

Analizy przeżycia Kaplana Meiera, Cox proportional hazard model



Jednym z najważniejszych problemów w zarządzaniu jest utrzymanie stabilności procesów. Czynnikiem destabilizującym jest rotacja stałych elementów modelu. Są nimi stali kluczowi klienci, maszyny, które teoretycznie nie powinny się psuć, kluczowi pracownicy oraz kluczowi dostawcy surowców.

W momencie, gdy któryś z wymienionych elementów odpadnie, wycofa się lub odejdzie cały proces funkcjonowania firmy ulega większej lub mniejszej destabilizacji. Rolą zarządu jest przewidywanie różnych scenariuszy zdarzeń i w miarę posiadanych informacji przeciwdziałanie im.

Analiza przeżycia

Cytując Wikipedię¹: *Analiza przeżycia próbuje odpowiedzieć na pewne pytania, np. jaki jest odsetek populacji, który przetrwa po pewnym czasie? Ci, którzy przeżyją, w jakim tempie umrą lub upadną? Czy można brać pod uwagę wiele przyczyn zgonu lub niepowodzenia? W jaki sposób poszczególne okoliczności lub cechy zwiększają lub zmniejszają prawdopodobieństwo przeżycia?*

Miejszem powstania Analizy przeżycia był szpital, w którym analizowano jak długo pacjent przeżyje po usłyszeniu diagnozy. Wbrew pozorom odpowiedź na to pytanie nie była prosta. Część pacjentów umierała, część przerywała leczenie i znikła z obserwowanej grupy, inni umierali lecz z innych przyczyn, część pacjentów wyzdrowiała. Badanie trwało kilka lat, niektórzy brali w nim udział od początku, inni rozpoczynali leczenie kilka dni przed zakończeniem projektu badawczego. Dlatego konieczne było stworzenie specjalnego narzędzia, które byłoby w stanie wychwycić z badań statystycznie wartościowe wnioski.

Analiza rotacji stanowisk w firmie cukierniczej Jupiter.pl

Niskie bezrobocie oraz konkurencja pomiędzy branżami wpływają na wysoki poziom rotacji pracowników. Szczególnie mocno narażeni są pracownicy atrakcyjni na rynku pracy, czyli posiadający wyższe wykształcenie oraz poszukiwane specjalizacje, takie jak informatyka lub inżynieria budowy maszyn.

Rotacja pracowników jest zjawiskiem bardzo uciążliwym dla przemysłu cukierniczego. Czas wdrażania nowego pracownika w zawiłe procesy technologiczne jest długi. W tym czasie nie jest on w stanie efektywnie pracować. Dlatego ważne jest, aby po przeszkoleniu został w firmie jak najdłużej. W skrajnych przypadkach odejście kluczowego pracownika może spowodować spowolnienie lub nawet przerwanie procesu produkcyjnego. Z kolei zatrudnianie większej liczby

pracowników, tak aby stworzyć odpowiednio duże rezerwy ludzkie, wiąże się ze wzrostem kosztów pracy, który w konsekwencji nie pozwala utrzymywać wysokich pensji dla kluczowych pracowników.

Zarząd fabryk Jupiter.pl zlecił badania, aby poznać lepiej problem i dzięki temu przeciwdziałać zjawisku rotacji pracowników.

Analiza zjawiska odejść pracowników fabryk Jupiter.pl

Liczba pracowników, którzy pracowali i pracują w fabrykach Jupiter.pl w Polsce wynosi 2121 osób. Suma ta zawiera osoby, które były zatrudnione na stanowiskach robotniczych i biurowych, przy produkcji jak i w działach logistycznych. Co ważne w liczbie 2121 osób znalazło się 616 osób, które odeszły z firmy.

Początkowo starano się uzyskać informacje o powodach odejścia prowadząc badania ankietowe. Nie przyniosło to spodziewanych rezultatów, ponieważ wiele osób odeszło zanim narodził się ten pomysł. Część odchodzących pracowników nie chciała wypełniać ankiet, inni wpisywali do nich ewidentnie nieprawdziwe powody odejścia. Postanowiono więc skorzystać z analizy przeżywalności.

Przygotowanie danych

Aby skorzystać z testu należy tak zorganizować dane, aby zawierały wartości katégoryczne. Z bazy danych pracowników wyodrębniono następujące zmienne katégoryczne:

Poziom_wykształcenia:

podstawowe (1277 osób),
szkoła zawodowa (335 osób),
szkoła średnia (214 osób),
szkoła policealna (152 osoby),
uczelnia wyższa (143 osoby).

Program_pracowniczy:

Tak – pracownik należy do programu pracowniczego (1351 osób),
Nie – pracownik należy do programu pracowniczego (770 osób).

Członkowie_rodziny: ta zmienna mówi, jak duża jest rodzina pracownika objętego badaniem. Wyodrębniono 4 kategorie:

osoba samotna (1%),
żona, bez dzieci (4%),
żona, jedno dziecko (11%),
żona, dwoje i więcej dzieci (84%).

¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Survival_analysis

Które_miejsce_pracy: podzielono pracowników na tych, dla których była to ich: pierwsza praca (41%), druga praca (31%) oraz pracowników dla których praca w Jupiter.pl była kolejną pracą (28%).

Uprawnienia_zawodowe:

pracownik nie ma uprawnień zawodowych (0),
pracownik ma uprawnienia zawodowe (1).

Stanowisko_pracy:

to 14 różnych działów firmy, w których zatrudnieni byli pracownicy objęci badaniem.

Dodatkowo wprowadzono zmienną ciągłą: *km_do_domu* informującą ile kilometrów dzieli miejsce pracy i miejsce zamieszkania pracownika.

