،در قسمت چهارم برنامه ریزی خطی با منابع فازی معرفی گردیده است،در قسمت پنجم به ارئه یک مساله نمونه پرداخته شده است و نتایج حل مساله نمونه در قسمت ششم ارائه گردیده است .

۲–مساله در مدار قرار گرفتن واحد های نیروگاهی

هدف از مساله UCتعیین نحوه مشارکت واحد های نیروگاهی در تولید بر اساس بار مورد نیاز شبکه می باشد.فرض بر این است که توانسته ایم نمودار بار مورد نیاز شبکه را بر اساس بار مصرفی پیشین و نحوه رشد بار پیش بینی نماییم و این نمودار به عنوان یکی از ورودی های مساله در دسترس است.

ورودی مهم دیگر این مساله ،مشخصه های واحد های نیروگاهی موجود در شبکه شامل تابع هزینه تولیدو قیود موجود بر شرایط تولید واحد های حرارتی از جمله حداقل و حداکثر میزان تولید هر واحد بر اساس تاسیسات موجود در نیروگاه،حداقل زمان مجاز روشن بودن و حداقل زمان مجاز خاموش بودن هر واحد نیروگاهی،هزینه های مربوط به نحوه راه اندازی (راه اندازی سرد ویا گرم)هر نیروگاه ،هزینه مربوط به خدمه های وقید برابری تولید و مصرف و همچنین قید ذخیره چرخان مربوط به

درصد اطمینان لازم جهت پاسخ گویی بارو... را میتوان نام برد.
پاسخ این مساله مبین حضور یا عدم حضور هر نیروگاه در تولید و همچنین تعیین سهم هر کدام از نیروگاه های حاضر در ترکیب می باشد.
لذا مساله با شرایط مطرح شده بدون در نظر گرفتن تولورانس موجود در بار به یک مساله مینیمم سازی به صورت زیر در حالت کلی تبدیل میشود.

$$\text{Min}(\sum[Ci(Pi(t))+Ui(t)(1-Ui(t))*Si(Xi(t)])$$
s.t

$$\sum Pi(t)=D(t) \quad \text{for } t=1,2,\ldots,T$$

$$\sum ri(Pi(t))*Ui(t)\geq Rt \quad \text{for } t=1,2,\ldots,T$$

$$Pi(min)\leq Pi(t)\leq Pi(max)$$

$$Ui(t)=1 \quad , \text{if} \quad 1 \leq Xi(t-1) \leq ti(on)$$

$$Ui(t)=0 \quad , \text{if} \quad 1 \geq Xi(t-1) \geq - ti(off)$$

حال اگر تغییرات بار موجود در شبکه را در صورت مساله لحاظ نماییم، تبدیل به مساله برنامه ریزی زیر خواهد شد.

$$\text{Min}(\sum[Ci(Pi(t))+Ui(t)(1-Ui(t))*Si(Xi(t)])$$
s.t

$$\sum Pi(t)<Di(t)+\theta i \quad \text{for } t=1,2,\ldots,T$$

$$\sum ri(Pi(t))*Ui(t)\geq Rt \quad \text{for } t=1,2,\ldots,T$$

$$Pi(min)\leq Pi(t)\leq Pi(max)$$

$$Ui(t)=1 \quad , \text{if} \quad 1 \leq Xi(t-1) \leq ti(on)$$

$$Ui(t)=0 \quad , \text{if} \quad 1 \geq Xi(t-1) \geq - ti(off)$$

۳–برنامه ریزی پویا:

