Wydział Inżynierii Lądowej i Transportu PK
Katedra Dróg, Kolei
i Inżynierii Ruchu

INSTYTUT
BADAWCZY
DRÓG I MOSTÓW

SEMINARIUM

Sieci bayesowskie w inżynierii drogowej

Od modelowania ryzyka do szacowania kosztów wypadków drogowych

dr inż. Filip Janowiec, Politechnika Krakowska

27.10.2026, Warszawa

WSTĘP

Plan seminarium

1

Wstęp i podstawy sieci bayesowskich

twierdzenie Bayesa, grafy skierowane i tablice CPT, wnioskowanie przy użyciu BN

2

Sieci bayesowskie w inżynierii lądowej

ryzyko, obiekty inżynieryjne, infrastruktura transportu, bezpieczeństwo ruchu

3

Wypadki drogowe: analiza z wykorzystaniem sieci bayesowskich

dane SEWIK 2024, struktura sieci, koszt jako węzeł użyteczności, walidacja

4

Zastosowanie i wnioski

Walidacja danymi, implikacje dla szacowania kosztów wypadków drogowych

Twierdzenie Bayesa

Prawdopodobieństwo warunkowe (definicja)

$$P(A \mid B) = \frac{P(A, B)}{P(B)}, \qquad P(B) > 0$$

Prawdopodobieństwo łączne można zapisać na dwa sposoby:

$$P(A, B) = P(A \mid B)\, P(B) = P(B \mid A)\, P(A)$$

Twierdzenie Bayesa (Bayes 1763; Laplace 1774) – po podzieleniu przez P(E):

$$P(H \mid E) = \frac{P(E \mid H)\, P(H)}{P(E)}, \qquad P(E) = \sum_j P(E \mid H_j)\, P(H_j)$$

Uwaga: twierdzenie Bayesa pozwala na **wnioskowanie odwrotne** – ze znanego P(E | H), czyli **skutku przy danej przyczynie**, otrzymujemy P(H | E), czyli **przyczynę przy zaobserwowanym skutku**.

Przykład: SEWIK 2024

Z	uczestnik zdarzenia zginął	
N	zdarzenie poza terenem zabudowanym	
P(Z)	odsetek zabitych wśród wszystkich uczestników	**0,27%**
P(N)	odsetek uczestników zdarzeń poza terenem zabudowanym	**23,9%**
P(N | Z)	odsetek zabitych, którzy zginęli poza terenem zabudowanym	**63,3%**
P(Z | N)	**szukane: ryzyko zgonu, gdy zdarzenie było poza terenem zabudowanym**	**?**

$$P(Z \mid N) = \frac{P(N \mid Z)\, P(Z)}{P(N)} = \frac{63{,}3\% \cdot 0{,}27\%}{23{,}9\%} \approx 0{,}71\%$$

Ryzyko zgonu poza terenem zabudowanym jest **2,6 raza** wyższe niż średnio (0,27%).

Bayes (1763); Laplace (1774); MacKay (2003); Koller i Friedman (2009)

Interpretacja bayesowska

Postać dla parametrów modelu θ i danych D

$$p(\theta \mid D) = \frac{p(D \mid \theta)\, p(\theta)}{p(D)}$$

$$\text{a posteriori} \propto \text{wiarygodność} \times \text{a priori}$$

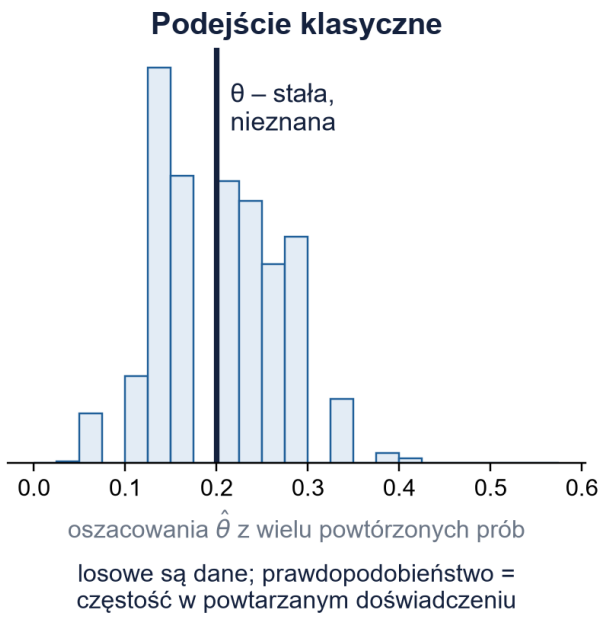
$\propto$ – „jest proporcjonalne do”; p(D) nie zależy od θ

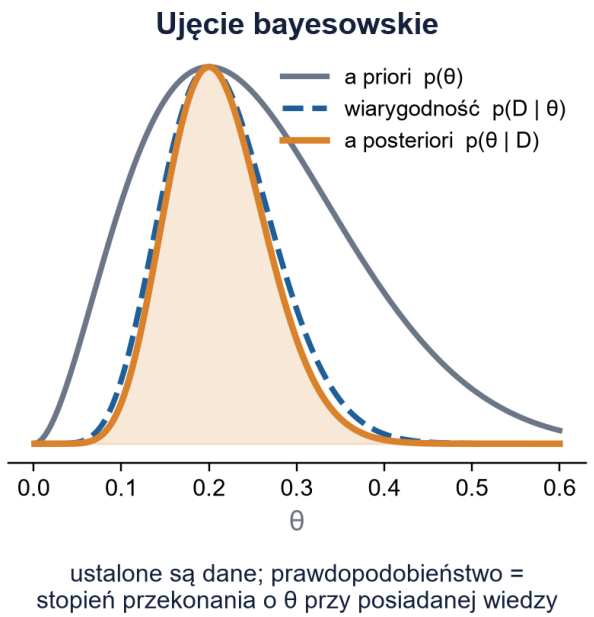
p(θ) – rozkład a priori: wiedza przed danymi

p(D | θ) – wiarygodność: jak dobrze θ wyjaśnia dane

p(θ | D) – rozkład a posteriori: wiedza po danych

p(D) – wiarygodność brzegowa (stała normująca)

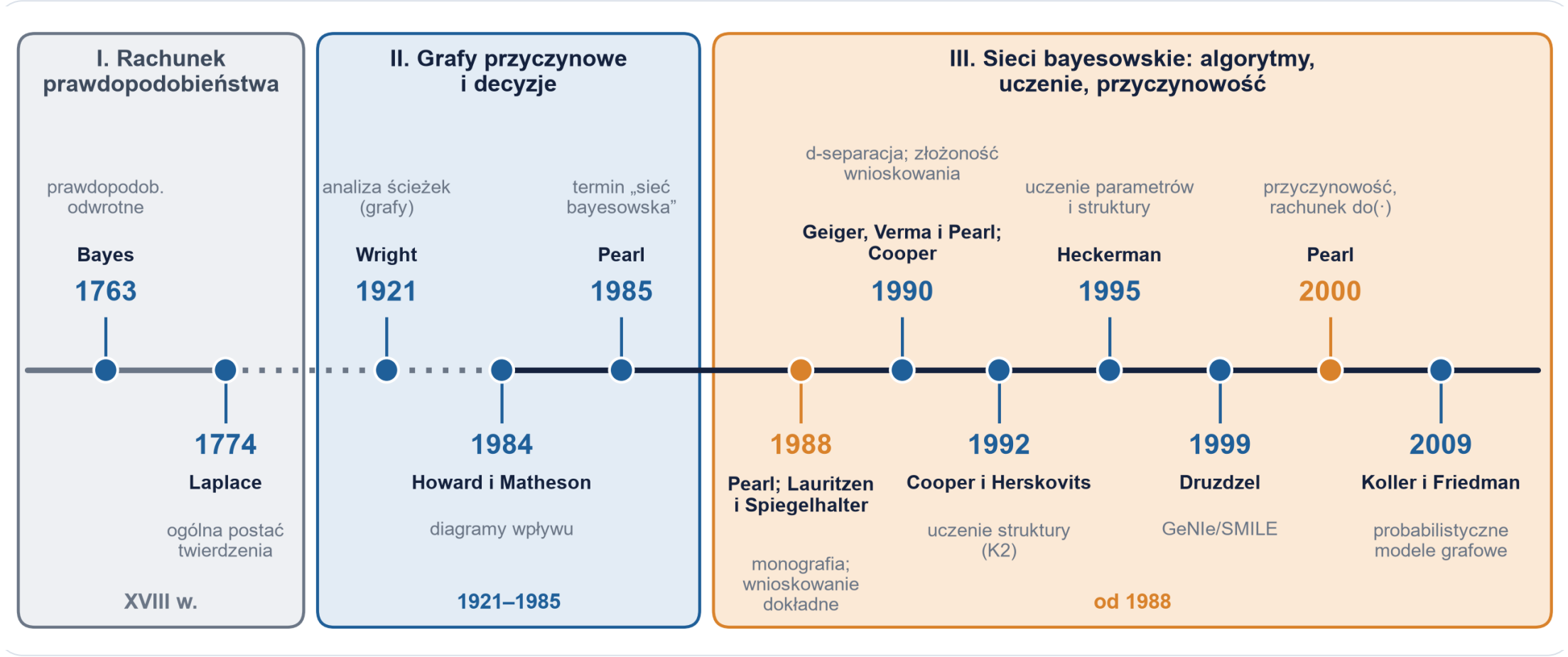




Podejście klasyczne pyta, **jak prawdopodobne są dane**, gdy założymy hipotezę; ujęcie bayesowskie pyta, **jak prawdopodobna jest hipoteza** w świetle zebranych danych – i właśnie **tej odpowiedzi potrzebuje inżynier podejmujący decyzję**.

