

WSI Sprawozdanie 7 – Sieci bayesowskie

Treść polecenia:

1. Dla zbioru danych o zabójstwach w USA z lat 1980-2014 <https://www.kaggle.com/datasets/mrayushagrawal/us-crime-dataset> wybrać następujące cechy {Victim Sex, Victim Age, Victim Race, Perpetrator Sex, Perpetrator Age, Perpetrator Race, Relationship, Weapon}
2. Przy pomocy jednej z bibliotek [pgmpy](#), [pomegranate](#), [bnlearn](#) wygenerować sieć Bayesowską modelującą zależności pomiędzy tymi cechami. Podpowiedź: należy znaleźć strukturę sieci (structure learning), następnie estymować prawdopodobieństwa warunkowe pomiędzy zmiennymi losowymi (parameter learning).
3. Zwizualizować i przeanalizować nauczoną sieć - jakie są rozkłady prawdopodobieństw pojedynczych cech, jakie zależności pomiędzy cechami można zauważyć?
4. Zaimplementować losowy generator danych, który działa zgodnie z rozkładem reprezentowanym przez wygenerowaną sieć.
5. Użyć generatora do wygenerowania kilku losowych morderstw, podając jako argumenty różne obserwacje.

Instrukcja do używania skryptu

Po pobraniu repozytorium należy:

- przejść do głównego katalogu – lab3
- `$ cd lab7`
- stworzyć środowisko wirtualne i pobrać requirements.txt
- `$ python3 -m venv .env`
- `$ source .env/bin/activate`
- `$ pip install -r requirements.txt`
- uruchomić plik main.py, w terminalu za pomocą:
- `$ python3 main.py [argumenty]`

Możliwe argumenty:

- **statement** – 8 wartości cech, które stanowią obserwacje. Na podstawie nich sieć wygeneruje resztę cech. Muszą być podane w kolejności: Victim Sex, Victim Age, Victim Race, Perpetrator Sex, Perpetrator Age, Perpetrator Race, Relationship, Weapon.
Przy braku obserwacji wstawiamy ‘?’.
- **Przykład:** python3 main.py Female ? ? ? ? Friend Gun

Tworzenie sieci bayesowskiej

Do stworzenia sieci wykorzystano bibliotekę **pgmpy**.

Najpierw przygotowano dano, tzn. usunięto wiersze z wartościami ‘Unknown’ i z nieprawidłowymi danymi oraz wybrano tylko interesujące nas kolumny

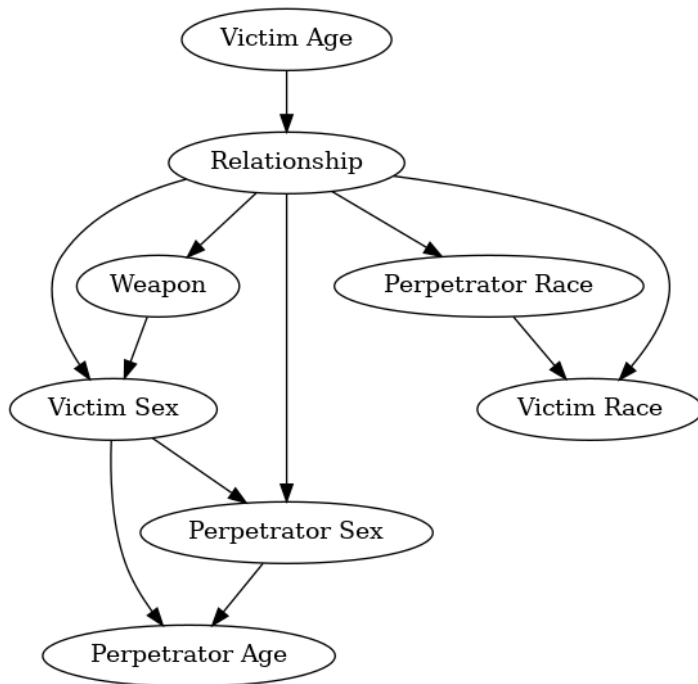
Structure learning

Do structure learning wykorzystano heurystyczny algorytm **HillClimbSearch** (wspinaczkowy), który rozpoczyna od losowego grafu skierowanego i iteracyjnie poszukuje lepszego rozwiązania w sąsiedztwie. Następnie wybiera to rozwiązanie, które maksymalizuje funkcję oceny (BigScore).

Parameter learning

Tutaj użyto **Metody Największej Wiarygodności** (Maximum Likelihood Estimator). Służy do oszacowania prawdopodobieństw warunkowych na podstawie danych. Celem jest znalezienie takich wartości parametrów, które maksymalizują prawdopodobieństwo zaobserwowanych danych, przy założeniu struktury sieci.

