

Prof. dr hab. Wilhelm Grzesiak

Szczecin 18.06.2019

Zakład Biostatystyki

Katedra Nauk o Zwierzętach Przeżuwających

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Recenzja pracy doktorskiej mgr inż. Edyty Bauer pt. "Zastosowanie sztucznych sieci neuronowych do wczesnego diagnozowania krów zagrożonych subkliniczną ketozą"

Jednym z poważnych problemów zdrowotnych krów, szczególnie tych, które charakteryzują się wysoką wydajnością, jest ketoza. Ujemny bilans energetyczny i nieprawidłowe przemiany metaboliczne związane z niedoborem energii prowadzą do powstania tego schorzenia, które występuje u ok. 20% krów w Polsce, stanowiąc poważne wyzwanie do zwalczania i zapobiegania. Jednakże znacznie kłopotliwsze jest wychwycenie krów z ketozą subkliniczną, która może objąć nawet do 60 % stada. Zdiagnozowanie ketozy jest możliwe poprzez wychwycenie we krwi znacznie podwyższonego poziomu kwasu β -hydroksymasłowego (BHM) i wolnych kwasów tłuszczowych (WKT) oraz obniżonego poziomu glukozy. Niestety te oznaczenia są czasochłonne i kosztowne dlatego też można próbować oznaczać glukozę i WKT w mleku. Zaimplementowana metoda w SYMLEK charakteryzuje się nie do końca satysfakcjonującą czułością, stąd też próba wykorzystania klasyfikatora neuronowego, przedstawiona w niniejszej pracy jest ze wszech miar uzasadniona.

Sztuczne sieci neuronowe (SSN) są matematyczną strukturą, modelem naśladowującym, z większym lub mniejszym powodzeniem, działanie żywej sieci nerwowej. Charakteryzują się

możliwością rozproszonego przetwarzania równoległego informacji - PDP (*Parallel Distributed Processing*), naśladując mózg w interpretacji wiedzy sensorycznej i niepełnej oraz modelując różne procesy. Utworzone są z węzłów (neuronów) połączonych ze sobą i przetwarzających równolegle dochodząca do nich informację z przesyłaniem wyników na wyjście lub do kolejnych węzłów. Podstawą funkcjonowania SSN jest proces uczenia. Odkąd przełamano impas, spowodowany nieznanymi efektywnymi metodami uczenia sztucznej sieci z większą liczbą warstw, SSN zaczęto stosować do rozwiązywania wielu różnych problemów badawczych. Wzrost zainteresowania sieciami neuronowymi, które mają odtworzyć choć w pewnej części możliwości ludzkiego mózgu, po opracowaniu algorytmów uczących sieci wielowarstwowe, przyczynił się do powstania wielu publikacji opisujących działanie i efekty uzyskiwane przez sztuczne sieci w różnych dyscyplinach, w tym także w rolnictwie.

Pani mgr inż. Edyta Bauer przedstawiła ketozę krów pod kątem jej specyfiki, rodzajów oraz sposobów jej diagnozowania z podkreśleniem możliwości wcześniejszego wskazywania krów zagrożonych tym schorzeniem. Opisała neuronowe klasyfikatory z ukazaniem historycznego tła. Podkreśliła powiązanie sztucznych sieci neuronowych z żywym układem nerwowym, a także zaprezentowała architekturę sieci skupiając się przede wszystkim na tych rodzajach, które wykorzystwała w swojej pracy. Przedstawiła sposoby działania sieci neuronowych w zależności od rodzaju neuronów a przede wszystkim z kluczowym elementem funkcjonowania sieci jakim jest proces uczenia. Poprawnie przedstawiła hipotezę badawczą, a w rozdziale „Materiał i metody”, zaprezentowała materiał badawczy i metodykę zastosowaną w pracy. Zwięźle opisała uzyskane wyniki wzbogacone 16 tabelami oraz 8 rysunkami. Skonfrontowała te wyniki z doniesieniami innych autorów wskazując podobieństwa i różnice. Praca kończy się rozdziałem „Stwierdzenia i wnioski”, w którym Autorka w 8 punktach przedstawiła najważniejsze osiągnięcia swojej pracy. W swojej rozprawie posiłkowała się zestawem 71 publikacji wyszczególnionych w rozdziale „Przegląd literatury”.

