1. **XAI - Explanatory Model Analysis: - Objaśniająca analiza modelu**

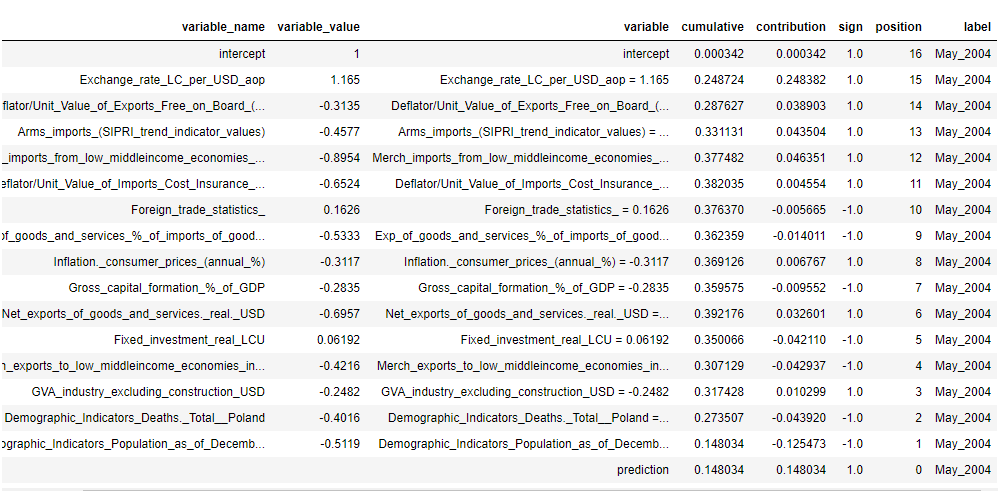
(Ten tego fragmentu wykorzystany został zbiór danych „data\_no\_corr\_09\_2 „ z odrzuconymi silnie skorelowanymi zmiennymi. Zmienne zostały ustandaryzowane. Do modelowania predykcji posłużył model Multi Layer Perceptron Regressor. )

**BREAK DOWN**

Tworząc modele predykcyjne często zastanawiamy się , która zmienna wpływa na wynik predykcji w największy sposób. Chcąc odpowiedzieć na to pytanie skupiamy się na „lokalnych wyjaśnieniach” to jest takich, które odnoszą się do pojedynczej instancji z badanego zbioru danych. W naszym przypadku instancją taką jest pojedynczy miesiąc w danym roku (np. Marzec 2002). Eksploracja na poziomie instancji ukazuje które zmienne objaśniające oraz w jaki sposób wpływają na predykcję modelu.

„Zakładamy tę prognozę f(x) jest przybliżeniem oczekiwanej wartości zmiennej zależnej Y podane wartości zmiennych objaśniających x”. Tworząc wykresy BREAK DOWN staramy się ukazać udział zmiennej objaśniającej w predykcji modelu poprzez obliczenie zmiany oczekiwanej wartości Y w trakcie ustalania wartości pozostałych zmiennych.

Poniża tabela zawiera analizę modelu MLP Regressor na przykładzie instancji z Maja 2004 (miesiąc , w którym Polska dołączyła do Unii Europejskiej) Kolumna „cumulative” zawiera wartości średnie wpływu danej zmiennej badanej instancji dla całego modelu, natomiast kolumna „contribution” zawiera wpływu danej zmiennej na predykcji analizowanej instancji.



*Tabela. Analiza wpływu zmiennych na wartość predykcji dla instancji z Maja 2004 roku.*

**Przykład 1.**

Wyniki z tabeli powyżej przedstawiono w poniższym wykresie. Wykres wskazuje, że największy pozytywny wkład w przewidywanie wartości „Poland\_\_GVA\_construction,\_LCU\_\_Millions\_\_Polish\_Zloty\_\_SA\_\_Annual”

dla instancji Maj 2004 pochodzi od zmiennych objaśniających:

* Exchange\_rate\_LC\_per\_USD,
* Deflator/Unit\_Value\_of\_Exports\_Free\_on\_Board,
* Arms\_imports\_(SIPRI\_trend\_indicator\_values),
* Merch\_imports\_from\_low\_middleincome\_economies.

Udziały pozostałych zmiennych są mniejsze (w wartościach bezwzględnych) i ujemne.

Graphical user interface, application

Description automatically generated

*Wykres: Wpływ poszczególnych zmiennych objaśniających na wartość predykcji dla instancji z Maja 2004 (Wejście PL do EU).*

Aby zobrazować różnice we wpływie poszczególnych zmiennych objaśniających na wartość predykcji przedstawione zostaną dwa kolejne przykłady dla wybranych instancji.

