



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# ابزارهای جبران سازی عدم قطعیت تولید بادی

پنجمین کنفرانس انرژی بادی ایران  
مهرماه ۱۳۹۶

۱ - جبران سازی و کاهش تاثیر عدم قطعیت تولید بادی

۲ - روش های جبران سازی

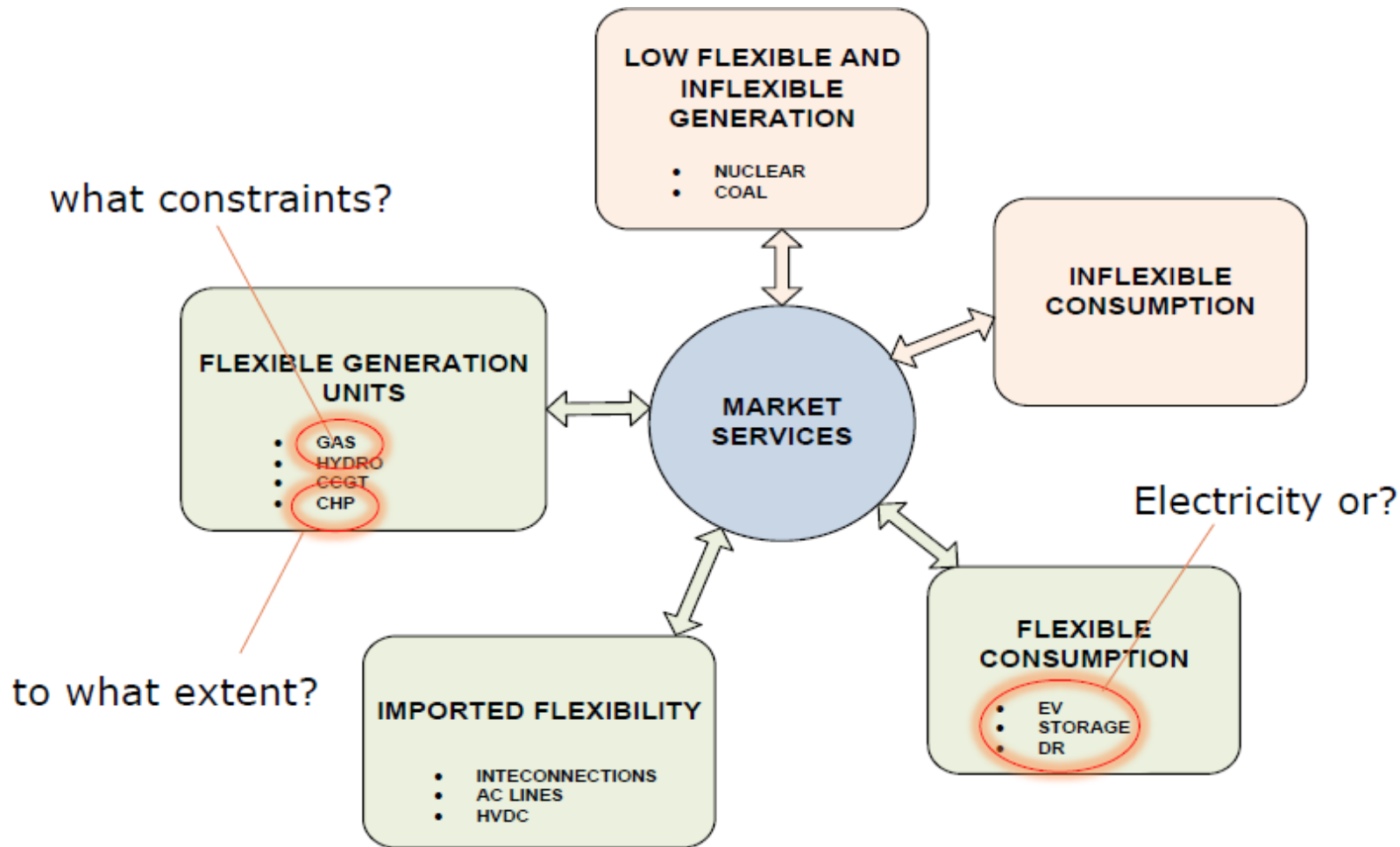
۲-۱- افزایش انعطاف پذیری از طریق کنترل رزرو  
بهره برداری

