**بازبینی انرژی تجدید پذیر و تجدید نا پذیر**

تصمیم گیری تحت عدم قطعیت در سیستم های انرژی : حالت هنر

علیرضا سرودیa، تورج امرایی

دانشکده علوم وفناوری های نوین، دانشگاه تهران،خیابان کارگر شمالی،تهران،ایران

دانشکده مهندسی برق، دانشگاه فنی طوسی، تهران،ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ مقاله:

به دست آمده در 5 آوریل 2013

به دست آمده در فرم باز نگری شده در 31 جولای 2013

پذیرفته شده در آگوست 20133

کلمات کلیدی:

محاسبه فازی

نظریه تصمیم گیری شکاف اطلاعاتی

مدل سازی احتمالی

بهینه سازی مقاوم

تجزیه و تحلیل اعدادz مبتنی بر فاصله

چکیده

مطالعات سیستم انرژی شامل انواع وسیعی از مسائل کوتاه مدت( به عنوان مثال ،تصمیمات عملیاتی سریع ،ساعتی ،روزانه و هفتگی )به افق های بلند مدت(مثال،برنامه ریزی یا سیاست گذاری) می باشد.

تصمیم زنجیره تأمین توسط پارامتر های ورودی تغذیه شده است که معمولا در معرض ابهامات(عدم قطعیت ها) قرار دارند.هنر سرکار داشتن با ابهامات(عدم قطعیت ها)در جهات مختلف توسعه یافته اند و اخیرا به یک نقطه کانونی جالب تبدیل شده است.در این مقاله طبقه بندی استاندارد جدیدی از تکنیک های مدل سازی عدم قطعیت برای تصمیم گیری فرایند ساخت ارائه شده است. این روشها با نمایش نقاط قوت و ضعفشان معرفی و مقایسه شده اند.خطوط امید بخش از تحقیقات آینده در سایه یک دید کلی جامع از گذشته و کاربردهای فعلی بررسی شده است.امکان استفاده از مفهوم جدیدی از اعدادz برای اولین بار معرفی شده است

فهرست ها

1. مقدمه
2. رویکرد احتمالی

1-2 – شبیه سازی مونت کارلو(MCS)

2 -2- روش براورد نقطه ای

3-2-تصمیم گیری مبتنی بر سناریو

1. رویکرد امکان
2. رویکرداحتمال – امکان پیوندی

1-4 رویکرد امکان- مونت کارلو

2-4 رویکرد مبتنی بر امکان- سناریو

1. نظریه تصمیم گیری شکاف اطلاعاتی
2. بهینه سازی مقاوم
3. تجزیه و تحلیل فاصله
4. بررسی روشهای کنترل عدم قطعیت جدید
5. کاربردها

10- خطوط امید بخش از تحقیقات آینده

1-10 بررسی پارامترهای نامعین (نا معلوم)جدید

2-10 تقویت تکنیک های موجود

11- نتیجه گیری

منابع

1. مقدمه

بررسی عدم قطعیت برای چندین سال یکی از نگرانی های اصلی تصمیم گیرندگان (از جمله دولت مردان، مهندسین ، مدیران و دانشمندان) شده است.{1} اکثر تصمیمات اتخاذ شده توسط تصمیم گیرندگان بخش انرژی در معرض سطح قابل توجهی از عدم قطعیت داده قرار دارند.{2}

پارامترهای نا معین در مطالعات سیستم قدرت به طور کلی می توانند به دو دسته مختلف تقسیم شده باشند، از جمله:(به شکل 1 نگاه کنید)

