

**AGH**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE
AND TECHNOLOGY

Nazwa modułu zajęć:	Statystyka				
Rok akademicki:	2019/2020	Kod:	CIMT-1-206-s	Punkty ECTS:	4
Wydział:	Inżynierii Materiałowej i Ceramiki				
Kierunek:	Inżynieria Materiałowa	Specjalność:	—		
Poziom studiów:	Studia I stopnia	Forma studiów:	Stacjonarne		
Język wykładowy:	Polski	Profil:	Ogólnoakademicki (A)	Semestr:	2
Strona www:	https://upel.agh.edu.pl/wimic/login/index.php				
Prowadzący moduł:	prof. nadzw. dr hab. Jakubowska Małgorzata (jakubows@agh.edu.pl)				

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się dla modułu zajęć

Przedmiot obejmuje podstawy statystyki matematycznej, w zakresie niezbędnym w pracy inżyniera, ze szczególnym uwzględnieniem zagadnień niepewności pomiarowej.

Opis efektów uczenia się dla modułu zajęć

Kod MEU	Student, który zaliczył moduł zajęć zna i rozumie/potrafi/jest gotów do	Powiązania z KEU	Sposób weryfikacji i oceny efektów uczenia się osiągniętych przez studenta w ramach poszczególnych form zajęć i dla całego modułu zajęć
Wiedza: zna i rozumie			
M_W001	Zna podstawowe pojęcia z zakresu statystyki, m.in. zbiorowość generalna (populacja), zbiorowość próbna (próba), liczebność próby, reprezentatywność próby, skale, wnioskowanie statystyczne oraz z zakresu statystyki opisowej, w tym m.in. miary tendencji centralnej, miary położenia i rozproszenia oraz inne atrybuty rozkładu.	IMT1A_W01, IMT1A_W02	Kolokwium, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych
M_W002	Zna zasady badania współzależności pomiędzy zmiennymi oraz definiowania adekwatnych modeli.	IMT1A_W01, IMT1A_W02	Kolokwium, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych
M_W003	Zna zasady formułowania hipotez statystycznych oraz metody ich weryfikacji z wykorzystaniem odpowiednich testów statystycznych.	IMT1A_W01, IMT1A_W02	Kolokwium, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych

M_W004	Zna podstawowe pojęcia z zakresu rachunku prawdopodobieństwa, w tym m.in. zdarzenie losowe, zmienna losowa, rozkład prawdopodobieństwa, dystrybuanta, gęstość prawdopodobieństwa, rozkład zmiennej losowej, jego podstawowe parametry i typy.	IMT1A_W01, IMT1A_W02	Kolokwium, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych
M_W005	Zna podstawy teoretyczne problemów szacowania niepewności w pomiarach bezpośrednich i pośrednich oraz zasady propagacji niepewności. Zna zasady oceny jakości wyników eksperymentów oraz stosowanych modeli.	IMT1A_W01, IMT1A_W02	Kolokwium, Aktywność na zajęciach
Umiejętności: potrafi			
M_U001	Potrafi przeprowadzić własne obliczenia w zakresie statystyki opisowej i wnioskowania statystycznego oraz wykonać wykresy i diagramy, jak również zastosować odpowiednie programy obliczeniowe.	IMT1A_U01, IMT1A_U02	Kolokwium, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych
M_U002	Potrafi stosować metody wnioskowania statystycznego, właściwie interpretować uzyskane wyniki oraz wyciągać odpowiednie wnioski.	IMT1A_U01, IMT1A_U02	Kolokwium, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych
M_U003	Potrafi opracowywać zebrane w trakcie badań dane, obliczyć statystyki opisowe uzyskanych danych, badać współzależność zmiennych oraz tworzyć adekwatne modele.	IMT1A_U01, IMT1A_U02	Kolokwium, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych
Kompetencje społeczne: jest gotów do			
M_K001	Rozumie potrzebę stosowania podejścia statystycznego w rozwiązywaniu problemów inżynierskich oraz interpretacji wyników pomiarów.	IMT1A_K01	Aktywność na zajęciach