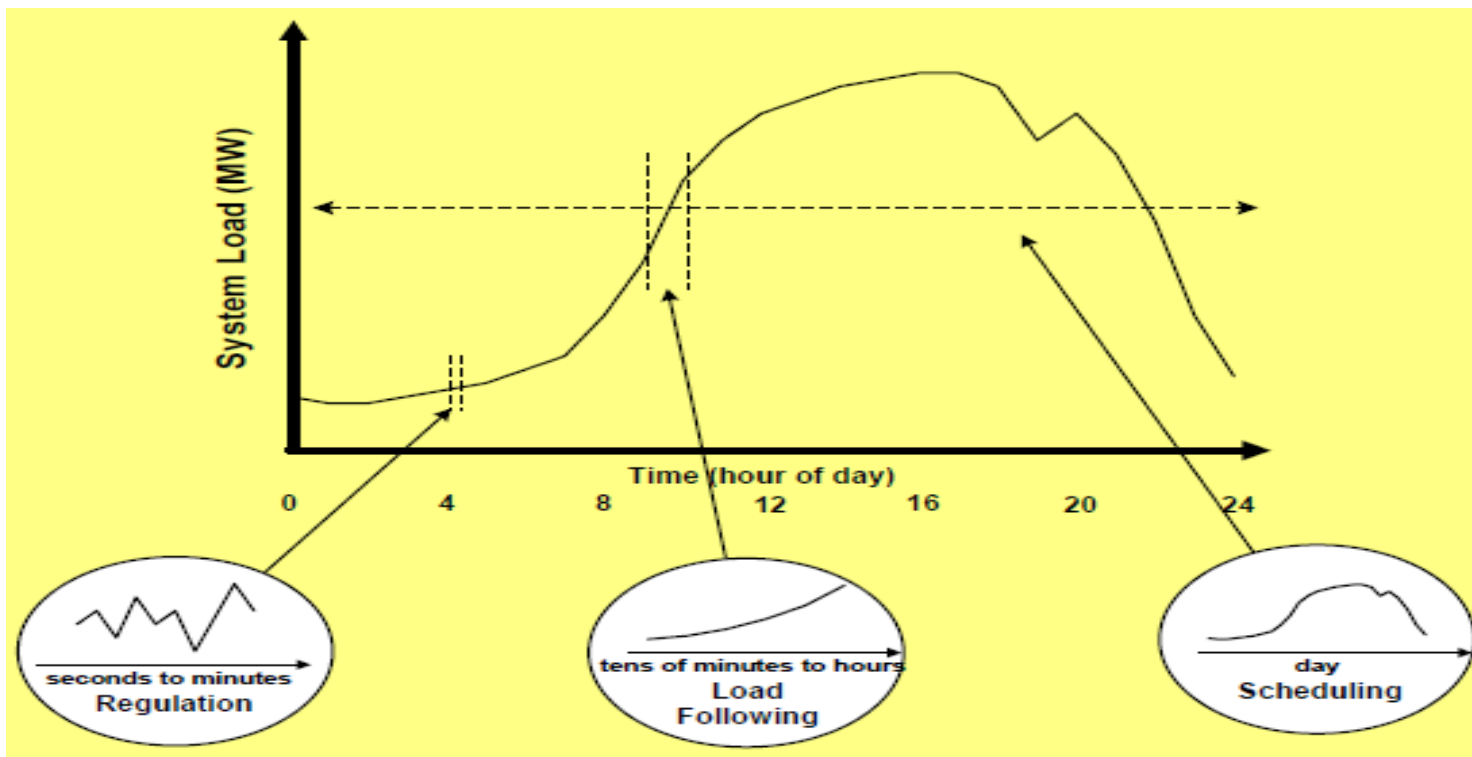
۲-۲- بکارگیری ذخیره ساز انرژی

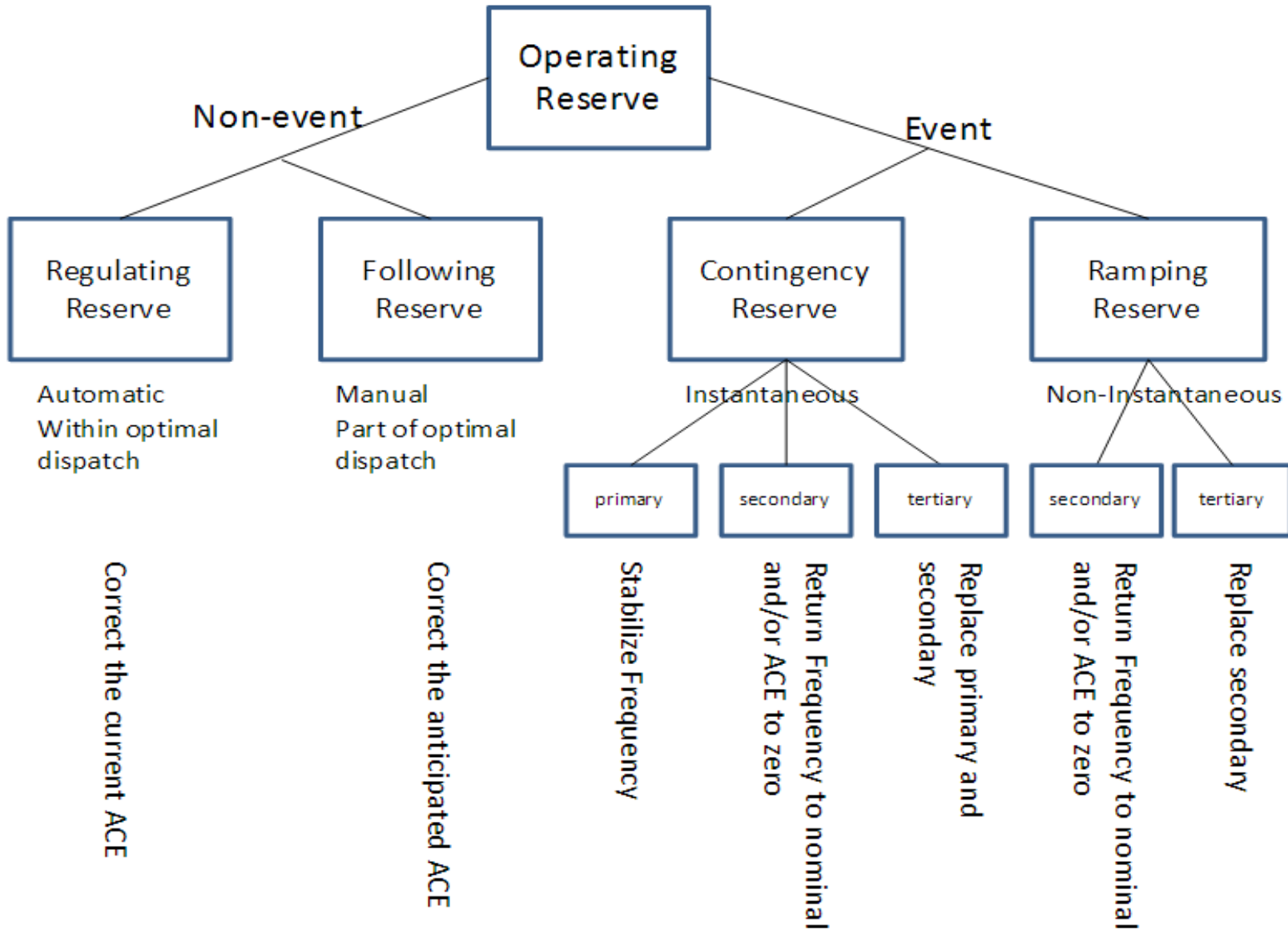
۲-۳- کنترل ضریب نفوذ بهره برداری واحد بادی

