



Rekrutacja do Szkoły Doktorskiej w Uniwersytecie Śląskim w Katowicach na rok akademicki 2026/2027

Admission to the Doctoral School at the University of Silesia in Katowice for academic year 2026/2027

Informatyka temat nr 6	Computer and information sciences topic No. 6
Wyjaśnialna analiza zmian w systemach uczących się na danych strumieniowych	Explainable Analysis of Changes in Machine Learning Systems on Data Streams
PhD supervisor: dr hab. inż. Rafał Doroz, Prof. UŚ	
<p>Krótką charakterystyką założeń i celów badawczych</p> <p>Systemy uczące się na danych strumieniowych coraz częściej znajdują zastosowanie w praktyce, jak np. w systemach rekomendacyjnych, monitorowaniu transakcji finansowych, analizie danych medycznych czy systemach wykrywania anomalii. W tego typu systemach dane napływają w sposób ciągły, a model musi podejmować decyzje w środowisku, którego właściwości zmieniają się w czasie. Wspomniane zmiany mogą dotyczyć zarówno samych danych wejściowych, jak i relacji pomiędzy danymi a decyzjami podejmowanymi przez model.</p> <p>Przykładowo, system dedykowany do analizy transakcji bankowych może początkowo uznawać wysoką kwotę i zagraniczną lokalizację za silne sygnały podejrzanego operacji. Z czasem jednak, wraz z upowszechnieniem płatności międzynarodowych i zmianą zachowań klientów, te same cechy przestają mieć kluczowe znaczenie. Model zaczyna podejmować inne decyzje dla podobnych transakcji niż wcześniej, mimo że formalnie nadal działa poprawnie. Tego typu sytuacja prowadzi do stopniowej degradacji jakości modelu oraz spadku zaufania do jego decyzji.</p> <p>Klasyczne metody analizy zmian w danych strumieniowych koncentrują się głównie na wykryciu momentu wystąpienia zmiany, np. poprzez sygnalizację alarmu lub obserwację spadku jakości predykcji. Takie podejście nie odpowiada jednak na pytania kluczowe z punktu widzenia użytkownika i projektanta systemu: co dokładnie</p>	<p>Brief description of research assumptions and goals</p> <p>Systems that learn from streaming data are increasingly used in practice, e.g., in recommendation systems, financial transaction monitoring, medical data analysis, and anomaly detection. In such systems, data flows continuously, and the model must make decisions in an environment whose properties change over time. These changes can affect both the input data and the relationship between the data and the model's decisions.</p> <p>For example, a system dedicated to analysing bank transactions may initially treat a high amount and a foreign location as strong signals of a suspicious transaction. Over time, however, with the proliferation of international payments and changes in customer behaviour, these same characteristics become less critical. The model begins to make different decisions for similar transactions than before, even though it is still formally functioning correctly. This type of situation leads to a gradual degradation of the model's quality and a decline in confidence in its decisions.</p> <p>Classic methods of analysing changes in streaming data focus mainly on detecting the moment when a change occurs, e.g. by signalling an alarm or observing a decline in prediction quality. However, this approach does not answer the key questions from the point of view of the user and system designer: what exactly has changed, which features or data fragments are responsible for this, and how</p>





się zmieniło, które cechy lub fragmenty danych są za to odpowiedzialne oraz w jaki sposób zmiana wpłynęła na decyzje modelu. W praktyce oznacza to, że system informuje jedynie, że „coś się stało”, bez wskazania przyczyn i mechanizmów.

Celem doktoratu jest opracowanie metod wyjaśnialnej analizy zmian w systemach uczących się na danych strumieniowych poprzez połączenie algorytmów detekcji zmian z technikami Explainable Artificial Intelligence (XAI), w tym metodami atrybucji cech (np. wartości SHAP) oraz lokalnymi wyjaśnieniami decyzji modeli. Temat zakłada nie tylko identyfikację momentu zmiany, lecz także interpretację jej przyczyn poprzez analizę zmian rozkładów danych, zmian znaczenia cech oraz lokalnych struktur decyzyjnych modeli w czasie.