Liczba godzin zajęć w ramach poszczególnych form zajęć

Suma	Forma zajęć dydaktycznych										
	Wykład	Ćwiczenia audytorne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Prace kontrolne i przejściowe	Lektorat
60	30	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0

Matryca kierunkowych efektów uczenia się w odniesieniu do form zajęć i sposobu zaliczenia, które pozwalają na ich uzyskanie

Kod MEU	Student, który zaliczył moduł zajęć zna i rozumie/potrafi/jest gotów do	Forma zajęć dydaktycznych
---------	---	---------------------------

		Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Prace kontrolne i przejściowe	Lektorat
Wiedza: zna i rozumie												
M_W001	Zna podstawowe pojęcia z zakresu statystyki, m.in. zbiorowość generalna (populacja), zbiorowość próbna (próba), liczebność próby, reprezentatywność próby, skale, wnioskowanie statystyczne oraz z zakresu statystyki opisowej, w tym m.in. miary tendencji centralnej, miary położenia i rozproszenia oraz inne atrybuty rozkładu.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W002	Zna zasady badania współzależności pomiędzy zmiennymi oraz definiowania adekwatnych modeli.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W003	Zna zasady formułowania hipotez statystycznych oraz metody ich weryfikacji z wykorzystaniem odpowiednich testów statystycznych.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W004	Zna podstawowe pojęcia z zakresu rachunku prawdopodobieństwa, w tym m.in. zdarzenie losowe, zmienna losowa, rozkład prawdopodobieństwa, dystrybuanta, gęstość prawdopodobieństwa, rozkład zmiennej losowej, jego podstawowe parametry i typy.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W005	Zna podstawy teoretyczne problemów szacowania niepewności w pomiarach bezpośrednich i pośrednich oraz zasady propagacji niepewności. Zna zasady oceny jakości wyników eksperymentów oraz stosowanych modeli.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Umiejętności: potrafi												
M_U001	Potrafi przeprowadzić własne obliczenia w zakresie statystyki opisowej i wnioskowania statystycznego oraz wykonać wykresy i diagramy, jak również zastosować odpowiednie programy obliczeniowe.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U002	Potrafi stosować metody wnioskowania statystycznego, właściwie interpretować uzyskane wyniki oraz wyciągać odpowiednie wnioski.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-

M_U003	Potrafi opracowywać zebrane w trakcie badań dane, obliczyć statystyki opisowe uzyskanych danych, badać współzależność zmiennych oraz tworzyć adekwatne modele.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Kompetencje społeczne: jest gotów do												
M_K001	Rozumie potrzebę stosowania podejścia statystycznego w rozwiązywaniu problemów inżynierskich oraz interpretacji wyników pomiarów.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-

Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Udział w zajęciach dydaktycznych/praktyka	60 godz
Przygotowanie do zajęć	20 godz
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	20 godz
Dodatkowe godziny kontaktowe	2 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	102 godz
Punkty ECTS za moduł	4 ECTS

Pozostałe informacje

Szczegółowe treści kształcenia w ramach poszczególnych form zajęć (szczegółowy program wykładów i pozostałych zajęć)

Wykład

STATYSTYKA

Tematyka

- 1.Wprowadzenie: pojęcia podstawowe, rola i znaczenie statystyki w naukach inżynierskich.
- 2.Elementy rachunku prawdopodobieństwa: przestrzeń zdarzeń elementarnych, prawdopodobieństwo i jego własności, zmienna losowa, rozkład zmiennej losowej, gęstość prawdopodobieństwa, dystrybuanta.
- 3.Skale pomiarowe i typy zmiennych.
- 4.Analiza liczebności i częstości: szereg rozdzielczy, histogram, łamana częstości i liczebności.
- 5.Statystyka opisowa: miary położenia i rozproszenia, momenty centralne 3-go i 4-go rzędu, kwantyle, wykres pudełkowy.
- 6.Typowe rozkłady zmiennej losowej dyskretnej (dwupunktowy, Bernoulliego, Poissona) i ciągłej (jednostajny, trójkątny, normalny, normalny standaryzowany, t-Studenta, χ^2 , F-Snedecora (Fishera)).
- 7.Teoria estymacji: losowanie próby, wyznaczanie minimalnej liczebności próby, parametry populacji a estymatory, własności estymatora, estymatory punktowe,

poziom istotności, poziom ufności, przedział ufności dla średniej (znana lub nieznaną wariancją populacji, próba mała, duża), przedział ufności dla wariancji.

