

Szélerőművek termelés-előrejelzésének támogatása

Hallgató: Gracia Dániel

Tanszéki konzulens: Renczes Balázs

Szélerőművek termelés-előrejelzésének támogatása

Probléma: Meg kell határozni a következő napi termelést, hogy fent lehessen tartani a kereslet kínálat egyensúlyát.

Általánosságban a rövid idejű előrejelzés(48-72h):szükséges a rendszer üzemeltetéséhez illetve az energia kereskedelemhez

Ha az előrejelzett energia nem egyezik a valós energiával, akkor büntetést kell fizetni, ez az adott energiapiactól függ. Példa: Xcel Energy - 1%-os abszolút hiba csökkentés - 1M dollárral csökkentené a kiadásokat évente

Nagy befektetések a szélenergia előrejelzés kutatásában és fejlesztésében

Szélenergia alapjai röviden

Elméleti egyenlet az energiára: $E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(Avt\rho)v^2 = \frac{1}{2}At\rho v^3$

Vagyis a teljesítmény a szélesebesség köbével arányos $P = \frac{E}{t} = \frac{1}{2}A\rho v^3$

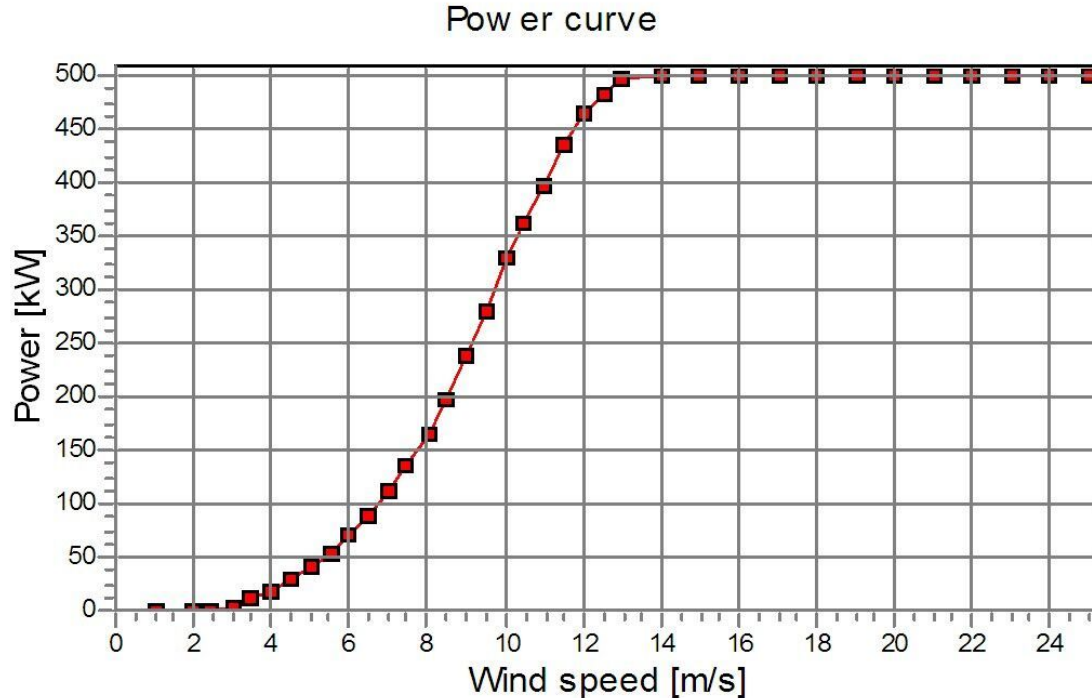
Fontos elem a levegő sűrűsége, ezt több tényező is befolyásolja

Előrejelzési módszerek:

- Polinomiális regresszió
- Black box model (Neural Network)
- Egyéb statisztikai modellek

Szélturbina

Egy adott típus esetén a gyártó megadja a teljesítmény görbét



Szelenergia görbe tulajdonságai

Minden turbina esetén 3 szakaszból áll:

1)Kezdeti 0 output szakasz(cut-in): Kb. 0 és 3m/s sebességű tartományon még nem termel energiát, nem elég erős a szél a propellerek

2)Köbös szakasz: Ezen a tartományon közel egy harmadfokú polinommal közelíthető a teljesítmény

3)Konstans szakasz: Egy adott szélesebesség után már nem változik a teljesítmény, az előbbi esetben 14-25m/s-os tartományon a maximális 500W az output