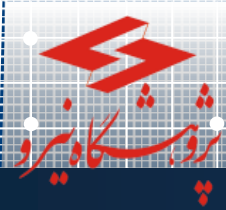
۲-۴- مدیریت مصرف

۳ - جمع بندی







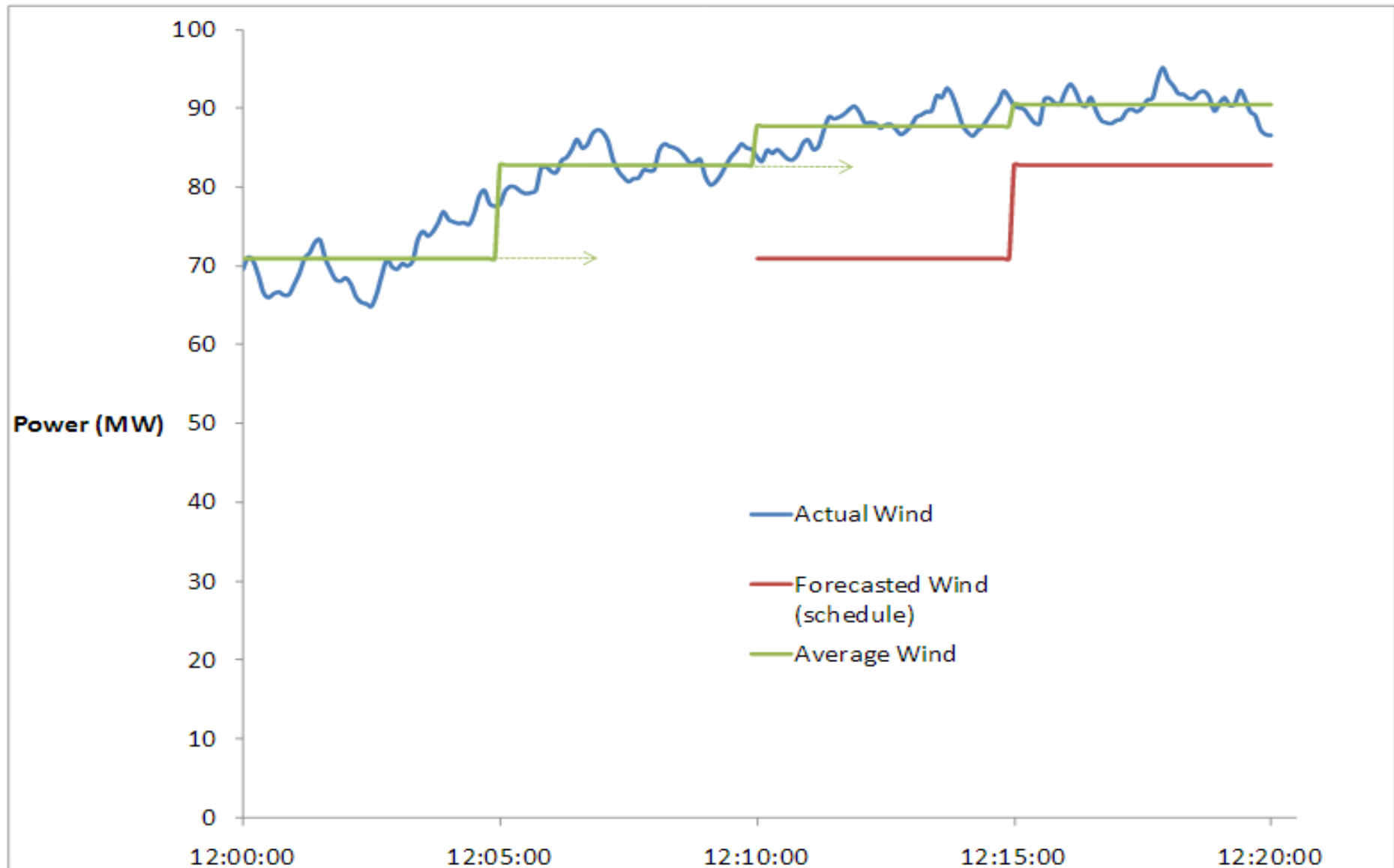


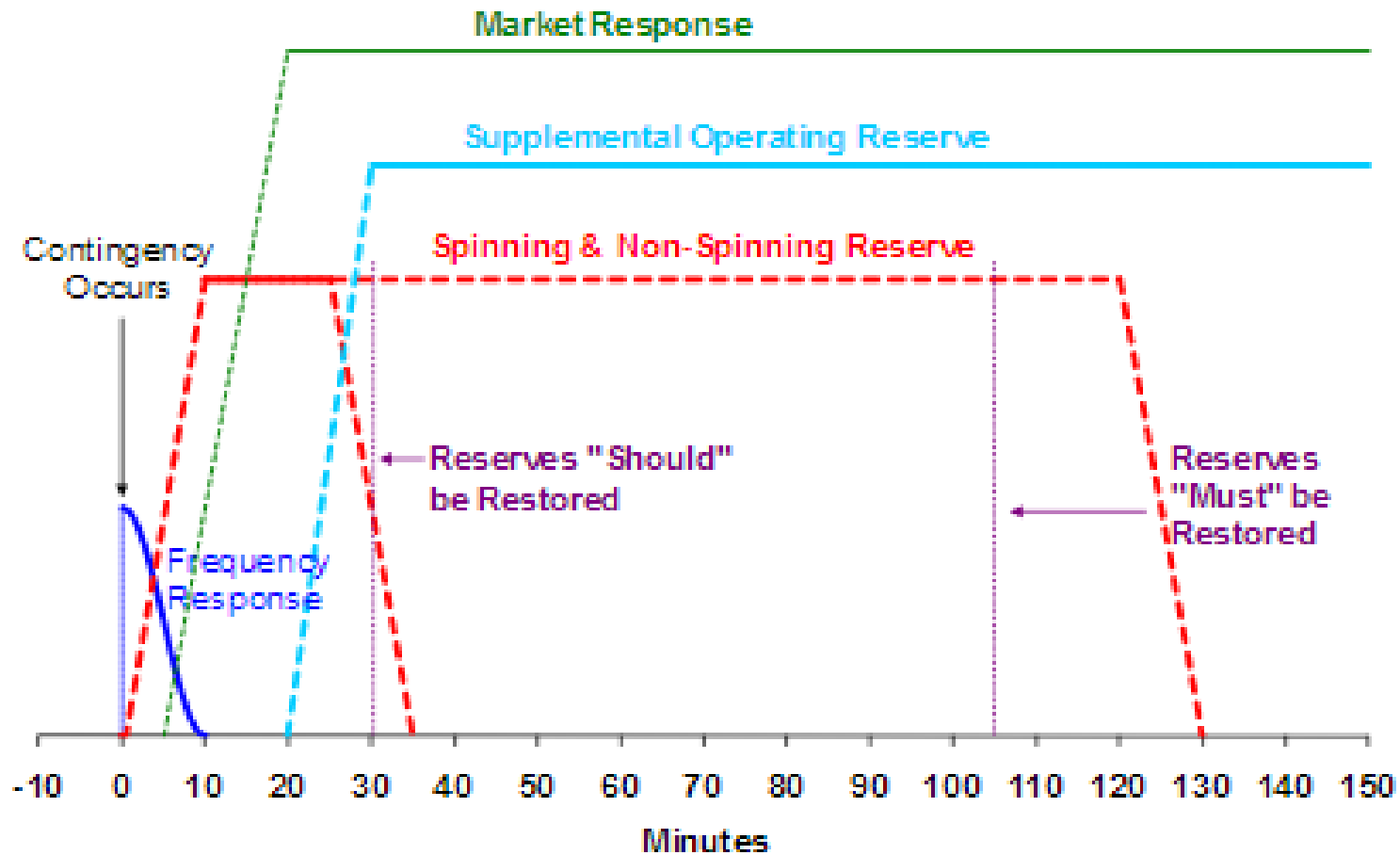
# نقش رزرو بهره‌برداری در عدم قطعیت و تغییرپذیری



