



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Data Mining-Based Smart Energy Management System for Micro-grids

Parvizi-Mosaed, Mehdi ; Farmani, Farid; Ghasemkhani, Amir; Anvari-Moghaddam, Amjad; Rahimi-Kian, Ashkan; Monsef, Hassan

Published in:

Proceedings of the 28th International Power System Conference (PSC)

Publication date:

2013

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Parvizi-Mosaed, M., Farmani, F., Ghasemkhani, A., Anvari-Moghaddam, A., Rahimi-Kian, A., & Monsef, H. (2013). Data Mining-Based Smart Energy Management System for Micro-grids. In *Proceedings of the 28th International Power System Conference (PSC)* (pp. 1-8)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

مدل‌سازی سیستم هوشمند مدیریت انرژی یک ریزشبکه مبتنی بر روش‌های داده‌کاوی

مهدی پرویزی مساعد، فرید فرمانی، حسن منصف، اشکان رحیمی‌کیان، امیر قاسم‌خانی، امجد انوری‌مقدم

دانشکده‌ی برق و کامپیوتر

دانشگاه تهران

تهران، ایران

و باتری‌های متحرک می‌باشند. خودروهای هیبریدی از نوع باتری‌های متحرکی به‌شمار می‌روند که می‌توانند در تولید انرژی یا رزرو به بهره‌برداری شبکه کمک کنند [۱ و ۲]. یکی از کاربردهای اساسی فناوری ریزشبکه هماهنگی بین تولیدکننده‌های مختلف و بارهای کنترل‌پذیر جهت ارائه‌ی یک سیستم کارا و سودمند می‌باشد [۳ و ۴]. در این راستا یک سیستم مدیریت انرژی به‌منظور مدیریت عملکرد ریزشبکه نیاز است. مقالات زیادی نیز پیش از این در این زمینه ارائه شده‌اند؛ از جمله مقاله‌ی [۵] که کاربرد یک کنترل‌کننده‌ی مرکزی را برای بهینه‌سازی عملکرد یک ریزشبکه در زمان اتصال به شبکه تشریح می‌کند در مقاله‌ی [۶] یک سیستم مدیریت انرژی برای بهینه کردن عملکرد ریزشبکه شامل مدیریت سمت بار و منابع تولید پراکنده ارائه شده است. اما یکی از موضوعات مهمی که در طراحی سیستم مدیریت انرژی باید مورد توجه قرار گیرد مشکلات موجود هنگام مواجهه با حجم زیاد داده‌های حاصل از سیستم‌های اندازه‌گیر موجود در ریزشبکه است. در این راستا روش‌های داده‌کاوی برای حل این مشکلات معرفی شده‌اند. از جمله مقاله‌ی [۷] از این روش‌ها برای پیش‌بینی سرعت باد استفاده شده است. مقالات دیگری چون [۸] و [۹] نیز از این روش‌ها به منظور مدیریت بار استفاده کرده‌اند. در این مقاله یک سیستم جامع مدیریت انرژی مبتنی بر روش‌های داده‌کاوی ارائه شده است. پارامترهایی همچون تابش خورشید و بار با استفاده از این روش‌ها پیش‌بینی شده‌اند. سه تابع هدف به منظور کمینه کردن هزینه بهره‌برداری، میزان آلاینده‌گی و تلفات معرفی شده است. ادامه‌ی مقاله به این ترتیب است؛ در بخش دوم روش انجام کار شامل معرفی مدل ارائه شده برای سیستم مدیریت انرژی و تشریح قسمت‌های مختلف آن است. در بخش سوم مدل‌سازی ریاضی مسأله‌ی

چکیده — تکنولوژی ریزشبکه‌ها استفاده‌ی هماهنگ و سودمند منابع انرژی گوناگون را برای تأمین بارهای موجود میسر می‌سازد. جهت داشتن یک عملکرد هماهنگ بین این تولیدکننده‌ها هنگام مواجهه با توابع هدف مختلف استفاده از روش‌های بهینه‌سازی چندهدفه بسیار مفید خواهد بود. در این مقاله یک سیستم مدیریت انرژی به منظور عملکرد بهینه‌ی ریزشبکه ارائه شده است. سیستم مورد نظر وظایفی چون جمع‌آوری داده، پردازش داده و تعیین سیگنال‌های کنترلی برای ریزشبکه را برعهده دارد. توابع هدف در نظر گرفته شده شامل کمینه کردن هزینه بهره‌برداری، آلاینده‌ها و تلفات برای ریزشبکه با قیود فنی و قابلیت اطمینان شبکه می‌باشد. نتایج شبیه‌سازی عملکرد مناسب سیستم مدیریت انرژی ارائه شده برای ریزشبکه مورد نظر را تصدیق می‌کنند.