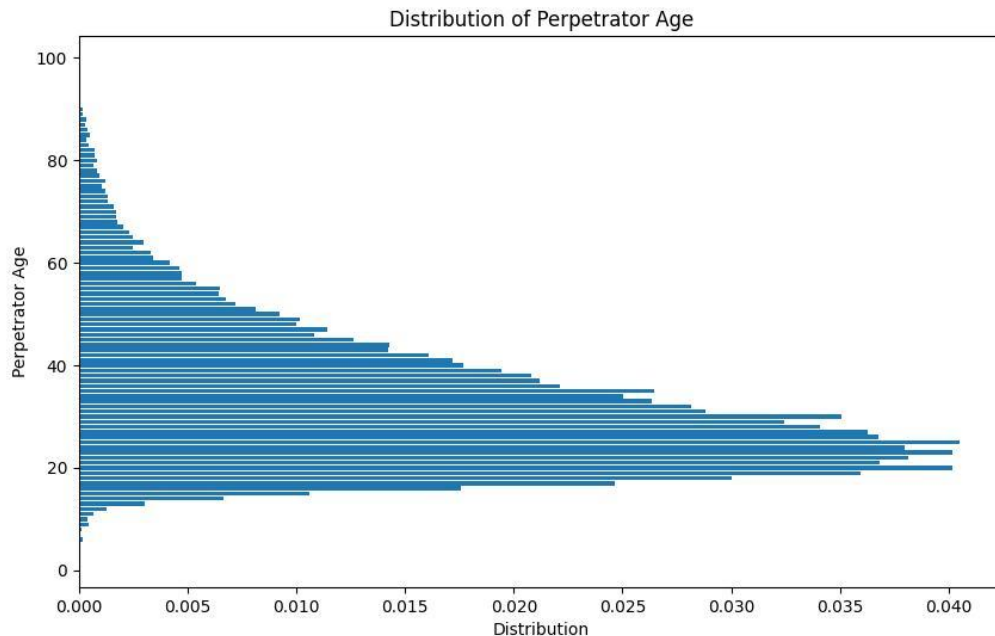
Struktura sieci



1. **Victim Age** – bezpośrednio wpływa na zmienną **Relationship**, czyli wiek ofiary ma znaczenie przy określaniu relacji
2. **Relationship** – wpływa na: **Weapon**, **Perpetrator Race**, **Victim Race**, **Victim Sex**, **Perpetrator Sex**. Odgrywa centralną rolę, ponieważ wpływa na większość pozostałych zmiennych, pośrednio i bezpośrednio.
3. **Weapon** – wpływa na: **Victim Sex**.
4. **Perpetrator Race** – wpływa bezpośrednio na **Victim Race**, czyli rasa ofiary zależy od rasy sprawcy.
5. **Victim Sex** – wpływa na: **Perpetrator Sex**, **Perpetrator Age**

Rozkłady prawdopodobieństwa

Perpetrator Age



Większość sprawców jest w wieku **20-30 lat**, co jest widoczne jako szczyt rozkładu. Prawdopodobieństwo maleje dla osób w starszym wieku.

Wiek sprawcy o największym prawdopodobieństwie to: 25 lat - 0.040503147922738764

Perpetrator Age(2)	5.067037073980672e-06
Perpetrator Age(3)	7.320667412833053e-05
Perpetrator Age(4)	7.799329988482094e-05
Perpetrator Age(5)	7.79232866868607e-05
Perpetrator Age(6)	0.00016543752287235272
Perpetrator Age(7)	8.30109211911979e-05

Perpetrator Age(8)	9.311617700191202e-05
Perpetrator Age(9)	0.00042173047384511613
Perpetrator Age(10)	0.00036504595287820005
Perpetrator Age(11)	0.0006873171700554208
Perpetrator Age(12)	0.0012790363805593595
Perpetrator Age(13)	0.0030001249546439367

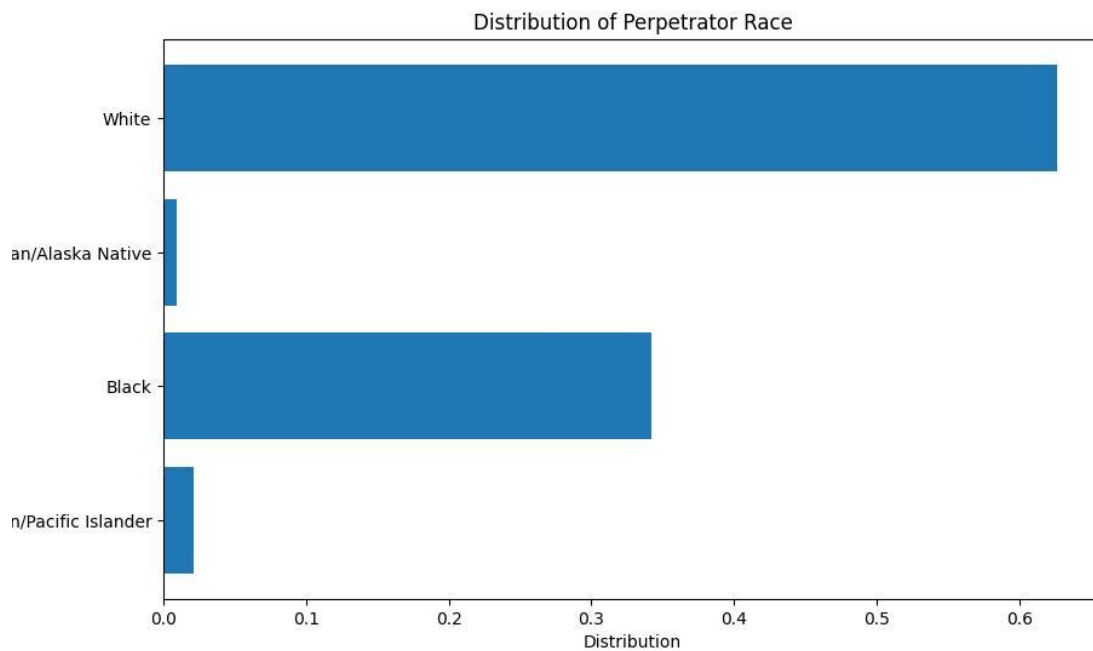
Perpetrator Age(14)	0.006645573587991987
Perpetrator Age(15)	0.010609605854265344
Perpetrator Age(16)	0.017542379354587204
Perpetrator Age(17)	0.02463239740189177
Perpetrator Age(18)	0.030011775611018046
Perpetrator Age(19)	0.03595462130770777
Perpetrator Age(20)	0.04015294832430044
Perpetrator Age(21)	0.03680737043808392
Perpetrator Age(22)	0.03811601895655284
Perpetrator Age(23)	0.040174718710596274
Perpetrator Age(24)	0.03798613955871216
Perpetrator Age(25)	0.040503147922738764
Perpetrator Age(26)	0.03674463913520852
Perpetrator Age(27)	0.03629378843631887
Perpetrator Age(28)	0.034074642118267724
Perpetrator Age(29)	0.03243572996776132
Perpetrator Age(30)	0.03506982517169951
Perpetrator Age(31)	0.028823451545889986
Perpetrator Age(32)	0.028128552593253392
Perpetrator Age(33)	0.02635198789240518
Perpetrator Age(34)	0.025031050458714222
Perpetrator Age(35)	0.026449512422769914
Perpetrator Age(36)	0.02211899558528583

Perpetrator Age(37)	0.021159658028725804
Perpetrator Age(38)	0.020814246123880574
Perpetrator Age(39)	0.01940062234231958
Perpetrator Age(40)	0.017660428463741957
Perpetrator Age(41)	0.017171452339733554
Perpetrator Age(42)	0.016067656176105238
Perpetrator Age(43)	0.014239129658846732
Perpetrator Age(44)	0.014260695103335878
Perpetrator Age(45)	0.012619500951160056
Perpetrator Age(46)	0.010786276724622531
Perpetrator Age(47)	0.01138924209819317
Perpetrator Age(48)	0.009996664340768215
Perpetrator Age(49)	0.010142401435323124
Perpetrator Age(50)	0.009208338889326907
Perpetrator Age(51)	0.008123732520318387
Perpetrator Age(52)	0.007163811375968013
Perpetrator Age(53)	0.006778548091422802
Perpetrator Age(54)	0.006396634882329922
Perpetrator Age(55)	0.00647257257905976
Perpetrator Age(56)	0.00539538526928556
Perpetrator Age(57)	0.004740869080504561
Perpetrator Age(58)	0.0047261305427466795
Perpetrator Age(59)	0.004629433393400814