**Przykład 2.**

Wykres wskazuje, że największy pozytywny wkład w przewidywanie wartości „Poland\_\_GVA\_construction,\_LCU\_\_Millions\_\_Polish\_Zloty\_\_SA\_\_Annual”

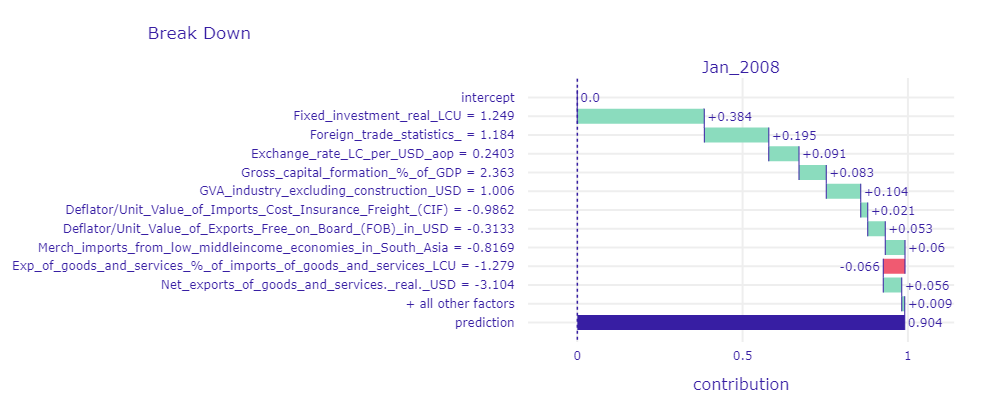
dla instancji Maj 2004 pochodzi od zmiennych objaśniających:

* Fixed\_investment\_real\_LCU,
* Foreign\_trade\_statistics
* Exchange\_rate\_LC\_per\_USD,
* Gross\_capital\_formation\_%\_of\_GDP,
* GVA\_industry\_excluding\_construction\_USD,

Negatywny wpływ pochodzi przede wszystkim od zmiennej:

* Exports\_of\_goods\_and\_services,\_%\_of\_imports\_of\_goods\_and\_services,\_LCU,

Udziały pozostałych zmiennych są mniejsze (w wartościach bezwzględnych) i ujemne.



*Wykres: Wpływ poszczególnych zmiennych objaśniających na wartość predykcji dla instancji z Styczeń 2008 (Światowy kryzys finansowy).*

**Przykład 3.**

Wykres wskazuje, że największy pozytywny wkład w przewidywanie wartości „Poland\_\_GVA\_construction,\_LCU\_\_Millions\_\_Polish\_Zloty\_\_SA\_\_Annual”

dla instancji Maj 2004 pochodzi od zmiennych objaśniających:

* Fixed\_investment\_real\_LCU,
* Demographic\_Indicators,\_Population\_as\_of\_December\_31,\_Rural\_\_Poland
* Exchange\_rate\_LC\_per\_USD,
* Foreign\_trade\_statistics,
* Demographic\_Indicators,\_Deaths,\_Total\_\_Poland,

Udziały pozostałych zmiennych są mniejsze (w wartościach bezwzględnych) i ujemne.

Timeline

Description automatically generated

*Wykres: Wpływ poszczególnych zmiennych objaśniających na wartość predykcji dla instancji z Styczeń 2019 (najaktualniejsza instancja w badanym zbiorze).*

**WAŻNOŚĆ ZMIENNYCH OBJAŚNIAJĄCYCH**

„Zmienna ważność oparta na permutacji. Jest to podejście niezależne od modelu do oceny wpływu zmiennej objaśniającej na działanie modelu. Wykresy miar o zmiennej ważności są łatwe do zrozumienia, ponieważ są zwarte i przedstawiają najważniejsze zmienne na jednym wykresie.” Dzięki tej metodzie w prosty sposób możemy porównywać ważność zmiennych objaśnianych między różnymi modelami predykcyjnymi.

Poniższy wykres wskazuje, że najważniejszą zmienną w modelu jest Fixed\_investment\_real\_LCU . Wniosek ten jest to zgodny z wcześniej prezentowanymi przykładami (w dwóch na trzy przypadkach. Kolejne trzy ważne zmienne to:

* Demographic\_Indicators,\_Population\_as\_of\_December\_31,\_Rural\_\_Poland,
* Exchange\_rate\_LC\_per\_USD,
* Foreign\_trade\_statistics.

Chart, bar chart

Description automatically generated

*Wykres: Średnia ważność zmiennej obliczona przy użyciu dziesięciu permutacji i funkcji utraty średniej kwadratowej błędu dla modelu MLPRegressor.*