DER Models

Seohyun Jang

May 6, 2025

1 Without Storage

1.1 Disaggregation

$$\begin{aligned}
\textit{max} \quad & \sum_{t\in T}\left(P_t^{DA}x_{it}+\mathbb{E}\left[P_t^{RT}(\xi)y_{it}^{+}(\xi)-P_t^{PN}y_{it}^{-}(\xi)\right]\right) && \textit{(1a)}\\
\textit{s.t.} \quad & R_{it}(\xi)-x_{it}=y_{it}^{+}(\xi)-y_{it}^{-}(\xi) \quad \forall t\in T && \textit{(1b)}\\
& R_{it}(\xi)\geqslant y_{it}^{+}(\xi) \quad \forall t\in T && \textit{(1c)}\\
& y_{it}^{+}(\xi)\leqslant Mz_{it}(\xi), \quad y_{it}^{-}(\xi)\leqslant M(1-z_{it}(\xi)) \quad \forall t\in T && \textit{(1d)}\\
& x_{it}^{DA}\geqslant 0, y_{it}^{+}(\xi)\geqslant 0, y_{it}^{-}(\xi)\geqslant 0, z_{it}(\xi)\in\{0,1\} \quad \forall t\in T && \textit{(1e)}
\end{aligned}$$

1.2 Aggregation

$$\begin{aligned}
\textit{max} \quad & \sum_{t\in T}\left(P_t^{DA}\alpha_{t}+\mathbb{E}\left[P_t^{RT}(\xi)\beta_{t}^{+}(\xi)-P_t^{PN}\beta_{t}^{-}(\xi)\right]\right) && \textit{(2a)}\\
\textit{s.t.} \quad & \sum_{i\in I}R_{it}(\xi)-\alpha_t=\beta_{t}^{+}(\xi)-\beta_{t}^{-}(\xi) \quad \forall t\in T && \textit{(2b)}\\
& \sum_{i\in I}R_{it}(\xi)\geqslant \beta_{t}^{+}(\xi) \quad \forall t\in T && \textit{(2c)}\\
& \beta_{t}^{+}(\xi)\leqslant Mz_t(\xi), \quad \beta_{t}^{-}(\xi)\leqslant M(1-z_t(\xi)) \quad \forall t\in T && \textit{(2d)}\\
& \alpha_t^{DA}\geqslant 0, \beta_{t}^{+}(\xi)\geqslant 0, \beta_{t}^{-}(\xi)\geqslant 0, z_t(\xi)\in\{0,1\} \quad \forall t\in T && \textit{(2e)}
\end{aligned}$$

1.3 Settlement

$$\begin{aligned}
\textit{max} \quad & \sum_{t\in T}\left(P_t^{DA}\alpha_{t}+\mathbb{E}\left[P_t^{RT}(\xi)\beta_{t}^{+}(\xi)-P_t^{PN}\beta_{t}^{-}(\xi)\right]\right) && \textit{(3a)}\\
\textit{s.t.} \quad & \sum_{i\in I}R_{it}(\xi)-\alpha_t^{DA}=\beta_{t}^{+}(\xi)-\beta_{t}^{-}(\xi) \quad \forall t\in T && \textit{(3b)}\\
& \sum_{i\in I}R_{it}(\xi)\geqslant \beta_{t}^{+}(\xi) \quad \forall t\in T && \textit{(3c)}\\
& \beta_{t}^{+}(\xi)\leqslant Mz_t(\xi), \quad \beta_{t}^{-}(\xi)\leqslant M(1-z_t(\xi)) \quad \forall t\in T && \textit{(3d)}\\
& \alpha_t=\sum_{i\in I}x_{it}(\xi), \quad \beta_{t}^{+}(\xi)=\sum_{i\in I}e_{it}^{+}(\xi), \quad \beta_{t}^{-}(\xi)=\sum_{i\in I}e_{it}^{-}(\xi) \quad \forall t\in T && \textit{(3e)}\\
& R_{it}(\xi)-x_{it}(\xi)=y_{it}^{+}(\xi)-y_{it}^{-}(\xi) \quad \forall t\in T && \textit{(3f)}\\
& R_{it}(\xi)\geqslant y_{it}^{+}(\xi) \quad \forall t\in T && \textit{(3g)}\\
& y_{it}^{+}(\xi)\leqslant Mz_{it}(\xi), \quad y_{it}^{-}(\xi)\leqslant M(1-z_{it}(\xi)) \quad \forall t\in T && \textit{(3h)}\\
& \sum_{j\in I,j\neq i}d_{ijt}(\xi)\leqslant y_{it}^{+}(\xi), \quad \sum_{j\in I,j\neq i}d_{jit}(\xi)\leqslant y_{it}^{-}(\xi) \quad \forall t\in T && \textit{(3i)}\\
& d_{iit}(\xi)=0 \quad \forall t\in T && \textit{(3j)}\\
& e_{it}^{+}(\xi)=y_{it}^{+}(\xi)-\sum_{j\in I,j\neq i}d_{ijt}(\xi) \quad \forall t\in T && \textit{(3k)}\\
& e_{it}^{-}(\xi)=y_{it}^{-}(\xi)-\sum_{j\in I,j\neq i}d_{jit}(\xi) \quad \forall t\in T && \textit{(3l)}
\end{aligned}$$

