

# دانشگاه یزد

دانشکده فنی و مهندسی

گروه صنایع

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

مهندسی صنایع/مدیریت سیستم و بهره‌وری

عنوان:

## ارزیابی تکنولوژی‌های تولید برق با تلفیق مدل‌های ANP و QFD

استاد راهنما: دکتر محمد صالح اولیاء

استاد مشاور: دکتر احمد میرزایی

پژوهش، تدوین و نگارش: محسن احمدی مقدم

اسفندماه 1389



## چکیده:

برنامه‌ریزی توسعه و احداث نیروگاه‌ها مستلزم ارزیابی تکنولوژی‌های تولید برق است. این ارزیابی طیف وسیعی از معیارهای منطقه‌ای و جهانی را دربردارد و جنبه‌های گوناگونی از مطالعات را طلب می‌کند. گوناگونی این رویکردها که غالباً بر یک یا چند جنبه از معیارهای ارزیابی تأکید دارد، تصمیم‌گیران این حوزه را دچار سرگردانی و گاهی اشتباه در تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی کرده‌است. بنابراین، یافتن معیارهای مورد توافق و نیز توسعه مدلی به منظور گزینش تکنولوژی تولید برق در برنامه‌های میان مدت و بلند مدت، هدف این پژوهش قرار گرفته‌است. این مطالعه بر اساس نیازهای استان یزد، خواسته صاحب‌نظران را از ماتریس خانه کیفیت گذرانده و سپس آنها را با یافته‌های مجامع معتبر جهانی در قالب روش فرایند تحلیل شبکه ترکیب نموده‌است. براین اساس، تکنولوژی‌های منتخب برای تولید برق در استان یزد در سه دسته جداگانه ارزیابی و نتیجه هر یک ارایه شده‌است.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی تکنولوژی، تولید برق، تصمیم‌گیری، نیروگاه، QFD، ANP

## فهرست مطالب:

صفحه	فهرست موضوعات
1	<b>1 فصل اول: کلیات پژوهش</b>
2	1-1 مقدمه
3	2-1 تعریف مسأله و موضوع تحقیق (اهمیت، هدف از اجرا و کاربرد نتایج تحقیق)
6	3-1 سئوالات (یا فرضیات) پژوهشی
6	4-1 قلمرو تحقیق
7	5-1 تعاریف
8	<b>2 فصل دوم: ادبیات پژوهش</b>
9	1-2 مقدمه
9	2-2 سیر تحول مفاهیم ارزیابی تکنولوژی
10	3-2 تبیین مفهوم و تعاریف ارزیابی تکنولوژی
12	4-2 ابزار، روش‌ها و تکنیک‌های ارزیابی تکنولوژی
14	1-4-2 روش‌های ارزیابی تکنولوژی با تکیه بر تحلیل اثرات اجتماعی
15	2-4-2 روش‌های ارزیابی مبتنی بر تحلیل و مهندسی سیستم‌ها
16	3-4-2 روش‌های ارزیابی مخاطرات تکنولوژی
17	4-4-2 روش‌های تکنومتریک
18	5-4-2 پیش‌بینی‌ها و نقشه راه تکنولوژی
19	6-4-2 ارزیابی تکنولوژی با ابزار تحلیل سناریو
20	7-4-2 مدل‌های تحلیل مالی - اقتصادی
22	8-4-2 روش‌های مبتنی بر تحلیل تصمیم‌ها
23	1-8-4-2 ANP، ابزار ارزیابی و تصمیم‌گیری
24	2-8-4-2 QFD، ابزار و تکنیک‌های مرتبط در ارزیابی
25	3-8-4-2 ترکیب QFD با ANP، ابزاری برای ارزیابی کارا تر
26	5-2 ارزیابی تکنولوژی‌های تولید برق
27	1-5-2 ارزیابی و انتخاب تکنولوژی تولید برق بر اساس پیش‌بینی رشد تقاضا
28	2-5-2 انتخاب تکنولوژی با ارزیابی جامع فنی - اقتصادی نیروگاه
28	3-5-2 انتخاب تکنولوژی با توجه به معیارهای زیست محیطی
29	4-5-2 ارزیابی و انتخاب سید تکنولوژی تولید برق
30	5-5-2 ارزیابی مخاطرات و انتخاب تکنولوژی تولید برق
31	6-5-2 ارزیابی تکنولوژی تولید برق با ترازبندی هزینه‌ها
32	6-2 بررسی و تحلیل نگرش و روش‌های ارزیابی تکنولوژی تولید برق