MacKay (2003); Gelman i in. (2013)

Rozwój metody: chronologia



Wright (1921); Howard i Matheson (1984); Pearl (1985, 1988, 2000); Lauritzen i Spiegelhalter (1988); Druzdzel (1999)

Matematyczne podstawy sieci bayesowskich

Sieć bayesowska to skierowany graf acykliczny: węzły to zmienne losowe $X_1, \ldots, X_n$,

a strzałki – bezpośrednie zależności. Każdy węzeł ma tablicę $P(X_i \mid Pa(X_i))$ względem swoich rodziców $Pa(X_i)$.

Lokalna własność Markowa. $X_i \perp ND(X_i) \setminus Pa(X_i) \mid Pa(X_i)$ (ND – niepotomkowie)

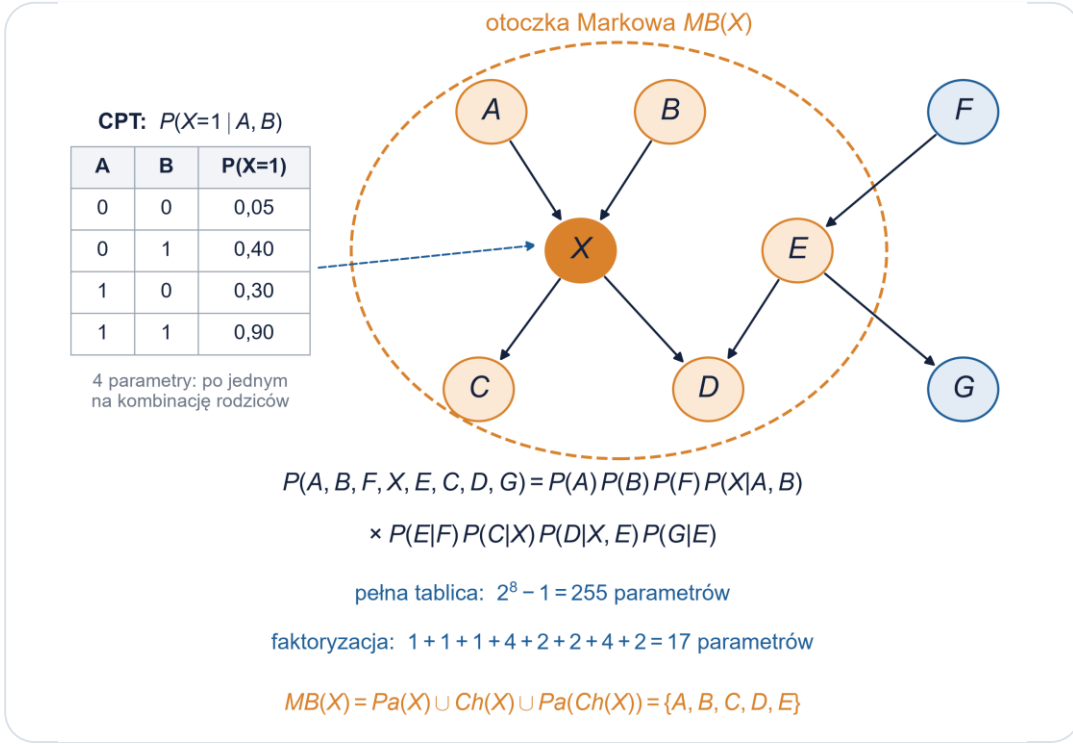
⇒ znając rodziców, dalsze przyczyny pomijamy; brak strzałki jest założeniem.

Reguła łańcuchowa (faktoryzacja). $P(X_1, \ldots, X_n) = \prod_i P(X_i \mid Pa(X_i))$

⇒ tablice szacuje się osobno; liczba parametrów rośnie z liczbą rodziców, a nie wykładniczo z liczbą zmiennych.

Otoczka Markowa (ang. Markov blanket): $X \perp V \setminus (\{X\} \cup MB(X)) \mid MB(X)$

⇒ o X decydują rodzice, dzieci i ich współrodzice; obliczenia są lokalne.



→ **W przykładzie (slajd 20):** sieć v1 ma 22 węzły i 1 241 parametrów zamiast ok. 4,7 biliona kombinacji stanów w pełnej tablicy

Pearl (1988); Koller i Friedman (2009)

Rodzaje węzłów i tablice CPT

Węzeł szansy. Zmienna losowa; rozkład P(X | rodzice) w tablicy CPT. Możliwość zastosowania funkcji gęstości prawdopodobieństwa.

Mechanizm · ekspozycja · ochrona · kruchość	brak	lekkie	ciężkie	zgon
łagodny · niska · dobra · średnia	99,2%	0,7%	0,1%	0,01%
łagodny · niska · brak · wysoka	80,8%	8,7%	9,0%	1,5%
umiarkowany · średnia · słaba · średnia	67,1%	15,9%	12,2%	4,9%

Węzeł deterministyczny. Wartość wynika z reguły, w CPT tylko 0 i 1 (TAK / NIE).

Rodzaj zdarzenia	jednopojazdowe	z ciężarowym
czołowe	ostry	skrajny
tylne	łagodny	umiarkowany
pieszy	umiarkowany	ostry

Węzeł decyzji. Warianty działania wybiera decydent; rozkładu się nie szacuje.

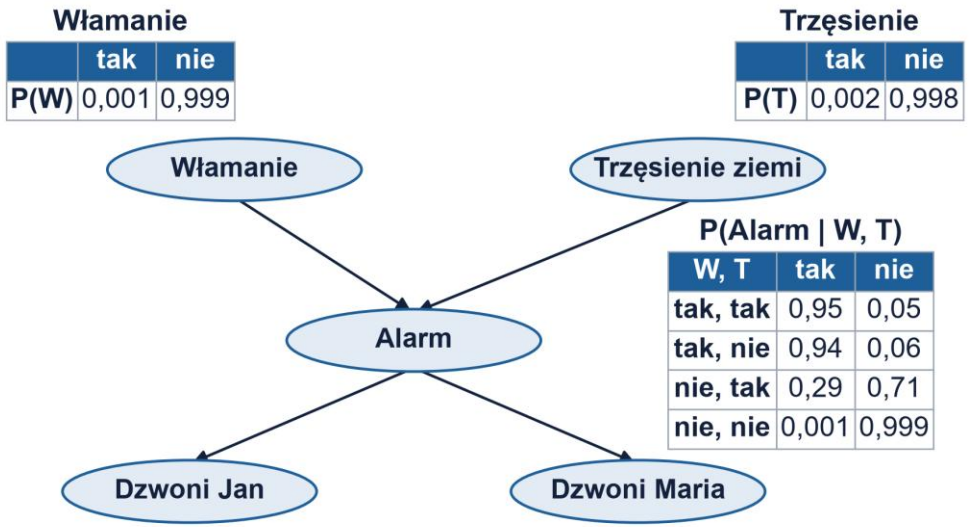
Wariant	Skutek w sieci
oświetlić odcinek	noc: oświetlenie = tak
nie oświetlać	noc: oświetlenie = nie

Węzeł użyteczności. Liczba (koszt, korzyść) dla stanów rodziców; sieć liczy wartość oczekiwaną.