2 With Storage

2.1 Disaggregation

$$\max \quad \sum_{t\in T}\left(P_t^{DA}x_{it}+\mathbb{E}\left[P_t^{RT}(\xi)y_{it}^{+}(\xi)-P_t^{PN}y_{it}^{-}(\xi)\right]\right) \tag{4a}$$

$$\text{s.t.} \quad R_{it}(\xi)-x_{it}=y_{it}^{+}(\xi)-y_{it}^{-}(\xi)+z_{it}^{C}(\xi)-z_{it}^{D}(\xi) \tag{4b}$$

$$R_{it}(\xi)\geqslant y_{it}^{+}(\xi) \tag{4c}$$

$$z_{i,t+1}(\xi)=z_{it}(\xi)+z_{it}^{C}(\xi)-z_{it}^{D}(\xi)\quad \forall i,t \tag{4d}$$

$$z_{it}^{D}(\xi)\leqslant z_{it}(\xi),\quad z_{it}^{C}(\xi)\leqslant K_i-z_{it}(\xi),\quad 0\leqslant z_{it}(\xi)\leqslant K_i \tag{4e}$$

$$y_{it}^{+}(\xi)\leqslant M_1\rho_{it}(\xi),\quad y_{it}^{-}(\xi)\leqslant M_1(1-\rho_{it}(\xi)) \tag{4f}$$

$$y_{it}^{-}(\xi)\leqslant M_1\delta_{it}(\xi),\quad z_{it}^{C}(\xi)\leqslant M_1(1-\delta_{it}(\xi)) \tag{4g}$$

$$z_{it}^{C}(\xi)\leqslant M_1\zeta_{it}(\xi),\quad z_{it}^{D}(\xi)\leqslant M_1(1-\zeta_{it}(\xi)) \tag{4h}$$

2.2 Aggregation with BTM storage control

$$\max \quad \sum_{t\in T}\left(P_t^{DA}\sum_{i\in I}x_{it}+\mathbb{E}\left[P_t^{RT}(\xi)\sum_{i\in I}e_{it}^{+}(\xi)-P_t^{PN}\sum_{i\in I}e_{it}^{-}(\xi)\right]\right) \tag{5a}$$

$$\tag{5b}$$

$$\text{s.t.} \quad R_{it}(\xi)-x_{it}=y_{it}^{+}(\xi)-y_{it}^{-}(\xi)+z_{it}^{C}(\xi)-z_{it}^{D}(\xi) \tag{5c}$$

$$R_{it}(\xi)\geqslant y_{it}^{+}(\xi) \tag{5d}$$

$$y_{it}^{+}(\xi)\leqslant M_1\rho_{it}(\xi),\quad y_{it}^{-}(\xi)\leqslant M_1(1-\rho_{it}(\xi)) \tag{5e}$$

$$y_{it}^{-}(\xi)\leqslant M_1\delta_{it}(\xi),\quad z_{it}^{C}(\xi)\leqslant M_1(1-\delta_{it}(\xi)) \tag{5f}$$

$$z_{it}^{C}(\xi)\leqslant M_1\zeta_{it}(\xi),\quad z_{it}^{D}(\xi)\leqslant M_1(1-\zeta_{it}(\xi)) \tag{5g}$$

$$z_{it}^{D}(\xi)\leqslant z_{it}(\xi),\quad z_{it}^{C}(\xi)\leqslant K_i-z_{it}(\xi),\quad 0\leqslant z_{it}(\xi)\leqslant K_i \tag{5h}$$

$$z_{i,t+1}(\xi)=z_{it}(\xi)+z_{it}^{C}(\xi)-z_{it}^{D}(\xi) \tag{5i}$$

$$e_{it}^{+}(\xi)=y_{it}^{+}(\xi)-\sum_{j\in I}d_{ijt}(\xi),\quad e_{it}^{-}(\xi)=y_{it}^{-}(\xi)-\sum_{j\in I}d_{jit}(\xi) \tag{5j}$$

$$d_{iit}(\xi)=0 \tag{5k}$$

2.3 Aggregation with direct control over storage

$$\max \quad \sum_{t\in T}\left(P_t^{DA}\alpha_t+\mathbb{E}\left[P_t^{RT}(\xi)\beta_t^{+}(\xi)-P_t^{PN}\beta_t^{-}(\xi))\right]\right) \tag{6a}$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i\in I}R_{it}(\xi)-\alpha_t=\beta_t^{+}(\xi)-\beta_t^{-}(\xi)+\gamma_t^{C}(\xi)-\gamma_t^{D}(\xi)\quad \forall t \tag{6b}$$

$$\sum_{i\in I}R_{it}(\xi)\geqslant \beta_t^{+}(\xi) \tag{6c}$$

$$\gamma_t^{D}(\xi)\leqslant \gamma_t(\xi),\quad \gamma_t^{C}(\xi)\leqslant \sum_{i\in I}K_i-\gamma_t(\xi),\quad 0\leqslant \gamma_t(\xi)\leqslant \sum_{i\in I}K_i\quad \forall t \tag{6d}$$

$$\gamma_{t+1}(\xi)=\gamma_t(\xi)+\gamma_t^{C}(\xi)-\gamma_t^{D}(\xi)\quad \forall t \tag{6e}$$

$$\beta_t^{+}(\xi)\leqslant M_2\mu_t(\xi),\quad \beta_t^{-}(\xi)\leqslant M_2(1-\mu_t(\xi))\quad \forall t \tag{6f}$$

$$\beta_t^{-}(\xi)\leqslant M_2\eta_t(\xi),\quad \gamma_t^{C}(\xi)\leqslant M_2(1-\eta_t(\xi))\quad \forall t \tag{6g}$$

$$\gamma_t^{C}(\xi)\leqslant M_2\lambda_t(\xi),\quad \gamma_t^{D}(\xi)\leqslant M_2(1-\lambda_t(\xi))\quad \forall t \tag{6h}$$