واژه‌های کلیدی — مدیریت هوشمند انرژی؛ بهینه‌سازی چندهدفه؛

داده‌کاوی؛ منابع تولید پراکنده؛

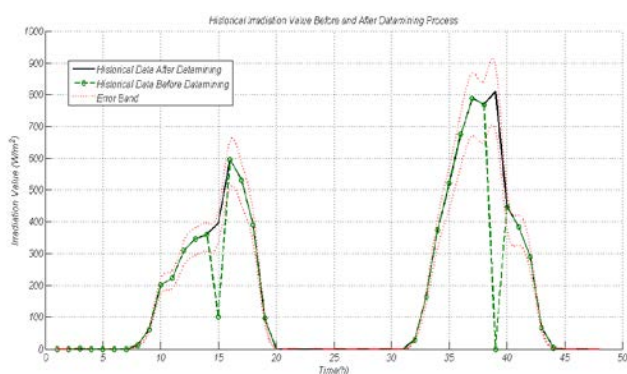
۱. مقدمه

امروزه مدیریت بهینه‌ی انرژی ریزشبکه‌های هوشمند با وجود فناوری‌های گوناگون انرژی، برنامه‌های پاسخ‌گویی بار و داده‌های فراوان حاصل از این بخش‌ها از اهمیتی ویژه برخوردار است. ریزشبکه‌ها منابع انرژی گوناگونی از جمله پنل‌های خورشیدی، باد، باتری و غیره را شامل می‌شوند. در این بین باتری‌ها شامل دو دسته از جمله باتری‌های اسکان‌یافته

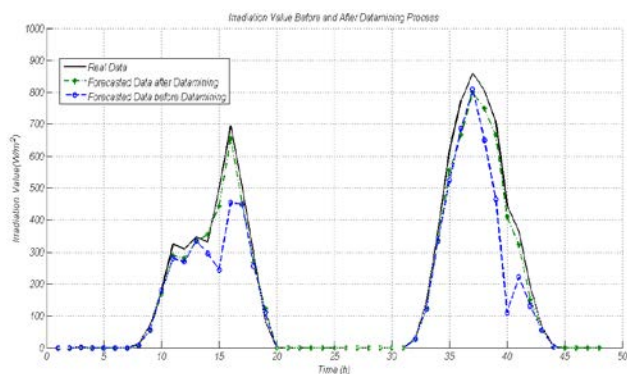
غیرقابل برنامه‌ریزی تقسیم می‌شوند. حجم عظیم داده‌ها سپس به لایه‌ی بعد ارسال شده و برای فرایند پردازش آماده می‌شوند.

لایه‌ی پردازش داده

به دلیل وجود حجم عظیم داده‌های حاصل از لایه‌ی قبل، لایه‌ی پردازش داده به‌منظور فراهم آوردن داده‌های مناسب پردازش نهایی به‌کار می‌رود. روش‌های داده‌کاوی جهت تشخیص روندهای موجود در داده‌های خام به‌کار می‌روند. در این راستا روش‌های گوناگونی از جمله روش رگرسیون برای انتخاب شاخصه‌های مناسب از بین داده‌های موجود به‌کار می‌روند. این شاخصه‌ها می‌توانند کمینه، بیشینه یا میانگین داده‌های قدیمی باشند.



(الف)



(ب)

شکل ۲: الف) داده‌های قدیمی قبل و بعد از اعمال داده‌کاوی (ب) پیش‌بینی داده‌ها قبل و بعد از پالایش آنها

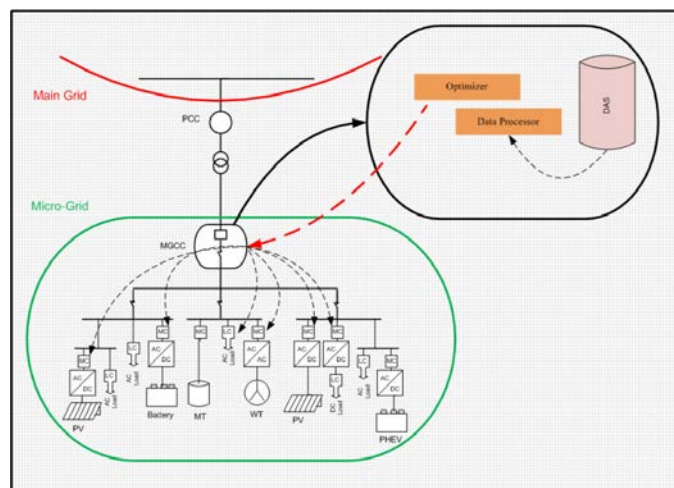
شکل ۲ چگونگی اثر داده‌کاوی روی داده‌های تابش خورشید را نشان می‌دهد. شکل (۲-الف) داده‌های بایگانی را قبل و بعد از اعمال پالایش برای دو روز نوعی پیایی نمایش می‌دهد. یک پیش‌بینی براساس این داده‌ها برای

بهینه‌سازی مدیریت انرژی توضیح داده شده است. در بخش چهارم علاوه بر تعریف شبکه‌ی تحت مطالعه، نتایج عددی به‌دست آمده به‌طور دقیق تحلیل شده است. و در نهایت در بخش پنجم یک نتیجه‌گیری راجع به مدل ارائه شده ذکر شده است.

۲. روش انجام کار

۲.۱. مدل سیستم هوشمند مدیریت انرژی

سیستم مدیریت هوشمند به‌عنوان مغز متفکر سیستم عمل می‌کند. همان‌طور که در شکل ۱ نمایش داده شده است، در این سیستم ابتدا داده‌ها از سیستم‌های اندازه‌گیری جمع‌آوری شده و سپس این داده‌ها کاسته شده و پالایش می‌شود. داده‌های پالایش شده سپس برای برنامه‌ریزی روز آتی به‌کار می‌رود. در نهایت تعدادی سیگنال کنترلی برای عملکرد بخش‌های مختلف ریزشبکه مهیا می‌شود. این وظایف توسط سه بخش انجام می‌شود که عبارتند از: سیستم جمع‌آوری داده، سیستم پردازش داده و لایه‌ی بهینه‌سازی. هر یک از این لایه‌ها در ادامه معرفی شده‌اند.



