مروری بر روش های ارائه شده در برنامه ریزی توسعه سیستم های تولید و انتقال در شبکه های قدرت

سعید احمدی[a,۱]، علی اصغر قدیمی[۲]، محمدرضا میوه[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی برق، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اراک، اراک، ایران

(sa.ahmadi۱۹۹۵@gmail.com)

۲- دانشیار، گروه مهندسی برق، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اراک، اراک، ایران (a-ghadimi@araku.ac.ir)

۳-استادیار، دانشکده مهندسی برق، دانشگاه تفرش، تفرش، ایران (miveh@tafreshu.ac.ir)

خلاصه

برنامه‌ریزی سیستم‌های قدرت به عنوان مهم‌ترین و گسترده‌ترین مبحث در توسعه و بهبود صنعت برق کشورها از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. هزینه های سرمایه گذاری بسیار زیاد در برنامه ریزی سیستم های قدرت باعث می شود که این برنامه ریزی دارای اهمیت بسیاری باشد. تاکنون روش های زیادی در مقالات برای برنامه ریزی توسعه سیستم های تولید و انتقال با و بدون در نظر گرفتن منابع تجدیدپذیر ارائه شده است. در این مقاله مروری بر روش های موجود در برنامه ریزی توسعه سیستم های قدرت صورت گرفته است. سپس این مقالات ارزیابی، دسته بندی و با یکدیگر مقایسه شده اند.

کلمات کلیدی: برنامه ریزی سیستم های قدرت، برنامه ریزی توسعه سیستم های تولید و سیستم های انتقال، انرژی های تجدیدپذیر، نیروگاه بادی

۱ مقدمه

سیستم های قدرت همواره درحال توسعه بوده و با مسائل جدیدی روبه‌رو می شوند. مسئله ای که در برنامه ریزی سیستم های قدرت همواره مد نظر بوده است پاسخگو بودن المان های شبکه به این رشد بار می باشد. اما در سال های اخیر با استفاده بیش از پیش از منابع تجدیدپذیر(RE[b]) و عدم قطعیت ذاتی این منابع و همچنین لزوم توجه بیشتر به پیوستگی انرژی الکتریکی، شرایط برنامه ریزی سیستم های قدرت دست خوش تغییر و تحولات بسیاری شده است. مطاعات صورت گرفته در زمینه برنامه ریزی توسعه سیستم های تولید و انتقال در سال های اخیر را می توان به چهار دسته کلی برنامه ریزی سیستم های تولید (GEP[c])، برنامه ریزی سیستم های انتقال(TEP[d])، برنامه ریزی سیستم های تولید و انتقال هم زمان و برنامه ریزی سیستم های تولید و انتقال با در نظر گرفتن منابع تجدیدپذیر دسته بندی کرد. در برنامه ریزی های یاد شده

[a] **Corresponding author: سعید احمدی**

Email: sa.ahmadi۱۹۹۵@gmail.com

[b] Renewable Energy
[c] Generation Expansion Planning
[d] Transmission Expansion Planning

می بایست مشخص شود که نیروگاه ها و خطوط انتقال جدید با چه ظرفیتی، در چه زمانی و در چه مکانی باید احداث شوند. این برنامه ریزی معمولا برای یک دوره ۵-۲۰ سال انجام می شود.