Perpetrator Age(60)	0.0041948288350356355
Perpetrator Age(61)	0.003431109809425592
Perpetrator Age(62)	0.0032904176576285605
Perpetrator Age(63)	0.002474162093014686
Perpetrator Age(64)	0.002950690792163734
Perpetrator Age(65)	0.0024976774955376814
Perpetrator Age(66)	0.0023251883879699844
Perpetrator Age(67)	0.002053803047335673
Perpetrator Age(68)	0.0017646561372456555
Perpetrator Age(69)	0.0017055115896093046
Perpetrator Age(70)	0.0016983853873051142
Perpetrator Age(71)	0.0015984639515466937
Perpetrator Age(72)	0.0013400430166242861
Perpetrator Age(73)	0.0013222585982556427
Perpetrator Age(74)	0.0011876967604083622
Perpetrator Age(75)	0.0010585060558183674
Perpetrator Age(76)	0.0011990717852818976
Perpetrator Age(77)	0.0009482022109020974
Perpetrator Age(78)	0.0008283660198970848
Perpetrator Age(79)	0.0006542225172583413

Perpetrator Age(80)	0.0008247091368074952
Perpetrator Age(81)	0.0007141605189565651
Perpetrator Age(82)	0.0007129159517349868
Perpetrator Age(83)	0.0004557618864306945
Perpetrator Age(84)	0.00031690116228434077
Perpetrator Age(85)	0.0005149202114518189
Perpetrator Age(86)	0.0003926160152820098
Perpetrator Age(87)	0.0002700317663203597
Perpetrator Age(88)	0.00034235021274609434
Perpetrator Age(89)	0.0001425670230035471
Perpetrator Age(90)	0.00017814808412143274
Perpetrator Age(91)	4.101912013767328e-05
Perpetrator Age(92)	7.442738594919727e-05
Perpetrator Age(93)	3.847530288550468e-05
Perpetrator Age(94)	2.6638286912196236e-05
Perpetrator Age(95)	2.9182104164364837e-05
Perpetrator Age(96)	2.1991687551626317e-05
Perpetrator Age(97)	9.713636434550592e-06
Perpetrator Age(98)	1.6904053047289115e-05
Perpetrator Age(99)	2.1991687551626317e-05

Perpetrator Race

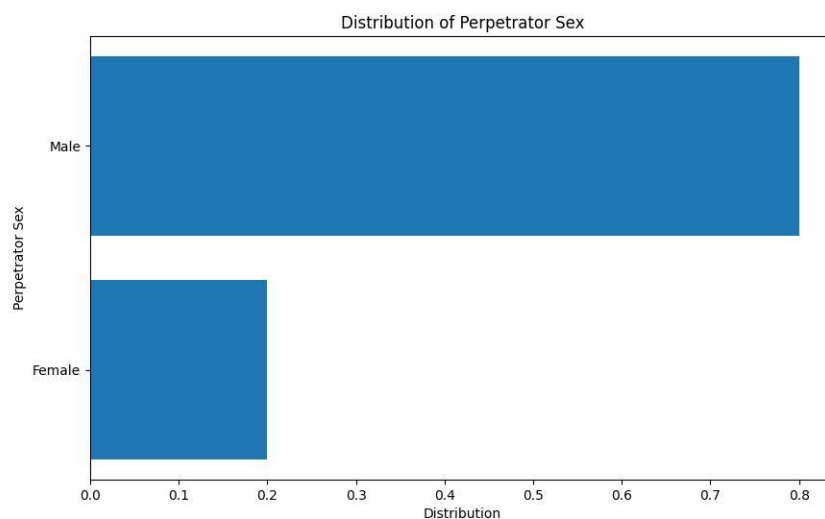


White stanowią największą grupę, z odsetkiem wynoszącym ponad 60% w danych. Black jest drugą co do wielkości grupą, stanowiącą około 30% wszystkich przypadków.

Rasa o największym prawdopodobieństwie to: White - 0.6263291025409851.

Perpetrator Race(Asian/Pacific Islander)	0.021612143823779205
Perpetrator Race(Black)	0.3424135840633945
Perpetrator Race(Native American/Alaska Native)	0.009645169571841155
Perpetrator Race(White)	0.6263291025409851

Perpetrator Sex

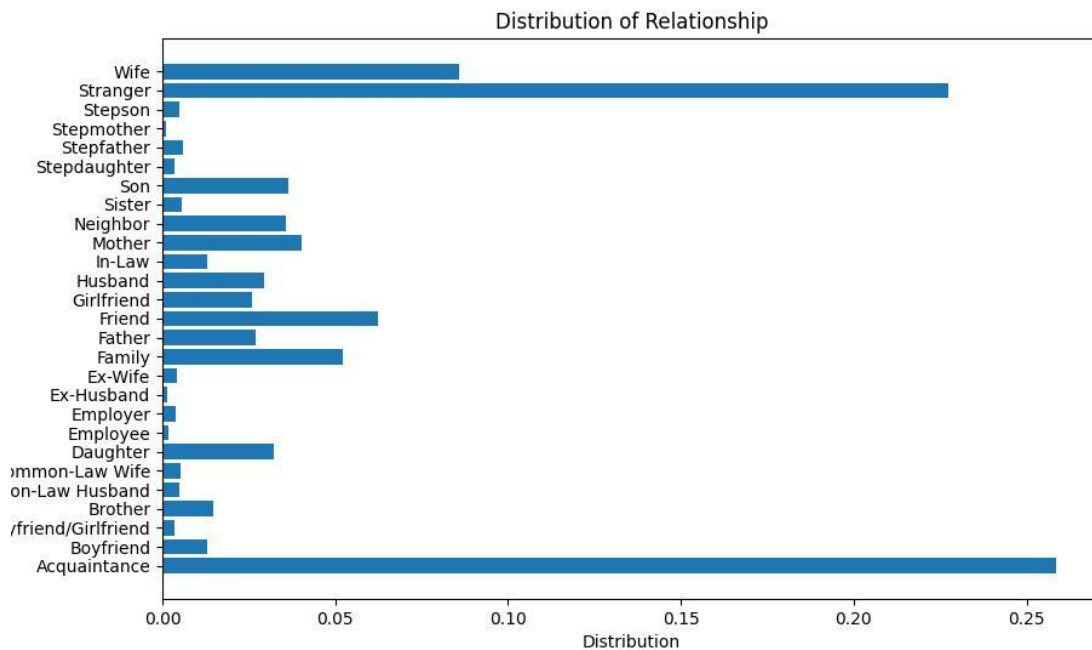


Widać dużą przewagę ilości mężczyzn jako sprawców. Kobiety stanowią tylko 20%.