شکل ۱: معماری سیستم مدیریت هوشمند

لایه‌ی جمع‌آوری داده

این لایه شامل بخش‌هایی است که وظیفه‌ی جمع‌آوری داده‌های اندازه‌گیری شده توسط زیرساخت‌های اندازه‌گیری داده از قسمت تولید و مصرف را بر عهده دارد. که در آن مصرف‌کننده‌ها به دو دسته‌ی برنامه‌پذیر و

توابع هدف مختلف به منظور یافتن بهترین پاسخ برای مسأله روش‌های بهینه‌سازی چندهدفه بسیار کارا و مفید خواهد بود. در این مقاله روش ε -Constraint برای بهینه‌سازی چند هدف مورد نظر به کار رفته است که در ذیل به‌طور خلاصه معرفی شده است [۱۰].

روش ε -Constraint

در این روش مسأله‌ی بهینه‌سازی چندهدفه ابتدا به یک مسأله‌ی بهینه‌سازی تک‌هدفه تبدیل می‌شود. سپس هر یک از این هدف‌ها به‌طور جداگانه با در نظر گرفتن قیود مساوی و نامساوی کمینه خواهند شد. همان‌گونه که در (۱) نشان داده شده است یکی از توابع هدف به عنوان تابع هدف اصلی و دیگر توابع هدف به عنوان قیود این تابع در نظر گرفته می‌شوند. پرتوهای متعددی با تغییر دامنه‌ی این قیود حاصل خواهد شد.

$$\begin{aligned} \min F(x) &= f_i(x) \\ \text{s.t.} & \\ f_i(x) &\leq \varepsilon_j, j = 1, 2, \dots, n \& j \neq i \\ g(x) &\leq 0, h(x) = 0 \end{aligned} \quad (1)$$

که در آن $g(x)$ بردار قیود نامساوی، $h(x)$ بردار قیود تساوی، i و j اندیس توابع هدف اصلی و قید در نظر گرفته می‌شوند. در این روش با یک تغییر بسیار کوچک در مقدار (ε) دسته‌ای از جواب‌ها برای هر قید به‌دست خواهد آمد.

۳. مدل‌سازی ریاضی

هدف از این مقاله ارائه‌ی یک سیستم مدیریت انرژی جهت برنامه‌ریزی واحدهای تولیدپراکنده برای تأمین بار موجود در ریزشبه می‌باشد. در این راستا، عملکرد ۲۴ ساعته ریز شبکه به صورت زیر در (۲)-(۱۶) مدل‌سازی می‌شود. تابع هدف اول به‌صورت هزینه‌ی نصب، سوخت و راه‌اندازی و خاموش کردن واحدها همراه با هزینه‌ی تبادل با شبکه می‌باشد. میزان آلاینده‌های تولید شده توسط واحدهای تولیدی و شبکه نیز در تابع شبکه‌ی دوم مدل‌سازی شده است.

$$\min J_1 = \sum_{t=1}^T [C_t^{DG}(P_{DG}(t), \tau, st, sd) + C_t^G(P_G(t), \tau)] \quad (2)$$

که در آن $P_{DG}(t)$ و $P_G(t)$ به ترتیب بیان‌گر اندیس زمان (ساعت)، دوره‌ی عملکرد (در این جا $\tau = 1$)، هزینه‌ی راه‌اندازی/خاموش کردن واحدهای تولید پراکنده (cent)، توان تولیدی واحدهای تولید پراکنده در ساعت t (kW) و توان مبادله شده با شبکه در

یک روز در آینده انجام شده است. همان‌طور که در شکل (۲-ب) ملاحظه می‌شود پیش‌بینی‌ها برای دو حالت داده‌های پالایش شده و پالایش نشده انجام گرفته است و تأثیر داده‌کاوی روی آن‌ها محسوس است. پیش‌بینی داده‌های پالایش شده به‌دلیل حذف داده‌های گم شده و داده‌های خارج از باند صحت داده، به داده‌های واقعی خیلی نزدیک‌تر است. پس از انجام پیش‌بینی با استفاده از داده‌های پالایش شده، مقادیر به‌دست آمده سپس به لایه‌ی بهینه‌سازی ارسال شده و برای تعیین دیسپاچ واحدهای مختلف به‌کار می‌روند.

روند پردازش داده که توضیح داده شد در الگوریتم زیر خلاصه شده است. در گام اول مشخص می‌شود که بیش‌بینی برای H ساعت بعد به انجام می‌شود (در این مقاله $H=24$). در گام سوم داده‌ها برای پردازش تدریجی وارد می‌شوند. در فاز اول یک باند برای تعیین داده‌های صحیح معین می‌شود به‌طوری که داده‌های اشتباه خارج از این باند قرار می‌گیرند و با داده‌های صحیح جایگزین می‌شوند. در فاز دوم فرآیند انتخاب ورودی پس از انتخاب تعدادی شاخصه اجرا می‌شود. در فاز آخر یک مازول بردار پشتیبان مقادیر مورد نظر را با استفاده از داده‌های پالایش شده برای ساعات مورد نظر در آینده پیش‌بینی می‌کند.

