به نام خدا

**داده ها:**

داده‌های به کار رفته در این مقاله، حاصل از خروجی نرم‌افزار EnergyPlus است. این دیتا مربوط به منطقه باسک واقع در شمال شرقی اسپانیاست. چون دسترسی به این دیتا ممکن نبود، از MATLAB برای تولید داده های ورودی مسئله استفاده شده است.

داده های مورد نیاز:

1- استاتیک

2- دینامیک

* بار حرارتی
* مشتریهای دارای بارهای کنترل شده
* طول بازه زمانی
* ابتدا و انتهای بازه زماتی
* مصرف تحت هرگونه عمل کنترلی

**توضیحاتی راجع به نحوه ارائه ورودیها و پیاده‌سازی در نرم‌افزار GAMS**

یک شبانه روز را به تعداد دلخواهی بازه برابر تقسیم می­کنیم که در این پروژه مقدار مزبور 30 دقیقه در نظر گرفته شده است. فرض بر این است که میزان مصرف در هر کدام از این بازه­ها را می­توان با مقدار ثابتی تخمین زد. به بیان دیگر نمودار مصرف به صورت پلکانی می­باشد. با این مفروضات، اگر اندیس این بازه­ها را با z نشان دهیم و hz نشان­دهنده زمان ابتدا و انتهای بازه z ام باشد، داریم:



چناچه میزان تخمینی مصرف بدون استفاده از کنترل کننده­ها را در بازه z با ForL(z)، و میزان تغیرات در مصرف این بازه به علت عملیات کنترلی در ابتدای این بازه و پیشتر از آن را با DelL(z) نشان دهیم، آن­گاه در مورد میزان مصرف واقعی در بازه z می­توان نوشت:



به علت اقدامات کنترلی در بازه زمانی [14,16] که خاموش نمودن یا تغییر درجه ترموستات تعدادی از ابزارهای کنترلی را در این بازه به همراه خواهد داشت، میزان مصرف در ساعات آتی افزایش خواهد داشت. بنابراین ممکن است بهره­بردار با قرار دادن قید حداکثر مصرف در بازه­های مختلف سعی در محدود نمودن این تاثیرات داشته باشد.



برای تعیین این حدود (پارامتر محدود کننده میزان مصرف در هر بازه)، منطقی به نظر می­رسد که نامساوی زیر را مد نظر قرار دهیم:



در بحث تولید سناریوی اعمال کنترلی، بعد از حصول همه راهکارها می­توان آن­ها را به صورت (s,t) اندیس­گذاری نمود. به بیان بهتر، (s,t) سناریوی شماره s ام است که در ابتدای بازه t ام شروع شده است. در این ارتباط، . حال فرض کنید که پارامتر میزان تغییرات مصرف یک تجهیز از نوع k (خانگی، تجاری و یا اداری) در بازه z ام باشد به شرطی که سناریوی (s,t) برای کنترل آن تجهیز صورت پذیرفته باشد ( s امین سناریو از میان سناریوهایی که می­توانند در ابتدای بازه t ام شروع شوند). بنابراین



در فرمول بالا، مصرف یک تجهیز از نوع k در بازه z است در صورتی که هیچ­گونه کنترلی روی آن صورت نپذیرفته باشد. همچنین،  میزان مصرف تجهیزی از نوع k در بازه z است اگر سناریوی کنترلی (s,t) روی آن اجرا شده باشد. فرض نمایید که nDev(k) تعداد تجهیزاتی از نوع k باشد که پتانسیل کنترل شدن را داشته باشند. حال اگر متغیر integer مثبت Y(k,s,t) نشان­دهنده تعداد تجیهیزات از نوع k باشد که پس از انجام بهینه سازی با سناریوی (s,t) قرار است کنترل شوند، بنابراین بایستی قید زیر برقرار باشد:



در نهایت با تعاریف بالا و در دست بودن ورودی­های مورد نظر بهینه­سازی را می­توان به صورت زیر فرمول بندی نمود:



Subject to:





در اینجا می­توان راجع به ورودی­های مورد نیاز بحث نمود:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Costumer Type | k | nDev(k) |
| Domestic | 1 | 6295 |
| Supermarket | 2 | 12 |
| Office | 3 | 195 |

حال طبق مباحثی که در مقاله صورت پذیرفته است در مجموع می­توان 44 سناریو برای کنترل در نظر گرفت که بایستی برای همه این سناریوها  را برای هر سه نوع مصرف کننده به عنوان ورودی در دست داشت. این سناریوها در جدول زیر نمایش داده و اندیس گذاری شده اند.