<b>34</b>	<b>3 فصل سوم: روش تحقیق</b>
35	1-3 مقدمه
35	2-3 روش تحقیق
35	3-3 جامعه آماری
39	4-3 ابزار گردآوری داده‌ها
39	1-4-3 نقشه راه تحقیق
40	2-4-3 داده‌های مورد نیاز تحقیق
41	3-4-3 مراحل گردآوری داده‌های پژوهش
42	4-4-3 پایایی و روایی ابزار گردآوری داده‌ها
43	5-3 روش تجزیه و تحلیل داده‌ها
43	1-5-3 روش گسترش کارکرد کیفیت (QFD)
46	2-5-3 روش فرآیند تحلیل شبکه (ANP)
51	3-5-3 چگونگی تلفیق ابزارها و حصول نتایج پژوهش
<b>52</b>	<b>4 فصل چهارم: تجزیه و تحلیل داده‌ها</b>
53	1-4 مقدمه
53	2-4 تکنولوژی‌های مرجع برای تولید برق
53	1-2-4 وضعیت تکنولوژی تولید برق در استان یزد
54	2-2-4 تکنولوژی تولید برق در منابع جهانی
55	3-4 گام‌های ایجاد خانه کیفیت - اولویت‌بندی شاخص‌های ارزیابی
55	1-3-4 استخراج معیارهای ارزیابی
61	2-3-4 تجمیم معیارهای جهانی و منطقه‌ای و استانداردسازی معیارهای ارزیابی
61	3-3-4 شناسایی خواسته و نیازهای مشتریان
62	4-3-4 تجزیه و تحلیل داده‌ها در خانه کیفیت
64	5-3-4 تحلیل نتیجه خانه کیفیت و تعیین خروجی‌ها
65	4-4 گام‌های تشکیل و حل شبکه ANP
66	1-4-4 گام اول؛ مدل‌سازی و تشکیل ساختار مسأله
70	2-4-4 گام دوم؛ تشکیل ماتریس مقایسه دو دویی و بردارهای اولویت
74	3-4-4 ادامه گام دوم؛ مراحل مقایسه دو دویی گزینه‌ها
81	4-4-4 گام سوم؛ استخراج گزینه‌ها از EC11.5
92	5-4 جمع‌بندی و تحلیل نتایج ارزیابی‌ها
<b>99</b>	<b>5 فصل پنجم: بحث و نتیجه</b>
100	1-5 مقدمه
100	2-5 مروری بر پژوهش
102	3-5 نتیجه و دستاوردهای پژوهش
104	4-5 حواشی پژوهش و نظرات پیرامونی
107	5-5 پیشنهادات
108	فهرست منابع

## فهرست جداول:

صفحه	فهرست جداول
13	جدول 1-2: ابزار و روش‌های عمومی در ارزیابی تکنولوژی‌ها
54	جدول 1-4: دسته‌بندی تکنولوژی تولید برق براساس انرژی اولیه – Roth et. al, 2009
54	جدول 2-4: معرفی و دسته‌بندی تکنولوژی‌های تولیدکننده برق – IEA 2003
60	جدول 3-4: معیارهای ارزیابی تکنولوژی تولید برق – Roth et. al, 2009
61	جدول 4-4: معیارهای ارزیابی تکنولوژی تولید برق در استان یزد
62	جدول 5-4: خواسته‌های صنعت برق از تکنولوژی تولید
63	جدول 6-4: اولویت‌بندی معیارها در خانه کیفیت
67	جدول 7-4: تعریف معیارهای و تعیین روابط آنها
71	جدول 8-4: مقایسه دودویی معیارها
74	جدول 9-4: بررسی تطبیقی تکنولوژی‌های تولید برق در چند معیار - IEA 2003
75	جدول 10-4: ارزیابی اجزای هزینه تکنولوژی‌های تولید برق؛ تخمین سال 2006 IEA-
86	جدول 11-4: ارزیابی تکنولوژی‌های تولید برق؛ تخمین سال 2008-2015 IEA

## فهرست نمودارها:

صفحه	فهرست شکل‌ها
40	شکل 3-1: طرح شماتیک روش تحقیق (نقشه راه)
47	شکل 3-2: دسته‌بندی انواع تصمیم‌گیری
56	شکل 4-1: ملاحظات مختلف صنعت برق - مطالعه جامع فنی - اقتصادی تولید و تأمین برق در استان یزد، 89
57	شکل 4-2: ابعاد فنی صنعت برق - مطالعه جامع فنی اقتصادی تولید و تأمین برق در استان یزد، 89
58	شکل 4-3: ابعاد اقتصادی صنعت برق - مطالعه جامع فنی اقتصادی تولید و تأمین برق در استان یزد، 89
59	شکل 4-4: ابعاد زیست محیطی صنعت برق - مطالعه جامع فنی اقتصادی تولید و تأمین برق در استان یزد، 89
59	شکل 4-5: ابعاد حاکمیتی صنعت برق - مطالعه جامع فنی اقتصادی تولید و تأمین برق در استان یزد، 89
67	شکل 4-6: اولویت معیارهای ارزیابی تکنولوژی‌های تولید برق - خروجی خانه کیفیت
68	شکل 4-6: طرح شماتیک شبکه تصمیم‌گیری ANP
69	شکل 4-7: سلسله مراتب تصمیم‌گیری ANP - تکنولوژی‌های فسیلی در محیط EC11.5
69	شکل 4-8: سلسله مراتب تصمیم‌گیری ANP - تکنولوژی تولید پراکنده در محیط EC11.5
70	شکل 4-9: سلسله مراتب تصمیم‌گیری ANP - تکنولوژی‌های تجدیدپذیر در محیط EC11.5
72	شکل 4-10: جدول مقایسه معیارها در EC11.5
73	شکل 4-11: بردار نرمال‌شده مقایسه معیارها در EC11.5
77	شکل 4-12: هزینه‌های ترازبندی شده تولید برق برای تکنولوژی‌های مختلف (نرخ تنزیل 5%) - IEA 2010
80	شکل 4-13: هزینه تمام‌شده برق تولیدی تکنولوژی‌های مختلف - IEA 2010
80	شکل 4-14: مقایسه دودیی گزینه‌های فسیلی تولید برق
82	شکل 4-15: نتیجه ارزیابی گزینه‌های فسیلی تولید برق در استان یزد
83	شکل 4-16: منحنی ارزیابی گزینه‌های فسیلی تولید برق در استان یزد
84	شکل 4-17: منحنی ارزیابی حساسیت گزینه‌های فسیلی به معیارها
85	شکل 4-18: ارزیابی هزینه تمام شده برق در تکنولوژی‌های تجدیدپذیر - IEA 2008
87	شکل 4-19: نتیجه ارزیابی گزینه‌های تجدیدپذیر تولید برق
88	شکل 4-20: نتیجه ارزیابی گزینه‌های تجدیدپذیر برای تولید برق در استان یزد
90	شکل 4-21: نتیجه ارزیابی گزینه‌های تولید پراکنده برق در استان یزد
91	شکل 4-22: منحنی ارزیابی گزینه‌های تولید پراکنده برق در استان یزد
94	شکل 4-23: تغییر رویکرد تولید - IEA 2005
97	شکل 4-24: نرخ رشد برق تولیدی با تکنولوژی PV-NREL 2005