این روش برنامه ریزی ماهیتا روشی ریاضی است،معمولادرمسایل مرتبط با برنامه ریزی پویا با تصمیم گیری های متوالی روبرو هستیم و هر تصمیم از تصمیمات ماقبل و مابعد خود تاثیر پذیر است.این الگوریتم طی یک فرایند نظم گرا ترکیبی از تصمیمات متوالی و مرتبط به هم تولید میکند که به حداکثر شدن کارایی می انجامد.
چهار چوب استانداردی برای فرموله کردن این مسایل وجود ندارد تنها میتوان روشی کلی و ویژگی هایی عمومی به شرح زیر برای آن ارائه داد.
۱-مساله رامیتوان به چندمرحله تقسیم کرد.
۲-در هر مرحله با تصمیم گیری مواجه هستیم.تعداد این انتخاب ها به حالتهای محتمل در مرحله بعد وابسته است.
۳-حالتهای هر مرحله به اتفاقات محتمل در همان مرحله وابسته است.
۴-درهرمرحله حالت فعلی بااتخاذ یک تصمیم به حالتی از مرحله بعد انتقال می یابد.
۵-در هر مرحله دانستن سیاستِ همان مرحله و حالت مرحله قبل کافی است،و سایر مراحل دخالتی در تصمیم گیری ندارد.
۶-تمام اطلاعات مسیر در دانستن حالت فعلی خلاصه می شود(اصل بهینگی).
۷-حل مساله از مرحله آخر و تعیین جواب بهینه آن آغاز می شود.
۸-با معلوم بودن حالت هر مرحله مثل n+1،حالت مرحله n معلوم می شود، برای این کار از روابط بازگشتی استفاده می کنیم:

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

در کمینه سازی

$$F^*(S,Xn)=\text{Min}[Fn(S,Xn)]$$

در بیشینه سازی

$$F^*(S,Xn)=\text{Max}\ [Fn(S,Xn)]$$

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

۹-حل با حرکت پسرو و با استفاده از روابط بازگشتی فوق انجام میشود. برنامه ریزی پویا به روشهایی دیگر از جمله پیشرو ،قطعی و احتمالی نیز امکان پذیر است.

۴-برنامه ریزی خطی فازی:

برنامه ریزی خطی یک ابزار نیرومند در فرموله سازی طیف گسترده ای از مسائل می باشد.یک مساله برنامه ریزی خطی استاندارد به صورت زیر می باشد:

MAX cX
St
AX«b
X»0

در بسیاری از مواقع ،امکان مشخص نمودن دقیق تابع هدف و یا قیود مساله به صورت عبارت های دقیق و قطعی وجود ندا رد و یا به عبارتی عدم قطعیت در ضرایب تابع هدف ویا ماتریس ضرایب مساله وجود دارد .اگر در مساله کلی فوق ضرایب bبه صورت قطعی مشخص نباشد یعنی داشته باشیم:

MAX cX
St
AX«≈b
X»0

مساله تبدیل به یک مساله برنامه ریزی خطی با منابع فازی خواهد شد که جهت حل ورنرز روش زیر را پیشنهاد داده است:

ابتدا دو مساله برنامه ریزی زیر را حل میکنیم:

۱)MAX cX
St
Ai*X«bi X»0

2)MAX cX
St
Ai*X«bi+ti
X»0

در صورتی که z2وz1 به ترتیب پاسخ های مسائل ۱و۲ باشند .حال در مرحله بعد مساله برنامه ریزی زیر را حل می کنیم:

MIN cX»z2-(z2-z1)* θ
St
AX«b+t*θ
X»0, θЄ[0,1]

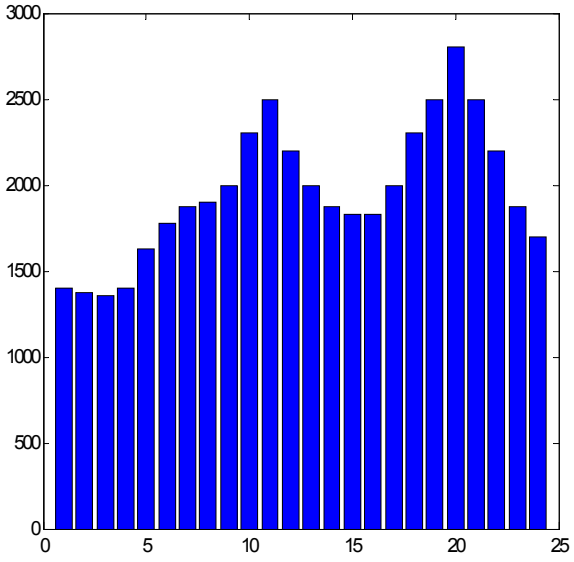
۵-مساله نمونه

در این قسمت اطلاعات مربوط به یک شبکه دارای ۱۰ واحد نیروگاهی به عنوان ورودی مساله به شرح زیربیان شده است.