Data Processing :H ahead Prediction

- 1: Set H
- 2: **while** {1} **do**
- 3: Initialization: Enter $x'_i \in X, \forall i \in N, t \in T$
- 4: **For each** $i \in N$ **do**
- 5: **Phase 1:** Set boundary limitation ε'_i
- 6: If $|x'_i| \geq \varepsilon'_i$
- 7: Set x'_i as outlayer or misobservation data
- 8:
$$x'_i \leftarrow \sum_{t \in T} \frac{x_i^{to}}{N_o}$$
- 9: **end**
- 10: **Phase 2:** Input selection
- 11: Select features $\gamma_i^m, \forall m \in M$
- 12: Determine $T_i^{new} \subseteq T$
- 13: **Phase 3:** Predict by SVM
- 14: **end do**
- 15: **end while**

لایه‌ی بهینه‌سازی

در این لایه سیگنال‌های کنترل بهینه باید برای عملکرد بخش‌های مختلف سیستم مورد ارزیابی و پیاده‌سازی قرار گیرند. هنگام برخورد با

$$E_t^G(P_G(t), \tau) = P_G(t) \cdot \tau \cdot e_G \quad (9)$$

(د) قید کنترل باتری

$$SoC_b(t+1) = SoC_b(t) + \eta_c P_b^c(t) z_b^c(t) - \frac{P_b^d(t) z_b^d(t)}{\eta_d} \quad (10)$$

که در آن $SoC_b(t)$ ، η_c / η_d و $z_b^c(t) / z_b^d(t)$ به ترتیب بیان‌گر میزان شارژ باتری در t (kWh)، بازدهی شارژ/دشارژ باتری و حالت شارژ/دشارژ باتری در t (صفر یا یک) می‌باشد.

$$z_b^c(t) + z_b^d(t) \leq 1 \quad (11)$$

$$\underline{SoC}_b \leq SoC_b(t) \leq \overline{SoC}_b \quad (12)$$

که در آن $\underline{SoC}_b / \overline{SoC}_b$ به ترتیب بیان‌گر کران مجاز پایین و بالا برای میزان شارژ موجود باتری (kWh) می‌باشد.

(ه) حالت عملکردی شبکه

$$z_{buy}^G(t) + z_{sell}^G(t) \leq 1 \quad (13)$$

(و) قیود واحدهای تولید پراکنده و شبکه

$$\underline{P}_{DG} \leq P_{DG}(t) \leq \overline{P}_{DG} \quad (14)$$

$$\underline{P}_G \leq P_G(t) \leq \overline{P}_G \quad (15)$$

که در آن $\underline{P}_{DG} / \overline{P}_{DG}$ و $\underline{P}_G / \overline{P}_G$ به ترتیب بیان‌گر حداقل/حداکثر توان خروجی واحدهای تولید پراکنده (kW) و حداقل/حداکثر توان مبادله شده با شبکه (kW) هستند.

(ز) رزرو چرخان

$$\sum_{DG} P_{DG}(t) + P_G(t) \geq R_G(t) \quad (16)$$

که در آن $R_G(t)$ رزرو چرخان در t (kW) است.

(ح) شاخص انرژی تأمین نشده

$$0 \leq \sum_{t=1}^T EENS(t) \leq \overline{EENS} \quad (17)$$

که در آن $EENS(t)$ و \overline{EENS} به ترتیب میزان انرژی تأمین نشده در t و حداکثر میزان مجاز برای انرژی تأمین نشده (kWh) هستند.

(خ) قیود و محدودیت‌های شبکه

$$\underline{P}_{line} \leq P_{line}(t) \leq \overline{P}_{line} \quad (18)$$

$$\underline{V}_i \leq V_i(t) \leq \overline{V}_i \quad (19)$$

که در آن $\underline{V}_i / \overline{V}_i$ و $\underline{P}_{line} / \overline{P}_{line}$ بیان‌گر حداقل/حداکثر توان عبوری

ساعت t ام (kW) می‌باشد. همین‌طور $C_t^{DG}(P_{DG}(t), \tau, st, sd)$ تابع هدف هزینه‌ی تولید واحدهای تولید پراکنده و $C_t^G(P_G(t), \tau)$ هزینه‌ی توان مبادله شده با شبکه می‌باشد.

$$\min J_2 = \sum_{t=1}^T [E_t^{DG}(P_{DG}(t), \tau) + E_t^G(P_G(t), \tau)] \quad (3)$$

که در آن $E_t^{DG}(P_{DG}(t), \tau)$ و $E_t^G(P_G(t), \tau)$ به ترتیب توابع هدف آلاینده‌ی واحدهای تولید پراکنده و شبکه در زمان t (kg) هستند.

$$\min J_3 = \sum_{t=1}^T [L_t^{DG}(P_{DG}(t), P_G(t), \tau)] \quad (4)$$

که در آن $L_t^{DG}(P_{DG}(t), P_G(t), \tau)$ تابع هدف تلفات شبکه بر حسب میزان تولید هر یک از واحدها و شبکه بر حسب kW می‌باشد.