کلیات پژوهش

# فصل اول



ارزیابی تکنولوژی<sup>1</sup> زمینه مطالعاتی نسبتاً جوانی است که ابتدا در آمریکا و در اواخر دهه 1960 ظهور کرد. از مهمترین عوامل بوجود آورنده این موضوع در مباحث مدیریت تکنولوژی، کاربردهای وسیع تکنولوژی در زندگی و تأثیر غیرقابل انکار آن بوده است. کشورهای صنعتی قربانی جنگ جهانی دوم در کلیه زمینه‌های زندگی بشری بیشترین تأثیر را از رشد مداوم توسعه تکنولوژی داشته‌اند. هرچند توسعه تکنولوژی سعی داشته تا تغییر مثبت در کیفیت زندگی بشری ایجاد کند، اما به سرعت سئوالاتی درباره تأثیرات ثانوی و منفی تکنولوژی‌ها بوجود آمد. زمینه ارزیابی تکنولوژی با هدف کشف سریع این تأثیرات منفی یا ثانوی شکل گرفت و در ادامه با رویکرد به‌کارگیری بهینه تکنولوژی ادامه یافت.

در حوزه ارزیابی تکنولوژی‌های گوناگون، ارزیابی فناوری‌های مرتبط با تولید برق با توجه به پارامترهای تأثیرگذار بر آن، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. سادگی تبدیل انرژی برق به سایر انرژی‌ها و انتقال سریع آن به نقاط مختلف بر اهمیت استفاده از آن در صنعت و زندگی مدرن افزوده است. دنیای امروز به لطف تکنولوژی با سرعت فوق العاده‌ای توسعه می‌یابد و دامنه به‌کارگیری تکنولوژی‌های گوناگون در صنایع مرتبط با تولید انرژی برق نیز از این امر مستثنی نیست. روند توسعه تکنولوژی برق و تولید محلی آن به منظور افزایش بهره‌وری در مصرف و همچنین استفاده از منابع تجدیدپذیر در تولید، از راهبردهای نوین تکنولوژی در این عرصه به حساب می‌آید. لذا ضروری است که برنامه‌ریزی‌های مرتبط با صنعت برق ضمن توجه به تکنولوژی‌های موجود، با در نظر گرفتن پارامترهای ارزیابی تکنولوژی‌ها مثل عوامل اقتصادی - اجتماعی، فنی، و زیست محیطی و...؛ تحولات بنیادین پیش‌رو در فناوری‌های تأمین برق را مورد ارزیابی قرار دهد.

این مطالعه به منظور یافتن بهترین تکنولوژی تولید برق از میان نامزدهای گوناگون، به دنبال  
ارایه مدلی برای ارزیابی انواع تکنولوژی‌هاست. بنابراین هدف اصلی این پژوهش شناخت تکنولوژی و  
شاخص‌های تولید برق و نهایتاً ارائه مدلی برای ارزیابی آنها است. در این فصل اهمیت، سئولات موضوع  
پژوهش و مسیر انجام این تحقیق را بطور خلاصه بیان می‌کنیم تا دیدی کلی از آن حاصل گردد.