8. Weryfikacja hipotez statystycznych: hipoteza statystyczna, testy parametryczne, nieparametryczne, obszar krytyczny (jednostronny, dwustronny), przebieg procedury weryfikacyjnej, testy parametryczne, testy nieparametryczne.

9. Analiza korelacji: korelacja liniowa, współczynnik korelacji liniowej Pearsona, współczynnik determinacji, kowariancja, estymacja współczynnika korelacji, testy istotności dla współczynnika korelacji.

10. Regresja liniowa: metoda najmniejszych kwadratów, wyznaczanie współczynników regresji, wariancja współczynników regresji, istotność współczynników regresji, zagadnienie predykcji.

11. Analiza błędów pomiarowych: zaokrąglanie i zapis wyników pomiarów, błędy pomiarowe, błąd grubość, testy na wykrycie błędów grubość, błąd systematyczny, błąd przypadkowy.

12. Problemy niepewności pomiarowej: niepewność a błąd pomiaru, propagacja niepewności, pomiar bezpośredni, pomiar pośredni, niepewność standardowa, niepewność rozszerzona (współczynnik rozszerzenia), niepewność maksymalna, budżet niepewności.

13. Praktyczne aspekty wykorzystania obliczeń statystycznych w naukach inżynierskich.

14. Wielowymiarowa analiza danych (wprowadzenie).

Słowa kluczowe: statystyka, prawdopodobieństwo, zmienna losowa, dystrybuanta, statystyka opisowa, pomiar, błędy, estymacja punktowa i przedziałowa, hipoteza statystyczna, testy statystyczne, korelacja liniowa, regresja liniowa, niepewność pomiarowa, metody uczenia maszynowego bez nadzoru i z nadzorem

Ćwiczenia laboratoryjne

STATYSTYKA

1. Program obliczeniowy Excel, tworzenie arkusza kalkulacyjnego, funkcje statystyczne.
2. Gromadzenie i prezentacja danych za pomocą wykresów różnych typów.
3. Elementy rachunku prawdopodobieństwa.
4. Analiza liczebności i częstości: konstrukcja szeregu rozdzielczego, histogram.
5. Elementy statystyki opisowej: miary położenia i rozproszenia, współczynnik asymetrii i skośności, kwantyle, wykres pudełkowy.
6. Rozkłady zmiennej losowej ciągłej i dyskretnej. Funkcja gęstości prawdopodobieństwa.
7. Estymacja punktowa i przedziałowa. Odrzucanie wyników wątpliwych. Wyznaczanie przedziałów ufności dla średniej i wariancji.
8. Weryfikacja hipotez statystycznych. Przebieg procedury weryfikacyjnej. Testy dla wartości średniej populacji, dla średnich dwóch populacji. Testy dla wartości wariancji populacji, dla wariancji dwóch populacji. p-wartość.
9. Analiza korelacji i regresji liniowej. Korelacja współczynnik korelacji. Test istotności dla korelacji. Regresja liniowa. Przedziały ufności dla współczynników regresji.
10. Szacowanie niepewności pomiarowej. Zaokrąglanie i prezentacja wyników pomiarów. Cyfry znaczące. Błąd względny, bezwzględny. Pomiar bezpośredni, pośredni. Propagacja niepewności. Niepewność standardowa, rozszerzona.

Metody i techniki kształcenia:

Wykład: Treści prezentowane na wykładzie są przekazywane w formie prezentacji multimedialnej w

połączeniu z klasycznym wykładem tablicowym wzbogaconymi o pokazy odnoszące się do prezentowanych zagadnień.

Ćwiczenia laboratoryjne: W trakcie zajęć laboratoryjnych studenci samodzielnie rozwiązują zadany problem praktyczny, dobierając odpowiednie narzędzia. Prowadzący stymuluje grupę do refleksji nad problemem, tak by otrzymane wyniki miały wysoką wartość merytoryczną.