(الف) قیود سیستم برای هر باس

$$\sum_{DG} P_{DG}(t) + z_{buy}^G(t) P_G(t) - z_{sell}^G(t) P_G(t) = P_L(t) - P_{DR}(t) \quad (5)$$

که در آن $z_{buy}^G(t) / z_{sell}^G(t)$ به ترتیب وضعیت خرید و فروش از شبکه در t (صفر یا یک)، $P_L(t)$ کل بار در t (kW) و $P_{DR}(t)$ توان شرکت کننده در برنامه‌های پاسخ‌گویی بار در t (kW) می‌باشند.

(ب) هزینه‌ی تولید الکتریسیته

(۱) واحدهای تولید پراکنده

$$C_t^{DG}(P_{DG}(t), \tau, st, sd) = c_{DG} \cdot P_{DG}(t) \cdot \tau + \begin{cases} st, u_{DG}(t) > u_{DG}(t-1) \\ sd, u_{DG}(t) < u_{DG}(t-1) \\ 0, u_{DG}(t) = u_{DG}(t-1) \end{cases} \quad (6)$$

که در آن c_{DG} ، e_{DG} ، e_G و $u_{DG}(t)$ به ترتیب هزینه‌ی تولید واحدهای تولید پراکنده در t (cent/kWh)، ضریب آلاینده‌ی واحدهای تولید پراکنده و شبکه (kg/kWh) و وضعیت تعهد واحدهای تولید پراکنده در ساعت t (صفر یا یک) می‌باشد.

(۲) شبکه

$$C_t^G(P_G(t), \tau) = \begin{cases} c_{sell}^G(t) \cdot P_G(t) \cdot \tau, P_G(t) < 0 \\ c_{buy}^G(t) \cdot P_G(t) \cdot \tau, P_G(t) > 0 \end{cases} \quad (7)$$

که در آن $c_{buy}^G(t) / c_{sell}^G(t)$ به ترتیب هزینه‌ی انرژی خرید شده / فروخته شده به شبکه (cent) و مقادیر مثبت و منفی $P_G(t)$ به ترتیب نشان دهنده‌ی آن است که ریزشبکه از شبکه می‌خرد یا به آن می‌فروشد.

(ج) میزان آلاینده‌ی

(۱) واحدهای تولید پراکنده

$$E_t^{DG}(P_{DG}(t), \tau) = |P_{DG}(t)| \cdot \tau \cdot e_{DG} \quad (8)$$

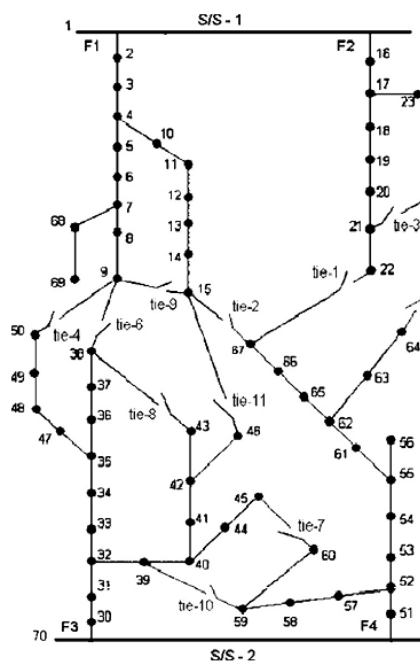
(۲) شبکه

می‌شود که توسط سیستم خانگی (ولتاژ ۲۲۰ ولت و جریان ۱۶ آمپر) با توان ۴ کیلووات شارژ و دشارژ می‌شوند.

۴. شبکه‌ی مورد مطالعه و نتایج عددی

برای باتری‌های هم‌توان شارژ و دشارژ ۱۰ کیلووات فرض می‌شود. از طرفی دیگر باتری‌ها و خودروهای هیبریدی بین ۲۰ تا ۱۰۰ درصد ظرفیت نامی با بازدهی ۰٫۹۴ عمل می‌کنند. در این مقاله، بالاترین توان تولیدکننده بر اساس معیار $N-1$ به عنوان رزور چرخان لحاظ شده است. برای سادگی تحلیل، هزینه‌های راه‌اندازی و خاموش کردن واحدها برابر فرض شده است و ضریب توان میکروتوربین‌ها و دیزل ژنراتور ۰٫۸۶ و ضریب توان واحدهای تولیدی دیگر یک در نظر گرفته شده است. قیمت بازار انرژی بر اساس بازار PJM برای دو روز مختلف آفتابی و ابری [۱۵] و اطلاعات سرعت باد و شدت تابش نیز از مرجع [۱۴] گرفته شده است. در نهایت این اطلاعات توسط روش‌های داده‌کاوی توضیح داده شده پردازش می‌شوند و توسط روش بردار پشتیبان پیش‌بینی شده‌اند. این پیش‌بینی‌ها برای شدت تابش بعد و قبل از داده‌کاوی در شکل ۲ نمایش داده شده است. در این مقاله، بارها به سه دسته‌ی بارهای بحرانی، قابل قطع و انتقال پذیر تقسیم می‌شوند. بارهای قابل قطع و انتقال پذیر به عنوان برنامه‌های پاسخگویی بار در نظر گرفته شده‌اند. بارهای قابل قطع و انتقال پذیر به ترتیب ۵ و ۲ درصد کل بارها بر اساس تعرفه‌ی یکسان ۴٫۷ سنت به ازای هر کیلووات ساعت لحاظ شده است. خودروهای هیبریدی نیز همواره در دسترس نمی‌باشند به همین منظور برای تحلیل آنها بر اساس مرجع [۱۶] ساعات در دسترس بودن آن لحاظ شده است. در این قسمت الگوریتم بهینه‌سازی پیشنهادی به همراه مدل مدیریت انرژی هوشمند ارائه شده بر روی شبکه‌ی ۷۰ باسه توزیع پیاده‌سازی می‌شود. در این شبیه‌سازی از ترکیب تکنولوژی‌های تولیدات پراکنده در مکان‌های از پیش تعیین شده استفاده شده است. به منظور پیدا کردن بهترین مکان برای نصب تولیدات پراکنده مطابق با مرجع [۱۷]، برای سیستم فتوولتائیک، توربین بادی دیزل ژنراتور، میکروتوربین و باتری به ترتیب در باس‌های ۲۲، ۵۶، ۴، ۷ و ۱۲ انتخاب شده‌اند. به منظور حل مسئله‌ی بهینه‌سازی سه هدف: (۱) حداقل کردن هزینه‌ی تامین بار مصرفی توسط واحدها و تبادل با شبکه (۲) حداقل کردن میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای (۳) حداقل کردن تلفات ناشی از عملکرد واحدهای در نظر گرفته شده است. شکل‌های ۴ و ۵ منحنی‌های