Na końcu uzyskano zmienną *pracownik_odszedł*, gdzie: 1 – oznacza, że pracownik odszedł (616 osób), zaś 0 – oznacza, że pracownik wciąż pracuje (1505 osób).

Test Kaplana-Meiera

Dzięki użyciu testu Kaplana-Meiera w ramach technologii Survival Test możemy sprawdzić jaki jest wpływ wybranej cechy na poziom prawdopodobieństwa odejść pracowników. Do wyliczenia testu użyjemy biblioteki *lifelines* w środowisku programistycznym Python.

Aby wyliczyć zależności, należy najpierw wybrać konkretną zmienną, która teoretycznie wpływa na poziom odejść pracowniczych. Zarząd fabryk Jupiter.pl w pierwszej kolejności chciał dowiedzieć się jaki wpływ na poziom odejść ma posiadanie uprawnień zawodowych.

```
from lifelines import KaplanMeierFitter
```

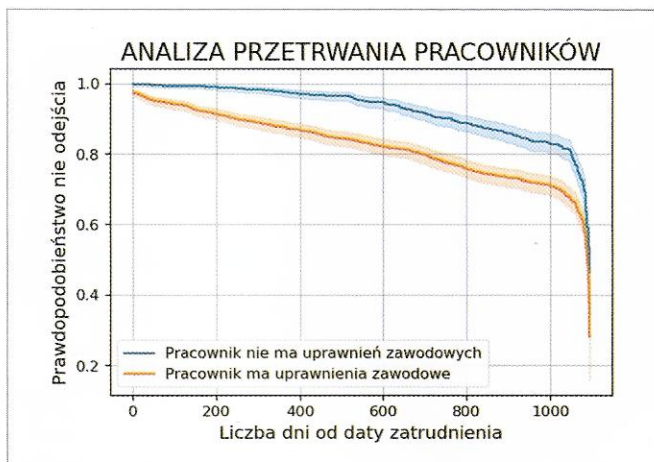
```
kmf_NIE = KaplanMeierFitter() # brak Uprawnienia zawodowe  
kmf_TAK = KaplanMeierFitter() # są Uprawnienia zawodowe
```

```
NIE_UZ = SKO.query("Uprawnienia_zawodowe == 0")  
TAK_UZ = SKO.query("Uprawnienia_zawodowe == 1")
```

Tworzone jest zapytanie Kaplana-Meiera.

```
kmf_NIE.fit(  
    durations=NIE_UZ["dni_pracy"],  
    event_observed=NIE_UZ["Pracownik_odszedł"],  
    label="Pracownik nie ma uprawnień zawodowych",  
)  
kmf_TAK.fit(  
    durations=TAK_UZ["dni_pracy"],  
    event_observed=TAK_UZ["Pracownik_odszedł"],  
    label="Pracownik ma uprawnienia zawodowe",  
)
```

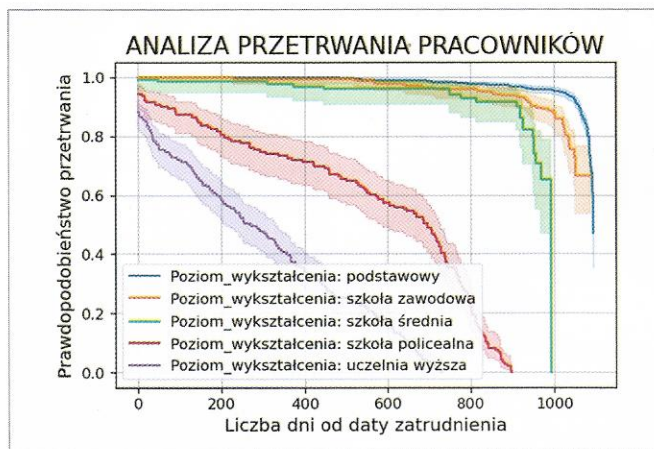
Wykres 1 przedstawia krzywą prawdopodobieństwa, że pracownik nie odejdzie. Na osi x znajdują się dni pracy pracowników liczone od chwili zatrudnienia do końca okresu objętego analizą. Prawdopodobieństwo pozostania w firmie po



Wykres 1. Wykres prawdopodobieństwa pozostania w firmie pracowników w kontekście uprawnień zawodowych.

400 dniach pracy dla pracowników posiadających uprawnienia zawodowe wynosi około 85% zaś dla pracowników bez uprawnień zawodowych to aż 98%.

Przez uprawnienia zawodowe rozumiemy wszelkie licencje na naprawy maszyn i instalacji, jak również prawo jazdy na samochody ciężarowe, licencje na obsługę dźwigów, suwnic oraz prowadzenie zaawansowanych procesów produkcyjnych. Posiadanie specjalnych uprawnień zawodowych istotnie zmniejsza poziom przeżywalności pracowników w zakładach Jupiter.pl.



Wykres 2. Wykres prawdopodobieństwa pozostania w firmie pracowników w kontekście posiadanego wykształcenia.

Jak widać na wykresie 2, poziom wykształcenia istotnie wpływa na długość pracy w fabrykach cukierniczych Jupiter.pl. Prawdopodobieństwo, że po roku pracownik z wyższym wykształceniem będzie pracował dalej dla firmy wynosi zaledwie 40%. W przypadku osób z wykształceniem średnim – policealnym prawdopodobieństwo, że pracownik po roku od chwili zatrudnienia będzie wciąż pracował dla firmy wynosi około 70%.

Na wykresie 3 wyraźnie widać, że wielkość rodziny pracownika ma fundamentalne znaczenie dla jego decyzji o pozostaniu w firmie. Osoba samotna jest skrajnie nieprzewidywalna, o czym świadczy szeroki pas wokół niebieskiej

