



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ

Τεχνική Αναφορά για το Εργαστήριο Ανάλυσης Δεδομένων από Αισθητήρες

Στοιχεία Φοιτητή: Ονοματεπώνυμο: Αναστάσιος Παπαζαφειρόπουλος

Αριθμός Μητρώου: 03118079

Ακαδημαϊκό έτος: 2021-2022

Εισαγωγή

Για το υπολογιστικό κομμάτι της άσκησης χρησιμοποιήθηκε το περιβάλλον του RStudio. Αρχικά, έγινε εισαγωγή του δοθέντος dataset που ήταν σε μορφή .xlsm αφού, πρώτα είχε μετονομαστεί η πρώτη στήλη μετρήσεων σε real και η δεύτερη σε sensors για λόγους ευκολίας χειρισμού των δεδομένων. Στη συνέχεια, εκτελέστηκε το αντίστοιχο κομμάτι κώδικα για το κάθε ζητούμενο σε γλώσσα R, όπως περιγράφεται και αναλυτικότερα παρακάτω.

1)

Για τον υπολογισμό της Μέσης Απόλυτης Σχετικής Διαφοράς

(MARD) και του συντελεστή συσχέτισης (r) έγινε χρήση των ακόλουθων σχέσεων:

$$MARD = \frac{1}{N} \cdot \sum_{k=1}^N ARD_k, \text{ όπου: } ARD_k = 100 \cdot \frac{|y_{CGM}(t_k) - y_{ref}(t_k)|}{y_{ref}(t_k)}$$

$$\text{και: } r = \frac{\sum_{k=1}^N (y_{CGM_k} - \overline{y_{CGM_k}}) \cdot (y_{ref_k} - \overline{y_{ref_k}})}{\sqrt{\sum_{k=1}^N (y_{CGM_k} - \overline{y_{CGM_k}})^2 \cdot \sum_{k=1}^N (y_{ref_k} - \overline{y_{ref_k}})^2}}.$$

Παρακάτω παρουσιάζεται η υλοποίηση σε γλώσσα R, μαζί με τα αποτελέσματα:

```
> #1
> ARD <- 100*abs(data$sensors-data$real)/data$real
> MARD <- 1/5041 * sum(ARD)
> print(paste0("Mean Absolute Relative Difference = ", MARD))
[1] "Mean Absolute Relative Difference = 8.46474888692184"
> over <- sum((data$sensors-mean(data$sensors))*(data$real-mean(data$real)))
> under <- sqrt(sum((data$sensors-mean(data$sensors))^2)*sum((data$real-mean(data$real))^2))
> r <- over/under
> print(paste0("Correlation Coefficient = ",r))
[1] "Correlation Coefficient = 0.967584731593271"
```

2)

Σκοπός είναι η αναγνώριση των υπογλυκαιμικών επεισοδίων. Θεωρούμε την τιμή 70mg/dl ως κατώφλι γλυκόζης. Ελέγχοντας την ένδειξη του αισθητήρα όταν η πραγματική τιμή της γλυκόζης βρίσκεται πάνω από το κατώφλι (δεν συμβαίνει υπογλυκαιμικό επεισόδιο), έχουμε:

- i. Περίπτωση True Negative (TN): Ο αισθητήρας δείχνει κι αυτός μεγαλύτερη τιμή και σωστά δεν αναγνωρίζει το επεισόδιο.
- ii. Περίπτωση False Positive (FP): Ο αισθητήρας δείχνει μικρότερη τιμή από αυτή του κατωφλίου και αναγνωρίζει λανθασμένα ότι υπάρχει επεισόδιο.

Ενώ, όταν η πραγματική τιμή της γλυκόζης είναι μικρότερη από αυτή του κατωφλίου (συμβαίνει υπογλυκαιμικό επεισόδιο), έχουμε:

- iii. Περίπτωση True Positive (TP): Ο αισθητήρας δείχνει κι αυτός χαμηλότερη τιμή και αναγνωρίζει σωστά το επεισόδιο.
- iv. Περίπτωση False Negative(FN): Ο αισθητήρας δείχνει μεγαλύτερη τιμή, αδυνατώντας να αναγνωρίσει το επεισόδιο.

Για την υλοποίηση ορίσαμε μετρητές που αυξάνουν κατά 1 κάθε φορά, παρατίθεται ο κώδικας σε R:

```
> #2
> tp <- tn <- fp <- fn <- 0
> for(i in 1:nrow(data)){
+   if(data[i,2]>70){
+     if(data[i,3] >70){
+       tn <- tn+1
+     }
+     else fp <- fp+1
+   }
+   else {
+     if(data[i,3] < 70){
+       tp <- tp+1
+     }
+     else fn <- fn+1
+   }
+ }
> print(paste0("False Positive: ",fp))
[1] "False Positive: 135"
> print(paste0("True Negative: ",tn))
[1] "True Negative: 4745"
> print(paste0("True Positive: ",tp))
[1] "True Positive: 99"
> print(paste0("False Negative: ",fn))
[1] "False Negative: 62"
```