## 2-1 تعریف مسأله و موضوع تحقیق (اهمیت، هدف از اجرا و کاربرد نتایج تحقیق)

ارزیابی تکنولوژی موضوع مهمی در مباحث مدیریت تکنولوژی است که در تحقیقات دانشگاهی  
و علمی درباره فناوری، توجه بسیاری را به خود معطوف کرده است. همچنین موضوع TA در سه دهه  
گذشته توسعه بیشتری یافته و کاربردهای گوناگونی در بسیاری از موضوعات فناوری پیدا کرده‌است و  
هم‌اکنون، یافتن روش‌های مؤثر و جهانی‌تر در مطالعات TA از جمله نیازها در این زمینه تلقی می‌شود.  
امروزه صنعت برق نقش غیرقابل انکاری در توسعه دیگر تکنولوژی‌ها دارد و بسیاری از کشورها  
توسعه یافته به دنبال سرمایه‌گذاری در بخش تولید برق هستند تا فرصتهایی برای ایجاد مجموعه‌ای از  
تکنولوژیهای تولیدی کارا و پاک‌تر را در چند دهه آینده فراهم کنند. در سال‌های اخیر عوامل متعددی  
روند این سرمایه‌گذاری‌ها را تحت تأثیر قرارداده و بعضاً به شکل عاملی تهدیدکننده ظاهر شده‌است.

از میان معمول‌ترین تکنولوژی‌های مورد استفاده در تولید توان الکتریکی مثل نیروگاه‌های  
زغال‌سنگی، گازی با سیکل ترکیبی، هسته‌ای و برق بادی، کدامیک می‌تواند بهترین گزینه برای تأمین  
برق در یک منطقه یا کشور باشد؟ این سؤال وقتی پیچیده‌تر می‌شود که دیگر گزینه‌های مطرح در  
برخی کاربردهای محلی مثل سلول‌های فتوولتائیک، نیروگاه‌های برق آبی کوچک، نیروگاه‌های<sup>1</sup> CHP،

ژئوترمال، سوخت‌های بیولوژیک، تولید پراکنده شامل برق خورشیدی، و ریز ژنراتورها<sup>1</sup> و... را نیز به لیست تکنولوژی‌های نامزد اضافه نماییم.

اجمالاً دلایل این پیچیدگی در گزینش تکنولوژی‌ها اولاً در ماهیت تصمیم‌گیری است که در آن فرد ناگزیر از مقایسه و سنجش چند گزینه پیش‌رو است و در درجه بعد معیارهای متعددی است که فرد باید بطور مناسب و درجای خود با توجه به فضای تصمیم‌گیری از آنها بهره‌مند گردد. بعلاوه وقتی این مسأله مشکل‌تر می‌شود که برخی معیارهای کیفی و غیر مقداری در تصمیم‌نهایی نقش بازی کنند [1].

برای مثال، مخاطرات سرمایه‌گذاری ناشی از ماهیت تکنولوژی، آزادسازی صنعت برق و قوانین دولت در تنظیم بازار، قابلیت اطمینان و تأمین الزامات زیست‌محیطی، نوسانات قیمت سوخت و نیز رونق و رکود اقتصادی کشورها، از جمله مهمترین عوامل و معیارهای مؤثر در رتبه‌بندی و گزینش تکنولوژی‌های تولیدکننده برق به شمار می‌آید. این درحالی است که در مجامع معتبر جهانی انرژی، تقاضای آتی به عنوان معیاری برای توسعه تولید و انتخاب تکنولوژی تأمین انرژی برق در آینده معرفی می‌شود؛ از این‌رو بررسی روند افزایش دیمانند منجر به یافتن استراتژیهای تولید برق و نیز تکنولوژی‌های مورد توجه آنها در شرایط کنونی شده و نیز راهی برای ارزیابی تکنولوژی‌های تولیدکننده برق به شمار می‌رود. از سوی دیگر و از نظر سرمایه‌گذاران، مهم‌ترین مسأله روبرودر عرصه تولید برق، سود حاصله از تکنولوژی است. با این رویکرد، رتبه‌بندی تکنولوژی را هزینه کل حاصل از عوامل هزینه‌ای مثل هزینه‌های سرمایه‌گذاری، هزینه سوخت، هزینه کاهش انتشار گاز کربنیک و نرخ بهره و... به دست می‌دهد.

با نظر به معیارهای متعدد بالا که بعضاً فاقد استاندارد مشترک برای اندازه‌گیری و تبدیل ارزش آنها به یکدیگر است؛ به سادگی روشن می‌گردد که در حوزه پرمخاطره و مهم انرژی و مخصوصاً

درباره تولید برق در دنیای امروز نمی‌توان به راحتی دست به انتخاب زد لذا بسیار مهم و ضروری است تا بر اساس یک رویکرد مبتنی بر دانش نسبت به این موضوع اقدام شود.

