

# Eksploracja danych optometrycznych w środowisku R, cz. I



Dr n. fiz. ROBERT SZUBA, mgr EWA LIBERACKA

## Wstęp

Intensywny rozwój technologii informatycznych, które umożliwiają cyfryzację i archiwizację danych medycznych, pozwala na ciągłe powiększanie baz danych o kolejne, ogromne zasoby informacji dotyczących zdrowia [1]. Według szacunków obecnie, około 30% światowych danych jest generowanych przez sektor opieki zdrowotnej [2]. Gromadzenie danych wiąże się również z optometrią. Podczas badań optometrycznych i związanych z nimi rozmaitych pomiarów dotyczących narządu wzroku, każdorazowo dokumentowane są liczne informacje i parametry. Obok zagadnienia samego magazynowania danych, równie istotną kwestią są metody ich przetworzenia, które pozwolą w pełni wykorzystać ich potencjał.

## Podstawowe pojęcia

Proces odkrywania wiedzy z baz danych (ang. *Knowledge Discovery in Databases*) to jedna z metod analizy danych. Jego kluczowym etapem jest eksploracja danych (ang. *data mining*). Głównym celem eksploracji danych jest automatyczne wyszukiwanie zależności, związków oraz podobieństw pomiędzy danymi w bazach i magazynach danych o dużych zasobach, nazywanych wzorcami [3]. Opierając się na doniesieniach dotyczących zagadnienia eksploracji danych medycznych, wiadomo, że wyniki tego typu analiz służą np. jako wsparcie w diagnozowaniu m.in. jaskry [4], chorób serca [5], cukrzycy [6], nowotworów [7], jak również w podejmowaniu decyzji dotyczących leczenia, ocenie ryzyka wystąpienia choroby czy skuteczności wprowadzonej terapii [8]. Wiedzę pozyskaną z eksploracji danych wykorzystuje się również w genetyce, bioinformatyce, epidemiologii czy farmacji [9]. Optometria jest doskonałym przykładem dziedziny, w której dla postawienia prawidłowego rozpoznania niezbędne jest zebranie licznych danych mających związek z wieloma aspektami zdrowia i życia osób badanych. Dlatego też wydaje się niezagospodarowanym obszarem w kontekście eksploracji danych.

Jedną z ciekawszych metod eksploracji danych jest odkrywanie asocjacji. Jej celem jest uzyskanie zbioru reguł asocjacyjnych, które opisują

zależności pomiędzy danymi [3]. Początkowo proces odkrywania asocjacji wykorzystywano w kontekście tzw. analizy koszyka zakupów (ang. *market basket analysis*), stąd pochodzenie nazwy: analiza koszykowa [10]. Zadaniem tej analizy było odnalezienie naturalnych wzorców zachowań konsumentów na podstawie przeglądu wybieranych przez nich produktów. Obecnie oprócz handlu, metoda ta wykorzystywana jest z powodzeniem m.in. w bankowości, działalności urzędów, firm ubezpieczeniowych, ośrodków naukowych i medycznych [3], a odniesienie do zagadnień handlowych jest przystępnym sposobem objaśnienia jej merytorycznych podstaw.

Ogólna postać reguły asocjacyjnej to [11]:

Jeśli  $A \rightarrow B$  to  $B$

gdzie:

$A$  to poprzednik (ang. *antecedent*),

$B$  to następnik (ang. *consequent*).

Podstawowe parametry, których wartości są istotne w procesie odkrywania asocjacji to:

- wsparcie reguły (ang. *support*) – określa stosunek liczby zdarzeń, w których poprzednik  $A$  i następnik  $B$  wystąpiły równocześnie do wszystkich zdarzeń w analizowanym zbiorze danych [12,13]. Wartość tego parametru należy do przedziału od 0 do 1 [13]. Niska wartość może wskazywać na przypadkowość pojawienia się reguły, dlatego też parametr ten jest często używany w celu odrzucenia nieciekawych asocjacji [10].
- ufność reguły (ang. *confidence*) – określa stosunek liczby zdarzeń, w których poprzednik  $A$  i następnik  $B$  wystąpiły równocześnie do liczby wszystkich zdarzeń, w których wystąpił poprzednik  $A$  [12,13]. Wartość tego parametru również należy do przedziału od 0 do 1 [13]. Wskaźnik ten określa wiarygodność wnioskowania na podstawie reguły [10].
- przyrost reguły (ang. *lift*) – określa, czy fakt wystąpienia poprzednika  $A$  lub następnika  $B$  wpływa na zwiększenie prawdopodobieństwa wystąpienia poprzednika  $A$  lub następnika  $B$  w ramach jednego zdarzenia [13].