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| عمل | زمان شروع  | مدت | اندیس سناریو |
| خاموش | 14 | 30 دقیقه | (1,29) |
| خاموش | 14:30 | 30 دقیقه | (1,30) |
| خاموش | 15 | 30 دقیقه | (1, 31) |
| خاموش | 15:30 | 30 دقیقه | (1,32) |
| خاموش | 14 | 1 ساعت | (2,29) |
| خاموش | 14:30 | 1 ساعت | (2,30) |
| خاموش | 15 | 1 ساعت | (2, 31) |
| عمل | زمان شروع  | مدت |  |
| افزایش دما 2 درجه | 14 | 2 ساعت | (3,29) |
| افزایش دما 2 درجه | 14:30 | یکساعت و 30 دقیقه | (3,30) |
| افزایش دما 2 درجه | 15 | یکساعت | (3,31) |
| افزایش دما 2 درجه | 15:30 | 30 دقیقه | (2,32) |
| افزایش دما 2 درجه | 14 | یکساعت و 30 دقیقه | (4,29) |
| افزایش دما 2 درجه | 14 | یکساعت  | (5, 29) |
| افزایش دما 2 درجه | 14 | 30 دقیقه | (6,29) |
| افزایش دما 2 درجه | 14:30 | یکساعت  | (4,30) |
| افزایش دما 2 درجه | 14:30 | 30 دقیقه | (5, 30) |
| افزایش دما 2 درجه | 15 | 30 دقیقه | (4,31) |
| افزایش دما 1 درجه | 14 | 2 ساعت | (7,29) |
| افزایش دما 1 درجه | 14:30 | یکساعت و 30 دقیقه | (6,30) |
| افزایش دما 1 درجه | 15 | یکساعت | (5,31) |
| افزایش دما 1 درجه | 15:30 | 30 دقیقه | (3, 32) |
| افزایش دما 1 درجه | 14 | یکساعت و 30 دقیقه | (8,29) |
| افزایش دما 1 درجه | 14 | یکساعت  | (9, 29) |
| افزایش دما 1 درجه | 14 | 30 دقیقه | (10,29) |
| افزایش دما 1 درجه | 14:30 | یکساعت  | (7,30) |
| افزایش دما 1 درجه | 14:30 | 30 دقیقه | (8,30) |
| افزایش دما 1 درجه | 15 | 30 دقیقه | (6,31) |
| عمل | زمان شروع  | مدت |  |
| افزایش دما 3 درجه | 14 | یکساعت و 30 دقیقه | (11,29) |
| افزایش دما 3 درجه | 14:30 | یکساعت و 30 دقیقه | (9, 30) |
| افزایش دما 3 درجه | 14 | یکساعت | (12,29) |
| افزایش دما 3 درجه | 14:30 | یکساعت | (10,30) |
| افزایش دما 3 درجه | 15 | یکساعت | (7,31) |
| افزایش دما 3 درجه | 14 | 30 دقیقه | (13, 29) |
| افزایش دما 3 درجه | 14:30 | 30 دقیقه | (11,30) |
| افزایش دما 3 درجه | 15 | 30 دقیقه | (8,31) |
| افزایش دما 3 درجه | 15:30 | 30 دقیقه | (4,32) |
| عمل | زمان شروع  | مدت |  |
| افزایش دما 4 درجه | 14 | یکساعت  | (14,29) |
| افزایش دما 4 درجه | 14:30 | یکساعت | (12,30) |
| افزایش دما 4 درجه | 15 | یکساعت | (9,31) |
| افزایش دما 4 درجه | 14 | 30 دقیقه | (15,29) |
| افزایش دما 4 درجه | 14:30 | 30 دقیقه | (13,30) |
| افزایش دما 4 درجه | 15 | 30 دقیقه | (10,31) |
| افزایش دما 4 درجه | 15:30 | 30 دقیقه | (5,32) |

**شبیه سازی**

با در نظر گرفتن Llim(z)=500 kw مقدار تغیرات توان در بازه کنترلی و بعد از آن به صورت زیر به دست می­آید:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Time interval | Del Load | Load lim |
| 29 | -5305.437  |  |
| 30 | -1581.841 |  |
| 31 | -3858.899  |  |
| 32 | -0.251 |  |
| 33 | 499.996  | 500 |
| 34 | 499.997  | 500 |
| 35 | 233.203  | 500 |
| 36 | 166.022  | 500 |

1.4.29 =6030

1.13.29 =265

2.4.29 =1

2.13.29 =11

3.4.29 =179

3.13.29 =16

|  |  |
| --- | --- |
| Time interval | Del Load |
| 29 | 0 |
| 30 | -141.559 |
| 31 | -10630 |
| 32 | -10630 |
| 33 | 918.49 |
| 34 | 2134 |
| 35 | 795 |
| 36 | 528.5 |

1.9.31 =6295

2.9.30 =12

3.9.31 =195

خروجی مقاله نموداری است که بار روزانه را با بار حاصل از بهینه‌سازی مقایسه می‌کند (شکل زیر)



نمودار خط چین، بار حاصل از بهینه‌سازی را نشان می‌دهد که در بازه کنترلی ساعت 14 تا 16 مقدار بار کمتری نسبت به حالت عادی دارد.

نتایج مشابه این کار به دلیل این که داده‌های مربوط به شهر بیلبائو موجود نبود، به وسیله MATLAB تولید شده است و بنابراین نتایج کمی متفاوت است. باز هم از نمودار شکل زیر مشخص است که در بازه کنترلی ساعت 14 تا 16 مقدار بار کمتری نسبت به حالت عادی دارد و پس از آن برای مدتی (دو ساعت) بار از بار عادی بیشتر می‌شود.



مشاهده می‌شود که فرم کلی دو نمودار بسیار مشابه یکدیگر است.