موضوع این پژوهش صنعت برق است و مسأله پیش‌رو چگونگی تأمین انرژی الکتریکی در آینده است چراکه بیشترین رشد تقاضا از میان انواع انرژی در دنیا مربوط به انرژی الکتریکی است. عدم سرمایه‌گذاری در تکنولوژی‌های متنوع تولید برق و نیز عدم پیش‌بینی صحیح تقاضا در آینده ممکن است کمبود ظرفیت و خاموشی را در پی داشته‌باشد. از طرف دیگر عدم استفاده از روش‌های علمی در برنامه‌ریزی باعث اتلاف منابع بواسطه انتخاب نادرست گزینه‌های سرمایه‌گذاری خواهد شد. به‌عنوان نمونه در صورتی که فناوری نیروگاه‌های بزرگ حرارتی طی چند سال آینده غیر اقتصادی شود، سرمایه‌گذاری سنگین در این نیروگاه‌ها با فرض بهره‌برداری 30 ساله از آنها، خسارات سنگینی به همراه خواهد داشت. هدف از اجرای این پژوهش به روشی رسیدن به یک مدل ارزیابی تکنولوژی‌های تولیدکننده برق است که در آن تکنولوژی‌های شناسایی شده درجه‌بندی شده و از آن میان، انتخاب صورت می‌گیرد. نتایج این تحقیق را می‌توان در تصمیم‌گیری‌های کلان در حوزه صنعت برق به کار گرفت و به عنوان نمونه استراتژی‌های میان مدت و بلند مدت یک منطقه و یا کشور در حوزه تولید توان الکتریکی می‌تواند متأثر از نتایج حاصل از این تحقیق باشد. در این راستا لازم است در کنار برنامه‌ریزی‌های ملی تأمین برق (با فرض استفاده از تکنولوژی‌های کنونی)، با در نظر گرفتن پارامترهای اقتصادی - اجتماعی، فنی و زیست محیطی، برنامه‌ریزی اقتصادی مناسب برای تأمین برق با لحاظ نمودن تحولات بنیادین فناوری و تحولات بنیادین ساختار تأمین برق به صورت منطقه‌ای صورت گیرد.

در این پروژه در نظر است در مرحله اول تکنولوژی‌های مرتبط با "تولید برق" در دنیا با نگاه بلند مدت مورد بررسی قرار گرفته و کلیه معیارهای مهم موجود در ارزیابی آنها شناسایی و با تکنیک‌های کیفی موجود مهمترین معیارها براساس منطقه و نظر افراد خبره جدا شوند. در ادامه معیارهای دسته‌بندی شده کمک می‌کند تا جنبه‌های بحرانی مسأله در یک سطح سلسله مراتبی سازمان‌دهی شود

که این کار به ساده سازی فرآیند تصمیم گیری کمک می نماید. در نهایت بکمک برخی روابط، اولویت بندی نهایی میان تکنولوژی ها انجام می گیرد که منجر به تصمیم گیری و انتخاب تکنولوژی مناسب در منطقه مورد نظر خواهد شد.

### 3-1 سئوالات (یا فرضیات) پژوهشی

این پژوهش به دنبال پاسخ گویی به دو پرسش اساسی در حوزه تکنولوژی های تولیدکننده برق است که به شرح زیر مطرح می گردد:

الف) تکنولوژی های مناسب برای تولید برق کدامند؟

ب) اولویت تکنولوژی تولید برق در استان یزد با چیست؟

پاسخ به پرسش اول گستره تکنولوژی های تولیدکننده برق را با لحاظ کردن رویکردها و معیارهای تولید نشان می دهد و زمینه اولیه و لازم را برای گزینش فراهم می کند. سپس پاسخ به پرسش دوم در قالب یک مدل، تصمیم گیری در مورد تکنولوژی مناسب تولید برق را به انجام می رساند.

### 4-1 قلمرو تحقیق

این پژوهش در سال 1389 در سطح استان یزد انجام گرفته است. آمارها نشان می دهد تا پایان سال 1388 بالغ بر یک سوم برق استان از منابع خارجی و توسط نیروگاه های واقع در خارج استان یزد تأمین شده است. استان یزد از مزیت های ویژه ای در به کارگیری تکنولوژی های متنوع تولید برق اعم از منابع تجدیدپذیر مثل برق خورشیدی و بادی و منابع فسیلی مثل زغال سنگ، گاز و نفت کوره برخوردار است. نیروگاه سیکل ترکیبی آلستوم یزد، نیروگاه حرارتی فولاد آلیاژی و سلول های

فتوولتاییک منصوبه در شهر دربید از جمله تکنولوژی‌های موجود در استان است. با توجه به رشد روزافزون تقاضا در استان لازم است برای برنامه‌ریزی ایجاد ظرفیت‌های تولید برق بر اساس توان موجود و نیز ظرفیت‌های قابل بهره‌برداری، تکنولوژی‌های نامزد مورد ارزیابی قرار گیرند.

## 5-1 تعاریف

**تکنولوژی:** کلیه دانش‌ها، فرآیندها، ابزارها، روش‌ها و تصمیم‌های به کار رفته در ساخت محصولات و ارائه خدمات (روش و ابزار رسیدن به هدف)

**ارزیابی تکنولوژی:** دسته‌ای از مطالعه سیاست‌هاست که تأثیرات تکنولوژی را در جامعه مورد تحقیق می‌آزماید و در دوره ایجاد و توسعه تکنولوژی، آن را اصلاح می‌نماید. این تعریف بر پیامدهایی نامطلوب و دستاوردهای غیرمستقیم یا با تأخیر به کارگیری و توسعه فناوری تأکید دارد.

**تولید برق:** فرآیند تولید توان الکتریکی توسط نیروگاه یا تکنولوژی خاص با این توضیح که این تعریف از مفهوم تأمین برق که علاوه بر تولید برق به عنوان یک محصول به زیرساخت‌های انتقال و توزیع نیز اشاره دارد متمایز و قابل تفکیک است.