Warunki i sposób zaliczenia poszczególnych form zajęć, w tym zasady zaliczeń poprawkowych, a także warunki dopuszczenia do egzaminu:

Zaliczenie laboratorium: obecność i aktywność na zajęciach, realizacja zadań obliczeniowych podczas zajęć, sprawdziany praktyczne, wykonanie projektu z wykorzystaniem danych ogólnodostępnych oraz własnych, rozwiązywanie zadań domowych.

Wykład: test z zakresu zagadnień teoretycznych, weryfikacja wiedzy podczas zajęć laboratoryjnych.

Zasady zaliczeń poprawkowych: ponowny sprawdzian praktyczny, wykonanie dodatkowego projektu.

Zasady udziału w poszczególnych zajęciach, ze wskazaniem, czy obecność studenta na zajęciach jest obowiązkowa:

Wykład:

- Obecność obowiązkowa: Nie

- Zasady udziału w zajęciach: Studenci uczestniczą w zajęciach poznając kolejne treści nauczania zgodnie z sylabusem przedmiotu. Studenci winni na bieżąco zadawać pytania i wyjaśniać wątpliwości. Rejestracja audiowizualna wykładu wymaga zgody prowadzącego.

Ćwiczenia laboratoryjne:

- Obecność obowiązkowa: Tak

- Zasady udziału w zajęciach: Studenci wykonują ćwiczenia laboratoryjne zgodnie z materiałami udostępnionymi przez prowadzącego. Student jest zobowiązany do przygotowania się w przedmiocie wykonywanego ćwiczenia, co może zostać zweryfikowane kolokwium w formie ustnej lub pisemnej. Zaliczenie zajęć odbywa się na podstawie zaprezentowania rozwiązania postawionego problemu. Zaliczenie modułu jest możliwe po zaliczeniu wszystkich zajęć laboratoryjnych.

Sposób obliczania oceny końcowej

1. Obowiązkowe, aktywne uczestnictwo w zajęciach laboratoryjnych.
2. Zaliczenie sprawdzianów pisemnych.
3. Uzyskanie ze sprawdzianów sumarycznie minimum 50% punktów.
4. Uzyskanie z zadań wykonywanych na zajęciach oraz zadań domowych minimum 50% punktów.
5. Ocena - według skali ocen AGH.

Na ocenę końcową ma wpływ aktywność na zajęciach laboratoryjnych oraz obecność na wykładach.

Sposób i tryb wyrównywania zaległości powstałych wskutek nieobecności studenta na zajęciach:

Konsultacje z prowadzącym, obszerne materiały na platformie e-learningowej, literatura, wykonanie dodatkowych projektów.

Wymagania wstępne i dodatkowe, z uwzględnieniem sekwencyjności modułów

Znajomość programu Excel.

Zalecana literatura i pomoce naukowe

1. J.Godziszewski, R.Mania, R.Pampuch. „Zasady planowania doświadczeń i opracowywania wyników pomiarów”, Skrypt uczelniany nr 1093, wyd. II, Wydawnictwo AGH, Kraków 1987
2. John R.Taylor, „Wstęp do analizy błędu pomiarowego”, PWN Warszawa 1995
3. L.Gajek, M.Kałużska, „Wnioskowanie statystyczne” WNT Warszawa 1996
4. C. Gren, „Statystyka matematyczna. Modele i zadania”, PWN Warszawa 1981
5. R.S. Gitter, B.W. Owczyński, „Matematyczne opracowanie wyników doświadczeń”, PWN Warszawa 1967.
6. Z.Kotulski, W. Szczepański, „Rachunek błędów dla inżynierów” WNT Warszawa 2004.