Proces odkrywania asocjacji jest złożony z dwóch głównych kroków:

- w pierwszym kroku baza danych zostaje przeszukana w celu odnalezienia elementów, nazywanych zestawami częstymi, które spełniają ograniczenie ustalone przez użytkownika, czyli próg minimalnego wsparcia reguły;
- w drugim kroku ze wszystkich zestawów częstych odnalezionych w kroku pierwszym, pozostawione zostają jedynie te zestawy, które spełniają określony przez użytkownika próg minimalnej ufności reguły. Zestawy wygenerowane w tym kroku stanowią ostateczny zbiór poszukiwanych reguł asocjacyjnych [10].

Najczęściej szukane reguły asocjacyjne to takie, które charakteryzują się wysokim wskaźnikiem wsparcia oraz ufności reguły [13].

### Motywacja i cel badania w kontekście danych pochodzących z badań optometrycznych

Mając na uwadze fakt, że eksploracja danych oparta na poszukiwaniu asocjacji znajduje coraz szersze zastosowanie oraz zyskuje popularność w wielu dziedzinach, motywacją do podjęcia tematu była chęć wykorzystania tej metody w analizie danych optometrycznych. Celem badania było przeprowadzenie eksploracji danych retrospektywnych pochodzących z kart badań optometrycznych. Eksploracja miała oprzeć się na procesie poszukiwania reguł asocjacyjnych. Głównym założeniem badania było odnalezienie nowych, potencjalnie użytecznych zależności, jak również potwierdzenie już znanych zjawisk, wymienianych w literaturze. Zależności miałyby odzwierciedlać powiązania pomiędzy informacjami gromadzonymi podczas wywiadu a wynikami diagnostyki optometrycznej. Analiza danych z tak szerokiego zakresu miała także na celu zwrócenie uwagi na konieczność postrzegania pacjentów w gabinecie optometrysty w podejściu holistycznym przy zastosowaniu uzyskanych wzorców.

### Materiały i metody

Przedmiotem analizy były dane pochodzące z 320 kart badań optometrycznych, zgromadzonych w archiwum Laboratorium Fizyki Widzenia i Optometrii (LFWiO) Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Eksplorowane dane zostały pozyskane podczas badań optometrycznych przeprowadzonych przez studentów studiów magisterskich na kierunku optometria w latach akademickich: 2014/2015, 2016/2017 oraz 2018/2019.

Dane włączone do analiz dotyczyły dwóch istotnych grup informacji gromadzonych podczas badania w gabinecie optometrysty. Pierwsza z nich obejmowała dane gromadzone w czasie wywiadu optometrycznego:

- dane demograficzne,
- informacje o dolegliwościach ogólnych oraz ze strony układu wzrokowego,
- informacje o wymaganiach wzrokowych i charakterze wykonywanej pracy,
- lista przyjmowanych leków,
- informacje o chorobach ogólnych oraz chorobach oczu osoby badanej oraz obciążeniach genetycznych.

Druga grupa obejmowała wyniki:

- badań wstępnych,
- badania refrakcji,

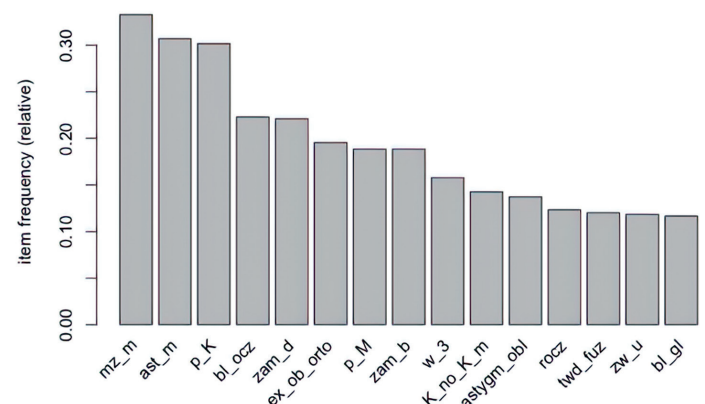
- badań widzenia obuocznego,
- testów akomodacji.