Na szczególną uwagę zasługuje nowatorski pomysł wykorzystania właśnie klasyfikatora neuronowego do wskazywania krów z subkliniczną ketozą. Połączenie aspektów zootechnicznych z niekonwencjonalnymi metodami uczenia maszynowego, stanowi, według mnie, duży walor pracy. Precyzyjny klasyfikator może zaoszczędzić wielu wydatków związanych z oznaczeniami markerów choroby, umożliwiając wcześniejsze wskazanie krów zagrożonych tym schorzeniem, a w konsekwencji przyczyniając się do ich wyleczenia. Zaproponowane przez Autorkę SSN

posiadały bardzo dobrą czułość i specyficzność, gwarantującą uzyskanie dość dobrych końcowych efektów. Autorka wykorzystała krzywe ROC do oceny klasyfikatorów z uwzględnieniem pola pod krzywą (AUC). Trzeba podkreślić, że bardzo dociekliwie sprawdzała wiele sieci analizując różne kombinacje liczby neuronów i funkcji aktywacji. Wykazała, że sieci o radialnych funkcjach bazowych wypadły generalnie gorzej niż perceptrony. Ponadto, wykorzystując analizę wrażliwości sieci pokazała, które zmienne odgrywają kluczową rolę w klasyfikacji subklinicznej ketozy. Rozprawa doktorska została napisana w sposób przystępny i klarowny, czyta się ją dobrze, aczkolwiek z obowiązku recenzenta muszę przedstawić pewne uwagi, które być może zostaną wykorzystane przy przygotowaniu pracy do druku.

W rozdziale „Wstęp” Autorka opisując ketozę powinna, według mnie, podkreślić znaczenie takiego przewidywania dla stada, które w razie zagrożenia ketozą powinno podlegać innym reżimom żywieniowym, ponadto, uwzględniając fakt, że ketoza jest sprzężona z innymi schorzeniami, jak np. subkliniczną kwasica, należało zwrócić uwagę na wynikające stąd konsekwencje.

W opisie sztucznych sieci neuronowych można podkreślić pewne analogie pomiędzy sztucznym neuronem a komórką nerwową: dendryt jako odpowiednik wejść sztucznego neuronu, jądro jako blok sumujący, wzgórek aksonu jako blok aktywacji, a akson jako wyjście sztucznego neuronu itp.

Przedstawiając na str. 23 podział sieci, należało zaznaczyć, że dotyczy on sieci wykorzystanych w pracy, ponieważ istnieją różne podziały sieci np. na sieci jednokierunkowe, sieci rekurencyjne bądź sieci komórkowe, czy na sieci uczone z nauczycielem bądź bez nauczyciela czy uczone z tzw. krytykiem.

Trochę zamieszania jest z nomenklaturą zbioru testowego i walidacyjnego (str.31). W wielu publikacjach jak również we wcześniejszych wersjach programu *Statistica* dane dzielone były na zbiór uczący, oraz zbiór walidacyjny (weryfikacyjny), który służył do kontrolowania procesu uczenia, a także zbiór testowy do sprawdzenia jakości prognoz sieciowych. W używanej przez autorkę wersji programu, ale także w niektórych publikacjach nazwy tych zbiorów uległy zamianie i zbiór testowy wskazywany jest jako odpowiedzialny za kontrolę procesu uczenia a zbiór walidacyjny do sprawdzania prognoz sieciowych. Ta zamiana nie wpływa oczywiście na sens obliczeń ale można zaprezentowany w pracy podział poszczególnych zbiorów wyraźnie zaznaczyć.

Autorka nie podała kryterium podziału zbiorów. Dlaczego 70% danych wykorzystano do zbioru uczącego, a po 15 % do zbioru walidacyjnego i testowego?

Dlaczego analizowane były tylko sieci, zawierające w warstwie ukrytej od 8 do 15 neuronów i dla czego ograniczono się tylko do perceptronów z jedną warstwą ukrytą?

Nie do końca wyjaśnione zostało jak uzyskano zmienną wyjściową czyli poziom kwasu β -hydroksymasłowego we krwi spośród 1085 krów. Czy krowy te miały robione oznaczenia? Ile krów było chorych na ketozę w całym zbiorze? Brakuje takiej informacji choćby w formie tabeli.

Według mnie przy określaniu mierników jakości sieci można podać jak był liczony błąd sieci. Obok wskaźnika czułości i specyficzności wskazane byłoby podać również inne mierniki (tym bardziej że są wszystkie dane do ich obliczenia), a mianowicie PPV - zdolność predykcyjną dodatnią czyli stosunek rzeczywiście chorych krów do wszystkich wskazanych przez sieć jako chore, ukazując w ten sposób szansę wskazania przez klasyfikator rzeczywiście chorych krów. Podobnie można było zastosować wskaźnik NPV (zdolność predykcyjną ujemną) jako analogicznie zdolność wskazywania przez klasyfikator rzeczywiście zdrowych krów. Można było także przedstawić akuratność czyli szansę na poprawne wskazania przez klasyfikator (zarówno chorych jak i zdrowych osobników).

Nie jest dla mnie jasne jaki współczynnik korelacji był liczony. Z tego co wiem, bardziej wskazany byłby współczynnik MCC (współczynnik korelacji Matthews'a), który również można obliczyć na bazie macierzy klasyfikacyjnej. Jeżeli była liczona korelacja liniowa pomiędzy wartościami przewidywanymi a wartościami rzeczywistymi, to Autorka zapewne dysponowała wartościami prawdopodobieństw przewidywań, natomiast należało podać w jaki sposób uzyskano prawdopodobieństwa wartości rzeczywistych? (chyba że była to korelacja nieparametryczna). Jeżeli Autorka zastosowała własny przelicznik oparty na założeniu z metodyki, co do wartości kwasu β -hydroksymasłowego (1,2 mmol/L)? to należało to podać.

