

Prof. Janusz Badur, IMP PAN Gdańsk

Recenzja rozprawy doktorskiej

Pani mgr Natalii Szewczuk-Krypa

pt. **Metoda oceny wiarygodności pomiarów wpływających na jakość diagnostyki ciepłno-przepływowej w energetyce**

1. Informacje

Recenzowana rozprawa doktorska wykonana jest w dyscyplinie naukowej: Inżynieria Mechaniczna, na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa PG, pod kierunkiem dr hab. Jerzego Głucha, na prośbę Dziekana prof. Andrzeja Seweryna. Praca mieści się na 190 stronach, ma sześć rozdziałów, bibliografię i siedem załączników. Jest napisana bogatym językiem naukowo-technicznym.

2. Aktualność rozprawy

Dla teoretyka i numeryków nie istnieje problem wiarygodności pomiarów, bowiem dla nich każdy pomiar jest w stu procentach pewną daną ze świata rzeczywistego. Dla teoretyka istnieje jedynie problem wiarygodności modelu zjawiska, które bada i opisuje. Modelowanie uczy badacza pokory, lepiej gdy badacz jest człowiekiem z natury pokornym, który wie jeszcze przed przystąpieniem do opisu jak wiele założeń upraszczających czyni, oraz jak wiele uproszeń posiada jego model. Stacjonarne stany ciepłno-przepływowe obiegów termodynamicznych takich modelowych uproszczeń posiadają dziesiątki, jest ich czasami tak dużo, że model matematyczny obiegu, oparty na bilansach masy, pędu, energii, entropii właściwej, objętości właściwej, ewolucji przejścia fazowego, ewolucji chemicznej składników, etc, jest z definicji mało-wiarygodny. Tak przynajmniej jest w przypadku elektrowni gdy proponujemy inżynierom w miejsce drogiego i łatwo psującego się pomiaru, modelowe wyliczenie pewnego ważnego dla diagnostyki parametru. Większość inżynierów uważa np. że pomiar temperatury wewnętrznej kadłuba można dokonać z dokładnością do 2-3 procent, a obliczenia numeryczne z dokładnością 20-30 procent. Jest to w zasadzie pogląd zgodny z logiką i wiedzą lecz niestety wiarygodność do owej 2-3 procentowej dokładności jest mała, natomiast wiarygodność numerycznych obliczeń z 20-30 procentową dokładnością jest już duża i sięga 90-95%.

Bowiem wiarygodność i dokładność to dwie różne rzeczy. Dlatego zagadnieniem uwiarygodnienia pomiarów poświęcona jest rozprawa doktorska Pani Natalii Szewczuk-Krypa. Cel rozprawy jest więc ogólny, stricte naukowy, i nie dotyczy jakiejś konkretnej elektrowni lecz całej energetyki. Doktorantka podejmuje się tematu nowatorskiego, aktualnego i potrzebnego dla codziennej praktyki.

3. Nowe narzędzia analizy.

Nowy temat badawczy potrzebuje zupełnie nowych narzędzi analizy. Jest nią opracowany przez Doktorantkę oryginalny system wnioskujący, opracowany wprowadzając na znanych algorytmach logiki rozmytej lecz będący całkowicie oryginalnym osiągnięciem autorki. Autorka wprowadziła również i zaadoptowała algorytm C-średniej pozwalający na uniwersalizm w podejściu do analizowanych danych. Innym narzędziem jest tzw. algorytm A którego celem była ocena rzetelności danych pomiarowych.

4. Teza rozprawy.

Tezą rozprawy jest wykazanie, iż zaproponowany przez Autorkę algorytm weryfikujący oraz metoda weryfikacji pozwalają na obiektywną oraz rzetelną ocenę danych pomiarowych co w konsekwencji podnosi jakość diagnostyki układu energetycznego i pozwala na bardziej precyzyjne w szczegółach prognozowanie jego żywotności i stanów przyszłych. Recenzent, na podstawie przykładów weryfikujących, przeprowadzonych przez Doktorantkę, stwierdza, iż teza rozprawy została udowodniona, oraz iż metoda Doktorantki, bez większych zmian, może być stosowana nie tylko do klasycznych bloków energetycznych lecz również do innych obiektów przemysłowych.