به طور کلی ظرفیت عملی نیروگاه های نصب شده در یک شبکه قدرت باید برابر با مجموع توان مورد نیاز کلیه مصرف کنندگان بعلاوه مجموع تلفات توان، مجموع توان مصرفی داخلی پست ها و نیروگاه ها و درصدی به عنوان ذخیره چرخان در محدوده زمانی مورد مطالعه باشد. در صورتی که مجموع ظرفیت عملی نیروگاه های نصب شده کمتر از مقدار مورد نیاز باشد باید ترکیبی از نیروگاه های جدید با حداقل هزینه به شبکه اضافه گردد. برای تعیین مکان احداث نیروگاه ها لازم است چگونگی توزیع بار در شبکه مورد مطالعه به همراه محدودیت های محیطی جهت احداث نیروگاه ها، محدودیت های خطوط انتقال جهت انتقال توان تولیدی و محدودیت های سوخت رسانی نیز لحاظ گردد. به دلیل بزرگ بودن ابعاد مسئله برنامه ریزی توسعه سیستم تولید، معمولا آن را به دو مسئله مجزا تقسیم می کنند. در مسئله اول از تعیین مکان احداث نیروگاه ها صرف نظر شده و تنها نوع نیروگاه ها، زمان نصب شدن و ظرفیت آن ها مشخص می شود، مسئله دوم معمولا به این صورت است که فرض می شود مسئله اول حل شده و در نتیجه نوع نیروگاه ها، زمان نصب و ظرفیت آنها مشخص شده است. حال با در نظر گرفتن عواملی مانند توزیع جغرافیایی بار، محدودیت های محیطی و سوخت رسانی، ساختار شبکه انتقال و غیره بحث جایابی نیروگاه ها پیگیری می شود.

سیستم های انتقال به عنوان یکی از زیر ساخت های اصلی صنعت برق هر کشور به شمار می روند، چرا که علاوه بر ایجاد ارتباط میان سیستم تولید و توزیع انرژی الکتریکی، بستری فراگیر و قابل اطمینان برای تولید کنندگان و مصرف کنندگان مهیا می سازند. از این رو طراحی و برنامه ریزی یک سیستم انتقال مطلوب و انعطاف پذیر از اهمیت ویژه ای برخوردار است. شبکه انتقال وظیفه انتقال انرژی الکتریکی تولیدی توسط سیستم های تولید را برعهده دارند که یکی از اهداف طراحی این سیستم ها یافتن الگوی مناسب جهت توسعه نیروگاه هاست که با احداث آنها ضمن تامین انرژی مورد نیاز مصرف کنندگان با قابلیت اطمینان بالا، کمترین هزینه نیز جهت تامین بارها به شبکه تحمیل می شود و همچنین شبکه نیز به بیشترین میزان پایداری خود دست می یابد.

برنامه ریزی هم زمان سیستم های تولید و انتقال اگرچه به پیچیدگی مسئله می افزاید، اما در [۱] نشان داده شده زمانی که برنامه ریزی توسعه شبکه تولید و انتقال به صورت همزمان انجام می شود هزینه سرمایه گذاری کاهش می یابد. این برنامه ریزی بدین صورت است که متغیر های تصمیم گیری برای هر دو مسئله به صورت هم زمان در یک برنامه ریزی در نظر گرفته می شوند، و در یک برنامه ریزی همه پارامتر های مورد نیاز از قبیل مکان، ظرفیت و زمان احداث نیروگاه ها و خطوط انتقال جدید مشخص می شود.

فشار های بین المللی حامیان محیط زیست برای استفاده کمتر از سوخت های فسیلی و استفاده بیشتر از منابع تجدیدپذیر باعث اعمال سیاست های در این زمینه شده است. برای مثال اتحادیه اروپا به دنبال کاهش ۲۰ درصدی گاز های گلخانه ای تا سال ۲۰۲۰ و در نهایت کاهش ۸۰ درصدی گازهای گلخانه ای تا سال ۲۰۵۰ میباشد. اعمال این سیاست ها باعث استفاده از منابع تجدید پذیر (توربین بادی و سلول های خورشیدی) در ابعاد بسیار وسیعی شده است [۲]. همینطور که میدانیم ویژگی اصلی این منابع عدم قطعیت ذاتی موجود در آنها میباشد. برای مثال عدم قطعیت در سرعت وزش باد یا عدم قطعیت در میزان تابش خورشید در مناطق مختلف از جمله این عدم قطعیت هاست که باعث افزودن پیچیدگی قابل توجهی به مسئله برنامه ریزی توسعه شبکه های قدرت می شود. در نظر نگرفتن تمام پارامتر های که شامل عدم قطعیت می باشند می تواند اثرات منفی زیادی به همراه داشته باشد، بنابراین تمام پارامتر های عدم قطعیت باید در این برنامه ریزی مدل شود.

