

XI Sympozjum Niepewność Pomiarów Świnoujście 13 – 17 luty 2012

Tradycyjnie, jak co roku, w dniach od 13 lutego do 17 lutego 2012 roku odbyło się już 11. Sympozjum dotyczące problematyki niepewności pomiaru, zorganizowane, jak zwykle, przez Panów profesora Stefana Kubisę i doktora Stanisława Moskowicza. W tym roku rozpoczęła się druga dekada spotkań poświęconych tym zagadnieniom, z udziałem przedstawicieli krajowych środowisk metrologicznych, reprezentowanych przez pracowników uczelni wyższych, instytutów badawczych, administracji miar i wojska. W obradach uczestniczyło ponad 40. uczestników, podczas których przedstawiono prawie 20. referatów. Wśród nich znaczną liczbę stanowiły wystąpienia pracowników Głównego Urzędu Miar.

W celu przybliżenia tematyki tych wystąpień poniżej przedstawiamy krótkie ich omówienia.

1. Paweł Fotowicz: *Historyczne źródła teorii błędu i niepewności pomiaru*

Można postawić pytanie, gdzie należałoby szukać początków kształtowania się współczesnej myśli w dziedzinie opracowania danych pomiarowych. Początki te historycznie można wiązać z trzema intelektualnymi osiągnięciami myśli matematycznej. Wszystkie pojawiły się prawie w tym samym czasie, za sprawą trzech wybitnych intelektualistów z przełomu XVIII i XIX wieku.

Adrien Marie Legendre, Carl Friedrich Gauss i Pierre Simon Laplace za sprawą swoich publikacji stworzyli podstawy współczesnej metodyki opracowania danych pomiarowych. Przedstawili w nich trzy podstawowe rozwiązania, które współcześnie znane są pod nazwami: metoda najmniejszych kwadratów, prawo propagacji błędów oraz centralne twierdzenie graniczne. Przedstawione zostały, nijako na marginesie zasadniczych publikacji, kolejno w latach 1805, 1809 i 1810. Prace nie tworzą oddzielnych dzieł, lecz raczej są uzupełnieniami szerszych opracowań.

Te trzy wymienione historyczne rozwiązania tworzą podstawy współczesnej metrologii teoretycznej w dziedzinie opracowania wyniku pomiaru. Powstały na wiele lat przed ich praktycznym zastosowaniem i, choć zostały przyjęte bez naukowego dowodzenia, świadczą o trafności wnioskowania. Powstały prawie w tym samym czasie, niezależnie w umysłach ich twórców, gdyż obieg informacji naukowej w początkach XIX wieku był bardzo ograniczony. Można sądzić, że autorzy rozwiązań, choć stworzyli nierozzerwalny łańcuch wnioskowań (centralne twierdzenie graniczne wymaga przyjęcia założenia o rozkładzie normalnym, a ten umożliwia rozwiązanie problemu propagacji błędów, która nie może się obejść bez metody najmniejszych kwadratów), to prawdopodobnie nie znali swoich prac. Ten krótki czas pomiędzy rokiem 1805 i 1810 zbudował podstawy niepewności pomiaru. Miało to miejsce w dobie romantyzmu, która to aksjologicznie w nauce kojarzy się, nie bez przyczyny, z genialną intuicją.

Nie sposób w tym miejscu pominąć dzieła Airy, wydanego w 1875 roku, w którym autor postuluje używanie pojęcia „niepewność” przy wyrażaniu błędów obserwacji. Jest to o tyle znamienne, iż w roku tym społeczność międzynarodowa na mocy traktatu dyplomatycznego, zwanego Konwencją Metryczną, powołała do życia Międzynarodowe Biuro Miar, które dzisiaj patronuje metodyce opracowania danych pomiarowych wyrażanej właśnie poprzez niepewność pomiaru.

Tak oto rok 1875 rozpoczyna budowanie nowoczesnej metrologii, z jednej strony powołując do życia stabilną strukturę metrologiczną o zasięgu międzynarodowym na mocy Konwencji Metrycznej, a z drugiej wydając dzieło tworzące podstawy współczesnego sposobu wyrażania niepewności pomiaru, łącznie z użytym terminem. Współcześnie wydawane dokumenty pod egidą Międzynarodowego Biura Miar, dotyczące opracowania danych pomiarowych (Evaluation of measurement data), czerpią ideowo z pracy Airy, rozwijając koncepcję opisu wielkości mierzonej w postaci zbioru możliwych dla niej wartości, przedstawianych w postaci numerycznie obliczanych rozkładów prawdopodobieństwa.