Najbardziej prawdopodobna płeć sprawcy: Male - 0.7995135733516192.

Perpetrator Sex(Female)	0.20048642664838087
Perpetrator Sex(Male)	0.7995135733516192

Relationship



Dwie najczęstsze relacje to znajomy i nieznajomy, czyli osoby nie bliskie ze sprawcą.

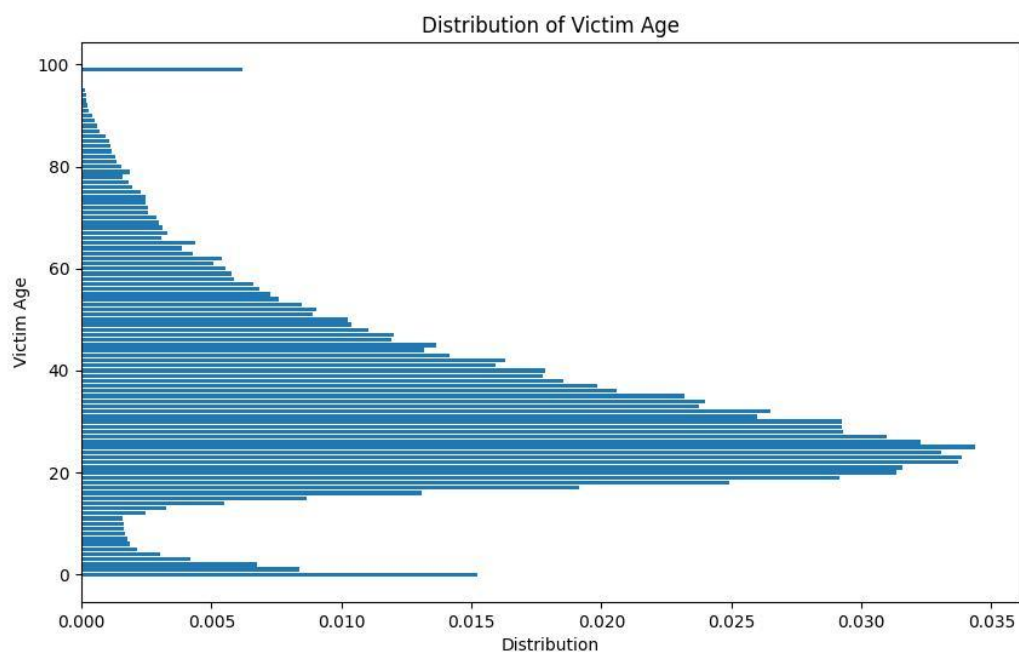
Dopiero trzecią pod względem prawdopodobieństwa jest żona (ok. 8,6%).

Najbardziej prawdopodobna relacja: Acquaintance - 0.25848164628273484.

Relationship(Acquaintance)	0.25848164628273484
Relationship(Boyfriend)	0.012994514353822463
Relationship(Boyfriend/Girlfriend)	0.0034754333810009886
Relationship(Brother)	0.01469064447641478
Relationship(Common-Law Husband)	0.005045706745505321
Relationship(Common-Law Wife)	0.005438953923083912
Relationship(Daughter)	0.032187592041272674
Relationship(Employee)	0.001848889895305254
Relationship(Employer)	0.0037635663094676263
Relationship(Ex-Husband)	0.0015306135852704611
Relationship(Ex-Wife)	0.004185605993003251
Relationship(Family)	0.051982267402576166
Relationship(Father)	0.026830155950017007
Relationship(Friend)	0.06245320323503696

Relationship(Girlfriend)	0.025900588578033804
Relationship(Husband)	0.029541914079450154
Relationship(In-Law)	0.012882350202019954
Relationship(Mother)	0.040274316180216485
Relationship(Neighbor)	0.03565645561943327
Relationship(Sister)	0.005749085864023888
Relationship(Son)	0.036442327793593
Relationship(Stepdaughter)	0.0036658949531909414
Relationship(Stepfather)	0.005897860432313909
Relationship(Stepmother)	0.0010376369688319775
Relationship(Stepson)	0.004905270886631227
Relationship(Stranger)	0.22733123988009635
Relationship(Wife)	0.08580626498765319

Victim Age



Widać spore prawdopodobieństwo ofiary będące noworodkami (poniżej 1 roku życia), następnie widać spadek. Podobnie jak u wieku sprawcy, przeważają osoby młode (20 – 30 lat).

Najbardziej prawdopodobny wiek ofiary: 25 lat - 0.034381034254728216.

Victim Age(0)	0.0152433540536966
---------------	--------------------

Victim Age(1)	0.008399021293479698
---------------	----------------------

Victim Age(2)	0.006752413701891284
Victim Age(3)	0.004186615527046687
Victim Age(4)	0.0030095225499272584
Victim Age(5)	0.0021498479037164397
Victim Age(6)	0.0018853326279592649
Victim Age(7)	0.0017663007538685361
Victim Age(8)	0.0016671075254595952
Victim Age(9)	0.0016406559978838777
Victim Age(10)	0.0016208173522020896
Victim Age(11)	0.0015811400608385135
Victim Age(12)	0.00246726623462505
Victim Age(13)	0.003267424943790504
Victim Age(14)	0.005476127496362915
Victim Age(15)	0.008656923687342943
Victim Age(16)	0.013087554556275624
Victim Age(17)	0.01916479301679672
Victim Age(18)	0.024898161618833486
Victim Age(19)	0.029163470440417935
Victim Age(20)	0.03136556011109642
Victim Age(21)	0.031597010977383946
Victim Age(22)	0.03374619759291099
Victim Age(23)	0.03384539082131993
Victim Age(24)	0.033078296521624126