۲ مروری بر کارهای انجام شده

مطالعات اخیر مسئله برنامه ریزی سیستم های قدرت نشان می دهد که هزینه برنامه ریزی توسعه سیستم های تولید بیشتر از هزینه برنامه ریزی توسعه سیستم های انتقال می باشد[۳]. به همین دلیل در گذشته مسئله برنامه ریزی توسعه نیروگاه ها و خطوط انتقال به صورت جداگانه حل می شد.

۲-۱ برنامه ریزی توسعه واحد های تولید (GEP)

در این برنامه ریزی تنها مکان و ظرفیت نیروگاه و گاهی اوقات زمان (دینامیکی) نصب نیروگاه های جدید بدست می آید، یعنی بدون توجه به این خطوط انتقال جدید می تواند بسیاری از توان های اضافی قابل تولید در بعضی باس ها را به باس های که کمبود توان دارند منتقل کنند و نیاز به نصب نیروگاه های جدید را کاهش دهند، این برنامه ریزی صورت می گیرد در مراجع زیادی تنها برنامه ریزی توسعه واحد های تولید حل شده است [۲, ۴, ۵]. همانطور که گفته شد این مدل می تواند باعث نصب نیروگاه های اضافی شده و هزینه سرمایه گذاری را افزایش دهد.

۲-۲ برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال (TEP)

در مراجع زیادی مانند [۶-۹] تنها مسئله توسعه خطوط انتقال مورد برسی قرار گرفته است. در این نوع برنامه ریزی فقط مکان، ظرفیت و زمان نصب خطوط انتقال مشخص خواهد شد و زمانی این مسئله قابل حل است که توان مورد نیاز در دسترس باشد، و با این برنامه ریزی توان تولیدی از طریق واحد های موجود به اندازه مورد نیاز به همه بار های الکتریکی منتقل شود. در صورتی که کمبود توان داشته باشیم ابتدا باید مسئله برنامه ریزی توسعه واحد های تولید حل شود سپس به حل این مسئله پرداخته شود.

۲-۳ برنامه ریزی توسعه واحد های تولید و شبکه انتقال به صورت همزمان

همانطور که گفته شد حل هم زمان این دو مسئله منجر به نتایج بهتری خواهد شد[۱]. در [۱۰] هر دو مسئله برنامه ریزی توسعه واحد های تولید و شبکه انتقال به صورت همزمان حل شده است. اما امروزه با افزایش روز افزون واحد های تولید تجدید پذیر (مزارع توربین بادی و سلول های خورسیدی)، در نظر گرفتن شرایط خاص تولید این واحد ها بسیار ضروری و پر اهمیت است. از این رو امروزه برنامه ریزی توسعه واحد های تولید و شبکه انتقال حتی به صورت هم زمان، بدون در نظر گرفتن این شرایط خاص برای تولید واحد های تجدید پذیر چندان کارآمد نخواهد بود.

۲-۴ برنامه ریزی توسعه شبکه قدرت در حضور واحد های تولید تجدید پذیر و عدم قطعیت آن ها

یک مسئله بسیار مهم در برنامه ریزی توسعه سیستم های تولید و انتقال برخورد با عدم قطعیت های موجود در طبیعت این مسئله است، عدم قطعیت های از قبیل، عدم قطعیت در پیش بینی بار، هزینه سوخت، هزینه سرمایه گذاری، در دسترس بودن واحد ها و خطوط، عدم قطعیت در منابع تجدید پذیر و غیره. در[۱۱-۲۰] مسئله توسعه خطوط انتقال با در نظر گرفتن عدم قطعیت در حضور واحد های تجدید پذیر حل شده و همچنین در[۲۱-۲۳] مسئله توسعه واحد های تولید با در نظر گرفتن عدم قطعیت در حضور واحد های تجدید پذیر مورد برسی قرار گرفته است. اما در[۲۴-۲۶] مسئله هم زمان توسعه واحد های تولید و خطوط انتقال با وجود واحد های تجدید پذیر حل شده است. روش های زیادی برای برخورد با عدم

قطعیت ها وجود دارد برای مثال در[۲۷] و[۲۸] از روش تئوری تصمیم فضای اطلاعات (IGDT[e]) و روش محدودیت اپسیلون (epsilon constraint) برای برخورد با عدم قطعیت های بار و هزینه المان های جدید استفاده شده است.