پارامترهای اقتصاد خرد

پارامترهای اقتصاد کلان

پارمترهای فنی

پارامترهای اقتصادی

پارامترهای توپولوژیکی

پارامترهای عملیاتی

پارامترهای نامعین

سظوح قیمت

مقررات دولتی

وابستگی های بازار

بار

تولید

قطع خط

قطع ژنراتور

نرخ های بیکاری

نرخ تورم

GDP

رشد اقتصادی

شکل 1 طبقه بندی کلی از پارامتر های نا معین در مطالعات سیستم انرژی

روش مدل سازی عدم قطعیت

IGDT

احتمال

تجزیه و تحلیل مبتنی بر فاصله

بهینه سازی مقاوم

احتمال- امکان پیوندی

امکان

فازی- مونت کارلو

فازی- سناریو

براورد نقطه ای

مدل سازی مبتنی بر سناریو

شبیه سازی مونت کارلو

شکل2 ابزار های مدل سازی عدم قطعیت

* پارامترهای فنی: به طور کلیاین پارامتر های به دو کلاس اصلی طبقه بندی شده اند، به نام پارامتر های توپولوژیکی و عملیاتی. پارامتر های توپولوژیکی آنهایی هستند که وابسته به توپولوژی های شبکه مانند شکست یا قطع اجباری خطوط، ژنراتورها یا دستگاههای سنجش برق و غیره می باشند.پارامترهای عملیاتی با تصمیمات عملیاتی مانند تقاضا یا مقادیر تولید در سیستم های قدرت ارتباط دارند.
* پارامتر های اقتصادی(مقرون به صرفه): پارامترهایی که بر شاخص های اقتصادی که در این دره قرار دارند، تاثیر می گذارند. اقتصاد خرد بر روی تصمیمات بخش های تجاری کوچک تر مانند سایت های گرد آورنده، مصرف کنندگان صنعتی یا داخلی(خانگی) سرمایه گذاری می کنند.در حالی که اقتصاد کلان بر روی کل صنعت سیستم قدرت تمرکز می کند.برای مثال؛عدم قطعیت در تأمین سوخت، هزینه های تولید، مالیات کسب و کار،کار و مواد خام در اقتصاد های خرد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.از طرفی دیگر مباحثی دیگر مانند مقررات یا عدم مقررات، سیاست های زیست محیطی، رشد اقتصاد ،نرخ های بیکاری،تولید ناخالص داخلی(GDP )ونرخ های سود در اقتصاد کلان مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.همه این پارامتر ها در معرض عدم قطعیت ها هستند و باید به طور صحیح در مطالعات اقتصادی آدرس دهی شده و مورد توجه قرار گرفته باشند.

روش های مختلفی برای کنترل عدم قطعیت وجود داردکه برای سرکار داشتن با پارامتر های نا معین مذکور نوسعه یافته است که در شکل 2 نشان داده است.تفاوت اصلی بین این روشها با تکنیک های مختلف مورد استفاده برای توصیف عدم قطعیت پارامتر های ورودی در ارتباط است. برای مثال؛روش فازی از توابع عضو برا یتوصیف یک پارامتر نامعین استفاده می کند در حالی که روش های تصادفی از تابع چگالی احتمال استفاده می کند. شباهت آنها این است که همه آنها سعی در تعیین کمیت اثر پارامتر های ورودی بر روی خروجی های مدل دارند.این راه و روشهای عدم قطعیت توسط آنها به صورت زیر توصیف شده اند:

* **رویکرد احتمال**: یکی از ابتدایی ترین کارها در برنامه نویسی تصادفی در سال 1955 توسط Dantzig انجام شد.{3}چنین فرض شده است که پارامتر های ورودی مدل، متقیر های تصادفی با یک تابع چگالی احتمال شناخته شده هستند.
* **رویکرد امکان:** حساب فازی که توسط Lotfi A Zadeh در سال 1965 معرفی شده است {4}.پارامتر های ورودی مدل با استفاده از تابع عضو(MF ) پارامتر های ورودی توصیف شده است.
* **رویکرهای احتمال امکان پیوندی:**هر دو پارامتر تصادفی و امکان در این مدل ارائه می شوند.
* **نظریه تصمیم گیری شکاف اطلاعاتی :** اولین بار توسط Yakov Ben-Haim {5} در سال 1980 پیشنهاد شد. در این روش هیچ تابع چگالی احتمال یا تابع عضو برای پارامتر های ورودی در دسترس نیست.آن مبتنی بر تفاوت بین آنچه که شناخته شده است و چه چیزی حیاتی است که شناخته شود، توسط کم کردن کمبود شدید اطلاعات در فرایند تصمیم گیری می باشد.
* **بیهینه سازی مقاوم:** اولین بار توسطSovstir {6} درسال 1973 پیشنهاد شد .مجموعه های عدم قطعیت برای توصیف عدم قطعیت پارامتر های ورودی استفاده شد با استفاده از این تکنیک تصمیمات به دست آمده برای تحقق بدترین حالت ممکن از پارامتر نامعین بدون یک مجموعه داده شده بهینه هستند.
* **تجزیه و تحلیل فاصله:**توسطRomon E .Moore در سال 1966 معرفی شد{7} چنین فرض شده است که پارامتر های نامعین مقدار را از یک فاصله شناخته شده می گیرند به نوعی شبیه به مدل سازی احتمال با یک تابع چگالی احتمال یک دست می باشد. این روش حدود (کران های)متغیر های خروجی را پیدا می کنند.

این مقاله خلاصه ای از تکنیک های اخیر مورد استفاده برای مدل سازی عدم قطعیت را در کاربرد های سیستم قدرت ارائه می دهد .آن دیدی به دست آمده از تعداد نسبتا زیادی از کارهای قبلی را پیشنهاد می کند.این باز نگری به عنوان یک نقشه راه برای آنهایی که علاقه مند به ابزارهای مدل سازی عدم قطعیت در مطالعات سیستم قدرت هستند عمل می کند.

بقیه این مقاله به شرح زیر است:بخش 2 رویکرد احتکمال را نشان می دهد، روش امکان در بخش 3 معرفی شده است، رویکرد احتمال – امکان پیوندی در بخش 4 توصیف شده است ، نظریه تصمیم گیری شکاف اطلالعاتی در بخش 5 توضیح داده شده است ،تکنیک بهینه سازی مقاوم در بخش 6 توصیف شده است. بخش 7 رویکرد تجزیه و تحلیل فاصله را نشان می دهد. بخش 10 خطوط امید بخش از تحقیقات آینده را توصیف می کند . در نهایت، بخش 11 یافته های این اثر را خلاصه می کند.