Χρησιμοποιώντας αυτά τα μεγέθη υπολογίζουμε τα ακόλουθα:

Ευαισθησία:

```
> sens <- tp /(tp+fn)
> print(paste0("Sensitivity: ",sens))
[1] "Sensitivity: 0.614906832298137"
```

Ειδικότητα:

```
> spec <- tn/(tn+fp)
> print(paste0("Specificity = ",spec))
[1] "Specificity = 0.972336065573771"
```

Θετική Προγνωστική Αξία:

```
> posPredValue <- tp/(tp+fp)
> print(paste0("Positive Predictive Value: ", posPredValue))
[1] "Positive Predictive Value: 0.423076923076923"
```

Αρνητική Προγνωστική Αξία:

```
> negPredValue <- tn/(tn+fn)
> print(paste0("Negative Predictive Value: ", negPredValue))
[1] "Negative Predictive Value: 0.98710214270855"
```

Ακρίβεια:

```
> acc <- (tp+tn)/(tp+tn+fn+fp)
> print(paste0("Accuracy: ", acc))
[1] "Accuracy: 0.960920452291212"
```

Παρατηρήσεις – Σχολιασμός:

- Η ευαισθησία δεν είναι ιδιαίτερα υψηλή, κάτι το οποίο δεν είναι πολύ θετικό, αφού αντιπροσωπεύει τον λόγο των ανιχνεύσιμων υπογλυκαιμικών επεισοδίων προς το συνολικό πλήθος υπογλυκαιμικών επεισοδίων.
- Η ειδικότητα έχει αρκετά υψηλή τιμή, κάτι το οποίο είναι θετικό, καθώς αντιπροσωπεύει τον λόγο των μη υπογλυκαιμικών ενδείξεων προς το συνολικό πλήθος των μη υπογλυκαιμικών επεισοδίων.
- Η Αρνητική Προγνωστική αξία έχει υψηλή τιμή που σημαίνει ότι αν γίνει δε γίνει ανίχνευση υπογλυκαιμικού επεισοδίου, είναι αρκετά δύσκολο να συμβαίνει στην πραγματικότητα.
- Η τιμή της ακρίβειας είναι αρκετά υψηλή και ικανοποιητική.

Συνολικά, με εξαίρεση ίσως την ευαισθησία, φαίνεται να δίνεται ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα, παρά τα πιθανά σφάλματα και τις αποκλίσεις του αισθητήρα.

3)

Αντίστοιχα με το προηγούμενο ερώτημα, θέτουμε την τιμή κατωφλίου ίση με 180 mg/dl. Τώρα θέλουμε να ανιχνεύσουμε τις υπεργλυκαιμίες, οπότε ελέγχοντας την ένδειξη του αισθητήρα όταν η πραγματική τιμή της γλυκόζης βρίσκεται κάτω από το κατώφλι (δεν συμβαίνει υπεργλυκαιμικό επεισόδιο), έχουμε:

- i. Περίπτωση True Negative (TN): Ο αισθητήρας δείχνει κι αυτός χαμηλότερη τιμή και σωστά δεν αναγνωρίζει το επεισόδιο.
- ii. Περίπτωση False Positive (FP): Ο αισθητήρας δείχνει υψηλότερη τιμή από αυτή του κατωφλίου και αναγνωρίζει λανθασμένα ότι υπάρχει επεισόδιο.

Ενώ, όταν η πραγματική τιμή της γλυκόζης είναι υψηλότερη από αυτή του κατωφλίου (συμβαίνει υπεργλυκαιμικό επεισόδιο), έχουμε:

- iii. Περίπτωση True Positive (TP): Ο αισθητήρας δείχνει κι αυτός υψηλότερη τιμή και αναγνωρίζει σωστά το επεισόδιο.
- iv. Περίπτωση False Negative(FN): Ο αισθητήρας δείχνει μικρότερη τιμή, αδυνατώντας να αναγνωρίσει το επεισόδιο.

Για την υλοποίηση ορίσαμε μετρητές που αυξάνουν κατά 1 κάθε φορά, παρατίθεται ο κώδικας σε R:

```
> #3
> tp1 <- tn1 <- fp1 <- fn1 <-0
> for (i in 1:nrow(data)) {
+   if(data[i,2]>180){
+     if(data[i,3]>180){
+       tp1 <- tp1 + 1
+     }
+     else fn1 <- fn1 + 1
+   }
+   else {
+     if(data[i,3]>180){
+       fp1 <- fp1 + 1
+     }
+     else tn1 <- tn1 + 1
+   }
+ }
> print(paste0("True Positive: ",tp1))
[1] "True Positive: 1513"
> print(paste0("True Negative ",tn1))
[1] "True Negative 3233"
> print(paste0("False Positive: ",fp1))
[1] "False Positive: 209"
> print(paste0("False Negative: ",fn1))
[1] "False Negative: 86"
```