۳ ارزیابی روش های پیشنهادی

جدول ۱ دسته بندی کار های صورت گرفته در گذشته را نشان می دهد. در این جدول ستون اول مراجع مختلفی که برسی شده اند را شامل می شود. در ستون دوم مقالاتی که فقط برنامه ریزی توسعه واحد های تولید را در نظر گرفته اند قرار دارند. در این مقالات از روش های مختلفی برای حل مسئله برنامه ریزی توسعه واحد های تولید استفاده شده است، برای مثال در [۴] از الگوریتم ژنتیک[f] و در [۵] از روش گیم تئوری[g] برای حل این مسئله استقاده شده است. در ستون سوم جدول۱ مقالات مربوط برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال گنجانده شده اند. در [۶] از برنامه ریزی خطی و در [۸] از روش برنامه ریزی خطی عدد صحیح برای حل این مسئله استفاده شده است. همچنین در [۹] یک مدل ترکیبی برای برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال با استفاده از پخش بار DC و در نظر گرفتن توان راکتیو ارائه شده است. مقالاتی که برنامه ریزی توسعه واحد های تولید و شبکه انتقال را به صورت هم زمان در نظر گرفته اند در ستون چهارم جدول۱ آورده شده اند. یک مدل چند هدفه با استفاده از روش NBI[h] برای برنامه ریزی هم زمان این دو مسئله در [۱۰] ارائه شده است.

ستون پنجم در بردارنده مقالاتی است که برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال را در حضور نیروگاه های تجدیدپذیر انجام داده اند. در بیشتر این مقالات از توربین بادی به عنوان واحد تجدیدپذیر استفاده شده است، برای مثال در [۱۱] برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال در حضور توربین بادی و قید پایداری ولتاژ استاتیکی صورت گرفته است. همچنین در [۱۶] این برنامه ریزی با در نظر گرفتن روش احتمالی N-۱[i] برای قابلیت اطمینان سیستم و با استفاده از الگوریتم ژنتیک حل شده است. مقالات ارائه شده در ستون ششم بر روی برنامه ریزی توسعه شبکه تولید در حضور نیروگاه های تجدیدپذیر کار کرده اند. این مقالات نیز از توربین بادی برای این نوع از برنامه ریزی استفاده کرده اند ، در [۲۱] برنامه ریزی توسعه واحد های حرارتی و بادی و در [۲۲] این مسئله با استفاده از برنامه ریزی تصادفی[j] انجام شده است. مقالاتی که برنامه ریزی توسعه واحد های تولید و شبکه انتقال را به صورت هم زمان در حضور واحد های تجدیدپذیر ارائه داده اند در ستون هفتم جدول۱ قرار گرفته اند. در [۲۵] عدم قطعیت در تولید واحد های تجدید پذیر با استفاده از تابع توزیع احتمالی (PDF[k]) و شبیه سازی مونت کارلو مدل سازی شده و مسئله توسط الگوریتم (PSO[l]) بهینه سازی شده است.

ستون هشتم و نهم جدول۱ مقالات استاتیکی و دینامیکی را از یکدیگر جدا می کند، مسئله برنامه ریزی توسعه شبکه قدرت را می توان به دو صورت دینامیکی و استاتیکی حل کرد که در روش استاتیکی زمان نصب المان های جدید مشخص نمی شود همانطور که در[۲۹, ۳۰] مسئله برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال به صورت استاتیکی حل شده است اما در[۳۱, ۳۲] مسئله برنامه ریزی توسعه شبکه قدرت به صورت دینامیکی حل شده و زمان احداث خطوط و نیروگاه های جدید در یک برنامه ریزی ۵ ساله به صورت سالیانه مشخص شده است.