Victim Age(25)	0.034381034254728216
Victim Age(26)	0.03225829916677688
Victim Age(27)	0.0309555614336728
Victim Age(28)	0.029315566723978313
Victim Age(29)	0.02923621214125116
Victim Age(30)	0.02924282502314509
Victim Age(31)	0.026002512895119692
Victim Age(32)	0.026511704800952253
Victim Age(33)	0.023734294405501916
Victim Age(34)	0.023985583917471232
Victim Age(35)	0.02319865097209364
Victim Age(36)	0.020566723978309748
Victim Age(37)	0.019859145615659303
Victim Age(38)	0.01853656923687343
Victim Age(39)	0.017736410527707976
Victim Age(40)	0.017828990874222985
Victim Age(41)	0.015931093770665254
Victim Age(42)	0.016281576511043512
Victim Age(43)	0.014178680068773972
Victim Age(44)	0.013199973548472424
Victim Age(45)	0.01366287528104748
Victim Age(46)	0.011943525988625843
Victim Age(47)	0.012003041925671207

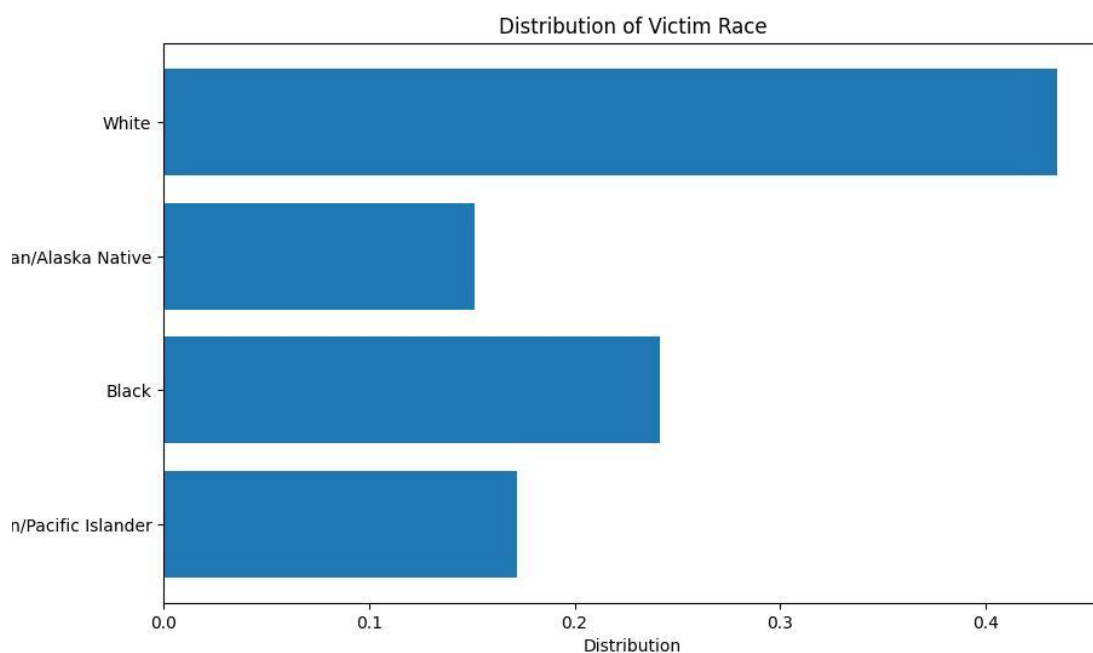
Victim Age(48)	0.011057399814839306
Victim Age(49)	0.01039611162544637
Victim Age(50)	0.010250628223779923
Victim Age(51)	0.008894987435524401
Victim Age(52)	0.00902063219150906
Victim Age(53)	0.008465150112418992
Victim Age(54)	0.007598862584314243
Victim Age(55)	0.007274831371511704
Victim Age(56)	0.0068516069303002245
Victim Age(57)	0.0066069303002248385
Victim Age(58)	0.005886126173786537
Victim Age(59)	0.005793545827271525
Victim Age(60)	0.00552903055151435
Victim Age(61)	0.005066128818939294
Victim Age(62)	0.005409998677423622
Victim Age(63)	0.004272582991667769
Victim Age(64)	0.0038559714323502183
Victim Age(65)	0.004398227747652427
Victim Age(66)	0.0030888771326544107
Victim Age(67)	0.003300489353260151
Victim Age(68)	0.003121941542124058
Victim Age(69)	0.0029698452585636822
Victim Age(70)	0.0028706520301547416

Victim Age(71)	0.0025730723449279196
Victim Age(72)	0.0025532336992461317
Victim Age(73)	0.0024474275889432616
Victim Age(74)	0.002473879116518979
Victim Age(75)	0.0022688797778071686
Victim Age(76)	0.001964687210686417
Victim Age(77)	0.001819203809019971
Victim Age(78)	0.001607591588414231
Victim Age(79)	0.0018853326279592649
Victim Age(80)	0.001554688533262796
Victim Age(81)	0.0013496891945509852
Victim Age(82)	0.0013166247850813384
Victim Age(83)	0.0011843671472027508
Victim Age(84)	0.0011116254463695277
Victim Age(85)	0.0010917868006877396
Victim Age(86)	0.0009529162809152228
Victim Age(87)	0.000708239650839836
Victim Age(88)	0.000602433540536966
Victim Age(89)	0.0005032403121280253
Victim Age(90)	0.0004371114931887316
Victim Age(91)	0.000285015209628356
Victim Age(92)	0.00023872503637085044
Victim Age(93)	0.00017920909932548607

Victim Age(94)	0.00017259621743155669
Victim Age(95)	0.00011969316228012168
Victim Age(96)	6.017722523475731e-05

Victim Age(97)	4.033857955296918e-05
Victim Age(98)	5.356434334082793e-05
Victim Age(99)	0.006196931622801217

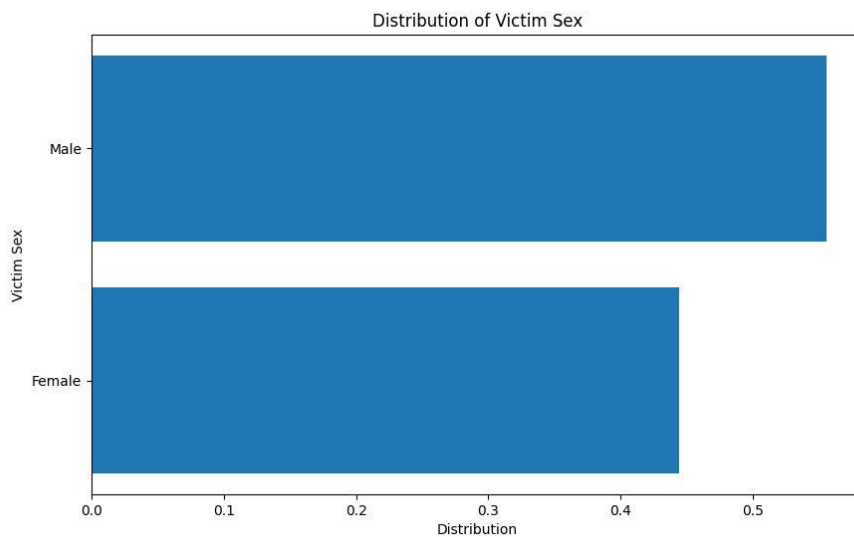
Victim Race



Najbardziej prawdopodobna rasa ofiary: White - 0.4336901904067374.