Χρησιμοποιώντας αυτά τα μεγέθη υπολογίζουμε τα ακόλουθα:

Ευαισθησία:

```
> sens1 <- tp1/(tp1+fn1)
> print(paste0("Sensitivity: ",sens1))
[1] "Sensitivity: 0.946216385240775"
```

Ειδικότητα:

```
> spec1 <- tn1/(tn1+fp1)
> print(paste0("Specificity: ",spec1))
[1] "Specificity: 0.939279488669378"
```

Θετική Προγνωστική Αξία:

```
> posPredValue1 <- tp1/(tp1+fp1)
> print(paste0("Positive Predictive Value: ", posPredValue1))
[1] "Positive Predictive Value: 0.87862950058072"
```

Αρνητική Προγνωστική Αξία:

```
> negPredValue1 <- tn1/(tn1+fn1)
> print(paste0("Negative Predictive Value: ", negPredValue1))
[1] "Negative Predictive Value: 0.974088580897861"
```

Ακρίβεια:

```
> acc1 <- (tp1+tn1)/(tp1+tn1+fn1+fp1)
> print(paste0("Accuracy: ", acc1))
[1] "Accuracy: 0.94147986510613"
```

Παρατηρήσεις – Σχολιασμός:

- Η ευαισθησία είναι αρκετά υψηλή, κάτι το οποίο είναι πολύ θετικό, αφού αντιπροσωπεύει τον λόγο των ανιχνεύσιμων υπεργλυκαιμικών επεισοδίων προς το συνολικό πλήθος υπεργλυκαιμικών επεισοδίων.
- Η ειδικότητα έχει αρκετά υψηλή τιμή, κάτι το οποίο είναι θετικό, καθώς αντιπροσωπεύει τον λόγο των μη υπεργλυκαιμικών ενδείξεων προς το συνολικό πλήθος των μη υπεργλυκαιμικών επεισοδίων.

- Η Αρνητική Προγνωστική αξία έχει υψηλή τιμή που σημαίνει ότι αν δε γίνει ανίχνευση υπεργλυκαιμικού επεισοδίου, είναι αρκετά δύσκολο να συμβαίνει στην πραγματικότητα.
- Η Θετική Προγνωστική αξία έχει σχετικά υψηλή τιμή, οπότε αν γίνει ανίχνευση υπεργλυκαιμικού επεισοδίου, είναι πιθανό να συμβαίνει όντως.
- Η τιμή της ακρίβειας είναι αρκετά υψηλή και ικανοποιητική.

Συνολικά, φαίνεται να δίνεται ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα, παρά τα πιθανά σφάλματα και τις αποκλίσεις του αισθητήρα.

4)

Συμπερασματικά, έγινε αντιληπτό ότι η αξιολόγηση ενός αισθητήρα είναι πολύπλοκη διαδικασία που εξαρτάται κυρίως από πέντε παραμέτρους:

1. Ευαισθησία (ικανότητα σωστής ανίχνευσης της πάθησης)
2. Ειδικότητα (ικανότητα σωστής ανίχνευσης της «μη πάθησης»)
3. Θετική Προγνωστική Αξία (ποσοστό ατόμων που όντως πάσχουν σε συνάρτηση με αυτά που είχαν θετική διάγνωση)
4. Αρνητική Προγνωστική Αξία (ποσοστό ατόμων που όντως δεν πάσχουν σε συνάρτηση με αυτά που είχαν αρνητική διάγνωση)
5. Ακρίβεια (συνολική ακρίβεια των προβλέψεων)

Να σημειωθεί ότι για την αξιολόγηση των αισθητήρων πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όλες οι παραπάνω παράμετροι και άλλες ακόμη, δηλαδή δεν αρκεί να υπάρχει μόνο μεγάλη ακρίβεια. Ένα παράδειγμα για αυτό θα μπορούσε να είναι ένα διαγνωστικό σύστημα που έχει σκοπό να ανιχνεύσει μια πολύ σπάνια ασθένεια. Έστω, ότι αυτό το σύστημα δίνει πάντα αρνητικό αποτέλεσμα στη διαδικασία διάγνωσης για όλους, τότε θα έχει υψηλή ακρίβεια εξαιτίας του True Negative. Όμως, τα άτομα που όντως πάσχουν δεν θα το βρουν ποτέ. Επομένως, η αξιολόγηση των αισθητήρων είναι μια πολυπαραγοντική διαδικασία και τα κριτήρια μεταβάλλονται και αναλόγως τον σκοπό χρήσης. Για τους σκοπούς της παρούσας άσκησης, κρίνοντας συνολικά και για τις πέντε παραμέτρους που προαναφέρθηκαν, ο αισθητήρας ανταποκρίνεται ικανοποιητικά στην ανίχνευση υπογλυκαιμικών και υπεργλυκαιμικών επεισοδίων. Ίσως, λίγο καλύτερα στη δεύτερη περίπτωση εξαιτίας της υψηλότερης τιμής στην ευαισθησία.