در قسمت آخر جدول۱ دسته بندی روش های مدل سازی عدم قطعیت ها در برنامه ریزی توسعه شبکه قدرت صورت گرفته است. روش های زیادی برای برخورد با عدم قطعیت ها وجود دارد برای مثال در[۲۷] و[۲۸] از روش تئوری تصمیم فضای

---

[e] Information Gap Decision Theory
[f] Genetic algorithm
[g] Game-theoretic
[h] Normal Boundary Intersection
[i] N-۱ Contingency
[j] Stochastic Programming
[k] Probability Distribution function
[l] Particle Swarm Optimization

اطلاعات (IGDT[m]) و روش محدودیت اپسیلون[n] برای برخورد با عدم قطعیت های بار و هزینه المان های جدید استفاده شده است، مزیت های اصلی روش IGDT عبارت اند از [۳۳]: ۱- فاکتور ریسک از پیش تعیین نشده است،۲- IGDT از برنامه ریزی با هزینه سرمایه گذاری بالا جلوگیری می کند،۳- این روش بر خلاف روش های احتمالی نیازی به اطلاعات راجع به المان های شبکه ندارد. روش دیگر برای برخورد با عدم قطعیت ها روش مستحکم[o] می باشد که در [۱۴, ۲۴] استفاده شده است. اما روش های احتمالاتی[p] و تصادفی[q] روش های هستند که برای استفاده از آنها نیاز به اطلاعاتی مانند تابع توزیع احتمالی وزش باد یا تابش خورشید (احتمالاتی) و یا سناریو های مختلف (تصادفی) نیاز است.

جدول۱ دسته بندی کار های صورت گرفته در گذشته

مرجع	برنامه ریزی توسعه شبکه قدرت						نوع برنامه ریزی		مدل سازی عدم قطعیت			
	واحد های تولید	شبکه انتقال	هم زمان	واحد های تولید با تجدیدپذیر	شبکه انتقال با تجدیدپذیر	هم زمان با تجدیدپذیر	استاتیکی	دینامیکی	مستحکم	تئوری تصمیم فضای اطلاعات	تصادفی	احتمالاتی
[۴]	*						*					
[۵]	*						*					
[۶]		*					*					
[۷]		*					*					
[۸]		*					*					
[۳۴]		*					*					*
[۹]		*					*					
[۱۰]			*					*				
[۱۱]				*			*					
[۲۱]					*		*				*	
[۱۲]				*			*					*
[۱۳]				*			*					*
[۱۴]				*			*		*			
[۱۶]				*			*					*
[۲۴]						*	*		*			
[۲۵]						*	*					*
[۲۶]						*	*				*	
[۳۵]				*			*					*
[۲۲]					*		*				*	

[m] Information Gap Decision Theory
[n] Epsilon Constraint
[o] Robust
[p] Probabilistic
[q] Stochastic

[۳۶]		*					*				*	
[۳۲]		*						*				
[۲۷]		*						*		*		
[۲۸]												
[۳۱]			*					*		*		
[۳۷]		*					*		*			
[۳۸]		*					*		*			

نتیجه گیری

در این مقاله زیر مسئله های برنامه ریزی سیستم های قدرت که در سال های اخیر بیشتر مورد توجه بوده دسته بندی و در مورد هر یک از آنها بحث شد. همچنین مقالات چاپ شده در هریک از این زمینه ها به صورت خلاصه مورد بررسی قرار گرفت و روش های حل و قیود آنها با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفت. با مورد توجه قرار گرفتن بیش از پیش منابع انرژی های تجدید پذیر، در مورد عدم قطعیت های این منابع و روش های برخورد با این عدم قطعیت ها بحث شد و مشخص شد که در نظر نگرفتن این عدم قطعیت ها می تواند اثرات منفی زیادی در برنامه ریزی به همراه داشته باشد. لذا در نظر گرفتن این عدم قطعیت ها در برنامه ریزی سیستم های قدرت امری ضروری و پر اهمیت می باشد.

