

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Ειδίκευσης
στην Εφαρμοσμένη Πληροφορική



ΜΕΛΕΤΗ ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΕΙΡΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αβραμίκος Θωμάς-Μιλτιάδης

Επιβλέπων
Καραβασίλης Γεώργιος

ΣΕΡΡΕΣ – ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ, 2018

Ατμοσφαιρικοί ρύποι

- Πρωτογενείς: Μονοξείδιο του άνθρακα (CO), Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), Διοξείδιο του θείου (SO₂)
- Δευτερογενείς: Οξειδία του αζώτου (NO_x), Όζον (O₃)
- Αιωρούμενα σωματίδια

O₃

- Το όζον (O₃) είναι αέριο σχετικά άχρωμο στις συνηθισμένες τιμές των συγκεντρώσεών του, ενώ σε μεγαλύτερες έχει ένα γαλάζιο χρώμα
- Έχει χαρακτηριστική καυστική οσμή που γίνεται αντιληπτή σε συγκεντρώσεις πάνω από τα 20 ppb
- Θεωρείται σημαντικός και επικίνδυνος ρύπος, επειδή στις συγκεντρώσεις που εμφανίζεται σε ορισμένες ρυπασμένες περιοχές μπορεί να επηρεάσει και να βλάψει την υγεία των ανθρώπων, των ζώων και των φυτών

NO

- Το μονοξείδιο του αζώτου είναι ένα άχρωμο, άγευστο και άοσμο αέριο
- Η σημαντικότερη ανθρωπογενής πηγή του NO είναι η καύση ορυκτών καυσίμων και βιομάζας, επίσης εκπέμπεται από μικρόβια στο χώμα και τα φυτά
- Το πρόβλημα με το NO είναι κυρίως, ότι σταδιακά μετατρέπεται όλο σε διοξείδιο του αζώτου (NO_2), το οποίο μπορεί να δημιουργήσει περισσότερα προβλήματα στο περιβάλλον

NO₂

- Το διοξείδιο του αζώτου είναι ένα κιτρινωπό-καφέ αέριο που δίνει στην αιθαλομίχλη (αστικό νέφος) το χαρακτηριστικό της καφέ χρώμα
- Είναι ένα πολύ δραστικό χημικό συστατικό που ανήκει στην κατηγορία των οξειδωτικών (έχει την ικανότητα να απομακρύνει ηλεκτρόνια από τα μόρια)
- Χάρη σε αυτή την ιδιότητα το NO₂ καθίσταται βιολογικά επιβλαβές

Χρονοσειρές

- Ένα σύνολο αποτελούμενο από παρατηρήσεις που λαμβάνονται διαδοχικά στο χρόνο καλείται χρονοσειρά
- Ο κυριότερος στόχος στην ανάλυση χρονοσειρών είναι η επιλογή και προσαρμογή κατάλληλου μοντέλου που να προσεγγίζει ικανοποιητικά τα δεδομένα, καθώς και η χρησιμοποίηση του μοντέλου για πρόβλεψη

Χαρακτηριστικά χρονοσειρών

- Τάση (κλίση): Ο όρος αυτός ορίζεται με έναν μη αυστηρό τρόπο σαν μια μακράς διάρκειας αλλαγή στη μέση τιμή της χρονοσειράς
- Περιοδικότητα (εποχικότητα): Αυτός ο τύπος της μεταβολής γίνεται αντιληπτός εύκολα και μπορεί να μετακινηθεί για την παραγωγή μιας νέας χρονοσειράς χωρίς εποχιακή περιοδικότητα
- Άλλες ακανόνιστες διακυμάνσεις: Μετά την μετακίνηση των μεταβολών που οφείλονται στην κλίση και στην περιοδικότητα από τη χρονοσειρά, έχουμε απομείνει με μία σειρά υπολοίπων, η οποία μπορεί να είναι ή να μην είναι τυχαία

Βασικές στοχαστικές διαδικασίες

- Λευκός θόρυβος: Μια χρονοσειρά X_t , $t = 1, 2, \dots, n$ είναι διακριτός λευκός θόρυβος αν οι μεταβλητές τις είναι ανεξάρτητες και ομοίως κατανομημένες με μέση τιμή μηδέν
- Τυχαίος περίπατος: Μια χρονοσειρά $\{X_t\}$ λέγεται τυχαίος περίπατος αν: $X_t = X_{t-1} + Z_t$

Αυτοπαλινδρομικά μοντέλα

AR(p)

Μια χρονοσειρά $\{X_t\}$ περιγράφεται από ένα αυτοπαλινδρομικό μοντέλο τάξεως p , αν

$$X_t = \varphi_1 X_{t-1} + \dots + \varphi_p X_{t-p} + Z_t$$

όπου η μεταβλητή X_t , δεν εξαρτάται από άλλες ανεξάρτητες μεταβλητές αλλά από προηγούμενες τιμές του X_t . Ο τυχαίος περίπατος είναι μία ειδική περίπτωση AR(1) με $\varphi_1 = 1$.

Μοντέλα μετακινούμενου μέσου όρου MA(q)

Μία διεργασία κινητού μέσου όρου τάξεως q είναι ένας γραμμικός συνδυασμός του παρόντος όρου λευκού θορύβου και των q πιο πρόσφατων όρων λευκού θορύβου και ορίζεται ως

