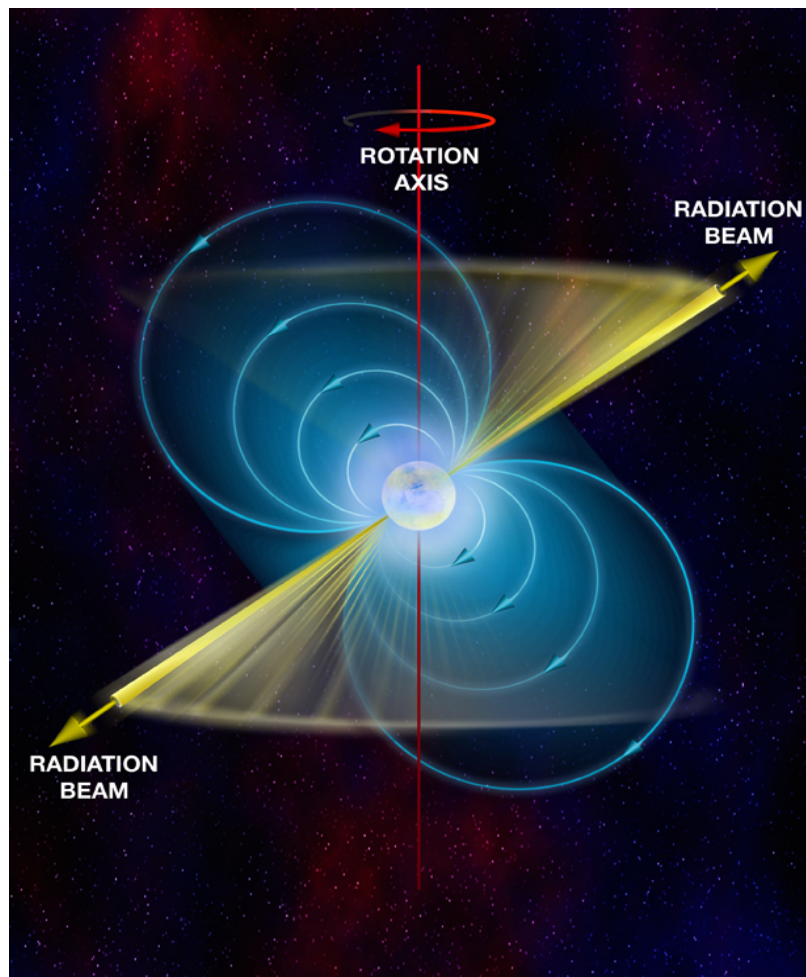


**ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΑΣΤΡΟΦΥΣΙΚΗΣ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ**

**Πτυχιακή Εργασία
του Κοσμά Χ. Λαζαρίδη**

**ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ
ΤΗΣ ΣΙΓΑΣΗΣ ΤΩΝ ΑΣΤΕΡΩΝ ΝΕΤΡΟΝΙΩΝ
(PULSARS)**



**Επιβλέπων Καθηγητής
Ιωάννης Χ. Σειραδάκης**

Φεβρουάριος 2006

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή	σελ. 3
Περιγραφή του προγράμματος και ανάλυση	σελ. 3
Παρατηρήσεις	σελ. 3
Περιγραφή προγράμματος	σελ. 4
Ανάλυση	σελ. 6
Αποτελέσματα της ποσοτικής ανάλυσης για την σίγαση των παλμών	σελ.11
Σίγαση συναρτήσει ηλικίας	σελ.11
Σίγαση συναρτήσει γωνιών εκπομπής	σελ.14
Συμπεράσματα	σελ.22

Εισαγωγή

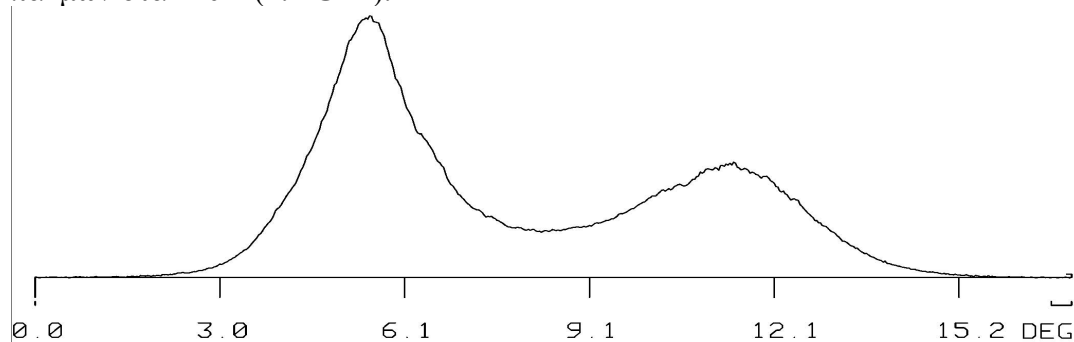
Οι Pulsars είναι ισχυρά μαγνητισμένοι και ταχέως περιστρεφόμενοι αστέρες νετρονίων που εκπέμπουν στενούς ραδιοφωνικούς παλμούς κατά μήκος του άξονα του μαγνητικού τους πεδίου, συχνά ισχυρά πολωμένους. Το μαγνητικό τους πεδίο είναι μεγαλύτερο από 10^{12} Gauss και η περίοδος περιστροφής τους εκτείνεται από 1,397 ms έως 8,5 sec. Η επιφανειακή θερμοκρασία των pulsars είναι $T = 10^6$ - 10^7 K και η διάμετρος τους περίπου 20 km. Παρατηρήσεις έχουν δείξει ότι οι υψηλές συχνότητες εκπέμπονται κοντά στην πολική επιφάνεια και οι χαμηλές από ψηλότερες περιοχές. Επίσης υπάρχουν μερικοί pulsars που έχουν παρατηρηθεί και σε ακτίνες X, ακτίνες γ και οπτικά. Ως τώρα έχουν ανιχνευτεί περίπου 1700 pulsars, κυρίως κατά μήκος του γαλαξιακού επιπέδου και μερικοί στο μεγάλο Μαγγελανικό νέφος. Το όνομά τους καθιερώθηκε να βγαίνει από τα γράμματα της λέξης pulsar, PSR που ακολουθούνται από ένα τετραψήφιο αριθμό που υποδεικνύει την ορθή αναφορά και από + ή - και ένα διψήφιο αριθμό που υποδεικνύει την απόκλιση του pulsar.

Περιγραφή του Προγράμματος και Ανάλυση

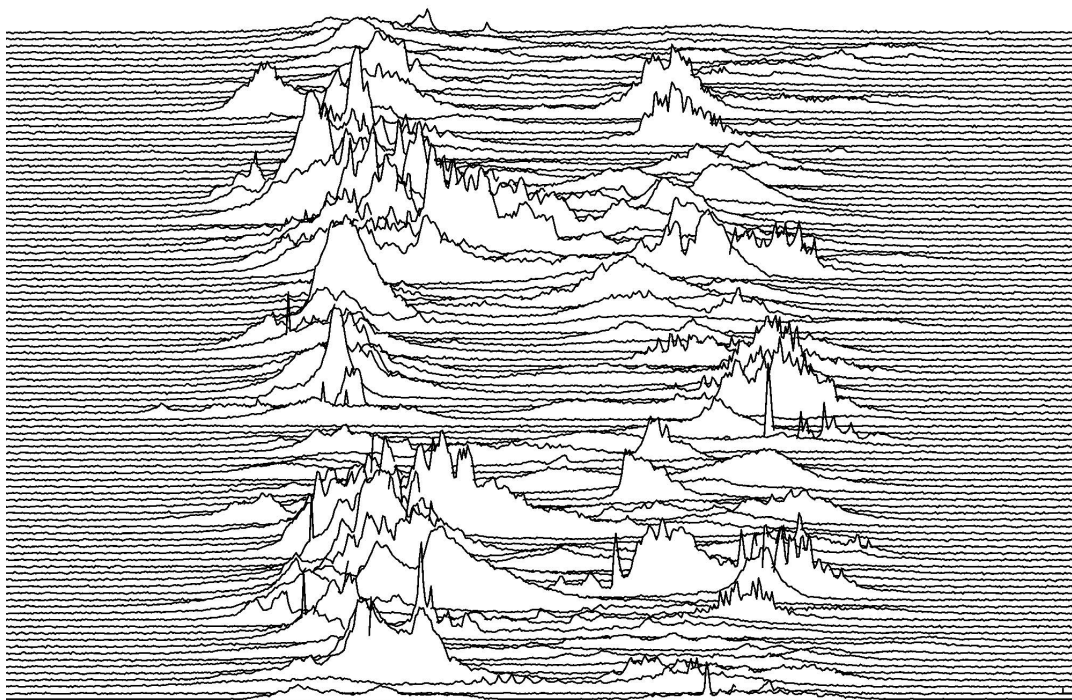
Παρατηρήσεις

Το ολοκληρωμένο προφίλ του κάθε pulsar είναι γενικά πολύ σταθερό έχοντας ένα πολύ χαρακτηριστικό σχήμα (Εικόνα 1). Από την άλλη όταν μελετώνται απλοί (μεμονωμένοι) παλμοί (Εικόνα 2) με υψηλή χρονική ανάλυση, τότε παρατηρείται ποικιλία σχημάτων από τη μια περίοδο στην άλλη αντικατοπτρίζοντας την δομή του μαγνητικού πεδίου και μιας πολύπλοκης διαδικασίας εκφόρτισης, η οποία πιθανολογείται ότι συμβαίνει πάνω από τους μαγνητικούς πόλους.

Το φαινόμενο της σίγασης των παλμών είναι μια πολύπλοκη διαδικασία κατά την οποία ο pulsar παύει να ακτινοβολεί για μερικούς ως μερικές εκατοντάδες παλμούς. Κάθε pulsar έχει τελείως διαφορετικά χαρακτηριστικά σίγασης, τα οποία επίσης αλλάζουν από συνιστώσα σε συνιστώσα. Στην συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιήσαμε απλούς παλμούς από 24 pulsars (Πίνακας 1) οι οποίοι έχουν παρατηρηθεί με το ραδιοτηλεσκόπιο των 100 μέτρων στο Effelsberg του Ινστιτούτου ραδιοαστρονομίας Max-Planck στη Βόννη από το 1991 ως το 1994. Η διακριτική ικανότητα χρόνου εκτεινόταν από μερικές δεκάδες μέχρι μερικές εκατοντάδες ms και αναλύσαμε ακολουθίες από μερικές εκατοντάδες μέχρι μερικές χιλιάδες απλών παλμών στα 21cm (1.4 GHz).



Εικόνα 1: Ολοκληρωμένο διπλό προφίλ (με δύο συνιστώσες) του PSR 1133+16.



Εικόνα 2: Ακολουθία απλών παλμών του PSR 1133+16.