1. رویکرد احتمال

در رویکرد احتمال یک تابع چند متغیره یعنی y,y=f(z) در دسترس است.z برداری از شکل z={z1,…….zMاست که در آن Z1 به ZM­ پارامتر های تصادفی با توابع چگالی احتمال شناخته شده هستند در حالی که درتابع چگالی احتمال y سعی شده که شناسایی شده باشد. برای توضیح بهتر تابعf مدل سیستم را توصیف می کند(به عنوان مثال؛ مجموعه ای از معادلات جریان بار )،z برداری از پارامتر های نا معین ورودی به سیستم است( به عنوان مثال؛ تزریقات قدرت توسط منابع انرژی تجدید پذیر و بارهای الکتریکی) و y متغیر خروجی است( به عنوان مثال؛ مجموع ضرر های فعال مجموع هزینه های عملیاتی) تکنیک سه مدل سازی عدم قطعیت احتمال در زیر توصیف شده است.

1-2 .شبیه سازی مونت کارلو (MCS )

شبیه سازی مونت کارلو در مراحل زیر انجام شده است{8}، چنین فرض شده است که zI پارامتر های نا معین هستند.نمونه A ،ZI­eبرای هر پارامتر ورودی ZI ،با استفاده از تابع چگالی احتمال آن تولید شده است.مقدارye به عنوان متغیر خروجی با استفاده از ye=f(Ze در جایی که Ze= {Z1e,......,zem} محاسبه شده است. این روش برای تعدادی از بازگویی ها تکرار شده است،Nmc . در نهایت نتایج با استفاده ازمعیار آماری، نمایشگر میزان تکرار(نمودارستونی) فاصله های اطمینان و غیره تجزیه و تحلیل شده اند. بعضی روشها برا ی کاهش بار محاسباتی از شبیه سازی مونت کارلو مانند نمونه گیری فوق مکعب لاتین وجود دارد(LHS ){9}،رویکرد جداسازی نمونه {10}شکافتگی و روش رولت{11}

2-2 روش براورد نقطه ای

روش برآورد نقطه ای (PEM ) مبتنی بر لحظات پارامترهای ورودی نا معین عمل می کند.در یک مسئله با n پارامترهای نا معین ،گام های به شرح زیر می باشد:

گام اولk=1:E(Y2)=0 and, Set E(y) =0

**گام دوم:**موقعیت ها و احتمالات تمرکز،Ek,i وpk,iبه ترتیب زیر هستند

که د رآنM3(zk) ،سومین لحظه پارامتر Zk است.

**گام سوم:** تعیین نقاط تمرکز Zk,i ،همانطور که در زیر داده شده است.

ZK,i=zk+k,IZI, i=1,2

که در آن µzkو zkσبه ترتیبمیانگین و انحراف استاندارد هستند.

**گام چهارم**: محاسبه f برای هر دوZk,i، چنانچه

Z= [ Z1 , Z2,…………, ZK,I , ….., ZN]

**گام پنجم:**محاسبه E(Y) و E(Y2) با استفاده از :

Pk,If( Z1 ,Z2……Zk,I,……….,ZN) E(Y)= E( Y) +

k,If2( Z1 ,Z2……Zk,I,……….,ZN) E(Y2)= E( Y2) +

**گام ششم**:K=K+1 اگر K<N پس به گام دوم برو وگرنه ادامه بده.

**گام هفتم**: محاسبه میانگین و انحراف استاندارد چنانچه

Y=E(Y)

Y*=*

3-2 تصمیم گیری مبتنی بر سناریو (نقشه های از پیش تایین شده)

یک سناریو به عنوان درکی احتمالی از مجموعه پارامترهای نا معین تعریف شده است لیستی از این سناریو ها با استفاده از تابع چگالی احتمال از هر پارامتر نامعین،Zs تولید شده است.مقدار مورد انتظار متغیر خروجی، y به شرح زیر محاسبه شده است:

F(ZS) Y=

که در آنsΣعضوی ازJΩЛs=1 و Лs ، احتمال سناریو Sth می باشد .