W analizach dla sieci MLP dane dla krów nie były dzielone na dane dla krów pierwiastek i wieloródek natomiast dla sieci RBF były dzielone. Trudno porównywać takie sieci. Wydaje mi się, że należało także i dla perceptronów dokonać podziału na sieci przeznaczone dla pierwiastek i sieci przeznaczone dla wieloródek.

Nie bardzo wiadomo jakie są różnice pomiędzy niektórymi sieciami RBF. Na przykład czym różniły się sieci w tabeli 4.4 (sieci RBF 3-8-1) i podobnie w innych tabelach.

Wskazane było, według mnie, wyraźnie oddzielić wskaźniki określające jakość klasyfikatora neuronowego (obliczane dla zbioru uczącego i testowego) od wskaźników obliczanych na zbiorze walidacyjnym (który nie uczestniczy w uczeniu sieci i służył do sprawdzenia jak sieć zachowuje się w stosunku do nowych danych) czyli od wskaźników określających jakość prognozy albo jak czasami się określa jakość detekcji.

W analizie wrażliwości sieci iloraz błędu wyrażający stosunek błędu sieci bez danej zmiennej do błędu całkowitego sieci ze wszystkimi zmiennymi, jest miarą względną. Usunięcie jednej zmiennej może, w przypadku jej powiązania z innymi zmiennymi osłabić znaczenie innych zmiennych. Stąd też nasuwa mi się uwaga o zasadność eliminowania zmiennych z modelu. Jednakże jeżeli Autorka usuwała te zmienne, to pojawia się pytanie jak wytłumaczyć dlaczego np. zmienna oznaczająca wydajność mleka okazała się w modelach sieciowych nieistotna?

Czy zbiór walidacyjny był taki sam dla wszystkich analizowanych rodzajów sieci? To znaczy czy jakość prognozy sprawdzana była, w badanych sieciach, na tych samych przypadkach (bo tylko wtedy jest sens porównywania sieci)? I z tym wiąże się też pytanie o przygotowywanie sieci neuronowych - czy były uczone na tych samych przypadkach, czy za każdym razem przypadki były mieszane?

Brakuje także statystycznej weryfikacji uzyskanych wskaźników (tabela 4.3 i 4.6). Czy występują między nimi statystycznie istotne różnice?

Rozważyłbym możliwość próby obliczenia pewnych wskaźników kryterialnych umożliwiających bardziej obiektywne wskazanie najlepszego modelu (np. kryterium informacyjne Akaike - AIC, co oczywiście, zdaję sobie z tego sprawę, wiązałoby się z wyznaczeniem resztowej sumy kwadratów dla wielu modeli sieci oraz obliczeniem współczynników wagowych wraz z *biasem*).

Proponowałbym także zamianę w tabelach określenia „próba uczenia” na „zbiór uczący” i analogicznie „zbiór walidacyjny” i „zbiór testowy” (tabele 4.1 i 4.4).

W podrozdziale „Metody” proponowałbym używanie czasu przeszłego, a więc: że wykorzystano dwa rodzaje sieci neuronowych, a nie że „będą wykorzystane” itp.

W „Przeglądzie literatury” uporządkować pozycje według kolejności alfabetycznej, umieścić nazwisko pierwszego autora a następnie inicjały imion, zmienić w pozycji 72 nazwisko autora „Zborowski” na Zaborski.

Te pytania i uwagi przedkładam Autorce dysertacji doktorskiej z nadzieją na ewentualne ich uwzględnienie przy przygotowaniu pracy do druku.

Podsumowując stwierdzam, że praca doktorska Mgr inż. Edyty Bauer pod tytułem "Zastosowanie sztucznych sieci neuronowych do wczesnego diagnozowania krów zagrożonych subkliniczną ketozą" przygotowana pod opieką dr hab. Wojciecha Jagusiaka, stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i pokazuje dobre przygotowanie Kandydatki do zgłębiania zaprezentowanego tematu oraz potwierdza nabyte przez Nią umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Uważam tym samym, że rozprawa Mgr inż. Edyty Bauer spełnia warunki ustawowe stawiane tego typu pracom (określone w art. 13 ustawy 1 z dnia 14 marca 2003 r o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki – tekst jed. Dz.U. z 2017 r, poz 1789) w związku z powyższym zwracam się do Wysokiej Rady Wydziału Hodowli i Biologii Zwierząt Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie z wnioskiem o dopuszczenie Autorki do dalszego toku przewodu doktorskiego, celem nadania stopnia doktora w dziedzinie nauk rolniczych w dyscyplinie zootechnika.

Prof. dr hab. Wilhelm Grzesiński
Przewodniczący

Grzesiński