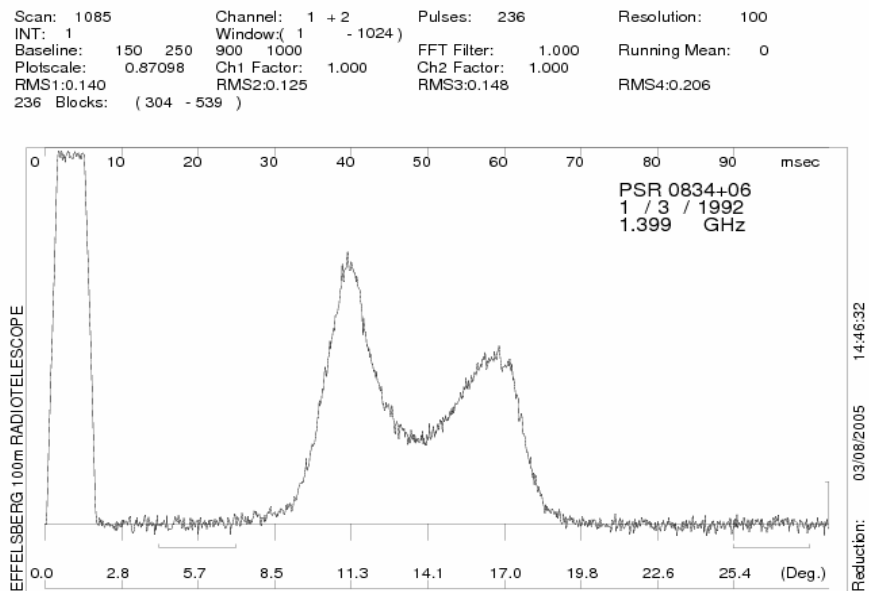
ΠΙΝΑΚΑΣ 1

PSR0301+19	PSR0950+08	PSR1944+17
PSR0329+54	PSR1133+16	PSR1952+29
PSR0450+55	PSR1237+25	PSR2016+28
PSR0525+21	PSR1642-03	PSR2020+28
PSR0540+21	PSR1706-16	PSR2021+51
PSR0628-28	PSR1749-28	PSR2217+47
PSR0823+26	PSR1822-09	PSR2319+60
PSR0834+06	PSR1933+16	PSR2351+61

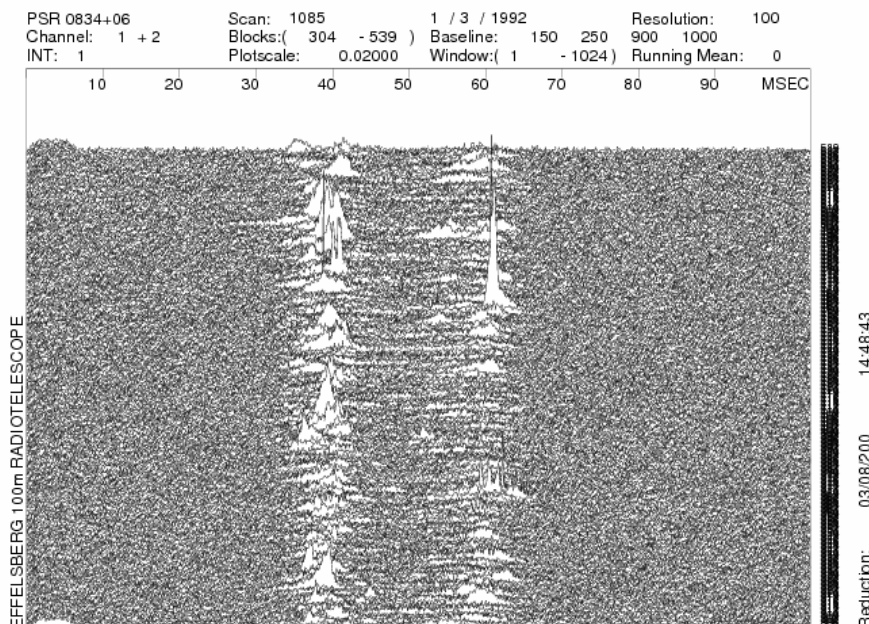
Περιγραφή Προγράμματος

Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήσαμε για τον υπολογισμό και την ανάλυση των παρατηρήσεων των 24 pulsars ήταν το «jhs puls» το οποίο δημιουργήθηκε και εξελίχθηκε από τους W. Sieber, A. Sievers, A. Jessner, J.H. Seiradakis and M. Kramer για να μελετά και να υπολογίζει στατιστικά μεγέθη της εκπομπής των pulsars. Είναι ένα πρόγραμμα γραμμένο σε Fortran 77 και στην αρχική του μορφή είχε ως βασικό σκοπό τον υπολογισμό των τεσσάρων στατιστικών μεγεθών (Μέση Τιμή, Τυπική Απόκλιση, Ασυμμετρία και Κύρτωση) των απλών παλμών. Τα βασικά στοιχεία του προγράμματος που χρησιμοποιήσαμε ήταν οι υπολογισμοί της μέσης τιμής, του rms, της τυπικής απόκλισης και της ενέργειας των παλμών και φυσικά και τη γραφική αναπαράσταση των ολοκληρωμένων προφίλ και των ακολουθιών των απλών παλμών. Ο υπολογισμός της σίγασης των παλμών δεν ήταν ακόμα μέρος του προγράμματος, αν και με την ύπαρξη των προηγούμενων είχαμε μια πολύ σταθερή βάση πάνω στην οποία μπορούσαμε να καταστήσουμε δυνατή την ποσοτική μελέτη του φαινομένου. Έτσι, φτιάξαμε μια υπορουτίνα η οποία θα μπορούσε να μετράει

τους παλμούς που σίγαζαν, κατά την διάρκεια μιας μικρής ή μεγάλης ακολουθίας απλών παλμών, και παίρναμε τα αποτελέσματα σε ένα πίνακα που έδειχνε την ακολουθία και των συνολικό αριθμό των παλμών που παρουσίαζαν σίγαση. Είχαμε με αυτόν τον τρόπο έναν πίνακα έτοιμο να συγκριθεί με τα οπτικά μας στοιχεία, τις γραφικές παραστάσεις των ακολουθιών (Εικόνα 3α, β και Πίνακας 2).



Εικόνα 3α: Ολοκληρωμένο διπλό προφίλ (με δύο συνιστώσες) του PSR 0834+06.



Εικόνα 3β: Ακολουθία 236 απλών παλμών για τον PSR 0834+06 όπου φαίνεται ότι η δεύτερη συνιστώσα έχει περισσότερους παλμούς σε σίγαση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

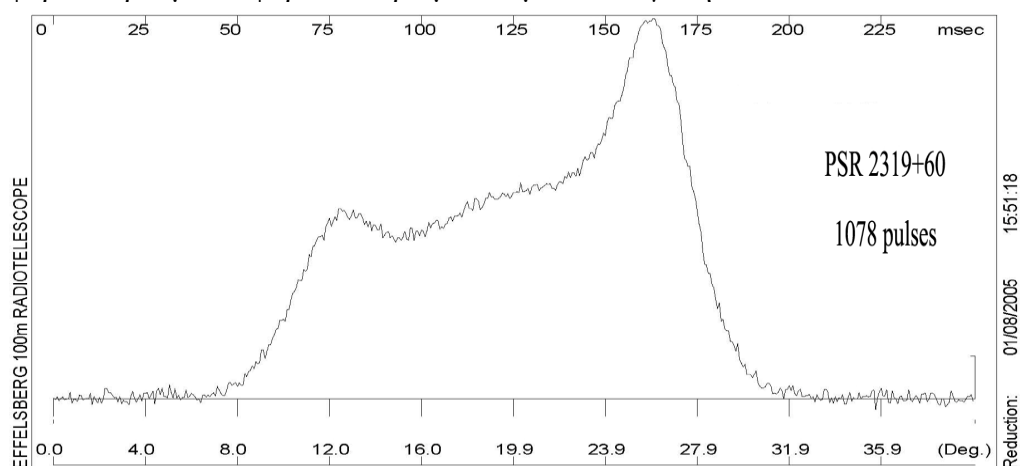
```
0 The nulling matrix is: 25 13 9 5 1 2 1 0 0 1 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
The number of nulls is: 132
```

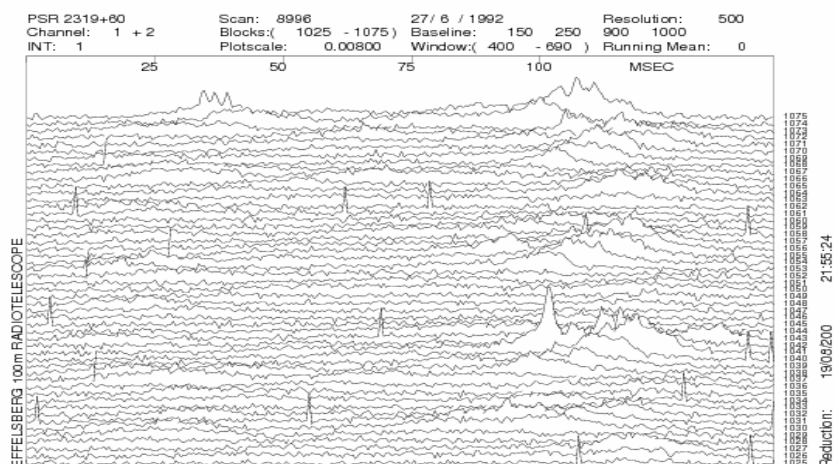
Ο πίνακας 2 είναι μια μικρογραφία του πραγματικού πίνακα που αποτελείται από 1024 στοιχεία του συνολικού προφίλ του 0834+06. Οι παλμοί σε σίγαση της πρώτης συνιστώσας είναι 133 και του δεύτερου 192, μια διαφορά που περιμέναμε σύμφωνα με την λεπτομερή σύγκριση με την γραφική ακολουθία. Στο κεφάλαιο που ακολουθεί παρουσιάζονται τα προβλήματα μέχρι την ολοκλήρωση του προγράμματος και ο τρόπος που λύθηκαν ώστε να μπορέσουμε να κάνουμε την ποσοτική ανάλυση, όπως φυσικά και η ίδια η ανάλυση.

Ανάλυση

Η κύρια έννοια σε αυτήν την ανάλυση ήταν να είμαστε σίγουροι ότι ο αριθμός των παλμών σε σίγαση που θα υπολόγιζε το πρόγραμμά μας θα είναι ίδιος ή πολύ κοντά με τον αριθμό των σιγαζόμενων παλμών που κάποιος μπορεί να πάρει οπτικά σε μεγάλες ακολουθίες απλών παλμών με καλό σήμα. Το πρόβλημα αυτό ξεπεράστηκε καθορίζοντας την μέση ισχύ κάθε απλού παλμού εντός του ολοκληρωμένου προφίλ. Όταν αυτή η ισχύς ήταν κάτω από ένα συγκεκριμένο κατώφλι, τότε ο απλός παλμός θεωρούνταν ως σιγαζόμενος. Οι απλοί παλμοί είναι γνωστό ότι είναι πολύ πιο στενοί από το ολοκληρωμένο προφίλ. Έτσι, καθώς υπολογίζαμε την μέση ισχύ, όλα τα σημεία των δεδομένων κατά μήκος του παραθύρου του ολοκληρωμένου προφίλ που δεν ξεπερνούσαν το ύψος των 3σ , αποκλείονταν. Το σ (τυπική απόκλιση) υπολογιζόταν καταλλήλως εκτός του παραθύρου του ολοκληρωμένου προφίλ.