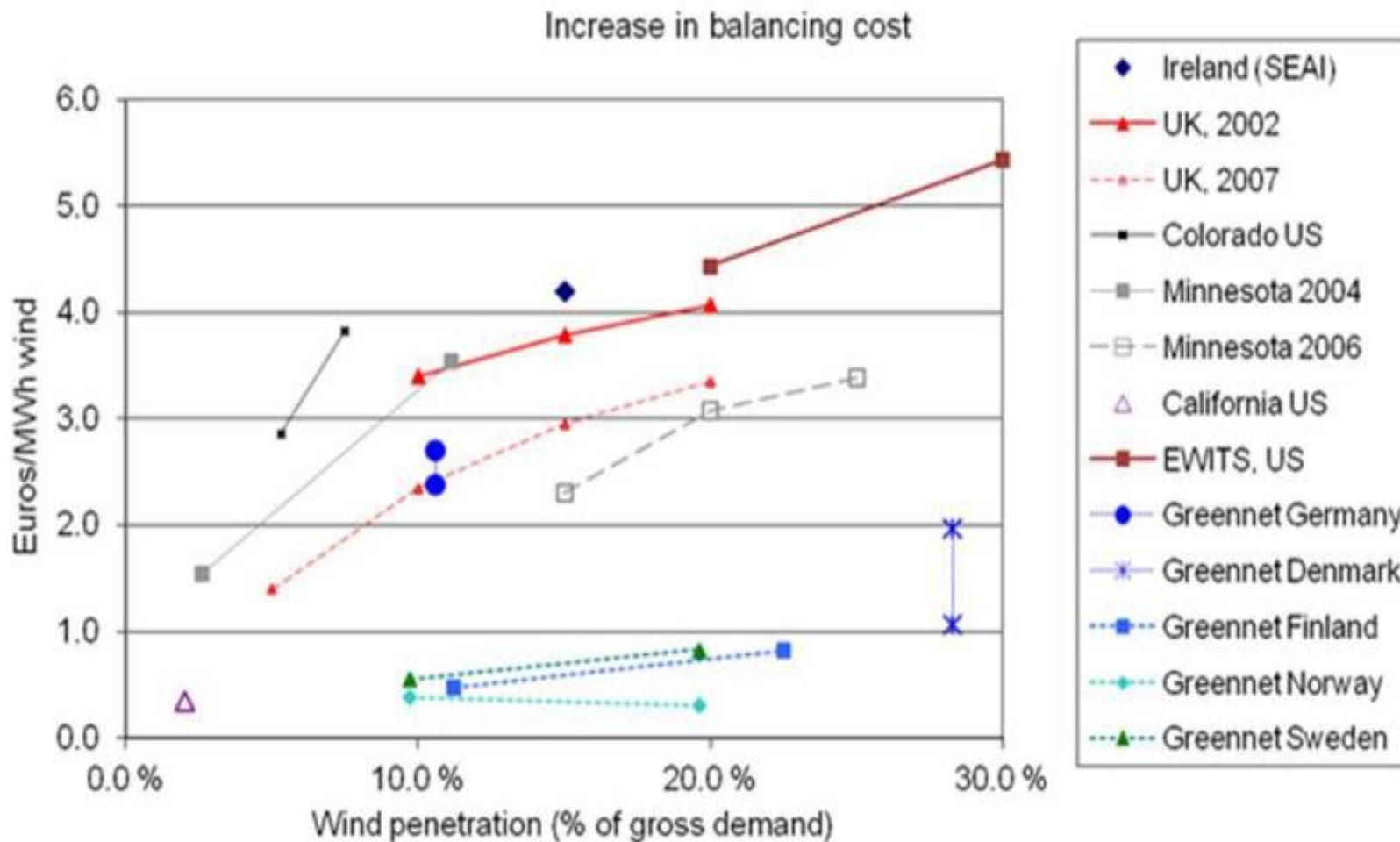
دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
(پلی تکنیک تهران)