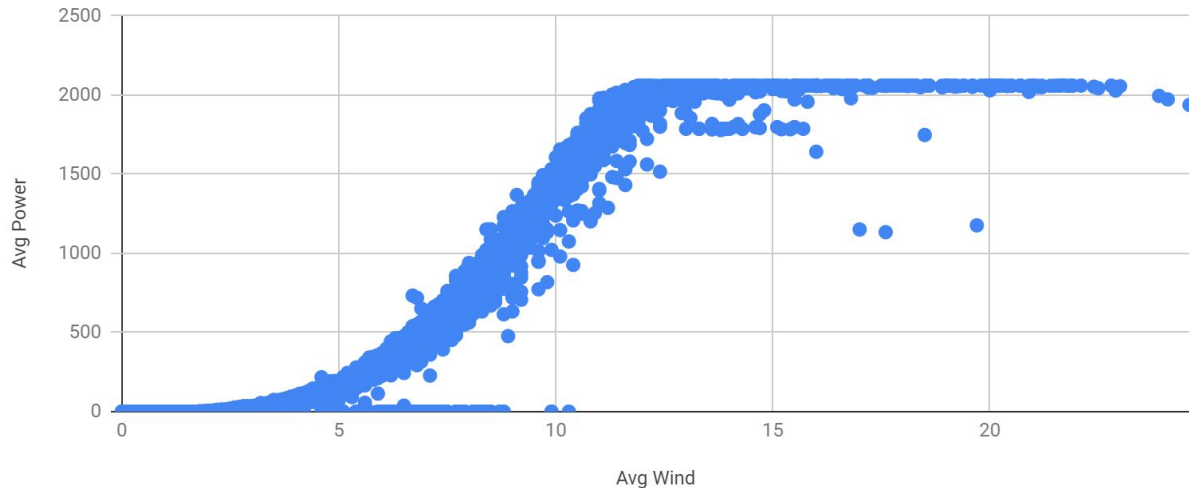
Probléma: Valós esetben a görbétől nagymértékben eltérő eredményeket is kaphatunk, vagyis nagy a hiba az előrejelzésben

Egy adott szélturbina mérési eredményei a szélesebbesség függvényében

Általában a felbontás: 10 perc - 1 óra (itt 10 perc), 77085 bejegyzés

Nehézségek: az adatlapi görbe nem illeszkedik pontosan az eredményekre, különböző topográfia ill. légsűrűség stb. más-más görbét eredményez

Avg Power vs. Avg Wind



Polinom illesztés

Több módszer közül a polinomiális regresszió a leggyakoribb(benchmark)

Módszer:

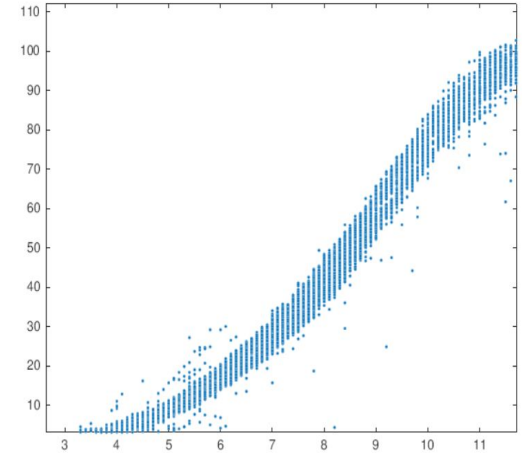
Az adatokat Matlab-ban ábrázoltam, az outliereket kivettem

A kezdeti és a konstans szakasz közötti adatokra illesztettem polinomot

Eredmény: SSE(RSS) a residual sum of squares, az eltérések négyzetének összege $8.211 \cdot 10^4$

Tapasztalat: Negyedfokú polinom illesztése előnyös($RSS=6.6 \cdot 10^4$),annak ellenére, hogy az elméleti képlet köbös összefüggést mutat.Magasabb fokú polinom illesztése már nem jár előnnyel.

$$p_i = \beta_0 + \beta_1 v_i + \beta_2 v_i^2 + \dots + \beta_k v_i^k + \epsilon_i.$$



Lehetséges javítások az előrejelzésben

- Szélirányok szerinti felosztás, majd ezekre külön polinomillesztés ->pl. kínai kutatás
- A szélirány hatása a kimenetre erősen függ a hely topográfiájától, esetemben nem szolgáltat plusz információval.
- Töréspontos polinomillesztés: K töréspont, ahol folytonos az első két derivált, és ezekre $K+1$ polinom ->cubic spline regression jó eredményeket produkált
- Külön nyári és téli teljesítménygörbe: télen hidegebb, így sűrűbb levegő nagyobb teljesítményt eredményez
- Egy adott adatsor esetén más-más módszer működik a legjobban

További ötletek a hiba csökkentéséhez

- Dinamikus működés, tulajdonképpen a turbina “tartja a lendületet”
- A korábbi szélsőségek hatása a kimenetre
- Módszer: Próbálgatások, majd RSS ellenőrzése Excelben
- 10 perces regisztrátumok-> V_{t-1} -et is figyelembe kell venni
- Hirtelen változások esetén nem elég jó a polinom becslése
-

Eredmény

- Legjobb eredmény: polinom és az előző teljesítmény 10%+ adott pillanatban a teljesítmény 90% (ezen az adatsoron)
- Kikötés: abban az esetben, ha 10 perccel korábban nagyobb volt a szélsébség
 - 6,4%-kal sikerült csökkenteni az átlagos négyzetes hibát