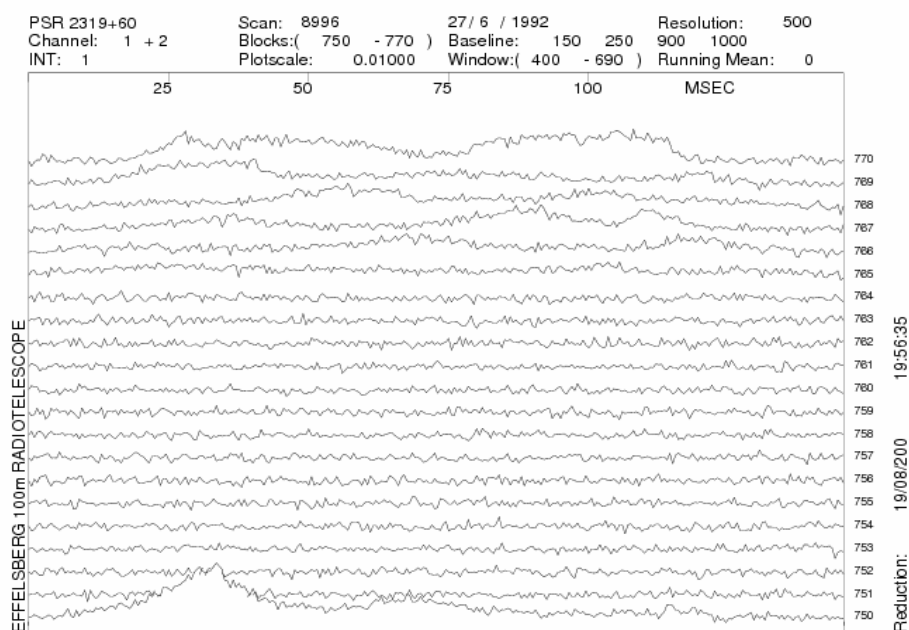
Περιγράφουμε αυτήν την διαδικασία για τον PSR 2319+60: Αρχικά αναφέρουμε ότι οι αιχμές που φαίνονται στην ακολουθία οφείλονται σε παρεμβολές. Η ισχύς τους όμως είναι πολύ μικρή σε σχέση με τη ισχύ των απλών παλμών κι έτσι δεν παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάλυσή μας. Ξεκινώντας, χρησιμοποιήσαμε ένα αρχείο που περιείχε 1078 απλούς παλμούς αυτού του pulsar (Εικόνα 4α, β) και αλλάζοντας το σ κάθε φορά παίρναμε διαφορετικό αριθμό παλμών σε σίγαση.

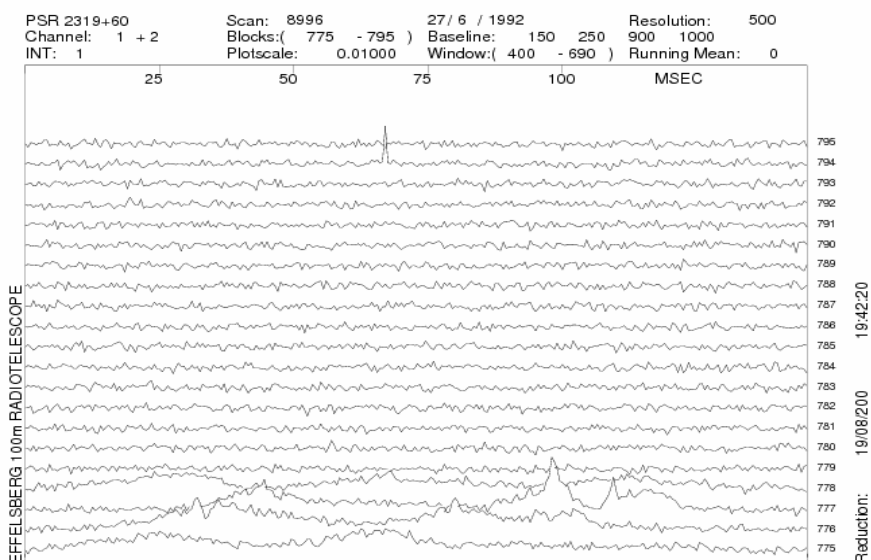




Εικόνα 4α, β: Το ολοκληρωμένο πολλαπλό προφίλ (τρία συστατικά) και μια ακολουθία 50 παλμών με κάποιους εμφανώς σε σίγαση, ειδικά στο πρώτο συστατικό, του PSR2319+60.

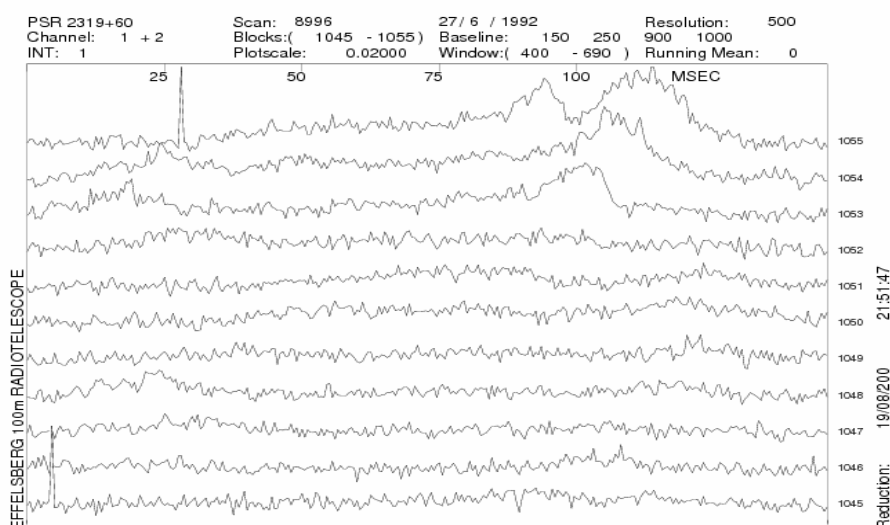
Αρχικά ήταν εύκολο να καταλήξουμε ότι η τιμή κατωφλίου θα έπρεπε να είναι ανάμεσα στα 3.5σ με 4σ, απλά συγκρίνοντας τις μετρήσεις μας με μια ακολουθία 50 παλμών, όπως αυτή του σχήματος 4β. Μετά όμως από το σημείο αυτό η ανίχνευση έγινε δυσκολότερη επειδή οι διαφορές μεταξύ των διαφόρων τιμών δεν ήταν μεγάλες και έτσι έπρεπε να κάνουμε την σύγκριση με πιο λεπτομερές και μικρές ακολουθίες παλμών. Έτσι, πήραμε τις ακολουθίες των εικόνων 5α, β όπου για 3.5σ οι παλμοί 754 και 778 (στην Εικόνα 5α και 5β αντίστοιχα) μετρούνταν ως παλμοί, αλλά για 4σ μετρούνταν ως παλμοί σε σίγαση. Για τον παλμό 754 η σωστή τιμή κατωφλίου ήταν το 4σ, αλλά για τον 778 το 3.5σ.



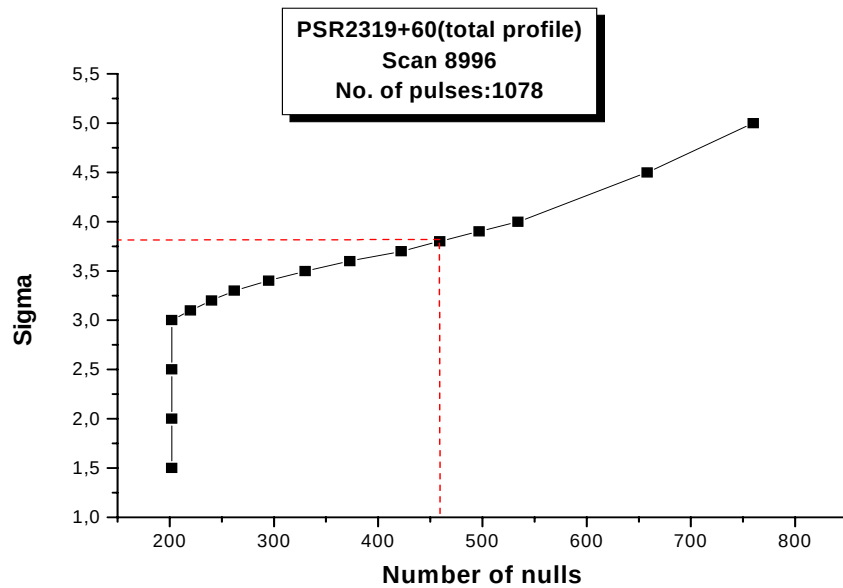


Εικόνα 5α, β: Ακολουθίες 20 παλμών του PSR 2319+60 για τον καθορισμό της τιμής κατωφλίου.

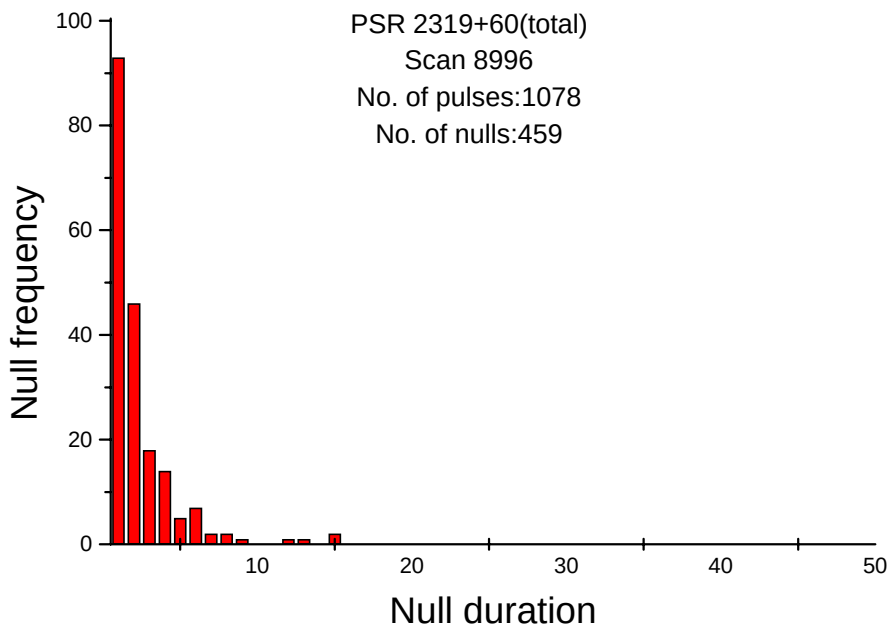
Το επόμενο βήμα ήταν να χρησιμοποιήσουμε και να συγκρίνουμε τις τιμές του σ που ήταν ενδιάμεσα και έτσι για τους δύο παλμούς σωστό αποτέλεσμα έδιναν οι τιμές 3.7 και 3.8σ. Η Εικόνα 6 για 10 παλμούς μας έδωσε τελικά την απάντηση αφού βλέπαμε δύο παλμούς σε σίγαση (1050, 1051) όπου η τιμή 3.7σ τους θεωρούσε παλμούς. Έτσι, καταλήξαμε ότι η τιμή του κατωφλίου που βρίσκεται σε συμφωνία με τα οπτικά στοιχεία μας είναι το 3.8σ. Στην Εικόνα 7 φαίνεται το γράφημα με τις τιμές κατωφλίου και τον αριθμό των σιγαζόμενων παλμών που είχαμε για τη κάθε μία και στην Εικόνα 8 ένα ραβδόγραμμα για τους 1078 παλμούς του συνολικού προφίλ του PSR 2319+60 που δείχνει την συχνότητα των σιγαζόμενων παλμών συναρτήσει της διάρκειας της σίγασης (παλμοί σε σίγαση στη σειρά).