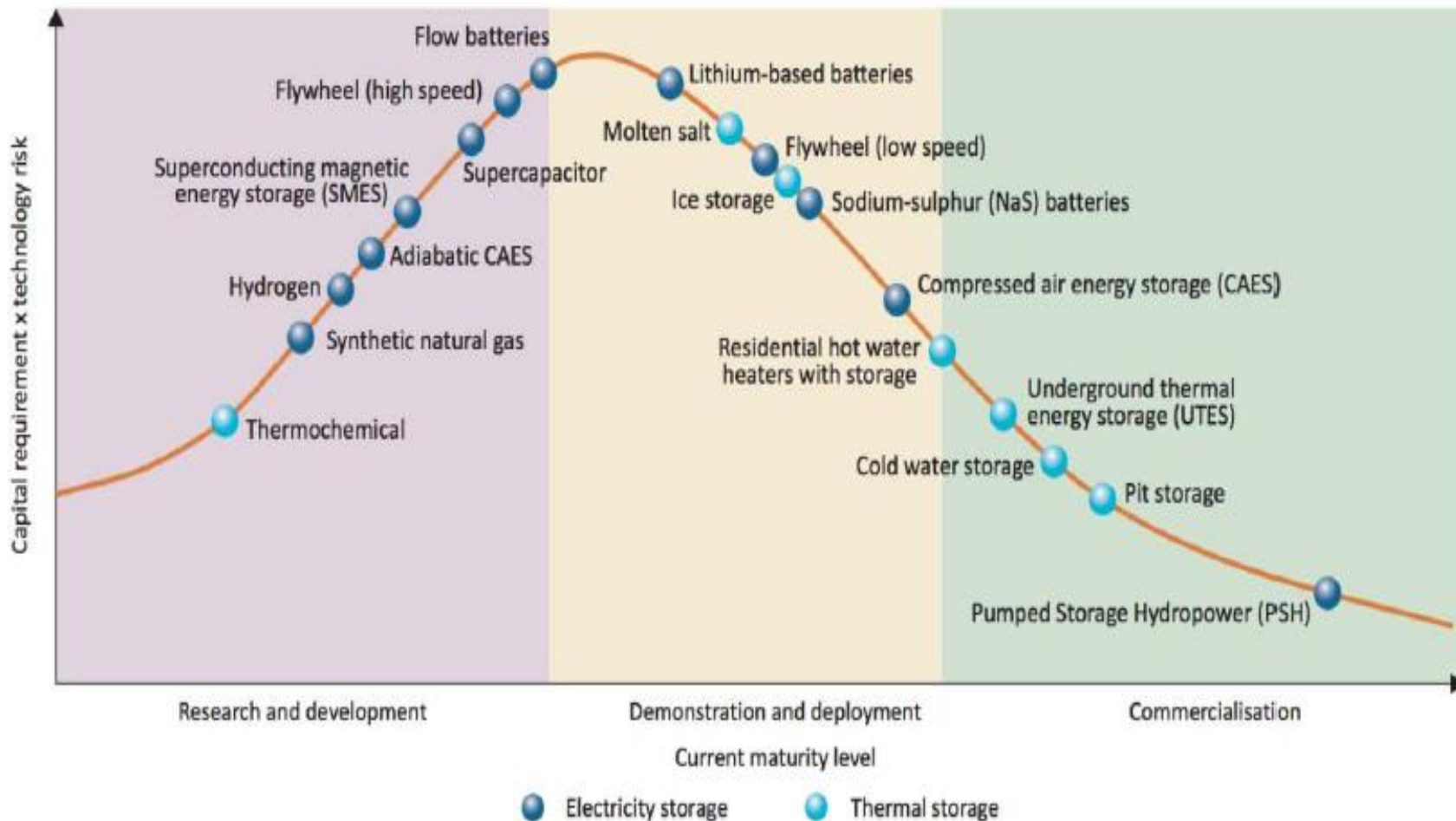


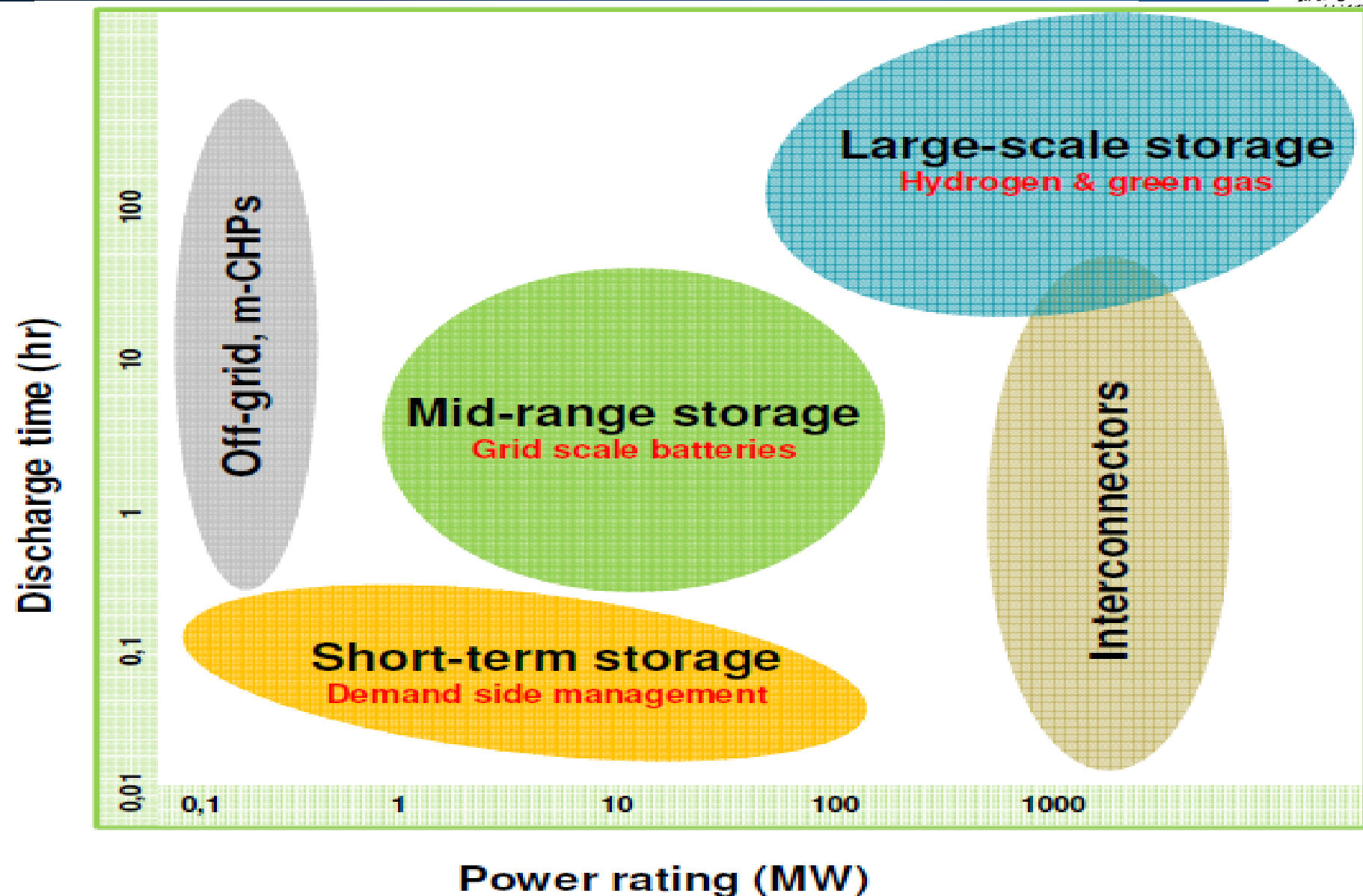


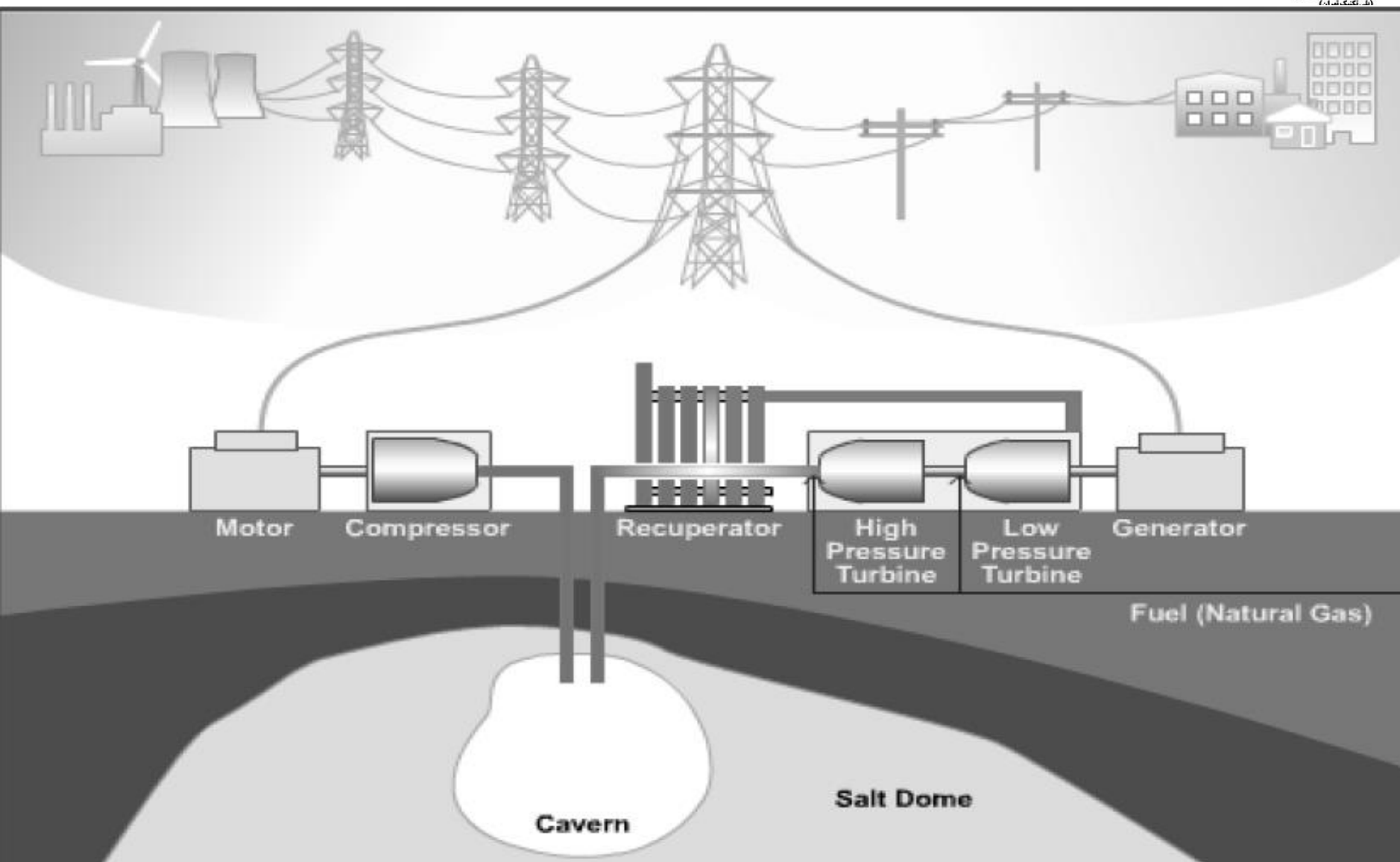












$$\begin{aligned}
 \text{Min} \left\{ \sum_{t=1}^{N_T} \left[ \sum_{i=1}^{N_G} \left( C_{it}^{su} + \lambda_{it}^{up} R_{it}^{up} + \lambda_{it}^{dn} R_{it}^{dn} \right) \right. \right. \\
 \left. \left. + \sum_{j=1}^{N_L} \left( \lambda_{jt}^{up} R_{jt}^{up} + \lambda_{jt}^{dn} R_{jt}^{dn} \right) \right] \right. \\
 \left. + \sum_{s=1}^{N_S} \pi_s \left[ \sum_{t=1}^{N_T} \left[ \sum_{i=1}^{N_G} \left( \lambda_{it} P_{its} \right) \right. \right. \right. \\
 \left. \left. \left. + \sum_{j=1}^{N_L} \left( VOLL_{jt} L_{jts}^{shed} \right) \right] \right] \right\}.
 \end{aligned}$$