2. *Albin Czubla: Czy $2 - 2 = 0$? – poprawki systematyczne a niepewność wyniku pomiaru*

Referat jest próbą zarysowania problematyki tego zagadnienia z perspektywy doświadczenia w pomiarach w dziedzinie czasu i częstotliwości. W praktyce, przy szacowaniu niepewności wyniku pomiaru w pomiarach złożonych (np. pomiarach różnicowych, pomiarach metodą podstawiania), precyzyjne i w pełni wiarygodne metrologicznie uwzględnianie składowych niepewności o charakterze systematycznym jest zadaniem problematycznym. Trudności wynikają m.in. z często lokalnego charakteru wartości poprawek związanych z tymi składowymi, a także z niejednoznaczności rozróżnienia między jedną częścią poprawki – o charakterze systematycznym, a jej pozostałą częścią – o charakterze przypadkowym. Dążąc do optymalizacji precyzji pomiaru, tzn. do wyniku pomiaru bez znaczącego, dla użytkownika, niedoszacowania czy przeszacowania wartości niepewności, zagadnienia te są lub mogą być istotne dla niejednego laboratorium wzorcującego.

3. *Katarzyna Falińska: Wzorcowe pole magnetyczne wytwarzane za pomocą cewek Helmholtza*

Pola magnetyczne, o różnym natężeniu i częstotliwości, obecne są powszechnie w środowiskach mieszkalnych i pracy. Parametry pól powinny być określane i kontrolowane a narzędzia wykorzystywane do ich pomiarów – wzorcowane, co wymaga wytworzenia wzorcowego pola magnetycznego. Pole magnetyczne o znanym natężeniu i o dużej jednorodności może być wytwarzane przez układ cewek o kołowej i prostokątnej geometrii. Cewki Helmholtza często są stosowane do wytwarzania takich pól. Omówiono stałą cewki K , jako jeden z parametrów wchodzących do budżetu niepewności wzorcowania mierzonych pola magnetycznego. Zaprezentowano weryfikację wartości tej stałej, wyznaczonej

dla używanych w Głównym Urzędzie Miar cewek Helmholtza, poprzez porównanie wzorców indukcji pola magnetycznego z wzorcami z Czeskiego Instytutu Metrologicznego.

4. Paweł Fotowicz: *Rola niepewności przy ocenie zdolności pomiarowej*

Niepewność pomiaru może być wygodnym parametrem służącym do oceny zdolności pomiarowej przyrządu pomiarowego. Zdolność tą bada się przy użyciu wzorców pomiarowych, a sama czynność zbliżona jest do wzorcowania. W najprostszym badaniu można zastosować jeden wzorzec, na którym należy wykonać serię pomiarową o określonej liczności w warunkach powtarzalności. Wartość średnią z tej serii porównuje się z wartością wzorca, a otrzymaną różnicę traktuje jako jedną ze składowych niepewności. Uwzględnia się również składowe niepewności związane z wzorcem pomiarowym. Skumulowaną niepewność w postaci niepewności rozszerzonej odnosi się do wartości granicznej. Może nią być największy błąd dopuszczalny. Zdolność pomiarowa na ogół wyrażana jest procentowo, jako część wartości tego błędu.

Aby można było porównywać zdolności pomiarowe przyrządów należy określić składowe niepewności. Zadanie to ułatwiają wskazówki zawarte w odpowiednich normach. Projekty tych norm uzgadniane są międzynarodowo. Idąc śladem tych norm można wykonywać obliczenia zalecanymi technikami obliczeniowymi. Podstawową z nich jest metoda propagacji niepewności, wynikająca bezpośrednio z analizy wariancji. Metoda ta nie wymaga znajomości rozkładów prawdopodobieństwa przypisywanych poszczególnym składowym. Jednakże druga technika obliczeniowa, nazywana propagacją rozkładów prawdopodobieństwa, oparta jest na znajomości tych rozkładów. W odpowiedni sposób należy je przypisać wielkościom wejściowym. Chociaż obie metody obliczeniowe oparte są na różnych zasadach, to otrzymane wyniki obliczeniowe specjalnie się od siebie nie różnią.

5. Jerzy Borzymiński: *Niepewność pomiaru w metrologii prawnej. Wybrane problemy*

Rozwój w zakresie analizy wyniku pomiaru oraz rola, jaką odgrywa w tym tzw. „rachunek niepewności” znajduje swe odbicie w metrologii prawnej. Bieżące potrzeby w tej dziedzinie wymuszają stosowanie aktualnie dostępnych metod analizy wyniku pomiaru do realizacji zadań metrologii prawnej.

Istotnym elementem jest w zadaniach metrologii prawnej orzekanie – na podstawie wyniku pomiaru – czy spełnione są wymagania określone prawem. W odróżnieniu od dziedziny oceny zgodności orzekanie to nakazane jest prawem i ewentualne skutki błędnego orzeczenia, oprócz konsekwencji w postaci strat materialnych, a czasem wypadków i innych szkód, których koszty ponosi albo wytwórca, albo klient lub szeroko rozumiane „państwo”, dochodzi jeszcze fakt pomyłki podczas czynności, której należy się poddać z mocy prawa.

