

**Zasady przyjmowania na studia stacjonarne drugiego stopnia na kierunku studiów
Inżynieria i Analiza Danych prowadzonych w języku wykładowym angielskim
na Wydziale Matematyki i Nauk Informacyjnych Politechniki Warszawskiej**

- 1) Wydział Matematyki i Nauk Informacyjnych (MiNI) Politechniki Warszawskiej (PW) przeprowadza otwartą rekrutację na studia stacjonarne drugiego stopnia na kierunku studiów Inżynieria i Analiza Danych prowadzonych w języku angielskim. Studia trwają trzy lub cztery semestry.
- 2) Prawo ubiegania się o przyjęcie na studia drugiego stopnia przysługuje osobom posiadającym kwalifikacje po studiach pierwszego stopnia, tj. posiadającym tytuł zawodowy inżyniera, licencjata lub równorzędny.
- 3) Przyjęcie na studia drugiego stopnia odbywa się na podstawie postępowania kwalifikacyjnego. Postępowanie to przeprowadza Wydziałowa Komisja Rekrutacyjna powołana przez Dziekana Wydziału MiNI.
- 4) Studia trwające trzy semestry są skierowane do absolwentów studiów inżynierskich na kierunku Inżynieria i Analiza Danych lub kierunków pokrewnych. Studia trwające cztery semestry są skierowane do absolwentów studiów licencjackich na kierunku Matematyka lub kierunków pokrewnych. Ostateczna decyzja o zakwalifikowaniu kandydata do programu trwającego trzy lub cztery semestry jest podejmowana przez Wydziałową Komisję Rekrutacyjną.
- 5) Postępowanie kwalifikacyjne składa się z pisemnego sprawdzianu kwalifikacyjnego. Postępowanie kwalifikacyjne odbywa się w języku angielskim.
- 6) Podczas pisemnego sprawdzianu kwalifikacyjnego, kandydat musi wykazać się znajomością materiału z inżynierii i analizy danych na poziomie studiów inżynierskich w zakresie obowiązującym na Wydziale MiNI (program studiów dostępny jest na Wydziałowej stronie internetowej), ze szczególnym uwzględnieniem m.in.:
 - a) w zakresie matematyki – analizy matematycznej, algebry liniowej, matematyki dyskretnej, rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej oraz metod numerycznych,
 - b) w zakresie informatyki – algorytmów i struktur danych oraz metod składowania i przetwarzania danych,
 - c) umiejętności programowania w językach wysokiego poziomu,
 - d) metod uczenia maszynowego i statystyki obliczeniowej.Szczegółowe informacje na temat zakresu wymaganej wiedzy określone i zaakceptowane przez Komisję Programową kierunku Inżynieria i Analiza Danych znajdują się w zał. 1 do niniejszych Zasad.
- 7) Decyzja o przyjęciu na studia wydawana jest na podstawie listy rankingowej utworzonej na podstawie wyników pisemnego sprawdzianu kwalifikacyjnego.
- 8) Sprawdzian kwalifikacyjny jest oceniany w skali od 0 do 100 punktów. Warunkiem koniecznym zakwalifikowania jest uzyskanie co najmniej 50 punktów.
- 9) Kandydaci mogą być zobligowani do uzupełnienia w ciągu pierwszego roku studiów lub w trakcie dodatkowego semestru wstępnego właściwych dla kierunku przedmiotów wskazanych przez Wydziałową Komisję Rekrutacyjną – pod rygorem skreślenia z listy studentów.
- 10) Sumaryczna liczba punktów ECTS dotyczących przedmiotów wymaganych do uzupełnienia nie może przekroczyć 30 punktów. Treści programowe wskazane do uzupełnienia przez Wydziałową Komisję Rekrutacyjną zależą od indywidualnego przygotowania kandydata podczas studiów pierwszego stopnia.
- 11) Termin składania podania o przyjęcie na studia oraz wykaz wymaganych dokumentów podany jest na stronie internetowej PW. Kandydat musi zarejestrować się w internetowym

systemie rekrutacyjnym PW. Ewentualne podania i dokumenty należy złożyć w dziekanacie Wydziału MiNI.

- 12) Wydziałowa Komisja Rekrutacyjna decyduje o liczbie kandydatów zakwalifikowanych na kierunek, w ramach limitu przyjęć.
- 13) Jeżeli liczba kandydatów zakwalifikowanych na studia drugiego stopnia na kierunku studiów Inżynieria i Analiza Danych 12 osób, to o uruchomieniu studiów drugiego stopnia kierunku studiów Inżynieria i Analiza Danych decyduje Dziekan Wydziału MiNI.