$$X_t = \theta_0 Z_t + \theta_1 Z_{t-1} + \dots + \theta_q Z_{t-q}$$

Μικτά μοντέλα, η διαδικασία ARMA

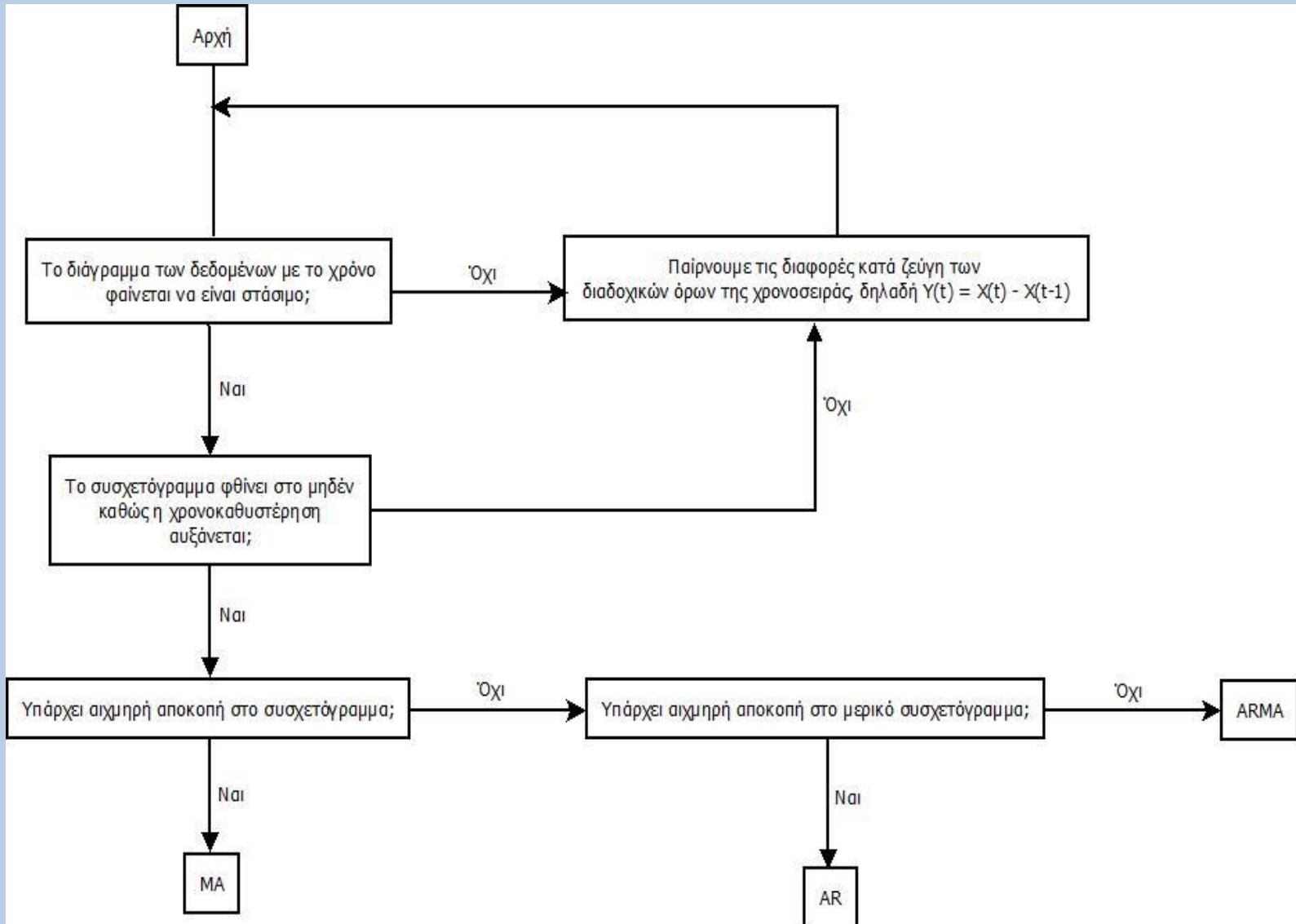
Ένα μικτό αυτοπαλινδρομικό μοντέλο μετακινούμενου μέσου όρου που περιέχει p AR όρους και q MA όρους, λέγεται ότι είναι τάξης (p,q) . Το μοντέλο αυτό δίνεται από τη σχέση

$$X_t = \varphi_1 X_{t-1} + \dots + \varphi_p X_{t-p} + Z_t + \theta_1 Z_{t-1} + \dots + \theta_q Z_{t-q}$$

Μοντέλα ARIMA & SARIMA

- Μια χρονοσειρά $\{X_t\}$, ακολουθεί μια διαδικασία ARIMA(p,d,q) αν οι d-οστές διαφορές της $\{X_t\}$ είναι μια ARMA(p,q) διαδικασία
- Ένα εποχικό ARIMA μοντέλο (SARIMA) χρησιμοποιεί την μέθοδο των διαφορών σε μια χρονοκαθυστέρηση, ίση με τον αριθμό των περιόδων (s) ώστε να αποβάλει πρόσθετες εποχικές επιδράσεις
- Για παράδειγμα ένα εποχικό ARMA(2,1) μοντέλο, με $s = 12$, θα χρησιμοποιούσε τα X_{t-12} , X_{t-24} και Z_{t-12} για να προβλέψει το X_t

Επιλογή μοντέλου

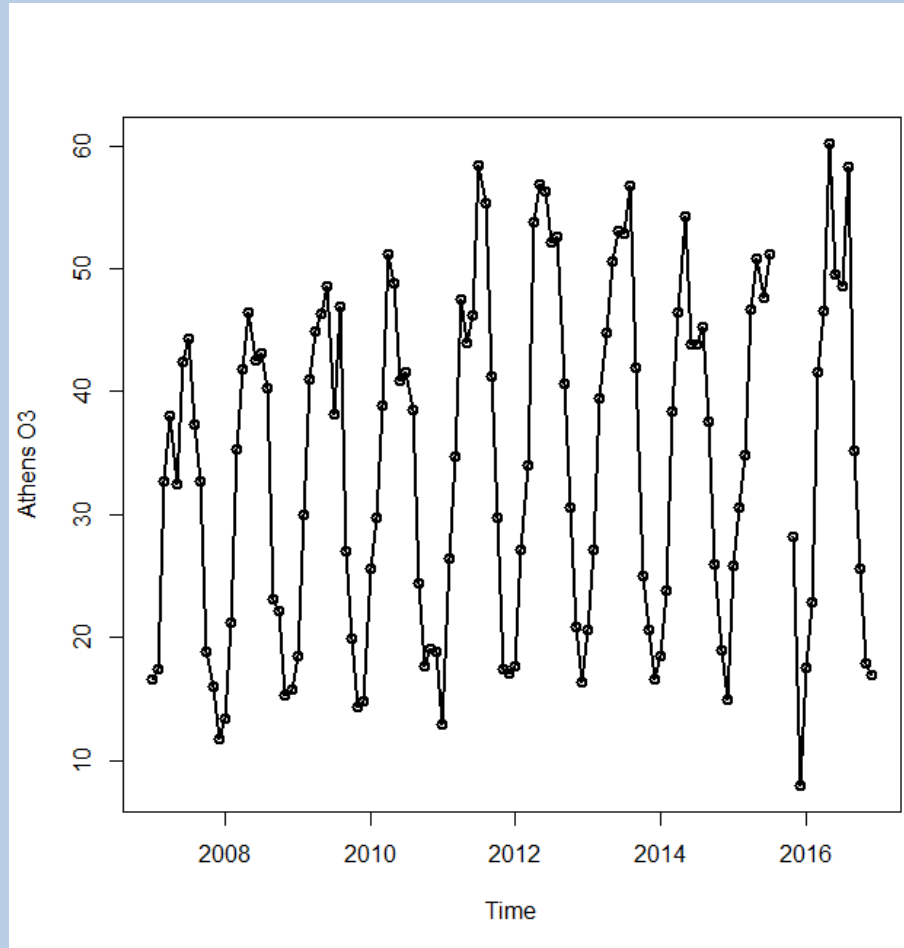


Επεξεργασία για το όζον Αθήνας σε R (1)