Victim Race(Asian/Pacific Islander)	0.17269461855985943
Victim Race(Black)	0.2429401177800807
Victim Race(Native American/Alaska Native)	0.15067507325332244
Victim Race(White)	0.4336901904067374

Victim Sex

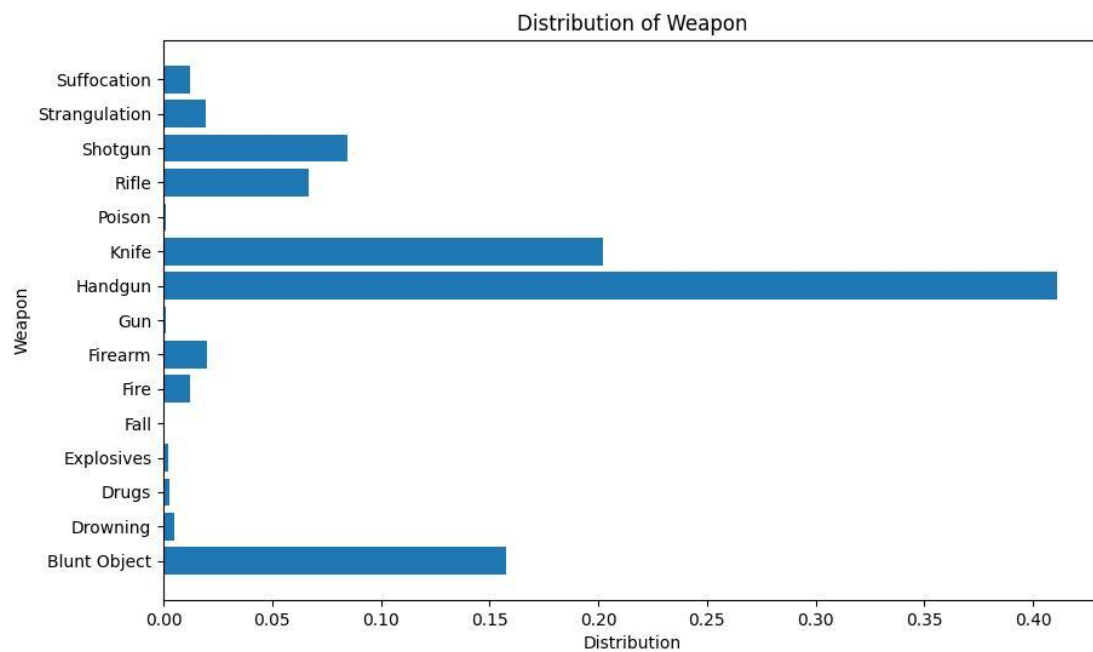


Prawdopodobieństwa płci ofiary są bardziej wyrównane: Kobieta – 44,5% i mężczyźni – 55,5%.

Najbardziej prawdopodobna płeć ofiary: Male - 0.5553273024033156.

Victim Sex(Female)	0.4446726975966844
Victim Sex(Male)	0.5553273024033156

Weapon



Najczęstszą bronią jest pistolet, zaraz po nim nóż oraz tępy przedmiot.

Najbardziej prawdopodobna broń: Handgun - 0.4108864797097835.

Weapon(Blunt Object)	0.15744659822559787
Weapon(Drowning)	0.0051457169513426364
Weapon(Drugs)	0.003052964430947392
Weapon(Explosives)	0.002143798861206386
Weapon(Fall)	0.0004229887702300729
Weapon(Fire)	0.012117310698456795
Weapon(Firearm)	0.019895415656189245
Weapon(Gun)	0.001425262344034894
Weapon(Handgun)	0.4108864797097835
Weapon(Knife)	0.2023225905564972
Weapon(Poison)	0.0014030911163716382
Weapon(Rifle)	0.06704656830194022
Weapon(Shotgun)	0.08481438703772831
Weapon(Strangulation)	0.019417183825718567
Weapon(Suffocation)	0.012459643513955293

Rozkłady warunkowe

- Victim Sex | Relationship, Weapon

Relacja między ofiarą a sprawcą oraz użyta broń może wpływać na prawdopodobieństwo, że ofiara jest określonej płci.

Na przykład z poniższych rozkładów widać, że jeśli relacja to znajomość, a broń to tępy przedmiot, to ofiarą prawdopodobnie jest mężczyzna. Z kolei jeśli 'bronią' jest uduszenie, to bardziej możliwe, że jest to kobieta.

Relationship	Relationship(Acquaintance)	Relationship(Acquaintance)	Relationship(Acquaintance)
Weapon	Weapon(Blunt Object)	Weapon(Drowning)	Weapon(Drugs)
Victim Sex(Female)	0.23049503476132416	0.3934857374064333	0.3939592294744717
Victim Sex(Male)	0.7695049652386758	0.6065142625935667	0.6060407705255283

Relationship(Acquaintance)	Relationship(Acquaintance)	Relationship(Acquaintance)	Relationship(Acquaintance)
Weapon(Explosives)	Weapon(Fall)	Weapon(Fire)	Weapon(Firearm)
0.4001643385373871	0.35018495684340323	0.35175482667049446	0.10450945755512775
0.599835661462613	0.6498150431565968	0.6482451733295055	0.8954905424448724

Relationship(Acquaintance)	Relationship(Acquaintance)	Relationship(Acquaintance)	Relationship(Acquaintance)
Weapon(Gun)	Weapon(Handgun)	Weapon(Knife)	Weapon(Poison)
0.11838088918380889	0.10655047019687494	0.15000081527879042	0.26346528228423105
0.8816191108161912	0.893449529803125	0.8499991847212096	0.736534717715769

Relationship(Acquaintance)	Relationship(Acquaintance)	Relationship(Acquaintance)	Relationship(Acquaintance)
Weapon(Rifle)	Weapon(Shotgun)	Weapon(Strangulation)	Weapon(Suffocation)
0.0889262057159869	0.09821219607333247	0.5620271963614424	0.5374086825090267
0.911073794284013	0.9017878039266675	0.43797280363855756	0.4625913174909732

• Perpetrator Age | Perpetrator Sex, Victim Sex

Tutaj widać powiązanie między płciami sprawcy i ofiary a wiekiem sprawcy.