[۱] I. Sharan and R. Balasubramanian, "Integrated generation and transmission expansion planning including power and fuel transportation constraints," *Energy Policy*, vol. ٤٣, pp. ٢٧٥-٢٨٤, ٢٠١٢.

[۲] S. Lumbreras and A. Ramos, "The new challenges to transmission expansion planning. Survey of recent practice and literature review," *Electric Power Systems Research*, vol. ١٣٤, pp. ١٩-٢٩, ٢٠١٦/٠٥/٠١/ ٢٠١٦.

[۳] B. Alizadeh and S. Jadid, "Reliability constrained coordination of generation and transmission expansion planning in power systems using mixed integer programming," *IET generation, transmission & distribution*, vol. ٥, pp. ٩٤٨-٩٦٠, ٢٠١١.

[٤] J.-B. Park, Y.-M. Park, J.-R. Won, and K. Y. Lee, "An improved genetic algorithm for generation expansion planning ",*IEEE Transactions on Power Systems*, vol. ١٥, pp. ٩١٦-٩٢٢, ٢٠٠٠.

[٥] A. S. Chuang, F. Wu, and P. Varaiya, "A game-theoretic model for generation expansion planning: problem formulation and numerical comparisons," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. ١٦ ,pp. ٨٨٥-٨٩١, ٢٠٠١.

[٦] L. L. Garver, "Transmission network estimation using linear programming," *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, pp. ١٦٨٨-١٦٩٧, ١٩٧٠.

[٧] R. Romero and A. Monticelli, "A hierarchical decomposition approach for transmission network expansion planning," *IEEE transactions on power systems*, vol. ٩, pp. ٣٧٣-٣٨٠, ١٩٩٤.

[٨] N. Alguacil, A. L. Motto, and A. J. Conejo, "Transmission expansion planning: A mixed-integer LP approach," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. ١٨, pp.٢٠٠٣ ,١٠٧٧-١٠٧٠ .

[٩] R.-A. Hooshmand, R. Hemmati, and M. Parastegari, "Combination of AC transmission expansion planning and reactive power planning in the restructured power system," *Energy Conversion and Management*, vol. ٥٥, pp. ٢٦-٣٥, ٢٠١٢.

[۱۰] H. Mavalizadeh, A. Ahmadi, and A. Heidari, "Probabilistic multi-objective generation and transmission expansion planning problem using normal boundary intersection," *IET Generation, Transmission & Distribution*, vol. ۹, pp. ٥٦٠-٥٧٠, ٢٠١٤.

[۱۱] L. Gan, G. Li, and M. Zhou, "Coordinated planning of large-scale wind farm integration system and regional transmission network considering static voltage stability constraints," *Electric Power Systems Research*, vol. ١٣٦, pp. ٢٩٨-٣٠٨, ٢٠١٦.

[۱۲] C. Li, Z. Dong, G. Chen ,F. Luo, and J. Liu, "Flexible transmission expansion planning associated with large-scale wind farms integration considering demand response," *IET Generation, Transmission & Distribution*, vol. ۹, pp. ٢٢٧٦-٢٢٨٣, ٢٠١٥.

[۱۳] G. A. Orfanos, P. S. Georgilakis ,and N. D. Hatziargyriou, "Transmission expansion planning of systems with increasing wind power integration," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. ٢٨, pp. ١٣٥٥-١٣٦٢, ٢٠١٢.

[۱٤] R. A. Jabr, "Robust transmission network expansion planning with uncertain renewable generation and loads," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. ٢٨, pp. ٤٥٥٨-٤٥٦٧, ٢٠١٣.

[۱٥] F. Ugranli and E. Karatepe, "Transmission expansion planning for wind turbine integrated power systems considering contingency," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. ٣١, pp. ١٤٧٦-١٤٨٥, ٢٠١٥.