Εικόνα 6: Ακολουθία 10 παλμών του PSR 2319+60.



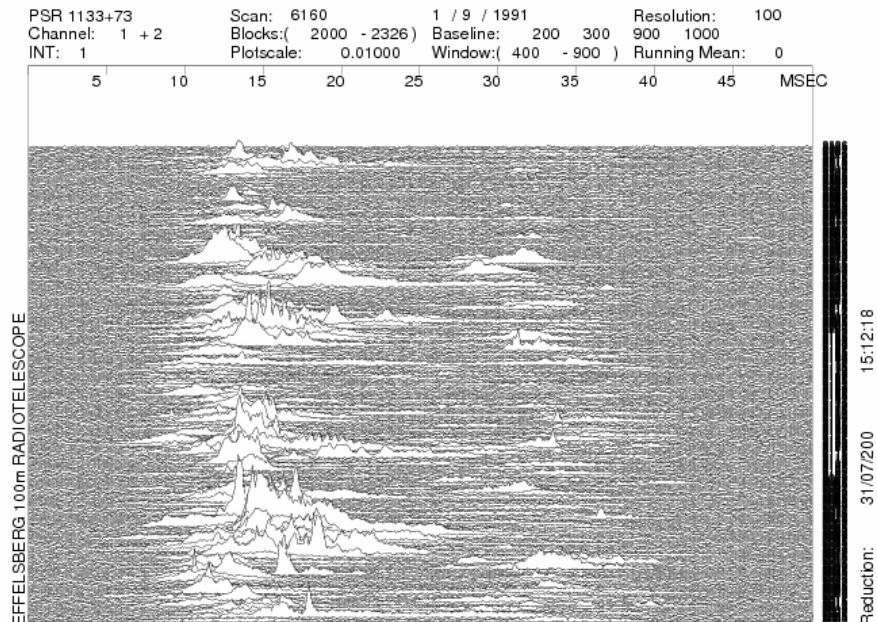
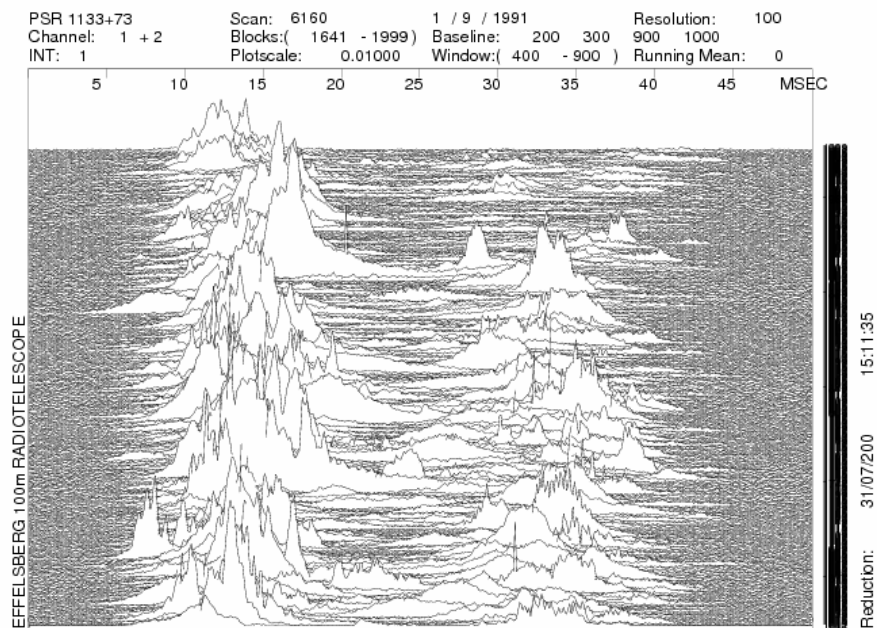
Εικόνα 7: Το γράφημα των σ και των σιγαζόμενων παλμών για μια ακολουθία 1078 παλμών του PSR2319+60 και η τελική επιλογή της τυπικής απόκλισης.



Εικόνα 8: Ραβδόγραμμα με τη συχνότητα των παλμών σε σίγαση συναρτήσει της διάρκειάς τους για το ολοκληρωμένο προφίλ του PSR 2319+60.

Το τελικό βήμα της ανάλυσης ήταν να μετρήσουμε τους σιγαζόμενους παλμούς που βρίσκονταν μέσα σε δεκάδες χιλιάδες απλούς παλμούς, για τους 24 pulsars και να αποκλείσουμε τις ακολουθίες των απλών παλμών, οι οποίοι οφείλονταν στην συνολική μείωση της δύναμης του σήματος, λόγω του φαινομένου του μεσοαστρικού σπινθηρισμού. Λόγω αυτού παίρναμε σαφώς αυξημένη σίγαση των παλμών. Παράδειγμα των προηγούμενων φαίνεται στην Εικόνα 9α, β για τον PSR 1133+16,

όπου φαίνεται η πτώση της έντασης του συνολικού σήματος προς το τέλος της παρατήρησης.



Εικόνα 9α, β: Ακολουθίες συνολικά 715 παλμών του PSR 1133+16 όπου η ένταση των παλμών πέφτει, κάτι που στις μετρήσεις μας βγάζει λανθασμένα μεγάλη σίγαση.

Έτσι, αποκλείσαμε κάποια δεδομένα ακόμα και ολόκληρους pulsars και τελικά δουλέψαμε με εξαιρετικά δεδομένα από 19 pulsars για να καταλήξουμε στα ακόλουθα αποτελέσματα για την σίγαση των παλμών.

Αποτελέσματα της ποσοτικής ανάλυσης για την σίγαση των παλμών

Οι 19 pulsars με τους σημαντικότερους υπολογισμούς που κάναμε για τον καθένα και με τους οποίους καταλήξαμε στα αποτελέσματά μας φαίνονται στον Πίνακα 3. Στην δεύτερη στήλη βρίσκεται το ποσοστό των σιγαζόμενων παλμών για κάθε pulsar, στην τρίτη στήλη είναι η μεγαλύτερη διάρκεια παλμών σε σίγαση που παρατηρήθηκαν και στην τέταρτη ο αριθμός των συνιστωσών. Οι τέσσερις επόμενες στήλες βασίζονται σε μετρήσεις της Joanna M. Rankin το 1993 (οι 3 γωνίες) και από τον κατάλογο των pulsar των J. H. Taylor, R. N. Manchester, A. G. Lyne και F. Camilo του 1995 (η ηλικία). Έτσι, η πέμπτη στήλη (α) είναι η γωνία μεταξύ του άξονα περιστροφής και του μαγνητικού άξονα του pulsar, η έκτη (β) είναι η γωνία μεταξύ του μαγνητικού άξονα του pulsar και της ευθείας παρατήρησης (κατεύθυνση του παρατηρητή) και η έβδομη (ζ) είναι το άθροισμα των δύο προηγούμενων που είναι η γωνία μεταξύ του άξονα περιστροφής και της ευθείας παρατήρησης. Η τελευταία στήλη φυσικά είναι η ηλικία των pulsars. Όπως φαίνεται στον πίνακα δεν έχουμε τις τιμές των γωνιών για τον PSR 2351+61, έτσι τα αποτελέσματα που περιέχουν γωνίες είναι για 18 pulsars.