Με τις παρακάτω εντολές δημιουργούμε τη χρονοσειρά Athens_O3.ts και παίρνουμε το γράφημα της:

```
Athens_O3.ts <- ts  
(Athens_O3$O3, start=c(2007,  
1), frequency=12)
```

```
plot(Athens_O3.ts, type="o",  
lwd=2, ylab="Athens O3")
```



Επεξεργασία για το όζον Αθήνας σε R (2)

Με την εντολή `model <- auto.arima(Athens_O3.ts)`
παίρνουμε το μοντέλο SARIMA (1,0,0)(1,0,0)[12] και αυτά τα
χαρακτηριστικά:

Coefficients:

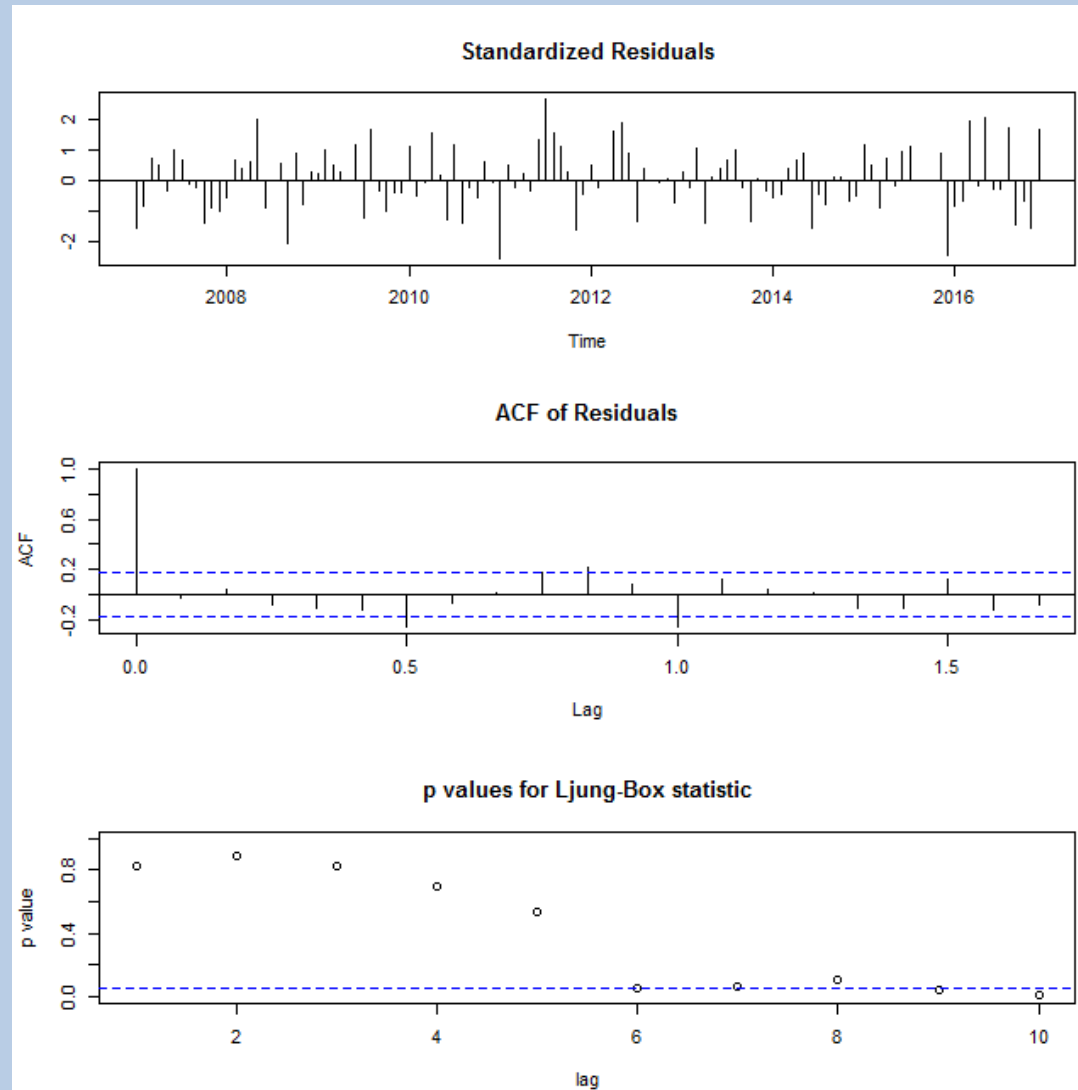
	ar1	sar1	mean
	0.4907	0.8038	33.6408
s.e.	0.0951	0.0577	3.7995

sigma² estimated as 31.72: log likelihood=-375.5

AIC=758.99 AICc=759.34 BIC=770.14

Επεξεργασία για το όζον Αθήνας σε R (3)

Επίσης με την εντολή
`tsdiag` παίρνουμε
αυτά τα διαγνωστικά
για το μοντέλο:



Η συνάρτηση Ljung-Box

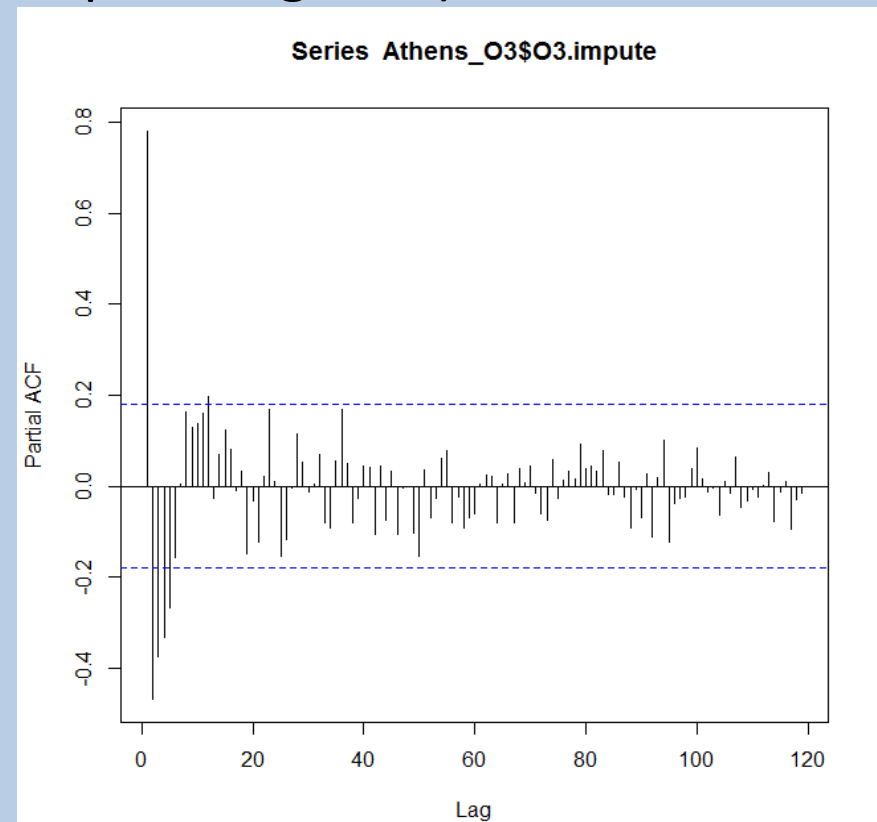
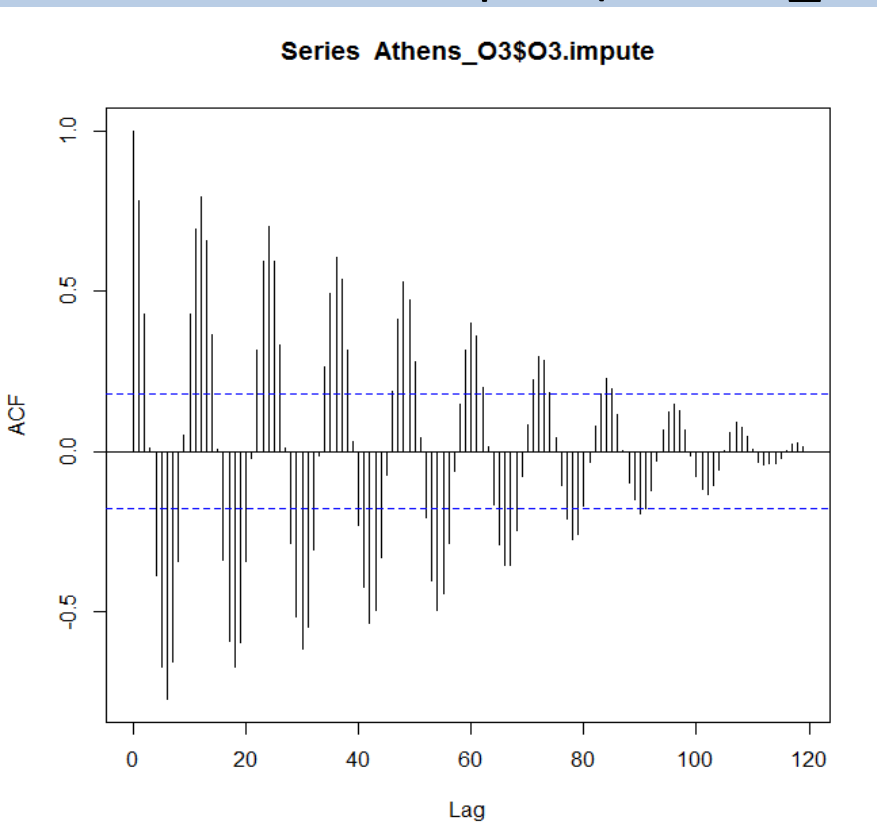
Είναι μια συνάρτηση, που χρησιμοποιεί η R, που εξετάζει τα κατάλοιπα μιας χρονοσειράς, για να δούμε αν ο πληθυσμός των αυτοσυσχετίσεων των σφαλμάτων μπορεί να είναι μηδέν (μέχρι ένα συγκεκριμένο βαθμό). Μια μικρή p-value, για παράδειγμα της τάξεως < 0.05 , υποδεικνύει την πιθανότητα μη μηδενικής αυτοσυσχέτισης μέσα στις πρώτες m καθυστερήσεις, κάτι που δεν είναι επιθυμητό.

Επεξεργασία για το όζον Αθήνας σε R

(4)

Οι συντελεστές αυτοσυσχέτισης και μερικής αυτοσυσχέτισης της χρονοσειράς προκύπτουν με τις εντολές:

```
acf(Athens_O3$O3.impute, lag=120)  
pacf(Athens_O3$O3.impute, lag=120)
```



Επεξεργασία για το όζον Αθήνας σε R (5)

Με την εντολή `model <- arima(Athens_O3$O3, order=c(5,0,2), seasonal = list(order = c(1, 0, 1), period = 12))`

φτιάχνουμε το μοντέλο

SARIMA (5,0,2)(1,0,1)[12], με αυτά τα χαρακτηριστικά:

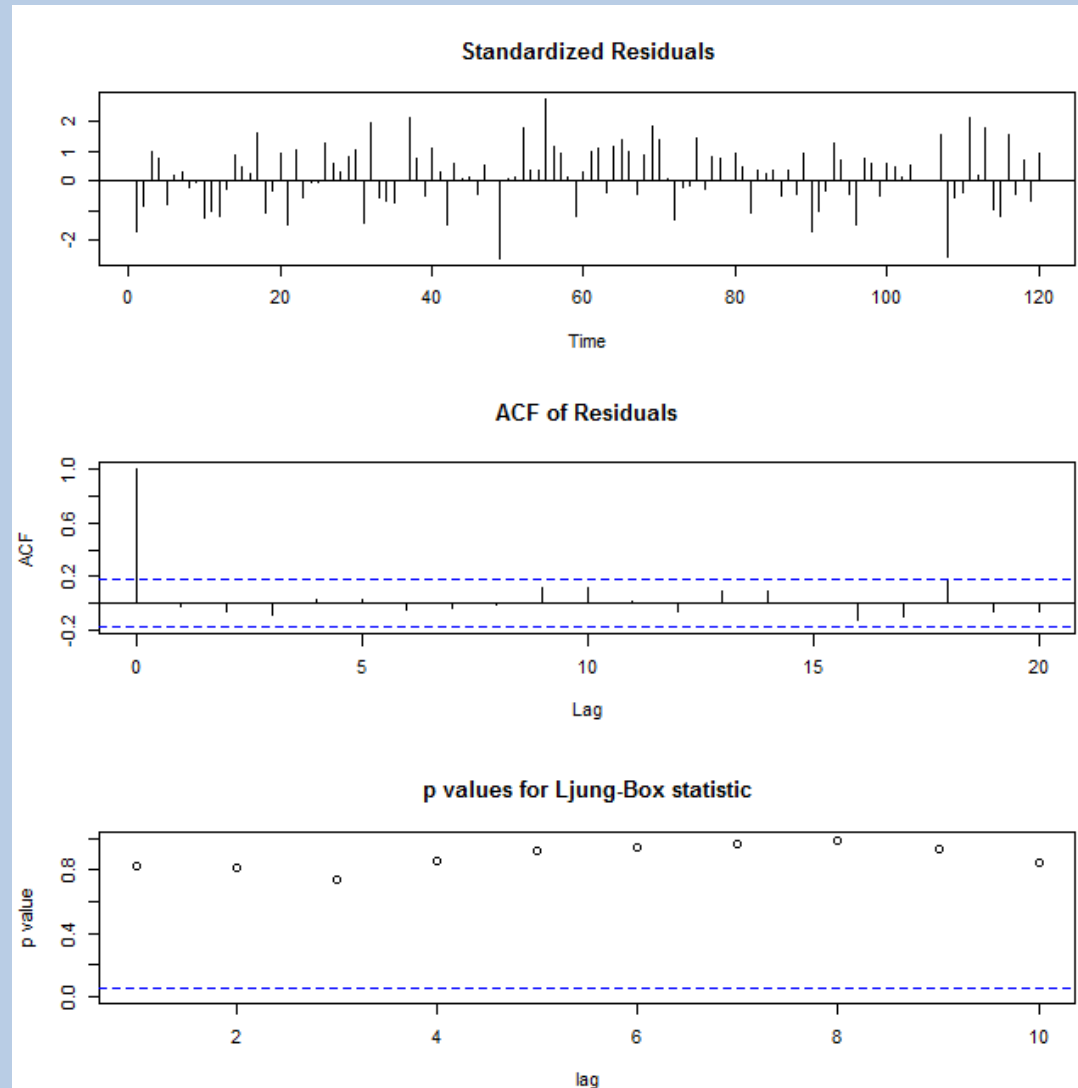
Coefficients:

ar1	ar2	ar3	ar4	ar5	ma1	ma2
1.4973	-1.0338	0.1417	0.0007	-0.0007	-1.2111	1.0000
s.e. 0.1180	0.1881	0.2103	0.1881	0.1178	0.0580	0.0436
sar1	sma1	intercept				
0.9718	-0.6208	33.8501				
s.e. 0.0205	0.1105	3.8543				

sigma² estimated as 18.62: log likelihood = -350.42, aic = 722.84

Επεξεργασία για το όζον Αθήνας σε R (6)

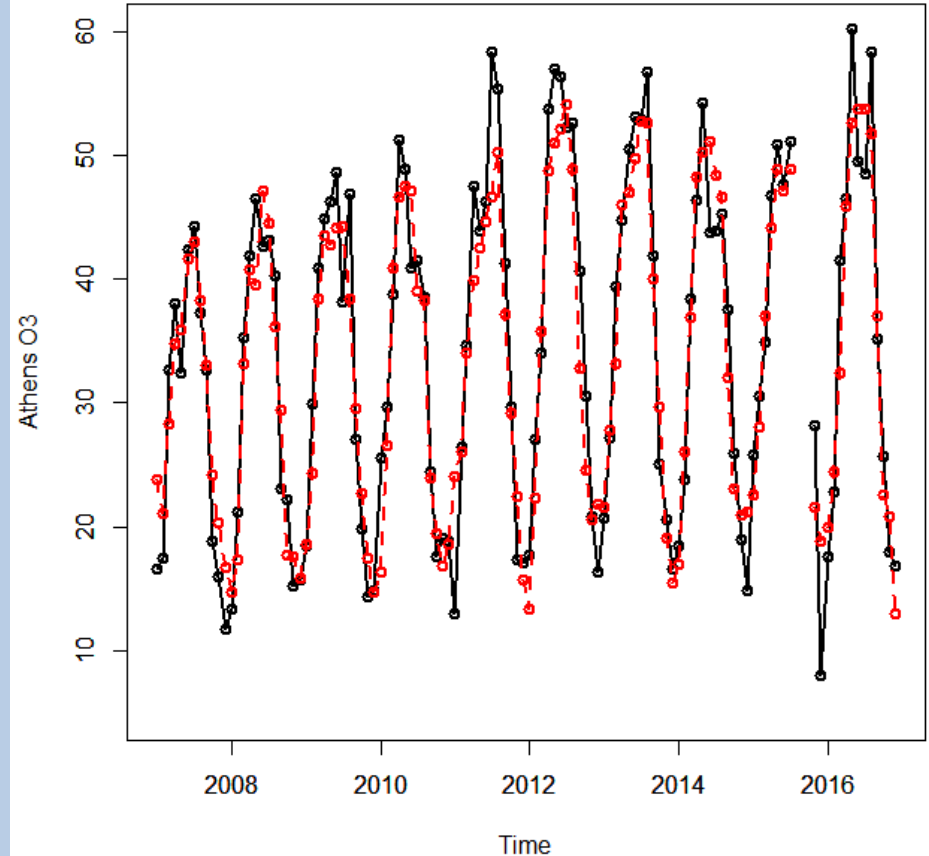
Τέλος και πάλι με την εντολή `tsdiag` παίρνουμε τα διαγνωστικά του μοντέλου. Όπως βλέπουμε από τα διαγνωστικά της στατιστικής Ljung-Box αλλά και συγκρίνοντας τους συντελεστές AIC, αυτό είναι το πιο ικανοποιητικό μοντέλο.



Επεξεργασία για το όζον Αθήνας σε R (7)