**مدل QFD:** روش و فرآیندی نظام‌مند و ساخت یافته‌است که به منظور شناسایی و استقرار نیازمندی‌ها و خواسته‌های کیفی در هر یک از مراحل تکوین یک کالا یا خدمت که برای استقرار آن نیاز به همکاری همه جانبه بخشهای مختلف سازمان یا مؤسسه دارد به کار گرفته می‌شود.

**مدل ANP:** روشی ساخت یافته است که برای رتبه‌بندی گزینه‌های مختلف، معیارهای مورد نظر در یک شبکه با روابط دوطرفه ترسیم می‌شود. سهم (وزن) معیارها و زیر معیارهای مختلف آن گزینه در یک ماتریس برداری، دو به دو مقایسه شده و ترجیح آن بر کلیه گزینه‌های دیگر سنجیده می‌گردد. بردارهای بدست آمده از مقایسه گزینه‌ها، باهم یک سوپر ماتریس را به تشکیل می‌دهد. سوپر ماتریس تمام شبکه را پوشش داده و اوزان اولویت گزینه‌ها در ستون نرمالایز گزینه بدست می‌آید.

فصل اول:  
کلیات پژوهش

ادبیات پژوهش

فصل دوم

این فصل با ارایه مبانی نظری تحقیق و نیز مورد کاوی پژوهش‌های پیشین، به بررسی روش‌ها و مدل‌های مورد استفاده در موضوع این پژوهش می‌پردازد و تحقیقات مشابه به منظور یافتن سیر منطقی موضوع، تشریح و در صورت نیاز مورد واکاوی قرار می‌گیرد. دورنمای این فصل شامل مطالبی درباره تبیین مفهوم ارزیابی تکنولوژی و نیز دسته‌بندی نگرش‌های گوناگون در این‌باره در طول دوره‌های مختلف است و در ادامه روش و ابزارهای این ارزیابی به تفصیل مورد بازبینی و دقت قرار می‌گیرد.

## 2-2 سیر تحول مفاهیم ارزیابی تکنولوژی

در اواخر دهه 1960 موضوع ارزیابی تکنولوژی<sup>1</sup> در آمریکا ظهور کرد تا کاربردهای وسیع تکنولوژی در زندگی و تأثیر غیرقابل انکار آن را بر جوامع بشری مورد نقادی قرار دهد. رابرت و لوک لنکهوور [2] سه دوره از ایجاد مفاهیم ارزیابی تکنولوژی را اینگونه شرح می‌دهند:

دهه 1960 مرحله ارزیابی اولیه و پایه‌گذاری مفاهیم ارزیابی تکنولوژی<sup>2</sup> است. در آن زمان تأکید بر تشخیص تأثیرات اجتماعی توسعه علمی و تکنولوژیک بود. لذا فرآیند ارزیابی، دانشمندان علوم اجتماعی، مردم، سیاستمداران و... را شامل می‌شد.

مرحله بعدی که به اسم ارزیابی ساختاری تکنولوژی<sup>3</sup> نامگذاری شده است در دهه 1980 آغاز شد. ارزیابی ساختاری تکنولوژی بر این تأکید دارد که تمام بازیگران و ذی‌نفعانی که در توسعه،

---

1- Technology Assessment (TA)

2- Early Awarding TA (EATA)

3- Constructive TA (CTA)



به‌کارگیری و مصرف تکنولوژی مشارکت دارند را دربرگیرد. لذا در CTA مهمترین تلاش بر واردکردن استفاده‌کنندگان در فرآیند ارزیابی بوده است. اما این معیارها همچنان دانشمندانی را که مشغول تولید تکنولوژی‌ها بودند را بعد از اتمام کارشان و به عنوان یک مصرف‌کننده شامل می‌شد و این فرآیند، داخل آزمایشگاه‌ها نشد و خودِ توسعه‌دهندگان تکنولوژی را در ارزیابی وارد نکرد. اما در سال‌های اخیر مرحله سوم با عنوان ارزیابی جامع تکنولوژی<sup>1</sup> در توسعه مفهوم CTA با واردکردن دانشمندانی که TA را انجام می‌دهند کوشش نموده است.

## 3-2 تبیین مفهوم و تعاریف ارزیابی تکنولوژی

در دهه‌های گذشته، مفاهیم متعددی از ارزیابی تکنولوژی متناسب با تغییر رویکردها و دورنماها ارائه شده و به گونه‌های مختلف این مفاهیم تعریف شده‌است، برای نمونه مؤسسات ارزیابی‌کننده تکنولوژی از دیدگاه‌های متفاوت زیر این موضوع را مورد بررسی قرار داده‌اند [3]:

ارزیابی دانشگاهی تکنولوژی<sup>2</sup> که توسط پژوهشگران دانشگاهی، تکنولوژی با اهداف بسیار بنیادی ارزیابی می‌گردد. این مؤسسات به توسعه TA به عنوان یک زمینه بین رشته‌ای می‌پردازند و به طور ضمنی توسعه و به‌کارگیری تکنیک‌های جدید ارزیابی و روش‌های آن را مورد کاوش قرار می‌دهند. با این وجود، ATA تاکنون رشد خوبی نداشته و در داخل دانشگاه‌ها نهادینه نگردیده است.