Załącznik nr 1
do Zasad przyjmowania na studia stacjonarne drugiego stopnia na kierunku studiów
Inżynieria i Analiza Danych prowadzonych w języku wykładowym angielskim
na Wydziale Matematyki i Nauk Informacyjnych

**Zakres wiedzy i umiejętności oczekiwanych od kandydatów na studia drugiego stopnia
na kierunku Data Science**

Knowledge and skills expected from candidates for the MSc Program in Data Science

Analiza matematyczna / Calculus

Kandydaci powinni posiadać wiedzę i umiejętności m.in. z następujących obszarów:

- definiowanie funkcji i opisywanie ich własności,
- własności funkcji ciągłych, badanie ciągłości funkcji,
- zasady różniczkowania funkcji i liczenia pochodnych,
- własności funkcji różniczkowalnych,
- całkowanie funkcji, sposoby całkowania,
- własności normy i metryki,
- rozwijanie funkcji we wzór Taylora, badanie przebiegu zmienności funkcji,
- liczenie granic i pochodnych cząstkowych funkcji wielu zmiennych,
- badanie ekstremów funkcji wielu zmiennych,
- warunki optymalności bez ograniczeń i z ograniczeniami.

Candidates should have knowledge and skills in, amongst others:

- *defining functions and describing their properties,*
- *properties of continuous functions, verifying of continuity of functions,*
- *principles of differentiation of functions, properties of differentiable functions, computation of derivatives,*
- *integration of functions and ways of integrating common classes of functions,*
- *properties of norms and metrics,*
- *transforming functions through Taylor's formula, study the variation of functions,*
- *integration of functions of one variable,*
- *computing limits and partial derivatives of functions of many variables,*
- *studying extremes of functions of many variables,*
- *necessary and sufficiency optimality conditions for unconstrained problems.*

Algebra liniowa / Linear Algebra

Kandydaci powinni posiadać wiedzę i umiejętności m.in. z następujących obszarów:

- układy równań liniowych,
- macierze – w tym operacje elementarne na wierszach (kolumnach) macierzy, działania na macierzach, wyznaczanie rzędu macierzy, metoda eliminacji Gaussa, rozwiązywanie równań macierzowych $AX = B$,
- przestrzenie liniowe – w tym generowanie podprzestrzeni, liniowa zależność i niezależność wektorów, baza, wymiar przestrzeni liniowej,
- wyznaczanie i zastosowanie wyznaczników,
- wartości i wektory własne macierzy i operatorów liniowych,
- podstawowe rozkłady macierzy, m.in. SVD i QR,
- rozwiązywanie liniowego zadania najmniejszych kwadratów.

Candidates should have knowledge and skills in, amongst others:

- *systems of linear equations,*
- *matrices – including elementary operations on rows (columns) of matrices, order of matrices, Gaussian elimination, solving matrix equations $AX = B$,*
- *linear spaces – including generation of subspaces, linear dependence and independence of vectors, bases, dimension of linear spaces,*
- *computing and application of determinants,*
- *eigenvalues and eigenvectors of matrices and linear operators,*
- *matrix decompositions, including SVD and QR,*
- *solving the linear least squares problem.*

Matematyka Dyskretna / Discrete Mathematics

Kandydaci powinni posiadać wiedzę i umiejętności m.in. z następujących obszarów:

- podstawy teorii grafów – w tym definicji i zastosowania drzew,
- najtańsze drzewo rozpinające,
- spójność grafów,
- cykl Eulera i Hamiltona,
- kolorowanie grafów,
- grafy planarne.

Candidates should have knowledge and skills in, amongst others:

- *basics of graph theory - including definitions and applications of trees,*
- *minimum spanning tree,*
- *graph coherence,*
- *Euler and Hamilton cycles,*
- *graph colouring,*
- *planar graphs.*

Metody numeryczne / Numerical Methods

Kandydaci powinni posiadać wiedzę i umiejętności m.in. z następujących obszarów:

- elementy analizy numerycznej – w tym określenie zadania numerycznego i jego uwarunkowania, podstawowe własności arytmetyki zmiennopozycyjnej, stabilność numeryczna algorytmów, normy wektorów i macierzy,
- uwarunkowanie układu równań liniowych, metody bezpośredniego rozwiązywania układów równań liniowych – w tym metoda eliminacji Gaussa i jej warianty,
- numeryczne obliczanie wyznaczników macierzy i macierzy odwrotnej,
- interpolacja funkcji jednej zmiennej,
- aproksymacja średniokwadratowa,
- całkowanie numeryczne,
- rozwiązywanie zadań optymalizacji: metoda spadku gradientów, Newtona, metody ewolucyjne.