Ciężkość obrażeń	zabity	ciężko ranny	lekko ranny	bez obrażeń
Stawka [zł]	2 283 171	3 666 956	49 651	0

E[koszt] = Σ P(ciężkość) × stawka

Kjærulff i Madsen (2013); Fenton i Neil (2018); Howard i Matheson (1984)



Włamanie

	tak	nie
P(W)	0,001	0,999

Trzęsienie

	tak	nie
P(T)	0,002	0,998

P(Alarm | W, T)

W, T	tak	nie
tak, tak	0,95	0,05
tak, nie	0,94	0,06
nie, tak	0,29	0,71
nie, nie	0,001	0,999

P(Jan dzwoni | A)

Alarm	tak	nie
tak	0,90	0,10
nie	0,05	0,95

P(Maria dzwoni | A)

Alarm	tak	nie
tak	0,70	0,30
nie	0,01	0,99

w każdej tablicy każdy wiersz (jedna konfiguracja rodziców) sumuje się do 1

Scenariusz (Pearl 1988). Alarm w domu włącza się przy włamaniu, ale też przy trzęsieniu ziemi. Sami go nie słyszymy – dzwonią sąsiedzi. Jan dzwoni przy alarmie w 90% przypadków, ale czasem myli go z telefonem (5% fałszywych telefonów). Maria słucha głośnej muzyki: przy alarmie dzwoni w 70% przypadków, bez alarmu prawie nigdy (1%). **Widzimy tylko telefony – z nich wnioskujemy o włamaniu.**

Pearl (1988); Russell i Norvig (2021); Koller i Friedman (2009)

Sieć bayesowska jako narzędzie wnioskowania

Zapytanie: $P(Q \mid e) = \Sigma_h P(Q, h, e) / \Sigma P(q, h, e)$

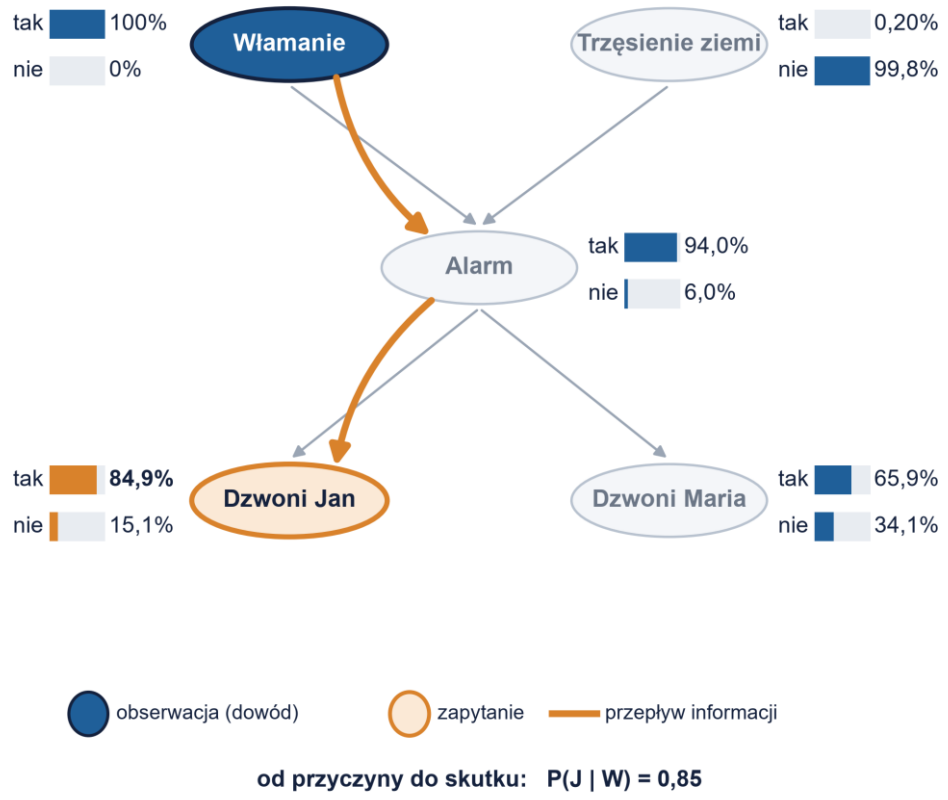
Q – zmienne zapytania, e – obserwacje, h – zmienne ukryte

Typ wnioskowania	Zapytanie (sieć alarmowa)	Wynik
predykcyjne	*P(J | W)*	0,85
diagnostyczne	*P(W | J, M)*	0,284
międzyprzyczynowe	*P(W | A) → P(W | A, T)*	0,37 → 0,003
a priori	*P(W)*	0,001

W – włamanie, T – trzęsienie ziemi, A – alarm, J, M – telefony Jana i Marii

→ **W przykładzie (slajd 24):** scenariusze „co jeśli” to wnioskowanie predykcyjne: ustawiamy warunki i odczytujemy koszt

Wnioskowanie predykcyjne



Pytanie do sieci: Wiemy, że było włamanie. Jak prawdopodobne jest, że Jan zadzwoni?

$$P(J \mid W) = 0{,}90 \cdot 0{,}94 + 0{,}05 \cdot 0{,}06 \approx 0{,}85$$

Typ wnioskowania	Zapytanie (sieć alarmowa)	Wynik
predykcyjne	***P(J | W)***	**0,85**
diagnostyczne	*P(W | J, M)*	0,284
międzyprzyczynowe	*P(W | A) → P(W | A, T)*	0,37 → 0,003
a priori	*P(W)*	0,001

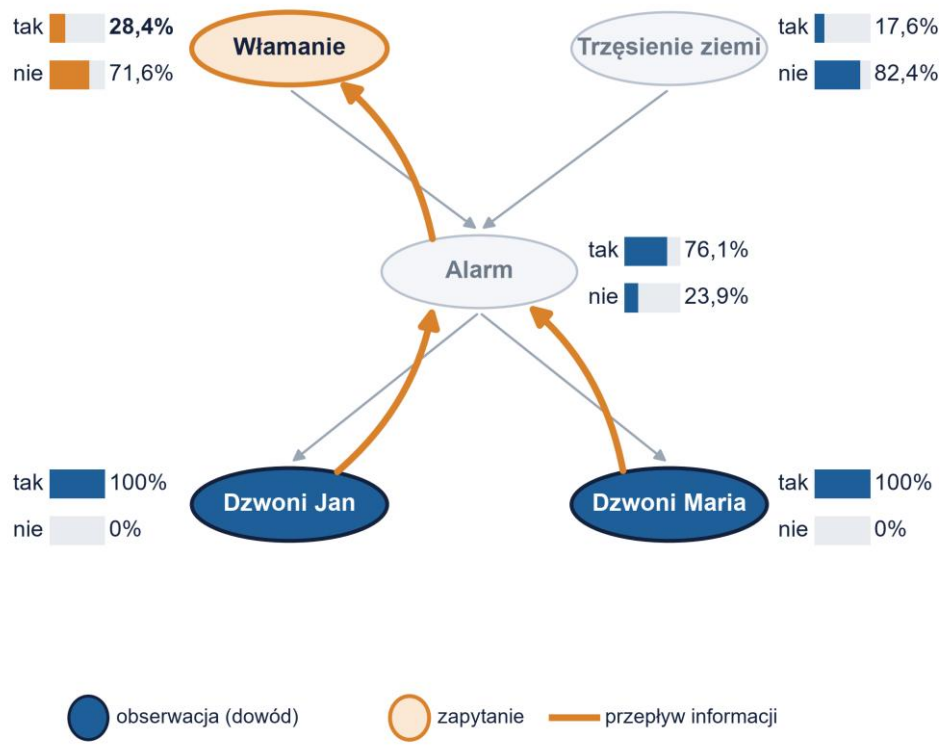
W – włamanie, T – trzęsienie ziemi, A – alarm, J, M – telefony Jana i Marii

Znając przyczynę, przewidujemy skutek.

Informacja płynie zgodnie ze strzałkami: włamanie włącza alarm w 94% przypadków, a przy alarmie Jan dzwoni w 90%. Rosną też szanse telefonu Marii (66%).

Pearl (1988); Russell i Norvig (2021); Koller i Friedman (2009)

Wnioskowanie diagnostyczne



Pytanie do sieci: Dzwonią Jan i Maria. Jak prawdopodobne jest, że było włamanie?

P(W | J, M) = 0,284 (bez telefonów: 0,001)

Typ wnioskowania	Zapytanie (sieć alarmowa)	Wynik
predykcyjne	*P(J | W)*	0,85
diagnostyczne	***P(W | J, M)***	**0,284**
międzyprzyczynowe	*P(W | A) → P(W | A, T)*	0,37 → 0,003
a priori	*P(W)*	0,001

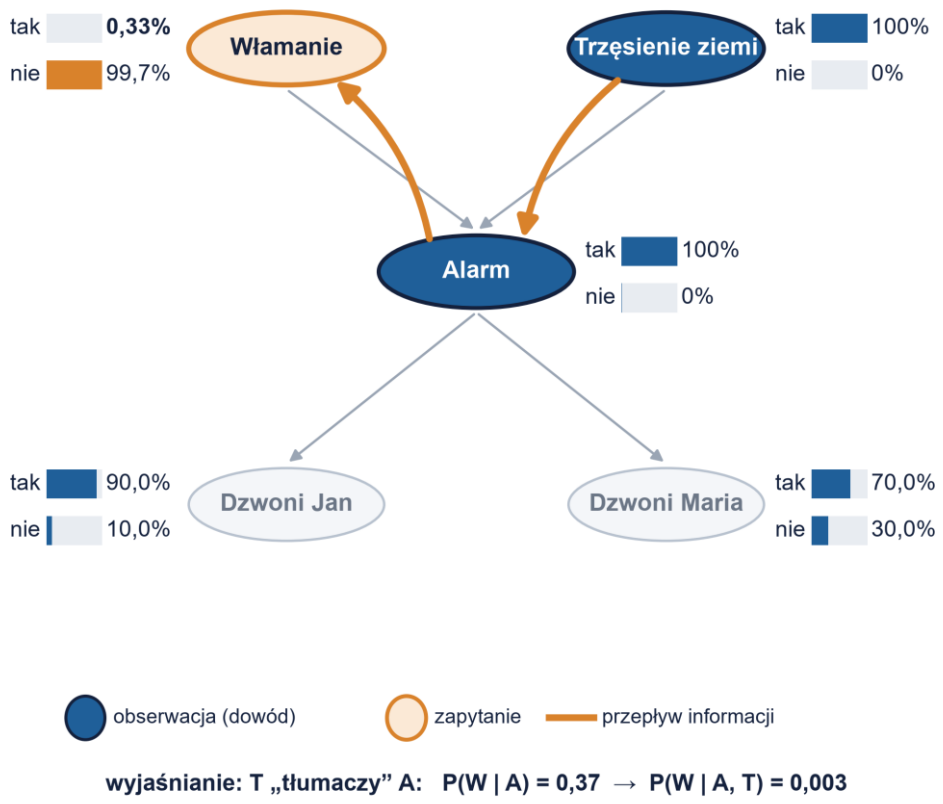
W – włamanie, T – trzęsienie ziemi, A – alarm, J, M – telefony Jana i Marii

Znając skutki, wnioskujemy o przyczynie.