- W. Kryszicki i in., Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna w zadaniach (tom I i II), PWN 2004.
7. J. Koronacki, J. Mielniczuk, Statystyka dla kierunków technicznych i przyrodniczych, WNT 2001.
8. W. Klonecki, Statystyka dla inżynierów, PWN 1991.
9. S. Brandt, Analiza danych, PWN 1997.
10. J.R. Taylor, Wstęp do analizy błęd pomiarowego, PWN 1995.
11. W. Hyk, Z. Stojek, Analiza statystyczna w laboratorium analitycznym, Wydział Chemii UW, Warszawa 2006.
12. Notatki z wykładów i zajęć laboratoryjnych.
13. Materiały na platformie e-learningowej.

Publikacje naukowe osób prowadzących zajęcia związane z tematyką modułu

Publikacje w czasopismach z listy filadelfijskiej

- 1.M. Jakubowska, R. Piech, T. Dzierwa, J. Wcisło, W.W. Kubiak, The Evaluation Method of Smoothing Algorithms in Voltammetry, *Electroanalysis* 15 (2003) 1729-1736.
- 2.M. Jakubowska, W.W. Kubiak, Optimization of smoothing process - the method to improve calibration in voltammetry, *Talanta*, 62 (2004) 583-594.
- 3.M. Jakubowska, W.W. Kubiak, Adaptive - degree polynomial filter for voltammetric signals, *Analytica Chimica Acta* 512 (2004) 241-250.
- 4.J. Gołaś, B. Kubica, W. Reczyński, W.M. Kwiatek, M. Jakubowska, M. Skiba, M. Stobiński, E. M. Dutkiewicz, G. Posmyk, K.W. Jones, M. Olko, J. Górecki, Preliminary Studies of Sediments from the Dobczyce Drinking Water Reservoir, *Polish Journal of Environmental Studies* 14 (2005) 37-44.
- 5.M. Jakubowska, W.W. Kubiak, Removing spikes from voltammetric curves in the presence of random noise, *Electroanalysis* 17 (2005) 1687-1694.
- 6.M. Jakubowska, Dedicated wavelet for voltammetric signals analysis, *Journal of Electroanalytical Chemistry* 603 (2007) 113-123.
- 7.M. Jakubowska, E. Hull, R. Piech, W.W. Kubiak, Selection of the optimal smoothing algorithm for the voltammetric curves, *Chemia Analityczna - Chemical Analysis* 53 (2008) 215-226.
- 8.M. Jakubowska, W. W. Kubiak, Signal processing in normal pulse voltammetry by means of dedicated mother wavelet, *Electroanalysis* 20 (2008) 185-193.
- 9.M. Jakubowska, R. Piech, Dedicated mother wavelet in the determination of antimony in the presence of copper, *Talanta* 77 (2008) 118-125.
10. M. Jakubowska, Inverse continuous wavelet transform in voltammetry, *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 94 (2008) 131-139.
- 11.M. Jakubowska, B. Baś, W.W. Kubiak, End-point detection in potentiometric titration by continuous wavelet transform, *Talanta* 79 (2009) 1398-1405.
- 12.B. Baś, M. Jakubowska, W.W. Kubiak, New multipurpose electrochemical analyzer for scientific and routine tasks, *Chemické Listy* 103 (2009) s262 - Proceedings of the Modern electroanalytical methods 2009, Prague, Czech Republic, 9-13 December 2009.
- 13.M. Jakubowska, Hybrid signal processing in voltammetric determination of chromium(VI), *Journal of Hazardous Materials* 176 (2010) 540-548.
- 14.M. Jakubowska, Orthogonal Signal Correction for Voltammetry, *Electroanalysis* 22 (2010) 564 - 574.
- 15.M. Jakubowska, B. Baś, F. Ciepela, W. W. Kubiak, A calibration strategy for stripping voltammetry of lead on silver electrodes, *Electroanalysis* 22 (2010) 1757-1764.
- 16.B. Baś, M. Jakubowska, F. Ciepela, W. W. Kubiak, New multipurpose electrochemical analyzer for scientific and routine tasks, *Instrumentation Science and Technology* 38 (2010) 421-435.
17. M. Jakubowska, Signal processing in electrochemistry, *Electroanalysis* 23 (2011) 553-572.
18. Ł. Górski, F. Ciepela, M. Jakubowska, W.W. Kubiak, Baseline correction in standard addition voltammetry by discrete wavelet transform and splines, *Electroanalysis* 23 (2011) 2658-2667.
19. Ł. Górski, F. Ciepela, M. Jakubowska, Automatic baseline correction in voltammetry, *Electrochimica Acta* 136 (2014) 195-203.
20. Ł. Górski, M. Jakubowska, B. Baś, W.W. Kubiak, Application of genetic algorithm for baseline optimization in standard addition voltammetry, *Journal of Electroanalytical Chemistry* 684 (2012) 38-46.
21. F. Ciepela, W. Sordoń, M. Jakubowska, Principal components - based techniques in voltammetric determination of caffeic, syringic and vanillic acids, *Electroanalysis* 28 (2015) 546-554.
22. M. Jakubowska, W. Sordoń, F. Ciepela, Unsupervised pattern recognition methods in ciders profiling based on GCE voltammetric signals, *Food Chemistry* 203 (2016) 476-482.
23. Ł. Górski, W. Sordoń, F. Ciepela, W.W. Kubiak, M. Jakubowska, Voltammetric classification of ciders with PLS-DA, *Talanta* 146 (2016) 231-236.
24. W. Sordoń, A. Salachna, M. Jakubowska, Voltammetric determination of caffeic, syringic and vanillic acids taking into account uncertainties in both axes, *Journal of Electroanalytical Chemistry* 764 (2016)