5. Motywacje i Cel rozprawy.

Przedstawione przez Doktorantkę motywacje, wynikające zarówno z doświadczenia promotora jak i doświadczeń macierzystej katedry, są omówione na tle literaturowych działań jakie prowadzi się aktualnie na Świecie. Autorka wyprowadza z nich słuszny cel pracy w którym podkreśla się konieczność opracowania i oprogramowania nowych narzędzi badania.

6. Dokładność, błąd oraz niepewność.

Autorka skupia się na definicjach i algorytmach swojej metody (szczegóły umieszcza w Załącznikach 1,2). Wyjaśnia dlaczego będą potrzebne niepewności typu A i typu B oraz ich stosunek do niepewności standardowej. Przedstawia też opracowany przez siebie rozmyty system wnioskujący.

7. Obiekt badań

Z uwagi na złożoność zagadnienia, Autorka postanawia weryfikować swój model na danych z rzeczywistego układu pomiarowego na tyle dużego że posiadającego wiele typów danych. W szczególności koncentruje się na trzech wymiennikach niskoprężnych gdzie jakość danych jest mało zadawalająca.

8. Metoda detekcji nieprawidłowego pomiaru.

Istotę opracowanej przez siebie metody detekcji nieprawidłowego pomiaru Autorka przedstawiła na rysunku 4.1. Wymaga ona zbioru danych eksploatacyjnych archiwizowanych odpowiednio często, w formatach zezwalających na automatyczne opracowywanie wyników i odrzucenie błędów systematycznych i grubych.

9. Przestrzeń zmiennych lingwistycznych

Osobnym zagadnieniem rozwiązany w rozprawie jest określenie zmiennych lingwistycznych oraz przestrzeni lingwistycznych dla wartości: normal, medium, large. Są one zdefiniowane specjalnymi formułami opartymi o regułę „trzech sigm”. Doktorantka wprowadza również nową zmienną określającą częstość pomiaru - odnosi się ona do charakteru pomiaru uwzględniając wahania oraz fluktuacje wynikające zarówno ze specyfiki pracy bloku energetycznego jak i samej metodologii wykonania pomiaru.

10. Procentowy udział próbek w przedziałach.

Parametr ten został zaproponowany i zweryfikowany dla ciśnień i temperatur – prowadzi on do histogramów wyrażających rozkład wartości. Ten element wymaga dużej wiedzy eksperckiej i znajomości różnych szczegółów urządzeń pomiarowych.

11. Baza reguł systemu rozmytego

Następnie Doktorantka wprowadza siedem reguł systemu rozmytego na podstawie wiedzy eksperckiej. Szkoda, iż nie pokazuje w szczegółach toku swego rozumowania i rodzaje argumentów. Są przecież różne argumenty tak jak jest różna wiedza ekspercka. Eksperci to szczególny rodzaj uczonych, którzy mają oddolny własny system oceny rzeczywistości, dlatego tak często się różnią.

12. Ustalenie k-średnich.

Doktorantka ustanawia algorytmy grupowania danych i dokonuje weryfikacji reguł przy pomocy algorytmu k-średnich. Całą możliwą przestrzeń zmiennych dolicza się za pomocą kodu obliczeniowego OD.

13. Określenie rozmytego systemu wnioskującego.

Zadaniem opracowanego przez Doktorantkę systemu jest dokonanie oceny poprawności rzeczywistego pomiaru na podstawie jego jakości opisywanej przez odchylenie standartowe oraz częstość występowania danej wartości w całym zbiorze dla rozpatrywanego pomiaru. Doktorantka proponuje aby badany pomiar był oceniany jako poprawny G, podejrzany S, lub niepoprawny N.