$$\sum_{i=1}^{N_G} P_{its} + \sum_{j=1}^{N_L} L_{jts}^{shed} = \sum_{j=1}^{N_L} L_{jts}, \quad \forall t, \forall s.$$

$$0 \leq L_{jts}^{shed} \leq L_{jts}, \quad \forall j, \forall t, \forall s.$$

$$P_i^{\min} u_{it} \leq P_{its} \leq P_i^{\max} u_{it}, \quad \forall i, \forall t, \forall s.$$

$$C_{it}^{su} \geq \lambda_{it}^{su} (u_{it} - u_{i,t-1}), \quad \forall i, \forall t.$$

$$C_{it}^{su} \geq 0, \quad \forall i, \forall t.$$

$$0 \leq R_{it}^{up} \leq R_{it}^{up \max} u_{it}, \quad \forall i, \forall t.$$

$$0 \leq CP_{ts}^w \leq P_{ts}^w, \quad \forall t, \forall s.$$

$$R_{it}^{up} \geq P_{its} - P_{it}, \quad \forall i, \forall t, \forall s.$$

$$\sum_{i=1}^{N_G} P_{its} + \sum_{j=1}^{N_L} L_{jts}^{shed} - CP_{ts}^w = NL_{ts}, \quad \forall t, \forall s.$$