Wybór kart włączonych do analizy był całkowicie losowy. Zanonimizowane dane zostały zakodowane zgodnie z przyjętym dla celów pracy systemem etykiet. Po zarchiwizowaniu danych z kart badań przeprowadzono ich wstępną obróbkę, która polegała na sprawdzeniu, czy nie zawierają błędów typograficznych. Tak przygotowaną bazę danych poddano procesowi eksploracji danych, do którego wykorzystano prosty i efektywny język programowania oraz środowisko do obliczeń statystycznych GNU R. Standardowe możliwości środowiska R rozszerzono poprzez zastosowanie kilku pakietów, takich jak: *arule*, *aruleViz*, *tidyverse*, *magrittr*. Dzięki nim odnalezione reguły asocjacyjne zostały przedstawione w formie graficznej, w postaci różnego rodzaju grafów i wykresów. Analizę danych przeprowadzono, korzystając z aplikacji RStudio w wersji 2022.02.1 Prairie Trillium, współpracującej z R.

Proces eksploracji danych przebiegł w dwóch etapach. W niniejszym artykule opisane zostaną wyniki pierwszego etapu przeprowadzonej analizy danych, którego zadaniem było odnalezienie i przeanalizowanie reguł asocjacyjnych, które osiągnęły ustalony próg granicznych wartości parametrów wsparcia (ang. *support*) i ufności (ang. *confidence*) reguły. Podczas określania wartości wspomnianych parametrów brano pod uwagę fakt, że im niższe wartości minimalnego wsparcia i ufności reguły, tym więcej odkrytych reguł asocjacyjnych, o stosunkowo niskiej sile. Początkowo, nie modyfikując domyślnych ustawień, określających wsparcie i ufność reguły odpowiednio na 0,001 i 0,09, odnalezionych zostało ponad 126 mln reguł asocjacyjnych (tab. 1). W kolejnych krokach stopniowo zwiększano wartości tych parametrów, do momentu odnalezienia kilkudziesięciu silnych reguł asocjacyjnych. Ostatecznie wartości graniczne minimalnego wsparcia i ufności reguły zostały określone na poziomie odpowiednio 0,045 i 0,85.

Lp.	Minimalne wsparcie reguły	Minimalna ufność reguły	Liczba uzyskanych reguł asocjacyjnych
1.	0,001	0,09	126 339 726
2.	0,01	0,6	37 636
3.	0,02	0,7	2 487
4.	0,03	0,8	276
5.	0,04	0,85	52
6.	0,045	0,085	37
7.	0,04	0,09	22

Tab. 1. Zależność liczby uzyskanych reguł asocjacyjnych od parametrów minimalnego wsparcia i ufności reguły



Wykres. 1. 15 etykiet najczęściej występujących w analizowanej bazie danych

## Wyniki

Etykiety zastosowane do opisu danych pochodzących z kart badań optometrycznych, które w analizowanej bazie danych wystąpiły najczęściej, to (wykres 1):

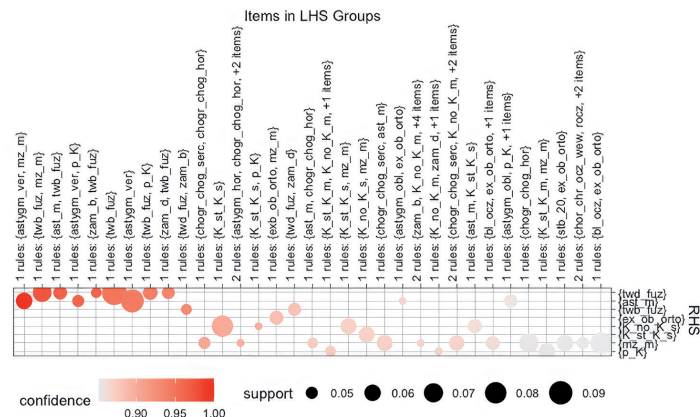
- miejsce zamieszkania na obszarach miejskich (*mz\_m*),
- astygmatyzm niskiego stopnia, czyli do -1,50D (*ast\_m*),
- płęć żeńska (*p\_K*).