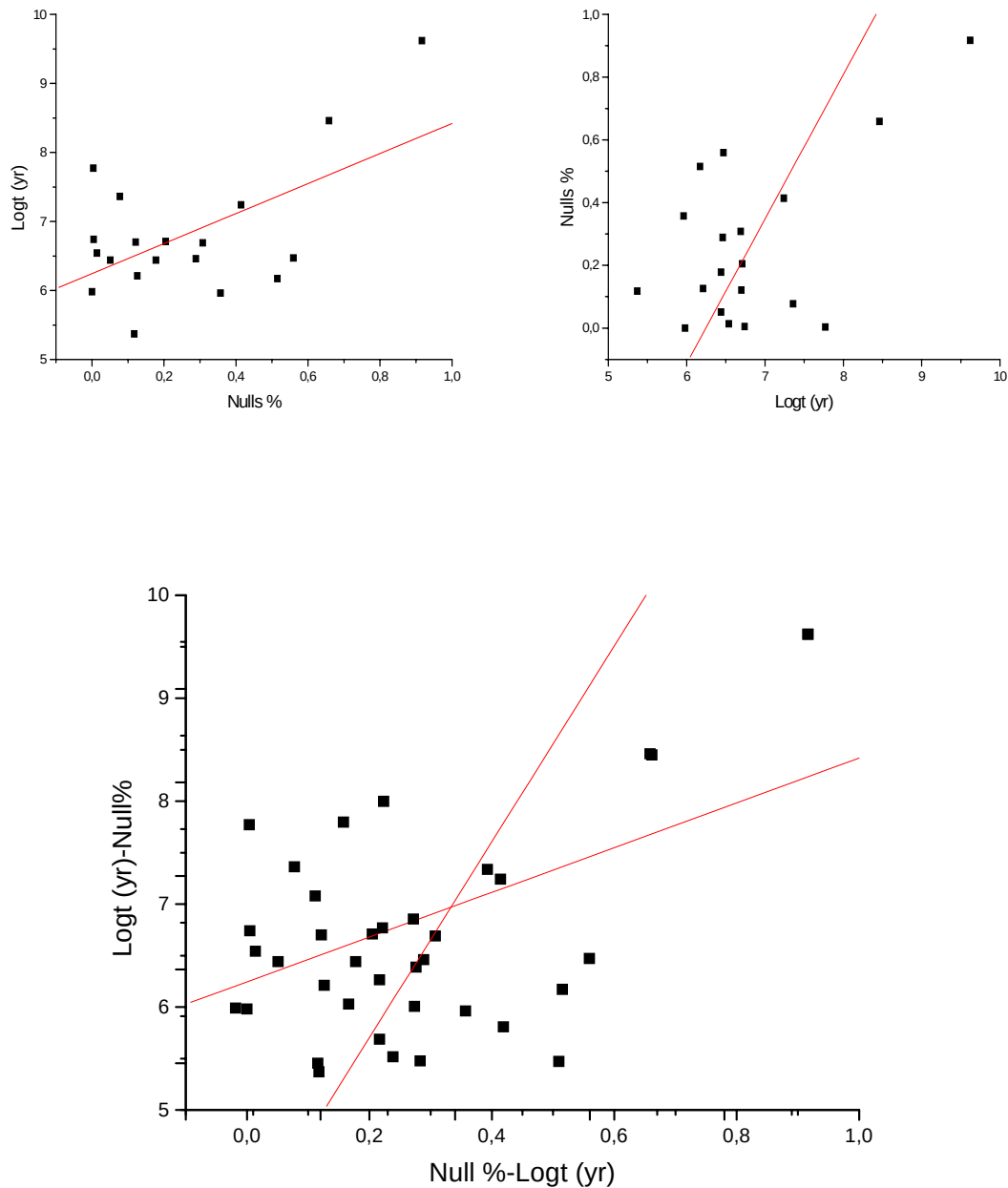
ΠΙΝΑΚΑΣ 3

PSR	Σίγαση%	Μεγαλύτερη Διάρκεια	Αριθμός Συνιστωσών	α (°)	β (°)	$\zeta = \alpha + \beta$ (°)	Log τ (yr)
0329+54	0,004995	2	5	30	1,9	31,9	6,74
0525+21	0,515135	16	2	21	0,6	21,6	6,17
0628-28	0,177686	4	2	13,5	3,2	16,7	6,44
0823+26	0,307692	4	1	84	1,9	85,9	6,69
0834+06	0,559322	10	2	30	3,4	33,4	6,47
0950+08	0,414141	6	1	12	8,5	20,5	7,24
1133+16	0,121517	4	2	46	4,1	50,1	6,7
1237+25	0,077589	5	5	53	0	53	7,36
1642-03	0,013619	1	1	70	-1,1	68,9	6,54
1706-16	0,126087	5	1	49	-4,8	44,2	6,21
1822-09	0,117647	5	2	86	1,1	87,1	5,37
1933+16	0	0	2	72	1,1	73,1	5,98
1944+17	0,658591	34	2	19	6,1	25,1	8,46
1952+29	0,916865	35	4	30	-7,2	22,8	9,62
2016+28	0,003730	1	1	39	7,2	46,2	7,77
2020+28	0,288571	7	4	72	3,6	75,6	6,46
2021+51	0,051120	2	2	23	5,6	28,6	6,44
2319+60	0,204887	4	3	18	2,2	20,2	6,71
2351+61	0,357268	7	2				5,96

Σίγαση συναρτήσει Ηλικίας

Στην Εικόνα 10α, β και γ φαίνεται η γραφική παράσταση της ηλικίας των pulsars συναρτήσει του ποσοστού της σίγασης. Η συσχέτιση των δύο αυτών χαρακτηριστικών των pulsars είναι αρκετά εμφανής και γενικά για να είμαστε πιο

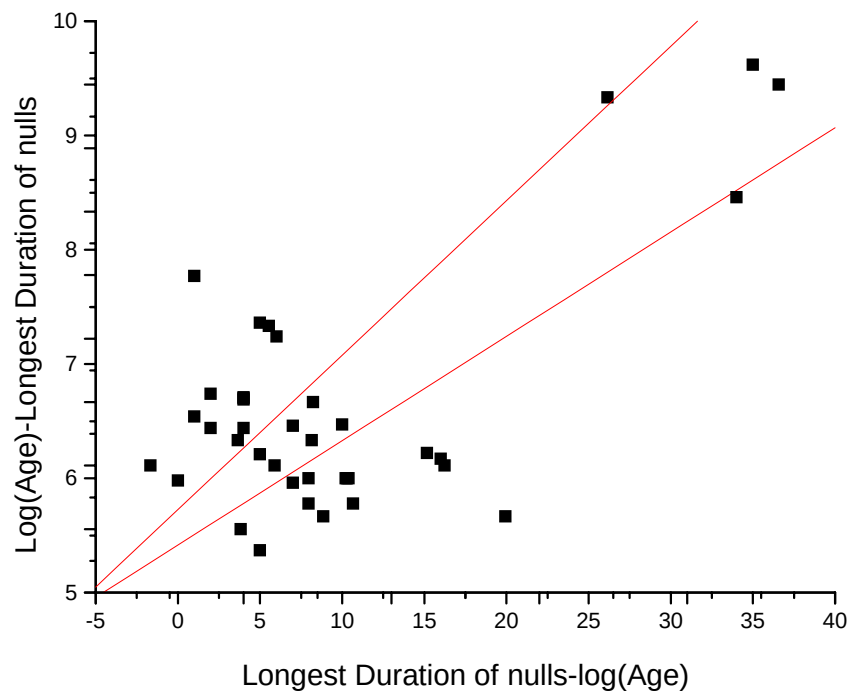
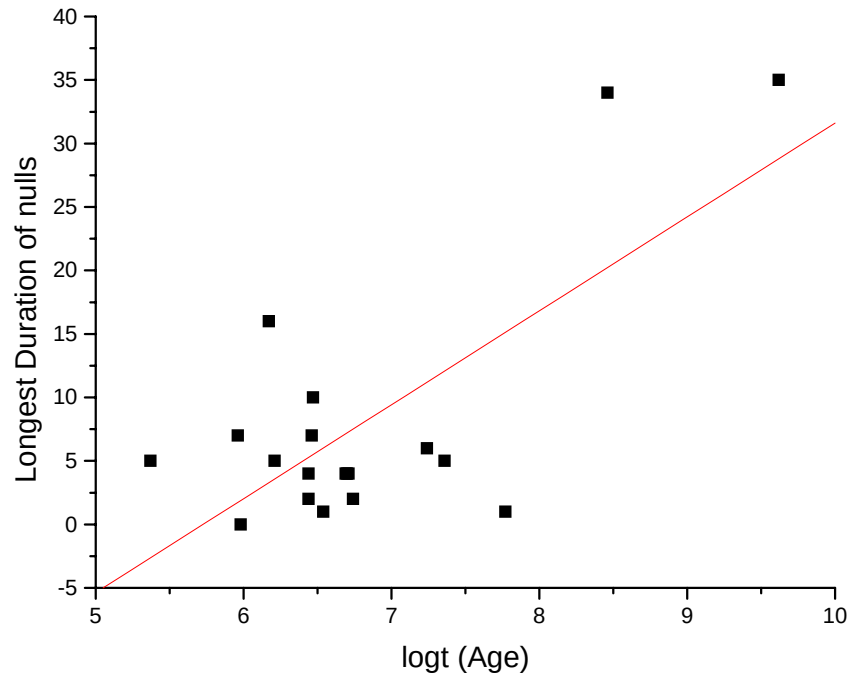
σίγουροι για τα αποτελέσματά μας χρησιμοποιήσαμε μια τεχνική σύζευξης (merged technique) για όλες τις γραφικές παραστάσεις των αποτελεσμάτων μας. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται ελέγχοντας την γωνία που σχηματίζεται μεταξύ των ευθειών αφού τα διαγράμματα θα έχουν συζευχθεί. Έτσι αν η γωνία είναι μικρή ή ακόμα καλύτερα κοντά στις 0° έχουμε πολύ καλή εξάρτηση των δύο μεγεθών, ενώ αν η γωνία είναι μεγάλη και κοντά στις 90° δεν έχουμε καμία εξάρτηση. Αυτή η τεχνική χρησιμοποιήθηκε για όλα τα αποτελέσματά μας, κι έτσι για καλύτερη κατανόησή της για το καθένα θα παρουσιάζονται δύο διαγράμματα και για το πρώτο και τα τρία.



Εικόνα 10 α,β,γ: Διαγράμματα για 19 pulsars που δείχνουν την σημαντική εξάρτηση της σίγασης από την ηλικία.

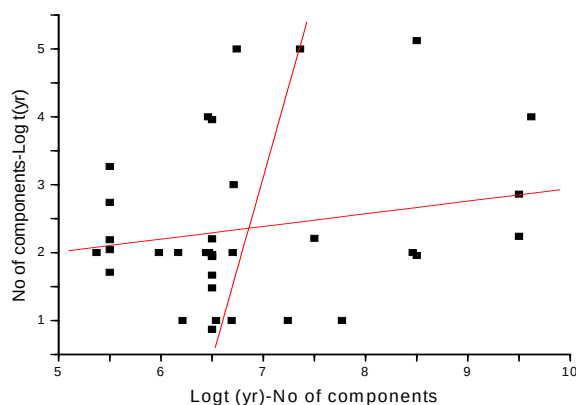
Έτσι, το πρώτο σημαντικό αποτέλεσμα είναι ότι η σίγαση αυξάνεται καθώς οι pulsars «γερνάνε». Συνεχίζοντας σε αυτόν τον τομέα βλέπουμε στην Εικόνα 11α, β το

διάγραμμα της μεγαλύτερης διάρκειας παλμών σε σίγαση με την ηλικία όπου και πάλι έχουμε ισχυρή συσχέτιση των δύο χαρακτηριστικών. Κάτι τέτοιο το περιμέναμε γιατί γενικά όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό της σίγασης τόσο πιο εύκολα θα δούμε μεγάλες ακολουθίες σιγαζόμενων παλμών.



Εικόνα 11α, β: Διάγραμμα και συζευγμένο διάγραμμα για τους 19 pulsars που δείχνει την εξάρτηση της μεγαλύτερης διάρκειας σίγασης από την ηλικία.

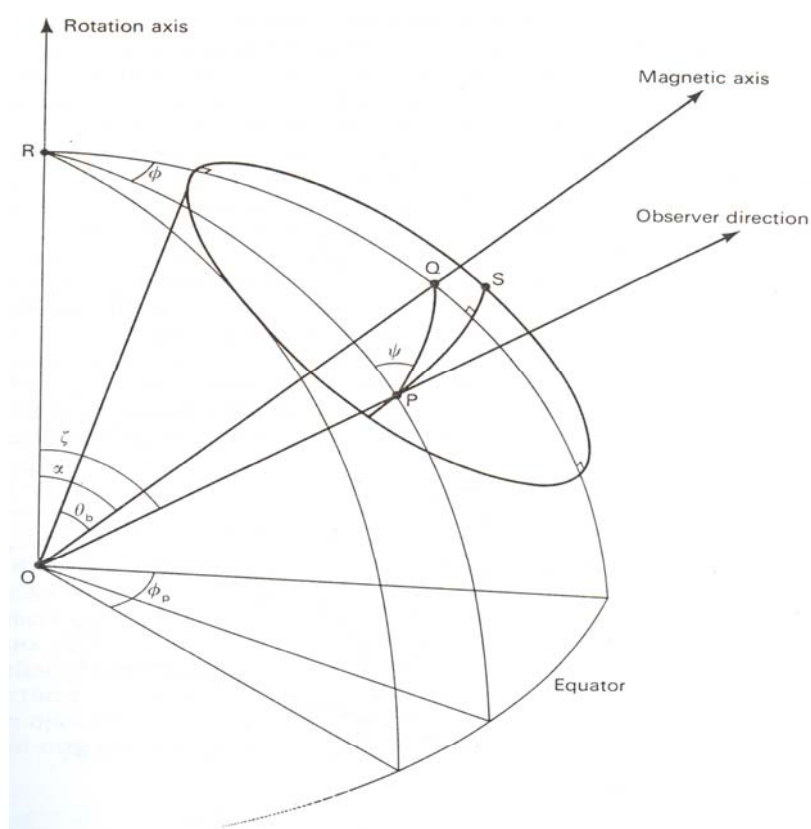
Το τελευταίο διάγραμμα (εικόνα 12) δείχνει ότι δεν υπάρχει καμία εξάρτηση του αριθμού των συνιστωσών ενός pulsar από την ηλικία του.