Na przykład jeśli oboje to mężczyźni, to przeważa wiek sprawcy równy 20 lat. Za to, jeśli sprawcą jest kobieta, a ofiarą mężczyzna, to wiek sprawcy jest raczej starszy (26 lat)

Perpetrator Sex	Perpetrator Sex(Female)	Perpetrator Sex(Female)	Perpetrator Sex(Male)	Perpetrator Sex(Male)
Victim Sex	Victim Sex(Female)	Victim Sex(Male)	Victim Sex(Female)	Victim Sex(Male)
Perpetrator Age(18)	0.02947125108350188	0.020533043241773186	0.022550767991716045	0.04750953955736454
Perpetrator Age(19)	0.04189540595203698	0.026108240413380474	0.02582983374561353	0.050012719409819384
Perpetrator Age(20)	0.046518347298468654	0.03127549632852869	0.028706207213944658	0.05414398371915543
Perpetrator Age(21)	0.03813926610806125	0.029847701930921948	0.030863487315193006	0.048404986008649196
Perpetrator Age(22)	0.04276220745449292	0.031071525700299158	0.03149628947822585	0.04716357161027728
Perpetrator Age(23)	0.04882981797168449	0.03508294805548001	0.03327964102859115	0.04354108369371661
Perpetrator Age(24)	0.040450736781277086	0.03712265433777536	0.03425760800782374	0.040142457389977106
Perpetrator Age(25)	0.04478474429355678	0.03766657601305412	0.03402749813035724	0.045566013736962604
Perpetrator Age(26)	0.03929500144466917	0.03909437041066086	0.03048955876430996	0.03812770287458662
Perpetrator Age(27)	0.04102860444958105	0.03766657601305412	0.03201403670252546	0.03449503943017044

• Perpetrator Sex | Relationship, Victim Sex

Widać powiązanie relacji i płci ofiary z płcią sprawcy.

Przykładowo, jeśli relacja to Boyfriend/Girlfriend to w zależności czy ofiara to kobieta, czy mężczyzna, to sprawca będzie najbardziej prawdopodobnie przeciwnej płci.

Relationship	Relationship(Acquaintance)	Relationship(Acquaintance)	Relationship(Boyfriend)
Victim Sex	Victim Sex(Female)	Victim Sex(Male)	Victim Sex(Female)
Perpetrator Sex(Female)	0.13700648202710666	0.05916649175587117	0.10869565217391304

Perpetrator Sex(Male)	0.8629935179728934	0.9408335082441288	0.8913043478260869
-----------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Relationship(Boyfriend)	Relationship(Boyfriend/Girlfriend)	Relationship(Boyfriend/Girlfriend)	Relationship(Brother)
Victim Sex(Male)	Victim Sex(Female)	Victim Sex(Male)	Victim Sex(Female)
0.9737122557726465	0.9871794871794872	0.0018115942028985507	0.061224489795918366
0.026287744227353464	0.01282051282051282	0.9981884057971014	0.9387755102040817

Relationship(Brother)	Relationship(Common-Law Husband)	Relationship(Common-Law Husband)	Relationship(Common-Law Wife)
Victim Sex(Male)	Victim Sex(Female)	Victim Sex(Male)	Victim Sex(Female)
0.08222591362126246	0.08333333333333333	0.991	0.0008665511265164644
0.9177740863787376	0.9166666666666666	0.009	0.9991334488734835

- Relationship | Victim Age

Wiek ofiary ma wpływ na relacji przykładowo jeśli chodzi o relacje rodzinne.

Na przykład relacja matka lub ojciec są bardziej prawdopodobne dla wieku 42 niż 24. Z kolei dla wieku 5 najbardziej prawdopodobne są relacje syn lub córka.

Victim Age	Victim Age(5)	Victim Age(24)	Victim Age(42)
Relationship(Acquaintance)	0.1076923076923077	0.36925229908036783	0.30463038180341184
Relationship(Boyfriend)	0.0	0.018992403038784487	0.020714865962632008
Relationship(Boyfriend/Girlfriend)	0.003076923076923077	0.0023990403838464614	0.007717303005686434
Relationship(Brother)	0.003076923076923077	0.016593362654938024	0.021933387489845652
Relationship(Common-Law Husband)	0.0	0.005797680927628949	0.012185215272136474
Relationship(Common-Law Wife)	0.003076923076923077	0.009596161535385846	0.008935824532900082
Relationship(Daughter)	0.27076923076923076	0.001599360255897641	0.0020308692120227455
Relationship(Employee)	0.0	0.0009996001599360256	0.0
Relationship(Employer)	0.0	0.0005997600959616154	0.0020308692120227455
Relationship(Ex-Husband)	0.0	0.0005997600959616154	0.0036555645816409425
Relationship(Ex-Wife)	0.003076923076923077	0.004398240703718513	0.006904955320877335
Relationship(Family)	0.08615384615384615	0.021191523390643743	0.022745735174654752
Relationship(Father)	0.0	0.0005997600959616154	0.01949634443541836
Relationship(Friend)	0.024615384615384615	0.08036785285885646	0.06904955320877336
Relationship(Girlfriend)	0.006153846153846154	0.0585765693722511	0.04914703493095045
Relationship(Husband)	0.006153846153846154	0.013594562175129948	0.04833468724614135
Relationship(In-Law)	0.003076923076923077	0.014394242303078768	0.018277822908204712
Relationship(Mother)	0.003076923076923077	0.0005997600959616154	0.012997562956945572
Relationship(Neighbor)	0.03076923076923077	0.015193922431027589	0.020308692120227456
Relationship(Sister)	0.015384615384615385	0.0011995201919232307	0.004061738424045491
Relationship(Son)	0.28923076923076924	0.0069972011195521796	0.006904955320877335
Relationship(Stepdaughter)	0.021538461538461538	0.00019992003198720512	0.00040617384240454913
Relationship(Stepfather)	0.0	0.00039984006397441024	0.00974817221770918
Relationship(Stepmother)	0.0	0.00039984006397441024	0.0016246953696181965

Relationship(Stepson)	0.021538461538461538	0.001599360255897641	0.0016246953696181965
Relationship(Stranger)	0.05846153846153846	0.3074770091963215	0.23354995938261575
Relationship(Wife)	0.043076923076923075	0.04638144742103159	0.09098294069861901

- Victim Race | Relationship

Tutaj można zauważyć wpływ relacji na rasę ofiary. Na przykład gdy relacja to Boyfriend to prawdopodobnie ofiara jest czarna. Z kolei dla relacji Acquaintance prawdopodobnie będzie to osoba biała (53,4%) lub czarna (44,5%).