Na podstawie wykresu 1 można stwierdzić, że w eksplorowanej bazie danych dominowały osoby będące w trzeciej dekadzie życia (*w\_3*), czyli między 21. a 30. rokiem życia oraz wykonujące pracę o charakterze biurowym (*zw\_u*). Płęć żeńska oznaczona etykietą (*p\_K*), przeważała w aspekcie ilościowym w stosunku do płci męskiej (*p\_M*). Wskazuje to, że do badania włączonych zostało więcej danych dotyczących kobiet niż mężczyzn. Dolegliwości zgłaszane w wywiadzie zebrane w analizowanej dokumentacji to na ogół bóle oczu (*bl\_ocz*), zamazanie widzenia na dalszym (*zam\_d*) oraz bliższym (*zam\_b*) dystansie i bóle głowy (*bl\_gl*). Często pojawiające się wyniki badań optometrycznych odnotowane na kartach badania odnosiły się do:

- ortoforii w dali, określonej metodą obiektywną (*ex\_ob\_orto*),
- fuzji płaskiej, określonej na podstawie testu Wortha na dal (*twd\_fuz*),
- zaburzeń ruchów oczu (*rocz*).

Najczęściej rozpoznawaną wadą refrakcji była krótkowzroczność niskiego stopnia, określona przedziałem do -1,50D (*K\_no\_K\_m*) oraz astygmatyzm skośny (*astym obl*).

Dla przyjętych granicznych wartości współczynników minimalnego wsparcia i ufności reguły odnaleziono 37 silnych reguł asocjacyjnych. Szczegóły otrzymanych asocjacji zostały zaprezentowane na poniższej grupowej wizualizacji opartej na macierzy (wykres 2).



Wykres 2. Grupowana wizualizacja oparta na macierzy z uwzględnieniem parametrów wsparcia (ang. support) i ufności (ang. confidence) reguły dla 37 silnych reguł asocjacyjnych

Reguły asocjacyjne o najwyższym współczynniku ufności reguły dotyczyły głównie (wykres 2, punkty intensywnie pomarańczowe):

- rodzaju i stopniu astygmatyzmu, czyli astygmatyzmu wertykalnego (*astym\_ver*) i astygmatyzmu niskiego stopnia (*ast\_m*),
- klasyfikacji stopnia krótkowzroczności w dotychczasowej oraz dobrej korekcji, czyli krótkowzroczności średniego stopnia (*K\_st\_K\_s*, *K\_no\_K\_s*),
- fuzji płaskiej oraz braku tłumienia w teście Wortha w dali (*twd\_fuz*) i bliży (*twb\_fuz*),
- zamazania widzenia w bliży (*zam\_b*) i w dali (*zam\_d*),

- płci żeńskiej (*p\_K*),
- miejsca zamieszkania na obszarach miejskich (*mz\_m*).

W kombinacjach poprzedników tworzących reguły asocjacyjne o stosunkowo niższym współczynniku ufności (wykres 2, punkty oznaczone jaśniejszym kolorem pomarańczowym), pojawiły się również takie elementy jak:

- bóle oczu (*bl\_ocz*),
- choroby układu krążenia (*chogr\_chog\_ser*) i układu hormonalnego (*chogr\_chog\_hor*) w rodzinie osoby badanej,
- wynik badania widzenia stereoskopowego w bliży na poziomie 20" (*stb\_20*),
- zaburzenia ruchów oczu (*rocz*),
- choroby tylnego odcinka oka w rodzinie osoby badanej (*chogr\_chr\_ocz*),
- ortoforia w cover teście w dali (*ex\_ob\_orto*).

Różnorodność składowych tworzących kombinacje poprzedników i następników silnych reguł asocjacyjnych była niewielka. Wiele kategorii danych uzyskiwanych zwykle w wywiadzie oraz w trakcie właściwego badania optometrycznego nie zostało uwzględnionych w otrzymanych asocjacjach.

## Dyskusja wyników

Na podstawie otrzymanych wyników analiz można stwierdzić, że w udokumentowanych archiwalnych badaniach częściej brały udział kobiety (wykres 1), czego przyczyn nie da się jednoznacznie stwierdzić, a których może być kilka.