Εικόνα 12: Η γωνία κοντά στις 90° δείχνει ότι δεν υπάρχει καμία εξάρτηση του αριθμού των συνιστωσών ενός pulsar από την ηλικία του.

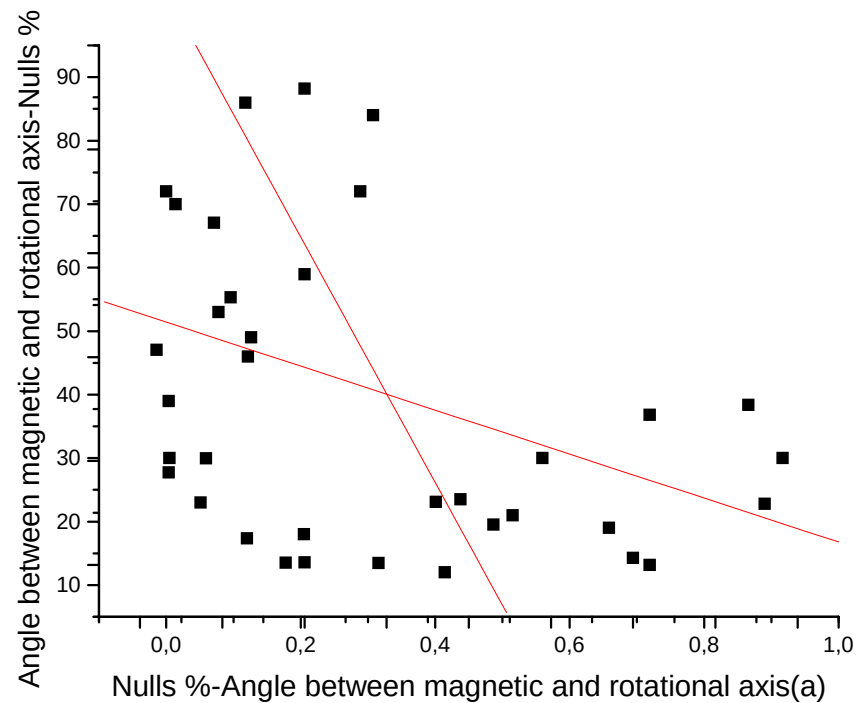
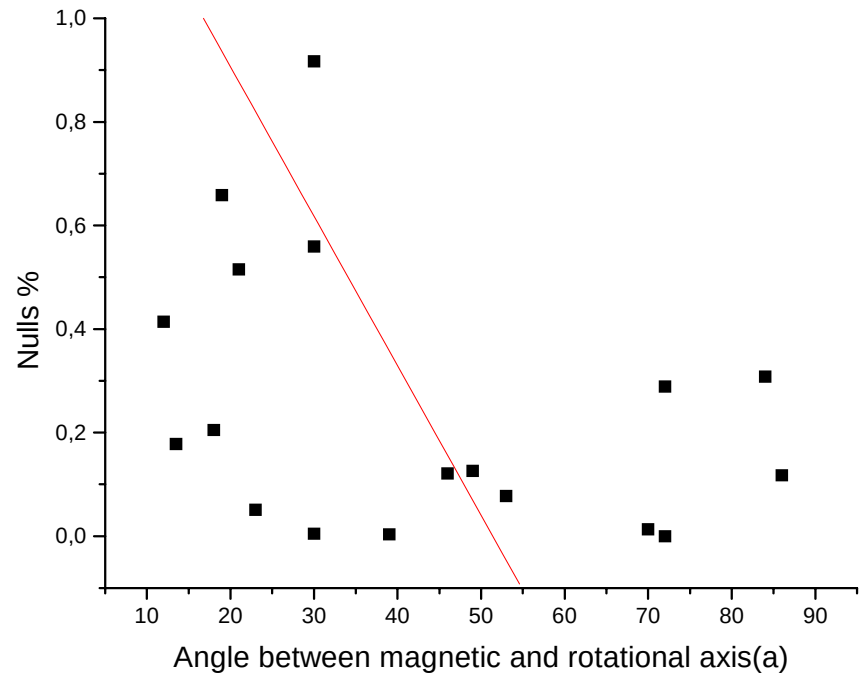
Σίγαση συναρτήσε Γωνιών Εκπομπής

Καθώς παρουσιάζαμε τα στοιχεία του Πίνακα 3 εξηγήσαμε την σημασία των γωνιών α , β και ζ οι οποίες φαίνονται στην Εικόνα 13 των R.N. Manchester και J.H. Taylor.

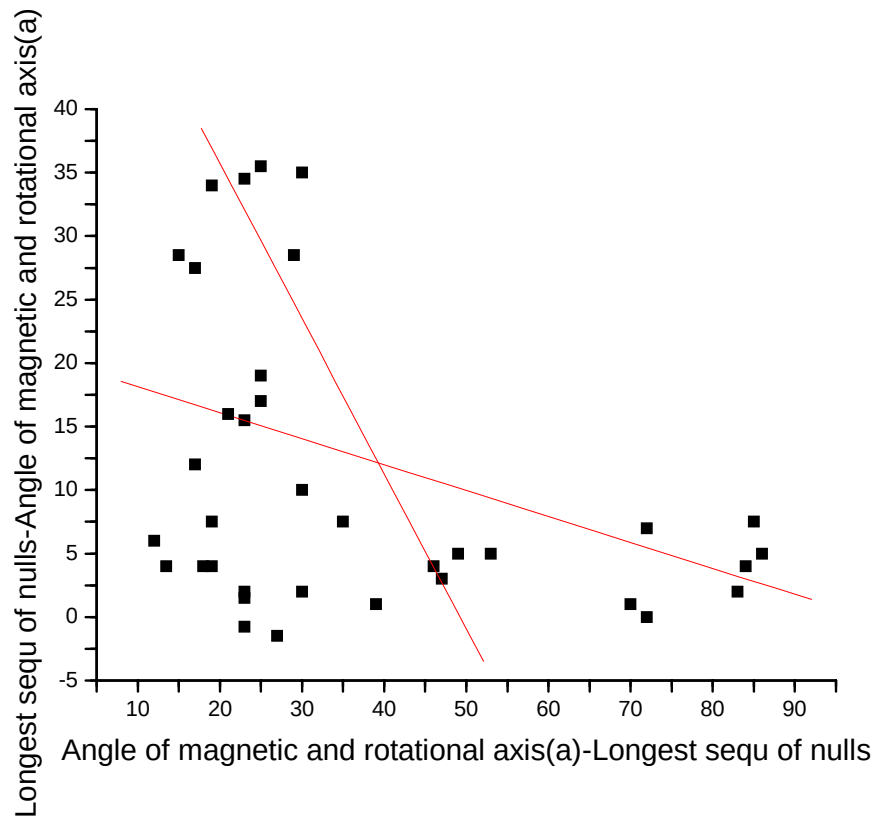
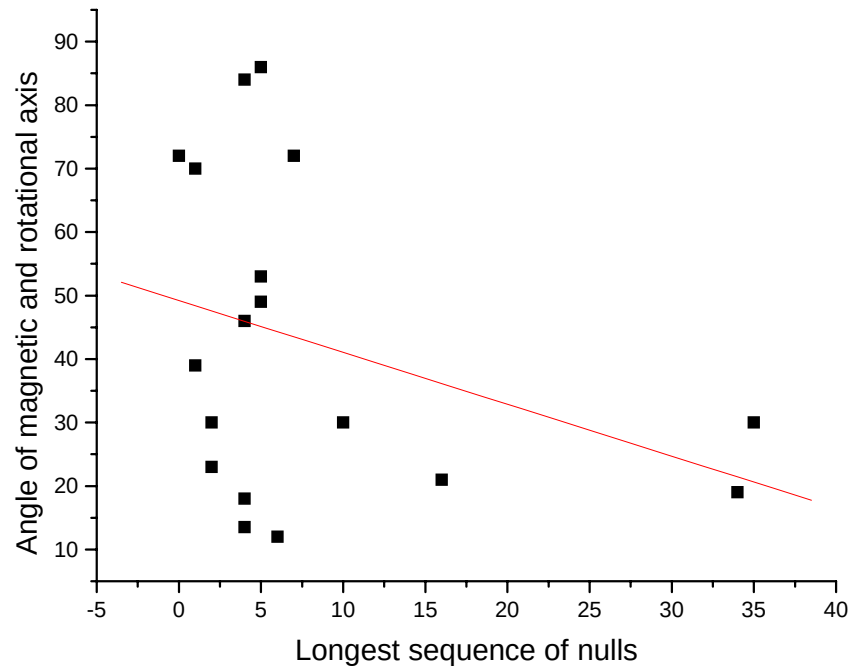


Εικόνα 13: Άξονες και γωνίες που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή του μαγνητικού πολικού μοντέλου για την εκπομπή των pulsars. Η γωνία β είναι η ζ - α .