شکل ۳ یک شبکه‌ی توزیع ۷۰ باسه به عنوان شبکه‌ی نمونه انتخاب شده است [11]. شبکه در دو شرایط آب و هوایی آفتابی و ابری مورد تست قرار می‌گیرد. متوسط انرژی منحنی بار این شبکه در حالات آفتابی و ابری به ترتیب ۲۲۷۲ و ۱۹۸۵ کیلووات ساعت می‌باشد هم‌چنین میزان توان ماکزیم منحنی بار در روزهای آفتابی و ابری به ترتیب ۱۵۲٫۷۴ کیلووات در ساعت ۷ بعد از ظهر و ۱۴۵٫۱۳ کیلووات در ساعت ۸ بعد از ظهر می‌باشد [21].



شکل ۳. دیاگرام تک خطی شبکه‌ی ۷۰ باس مورد مطالعه

ریزشبکه‌ی مفروض از تکنولوژی‌های میکروتوربین، دیزل ژنراتور، فتوولتائیک، توربین بادی، باتری‌های ثابت و متحرک (خودروهای هیبریدی) تشکیل شده است. جدول ۱ ضرایب پیشنهاد قیمت و محدودیت‌های ادوات تولید پراکنده با نشان می‌دهند [۱۳ و ۱۴]. این ضرایب بر اساس اطلاعات موجود در [۱۴ و ۱۵] محاسبه شده‌اند. در این شبکه‌ی مورد نظر، دو عدد باتری و هشت خودروی هیبریدی با ظرفیت‌های به ترتیب ۲۰ و ۱۶ کیلووات ساعت موجود می‌باشد. خودروهای مذکور، شورت در نظر گرفته

پارتوی هزینه بر حسب آلاینده‌گی و هزینه بر حسب تلفات شبکه را در دو چه تبادل با شبکه افزایش یابد حالت هوای ابری و آفتابی نشان می دهد. از شکل ۴ استنباط می شود که هر

جدول ۱: ضرایب پیشنهاد قیمت و آلاینده‌گی تولیدات پراکنده، [۲۱ و ۱۰]

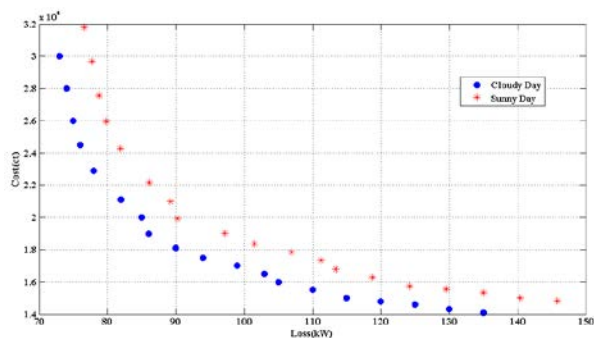
Type	Min. Power (kW)	Max. Power (kW)	a_1 (ct/kWh)	b_1 (ct/h)	Start up/shut down cost(ct)	CO ₂ (kg/MWh)	SO _x (kg/MWh)	NO _x (kg/MWh)
MT	5	28	5.6	62	15	720	0.0036	0.1
D	5	30	4.66	29.48	15	650	0.23	10
PV	0	20	34.19	0	-	0	0	0
WT	0	25	13.40	0	-	0	0	0
Bat	-10	10	6.25	0	-	12.4	0	0
PHEV	-4	4	7.82	0	-	12.4	0	0
Grid	-80	80	-	-	-	950	0.5	2.1