Dwa telefony podnoszą prawdopodobieństwo włamania 284 razy, ale nadal w ok. 72% przypadków przyczyną jest fałszywy alarm albo trzęsienie ziemi (17,6%) – bo włamania są bardzo rzadkie.

Pearl (1988); Russell i Norvig (2021); Koller i Friedman (2009)

Wnioskowanie międzyprzyczynowe



Pytanie do sieci: Alarm wyje. Czy było włamanie? A jeśli dowiemy się o trzęsieniu ziemi?

P(W | A) = 0,37 → P(W | A, T) = 0,003

Typ wnioskowania	Zapytanie (sieć alarmowa)	Wynik
predykcyjne	*P(J | W)*	0,85
diagnostyczne	*P(W | J, M)*	0,284
międzyprzyczynowe	***P(W | A) → P(W | A, T)***	**0,37 → 0,003**
a priori	*P(W)*	0,001

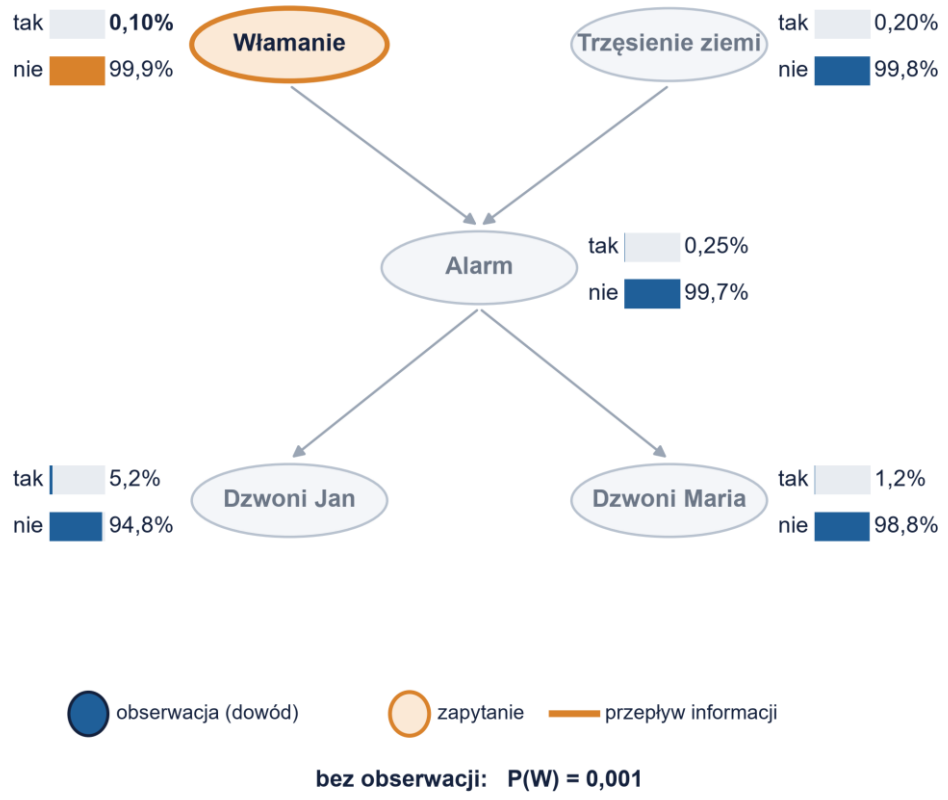
W – włamanie, T – trzęsienie ziemi, A – alarm, J, M – telefony Jana i Marii

Jedna przyczyna „tłumaczy" skutek i osłabia drugą.

Sam alarm podnosi P(włamania) do 37%; gdy wiemy o trzęsieniu ziemi, alarm jest już wyjaśniony i włamanie spada do 0,3%. Przyczyny niezależne same w sobie stają się zależne, gdy znamy wspólny skutek.

Pearl (1988); Russell i Norvig (2021); Koller i Friedman (2009)

Wnioskowanie a priori



Pytanie do sieci: Nic nie wiemy. Jak prawdopodobne jest włamanie?

P(W) = 0,001

Typ wnioskowania	Zapytanie (sieć alarmowa)	Wynik
predykcyjne	*P(J | W)*	0,85
diagnostyczne	*P(W | J, M)*	0,284
międzyprzyczynowe	*P(W | A)* → *P(W | A, T)*	0,37 → 0,003
a priori	***P(W)***	**0,001**

W – włamanie, T – trzęsienie ziemi, A – alarm, J, M – telefony Jana i Marii

Bez obserwacji sieć podaje rozkłady brzegowe.

Włamanie 0,1%, alarm 0,25%, telefon Jana 5,2% (głównie pomyłki). To punkt odniesienia: każde wnioskowanie to zmiana tych rozkładów po obserwacjach.

Pearl (1988); Russell i Norvig (2021); Koller i Friedman (2009)

Sieci bayesowskie w inżynierii lądowej

Co daje sieć bayesowska

Problem	Rozwiązanie w sieci
niepewne parametry	rozkłady zamiast wartości
mało danych o awariach	dane + wiedza ekspercka
inspekcje, monitoring	aktualizacja prognozy
zmiany w czasie	sieci dynamiczne (DBN)
decyzje przy ograniczonym budżecie	diagram wpływu

Przykładowe zastosowania

Obszar i zastosowanie	Źródło
mosty i konstrukcje: degradacja, plan inspekcji	Straub (2009); Rafiq i in. (2015)
tunele: czas i ryzyko drążenia	Špačková i Straub (2013)
sieci infrastruktury, wodociągi	Bensi i in. (2013); Kabir i in. (2015)
budowy: upadki z wysokości	Leu i Chang (2015)
transport: ciężkość obrażeń	de Oña i in. (2011)