[۱٦] F. Ugranli and E. Karatepe, "Transmission Expansion Planning for Wind Turbine Integrated Power Systems Considering Contingency," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. ٣١, pp. ١٤٧٦-١٤٨٥, ٢٠١٦.

[۱۷] S. N .Jahromi, A. Askarzadeh, and A. Abdollahi, "Modelling probabilistic transmission expansion planning in the presence of plug-in electric vehicles uncertainty by multi-state Markov model," *IET Generation, Transmission & Distribution*, vol. ١١, pp. ١٧١٦-١٧٢٥ , .٢٠١٧

[۱۸] Y. Li, J. Wang, and T. Ding, "Clustering-based chance-constrained transmission expansion planning using an improved benders decomposition algorithm," *IET Generation, Transmission & Distribution*, vol. ١٢, pp. ٩٣٥-٩٤٦, ٢٠١٨.

[۱۹] A. Moreira, D .Pozo, A. Street, and E. Sauma, "Reliable Renewable Generation and Transmission Expansion Planning: Co-Optimizing System's Resources for Meeting Renewable Targets," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. ٣٢, pp. ٣٢٤٦-٣٢٥٧, ٢٠١٧.

[۲۰] C. Roldán, A. A. Sánchez de la Nieta, R. García-Bertrand, and R. Mínguez, "Robust dynamic transmission and renewable generation expansion planning: Walking towards sustainable systems," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. ٩٦, pp. ٥٢-٦٣, ٢٠١٨/٠٣.٢٠١٨ /٠١/

[۲۱] S. Kamalinia and M. Shahidehpour, "Generation expansion planning in wind-thermal power systems," *IET generation, transmission & distribution*, vol. ٤, pp. ٩٤٠-٩٥١, ٢٠١٠.

[۲۲] Y. Zhan, Q. P. Zheng, J. Wang, and P. Pinson, "Generation expansion planning with large amounts of wind power via decision-dependent stochastic programming," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. ٣٢, pp. ٣٠١٥-٣٠٢٦, ٢٠١٦.

[۲۳] A. Baharvandi, J. Aghaei, T. Niknam, M. Shafie-Khah, R. Godina, and J. P. S. Catalão, "Bundled Generation and Transmission Planning Under Demand and Wind Generation Uncertainty Based on a Combination of Robust and Stochastic Optimization," *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, vol. ٩, pp. ١٤٧٧-١٤٨٦, ٢٠١٨.

[۲٤] S. Dehghan, N. Amjady, and A. J .Conejo, "Reliability-constrained robust power system expansion planning," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. ٣١, pp. ٢٣٨٣-٢٣٩٢, ٢٠١٥.

[۲٥] R. Hemmati, R.-A. Hooshmand, and A. Khodabakhshian, "Coordinated generation and transmission expansion planning in deregulated electricity market considering wind farms," *Renewable Energy*, vol. ٨٥, pp. ٦٢٠-٦٣٠, ٢٠١٦/٠١/٠١/ ٢٠١٦.

[۲۶] S. You, S. W. Hadley, M. Shankar, and Y. Liu, "Co-optimizing generation and transmission expansion with wind power in large-scale power grids—Implementation in the US Eastern Interconnection," *Electric Power Systems Research*, vol. ۱۳۳, pp. ۲۰۹-۲۱۸, ۲۰۱۶.

[۲۷] S. Dehghan, A. Kazemi, and N. Amjady, "Multi-objective robust transmission expansion planning using information-gap decision theory and augmented ε-constraint method," *IET Generation, Transmission & Distribution*, vol. ۸, pp. ۸۲۸-۸٤۰, ۲۰۱٤.

[۲۸] A. Esmaeel Nezhad, A. Ahmadi, M. S. Javadi, and M. Janghorbani, "Multi-objective decision-making framework for an electricity retailer in energy markets using lexicographic optimization and augmented epsilon-constraint," *International Transactions on Electrical Energy Systems*, vol. ۲٥, pp. ۳٦٦۰-۳٦۸۰, ۲۰۱٥.