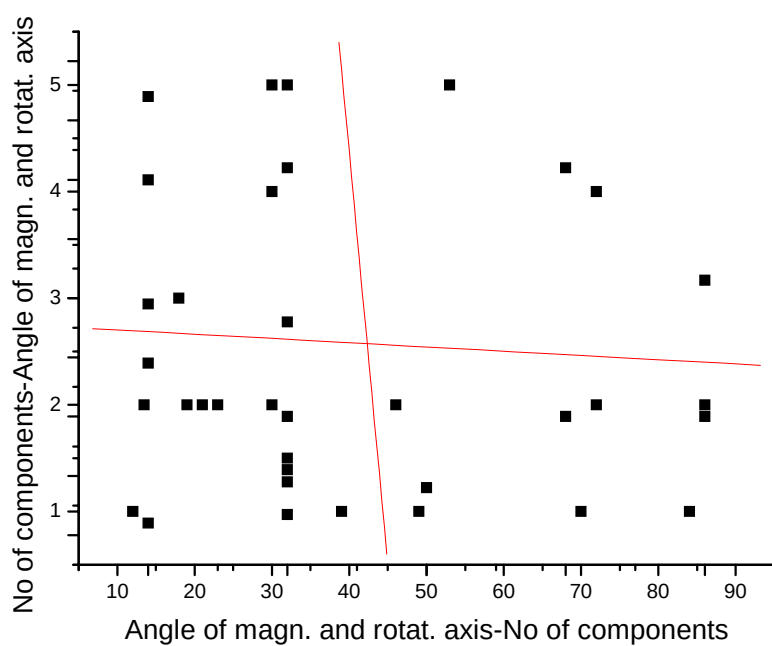
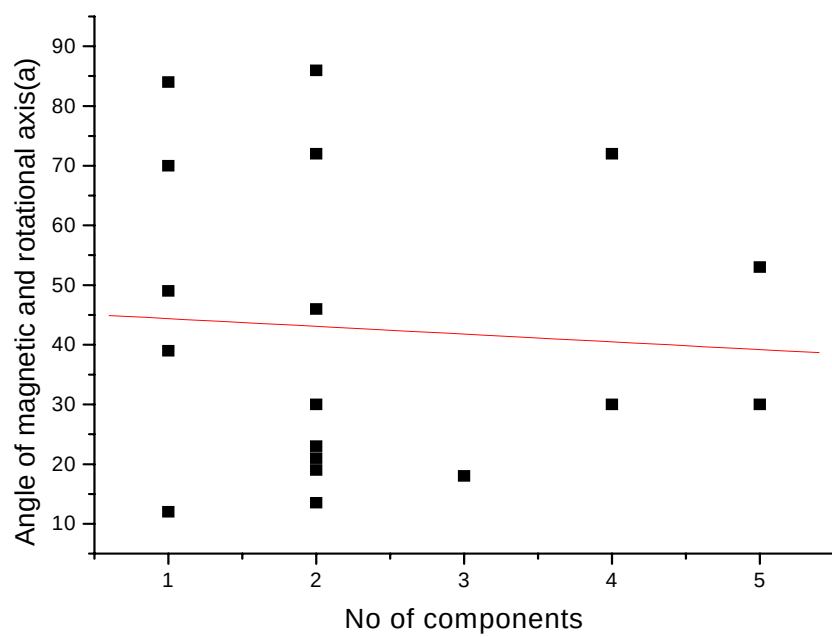
Στα επόμενα διαγράμματα φαίνεται η προσπάθειά μας να βρούμε αν υπάρχει σχέση μεταξύ του ποσοστού σίγασης, της διάρκειας σίγασης και του αριθμού των συνιστωσών με τις γωνίες α , β και ζ . Τα αποτελέσματα αυτά είναι χωρίς τον PSR 2351+61, δηλαδή για 18 pulsars.



Εικόνα 14α, β: Το ποσοστό της σίγασης συναρτηθεί της γωνίας του μαγνητικού άξονα και του άξονα περιστροφής (α) των pulsars.



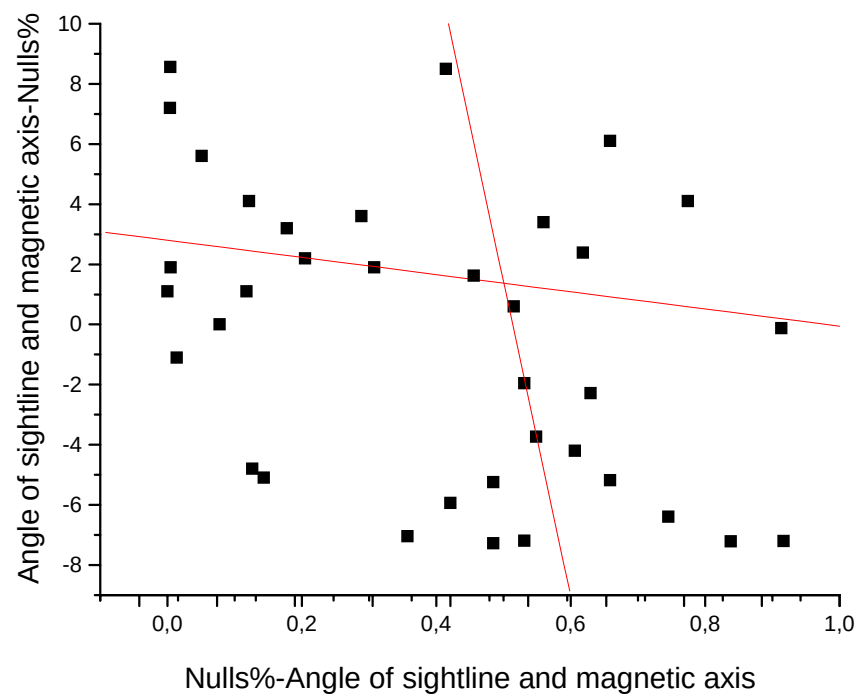
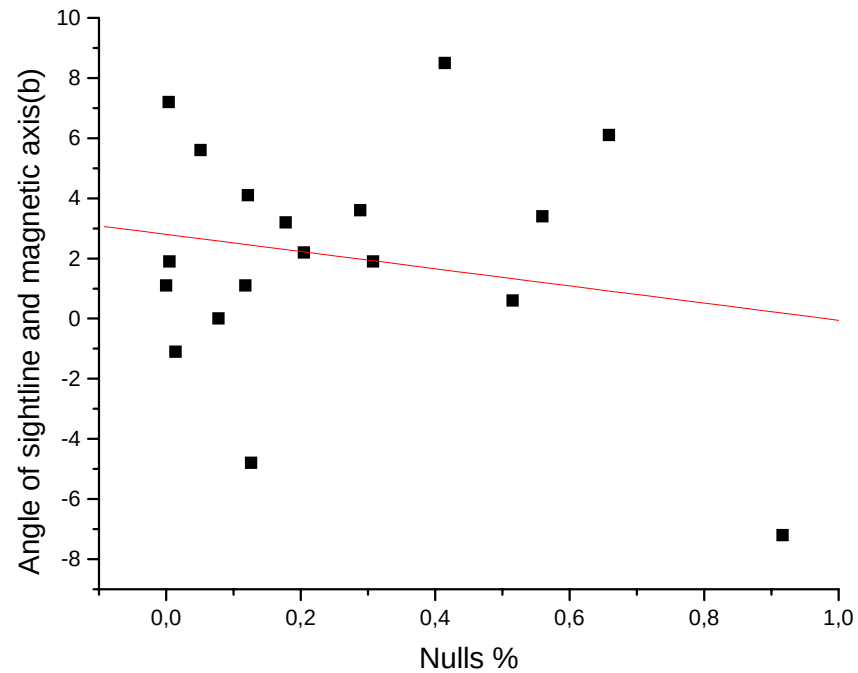
Εικόνα 15α, β: Η μεγαλύτερη διάρκεια παλμών σε σίγαση συναρτηήσει της γωνίας του μαγνητικού άξονα και του άξονα περιστροφής (α) των pulsars.



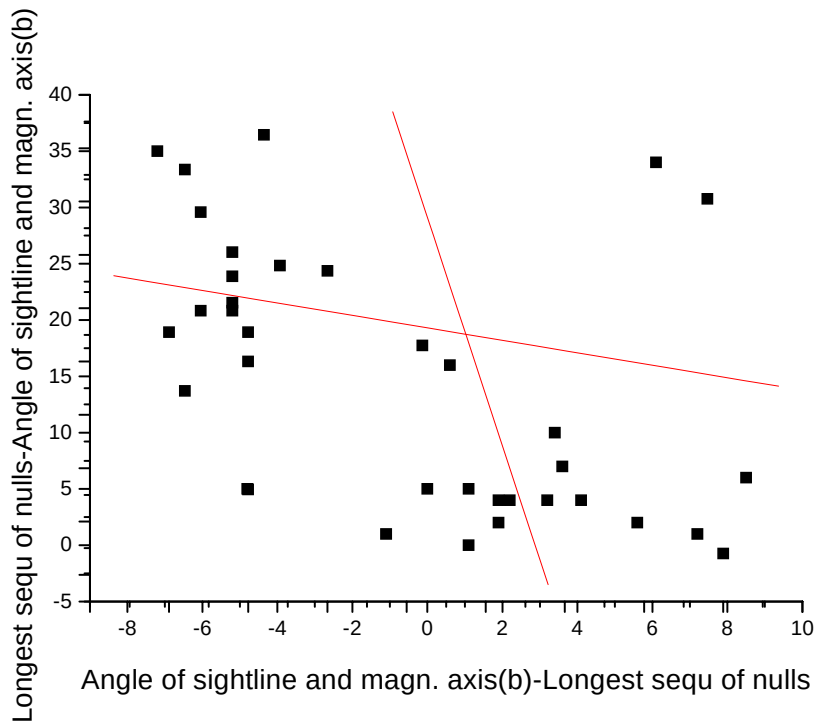
Εικόνα 16α, β: Ο αριθμός των συνιστωσών συναρτήσει της γωνίας του μαγνητικού άξονα και του άξονα περιστροφής (α) των pulsars.

Όπως μπορούμε να δούμε από τα προηγούμενα διαγράμματα έχουμε ισχυρή συσχέτιση μεταξύ της γωνίας α και του ποσοστού σίγασης και της μακρύτερης περιόδου σίγασης, αλλά καμία με τον αριθμό των συνιστωσών. Αυτά τα αποτελέσματα μοιάζουν πάρα πολύ με αυτά που πήραμε πριν για την ηλικία και είναι κάτι που μπορεί να μας οδηγήσει στην ήδη υπάρχουσα θεωρία που λέει ότι η γωνία μεταξύ του μαγνητικού άξονα και του άξονα περιστροφής των pulsars μικραίνει

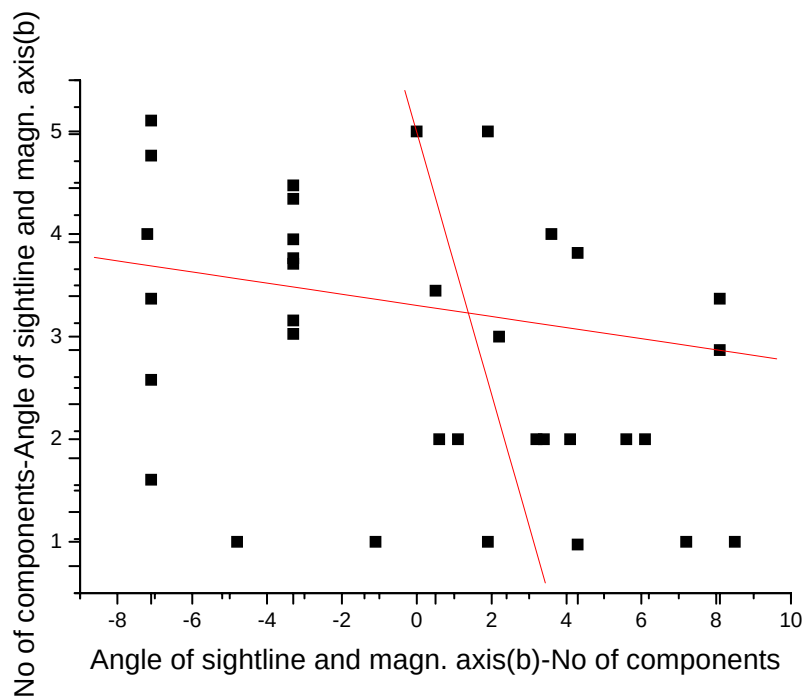
καθώς αυτοί «γερνάνε». Έτσι, το φαινόμενο της σίγασης μπορεί να μας οδηγήσει σε κάποια συμπεράσματα σε αυτή την περιοχή έρευνας των pulsars.