Candidates should have knowledge and skills in, amongst others:

- *elements of numerical analysis - including definition of the numerical task and its determinants, basic properties of floating-point arithmetic, numerical stability of algorithms, norms and matrices,*
- *conditioning of systems of linear equations, direct methods for solving systems of linear equations - including Gauss elimination method and its variants,*
- *numerical calculation of determinants of matrices, inverse matrices,*
- *interpolation of functions of one variable,*
- *mean-square approximation,*
- *numerical integration,*
- *solving optimization problems: gradient descent, Newton's method, evolutionary algorithms.*

Podstawy programowania, algorytmów i struktur danych / Programming, Algorithms and Data Structures

Kandydaci powinni posiadać wiedzę i umiejętności m.in. z następujących obszarów:

- programowanie w językach wysokiego poziomu,
- klasy języków programowania (np. kompilowalne, interpretowalne, typowanie dynamiczne i statyczne),
- analiza poprawności i złożoności algorytmów,
- podstawowe abstrakcyjne typy danych: kolejki priorytetowe i słowniki,
- wyszukiwanie połówkowe, binarne drzewa poszukiwań, kopce, tablice z haszowaniem,
- algorytmy sortowania.

Candidates should have knowledge and skills in, amongst others:

- *programming in high-level languages,*
- *types of programming languages (e.g., compiled/interpreted, dynamic/static typing),*
- *analysis of the correctness and complexity of algorithms,*
- *basic abstract data types: priority queues and dictionaries,*
- *binary search in arrays, binary search trees, heaps, hash tables,*
- *sorting algorithms.*

Rachunek prawdopodobieństwa / Probability

Kandydaci powinni posiadać wiedzę i umiejętności m.in. z następujących obszarów:

- definicja przestrzeni probabilistycznej – w tym aksjomatyczna definicja prawdopodobieństwa, sposoby wyznaczania prawdopodobieństwa (schemat klasyczny, prawdopodobieństwo geometryczne), własności prawdopodobieństwa,
- niezależność zdarzeń, prawdopodobieństwo warunkowe, prawdopodobieństwo całkowite oraz twierdzenie Bayesa,
- zmienne losowe jedno i dwuwymiarowe – dyskretne i ciągłe, dystrybuanta zmiennej losowej, parametry zmiennych losowych,
- najważniejsze rozkłady prawdopodobieństwa,
- wielowymiarowy rozkład normalny,
- rodzaje zbieżności ciągów zmiennych losowych, prawa wielkich liczb i twierdzenia graniczne.

Candidates should have knowledge and skills in, amongst others:

- *definitions of probability space - including the axiomatic definition of probability and its properties, calculating probability (classical scheme, geometric probability),*
- *independence, conditional probability, Bayes' theorem,*
- *random variables - discrete and continuous; the distribution of a random variable, parameters of random variables,*
- *the most important probability distributions, e.g., normal distribution,*
- *multivariate normal distribution,*
- *modes of convergence of random variable sequences, laws of large numbers, limit theorems.*

Statystyka matematyczna / Mathematical Statistics

Kandydaci powinni posiadać wiedzę i umiejętności m.in. z następujących obszarów:

- podstawowe własności estymatorów punktowych (nieobciążoność, zgodność, efektywność, błąd średniokwadratowy, zbalansowanie efektu obciążenia i wariancji) i sposoby konstrukcji estymatorów,
- własności przedziałów ufności i metody wyznaczania przedziałów ufności,
- podstawowe pojęcia teorii weryfikacji hipotez (np. błąd pierwszego i drugiego rodzaju, moc testu, p-wartość),
- podstawowe testy (np. test t-studenta, test chi-kwadrat, testy normalności),
- podstawy statystyki bayesowskiej.

Candidates should have knowledge and skills in, amongst others:

- *basic properties of estimators (bias, consistency, efficiency, mean squared error, bias - variance trade-off) and methods of determining estimators,*
- *basic properties of confidence intervals and various techniques to determine them,*
- *fundamentals of statistical hypothesis testing (e.g. first- and second-order error, test power and p-value),*
- *common tests (e.g., t-student, chi-square, normality tests),*
- *Bayesian statistics.*

Uczenie maszynowe i statystyka obliczeniowa / *Statistical and Machine Learning*

Kandydaci powinni posiadać wiedzę i umiejętności m.in. z następujących obszarów:

- model regresji liniowej – w tym metody estymacji współczynników modelu metodą najmniejszych kwadratów oraz jej własności, sposoby doboru cech, regularyzacja,
- model logistyczny – w tym modelowanie prawdopodobieństwa a posteriori dla odpowiedzi binarnej, estymacja współczynników metodą największej wiarygodności, badanie i weryfikacja dopasowania modelu,
- metoda wyboru i oceny klasyfikatorów i estymatorów regresji, w tym błąd krosvalidacyjny i krzywa ROC,
- ocena zmienności wektora losowego i próby obserwacji wielowymiarowych – w tym macierzy kowariancji i empirycznej macierzy kowariancji,
- analiza skupień,
- analiza składowych głównych,
- najważniejsze metody klasyfikacji, m.in. drzewa klasyfikacyjne, komitety klasyfikatorów (bagging, boosting), sieci neuronowe, SVM, reguła k najbliższych sąsiadów, klasyfikator bayesowski.