$$0 \leq R_{it}^{dn} \leq R_{it}^{dn \max} u_{it}, \quad \forall i, \forall t.$$

$$R_{it}^{dn} \geq P_{it} - P_{its}, \quad \forall i, \forall t, \forall s.$$

$$0 \leq R_{jt}^{up} \leq R_{jt}^{up \max}, \quad \forall j, \forall t.$$

$$0 \leq R_{jt}^{dn} \leq R_{jt}^{dn \max}, \quad \forall j, \forall t.$$

$$RES_{cts} = RES_{c,t-1,s} + P_{cts}^c - \eta_c P_{cts}^g, \quad \forall c, \forall t, \forall s.$$

$$m_{cst} P_{c \min}^g \leq P_{cts}^g \leq m_{cst} P_{c \max}^g, \quad \forall c, \forall t, \forall s$$

$$RES_{c \min} \leq RES_{cts} \leq RES_{c \max}, \quad \forall c, \forall t, \forall s.$$

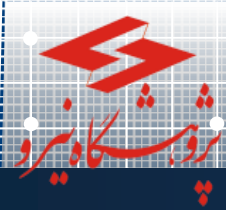
$$m_{cst} + n_{cst} \leq 1, \quad \forall c, \forall t, \forall s.$$

$$n_{cst} P_{c \min}^c \leq P_{cts}^c \leq n_{cst} P_{c \max}^c$$

$$RES_{cN_T s} \geq RES_{c0s}, \quad \forall c, \forall s.$$

$$\sum_{i=1}^{N_G} P_{its} + \sum_{j=1}^{N_L} L_{jts}^{shed} - CP_{ts}^w + \sum_{c=1}^{N_C} (P_{cts}^g - P_{cts}^c) = NL_{ts}$$

$$\forall t, \forall s.$$



# مثال عددی - اطلاعات توان بادی و بار



دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
(پلی تکنیک تهران)

Time (h)	$P_t^w$ (MW)	$L_t$ (MW)	Time (h)	$P_t^w$ (MW)	$L_t$ (MW)
1	6	30	13	29	101
2	9	28	14	28	102
3	15	30	15	24	103
4	19	34	16	22	96
5	25	40	17	20	100
6	26	48	18	15	105
7	30	57	19	12	107
8	35	75	20	13	110
9	34	80	21	15	105
10	38	84	22	17	100
11	35	90	23	25	70
12	30	96	24	22	55

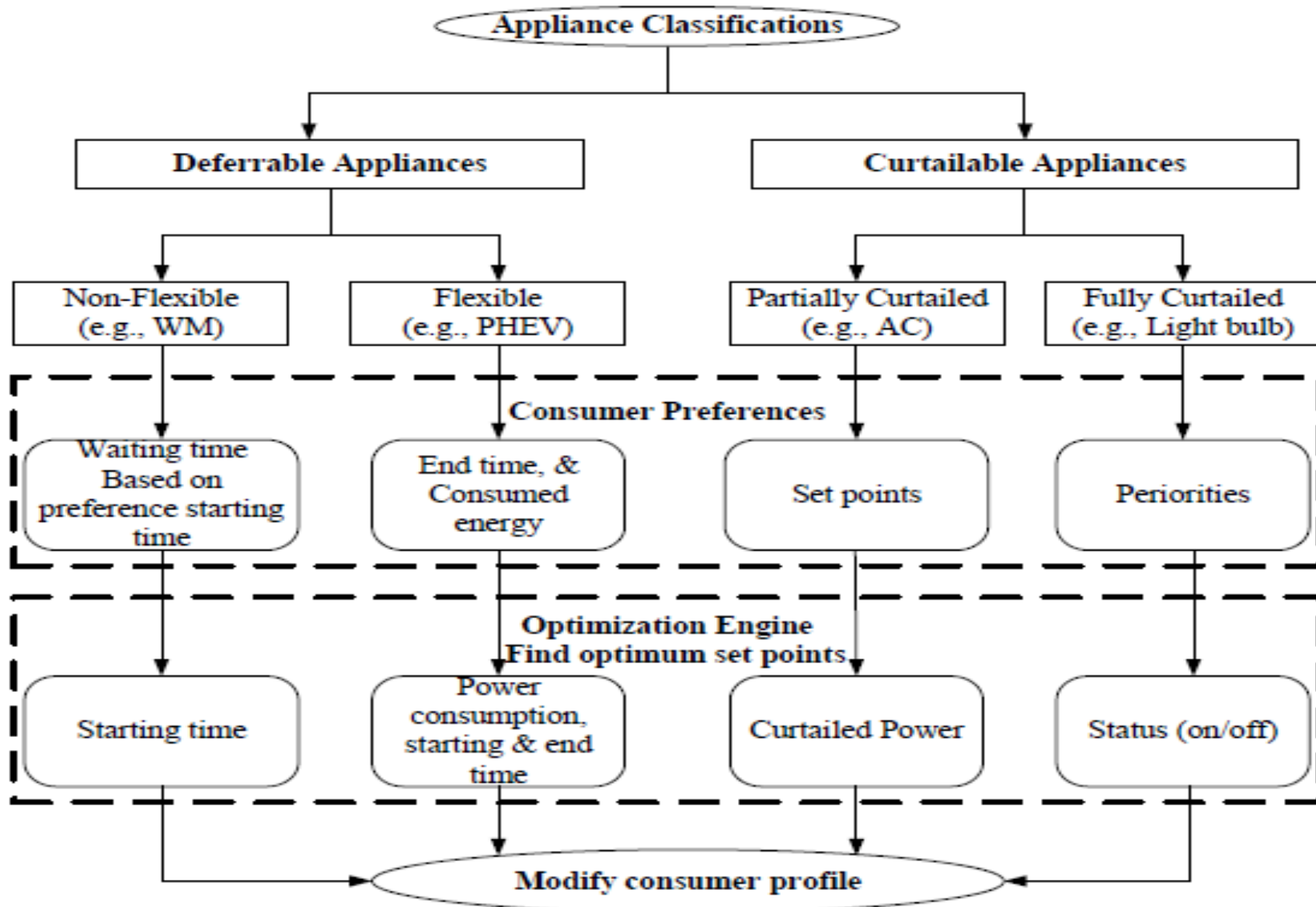


Data	Thermal Units		
	1	2	3
$P_i^{\min}$ (MW)	10	10	10
$P_i^{\max}$ (MW)	100	100	50
$C_{it}^{su}$ (\$)	100	100	100
$\lambda_{it}$ (\$/MWh)	30	40	20
$\lambda_{it}^{up}$ (\$/MWh)	5	7	8
$\lambda_{it}^{dn}$ (\$/MWh)	5	7	8