14. Weryfikacja bazy reguł.

Doktorantka dokonuje proponowanej przez siebie metody oceny pomiaru poprzez przyrównanie własnej oceny pomiaru z oceną pomiaru na podstawie klasycznych norm technicznych. W przypadku różnicy pomiędzy nimi, Autorka odpowiednio korygowała bazę reguł. Ale ponieważ na podstawie norm nie można określić tzw. pomiarów podejrzanych, Autorka oczekiwała spójności oceny w przypadku pomiarów określanych przez system rozmyty jako poprawne lub podejrzane. Zabieg ten pozwolił Autorce na weryfikację i zmianę skrajnych reguł uznanych jako zbyt restrykcyjne, które fałszywie określały pomiary poprawne lub podejrzane.

15. Określenie relacji między zmiennymi.

Aby określić relacje między zmiennymi Autorka słusznie wybrała tę samą liczebność próbek w konkretnym stanie pomiarowym, które następnie poddała normalizacji, oraz podzieleniu na trzy podzbiory, pozwoliło to określić wartości podzbiorów parametrów całkowicie niezależnych oraz całkowicie zależnych.

16. Wyniki zastosowań metody Autorki

Przykład, który Autorka analizuje na 40 stronach swojej dysertacji dotyczy bloku elektrowni węglowej. Są to zasadzie trzy przykłady. Pierwszy dotyczy oceny pomiarów zebranych w stanie ustalonym w nominalnym obciążeniu bloku; drugi dotyczy oceny pomiarów stanu ustalonego w którym wystąpiło jakieś nagle krótkotrwałe zakłócenie pracy; trzeci przedstawia ocenę pomiarów w systemie pracującym z obciążeniem zmiennym. O ile ten pierwszy przypadek ma na celu wyeliminowanie stałych błędów pomiaru, to te dwa pozostałe, dość częste w praktyce, mają na celu wskazanie prowadzącym blok, tych pomiarów, które przez jakiś czas mogą być mało wiarygodne.

Doktorantka bada min. wiarygodność wskazań mocy bloku, temperatury pary świeżej, temperatury pary przegrzanej, temperatury kondensatu na wlocie i wylocie do wymiennika, temperaturę skroplin, ciśnienie pary w upuście, etc. Wyniki są interesujące i w niektórych miejscach nieoczekiwane. W przypadku systemu gdzie występują nagle i chwilowo zakłócenia pracy opracowana przez Autorkę metoda jest w stanie wykryć zarówno grube błędy jak i niewiarygodne pomiary, a ich ilość i umiejscowienie dalekie są od tzw. „inżynierskiej intuicji”. Metoda autorki jest również w stanie wykryć rozkalibrowane przyrządy pomiarowe.

Bardzo wartościowe są badania dla przypadku zmiennych obciążeń bloku, zwłaszcza w takich miejscach jak wymienniki, które w tym momencie pracy, są generatorem niewiarygodnych pomiarów. Te zagadnienie Autorka rozwiązała wzorcowo. Co cenne, oszacowała też, być może jako pierwszy autor w literaturze (którą znam) wpływ bezwładności cieplnej na wiarygodność pomiarów. Szkoda, że wyniki nie zostały również przedstawione w postaci listy zaleceń dla służb inżynierskich elektrowni.

17. Ocena końcowa.

Rozprawa Pani mgr inż. Natalii Szewczuk-Krypa spełnia tradycyjne wymagania stawiane rozprawom doktorskim. Doktorantka rozwiązała oryginalny, mało znany problem o dużym znaczeniu użytkowym, stworzyła własne narzędzie badawcze, wykazała się świetną znajomością logiki rozmytej, programowania i energetyki klasycznej. Moja ocena rozprawy jest jednoznacznie pozytywna i dlatego wnoszę do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna PG o dalsze procedowanie przewodu doktorskiego.

J. Budan