Prawdopodobnego wyjaśnienia takiej dysproporcji można doszukiwać się w podobieństwie do zależności stwierdzonej na podstawie danych statystycznych udostępnionych przez Główny Urząd Statystyczny. Świadczą one o tym, że kobiety częściej niż mężczyźni korzystają z pomocy lekarzy rodzinnych oraz lekarzy specjalistów (ponad 62% kobiet i 50% mężczyzn). Dotyczy to również wykonywania badań kontrolnych, jak np. badania krwi [14]. Drugiej przyczyny można upatrywać w tym, że kobiety z zasady dokładniej niż mężczyźni obserwują funkcjonowanie swojego organizmu, są w stanie szybciej zauważyć pojawiające się zmiany i dolegliwości. W związku z tym w wielu przypadkach wcześniej niż mężczyźni zgłaszają się po pomoc specjalisty [15]. Inną przyczynę można wiązać z faktem, że czynnikiem ryzyka niektórych chorób ogólnoustrojowych, które objawiają się dolegliwościami ze strony układu wzrokowego, jest właśnie płęć żeńska. Nie bez znaczenia jest również to, że wśród studentów na kierunku optometria przeważają kobiety, które też zostały zaseregowane w archiwum jako osoby badane.

Podobnie jak w przypadku płci, istnieje dysproporcja w liczbie włączonych do analizy kart badań osób zamieszkujących obszary miejskie i wiejskie. Uwzględnionych zostało w ten sposób zdecydowanie mniej kart badania osób mieszkających na wsi w porównaniu z liczbą kart badanych mieszkających w mieście. Skutkiem tego pojawia się bardzo duża liczba reguł asocjacyjnych, w których zmienną było miejsce zamieszkania na obszarach miejskich. Losowość doboru kart uwzględnionych w badaniu nie musiała wpływać w tym przypadku na uzyskane wyniki. Według danych GUS mieszkańcy miast (61%) częściej korzystają z pomocy lekarzy specjalistów niż mieszkańcy wsi (50%). Podobną zależność stwierdzono również



np. w przypadku stosowania zalecanych leków przez osoby mieszkające w mieście (69%) i na wsi (59%) [14]. Przyczyną takiego stanu rzeczy jest trudniejszy dostęp do lekarzy i specjalistów, a co się z tym wiąże, to m.in. mniejsza liczba placówek medycznych na obszarach wiejskich, mniejszy wybór specjalistów, problemy z dojazdem oraz mniejsza liczba punktów aptecznych. Problemy te skutkują dużo niższą wykrywalnością chorób przewlekłych (m.in. chorób układu krążenia i układu hormonalnego) u osób mieszkających na obszarach wiejskich [16]. Dlatego też brak odkrytych korelacji wymienionych chorób wśród mieszkańców wsi nie musi oznaczać, że problem ten nie występuje. Należy też zwrócić uwagę, że środowisko życia w mieście i na wsi różni się. Często wiąże się ono z innym wysiłkiem wzrokowym oraz z innymi czynnikami, które mogą wpływać na prawidłowe funkcjonowanie narządu wzroku. Uwagę należy też zwrócić na miejsce, w którym dane te zostały zgromadzone. Lokalizacja pracowni LFWiO jest *stricte* miejska, w związku z tym również w ten sposób można wytłumaczyć powyższe związki.

Analizując uzyskane w wyniku eksploracji danych grafy można wnioskować, że dolegliwości, najczęściej zgłaszane przez badanych zamieszkujących obszary miejskie, to bóle oraz suchość oczu. U osób badanych, tj. mieszkańców miast oraz u członków ich rodzin można spodziewać się występowania chorób układu krążenia i układu hormonalnego, a także chorób tylnego odcinka oka i różnego rodzaju wad refrakcji.