Candidates should have knowledge and skills in, amongst others:

- *linear regression model - including estimation of model coefficients by the method of least squares and their properties, feature selection, regularisation,*
- *logistic model - including a posteriori probability modelling for binary response, maximum likelihood estimation of coefficients, verification of model fit,*
- *error for classifiers and regression estimators, including cross-validation and ROC curve,*
- *evaluation of random vector variability and sampling of multivariate observations - including covariance matrix and empirical covariance matrix,*
- *cluster analysis,*
- *principal component analysis,*
- *classification algorithms, including classification trees, ensemble methods (bagging, boosting), neural networks, SVM, k nearest neighbours, Bayesian classifier.*

Dodatkowe wymagania dla kandydatów na trzyletnie studia dr st. Data Science

Additional requirements for candidates for the three-semester Data Science M.Sc. program

Bazy danych, Big data i przetwarzanie danych / Databases, Big Data and data processing

Kandydaci powinni:

- posiadać wiedzę wystarczającą do zaprojektowania modelu danych, w tym wykonania procesu normalizacji bazy danych,
- znać i prawidłowo stosować mechanizmy wpływające na jakość danych, takie jak mechanizmy zapewniania spójności referencyjnej, czy też unikalności wartości klucza,
- posługiwać się językiem SQL w celu selekcji i modyfikacji zawartości bazy danych,
- rozumieć i umieć zastosować przetwarzanie transakcyjne,
- rozumieć sposoby zapewniania wydajności, w tym indeksy,
- posiadać podstawową wiedzę na temat hurtowni danych,
- rozumieć zasady działania platform Big Data (np. Apache Hadoop, Apache Spark),
- umieć projektować i wdrażać potoki przetwarzania danych (np. z wykorzystaniem Apache NiFi),
- posiadać wiedzę na temat technik pozyskiwania danych (wsadowego, strumieniowego) i technologii internetowych (np. usług REST),
- rozumieć rolę platform NoSQL w przechowywaniu danych w przetwarzaniu Big Data,
- umieć projektować i wdrażać zoptymalizowaną strategię przechowywania danych dla dużych zbiorów danych, w tym techniki takie jak partycjonowanie danych,
- umieć stosować środowisko Docker i narzędzia do orkiestracji kontenerów,
- znać języki skryptowe stosowane do automatyzacji zadań (np. Bash, PowerShell) i systemy kontroli wersji (np. Git).

Candidates should:

- *have sufficient knowledge to design data models, including performing the database normalization process,*
- *know and correctly apply mechanisms influencing data quality, such as ensuring referential integrity and uniqueness of key values,*
- *use SQL language to select and modify database contents,*
- *understand and be able to apply transactional processing,*
- *understand performance measures including indexes,*
- *have basic knowledge about data warehousing,*
- *understand the principles of Big Data frameworks (e.g., Apache Hadoop, Apache Spark),*
- *be able to design and implement data processing pipelines (e.g., using Apache NiFi),*
- *have knowledge of data ingestion techniques (batch, stream) and web technologies (e.g. REST services),*
- *understand the role of NoSQL data storage platforms in Big Data processing,*
- *be able to design and implement an optimised data storage strategy for large datasets, including techniques such as data partitioning,*
- *be able to apply Docker and container orchestration tools,*
- *be familiar with scripting languages for automation (e.g., Bash, PowerShell) and version control systems (e.g., Git).*

Inżynieria systemów informatycznych itp. / *Engineering Topics in Computer Science*

Kandydaci powinni posiadać wiedzę i umiejętności m.in. z następujących obszarów:

- paradygmaty programowania obiektowego,
- wzorce projektowe,
- etapy tworzenia oprogramowania, dobre praktyki związane z testowaniem i dokumentowaniem kodu,
- podstawy systemów operacyjnych,
- model referencyjny OSI.

Candidates should have knowledge and skills in, amongst others:

- *object oriented programming paradigms,*
- *design patterns,*
- *software development models, best practices in testing and documenting of code,*
- *operating systems,*
- *OSI reference models,*
- *software development methodologies (e.g., Agile, DevOps) and best practices in testing and documentation.*