[۲۹] X. Zhang and A. J. Conejo, "Robust Transmission Expansion Planning Representing Long- and Short-Term Uncertainty," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. ۳۳, pp. ۱۳۲۹-۱۳۳۸, ۲۰۱۸.

[۳۰] A. A. Fathy, M. S. Elbages, R. A. El-Sehiemy, and F. M. Bendary, "Static transmission expansion planning for realistic networks in Egypt," *Electric Power Systems Research*, vol. ۱٥۱, pp. ٤۰٤-٤۱۸, ۲۰۱۷/۱۰/۰۱/ ۲۰۱۷.

[۳۱] H. Mavalizadeh, A. Ahmadi, F. H. Gandoman, P. Siano, and H. A. Shayanfar, "Multiobjective robust power system expansion planning considering generation units retirement," *IEEE Systems Journal*, vol. ۱۲, pp. ۲٦٦٤-۲٦۷٥, ۲۰۱۷.

[۳۲] J. Aguado, S. De La Torre, J. Contreras, A. Conejo, and A. Martínez, "Market-driven dynamic transmission expansion planning," *Electric Power Systems Research*, vol. ۸۲, pp. ۸۸-۹٤, ۲۰۱۲.

[۳۳] Y. Xue, S. Cui, and Q. Niu, *Intelligent Computing in Smart Grid and Electrical Vehicles*: Springer, ۲۰۱٤.

[۳٤] G. A. Blanco, F. G. Olsina, O. A. Ojeda, and F. F. Garcés, "Transmission expansion planning under uncertainty Ù The role of FACTS in providing strategic flexibility ",in ۲۰۰۹ *IEEE Bucharest PowerTech*, ۲۰۰۹, pp. ۱-۸.

[۳٥] M. Jadidoleslam, A. Ebrahimi, and M. A. Latify, "Probabilistic transmission expansion planning to maximize the integration of wind power," *Renewable Energy*, vol. ۱۱٤, pp. ۸٦٦-۸۷۸, ۲۰۱۷/۱۲/۰۱/ ۲۰۱۷.

[۳٦] S. De La Torre, A. J. Conejo, and J. Contreras, "Transmission expansion planning in electricity markets," *IEEE transactions on power systems*, vol. ۲۳, pp. ۲۳۸-۲٤۸, ۲۰۰۸.

[۳۷] C. Ruiz and A. J. Conejo, "Robust transmission expansion planning," *European Journal of Operational Research*, vol. ۲٤۲, pp. ۳۹۰-٤۰۱, ۲۰۱٥.

[۳۸] R. Mínguez and R. García-Bertrand, "Robust transmission network expansion planning in energy systems: Improving computational performance," *European Journal of Operational Research*, vol ,۲٤۸ .pp. ۲۱-۳۲, ۲۰۱٦/۰۱/۰۱/ ۲۰۱٦.

به نام خدا

شماره: ۹۸۴۰/۱۶۷۴

پژوهشگر گرامی

بدینوسیله گواهی می شود مقاله شما با عنوان " مروری بر روش های ارائه شده در برنامه ریزی توسعه سیستم های تولید و انتقال در شبکه های قدرت " و با نویسندگی "سعید احمدی، علی اصغر قدیمی، محمدرضا میوه " در سومین کنفرانس ملی مهندسی برق و کامپیوتر که در روز جمعه دهم آبان ماه سال ۱۳۹۸ در محل دانشگاه علامه طباطبائی تهران برگزار شد، شرکت نموده و از سوی کمیته داوران مورد پذیرش نهایی قرار گرفته و به صورت "شفاهی" ارائه شده است. بدینوسیله ضمن تقدیر و تشکر از شما برای شرکت در این رویداد، از خداوند منان توفیق روزافزونتان را خواستاریم.

دکتر علی ریاحی

دبیر کنفرانس