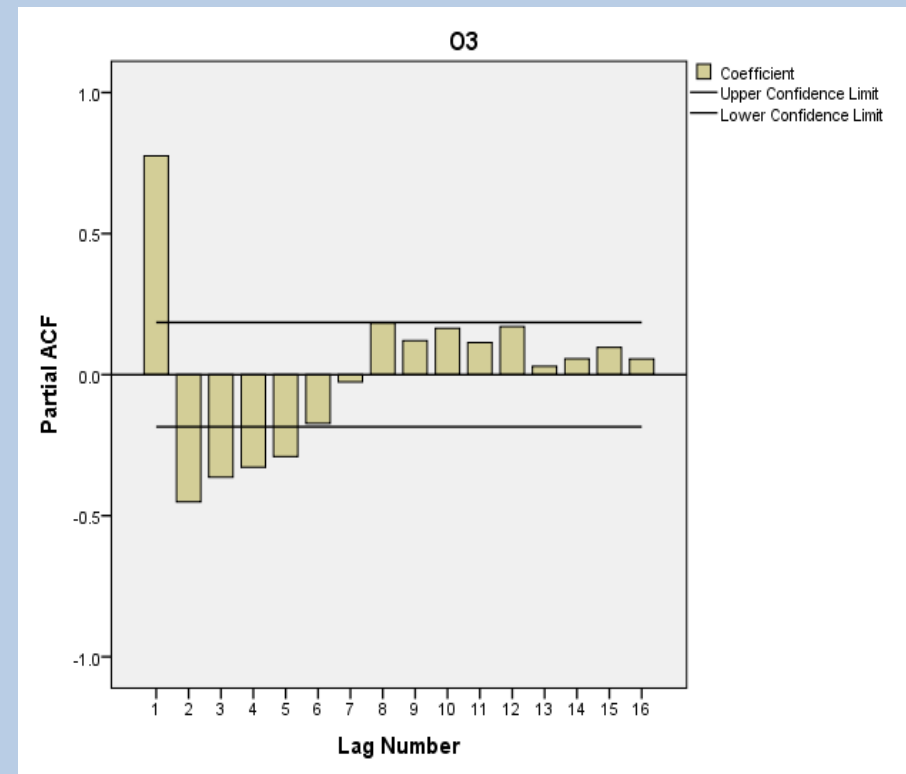
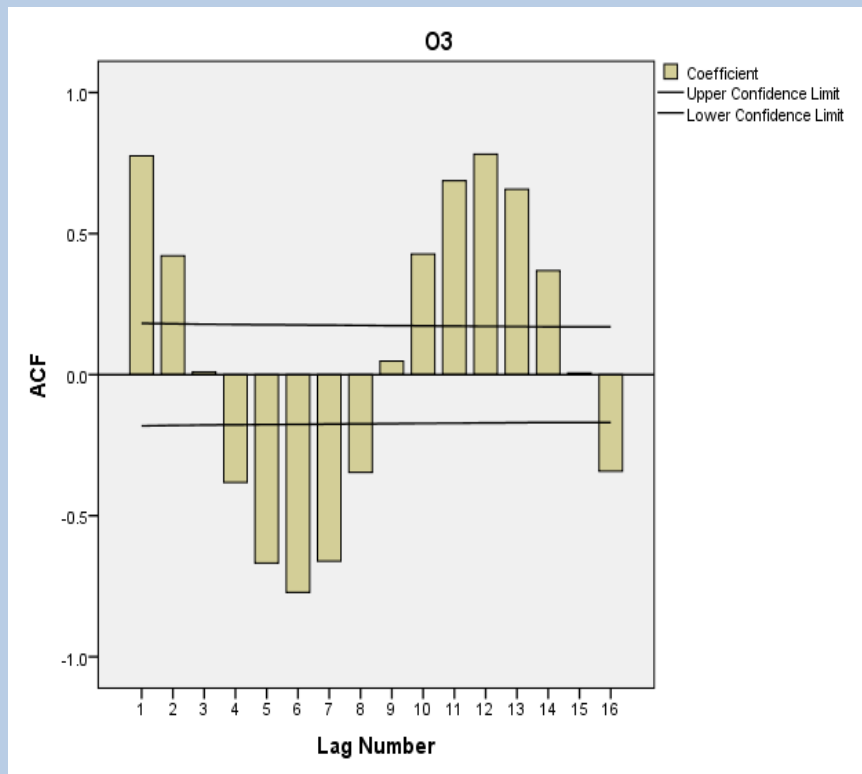
Η χρονοσειρά (μαύρο) μαζί με τις εκτιμώμενες από το καλύτερο μοντέλο τιμές (κόκκινο) προκύπτει από την εντολή:

```
plot(Athens_O3$date,  
     fitted(model), col="red",  
     type="o", lty=2, lwd=2,  
     xlab="", ylab="", ylim=c(5,  
     60))
```

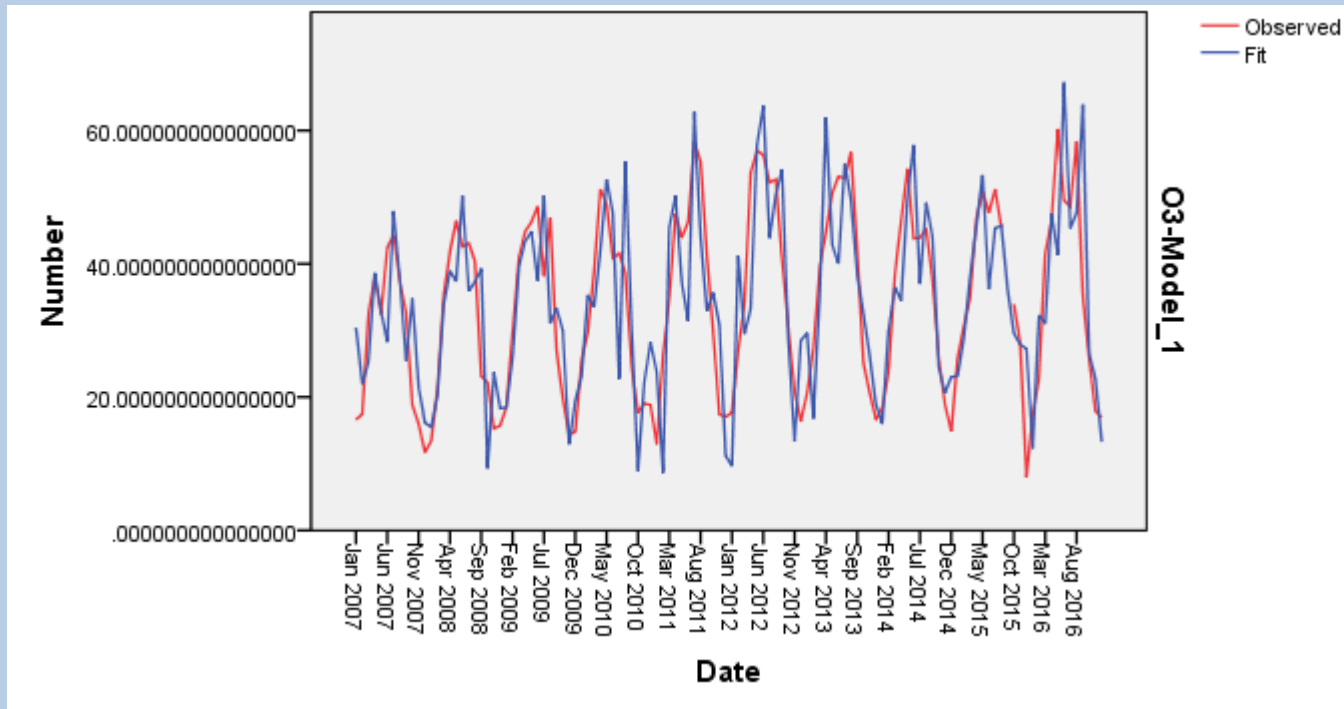


Επεξεργασία για το όζον Αθήνας σε SPSS (1)

Οι συντελεστές συσχέτισης και μερικής αυτοσυσχέτισης της χρονοσειράς.