اگر تعداد سناریو ها زیاد باشد پس نیاز به به دست آوردن مجموعه ی کوچکی از سناریو های نمایش داده شده ی اصلی می باشد.هدف این است که یک مجموعه ی کوچک sΩ با عدد اصلیNΩs از مجموعه اصلی jΩ انتخاب شود {13}.یک توازن معقول باید بین از دست دادن اطلاعات کاهش بار محاسباتی باشد {2}.تکنیک کاهش سناریو توسط گام های زیر انجام شده است{14،15}

**گام اول:** ساخت ماتریس فاصله احتمالی شامل فاصله بین هر زوج از سناریو های C(S,S)

**گام دوم**:انتخاب سناریو ی مشت S1 به شرح زیراست:

S1=arg

S={s1},ΩJ =Ω J \_Ω sΩ

**گام سوم:**انتخاب سناریو بعدی برای مجموعهsΩ به شرح زیر است:

Sn=arg

**گام چهارم**:اگرعدد اصلی sΩ کافی است پس به گام دوم برو وگرنه ادامه بده.

**گام پنجم:**اضافه کردن احتمال هر سناریو غیر منتخب به نزدیک ترین سناریو در مجموعه منتخب،پایان

جزییات بیشتر را می توان در {2} یافت

1. رویکرد امکان: از انجا که مقدمه نظریه مجموعه فازی این تکنیک در بسیاری از حوزه های سیستم قدرت به کار گرفته شده است {16}فرض میشود Y=f(x1……xn) در دست است و بردار X شامل پارامتر های ورودی نامعین است که استفاده ی توابع عضو وابسته به آن را توصیف کرده است در این زمینه تابع F مدل سیستم را توصیف می کند (به عنوان مثال؛مسئله برنامه ریزی خودکار برای یک (شرکت پخش و انبار کالاهای عمومی ) در یک بازار برق آزاد شده)،X برداری از پارامتر های ورودی نا معین به سیستم است.( به عنوان مثال؛ قیمت ساعتی برق)وY متغیر خروجی است ( به عنوان مثال؛ مجموع سود شرکت پخش و انبار کالاهای عمومی ).

توابع عضو مختلفی می توانند برای فرموله کردنه درجه عضویت یک از پارامتر نامعین خاص وابسته به نظر کارشناس استفاده شده باشند بدون توجه به شکل تابع عضو سؤال این است که چه طور MF را از Y تعیین کنیم اگر MFsاز X شناخته شده باشد؟روشa-cut می تواندجوابی را برای این سؤال ارائه دهد {17} برا ی یک مجموعه فازی داده شدهÃ در U مجموعه اعداد الحاقی Aa شامل تمام افراد U با مقدار عضو است.Ã بزرگتر یا برابر با a که در آن محاسبه شده است.

Aa={x

Aa=(A\_  ,Ᾱa)

a-cut هر پارامتر نا معین Xia ، با استفاده از (14)تعیین شده است پس a-cut از Y ،ya به شرح زیر محاسبه شده است.

Ya= (Y\_a,Ῡa)

Ya=

Xa=(xa ,X—a)

در هر a-cut ، کران بالای ya ، ȳa ، و کران پایینی ya،y\_aبه ترتیب به حد اکثرو به حداقل رسانده شده اند.آخرین مرحله غیر فازی سازی است فرایند ترجمه ی یک عدد فازی به یکی از اعداد الحاقی، غیر قازی سازی نامیده شده است.{17}تعدادی تکنیک غیر فازی نظیر تکنیک غیر فازی حد اکثر، روش مرکز ثقل {18}،تکنیک غیر فازی میانگین وزنی در دسترس هستند .

1. رویکرد احتمال-امکان پیوندی چندگانه

گاهی اوقات تصمیم گیرنده با یک تابع هدف چند متغیره مواجه می شودy=f(X,Z) که در آن هر دو پارامتر نا معین امکان X و پارامتر نامعین احتمال Z وجومد دارد.

برای توضیح بهتر تابع f مدل سیستم را توصیف می کند( به عنوان مثال؛ مجموعه ای از معادلات جریان بار)Z برداری از پارامترهای نامعین ورودی به سیستم است که توسط تابع چگالی احتمال توصیف شده است ( به عنوان مثال؛ تزریقات قدرت (نیرو) توسط منابع انرژی تجدید پذیر و بارهای الکتریکی)X برداری از پارامتر های نا معین ورودی به سیستم است که توسط MF توصیف شده است ( به عنوان مثال؛نرخ های برق) و y متغیر خروجی است (مجموع پرداخت ها برای خرید تلفات قدرت فعال)

به منظور مقابله با چنین مواردی بعضی روشها توسعه یافته اند که بعدا توصیف شده اند.

1-4 رویکرد امکان- مونت کارلو:

گام های زیر رویکرد امکان- مونت کارلو مرکب را توصیف می کند{19}

**گام اول**:برای هر Zi زیر مجموعه ی Z یک مقدار با استفاده از تابع چگالی احتمال آن تولید می شود،ZIe

**گام دوم:** محاسبه)eY)و(Y\_)e به شرح زیر است:

(Ya)e= min f (ze,xa)

(Ya)e= max f (ze,xa)

(xa)= (xa,x--a)

این گام ها برا ی به دست آوردن داده ی آماری از پارامتر های MF خروجی نظیر تابع چگالی احتمال یا مقادیر مورد انتظار تکرار شده اند