ارزیابی صنعتی تکنولوژی<sup>3</sup> توسط صنایع، با هدف کسب دانش برای برنامه‌ریزی استراتژیک در صنعت است. تکنولوژی حاصل از ارزیابی‌ها در صنعت، اغلب به راهبردهای انتخابی شرکت‌ها نزدیک است و لذا علاوه بر رویکردهای فنی، به عنوان مشخصه‌ای اقتصادی نیز به آن نگریده می‌شود.

---

1- Integrated TA (ITA)

2- Academic TA (ATA)

3- Industrial TA

ارزیابی پارلمانی تکنولوژی<sup>1</sup> در نهادهای سیاسی تصمیم‌گیر مثل پارلمان‌ها، با هدف ارائه رهنمودهای لازم به اعضای پارلمان در تصمیم‌سازی برای حوزه‌های علم و تکنولوژی است که به تقویت علم و توسعه فناوری منتهی می‌شود. کمیسیون دائمی علوم، تحقیقات و فناوری در مجلس شورای اسلامی نیز با هدف بررسی لوایح و کمک به تصمیمات در این حوزه تشکیل گردیده است.

ارزیابی مجریان دولتی از تکنولوژی<sup>2</sup>، ابزاری است برای گزینش یا پشتیبانی رویه‌ها و دستورالعمل‌های اجرایی که توسط تصمیم‌گیران دولت به کار می‌رود.

ارزیابی آزمایشگاهی تکنولوژی<sup>3</sup> با هدف دستیابی به آراء خود محققانی است که TA را انجام می‌دهند و نتایج این ارزیابی برای طراحی تکنولوژی به کار می‌رود.

هارولد لینستون [4] موضوع ارزیابی تکنولوژی را از دیدگاه ذی‌نفعان در سه دسته قراردادده‌است: دیدگاه اول مربوط به توسعه‌دهندگان تکنولوژی و دانشمندی است که در جستجوی دانش بهتر و دقیق‌تر کردن موضوعات مرتبط با فناوری و تعریف شاخه‌های آن هستند. دیدگاه دوم مربوط به سازمان‌ها می‌شود که هدف اولیه آنان امنیت، ایمنی و انجام بهتر امور سازمان است لذا خود تکنولوژی از دید آنان در مرتبه بعدی قرارداد دارد. رویکرد سوم مربوط به دید شخصی هر فردی می‌شود که بطور مستقل به ارزیابی تکنولوژی می‌پردازد. جیمز مالونی [5] در مقاله خود نشان می‌دهد که TA در بخش خصوصی با آنچه در بخش‌های دولتی است در چهار بعد اهداف، ساختارها، بازه زمانی و ملاحظات جانبی متفاوت است. مطالعه او مشخص می‌کند که ارزیابی تکنولوژی در بخش خصوصی با هدف پیشینه کردن سود و با نگاه میان مدت و در مقابل اهداف بخش دولتی در این باره است.

تعاریف مختلفی از ارزیابی تکنولوژی در مقالات و کتابها بسته به مرحله توسعه این زمینه و با توجه به رویکردی که لحاظ شده ارائه شده‌است. برخی از مهمترین این تعاریف به شرح زیر است:

---

1- Parliamentary TA

2- Executive Power TA

3- Laboratory TA

- ارزیابی تکنولوژی مطالعه اثرات اجتماعی سیاست‌های توسعه تکنولوژی است. این تعریف بر پیامدهای اغلب نامطلوب و ضربات غیر مستقیم یا با تأخیر توسعه تکنولوژی در جوامع تأکید دارد.
- ارزیابی تکنولوژی ایجاد سیستمی برای پرسش سؤالات درست و کسب پاسخ‌های صحیح در زمان مناسب درباره توسعه تکنولوژی است تا سیاست‌ها را بطور نظام‌مند تدوین کرده و ماهیت، اهمیت و شایستگی برنامه تکنولوژی را ارزیابی کند.
- ارزیابی تکنولوژی یک جستجوی هدف‌دار، زمان‌دار و تکراری برای درک پیامدهای غیر منتظره و ثانویه یک نوآوری است. این ارزیابی بطور علمی به مشخص کردن بخش‌های متأثر جامعه، محیط و اثرات فرهنگی می‌پردازد و با توجه به فناوری‌های جایگزین، به مدیریت هرچه مؤثرتر دستیابی به اهداف اجتماعی می‌پردازد.