Εικόνα 17α, β: Ποσοστό σίγασης συναρτήσει της γωνίας μεταξύ του μαγνητικού άξονα του pulsar και της ευθείας παρατήρησης (β).

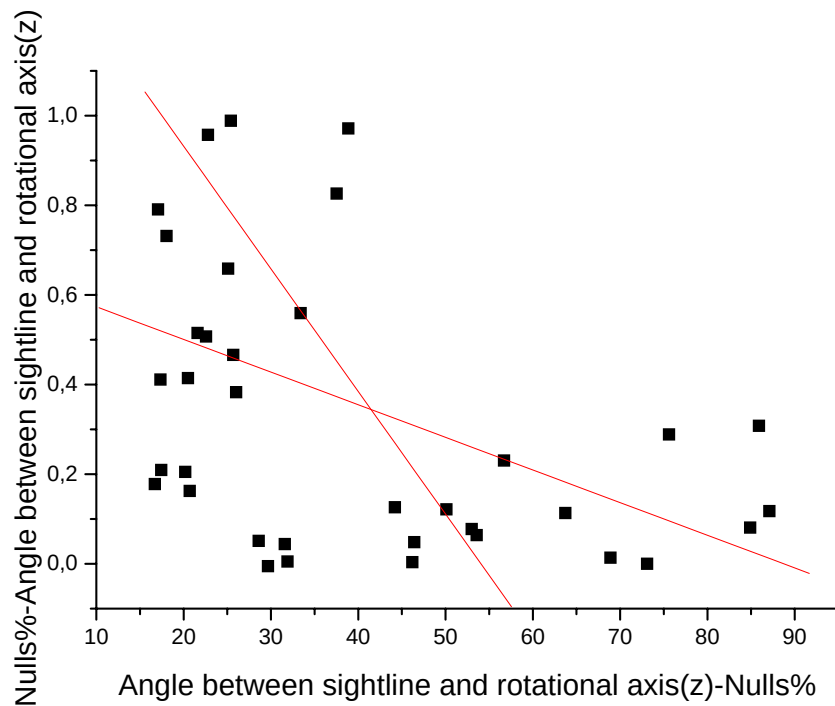
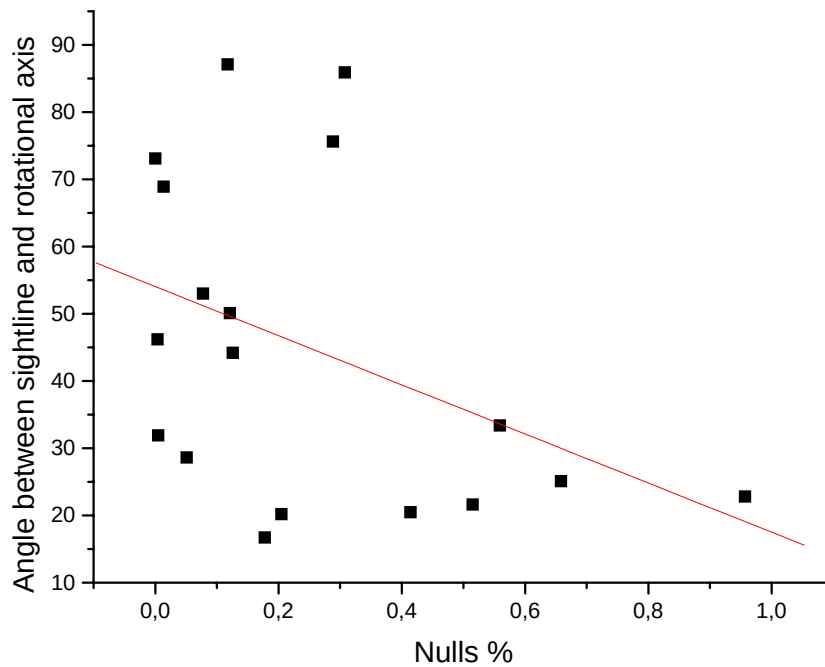


Εικόνα 18: Το συζευγμένο διάγραμμα της μεγαλύτερης ακολουθίας σιγαζόμενων παλμών συναρτήσει της γωνίας μεταξύ του μαγνητικού άξονα του pulsar και της ευθείας παρατήρησης (β).

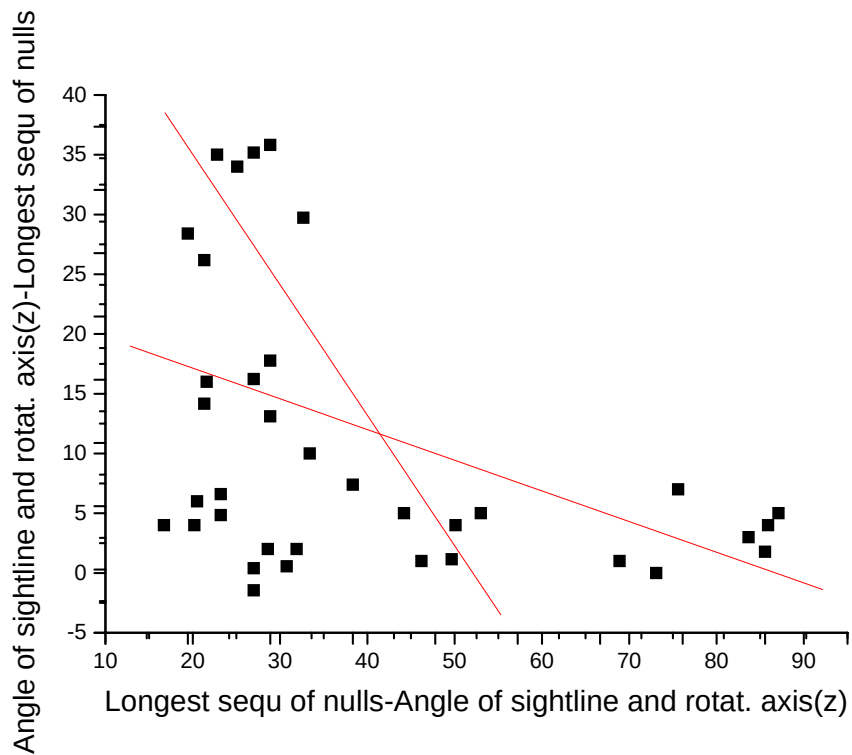


Εικόνα 19: Το συζευγμένο διάγραμμα του αριθμού των συνιστωσών συναρτήσει της γωνίας μεταξύ του μαγνητικού άξονα του pulsar και της ευθείας παρατήρησης (β).

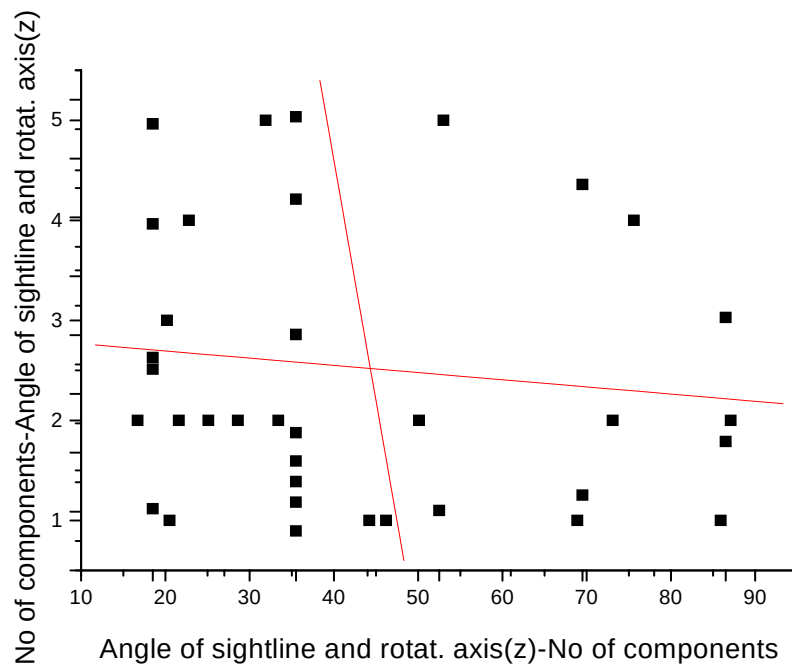
Όπως φαίνεται από τα προηγούμενα διαγράμματα δεν έχουμε καμία συσχέτιση μεταξύ της γωνίας β και του ποσοστού και της μεγαλύτερης διάρκειας της σίγασης και του αριθμού των συνιστωσών.



Εικόνα 20: Το ποσοστό της σίγασης συναρτήσει της γωνίας μεταξύ του άξονα περιστροφής και της ευθείας παρατήρησης (ζ).



Εικόνα 21: Η μακρύτερη ακολουθία σίγασης συναρτήσει της γωνίας μεταξύ του άξονα περιστροφής και της ευθείας παρατήρησης (ζ).



Εικόνα 22: Ο αριθμός των συνιστωσών συναρτήσει της γωνίας μεταξύ του άξονα περιστροφής και της ευθείας παρατήρησης (ζ).

Για τα τελευταία διαγράμματα για την γωνία ζ έχουμε σχεδόν τους ίδιους συσχετισμούς που είχαμε και στην γωνία α . Δηλαδή, ισχυρό με το ποσοστό και την μακρύτερη ακολουθία της σίγασης και καθόλου με τις συνιστώσες. Αυτό είναι κάτι απόλυτα αναμενόμενο λόγω του ότι η γωνία ζ είναι το άθροισμα των γωνιών α και β και από τη στιγμή που η β είναι αμετάβλητη με τα εν λόγω μεγέθη της σίγασης και η α είναι αντιστρόφως ανάλογη αυτών, η ζ θα ακολουθούσε την εξάρτηση της γωνίας α .

Συμπεράσματα

Αυτή η ερευνητική εργασία βασίζει την σημαντικότητά της στην προετοιμασία ενός προγράμματος που μπορεί, για πρώτη φορά, να κάνει ποσοτική ανάλυση του φαινομένου της σίγασης και στα πολλά υποσχόμενα αποτελέσματα της. Τα τελευταία αν και στην συγκεκριμένη εργασία βγήκαν από ένα μικρό αριθμό δεδομένων, με την προσθήκη περισσότερων δεδομένων, στο μέλλον θα μπορούσαμε να βγάλουμε πιο σταθερά και κοντά στην επιθυμητή πραγματικότητα συμπεράσματα για το φαινόμενο της σίγασης των παλμών των αστέρων νετρονίων.