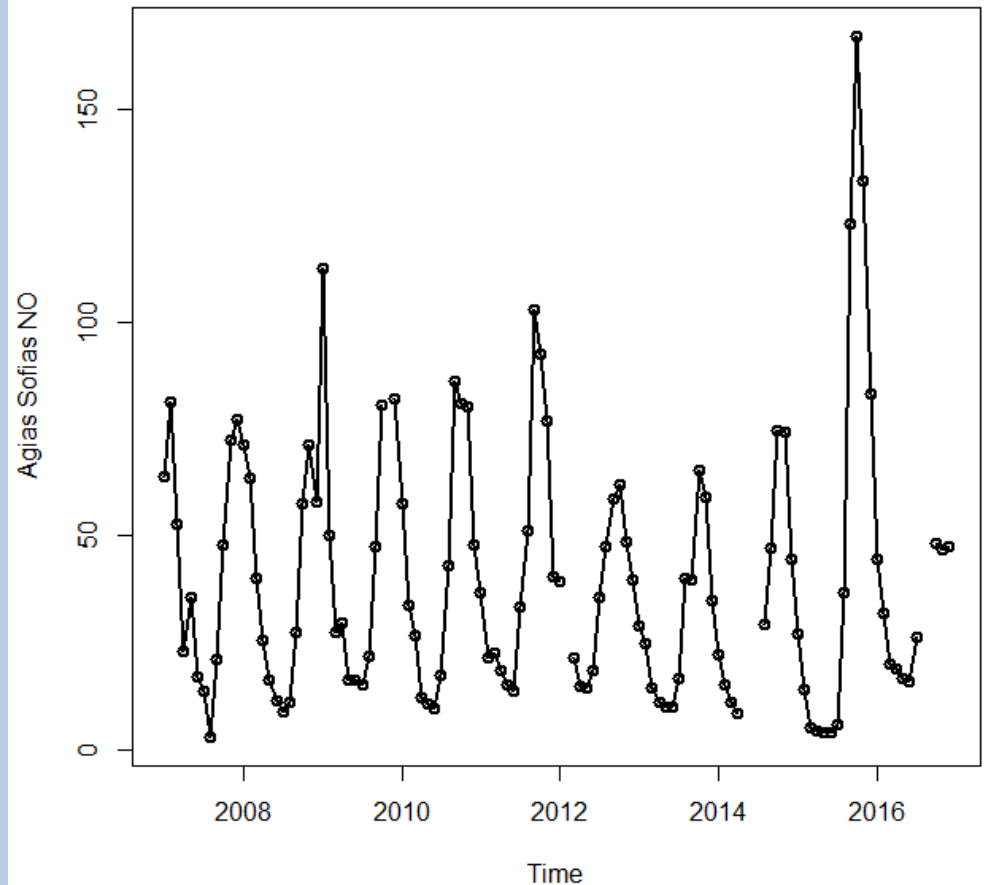


Επεξεργασία για το όζον Αθήνας σε SPSS (2)



Επεξεργασία για το μονοξείδιο του αζώτου Αγίας Σοφίας σε R (1)

Με χρήση των ίδιων εντολών με προηγουμένως έχουμε αρχικά το γράφημα της χρονοσειράς.



Επεξεργασία για το μονοξείδιο του αζώτου Αγίας Σοφίας σε R (2)

Τα χαρακτηριστικά του μοντέλου που παίρνουμε με την εντολή `auto.arima` φαίνονται παρακάτω:

Coefficients:

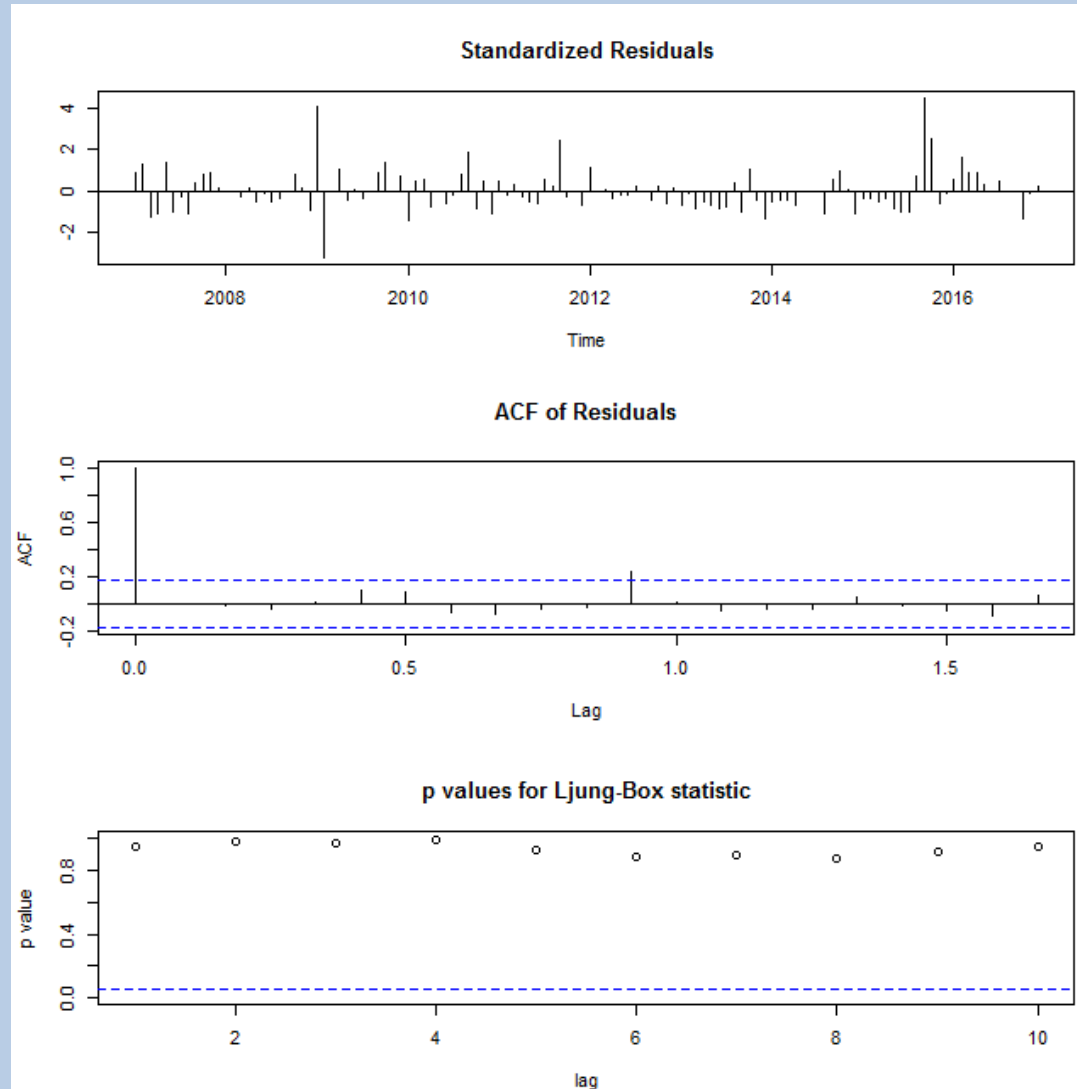
ar1	ar2	ma1	sar1	mean
1.5284	-0.7737	-0.6577	0.2537	39.7654
s.e. 0.0795	0.0655	0.1074	0.1014	2.5412