جدول ۲: نتایج شبیه سازی قبل و بعد از پردازش داده ها

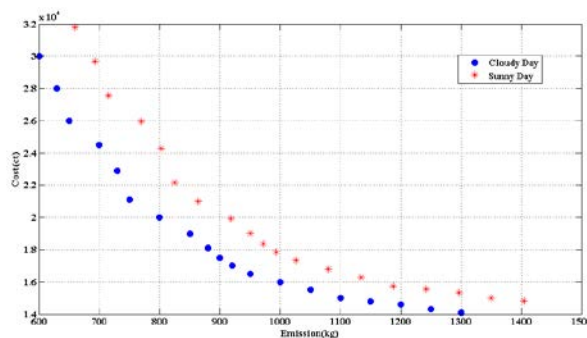
	Before Datamining			After Datamining			Error in Objectives		
	Cost(ct)	Emission(kg)	Loss(kW)	Cost(ct)	Emission(kg)	Loss(kW)	Cost(%)	Emission(%)	Loss(%)
Sunny	21286.65	985.01	94.09	19950.5	918.1	90.3	6.27	6.80	4.03
Cloudy	20131.59	905.25	90.40	19010.2	850.31	86.22	5.57	6.10	4.87

گازهای گلخانه ای، تلفات و هزینه ها بیشتر می باشد که این موضوع به چند عامل بر می گردد.

هزینه ها کاهش می یابد اما آلاینده‌گی به طور قابل ملاحظه ای افزایش می یابد.



شکل ۵: منحنی پارتوی هزینه بر حسب میزان تلفات شبکه



شکل ۴: منحنی پارتوی هزینه بر حسب میزان انتشار گاز گلخانه ای

یکی از اصلی ترین عوامل این نتیجه افزایش میزان مصرف در هوای آفتابی نمونه به علت افزایش دما یا عوامل دیگر باعث افزایش میزان انتشار گازهای گلخانه ای، هزینه ها می شود. هم چنین می توان خاطر نشان کرد در نتیجه ی افزایش تولید، تلفات شبکه به طور طبیعی افزایش یافته است. البته عاملی که باعث شده است که افزایش انتشار گاز گلخانه ای و تلفات چشمگیر نباشد افزایش میزان تولید فتولتائیک ناشی از افزایش تابش در روز آفتابی می باشد اما همین عامل باعث افزایش هزینه ها شده است. در این مقاله برای تحلیل صحیح و به دست آوردن توزیع بهینه ی توان بین منابع می بایستی

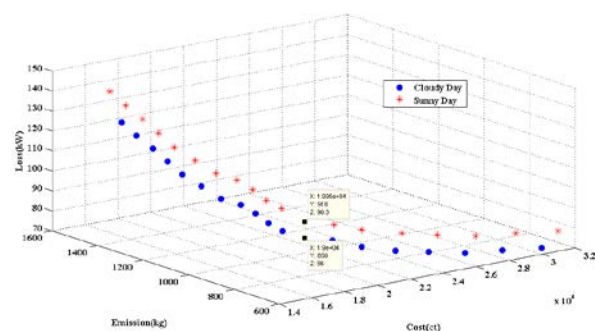
در شکل ۵ نیز دیده می شود که برای کاهش تلفات بایستی هزینه ی بیشتری را متحمل شد. اما آن چه در هر دو شکل مطلوب در نظر گرفته می شود تعیین نقطه ای بهینه از نظر هزینه-تلفات-آلاینده‌گی می باشد. این موضوع را می توان در شکل ۶ مشاهده کرد. همان طور که شکل ۶ دیده می شود نقطه ای بهینه از نظر تلفات، هزینه ها و آلاینده‌گی بر اساس بیشترین ضریب برازندگی به دست می آید. این نقطه ی بهینه بیشترین ضریب برازندگی پس از دسته بندی های جبهه ی اول پارتو به دست آمده است. همان طوری که در شکل ۶ دیده می شود در هوای آفتابی نسبت به هوای ابری میزان انتشار

پاسخ‌گویی بار و اثر خودروهای هیبریدی حل شده است. نتایج عددی نشان داد که سیستم مدیریت انرژی مورد نظر با بهره‌گیری از روش‌های داده‌کاوی توانست کارایی مناسبی جهت کاهش هزینه‌های اقتصادی، میزان آلاینده‌ها و تلفات شبکه به ارمغان بیاورد.