PN-EN IEC 31010:2020

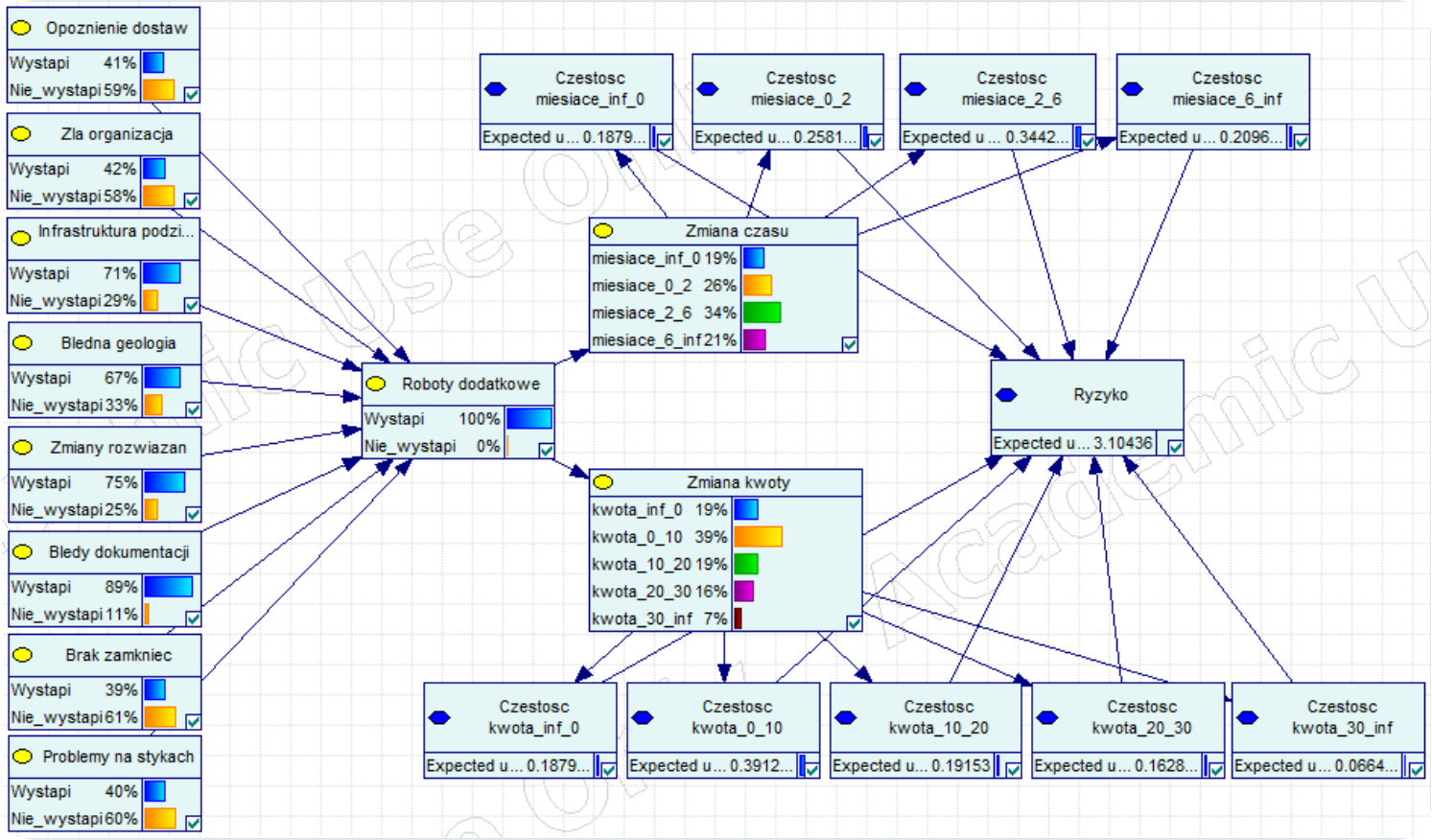
Zarządzanie ryzykiem – techniki oceny ryzyka

Sieci bayesowskie i diagramy wpływu są jedną z technik oceny ryzyka w procesie ISO 31000.

■ etapy procesu ISO 31000, w których sieci bayesowskie stosuje się najczęściej

PN-EN IEC 31010:2020-01 (IEC 31010:2019); ISO 31000:2018, Weber i in. (2012); Fenton i Neil (2018)

Przykład: ryzyko robót dodatkowych na kolei



Sieć w GeNIe po wyznaczeniu ryzyka: 8 czynników → roboty dodatkowe → zmiana czasu i kwoty → ryzyko

Problem: roboty dodatkowe – główne źródło przekroczeń terminów i kosztów inwestycji kolejowych

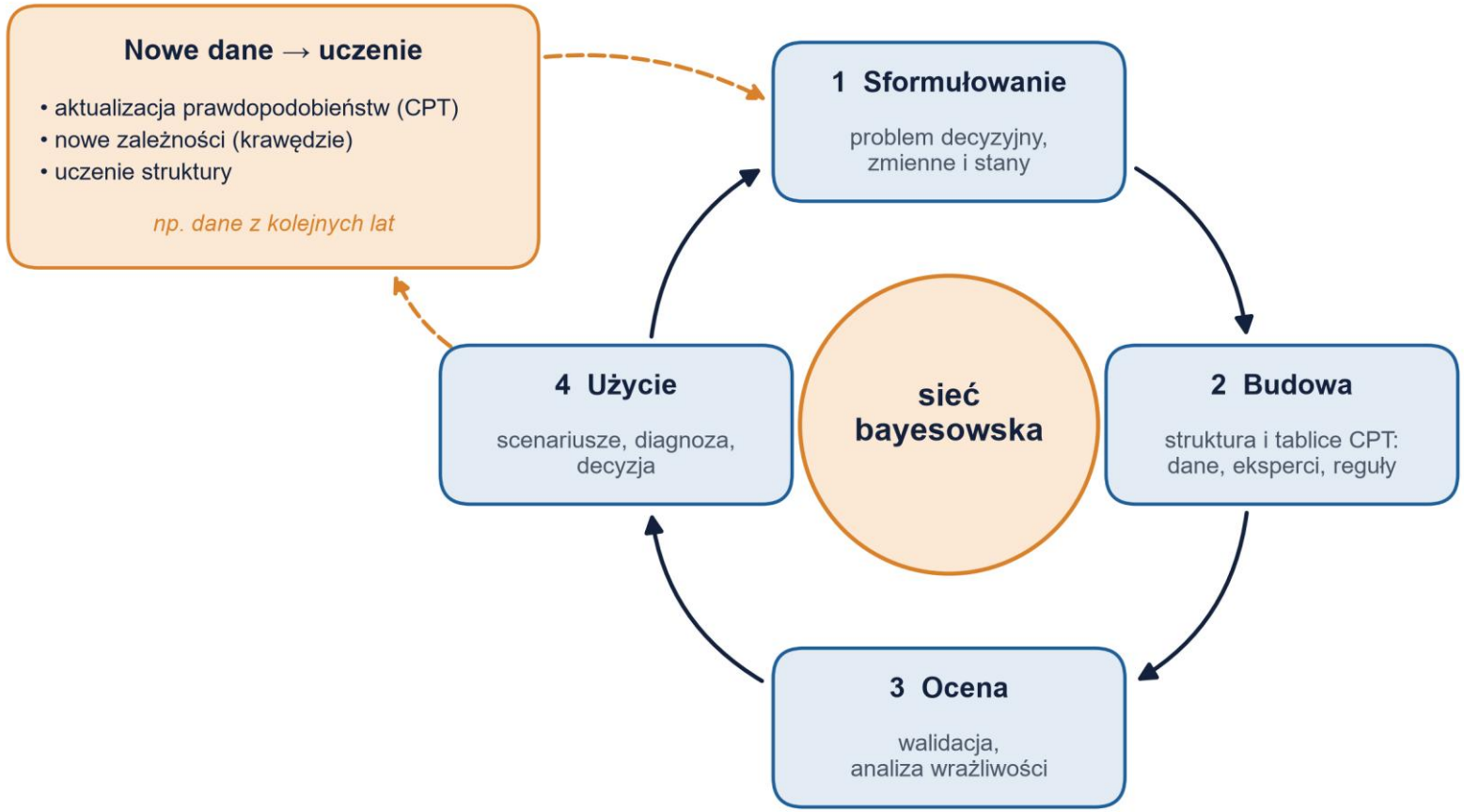
Dane: eksperci, dokumentacja zakończonych inwestycji (16 + 6 testowych), ankieta praktyków

Model: 8 czynników; węzeł „roboty dodatkowe” jako Leaky Noisy-OR – 9 parametrów zamiast 256

Wynik (scenariusz): gdy roboty wystąpią, wydłużenie o 2–6 mies. ma 34%, wzrost kwoty do 10% – 39%; ryzyko 3,1 w skali 0–7

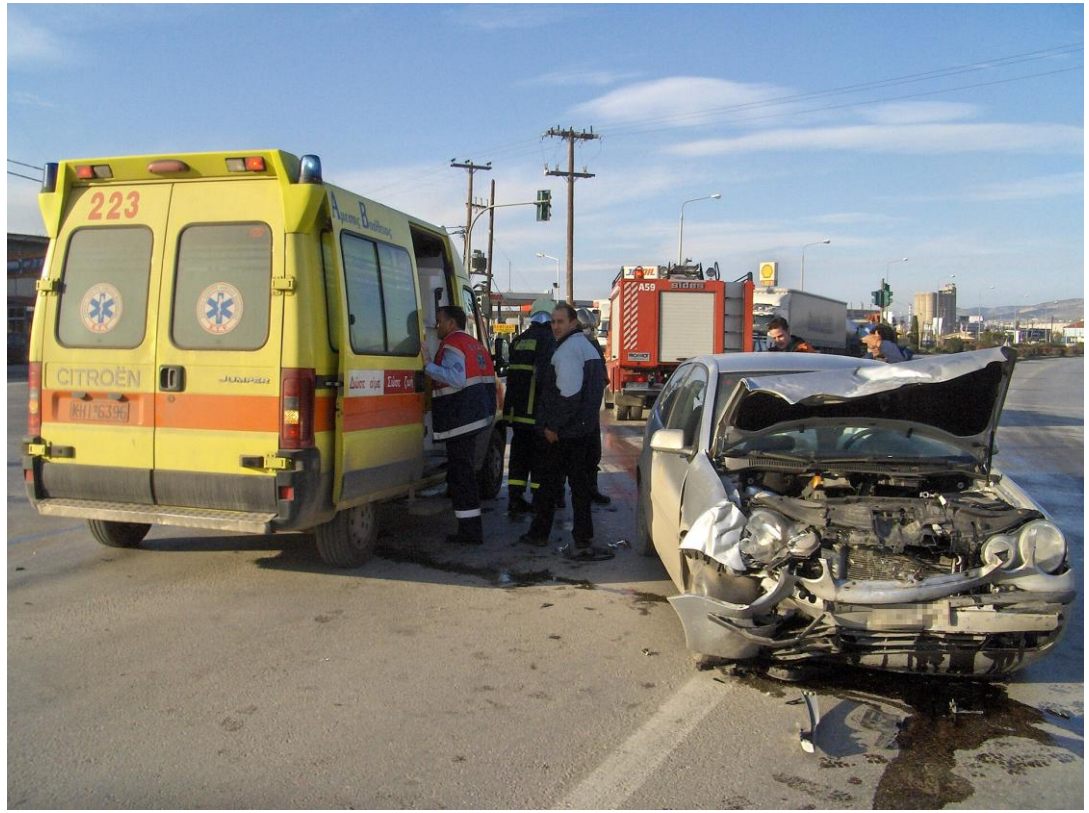
Janowiec F., Leśniak A. – Risk management of additional works in railway construction, Leśniak i Janowiec (2019)