2-4 رویکرد مبتنی بر امکان- سناریو

گام های زیر این رویکرد را توصیف می کند{20}

**گام اول**: تولید مجموع سناریو برا ی توصیف رفتار Z و jΩ

**گام دوم** :کاهش مجموع سناریو اصلی به یک مجموع کوچکsΩ .

**گام سوم**:محاسبهَa (Y) و Y\_)a) به شرح زیر است:

Ya= min

Ya= max

(xa) = (xa,x--a)

**گام چهارم** : غیر فازی سازی Y

1. نظریه تصمیم گیر ی شکاف اطلاعاتی

نظریهتصمیمگیریشکافاطلاعاتیIGDT)) روشی است که عدم قطعیتی را توصیف می کند که نمی توان با استفاده از تابع چگالی اجتمال MF به دلیل فقدان اطلاعات کافی توصیف کرد . برای ایجاد تصمیم های مقاوم در برابر عدم قطعیت شدید پارامتر های ورودی به کار رفته است.

یک تابع بهینه نمونه رابه شرح زیر در نظر بگیرید:

Y=mindf(x,d)

H(x,d)=0

G(x,d)

که در آنX برداری از پارامتر های ورودی استکه در معرض عدم قطعیت شدید وجوددارد و D برداری از متغیر های تصمیم گیری است HG به ترتیب محدودیت های تساوی و نابرابری هستند.F(X,d) رابطه بین متغیر های تصمیم گیر ی(D) و پارامتر های نا معین ورودی X) ) را توصیف می کند .

در صورتی که پارامتر های ورودی نا معین X برابر با مقادیر پیش بینی شده ی آنها باشد (X=X\_\_) پس حل (25)\_((27)مقدار پیش بینی شده ی Y=ȳ را می دهد به هر حال اگر مقدار X نامشخص باشد پس روش نظریه تصمیم گیری شکاف اطلاعاتی سعی در یافتن راه حلی برای این مسئله دارد که دربرابر خطا در مقدار پیش بینی شده ی X مقاوم است. درنظریه تصمیم گیری شکاف اطلاعاتی، مقاومت به عنوان ایمنی رضایت بخش از محدودیتی از پیش تعیین شده تعریف می شود.{5} رضایت محدود ممکن است مبتنی بر کاربرد تعریف شده باشد{21}.

برای توضیح بهتر،فرض کنید که تابعf مدل سیستم را توصیف می کند(به عنوان مثال مجموعه ای از محدودیتها که خرید انرژی را از منابع مختلف توصیف می کند)،X برداری از پارامترهای نامعین ورودی به سیستم است که درمعرض عدم قطعیت شدید قراردارد(به عنوان مثال نرخ برق بدون داده تاریخی) وy متغیر خروجی است(به عنوان مثال مجموع پرداخت ها برای خرید انرژی).d مجموعه ای از متغیرهای تصمیم گیری را نشان می دهد(به عنوان مثال مقدارانرژی خریداری شده از منابع انرژی مختلف مانند واحدهایDG، بازار برق مشترک و قراردادهای دوجانبه مقاومت در متن نظریه تصمیم گیری شکاف اطلاعاتی به شرح زیر تعریف شده است:

کل پرداخت ها باید همیشه کمتر از استانه پیش پرداخت Lc باشد، مهم نیست که قیمت برق نا معین چه مقداراست ؟مقداری را دور از آنچه که پیش بینی شده است در بر می گیرد.نقطه مقابل قوی مسئله در (25) – (27)توصیف شده است که به شرح زیر است:

X

که درآنζ درجه ایست که تصمیم گیرنده ،تخریب تابع هدف را به دلیل خطای پیش بینی شده از پارامتر ورودی X تحمل می کند.عدم قطعیت پارامتر ها در روش نظریه تصمیم گیری شکاف اطلاعاتی معمولا با استفاده از مدل محدود پاکت {22} به شرح زیر تعریف شده است:

Z

F(X, Y)=A(Y)\*X+g(y)

X

که در آن a سطح عدم قطعیت پارامتر X وX—مقدار پیش بینی شده X است و U(a,x--) مجموعه تمام مقداریر x که انحراف از X—بیشتراز ax—نخواهد بود . تصمیم گیرندگان مقادیر a,x را نمی دانند.

مقاومت یک تصمیم گیری d مبتنی بر نیاز Lc(d,Lc )ȃ به عنوان حداکثر مقدار a تعریف شده است که در آن تصمیم گیرنده مطمئن است که محدودیت های مورد نیاز همیشه به شرح زیر برآورده شده است{5}

F(X, Y)=A(Y)\*X+g(y)-maxwi

0

سیاست تصمیم گیری به عنوان پیدا کردن متغیر های تصمیم گیری ،d تعریف شده است که مقاومت را به حداکثر می رساند چنانچه

B+𝛏iai(y)\* Xi

1. بهینه سازی مقاوم:

مفهوم بهینه سازی مقاوم اولین بار توسطSoyster معرفی شد.{6} رویکردی جدید برای حل مسائل بینه سازی است که توسط عدم قطعیت به خصوص در مورد فقدان تمامی اطلاعات بر روی ماهیت عدم قطعیت تأثیر گذاشته است.{23} که به شرح زیر توصیف شده است: تابعی مانند Z=f(x.y) را در نظر بگیرید که در X خطی و درY غیر خطی است. مقداریر X در معرض ابهام قرار دارند در حالی که مقادیرY شناخته شده هستند.در بینه سازی مقاوم ، فرض شده است که هیچ تابع چگالی احتمال مشخصی برای توصیف پارامتر نامعین X در دست نیست.عدم قطعیت xبا یک مجموعه نا معین مدل سازی شده است.X زیر مجموعه ای از U(x) که در آن U(x) مجموعه ای است که پارامتر X می تواند مقدار یساز آن را بگیرد. حداکثر سازی X=f(x,Y) می تواند از طریق موارد زیر فرموله شده باشد.

Z

F(X , Y) =a(y)\*X + g(y) –ҐB\_⅀i𝛏i

B+𝛏

از آنجا که مقدار Z با توجه به x خطی است می تواند به شرح زیر فرموله شده باشد:

X˜,X̅,X̂ مقدار پیش بینی شده و در حداکثر انحراف ممکن متغیر X از X̅بهینه سازی مقاوم در پی یافتن راه حلی است که نه تنها تابع هدف Z را به حداکثرمی رساند بلکه همچنین اگر مقدار خطای پیش بینی شده درباره مقدار X وجود دارد تصمیم گیرنده آن را تضمین می کند.که Z بهینه با احتمال باقی باقی می ماند.{24}برای انجام این کار یک نسخه ای از نقطه ی مقابل مقاوم ار مشکل ساخته و حل شده است.نقطه ی مقابل مقاومبه شرح زیر تعریف شده است

بر اساس (47) دو مسئله بهینه سازی تو در تو حل خواهد شد . معادلات (49)و(50) نسبت به wa خطی هستند و دارای فرم دوگانه به شرح زیر هستند.

نرم افزار هایی وجود دارند که برای حل مشکلات مبتنی بر بیینه سازی مقاوم طراحی شده اند{25}

به عنوان یک مثال گویا؛فرض کنید که تابع f مدل سیستم را توصیف می کند(به عنوان مثال؛مجموعه ای از محدودیت های توصیف انرژی خریداری شده توسط یک خانه هوشمند،X برداری از پارامتر های نا معین ورودی به سیستم است( به عنوان مثال)قیمت برق که همیشه در یک دره می باشد.)،Z متغیر خروجی است به عنوان مثال؛آ مجموع پرداخت ها برلای خرید انرژی). Γ درجه محافظه کاری را نشان می دهد و Y مجموعه ای از متغیر های تصمیم گیری است( به عنوان مثال مقدار انرژی خریداری شده در ساعات مختلف)

1. تجزیه و تحلیل فاصله:

در این روش محدوده ی مقادیر برای هر پارامتر ورودی نا معین تعریف شده است و می تواند توسط یک فاصله نمایش داده شده باشد.فرض کنید یک تابع چند متغیره از شکل f=(x1,……xn) و Lbi<=xi<=ubi که در آن LbiوUbiبه ترتیب کران پایینی و بالایی پارامتر نا معیین Xi­ هستند.هدف پیدا کردن پایین ترین و بالاترین کران تابع هدف F می باشد.بعضی نرم افزار های توسعه یافته برای حل مشکلات مبتنی بر تجزیه و تحلیل فاصله وجود دارند{26}

1. بررسی روش های کنترل عدم قطعیت جدید

طبقه بندی روش های مدل سازی عدم قطعیت در گذشته،حال و آینده چنانچه در شکل 3 نشان داده شده است .در سال 2011Zadehیک کلاسی جدید از اعداد نا معین به نام اعداد Z را معرفی کرد. اعداد Z همانندیک جفت در شکل Z=(A,B)بیان شده اند که درآنA,B محدودیت های توصیف رفتار Z هستند.A معمولا یک مجموعه فازی است در حالی که B درجه قطعیت را توصیف می کنددرجه قطعیت ممکن است همانند یک تابع چگالی احتمال یا یک مجموعه فازی بیان شده است در این زمینه Z={XƖXɛA با درجه قطعیت برابر با B است.در اعداد فازی کلاسیک تصمیم گیرنده فقط دارای A می باشد و مطمئن است که Z متعلق به A است در هر صورت در اعداد Z ، با استفاده از مجموعه A با یک درجه اطمینان اطلاعات به نام B توصیف شده است.