sigma² estimated as 220.1: log likelihood=-469.04

AIC=950.07 AICc=950.82 BIC=966.8

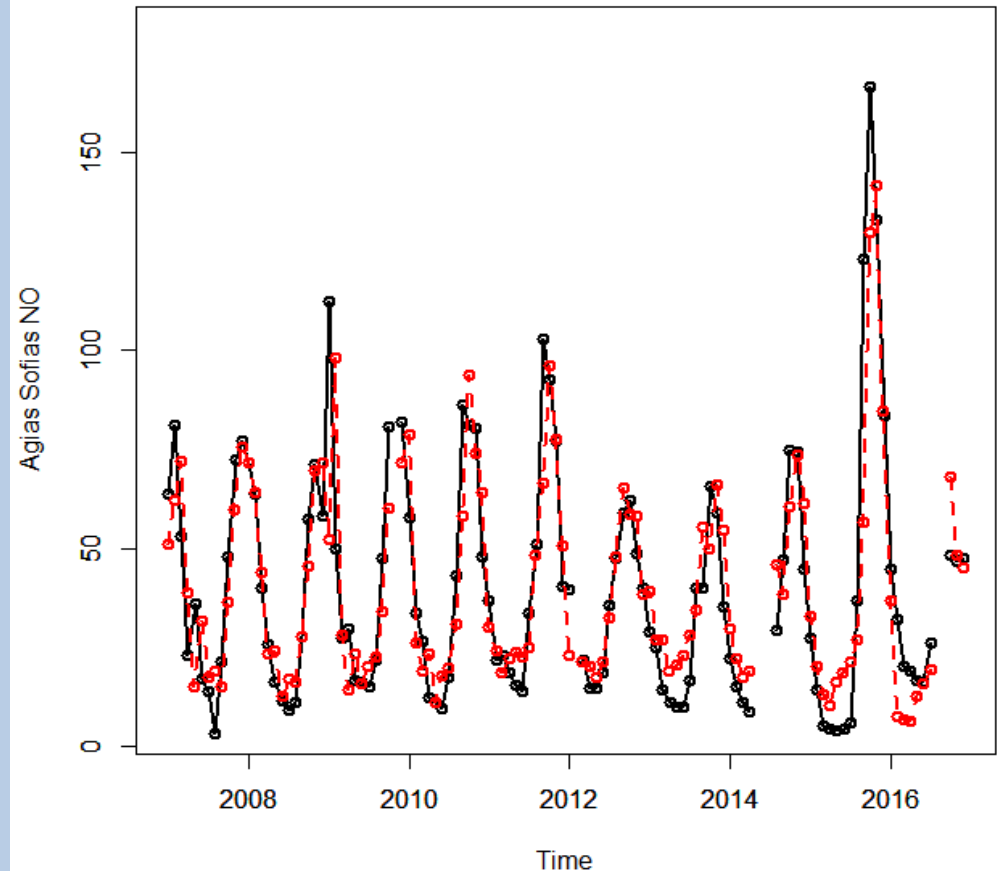
Επεξεργασία για το μονοξείδιο του αζώτου Αγίας Σοφίας σε R (3)

Τα διαγνωστικά του μοντέλου SARIMA (2,0,1)(1,0,0) που προέκυψε είναι αυτά και εφόσον το μοντέλο ικανοποιεί σταματάμε τη διαδικασία για την εύρεση καλύτερου.



Επεξεργασία για το μονοξείδιο του αζώτου Αγίας Σοφίας σε R (4)

Εδώ βλέπουμε τη χρονοσειρά του NO με τις εκτιμώμενες από το μοντέλο τιμές (fitted values).



Συμπεράσματα (1): Τάσεις

- Το διοξείδιο του αζώτου για το σταθμό των Αθηνών έχει σαφή πτωτική τάση με το χρόνο
- Το όζον για το σταθμό του Πειραιά φαίνεται να έχει πτωτική τάση μετά το έτος 2013
- Το μονοξείδιο του αζώτου για τον σταθμό του Πειραιά εμφανίζει πτωτική τάση από το 2007 ως το 2013
- Το διοξείδιο του αζώτου για το σταθμό της Αγίας Σοφίας φαίνεται να έχει πτωτική τάση κατά το έτος 2009
- Το διοξείδιο του αζώτου για τον σταθμό Α.Π.Θ. φαίνεται να έχει τάση μείωσης από το 2007 ως το 2014 και έπειτα τάση αύξησης

Συμπεράσματα (2): Μοντέλα (S)ARIMA

- Η εντολή `auto.arima` είναι ένα εύχρηστο εργαλείο για γρήγορα αποτελέσματα όμως δεν έχει την ευελιξία που έχουμε όταν ορίζουμε εμείς τις παραμέτρους όπως με την εντολή `arima`
- Τα τελικά μοντέλα είναι ως επί το πλείστον εποχικά, πράγμα αναμενόμενο λόγω της περιοδικής φύσης των μετρήσεων
- Τα μοντέλα (S)ARIMA αποτελούν έναν κατάλληλο τρόπο για την περιγραφή και την ερμηνεία τέτοιων χρονοσειρών και ένα χρήσιμο εργαλείο για μελλοντικές προβλέψεις

Σας ευχαριστώ πολύ για την
προσοχή σας!