Jeżeli przedział rozszerzenia zawiera w sobie wartość największego błędu dopuszczalnego, zachodzi przy orzekaniu ryzyko „niesłusznego odrzucenia”, albo „niesłusznego przy-

jęcia”. Nie ma niezależnego kryterium rozstrzygającego, dla zmniejszenia ryzyka niesłusznego orzeczenia, tj.:

- guard banding, tzn. zastosowanie pasma ochronnego,
- shared risk, tzn. podział ryzyka

oraz

- zróżnicowanie wartości błędów dopuszczalnych przy sprawdzaniu spełnienia wymagań (ocenie zgodności, legalizacji lub tp.) i w użytkowaniu.

Interes ekonomiczny państwa może przemawiać za tym, że dopuszcza się pewien procent przyrządów nie spełniających wspomnianego wyżej żądania. Rzetelne postępowanie ze strony państwa wymaga określenia „acceptable non-conformity rate”.

6. *Patrycja Ruśkowska: Kierunki rozwoju współczesnej metrologii – rekomendacje 24. Generalnej Konferencji Miar*

Generalna Konferencja Miar, jako najwyższy Organ Konwencji Metrycznej, podejmujący uchwały dotyczące podstawowych problemów metrologicznych, ustalający definicje jednostek miar oraz określający zakres działalności Międzynarodowego Biura Miar, nakreśla zarazem kierunki rozwoju światowej metrologii.

W pierwszej części referatu zaprezentowano projekty uchwał, jakie przedłożono do rozpatrzenia XXIV. Generalnej Konferencji Miar. Następnie, omówiono prace badawcze, realizowane obecnie w Wydziałach Międzynarodowego Biura Miar (BIPM). Omówiono program prac BIPM na lata 2013 – 2016, w ramach którego realizowane będą między innymi badania nad zapewnieniem spójności pomiarowej w zakresie dozymetrii oraz analizy chemicznej makromolekuł.

W dalszej części referatu przedstawiono streszczenia sprawozdań z prac prowadzonych w ramach 10. Komitetów Doradczych Międzynarodowego Komitetu Miar (CIPM) w następujących dziedzinach pomiarowych: długość, elektryczność i magnetyzm, masa i wielkości pochodne, liczność materii i chemia, radiometria, fotometria, jednostki oraz inne (sprawozdania Przewodniczących Komitetów Doradczych CIPM dostępne są na stronie internetowej BIPM http://www.bipm.org/en/convention/cgpm/24cgpm_cc_presentations/).

W podsumowaniu wymieniono wszystkie uchwalone Rezolucje XXIV. Generalnej Konferencji Miar oraz omówiono szerzej rekomendacje Rezolucji nr: 1, 2, 8 i 9, wskazujących kierunki rozwoju w wybranych dziedzinach pomiarowych. W Rezolucji 1 zarekomendowano weryfikację Międzynarodowego Układu SI, którego jednostki definicyjnie oparte będą na podstawowych stałych fizycznych. W Rezolucji 2 wskazano na rozwój badań i monitoringu zmian klimatu przy zastosowaniu metod spójnych pomiarowo z Międzynarodowym Układem Jednostek SI, a w rezolucjach 8 i 9, dotyczących pomiarów czasu i częstotliwości oraz długości, wskazano na rozwój nowej generacji wzorców optycznych i polecono przyjęcie Międzynarodowego Naziemnego Systemu Odniesienia (ITRS).

7. Paweł Fotowicz: Europejskie programy naukowe w dziedzinie metrologii

Europejskie programy naukowe dotyczące metrologii znalazły wsparcie ze strony Komisji Europejskiej. Pierwszym z nich był, realizowany w latach 2002 i 2003 program o nazwie MERA (*Metrology in the European Research Area*), definiujący potrzeby europejskiej metrologii. Był on punktem wyjścia do programu wdrażającego metrologię w europejskim obszarze badawczym o nazwie iMERA (*implementing Metrology in the European Research Area*) realizowany od 2005 roku. W 2007 roku, w wyniku powstania Europejskiego Stowarzyszenia Krajowych Instytucji Metrologicznych w postaci organizacji o osobowości prawnej i nazwie EURAMET e.V. (*European Association of National Metrology Institutes*), rozpoczęto, pod egidą tej instytucji, program naukowy o nazwie EMRP (*European Metrology Research Programme*). Celem jego jest efektywne wykorzystanie europejskiego potencjału naukowego w obszarze metrologii, przy wsparciu finansowym Unii Europejskiej. Kontynuacją tych działań, od roku 2014, będzie nowy program badawczy o nazwie EMPIR (*European Metrology Programme for Innovation and Research*).