اطلاعات مربوط به واحد های موجود در شبکه

واحد	A ($/MW^2*h)	B ($/MWH)	C ($/hr)	P MIN (MIN)	P MAX (MW)	MDT(Hour)	MUT (Hour)
۱	0.00048	16.19	1078.8	55	455	4	4
۲	0.00031	17.26	969.8	55	455	5	4
۳	0.00211	16.51	702.9	30	130	4	1
۴	0.00211	16.51	702.9	30	130	2	3
۵	0.00398	19.7	445.4	32	162	3	2
۶	0.00043	21.9	951.2	20	420	3	3
۷	0.00078	21.04	1168.1	65	465	2	2
۸	0.00063	21.05	1313.6	60	460	2	1
۹	0.00254	22.68	372.2	25	160	4	3
۱۰	0.0007	23.9	471.6	30	300	2	1

نمودار بارپیش بینی شده شبکه



۶–نتایج حل مساله

الف-وضعیت واحد های حرارتی با حل مساله۱ مطابق با مساله برنامه ریزی خطی فازی با در نظر گرفتن ۱۰ درصد میزان تولید در هر ساعت از افق برنامه ریزی به عنوان ذخیره چرخان :

Unit hour	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۰
۲	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۰
۳	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۰
۴	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱
۵	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱
۶	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۰
۷	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۰
۸	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۰
۹	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۰
۱۰	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۱
۱۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۱
۱۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۰
۱۳	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۰
۱۴	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۰
۱۵	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۰
۱۶	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۰
۱۷	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۰
۱۸	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰
۱۹	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰
۲۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰
۲۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰
۲۲	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۰
۲۳	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۰
۲۴	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۰

ب-وضعیت واحد های حرارتی با حل مساله۲ مطابق با مساله برنامه ریزی خطی فازی با در نظر گرفتن تولورانس ۱۰ درصد برای میزان تولید در هر لحظه از زمان:

Unit hour	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱
۲	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱
۳	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱
۴	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱
۵	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱
۶	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱
۷	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰
۸	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰
۹	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰
۱۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰
۱۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰
۱۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰
۱۳	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۰
۱۴	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰
۱۵	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰
۱۶	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰
۱۷	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰
۱۸	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰
۱۹	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰
۲۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱
۲۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱
۲۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰
۲۳	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۰
۲۴	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۰

ج-وضعیت واحد های حرارتی با حل مساله نهایی مطابق با مساله برنامه ریزی خطی فازی با در نظر گرفتن تولورانس ۱۰ درصد میزان تولید در هر لحظه از زمان برای بارپیش بینی شده وθ=0.5 :

Unit time	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱
۲	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۰
۳	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۰
۴	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱
۵	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱
۶	۱	۱	0	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱
۷	۱	۱	0	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۰
۸	۱	۱	0	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۰
۹	۱	۱	0	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۱
۱۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱
۱۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۱۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۰
۱۳	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۰
۱۴	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۰
۱۵	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۰
۱۶	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۰
۱۷	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۰
۱۸	۱	۱	۱	۰	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	۱	۰
۲۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰
۲۳	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۰
۲۴	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۰

۷–نتیجه

با استفاده از حل مساله پخش بار اقتصادی برای هر ساعت و بر اساس نتایج بدست آمده از حل مساله ucمقدار هزینه تولید با حل مساله ۱ ۱/۱۵۰/۰۰۰ واحد پول و مقدار هزینه تولید با حل مساله۲ ۱/۲۷۸/۰۰۰ واحد پول و نهایتا هزینه تولید با حل مساله نهایی مقدار۱/۲۰۱/۰۰۰ واحد پول بدست آمد .همانطور که مشاهده میگردد،با در نظر گرفتن مساله به صورت یک مساله برنامه ریزی خطی فازی به طور تقریبی به میزان ۶درصد در هزینه تولید صرفه جویی خواهیم داشت.

مراجع:

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

۲-پایان نامه تحصیلات تکمیلی – مخدومی.دانشگاه فردوسی مشهد

۳-سیستم های فازی و کنترل فازی/نوشته لی وانگ،ترجمه:محمد تشنه لب،نیما صفارپور،داریوش افیونی.-تهران،دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی،۱۳۷۸.

4-solving unit commitmend by unit decommitment method-by :chung-l.tesingTchao-an Li.shumel S.oren