Sieć bayesowska jako narzędzie wspomagania decyzji



Marcot i in. (2006); Chen i Pollino (2012); Fenton i Neil (2018)

Sieci bayesowskie a bezpieczeństwo ruchu



Fot. K. Stampoulis, CC BY-SA 3.0 GR, Wikimedia Commons

Obszar	Problem badawczy
Ciężkość obrażeń	Które warunki podnoszą ryzyko ciężkich skutków zdarzenia?
Analiza przyczyn	Co najczęściej poprzedza zdarzenie śmiertelne?
Ryzyko odcinków	Jak geometria, ruch i warunki łączą się w ryzyko w danym miejscu?
Wsparcie decyzji	Który wariant środka poprawy bezpieczeństwa daje najniższy oczekiwany koszt?
Koszty społeczne	**Jak warunki zdarzenia przekładają się na koszt w złotych?**

Wspólna publikacja w toku: koszt społeczny wypadków drogowych – zespół dr. inż. Marcina Świtały (IBDiM)

Mujalli i de Oña (2013); de Oña i in. (2011); Savolainen i in. (2011)

Problem badawczy - skąd bierze się koszt wypadków?

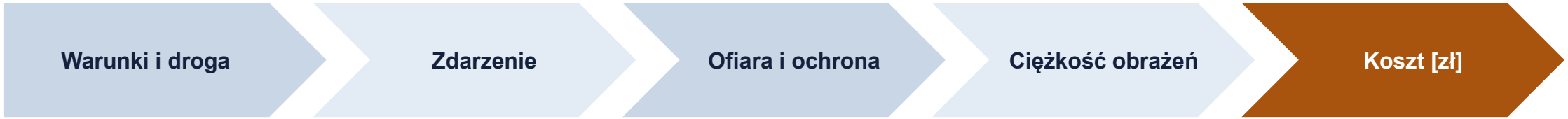
33,8 mld zł

koszt osobowy ofiar zdarzeń drogowych w Polsce w 2024 r. (bez strat materialnych)

Dziś: koszt = liczba ofiar × stawka jednostkowa (metodyka wyceny kosztów wypadków dla KRBRD)

Brakuje: związku z tym, co dzieje się na drodze: warunki, prędkość, rodzaj zderzenia, kto jest ofiarą

Pytania badawcze: czy sieć bayesowską można nauczyć na danych SEWIK, czy jej wnioskowanie o skutkach i kosztach jest poprawne – i które warunki generują koszt?



Sieć bayesowska łączy cały łańcuch: od warunków na drodze do kosztu w złotych – w obie strony.

Źródło: obliczenia własne na danych SEWIK 2024 i stawkach raportu kosztów wypadków

Dane: baza SEWIK 2024

412 100	704 779	21 519	1 896
zdarzeń drogowych	uczestników	wypadków	zabitych

System Ewidencji Wypadków i Kolizji (Policja): relacyjna baza danych – trzy tabele powiązane identyfikatorem zdarzenia

Rekord do sieci = uczestnik + jego zdarzenie + sprawca (wspólny klucz); jednostka analizy: uczestnik (704 779)

Dane SEWIK 2024 (Policja), sieć zbudowana w GeNIe

Funkcja kosztu jako węzeł użyteczności

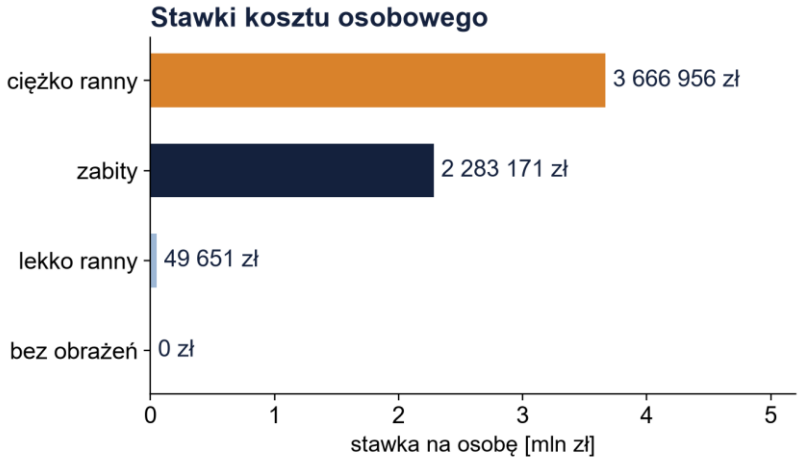
$$E[\text{koszt}] = \sum_{c} P(\text{ciężkość} = c) \cdot \text{stawka}(c)$$

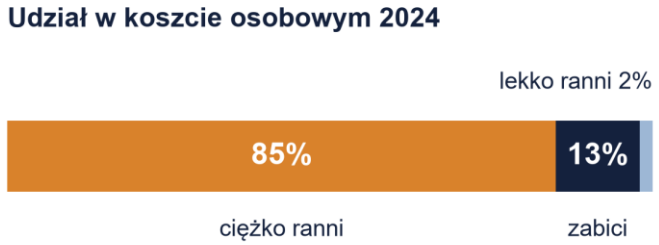
Definicja węzła użyteczności Koszt_na_uczestnika

Ciężkość obrażeń	brak	lekkie	ciezkie	smiertelne
Value	0	49651.21	3666956	2283171

rodzic: Ciężkość obrażeń; wartości wpisane w GeNIe (zł na osobę)

Kodowanie: węzeł użyteczności ma jednego rodzica – ciężkość obrażeń – i dla każdego jej stanu stałą stawkę w zł. GeNIe liczy wartość oczekiwaną dla dowolnych obserwacji.