W przypadku uwzględniania wad refrakcji, które najczęściej pojawiają się w asocjacjach, były to astygmatyzmy niskiego stopnia, które według przyjętych założeń miały wartość do -1,50D oraz wady krótkowzroczności niskiego (do -1,50D) oraz średniego stopnia (do -5,00D). Wynik ten znajduje potwierdzenie w rezultatach badania prowadzonego przez H. Hashemi i wsp. [17], obejmującego dane zgromadzone w latach 1990–2016, którego celem był systematyczny przegląd zróżnicowania wad refrakcji na świecie. Zgodnie z wynikami opublikowanymi we wspomnianym raporcie, najbardziej powszechnie występującą wadą refrakcji na świecie jest astygmatyzm o wartości korygującej równej lub większej od -0,50D, według raportu obecny u ponad 40% dorosłych. Opierając się na dalszych wynikach tego sprawozdania, spośród rozpatrywanych regionów świata, Europa plasuje się na drugim miejscu pod względem częstości występowania krótkowzroczności, natomiast częstość występowania nadwzroczności w Europie wśród dorosłych jest najniższa. Inna odkryta reguła asocjacyjna, związana jest z wiekiem osoby badanej, w tym przypadku dotyczy trzeciej dekady życia oraz wady refrakcji, krótkowzroczności średniego stopnia. Na podstawie rezultatów raportu B. Holdena i wsp. [18], mającego na celu zbadanie częstości występowania krótkowzroczności w różnych regionach świata oraz prognozę jej poziomu w 2050 roku, można stwierdzić, że wśród osób w wieku od 21 do 30 lat, częstość występowania krótkowzroczności była i pozostanie jedną z największych. W 2000 roku krótkowzroczność dotyczyła poniżej 25% światowej populacji, natomiast na 2050 rok przewidywany jest wzrost częstości występowania miopii do około 50%.

Korelacje o stosunkowo dużej sile stwierdza się także pomiędzy etykietami reprezentującymi wyniki niektórych badań wstępnych wykonanych w odległościach dalekich i bliskich. Należą do nich fuzja płaska i brak tłumienia w teście Wortha na dal i na bliż oraz ortoforia w pryzmatycznym cover teście na dal i na bliż. Na podstawie tej zależności można wnioskować,

że w niektórych testach u badanych, u których stwierdza się brak nieprawidłowości przy obserwacji dali, można spodziewać się prawidłowego wyniku testu również przy obserwacji bliży.

Część informacji, które uwzględniono podczas cyfryzacji danych, nie znalazło swojego odbicia wśród odnalezionych reguł asocjacyjnych. Należą do nich m.in. informacje dotyczące charakteru wykonywanego zawodu, wymagań wzrokowych, niektórych dolegliwości: chorób ogólnych, chorób oczu i przyjmowanych leków, ostrości wzroku, innych badań wstępnych oraz wyników badań widzenia obuocznego. Prawdopodobnie włączenie do analizy większej liczby danych, bardziej zróżnicowanych pod względem wykonywanego zawodu czy miejsca zamieszkania osób badanych, spowodowałoby odkrycie asocjacji, w których uwzględnione zostałyby wyżej wymienione informacje.

## Podsumowanie

Przeprowadzoną i opisaną w niniejszym artykule eksplorację danych można traktować jako pilotażową, uwzględniając omawiany zakres. Opis ten zatem w tej skali obrazuje przede wszystkim sposób przeprowadzenia szeroko zakrojonych badań struktury optometrycznych baz danych, natomiast podane interpretacje uzyskanych asocjacji jako odniesienie do już istniejących zjawisk najczęściej notowanych w optometrii. Elementem, który warto by wskazać dla osiągnięcia rezultatów o wyższej pewności, to m.in. zorganizowanie powszechnie dostępnych globalnych zasobów danych. Mowa tutaj o objętościach rzędu kilku lub kilkunastu tysięcy jednostkowych zbiorów danych odnoszących się do osób badanych w różnym wieku, zamieszkujących różne obszary, wykonujących zróżnicowane zawody, itd.