منابع

- [1] Sortomme, E.; El-Sharkawi, M.A., "Optimal Scheduling of Vehicle-to-Grid Energy and Ancillary Services," *Smart Grid, IEEE Transactions on*, vol.3, no.1, pp.351, 359, March 2012
- [2] Ota, Y.; Taniguchi, H.; Nakajima, T.; Liyanage, K.M.; Baba, J.; Yokoyama, A., "Autonomous Distributed V2G (Vehicle-to-Grid) Satisfying Scheduled Charging," *Smart Grid, IEEE Transactions on*, vol.3, no.1, pp.559,564, March 2012
- [3] R. Lasseter, A. Akhil, C. Marnay, J. Stephens, J. Dagle, R. Guttromson, A. Meliopoulos, R. Yinger, and J. Eto, "White paper on integration of distributed energy resources. The CERTS microgrid concept," Consortium Electr. Rel. Technol. Solut. (CERTS), Tahoe City, CA, Tech. Rep. LBNL-50829, Apr. 2002.
- [4] MICROGRIDS—Large Scale Integration of Micro-Generation to Low Voltage Grids. (2002, May). EU Contract ENK5-CT-2002-00610, Tech. Annex [Online]. Available: <http://microgrids.power.ece.ntua.gr>.
- [5] Tsikalakis, A.G.; Hatziargyriou, N.D., "Centralized Control for Optimizing Microgrids Operation," *Energy Conversion, IEEE Transactions on*, vol.23, no.1, pp.241, 248, March 2008.
- [6] C. Cecati, C. Citro, and P. Siano, "Combined Operations of Renewable Energy Systems and Responsive Demand in a Smart Grid," *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, vol. 2, no. 4, pp. 468–476, Oct. 2011.
- [7] Zareipour, H.; Dongliang Huang; Rosehart, W., "Wind power ramp events classification and forecasting: A data mining approach," *Power and Energy Society General Meeting, 2011 IEEE*, vol., no., pp.1.3, 24-29 July 2011
- [8] J.J. Smit "Decision making experience with maintenance diagnosis of high voltage equipment", 37th Cigre session, Paris 1998, pp.10,15.
- [9] McGrail, Anthony J.; Gulski, Edward; Allan, David; Birtwhistle, David; Blackburn, Trevor R.; Groot, Edwin R. S. "Data Mining Techniques to Assess the Condition of High Voltage Electrical Plant". *CIGRÉ WG 15.11 of Study Committee 15*, Paris 2002.
- [10] Mohamed, F.A.; Koivo, H.N., "System Modelling and Online Optimal Management of MicroGrid Using Multiobjective Optimization," *Clean Electrical Power, 2007. ICCEP '07. International Conference on*, vol., no., pp.148, 153, 21-23 May 2007.
- [11] Das, D., "A fuzzy multiobjective approach for network reconfiguration of distribution systems," *Power Delivery, IEEE Transactions on*, vol.21, no.1, pp.202,209, Jan. 2006
- [12] G. Mavrotas, "Effective implementation of the ϵ -constraint method in Multi-Objective Mathematical Programming problems," *Applied Mathematics and Computation*, vol. 213, no. 2, pp. 455–465, Jul. 2009.
- [13] Gembicki, F.; Haimes, Y.Y., "Approach to performance and sensitivity multiobjective optimization: The goal attainment method," *Automatic Control, IEEE Transactions on*, vol.20, no.6, pp.769, 771, Dec 1975
- [14] www.nrel.gov
- [15] <http://data.gov.uk/dataset/education-real-time-energy-consumption>
- [16] Clement-Nyns, K.; Haesen, E.; Driesen, J., "The Impact of Charging Plug-In Hybrid Electric Vehicles on a Residential Distribution Grid," *Power Systems, IEEE Transactions on*, vol.25, no.1, pp.371,380, Feb. 2010
- [17] T. Niknam, S. I. Taheri, J. Aghaei, S. Tabatabaei, M. Nayeripour, "A modified honey bee mating optimization algorithm for multiobjective

تخمین دقیقی از هر یک از پارامترهای هواشناسی و بار و قیمت داشت. می‌توان خاطر نشان کرد مدل پیش بینی کننده در اثر خطا و عدم مشاهدات در داده‌های گذشته نمی‌تواند تخمین دقیقی از پارامترها ارائه دهد. در این حالت، داده‌های همان طوری که در قسمت اولیه مقاله توضیح داده شد با پالایش، کاهش ورودی‌های تخمین‌گر و انتخاب ورودی مطلوب باعث نزدیک شدن به مدل واقعی می‌شود. در همین راستا، داده‌های کاپی روی داده‌های شدت تابش، سرعت باد، بار مصرفی و قیمت بازار روز بعد انجام شده است.



شکل ۶: منحنی پارتوی هزینه-آلاینده‌گی-تلفات در دو حالت آفتابی و ابری

به منظور نشان دادن اثر داده‌های کاپی بر نتایج و تحلیل‌ها، شبیه‌سازی در دو مرحله‌ی قبل و بعد از داده‌های کاپی انجام گرفته است. جدول ۲ در بردارنده‌ی هزینه، آلاینده‌گی و تلفات شبکه قبل و بعد از داده‌های کاپی می‌باشد. همان طوری که در جدول ۲ دیده می‌شود داده‌های کاپی در حالات مختلف باعث کاهش هزینه‌ها شده است. البته این افزایش همیشگی نمی‌باشد اما می‌توان به درستی ادعا کرد که داده‌های پس از داده‌های کاپی به مقدار واقعی نزدیک‌تر می‌باشند.

۵. نتیجه‌گیری

در این مقاله یک سیستم مدیریت هوشمند انرژی جهت حل مشکلات ناشی از داده‌های گوناگون حاصل از بخش‌های مختلف اندازه‌گیری یک ریزشبکه ارائه شده است. سیستم مورد نظر با استفاده از روش‌های داده‌کاوی حجم عظیم داده‌ها را در حد داده‌های مفید کاسته و پس از اعمال پالایش با استفاده از روش بردار پشتیبان مقادیر لازم را برای ۲۴ ساعت آینده ریزشبکه پیش‌بینی می‌کند. جهت ارزیابی سیستم ارائه شده یک شبکه‌ی توزیع ۷۰ باسه در نظر گرفته شد. مسأله‌ی بهینه‌سازی چندهدفه برای به‌دست آوردن سهم هریک از تولیدکننده‌ها با در نظر گرفتن برنامه‌های

مدلسازی سیستم هوشمند مدیریت انرژی یک ریزشبکه مبتنی بر روش‌های داده‌کاوی

بیست و هشتمین کنفرانس بین‌المللی برق - ۱۳۹۲ تهران، ایران

placement of renewable energy resources," *Applied Energy*, vol. 88, pp. 4817-4830, 2011.