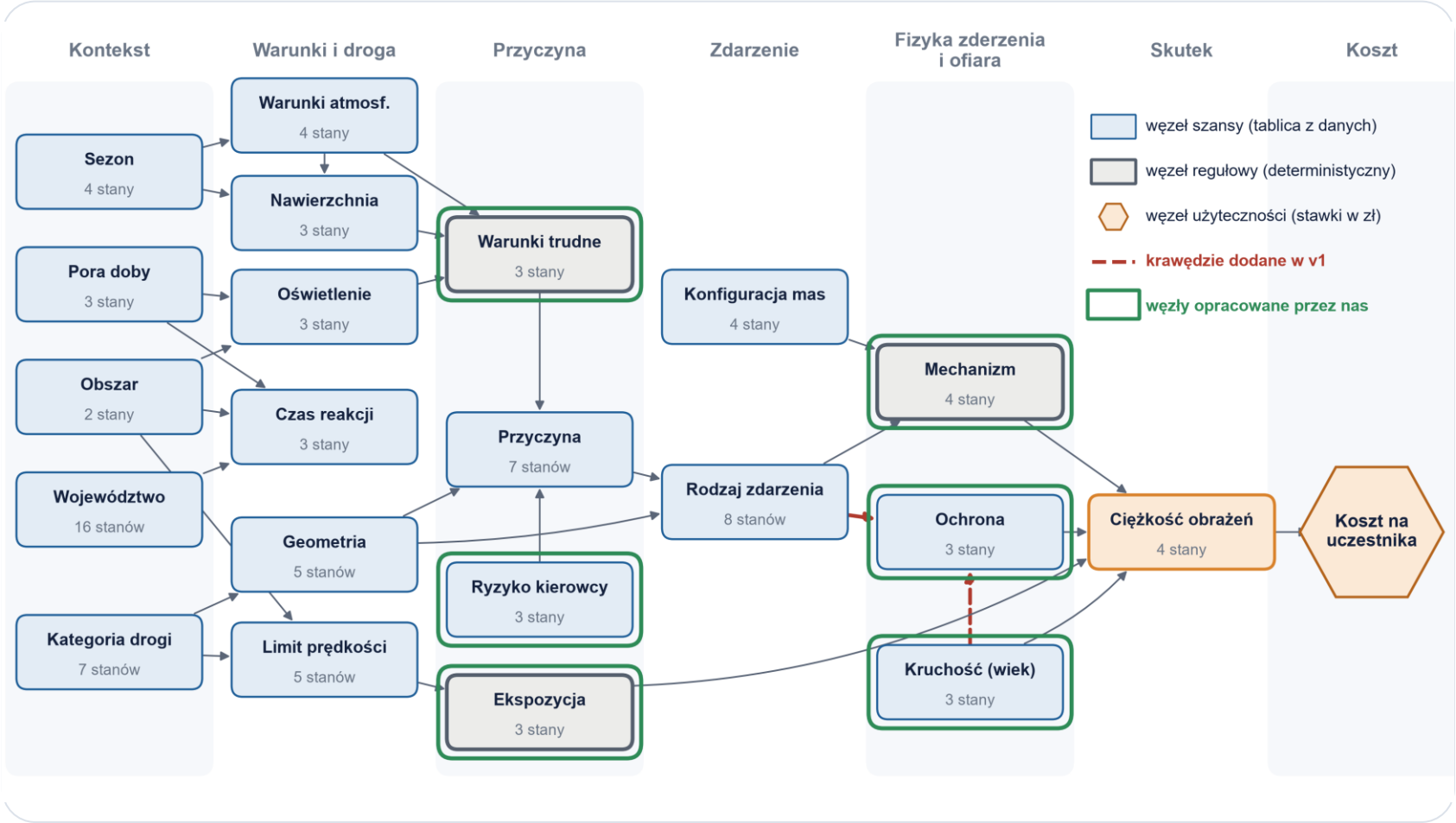


Kontrola: funkcja odtwarza koszt 412 099 z 412 100 zdarzeń co do złotówki ($R^2 = 1$).

Wniosek: o jakości szacunku kosztu decyduje trafna prognoza ciężkich obrażeń.

węzeł z pliku sieci v1 (GeNIe)

Struktura sieci: łańcuch od warunków do kosztu



22 węzły, 7 warstw

strzałki tylko od przyczyn do skutków

v0 – model bazowy

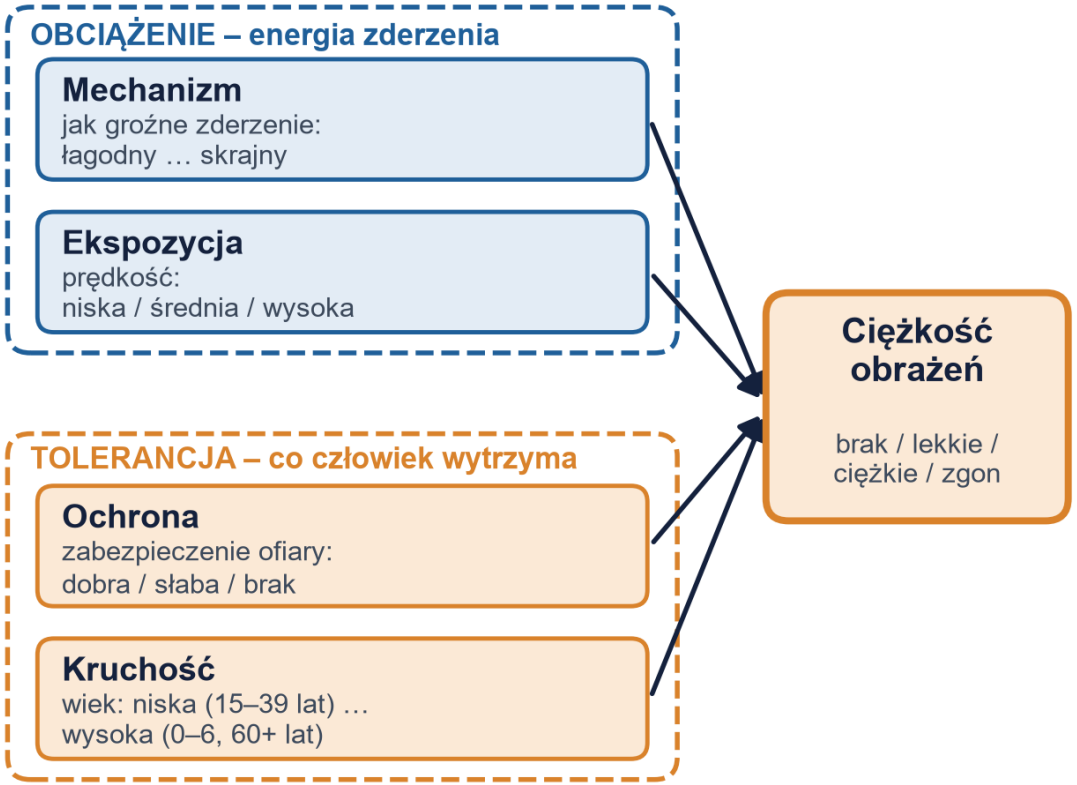
zielone – węzły opracowane przez nas (przekodowanie SEWIK, reguły). **Cechy ofiary (ochrona, wiek) niezależne od zdarzenia.**

v1 – model główny

Dodane krawędzie: rodzaj zdarzenia → ochrona, kruchość → ochrona. **Lepiej, bo pieszy nie ma ochrony, a ochrona zależy od wieku – sieć wnioskuje o ofierze ze zdarzenia.**

Struktura ekspercka; Haddon (1973)

Rozkład warunkowy ciężkości obrażeń



Założenie (Haddon 1973): uraz powstaje, gdy energia zderzenia przekracza tolerancję człowieka.

Przykład z tablicy: szansa zgonu przy umiarkowanym zderzeniu i prędkości ≥ 80 km/h

Wiek (kruchość)	Ochrona słaba	Brak ochrony
niska (15–39 lat)	4,8%	16,1%
średnia	5,5%	20,8%
wysoka (0–6, 60+ lat)	12,4%	37,4%

Im słabsza ochrona i bardziej wrażliwy wiek, tym większa szansa zgonu – od 4,8% do 37,4%. Sieć nauczyła się tego z danych.

Skąd te węzły?
W SEWIK ich nie ma – utworzyliśmy je z kilku kolumn danych. Tablica ma dzięki temu 108 kolumn zamiast 46 080. Klasyczny sposób na redukcje kombinacji BN

Mało osób w kolumnie?
Do każdej liczby osób dodajemy 1 (wygładzenie Dirichleta) – rzadkie kombinacje nie dają zera.

Tablica oszacowana na 704 779 uczestnikach

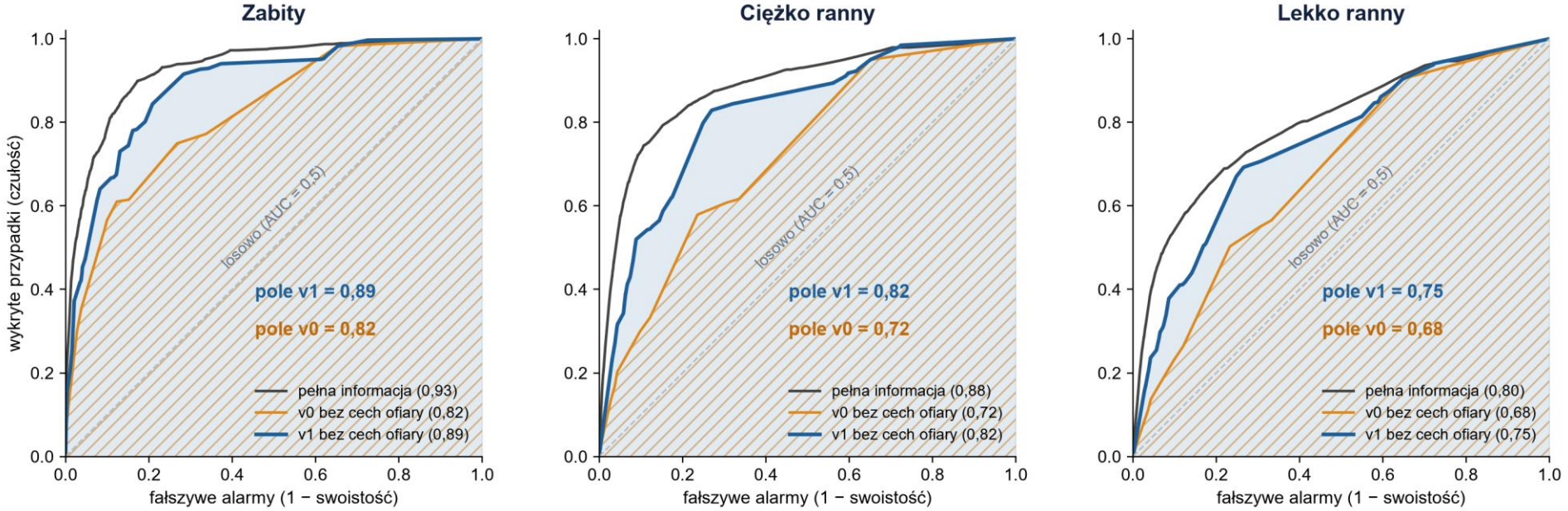
Procedura walidacji - co i dlaczego weryfikujemy

1 Funkcja kosztu	2 Rozkłady bez obserwacji	3 Walidacja krzyżowa	4 Test bez cech ofiary	5 Scenariusze a dane
Dlaczego	**Dlaczego**	**Dlaczego**	**Dlaczego**	**Dlaczego**
koszt to ryczałt – wystarczy sprawdzić rachunek	iloczyn osobno liczonych tablic musi odtworzyć dane	ocena na danych, których sieć nie widziała przy uczeniu	przy ocenie drogi nie wiemy, kto ucierpi	decyzje opieramy na „co jeśli” – to sprawdzamy
Wynik	**Wynik**	**Wynik**	**Wynik**	**Wynik**
412 099 z 412 100 zdarzeń zgodnych	**koszt: v0 +0,5%, v1 +11%**	**AUC: zgon 0,93, ciężkie 0,88**	**v1 lepsza od v0 we wszystkich klasach**	**3 trafne, 2 błędne**

Miara: AUC, bo 96% uczestników jest bez obrażeń – model mówiący zawsze „bez obrażeń” miałby 96% trafności, a AUC ocenia, czy sieć odróżnia ofiary od reszty.