مثال هایی برای اعداد Z در جدول 3 ارائه شده است

تابع چگالی احتمال نرمال به عنوان یک تابعµوσ یک انتخاب منطقی برای مدل سازی تصادفی از متغیر بار است برای اینکه این مفهوم رفع ابهام شود یک شبکه دو گذرگاه ساده به کار رفته است که در شکل 4 نشان داده شده است. دنباله های مقاومت واکنشی از اتصال خط انتقال این دو گذرگاه فرض شده که X باشد.اندازه های ولتاژ ارسال و دریافت حدود به ترتیب توسط E,V نمایش داده شده است.زاویه ای که از طریق آنولتاژ پایینی ارسال ،ولتاژ پایانی دریافت را هدایت می کندᵷ که این در نظر گرفته شده است.p,q به ترتیب بار قدرت فعال و واکنش دار رادر پایان دریافتی نمایش می دهند.پارامتر های اعدادZ (زوج های MF ) مقادیر بار توصیف شده هستند که در جدول 4 داده شده اند.برای مثال،تقریبا مطمئن هستیم (مجموعهB2 )که مقدار مورد تقاضا در یک گذر گاه داده شده( عددZ )پایین(مجموعه A1 است که در شکل 5نشان داده شده است.احتمال اینکه مقدار بار پایین باشد می تواند همانند (58)محاسبه شده باشد

در (58)،G(prob) درجه ای را نشان می دهد که prob متعلق به A1 است.حال، اطلاعات هدد Z مورد انتظار به صورت L=(A1,B) برای پارامتر بار به عنوان یک توزیع احتمالی G(prob) بیش از فضای توزیع احتمال نشان داده شده است.(0مقادیر مختلفµ,ᵷ)

1. کاربردها

زمینه یا روشی که برای نشان دادن کاربردهایی از تکنیک های مدل سازی عدم قطعیت ذکر شده در بالا به کار رفته است . کاربردها به طور گسترده به چند حوزه تقسیم شده اند که در جدول 1 داده شده است. خلاصه ای از ویژگی های مدل سازی عدم قطعیت در جدول 2 ارائه شده است.

* ارزیابی تأثیر تولید پراکنده(DG)
* به پریز زدن وسایل نقیله برقی هیبریدی(پیوندی)(PHEV ):(بهره برداری از به برق وصل کردن وسایل نقلیه ی برقی هیبریدی
* ارزیابی قابلیت انتقال در دسترس (ATC)
* انرژی تجدید پذیر ( بهره برداری و برنامه ریزی )( به عنوان مثال،مدیریت تولید انرژی آبی)
* بار کردن محاسبات جریان قدرت بهینه (به عنوان مثال ؛ جریان با راحتمالی و جریان بار فازی)
* ارزیابی قابلیت اطمینان( به عنوان مثال؛ پیکر بندی مجددشبکه توزیع مبتنی بر قابلیت اطمینان
* بهره برداری و برنامه ریزی شبکه توزیع ( به عنوان مثال تعادل فاز، تجزیه و تحلیل هزینه – سود اتوماسیون توزیع

جدول 1

خلاصه ای از کاربرد های مدل سازی عدم قطعیت

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| IGDT | RO | فاصله | پیوندی | امکان | احنمال | کاربردها |
| MC PEM Senario |
|  |  | a | (19و20) | (33) | (31.32) (30) (28و29) | واحدهایDG |
|  | (36) |  |  |  | (35) (35) (1و34) | PHEV |
|  |  |  |  | (39) | (38) (37) | قابلیت انتقال در دسترسATC)) |
|  | (49) |  |  | (48) | (43-47) (42) (41و40) | انرژی تجدید پذیر(بهره برداری و برنامه ریزی) |
|  |  | (55) |  | (52-54) | (51) (50) | بار کردن جریان/ جریان قدرت بهینه |
|  |  | (61و62) |  | (60) | (59و57) (58) (56و57) | ارزیابی قابلیت اطمینان |
|  |  | (65) |  | (64) | (29)  (63) | توزیع بهره برداری و برنامه ریزی |
|  | (77) | (74-76) | (71) | (70-73) | (67.68.15و69). (66) | برنامه ریزی انتقال/تولید و کنترل/بهره برداری |
|  |  | (83) | (81) | (81و82) | (80) (79) (78) | تخمین وضعیت |
| (90و88) | (87-89) | (86) |  | (70) | (84و85) | بازار برق |

جهت گیری های تحقیقاتی نا شناخته

جدول 2

خلاصه ای از ویژگی های مدل سازی عدم قطعیت

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| معایب | مزایا | ویژگی های خروجی | نمایش ورودی | روش |
| محاسبات گران،به داده های تاریخی زیادی نیاز دارد، نتایج تقریبی | پیاده سازی آسان | آمار هایی مانند انتظار، نا همسانی و غیره | PDF | احتمال |
| پیاده سازی پیچیده | تبدیل دانش زبانی به مقادیر عددی | MF | MF | امکان |
| محاسبات گران | برخورد با هر دو نوععدم قطعیت همزمان | تابع عضو با پارامتر های احتمالی | MF,PDF | پیوندی |
| بسیار محافظه کار | مفید برای عدم قطعیت های دشوار | متغیر های تصمیم گیری برطرف سازی نیاز ها | مقادیر پیش بینی شده | IGDT |
| دشواری برای مدل های غیر خطی | مفید برای زمانی که فقط یک فاصله در دسترس است | محافظه کاری کنترل شده | فاصله ها | بهینه سازی مقاوم |
| هم بستگی ها در فواصل نادیده گرفته می شوند که این امر باعث محافظه کاری آن می شود | مفید برای زمانی که فقط یک فاصله در دسترس است | کران های خروجی | فاصله ها | تجزیه و تحلیل فاصله |