## 4-2 ابزار، روش‌ها و تکنیک‌های ارزیابی تکنولوژی

تحول در مفاهیم ارزیابی تکنولوژی با تغییر رویکردها باعث شده‌است تا روش‌ها و ابزارهای متنوعی برای ارزیابی تکنولوژی به کار گرفته شود، بطوریکه بعضاً نقطه تمرکز پژوهش‌ها بر ارزیابی روش‌هایی در تحلیل فناوری استوار بوده‌است. پژوهشگران در ارزیابی تکنولوژی با ابزارهای متنوعی روبرو هستند؛ با این حال هیچ روش و ابزار فراگیری که در تمام مطالعات به کار رود، وجود ندارد. لذا این یک زمینه رو به رشد است که به طور پیوسته چالش‌های جدیدی برای تحقیق ارائه می‌دهد. ابزار و روش‌های ارزیابی تکنولوژی در طیف وسیعی از روش‌های سنتی تا روش‌های بسیار بنیادین قرار دارند؛ چنانکه با یک نگاه تاریخی، ابزارهای سنتی تحلیل و ارزیابی تکنولوژی بین دهه‌های 1970 و 1980 با تغییر رویکردها به سوی ارزیابی ساختاری دچار تحول شگرفی شده‌است. مجموعه مدونی از این ابزارها

توسط خانم هانریکسون [6] برای ارزیابی تکنولوژی در جدول 1-2 ارائه شده و توسط تین تران [3] در

یک مقاله مروری تشریح گردیده است:

جدول 1-2: ابزار و روش های عمومی در ارزیابی تکنولوژی ها

ارزیابی ریسک	مهندسی/تحلیل سیستم ها	تحلیل اثرات اجتماعی (خارجی / محیطی)
1. تحلیل مدل و شبیه سازی 2. ارزیابی آماری ریسک 3. مطالعات محیط، سلامت و ایمنی 4. درخت تصمیم گیری مبتنی بر ریسک 5. ارزیابی حقوقی ریسک	1. مطالعات سیستمی تکنولوژی 2. سیستم های دینامیک 3. تحلیل مدل و شبیه سازی 4. مدل تفسیر ساختاری (ISM) 5. رویکرد سیستم دینامیک بای مودال 6. تکنیک های مدیریت پروژه 7. تکنیک های بهینه سازی، برنامه ریزی 8. تحلیل سبد تکنولوژی	1. تحلیل فشارهای خارجی 2. تحلیل اثرات اجتماعی 3. تحلیل اثرات سیاسی 4. تحلیل اثرات محیطی 5. تحلیل مسایل اخلاقی 6. تحلیل اثرات فرهنگی 7. تحلیل اثرات جمعی 8. تحلیل چرخه حیات
تحلیل سناریوی بازار	پیش بینی ها و نقشه راه تکنولوژی	ارزیابی کارایی فنی (تکنومتری)
1. روش ائتلاف شرکت ها (Fusion Method) 2. تحلیل جذب و دفع بازار 3. بازدید/پرسشنامه 4. تحلیل منحنی S 5. تحلیل سناریو 6. روش انتشار چند نسلی تکنولوژی 7. مدل ارزیابی مبتنی بر سناریو (SBAM)	1. تحلیل منحنی S 2. دلفی ANP/AHP/Q-Sort 3. تحلیل نرخ مخاطرات پژوهشی D&R 4. برون یابی فرآیند 5. روش های سببی و همبستگی 6. روش های احتمالی 7. شبیه سازی مونت کارلو 8. روش نقشه راه	1. تحلیل آماری 2. تحلیل مشخصه اطمینان بایسان 3. بازرسی/پرسشنامه 4. دوره آزمایشی تکنولوژی 5. آزمون بتا 6. تئوری تجزیه تکنولوژی 7. تحلیل منحنی S 8. فاکتورهای انسانی (ارگونومی، سادگی کار) 9. تحقیق در پیامدها و نتایج 10. سنجش های تکنومتری
ابزار و روش های دیگر	مدل های تحلیل مالی - اقتصادی	نظارت بر اطلاعات
1. تکنیک مرتب سازی کارایی بوسیله مشابهت با راه حل ایدال (TOPSIS) 2. مرور ارزیابی تکنولوژی استراتژیک (STAR) 3. سامانه تحلیل ارزش دامنه سود (SWBVA) 4. سیستم رایانه ای ارزیابی ریسک تکنولوژی مرتبط با اینترنت (ITRACS) 5. مدل ریاضی ارزیابی تکنولوژی 6. رویکرد چند منطقه ای برای تخصیص صنعت و منابع (MARIA)	1. تحلیل هزینه/سود 2. تحلیل هزینه/اثر بخشی 3. ارزیابی هزینه چرخه حیات (LCA) 4. بازگشت سرمایه (RoI) 5. ارزش خالص فعلی (NPV) 6. نرخ بازگشت داخلی (IRR) 7. تحلیل نقطه شکست 8. تحلیل دوره بازگشت سرمایه 9. درآمد پس مانده 10. صرفه جویی کل 11. تحلیل بازگشت افزایشی 12. هرم ارزش تکنولوژی 13. گزینه های واقعی 14. ورقه توازن تکنولوژی	1. پایگاه های داده ای الکترونیکی 2. اینترنت 3. مرور ادبیات علمی/فنی 4. جستجوی اختراعات 5. ارزش گذاری دارایی های IP
		تحلیل تصمیم ها
		1. تصمیم گیری چند معیاره 2. تئوری سود چند بخشی 3. امتیاز دهی AHP و شبکه ANP، روش دلفی 4. سامانه پشتیبان تصمیم گروهی (QS.GDSS) 5. درخت تصمیم 6. منطق فازی