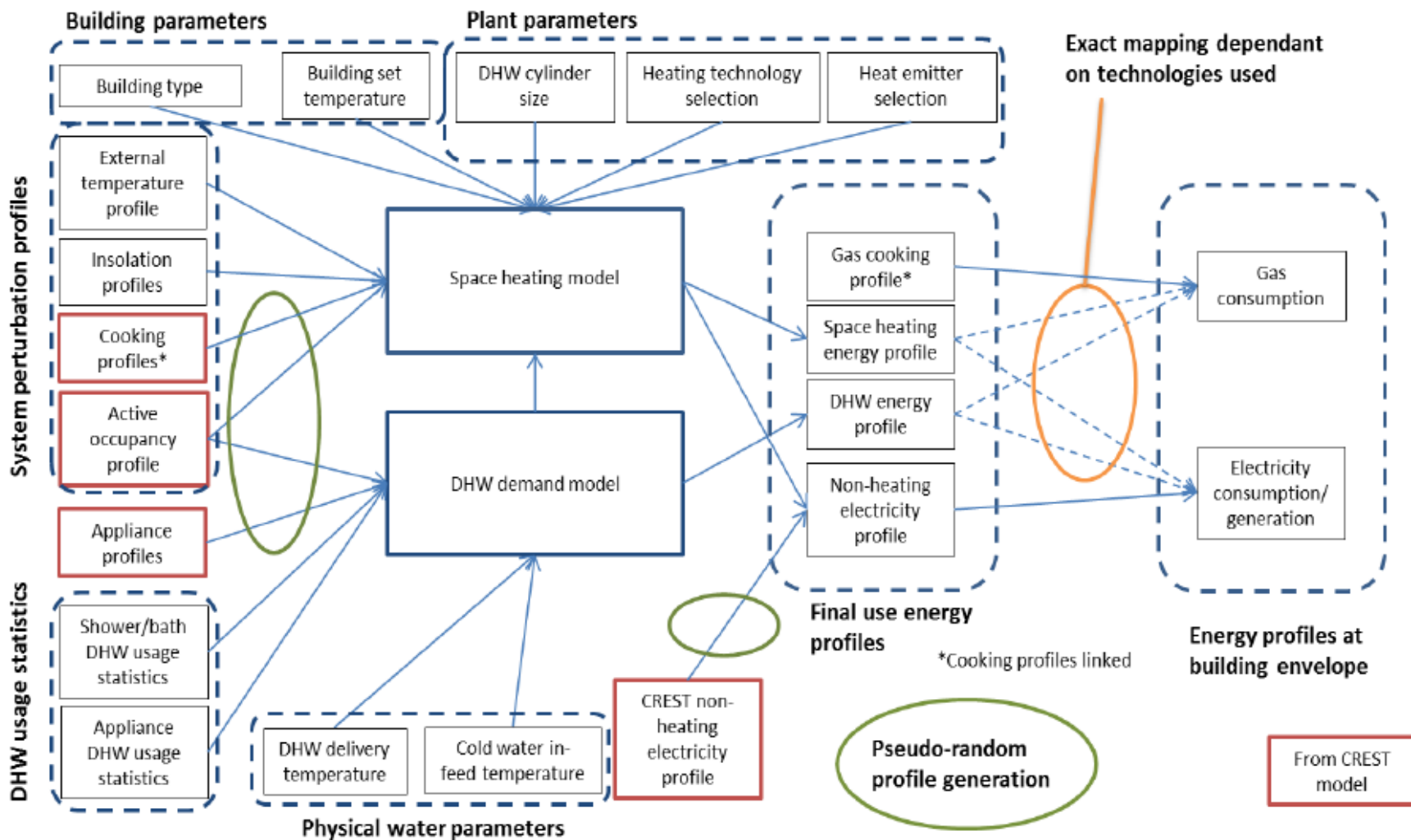
$p_{c \min}^E$	5	$p_{c \max}^E$	30	$cf_c$	25
$p_{c \max}^E$	30	$RES_{c \min}$	50	$cp_{ct}$	20
$p_{c \min}^E$	5	$RES_{c \max}$	300	$\eta_c$	0.75

**حالت اول - عدم قطعیت بار - بدون ذخیره ساز**  
**حالت دوم - عدم قطعیت بار خالص - بدون ذخیره ساز**  
**حالت سوم - عدم قطعیت بار خالص - همراه ذخیره ساز**

Case Studies	Operation Cost (\$)	Cost Components			
		Energy cost (\$)	Spinning reserve scheduling cost (\$)	CAES operation cost (\$)	Load shedding cost (\$)
case 1	44965.6	44564.48	401.12	0	0
case 2	31654.75	30522.46	1132.289	0	0
case 3	29191.2	27449.62	255.279	1446.52	39.78



## Physical modelling of multi-energy demand in buildings for flexibility studies



همانگونه که ذکر شد، علی رغم آنکه به نظر می رسد تولید انرژی الکتریکی از باد، هزینه ای در بر ندارد، لکن یکی از مهمترین موارد هزینه ساز انرژی بادی، عدم قطعیت و تغییرپذیری تولید انرژی الکتریکی از این منبع است.

برای تعیین بهترین عملکرد اقتصادی، لازم است مطالعات اقتصادی انجام شده و بهترین مصالحه بین پارامترهای تاثیرگذار در هزینه بدست آید.

**این پارامترها عبارتند از:**

**الف - هزینه تولید**

**ب - هزینه تامین رزرو**

**ج - هزینه حذف بار**

**د - هزینه توان بادی استفاده نشده**

**ه - هزینه ذخیره ساز**