جدول شماره 3

مثال هایی برای اعداد Z

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| B | A | پارامتر |
| بسیار مطمئن | بالا | مقدار مورد تقاضا |
| معمولا | تابع چگالی احتمال Weibul | سرعت باد |
| در اغلب موارد | توزیع یک نواخت در {0.951.05} | اندازه ولتاژ |

جدول شماره 4

توصیف مقادیر بار همانند عددZ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| بار | B | A |
| L=(Low.Notsure)=(A­1,B1)  L=(Low.Almostcertain)=(A1,B2)  L=(Low.Quitsure)=(A1,B3) | مطمئن نیست  تقریبا مطمئن  مطمئن | پایین |
| L=(Medium.Notsure)=(A2,B1)  L=(Medium.Almostcertain)=(A2,B2)  L=(Medium.Quitsure)=(A2,B3) | مطمئننیست  تقریبامطمئن  مطمئن | متوسط |
| L=(High.Notsure)=(A3,B1)  L=(High. Almostcertain)=(A3,B2)  L=(High.Quitsure)=(A3,B3) | مطمئننیست  تقریبامطمئن  مطمئن | بالا |

* برنامه ریزی انتقال /تولید، بهره برداری و کنترل:( به عنوان مثال برنامه ریزی خودکار Gencos ،طرح موقعیت خطا، توزیع اقتصادی پویا، برنامه ریزینگهداری ، تعیین نقاط آزمایشی برای کنترل ولتاژ منطقه ای ، پایداری سیگنال کوچک
* تخمین وضعیت
* بازار برق(به عنوان مثال؛مدیریت طرف تقاضا بلادرنگ ، استراتژی مزایده؛مدیریت کانون انرژی و استراتژی تدارک برق
* تجزیه و تحلیل ریسک ( به عنوان مثال؛ اندازه های ریسک استراتژی مصون سازی)

10 خطوط امید بخش از تحقیقات آینده.

روندهای آینده در مدل سازی عدم قطعیت( که باید بیش از این مورد بررسی قرار گرفته باشد) به شرح زیر خلاصه شده است:

1-10 بررسی پارامتر های نا معین جدید

با تقییرات فزاینده ی انقلابی در سیستم قدرت چارچوب مقرراتی و توسعه فناوری های عدم قطعیت در داده ی ورودی از فرایند های تصمیم گیری افزایش یافته است این محیط های نا معین شامل مالی، اجتماعی/ دولتی (سیاست دولت فعلی و پتانسیل آینده مشوقی برای انرژی های تجدید پذیر)، زیست محیطی( انتشار کربن و موضوع گرم شدن جهانی) و فنی ( ارتباط و معماری اطلاعات در شبکه های هوشمند، پاسخ تقاضا ،PHEV ، کانون های انرژی ساختمان هوشمند) عدم قطعیت ها ، اولویت های ریسک در مدل های سرمایه گذاری ، قیمت های سوخت و مقررات بازار منابع انرژی تجدید پذیر و رقابت در میانم تأمین کنندگان است.

2-10 تقویت تکنیک های موجود

• کاهش بار محاسباتی به ویژه زمانی که سیستم های قدرت با مقیاس بزرگ و کاربرد های بلادرنگ به کار رفته است

• انتخاب تکنیک کنترل عدم قطعیت مناسب

•استفاده از تکنیک های موجود برای توصیف بهتر محیط نامطمئن

• استفاده از روش های اکتشافی( ذهنی) برای نرم کردن رویه های محاسباتی

11 – نتیجه گیری

این مقاله یک طبقه بندی استاندارد از روش های کنترل عدم قطعیت را به همراه خطوط امید بخش از تحقیقات آینده پیشنهاد کرد.امکان استفاده اعداد Zبرای مدل سازی عئم قطعیت از مقادیر بار برای اولین بار معرفی شد. روشهای ارزیابی شده شامل احتمال ، امکان، روشهای پیوندی ، بهینه سازی مقاوم ، تجزیه و تحلیل مبتنی بر فاصله، همچنین اعداد Z می باشد این مدل ها با یکدیگر مقایسه شده اند و نقاط قوت و ضعفشان مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس طبقه بندی جامع پیشنهاد شده، مشخص شده است که هر روش برای یک نوع خاص عدم قطعیت مناسب است.

شدت عدم قطعیت ، انتخاب تکنیک مدل سازی عدم قطعیت مناسب را دیکته و تحمیل می کند. به علاوه با توجه به طبقه بندی روش ها مشخص شد که برخی از حوزه های تحقیق هنوز دست نخورده باقی ماندند.