Walidacja w GeNIe: K-fold (5 części) i „Test only”; N = 704 778 uczestników

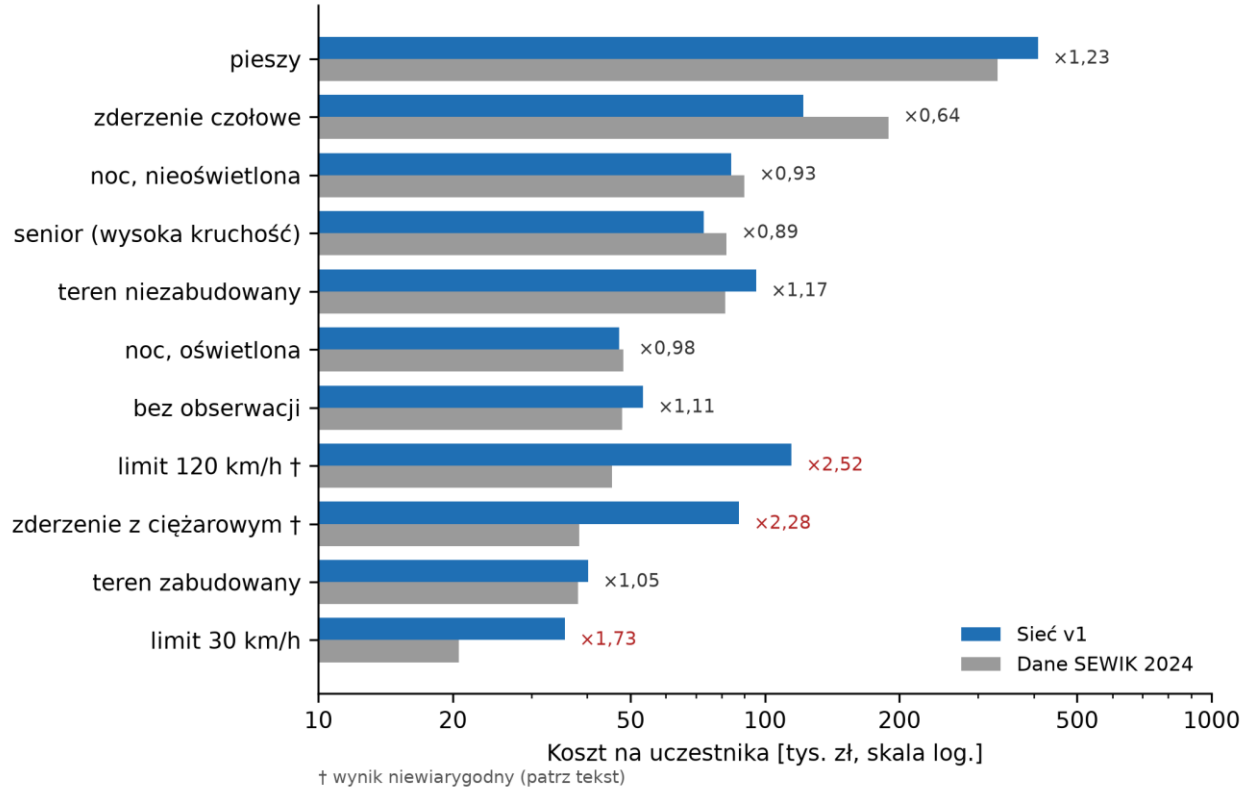
Krzywe ROC i AUC: czy sieć rozróżnia ofiary?

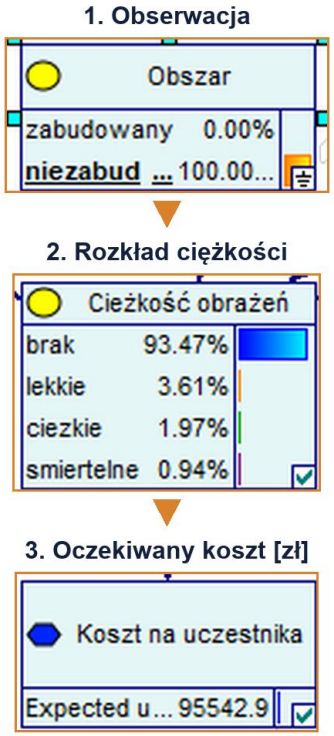


Krzywa	Model	Co sieć wie o uczestniku, gdy przewiduje ciężkość	AUC zgon / ciężkie
pełna informacja	sieć v0 (v1 daje to samo)	wszystko o zdarzeniu i ofierze: warunki, rodzaj zdarzenia, ochrona, wiek	0,93 / 0,88
v0 bez cech ofiary	sieć v0	warunki i zdarzenie; ochrona i wiek ukryte – sieć bierze ich średni rozkład	0,82 / 0,72
v1 bez cech ofiary	sieć v1	jak wyżej, ale sieć wnioskuje ochronę z rodzaju zdarzenia (pieszy → brak ochrony)	0,89 / 0,82

Skala AUC: 0,5 losowo · 0,7–0,8 akceptowalna · 0,8–0,9 doskonała · ≥ 0,9 wybitna (Hosmer i in. 2013)

Walidacja warunkowa: scenariusze w sieci a dane





dane SEWIK dla tej grupy: 81 482 zł

Trafne: teren, oświetlenie, wiek (±5–17%). **Błędne (†):** limit 120 km/h ×2,5 i pojazd ciężki ×2,3.

GeNIe: wycinki z sieci v1: teren niezabudowany → 95 543 zł

Wnioski metodyczne z walidacji

Wynik badań	Wniosek
v0 trafia w średni koszt (+0,5%), ale **dzięki dwóm błędom, które się znoszą**, lepsza v1 zawyża średnią o 11%.	**Modelu nie oceniamy po średniej** – potrzebne są AUC, kalibracja i scenariusze.
Limit 120 km/h: dane 45 tys. zł, sieć 115 tys. zł. **W sieci rodzaj zdarzenia nie zależy od prędkości**, a na autostradach prawie nie ma pieszych – zgodne z rzeczywistością.	**Scenariusz jest wiarygodny tylko w granicach struktury** – najpierw sprawdzamy wspólne przyczyny.
Test na gotowych tablicach **odrzucił 10 477 „niemożliwych" rekordów** i ujawnił błąd w regule mechanizmu przepływu informacji w sieci.	**Walidacja to też kontrola jakości** danych i reguł – przed wnioskami.

Sieci v0 i v1 na danych SEWIK 2024

Odpowiedzi na pytania badawcze

Czy sieć da się nauczyć na danych SEWIK?	**TAK**	Średni koszt w sieci 48–53 tys. zł, w danych 47,9 tys. zł.
Czy sieć poprawnie przewiduje skutki?	**TAK**	Rozpoznaje ofiary: AUC 0,93 dla zgonów, 0,88 dla ciężko rannych.
Czy scenariusze „co jeśli” są wiarygodne?	**CZĘŚCIOWO**	Teren, oświetlenie, wiek – tak. Limit prędkości i pojazd ciężki – jeszcze nie.
Co najbardziej podnosi koszt?	**WYNIK**	**Teren niezabudowany:** +114% wobec zabudowanego; **noc bez oświetlenia:** +86% wobec oświetlonej; **zdarzenie z pieszym:** +590% wobec średniej.

Dalsze kierunki badań: rodzaj zdarzenia zależny od prędkości i typu drogi, węzeł decyzji (diagram wpływu), walidacja na kolejnych latach, straty materialne.

Sieć Bayesowska

Wnioskowanie siecią BN

Wydział Inżynierii Lądowej i Transportu PK
Katedra Dróg, Kolei
i Inżynierii Ruchu

INSTYTUT
BADAWCZY
DRÓG I MOSTÓW

Dziękuję.

Pytania i dyskusja

filip.janowiec@pk.edu.pl