Cele badawcze projektu:

1. Detekcja zmian z interpretacją – opracowanie metod wykrywania zmian w strumieniach danych wraz z mechanizmami ich wyjaśniania (co uległo zmianie i w jakim zakresie).
2. Analiza zmian rozkładów danych – identyfikacja i charakteryzacja zmian w danych wejściowych oraz ich związku ze zmianą zachowania modelu.
3. Analiza zmian znaczenia cech – śledzenie ewolucji wkładu cech w decyzje modelu z wykorzystaniem technik XAI (np. SHAP) w ujęciu globalnym i lokalnym.
4. Ocena wpływu na jakość i stabilność – zbadanie, w jakim stopniu wyjaśnialna analiza zmian pomaga utrzymać stabilność, jakość i wiarygodność modeli.
5. Użyteczna prezentacja wyników – opracowanie sposobów przedstawiania wyników analizy zmian tak, aby wspierały decyzje o monitorowaniu, adaptacji i utrzymaniu modeli.

the change has affected the model's decisions. In practice, this means that the system only informs that 'something has happened' without indicating the causes and mechanisms.

The aim of the PhD is to develop methods for explainable analysis of changes in systems learning from streaming data by combining change detection algorithms with Explainable Artificial Intelligence (XAI) techniques, including feature attribution methods (e.g. SHAP values) and local explanations of model decisions. The topic involves not only identifying the moment of change, but also interpreting its causes by analysing changes in data distributions, changes in feature significance, and local decision structures of models over time.

Research objectives of the project:

1. Change detection with interpretation – development of methods for detecting changes in data streams along with mechanisms for explaining them (what has changed and to what extent).
2. Analysis of changes in data distributions – identification and characterisation of changes in input data and their relationship to changes in model behaviour.
3. Analysis of changes in feature importance – tracking the evolution of feature contributions to model decisions using XAI techniques (e.g. SHAP) in global and local terms.
4. Assessment of impact on quality and stability – examining the extent to which explainable change analysis helps maintain the stability, quality and reliability of models.
5. Useful presentation of results – developing ways to present the results of change analysis so that they support decisions about monitoring, adapting and maintaining models.

Planowany wkład w rozwój dyscypliny

Projekt wniesie wkład w rozwój badań nad uczeniem maszynowym w środowiskach dynamicznych poprzez opracowanie metod, które łączą detekcję zmian w danych strumieniowych z ich wyjaśnianiem na poziomie cech i decyzji modelu. Oczekiwane rezultaty obejmują: (i) metody pozwalające przejść od sygnału „zmiana wystąpiła” do odpowiedzi „co i dlaczego się zmieniło”, (ii) podejścia do śledzenia ewolucji

Planned contribution to the development of the discipline

The project will contribute to the advancement of research on machine learning in dynamic environments by developing methods that combine the detection of changes in streaming data with their explanation at the level of model features and decisions. The expected results include: (i) methods to move from the signal 'a change has occurred' to the response 'what has





<p>znaczenia cech (np. z użyciem SHAP) oraz zmian lokalnej logiki decyzyjnej modeli, (iii) kryteria i procedury oceny wpływu tych analiz na stabilność i wiarygodność modeli. Wkład projektu będzie istotny zarówno z punktu widzenia teorii i metodologii monitorowania modeli, jak i zastosowań praktycznych w systemach wymagających transparentności i zaufania do decyzji algorytmicznych</p>	<p>changed and why', (ii) approaches to tracking the evolution of feature importance (e.g. using SHAP) and changes in the local decision logic of models, (iii) criteria and procedures for assessing the impact of these analyses on the stability and reliability of models. The project's contribution will be significant both from the point of view of model monitoring theory and methodology, as well as practical applications in systems requiring transparency and trust in algorithmic decisions.</p>
<p>Opis wymagań – wiedza, umiejętności i kompetencje społeczne kandydata Od kandydata oczekuje się podstawowej wiedzy z zakresu uczenia maszynowego, analizy danych oraz statystyki. Wymagane są: podstawowa umiejętność programowania (np. Python), znajomość podstaw budowy i oceny modeli (klasyfikacja/regresja, walidacja). Kandydat powinien wykazywać zdolność analitycznego myślenia, samodzielność w rozwiązywaniu problemów badawczych oraz gotowość do pracy eksperymentalnej z danymi rzeczywistymi. Ważne są także kompetencje społeczne: umiejętność współpracy w zespole, komunikowania wyników (pisemnie i ustnie) oraz konsekwencja w realizacji długoterminowego planu badawczego.</p>	<p>Description of requirements – knowledge, skills and social competences of the candidate The candidate is expected to have basic knowledge of machine learning, data analysis and statistics. Required skills include basic programming skills (e.g. Python) and knowledge of the basics of model construction and evaluation (classification/regression, validation). The candidate should demonstrate analytical thinking skills, independence in solving research problems, and a willingness to work experimentally with real data. Social skills are also important: the ability to work in a team, communicate results (in writing and orally), and consistency in implementing a long-term research plan.</p>