Relationship	Relationship(Acquaintance)	Relationship(Boyfriend)	Relationship(Boyfriend/Girlfriend)
Victim Race(Asian/Pacific Islander)	0.011134153462057301	0.006641034603285564	0.011111111111111112
Victim Race(Black)	0.44474198159743894	0.6211114994757078	0.2904761904761905
Victim Race(Native American/Alaska Native)	0.010207985181307508	0.009786787836420832	0.004761904761904762
Victim Race(White)	0.5339158797591963	0.3624606780845858	0.6936507936507936

- Perpetrator Race | Relationship, Victim Race

Widać tutaj relacje między zmiennymi Relationship i Victim Race. Przykładowo, gdy relacja to znajomi, to można zauważyć, że rasy ofiar i sprawców się pokrywają.

Relationship	Relationship(Acquaintance)	Relationship(Acquaintance)
Victim Race	Victim Race(Asian/Pacific Islander)	Victim Race(Black)
Perpetrator Race(Asian/Pacific Islander)	0.6491862567811935	0.002082484494544796
Perpetrator Race(Black)	0.10669077757685352	0.9330888677622345
Perpetrator Race(Native American/Alaska Native)	0.0018083182640144665	0.001312870659604328
Perpetrator Race(White)	0.2423146473779385	0.06351577708361628

Relationship(Acquaintance)	Relationship(Acquaintance)
Victim Race(Native American/Alaska Native)	Victim Race(White)
0.0039447731755424065	0.005090881665283958
0.09467455621301775	0.09536918319631948
0.504930966469428	0.008711064182819217
0.39644970414201186	0.8908288709555774

Ale na przykład dla relacji pracodawca i czarnemu sprawcy, prawdopodobnie ofiara była biała.

Perpetrator Race	Perpetrator Race(Asian/Pacific Islander)	Perpetrator Race(Black)
Relationship	Relationship(Stranger)	Relationship(Employer)
Victim Race(Asian/Pacific Islander)	0.3960880195599022	0.0
Victim Race(Black)	0.1845965770171149	0.32653061224489793
Victim Race(Native American/Alaska Native)	0.004889975550122249	0.0
Victim Race(White)	0.41442542787286063	0.673469387755102

- **Weapon | Relationship**

Można zauważyć związek między relacją ofiary i sprawcy a użytą bronią. Na przykład w przypadku Acquaintance najbardziej prawdopodobną bronią jest pistolet. Z kolei dla relacji Boyfriend jest to nóż.

Relationship	Relationship(Acquaintance)	Relationship(Boyfriend)
Weapon(Blunt Object)	0.10683149777518272	0.032855644879412796
Weapon(Drowning)	0.0012281796766464655	0.0
Weapon(Drugs)	0.002657700283890712	0.0031457532331352674
Weapon(Explosives)	0.0003020113958966718	0.0
Weapon(Fall)	0.00040268186119556246	0.0
Weapon(Fire)	0.006926128012563674	0.004893393918210416
Weapon(Firearm)	0.025046811766363985	0.01223348479552604
Weapon(Gun)	0.0018724706545593655	0.0006990562740300594
Weapon(Handgun)	0.49735236676263916	0.41279272981475007
Weapon(Knife)	0.2134213864336481	0.45858091576371895
Weapon(Poison)	0.0003825477681357843	0.0003495281370150297
Weapon(Rifle)	0.053435882980651134	0.026913666550157287
Weapon(Shotgun)	0.0764692854410373	0.04194337644180356
Weapon(Strangulation)	0.010711337507801962	0.003844809507165327
Weapon(Suffocation)	0.002959711679787384	0.0017476406850751485

Wygenerowane mordestwa

- python3 main.py ? ? ? ? ? ? Knife

Perpetrator Age: 20

Victim Race: White

Victim Age: 25

Victim Sex: Male

Perpetrator Race: White

Perpetrator Sex: Male

Relationship: Acquaintance

Weapon: Knife

- python3 main.py Female ?? Female ?? Acquaintance ?

Perpetrator Age: 23

Weapon: Handgun

Victim Age: 25

Victim Race: White

Perpetrator Race: White

Victim Sex: Female

Perpetrator Sex: Female

Relationship: Acquaintance

- python3 main.py Female ?? Male ?? Husband ?

Perpetrator Race: White

Perpetrator Age: 24

Victim Age: 36

Victim Race: White

Weapon: Handgun

Victim Sex: Female

Perpetrator Sex: Male

Relationship: Husband

- python3 main.py ? ? ? ? 36 ? Mother ?

Perpetrator Race: White

Perpetrator Sex: Male

Weapon: Knife

Victim Age: 55

Victim Sex: Female

Victim Race: White

Perpetrator Age: 36

Relationship: Mother

- python3 main.py ? 18 ? ? ? ? ? Drugs

Perpetrator Race: White

Perpetrator Sex: Male

Perpetrator Age: 20

Victim Sex: Male

Relationship: Acquaintance

Victim Race: White

Victim Age: 18

Weapon: Drugs

- python3 main.py ? ? Black ? ? White ? ?

Victim Age: 22

Perpetrator Sex: Male

Victim Sex: Male

Perpetrator Age: 20

Weapon: Handgun

Relationship: Stranger

Victim Race: Black

Perpetrator Race: White

- python3 main.py ? ? ? ? ? Ex-Wife Fall

Victim Race: White

Perpetrator Race: White

Perpetrator Sex: Male

Victim Age: 32

Victim Sex: Male

Perpetrator Age: 20

Relationship: Ex-Wife

Weapon: Fall