23-30.

25. M. Kowalcze, M. Jakubowska, Voltammetric profiling of absinthos, *Journal of Electroanalytical Chemistry* 776 (2016) 114-119.
26. Ł. Górski, W.W. Kubiak, M. Jakubowska, Independent components analysis of the overlapping voltammetric signals, *Electroanalysis* 28 (2016) 1470-1477.
27. M. Jakubowska, R. Piech, Ł. Górski, Application of a partial least squares regression for the determination of nanomolar concentrations of scandium in the presence of nickel by adsorptive stripping
28. M. Jakubowska, Ł. Górski, R. Piech, Deviations from bilinearity in multivariate voltammetric calibration models, *Analyst* 138 (2013) 6817-6825.
29. F. Ciepela, G. Lisak, M. Jakubowska, Self-referencing background correction method for voltammetric investigation of reversible redox reaction, *Electroanalysis* 25 (2013) 2054-2059.
30. F. Ciepela, M. Jakubowska, Faradaic and Capacitive Current Estimation by DPV-ATLD, *Journal of The Electrochemical Society*, 164 (12) H760-H769 (2017)

Rozdziały w monografiach książkowych:

- 1.M. Jakubowska, W. Reczyński, A. Donabidowicz, J.Gołaś, W.W. Kubiak, Chemometric analysis of sediments from Dobczyce water reservoir w: *Chemometrics: methods and applications* / eds. Dariusz Zuba, Andrzej Parczewski, Kraków : Institute of Forensic Research Publishers, 2006, s.131-139.
- 2.M. Jakubowska, W.W. Kubiak, Separation of overlapped voltammetric peaks with dedicated wavelet w: *Chemometrics: methods and applications* / eds. Dariusz Zuba, Andrzej Parczewski, Kraków : Institute of Forensic Research Publishers, 2006, s.401-406.
- 3.M. Jakubowska, B. Baś, W.W. Kubiak, Nowy algorytm wyznaczania punktu końcowego w miareczkowaniu potencjometrycznym [New algorithm for end-point detection in potentiometric titration], *Chemometria w nauce i praktyce*, pod red. Dariusza Zuby, Andrzeja Parczewskiego, Kraków, Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych, 2009.

Publikacje recenzowane w czasopismach o zasięgu międzynarodowym:

- 1.S. Białas, M. Jakubowska, Necessary and Sufficient Conditions for the Stability of Interval Matrices, *Bulletin of the Polish Academy of Sciences* 49 (2001) 467-478.
- 2.M. Jakubowska, D. Kalarus, A. Kot, W. W. Kubiak, Metody chemometryczne w identyfikacji źródeł pochodzenia klinkieru oraz cementu, *Materiały Ceramiczne = Ceramic Materials* 61 (2009) 12-15.

Informacje dodatkowe

Brak