## Piśmiennictwo

1. M. Szajczyk. Cyfryzacja w sektorze ochrony zdrowia w Polsce. *Innowacje i cyfryzacja gospodarki* 2019; 45–46.
2. D. Reinsel, J. Gantz, J. Rydning. The Digitalization of the World. From Edge to Core. *An IDC White Paper* 2018; 22. [www.seagate.com/files/www-content/our-story/trends/files/idc-seagate-data-age-whitepaper.pdf](http://www.seagate.com/files/www-content/our-story/trends/files/idc-seagate-data-age-whitepaper.pdf) (data dostępu: 29.06.2023)
3. T. Morzy. Eksploracja danych. *Nauka* 3/2007; 83–104
4. K. Chauhan, P. Chauhan, A. Sudhakar, K. Lad, R. Gulati. Data Mining Techniques for Diagnostic Support of Glaucoma using Stratus OCT and Perimetric Data. *International Journal of Computer Applications* 2016; 151(8): 34–39
5. U. Shafique, F. Majeed, H. Qaiser, I. Ul. Mustafa. Data Mining in Healthcare for Heart Diseases. *International Journal of Innovation and Applied Studies* 2015; vol. 10, no. 4: 1312–1322
6. T. Porter, B. Green. *Identifying Diabetic Patients: A Data Mining Approach*. Proceedings of the 15th Americas Conference on Information Systems, AMCIS 2009, San Francisco, California, USA, 2009; <https://aisel.aisnet.org/amcis2009/500/> (data dostępu: 29.06.2023)
7. L. Li i in. Data mining techniques for cancer detection using serum proteomic profiling. *Artificial Intelligence in Medicine* 2004; 32(2): 71–83
8. N. Jothi, N. A. Rashid, W. Husain. Data Mining in Healthcare – A Review. *Procedia Computer Science* 2015; vol. 72: 306–313
9. Dane za stroną internetową: <https://codeburst.io/how-r-is-used-in-data-science-13-real-life-analogies-3f379de5e8ec> (data dostępu: 27.06.2023)
10. M.A. Awodun, R.O. Adedara. An Efficient Rule-Mining for Medical Diagnosis: A Market-Basket Approach. *International Journal of Research and Analytical Reviews* 2017; 4(1): 96–107
11. M. Mikos. Jak zrozumieć klienta – na podstawie już dostępnych danych. Rpubs. [https://rpubs.com/airam/us\\_l\\_p3?fbclid=IwAR23yvrX2jesLMPgftKXnLJibXZz4pK5pScOXHKy27mKUDnLcolLQRkA](https://rpubs.com/airam/us_l_p3?fbclid=IwAR23yvrX2jesLMPgftKXnLJibXZz4pK5pScOXHKy27mKUDnLcolLQRkA) (data dostępu: 29.06.2023)
12. M. Lasek, M. Pęczkowski. Analiza asocjacji i reguły asocjacyjne w badaniu wyborów zajęć dydaktycznych dokonywanych przez studentów. Zastosowanie algorytmu Apriori. *Ekonomia, Rynek, Gospodarka, Społeczeństwo* 2013; 34: 69–71
13. G. Harańczyk. Co z czym i po czym, czyli analiza asocjacji i sekwencji w programie Statistica. *StatSoft*. [https://media.statsoft.pl/\\_old\\_dnn/downloads/co\\_z\\_czym\\_i\\_po\\_czym.pdf](https://media.statsoft.pl/_old_dnn/downloads/co_z_czym_i_po_czym.pdf) (data dostępu: 29.06.2023)
14. Dane za stroną internetową: *Stan zdrowia ludności w Polsce w 2019 roku*. <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/zdrowie/zdrowie/stan-zdrowia-ludnosci-polski-w-2019-r-6,7.html#> (data dostępu: 29.06.2023)
15. D. Cianciara. Płeć kulturowa jako dominanta zdrowia mężczyzn. *Zdrowie Publiczne i Zarządzanie* 2015; 13(4): 348–349
16. P. Ucieklak-Jeż, A. Bem. Dostępność opieki zdrowotnej na obszarach wiejskich w Polsce. *Problem Drobnych Gospodarstw Rolnych* 2017; nr 4: 117–131
17. H. Hashemi, A. Fotouhi, A. Yekta, R. Pakzad, H. Ostadimoghaddam, M. Khabazkhoob. Global and regional estimates of prevalence of refractive errors: Systematic review and meta-analysis. *Journal of Current Ophthalmology* 2017; 30(1): 1–20
18. B.A. Holden i in. Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050. *American Academy of Ophthalmology* 2016; 123(5): 1036–1042

Artykuł został opracowany na podstawie pracy magisterskiej pt. „Wywiad jako fundamentalne narzędzie w optometrii, zaburzenia w układzie wzrokowym a symptomy, łączenie zależności”. Współautorami tekstu są wykładowcy Wydziału Fizyki Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu: dr Robert Szuba, będący opiekunem pracy oraz prof. UAM dr hab. Zbigniew Fojuj – promotor pracy.